สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์สำหรับการวัดระยะทางอย่างละเอียด

LASER DOPPLER INTERFEROMETER FOR HIGH RESOLUTION DISTANCE MEASUREMENT

T 069067

สุรีรัตน์ กันชู

SUREERAT KUNCHOO

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ลน.
ส86ว๓
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 69067
วัน,เดือน,ปี - 7 ก.พ. 2550

b. 11700513
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LASER DOPPLER INTERFEROMETER FOR HIGH RESOLUTION DISTANCE MEASUREMENT

SUREERAT KUNCHOO

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN APPLIED PHYSICS

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์สำหรับการวัดระยะทางอย่างละเอียด
นักศึกษา	นางสาวสุรีรัตน์ กันชู
รหัสประจำตัว	44614000
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา	ฟิสิกส์ประยุกต์
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาลัดดา

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาวิธีการวัดระยะทางอย่างละเอียดโดยการใช้เลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ ระบบวัดที่สร้างขึ้นนี้ประกอบด้วยกระจกสะท้อนแสงชนิดรีโทรรีเฟลกเตอร์สองชิ้น ชิ้นหนึ่งติดอยู่กับตัวแยกแสง อีกชิ้นหนึ่งติดตั้งอยู่บนรางเลื่อน ซึ่งถูกขับด้วยสเต็ปปิงมอเตอร์และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ แสงเลเซอร์ฮีเลียมนีออนที่สะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ที่กำลังเคลื่อนที่จะมีความถี่เปลี่ยนไป เนื่องจากปรากฏการณ์คอปเพลอร์ เมื่อแสงที่สะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ทั้งสองมารวมกันจะเกิดบีต ทำให้ความเข้มแสงเกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยความถี่เท่ากับผลต่างของความถี่ของแสงทั้งสอง เรียกว่า ความถี่บีต โดยการวัดความถี่บีตจะสามารถคำนวณหาระยะทางการเคลื่อนที่ได้ ผลการสอบเทียบระบบวัดระยะทางที่สร้างขึ้นกับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ที่มีความละเอียด 0.2 μm ผลคือระบบวัดระยะทางนี้มีช่วงการทำงานอยู่ที่ 6.8 cm ด้วยความละเอียด 0.316 μm มีความคลาดเคลื่อนสูงสุด 13.22 μm และจากการประเมินค่าความไม่แน่นอนของระบบวัดพบว่ามีค่า 1.09 μm ที่ความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์นี้ สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาลัดดา ที่กรุณาให้แนวความคิด ให้คำชี้แนะและช่วยแก้ไขข้อบกพร่องและปัญหาต่างๆ ตลอดจนจัดหาอุปกรณ์เครื่องมือและสถานที่ทำวิจัยซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยชิ้นนี้มาก

ขอขอบพระคุณ รศ.วิชาญ เตชิตธีระ ประธานการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ รศ. วิษณุ เพชรภา และ ผศ.ดร.รัชภาคย์ จิตต์อารี กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณอาจารย์ ศ.ทิพวรรณ คล้ายบุญมี ที่เป็นธุระจัดหาอุปกรณ์ให้

ขอขอบคุณคุณชัยสุริยา ประภาศิริ คุณสมภพ แซ่เจี่ย และ คุณมนตรี ผักกระโทก ที่ให้คำแนะนำและช่วยแก้ไขปัญหาด้านอิเล็กทรอนิกส์

สุดท้ายสำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

สุรีรัตน์ กันชู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....X

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา.....1

1.1.1 การวัดการแทรกสอดของแสง.....1

1.1.2 การวัดความหนาขององค์ประกอบเชิงแสง.....3

1.2 หลักการที่ใช้ในวิทยานิพนธ์.....3

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....4

1.4.ขอบเขตของการศึกษา.....4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....5

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....6

2.1 การแทรกสอดของคลื่น.....6

2.2 การแทรกสอดของแสง.....8

2.3 บีต.....10

2.4 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์.....13

2.4.1 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง.....13

2.4.2 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของแสง.....14

2.4.3 ดอปเพลอร์ชิฟท์ที่ความเร็วต่ำ.....16

2.5 ไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์.....17

บทที่ 3 ขั้นตอนดำเนินการออกแบบและจัดระบบ.....21

3.1 หลักการวัดระยะทางด้วยเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์.....21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.2 อุปกรณ์และส่วนประกอบ....24
3.2.1 แหล่งกำเนิดแสง....24
3.2.2 ตัวแยกแสง....27
3.2.3 รีโทรรีเฟลกเตอร์....29
3.2.4 ตัวตรวจวัดบีต....30
3.2.5 เครื่องนับจำนวนบีต....31
3.2.6 รางเลื่อน....32
3.2.7 เลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์....32
3.2.7.1 ตัวตรวจวัดแสงชนิดไวต่อตำแหน่ง....33
3.3 การออกแบบและสร้างโครงสร้างหลักของรางเลื่อน....35
3.4 การออกแบบและสร้างชุดเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์....36

บทที่ 4 การทดลอง ผลการทดลองและวิจารณ์....40
4.1 การทดสอบความเป็นเชิงเส้น....40
4.2 การสอบเทียบเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์กับเลเซอร์ดิเพลสเมนต์มิเตอร์....47
4.2.1 การสอบเทียบระยะทางในทิศทางเคลื่อนออกจากตัวแยก....47
4.2.2 การสอบเทียบระยะทางในทิศทางเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง....52
4.2.3 การทดสอบผลของความเร็วในการเคลื่อนที่....55
4.3 การประเมินความไม่แน่นอนของระบบวัดตาม ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)....59
4.3.1 การประเมินความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type A....59
4.3.2 การประเมินความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type B....61
4.3.3 ความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม (Combined Standard Uncertainty) และความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty)....62

บทที่ 5 สรุปผลและแนวทางในการพัฒนา....66
5.1 สรุปผลการทดลอง....66
5.2 แนวทางในการพัฒนา....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ตัวอย่างผลการวัดระยะทาง 10 ครั้ง ในการเคลื่อน 650 สเต็ปออกจากตัวแยกแสง.....51

4.2 ตัวอย่างผลการวัด 10 ครั้ง.....60

4.3 Uncertainty budget.....63

ก.1 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 0.5 cm.....72

ก.2 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 2.5 cm.....73

ก.3 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 4.5 cm.....74

ก.4 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 6.5 cm.....75

ก.5 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 8.5 cm.....76

ก.6 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 0.5 cm.....77

ก.7 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนเข้าหาจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 2.5 cm.....78

ก.8 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนเข้าหาจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 4.5 cm.....79

ก.9 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนเข้าหาจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 6.5 cm.....80

ก.10 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนเข้าหาจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 8.5 cm.....81

ก.11 การสอบเทียบเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 0.5 cm.....82

ก.12 การสอบเทียบเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่งที่ 2.5 cm.....86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ก.13 การสอบเทียบเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่งที่ 4.5 cm..... 90
ก.14 การสอบเทียบเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่งที่ 6.5 cm.....94
ก.15 การสอบเทียบเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่งที่ 8.5 cm.....98
ก.16 การสอบเทียบเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่งที่ 0.5 cm..... 102
ก.17 การสอบเทียบเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่งที่ 2.5 cm..... ..... .106
ก.18 การสอบเทียบเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่งที่ 4.5 cm.....110
ก.19 การสอบเทียบเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่งที่ 6.5 cm.....114
ก.20 การสอบเทียบเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง
ครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่งที่ 8.5 cm.....118
ก.21 ผลการสอบเทียบอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์กับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์
ในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสงให้มอเตอร์หมุน 10 รอบต่อวินาที.....122
ก.22 ผลการสอบเทียบอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์กับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์
ในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสงให้มอเตอร์หมุน 9 รอบต่อวินาที.....130
ก.23 ผลการสอบเทียบอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์กับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์
ในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสงให้มอเตอร์หมุน 12 รอบต่อวินาที.....138
ข.1 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ที่ตำแหน่ง 0.5 cm.....147
ข.2 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ที่ตำแหน่ง 2.5 cm.....151
ข.3 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ที่ตำแหน่ง 4.5 cm.....155

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ข.4 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ที่ตำแหน่ง 6.5 cm.....159
ข.5 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
ที่ตำแหน่ง 8.5 cm.....163
ข.6 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง
ที่ตำแหน่ง 0.5 cm.....167
ข.7 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง
ที่ตำแหน่ง 2.5 cm.....171
ข.8 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง
ที่ตำแหน่ง 4.5 cm.....175
ข.9 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง
ที่ตำแหน่ง 6.5 cm.....179
ข.10 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง
ที่ตำแหน่ง 8.5 cm.....183
ข.11 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
และให้มอเตอร์หมุน 10 รอบต่อวินาที.....187
ข.12 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
และให้มอเตอร์หมุน 9 รอบต่อวินาที.....195
ข.13 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง
และให้มอเตอร์หมุน 12 รอบต่อวินาที.....203

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 หลักการวัดระยะทางและความยาวด้วยวิธีไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์.....2

2.1 การซ้อนทับของคลื่น y_1 และ y_2

(a) คลื่นทั้งสองมีเฟสตรงกัน เกิดการแทรกสอดแบบเสริม

(b) คลื่นทั้งสองมีเฟสต่างกัน π rad เกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง

(c) คลื่นทั้งสองมีเฟสต่างกันในช่วง 0 ถึง π คลื่นรวมจะมีแอม

ปลิจูดน้อยกว่ารูป (a) และมากกว่ารูป (b).....7

2.2 บีตเกิดจากคลื่นสองคลื่นที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อย.....12

2.3 แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกต O และเคลื่อนออกจากผู้สังเกต O′

ผู้สังเกต O′ จะได้ยินเสียงความถี่ต่ำลง ส่วนผู้สังเกต O จะได้ยินเสียงความถี่สูงขึ้น.....14

2.4 เมื่อแหล่งกำเนิดแสงเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตO′เกิดการเลื่อนไปทางสีแดง(red shift)

เมื่อแหล่งกำเนิดแสงเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกต O เกิดการเลื่อนไปทางสีน้ำเงิน(blue shift).....15

2.5 ไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์.....17

2.6 ตำแหน่งภาพของกระจก M_2 แสดงให้เห็นระยะห่างระหว่างกระจก.....18

2.7 การเกิดริ้วแทรกสอดจากแหล่งกำเนิดแสงเสมือน.....18

2.8 ริ้วแทรกสอดที่จุดกึ่งกลางแบบเสริม(ซ้าย) และแบบหักล้าง(ขวา)

แสงเดินทางถึงฉากด้วยระยะทางต่างกัน $\lambda/2$ (กระจกเลื่อนไปเป็นระยะ $\lambda/4$).....19

3.1 การจัดอุปกรณ์สำหรับการวัดระยะทางด้วยเลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์.....21

3.2 ระดับพลังงานของฮีเลียมและนีออนในการเกิดเลเซอร์.....24

3.3 โครงสร้างของหลอดเลเซอร์ฮีเลียมนีออน.....25

3.4 เลเซอร์ฮีเลียมนีออนที่ใช้ในงานวิจัยติดตั้งอยู่บนทีปรับแสง.....26

3.5 ตัวแยกแสงแบบโพลาไรซ์พร้อมรีโทรรีเฟลกเตอร์และโครงสร้างภายในที่ใช้ในงานวิจัย.....27

3.6 การแยกแสงของตัวแยกแสงชนิดโพลาไรซ์.....27

3.7 เมื่อแสงโพลาไรซ์เชิงเส้นตกทำมุม 45 องศากับแนวแกนแสงของควอเตอร์เวฟเพลท.....28

3.8 การสะท้อนแสงของรีโทรรีเฟลกเตอร์

(a) ชิ้นที่ติดอยู่บนตัวแยกแสง

(b) ชิ้นที่อยู่บนรางเลื่อน.....29

3.9 รีโทรรีเฟลกเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัย.....30

3.10 ตัวตรวจวัดบีตรุ่น 10780c Receiver.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

3.11 แผนภาพส่วนประกอบของตัวตรวจวัดบีต ..31
3.12 เครื่องนับจำนวนบีต Universa; Counter รุ่น 53132A ...31
3.13 รางเลื่อนที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์และมีรีโทรรีเฟลกเตอร์ติดตั้งอยู่ ..32
3.14.หลักการทำงานของเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ .33
3.15 แสงที่สะท้อนจากวัตถุผิวมัน (ซ้าย) และผิวด้าน (ขวา)33
3.16 Position Sensitive Detector34
3.17 การทำงานของหัววัด (บน) และชุดควบคุมและแสดงผล (ล่าง)34
3.18 ภาพถ่ายแสดงให้เห็นรีโทรรีเฟลกเตอร์ที่ติดตั้งกับรางเลื่อน
ซึ่งติดตั้งอยู่บนแท่นปรับระดับ35
3.19 การจัดอุปกรณ์ในชุดเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์36
3.20 แผนผังแสดงระบบการทำงานทั้งหมดของเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์37
3.21 การจัดอุปกรณ์ชุดเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์39
4.1 การแบ่งระยะทางบนรางเลื่อนที่ยาว 9 cm ออกเป็น 5 ช่วง แต่ละช่วงทำการวัด 3000 μm.....40
4.2 ผลการวัดระยะทางที่ตำแหน่ง 0.5 cm43
4.3 ผลการวัดระยะทางที่ตำแหน่ง 2.5 cm...43
4.4 ผลการวัดระยะทางที่ตำแหน่ง 4.5 cm44
4.5 ผลการวัดระยะทางที่ตำแหน่งที่ 6.5 cm44
4.6 ผลการวัดระยะทางที่ตำแหน่ง 8.5 cm45
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่คำนวณได้จากค่าเฉลี่ยค่านับ
กับจำนวนสเต็ปในการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสง46
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่คำนวณได้จากค่าเฉลี่ยค่านับ
กับจำนวนสเต็ปในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง47
4.9 การจัดอุปกรณ์สำหรับการสอบเทียบกับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์48
4.10 ภาพถ่ายของระบบสอบเทียบเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์48
4.11 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนออกที่ตำแหน่ง 0.5 cm...49
4.12 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนออกที่ตำแหน่ง 2.5 cm...50
4.13 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนออกที่ตำแหน่ง 4.5 cm...50
4.14 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนออกที่ตำแหน่ง 6.5 cm...51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

4.15 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนออกที่ตำแหน่ง 8.5 cm.....51
4.16 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนเข้าที่ตำแหน่ง 0.5 cm.....52
4.17 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนเข้าที่ตำแหน่ง 2.5 cm.....53
4.18 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนเข้าที่ตำแหน่ง 4.5 cm.....53
4.19 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนเข้าที่ตำแหน่ง 6.5 cm.....54
4.20 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนเข้าที่ตำแหน่ง 8.5 cm.....54
4.21 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อใช้ความเร็ว 10 รอบต่อวินาทีที่ตำแหน่ง 2.5 cm.....55
4.22 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อใช้ความเร็ว 9 รอบต่อวินาทีที่ตำแหน่ง 2.5 cm.....56
4.23 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อใช้ความเร็ว 12 รอบต่อวินาทีที่ตำแหน่ง 2.5 cm.....56
4.24 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อใช้ความเร็ว 10 รอบต่อวินาทีที่ตำแหน่ง 6.5 cm.....57
4.25 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อใช้ความเร็ว 9 รอบต่อวินาทีที่ตำแหน่ง 6.5 cm.....57
4.26 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อใช้ความเร็ว 12 รอบต่อวินาทีที่ตำแหน่ง 6.5 cm.....58
4.27 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนออกจากตัวแยกแสง.....64
4.28 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง.....65
5.1 การจัดระบบใหม่เพื่อให้ระบบวัดสามารถบอกทิศทางการเคลื่อนที่.....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

ในการวัดระยะทางหรือความยาวจำเป็นที่จะต้องมีการสอบเทียบกับสเกลมาตรฐานอ้างอิง และเพื่อยืนยันมาตรฐานของความแม่นยำนั้น [1-2] สเกลมาตรฐานนี้ควรจะถูกอ้างอิงมาจากหน่วยมาตรฐานเดียวกัน ในที่นี้ใช้มาตรฐานความยาวเป็น "เมตร" วิธีการวัดที่เหมาะสมกับการวัดระยะทางขึ้นอยู่กับความแม่นยำ ขนาดของระยะทางที่ต้องการวัด และยังมีปัจจัยอื่นๆอีกมากมาย ซึ่งมีวิธีการที่แตกต่างกันไปอีกมากมายที่จะอธิบายวิธีการวัดเหล่านั้น วิธีการหนึ่งที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือ การประยุกต์ใช้งานเครื่องมือทางด้านแสงเลเซอร์ เนื่องจากแสงเลเซอร์มีความยาวคลื่นสั้นมากอยู่ในระดับนาโนเมตร จึงมีความละเอียดและความแม่นยำในการวัดได้ดีมาก

วิธีการทั่วไปอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการสอบเทียบระยะทางขนาดเล็กคือ การใช้แท่งเกจหรือสลิบเกจ ความยาวของเกจเหล่านี้จะถูกกำหนดเป็นระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของด้านหน้าของด้านตรงข้าม เกจเหล่านี้ก็จะถูกสอบเทียบโดยวิธีการของฟิโซอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

การประยุกต์ใช้งานทางด้านแสงเลเซอร์ในการวัดระยะทางหรือความยาวนี้มีด้วยกันหลายวิธีที่นิยมใช้กันมี 3 วิธี ได้แก่ 1. วิธีวัดเวลาในการเดินทางไปและกลับของแสงเลเซอร์ที่มีกำลังสูง (เลเซอร์ชนิดพัลส์) ในระยะทางระดับ km จะได้ความแม่นยำระดับ m 2. วิธีวัดความแตกต่างของเฟสของแสงเลเซอร์ที่ยิงไปยังวัสดุและเฟสที่สะท้อนกลับมา ในระยะทางระดับ km จะได้ความแม่นยำถึงระดับ cm 3. วิธีใช้คุณสมบัติการแทรกสอดของแสง การเลื่อนตำแหน่งของวัสดุไปตามระยะทางที่จะวัดทำให้ริ้วของการทแทรกสอดเกิดการกระพริบ และถ้าวัดจำนวนครั้งของการกระพริบของริ้วจะทราบระยะทาง ในระยะทาง 1 m จะได้ความแม่นยำถึงระดับ 1 μm จะเห็นว่าทั้ง 3 วิธีจะวัดระยะทางได้ที่ระยะแตกต่างกันไป ในการวัดระยะทางโดยอาศัยหลักการการแทรกสอดของแสงจะสามารถวัดระยะทางได้ละเอียดและมีความแม่นยำสูง

วิธีวัดระยะทางอย่างละเอียด

1.1.1 การวัดการแทรกสอดของแสง

การแทรกสอดของแสงเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของแสง โดยการวัดริ้วการแทรกสอดจะได้ค่าระยะทางที่ละเอียดมากถึงระดับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์ อุปกรณ์ที่ใช้วัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

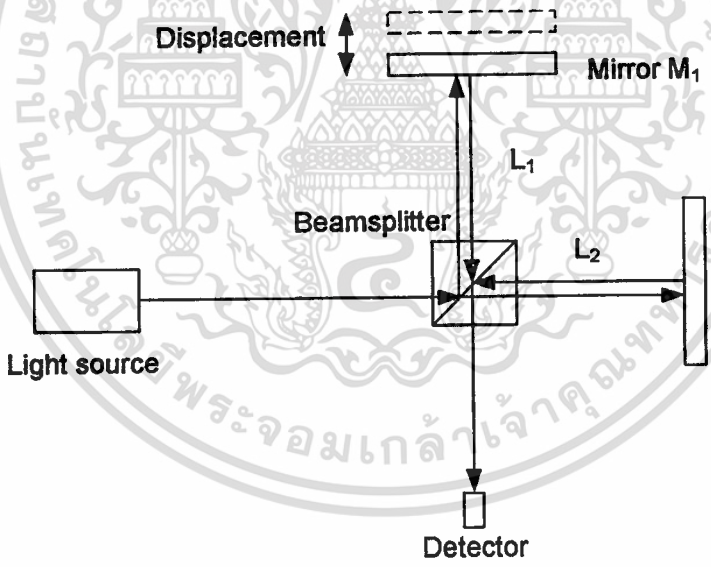
ระยะทางเช่นนี้ใช้หลักการของระบบไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (Michelson interferometer)ดังแสดงในรูปที่ 1.1 มีหลักการดังนี้

แสงเลเซอร์จากแหล่งกำเนิดแสง (light source) จะถูกตัวแยกแสง (beam splitter) แบ่งออกเป็น 2 ลำ ตามเส้นทาง L_1 และ L_2 แสงทั้ง 2 ลำ จะเดินทางไปสะท้อนที่กระจกเงา (mirror) แล้วกลับมารวมกันที่ตัวแยกแสง แล้วจึงเดินทางเข้าสู่ตัวตรวจจับแสง (detector) ถ้าให้คลื่นแสง E_1 และ E_2 เป็นแสงที่เดินทางไปตามเส้นทาง L_1 และ L_2 ตามลำดับ โดย E_1 และ E_2 มีฟังก์ชันคลื่นดังนี้

$$E_1 = Ae^{i(\omega t+kL_1)}$$
$$E_2 = Ae^{i(\omega t+kL_2)} \quad (1.1)$$

ความเข้มแสงของคลื่นแสงรวมของ E_1 และ E_2 ที่เดินทางเข้าสู่ตัวตรวจจับแสง คือ

$$I=|E_1+E_2|^2=2A^2(1+\cos k\Delta l) \quad (1.2)$$



รูปที่ 1.1 หลักการวัดระยะทางและความยาวด้วยวิธีไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

เมื่อ Δl คือ ความแตกต่างของระยะทางแสงของคลื่นแสง E_1 และ E_2 ซึ่งเท่ากับ L_1-L_2

A คือ แอมปลิจูด

จากรูปที่ 1.1 ถ้ามีกระจกบานใดมีบานหนึ่งเคลื่อนที่ ก็จะทำให้ Δl เปลี่ยนค่าไป จากกฎของการแทรกสอดของแสง เราทราบว่าความเข้มแสง I จะมีค่าสูงสุดเมื่อ Δl เปลี่ยนไปทุกๆ ระยะทาง $\lambda/2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นถ้าทำการเลื่อนกระจกบานใดบานหนึ่งและนับจำนวนครั้งของการเกิดสัญญาณแทรกสอดแบบเสริมก็จะทราบระยะทางการเคลื่อนที่ของกระจกที่เลื่อน

1.1.2 การวัดความหนาขององค์ประกอบเชิงแสง

วิธีการทั่วไปของการวัดความหนาของเลนซ์และแผ่นแก้วคือใช้ไมโครมิเตอร์และไดแอลเกจ ความแม่นยำของเครื่องมือเหล่านี้ประมาณ ± 0.01 mm ความแม่นยำนี้อาจถูกทำให้เพิ่มขึ้นได้ถึงประมาณ ± 1.0 μm โดยใช้วัดการแทรกสอด วิธีนี้ทำได้โดยไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์เปรียบเทียบความหนาของเลนซ์หรือแผ่นแก้วด้วยการสอบเทียบกับแผ่นแก้วอ้างอิงที่มีความหนาเท่ากัน และทำจากวัสดุเดียวกัน ในวิธีการนี้ การจกทั้งสองชิ้นของไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์จะถูกแทนด้วยเลนซ์ที่จะทำการทดสอบและแผ่นเพลทที่ระนาบขนานกันที่ทำจากวัสดุเดียวกันกับเลนซ์ แล้วปรับอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ให้เกิดวงแหวนนิวตันแสงขาวที่พื้นผิวด้านหน้าของเลน์และเพลท แล้วเพลทจะถูกทำให้เคลื่อนตามแขนของอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ จนกระทั่งพื้นผิวด้านหลังเกิดวงแหวนนิวตัน ระยะคือความหนาเชิงแสง Nt ของเลนซ์

ในงานวิทยานิพนธ์นี้เป็นการวัดระยะทางอย่างละเอียดโดยใช้เลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ ซึ่งเป็นวิธีการวัดการแทรกสอดของแสง โดยมีลักษณะการจัดอุปกรณ์คล้ายคลึงกับไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ แต่วิธีนี้ทำการวัดความถี่บีตของแสงและคำนวณหาระยะทางของการเคลื่อนที่ ซึ่งความถี่บีตที่ได้ขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกระจกรีโทรรีเฟลกเตอร์ จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถวัดระยะทางได้ละเอียดมากถึงระดับครึ่งความยาวคลื่น

1.2 หลักการที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการสร้างและสอบเทียบระยะทางอย่างละเอียด โดยใช้เลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ การทำงานของอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ใช้หลักการคล้ายกับไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ แต่ไม่ได้นับริ้วแทรกสอดที่เกิดจากการเลื่อนกระจกเพื่อคำนวณระยะทางการเคลื่อนที่ของกระจก แต่ใช้หลักการที่ว่าแสงที่สะท้อนจากกระจกที่กำลังเคลื่อนที่จะมีความถี่เปลี่ยนไปเนื่องจากปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ความถี่ของแสงเลเซอร์ที่สะท้อนนี้จะสัมพันธ์กับความเร็วของในการเคลื่อนที่ของกระจก ถ้าทราบเวลาที่กระจกเคลื่อนที่ก็จะคำนวณระยะทางการเคลื่อนที่ของกระจกได้ แต่การวัดความถี่ของเลเซอร์ที่สะท้อนนี้เป็นสิ่งที่ทำไม่ได้ เนื่องจากเลเซอร์มีความถี่สูงมาก สิ่งที่ทำได้คือหาความถี่ของแสงเลเซอร์ที่เปลี่ยนไปเนื่องจากการเคลื่อนที่ของกระจก ซึ่งทำได้โดยการนำแสงเลเซอร์ที่สะท้อนกับกระจกที่กำลังเคลื่อนที่มารวมกับแสงเลเซอร์ที่สะท้อนจากการจกที่หยุดนิ่ง ผลที่ได้คือการแทรกสอดของแสงทำให้เกิดบีต ทำให้แสงเลเซอร์มีความเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงเปลี่ยนไปด้วยความถี่บีตซึ่งเท่ากับความแตกต่างของความถี่ของแสงเลเซอรืทั้งสอง ความถี่นี้มีค่าไม่สูงมากนัก อยู่ในวิสัยที่วัดได้ด้วยเครื่องวัดความถี่ทั่วไป

ในเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ แสงเลเซอร์จะถูกยิ่งผ่านตัวแยกแสง แสงจะถูกแยกออกเป็นสองลำ ลำหนึ่งจะไปสะท้อนที่กระจกรีโทรรีเฟลกเตอร์ที่ติดอยู่กับตัวแยกแสงซึ่งใช้เป็นแขนอ้างอิง ส่วนแสงอีกลำจะไปสะท้อนที่กระจกรีโทรรีแฟลกเตอร์ที่ติดตั้งอยู่บนรางเลื่อน เมื่อรางเลื่อนเคลื่อนไปเป็นระยะทางต่างๆ แสงที่สะท้อนจากกระจกที่เคลื่อนเข้าจะมีความถี่สูงขึ้นอันเป็นผลเนื่องจากปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ เมื่อแสงที่สะท้อนกลับมารวมกับแสงอ้างอิงที่ตัวแยกแสงจะเกิดการบีต ทำให้ความเข้มแสงที่จุด ๆ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงด้วยความถี่บีตโดยการวัดการกระเพื่อมของแสงที่เกิดจากการบีตด้วยอุปกรณ์วัดแสง ทำให้สามารถวัดความถี่บีตได้ ความถี่บีตซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างของความถี่ทั้งสอง จำนวนของการกระเพื่อมหรือจำนวนบีตของแสงเลเซอร์ที่วัดได้จะมีค่าขึ้นกับระยะทางเชิงเส้นที่กระจกเคลื่อนที่ไป เมื่อนำจำนวนบีตที่วัดได้ไปคำนวณจะได้ระยะทางการเคลื่อนที่ของกระจก [3-9]

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาการแทรกสอดของแสง

1.3.2 เพื่อศึกษาการเกิดบีตส์ของของแสงเลเซอร์

1.3.3 เพื่อศึกษาการเกิดปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของแสง

1.3.4 เพื่อศึกษาและสร้างระบบเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

1.3.5 เพื่อศึกษาวิธีการวัดและสอบเทียบระยะทางอย่างระเอียดด้วยระบบเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 สร้างระบบเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

1.4.2 สร้างรางเลื่อนความละเอียดสูงควบคุมตำแหน่งด้วยคอมพิวเตอร์

1.4.3 ทดสอบการใช้งาน ความถูกต้องแม่นยำและความละเอียดของระบบ

1.4.4 ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ระบบการวัดระยะทางอย่างละเอียด

1.5.2 เป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาระบบให้เป็นเครื่องมือสำหรับสอบเทียบอุปกรณ์วัดระยะทางอย่างละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การแทรกสอดของคลื่น (Interference of Waves)

การรวมกันของคลื่นที่ตำแหน่งใด ๆ ในตัวกลางเรียกว่า การแทรกสอด (Interference) พิจารณาคลื่นเคลื่อนที่รูปซายน์สองคลื่น เคลื่อนที่ในทิศเดียวกัน แทนด้วย y_1 และ y_2 คลื่นทั้งสองมีความถี่และแอมปลิจูดเท่ากันแต่มีเฟสต่างกัน โดย

$$y_1 = A\sin(kx - \omega t) \tag{2.1}$$

$$y_2 = A\sin(kx - \omega t + \phi) \tag{2.2}$$

เมื่อ ϕ คือความต่างเฟสระหว่างคลื่นทั้งสอง เมื่อคลื่นทั้งสองพบกันจะเกิดการแทรกสอด จะได้ว่า

$$y = y_1 + y_2 = A\left[\sin(kx - \omega t) + \sin(kx - \omega t + \phi)\right] \tag{2.3}$$

จากความสัมพันธ์

$$\sin a + \sin b = 2\cos\left(\frac{a-b}{2}\right)\sin\left(\frac{a+b}{2}\right)$$

ให้ $a = kx - \omega t$ และ $b = kx - \omega t + \phi$ จะได้ฟังก์ชันคลื่นรวม

$$y = \left(2A\cos\frac{\phi}{2}\right)\sin\left(kx - \omega t + \frac{\phi}{2}\right) \tag{2.4}$$

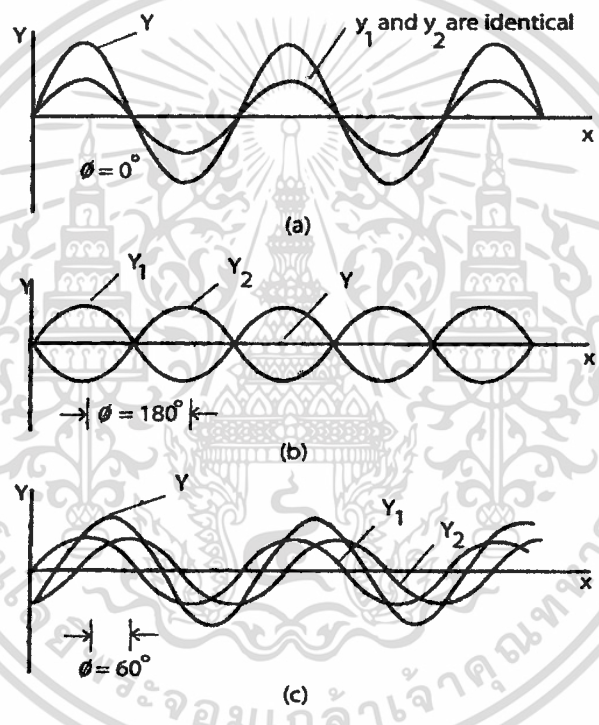
สมการของคลื่นรวมนี้มีความสำคัญหลายประการ กล่าวคือสมการแสดงให้เห็นว่า คลื่นรวมยังคงเป็นคลื่นรูปซายน์ที่มีความถี่และความยาวคลื่นเท่าเดิม แอมปลิจูดของคลื่นรวมคือ $2A\cos\frac{\phi}{2}$ และมีเฟสคือ $\frac{\phi}{2}$ ถ้าคลื่น y_1 และ y_2 มีเฟสตรงกัน นั่นคือ $\phi = 0$ จะได้ว่าคลื่นรวมมีแอมปลิจูดเท่ากับ 2A หรือมีแอมปลิจูดเป็นสองเท่าของแอมปลิจูดของแต่ละคลื่น กรณีนี้เรียกว่า *การแทรกสอดแบบเสริม*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(constructive interference) เกิดเนื่องจากยอดคลื่นของแต่ละคลื่นอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 2.1(a) โดยทั่วไป การแทรกสอดแบบเสริมกันนี้จะเกิดเมื่อ $\cos(\phi/2) = \pm 1$ หรือ เมื่อ $\phi = 0, 2\pi, 4\pi, \ldots$

ในทางตรงข้าม ถ้ามุม $\phi = \pi, 3\pi, 5\pi, \ldots$ จะทำให้ $\cos(\phi/2) = \cos(\pi/2) = 0$ เป็นผลให้แอมปลิจูดของคลื่นรวมเป็นศูนย์ ในกรณีนี้เรียกว่า *การแทรกสอดแบบหักล้าง (destructive interference)* เกิดขึ้นเมื่อยอดคลื่นของคลื่นหนึ่งตรงกับท้องคลื่นของอีกคลื่นหนึ่งแสดงดังรูปที่ 2.1(b) การกระจัดของคลื่นจะหักล้างกันหมด

ถ้าค่าคงที่เฟสมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ π แสดงดังรูปที่ 2.1(c) คลื่นรวมจะมีแอมปลิจูดอยู่ระหว่าง 0 ถึง 2A



รูปที่ 2.1 การซ้อนทับของคลื่น y_1 และ y_2

(a) คลื่นทั้งสองมีเฟสตรงกัน เกิดการแทรกสอดแบบเสริม

(b) คลื่นทั้งสองมีเฟสต่างกัน π rad เกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง

(c) คลื่นทั้งสองมีเฟสต่างกันในช่วง 0 ถึง π คลื่นรวมจะมีแอมปลิจูดน้อยกว่ารูป (a) และมากกว่ารูป (b)

ในกรณีที่คลื่นทั้งสองมีแอมปลิจูดต่างกัน การแทรกสอดก็สามารถพิจารณาได้ในทำนองเดียวกัน โดยถ้าคลื่นทั้งสองมีเฟสเดียวกัน แอมปลิจูดของคลื่นรวมจะเท่ากับผลบวกของแอมปลิจูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแต่ละคลื่น แต่ถ้าคลื่นมีเฟสต่างกัน 180° แอมปลิจูดของคลื่นรวมจะเท่ากับผลต่างของแอมปลิจูดของแต่ละคลื่น

2.2 การแทรกสอดของแสง (Interference of Light)

การแทรกสอดของแสงเกิดได้ก็ต่อเมื่อคลื่นแสงสองคลื่นที่มาพบกัน เกิดการแทรกสอดกันเกิดเป็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก โดยแหล่งกำเนิดแสงจะต้องเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ (Coherent Source)

พิจารณามีคลื่นแสงสองคลื่นที่มีความถี่เดียวกัน มีเฟสต่างกันคงที่ คลื่นทั้งสองมีสมการการเคลื่อนที่คือ

$$E_1 = E_{01}\sin(\omega t - kx + \phi_1)$$
$$E_2 = E_{02}\sin(\omega t - kx + \phi_2) \qquad (2.5)$$

เมื่อคลื่นแสงทั้งสองมาซ้อนทับกันที่จุดใดๆ คลื่นรวมที่ได้คือ

$$\begin{aligned} E &= E_1 + E_2 \\ &= E_{01}\sin(\omega t - kx + \phi_1) + E_{02}\sin(\omega t - kx + \phi_2) \\ &= (E_{01}\cos\phi_1 + E_{02}\cos\phi_2)\sin(\omega t - kx) + (E_{01}\sin\phi_1 + E_{02}\sin\phi_2)\cos(\omega t - kx) \end{aligned} \qquad (2.6)$$

เทียบกับ $E = E_0\sin(\omega t - kx + \phi) = E_0\sin(\omega t - kx)\cos\phi + E_0\cos(\omega t - kx)\sin\phi$
เมื่อเทียบกันจะได้ว่า

$$E_0\cos\phi = E_{01}\cos\phi_1 + E_{02}\cos\phi_2$$
$$E_0\sin\phi = E_{01}\sin\phi_1 + E_{02}\sin\phi_2$$

จัดสมการใหม่

$$\begin{aligned} E_0^2\cos^2\phi + E_0^2\sin^2\phi &= E_0^2(\cos^2\phi + \sin^2\phi) = E_0^2 \\ &= (E_{01}\cos\phi_1 + E_{02}\cos\phi_2)^2 + (E_{01}\sin\phi_1 + E_{02}\sin\phi_2)^2 \end{aligned} \qquad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ

$$E_0^2 = E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2E_{01}E_{02}\,(\cos\phi_1\cos\phi_2 + \sin\phi_1\sin\phi_2) \qquad (2.8)$$

จากความสัมพันธ์ $\cos(A-B) = \cos A\cos B + \sin A\sin B$
จะได้

$$E_0^2 = E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2E_{01}E_{02}\cos\,(\phi_1 - \phi_2) \qquad (2.9)$$

และ

$$\tan\phi = \frac{(E_{01}\sin\phi_1 + E_{02}\sin\phi_2)}{(E_{01}\cos\phi_1 + E_{02}\cos\phi_2)} \qquad (2.10)$$

ถ้ามองในรูปของความเข้มของแสง (Intensity) ซึ่งแปรผันกับขนาดของสนามไฟฟ้ากำลังสองคือ $I \alpha E^2$ จากสมการ (2.9) จะเขียนได้เป็น

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\,(\phi_1 - \phi_2) \qquad (2.11)$$

เมื่อ $\phi_1 - \phi_2$ คือผลต่างเฟส (phase difference)
I_1, I_2 คือความเข้มของคลื่นแสง E_1 และ E_2

จะเห็นได้ว่า ความเข้มของแสงรวม นอกจากจะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงแต่ละแสงแล้วยังจะขึ้นอยู่กับพจน์ในส่วนที่เรียกว่า พจน์การแทรกสอด (Interference Term) คือ $2\sqrt{I_1 I_2}\cos(\phi_1 - \phi_2)$ ผลของการแทรกสอด จะทำให้เกิดแถบมืดและแถบสว่างหรือริ้วการแทรกสอด (Interference Fringes) ตามเงื่อนไขของผลต่างเฟส ($\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$) จากสมการ (2.11) สามารถพิจารณาการเกิดริ้วการแทรกสอดได้ดังนี้ ถ้า $\Delta\phi = (2n+1)\pi$ เมื่อ n=0,1,2,3,... โดยที่ n คือ ลำดับของแถบมืดสว่าง ดังนั้น $\cos(\Delta\phi) = -1$ จะได้ว่า

$$I = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2} \qquad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นความเข้มแสงต่ำสุด เกิดเป็นแถบมืด จะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นทั้งสองมีเฟสต่างกัน 180° (antiphase) และเรียกว่าเกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง (Destructive Interference) ถ้า $\Delta\phi = 2n\pi$ เมื่อ $n = 0,1,2,3,\ldots$ คือลำดับของแถบมืดสว่าง ดังนั้น $\cos(\Delta\phi) = 1$ จะได้ว่า

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \tag{2.13}$$

ซึ่งมีความเข้มแสงสูงสุด เกิดแถบสว่าง เกิดขึ้นเมื่อคลื่นทั้งสองมีเฟสตรงกัน(in phase) และเรียกว่าเกิดการแทรกสอดแบบเสริม (Constructive Interference) ในกรณีที่คลื่นแสงมีความเข้มเท่ากัน : $I_1 = I_2 = I_0$

$$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\phi_1 - \phi_2}{2}\right) \tag{2.14}$$

เมื่อ $\cos^2(\phi_1 - \phi_2)$ มีค่าระหว่าง 0 - 1

ดังนั้นการแทรกสอดจะทำให้แสงมีความเข้มเป็น 0 ที่จุดมืด (แทรกสอดแบบหักล้าง) และมีความเข้มเป็น $4I_0$ ที่จุดสว่าง (แทรกสอดแบบเสริม)

ในกรณีที่แสงสองลำมีเฟสตรงกัน ($\Delta\phi = 0$) เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงเดียวกัน(เช่น กรณีไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์) เฟสของแสงจะต่างกันก็ต่อเมื่อแสงสองลำเดินทางถึงสุดสังเกตด้วยระยะทางที่ต่างกัน(โดยการปรับระยะห่างระหว่างกระจก) เช่น แสงจากแหล่งกำเนิด S_1 เดินทางถึงจุดสังเกตมีระยะทางมากกว่าแสงจากแหล่งกำเนิด S_0 เท่ากับ $(S_1 - S_0)$ ระยะทางนี้เรียกว่า ผลต่างทางเดินแสง (path difference) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความต่างเฟส (phase difference), $\Delta\phi$ โดยที่

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x \quad \Rightarrow \quad \phi_1 - \phi_2 = \frac{2\pi}{\lambda}(S_1 - S_0)$$

2.3 บีต (Beats)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการแทรกสอดอีกชนิดหนึ่งที่เกิดจากการซ้อนทับของคลื่น 2 คลื่น ที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อย ในกรณีที่คลื่น 2 คลื่น มีแอมปลิจูด A_1 และ A_2 เคลื่อนที่มาพบกันที่จุดๆ หนึ่ง ที่จุดนี้จะพบว่า เฟสของคลื่นทั้งสองจะตรงกันและตรงข้ามกันสลับกันไป-มา เมื่อคลื่นทั้งสองมีเฟสตรงกัน แอมปลิจูดของคลื่นรวมจะเป็น $A_1 + A_2$ และเมื่อคลื่นทั้งสองมีเฟสตรงข้ามกัน คลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมจะมีแอมปลิจูดเป็น A_1 - A_2 จะพบว่า จะพบว่าคลื่นรวมมีแอมปลิจูดเปลี่ยนแปลงระหว่างค่าน้อยและค่ามากตลอดเวลา ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า บีต

บีตเกิดขึ้นได้กับคลื่นทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งคลื่นเสียงจะเห็นได้ชัดเจน เช่น ถ้าเคาะส้อมเสียง 2 อัน ที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อยพร้อมๆกัน จะทำให้เกิดเสียงดังและค่อยสลับกัน จำนวนของบีตที่ได้ยินต่อวินาทีเรียกว่า ความถี่บีต (beats frequency) (ดังและค่อยสลับกัน 1 ครั้ง นับเป็น 1 บีต) มีค่าเท่ากับผลต่างของความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงทั้งสอง ความถี่บีตสูงสุดที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้มีค่าประมาณ 20 Hz ในการตั้งเสียงเครื่องดนตรี เช่น เปียโน จะใช้บีตช่วยในการตั้งเสียง โดยฟังเสียงบีตของโน้ตกับเสียงอ้างอิงที่ทราบความถี่ ความถี่เสียงของเปียโนจะถูกปรับจนกระทั่งการบีตหายไปแสดงว่าความถี่ทั้งสองเท่ากัน

พิจารณาคลื่นเคลื่อนที่ 2 คลื่น ที่มีแอมปลิจูดเท่ากันแต่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อย f_1 และ f_2 ฟังก์ชันคลื่นของทั้งสองที่ตำแหน่งคงที่เดียวกัน คือ

$$y_1 = A_1 \cos(k_1 x - 2\pi f_1 t) \quad \text{และ} \quad y_2 = A_2 \cos(k_2 x - 2\pi f_2 t)$$

เพื่อความสะดวกให้ $x = 0$ ดังนั้น

$$y_1 = A_1 \cos(2\pi f_1 t) \quad \text{และ} \quad y_2 = A_2 \cos(2\pi f_2 t)$$

โดยหลักการซ้อนทับจะได้คลื่นรวม คือ

$$y = y_1 + y_2 = A\left(\cos(2\pi f_1 t) + \cos(2\pi f_2 t)\right) \tag{2.15}$$

จาก $\cos A + \cos B = 2\cos\left(\frac{A-B}{2}\right)\cos\left(\frac{A+B}{2}\right)$ ให้ $A = 2\pi f_1 t$ และ $B = 2\pi f_2 t$ จะได้ว่า

$$y = \left[2A\cos 2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t\right]\cos 2\pi\left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right)t \tag{2.16}$$

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าเป็นสมการการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิกส์ที่มีความถี่เฉลี่ยของคลื่นทั้งสองเป็น $(f_1 + f_2)/2$ และ มีแอมปลิจูดเป็น

$$A_{x=0} = 2A\cos 2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t \tag{2.17}$$

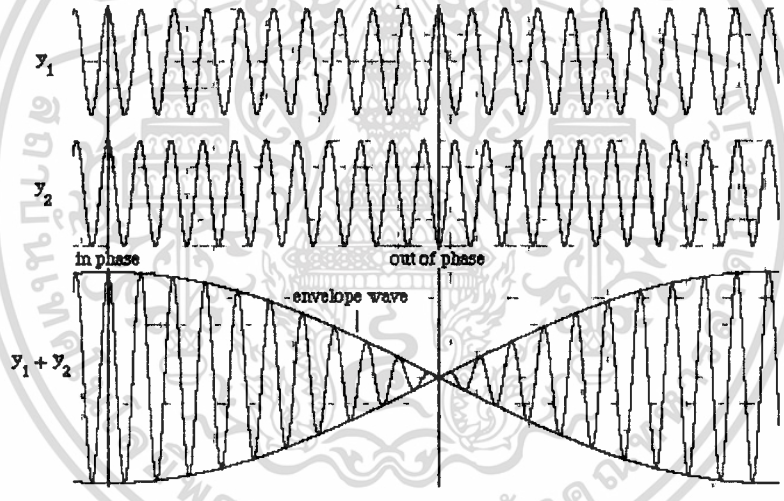
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่า แอมปลิจูดเป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงด้วยความถี่ $(f_1 - f_2)/2$ ถ้าความถี่ f_1 มีค่าใกล้กับความถี่ f_2 ทำให้ $(f_1 - f_2)/2$ มีค่าน้อยมาก แอมปลิจูดจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ เมื่อเทียบกับความถี่ของคลื่นแต่ละคลื่นและแอมปลิจูดจะมีค่าสูงสุด ซึ่งมีค่าเป็น 2A จะเกิดเมื่อ

$$\cos 2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t = \pm 1 \tag{2.18}$$

นั่นคือ แอมปลิจูดจะมีค่าสูงสุด 2 ครั้งใน 1 รอบ ของฟังก์ชัน $\cos 2\pi\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right)t$ ดังนั้น จำนวนบีตต่อวินาที หรือความถี่บีต f_b จะมีค่าเป็น 2 เท่าของความถี่ของฟังก์ชันนี้ นั่นคือ

$$f_b = 2\left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right) = |f_1 - f_2| \tag{2.19}$$



รูปที่ 2.2 บีตเกิดจากคลื่นสองคลื่นที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อย

ตัวอย่างเช่น ถ้าส้อมเสียง 2 อัน มีความถี่ 110 Hz และ 100 Hz ตามลำดับ เมื่อเคาะส้อมเสียงทั้งสองพร้อมกันจะได้เสียงที่มีความถี่ $(f_1 + f_2)/2$ = 105 Hz ที่ดังค่อยสลับกัน 10 ครั้งในหนึ่งวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (Doppler Effect)

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์เกิดขึ้นเมื่อมีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดคลื่นกับผู้สังเกต ถ้าแหล่งกำเนิดคลื่นหรือผู้สังเกตเคลื่อนที่เข้าหากัน ผู้สังเกตจะได้รับคลื่นที่มีความถี่สูงกว่าความถี่ที่แท้จริงของแหล่งกำเนิดคลื่น ถ้าแหล่งกำเนิดคลื่นหรือผู้สังเกตเคลื่อนที่ออกจากกัน ผู้สังเกตจะได้รับคลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่าความถี่ที่แท้จริงของแหล่งกำเนิดคลื่น ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์เกิดขึ้นกับคลื่นทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นคลื่นตามยาวหรือคลื่นตามขวาง คลื่นกลหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.4.1 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของคลื่นเสียง

การเกิดปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของคลื่นเสียง เกิดขึ้นได้ 2 กรณีเช่นเดียวกับการเกิดอปเพลอร์ของคลื่น คือ เมื่อแหล่งกำเนิดเสียง S หยุดนิ่งเมื่อเทียบกับตัวกลาง ในขณะที่ผู้สังเกต O เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางด้วยความเร็ว $v_{observed}$ ถ้า f' เป็นความถี่ที่สังเกตได้ของคลื่นเสียง ซึ่งผู้สังเกต O ได้ยินจะได้ว่า

$$f' = f\left(\frac{v_{wave} \pm v_{observed}}{v_{wave}}\right) = f\left(1 \pm \frac{v_{observed}}{v_{wave}}\right) \qquad (2.20)$$

เมื่อ f' คือความถี่ที่สังเกตได้
f คือความถี่ของแหล่งกำเนิด
$v_{observed}$ คือความเร็วของผู้สังเกต
v_{wave} คือความเร็วของแสง

ในที่นี้เครื่องหมาย บวก ใช้สำหรับการเคลื่อนที่เข้าหาแหล่งกำเนิด ส่วนเครื่องหมาย ลบ ใช้สำหรับการเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิด

พิจารณากรณีที่ผู้สังเกต O หยุดนิ่งเมื่อเทียบกับตัวกลาง แต่แหล่งกำเนิดเสียง S กำลังเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางด้วยความเร็ว v_{source} ดังนั้นสามารถเขียนสมการทั่วไปได้เป็น

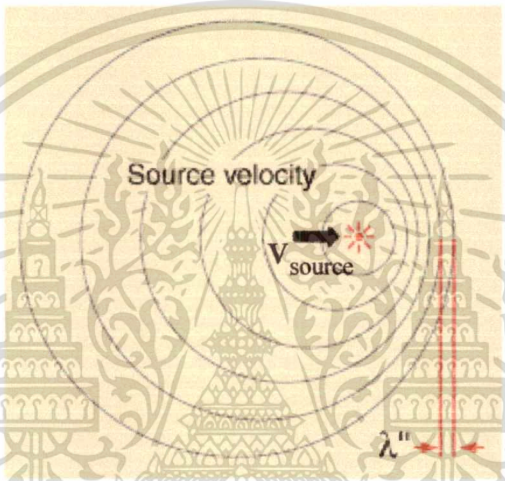
$$f' = f\left(\frac{v_{wave}}{v_{wave} \pm v_{source}}\right) \qquad (2.21)$$

เขียนสมการ 2.21 ใหม่ได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f' = f\left[\frac{1}{1\pm\frac{v_{source}}{v_{wave}}}\right] \qquad (2.22)$$

ในสมการ (2.22) เครื่องหมาย ลบ หมายถึง การเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกต ส่วนเครื่องหมาย บวก หมายถึง การเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกต ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียงนี้เป็น ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ทั่วไป (Normal Doppler Effect) ที่เกิดขึ้นกับคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วน้อยกว่าความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาก



รูปที่ 2.3 แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกตด้วยความเร็ว v_{source}

2.4.2 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของคลื่นแสง

สำหรับปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของคลื่นแสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอื่นๆ ถูกเรียกว่า ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์สัมพัทธ์ (Relativistic Doppler Effect) ซึ่งความสัมพันธ์ของสมการจะใช้การแปลงลอเร็นท์ซ (Lorentz Transformation) และการขยายของเวลา (time dilation) ในการอธิบาย [10-11] ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ 2 กรณีเช่นเดียวกับดอปเพลอร์ของคลื่นและเสียง คือ เมื่อแหล่งกำเนิดแสงกำลังเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตด้วยความเร็ว v_s ถ้าความถี่ f' เป็นความถี่ที่ผู้สังเกตได้รับคือ

$$f' = \sqrt{1-\frac{v_s^2}{c^2}}\,\frac{f}{1+\frac{v_s}{c}} = f\sqrt{\frac{1-\frac{v_s}{c}}{1+\frac{v_s}{c}}} \qquad (2.23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ f' คือความถี่ที่สังเกตได้

f คือความถี่ของแหล่งกำเนิด

v_s คือความเร็วของแหล่งกำเนิด

c คือความเร็วของแสง

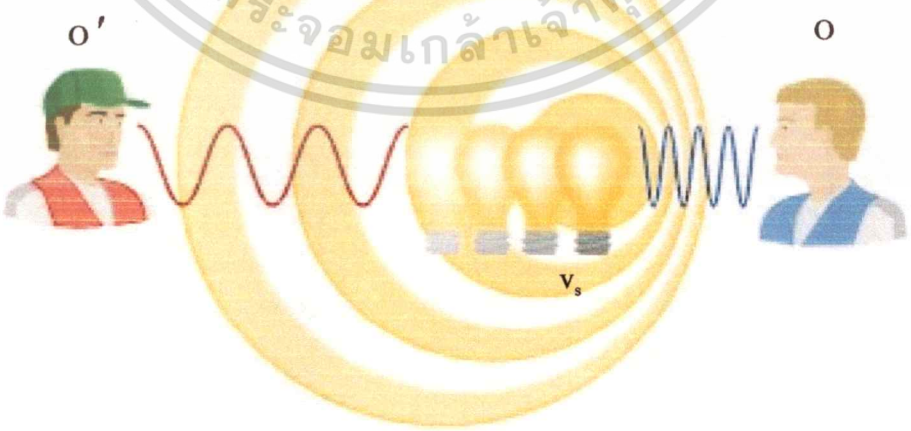
กรณีนี้คือ ความถี่เลื่อนไปทางสีแดงสัมพัทธ์ (The relativistic red shift frequency) ถ้าแหล่งกำเนิดกำลังเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกตด้วยความเร็ว v_s จะแทน v_s ด้วย $-v_s$ จะได้ว่า

$$f' = \sqrt{1-\frac{v_s^2}{c^2}}\,\frac{f}{1-\frac{v_s}{c}} = f\sqrt{\frac{1+\frac{v_s}{c}}{1-\frac{v_s}{c}}} \qquad (2.24)$$

กรณีนี้คือ ความถี่เลื่อนไปทางสีน้ำเงินสัมพัทธ์ (The relativistic blue shift frequency) สามารถเขียนสมการความถี่ที่สังเกตได้ในรูปสัญญลักษณ์สัมพัทธ์ทั่วไปได้เป็น

$$f' = f\sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}$$

โดยที่ β คือ $\frac{v_s}{c}$



รูปที่ 2.4 เมื่อแหล่งกำเนิดแสงเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกต O′ เกิดการเลื่อนไปทางสีแดง (red shift)
เมื่อแหล่งกำเนิดแสงเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกต O เกิดการเลื่อนไปทางสีน้ำเงิน(blue shift)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ดอปเพลอร์ชิฟท์ที่ความเร็วต่ำ (Low speed Doppler Shift)

การประยุกต์ใช้ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ที่แหล่งกำเนิดแสงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ สมการทั่วไปของดอปเพลอร์ชิฟท์ จะไม่ซับซ้อน และความถี่ดอปเพลอร์หรือความถี่ที่สังเกตได้ สามารถเขียนได้เป็น

$$f' = \sqrt{1-\frac{v_s^2}{c^2}}\,\frac{f}{1-\frac{v_s}{c}} \tag{2.25}$$

สามารถกระจายเทอม $\sqrt{1-\frac{v_s^2}{c^2}}$ ได้โดยใช้การกระจายแบบ binomial expansion จะได้เป็น

$$\left[1-\frac{v_s^2}{c^2}\right]^{1/2} = 1-\frac{1}{2}\frac{v_s^2}{c^2}-\frac{1}{8}\frac{v_s^4}{c^4}+\ldots \tag{2.26}$$

สำหรับที่ความเร็วต่ำ เมื่อ $v_s << c$ จะใช้สองเทอมแรกของสมการ (2.26) ซึ่งจะให้ผลการประมาณที่ดีของดอปเพลอร์ชิฟท์ จากสมการ (2.25) เมื่อกระจายด้วย binomial expansion จะได้เป็น

$$f' \approx f\frac{1-\frac{v_s^2}{2c^2}}{1-\frac{v_s}{c}} \tag{2.27}$$

เนื่องจาก $v_s << c$ จะได้ว่าเทอม $\frac{v_s^2}{2c^2}$ มีค่าเป็น 0 ดังนั้น จะได้ว่า

$$f' = f\frac{1}{1-\frac{v_s}{c}} \tag{2.28}$$

คูณสมการ (2.28) ด้วย $\frac{1+\frac{v_s}{c}}{1+\frac{v_s}{c}}$ จะได้ว่า

$$f' = f\frac{1+\frac{v_s}{c}}{1-\frac{v_s^2}{c^2}} \tag{2.29}$$

เนื่องจาก $v_s << c$ จะได้ว่าเทอม $\frac{v_s^2}{c^2}$ มีค่าเป็น 0 ดังนั้น จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

$$f' = f\left(1+\frac{v_s}{c}\right) = f+f\frac{v_s}{c} \qquad (2.30)$$

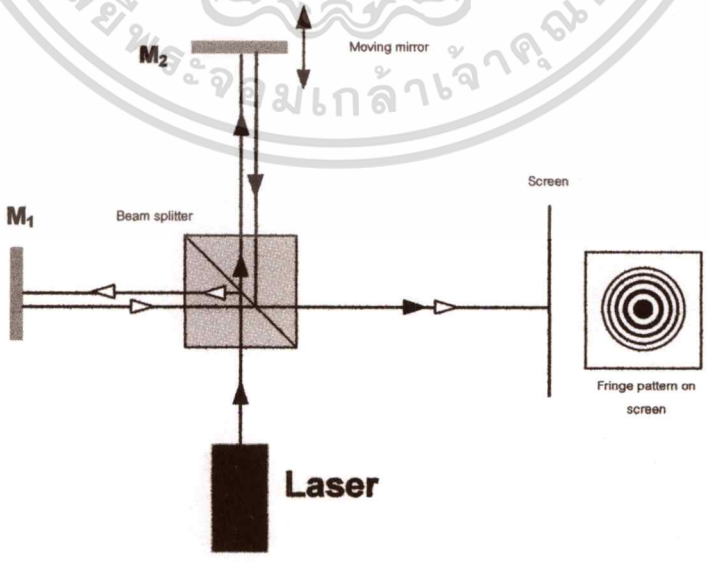
เมื่อเขียนอยู่ในรูปการเลื่อนของความถี่ จะได้เป็น

$$f'-f = \Delta f = f\frac{v_s}{c} \qquad (2.31)$$

สมการ (2.31) คือความถี่ที่เปลี่ยนไปของดอปเพลอร์ที่แหล่งกำเนิดแสงมีความความเร็วต่ำ

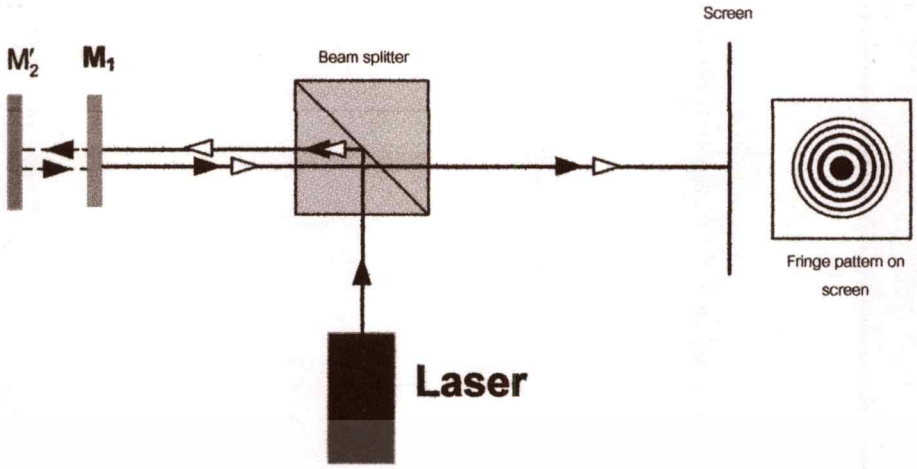
2.5 ไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ Michelson Interferometer)

ไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์มีการจัดอุปกรณ์ดังรูปที่ 2.5 แสงจากแหล่งกำเนิดแสง (Laser) ผ่านไปยังตัวแยกลำแสง (beam splitter) ชนิด 50:50 ลำแสงจะแยกออกเป็นสองส่วนที่ตั้งฉากกันและมีความเข้มแสงเท่ากัน โดยลำที่ 1 จะสะท้อนไปยังกระจก M_1 และสะท้อนกลับมายังตัวแยกแสงจากนั้นจะทะลุไปยังฉากรับแสง ส่วนลำแสงที่สอง จะทะลุผ่านไปยังกระจก M_2 และสะท้อนกลับมายังตัวแยกลำแสงจากนั้นจะสะท้อนไปยังฉากรับแสงเช่นกัน แต่เนื่องจากลำแสงทั้งสองเดินทางเป็นระยะทางไม่เท่ากัน (เนื่องจากกระจกทั้งสองอยู่ห่างจากตัวแยกลำแสงไม่เท่ากัน) ลำแสงทั้งสองจึงแทรกสอดกันโดยมีเฟสต่างกัน ทำให้เห็นแถบมืดและแถบสว่างเป็นวงบนฉากตามเลื่อนไขการเกิดแทรกสอดแบบหักล้างและเสริมสร้าง ตามลำดับ

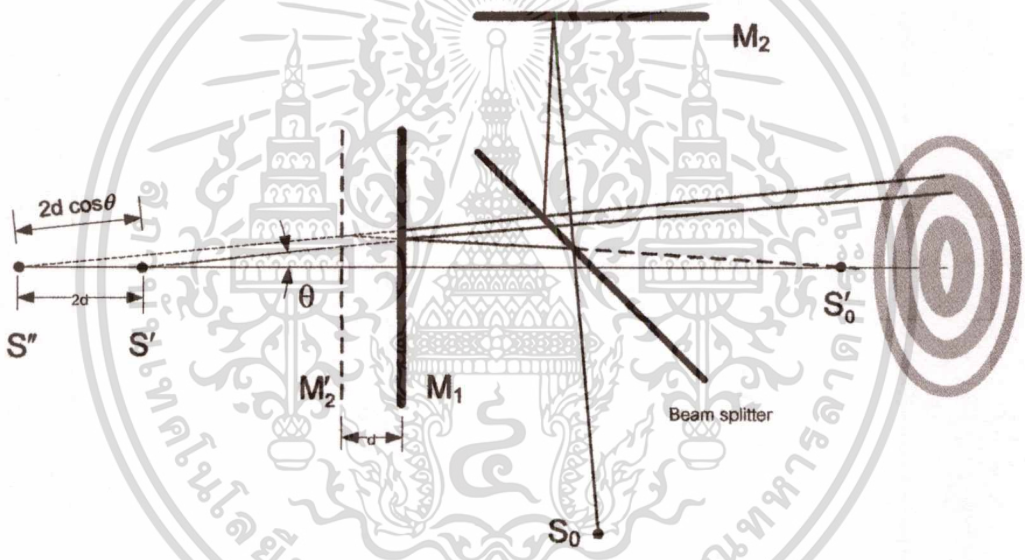


รูปที่ 2.5 ไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
69067



รูปที่ 2.6 ตำแหน่งภาพของกระจก M_2 แสดงให้เห็นระยะห่างระหว่างกระจก



รูปที่ 2.7 การเกิดริ้วแทรกสอดจากแหล่งกำเนิดแสงเสมือน

2.5.1 การเกิดริ้วแทรกสอด

ในกรณีของไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ ความต่างเฟสของแสงที่แทรกสอดกันถูกกำหนดโดยผลต่างทางเดินแสง ซึ่งควบคุมโดยการเลื่อนระยะของกระจก M_2 ในมุมมองของผู้สังเกตจากทางด้านฉากรับแสง จะเห็นภาพของกระจก M_2 อยู่ที่ตำแหน่ง M_2' ดังรูปที่ 2.6 ถ้าแสงจากแหล่งจากกำเนิดแสงเลเซอร์บานออกเล็กน้อย (โดยเลนส์ เช่น เลนส์วัตถุของกล้องจุลทรรศน์) แสงจะตกกระทบตัวแยกแสงและกระจกเป็นรูปกรวย เพื่อให้เห็นภาพการเกิดริ้วแทรกสอดชัดเจนขึ้นจะพิจารณาแนวแสงที่ตกกระทบตัวแยกแสงและกระจกเป็นมุมเอียงเล็กน้อยดังรูปที่ 2.7 แสงที่สะท้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกระจกจะพิจารณาได้เสมือนกับว่ามีแหล่งกำเนิดแสงอยู่หลังกระจกเป็นระยะเท่ากับระยะจากแหล่งกำเนิดแสงจริงถึงกระจก ดังนั้น แสงจากแหล่งกำเนิดแสงจริงที่ตำแหน่ง S_0 ที่สะท้อนจากกระจก M_1 จึงเสมือนกับมาจากแหล่งกำเนิดแสง S′ และแสงที่สะท้อนจากกระจก M_2 จะเสมือนสะท้อนมาจากกระจก M_2' ซึ่งเสมือนกับมาจากแหล่งกำเนิดแสง S″ โดยที่ M_2' อยู่ห่างจากกระจก M_1 เป็นระยะทาง d ดังนั้นระยะห่างระหว่างแสงกำเนิดเสมือน S′ และ S″ คือ 2d

จากรูปที่ 2.7 พิจารณาตำแหน่งที่เกิดริ้วแทรกสอดบนฉากมาจากลำแสงที่ทำมุม θ กับแนวระดับ(optical axis) ดังนั้น ผลต่างทางเดินแสง(optical path difference) ของลำแสงทั้งสองคือ $\Delta x = 2d\cos\theta$ ถ้าแสงที่แยกโดยตัวแยกแสงมีความเข้มเท่ากัน I_0 เมื่อแทรกสอดกันจะมีความเข้ม

$$I = 2I_0(1+\cos\delta) \tag{2.32}$$

เมื่อผลต่างเฟส δ มีค่า

$$\delta = \frac{2\pi\Delta x}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda}2d\cos\theta \tag{2.33}$$

โดยจะเกิดการแทรกสอดแบบเสริมแบบหักล้าง(แถบมืด) เมื่อ $\delta = (n + ½)\pi$ หรือ เกิดเมื่อ $2d\cos\theta = (n + ½)\lambda$ เมื่อ n คือ 0, ±1, ±2, ±3,...

สำหรับริ้วแทรกสอดที่จุดกึ่งกลางคือจุดที่ $\theta = 0°$ จะเป็นแถบสว่างเมื่อ $2d = n\lambda$ หรือ $d = n\frac{\lambda}{2}$ และจะเป็นแถบมืดเมื่อ $2d = (n+\frac{1}{2})\lambda$ หรือ $d = (n+\frac{1}{2})\frac{\lambda}{2}$ ดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 ริ้วแทรกสอดที่จุดกึ่งกลางแบบเสริม(ซ้าย) และแบบหักล้าง(ขวา)แสงเดินทางถึงฉากด้วยระยะทางต่างกัน λ/2 (กระจกเลื่อนไปเป็นระยะ λ/4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 หลักการวัดระยะทางด้วยไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

เมื่อทำการเลื่อนกระจก M_2 เข้าไปเป็นระยะทาง $\lambda/4$ แสงสองลำจะเดินทางด้วยระยะทางต่างไป $\lambda/2$ ริ้วแทรกสอดตรงกลางจะเปลี่ยนจากสว่างเป็นมืด (หรือมือเป็นสว่าง) เมื่อเลื่อนกระจกต่อไปอีก $\lambda/4$ (รวมเป็น $\lambda/2$) ริ้วการแทรกสอดจะเปลี่ยนกลับไปเป็นดังเดิม สัญญาณจากตัววัดความเข้มแสงจะทำให้เครื่องนับริ้วการแทรกสอดนับเพิ่มขึ้น 1 ริ้ว และจะเพิ่มขึ้นทีละ 1 ริ้ว เมื่อกระจกเลื่อนไปทุกๆระยะทาง $\lambda/2$ ดังนั้นระยะทางที่กระจกเลื่อนไปจะคำนวณได้จากจำนวนริ้วแทรกสอดที่นับได้โดยเครื่องนับ

ระยะทางที่กระจกเลื่อนไปสามารถคำนวณได้โดยความสัมพันธ์

$$d = N\frac{\lambda}{2} \tag{2.34}$$

เมื่อ d คือ ระยะทางที่กระจกเลื่อนไป
N คือ จำนวนริ้วแทรกสอดที่นับได้โดยเครื่องนับ
λ คือ ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์

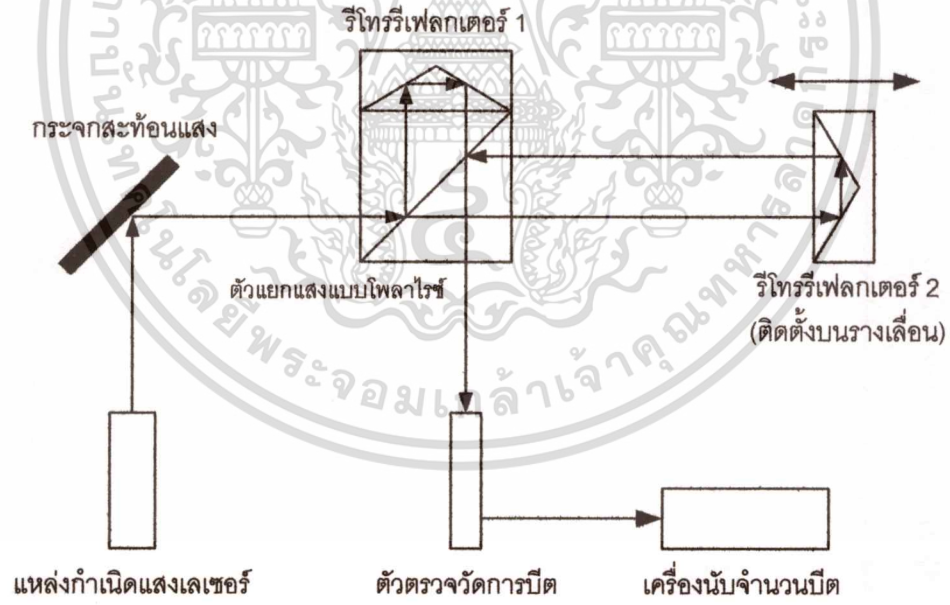
ระยะทางที่น้อยที่สุดที่ไมเคลสันอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์สามารถวัดได้ เมื่อใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นเลเซอร์ฮีเลียม-นีออนที่มีความยาวคลื่น 632.8 nm (N=1) คือ 632.8/2 = 316.4 nm หรือ 0.3164 μm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนดำเนินการออกแบบและจัดระบบ

3.1 หลักการวัดระยะทางด้วยเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

การวัดระยะทางด้วยเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีการจัดอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.1 แสงเลเซอร์ซึ่งถูกยิงสะท้อนกระจกเข้าสู่ตัวแยกแสงแบบโพลาไรซ์ (polarized beam splitter) จะถูกแยกออกเป็น 2 ลำ โดยแสงที่มีโพลาไรซ์ในแนวตั้งฉากกับระนาบตกกระทบ (s-polarized light) จะสะท้อนไปยังรีโทรรีเฟลกเตอร์ 1 ซึ่งติดตั้งอยู่กับตัวแยกแสง ส่วนแสงที่มีโพลาไรซ์ในแนวขนานกับระนาบตกกระทบ (p-polarized light) จะทะลุผ่านออกไปยังรีโทรรีเฟลกเตอร์ 2 ซึ่งติดตั้งอยู่บนรางเลื่อน โดยรีโทรรีเฟลกเตอร์บนรางเลื่อนนี้สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยการควบคุมของคอมพิวเตอร์ แสงที่สะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ทั้งสอง จะมารวมและเกิดการแทรกสอดกันที่ตัวแยกแสง จากนั้นจะสะท้อนเข้าสู่ตัวตรวจวัดการบีตของแสง



รูปที่ 3.1 การจัดอุปกรณ์สำหรับการวัดระยะทางด้วยเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

ในขณะที่รีโทรรีเฟลกเตอร์บนรางเลื่อนเริ่มเคลื่อนที่ แสงที่สะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ที่กำลังเคลื่อนที่จะมีความถี่เปลี่ยนไปเนื่องจากปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ถ้ารีโทรรีเฟลกเตอร์เคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง แสงสะท้อนจะมีความถี่สูงขึ้นและถ้ารีโทรรีเฟลกเตอร์เคลื่อนที่ออกห่างจากตัวแยกแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงสะท้อนจะมีความถี่ต่ำลง ในขณะที่แสงสะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ 1 ที่ติดตั้งอยู่กับตัวแยกแสง ซึ่งหยุดนิ่งจะมีความถี่เท่าเดิม แสงสะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ทั้งสองจึงมีความถี่ต่างกันเมื่อมารวมกันจะเกิดการบีตของแสง ผลของการบีตนี้จะทำให้ความเข้มแสงเปลี่ยนแปลงด้วยความถี่เท่ากับความถี่บีต ตัวตรวจวัดการบีตของแสง ซึ่งเป็นตัวตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงแล้วให้สัญญาณเป็นพัลส์ออกมาที่เอาต์พุตตามความเข้มแสงที่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ที่ได้จากตัวตรวจวัดนี้เข้าเครื่องนับจำนวนบีต จะทำให้ทราบจำนวนบีตในช่วงเวลาที่รางเลื่อนกำลังเคลื่อนที่ ซึ่งจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่บีต จากข้อมูลที่ได้นี้สามารถคำนวณหาระยะทางของการเคลื่อนที่ได้ดังความสัมพันธ์ต่อไปนี้

พิจารณากรณีที่รีโทรรีเฟลกเตอร์บนรางเลื่อนเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสงด้วยความเร็ว v ความถี่ของแสงที่สะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์จะมีความถี่เปลี่ยนไปเป็น f' คือ

$$f' = f\left(1+\frac{v_s}{c}\right) \text{ หรือ } f' = f+\Delta f \tag{3.1}$$

เมื่อ $\Delta f = \frac{v_s}{c} f$

v_s คือ ความเร็วของแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งในกรณีนี้ $v_s = 2v$

c คือ ความเร็วของคลื่นแสงในสุญญากาศ

f คือ ความถี่ของแสง

f' คือ ความถี่ของแสงที่เปลี่ยนไปหลังจากแสงสะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์

ให้ f_b คือ ผลต่างของความถี่ของคลื่นแสงทั้งสอง ดังนั้น

$$f_b = f'-f$$

$$= (f+\Delta f)-f$$

$$f_b = \Delta f = \frac{v_s}{c} f = \frac{v_s}{\lambda} = \frac{2v}{\lambda} \tag{3.2}$$

เนื่องจากความถี่บีตเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเนื่องจากการบีตหรือจำนวนบีต n ต่อหนึ่งหน่วยเวลา นั่นคือ

$$\frac{dn}{dt} = f_b = \frac{2v}{\lambda} \tag{3.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ n คือ จำนวนการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่ตัวตรวจจับแสงวัดได้หรือจำนวนบีต
t คือ เวลาที่ทำการวัด ในที่นี้คือเวลาที่รีโทรรีเฟลกเตอร์บนรางเลื่อนเคลื่อนที่

ถ้าพิจารณาว่ารางเลื่อนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ดังนั้น

$$n = \frac{2}{\lambda}\int v dt = \frac{2d}{\lambda} \tag{3.4}$$

หรือเขียนได้เป็น

$$d = \frac{n\lambda}{2} \tag{3.5}$$

เมื่อ d คือ ระยะทางที่วัดได้
n คือ จำนวนบีตที่นับได้โดยเครื่องนับ
λ คือ ความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ เท่ากับ 632.8 nm (เลเซอร์ฮีเลียมนีออน)

ในกรณีที่รีโทรรีเฟลกเตอร์เคลื่อนที่ออกห่างจากตัวแยกแสง ด้วยความเร็ว v แสงสะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์จะมีความถี่เปลี่ยนไปเป็น f′ คือ

$$f' = f\left(1-\frac{v_s}{c}\right) \quad \text{หรือ} \quad f' = f - \Delta f \tag{3.6}$$

เมื่อ $\Delta f = \frac{v_s}{c} f$

จะเห็นว่าความถี่ที่เปลี่ยนไปเป็น Δf เช่นเดียวกับกรณีที่รีโทรรีเฟลกเตอร์เลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง ดังนั้นจึงสามารถหาระยะทางได้จากสมการ (3.5) เช่นกัน

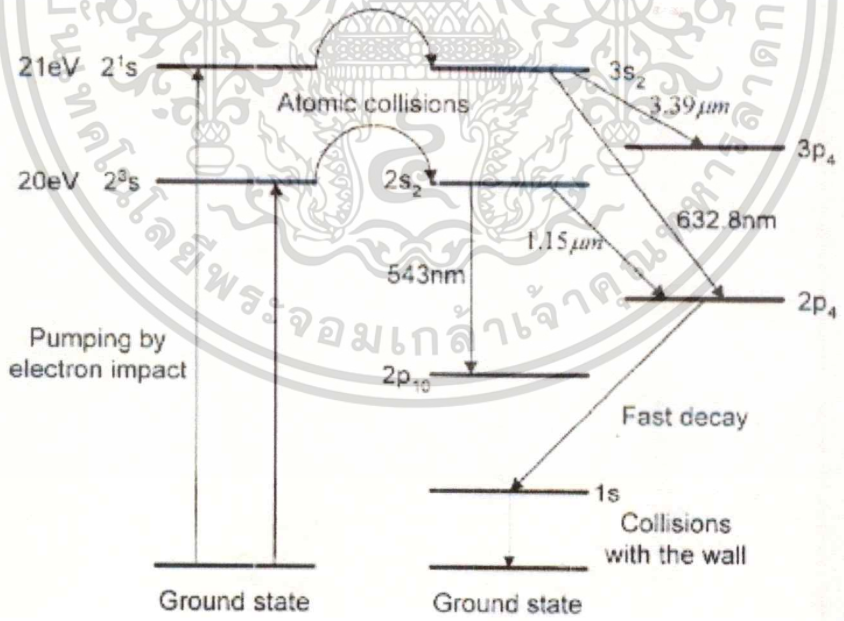
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์และส่วนประกอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย

3.2.1 แหล่งกำเนิดแสง (Light source)

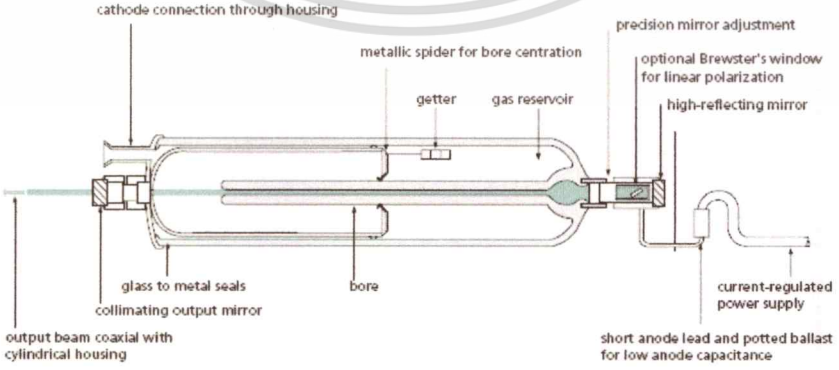
ในงานวิจัยนี้แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้เป็นแสงเลเซอร์จากเลเซอร์ฮีเลียมนีออน (He-Ne Laser) ของบริษัท JDS Uniphase model 1108P-3425 ซึ่งให้แสงโพลาไรซ์ที่ความยาวคลื่น 632.8 nm แสงมีกำลัง 0.5 mW เลเซอร์ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ที่มีตัวกลางเลเซอร์เป็นก๊าซผสมระหว่าง He และ Ne ด้วยอัตราส่วนประมาณ 10:1 เลเซอร์ฮีเลียมนีออนเป็นระบบเลเซอร์ที่อาศัยอะตอมของนีออนเป็นแหล่งผลิตแสงเลเซอร์ เลเซอร์แบบนี้อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่าเป็นอะตอมมิคเลเซอร์(Atomic Laser) ก๊าซผสมระหว่างฮีเลียมและนีออนจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดเลเซอร์ (Laser Medium) และอาศัยหลักการให้พลังงาน โดยใช้การดิสชาร์จของก๊าซด้วยไฟฟ้ากระแสตรงที่ความต่างศักย์ประมาณ 1200-2000 โวลต์ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอมของก๊าซฮีเลียมและก๊าซนีออน ทำให้เกิดสภาพประชากรผกผัน ซึ่งจะก่อให้เกิดกระบวนการเปล่งแสงแบบถูกกระตุ้นและเป็นแสงเลเซอร์ในเวลาต่อมา



รูปที่ 3.2 ระดับพลังงานของฮีเลียมและนีออนในการเกิดเลเซอร์

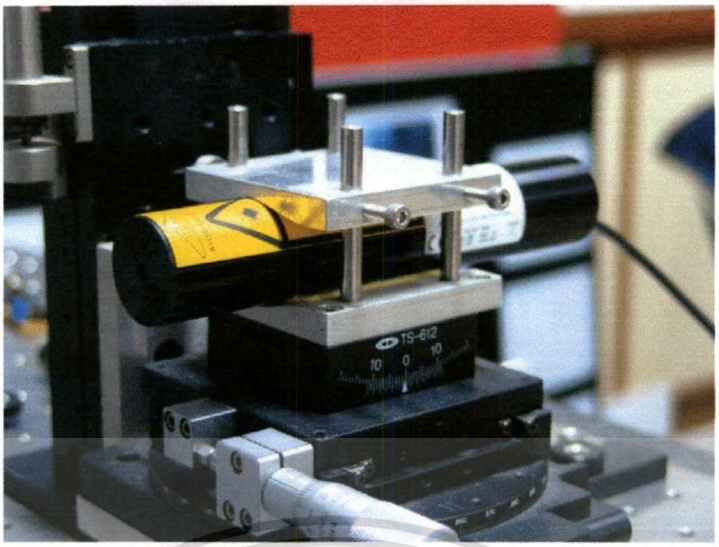
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 ในขณะเกิดการดิสชาร์จของก๊าซ อิเล็กตรอนจะวิ่งชนอะตอมของฮีเลียมและเพิ่มค่าระดับพลังงานให้จนอะตอมของฮีเลียมอยู่ที่ระดับพลังงาน 2^3s และ 2^1s ตามลำดับ ซึ่งค่าระดับพลังงานนี้ จะมีค่าตรงกับระดับพลังงาน 2s และ 3s ของนีออน อะตอมของฮีเลียมที่ค่าระดับพลังงาน 2^3s และ 2^1s จะถ่ายเทพลังงานให้กับอะตอมของนีออนที่สถานะพื้นโดยการชน ทำให้อะตอมของนีออนมีค่าพลังงานสูงอยู่ในระดับค่าพลังงาน 2s และ 3s ตามลำดับ ตามหลักกลศาสตร์ควอนตัมจะไม่มีการเปลี่ยนระดับพลังงานจาก $3s \rightarrow 2s$ ในอะตอมนีออนแต่จะมีการเปลี่ยนค่าระดับพลังงานจาก 3s และจาก 2s ไปยังระดับ 3p และ 2p ในอะตอมนีออน ทำให้มีการปล่อยโฟตอนออกมาในช่วงคลื่นขนาด 3.39 μm 1.15 μm 632.8 nm และ 543.5 nm ออกมา ตามลำดับ เนื่องจากช่วงชีวิต (life time) ของระดับพลังงาน 3p และ 2p ของอะตอมนีออนมีค่าสั้นกว่าช่วงชีวิตของระดับพลังงาน 3s และ 2s ดังนั้น อะตอมของก๊าซนีออนจะลดค่าระดับพลังงานจาก 3p และ 2p ไปสู่ 1s อย่างรวดเร็วและเป็นแบบไม่มีการแผ่รังสี (non-radiative transition) ดังนั้นจึงเกิดประชากรผกผันขึ้นระหว่างระดับพลังงาน $3s_2$ กับ $3p_4$ $3s_2$ กับ $2p_4$ $2s_2$ กับ $2p_4$ และ $2s_2$ กับ $2p_{10}$ ค่าประชากรผกผันดังกล่าวจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนระดับค่าพลังงานอย่างรวดเร็วของอะตอมนีออนจากระดับ 1s ไปยังสถานะพื้น ซึ่งเกิดขึ้นโดยขบวนการชนกับผนังของหลอดเลเซอร์ ดังนั้นจะเห็นว่าในการสร้างหลอดเลเซอร์นั้น จะต้องพยายามใช้หลอดแก้วที่มีรูแคบ (capillary tube) และถ้าหลอดมีความยาวเพิ่มขึ้นจะทำให้สามารถผลิตแสงเลเซอร์ที่มีกำลังสูงขึ้นด้วย เนื่องจากมีการเกิดเลเซอร์ที่ช่วงความยาวคลื่น 3.39 μm 1.15 μm 632.8 nm และ 543.5 nm ดังนั้นเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ที่ช่วงคลื่นใดช่วงคลื่นหนึ่งนั้น จะใช้กระจกที่เคลือบด้วยสารไดอิเล็กตริกที่สะท้อนแสงในช่วงความยาวคลื่นประกอบเป็นตัวสั่นพ้องเชิงทัศน์ (optical resonator) ช่วงคลื่นอื่นๆ จะถูกกำจัดไปโดยวิธีการนี้ ตัวสั่นพ้องเชิงทัศน์นั้นประกอบไปด้วยกระจกติดที่ด้านปลายทั้งสองด้านของตัวสั่นพ้องเชิงทัศน์โดยที่กระจกทั้งสองจะมีสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่ 1.00 และ 0.99 ตามลำดับ โครงสร้างและภาพถ่ายของหลอดเลเซอร์ฮีเลียมนีออนแสดงดังรูปที่ 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ



รูปที่ 3.3 โครงสร้างของหลอดเลเซอร์ฮีเลียมนีออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 เลเซอร์ฮีลียมนีออนที่ใช้ในงานวิจัยติดตั้งอยู่บนที่ปรับระนาบแสง

ลักษณะเฉพาะของเลเซอร์ที่ใช้ในงานวิจัย มีดังนี้

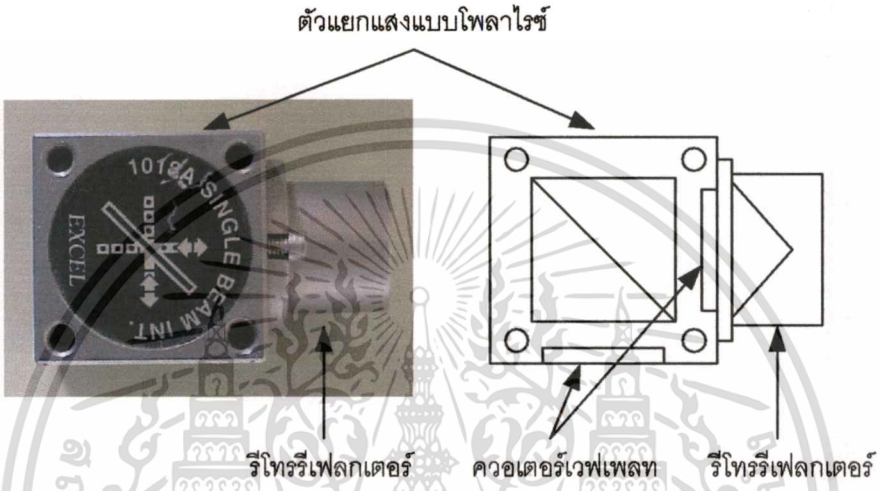
1. กำลังงาน (output power):	0.5 mW
2. ความยาวคลื่นแสง (Wave length):	632.8 nm
3. เส้นผ่านศูนย์กลางของลำแสง (beam diameter):	0.48 mm
4. มุมบานออกของลำแสง (beam divergence):	1.8 mrad
5. อัตราส่วนโพลาไรเซชัน (polarization ratio):	500:1
6. แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (operating voltage):	1250 V
7. กระแสไฟฟ้า (operating current):	4.0 mA
8. แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (maximum staring voltage):	10 kV

การเลือกใช้เลเซอร์ฮีเลียมนีออนเป็นแหล่งกำเนิดแสงในงานวิจัยนี้ เนื่องจากเลเซอร์ชนิดฮีเลียมนีออนจะมีคุณสมบัติดังที่ได้กล่าวข้างต้น คือแสงเลเซอร์ที่ใช้มีความเข้มของพลังงานที่มากพอที่จะไม่ถูกรบกวนด้วยแสงภายนอก ทำให้ไม่จำเป็นต้องทำการวัดในห้องมืด นอกจากนี้แสงเลเซอร์ฮีเลียมนีออนที่ใช้ในงานวิจัยเป็นแสงโพลาไรซ์เชิงเส้น ซึ่งเป็นสมบัติของแสงที่จำเป็นสำหรับการวัดระยะทางโดยใช้ระบบเลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ใช้ในงานวิทยานิพนธ์นี้ เมื่อจัดหลอดเลเซอร์ให้แนวโพลาไรซ์ของแสงเลเซอร์ตกทำมุม 45° กับแนวดิ่ง เมื่อแสงผ่านตัวแยกแสงชนิดโพลาไรซ์จะได้แสงเลเซอร์สองลำที่มีความเข้มเท่ากันและมีแนวโพลาไรซ์ตั้งฉากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

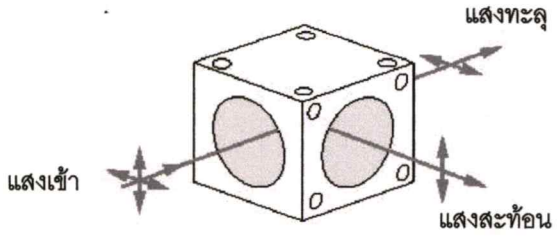
3.2.2 ตัวแยกแสง (Beam splitter)

ตัวแยกแสงที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นตัวแยกแสงแบบโพลาไรซ์ (polarized beam splitter) ของบริษัท EXCEL รุ่น 1018A Single beam interferometer และมีรีโทรรีเฟลกเตอร์ รุ่น 1019A หนึ่งชิ้นประกบติดอยู่ด้วย ตัวแยกแสงชนิดนี้ประกอบด้วยตัวแยกแสงแบบโพลาไรซ์และควอเตอร์เวฟเพลท (quarter wave plate) และรีโทรรีเฟลกเตอร์ แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ตัวแยกแสงแบบโพลาไรซ์พร้อมรีโทรรีเฟลกเตอร์และโครงสร้างภายในที่ใช้ในงานวิจัย

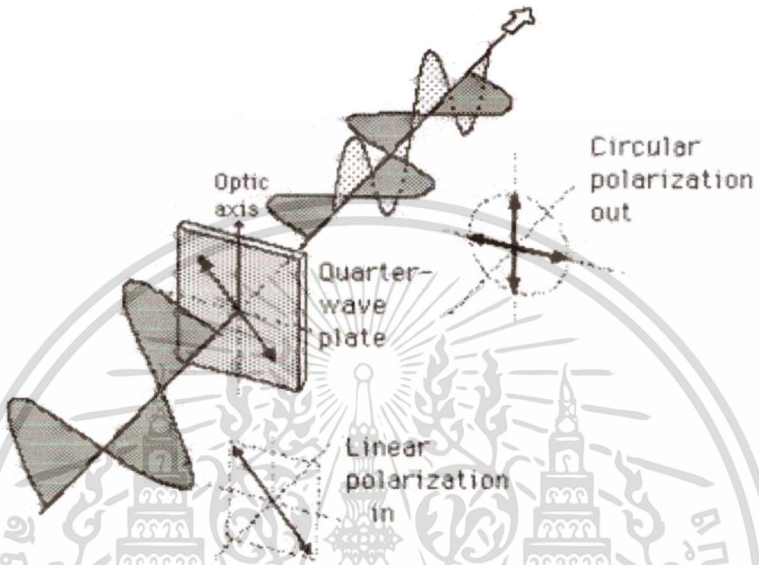
ตัวแยกแสงแบบโพลาไรซ์ทำหน้าที่แยกแสงที่มีแนวโพลาไรซ์ตั้งฉากกันออกเป็น 2 ลำ โดยแสงสะท้อนจะเป็นแสงที่มีแนวโพลาไรซ์ตั้งฉากกับระนาบตกกระทบ (s-polarized light) ส่วนแสงที่ทะลุผ่านจะเป็นแสงที่มีแนวโพลาไรซ์ขนานกับระนาบตกกระทบ (p-polarized light) แสดงดังรูปที่ 3.6 ในกรณีที่วางตัวแยกแสงแบบโพลาไรซ์แนวดิ่ง และมีแสงโพลาไรซ์เชิงเส้นตกกระทบตัวแยกแสงทำมุม 45° กับแนวดิ่ง แสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะสามารถแตกองค์ประกอบให้อยู่ในแนวราบและแนวดิ่ง ฉะนั้นจึงมีทั้งแสงสะท้อนและแสงทะลุผ่านออกมาได้ และแสงทั้งสองลำนี้จะมีความเข้มแสงเท่ากัน



รูปที่ 3.6 การแยกแสงของตัวแยกแสงชนิดโพลาไรซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ตัวแยกแสงแบบโพลาไรซ์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ ยังมีแผ่นควอเตอร์เวฟเพลท ประกบติดอยู่ทางด้านแสงออก ทั้งทางด้านแสงสะท้อนและแสงทะลุผ่าน ซึ่งควอเตอร์เวฟเพลท ผลิตจากผลึกที่มีคุณสมบัติ birefringence เช่น ผลึกควอตซ์ ผลึกชนิดนี้มีค่าดัชนีหักเหต่างกัน สำหรับแสงที่มีแนวโพลาไรซ์ต่างกัน ทำให้แสงที่มีแนวโพลาไรซ์ต่างกันมีความเร็วไม่เท่ากัน



รูปที่ 3.7 แสงโพลาไรซ์เชิงเส้นตกทำมุม 45° กับแนวแกนแสงของควอเตอร์เวฟเพลท

พิจารณาแสงโพลาไรซ์เชิงเส้นที่เดินทางผ่านแผ่นควอเตอร์เวฟเพลท โดยที่แนวโพลาไรซ์ของแสงทำมุม 45 ° แนวแกนแสงของควอเตอร์เวฟเพลท ซึ่งแนวแกนแสง (optic axis) ของควอเตอร์เวฟเพลทวางตัวอยู่ในแนวดิ่ง ดังรูปที่ 3.7 เมื่อแตกสนามไฟฟ้าของแสงออกเป็นองค์ประกอบในแนวดิ่งและแนวนอน จะได้แสงสองแนวที่มีแอมปลิจูดเท่ากันและมีเฟสเดียวกัน เมื่อองค์ประกอบของแสงทั้งสองแนวนี้เดินทางผ่านควอเตอร์เวฟเพลท องค์ประกอบของแสงในแนวดิ่งจะเดินทางผ่านผลึกด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ในขณะที่องค์ประกอบของแสงในแนวนอนจะเดินทางผ่านผลึกด้วยความเร็วอีกค่าหนึ่ง เมื่อแสงเดินทางผ่านพ้นผลึกออกมา แสงทั้งสองแนวจะมีความเร็วเท่ากันอย่างเดิม แต่มีเฟสต่างกัน $\pi/2$ นั่นคือเป็นโพลาไรซ์เชิงวงกลม (circularly polarized light) ซึ่งอาจจะเป็นแสงโพลาไรซ์เชิงวงกลมแบบหมุนขวา (right-circularly polarized light) หรือหมุนซ้าย (left-circularly polarized light) ขึ้นกับชนิดของผลึกที่ใช้ผลิตควอเตอร์เวฟเพลท ในทางกลับกัน ถ้าแสงโพลาไรซ์เชิงวงกลมเดินทางผ่านแผ่นควอเตอร์เวฟเพลท แสงที่ผ่านแผ่นควอเตอร์เวฟเพลทออกมาจะเป็นแสงโพลาไรซ์เชิงเส้น ที่มีแนวโพลาไรซ์เท่ากับ 45° กับแนวแกนแสง สรุปได้ว่า คลอเตอร์เวฟเพลทเป็นอุปกรณ์ทัศนศาสตร์ที่หน้าที่เปลี่ยนสถานะโพลาไรซ์ของแสง จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพลาไรซ์เชิงเส้นเป็นแสงโพลาไรซ์เชิงวงกลมหรือกลับกัน ส่วนการทำงานของรีโทรรีเฟลกเตอร์จะกล่าวในหัวข้อต่อไป

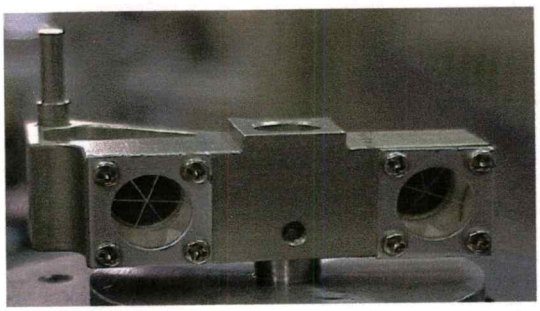
3.2.3 รีโทรรีเฟลกเตอร์ (Retro-reflector)

รีโทรรีเฟลกเตอร์เป็นตัวสะท้อนแสงที่มีคุณสมบัติต่างจากกระจกสะท้อนแสงทั่วไปตรงที่จะให้แสงสะท้อนกลับในแนวขนานกับแนวของแสงตกกระทบเสมอไม่ว่าแสงจะตกกระทบรีโทรรีเฟลกเตอร์ในแนวใดก็ตามดังแสดงดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 การสะท้อนแสงของรีโทรรีเฟลกเตอร์
(a) ชิ้นที่ติดอยู่บนตัวแยกแสง
(b) ชิ้นที่อยู่บนรางเลื่อน

ระบบเลเซอร์ดอปเพลอร์อิเตอร์ฟีรอมิเตอร์ ที่พัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์นี้ ใช้รีโทรรีเฟลกเตอร์ 2 ชิ้น รีโทรรีเฟลกเตอร์ชิ้นหนึ่งติดอยู่กับตัวแยกแสงแบบโพลาไรซ์ และอีกชิ้นหนึ่งติดอยู่บนรางเลื่อน โดยทั้งสองชิ้นจะทำหน้าที่สะท้อนแสงที่ออกมาจากตัวแยกแสงแบบโพลาไรซ์ แสดงดังรูปที่ 3.9 ในระบบเลเซอร์ดอปเพลอร์อิเตอร์ฟีรอมิเตอร์ แสงที่ตกกระทบรีโทรรีเฟลกเตอร์จะเป็นแสงโพลาไรซ์เชิงวงกลม ส่วนแสงที่สะท้อนก็เป็นแสงโพลาไรซ์เชิงวงกลมเช่นกัน แต่มีทิศทางการหมุนตรงกันข้าม เนื่องจากแสงสะท้อนมีเฟสเปลี่ยนไป 180° ขณะที่แสงสะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ตัวที่ติดอยู่บนรางเลื่อนจะมีความถี่เปลี่ยนไปด้วย เมื่อรางเลื่อนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วค่าหนึ่งจากปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ทำให้แสงสะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ทั้งสองตัวมีความถี่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



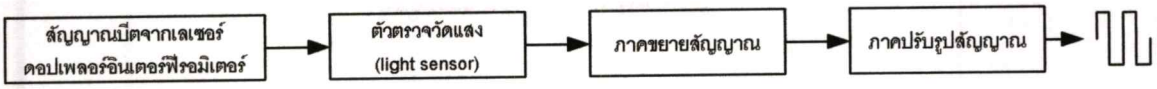
รูปที่ 3.9 รีโทรรีเฟลกเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.4 ตัวตรวจวัดการบีต (Beat detector)

ตัวตรวจวัดการบีตคือตัวตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสง ในที่นี้คือการเปลี่ยนความเข้มที่เกิดจากการบีต ตัวตรวจวัดการบีตที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นของบริษัท Hewlett Packard รุ่น 10780c Receiver ดังรูปที่ 3.10 ตัวตรวจจับแสงนี้มีความสามารถในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงหรือการกระเพื่อมของแสงที่เกิดจากการบีตของแสงที่มีความถี่ในช่วง 100 kHz - 7.2 MHz ตัวตรวจวัดการบีตมีโครงสร้างแสดงดังรูปที่ 3.11 เมื่อแสงตกผ่านเลนส์รวมแสงไปตกยังตัวตรวจรับแสง (light sensor) ภายใน สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะถูกขยายและปรับรูปสัญญาณโดยภาคขยายสัญญาณ และภาคปรับรูปสัญญาณ ตามลำดับ สัญญาณที่ได้จากภาคปรับรูปสัญญาณจะเป็นพัลส์รูปสี่เหลี่ยม (สัญญาณ TTL) ตามจังหวะการกระเพื่อมของแสง เมื่อนำสัญญาณเอาต์พุตของตัวตรวจวัดการบีตนี้เข้าเครื่องนับ (counter) จะทำให้ได้จำนวนบีต n ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาระยะทางจากสมการ (3.5) ต่อไปได้

รูปที่ 3.10 ตัวตรวจวัดบีต รุ่น 10780c Receiver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

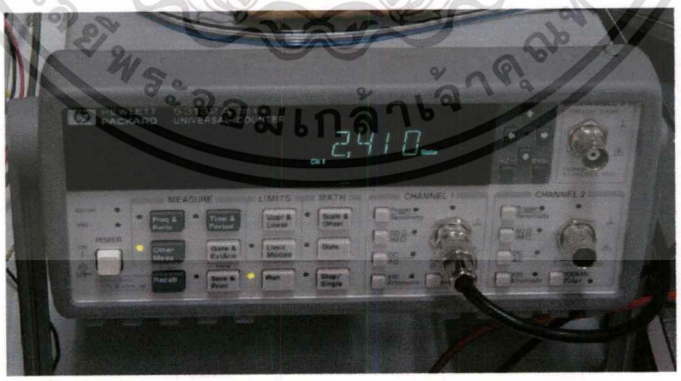


รูปที่ 3.11 แผนภาพส่วนประกอบของตัวตรวจวัดบีต

ตัวตรวจวัดบีต 10780C Receiver นี้ใช้ไฟเลี้ยงกระแสตรง 15 โวลต์ กระแสขนาด 136 mA ถูกออกแบบให้มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา แข็งแรง และง่ายต่อการติดตั้ง ทำให้สามารถติดตั้งตัวตรวจจับแสงไว้ในตำแหน่งที่ต้องการวัดได้โดยง่าย วงจรภายในออกแบบให้มีการลดสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า การติดตั้งแนะนำให้ใช้สกรูไนลอนเพื่อยึดตัวตรวจจับแสงกับฐานตั้งที่เป็นโลหะ ตัวสกรูไนลอนจะช่วยแยกตัวถังของ 10780C Receiver ออกจากส่วนของฐานโลหะเพื่อช่วยลดปัญหากราวด์ลูป (ground loops) ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของตัวตรวจวัดบีตได้อีกทางหนึ่ง

3.2.5 เครื่องนับจำนวนบีต (Beat Counter)

เครื่องนับจำนวนบีตคือเครื่องนับสัญญาณที่ได้รับจากตัวตรวจวัดการบีต ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้ Universal Counter รุ่น 53132A ของบริษัท Hewlett Packard ดังแสดงในรูปที่ 3.12 เมื่อต่อสัญญาณเอาต์พุตจากตัวตรวจวัดการบีต 10780C Receiver ซึ่งเป็นสัญญาณ TTL เครื่องนับจะนับจำนวนพัลส์ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนบีตที่เกิดขึ้นในขณะที่รางเลื่อนกำลังเคลื่อนที่ เครื่องนับนี้สามารถเชื่อมต่อผลการนับเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต IEEE488 และ RS232 ได้

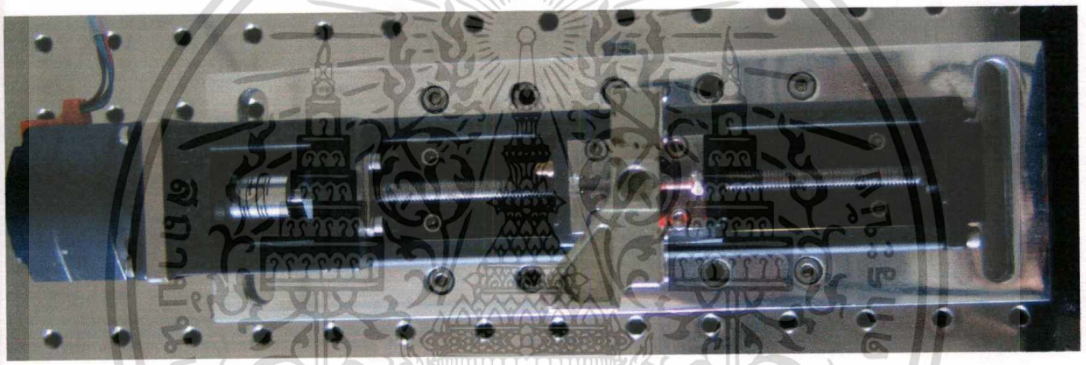


รูปที่ 3.12 เครื่องนับจำนวนบีต Universal Counter รุ่น 53132A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 รางเลื่อน (Translation Stage)

รางเลื่อนที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีระยะการเลื่อนยาว 9 cm ขับเคลื่อนด้วยสเต็ปปิงมอเตอร์ชนิด 5 เฟส มีรีโทรรีเฟลกเตอร์ชิ้นหนึ่งติดตั้งอยู่บนรางเลื่อนนี้ แสดงดังรูปที่ 3.13 มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนรางเลื่อนเป็นของบริษัท Oriental motor รุ่น PH544-NA ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 0.75 แอมแปร์ ในการขับเคลื่อน โดยหมุน 0.72°ต่อสเต็ป หรือ 500 สเต็ปต่อการหมุนหนึ่งรอบ ขับเคลื่อนรางเลื่อนโดยการหมุนเกลียวที่มีระยะห่างของเกลียว (pitch) 1 mm ดังนั้นความละเอียดของการเคลื่อนที่ของรีโทรรีเฟลกเตอร์คือ 2 μm การเคลื่อนที่ราบเรียบและแม่นยำของรางเลื่อนจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การทำงานของระบบวัดระยะทางที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ จึงออกแบบรางเลื่อนให้สามารถควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ตำแหน่ง และความเร็วได้ง่ายและแม่นยำ โดยการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

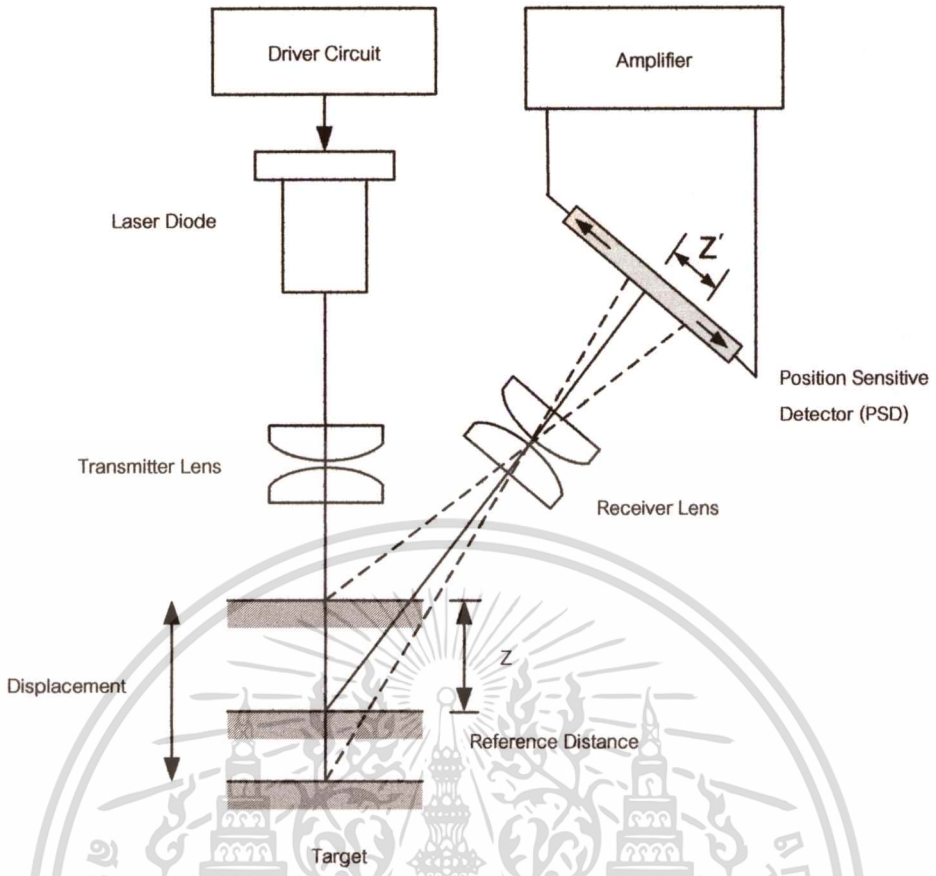


รูปที่ 3.13 รางเลื่อนที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์และมีรีโทรรีเฟลกเตอร์ติดตั้งอยู่

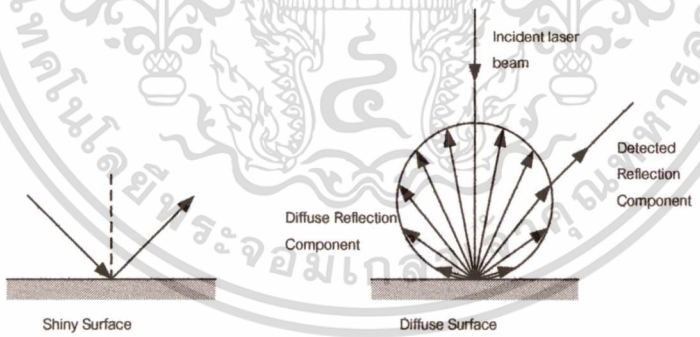
3.2.7 เลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (Laser Displacement meter)

เลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์เป็นเครื่องตรวจวัดระยะทางแบบไม่สัมผัส (noncontact) การทำงานของตัวตรวจวัดระยะทางนี้ แสดงดังรูปที่ 3.14 เมื่อแสงเลเซอร์ตกกระทบลงบนผิวของวัตถุที่ต้องการวัดระยะทาง ซึ่งพื้นผิวของวัตถุที่สามารถวัดได้โดยหลักการนี้จะต้องมีลักษณะที่กระจายแสง (diffuse) ได้ดี คือมีพื้นผิวที่ด้าน ผิวที่สะท้อนแสงได้ดี เช่น ผิวที่เรียบเป็นเงา ได้แก่ กระจก เป็นต้น จะใช้วิธีนี้ไม่ได้ ลักษณะการสะท้อนและการกระจายแสงของพื้นผิวทั้งสองแสดงดังรูปที่ 3.15 แสงที่กระจายจากผิววัตถุจะตกลงบนตัวตรวจจับแสงที่ชนิดไวต่อตำแหน่ง (position sensitive detector, PSD) เมื่อวัตถุอยู่ห่างเป็นระยะต่างกัน จะทำให้แสงตกบนตัวตรวจจับแสงที่ตำแหน่งต่างกัน ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะที่เปลี่ยนไปตามหลักของสามเหลี่ยม (optical triangulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 หลักการทำงานของเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์



รูปที่ 3.15 แสงที่สะท้อนจากวัตถุผิวมัน (ซ้าย) และผิวด้าน (ขวา)

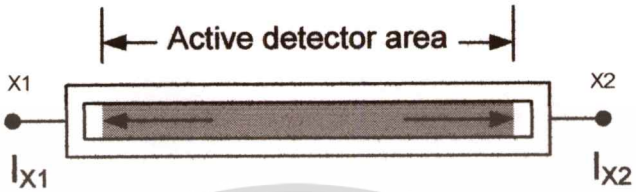
3.2.7.1 ตัวตรวจจับแสงที่ชนิดไวต่อตำแหน่ง

ตัวตรวจจับแสงที่ชนิดไวต่อตำแหน่ง เป็นตัวตรวจจับแสงที่มีลักษณะเป็นแนวยาวดังรูปที่ 3.16 ให้เอาท์พุทในรูปของกระแสที่ปลายทั้งสอง ขนาดของกระแสที่แต่ละปลายเป็นสัดส่วนโดยตรงกับตำแหน่งที่แสงตกบนตัวตรวจวัด ถ้าแสงตกที่จุดกึ่งกลางระหว่างปลายทั้งสอง จะได้กระแสที่ปลายทั้งสองเท่ากัน แต่ถ้าแสงตกที่ตำแหน่งต่างออกไป กระแสที่ปลายทั้งสองจะต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

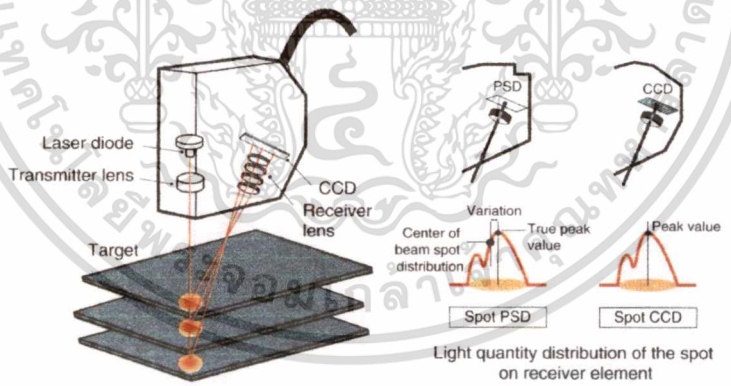
ด้วย โดยตำแหน่งที่แสงตกสามารถคำนวณได้จากกระแสที่สองปลายนี้โดย

$$\text{spot position} = \frac{I_{x2} - I_{x1}}{I_{x2} + I_{x1}}$$



รูปที่ 3.16 Position Sensitive Detector

เลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งใช้เป็นเครื่องวัดระยะทางอ้างอิง เป็นของบริษัท Keyence ใช้หัววัดรุ่น LC-2220 ใช้ร่วมกับชุดควบคุมและแสดงผล รุ่น LC-2100 ทำงานที่ระยะการวัด 30 mm มีช่วงการวัด (range) ±3 mm มีความละเอียด (resolution) 0.2 μm ลำแสงเลเซอร์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110-140 μm การทำงานของหัววัดและชุดควบคุมและแสดงผลแสดงดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การทำงานของหัววัด (บน) และชุดควบคุมและแสดงผล (ล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบและสร้างโครงสร้างหลักของรางเลื่อน

เนื่องจากปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของแสงจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดแสงหรือผู้สังเกตอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ตัวตรวจวัดการบีตเป็นผู้สังเกตซึ่งหยุดนิ่งและให้แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ ซึ่งก็คือรีโทรรีเฟลกเตอร์ที่ติดตั้งอยู่บนรางเลื่อนจะทำหน้าที่เสมือนเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีการเคลื่อนที่เข้าหรือออกจากผู้สังเกตเมื่อรางเลื่อนมีการเคลื่อนที่ โดยที่แหล่งกำเนิดแสงในกรณีนี้จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเป็นสองเท่าของความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ของรีโทรรีเฟลกเตอร์

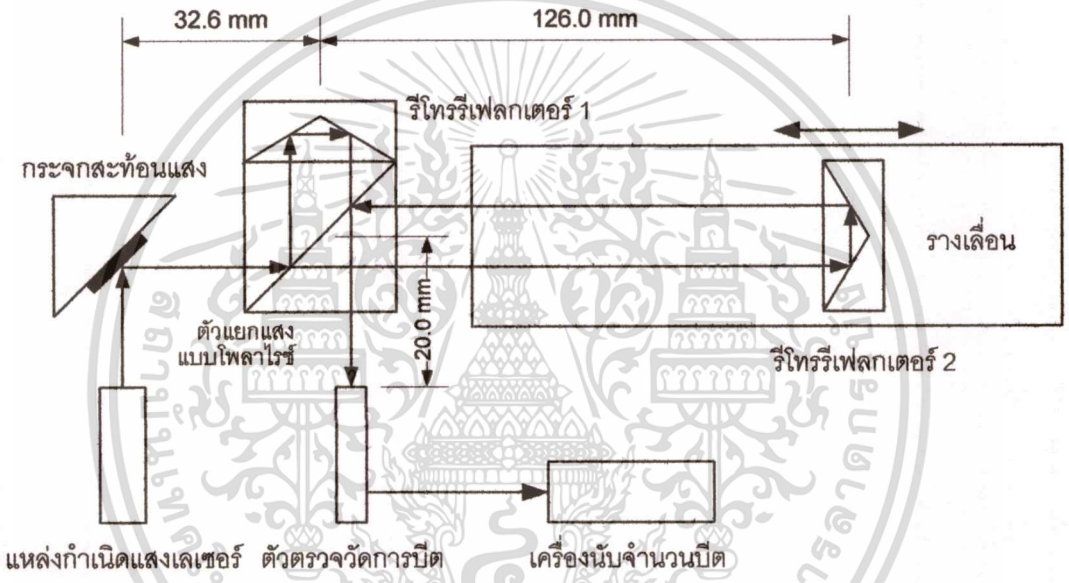
การติดตั้งรีโทรรีเฟลกเตอร์กับรางเลื่อน จะนำรีโทรรีเฟลกเตอร์ซึ่งประกอบด้วยรีโทรรีเฟลกเตอร์ 2 ตัวที่ติดตั้งอยู่บนชุดจับยึด (ดูรูปที่ 3.9) มาติดตั้งบนแท่นสแตนเลสและใช้น็อตไขยึดติดบนรางเลื่อนอีกทีหนึ่ง รางเลื่อนพร้อมมอเตอร์ขับเคลื่อนจะติดตั้งบนแท่นปรับระดับ ที่สามารถปรับระนาบการเคลื่อนที่ของรีโทรรีเฟลกเตอร์ได้อย่างละเอียดและแม่นยำ เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วจะมีลักษณะแสดงดังรูปที่ 3.18 ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้จะใช้รีโทรรีเฟลกเตอร์บนรางเลื่อนเพียงตัวเดียวเท่านั้น

รูปที่ 3.18 ภาพถ่ายด้านข้างแสดงให้เห็นรีโทรรีเฟลกเตอร์ที่ติดตั้งกับรางเลื่อนที่ติดตั้งกับรางเลื่อนซึ่งติดตั้งอยู่บนแท่นปรับระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบและสร้างชุดเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

การออกแบบและสร้างชุดเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ ทำโดยการติดตั้งกระจกสะท้อนแสง ตัวแยกแสงแบบโพลไรซ์ รางเลื่อนพร้อมรีโทรรีเฟลกเตอร์ รวมทั้งหลอดเลเซอร์และตัวตรวจวัดการบีต ดังแสดงดังรูปที่ 3.19 โดยกำหนดระยะต่างๆ ดังนี้ ระยะจากจุดศูนย์กลางของกระจกสะท้อนแสงอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวแยกแสงเป็นระยะ 32.61 mm ระยะจากจุดศูนย์กลางของรีโทรรีเฟลกเตอร์ถึงจุดศูนย์กลางตัวแยกแสงเป็นระยะ 126 mm และติดตั้งตัวตรวจวัดการบีต ห่างจากจุดศูนย์กลางตัวแยกแสงเป็นระยะ 20 mm



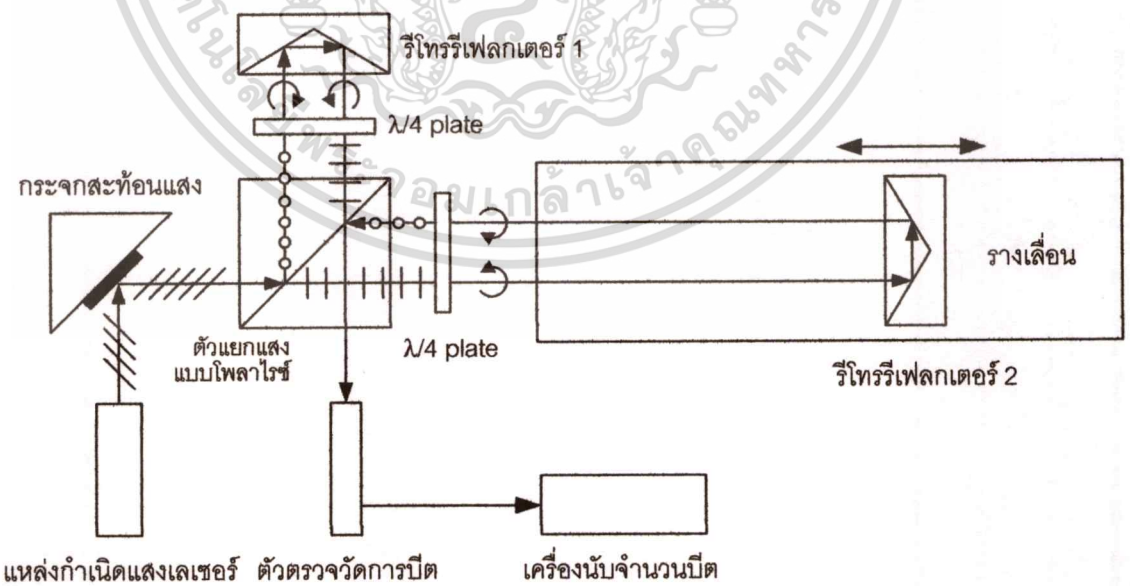
รูปที่ 3.19 การจัดอุปกรณ์ในชุดเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ทุกชิ้นตามตำแหน่งที่กำหนดดังรูปที่ 3.19 แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการจัดแนวแสง ในขั้นตอนนี้ ลำดับแรก เป็นการปรับแนวโพลาไรซ์ของแสงเลเซอร์ให้ทำมุม 45° กับแนวดิ่ง ซึ่งมีวิธีการดังนี้ เปิดแสงเลเซอร์ให้สะท้อนกระจกสะท้อนแสงไปยังตัวแยกแสงแบบโพลาไรซ์ ซึ่งลำแสงจะถูกแยกออกเป็น 2 ลำ ที่มีแนวโพลาไรซ์ตั้งฉากกัน แสงลำหนึ่งจะแยกไปยังรีโทรรีเฟลกเตอร์ 1 ซึ่งติดกับตัวแยกแสง แล้วสะท้อนไปยังตัวตรวจวัดการบีต ส่วนอีกลำหนึ่งทะลุผ่านไปยังรีโทรรีเฟลกเตอร์ 2 ซึ่งติดตั้งอยู่บนรางเลื่อน แล้วสะท้อนไปยังตัวตรวจวัดการบีต เช่นกัน นำฉากรับแสงแผ่นหนึ่งมาวางที่หน้ารีโทรรีเฟลกเตอร์ 2 บนรางเลื่อน และนำฉากรับแสงอีกแผ่นหนึ่งมาวางที่หน้าตัวตรวจวัดการบีต ให้สังเกตความเข้มของแสงบนฉากทั้งสอง ทำการหมุนหลอดเลเซอร์จนกระทั่งแสงบนฉากทั้งสองมีความสว่างเท่ากัน แสดงว่าแนวโพลาไรซ์ของแสงเลเซอร์ให้ทำมุม 45°กับแนวดิ่งแล้ว ที่มุมนี้องค์ประกอบของสนามไฟฟ้าของแสงเลเซอร์ในแนวดิ่งและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวนอนจะมีขนาดเท่ากัน เสมือนว่าขณะนี้แสงเลเซอร์มีองค์ประกอบของทั้งแสงโพลาไรซ์ชนิด-S และชนิด-P ที่มีความเข้มเท่ากันและเฟสตรงกัน จากนั้นให้ยึดหลอดเลเซอร์ให้แน่นกับแท่นยึดจับหลอดเลเซอร์

ขั้นตอนต่อไปคือขั้นตอนการปรับระนาบและแนวแสง ซึ่งมีวิธีการดังนี้ ทำเครื่องหมายจุดหรือกากบาทบนฉากรับแสงที่ติดบนรางเลื่อนสำหรับจัดแนว โดยทำเครื่องหมายที่ตำแหน่งความสูงเท่ากับความสูงของจุดกึ่งกลางของรีโทรรีเฟลกเตอร์เมื่อติดตั้งอยู่บนรางเลื่อนที่ใช้วัดระยะทางจริงในรูปที่ 3.18 จากนั้นให้ถอดรางเลื่อนที่ใช้วัดระยะทางออก แล้วติดตั้งรางเลื่อนสำหรับจัดแนวที่มีฉากรับแสงที่ทำเครื่องหมายไว้มาติดตั้งแทน จัดระยะของฉากให้ใกล้กับตัวแยกแสงพอสมควร ทำการปรับระดับความสูงของหลอดเลเซอร์ แนวซ้าย-ขวา มุมเงยและมุมกวาด รวมทั้งปรับระนาบของกระจกสะท้อนแสงและระนาบของตัวแยกแสง จนกระทั่งแสงตกลงบนเครื่องหมายบนฉาก จากนั้นให้เลื่อนฉากให้ห่างออกไปตามรางเลื่อนสำหรับจัดแนวซึ่งมีความยาวประมาณ 1.5 m สังเกตแสงบนฉากว่ายังคงอยู่ที่ตำแหน่งเดิมหรือไม่ ถ้าไม่ ให้ปรับปรับระดับความสูงของหลอดเลเซอร์ แนวซ้าย-ขวา มุมเงยและมุมกวาด รวมทั้งปรับระนาบของกระจกสะท้อนแสงและระนาบของตัวแยกแสง อีกครั้งจนกระทั่งแสงตกที่จุดบนฉากเสมอไม่ว่าจะเลื่อนฉากเข้าใกล้หรือห่างออกไป เมื่อได้แล้วแสดงว่าลำแสงเลเซอร์อยู่ในระนาบเดียวกันตลอดแนว จึงยึดอุปกรณ์ทุกชิ้นให้แน่นแล้วนำรางเลื่อนที่ใช้วัดระยะทางมาติดตั้งยังตำแหน่งเดิมและยึดให้แน่นเช่นกัน อุปกรณ์ทุกชิ้นจะต้องถูกจับยึดอย่างแน่นบนแผ่นจับยึดสแตนเลส แผ่นจับยึดนี้จะวางอยู่บนโต๊ะลมที่มีพื้นเป็นแท่นหินแกรนิตอีกที่หนึ่ง เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากการสั่นสะเทือน



รูปที่ 3.20 แผนผังแสดงการทำงานของระบบเลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัย อันประกอบไปด้วยชุดเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์พร้อมเส้นทางเดินของแสงและและเครื่องนับ แสดงดังรูปที่ 3.20 แสงเลเซอร์ที่ใช้เป็นแสงโพลาไรซ์เชิงเส้นและทำการติดตั้งแสงให้มีแนวโพลาไรซ์ทำมุม 45° กับแนวดิ่ง ส่องผ่านไปยังกระจกสะท้อนแสง แสงสะท้อนมีเฟสเปลี่ยนไป 180° แต่ยังเป็นแสงโพลาไรซ์เชิงเส้นในแนวเดิม จากนั้นแสงจะสะท้อนไปยังตัวแยกแสงแบบโพลาไรซ์ แสงจะถูกแยกออกเป็น 2 ลำ โดยตัวแยกแสง

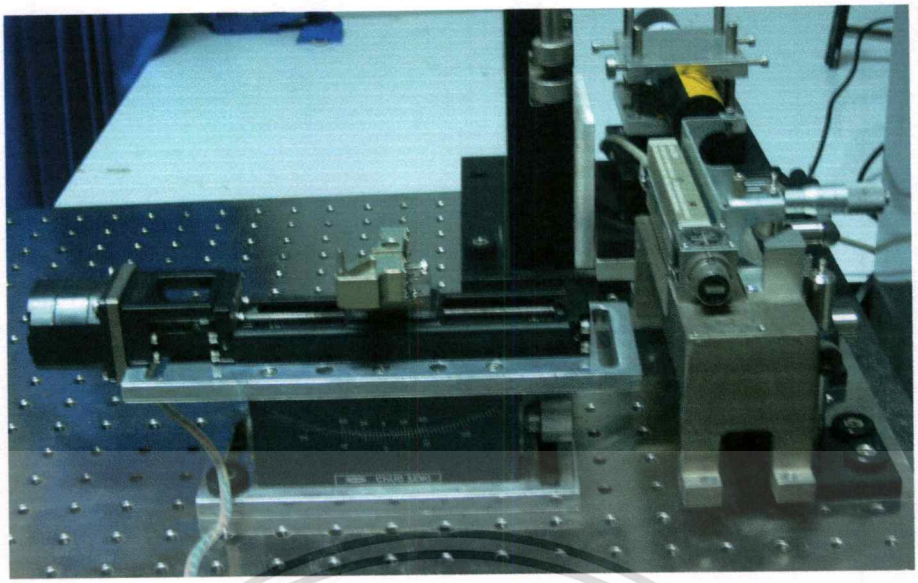
พิจารณาที่แสงสะท้อนจากตัวแยกแสง ซึ่งเป็นแสงโพลาไรซ์ชนิด-S เมื่อผ่านแผ่นควอเตอร์เวฟเพลท ทำให้แสงเปลี่ยนเป็นแสงโพลาไรซ์วงกลม จากนั้นแสงจะตกกระทบที่รีโทรรีเฟลกเตอร์แล้วสะท้อนกลับมาในแนวเดิม โดยมีเฟสเปลี่ยนไป 180° ส่งผลให้แสงโพลาไรซ์วงกลมเปลี่ยนทิศทางการหมุนเป็นตรงกันข้ามกับทิศทางเดิม ต่อจากนั้นแสงโพลาไรซ์วงกลมที่มีการหมุนในทิศตรงข้ามนี้จะผ่านควอเตอร์เวฟเพลทอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะทำให้แสงที่ผ่านออกมาเป็นแสงโพลาไรซ์เชิงเส้นที่มีแนวโพลาไรซ์ตั้งฉากกับแสงโพลาไรซ์ชนิด-S ซึ่งก็คือแสงโพลาไรซ์ชนิด-P นั่นเอง และจะผ่านเข้าไปในตัวแยกแสง โดยจะทะลุผ่านไปยังตัวตรวจวัดการบีต โดยไม่มีการสะท้อนที่ตัวแยกแสง

ต่อไปพิจารณาแสงส่วนที่ทะลุผ่านตัวแยกแสง ซึ่งเป็นแสงโพลาไรซ์ชนิด-P เมื่อผ่านแผ่นควอเตอร์เวฟเพลท ทำให้แสงเปลี่ยนเป็นแสงโพลาไรซ์วงกลม จากนั้นแสงจะตกกระทบที่รีโทรรีเฟลกเตอร์แล้วสะท้อนกลับมาในแนวเดิม แต่เป็นแสงโพลาไรซ์วงกลมที่มีการหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางเดิม จากนั้นจะผ่านควอเตอร์เวฟเพลทอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะทำให้แสงที่ผ่านออกมาเป็นแสงโพลาไรซ์เชิงเส้นที่มีแนวโพลาไรซ์ตั้งฉากกับแสงโพลาไรซ์ชนิด-P ซึ่งก็คือแสงโพลาไรซ์ชนิด-S นั่นเอง และจะผ่านเข้าไปในตัวแยกแสง โดยจะสะท้อนไปยังตัวตรวจวัดการบีต โดยไม่มีการทะลุผ่านตัวแยกแสง

ถ้ารีโทรรีเฟลกเตอร์บนรางเลื่อนไม่ได้เคลื่อนที่ แสงที่สะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ทั้งสองจะมีความถี่เท่ากัน เมื่อแสงทั้งสองลำรวมกันจึงไม่เกิดบีต แสงจะมีความเข้มคงที่และไม่เกิดสัญญาณพัลส์ที่เอาต์พุตของตัวตรวจวัดการบีต จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงผลที่เครื่องนับจำนวนบีต เมื่อรีโทรรีเฟลกเตอร์บนรางเลื่อนมีการเคลื่อนที่ แสงที่สะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์นี้จะมีความถี่เปลี่ยนไปเนื่องจากปรากฏการณ์ ดอปเพลอร์ จึงเกิดบีตและแสงจะมีความเข้มเปลี่ยนไป เครื่องนับจะนับจำนวนบีตในขณะที่รีโทรรีเฟลกเตอร์บนรางเลื่อนกำลังเคลื่อนที่ ระยะทางการเคลื่อนที่ของรางเลื่อนสามารถคำนวณได้จากจำนวนนับนี้

ภาพถ่ายอุปกรณ์ชุดเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์สำหรับวัดระยะทางอย่างละเอียดที่ใช้ในงานวิจัยแสดงดังรูปที่ 3.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 การจัดอุปกรณ์ชุดเลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

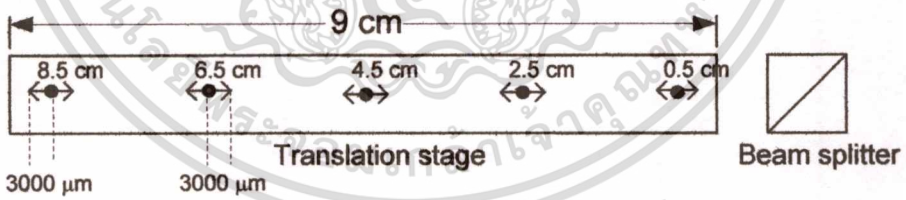
บทที่ 4

การทดลอง ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพ ความถูกต้องแม่นยำ ความน่าเชื่อถือของผลการวัด ตลอดจนข้อจำกัดในการใช้งานของระบบการวัดระยะทางอย่างละเอียดโดยเลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การทดสอบความเป็นเชิงเส้น

การทดสอบการทำงานของระบบวัดระยะทางอย่างละเอียดที่สร้างขึ้น ขั้นแรกได้ทำการทดสอบความเป็นเชิงเส้นของระบบ โดยแบ่งระยะทางบนรางเลื่อนที่ยาว 9 cm ออกเป็น 5 ช่วง ในแต่ละช่วงจะทำการวัดระยะทาง 1500 สเต็ป หรือ 3000 μm แสดงดังรูปที่ 4.1 โดยที่การวัดระยะทางของรางเลื่อน เริ่มโดยการจัดตำแหน่งของรางเลื่อนให้แสงเลเซอร์ตกตั้งฉากกับรีโทรรีเฟลกเตอร์ตัวที่ติดอยู่บนรางเลื่อนที่สเต็ปที่ 22500 (ที่ตำแหน่ง 4.5 cm บนรางเลื่อน) และใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้นตำแหน่งที่ 1 กำหนดเป็นระยะทาง 0 μm ให้การเคลื่อนออกหมายถึงการเคลื่อนรีโทรรีเฟลกเตอร์บนรางเลื่อนออกจากตัวแยกแสง และการเคลื่อนเข้าหมายถึงการเคลื่อนรีโทรรีเฟลกเตอร์บนรางเลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง



รูปที่ 4.1 การแบ่งระยะทางบนรางเลื่อนที่ยาว 9 cm ออกเป็น 5 ช่วง แต่ละช่วงทำการวัด 3000 μm

การวัดระยะทางด้วยอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ในขณะรางเลื่อนเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงจะเพิ่มขึ้นครั้งละ 25 สเต็ปของมอเตอร์ที่ขับหรือประมาณ 50 μm โดยเริ่มต้นจากระยะทาง 0 μm ทุกครั้ง บันทึกจำนวนนับที่อ่านได้จากเครื่องนับของระบบวัดระยะทางด้วยเลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ แล้วคำนวณเป็นระยะทางของการเคลื่อนของรางเลื่อนด้วยสมการ (3.5) และระยะทางของรางเลื่อนที่คำนวณจากสเต็ปของการเคลื่อนที่ แต่ละระยะทางทำการวัด 10 ครั้ง เช่น เริ่มต้นที่ระยะทาง 0 μm เคลื่อนรางเลื่อนออกจากตัวแยกแสง 25 สเต็ป บันทึกผลการวัด จากนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนกลับ 25 สเต็ป (เคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง) ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง จากนั้นเริ่มต้นที่ระยะทาง 0 μm เคลื่อนรางเลื่อนออก 50 สเต็ป บันทึกผลการวัด จากนั้นเคลื่อนกลับ 50 สเต็ป ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง จากนั้นทำการทดลองเช่นเดิม แต่เพิ่มจำนวนสเต็ปการเคลื่อนที่เป็น 75,100,125,...,1500 ตามลำดับ แล้วนำค่าเฉลี่ยของระยะทางของแต่ละระยะที่วัดได้โดยระบบเลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่วัดได้นี้กับระยะ ทางของรางเลื่อน จากนั้นจึงทำการทดสอบความเป็นเชิงเส้นของระยะทางเมื่อเคลื่อนรางเลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงด้วยวิธีเดียวกัน

เปลี่ยนตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้นเป็นตำแหน่งถัดไป ซึ่งตำแหน่งอ้างอิงแต่ละตำแหน่งกำหนดให้ห่างกัน 10000 สเต็ป (2 cm) โดยเคลื่อนรางเลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงไปที่สเต็ปที่ 12500 (ที่ตำแหน่ง 2.5 cm บนรางเลื่อน) และ 2500 (ที่ตำแหน่ง 0.5 cm บนรางเลื่อน) เป็นตำแหน่งอ้างอิงที่ 2 และ 3 และเคลื่อนรางเลื่อนออกไปที่สเต็ปที่ 32500 (ที่ตำแหน่ง 6.5 cm) และ 42500 (ที่ตำแหน่ง 8.5 cm) เป็นตำแหน่งอ้างอิงที่ 4 และ 5 แล้วทำการทดสอบความเป็นเชิงเส้นของระยะทางในแต่ละตำแหน่งทั้งเคลื่อนออกและเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงด้วยวิธีเดียวกันกับจุดอ้างอิงเริ่มต้นตำแหน่งที่ 1 ผลการวัดที่ได้แสดงในตาราง ก.1-10 ในภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างผลการวัดระยะทาง 10 ครั้งในการเคลื่อน 650 สเต็ป ออกจากตัวแยกแสง

ครั้งที่	ค่านับ (count)	ระยะทาง (μm)
1	4109	1300.09
2	4108	1299.779
3	4109	1300.09
4	4112	1301.04
5	4110	1300.40
6	4106	1299.14
7	4109	1300.09
8	4108	1299.77
9	4110	1300.40
10	4107	1299.45
เฉลี่ย	4108.8	1300.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงตัวอย่างผลการวัดระยะทาง 10 ครั้งสำหรับการทดลองเคลื่อนรางเลื่อน 650 สเต็ป จากตำแหน่งอ้างอิงที่ 1 ในทิศทางเคลื่อนออกจากตัวแยกแสง นำค่านับที่บันทึกได้มาคำนวณหาระยะทางที่วัดได้โดยระบบวัดระยะทางที่พัฒนาขึ้นด้วยสมการ (3.5) จาก

$$d = \frac{n\lambda}{2}$$

เมื่อ d คือ ระยะทางที่วัดได้โดยระบบเลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์

n คือ ค่านับที่ได้จากเครื่องนับจำนวนบีต

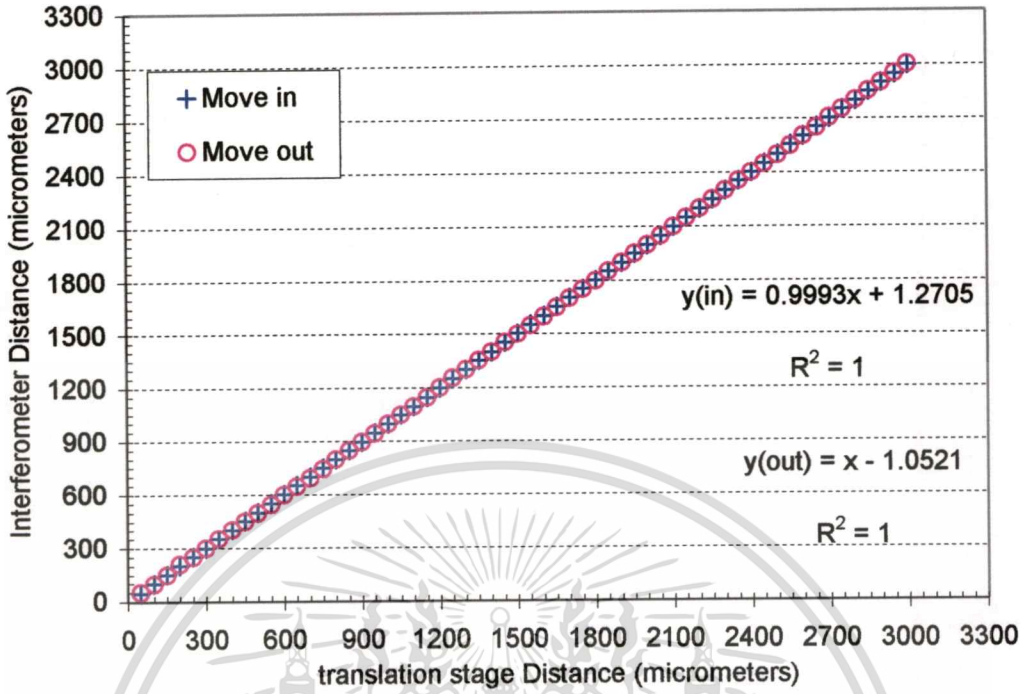
λ คือ ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์ที่ใช้ 632.8 nm

จากตารางที่ 4.1 ในการวัดครั้งที่ 1 ได้ค่านับเป็น 4109 การคำนวณระยะทางจากสมการ (3.5) จะได้ดังนี้

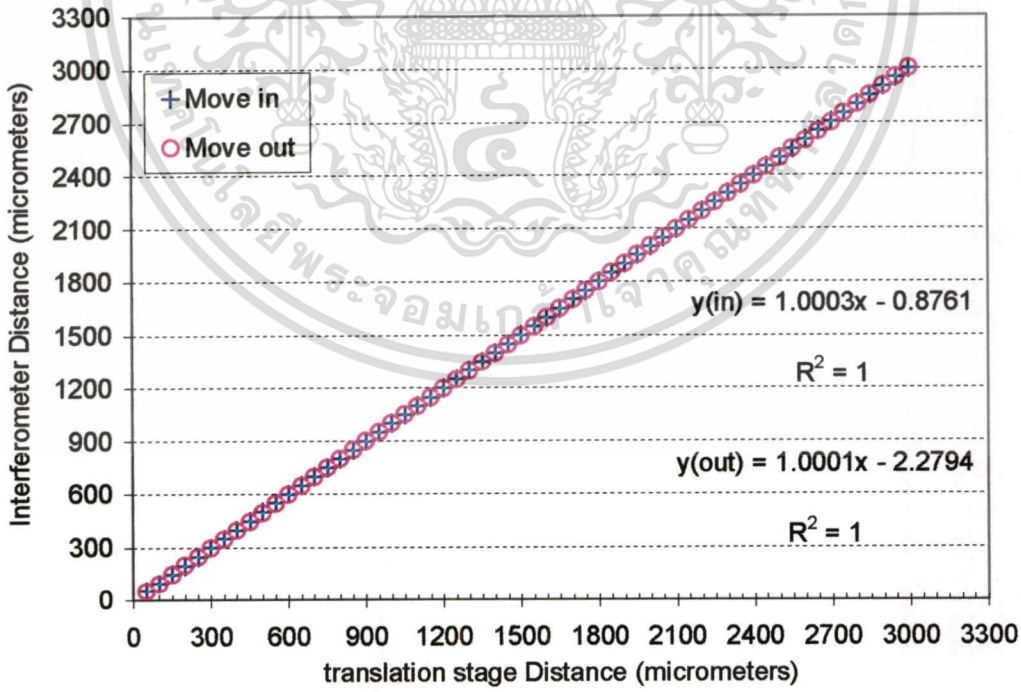
$$d = \frac{4109 \times 632.8 \times 10^{-9}}{2} = 1300.08 \quad \mu m$$

ผลการวัดระยะทางด้วยอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ในขณะที่รางเลื่อนเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นครั้งละ 25 สต็ป ของมอเตอร์ที่ขับหรือ 50 μm ในช่วงการวัด 3000 μm จากตำแหน่งอ้างอิงบนรางเลื่อนที่ระยะ 0.5, 2.5, 4.5 และ 6.5 cm ตามลำดับ เปรียบเทียบผลการวัดขณะเคลื่อนออกและเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง แสดงดังรูปที่ 4.2 ถึง รูปที่ 4.5 ผลการวัดระยะทางด้วยอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์จากตำแหน่งอ้างอิงต่าง ๆ เมื่อเทียบกับระยะที่คำนวณจากสเต็ปของมอเตอร์ พบว่าใกล้เคียงกันมาก ไม่ว่าจะวัดระยะทางที่เคลื่อนออกหรือระยะทางที่เคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง จนไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างได้จากกราฟและมีความเป็นเชิงเส้นสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

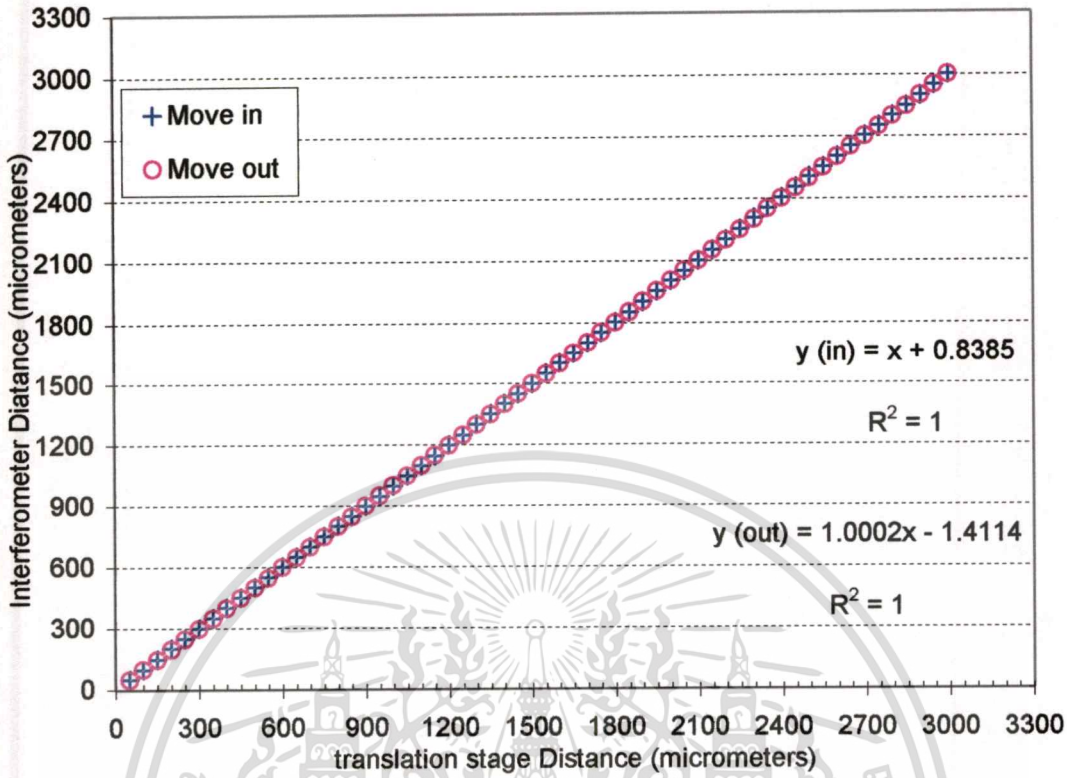


รูปที่ 4.2 ผลการวัดระยะทางที่ตำแหน่ง 0.5 cm

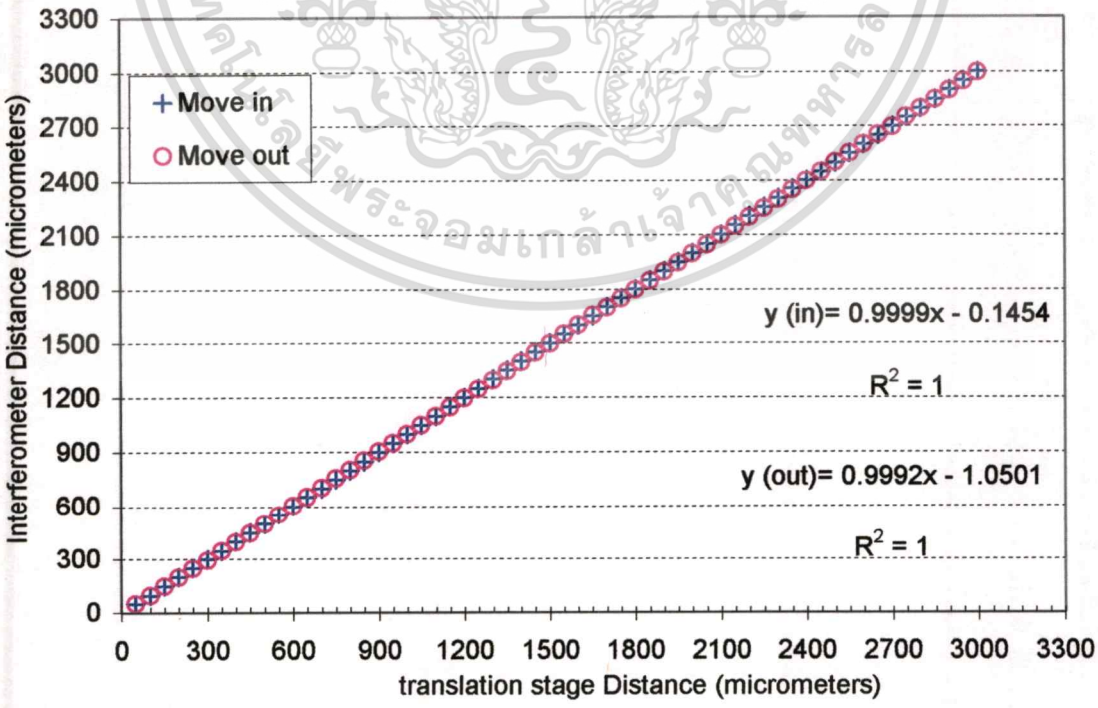


รูปที่ 4.3 ผลการวัดระยะทางที่ตำแหน่ง 2.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

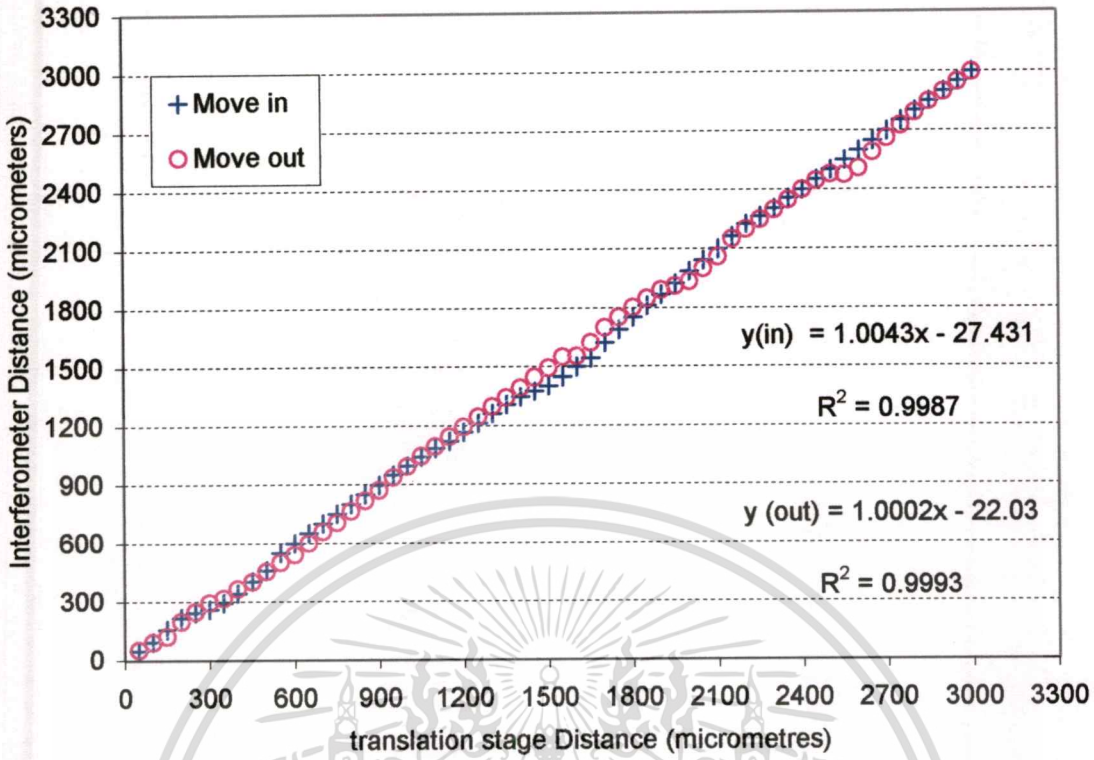


รูปที่ 4.4 ผลการวัดระยะทางที่ตำแหน่ง 4.5 cm



รูปที่ 4.5 ผลการวัดระยะทางที่ตำแหน่งที่ 6.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ผลการวัดระยะทางที่ตำแหน่ง 8.5 cm

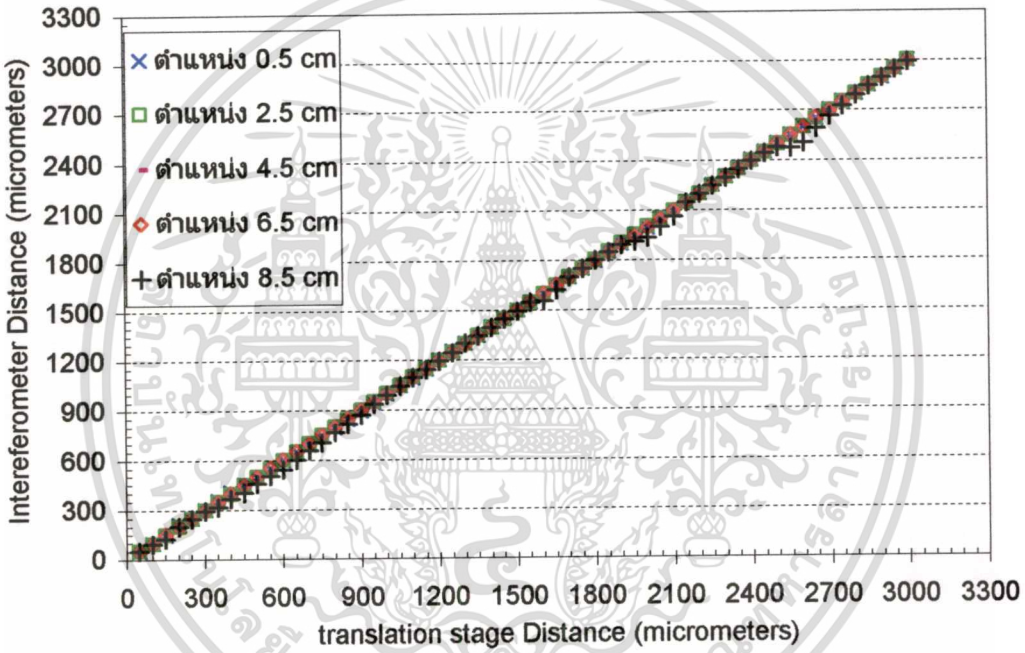
รูปที่ 4.6 เป็นผลการวัดระยะทางในช่วงการวัด 3000 μm จากตำแหน่งอ้างอิงบนรางเลื่อนที่ระยะ 8.5 cm ผลการวัดแสดงให้เห็นว่าระบบวัดมีความเป็นเชิงเส้นน้อยลง ในบางช่วงพบว่าระยะการวัดด้วยอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์กับระยะที่คำนวณจากสเต็ปของมอเตอร์ต่างกันมาก นอกจากนี้ยังพบว่าผลการวัดขณะเคลื่อนที่เข้าและออกต่างกันจนเห็นได้ชัดเจนจากกราฟ ตำแหน่งอ้างอิงนี้อยู่ห่างจากตัวแยกแสงประมาณ 18.6 cm

รูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบผลการวัดในช่วง 3000 μm ที่ตำแหน่งอ้างอิงทั้ง 5 กรณีที่รางเลื่อนเคลื่อนออกและเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง ตามลำดับ จากรูปแสดงให้เห็นว่าอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ทำงานได้ผลใกล้เคียงกันมากในช่วง 3000 μm ของตำแหน่งเริ่มต้นที่ต่างกัน ทั้งขณะเคลื่อนออกและเคลื่อนเข้าและให้ผลการวัดที่เป็นเชิงเส้นที่ดี ยกเว้นตำแหน่งเริ่มต้นที่ 8.5 cm พบว่ามีความเป็นเชิงเส้นน้อยลง ทั้งขณะเคลื่อนเข้าและเคลื่อนออก ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่า ที่ระยะที่ทำการวัดอยู่ห่างจากตัวแยกแสงมากขึ้น แสงสะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ทั้งสองจะไม่รวมเป็นจุดเดียวกันที่ตัวแยกแสง และเมื่อพิจารณาริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งดังกล่าว ซึ่งทำได้โดยให้แสงที่สะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ทั้งสองผ่านแผ่นโพลาไรซ์ไปตกบนฉาก โดยจัดให้แนวโพลาไรซ์ของแผ่นโพลาไรซ์ทำมุม 45° กับแนวดิ่ง พบว่าเราสามารถเห็นริ้วการแทรกสอดเกิดเป็นช่วง ๆ ของเวลา ซึ่งอาจส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเนื่องจากการบีตมีค่าต่ำบ้างสูงบ้างจึงทำให้ชุดตรวจวัดความเข้มแสงไม่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงได้อย่างถูกต้อง ซึ่งที่ระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

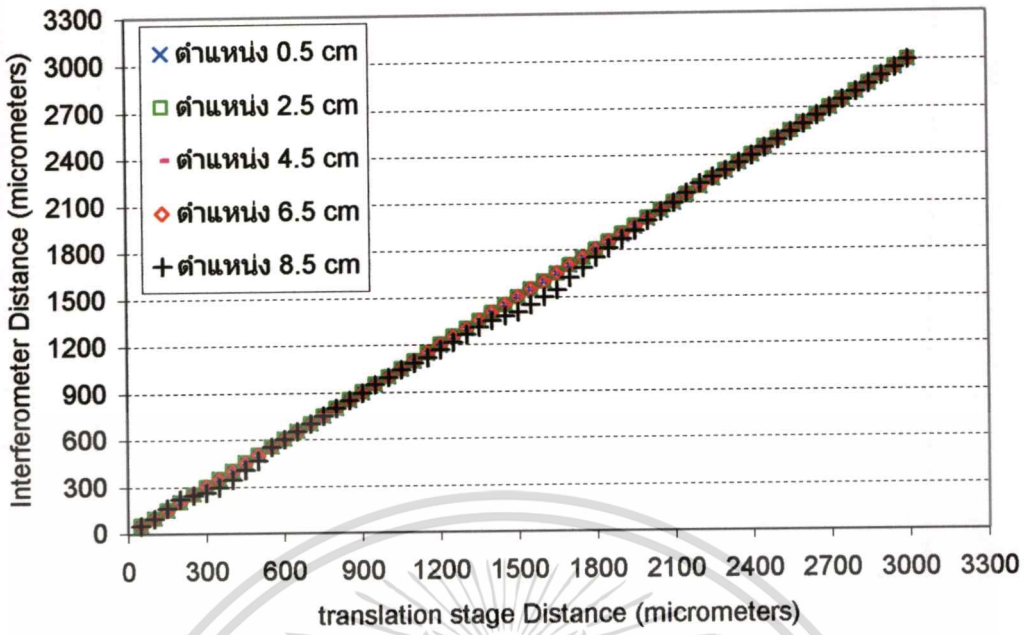
ที่ห่างจากตัวแยกแสงน้อยกว่าที่ตำแหน่ง 0.5 cm บนรางเลื่อนก็พบปัญหานี้เช่นเดียวกัน การที่แสงสะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ทั้งสองไม่รวมเป็นจุดเดียวกันที่ตัวแยกแสง เมื่อรีโทรรีเฟลกเตอร์บนรางเลื่อนอยู่ที่ตำแหน่งปลายทั้งสองของรางเลื่อน อาจเกิดจากการจัดวางแนวของรางเลื่อนไม่ขนานกับแนวแสงอย่างแท้จริง

เมื่อพิจารณาผลการวัดระยะทางโดยละเอียดพบว่า ระหว่างระยะทาง 0 μm ถึงประมาณ 50 μm ของทุกตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้น อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ไม่สามารถวัดระยะทางได้ จะเริ่มวัดได้เมื่อมอเตอร์หมุนไปแล้ว 25 สเต็ป หรือประมาณ 50 μm ซึ่งถือว่าเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งของระบบที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่คำนวณได้จากค่าเฉลี่ยค่านับกับจำนวนสเต็ปในการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



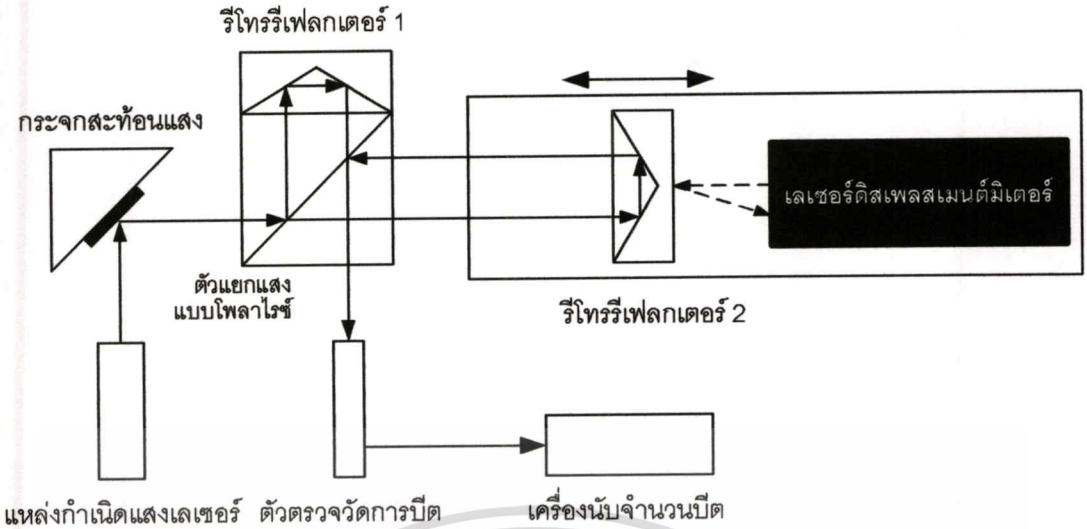
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่คำนวณได้จากค่าเฉลี่ยค่านับกับจำนวนสเต็ปในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง

4.2 การสอบเทียบเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์กับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์

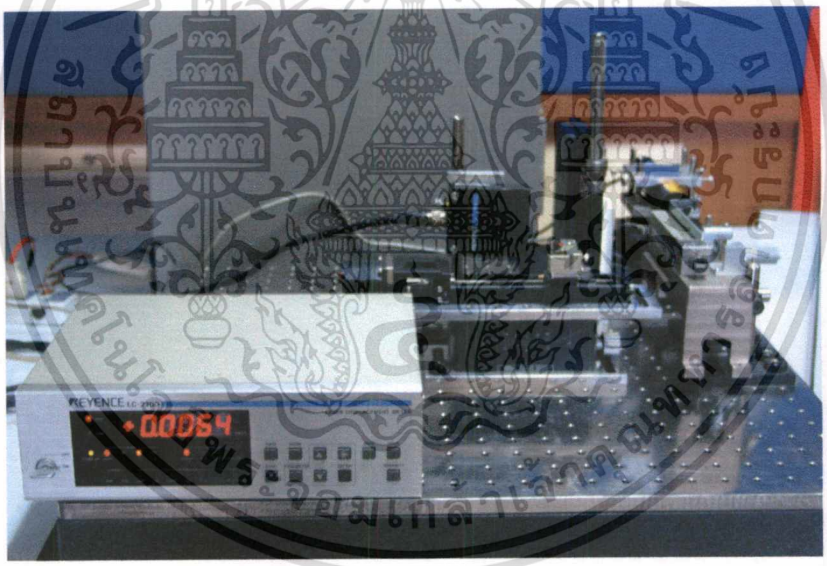
4.2.1 การสอบเทียบระยะทางในทิศทางเคลื่อนออกจากตัวแยกแสง

การสอบเทียบระยะทางที่ได้จากเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์กับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ทำโดยจัดระบบแสดงดังรูปที่ 4.9 ระบบในรูปประกอบด้วยเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์และเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ โดยมีผิวด้านหลังของแท่นจับยึดรีโทรรีเฟลกเตอร์เป็นผิวสะท้อน ทำหน้าที่เป็นผิวอ้างอิงเพื่อให้แสงเลเซอร์สามารถสะท้อนกลับไปที่เลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ได้ ในการจัดระบบการวัดนี้จะต้องจัดให้หัวตรวจวัด (sensor head) ของเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ขนานกับระนาบของผิวสะท้อน และจะต้องจับยึดอุปกรณ์ทุกชิ้นอย่างมั่นคงป้องกันความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้ในขณะทำการสอบเทียบระบบสอบเทียบที่ติดตั้งพร้อมทำการสอบเทียบ รูปถ่ายของระบบสอบเทียบแสดงดังรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 การจัดอุปกรณ์สำหรับการสอบเทียบด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์



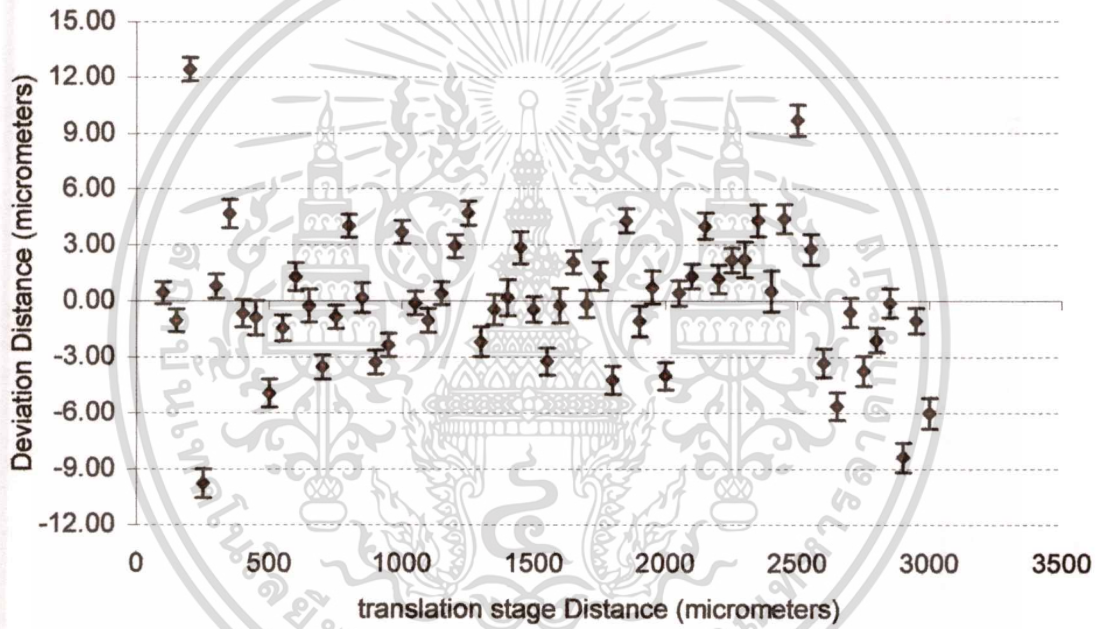
รูปที่ 4.10 ภาพถ่ายของระบบสอบเทียบเลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์
กับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์

การสอบเทียบด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ขณะเคลื่อนที่ออก ทำเช่นเดียวกับการทดสอบความเป็นเชิงเส้นของระบบ โดยเพิ่มระยะทางขึ้นครั้งละ 50 μm หรือทุก ๆ 25 สเต็ปของมอเตอร์ เปรียบเทียบระยะทางที่วัดได้จากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์กับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ โดยเริ่มต้นที่ตำแหน่งอ้างอิงที่ระยะ 4.5 cm บนรางเลื่อน กำหนดให้ตำแหน่งนี้เป็นระยะทาง 0 μm เพิ่มระยะทางขึ้นทีละ 25 สเต็ป จนถึงสเต็ปที่ 1500 (3000μm) (เนื่องจากเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

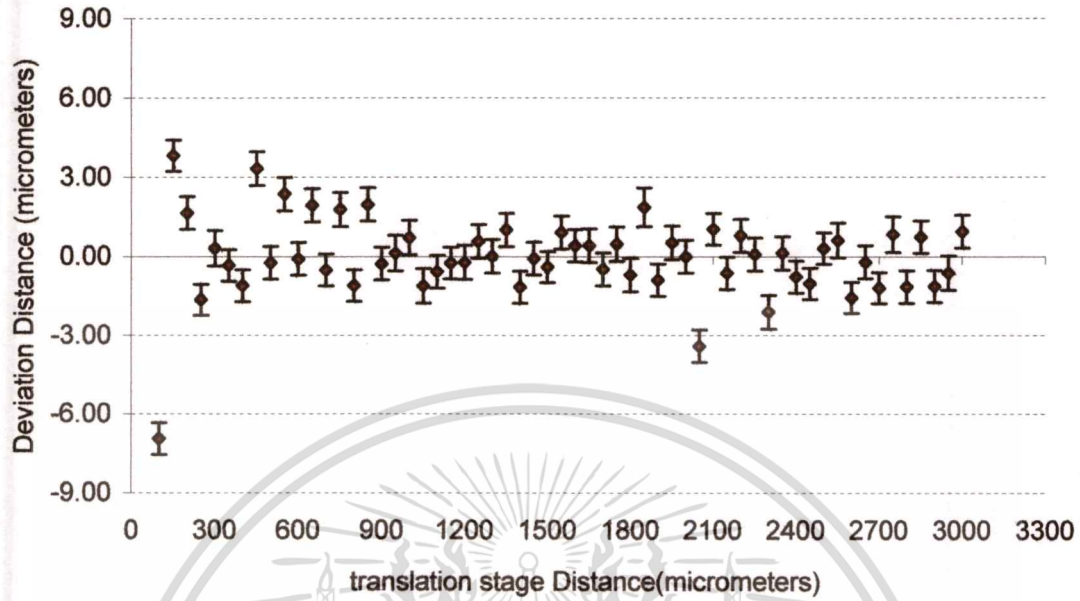
ทำงานได้ในช่วง ±3000 μm) แต่ละจุดทำการวัด 10 ครั้ง นำผลค่านับที่ได้จากเครื่องนับการบีตมาคำนวณหาระยะทางเทียบกับค่าที่อ่านได้จากเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ ผลการสอบเทียบแสดงดังตารางที่ ก.13 ในภาคผนวก ก

จากนั้นเปลี่ยนตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้นไปเป็นที่ตำแหน่ง 2.5, 0.5, 6.5 และ 8.5 cm บนรางเลื่อน และทำการสอบเทียบระยะทางเช่นเดียวกันกับที่ตำแหน่งอ้างอิง 4.5 cm ผลการสอบเทียบแสดงในตารางที่ ก.12, ก.11, ก.14 และ ก.15 ในภาคผนวก ก ตามลำดับ เมื่อนำค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางหรือค่าที่เบี่ยงเบนไปจากค่าที่อ่านได้จากเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ของการวัดระยะทางในแต่ละตำแหน่งและความไม่แน่นอนในการวัดมาเขียนกราฟได้ผลแสดงในรูปที่ 4.11 ถึงรูปที่ 4.15

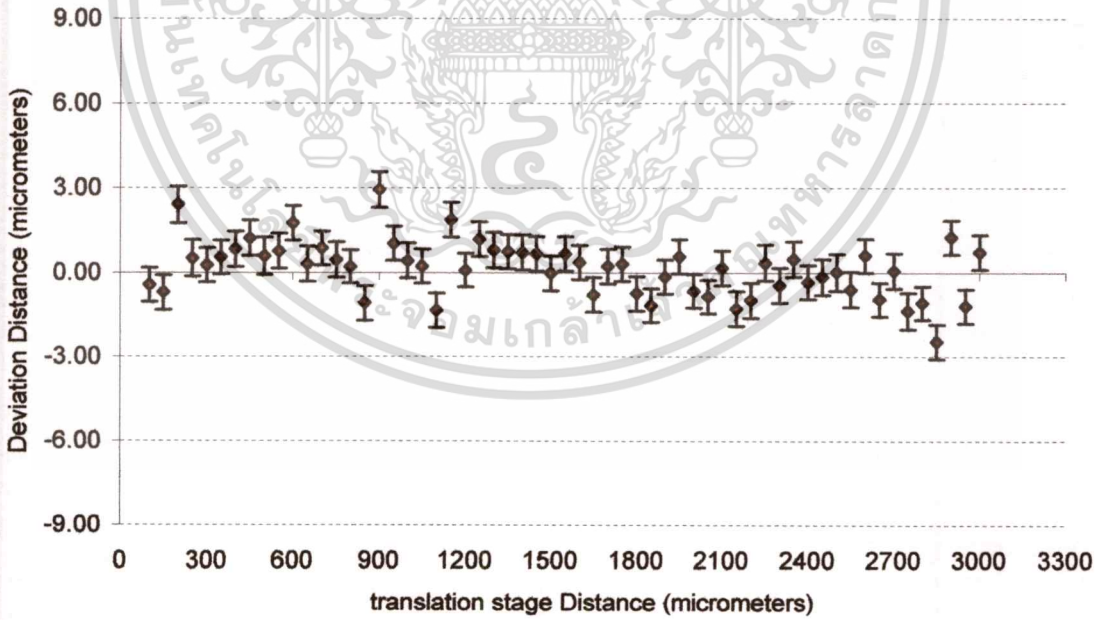


รูปที่ 4.11 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนออกที่ตำแหน่ง 0.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

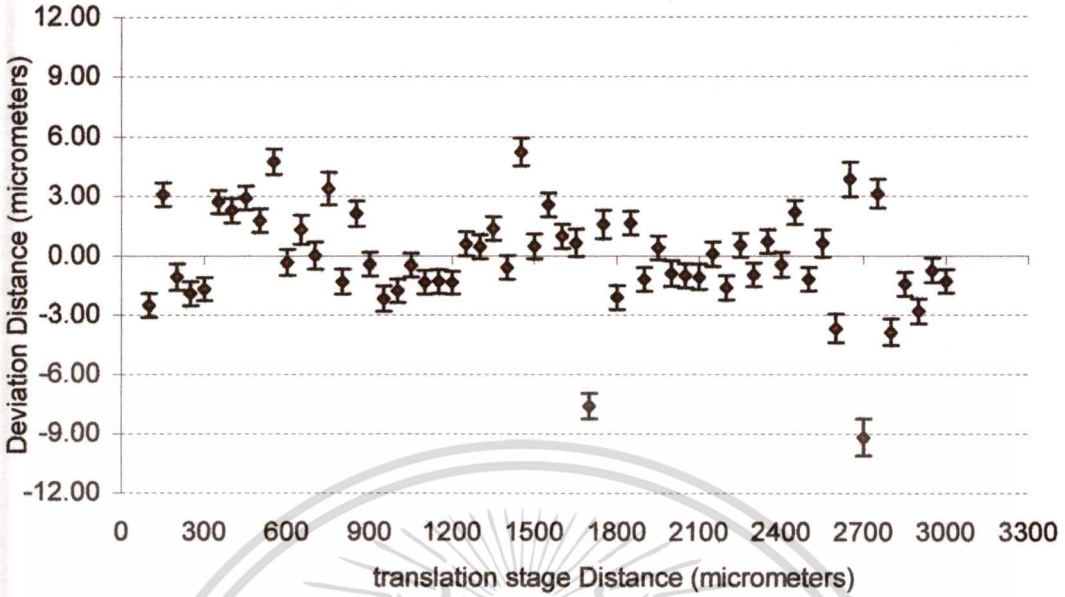


รูปที่ 4.12 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนออกที่ตำแหน่ง 2.5 cm

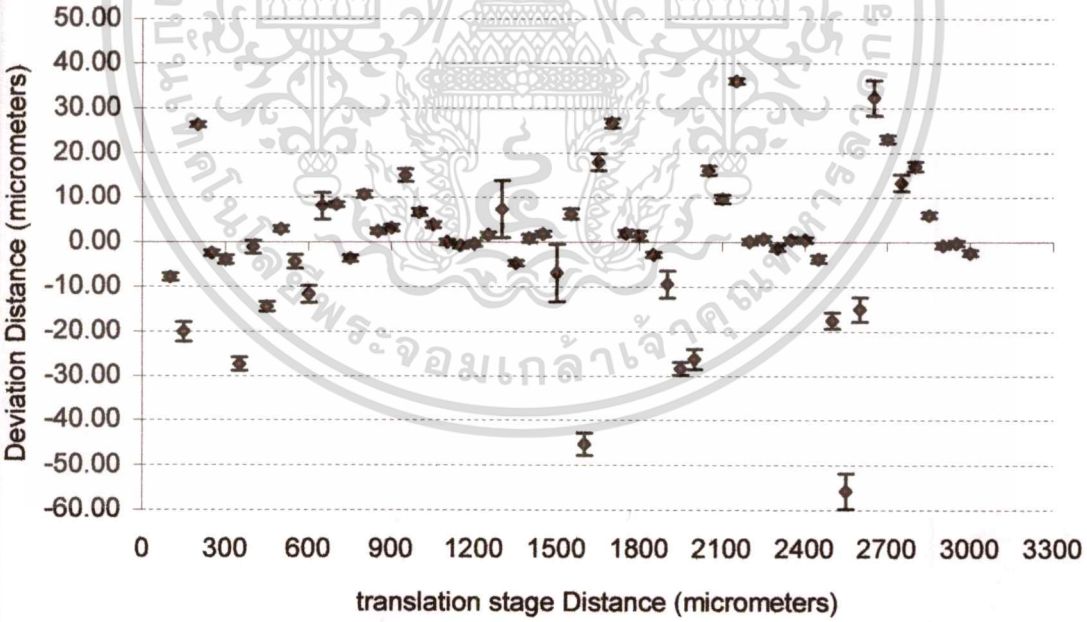


รูปที่ 4.13 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนออกที่ตำแหน่ง 4.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนออกที่ตำแหน่ง 6.5 cm

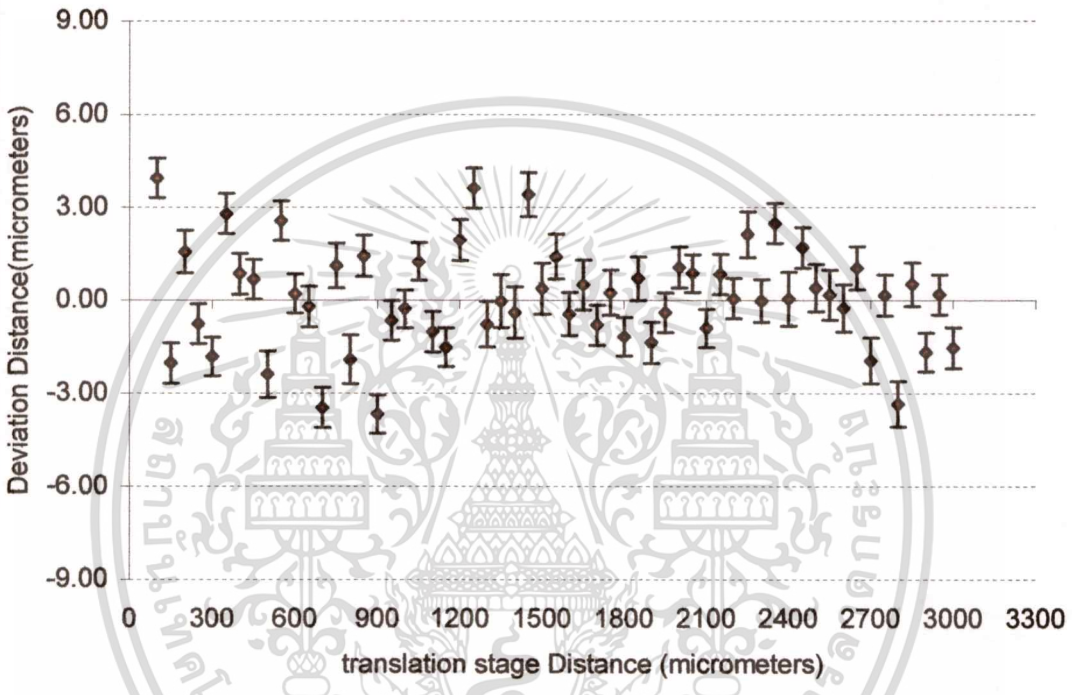


รูปที่ 4.15 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนออกที่ตำแหน่ง 8.5 cm

4.2.2 การสอบเทียบระยะทางในทิศทางเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง

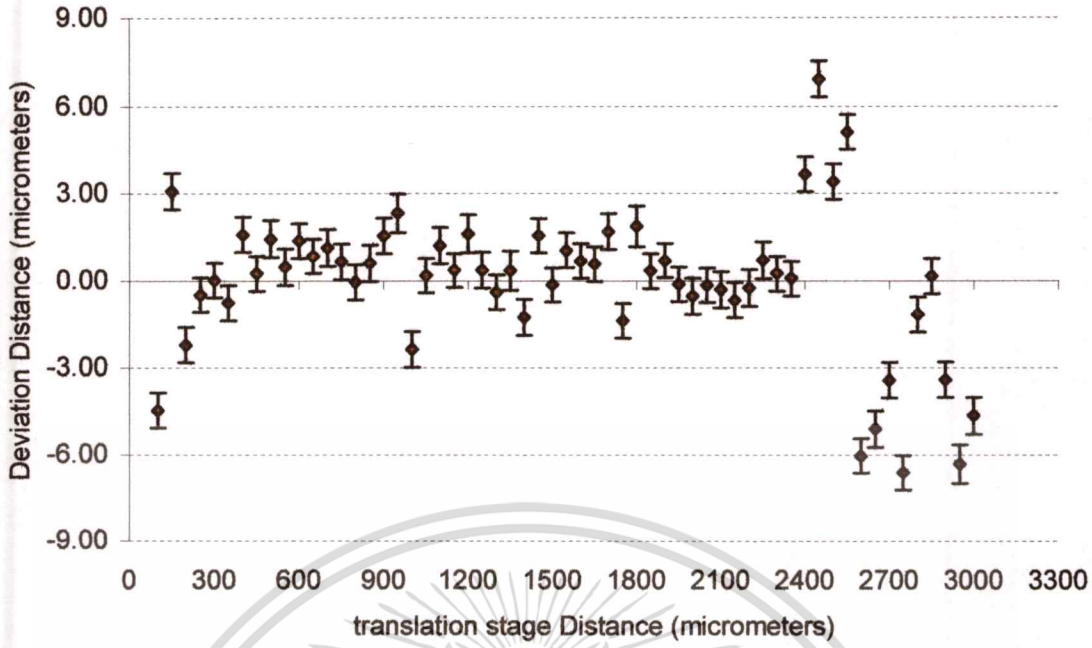
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสอบเทียบระยะทางในทิศทางเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงกับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ โดยที่การจัดอุปกรณ์และวิธีการทำเช่นเดียวกับการสอบเทียบระยะทางในการเคลื่อนออก ต่างกันเพียงเป็นการเคลื่อนรางเลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง ได้ผลการสอบเทียบแสดงดังตารางที่ ก.16 ถึง ก.20 ในภาคผนวก ก เมื่อนำค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางหรือค่าที่เบี่ยงเบนไปจากที่อ่านได้จากเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ของการวัดระยะทางในแต่ละตำแหน่งและความไม่แน่นอนในการวัดมาเขียนกราฟได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.16 ถึง 4.20

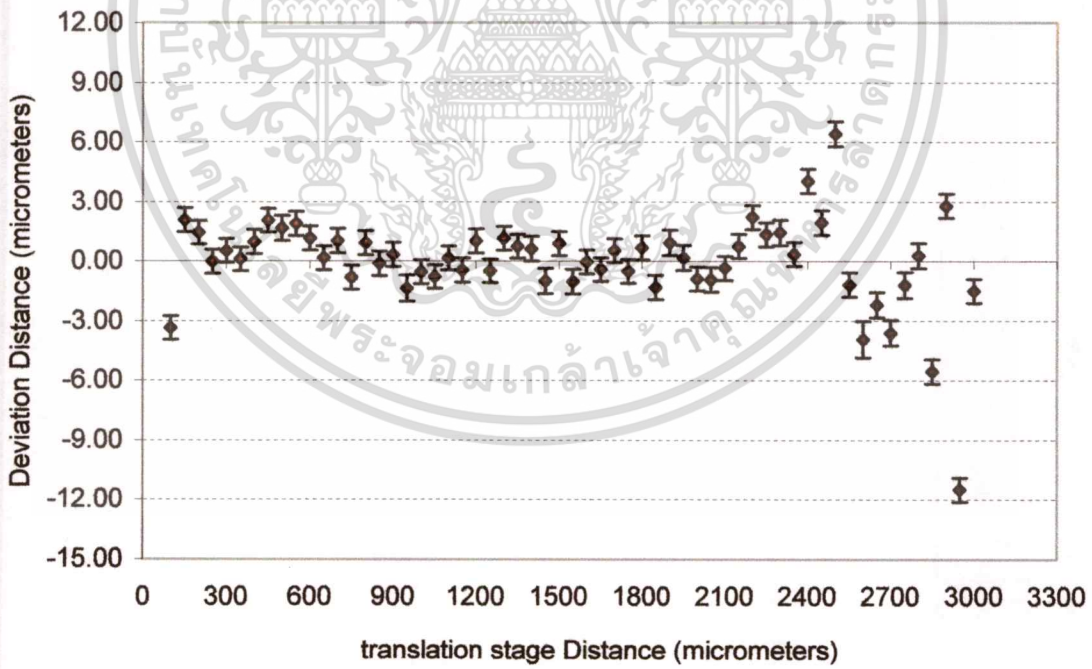


รูปที่ 4.16 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนเข้าที่ตำแหน่ง 0.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

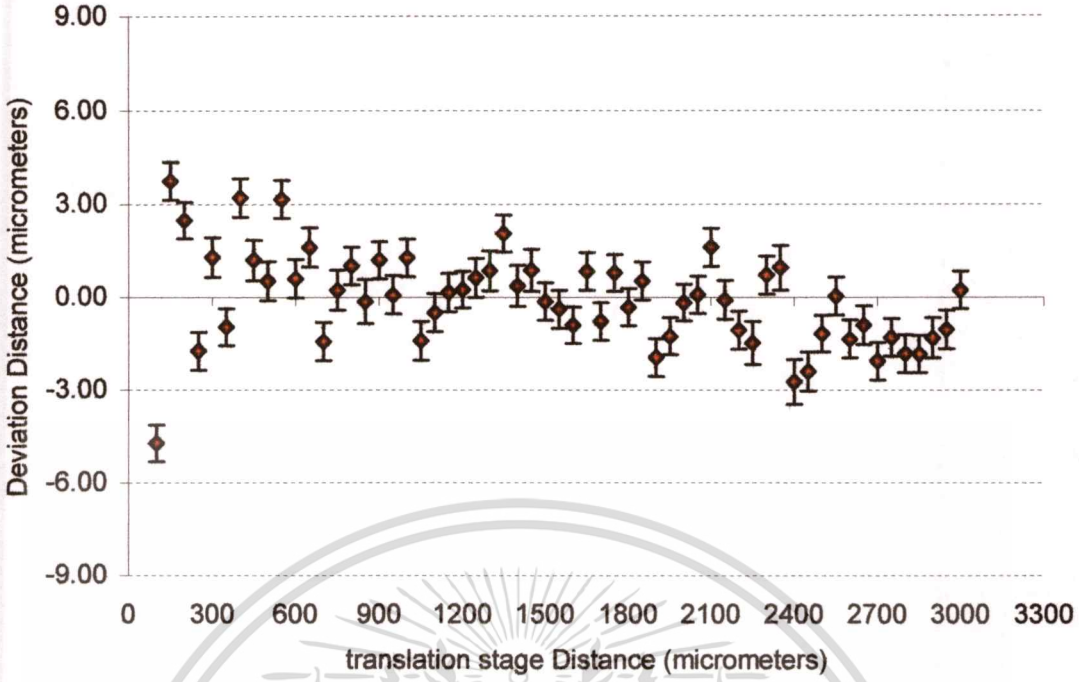


รูปที่ 4.17 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนเข้าที่ตำแหน่ง 2.5 cm

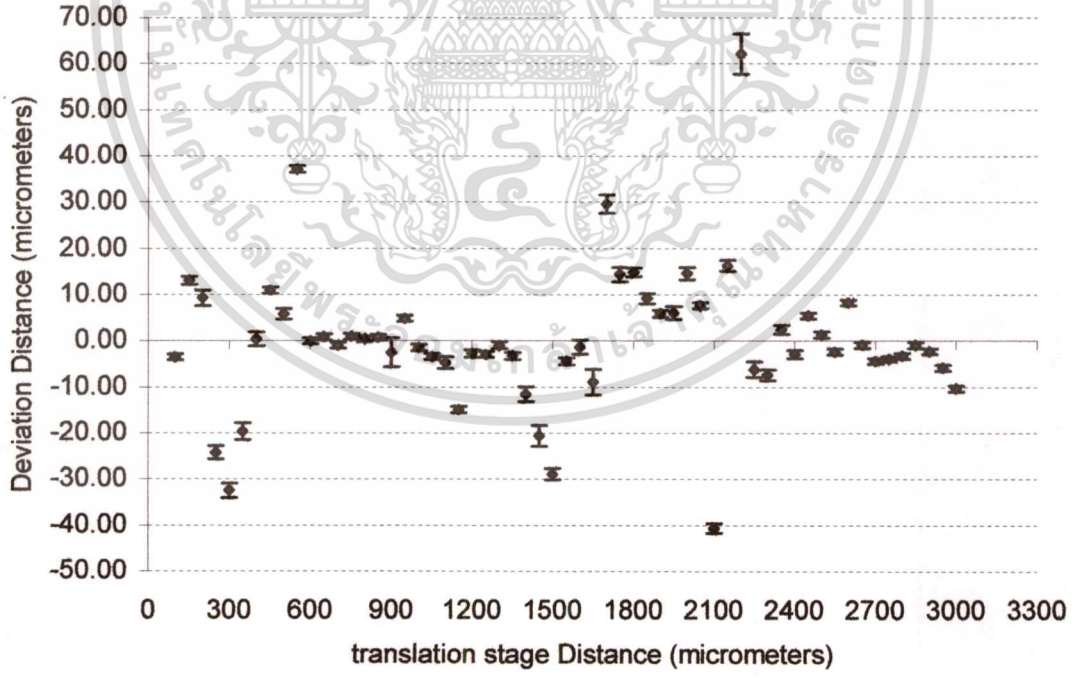


รูปที่ 4.18 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนเข้าที่ตำแหน่ง 4.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนเข้าที่ตำแหน่ง 6.5 cm



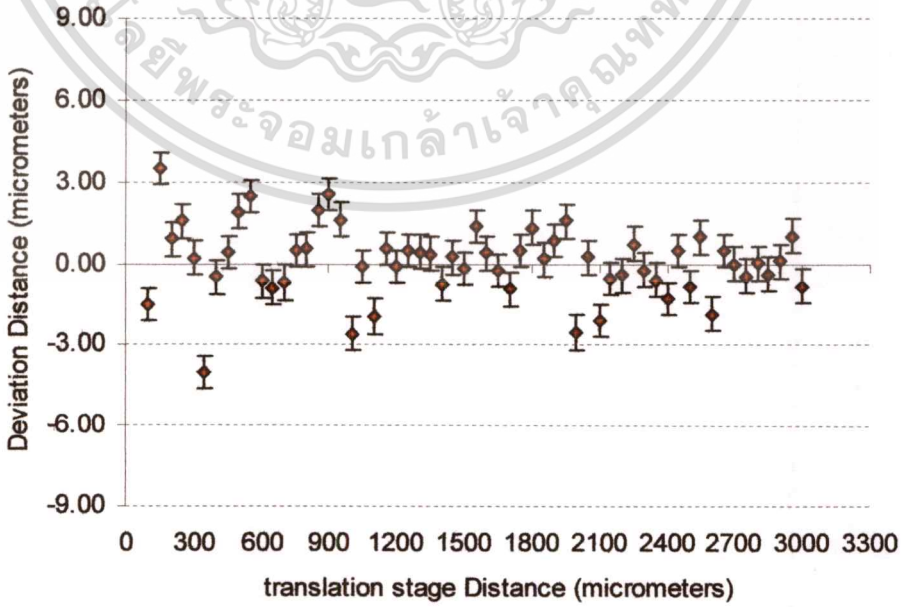
รูปที่ 4.20 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อวัดระยะทางเคลื่อนเข้าที่ตำแหน่ง 8.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการสอบเทียบด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ซึ่งมีความละเอียด 0.2 μm พบว่าระบบมีความคลาดเคลื่อนต่างกันมากระหว่างการวัดระยะทางในการเคลื่อนออกและเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง สำหรับการสอบเทียบทุกๆ 25 สเต็ป ใน 1500 สเต็ป ใน 5 ตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้น ระยะทางเคลื่อนออกมีความคลาดเคลื่อนสูงสุด 13.22 μm ในช่วง 0-6.8 cm และมีค่าสูงสุด 59.73 μm ในช่วง 0-8.8 cm ในขณะที่ระยะทางในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงมีความคลาดเคลื่อน 12.10 μm ในช่วง 0-6.8 cm และมีค่าสูงสุด 66.51 μm ในช่วง 0.8.8 cm

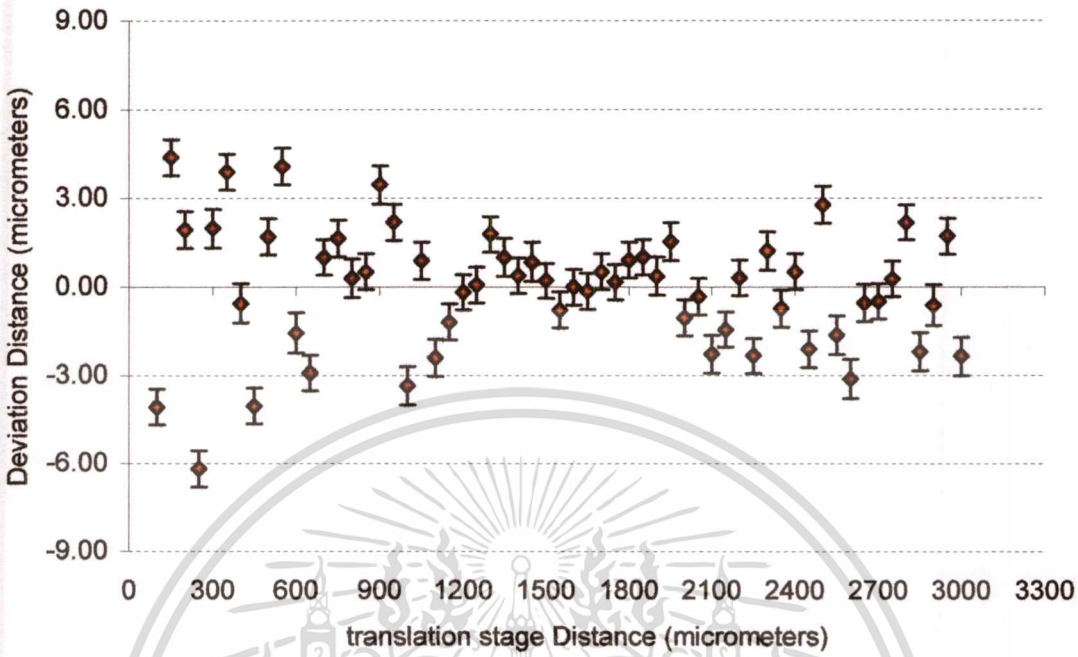
4.2.3 การทดสอบผลของความเร็วในการเคลื่อนที่

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรางเลื่อนจะมีผลต่อการเปลี่ยนความถี่ของแสงที่สะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ เนื่องจากปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ซึ่งจะมีผลต่อความถี่บีตที่เกิดขึ้น การทดลองเปลี่ยนความเร็วในการเคลื่อนที่ของรางเลื่อนนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาข้อจำกัดของความเร็วของการเคลื่อนที่ ที่มีต่อความคลาดเคลื่อนของผลการวัดระยะทาง การทดสอบผลของความเร็วเมื่อปรับความเร็วของมอเตอร์ ขับรางเลื่อนด้วยความเร็ว 3 ระดับ ได้แก่ ความเร็ว 10, 9 และ 12 รอบต่อวินาที ทำการทดลองวัดระยะทางด้วยเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเทียบกับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ ขณะที่รางเลื่อนมีการเคลื่อนเข้าด้วยความเร็วต่าง ๆ เริ่มที่ตำแหน่ง 2.5 cm โดยเพิ่มระยะทางขึ้นครั้งละ 50 μm หรือทุกๆ 25 สเต็ป จนถึงระยะทาง 3000 μm จากนั้นเปลี่ยนตำแหน่งเริ่มต้นไปที่ตำแหน่ง 6.5 cm แล้วทำเช่นเดียวกับที่ตำแหน่ง 2.5 cm ได้ผลสอบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนดังแสดงดังตารางที่ ก.21 ถึง ก.23 ในภาคผนวก ก เมื่อนำค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางและค่าความไม่แน่นอนของการวัดมาเขียนกราฟ แสดงดังรูปที่ 4.21 ถึง 4.26

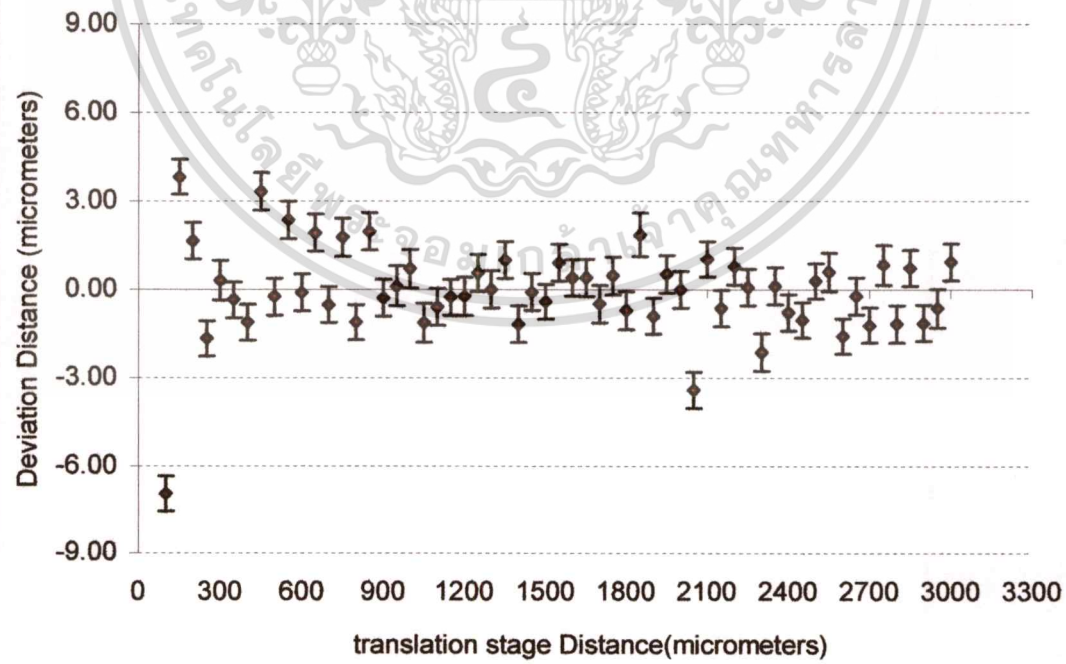


รูปที่ 4.21 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อใช้ความเร็ว 10 รอบต่อวินาทีที่ตำแหน่ง 2.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

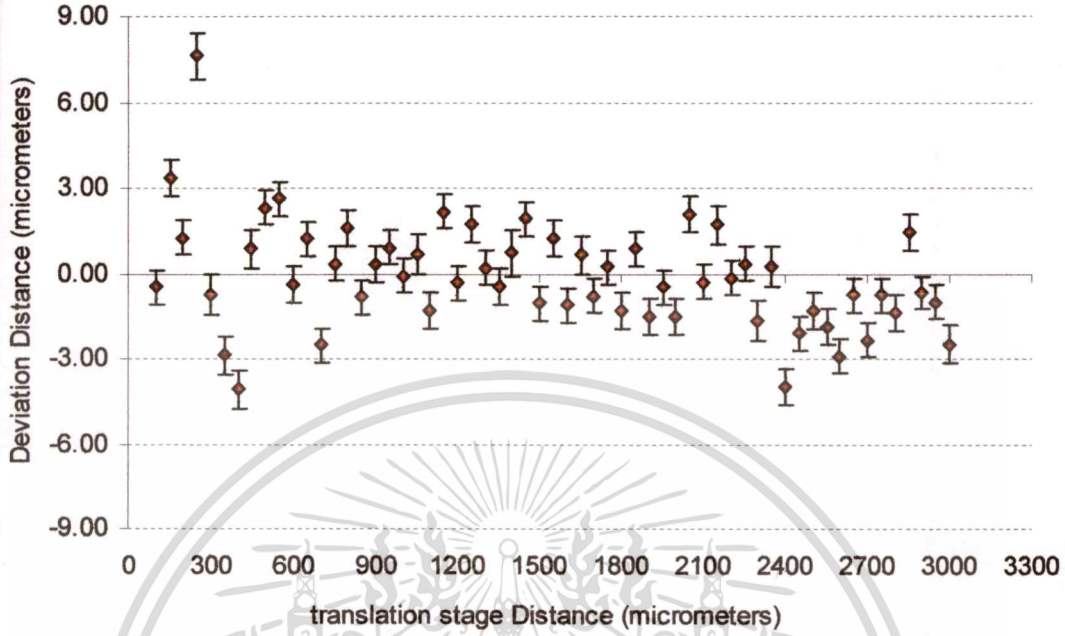


รูปที่ 4.22 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อใช้ความเร็ว 9 รอบต่อวินาทีที่ตำแหน่ง 2.5 cm

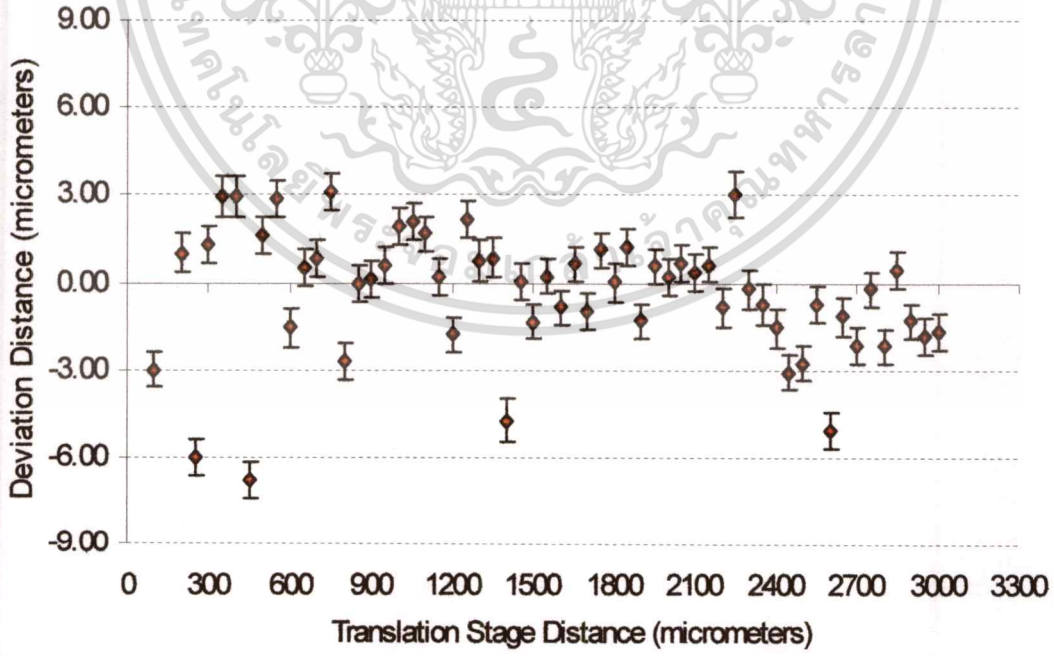


รูปที่ 4.23 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อใช้ความเร็ว 12 รอบต่อวินาทีที่ตำแหน่ง 2.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

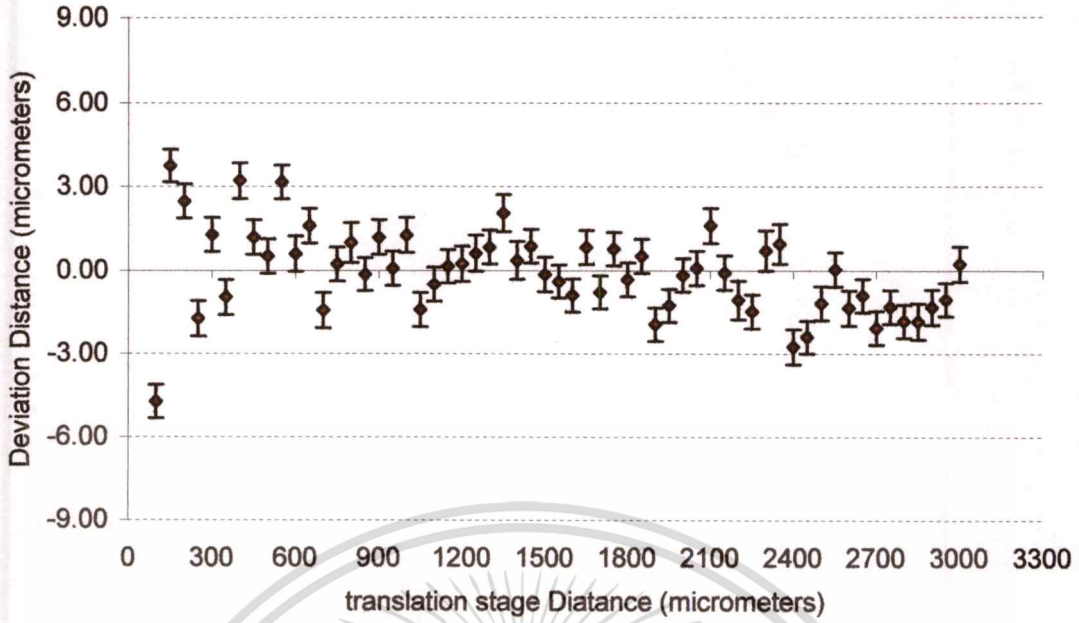


รูปที่ 4.24 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อใช้ความเร็ว 10 รอบต่อวินาทีที่ตำแหน่ง 6.5 cm



รูปที่ 4.25 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อใช้ความเร็ว 9 รอบต่อวินาทีที่ตำแหน่ง 6.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 ความคลาดเคลื่อนของระบบเมื่อใช้ความเร็ว 12 รอบต่อวินาทีที่ตำแหน่ง 6.5 cm

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.21 ถึง 4.26 พบว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรางเลื่อนมีผลต่อความคลาดเคลื่อนในการวัดของระบบวัดระยะทางด้วยเลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจากผลการทดลองว่า ที่ความเร็ว 10 และ 12 รอบต่อวินาที จะมีความคลาดเคลื่อนในการวัดใกล้เคียงกัน โดยที่ความเร็ว 10 รอบต่อวินาที มีความคลาดเคลื่อนโดยรวมต่ำกว่าเล็กน้อย สำหรับความเร็ว 9 รอบต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วค่อนข้างต่ำพบว่า มีความคลาดเคลื่อนสูงกว่าที่ความเร็ว 10 และ 12 รอบต่อวินาทีอย่างเห็นได้ชัด การที่ความเร็วมีผลต่อความคลาดเคลื่อนในการนับเกิดเนื่องจาก เมื่อเคลื่อนรางเลื่อนด้วยความเร็งสูงรีโทรรีเฟลกเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงด้วย เป็นผลให้ความถี่บีตที่ตรวจวัดโดยตัวตรวจวัดแสงมีค่าสูงด้วย ในทางตรงกันข้าม ถ้าเคลื่อนรางเลื่อนด้วยความเร็วต่ำรีโทรรีเฟลกเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำด้วย ซึ่งจะทำให้ความถี่บีตที่ตรวจวัดโดยตัวตรวจวัดแสงมีค่าต่ำ และอาจทำให้ตัวตรวจวัดแสงที่ใช้ (Hewlett Packard รุ่น 1078CReceiver) ทำงานคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากตัวตรวจวัดแสงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ถูกออกแบบมาให้ใช้งานในการอ่านความถี่ค่อนข้างสูงคือ ช่วงความถี่ 2 kHz ถึง 200kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การประเมินความไม่แน่นอนของระบบวัดตาม ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement GUM)[12-13]

4.3.1 การประเมินความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type A

การประเมินความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type A เป็นการประเมินส่วนของความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นแบบสุ่ม เมื่อการวัดกระทำอย่างอิสระต่อกัน และอยู่ภายใต้สภาวะเดียวกัน ข้อมูลอาจได้มาจากผลการวัดซ้ำ หรือได้จากการประเมินความน่าจะเป็นของการแจกแจงความถี่
ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ ของผลการวัด n ครั้ง

$$\bar{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i = \frac{X_1 + X_2 + ... + X_n}{n} \tag{4.1}$$

เมื่อ X_i เป็นค่าของปริมาณที่วัดได้ครั้งที่ i ของตัวแปร X

n จำนวนครั้งที่ทำการวัด

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด (standard deviation, σ_{n-1}) คือ

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2} \tag{4.2}$$

ความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type A (u_A)

$$u_A = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} \tag{4.3}$$

การสอบเทียบระบบเลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์สำหรับการวัดระยะทางอย่างละเอียดที่พัฒนาขึ้นนี้ จะแสดงวิธีการคำนวณจากตัวอย่างข้อมูลการวัดในบางช่วงดังดังตารางที่ 4.2 จากข้อมูลผลการนับ สามารถคำนวณระยะทางได้ดังนี้

$$d = \frac{n\lambda}{2} \tag{4.4}$$

เมื่อ d คือ ระยะทางที่วัดได้ (μm)

n คือ ค่านับที่ได้จากเครื่องนับจำนวนบีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

λ คือ ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์ที่ใช้มีค่า 632.8 nm

จากตารางที่ 4.2 ในการวัดครั้งที่ 1 ได้ค่านับ 2370 คำนวณเป็นระยะทางจากสมการ (4.4) ออกมาได้ดังนี้

$$d = \frac{2370 \times 632.8 \times 10^{-9}}{2} = 749.8680 \ \mu m$$

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างผลการวัดระยะทาง 10 ครั้ง

ครั้งที่	ค่านับ(Count)	ระยะทาง(ไมโครเมตร)
1	2370	749.8680
2	2374	751.1336
3	2370	749.8680
4	2368	749.2352
5	2370	749.8680
6	2371	750.1844
7	2368	749.2352
8	2370	749.8680
9	2372	750.5008
10	2372	750.5008

ในส่วนของผลการวัดครั้งอื่นๆ ก็ทำเช่นเดียวกันจนครบทั้งหมดจะได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.2 จากนั้นทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของผลการวัดทั้ง 10 ครั้งจากสมการที่ 4.1 ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{(749.86800 + 751.13360 + 749.86800 + ... + 750.50080) \times 10^{-6}}{10}$$

$$= 750.0262 \ \mu m$$

จากนั้นทำการคำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลตามสมการที่ (4.2) ดังนี้

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{(10-1)}\left\{(749.86800 - 750.02620)^2 + ... + (750.50080 - 750.02620)^2\right\}}$$

$$= 0.5824 \ \mu m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type A ตามสมการที่ (4.3) ดังนี้

$$u_A = \frac{0.5824\times10^{-6}}{\sqrt{10}} = 0.1842\ \mu m$$

4.3.2 การประเมินความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type B

การประเมินความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type B เป็นการประเมินความไม่แน่นอนมาตรฐานอีกวิธีหนึ่งที่ไม่ใช่การวิเคราะห์ทางสถิติ ของอนุกรมการสังเกต หรือได้มาจากข้อมูลการแจกแจงครั้งก่อน แต่จะประเมินจาก ข้อกำหนดจำเพาะของผู้ผลิต ใบรับรองการสอบเทียบ และประสบการณ์ เป็นต้น

แหล่งที่มาของความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type B

- ความแม่นยำของแหล่งกำเนิดแสง (u_{B1})
- ความแยกชัดของระบบวัด (u_{B2})
- ความแยกชัดของรางเลื่อน (u_{B3})
- ผลจากสภาพแวดล้อม (u_{B4})

ความแม่นยำของแหล่งกำเนิดแสง (u_{B1}) ที่ความยาวคลื่น 632.8 nm เท่ากับ ±10 nm ทำให้ได้ความไม่แน่นอนเนื่องจากความแม่นยำของแหล่งกำเนิดแสง (u_{B1}) เป็นการแจกแจงแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังนี้

$$s = \frac{n\lambda}{2} = \frac{1\times(632.8\pm10)\times10^{-9}}{2} = 0.3164\pm0.005\ \mu m$$

s คือ ความแม่นยำของแหล่งกำเนิดแสง

$$u_{B1} = \frac{0.005\times10^{-6}}{\sqrt{3}} = 0.0029\ \mu m$$

ความแยกชัดของระบบวัด (u_{B2}) เมื่อคิดจากค่านับต่ำสุดที่เป็นไปได้คือ 1 Count และที่ความยาวคลื่นของแสงที่ใช้ 632.8 นาโนเมตร ได้ความไม่แน่นอนเนื่องจากความแยกชัดของระบบวัด (u_{B2}) เป็นดังนี้

$$d = \frac{n\lambda}{2} = \frac{1\times632.8\times10^{-9}}{2} = 0.3164\ \mu m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะได้ความแยกชัดของระบบตรวจสอบที่ใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงมีค่า 0.3164 μm จะได้

$$u_{B2} = \frac{\text{resolution}/2}{\sqrt{3}} = \frac{0.3164/2}{\sqrt{3}} = 0.0913 \ \mu m$$

ความแยกชัดของรางเลื่อน (u_{B3}) เมื่อนำมอเตอร์มาติดตั้งกับรางเลื่อนทำให้สามารถเคลื่อนรางเลื่อนได้ด้วยความละเอียดประมาณ 2 μm ต่อหนึ่งสเต็ป ของสเต็ปปิงมอเตอร์ ทำให้สามารถหาความไม่แน่นอนเนื่องจากความแยกชัดของรางเลื่อน (u_{B3}) เป็นดังนี้

$$u_{B3} = \frac{2\times10^{-6}/2}{\sqrt{3}} = 0.5774 \ \mu m$$

ถ้าพิจารณาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของระบบวัดจะมีอยู่หลายองค์ประกอบคือ ความชื้นในอากาศ ฝุ่นละอองและอุณหภูมิ ผลกระทบของอุณหภูมิจะส่งผลต่อการขยายตัวของกระจกซึ่งสัมประสิทธิ์การขยายตัวของกระจกประมาณ $8.5 \times 10^{-6} \ K^{-1}$ เนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้การทดลองอยู่ในห้องที่มีอุณหภูมิระหว่าง 24 ± 3 องศา ผลกระทบในส่วนของอุณหภูมิ ผลกระทบของความชื้นในอากาศจะไม่มีผลกระทบหรือมีผลกระทบต่อระบบนี้น้อยมาก เนื่องจากในการทดลองความชื้นในอากาศมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ส่วนฝุ่นละอองที่อาจเกิดขึ้นที่พื้นผิวของกระจก สามารถทำความสะอาดก่อนทำการวัด ผลกระทบเรื่องสภาพแวดล้อมจึงมีน้อยมากสามารถละทิ้งได้

4.3.3 ความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม (Combined Standard Uncertainty, U_C) และความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty, U)

ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวมจะคำนวณได้จากสมการ (4.5) เป็นการหาค่ารากที่สองของผลรวมกำลังสองของค่าความไม่แน่นอนมาตาฐาน Type ต่างๆ

$$U_C = \sqrt{(u_A)^2 + (u_{B1})^2 + (u_{B2})^2 + (u_{B3})^2} \qquad (4.5)$$

$$U_C = \sqrt{(0.18419)^2 + (0.00289)^2 + (0.09134)^2 + (0.57735)^2}$$

$$= 0.6129 \ \mu m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความไม่แน่นอนขยายเป็นปริมาณที่กำหนด ช่วงที่ผลการวัดกระจายอยู่ภายในซึ่งค่าเหล่านี้สามารถแสดงคุณลักษณะของสิ่งที่ถูกวัดที่หวังได้ว่าจะเป็นไปตามนั้น ด้วยระดับความเชื่อมั่นสูง ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

$$U = k\, U_c(y) \tag{4.6}$$

ค่า k ขึ้นอยู่กับระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ โดยทั่วไปค่าของ $k = 2$ ถึง 3 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ถึง 99.7% การคำนวณหาค่า k ทำได้โดยหาค่าองศาอิสระ (degree of freedom) โดยทั่วไปองศาอิสระของตัวอย่าง พิจารณาได้จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมดลบด้วยหนึ่ง คือ $\upsilon = n - 1$

ดังนั้นจากการวัด 10 ครั้ง จึงให้ $\upsilon = 9$ จึงได้ค่าตัวประกอบครอบคลุม (Coverage factor: k) เท่ากับ 2.26 ที่ระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95% ซึ่งทำให้ความไม่แน่นอนขยาย (expanded uncertainty) จะเท่ากับ

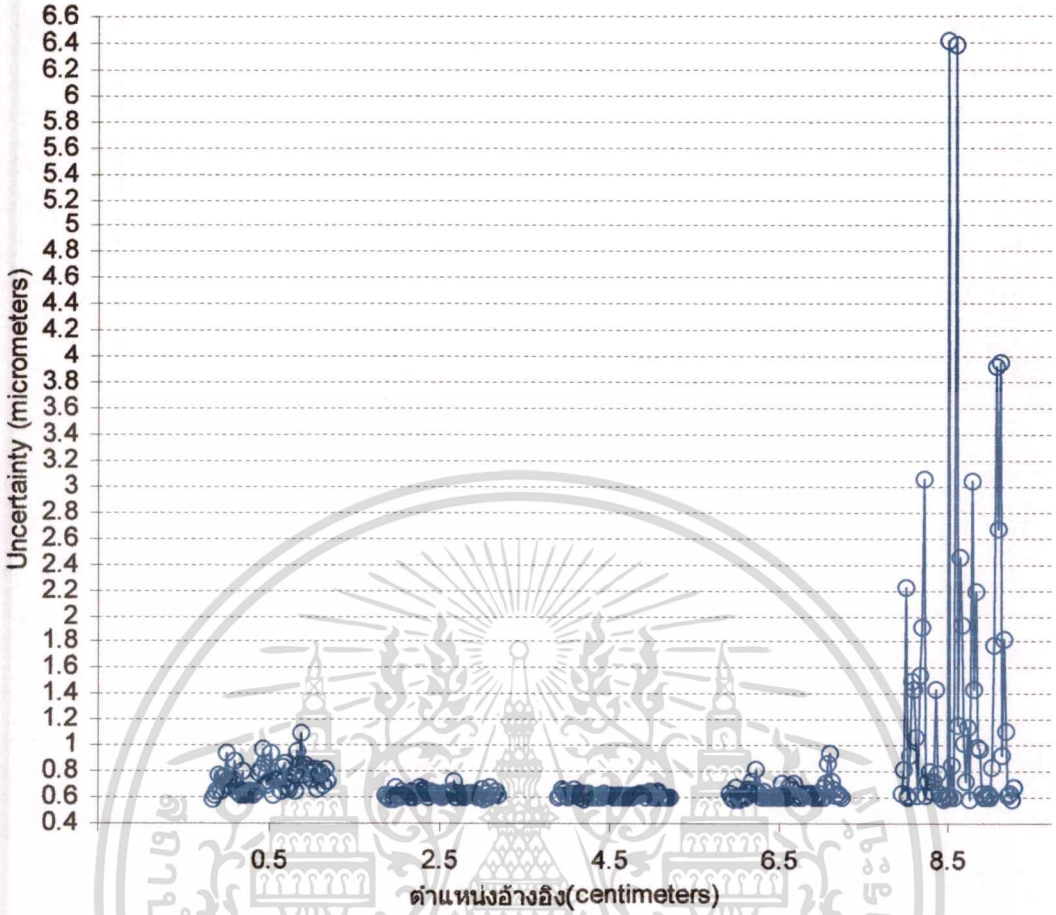
$$U = 2.26 \times 0.612870$$
$$= 1.3850\ \mu m$$

ผลการประเมินพบว่าความไม่แน่นอนของระบบวัดมีค่าสูงสุด 1.09 μm สำหรับการวัดระยะทางในช่วง 0-6.8 cm และมีค่าสูงสุด 6.41 μm สำหรับการวัดระยะทางในช่วง 0 - 8.8 cm ที่ความเชื่อมั่น 95% แสดงดังรูปที่ 4.27 และ 4.28 ความไม่แน่นอนมาตรฐาน Type B เป็นความไม่แน่นอนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (systematic error) ไม่สามารถประเมินทางสถิติได้ โดยจะประเมินจากความแม่นยำของแหล่งกำเนิดแสง ความละเอียดของระบบวัด ความละเอียดของรางเลื่อนซึ่งมีค่าดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 Uncertainty budget

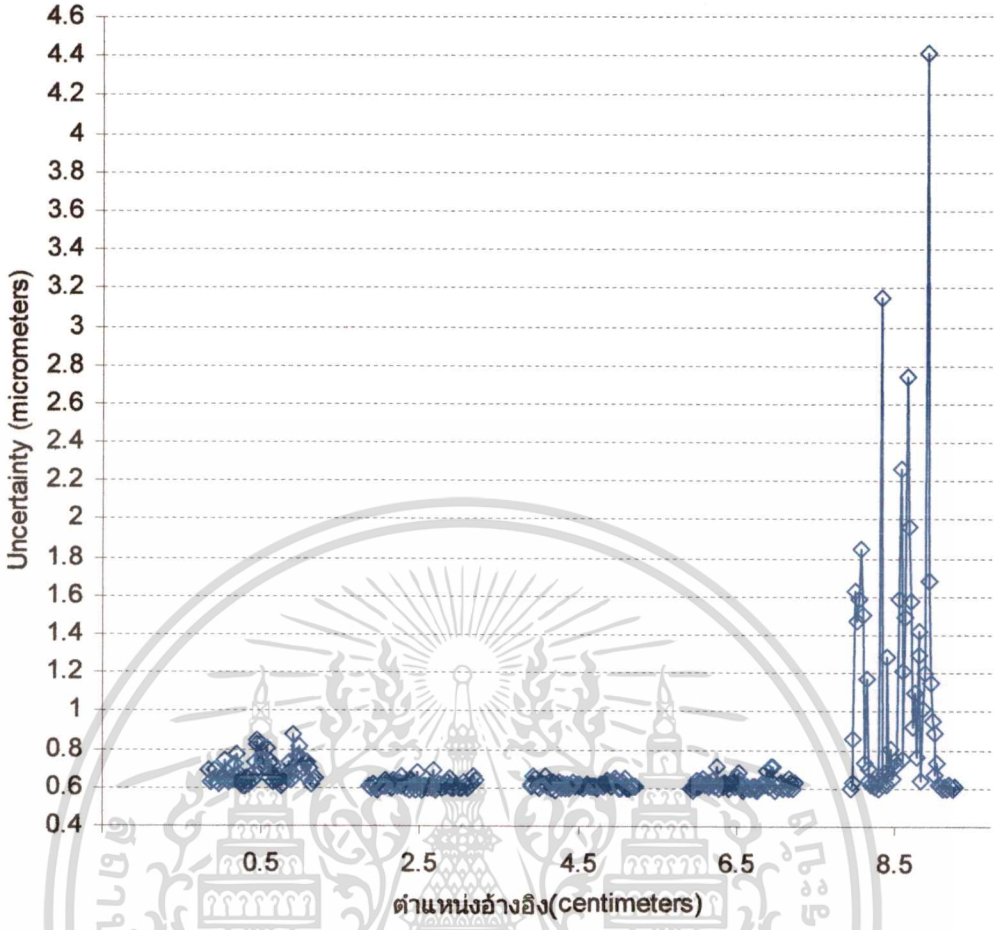
Source of uncertainty	Value(±)	Uncertainty(μm)
Accuracy of laser	10 nm	0.002886
Resolution of system	0.3164 μm	0.091336
Resolution of translation track	2 μm	0.57735

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนออกจากตัวแยกแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและแนวทางการพัฒนา

5.1 สรุปผลการทดสอบ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการสร้างและสอบเทียบระยะทางอย่างละเอียด โดยใช้เลเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ ซึ่งทำงานโดยใช้ปรากฏการณ์ คอปเพลอร์ของแสงเลเซอร์และการบีตของแสงเลเซอร์ที่สะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์สองตัว ที่ตัวหนึ่งติดอยู่กับตัวแยกแสงและตัวที่สองติดตั้งอยู่ในแนวตั้งฉากบนรางเลื่อน ซึ่งรางเลื่อนถูกขับด้วยสเต็ปปิงมอเตอร์ชนิด 5 เฟสและควบคุมการเคลื่อนที่โดยคอมพิวเตอร์ มีความละเอียดในการเลื่อน 2 μm ใช้แสงเลเซอร์ฮีเลียมนีออนชนิดความถี่เดียวเป็นแหล่งกำเนิดแสง

5.1.1 ผลจากการทดสอบความเป็นเชิงเส้นของระบบ พบว่าอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นนี้จะให้ผลการวัดเป็นเชิงเส้นในช่วง 50 μm ถึง 8.8 cm โดยให้ผลการวัดใกล้เคียงกันทั้งในการเคลื่อนออกและเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง ระยะทางในช่วง 0 ถึง 50 μm หรือในช่วง 25 สเต็ปแรกของการหมุนของมอเตอร์ไม่สามารถวัดได้ เนื่องจากในช่วงต้นของการหมุนของมอเตอร์จะทำให้รางเลื่อนมีความเร็วต่ำมากจนความถี่บีตที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำเกินกว่าที่ตัวตรวจจับแสงจะสามารถทำงานได้ อันเป็นข้อจำกัดของระบบการวัดระยะทางนี้ ที่ระยะทางมากกว่า 6.8 cm จะได้ผลการวัดไม่เป็นเชิงเส้น เนื่องแสงสะท้อนจากรีโทรรีเฟลกเตอร์ทั้งสองจะไม่รวมเป็นจุดเดียวกันที่ตัวแยกแสง จึงส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเนื่องจากการบีตมีค่าต่ำทำให้ชุดตรวจจับความเข้มแสงไม่สามารถวัดการเปลี่ยน แปลงได้อย่างถูกต้อง

5.1.2 การสอบเทียบระยะทางในการเคลื่อนที่ออกและเข้าด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ซึ่งมีความละเอียด 0.2 μm พบว่าระบบมีความคลาดเคลื่อนต่างกันมากระหว่างการวัดระยะทางในการเคลื่อนที่ออกและเข้า สำหรับการสอบเทียบระยะทางทุกๆ 25 สเต็ป ในช่วง 1500 สเต็ป ใน 5 ตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้นของรางเลื่อน โดยแต่ละตำแหน่งห่างกัน 10000 สเต็ป ระยะทางในการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงมีความคลาดเคลื่อน 13.22 μm ในช่วง 0-6.8 cm และมีค่าสูงสุด 59.73 μm ในช่วง 0-8.8 cm ในขณะที่ระยะทางในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงมีความคลาดเคลื่อน [illegible]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรางเลื่อนมีผลต่อความคลาดเคลื่อนในการวัดของระบบวัดระยะ ทางด้วยเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้น จากผลการวัดพบว่า ที่ความเร็ว 10 และ 12 รอบต่อวินาที จะมีความคลาดเคลื่อนในการวัดใกล้เคียงกัน โดยที่ความเร็ว 10 รอบต่อวินาที มีความคลาดเคลื่อนโดยรวมต่ำกว่าเล็กน้อย สำหรับความเร็ว 9 รอบต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วค่อนข้างต่ำพบว่า มีความคลาดเคลื่อนสูงกว่าที่ความเร็ว 10 และ 12 รอบต่อวินาทีอย่างเห็นได้ชัด

สรุปผลจากการทดสอบการใช้งานและการสอบเทียบด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ พบว่าระบบวัดระยะทางด้วยเลเซอร์ดอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์นี้ สามารถวัดระยะทางได้ด้วยความละเอียดประมาณ 0.316 μm และมีความคลาดเคลื่อนดังตาราง

	เคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง	เคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง
ความคลาดเคลื่อน	13.22 μm ในช่วง 0 - 6.8 cm	12.10 μm ในช่วง 0 - 6.8 cm
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด	59.73 μm ในช่วง 0 - 8.8 cm	66.51 μm ในช่วง 0 - 8.8 cm
ความไม่แน่นอนในการวัดระยะทาง ที่ความเชื่อมั่น 95%		
1.06 μm ในช่วง 0 - 6.8 cm	6.41 μm ในช่วง 0 - 8.8 cm	

5.2 แนวทางในการพัฒนา

เนื่องจากในงานวิทยานิพนธ์นี้ใช้แสงเลเซอร์ฮีเลียมนีออนชนิดความถี่เดียวเป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากแต่ข้อด้อยที่ไม่สามารถทราบทิศทางการเคลื่อนที่ของรางเลื่อนได้ ระบบการวัดนี้สามารถปรับปรุงให้สามารถบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของรางเลื่อนได้ โดยการใช้แสงเลเซอร์ชนิดสองความถี่ที่มีแนวโพลาไรซ์ตั้งฉากกันเป็นแหล่งกำเนิดแสง โดยการจัดระบบใหม่แสดงดังรูปที่ 5.1 ในรูปจะเห็นว่ามีตัวตรวจจับแสง 2 ตัว จะทำให้สามารถบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของรางเลื่อนได้พิจารณาจากสมการดังนี้

$$f_b = f' - f \qquad (5.1)$$

จากสมการ (5.1) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f_b = f_2 - (f_1 \pm \Delta f) \tag{5.2}$$

ในกรณีแรก เมื่อรางเลื่อนเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงจากสมการ (5.2) จะได้

$$\begin{aligned} f_b &= f_2 - (f_1 - \Delta f) \\ &= (f_2 - f_1) + \Delta f \end{aligned} \tag{5.3}$$

เนื่องจากกระจก A เคลื่อนที่ออกทำให้ความถี่ f_1 มีความถี่ต่ำลง จากผลดังกล่าวทำให้ความถี่บีต f_b มีค่าสูงขึ้น ตามสมการ (5.3)

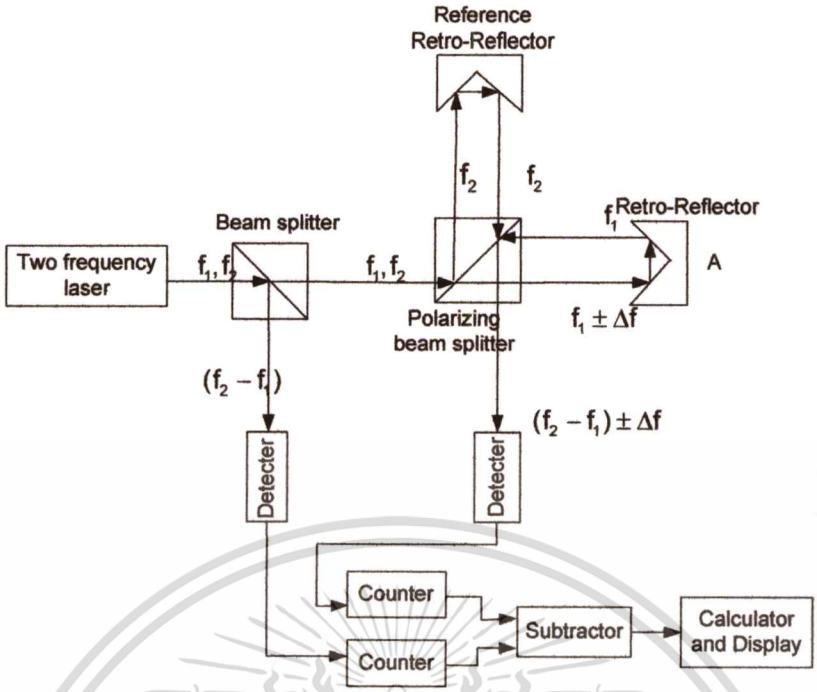
ในกรณีที่สอง เมื่อให้รางเลื่อนเคลื่อนที่เขาหาตัวแยกแสงจากสมการ(5.2) เราจะได้สมการเป็น

$$\begin{aligned} f_b &= f_2 - (f_1 + \Delta f) \\ &= (f_2 - f_1) - \Delta f \end{aligned} \tag{5.4}$$

เนื่องจากกระจก A เคลื่อนที่เข้าทำให้ความถี่ f_1 มีความถี่สูงขึ้น จากผลดังกล่าวทำให้ความถี่บีต มีค่าต่ำลง ตามสมการ (5.4)

จะสังเกตได้ว่าในเทอมของ Δf ในทั้งสองกรณีจะทำให้ค่าความถี่บีตที่เกิดขึ้นมีค่าแตกต่างกัน โดยในกรณีที่รางเลื่อนเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสง Δf จะทำให้ความถี่บีตสูงขึ้น (Δf มีเครื่องหมายเป็น บวก)และในกรณีที่รางเลื่อนเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสง Δf จะทำให้ความถี่บีตมีค่าต่ำลง (Δf มีเครื่องหมายเป็น ลบ) จากรูปที่ 5.1 ตัวตรวจจับแสง X และ Y จะต่ออยู่กับตัวนับ (count) ซึ่งตัวนับจะอ่านค่าความถี่บีตที่ได้จากตัวตรวจจับแสง เมื่อนำความถี่บีตที่อ่านได้จากตัวนับทั้งสองมาลบกันเราจะได้ความถี่ที่เกิดจากการเคลื่อนที่คือ Δf และเครื่องหมายของ Δf จะทำให้สามารถบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของรางเลื่อนได้ โดยถ้า Δf มีเครื่องหมายบวก แสดงว่าเป็นการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสง และถ้า Δf มีเครื่องหมาย ลบ แสดงว่าเป็นการเคลื่อนที่เข้าหาตัวแยกแสงบ [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 การจัดระบบใหม่เพื่อให้ระบบวัดสามารถบอกทิศทางการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Moriss, A. S. **Measurement and Calibration for Quality.** Prentice : Prentice Hall, Inc. 1991.

[2] Bush, T. and Wikie Brothers. **Fundamentals of Dimensional Metrology.** 2nd ed. n.p. : Delmar. 1989

[3] Lin, D. Jiang, H. Yin, C. **Opt. Laser Technol.**, 32(2000)

[4] Xinqun Liu, Warwick Clegg, Senior Member, IEEE, David F. L. Jenkins, and Bo liu, Member, IEEE. "Polarization Interferometer for Measuring Small Displacement." **IEEE TRASATIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT.**, VOL.50, NO. 4, AUGUST 2001.

[5] Williams, D. C. **Optical Methods in Engineering Metrology.** 1st ed. London : Chapman & Hall, 1993.

[6] Malacara, D. **Optical Shop Testing.** 2nd ed. New York:Wiley,1992.

[7] Wilson, J. and Hawkes, J.F.B. **Optpelectronics:Anintroduction.** 2nd ed. New York : Prentice Hall,1989

[8] สุวรรณ คูสำราญ **"ทัศนศาสตร์กายภาพ"** ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537

[9] มนตรี ผักกระโทก **"เอเซอร์คอปเพลอร์อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์สำหรับวัดมุมขนาดเล็ก"** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขามาตรวิทยาอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[10] Anonymous. **"Relativistic Doppler Shift."** [Online]. Available : http://www.hyperphysics-astr.gsu.edu/hbase/relativ/reldop2.html. 2006

[11] Anonymous. **"Doppler Shift for Sound and Light."** [Online]. Available : http://www.mathpagrs.com/rr/92-04/2-04.html. 2005

[12] Yong, M. **"Uncertainty Analysis."** Laser Measurement Shot Course. Boulder, Colorado, August, 2000

[13] ISO/IEC 17025 : 1999 **คู่มือมาตรฐาน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลการวัดการบิดและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 0.5 cm

สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)	สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)
25	155	49.04	775	4892.2	1547.89
50	311.3	98.50	800	5047.6	1597.06
75	465.4	147.25	825	5210.9	1648.73
100	661.5	209.30	850	5367.5	1698.28
125	786.7	248.91	875	5527.5	1748.90
150	946	299.31	900	5672.1	1794.65
175	1118.2	353.80	925	5843.7	1848.95
200	1274.8	403.35	950	6000.2	1898.46
225	1430	452.45	975	6157.4	1948.20
250	1574.3	498.11	1000	6302.7	1994.17
275	1729	547.06	1025	6460.2	2044.01
300	1892.4	598.76	1050	6622.4	2095.33
325	2047.1	647.70	1075	6791.2	2148.74
350	2192.7	693.77	1100	6949.8	2198.92
375	2348	742.91	1125	7110.3	2249.70
400	2520	797.33	1150	7267.1	2299.31
425	2681.1	848.30	1175	7434.3	2352.21
450	2833.8	896.61	1200	7587.7	2400.75
475	2983.7	944.04	1225	7736.9	2447.96
500	3154	997.93	1250	7895.2	2498.04
525	3311.7	1047.82	1275	8057.5	2549.39
550	3465.8	1096.58	1300	8220.2	2600.87
575	3623.9	1146.60	1325	8369.9	2648.24
600	3791.8	1199.73	1350	8539.3	2701.83
625	3962.8	1253.83	1375	8698.1	2752.08
650	4112.6	1301.23	1400	8850.1	2800.17
675	4267.9	1350.36	1425	9010.3	2850.86
700	4425.2	1400.13	1450	9157.6	2897.46
725	4591	1452.59	1475	9320.5	2949.01
750	4745.7	1501.54	1500	9478.5	2999.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ผลการวัดการบิดและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 2.5 cm

สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)	สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)
25	162.7	51.48	775	4887.8	1546.50
50	294.4	93.15	800	5047.1	1596.90
75	462.6	146.37	825	5206.4	1647.30
100	625.2	197.81	850	5363.5	1697.01
125	778	246.16	875	5524.9	1748.08
150	935.1	295.87	900	5683.2	1798.16
175	1089.5	344.72	925	5849	1850.62
200	1245.9	394.20	950	6004.8	1899.92
225	1411.9	446.73	975	6163.2	1950.04
250	1567.9	496.08	1000	6321.2	2000.03
275	1731.5	547.85	1025	6475.4	2048.82
300	1889.2	597.74	1050	6627.2	2096.85
325	2052.7	649.47	1075	6785.1	2146.81
350	2209.7	699.15	1100	6945.6	2197.59
375	2372.7	750.72	1125	7104.5	2247.86
400	2529.1	800.21	1150	7259	2296.75
425	2692.7	851.97	1175	7417.4	2346.87
450	2851.1	902.09	1200	7573.6	2396.29
475	3007.6	951.60	1225	7729.6	2445.65
500	3166.6	1001.91	1250	7889.2	2496.14
525	3317.9	1049.78	1275	8050.4	2547.15
550	3470.9	1098.19	1300	8206.6	2596.57
575	3626.2	1147.33	1325	8365.2	2646.75
600	3783.5	1197.10	1350	8521.3	2696.14
625	3943.3	1247.66	1375	8684.5	2747.78
650	4098.8	1296.86	1400	8843.9	2798.21
675	4258.1	1347.26	1425	9007.4	2849.94
700	4414.3	1396.68	1450	9165	2899.81
725	4570.8	1446.20	1475	9322.3	2949.58
750	4726.9	1495.59	1500	9483.3	3000.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 4.5 cm

สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)	สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)
25	151.9	48.06	775	4899	1550.04
50	304.8	96.44	800	5057.5	1600.19
75	456.7	144.50	825	5213	1649.39
100	622.3	196.90	850	5371.7	1699.61
125	781.3	247.20	875	5531.3	1750.10
150	937.6	296.66	900	5688.2	1799.75
175	1096.7	347.00	925	5842.5	1848.57
200	1256.7	397.62	950	6001.9	1899.00
225	1417.3	448.43	975	6163.6	1950.16
250	1574	498.01	1000	6323.3	2000.69
275	1731.9	547.97	1025	6479.2	2050.02
300	1894.8	599.51	1050	6637.1	2099.98
325	2052.5	649.41	1075	6792.3	2149.08
350	2212.6	700.07	1100	6947.8	2198.28
375	2371.4	750.31	1125	7106.9	2248.62
400	2526.9	799.51	1150	7264.1	2298.36
425	2680.2	848.02	1175	7425.5	2349.43
450	2845.6	900.35	1200	7582.4	2399.07
475	3005.6	950.97	1225	7739.9	2448.90
500	3164.3	1001.18	1250	7897.3	2498.71
525	3320.5	1050.61	1275	8053.4	2548.10
550	3471.7	1098.45	1300	8213.3	2598.69
575	3633.7	1149.70	1325	8370.8	2648.52
600	3790.7	1199.38	1350	8529	2698.58
625	3950.5	1249.94	1375	8685.2	2748.00
650	4106.6	1299.33	1400	8842.3	2797.70
675	4265.7	1349.67	1425	8995.7	2846.24
700	4423.4	1399.56	1450	9158.9	2897.88
725	4581.6	1449.62	1475	9316.9	2947.87
750	4740.8	1499.99	1500	9479.1	2999.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 6.5 cm

สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)	สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)
25	156.2	49.42	775	4902.6	1551.18
50	306.3	96.91	800	5063.1	1601.96
75	474.1	150.01	825	5223.8	1652.81
100	630	199.33	850	5359.7	1695.81
125	781.3	247.20	875	5520.2	1746.59
150	932.1	294.92	900	5670.9	1794.27
175	1092.4	345.64	925	5832.2	1845.31
200	1250.7	395.72	950	5987.1	1894.32
225	1414.8	447.64	975	6147	1944.91
250	1575.3	498.42	1000	6304.1	1994.62
275	1746.4	552.56	1025	6461.5	2044.42
300	1900.2	601.22	1050	6620.6	2094.76
325	2058.6	651.34	1075	6782.7	2146.05
350	2213.5	700.35	1100	6940.7	2196.04
375	2378.4	752.53	1125	7100.4	2246.57
400	2530.4	800.62	1150	7256.6	2295.99
425	2692	851.75	1175	7416.9	2346.71
450	2848.7	901.33	1200	7571.6	2395.65
475	2999.2	948.95	1225	7737.8	2448.24
500	3151.6	997.17	1250	7896.5	2498.45
525	3310	1047.28	1275	8058.4	2549.68
550	3465.7	1096.55	1300	8210.5	2597.80
575	3623.4	1146.44	1325	8384.5	2652.86
600	3778.4	1195.49	1350	8517.9	2695.06
625	3938.3	1246.08	1375	8690.2	2749.58
650	4095.2	1295.72	1400	8841.7	2797.51
675	4256.3	1346.69	1425	8999.6	2847.47
700	4414.4	1396.72	1450	9152.5	2895.85
725	4579.5	1448.95	1475	9312	2946.32
750	4739	1499.42	1500	9468.5	2995.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 8.5 cm

สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)	สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)
25	162.8	51.51	775	4892	1547.83
50	295.4	93.46	800	4908.9	1553.18
75	390.6	123.59	825	5126.4	1621.99
100	629.5	199.17	850	5370.7	1699.29
125	779.8	246.73	875	5531.1	1750.04
150	923.7	292.26	900	5690.4	1800.44
175	996	315.13	925	5837.8	1847.08
200	1153.1	364.84	950	5965.4	1887.45
225	1266.2	400.63	975	6033.1	1908.87
250	1434.7	453.94	1000	6107.7	1932.48
275	1584.7	501.40	1025	6316.6	1998.57
300	1709.1	540.76	1050	6505.8	2058.44
325	1895.3	599.67	1075	6778	2144.56
350	2081.8	658.68	1100	6936.8	2194.80
375	2228.9	705.22	1125	7094.6	2244.73
400	2416.9	764.71	1150	7252.3	2294.63
425	2583.7	817.48	1175	7412.3	2345.25
450	2751.4	870.54	1200	7571.7	2395.69
475	2956.7	935.50	1225	7717.2	2441.72
500	3133	991.28	1250	7822.3	2474.98
525	3303.6	1045.26	1275	7812.8	2471.97
550	3462.1	1095.41	1300	7917.5	2505.10
575	3617.3	1144.51	1325	8179.8	2588.09
600	3774	1194.09	1350	8409.5	2660.77
625	3933.7	1244.62	1375	8609.7	2724.11
650	4110.4	1300.53	1400	8817.7	2789.92
675	4252.4	1345.46	1425	8995.4	2846.14
700	4412.5	1396.12	1450	9152.4	2895.82
725	4573.5	1447.06	1475	9309.7	2945.59
750	4714.8	1491.76	1500	9463.4	2994.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 ผลการวัดการบิดและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 0.5 cm

สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)	สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)
25	152	48.09	775	4912.1	1554.19
50	320.6	101.44	800	5066.2	1602.95
75	475.4	150.42	825	5223.9	1652.84
100	639	202.18	850	5377.5	1701.44
125	794	251.22	875	5536.3	1751.69
150	948.2	300.01	900	5686.2	1799.11
175	1115.7	353.01	925	5843.3	1848.82
200	1275.8	403.66	950	5995.1	1896.85
225	1436.6	454.54	975	6151.9	1946.46
250	1587.1	502.16	1000	6311.4	1996.93
275	1752.6	554.52	1025	6468.4	2046.60
300	1911.3	604.74	1050	6626.1	2096.50
325	2067.4	654.13	1075	6786.8	2147.34
350	2214.5	700.67	1100	6945	2197.40
375	2374.8	751.39	1125	7108.5	2249.13
400	2526.8	799.48	1150	7267.1	2299.31
425	2688.7	850.70	1175	7433	2351.80
450	2834.5	896.84	1200	7589.9	2401.44
475	2991.1	946.38	1225	7750.8	2452.35
500	3147.6	995.90	1250	7910.1	2502.76
525	3308.3	1046.75	1275	8071.2	2553.73
550	3465	1096.33	1300	8225.9	2602.67
575	3621.4	1145.81	1325	8386.6	2653.52
600	3787.5	1198.37	1350	8536.6	2700.98
625	3957.6	1252.18	1375	8698.3	2752.14
650	4111.3	1300.82	1400	8844.5	2798.40
675	4268.6	1350.59	1425	9004.8	2849.12
700	4424.1	1399.79	1450	9156.3	2897.05
725	4592.9	1453.19	1475	9314.9	2947.23
750	4751.5	1503.37	1500	9468.7	2995.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 2.5 cm

สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)	สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)
25	163.8	51.83	775	4896.1	1549.13
50	304.5	96.34	800	5054.4	1599.21
75	471	149.02	825	5213	1649.39
100	623.3	197.21	850	5374.5	1700.49
125	780.4	246.92	875	5526.9	1748.71
150	941	297.73	900	5687.7	1799.59
175	1098.5	347.57	925	5846.8	1849.93
200	1260.3	398.76	950	6006.4	1900.42
225	1421	449.60	975	6161.5	1949.50
250	1581.7	500.45	1000	6315.3	1998.16
275	1740.6	550.73	1025	6472.2	2047.80
300	1899.2	600.91	1050	6628.6	2097.29
325	2058	651.15	1075	6786.4	2147.22
350	2217.1	701.49	1100	6949.3	2198.76
375	2373.4	750.94	1125	7112.1	2250.27
400	2531.9	801.09	1150	7272.8	2301.11
425	2689.3	850.89	1175	7429.8	2350.79
450	2849.7	901.65	1200	7587.4	2400.65
475	3009.4	952.17	1225	7745.2	2450.58
500	3156.8	998.81	1250	7902.6	2500.38
525	3311.6	1047.79	1275	8061	2550.50
550	3471.6	1098.41	1300	8221.4	2601.25
575	3627.6	1147.77	1325	8380.3	2651.53
600	3791.4	1199.60	1350	8535.1	2700.51
625	3950.6	1249.97	1375	8689.9	2749.48
650	4109.9	1300.37	1400	8849.3	2799.92
675	4266.5	1349.92	1425	9009.1	2850.48
700	4419.9	1398.46	1450	9170.9	2901.67
725	4579.7	1449.02	1475	9326	2950.75
750	4736	1498.47	1500	9476.9	2998.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.8 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 4.5 cm

สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)	สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)
25	161.8	51.19	775	4904.9	1551.91
50	308	97.45	800	5062.8	1601.87
75	472.6	149.53	825	5219.5	1651.45
100	635.2	200.98	850	5376.7	1701.19
125	791.9	250.56	875	5535	1751.27
150	949.7	300.49	900	5692	1800.95
175	1107.4	350.38	925	5846.5	1849.83
200	1266	400.56	950	6006.2	1900.36
225	1428	451.82	975	6163.5	1950.13
250	1587.5	502.29	1000	6320.6	1999.84
275	1747.1	552.78	1025	6476.3	2049.10
300	1905	602.74	1050	6635.1	2099.35
325	2061	652.10	1075	6797.4	2150.70
350	2221	702.72	1100	6958	2201.51
375	2375.8	751.70	1125	7117.1	2251.85
400	2534.2	801.82	1150	7278.4	2302.89
425	2689.3	850.89	1175	7435	2352.43
450	2847.1	900.82	1200	7594.4	2402.87
475	3000.8	949.45	1225	7749.7	2452.01
500	3157.1	998.91	1250	7909	2502.41
525	3312	1047.92	1275	8065.8	2552.02
550	3472.4	1098.67	1300	8226.6	2602.90
575	3629.6	1148.41	1325	8379.6	2651.31
600	3792.1	1199.82	1350	8538.9	2701.71
625	3949.2	1249.53	1375	8695	2751.10
650	4111.5	1300.88	1400	8848.2	2799.57
675	4271.9	1351.63	1425	9004.5	2849.02
700	4433.8	1402.85	1450	9164.4	2899.62
725	4589.3	1452.05	1475	9317.7	2948.12
750	4749.5	1502.74	1500	9477.3	2998.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 6.5 cm

สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)	สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)
25	160	50.62	775	4901.6	1550.87
50	302.5	95.71	800	5057.4	1600.16
75	473	149.66	825	5217.4	1650.79
100	640.1	202.53	850	5372.3	1699.80
125	792	250.59	875	5531.5	1750.17
150	950.9	300.86	900	5689.1	1800.03
175	1100.8	348.29	925	5846.2	1849.74
200	1262	399.30	950	5998.7	1897.99
225	1420.6	449.48	975	6152.7	1946.71
250	1577.7	499.18	1000	6310.8	1996.74
275	1741.9	551.14	1025	6471.6	2047.61
300	1898	600.53	1050	6639.1	2100.61
325	2057.9	651.12	1075	6801.9	2152.12
350	2208.2	698.67	1100	6959.7	2202.05
375	2364.4	748.10	1125	7114.3	2250.96
400	2522.4	798.09	1150	7277.7	2302.66
425	2678.7	847.54	1175	7438.7	2353.60
450	2839.2	898.32	1200	7584.9	2399.86
475	2996.8	948.19	1225	7736.6	2447.86
500	3158.8	999.44	1250	7893.4	2497.47
525	3313.6	1048.42	1275	8055.3	2548.70
550	3471.3	1098.32	1300	8214.1	2598.94
575	3632.3	1149.26	1325	8374.3	2649.63
600	3793.6	1200.30	1350	8530.2	2698.96
625	3954.2	1251.11	1375	8688.5	2749.04
650	4113.6	1301.54	1400	8845.8	2798.81
675	4276.2	1352.99	1425	9001.8	2848.17
700	4430.3	1401.75	1450	9160.7	2898.45
725	4587.9	1451.61	1475	9317.3	2947.99
750	4744.2	1501.06	1500	9479.2	2999.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.10 ผลการวัดการบีตและผลการคำนวณระยะทางในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 8.5 cm

สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)	สเต็ปที่	ค่านับ	ระยะทาง(ไมโครเมตร)
25	160.4	50.75	775	4585.3	1450.79
50	305.4	96.63	800	4743.4	1500.81
75	504.9	159.75	825	4875.9	1542.73
100	690.9	218.60	850	5128.6	1622.69
125	772.3	244.36	875	5332.1	1687.08
150	825.9	261.31	900	5536.3	1751.69
175	923.8	292.29	925	5722.1	1810.47
200	1085.6	343.48	950	5897.5	1865.97
225	1283.2	406.00	975	6073.5	1921.66
250	1462.9	462.86	1000	6270.7	1984.05
275	1739	550.22	1025	6450.3	2040.87
300	1897.5	600.37	1050	6623.5	2095.68
325	2060	651.78	1075	6823.1	2158.83
350	2214.3	700.60	1100	7019.2	2220.87
375	2372.1	750.53	1125	7149.4	2262.07
400	2528.2	799.92	1150	7275.2	2301.87
425	2684.6	849.41	1175	7435.2	2352.50
450	2830.8	895.67	1200	7577.1	2397.39
475	2999	948.88	1225	7737.8	2448.24
500	3146.6	995.58	1250	7894.3	2497.76
525	3292	1041.59	1275	8054.4	2548.41
550	3430.6	1085.44	1300	8210.7	2597.87
575	3539.6	1119.93	1325	8370.8	2648.52
600	3685.7	1166.16	1350	8527	2697.94
625	3832.6	1212.63	1375	8685.3	2748.03
650	3987.5	1261.65	1400	8843.2	2797.99
675	4138.4	1309.39	1425	9001.4	2848.04
700	4265.6	1349.64	1450	9156.6	2897.15
725	4360.4	1379.63	1475	9317.8	2948.15
750	4435.4	1403.36	1500	9473.6	2997.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 ผลการสอบเทียบด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงโดยเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 0.5 cm

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
156	153	156	155	155	156	154	155	155	155	0.94	155					
309	312	314	311	312	309	310	311	311	314	1.77	311.3	156.3	49.45	49.00	0.45	0.93
464	462	471	464	469	464	465	464	466	465	2.67	465.4	154.1	48.76	49.80	-1.04	-2.09
661	657	656	669	666	668	657	658	658	665	5.02	661.5	196.1	62.05	49.60	12.45	25.09
787	786	785	787	783	785	788	786	793	787	2.63	786.7	125.2	39.61	49.40	-9.79	-19.81
942	947	950	951	943	945	946	939	955	942	4.88	946	159.3	50.40	49.60	0.80	1.62
1125	1114	1125	1124	1113	1117	1114	1115	1117	1118	4.73	1118.2	172.2	54.48	49.80	4.68	9.41
1264	1273	1283	1284	1269	1276	1272	1273	1268	1286	7.38	1274.8	156.6	49.55	50.20	-0.65	-1.30
1438	1427	1423	1426	1433	1433	1428	1428	1429	1435	4.59	1430	155.2	49.11	50.00	-0.89	-1.79
1572	1575	1582	1574	1573	1572	1572	1572	1572	1579	3.50	1574.3	144.3	45.66	50.60	-4.94	-9.77
1728	1726	1732	1729	1739	1729	1732	1726	1723	1726	4.50	1729	154.7	48.95	50.40	-1.45	-2.88
1898	1898	1888	1889	1878	1897	1894	1892	1890	1900	6.57	1892.4	163.4	51.70	50.40	1.30	2.58
2047	2047	2044	2045	2048	2053	2044	2050	2048	2045	2.85	2047.1	154.7	48.95	49.20	-0.25	-0.51
2198	2190	2192	2192	2193	2193	2191	2190	2196	2192	2.54	2192.7	145.6	46.07	49.60	-3.53	-7.12
2347	2347	2350	2348	2346	2348	2349	2346	2347	2352	1.89	2348	155.3	49.14	50.00	-0.86	-1.73

ตารางที่ ก.11 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2529	2523	2525	2521	2513	2522	2512	2523	2515	2517	5.54	2520	172	54.42	50.40	4.02	7.98
2685	2677	2678	2682	2682	2681	2678	2684	2681	2683	2.69	2681.1	161.1	50.97	50.80	0.17	0.34
2834	2835	2834	2834	2832	2837	2832	2832	2837	2831	2.10	2833.8	152.7	48.31	51.60	-3.29	-6.37
2983	2985	2981	2985	2980	2983	2982	2986	2986	2986	2.21	2983.7	149.9	47.43	49.80	-2.37	-4.76
3158	3158	3153	3153	3154	3154	3151	3154	3152	3153	2.31	3154	170.3	53.88	50.20	3.68	7.34
3312	3316	3306	3309	3314	3315	3312	3311	3311	3311	2.91	3311.7	157.7	49.90	50.00	-0.10	-0.21
3463	3465	3466	3465	3465	3467	3464	3467	3469	3467	1.75	3465.8	154.1	48.76	49.80	-1.04	-2.09
3622	3621	3626	3627	3625	3621	3622	3624	3626	3625	2.23	3623.9	158.1	50.02	49.60	0.42	0.85
3795	3794	3791	3787	3790	3792	3792	3795	3793	3789	2.62	3791.8	167.9	53.12	50.20	2.92	5.82
3963	3952	3960	3964	3972	3961	3963	3963	3969	3961	5.33	3962.8	171	54.10	49.40	4.70	9.52
4113	4106	4114	4124	4118	4112	4106	4106	4113	4114	5.72	4112.6	149.8	47.40	49.60	-2.20	-4.44
4278	4254	4262	4265	4276	4268	4261	4277	4271	4267	7.78	4267.9	155.3	49.14	49.60	-0.46	-0.93
4425	4419	4435	4426	4422	4417	4436	4422	4422	4428	6.30	4425.2	157.3	49.77	49.60	0.17	0.34
4589	4598	4590	4590	4586	4595	4590	4586	4592	4594	3.83	4591	165.8	52.46	49.60	2.86	5.76
4750	4743	4748	4746	4747	4745	4738	4741	4753	4746	4.32	4745.7	154.7	48.95	49.40	-0.45	-0.92

ตารางที่ ก.11 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4897	4891	4892	4886	4882	4909	4890	4889	4896	4890	7.33	4892.2	146.5	46.35	49.60	-3.25	-6.55
5046	5050	5048	5045	5048	5047	5049	5049	5045	5049	1.78	5047.6	155.4	49.17	49.40	-0.23	-0.47
5214	5221	5213	5206	5208	5209	5208	5211	5207	5212	4.43	5210.9	163.3	51.67	49.60	2.07	4.17
5369	5367	5370	5371	5363	5371	5362	5368	5360	5374	4.50	5367.5	156.6	49.55	49.70	-0.15	-0.31
5534	5524	5530	5522	5529	5530	5519	5526	5530	5531	4.62	5527.5	160	50.62	49.30	1.32	2.69
5671	5668	5669	5671	5671	5677	5674	5675	5672	5673	2.73	5672.1	144.6	45.75	50.00	-4.25	-8.50
5847	5837	5851	5836	5841	5837	5853	5844	5847	5844	5.95	5843.7	171.6	54.29	50.00	4.29	8.59
5999	6012	5991	5995	5992	6001	6005	6004	6003	6000	6.37	6000.2	156.5	49.52	50.60	-1.08	-2.14
6157	6154	6151	6156	6164	6159	6160	6162	6151	6160	4.43	6157.4	157.2	49.74	49.00	0.74	1.51
6306	6307	6296	6304	6301	6303	6302	6304	6305	6299	3.33	6302.7	145.3	45.97	50.00	-4.03	-8.05
6459	6462	6460	6461	6466	6456	6459	6461	6456	6462	2.97	6460.2	157.5	49.83	49.40	0.43	0.88
6620	6627	6620	6620	6627	6622	6617	6618	6628	6625	4.03	6622.4	162.2	51.32	50.00	1.32	2.64
6797	6796	6790	6792	6786	6791	6787	6790	6799	6784	4.92	6791.2	168.8	53.41	49.40	4.01	8.11
6947	6950	6950	6951	6952	6947	6950	6954	6945	6952	2.74	6949.8	158.6	50.18	49.00	1.18	2.41
7120	7116	7118	7112	7100	7106	7100	7104	7110	7117	7.48	7110.3	160.5	50.78	48.60	2.18	4.49

ตารางที่ ก.11 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7270	7255	7269	7265	7268	7261	7278	7270	7269	7266	6.08	7267.1	156.8	49.61	47.40	2.21	4.67
7447	7427	7422	7429	7432	7431	7444	7449	7434	7428	9.19	7434.3	167.2	52.90	48.60	4.30	8.85
7586	7591	7593	7588	7583	7595	7590	7584	7578	7589	5.08	7587.7	153.4	48.54	48.00	0.54	1.12
7737	7735	7730	7730	7741	7751	7737	7733	7736	7739	6.10	7736.9	149.2	47.21	42.80	4.41	10.30
7891	7903	7891	7890	7890	7889	7896	7900	7904	7898	5.75	7895.2	158.3	50.09	40.40	9.69	23.98
8056	8061	8063	8061	8060	8048	8060	8060	8049	8057	5.15	8057.5	162.3	51.35	48.60	2.75	5.66
8216	8230	8219	8221	8220	8223	8218	8220	8213	8222	4.52	8220.2	162.7	51.48	54.80	-3.32	-6.06
8372	8373	8376	8370	8376	8373	8361	8368	8369	8361	5.38	8369.9	149.7	47.37	53.00	-5.63	-10.63
8533	8537	8548	8540	8547	8544	8535	8540	8538	8531	5.70	8539.3	169.4	53.60	54.20	-0.60	-1.11
8694	8695	8701	8698	8697	8696	8701	8696	8700	8703	3.00	8698.1	158.8	50.24	54.00	-3.76	-6.95
8854	8849	8843	8846	8845	8850	8853	8848	8853	8860	5.04	8850.1	152	48.09	50.20	-2.11	-4.20
9014	9012	9014	9005	9001	9009	9020	9010	9009	9009	5.21	9010.3	160.2	50.69	50.80	-0.11	-0.22
9159	9165	9152	9157	9159	9157	9155	9156	9155	9161	3.63	9157.6	147.3	46.61	55.00	-8.39	-15.26
9316	9326	9329	9317	9325	9314	9316	9327	9316	9319	5.60	9320.5	162.9	51.54	52.60	-1.06	-2.01
9481	9472	9483	9476	9480	9472	9477	9478	9484	9482	4.28	9478.5	158	49.99	56.00	-6.01	-10.73

ตารางที่ ก.12 ผลการสอบเทียบด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงโดยเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 2.5 cm

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
163	167	162	162	164	163	163	160	162	161	1.89	162.7					
297	294	295	294	294	292	293	297	294	294	1.58	294.4	131.7	41.67	48.60	-6.93	-14.26
461	462	463	463	462	464	464	463	462	462	0.97	462.6	168.2	53.22	49.40	3.82	7.73
628	624	624	625	625	624	628	622	626	626	1.87	625.2	162.6	51.45	49.80	1.65	3.31
779	777	778	779	777	778	777	777	779	779	0.94	778	152.8	48.35	50.00	-1.65	-3.31
935	930	934	932	933	939	939	932	939	938	3.41	935.1	157.1	49.71	49.40	0.31	0.62
1091	1090	1088	1088	1089	1087	1089	1090	1090	1093	1.72	1089.5	154.4	48.85	49.20	-0.35	-0.71
1244	1246	1247	1248	1247	1246	1244	1248	1244	1245	1.60	1245.9	156.4	49.48	50.60	-1.12	-2.20
1408	1413	1411	1414	1411	1413	1408	1414	1416	1411	2.60	1411.9	166	52.52	49.20	3.32	6.75
1570	1570	1568	1568	1566	1567	1563	1569	1570	1568	2.18	1567.9	156	49.36	49.60	-0.24	-0.49
1731	1733	1730	1731	1729	1733	1737	1731	1729	1731	2.37	1731.5	163.6	51.76	49.40	2.36	4.78
1887	1888	1887	1889	1891	1894	1888	1888	1889	1891	2.20	1889.2	157.7	49.90	50.00	-0.10	-0.21
2053	2054	2054	2050	2055	2055	2054	2053	2048	2051	2.31	2052.7	163.5	51.73	49.80	1.93	3.88
2208	2208	2209	2211	2211	2208	2208	2211	2211	2212	1.64	2209.7	157	49.67	50.20	-0.53	-1.05
2371	2367	2377	2373	2371	2374	2374	2373	2375	2372	2.71	2372.7	163	51.57	49.80	1.77	3.56

ตารางที่ ก.12 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2527	2530	2529	2530	2531	2528	2530	2529	2528	2529	1.20	2529.1	156.4	49.48	50.60	-1.12	-2.20
2691	2692	2690	2689	2694	2692	2693	2695	2696	2695	2.31	2692.7	163.6	51.76	49.80	1.96	3.94
2851	2847	2852	2849	2853	2850	2854	2853	2850	2852	2.13	2851.1	158.4	50.12	50.40	-0.28	-0.56
3004	3013	3011	3006	3009	3011	3008	3007	3004	3003	3.41	3007.6	156.5	49.52	49.40	0.12	0.24
3165	3170	3166	3167	3172	3168	3164	3163	3167	3164	2.84	3166.6	159	50.31	49.60	0.71	1.43
3314	3315	3318	3318	3317	3318	3315	3318	3323	3323	3.07	3317.9	151.3	47.87	49.00	-1.13	-2.30
3471	3472	3474	3473	3472	3467	3472	3468	3471	3469	2.23	3470.9	153	48.41	49.00	-0.59	-1.21
3626	3627	3624	3625	3627	3629	3625	3627	3628	3624	1.69	3626.2	155.3	49.14	49.40	-0.26	-0.53
3781	3787	3787	3783	3784	3781	3784	3780	3781	3787	2.76	3783.5	157.3	49.77	50.00	-0.23	-0.46
3940	3947	3945	3944	3942	3944	3939	3942	3946	3944	2.54	3943.3	159.8	50.56	50.00	0.56	1.12
4100	4096	4100	4099	4104	4098	4097	4096	4098	4100	2.39	4098.8	155.5	49.20	49.20	0.00	0.00
4258	4257	4255	4261	4257	4256	4259	4256	4262	4260	2.33	4258.1	159.3	50.40	49.40	1.00	2.03
4417	4413	4415	4416	4415	4415	4415	4411	4414	4412	1.83	4414.3	156.2	49.42	50.60	-1.18	-2.33
4573	4571	4572	4572	4569	4569	4574	4568	4572	4568	2.15	4570.8	156.5	49.52	49.60	-0.08	-0.17
4728	4727	4728	4725	4727	4726	4728	4726	4728	4726	1.10	4726.9	156.1	49.39	49.80	-0.41	-0.82

ตารางที่ ก.12 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4887	4885	4889	4891	4885	4888	4889	4887	4891	4886	2.20	4887.8	160.9	50.91	50.00	0.91	1.82
5046	5046	5049	5046	5048	5050	5046	5044	5048	5048	1.79	5047.1	159.3	50.40	50.00	0.40	0.81
5210	5206	5210	5205	5208	5207	5205	5202	5204	5207	2.55	5206.4	159.3	50.40	50.00	0.40	0.81
5365	5364	5367	5364	5360	5362	5367	5361	5362	5363	2.37	5363.5	157.1	49.71	50.20	-0.49	-0.98
5524	5530	5528	5523	5522	5526	5527	5524	5523	5522	2.73	5524.9	161.4	51.07	50.60	0.47	0.92
5683	5680	5684	5681	5683	5688	5681	5686	5685	5681	2.57	5683.2	158.3	50.09	50.80	-0.71	-1.41
5842	5847	5849	5850	5842	5849	5853	5850	5853	5855	4.37	5849	165.8	52.46	50.60	1.86	3.67
6003	6004	6007	6007	6003	6007	6005	6003	6005	6004	1.69	6004.8	155.8	49.30	50.20	-0.90	-1.80
6164	6166	6162	6167	6161	6165	6161	6165	6161	6160	2.49	6163.2	158.4	50.12	49.60	0.52	1.04
6319	6318	6321	6321	6323	6323	6318	6324	6322	6323	2.20	6321.2	158	49.99	50.00	-0.01	-0.02
6473	6474	6476	6478	6478	6477	6477	6474	6475	6472	2.12	6475.4	154.2	48.79	52.20	-3.41	-6.53
6627	6626	6627	6629	6625	6629	6628	6627	6626	6628	1.32	6627.2	151.8	48.03	47.00	1.03	2.19
6785	6781	6785	6787	6785	6788	6784	6786	6783	6787	2.08	6785.1	157.9	49.96	50.60	-0.64	-1.27
6943	6944	6948	6947	6949	6944	6946	6948	6943	6944	2.27	6945.6	160.5	50.78	50.00	0.78	1.56
7108	7104	7105	7103	7107	7105	7102	7105	7101	7105	2.12	7104.5	158.9	50.28	50.20	0.08	0.15

ตารางที่ ก.12 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7261	7264	7258	7260	7257	7260	7255	7257	7260	7258	2.54	7259	154.5	48.88	51.00	-2.12	-4.15
7415	7418	7416	7413	7419	7420	7417	7417	7421	7418	2.37	7417.4	158.4	50.12	50.00	0.12	0.24
7571	7572	7573	7573	7574	7573	7576	7572	7576	7576	1.84	7573.6	156.2	49.42	50.20	-0.78	-1.55
7730	7729	7730	7729	7728	7733	7729	7729	7729	7730	1.35	7729.6	156	49.36	50.40	-1.04	-2.07
7888	7889	7888	7889	7889	7890	7892	7890	7888	7889	1.23	7889.2	159.6	50.50	50.20	0.30	0.59
8052	8048	8055	8046	8051	8055	8049	8048	8049	8051	2.99	8050.4	161.2	51.00	50.40	0.60	1.20
8207	8208	8206	8206	8207	8205	8206	8206	8207	8208	0.97	8206.6	156.2	49.42	51.00	-1.58	-3.09
8366	8364	8366	8365	8370	8364	8367	8363	8365	8362	2.25	8365.2	158.6	50.18	50.40	-0.22	-0.43
8521	8522	8521	8521	8521	8523	8521	8522	8519	8522	1.06	8521.3	156.1	49.39	50.60	-1.21	-2.39
8679	8682	8688	8685	8686	8683	8684	8683	8684	8691	3.31	8684.5	163.2	51.64	50.80	0.84	1.65
8840	8845	8846	8842	8842	8845	8846	8846	8845	8842	2.18	8843.9	159.4	50.43	51.60	-1.17	-2.26
9006	9006	9005	9007	9007	9007	9007	9011	9010	9008	1.84	9007.4	163.5	51.73	51.00	0.73	1.43
9163	9167	9163	9163	9164	9165	9168	9166	9167	9164	1.89	9165	157.6	49.86	51.00	-1.14	-2.23
9321	9321	9320	9322	9326	9328	9320	9320	9320	9325	2.95	9322.3	157.3	49.77	50.40	-0.63	-1.25
9482	9482	9487	9481	9484	9482	9482	9487	9484	9482	2.16	9483.3	161	50.94	50.00	0.94	1.88

ตารางที่ ก.13 ผลการสอบเทียบด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงโดยเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 4.5 cm

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
154	153	153	152	154	151	149	150	151	152	1.66	151.9					
306	302	305	302	305	303	304	306	309	306	2.15	304.8	152.9	48.38	48.82	-0.44	-0.91
457	459	456	456	458	459	457	460	449	456	3.06	456.7	151.9	48.06	48.78	-0.72	-1.47
620	620	620	625	621	621	620	628	624	624	2.79	622.3	165.6	52.40	50.00	2.40	4.79
781	782	782	783	778	782	783	783	779	780	1.77	781.3	159	50.31	49.80	0.51	1.02
938	935	937	939	940	937	938	937	938	937	1.35	937.6	156.3	49.45	49.20	0.25	0.51
1097	1094	1094	1095	1095	1097	1098	1099	1097	1101	2.26	1096.7	159.1	50.34	49.80	0.54	1.08
1260	1256	1256	1257	1260	1254	1257	1256	1255	1256	1.95	1256.7	160	50.62	49.80	0.82	1.65
1418	1413	1415	1417	1415	1415	1423	1422	1417	1418	3.16	1417.3	160.6	50.81	49.60	1.21	2.45
1575	1573	1576	1575	1572	1575	1571	1572	1575	1576	1.83	1574	156.7	49.58	49.00	0.58	1.18
1732	1731	1729	1731	1736	1732	1732	1732	1733	1731	1.79	1731.9	157.9	49.96	49.20	0.76	1.54
1892	1896	1891	1898	1895	1894	1897	1893	1898	1894	2.44	1894.8	162.9	51.54	49.80	1.74	3.50
2054	2052	2052	2054	2054	2052	2052	2053	2050	2052	1.27	2052.5	157.7	49.90	49.60	0.30	0.60
2213	2213	2216	2215	2214	2214	2213	2209	2209	2210	2.46	2212.6	160.1	50.66	49.80	0.86	1.72
2371	2371	2372	2370	2372	2370	2372	2372	2372	2372	0.84	2371.4	158.8	50.24	49.80	0.44	0.89

ตารางที่ ก.13 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2527	2530	2527	2529	2527	2529	2526	2524	2525	2525	1.97	2526.9	155.5	49.20	49.00	0.20	0.41
2683	2683	2682	2682	2682	2678	2677	2679	2679	2677	2.44	2680.2	153.3	48.50	49.60	-1.10	-2.21
2845	2846	2843	2845	2846	2845	2847	2847	2846	2846	1.17	2845.6	165.4	52.33	49.40	2.93	5.94
3003	3005	3004	3002	3007	3007	3006	3007	3008	3007	2.01	3005.6	160	50.62	49.60	1.02	2.06
3165	3164	3164	3163	3164	3163	3168	3165	3163	3164	1.49	3164.3	158.7	50.21	49.80	0.41	0.83
3321	3320	3322	3321	3321	3317	3320	3321	3322	3320	1.43	3320.5	156.2	49.42	49.20	0.22	0.45
3473	3474	3474	3473	3471	3470	3471	3471	3472	3468	1.89	3471.7	151.2	47.84	49.20	-1.36	-2.76
3635	3631	3633	3635	3634	3632	3634	3634	3635	3634	1.34	3633.7	162	51.26	49.40	1.86	3.76
3791	3792	3790	3794	3789	3791	3789	3790	3789	3792	1.64	3790.7	157	49.67	49.60	0.07	0.15
3949	3953	3951	3952	3950	3954	3952	3947	3948	3949	2.27	3950.5	159.8	50.56	49.40	1.16	2.35
4105	4108	4109	4107	4106	4107	4109	4104	4106	4105	1.71	4106.6	156.1	49.39	48.60	0.79	1.63
4268	4265	4266	4267	4264	4263	4264	4268	4268	4264	1.95	4265.7	159.1	50.34	49.60	0.74	1.49
4422	4424	4420	4425	4424	4424	4424	4422	4423	4426	1.71	4423.4	157.7	49.90	49.20	0.70	1.42
4580	4584	4583	4582	4582	4580	4584	4583	4580	4578	2.01	4581.6	158.2	50.05	49.40	0.65	1.32
4740	4742	4740	4743	4738	4739	4742	4741	4740	4743	1.69	4740.8	159.2	50.37	50.40	-0.03	-0.06

ตารางที่ ก.13 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4899	4899	4898	4897	4900	4897	4899	4901	4901	4899	1.41	4899	158.2	50.05	49.40	0.65	1.32
5058	5057	5058	5059	5060	5056	5057	5055	5055	5060	1.84	5057.5	158.5	50.15	49.80	0.35	0.70
5212	5209	5213	5213	5214	5213	5216	5212	5213	5215	1.89	5213	155.5	49.20	50.00	-0.80	-1.60
5372	5373	5372	5371	5369	5373	5372	5374	5370	5371	1.49	5371.7	158.7	50.21	50.00	0.21	0.43
5531	5534	5531	5529	5533	5529	5532	5533	5532	5529	1.83	5531.3	159.6	50.50	50.20	0.30	0.59
5691	5688	5690	5686	5687	5686	5689	5688	5689	5688	1.62	5688.2	156.9	49.64	50.40	-0.76	-1.50
5844	5845	5843	5841	5841	5841	5844	5843	5843	5840	1.65	5842.5	154.3	48.82	50.00	-1.18	-2.36
6001	6001	6001	6002	6003	6003	6000	6000	6002	6006	1.79	6001.9	159.4	50.43	50.60	-0.17	-0.33
6164	6163	6162	6165	6163	6165	6162	6163	6164	6165	1.17	6163.6	161.7	51.16	50.60	0.56	1.11
6324	6323	6322	6326	6325	6324	6321	6321	6324	6323	1.64	6323.3	159.7	50.53	51.20	-0.67	-1.31
6479	6477	6476	6482	6481	6480	6481	6479	6480	6477	1.99	6479.2	155.9	49.33	50.20	-0.87	-1.74
6637	6637	6639	6640	6637	6639	6634	6636	6636	6636	1.79	6637.1	157.9	49.96	49.80	0.16	0.32
6793	6796	6789	6795	6793	6792	6792	6790	6791	6792	2.11	6792.3	155.2	49.11	50.40	-1.29	-2.57
6945	6949	6949	6950	6953	6947	6947	6946	6947	6945	2.49	6947.8	155.5	49.20	50.20	-1.00	-1.99
7106	7107	7110	7104	7107	7110	7108	7108	7103	7106	2.28	7106.9	159.1	50.34	50.00	0.34	0.68

ตารางที่ ก.13 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7262	7265	7264	7265	7263	7266	7263	7264	7260	7269	2.42	7264.1	157.2	49.74	50.20	-0.46	-0.92
7423	7423	7426	7427	7424	7426	7426	7426	7428	7426	1.65	7425.5	161.4	51.07	50.60	0.47	0.92
7582	7586	7584	7581	7581	7584	7586	7579	7580	7581	2.46	7582.4	156.9	49.64	50.00	-0.36	-0.71
7736	7740	7738	7738	7745	7740	7737	7743	7740	7742	2.81	7739.9	157.5	49.83	50.00	-0.17	-0.33
7894	7896	7897	7896	7897	7898	7901	7897	7902	7895	2.50	7897.3	157.4	49.80	49.80	0.00	0.00
8055	8052	8054	8054	8056	8052	8053	8053	8053	8052	1.35	8053.4	156.1	49.39	50.00	-0.61	-1.22
8213	8213	8214	8213	8211	8214	8213	8215	8213	8214	1.06	8213.3	159.9	50.59	50.00	0.59	1.18
8370	8371	8374	8368	8370	8371	8373	8369	8368	8374	2.25	8370.8	157.5	49.83	50.80	-0.97	-1.90
8531	8528	8531	8527	8532	8534	8527	8527	8527	8526	2.75	8529	158.2	50.05	50.00	0.05	0.11
8684	8687	8686	8685	8685	8685	8683	8685	8687	8685	1.23	8685.2	156.2	49.42	50.80	-1.38	-2.71
8843	8841	8844	8840	8842	8841	8841	8842	8845	8844	1.64	8842.3	157.1	49.71	50.80	-1.09	-2.15
8994	8996	8997	8996	8996	8997	8997	8995	8995	8994	1.16	8995.7	153.4	48.54	51.00	-2.46	-4.83
9158	9162	9158	9158	9158	9158	9162	9159	9158	9158	1.66	9158.9	163.2	51.64	50.40	1.24	2.45
9314	9315	9317	9317	9318	9316	9316	9319	9319	9318	1.66	9316.9	158	49.99	51.20	-1.21	-2.36
9477	9478	9479	9478	9478	9480	9481	9478	9482	9480	1.60	9479.1	162.2	51.32	50.60	0.72	1.42

ตารางที่ ก.14 ผลการสอบเทียบด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงโดยเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 6.5 cm

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
154	159	156	154	153	155	156	159	159	157	2.25	156.2					
304	305	306	306	308	307	306	305	308	308	1.42	306.3	150.1	47.49	50.00	-2.51	-5.02
473	473	474	474	473	475	474	474	475	476	0.99	474.1	167.8	53.09	50.00	3.09	6.18
635	633	632	633	630	631	627	626	628	625	3.37	630	155.9	49.33	50.40	-1.07	-2.13
781	781	780	783	782	784	781	780	781	780	1.34	781.3	151.3	47.87	49.80	-1.93	-3.87
931	931	932	934	932	932	933	933	931	932	0.99	932.1	150.8	47.71	49.40	-1.69	-3.41
1093	1093	1091	1093	1094	1092	1091	1093	1091	1093	1.07	1092.4	160.3	50.72	48.00	2.72	5.66
1249	1249	1251	1249	1249	1250	1252	1252	1253	1253	1.70	1250.7	158.3	50.09	47.80	2.29	4.78
1414	1415	1416	1418	1414	1415	1413	1415	1415	1413	1.48	1414.8	164.1	51.92	49.00	2.92	5.96
1575	1575	1576	1574	1576	1574	1578	1573	1577	1575	1.49	1575.3	160.5	50.78	49.00	1.78	3.64
1743	1743	1749	1746	1752	1746	1750	1745	1744	1746	3.03	1746.4	171.1	54.14	49.40	4.74	9.59
1904	1901	1901	1902	1898	1895	1899	1901	1898	1903	2.70	1900.2	153.8	48.66	49.00	-0.34	-0.69
2056	2063	2056	2058	2057	2055	2054	2060	2068	2059	4.22	2058.6	158.4	50.12	48.80	1.32	2.70
2209	2213	2213	2218	2215	2213	2213	2218	2215	2208	3.27	2213.5	154.9	49.01	49.00	0.01	0.02
2369	2373	2374	2378	2379	2382	2384	2388	2381	2376	5.64	2378.4	164.9	52.17	48.80	3.37	6.91

ตารางที่ ก.14 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2530	2531	2527	2532	2533	2532	2532	2533	2525	2529	2.67	2530.4	152	48.09	49.40	-1.31	-2.65
2695	2693	2690	2689	2694	2693	2696	2689	2690	2691	2.54	2692	161.6	51.13	49.00	2.13	4.35
2848	2849	2848	2846	2852	2849	2848	2849	2848	2850	1.57	2848.7	156.7	49.58	50.00	-0.42	-0.84
3004	3001	3000	3001	2997	2996	2999	3001	2996	2997	2.66	2999.2	150.5	47.62	49.80	-2.18	-4.38
3150	3153	3153	3153	3151	3151	3150	3152	3153	3150	1.35	3151.6	152.4	48.22	50.00	-1.78	-3.56
3310	3311	3310	3311	3309	3312	3310	3309	3309	3309	1.05	3310	158.4	50.12	50.60	-0.48	-0.95
3466	3465	3465	3466	3467	3468	3466	3467	3464	3463	1.49	3465.7	155.7	49.26	50.60	-1.34	-2.64
3621	3624	3625	3625	3621	3623	3624	3625	3623	3623	1.51	3623.4	157.7	49.90	51.20	-1.30	-2.55
3778	3779	3780	3778	3778	3776	3778	3778	3780	3779	1.17	3778.4	155	49.04	50.40	-1.36	-2.69
3938	3937	3941	3938	3939	3939	3936	3941	3937	3937	1.70	3938.3	159.9	50.59	50.00	0.59	1.18
4093	4094	4098	4096	4095	4094	4097	4094	4096	4095	1.55	4095.2	156.9	49.64	49.20	0.44	0.90
4255	4255	4258	4257	4256	4257	4255	4256	4258	4256	1.16	4256.3	161.1	50.97	49.60	1.37	2.77
4412	4416	4414	4413	4415	4415	4416	4415	4415	4413	1.35	4414.4	158.1	50.02	50.60	-0.58	-1.14
4578	4580	4579	4571	4576	4582	4579	4582	4584	4584	3.95	4579.5	165.1	52.24	47.00	5.24	11.14
4737	4737	4738	4739	4738	4738	4738	4739	4743	4743	2.21	4739	159.5	50.47	50.00	0.47	0.93

ตารางที่ ก.14 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4906	4902	4902	4903	4903	4901	4901	4904	4902	4902	1.51	4902.6	163.6	51.76	49.20	2.56	5.21
5063	5065	5063	5063	5061	5066	5062	5061	5062	5065	1.73	5063.1	160.5	50.78	49.80	0.98	1.97
5223	5220	5225	5229	5227	5219	5227	5218	5225	5225	3.71	5223.8	160.7	50.85	50.20	0.65	1.29
5359	5362	5357	5362	5359	5361	5356	5357	5366	5358	3.06	5359.7	135.9	43.00	50.60	-7.60	-15.02
5517	5519	5520	5515	5525	5525	5515	5522	5518	5526	4.13	5520.2	160.5	50.78	49.20	1.58	3.22
5673	5672	5671	5670	5670	5671	5671	5672	5671	5668	1.37	5670.9	150.7	47.68	49.80	-2.12	-4.25
5832	5830	5834	5833	5830	5832	5833	5834	5832	5832	1.40	5832.2	161.3	51.04	49.40	1.64	3.31
5988	5989	5988	5989	5988	5985	5984	5985	5987	5988	1.79	5987.1	154.9	49.01	50.20	-1.19	-2.37
6146	6147	6148	6148	6149	6148	6149	6145	6145	6145	1.63	6147	159.9	50.59	50.20	0.39	0.78
6306	6306	6306	6303	6300	6303	6308	6305	6302	6302	2.47	6304.1	157.1	49.71	50.60	-0.89	-1.77
6461	6463	6462	6461	6460	6461	6460	6466	6460	6461	1.84	6461.5	157.4	49.80	50.80	-1.00	-1.97
6621	6618	6621	6618	6620	6621	6618	6624	6625	6620	2.41	6620.6	159.1	50.34	51.40	-1.06	-2.06
6781	6783	6781	6780	6785	6783	6781	6784	6785	6784	1.83	6782.7	162.1	51.29	51.20	0.09	0.17
6937	6939	6942	6944	6938	6941	6941	6941	6940	6944	2.31	6940.7	158	49.99	51.60	-1.61	-3.12
7102	7100	7099	7101	7099	7099	7101	7100	7102	7101	1.17	7100.4	159.7	50.53	50.00	0.53	1.06

ตารางที่ ก.14 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7256	7258	7255	7256	7257	7259	7256	7255	7257	7257	1.26	7256.6	156.2	49.42	50.40	-0.98	-1.94
7415	7420	7416	7417	7415	7416	7418	7416	7419	7417	1.66	7416.9	160.3	50.72	50.00	0.72	1.44
7570	7574	7571	7568	7575	7571	7571	7569	7575	7572	2.41	7571.6	154.7	48.95	49.40	-0.45	-0.92
7738	7740	7738	7735	7738	7737	7738	7737	7739	7738	1.32	7737.8	166.2	52.59	50.40	2.19	4.34
7895	7900	7898	7895	7896	7896	7896	7895	7897	7897	1.58	7896.5	158.7	50.21	51.40	-1.19	-2.31
8058	8061	8066	8056	8059	8056	8053	8058	8057	8060	3.50	8058.4	161.9	51.23	50.60	0.63	1.24
8205	8214	8217	8212	8207	8204	8212	8210	8213	8211	4.09	8210.5	152.1	48.12	51.80	-3.68	-7.10
8379	8383	8377	8380	8384	8378	8386	8394	8395	8389	6.45	8384.5	174	55.05	51.20	3.85	7.53
8533	8530	8513	8516	8511	8515	8516	8515	8514	8516	7.37	8517.9	133.4	42.21	51.40	-9.19	-17.88
8685	8689	8689	8691	8701	8691	8688	8689	8690	8689	4.16	8690.2	172.3	54.52	51.40	3.12	6.06
8843	8837	8840	8844	8838	8844	8847	8841	8840	8843	3.06	8841.7	151.5	47.93	51.80	-3.87	-7.46
9002	8998	9001	8997	8999	9000	9001	9002	8999	8997	1.90	8999.6	157.9	49.96	51.40	-1.44	-2.80
9151	9151	9154	9149	9152	9154	9153	9150	9155	9156	2.27	9152.5	152.9	48.38	51.20	-2.82	-5.51
9315	9315	9312	9313	9312	9313	9310	9309	9309	9312	2.16	9312	159.5	50.47	51.20	-0.73	-1.43
9470	9468	9469	9469	9468	9469	9465	9468	9469	9470	1.43	9468.5	156.5	49.52	50.80	-1.28	-2.53

ตารางที่ ก.15 ผลการสอบเทียบด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงโดยเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 8.5 cm

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
159	163	163	162	162	163	160	163	166	167	2.39	162.8					
301	298	299	299	297	299	299	287	288	287	5.66	295.4	132.6	41.95	49.80	-7.85	-15.75
436	422	393	390	385	376	377	375	373	379	21.53	390.6	95.2	30.12	50.20	-20.08	-40.00
630	631	628	629	627	632	628	629	630	631	1.58	629.5	238.9	75.59	49.20	26.39	53.63
780	781	782	776	779	780	781	777	782	780	1.99	779.8	150.3	47.55	50.00	-2.45	-4.89
934	929	929	928	927	927	916	918	916	913	7.21	923.7	143.9	45.53	49.40	-3.87	-7.83
1023	1009	1005	1002	994	992	990	984	981	980	13.73	996	72.3	22.88	50.20	-27.32	-54.43
1134	1136	1163	1172	1167	1157	1147	1151	1142	1162	13.19	1153.1	157.1	49.71	50.80	-1.09	-2.15
1243	1263	1266	1268	1267	1267	1273	1272	1274	1269	8.83	1266.2	113.1	35.78	50.20	-14.42	-28.72
1433	1433	1433	1434	1435	1433	1435	1436	1438	1437	1.83	1434.7	168.5	53.31	50.40	2.91	5.78
1599	1599	1589	1600	1593	1588	1581	1566	1563	1569	14.23	1584.7	150	47.46	51.80	-4.34	-8.38
1741	1711	1714	1720	1719	1696	1671	1698	1709	1712	18.31	1709.1	124.4	39.36	51.00	-11.64	-22.82
1883	1819	1912	1876	1903	1911	1913	1911	1912	1913	29.97	1895.3	186.2	58.91	50.80	8.11	15.97
2082	2083	2084	2078	2081	2083	2083	2082	2083	2079	1.93	2081.8	186.5	59.01	50.60	8.41	16.62
2226	2235	2225	2226	2229	2231	2229	2222	2235	2231	4.25	2228.9	147.1	46.54	50.20	-3.66	-7.29

ตารางที่ ก.15 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2411	2414	2422	2422	2420	2414	2420	2420	2420	2406	5.38	2416.9	188	59.48	48.80	10.68	21.89
2579	2581	2582	2585	2581	2586	2584	2586	2586	2587	2.75	2583.7	166.8	52.78	50.40	2.38	4.71
2745	2750	2747	2749	2751	2750	2751	2757	2757	2757	4.27	2751.4	167.7	53.06	50.00	3.06	6.12
2921	2964	2954	2955	2957	2962	2962	2964	2963	2965	13.15	2956.7	205.3	64.96	50.00	14.96	29.91
3122	3127	3134	3131	3134	3136	3133	3136	3139	3138	5.19	3133	176.3	55.78	49.20	6.58	13.38
3299	3302	3302	3304	3302	3304	3304	3306	3305	3308	2.50	3303.6	170.6	53.98	50.20	3.78	7.53
3462	3464	3463	3462	3465	3462	3460	3460	3461	3462	1.60	3462.1	158.5	50.15	50.20	-0.05	-0.10
3618	3618	3618	3617	3616	3617	3617	3618	3617	3617	0.67	3617.3	155.2	49.11	49.80	-0.69	-1.40
3774	3774	3777	3776	3774	3772	3775	3771	3773	3774	1.76	3774	156.7	49.58	50.00	-0.42	-0.84
3933	3933	3935	3935	3934	3935	3934	3932	3931	3935	1.42	3933.7	159.7	50.53	49.00	1.53	3.12
4090	4089	4089	4092	4292	4091	4090	4088	4091	4092	63.82	4110.4	176.7	55.91	48.60	7.31	15.04
4253	4252	4254	4251	4251	4253	4251	4253	4254	4252	1.17	4252.4	142	44.93	49.60	-4.67	-9.42
4409	4429	4407	4412	4413	4410	4411	4410	4414	4410	6.13	4412.5	160.1	50.66	49.80	0.86	1.72
4572	4573	4577	4574	4574	4571	4575	4573	4573	4573	1.65	4573.5	161	50.94	49.20	1.74	3.54
4736	4734	4739	4739	4732	4731	4731	4735	4737	4534	63.60	4714.8	141.3	44.71	51.60	-6.89	-13.36

ตารางที่ ก.15 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4898	4901	4899	4895	4897	4900	4895	4885	4875	4875	10.00	4892	177.2	56.07	49.80	6.27	12.58
4867	4870	4901	4906	4910	4920	4923	4927	4930	4935	23.84	4908.9	16.9	5.35	50.60	-45.25	-89.43
5109	5114	5118	5115	5123	5123	5123	5124	5143	5172	18.42	5126.4	217.5	68.82	50.80	18.02	35.47
5358	5376	5374	5367	5367	5368	5390	5368	5370	5369	8.29	5370.7	244.3	77.30	50.60	26.70	52.76
5532	5527	5533	5533	5531	5533	5532	5538	5522	5530	4.23	5531.1	160.4	50.75	48.80	1.95	4.00
5698	5703	5698	5706	5684	5682	5680	5684	5681	5688	9.85	5690.4	159.3	50.40	49.00	1.40	2.86
5838	5838	5837	5838	5837	5840	5838	5837	5837	5838	0.92	5837.8	147.4	46.64	49.40	-2.76	-5.59
5994	5993	5994	5994	5969	5965	5957	5953	5919	5916	29.90	5965.4	127.6	40.37	49.80	-9.43	-18.93
6057	6047	6045	6036	6033	6030	6024	6021	6020	6018	13.14	6033.1	67.7	21.42	49.80	-28.38	-56.99
6077	6085	6087	6087	6118	6116	6127	6130	6131	6119	21.16	6107.7	74.6	23.60	49.80	-26.20	-52.60
6302	6309	6310	6312	6320	6318	6321	6323	6325	6326	7.95	6316.6	208.9	66.10	50.00	16.10	32.19
6492	6498	6500	6502	6507	6508	6507	6512	6517	6515	7.86	6505.8	189.2	59.86	50.20	9.66	19.25
6773	6779	6778	6775	6781	6778	6779	6780	6779	6778	2.36	6778	272.2	86.12	50.00	36.12	72.25
6937	6936	6937	6937	6939	6936	6936	6937	6938	6935	1.14	6936.8	158.8	50.24	50.20	0.04	0.09
7092	7095	7093	7093	7095	7095	7096	7096	7095	7096	1.43	7094.6	157.8	49.93	49.20	0.73	1.48

ตารางที่ ก.15 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7253	7250	7253	7248	7253	7250	7253	7254	7253	7256	2.31	7252.3	157.7	49.90	51.20	-1.30	-2.55
7414	7409	7413	7410	7411	7414	7413	7413	7414	7412	1.77	7412.3	160	50.62	50.20	0.42	0.84
7570	7574	7570	7572	7571	7570	7572	7573	7572	7573	1.42	7571.7	159.4	50.43	50.00	0.43	0.87
7728	7720	7726	7717	7717	7716	7713	7711	7712	7712	5.90	7717.2	145.5	46.04	49.80	-3.76	-7.56
7855	7852	7819	7820	7817	7812	7812	7809	7812	7815	16.81	7822.3	105.1	33.25	50.80	-17.55	-34.54
7840	7849	7850	7854	7840	7802	7800	7758	7755	7780	38.83	7812.8	-9.5	-3.01	52.80	-55.81	-105.69
7895	7898	7898	7899	7899	7899	7946	7932	7948	7961	26.12	7917.5	104.7	33.13	48.20	-15.07	-31.27
8137	8150	8146	8146	8162	8161	8210	8227	8230	8229	39.09	8179.8	262.3	82.99	50.60	32.39	64.02
8393	8404	8407	8408	8409	8413	8413	8415	8416	8417	7.18	8409.5	229.7	72.68	49.60	23.08	46.53
8584	8597	8612	8604	8606	8608	8605	8614	8616	8651	17.20	8609.7	200.2	63.34	50.00	13.34	26.69
8800	8810	8810	8816	8818	8819	8820	8822	8831	8831	9.51	8817.7	208	65.81	48.80	17.01	34.86
8992	8993	8995	8997	8995	8996	8995	8995	9000	8996	2.17	8995.4	177.7	56.22	50.20	6.02	12.00
9154	9156	9155	9151	9151	9152	9148	9153	9152	9152	2.27	9152.4	157	49.67	50.40	-0.73	-1.44
9309	9309	9310	9309	9310	9311	9310	9310	9310	9309	0.67	9309.7	157.3	49.77	50.00	-0.23	-0.46
9467	9466	9466	9468	9465	9464	9460	9460	9459	9459	3.53	9463.4	153.7	48.63	51.00	-2.37	-4.65

ตารางที่ ก.16 ผลการสอบเทียบด้วยเลเซอร์คิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงโดยเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 0.5 cm

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากคิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
155	151	158	157	150	149	148	150	154	148	3.71	152					
320	320	316	321	322	325	322	319	322	319	2.41	320.6	168.6	53.35	49.40	3.95	7.99
480	472	477	473	477	472	478	475	474	476	2.67	475.4	154.8	48.98	51.00	-2.02	-3.96
643	635	638	633	640	635	644	640	640	642	3.68	639	163.6	51.76	50.20	1.56	3.11
792	791	794	794	792	796	794	792	797	798	2.36	794	155	49.04	49.80	-0.76	-1.52
945	948	947	951	951	949	948	948	950	945	2.15	948.2	154.2	48.79	50.60	-1.81	-3.58
1118	1120	1115	1118	1110	1115	1113	1116	1117	1115	2.83	1115.7	167.5	53.00	50.20	2.80	5.57
1273	1279	1274	1275	1282	1278	1274	1275	1276	1272	3.05	1275.8	160.1	50.66	49.80	0.86	1.72
1436	1439	1439	1434	1439	1432	1436	1433	1438	1440	2.84	1436.6	160.8	50.88	50.20	0.68	1.35
1584	1585	1584	1591	1581	1584	1589	1585	1592	1596	4.68	1587.1	150.5	47.62	50.00	-2.38	-4.76
1751	1756	1752	1750	1756	1754	1755	1748	1752	1752	2.63	1752.6	165.5	52.36	49.80	2.56	5.15
1910	1914	1915	1913	1911	1911	1909	1909	1913	1908	2.36	1911.3	158.7	50.21	50.00	0.21	0.43
2068	2071	2066	2064	2070	2067	2063	2069	2065	2071	2.88	2067.4	156.1	49.39	49.60	-0.21	-0.42
2218	2213	2216	2217	2210	2211	2214	2215	2214	2217	2.64	2214.5	147.1	46.54	50.00	-3.46	-6.92
2376	2375	2375	2367	2371	2381	2370	2378	2377	2378	4.26	2374.8	160.3	50.72	49.60	1.12	2.26

ตารางที่ ก.16 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2528	2531	2523	2534	2533	2531	2522	2523	2520	2523	5.16	2526.8	152	48.09	50.00	-1.91	-3.81
2692	2689	2693	2693	2682	2687	2687	2688	2689	2687	3.37	2688.7	161.9	51.23	49.80	1.43	2.86
2835	2832	2836	2836	2832	2836	2836	2834	2831	2837	2.12	2834.5	145.8	46.13	49.80	-3.67	-7.37
2988	2993	2990	2992	2987	2989	2991	2993	2994	2994	2.51	2991.1	156.6	49.55	50.20	-0.65	-1.30
3150	3146	3146	3145	3148	3148	3146	3149	3149	3149	1.71	3147.6	156.5	49.52	49.80	-0.28	-0.57
3308	3310	3309	3307	3310	3311	3305	3308	3307	3308	1.77	3308.3	160.7	50.85	49.60	1.25	2.51
3469	3467	3462	3469	3464	3467	3465	3462	3463	3462	2.83	3465	156.7	49.58	50.60	-1.02	-2.02
3619	3622	3624	3621	3619	3622	3620	3621	3621	3625	1.96	3621.4	156.4	49.48	51.00	-1.52	-2.97
3789	3781	3788	3787	3789	3791	3791	3788	3785	3786	2.99	3787.5	166.1	52.55	50.60	1.95	3.86
3956	3955	3955	3956	3960	3955	3959	3960	3958	3962	2.55	3957.6	170.1	53.82	50.20	3.62	7.21
4108	4109	4111	4118	4110	4108	4116	4118	4110	4105	4.50	4111.3	153.7	48.63	49.40	-0.77	-1.56
4276	4270	4279	4273	4266	4271	4264	4264	4263	4260	6.19	4268.6	157.3	49.77	49.80	-0.03	-0.06
4417	4423	4417	4429	4421	4418	4428	4434	4429	4425	5.88	4424.1	155.5	49.20	49.60	-0.40	-0.81
4588	4591	4590	4592	4589	4599	4590	4597	4597	4596	3.96	4592.9	168.8	53.41	50.00	3.41	6.82
4752	4755	4756	4739	4748	4750	4757	4756	4746	4756	5.82	4751.5	158.6	50.18	49.80	0.38	0.77

ตารางที่ ก.16 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4912	4913	4913	4921	4911	4911	4915	4904	4913	4908	4.41	4912.1	160.6	50.81	49.40	1.41	2.86
5067	5073	5066	5067	5068	5059	5065	5062	5065	5070	3.91	5066.2	154.1	48.76	49.20	-0.44	-0.90
5230	5221	5219	5215	5225	5221	5220	5226	5232	5230	5.59	5223.9	157.7	49.90	49.40	0.50	1.00
5376	5378	5379	5381	5375	5374	5376	5381	5374	5381	2.88	5377.5	153.6	48.60	49.40	-0.80	-1.62
5538	5533	5532	5537	5544	5542	5535	5538	5534	5530	4.40	5536.3	158.8	50.24	50.00	0.24	0.49
5685	5691	5685	5686	5689	5687	5684	5686	5684	5685	2.25	5686.2	149.9	47.43	48.60	-1.17	-2.41
5840	5843	5841	5846	5850	5845	5838	5838	5845	5847	4.00	5843.3	157.1	49.71	49.00	0.71	1.44
5993	5994	5995	6001	5999	5994	5997	5995	5990	5993	3.18	5995.1	151.8	48.03	49.40	-1.37	-2.77
6153	6153	6153	6151	6155	6154	6151	6153	6150	6146	2.56	6151.9	156.8	49.61	50.00	-0.39	-0.78
6311	6308	6311	6309	6310	6309	6319	6313	6312	6312	3.10	6311.4	159.5	50.47	49.40	1.07	2.16
6469	6472	6469	6469	6466	6467	6470	6466	6468	6468	1.84	6468.4	157	49.67	48.80	0.87	1.79
6624	6625	6624	6629	6625	6627	6624	6627	6629	6627	1.97	6626.1	157.7	49.90	50.80	-0.90	-1.78
6789	6788	6783	6790	6786	6791	6786	6782	6789	6784	3.08	6786.8	160.7	50.85	50.00	0.85	1.69
6945	6948	6947	6946	6942	6948	6944	6939	6945	6946	2.79	6945	158.2	50.05	50.00	0.05	0.11
7120	7109	7104	7110	7107	7107	7110	7105	7107	7106	4.50	7108.5	163.5	51.73	49.60	2.13	4.30

ตารางที่ ก.16 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7262	7270	7265	7266	7262	7270	7269	7273	7266	7268	3.57	7267.1	158.6	50.18	50.20	-0.02	-0.04
7433	7432	7433	7432	7432	7434	7428	7437	7437	7432	2.62	7433	165.9	52.49	50.00	2.49	4.98
7593	7584	7586	7599	7577	7591	7592	7588	7598	7591	6.54	7589.9	156.9	49.64	49.60	0.04	0.09
7753	7754	7756	7750	7748	7752	7746	7749	7749	7751	3.01	7750.8	160.9	50.91	49.20	1.71	3.47
7908	7913	7909	7898	7909	7914	7915	7910	7911	7914	4.91	7910.1	159.3	50.40	50.00	0.40	0.81
8073	8069	8078	8069	8077	8072	8075	8072	8069	8058	5.65	8071.2	161.1	50.97	50.80	0.17	0.34
8220	8224	8233	8227	8223	8221	8221	8227	8232	8231	4.84	8225.9	154.7	48.95	49.20	-0.25	-0.51
8380	8384	8389	8391	8390	8390	8386	8390	8382	8384	3.92	8386.6	160.7	50.85	49.80	1.05	2.10
8544	8539	8534	8536	8533	8532	8533	8539	8533	8543	4.40	8536.6	150	47.46	49.40	-1.94	-3.93
8698	8697	8698	8701	8698	8692	8703	8702	8697	8697	3.13	8698.3	161.7	51.16	51.00	0.16	0.32
8850	8848	8841	8846	8846	8841	8850	8838	8839	8846	4.43	8844.5	146.2	46.26	49.60	-3.34	-6.74
9003	9005	9009	9001	9011	9009	9006	9000	9000	9004	3.94	9004.8	160.3	50.72	50.20	0.52	1.03
9153	9155	9156	9157	9161	9156	9155	9157	9156	9157	2.06	9156.3	151.5	47.93	49.60	-1.67	-3.36
9313	9314	9318	9317	9317	9316	9315	9317	9310	9312	2.60	9314.9	158.6	50.18	50.00	0.18	0.36
9472	9469	9465	9465	9469	9470	9466	9467	9473	9471	2.87	9468.7	153.8	48.66	50.20	-1.54	-3.06

ตารางที่ ก.17 ผลการสอบเทียบด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงโดยเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 2.5 cm

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
162	163	161	165	165	166	165	162	163	166	1.81	163.8					
304	304	307	306	303	303	304	305	306	303	1.43	304.5	140.7	44.52	49.00	-4.48	-9.15
470	472	470	475	470	471	469	468	473	472	2.05	471	166.5	52.68	49.60	3.08	6.21
622	626	623	623	622	624	623	625	624	621	1.49	623.3	152.3	48.19	50.40	-2.21	-4.39
780	779	780	782	780	781	779	781	781	781	0.97	780.4	157.1	49.71	50.20	-0.49	-0.98
940	941	941	941	942	941	938	942	942	942	1.25	941	160.6	50.81	50.80	0.01	0.03
1102	1098	1099	1096	1100	1098	1099	1098	1099	1096	1.78	1098.5	157.5	49.83	50.60	-0.77	-1.52
1261	1258	1260	1260	1262	1261	1262	1258	1259	1262	1.57	1260.3	161.8	51.19	49.60	1.59	3.21
1423	1421	1419	1423	1420	1421	1419	1420	1423	1421	1.56	1421	160.7	50.85	50.60	0.25	0.49
1583	1589	1580	1581	1581	1581	1581	1581	1580	1580	2.71	1581.7	160.7	50.85	49.40	1.45	2.93
1745	1741	1742	1740	1741	1742	1737	1739	1741	1738	2.27	1740.6	158.9	50.28	49.80	0.48	0.96
1898	1898	1902	1899	1899	1897	1898	1900	1900	1901	1.55	1899.2	158.6	50.18	48.80	1.38	2.83
2057	2060	2057	2058	2058	2057	2058	2059	2059	2057	1.05	2058	158.8	50.24	49.40	0.84	1.71
2218	2216	2217	2219	2217	2214	2219	2216	2222	2213	2.60	2217.1	159.1	50.34	49.20	1.14	2.32
2372	2378	2375	2375	2374	2374	2372	2371	2372	2371	2.22	2373.4	156.3	49.45	48.80	0.65	1.34

ตารางที่ ก.17 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2532	2532	2529	2532	2531	2534	2532	2530	2533	2534	1.60	2531.9	158.5	50.15	50.20	-0.05	-0.10
2689	2689	2688	2693	2691	2689	2691	2689	2684	2690	2.36	2689.3	157.4	49.80	49.20	0.60	1.22
2850	2847	2850	2848	2852	2849	2852	2851	2849	2849	1.64	2849.7	160.4	50.75	49.20	1.55	3.15
3005	3009	3005	3011	3011	3009	3009	3015	3012	3008	3.06	3009.4	159.7	50.53	48.20	2.33	4.83
3157	3157	3159	3153	3156	3155	3158	3158	3159	3156	1.87	3156.8	147.4	46.64	49.00	-2.36	-4.82
3312	3313	3311	3311	3314	3310	3311	3313	3310	3311	1.35	3311.6	154.8	48.98	48.80	0.18	0.37
3474	3471	3470	3468	3471	3476	3469	3473	3473	3471	2.41	3471.6	160	50.62	49.40	1.22	2.48
3628	3628	3627	3627	3628	3626	3628	3628	3628	3628	0.70	3627.6	156	49.36	49.00	0.36	0.73
3790	3787	3788	3793	3790	3793	3793	3796	3793	3791	2.72	3791.4	163.8	51.83	50.20	1.63	3.24
3952	3947	3949	3949	3950	3952	3953	3953	3951	3950	1.96	3950.6	159.2	50.37	50.00	0.37	0.74
4109	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4110	4111	4109	0.57	4109.9	159.3	50.40	50.80	-0.40	-0.78
4275	4266	4268	4267	4264	4268	4263	4265	4265	4264	3.44	4266.5	156.6	49.55	49.20	0.35	0.71
4421	4417	4420	4421	4422	4419	4421	4416	4420	4422	2.02	4419.9	153.4	48.54	49.80	-1.26	-2.54
4580	4581	4581	4580	4578	4578	4579	4580	4580	4580	1.06	4579.7	159.8	50.56	49.00	1.56	3.19
4737	4735	4735	4736	4737	4737	4736	4735	4736	4736	0.82	4736	156.3	49.45	49.60	-0.15	-0.30

ตารางที่ ก.17 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4896	4897	4897	4894	4895	4895	4895	4900	4897	4895	1.73	4896.1	160.1	50.66	49.60	1.06	2.13
5052	5057	5053	5056	5053	5056	5055	5053	5055	5054	1.65	5054.4	158.3	50.09	49.40	0.69	1.39
5213	5213	5212	5213	5212	5212	5216	5211	5214	5214	1.41	5213	158.6	50.18	49.60	0.58	1.17
5374	5373	5376	5378	5375	5372	5374	5374	5374	5375	1.65	5374.5	161.5	51.10	49.40	1.70	3.44
5527	5527	5527	5526	5526	5526	5526	5527	5529	5528	0.99	5526.9	152.4	48.22	49.60	-1.38	-2.78
5682	5691	5686	5688	5692	5691	5686	5686	5692	5683	3.68	5687.7	160.8	50.88	49.00	1.88	3.83
5845	5848	5848	5847	5847	5847	5845	5850	5845	5846	1.62	5846.8	159.1	50.34	50.00	0.34	0.68
6008	6006	6006	6006	6007	6006	6006	6007	6007	6005	0.84	6006.4	159.6	50.50	49.80	0.70	1.40
6162	6162	6163	6162	6161	6161	6163	6161	6161	6159	1.18	6161.5	155.1	49.07	49.20	-0.13	-0.26
6319	6314	6313	6317	6314	6314	6315	6314	6317	6316	1.89	6315.3	153.8	48.66	49.20	-0.54	-1.09
6472	6473	6471	6472	6470	6473	6474	6472	6473	6472	1.14	6472.2	156.9	49.64	49.80	-0.16	-0.31
6627	6626	6630	6629	6631	6628	6625	6631	6630	6629	2.07	6628.6	156.4	49.48	49.80	-0.32	-0.63
6784	6786	6786	6785	6785	6787	6788	6790	6786	6787	1.71	6786.4	157.8	49.93	50.60	-0.67	-1.33
6950	6948	6948	6946	6951	6950	6949	6946	6953	6952	2.36	6949.3	162.9	51.54	51.80	-0.26	-0.50
7110	7107	7110	7114	7112	7114	7112	7112	7113	7117	2.73	7112.1	162.8	51.51	50.80	0.71	1.40

ตารางที่ ก.17 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7272	7273	7273	7274	7273	7276	7273	7272	7270	7272	1.55	7272.8	160.7	50.85	50.60	0.25	0.49
7430	7431	7428	7432	7429	7428	7429	7431	7431	7429	1.40	7429.8	157	49.67	49.60	0.07	0.15
7587	7589	7586	7588	7587	7585	7589	7587	7587	7589	1.35	7587.4	157.6	49.86	46.20	3.66	7.93
7745	7746	7745	7745	7746	7746	7745	7742	7748	7744	1.55	7745.2	157.8	49.93	43.00	6.93	16.11
7901	7904	7905	7905	7902	7901	7900	7901	7904	7903	1.84	7902.6	157.4	49.80	46.40	3.40	7.33
8062	8060	8060	8061	8060	8062	8059	8063	8061	8062	1.25	8061	158.4	50.12	45.00	5.12	11.37
8220	8222	8220	8223	8221	8221	8224	8220	8222	8221	1.35	8221.4	160.4	50.75	56.80	-6.05	-10.65
8384	8378	8379	8381	8379	8377	8379	8383	8382	8381	2.26	8380.3	158.9	50.28	55.40	-5.12	-9.25
8538	8535	8536	8532	8536	8534	8536	8537	8533	8534	1.85	8535.1	154.8	48.98	52.40	-3.42	-6.53
8689	8688	8689	8691	8693	8690	8689	8690	8689	8691	1.45	8689.9	154.8	48.98	55.60	-6.62	-11.91
8846	8849	8850	8849	8849	8850	8850	8849	8851	8850	1.34	8849.3	159.4	50.43	51.60	-1.17	-2.26
9007	9006	9010	9009	9009	9010	9009	9010	9009	9012	1.66	9009.1	159.8	50.56	50.40	0.16	0.32
9169	9172	9168	9169	9170	9173	9173	9172	9170	9173	1.91	9170.9	161.8	51.19	54.60	-3.41	-6.24
9329	9330	9328	9329	9326	9326	9322	9326	9321	9323	3.13	9326	155.1	49.07	55.40	-6.33	-11.42
9477	9475	9474	9473	9477	9479	9479	9475	9481	9479	2.60	9476.9	150.9	47.74	52.40	-4.66	-8.88

ตารางที่ ก.18 ผลการสอบเทียบด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงโดยเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 4.5 cm

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
161	163	161	161	162	162	162	163	162	161	0.79	161.8					
306	307	309	306	311	307	309	308	308	309	1.56	308	146.2	46.26	49.60	-3.34	-6.74
474	473	475	472	471	474	470	473	471	473	1.58	472.6	164.6	52.08	50.00	2.08	4.16
636	635	635	636	636	635	634	636	636	633	1.03	635.2	162.6	51.45	50.00	1.45	2.89
788	792	793	792	792	793	793	792	793	791	1.52	791.9	156.7	49.58	49.60	-0.02	-0.04
951	949	950	949	950	948	952	948	949	951	1.34	949.7	157.8	49.93	49.40	0.53	1.07
1110	1107	1108	1109	1106	1105	1108	1107	1107	1107	1.43	1107.4	157.7	49.90	49.80	0.10	0.19
1266	1263	1265	1268	1264	1269	1268	1266	1266	1265	1.89	1266	158.6	50.18	49.20	0.98	1.99
1427	1427	1427	1428	1430	1430	1429	1426	1429	1427	1.41	1428	162	51.26	49.20	2.06	4.18
1586	1586	1588	1583	1589	1586	1587	1589	1592	1589	2.46	1587.5	159.5	50.47	48.80	1.67	3.41
1748	1750	1746	1750	1746	1745	1748	1747	1745	1746	1.85	1747.1	159.6	50.50	48.60	1.90	3.90
1908	1905	1905	1907	1904	1904	1905	1901	1905	1906	1.89	1905	157.9	49.96	48.80	1.16	2.38
2060	2059	2065	2061	2063	2061	2061	2060	2061	2059	1.83	2061	156	49.36	49.20	0.16	0.32
2222	2218	2220	2220	2223	2218	2222	2221	2224	2222	2.00	2221	160	50.62	49.60	1.02	2.06
2376	2376	2377	2376	2376	2376	2375	2375	2374	2377	0.92	2375.8	154.8	48.98	49.80	-0.82	-1.65

ตารางที่ ก.18 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2534	2534	2532	2533	2536	2532	2536	2534	2537	2534	1.69	2534.2	158.4	50.12	49.20	0.92	1.87
2689	2686	2687	2688	2690	2693	2691	2690	2691	2688	2.11	2689.3	155.1	49.07	49.20	-0.13	-0.26
2844	2849	2848	2850	2845	2847	2847	2847	2845	2849	1.97	2847.1	157.8	49.93	49.60	0.33	0.66
3002	2999	3006	3005	2998	2999	3002	2997	3000	3000	2.94	3000.8	153.7	48.63	50.00	-1.37	-2.74
3159	3158	3156	3157	3159	3155	3156	3156	3157	3158	1.37	3157.1	156.3	49.45	50.00	-0.55	-1.09
3313	3312	3312	3312	3311	3312	3312	3312	3311	3313	0.67	3312	154.9	49.01	49.80	-0.79	-1.59
3472	3473	3470	3474	3472	3472	3474	3475	3472	3470	1.65	3472.4	160.4	50.75	50.60	0.15	0.30
3630	3629	3630	3630	3630	3629	3626	3631	3629	3632	1.58	3629.6	157.2	49.74	50.20	-0.46	-0.92
3795	3793	3793	3792	3789	3790	3791	3794	3791	3793	1.85	3792.1	162.5	51.42	50.40	1.01	2.01
3949	3949	3948	3948	3949	3948	3950	3950	3951	3950	1.03	3949.2	157.1	49.71	50.20	-0.49	-0.98
4111	4112	4111	4111	4114	4113	4113	4111	4110	4109	1.51	4111.5	162.3	51.35	50.20	1.15	2.29
4273	4273	4271	4273	4271	4271	4271	4270	4273	4273	1.20	4271.9	160.4	50.75	50.00	0.75	1.50
4432	4432	4430	4437	4434	4435	4433	4435	4434	4436	2.10	4433.8	161.9	51.23	50.60	0.63	1.24
4592	4593	4590	4589	4590	4587	4587	4586	4589	4590	2.21	4589.3	155.5	49.20	50.20	-1.00	-1.99
4747	4749	4748	4748	4749	4751	4749	4750	4752	4752	1.72	4749.5	160.2	50.69	49.80	0.89	1.78

ตารางที่ ก.18 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4906	4906	4906	4902	4902	4903	4906	4905	4907	4906	1.85	4904.9	155.4	49.17	50.20	-1.03	-2.05
5060	5065	5065	5062	5061	5062	5063	5062	5064	5064	1.69	5062.8	157.9	49.96	50.00	-0.04	-0.08
5218	5219	5219	5221	5220	5220	5219	5219	5219	5221	0.97	5219.5	156.7	49.58	50.00	-0.42	-0.84
5379	5377	5379	5375	5375	5376	5375	5376	5378	5377	1.57	5376.7	157.2	49.74	49.20	0.54	1.09
5536	5536	5535	5534	5535	5535	5536	5535	5535	5533	0.94	5535	158.3	50.09	50.60	-0.51	-1.02
5690	5691	5692	5693	5693	5694	5693	5693	5691	5690	1.41	5692	157	49.67	49.00	0.67	1.38
5847	5848	5849	5847	5847	5846	5845	5847	5845	5844	1.51	5846.5	154.5	48.88	50.20	-1.32	-2.62
6002	6005	6008	6010	6007	6004	6004	6007	6006	6009	2.49	6006.2	159.7	50.53	49.60	0.93	1.87
6162	6161	6163	6167	6160	6164	6167	6164	6166	6161	2.55	6163.5	157.3	49.77	49.60	0.17	0.34
6321	6321	6320	6320	6323	6321	6321	6319	6321	6319	1.17	6320.6	157.1	49.71	50.60	-0.89	-1.77
6478	6477	6478	6475	6477	6476	6479	6475	6473	6475	1.83	6476.3	155.7	49.26	50.20	-0.94	-1.87
6636	6635	6638	6636	6635	6633	6635	6633	6636	6634	1.52	6635.1	158.8	50.24	50.60	-0.36	-0.70
6799	6796	6797	6797	6796	6796	6799	6799	6800	6795	1.71	6797.4	162.3	51.35	50.60	0.75	1.49
6958	6958	6958	6957	6957	6961	6958	6956	6960	6957	1.49	6958	160.6	50.81	48.60	2.21	4.56
7117	7116	7121	7117	7115	7117	7117	7118	7117	7116	1.60	7117.1	159.1	50.34	49.00	1.34	2.73

ตารางที่ ก.18 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7282	7275	7278	7276	7280	7281	7276	7279	7281	7276	2.55	7278.4	161.3	51.04	49.60	1.44	2.89
7436	7433	7436	7434	7436	7432	7435	7436	7437	7435	1.56	7435	156.6	49.55	49.20	0.35	0.71
7592	7594	7596	7595	7594	7595	7596	7592	7596	7594	1.51	7594.4	159.4	50.43	46.40	4.03	8.69
7753	7748	7753	7749	7749	7750	7750	7747	7750	7748	2.00	7749.7	155.3	49.14	47.20	1.94	4.10
7913	7909	7911	7911	7907	7906	7906	7907	7910	7910	2.40	7909	159.3	50.40	44.00	6.40	14.55
8066	8065	8065	8067	8065	8064	8063	8068	8067	8068	1.69	8065.8	156.8	49.61	50.80	-1.19	-2.34
8225	8246	8223	8220	8224	8226	8227	8225	8225	8225	7.07	8226.6	160.8	50.88	54.80	-3.92	-7.16
8378	8382	8379	8382	8378	8381	8384	8378	8377	8377	2.46	8379.6	153	48.41	50.60	-2.19	-4.33
8537	8540	8538	8541	8536	8538	8535	8543	8541	8540	2.51	8538.9	159.3	50.40	54.00	-3.60	-6.66
8697	8695	8694	8695	8697	8695	8698	8697	8693	8689	2.62	8695	156.1	49.39	50.60	-1.21	-2.39
8849	8850	8849	8850	8853	8847	8844	8848	8847	8845	2.62	8848.2	153.2	48.47	48.20	0.27	0.57
9007	9003	9008	9004	9003	9004	9002	9005	9006	9003	1.96	9004.5	156.3	49.45	55.00	-5.55	-10.08
9165	9166	9164	9166	9166	9164	9161	9164	9164	9164	1.51	9164.4	159.9	50.59	47.80	2.79	5.84
9316	9318	9320	9318	9317	9314	9318	9319	9318	9319	1.70	9317.7	153.3	48.50	60.00	-11.50	-19.16
9477	9478	9478	9479	9478	9476	9475	9479	9476	9477	1.34	9477.3	159.6	50.50	52.00	-1.50	-2.89

ตารางที่ ก.19 ผลการสอบเทียบด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงโดยเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 6.5 cm

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
161	162	160	158	161	160	160	160	160	158	1.25	160					
302	303	302	300	302	300	305	303	304	304	1.65	302.5	142.5	45.09	49.80	-4.71	-9.46
473	473	473	473	474	474	471	472	473	474	0.94	473	170.5	53.95	50.20	3.75	7.46
642	638	642	640	639	638	639	640	642	641	1.60	640.1	167.1	52.87	50.40	2.47	4.90
797	792	794	791	792	790	788	791	791	794	2.49	792	151.9	48.06	49.80	-1.74	-3.49
951	954	953	951	949	950	950	951	951	949	1.60	950.9	158.9	50.28	49.00	1.28	2.60
1099	1100	1097	1099	1101	1101	1104	1100	1105	1102	2.39	1100.8	149.9	47.43	48.40	-0.97	-2.01
1259	1260	1261	1263	1258	1262	1261	1266	1266	1264	2.75	1262	161.2	51.00	47.80	3.20	6.70
1419	1418	1418	1422	1423	1419	1422	1423	1419	1423	2.17	1420.6	158.6	50.18	49.00	1.18	2.41
1581	1577	1579	1580	1575	1578	1578	1576	1578	1575	2.00	1577.7	157.1	49.71	49.20	0.51	1.03
1744	1739	1741	1742	1743	1740	1741	1744	1742	1743	1.66	1741.9	164.2	51.95	48.80	3.15	6.46
1895	1900	1899	1900	1900	1901	1897	1898	1895	1895	2.36	1898	156.1	49.39	48.80	0.59	1.21
2059	2060	2059	2054	2057	2060	2059	2058	2055	2058	2.02	2057.9	159.9	50.59	49.00	1.59	3.25
2206	2212	2209	2204	2209	2212	2206	2209	2206	2209	2.66	2208.2	150.3	47.55	49.00	-1.45	-2.95
2366	2365	2365	2367	2364	2365	2363	2365	2362	2362	1.65	2364.4	156.2	49.42	49.20	0.22	0.45

ตารางที่ ก.19 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2520	2524	2522	2519	2514	2525	2522	2525	2529	2524	4.09	2522.4	158	49.99	49.00	0.99	2.02
2680	2679	2679	2680	2678	2677	2679	2679	2677	2679	1.06	2678.7	156.3	49.45	49.60	-0.15	-0.30
2837	2838	2840	2839	2840	2837	2839	2840	2844	2838	2.04	2839.2	160.5	50.78	49.60	1.18	2.38
2996	2995	2997	2997	2998	2998	2993	2997	2999	2998	1.75	2996.8	157.6	49.86	49.80	0.06	0.13
3160	3159	3158	3157	3154	3159	3159	3161	3159	3162	2.20	3158.8	162	51.26	50.00	1.26	2.51
3315	3314	3313	3313	3312	3314	3310	3317	3315	3313	1.90	3313.6	154.8	48.98	50.40	-1.42	-2.82
3471	3474	3469	3470	3470	3473	3472	3471	3474	3469	1.89	3471.3	157.7	49.90	50.40	-0.50	-1.00
3630	3632	3633	3632	3632	3633	3633	3632	3634	3632	1.06	3632.3	161	50.94	50.80	0.14	0.28
3795	3791	3793	3793	3797	3789	3794	3795	3793	3796	2.37	3793.6	161.3	51.04	50.80	0.24	0.46
3955	3952	3952	3952	3954	3955	3951	3955	3956	3960	2.66	3954.2	160.6	50.81	50.20	0.61	1.22
4113	4112	4114	4114	4112	4114	4112	4117	4115	4113	1.58	4113.6	159.4	50.43	49.60	0.83	1.68
4275	4274	4271	4277	4279	4277	4279	4280	4278	4272	3.08	4276.2	162.6	51.45	49.40	2.05	4.14
4425	4435	4425	4428	4430	4432	4431	4434	4432	4431	3.40	4430.3	154.1	48.76	48.40	0.36	0.74
4587	4588	4590	4591	4586	4588	4588	4587	4587	4587	1.52	4587.9	157.6	49.86	49.00	0.86	1.76
4745	4743	4745	4746	4746	4744	4747	4740	4744	4742	2.10	4744.2	156.3	49.45	49.60	-0.15	-0.30

ตารางที่ ก.19 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4902	4901	4900	4901	4902	4901	4902	4902	4902	4903	0.84	4901.6	157.4	49.80	50.20	-0.40	-0.79
5056	5056	5055	5057	5059	5058	5058	5059	5059	5057	1.43	5057.4	155.8	49.30	50.20	-0.90	-1.80
5217	5214	5218	5219	5217	5219	5219	5217	5218	5216	1.58	5217.4	160	50.62	49.80	0.82	1.65
5371	5372	5372	5374	5372	5374	5371	5372	5372	5373	1.06	5372.3	154.9	49.01	49.80	-0.79	-1.59
5531	5533	5530	5532	5532	5531	5530	5534	5531	5531	1.27	5531.5	159.2	50.37	49.60	0.77	1.55
5691	5692	5687	5687	5689	5689	5690	5689	5688	5689	1.60	5689.1	157.6	49.86	50.20	-0.34	-0.67
5844	5847	5847	5848	5845	5847	5843	5848	5846	5847	1.69	5846.2	157.1	49.71	49.20	0.51	1.03
5999	5998	5998	5998	5999	5999	6000	6001	5999	5996	1.34	5998.7	152.5	48.25	50.20	-1.95	-3.88
6153	6153	6151	6152	6154	6152	6154	6153	6153	6152	0.95	6152.7	154	48.73	50.00	-1.27	-2.55
6311	6313	6310	6309	6311	6313	6310	6310	6311	6310	1.32	6310.8	158.1	50.02	50.20	-0.18	-0.35
6469	6472	6473	6473	6470	6471	6468	6473	6473	6474	2.01	6471.6	160.8	50.88	50.80	0.08	0.15
6639	6636	6638	6638	6636	6642	6638	6641	6641	6642	2.28	6639.1	167.5	53.00	51.40	1.60	3.11
6805	6802	6805	6800	6802	6801	6801	6803	6801	6799	1.97	6801.9	162.8	51.51	51.60	-0.09	-0.17
6964	6956	6960	6961	6959	6966	6963	6956	6957	6955	3.77	6959.7	157.8	49.93	51.00	-1.07	-2.10
7113	7117	7116	7113	7113	7117	7114	7112	7114	7114	1.77	7114.3	154.6	48.92	50.40	-1.48	-2.95

ตารางที่ ก.19 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7286	7276	7283	7274	7277	7274	7276	7275	7281	7275	4.16	7277.7	163.4	51.70	51.00	0.70	1.37
7435	7444	7438	7435	7441	7441	7434	7436	7446	7437	4.11	7438.7	161	50.94	50.00	0.94	1.88
7585	7583	7588	7586	7588	7582	7583	7583	7584	7587	2.23	7584.9	146.2	46.26	49.00	-2.74	-5.60
7736	7737	7737	7736	7735	7736	7737	7737	7738	7737	0.84	7736.6	151.7	48.00	50.40	-2.40	-4.77
7893	7893	7895	7893	7894	7892	7891	7894	7892	7897	1.71	7893.4	156.8	49.61	50.80	-1.19	-2.34
8055	8054	8053	8059	8054	8055	8056	8055	8054	8058	1.89	8055.3	161.9	51.23	51.20	0.03	0.05
8212	8210	8215	8212	8214	8216	8217	8215	8217	8213	2.33	8214.1	158.8	50.24	51.60	-1.36	-2.63
8374	8373	8375	8375	8373	8374	8373	8377	8376	8373	1.42	8374.3	160.2	50.69	51.60	-0.91	-1.77
8531	8532	8532	8531	8528	8531	8531	8529	8528	8529	1.55	8530.2	155.9	49.33	51.40	-2.07	-4.03
8687	8689	8690	8687	8689	8691	8688	8689	8689	8686	1.51	8688.5	158.3	50.09	51.40	-1.31	-2.56
8847	8845	8846	8848	8846	8846	8844	8846	8846	8844	1.23	8845.8	157.3	49.77	51.60	-1.83	-3.55
8999	9003	9002	9001	9002	9009	9002	9001	9000	8999	2.86	9001.8	156	49.36	51.20	-1.84	-3.60
9162	9161	9163	9162	9161	9162	9163	9156	9159	9158	2.31	9160.7	158.9	50.28	51.60	-1.32	-2.57
9315	9319	9315	9317	9317	9318	9318	9317	9319	9318	1.42	9317.3	156.6	49.55	50.60	-1.05	-2.08
9478	9475	9481	9483	9478	9479	9480	9478	9478	9482	2.35	9479.2	161.9	51.23	51.00	0.23	0.44

ตารางที่ ก.20 ผลการสอบเทียบด้วยเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสงโดยเพิ่มครั้งละ 25 สเต็ป ตำแหน่ง 8.5 cm

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
161	160	161	163	161	160	159	160	160	159	1.17	160.4					
301	303	309	306	306	306	306	303	306	308	2.41	305.4	145	45.88	49.40	-3.52	-7.13
518	502	506	504	508	496	497	502	509	507	6.35	504.9	199.5	63.12	50.00	13.12	26.24
720	705	708	695	681	678	678	679	680	685	15.21	690.9	186	58.85	49.60	9.25	18.65
785	789	775	782	777	756	772	758	749	780	13.48	772.3	81.4	25.75	50.00	-24.25	-48.49
846	840	839	835	827	828	823	811	806	804	14.79	825.9	53.6	16.96	49.40	-32.44	-65.67
953	934	934	934	935	927	909	910	899	903	17.50	923.8	97.9	30.98	50.60	-19.62	-38.78
1073	1065	1101	1105	1105	1086	1079	1079	1077	1086	13.88	1085.6	161.8	51.19	50.80	0.39	0.77
1277	1276	1282	1283	1283	1282	1284	1288	1288	1289	4.39	1283.2	197.6	62.52	51.60	10.92	21.16
1450	1451	1447	1464	1467	1467	1473	1477	1468	1465	10.15	1462.9	179.7	56.86	51.00	5.86	11.48
1733	1738	1739	1739	1732	1741	1741	1741	1744	1742	3.83	1739	276.1	87.36	50.20	37.16	74.02
1899	1900	1900	1895	1895	1897	1898	1895	1902	1894	2.72	1897.5	158.5	50.15	50.20	-0.05	-0.10
2059	2058	2063	2062	2062	2057	2060	2060	2061	2058	2.00	2060	162.5	51.42	50.60	0.81	1.61
2215	2215	2215	2217	2219	2212	2213	2212	2212	2213	2.36	2214.3	154.3	48.82	49.80	-0.98	-1.97
2371	2373	2370	2371	2372	2374	2372	2375	2373	2370	1.66	2372.1	157.8	49.93	49.00	0.93	1.89

ตารางที่ ก.20 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2528	2525	2528	2533	2528	2531	2528	2527	2528	2526	2.30	2528.2	156.1	49.39	49.00	0.39	0.80
2685	2683	2684	2684	2684	2687	2687	2684	2684	2684	1.35	2684.6	156.4	49.48	48.80	0.68	1.40
2838	2841	2838	2842	2843	2743	2838	2839	2846	2840	30.96	2830.8	146.2	46.26	48.80	-2.54	-5.21
3003	2998	2999	2999	3002	2999	2997	2998	2997	2998	2.00	2999	168.2	53.22	48.40	4.82	9.96
3148	3148	3146	3152	3147	3152	3145	3142	3144	3142	3.57	3146.6	147.6	46.70	48.20	-1.50	-3.11
3296	3291	3292	3294	3291	3293	3292	3289	3292	3290	2.00	3292	145.4	46.00	49.40	-3.40	-6.87
3448	3439	3437	3442	3439	3422	3421	3421	3420	3417	11.40	3430.6	138.6	43.85	48.60	-4.75	-9.77
3545	3539	3543	3541	3542	3538	3542	3535	3534	3537	3.60	3539.6	109	34.49	49.40	-14.91	-30.19
3691	3689	3693	3688	3677	3680	3683	3691	3685	3680	5.52	3685.7	146.1	46.23	49.00	-2.77	-5.66
3833	3834	3832	3830	3840	3833	3832	3830	3830	3832	2.95	3832.6	146.9	46.48	49.40	-2.92	-5.91
3994	3986	3983	3988	3995	3989	3985	3983	3982	3990	4.55	3987.5	154.9	49.01	50.00	-0.99	-1.98
4137	4144	4144	4142	4137	4139	4132	4140	4137	4132	4.30	4138.4	150.9	47.74	51.00	-3.26	-6.38
4277	4283	4280	4269	4263	4272	4268	4261	4247	4236	14.71	4265.6	127.2	40.25	51.80	-11.55	-22.30
4381	4374	4370	4364	4372	4379	4357	4353	4347	4307	21.84	4360.4	94.8	29.99	50.60	-20.61	-40.72
4450	4445	4445	4437	4442	4418	4436	4432	4428	4421	10.65	4435.4	75	23.73	52.60	-28.87	-54.89

ตารางที่ ก.20 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4585	4576	4581	4582	4589	4592	4586	4586	4590	4586	4.69	4585.3	149.9	47.43	51.80	-4.37	-8.44
4747	4736	4740	4765	4728	4765	4743	4748	4723	4739	13.77	4743.4	158.1	50.02	51.40	-1.38	-2.68
4867	4873	4810	4869	4885	4883	4912	4876	4887	4897	26.84	4875.9	132.5	41.92	50.80	-8.88	-17.47
5138	5133	5134	5147	5109	5103	5101	5130	5133	5158	18.75	5128.6	252.7	79.95	50.40	29.55	58.64
5314	5327	5312	5323	5343	5339	5328	5360	5343	5332	14.61	5332.1	203.5	64.39	50.00	14.39	28.77
5521	5531	5533	5541	5534	5535	5538	5541	5545	5544	7.17	5536.3	204.2	64.61	49.80	14.81	29.74
5709	5711	5718	5717	5722	5722	5722	5738	5727	5735	9.31	5722.1	185.8	58.79	49.60	9.19	18.52
5889	5893	5895	5895	5899	5898	5897	5900	5904	5905	4.86	5897.5	175.4	55.50	49.60	5.90	11.89
6067	6067	6066	6066	6069	6073	6071	6070	6077	6109	12.95	6073.5	176	55.69	49.60	6.09	12.27
6243	6266	6268	6266	6270	6272	6280	6281	6279	6282	11.60	6270.7	197.2	62.39	47.80	14.59	30.53
6445	6449	6452	6449	6449	6451	6450	6452	6454	6452	2.50	6450.3	179.6	56.83	49.20	7.63	15.50
6613	6612	6615	6622	6621	6627	6626	6634	6634	6631	8.29	6623.5	173.2	54.80	95.40	-40.60	-42.56
6833	6821	6813	6814	6823	6845	6826	6814	6813	6829	10.51	6823.1	199.6	63.15	46.85	16.30	34.80
7029	7023	7044	7057	7001	6947	7030	6942	7050	7069	43.72	7019.2	196.1	62.05	-0.05	62.10	-124192.08
7149	7137	7146	7175	7154	7135	7127	7175	7145	7151	15.74	7149.4	130.2	41.20	47.40	-6.20	-13.09

ตารางที่ ก.20 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7261	7281	7275	7257	7281	7287	7273	7274	7276	7287	9.92	7275.2	125.8	39.80	47.20	-7.40	-15.67
7442	7442	7436	7433	7436	7436	7430	7417	7441	7439	7.50	7435.2	160	50.62	48.20	2.42	5.03
7570	7578	7583	7593	7574	7576	7575	7577	7572	7573	6.64	7577.1	141.9	44.90	47.80	-2.90	-6.07
7737	7735	7737	7741	7734	7737	7741	7735	7744	7737	3.19	7737.8	160.7	50.85	45.40	5.45	11.99
7904	7894	7893	7890	7891	7892	7898	7898	7892	7891	4.40	7894.3	156.5	49.52	48.20	1.32	2.73
8058	8056	8054	8052	8052	8054	8053	8057	8054	8054	2.01	8054.4	160.1	50.66	53.00	-2.34	-4.42
8209	8214	8212	8210	8211	8211	8211	8209	8209	8211	1.57	8210.7	156.3	49.45	41.20	8.25	20.03
8371	8369	8371	8371	8370	8369	8371	8370	8373	8373	1.40	8370.8	160.1	50.66	51.60	-0.94	-1.83
8528	8526	8524	8528	8527	8527	8529	8526	8526	8529	1.56	8527	156.2	49.42	53.80	-4.38	-8.14
8686	8683	8687	8684	8685	8687	8685	8685	8685	8686	1.25	8685.3	158.3	50.09	54.00	-3.91	-7.25
8845	8842	8842	8841	8844	8841	8844	8848	8842	8843	2.15	8843.2	157.9	49.96	53.20	-3.24	-6.09
9002	9002	9002	9003	8998	9001	9003	9003	8999	9001	1.71	9001.4	158.2	50.05	51.00	-0.95	-1.85
9158	9158	9156	9159	9156	9157	9155	9157	9154	9156	1.51	9156.6	155.2	49.11	51.40	-2.29	-4.46
9320	9316	9317	9316	9318	9317	9319	9319	9317	9319	1.40	9317.8	161.2	51.00	56.80	-5.80	-10.20
9473	9474	9474	9472	9473	9474	9472	9476	9476	9472	1.51	9473.6	155.8	49.30	59.60	-10.30	-17.29

ตารางที่ ก.21 ผลการสอบเทียบอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์กับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสงให้มอเตอร์หมุน 10 รอบต่อวินาที

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
158	155	157	159	156	158	159	157	154	159	1.75	157.2					
304	309	308	308	306	306	307	306	304	309	1.83	306.7	149.5	47.30	48.80	-1.50	-3.07
474	473	472	474	473	470	474	472	472	472	1.26	472.6	165.9	52.49	49.00	3.49	7.12
635	636	629	634	632	633	631	633	633	632	1.99	632.8	160.2	50.69	49.80	0.89	1.78
794	794	793	794	796	797	795	796	798	794	1.60	795.1	162.3	51.35	49.80	1.55	3.12
949	953	950	950	951	954	950	951	950	948	1.78	950.6	155.5	49.20	49.00	0.20	0.41
1094	1095	1094	1097	1095	1094	1094	1096	1096	1098	1.42	1095.3	144.7	45.78	49.80	-4.02	-8.07
1250	1246	1247	1248	1248	1251	1248	1251	1249	1248	1.65	1248.6	153.3	48.50	49.00	-0.50	-1.01
1409	1407	1409	1410	1411	1411	1410	1411	1411	1409	1.32	1409.8	161.2	51.00	50.60	0.40	0.80
1569	1572	1573	1572	1574	1574	1572	1574	1573	1573	1.51	1572.6	162.8	51.51	49.60	1.91	3.85
1736	1735	1734	1734	1734	1735	1735	1734	1735	1735	0.67	1734.7	162.1	51.29	48.80	2.49	5.10
1892	1895	1896	1894	1893	1893	1893	1894	1892	1890	1.69	1893.2	158.5	50.15	50.80	-0.65	-1.28
2054	2050	2050	2050	2049	2048	2048	2048	2047	2046	2.21	2049	155.8	49.30	50.20	-0.90	-1.80
2204	2206	2207	2201	2200	2203	2206	2201	2201	2200	2.69	2202.9	153.9	48.69	49.40	-0.71	-1.43
2362	2361	2362	2364	2361	2362	2363	2362	2363	2365	1.27	2362.5	159.6	50.50	50.00	0.50	0.99

ตารางที่ ก.21(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2523	2522	2524	2525	2525	2525	2524	2528	2527	2524	1.77	2524.7	162.2	51.32	50.80	0.52	1.02
2690	2691	2692	2692	2690	2690	2689	2690	2688	2690	1.23	2690.2	165.5	52.36	50.40	1.96	3.90
2857	2856	2854	2854	2856	2854	2854	2855	2855	2854	1.10	2854.9	164.7	52.11	49.60	2.51	5.06
3019	3013	3017	3018	3016	3015	3017	3016	3013	3017	1.97	3016.1	161.2	51.00	49.40	1.60	3.25
3165	3166	3164	3164	3165	3168	3163	3163	3164	3165	1.49	3164.7	148.6	47.02	49.60	-2.58	-5.21
3319	3316	3323	3318	3319	3317	3320	3318	3318	3318	1.90	3318.6	153.9	48.69	48.80	-0.11	-0.22
3476	3470	3465	3470	3467	3468	3467	3466	3466	3470	3.21	3468.5	149.9	47.43	49.40	-1.97	-3.99
3625	3627	3627	3626	3627	3626	3625	3625	3624	3625	1.06	3625.7	157.2	49.74	49.20	0.54	1.09
3783	3783	3784	3785	3784	3784	3785	3785	3785	3783	0.88	3784.1	158.4	50.12	50.20	-0.08	-0.16
3945	3944	3943	3943	3945	3945	3946	3944	3944	3944	0.95	3944.3	160.2	50.69	50.20	0.49	0.97
4099	4104	4099	4099	4101	4101	4102	4099	4103	4104	2.08	4101.1	156.8	49.61	49.20	0.41	0.84
4259	4258	4258	4261	4259	4261	4258	4258	4260	4258	1.25	4259	157.9	49.96	49.60	0.36	0.72
4413	4415	4416	4416	4415	4415	4416	4411	4412	4418	2.11	4414.7	155.7	49.26	50.00	-0.74	-1.47
4576	4573	4573	4572	4573	4572	4572	4572	4571	4574	1.40	4572.8	158.1	50.02	49.80	0.22	0.45
4730	4730	4732	4731	4732	4730	4732	4727	4730	4728	1.69	4730.2	157.4	49.80	50.00	-0.20	-0.40

ตารางที่ ก.21(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4893	4890	4895	4893	4892	4894	4892	4894	4895	4893	1.52	4893.1	162.9	51.54	50.20	1.34	2.67
5047	5051	5051	5053	5050	5048	5048	5052	5052	5052	2.07	5050.4	157.3	49.77	49.40	0.37	0.75
5211	5210	5208	5210	5210	5209	5209	5206	5208	5208	1.45	5208.9	158.5	50.15	50.40	-0.25	-0.50
5363	5366	5364	5365	5368	5363	5365	5364	5368	5366	1.81	5365.2	156.3	49.45	50.40	-0.95	-1.88
5525	5527	5525	5526	5525	5526	5526	5526	5528	5527	0.99	5526.1	160.9	50.91	50.40	0.51	1.01
5691	5690	5690	5691	5690	5691	5689	5694	5690	5692	1.40	5690.8	164.7	52.11	50.80	1.31	2.58
5848	5851	5853	5853	5849	5852	5852	5848	5850	5850	1.90	5850.6	159.8	50.56	50.40	0.16	0.32
6010	6013	6011	6011	6013	6011	6011	6013	6012	6008	1.57	6011.3	160.7	50.85	50.00	0.85	1.69
6175	6169	6170	6171	6171	6175	6174	6173	6175	6171	2.27	6172.4	161.1	50.97	49.40	1.57	3.18
6332	6323	6323	6326	6324	6322	6324	6322	6324	6330	3.40	6325	152.6	48.28	50.80	-2.52	-4.96
6476	6482	6481	6477	6481	6477	6478	6482	6479	6480	2.21	6479.3	154.3	48.82	48.60	0.22	0.45
6631	6633	6628	6629	6628	6629	6630	6631	6631	6631	1.60	6630.1	150.8	47.71	49.80	-2.09	-4.19
6789	6785	6789	6789	6788	6788	6788	6786	6787	6788	1.34	6787.7	157.6	49.86	50.40	-0.54	-1.06
6946	6946	6947	6947	6946	6944	6945	6945	6944	6946	1.07	6945.6	157.9	49.96	50.40	-0.44	-0.87
7105	7106	7107	7109	7103	7109	7107	7106	7108	7105	1.90	7106.5	160.9	50.91	50.20	0.71	1.41

ตารางที่ ก.21(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7262	7263	7264	7264	7264	7266	7267	7266	7269	7265	2.05	7265	158.5	50.15	50.40	-0.25	-0.50
7422	7420	7423	7422	7420	7423	7422	7422	7425	7425	1.71	7422.4	157.4	49.80	50.40	-0.60	-1.19
7576	7577	7576	7577	7578	7577	7575	7576	7574	7577	1.16	7576.3	153.9	48.69	50.00	-1.31	-2.61
7741	7738	7738	7734	7737	7737	7737	7737	7736	7736	1.79	7737.1	160.8	50.88	50.40	0.48	0.95
7891	7893	7889	7891	7890	7890	7891	7890	7892	7895	1.75	7891.2	154.1	48.76	49.60	-0.84	-1.70
8052	8055	8051	8054	8050	8052	8055	8052	8054	8054	1.73	8052.9	161.7	51.16	50.20	0.96	1.92
8209	8208	8207	8210	8206	8206	8210	8207	8215	8211	2.77	8208.9	156	49.36	51.20	-1.84	-3.60
8371	8371	8368	8371	8372	8373	8368	8370	8370	8369	1.64	8370.3	161.4	51.07	50.60	0.47	0.92
8529	8531	8526	8527	8532	8530	8528	8531	8533	8528	2.27	8529.5	159.2	50.37	50.40	-0.03	-0.06
8691	8687	8692	8691	8688	8686	8689	8687	8691	8690	2.10	8689.2	159.7	50.53	51.00	-0.47	-0.92
8850	8847	8851	8848	8852	8852	8853	8849	8851	8851	1.90	8850.4	161.2	51.00	51.00	0.00	0.01
9009	9011	9009	9014	9007	9012	9012	9009	9013	9014	2.40	9011	160.6	50.81	51.20	-0.39	-0.75
9175	9170	9168	9172	9176	9174	9174	9172	9171	9173	2.42	9172.5	161.5	51.10	51.00	0.10	0.19
9332	9329	9336	9331	9333	9333	9328	9336	9335	9332	2.72	9332.5	160	50.62	49.60	1.02	2.06
9490	9488	9491	9486	9487	9490	9489	9489	9491	9491	1.75	9489.2	156.7	49.58	50.40	-0.82	-1.63

ตารางที่ ก.21(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมิ่นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
158	156	156	154	158	158	154	154	155	159	1.93	156.2					
313	314	313	311	315	315	312	312	314	314	1.34	313.3	157.1	49.71	50.20	-0.49	-0.98
482	485	485	479	481	482	481	479	481	484	2.18	481.9	168.6	53.35	50.00	3.35	6.69
646	645	647	647	644	644	642	647	645	645	1.62	645.2	163.3	51.67	50.40	1.27	2.52
819	825	830	825	836	824	820	834	826	822	5.65	826.1	180.9	57.24	49.60	7.64	15.40
974	978	973	975	983	984	981	982	980	983	4.06	979.3	153.2	48.47	49.20	-0.73	-1.48
1126	1118	1122	1120	1117	1118	1119	1120	1123	1123	2.84	1120.6	141.3	44.71	47.60	-2.89	-6.08
1262	1263	1262	1261	1261	1269	1261	1261	1262	1270	3.39	1263.2	142.6	45.12	49.20	-4.08	-8.30
1415	1419	1421	1422	1419	1424	1421	1420	1417	1417	2.68	1419.5	156.3	49.45	48.60	0.85	1.76
1582	1581	1585	1580	1582	1583	1583	1582	1583	1582	1.34	1582.3	162.8	51.51	49.20	2.31	4.69
1745	1745	1747	1746	1745	1744	1746	1747	1748	1748	1.37	1746.1	163.8	51.83	49.20	2.63	5.34
1898	1900	1901	1903	1896	1902	1899	1900	1902	1897	2.30	1899.8	153.7	48.63	49.00	-0.37	-0.75
2061	2055	2056	2058	2057	2057	2059	2060	2058	2058	1.79	2057.9	158.1	50.02	48.80	1.22	2.51
2207	2208	2205	2208	2204	2205	2203	2203	2208	2203	2.17	2205.4	147.5	46.67	49.20	-2.53	-5.14
2364	2362	2361	2363	2360	2364	2362	2361	2360	2363	1.49	2362	156.6	49.55	49.20	0.35	0.71

ตารางที่ ก.21(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมื่นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2521	2524	2523	2523	2523	2520	2521	2525	2520	2519	1.97	2521.9	159.9	50.59	49.00	1.59	3.25
2676	2679	2678	2679	2674	2679	2677	2676	2678	2677	1.64	2677.3	155.4	49.17	50.00	-0.83	-1.66
2835	2833	2832	2836	2834	2835	2831	2832	2835	2835	1.69	2833.8	156.5	49.52	49.20	0.32	0.64
2995	2996	2995	2996	2995	2996	2994	2998	2996	2998	1.29	2995.9	162.1	51.29	50.40	0.89	1.76
3156	3152	3153	3151	3152	3153	3151	3151	3153	3152	1.51	3152.4	156.5	49.52	49.60	-0.08	-0.17
3310	3314	3314	3324	3314	3315	3313	3312	3315	3313	3.69	3314.4	162	51.26	50.60	0.66	1.30
3471	3468	3471	3473	3474	3469	3473	3470	3472	3474	2.07	3471.5	157.1	49.71	51.00	-1.29	-2.54
3641	3640	3639	3639	3640	3637	3638	3641	3638	3636	1.66	3638.9	167.4	52.97	50.80	2.17	4.26
3799	3794	3797	3796	3798	3798	3798	3798	3798	3795	1.60	3797.1	158.2	50.05	50.40	-0.35	-0.69
3965	3957	3961	3963	3961	3965	3960	3958	3963	3960	2.71	3961.3	164.2	51.95	50.20	1.75	3.49
4115	4115	4117	4117	4116	4116	4120	4115	4119	4118	1.75	4116.8	155.5	49.20	49.00	0.20	0.41
4273	4270	4268	4273	4274	4270	4271	4271	4269	4269	1.99	4270.8	154	48.73	49.20	-0.47	-0.96
4421	4423	4421	4425	4422	4425	4428	4438	4430	4434	5.77	4426.7	155.9	49.33	48.60	0.73	1.50
4589	4587	4587	4589	4590	4588	4588	4590	4588	4587	1.16	4588.3	161.6	51.13	49.20	1.93	3.92
4739	4744	4740	4744	4741	4742	4744	4742	4743	4745	1.96	4742.4	154.1	48.76	49.80	-1.04	-2.09

ตารางที่ ก.21(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมิ่นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4901	4907	4903	4904	4903	4903	4905	4907	4900	4904	2.26	4903.7	161.3	51.04	49.80	1.24	2.48
5057	5056	5059	5059	5060	5058	5054	5053	5056	5057	2.23	5056.9	153.2	48.47	49.60	-1.13	-2.27
5215	5218	5215	5217	5216	5221	5216	5209	5215	5215	3.02	5215.7	158.8	50.24	49.60	0.64	1.30
5371	5372	5373	5370	5372	5374	5370	5374	5371	5372	1.45	5371.9	156.2	49.42	50.20	-0.78	-1.55
5530	5531	5529	5533	5531	5530	5532	5531	5529	5531	1.25	5530.7	158.8	50.24	50.00	0.24	0.49
5687	5687	5686	5684	5682	5684	5684	5687	5680	5685	2.32	5684.6	153.9	48.69	50.00	-1.31	-2.61
5845	5844	5845	5847	5843	5843	5845	5844	5842	5843	1.45	5844.1	159.5	50.47	49.60	0.87	1.75
6003	5994	5997	5996	5997	5998	5997	5996	5996	5994	2.53	5996.8	152.7	48.31	49.80	-1.49	-2.98
6155	6155	6156	6155	6154	6155	6154	6156	6155	6157	0.92	6155.2	158.4	50.12	50.60	-0.48	-0.95
6307	6310	6307	6311	6309	6311	6310	6310	6310	6312	1.64	6309.7	154.5	48.88	50.40	-1.52	-3.01
6474	6477	6476	6473	6481	6477	6476	6479	6480	6476	2.51	6476.9	167.2	52.90	50.80	2.10	4.14
6635	6640	6637	6641	6637	6640	6638	6639	6640	6637	1.90	6638.4	161.5	51.10	51.40	-0.30	-0.59
6807	6807	6805	6807	6799	6805	6810	6807	6801	6808	3.31	6805.6	167.2	52.90	51.20	1.70	3.32
6965	6968	6965	6965	6968	6969	6965	6969	6967	6968	1.73	6966.9	161.3	51.04	51.20	-0.16	-0.32
7128	7131	7131	7131	7130	7129	7128	7129	7129	7126	1.62	7129.2	162.3	51.35	51.00	0.35	0.69

ตารางที่ ก.21(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7284	7279	7282	7289	7281	7289	7288	7284	7287	7282	3.57	7284.5	155.3	49.14	50.80	-1.66	-3.27
7451	7440	7448	7440	7444	7447	7440	7441	7442	7441	3.95	7443.4	158.9	50.28	50.00	0.28	0.55
7586	7586	7590	7590	7584	7585	7590	7585	7585	7588	2.38	7586.9	143.5	45.40	49.40	-4.00	-8.09
7739	7741	7736	7738	7742	7739	7740	7737	7738	7739	1.79	7738.9	152	48.09	50.20	-2.11	-4.20
7894	7900	7895	7892	7894	7896	7893	7894	7897	7899	2.59	7895.4	156.5	49.52	50.80	-1.28	-2.53
8054	8055	8053	8052	8056	8051	8052	8052	8055	8052	1.69	8053.2	157.8	49.93	51.80	-1.87	-3.61
8209	8207	8206	8208	8205	8207	8207	8206	8207	8209	1.29	8207.1	153.9	48.69	51.60	-2.91	-5.63
8368	8368	8370	8366	8368	8368	8368	8367	8369	8366	1.23	8367.8	160.7	50.85	51.60	-0.75	-1.46
8521	8523	8523	8521	8522	8520	8521	8522	8523	8520	1.17	8521.6	153.8	48.66	51.00	-2.34	-4.58
8683	8683	8677	8681	8680	8681	8680	8682	8682	8681	1.76	8681	159.4	50.43	51.20	-0.77	-1.50
8838	8837	8839	8839	8839	8841	8842	8838	8840	8838	1.52	8839.1	158.1	50.02	51.40	-1.38	-2.68
9000	9003	9003	9003	9003	9007	9009	9004	9005	9005	2.49	9004.2	165.1	52.24	50.80	1.44	2.83
9163	9164	9164	9166	9163	9163	9164	9166	9164	9162	1.29	9163.9	159.7	50.53	51.20	-0.67	-1.31
9320	9323	9323	9325	9324	9324	9323	9325	9324	9321	1.62	9323.2	159.3	50.40	51.40	-1.00	-1.94
9480	9475	9472	9476	9472	9473	9474	9474	9478	9479	2.87	9475.3	152.1	48.12	50.60	-2.48	-4.89

ตารางที่ ก.22 ผลการสอบเทียบอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์กับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสงให้มอเตอร์หมุน 9 รอบต่อวินาที

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
166	168	166	171	169	168	166	166	166	168	1.71	167.4					
304	305	308	307	307	309	308	308	309	310	1.84	307.5	140.1	44.33	48.40	-4.07	-8.41
477	479	479	478	478	477	479	472	479	477	2.12	477.5	170	53.79	49.40	4.39	8.88
637	639	638	640	639	642	640	642	636	638	1.97	639.1	161.6	51.13	49.20	1.93	3.92
777	775	779	781	778	779	773	774	780	780	2.76	777.6	138.5	43.82	50.00	-6.18	-12.36
942	941	939	939	939	943	939	941	939	938	1.63	940	162.4	51.38	49.40	1.98	4.01
1110	1108	1111	1105	1107	1106	1112	1114	1113	1111	3.06	1109.7	169.7	53.69	49.80	3.89	7.82
1265	1265	1266	1267	1265	1266	1265	1263	1260	1265	1.95	1264.7	155	49.04	49.60	-0.56	-1.13
1411	1409	1406	1411	1409	1408	1406	1410	1408	1409	1.77	1408.7	144	45.56	49.60	-4.04	-8.14
1571	1567	1568	1570	1572	1568	1573	1571	1573	1569	2.15	1570.2	161.5	51.10	49.40	1.70	3.44
1735	1745	1742	1744	1741	1735	1741	1738	1742	1742	3.44	1740.5	170.3	53.88	49.80	4.08	8.20
1897	1895	1893	1896	1896	1895	1896	1898	1894	1895	1.43	1895.5	155	49.04	50.60	-1.56	-3.08
2045	2047	2044	2044	2044	2044	2045	2043	2042	2045	1.34	2044.3	148.8	47.08	50.00	-2.92	-5.84
2202	2205	2208	2203	2201	2202	2205	2203	2204	2203	2.01	2203.6	159.3	50.40	49.40	1.00	2.03
2369	2368	2367	2365	2372	2363	2362	2365	2364	2367	3.01	2366.2	162.6	51.45	49.80	1.65	3.31

ตารางที่ ก.22(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2526	2525	2526	2529	2525	2529	2527	2526	2525	2526	1.51	2526.4	160.2	50.69	50.40	0.29	0.57
2685	2689	2685	2690	2683	2689	2684	2689	2684	2689	2.71	2686.7	160.3	50.72	50.20	0.52	1.03
2853	2854	2850	2851	2854	2854	2850	2854	2854	2851	1.78	2852.5	165.8	52.46	49.00	3.46	7.06
3016	3009	3014	3017	3014	3019	3017	3011	3016	3016	3.00	3014.9	162.4	51.38	49.20	2.18	4.44
3163	3165	3162	3169	3163	3164	3164	3162	3162	3162	2.17	3163.6	148.7	47.05	50.40	-3.35	-6.65
3318	3318	3319	3320	3319	3321	3321	3318	3323	3323	1.94	3320	156.4	49.48	48.60	0.88	1.82
3468	3471	3470	3468	3467	3469	3465	3468	3466	3467	1.79	3467.9	147.9	46.80	49.20	-2.40	-4.89
3621	3622	3622	3619	3623	3622	3622	3620	3623	3621	1.27	3621.5	153.6	48.60	49.80	-1.20	-2.41
3781	3778	3782	3781	3779	3778	3778	3779	3779	3781	1.51	3779.6	158.1	50.02	50.20	-0.18	-0.35
3938	3937	3937	3938	3938	3936	3936	3937	3938	3937	0.79	3937.2	157.6	49.86	49.80	0.06	0.13
4099	4096	4099	4100	4102	4094	4097	4096	4098	4096	2.36	4097.7	160.5	50.78	49.00	1.78	3.64
4258	4261	4261	4259	4259	4258	4257	4259	4259	4258	1.29	4258.9	161.2	51.00	50.00	1.00	2.01
4418	4421	4420	4421	4421	4418	4415	4414	4413	4414	3.24	4417.5	158.6	50.18	49.80	0.38	0.77
4579	4578	4578	4580	4577	4577	4579	4577	4579	4578	1.03	4578.2	160.7	50.85	50.00	0.85	1.69
4735	4736	4734	4733	4736	4733	4738	4735	4737	4733	1.76	4735	156.8	49.61	49.40	0.21	0.43

ตารางที่ ก.22(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4893	4894	4892	4890	4889	4892	4889	4891	4889	4893	1.87	4891.2	156.2	49.42	50.20	-0.78	-1.55
5049	5049	5052	5046	5047	5049	5053	5049	5051	5047	2.25	5049.2	158	49.99	50.00	-0.01	-0.02
5206	5207	5210	5207	5208	5211	5205	5205	5208	5207	1.96	5207.4	158.2	50.05	50.20	-0.15	-0.29
5367	5368	5367	5367	5369	5367	5370	5370	5367	5365	1.57	5367.7	160.3	50.72	50.20	0.52	1.03
5527	5527	5529	5527	5528	5525	5527	5527	5527	5531	1.58	5527.5	159.8	50.56	50.40	0.16	0.32
5691	5690	5693	5693	5693	5694	5691	5692	5693	5692	1.23	5692.2	164.7	52.11	51.20	0.91	1.78
5855	5853	5855	5858	5857	5853	5856	5858	5853	5849	2.79	5854.7	162.5	51.42	50.40	1.01	2.01
6013	6007	6013	6009	6012	6012	6012	6013	6016	6013	2.45	6012	157.3	49.77	49.40	0.37	0.75
6178	6173	6175	6177	6175	6175	6176	6173	6175	6178	1.78	6175.5	163.5	51.73	50.20	1.53	3.05
6329	6333	6331	6331	6328	6332	6328	6332	6330	6328	1.87	6330.2	154.7	48.95	50.00	-1.05	-2.11
6483	6486	6486	6487	6486	6481	6483	6489	6484	6488	2.50	6485.3	155.1	49.07	49.40	-0.33	-0.66
6633	6634	6634	6635	6634	6634	6633	6631	6634	6634	1.07	6633.6	148.3	46.92	49.20	-2.28	-4.63
6790	6787	6788	6788	6790	6788	6788	6791	6788	6785	1.70	6788.3	154.7	48.95	50.40	-1.45	-2.88
6950	6950	6949	6950	6948	6950	6947	6950	6949	6949	1.03	6949.2	160.9	50.91	50.60	0.31	0.61
7107	7104	7100	7100	7098	7100	7098	7101	7103	7100	2.81	7101.1	151.9	48.06	50.40	-2.34	-4.64

ตารางที่ ก.22(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7263	7263	7268	7265	7265	7264	7265	7270	7268	7264	2.37	7265.5	164.4	52.02	50.80	1.22	2.39
7423	7420	7424	7421	7420	7423	7420	7419	7421	7421	1.62	7421.2	155.7	49.26	50.00	-0.74	-1.47
7580	7582	7582	7584	7579	7579	7582	7585	7580	7582	2.01	7581.5	160.3	50.72	50.20	0.52	1.03
7737	7733	7733	7738	7735	7736	7734	7733	7731	7731	2.38	7734.1	152.6	48.28	50.40	-2.12	-4.20
7894	7899	7901	7899	7901	7901	7903	7903	7904	7904	3.03	7900.9	166.8	52.78	50.00	2.78	5.55
8060	8060	8059	8059	8060	8057	8056	8053	8052	8053	3.21	8056.9	156	49.36	51.00	-1.64	-3.22
8210	8209	8212	8210	8204	8208	8207	8206	8205	8205	2.63	8207.6	150.7	47.68	50.80	-3.12	-6.14
8364	8364	8366	8364	8364	8364	8364	8365	8362	8362	1.20	8363.9	156.3	49.45	50.00	-0.55	-1.09
8523	8521	8524	8521	8521	8523	8524	8523	8524	8525	1.45	8522.9	159	50.31	50.80	-0.49	-0.97
8683	8684	8687	8684	8685	8683	8686	8684	8684	8683	1.34	8684.3	161.4	51.07	50.80	0.27	0.53
8855	8848	8853	8855	8856	8852	8849	8853	8854	8855	2.67	8853	168.7	53.38	51.20	2.18	4.25
9015	9017	9012	9010	9007	9009	9004	9009	9010	9011	3.72	9010.4	157.4	49.80	52.00	-2.20	-4.23
9168	9163	9164	9164	9165	9165	9166	9166	9164	9167	1.55	9165.2	154.8	48.98	49.60	-0.62	-1.25
9323	9329	9325	9327	9328	9331	9331	9329	9330	9327	2.58	9328	162.8	51.51	49.80	1.71	3.43
9482	9479	9483	9486	9481	9480	9481	9480	9478	9481	2.23	9481.1	153.1	48.44	50.80	-2.36	-4.64

ตารางที่ ก.22(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมิ่นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
163	164	162	162	162	163	163	163	164	161	0.95	162.7					
313	309	309	312	311	312	312	311	312	311	1.32	311.2	148.5	46.99	50.00	-3.01	-6.03
509	498	502	505	503	505	498	508	509	508	4.20	504.5	193.3	61.16	50.00	11.16	22.32
665	664	662	666	668	671	664	670	670	670	3.20	667	162.5	51.42	50.40	1.01	2.01
802	808	802	803	810	806	803	807	808	805	2.84	805.4	138.4	43.79	49.80	-6.01	-12.07
971	966	967	963	964	963	964	967	965	966	2.41	965.6	160.2	50.69	49.40	1.29	2.61
1122	1125	1126	1121	1129	1129	1123	1126	1135	1130	4.25	1126.6	161	50.94	48.00	2.94	6.13
1288	1294	1286	1283	1290	1288	1283	1284	1287	1287	3.37	1287	160.4	50.75	47.80	2.95	6.17
1418	1419	1424	1423	1419	1420	1419	1420	1420	1421	1.89	1420.3	133.3	42.18	49.00	-6.82	-13.93
1583	1579	1582	1581	1579	1581	1583	1578	1579	1578	1.95	1580.3	160	50.62	49.00	1.62	3.31
1748	1748	1748	1746	1746	1742	1745	1741	1746	1745	2.42	1745.5	165.2	52.27	49.40	2.87	5.81
1900	1896	1898	1895	1896	1895	1893	1895	1891	1895	2.46	1895.4	149.9	47.43	49.00	-1.57	-3.21
2050	2051	2051	2052	2054	2049	2052	2052	2049	2053	1.64	2051.3	155.9	49.33	48.80	0.53	1.08
2207	2210	2207	2209	2208	2208	2207	2210	2210	2212	1.69	2208.8	157.5	49.83	49.00	0.83	1.70
2374	2371	2374	2376	2375	2371	2373	2367	2374	2374	2.60	2372.9	164.1	51.92	48.80	3.12	6.40

ตารางที่ ก.22(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2525	2522	2520	2521	2522	2521	2519	2520	2517	2518	2.27	2520.5	147.6	46.70	49.40	-2.70	-5.46
2674	2676	2676	2674	2672	2678	2675	2676	2677	2674	1.75	2675.2	154.7	48.95	49.00	-0.05	-0.11
2833	2834	2832	2838	2834	2830	2837	2833	2833	2833	2.31	2833.7	158.5	50.15	50.00	0.15	0.30
2994	2994	2992	2991	2990	2996	2993	2992	2994	2993	1.73	2992.9	159.2	50.37	49.80	0.57	1.15
3155	3154	3156	3156	3156	3156	3159	3161	3160	3158	2.28	3157.1	164.2	51.95	50.00	1.95	3.91
3323	3323	3328	3323	3322	3320	3327	3323	3324	3324	2.31	3323.7	166.6	52.71	50.60	2.11	4.17
3490	3487	3488	3488	3491	3489	3489	3488	3488	3491	1.37	3488.9	165.2	52.27	50.60	1.67	3.30
3650	3651	3650	3655	3649	3655	3649	3651	3654	3650	2.37	3651.4	162.5	51.42	51.20	0.22	0.42
3805	3806	3803	3801	3804	3808	3805	3805	3808	3805	2.11	3805	153.6	48.60	50.40	-1.80	-3.57
3969	3971	3972	3969	3966	3970	3974	3972	3967	3969	2.42	3969.9	164.9	52.17	50.00	2.17	4.35
4125	4128	4125	4133	4126	4126	4133	4130	4121	4131	3.91	4127.8	157.9	49.96	49.20	0.76	1.54
4287	4287	4283	4287	4289	4286	4292	4283	4292	4286	3.12	4287.2	159.4	50.43	49.60	0.83	1.68
4436	4438	4432	4439	4437	4430	4425	4426	4429	4430	5.03	4432.2	145	45.88	50.60	-4.72	-9.33
4581	4582	4582	4580	4578	4582	4580	4581	4580	4583	1.45	4580.9	148.7	47.05	47.00	0.05	0.10
4736	4734	4735	4734	4735	4735	4735	4734	4734	4735	0.67	4734.7	153.8	48.66	50.00	-1.34	-2.68

ตารางที่ ก.22(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมิ่นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4890	4891	4891	4892	4889	4891	4890	4893	4892	4890	1.20	4890.9	156.2	49.42	49.20	0.22	0.45
5046	5047	5046	5045	5045	5044	5048	5047	5044	5044	1.43	5045.6	154.7	48.95	49.80	-0.85	-1.71
5205	5206	5206	5205	5205	5207	5207	5206	5210	5206	1.49	5206.3	160.7	50.85	50.20	0.65	1.29
5365	5362	5362	5364	5361	5362	5363	5366	5362	5364	1.60	5363.1	156.8	49.61	50.60	-0.99	-1.95
5520	5521	5520	5522	5522	5523	5523	5521	5524	5525	1.66	5522.1	159	50.31	49.20	1.11	2.25
5677	5675	5681	5679	5679	5680	5683	5678	5682	5681	2.42	5679.5	157.4	49.80	49.80	0.00	0.00
5838	5844	5841	5838	5841	5840	5837	5838	5842	5836	2.51	5839.5	160	50.62	49.40	1.22	2.48
5995	5993	5992	5995	5994	5993	5996	5995	5993	5994	1.25	5994	154.5	48.88	50.20	-1.32	-2.62
6153	6155	6155	6155	6154	6155	6152	6155	6156	6155	1.18	6154.5	160.5	50.78	50.20	0.58	1.16
6314	6316	6314	6318	6316	6315	6319	6313	6313	6313	2.13	6315.1	160.6	50.81	50.60	0.21	0.42
6477	6480	6475	6479	6476	6480	6476	6480	6479	6476	1.99	6477.8	162.7	51.48	50.80	0.68	1.34
6636	6639	6641	6643	6640	6642	6643	6640	6644	6646	2.84	6641.4	163.6	51.76	51.40	0.36	0.71
6807	6806	6806	6807	6805	6804	6803	6804	6807	6803	1.62	6805.2	163.8	51.83	51.20	0.63	1.22
6968	6965	6963	6970	6967	6962	6969	6964	6963	6965	2.76	6965.6	160.4	50.75	51.60	-0.85	-1.65
7134	7128	7132	7125	7132	7128	7134	7139	7139	7141	5.31	7133.2	167.6	53.03	50.00	3.03	6.06

ตารางที่ ก.22(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7299	7291	7291	7293	7288	7294	7293	7293	7287	7289	3.46	7291.8	158.6	50.18	50.40	-0.22	-0.43
7450	7447	7450	7450	7446	7445	7455	7442	7443	7446	3.89	7447.4	155.6	49.23	50.00	-0.77	-1.54
7592	7598	7601	7597	7602	7598	7598	7598	7602	7600	2.95	7598.6	151.2	47.84	49.40	-1.56	-3.16
7748	7748	7751	7748	7749	7746	7748	7749	7750	7745	1.75	7748.2	149.6	47.33	50.40	-3.07	-6.08
7904	7903	7901	7901	7902	7901	7903	7903	7901	7900	1.29	7901.9	153.7	48.63	51.40	-2.77	-5.39
8061	8061	8063	8060	8058	8059	8057	8058	8057	8061	2.01	8059.5	157.6	49.86	50.60	-0.74	-1.45
8210	8211	8206	8208	8203	8209	8206	8207	8208	8205	2.41	8207.3	147.8	46.76	51.80	-5.04	-9.72
8368	8364	8366	8364	8365	8360	8367	8367	8368	8365	2.41	8365.4	158.1	50.02	51.20	-1.18	-2.30
8519	8521	8519	8521	8522	8524	8523	8518	8522	8521	1.89	8521	155.6	49.23	51.40	-2.17	-4.22
8683	8683	8684	8682	8681	8682	8681	8684	8684	8684	1.23	8682.8	161.8	51.19	51.40	-0.21	-0.40
8840	8837	8839	8841	8840	8840	8839	8840	8839	8841	1.17	8839.6	156.8	49.61	51.80	-2.19	-4.22
9002	9003	9003	9004	9003	9000	9003	9006	9006	9004	1.78	9003.4	163.8	51.83	51.40	0.43	0.83
9161	9160	9161	9162	9159	9161	9163	9160	9163	9160	1.33	9161	157.6	49.86	51.20	-1.34	-2.61
9321	9316	9320	9314	9315	9315	9316	9316	9319	9318	2.36	9317	156	49.36	51.20	-1.84	-3.60
9471	9474	9473	9473	9472	9475	9471	9471	9470	9472	1.55	9472.2	155.2	49.11	50.80	-1.69	-3.34

ตารางที่ ก.23 ผลการสอบเทียบอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์กับเลเซอร์ดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ในการเคลื่อนที่ออกจากตัวแยกแสงให้มอเตอร์หมุน 12 รอบต่อวินาที

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
163	167	162	162	164	163	163	160	162	161	1.89	162.7					
297	294	295	294	294	292	293	297	294	294	1.58	294.4	131.7	41.67	48.60	-6.93	-14.26
461	462	463	463	462	464	464	463	462	462	0.97	462.6	168.2	53.22	49.40	3.82	7.73
628	624	624	625	625	624	628	622	626	626	1.87	625.2	162.6	51.45	49.80	1.65	3.31
779	777	778	779	777	778	777	777	779	779	0.94	778	152.8	48.35	50.00	-1.65	-3.31
935	930	934	932	933	939	939	932	939	938	3.41	935.1	157.1	49.71	49.40	0.31	0.62
1091	1090	1088	1088	1089	1087	1089	1090	1090	1093	1.72	1089.5	154.4	48.85	49.20	-0.35	-0.71
1244	1246	1247	1248	1247	1246	1244	1248	1244	1245	1.60	1245.9	156.4	49.48	50.60	-1.12	-2.20
1408	1413	1411	1414	1411	1413	1408	1414	1416	1411	2.60	1411.9	166	52.52	49.20	3.32	6.75
1570	1570	1568	1568	1566	1567	1563	1569	1570	1568	2.18	1567.9	156	49.36	49.60	-0.24	-0.49
1731	1733	1730	1731	1729	1733	1737	1731	1729	1731	2.37	1731.5	163.6	51.76	49.40	2.36	4.78
1887	1888	1887	1889	1891	1894	1888	1888	1889	1891	2.20	1889.2	157.7	49.90	50.00	-0.10	-0.21
2053	2054	2054	2050	2055	2055	2054	2053	2048	2051	2.31	2052.7	163.5	51.73	49.80	1.93	3.88
2208	2208	2209	2211	2211	2208	2208	2211	2211	2212	1.64	2209.7	157	49.67	50.20	-0.53	-1.05
2371	2367	2377	2373	2371	2374	2374	2373	2375	2372	2.71	2372.7	163	51.57	49.80	1.77	3.56

ตารางที่ ก.23 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2527	2530	2529	2530	2531	2528	2530	2529	2528	2529	1.20	2529.1	156.4	49.48	50.60	-1.12	-2.20
2691	2692	2690	2689	2694	2692	2693	2695	2696	2695	2.31	2692.7	163.6	51.76	49.80	1.96	3.94
2851	2847	2852	2849	2853	2850	2854	2853	2850	2852	2.13	2851.1	158.4	50.12	50.40	-0.28	-0.56
3004	3013	3011	3006	3009	3011	3008	3007	3004	3003	3.41	3007.6	156.5	49.52	49.40	0.12	0.24
3165	3170	3166	3167	3172	3168	3164	3163	3167	3164	2.84	3166.6	159	50.31	49.60	0.71	1.43
3314	3315	3318	3318	3317	3318	3315	3318	3323	3323	3.07	3317.9	151.3	47.87	49.00	-1.13	-2.30
3471	3472	3474	3473	3472	3467	3472	3468	3471	3469	2.23	3470.9	153	48.41	49.00	-0.59	-1.21
3626	3627	3624	3625	3627	3629	3625	3627	3628	3624	1.69	3626.2	155.3	49.14	49.40	-0.26	-0.53
3781	3787	3787	3783	3784	3781	3784	3780	3781	3787	2.76	3783.5	157.3	49.77	50.00	-0.23	-0.46
3940	3947	3945	3944	3942	3944	3939	3942	3946	3944	2.54	3943.3	159.8	50.56	50.00	0.56	1.12
4100	4096	4100	4099	4104	4098	4097	4096	4098	4100	2.39	4098.8	155.5	49.20	49.20	0.00	0.00
4258	4257	4255	4261	4257	4256	4259	4256	4262	4260	2.33	4258.1	159.3	50.40	49.40	1.00	2.03
4417	4413	4415	4416	4415	4415	4415	4411	4414	4412	1.83	4414.3	156.2	49.42	50.60	-1.18	-2.33
4573	4571	4572	4572	4569	4569	4574	4568	4572	4568	2.15	4570.8	156.5	49.52	49.60	-0.08	-0.17
4728	4727	4728	4725	4727	4726	4728	4726	4728	4726	1.10	4726.9	156.1	49.39	49.80	-0.41	-0.82

ตารางที่ ก.23 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4887	4885	4889	4891	4885	4888	4889	4887	4891	4886	2.20	4887.8	160.9	50.91	50.00	0.91	1.82
5046	5046	5049	5046	5048	5050	5046	5044	5048	5048	1.79	5047.1	159.3	50.40	50.00	0.40	0.81
5210	5206	5210	5205	5208	5207	5205	5202	5204	5207	2.55	5206.4	159.3	50.40	50.00	0.40	0.81
5365	5364	5367	5364	5360	5362	5367	5361	5362	5363	2.37	5363.5	157.1	49.71	50.20	-0.49	-0.98
5524	5530	5528	5523	5522	5526	5527	5524	5523	5522	2.73	5524.9	161.4	51.07	50.60	0.47	0.92
5683	5680	5684	5681	5683	5688	5681	5686	5685	5681	2.57	5683.2	158.3	50.09	50.80	-0.71	-1.41
5842	5847	5849	5850	5842	5849	5853	5850	5853	5855	4.37	5849	165.8	52.46	50.60	1.86	3.67
6003	6004	6007	6007	6003	6007	6005	6003	6005	6004	1.69	6004.8	155.8	49.30	50.20	-0.90	-1.80
6164	6166	6162	6167	6161	6165	6161	6165	6161	6160	2.49	6163.2	158.4	50.12	49.60	0.52	1.04
6319	6318	6321	6321	6323	6323	6318	6324	6322	6323	2.20	6321.2	158	49.99	50.00	-0.01	-0.02
6473	6474	6476	6478	6478	6477	6477	6474	6475	6472	2.12	6475.4	154.2	48.79	52.20	-3.41	-6.53
6627	6626	6627	6629	6625	6629	6628	6627	6626	6628	1.32	6627.2	151.8	48.03	47.00	1.03	2.19
6785	6781	6785	6787	6785	6788	6784	6786	6783	6787	2.08	6785.1	157.9	49.96	50.60	-0.64	-1.27
6943	6944	6948	6947	6949	6944	6946	6948	6943	6944	2.27	6945.6	160.5	50.78	50.00	0.78	1.56
7108	7104	7105	7103	7107	7105	7102	7105	7101	7105	2.12	7104.5	158.9	50.28	50.20	0.08	0.15

ตารางที่ ก.23 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเม็นมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7261	7264	7258	7260	7257	7260	7255	7257	7260	7258	2.54	7259	154.5	48.88	51.00	-2.12	-4.15
7415	7418	7416	7413	7419	7420	7417	7417	7421	7418	2.37	7417.4	158.4	50.12	50.00	0.12	0.24
7571	7572	7573	7573	7574	7573	7576	7572	7576	7576	1.84	7573.6	156.2	49.42	50.20	-0.78	-1.55
7730	7729	7730	7729	7728	7733	7729	7729	7729	7730	1.35	7729.6	156	49.36	50.40	-1.04	-2.07
7888	7889	7888	7889	7889	7890	7892	7890	7888	7889	1.23	7889.2	159.6	50.50	50.20	0.30	0.59
8052	8048	8055	8046	8051	8055	8049	8048	8049	8051	2.99	8050.4	161.2	51.00	50.40	0.60	1.20
8207	8208	8206	8206	8207	8205	8206	8206	8207	8208	0.97	8206.6	156.2	49.42	51.00	-1.58	-3.09
8366	8364	8366	8365	8370	8364	8367	8363	8365	8362	2.25	8365.2	158.6	50.18	50.40	-0.22	-0.43
8521	8522	8521	8521	8521	8523	8521	8522	8519	8522	1.06	8521.3	156.1	49.39	50.60	-1.21	-2.39
8679	8682	8688	8685	8686	8683	8684	8683	8684	8691	3.31	8684.5	163.2	51.64	50.80	0.84	1.65
8840	8845	8846	8842	8842	8845	8846	8846	8845	8842	2.18	8843.9	159.4	50.43	51.60	-1.17	-2.26
9006	9006	9005	9007	9007	9007	9007	9011	9010	9008	1.84	9007.4	163.5	51.73	51.00	0.73	1.43
9163	9167	9163	9163	9164	9165	9168	9166	9167	9164	1.89	9165	157.6	49.86	51.00	-1.14	-2.23
9321	9321	9320	9322	9326	9328	9320	9320	9320	9325	2.95	9322.3	157.3	49.77	50.40	-0.63	-1.25
9482	9482	9487	9481	9484	9482	9482	9487	9484	9482	2.16	9483.3	161	50.94	50.00	0.94	1.88

ตารางที่ ก.23(ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
154	159	156	154	153	155	156	159	159	157	2.25	156.2					
304	305	306	306	308	307	306	305	308	308	1.42	306.3	150.1	47.49	50.00	-2.51	-5.02
473	473	474	474	473	475	474	474	475	476	0.99	474.1	167.8	53.09	50.00	3.09	6.18
635	633	632	633	630	631	627	626	628	625	3.37	630	155.9	49.33	50.40	-1.07	-2.13
781	781	780	783	782	784	781	780	781	780	1.34	781.3	151.3	47.87	49.80	-1.93	-3.87
931	931	932	934	932	932	933	933	931	932	0.99	932.1	150.8	47.71	49.40	-1.69	-3.41
1093	1093	1091	1093	1094	1092	1091	1093	1091	1093	1.07	1092.4	160.3	50.72	48.00	2.72	5.66
1249	1249	1251	1249	1249	1250	1252	1252	1253	1253	1.70	1250.7	158.3	50.09	47.80	2.29	4.78
1414	1415	1416	1418	1414	1415	1413	1415	1415	1413	1.48	1414.8	164.1	51.92	49.00	2.92	5.96
1575	1575	1576	1574	1576	1574	1578	1573	1577	1575	1.49	1575.3	160.5	50.78	49.00	1.78	3.64
1743	1743	1749	1746	1752	1746	1750	1745	1744	1746	3.03	1746.4	171.1	54.14	49.40	4.74	9.59
1904	1901	1901	1902	1898	1895	1899	1901	1898	1903	2.70	1900.2	153.8	48.66	49.00	-0.34	-0.69
2056	2063	2056	2058	2057	2055	2054	2060	2068	2059	4.22	2058.6	158.4	50.12	48.80	1.32	2.70
2209	2213	2213	2218	2215	2213	2213	2218	2215	2208	3.27	2213.5	154.9	49.01	49.00	0.01	0.02
2369	2373	2374	2378	2379	2382	2384	2388	2381	2376	5.64	2378.4	164.9	52.17	48.80	3.37	6.91

ตารางที่ ก.23 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2530	2531	2527	2532	2533	2532	2532	2533	2525	2529	2.67	2530.4	152	48.09	49.40	-1.31	-2.65
2695	2693	2690	2689	2694	2693	2696	2689	2690	2691	2.54	2692	161.6	51.13	49.00	2.13	4.35
2848	2849	2848	2846	2852	2849	2848	2849	2848	2850	1.57	2848.7	156.7	49.58	50.00	-0.42	-0.84
3004	3001	3000	3001	2997	2996	2999	3001	2996	2997	2.66	2999.2	150.5	47.62	49.80	-2.18	-4.38
3150	3153	3153	3153	3151	3151	3150	3152	3153	3150	1.35	3151.6	152.4	48.22	50.00	-1.78	-3.56
3310	3311	3310	3311	3309	3312	3310	3309	3309	3309	1.05	3310	158.4	50.12	50.60	-0.48	-0.95
3466	3465	3465	3466	3467	3468	3466	3467	3464	3463	1.49	3465.7	155.7	49.26	50.60	-1.34	-2.64
3621	3624	3625	3625	3621	3623	3624	3625	3623	3623	1.51	3623.4	157.7	49.90	51.20	-1.30	-2.55
3778	3779	3780	3778	3778	3776	3778	3778	3780	3779	1.17	3778.4	155	49.04	50.40	-1.36	-2.69
3938	3937	3941	3938	3939	3939	3936	3941	3937	3937	1.70	3938.3	159.9	50.59	50.00	0.59	1.18
4093	4094	4098	4096	4095	4094	4097	4094	4096	4095	1.55	4095.2	156.9	49.64	49.20	0.44	0.90
4255	4255	4258	4257	4256	4257	4255	4256	4258	4256	1.16	4256.3	161.1	50.97	49.60	1.37	2.77
4412	4416	4414	4413	4415	4415	4416	4415	4415	4413	1.35	4414.4	158.1	50.02	50.60	-0.58	-1.14
4578	4580	4579	4571	4576	4582	4579	4582	4584	4584	3.95	4579.5	165.1	52.24	47.00	5.24	11.14
4737	4737	4738	4739	4738	4738	4738	4739	4743	4743	2.21	4739	159.5	50.47	50.00	0.47	0.93

ตารางที่ ก.23 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
4906	4902	4902	4903	4903	4901	4901	4904	4902	4902	1.51	4902.6	163.6	51.76	49.20	2.56	5.21
5063	5065	5063	5063	5061	5066	5062	5061	5062	5065	1.73	5063.1	160.5	50.78	49.80	0.98	1.97
5223	5220	5225	5229	5227	5219	5227	5218	5225	5225	3.71	5223.8	160.7	50.85	50.20	0.65	1.29
5359	5362	5357	5362	5359	5361	5356	5357	5366	5358	3.06	5359.7	135.9	43.00	50.60	-7.60	-15.02
5517	5519	5520	5515	5525	5525	5515	5522	5518	5526	4.13	5520.2	160.5	50.78	49.20	1.58	3.22
5673	5672	5671	5670	5670	5671	5671	5672	5671	5668	1.37	5670.9	150.7	47.68	49.80	-2.12	-4.25
5832	5830	5834	5833	5830	5832	5833	5834	5832	5832	1.40	5832.2	161.3	51.04	49.40	1.64	3.31
5988	5989	5988	5989	5988	5985	5984	5985	5987	5988	1.79	5987.1	154.9	49.01	50.20	-1.19	-2.37
6146	6147	6148	6148	6149	6148	6149	6145	6145	6145	1.63	6147	159.9	50.59	50.20	0.39	0.78
6306	6306	6306	6303	6300	6303	6308	6305	6302	6302	2.47	6304.1	157.1	49.71	50.60	-0.89	-1.77
6461	6463	6462	6461	6460	6461	6460	6466	6460	6461	1.84	6461.5	157.4	49.80	50.80	-1.00	-1.97
6621	6618	6621	6618	6620	6621	6618	6624	6625	6620	2.41	6620.6	159.1	50.34	51.40	-1.06	-2.06
6781	6783	6781	6780	6785	6783	6781	6784	6785	6784	1.83	6782.7	162.1	51.29	51.20	0.09	0.17
6937	6939	6942	6944	6938	6941	6941	6941	6940	6944	2.31	6940.7	158	49.99	51.60	-1.61	-3.12
7102	7100	7099	7101	7099	7099	7101	7100	7102	7101	1.17	7100.4	159.7	50.53	50.00	0.53	1.06

ตารางที่ ก.23 (ต่อ)

ค่านับจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm										ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่านับ	ค่าเฉลี่ยค่านับ	ผลต่างค่านับ	ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร) (A)	ระยะทางจากดิสเพลสเมนต์มิเตอร์ (ไมโครเมตร) (B)	A-B	ค่าผิดพลาด (%)
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
7256	7258	7255	7256	7257	7259	7256	7255	7257	7257	1.26	7256.6	156.2	49.42	50.40	-0.98	-1.94
7415	7420	7416	7417	7415	7416	7418	7416	7419	7417	1.66	7416.9	160.3	50.72	50.00	0.72	1.44
7570	7574	7571	7568	7575	7571	7571	7569	7575	7572	2.41	7571.6	154.7	48.95	49.40	-0.45	-0.92
7738	7740	7738	7735	7738	7737	7738	7737	7739	7738	1.32	7737.8	166.2	52.59	50.40	2.19	4.34
7895	7900	7898	7895	7896	7896	7896	7895	7897	7897	1.58	7896.5	158.7	50.21	51.40	-1.19	-2.31
8058	8061	8066	8056	8059	8056	8053	8058	8057	8060	3.50	8058.4	161.9	51.23	50.60	0.63	1.24
8205	8214	8217	8212	8207	8204	8212	8210	8213	8211	4.09	8210.5	152.1	48.12	51.80	-3.68	-7.10
8379	8383	8377	8380	8384	8378	8386	8394	8395	8389	6.45	8384.5	174	55.05	51.20	3.85	7.53
8533	8530	8513	8516	8511	8515	8516	8515	8514	8516	7.37	8517.9	133.4	42.21	51.40	-9.19	-17.88
8685	8689	8689	8691	8701	8691	8688	8689	8690	8689	4.16	8690.2	172.3	54.52	51.40	3.12	6.06
8843	8837	8840	8844	8838	8844	8847	8841	8840	8843	3.06	8841.7	151.5	47.93	51.80	-3.87	-7.46
9002	8998	9001	8997	8999	9000	9001	9002	8999	8997	1.90	8999.6	157.9	49.96	51.40	-1.44	-2.80
9151	9151	9154	9149	9152	9154	9153	9150	9155	9156	2.27	9152.5	152.9	48.38	51.20	-2.82	-5.51
9315	9315	9312	9313	9312	9313	9310	9309	9309	9312	2.16	9312	159.5	50.47	51.20	-0.73	-1.43
9470	9468	9469	9469	9468	9469	9465	9468	9469	9470	1.43	9468.5	156.5	49.52	50.80	-1.28	-2.53

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนออกจากตัวแยกแสง ตำแหน่ง 0.5cm

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
49.36	48.41	49.36	49.04	49.04	49.36	48.73	49.04	49.04	49.04	49.04	0.2983	0.0943	0.0029	0.0913	0.5774	0.5921
97.77	98.72	99.35	98.40	98.72	97.77	98.08	98.40	98.40	99.35	98.50	0.5591	0.1768	0.0029	0.0913	0.5774	0.6107
146.81	146.18	149.02	146.81	148.39	146.81	147.13	146.81	147.44	147.13	147.25	0.8464	0.2676	0.0029	0.0913	0.5774	0.6429
209.14	207.87	207.56	211.67	210.72	211.36	207.87	208.19	208.19	210.41	209.30	1.5873	0.5019	0.0029	0.0913	0.5774	0.7705
249.01	248.69	248.37	249.01	247.74	248.37	249.32	248.69	250.91	249.01	248.91	0.8311	0.2628	0.0029	0.0913	0.5774	0.6409
298.05	299.63	300.58	300.90	298.37	299.00	299.31	297.10	302.16	298.05	299.31	1.5428	0.4879	0.0029	0.0913	0.5774	0.7614
355.95	352.47	355.95	355.63	352.15	353.42	352.47	352.79	353.42	353.74	353.80	1.4975	0.4735	0.0029	0.0913	0.5774	0.7523
399.93	402.78	405.94	406.26	401.51	403.73	402.46	402.78	401.20	406.89	403.35	2.3337	0.7380	0.0029	0.0913	0.5774	0.9414
454.98	451.50	450.24	451.19	453.40	453.40	451.82	451.82	452.14	454.03	452.45	1.4538	0.4597	0.0029	0.0913	0.5774	0.7437
497.38	498.33	500.54	498.01	497.70	497.38	497.38	497.38	497.38	499.60	498.11	1.1066	0.3500	0.0029	0.0913	0.5774	0.6813
546.74	546.11	548.00	547.06	550.22	547.06	548.00	546.11	545.16	546.11	547.06	1.4228	0.4499	0.0029	0.0913	0.5774	0.7376
600.53	600.53	597.36	597.68	594.20	600.21	599.26	598.63	598.00	601.16	598.76	2.0785	0.6573	0.0029	0.0913	0.5774	0.8796
647.67	647.67	646.72	647.04	647.99	649.57	646.72	648.62	647.99	647.04	647.70	0.9005	0.2848	0.0029	0.0913	0.5774	0.6502
695.45	692.92	693.55	693.55	693.87	693.87	693.23	692.92	694.81	693.55	693.77	0.8039	0.2542	0.0029	0.0913	0.5774	0.6374
742.59	742.59	743.54	742.91	742.27	742.91	743.22	742.27	742.59	744.17	742.91	0.5966	0.1887	0.0029	0.0913	0.5774	0.6142

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
800.18	798.28	798.91	797.64	795.11	797.96	794.80	798.28	795.75	796.38	797.33	1.7521	0.5541	0.0029	0.0913	0.5774	0.8054
849.53	847.00	847.32	848.58	848.58	848.27	847.32	849.22	848.27	848.90	848.30	0.8496	0.2687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6433
896.68	896.99	896.68	896.68	896.04	897.63	896.04	896.04	897.63	895.73	896.61	0.6637	0.2099	0.0029	0.0913	0.5774	0.6211
943.82	944.45	943.19	944.45	942.87	943.82	943.50	944.77	944.77	944.77	944.04	0.7004	0.2215	0.0029	0.0913	0.5774	0.6251
999.19	999.19	997.61	997.61	997.93	997.93	996.98	997.93	997.29	997.61	997.93	0.7307	0.2311	0.0029	0.0913	0.5774	0.6286
1047.92	1049.18	1046.02	1046.97	1048.55	1048.87	1047.92	1047.60	1047.60	1047.60	1047.82	0.9200	0.2909	0.0029	0.0913	0.5774	0.6529
1095.69	1096.33	1096.64	1096.33	1096.33	1096.96	1096.01	1096.96	1097.59	1096.96	1096.58	0.5541	0.1752	0.0029	0.0913	0.5774	0.6102
1146.00	1145.68	1147.27	1147.58	1146.95	1145.68	1146.00	1146.63	1147.27	1146.95	1146.60	0.7067	0.2235	0.0029	0.0913	0.5774	0.6258
1200.74	1200.42	1199.47	1198.21	1199.16	1199.79	1199.79	1200.74	1200.11	1198.84	1199.73	0.8278	0.2618	0.0029	0.0913	0.5774	0.6405
1253.89	1250.41	1252.94	1254.21	1256.74	1253.26	1253.89	1253.89	1255.79	1253.26	1253.83	1.6861	0.5332	0.0029	0.0913	0.5774	0.7912
1301.35	1299.14	1301.67	1304.83	1302.94	1301.04	1299.14	1299.14	1301.35	1301.67	1301.23	1.8096	0.5722	0.0029	0.0913	0.5774	0.8180
1353.56	1345.97	1348.50	1349.45	1352.93	1350.40	1348.18	1353.24	1351.34	1350.08	1350.36	2.4619	0.7785	0.0029	0.0913	0.5774	0.9735
1400.07	1398.17	1403.23	1400.39	1399.12	1397.54	1403.55	1399.12	1399.12	1401.02	1400.13	1.9944	0.6307	0.0029	0.0913	0.5774	0.8599
1451.96	1454.81	1452.28	1452.28	1451.01	1453.86	1452.28	1451.01	1452.91	1453.54	1452.59	1.2117	0.3832	0.0029	0.0913	0.5774	0.6989
1502.90	1500.69	1502.27	1501.63	1501.95	1501.32	1499.10	1500.05	1503.85	1501.63	1501.54	1.3674	0.4324	0.0029	0.0913	0.5774	0.7271

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1549.41	1547.51	1547.83	1545.93	1544.66	1553.21	1547.20	1546.88	1549.09	1547.20	1547.89	2.3193	0.7334	0.0029	0.0913	0.5774	0.9379
1596.55	1597.82	1597.19	1596.24	1597.19	1596.87	1597.50	1597.50	1596.24	1597.50	1597.06	0.5620	0.1777	0.0029	0.0913	0.5774	0.6110
1649.71	1651.92	1649.39	1647.18	1647.81	1648.13	1647.81	1648.76	1647.49	1649.08	1648.73	1.4027	0.4436	0.0029	0.0913	0.5774	0.7338
1698.75	1698.12	1699.07	1699.38	1696.85	1699.38	1696.54	1698.44	1695.90	1700.33	1698.28	1.4248	0.4506	0.0029	0.0913	0.5774	0.7380
1750.96	1747.79	1749.69	1747.16	1749.38	1749.69	1746.21	1748.43	1749.69	1750.01	1748.90	1.4633	0.4627	0.0029	0.0913	0.5774	0.7455
1794.30	1793.36	1793.67	1794.30	1794.30	1796.20	1795.25	1795.57	1794.62	1794.94	1794.65	0.8626	0.2728	0.0029	0.0913	0.5774	0.6451
1849.99	1846.83	1851.26	1846.51	1848.09	1846.83	1851.89	1849.04	1849.99	1849.04	1848.95	1.8810	0.5948	0.0029	0.0913	0.5774	0.8340
1898.08	1902.20	1895.55	1896.82	1895.87	1898.72	1899.98	1899.67	1899.35	1898.40	1898.46	2.0166	0.6377	0.0029	0.0913	0.5774	0.8651
1948.07	1947.13	1946.18	1947.76	1950.29	1948.71	1949.02	1949.66	1946.18	1949.02	1948.20	1.4008	0.4430	0.0029	0.0913	0.5774	0.7334
1995.22	1995.53	1992.05	1994.59	1993.64	1994.27	1993.95	1994.59	1994.90	1993.00	1994.17	1.0552	0.3337	0.0029	0.0913	0.5774	0.6731
2043.63	2044.58	2043.94	2044.26	2045.84	2042.68	2043.63	2044.26	2042.68	2044.58	2044.01	0.9410	0.2976	0.0029	0.0913	0.5774	0.6559
2094.57	2096.78	2094.57	2094.57	2096.78	2095.20	2093.62	2093.94	2097.10	2096.15	2095.33	1.2761	0.4035	0.0029	0.0913	0.5774	0.7103
2150.57	2150.25	2148.36	2148.99	2147.09	2148.67	2147.41	2148.36	2151.20	2146.46	2148.74	1.5558	0.4920	0.0029	0.0913	0.5774	0.7640
2198.03	2198.98	2198.98	2199.30	2199.61	2198.03	2198.98	2200.25	2197.40	2199.61	2198.92	0.8671	0.2742	0.0029	0.0913	0.5774	0.6457
2252.77	2251.50	2252.14	2250.24	2246.44	2248.34	2246.44	2247.71	2249.60	2251.82	2249.70	2.3680	0.7488	0.0029	0.0913	0.5774	0.9500

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2300.23	2295.48	2299.91	2298.65	2299.60	2297.38	2302.76	2300.23	2299.91	2298.96	2299.31	1.9243	0.6085	0.0029	0.0913	0.5774	0.8438
2356.23	2349.90	2348.32	2350.54	2351.48	2351.17	2355.28	2356.86	2352.12	2350.22	2352.21	2.9077	0.9195	0.0029	0.0913	0.5774	1.0896
2400.21	2401.79	2402.43	2400.84	2399.26	2403.06	2401.48	2399.58	2397.68	2401.16	2400.75	1.6068	0.5081	0.0029	0.0913	0.5774	0.7745
2447.99	2447.35	2445.77	2445.77	2449.25	2452.42	2447.99	2446.72	2447.67	2448.62	2447.96	1.9301	0.6103	0.0029	0.0913	0.5774	0.8451
2496.71	2500.51	2496.71	2496.40	2496.40	2496.08	2498.29	2499.56	2500.83	2498.93	2498.04	1.8194	0.5753	0.0029	0.0913	0.5774	0.8202
2548.92	2550.50	2551.13	2550.50	2550.18	2546.39	2550.18	2550.18	2546.70	2549.23	2549.39	1.6288	0.5151	0.0029	0.0913	0.5774	0.7791
2599.54	2603.97	2600.49	2601.12	2600.81	2601.76	2600.18	2600.81	2598.59	2601.44	2600.87	1.4291	0.4519	0.0029	0.0913	0.5774	0.7389
2648.90	2649.22	2650.17	2648.27	2650.17	2649.22	2645.42	2647.64	2647.95	2645.42	2648.24	1.7035	0.5387	0.0029	0.0913	0.5774	0.7949
2699.84	2701.11	2704.59	2702.06	2704.27	2703.32	2700.47	2702.06	2701.42	2699.21	2701.83	1.8025	0.5700	0.0029	0.0913	0.5774	0.8165
2750.78	2751.10	2753.00	2752.05	2751.73	2751.41	2753.00	2751.41	2752.68	2753.63	2752.08	0.9486	0.3000	0.0029	0.0913	0.5774	0.6570
2801.41	2799.82	2797.93	2798.87	2798.56	2800.14	2801.09	2799.51	2801.09	2803.30	2800.17	1.5957	0.5046	0.0029	0.0913	0.5774	0.7722
2852.03	2851.40	2852.03	2849.18	2847.92	2850.45	2853.93	2850.76	2850.45	2850.45	2850.86	1.6478	0.5211	0.0029	0.0913	0.5774	0.7831
2897.91	2899.81	2895.69	2897.27	2897.91	2897.27	2896.64	2896.96	2896.64	2898.54	2897.46	1.1476	0.3629	0.0029	0.0913	0.5774	0.6880
2947.58	2950.75	2951.70	2947.90	2950.43	2946.95	2947.58	2951.06	2947.58	2948.53	2949.01	1.7727	0.5606	0.0029	0.0913	0.5774	0.8099
2999.79	2996.94	3000.42	2998.21	2999.47	2996.94	2998.52	2998.84	3000.74	3000.10	2999.00	1.3527	0.4278	0.0029	0.0913	0.5774	0.7243

ตารางที่ ช.2 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนออกจากตัวแยกแสง ตำแหน่ง 2.5cm

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
51.57	52.84	51.26	51.26	51.89	51.57	51.57	50.62	51.26	50.94	51.48	0.5975	0.1890	0.0029	0.0913	0.5774	0.6143
93.97	93.02	93.34	93.02	93.02	92.39	92.71	93.97	93.02	93.02	93.15	0.4992	0.1578	0.0029	0.0913	0.5774	0.6055
145.86	146.18	146.49	146.49	146.18	146.81	146.81	146.49	146.18	146.18	146.37	0.3057	0.0967	0.0029	0.0913	0.5774	0.5925
198.70	197.43	197.43	197.75	197.75	197.43	198.70	196.80	198.07	198.07	197.81	0.5929	0.1875	0.0029	0.0913	0.5774	0.6139
246.48	245.84	246.16	246.48	245.84	246.16	245.84	245.84	246.48	246.48	246.16	0.2983	0.0943	0.0029	0.0913	0.5774	0.5921
295.83	294.25	295.52	294.88	295.20	297.10	297.10	294.88	297.10	296.78	295.87	1.0802	0.3416	0.0029	0.0913	0.5774	0.6770
345.19	344.88	344.24	344.24	344.56	343.93	344.56	344.88	344.88	345.83	344.72	0.5429	0.1717	0.0029	0.0913	0.5774	0.6092
393.60	394.23	394.55	394.87	394.55	394.23	393.60	394.87	393.60	393.92	394.20	0.5047	0.1596	0.0029	0.0913	0.5774	0.6059
445.49	447.07	446.44	447.39	446.44	447.07	445.49	447.39	448.02	446.44	446.73	0.8230	0.2603	0.0029	0.0913	0.5774	0.6399
496.75	496.75	496.12	496.12	495.48	495.80	494.53	496.43	496.75	496.12	496.08	0.6908	0.2184	0.0029	0.0913	0.5774	0.6240
547.69	548.32	547.37	547.69	547.06	548.32	549.59	547.69	547.06	547.69	547.85	0.7495	0.2370	0.0029	0.0913	0.5774	0.6308
597.05	597.36	597.05	597.68	598.31	599.26	597.36	597.36	597.68	598.31	597.74	0.6964	0.2202	0.0029	0.0913	0.5774	0.6246
649.57	649.89	649.89	648.62	650.20	650.20	649.89	649.57	647.99	648.94	649.47	0.7315	0.2313	0.0029	0.0913	0.5774	0.6286
698.61	698.61	698.93	699.56	699.56	698.61	698.61	699.56	699.56	699.88	699.15	0.5178	0.1637	0.0029	0.0913	0.5774	0.6070
750.18	748.92	752.08	750.82	750.18	751.13	751.13	750.82	751.45	750.50	750.72	0.8575	0.2712	0.0029	0.0913	0.5774	0.6444

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
799.54	800.49	800.18	800.49	800.81	799.86	800.49	800.18	799.86	800.18	800.21	0.3788	0.1198	0.0029	0.0913	0.5774	0.5967
851.43	851.75	851.12	850.80	852.38	851.75	852.07	852.70	853.01	852.70	851.97	0.7315	0.2313	0.0029	0.0913	0.5774	0.6286
902.06	900.79	902.37	901.42	902.69	901.74	903.01	902.69	901.74	902.37	902.09	0.6745	0.2133	0.0029	0.0913	0.5774	0.6222
950.47	953.31	952.68	951.10	952.05	952.68	951.73	951.41	950.47	950.15	951.60	1.0776	0.3408	0.0029	0.0913	0.5774	0.6766
1001.41	1002.99	1001.72	1002.04	1003.62	1002.36	1001.09	1000.77	1002.04	1001.09	1001.91	0.8974	0.2838	0.0029	0.0913	0.5774	0.6498
1048.55	1048.87	1049.82	1049.82	1049.50	1049.82	1048.87	1049.82	1051.40	1051.40	1049.78	0.9718	0.3073	0.0029	0.0913	0.5774	0.6604
1098.22	1098.54	1099.17	1098.86	1098.54	1096.96	1098.54	1097.28	1098.22	1097.59	1098.19	0.7067	0.2235	0.0029	0.0913	0.5774	0.6258
1147.27	1147.58	1146.63	1146.95	1147.58	1148.22	1146.95	1147.58	1147.90	1146.63	1147.33	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084
1196.31	1198.21	1198.21	1196.94	1197.26	1196.31	1197.26	1195.99	1196.31	1198.21	1197.10	0.8729	0.2760	0.0029	0.0913	0.5774	0.6464
1246.62	1248.83	1248.20	1247.88	1247.25	1247.88	1246.30	1247.25	1248.51	1247.88	1247.66	0.8039	0.2542	0.0029	0.0913	0.5774	0.6374
1297.24	1295.97	1297.24	1296.92	1298.51	1296.61	1296.29	1295.97	1296.61	1297.24	1296.86	0.7576	0.2396	0.0029	0.0913	0.5774	0.6317
1347.23	1346.91	1346.28	1348.18	1346.91	1346.60	1347.55	1346.60	1348.50	1347.86	1347.26	0.7375	0.2332	0.0029	0.0913	0.5774	0.6293
1397.54	1396.27	1396.91	1397.22	1396.91	1396.91	1396.91	1395.64	1396.59	1395.96	1396.68	0.5786	0.1830	0.0029	0.0913	0.5774	0.6125
1446.90	1446.26	1446.58	1446.58	1445.63	1445.63	1447.21	1445.32	1446.58	1445.32	1446.20	0.6802	0.2151	0.0029	0.0913	0.5774	0.6229
1495.94	1495.62	1495.94	1494.99	1495.62	1495.31	1495.94	1495.31	1495.94	1495.31	1495.59	0.3482	0.1101	0.0029	0.0913	0.5774	0.5948

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1546.25	1545.61	1546.88	1547.51	1545.61	1546.56	1546.88	1546.25	1547.51	1545.93	1546.50	0.6964	0.2202	0.0029	0.0913	0.5774	0.6246
1596.55	1596.55	1597.50	1596.55	1597.19	1597.82	1596.55	1595.92	1597.19	1597.19	1596.90	0.5670	0.1793	0.0029	0.0913	0.5774	0.6114
1648.44	1647.18	1648.44	1646.86	1647.81	1647.49	1646.86	1645.91	1646.55	1647.49	1647.30	0.8060	0.2549	0.0029	0.0913	0.5774	0.6377
1697.49	1697.17	1698.12	1697.17	1695.90	1696.54	1698.12	1696.22	1696.54	1696.85	1697.01	0.7495	0.2370	0.0029	0.0913	0.5774	0.6308
1747.79	1749.69	1749.06	1747.48	1747.16	1748.43	1748.74	1747.79	1747.48	1747.16	1748.08	0.8626	0.2728	0.0029	0.0913	0.5774	0.6451
1798.10	1797.15	1798.42	1797.47	1798.10	1799.68	1797.47	1799.05	1798.73	1797.47	1798.16	0.8142	0.2575	0.0029	0.0913	0.5774	0.6387
1848.41	1849.99	1850.62	1850.94	1848.41	1850.62	1851.89	1850.94	1851.89	1852.52	1850.62	1.3832	0.4374	0.0029	0.0913	0.5774	0.7301
1899.35	1899.67	1900.61	1900.61	1899.35	1900.61	1899.98	1899.35	1899.98	1899.67	1899.92	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084
1950.29	1950.92	1949.66	1951.24	1949.34	1950.61	1949.34	1950.61	1949.34	1949.02	1950.04	0.7864	0.2487	0.0029	0.0913	0.5774	0.6352
1999.33	1999.02	1999.96	1999.96	2000.60	2000.60	1999.02	2000.91	2000.28	2000.60	2000.03	0.6964	0.2202	0.0029	0.0913	0.5774	0.6246
2048.06	2048.37	2049.01	2049.64	2049.64	2049.32	2049.32	2048.37	2048.69	2047.74	2048.82	0.6704	0.2120	0.0029	0.0913	0.5774	0.6218
2096.78	2096.47	2096.78	2097.42	2096.15	2097.42	2097.10	2096.78	2096.47	2097.10	2096.85	0.4166	0.1317	0.0029	0.0913	0.5774	0.5992
2146.77	2145.51	2146.77	2147.41	2146.77	2147.72	2146.46	2147.09	2146.14	2147.41	2146.81	0.6578	0.2080	0.0029	0.0913	0.5774	0.6204
2196.77	2197.08	2198.35	2198.03	2198.66	2197.08	2197.71	2198.35	2196.77	2197.08	2197.59	0.7184	0.2272	0.0029	0.0913	0.5774	0.6271
2248.97	2247.71	2248.02	2247.39	2248.65	2248.02	2247.07	2248.02	2246.76	2248.02	2247.86	0.6712	0.2122	0.0029	0.0913	0.5774	0.6219

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2297.38	2298.33	2296.43	2297.06	2296.11	2297.06	2295.48	2296.11	2297.06	2296.43	2296.75	0.8032	0.2540	0.0029	0.0913	0.5774	0.6373
2346.11	2347.06	2346.42	2345.47	2347.37	2347.69	2346.74	2346.74	2348.00	2347.06	2346.87	0.7487	0.2368	0.0029	0.0913	0.5774	0.6307
2395.46	2395.78	2396.10	2396.10	2396.41	2396.10	2397.05	2395.78	2397.05	2397.05	2396.29	0.5815	0.1839	0.0029	0.0913	0.5774	0.6128
2445.77	2445.46	2445.77	2445.46	2445.14	2446.72	2445.46	2445.46	2445.46	2445.77	2445.65	0.4271	0.1351	0.0029	0.0913	0.5774	0.5999
2495.76	2496.08	2495.76	2496.08	2496.08	2496.40	2497.03	2496.40	2495.76	2496.08	2496.14	0.3889	0.1230	0.0029	0.0913	0.5774	0.5973
2547.65	2546.39	2548.60	2545.75	2547.34	2548.60	2546.70	2546.39	2546.70	2547.34	2547.15	0.9457	0.2990	0.0029	0.0913	0.5774	0.6566
2596.69	2597.01	2596.38	2596.38	2596.69	2596.06	2596.38	2596.38	2596.69	2597.01	2596.57	0.3057	0.0967	0.0029	0.0913	0.5774	0.5925
2647.00	2646.37	2647.00	2646.69	2648.27	2646.37	2647.32	2646.05	2646.69	2645.74	2646.75	0.7122	0.2252	0.0029	0.0913	0.5774	0.6264
2696.04	2696.36	2696.04	2696.04	2696.04	2696.68	2696.04	2696.36	2695.41	2696.36	2696.14	0.3352	0.1060	0.0029	0.0913	0.5774	0.5941
2746.04	2746.98	2748.88	2747.93	2748.25	2747.30	2747.62	2747.30	2747.62	2749.83	2747.78	1.0467	0.3310	0.0029	0.0913	0.5774	0.6718
2796.98	2798.56	2798.87	2797.61	2797.61	2798.56	2798.87	2798.87	2798.56	2797.61	2798.21	0.6908	0.2184	0.0029	0.0913	0.5774	0.6240
2849.50	2849.50	2849.18	2849.81	2849.81	2849.81	2849.81	2851.08	2850.76	2850.13	2849.94	0.5815	0.1839	0.0029	0.0913	0.5774	0.6128
2899.17	2900.44	2899.17	2899.17	2899.49	2899.81	2900.76	2900.12	2900.44	2899.49	2899.81	0.5966	0.1887	0.0029	0.0913	0.5774	0.6142
2949.16	2949.16	2948.85	2949.48	2950.75	2951.38	2948.85	2948.85	2948.85	2950.43	2949.58	0.9321	0.2947	0.0029	0.0913	0.5774	0.6546
3000.10	3000.10	3001.69	2999.79	3000.74	3000.10	3000.10	3001.69	3000.74	3000.10	3000.52	0.6843	0.2164	0.0029	0.0913	0.5774	0.6233

ตารางที่ ข.3 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนออกจากตัวแยกแสง ตำแหน่ง 4.5cm

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
48.73	48.41	48.41	48.09	48.73	47.78	47.14	47.46	47.78	48.09	48.06	0.5263	0.1664	0.0029	0.0913	0.5774	0.6078
96.82	95.55	96.50	95.55	96.50	95.87	96.19	96.82	97.77	96.82	96.44	0.6802	0.2151	0.0029	0.0913	0.5774	0.6229
144.59	145.23	144.28	144.28	144.91	145.23	144.59	145.54	142.06	144.28	144.50	0.9672	0.3059	0.0029	0.0913	0.5774	0.6597
196.17	196.17	196.17	197.75	196.48	196.48	196.17	198.70	197.43	197.43	196.90	0.8830	0.2792	0.0029	0.0913	0.5774	0.6478
247.11	247.42	247.42	247.74	246.16	247.42	247.74	247.74	246.48	246.79	247.20	0.5591	0.1768	0.0029	0.0913	0.5774	0.6107
296.78	295.83	296.47	297.10	297.42	296.47	296.78	296.47	296.78	296.47	296.66	0.4271	0.1351	0.0029	0.0913	0.5774	0.5999
347.09	346.14	346.14	346.46	346.46	347.09	347.41	347.72	347.09	348.36	347.00	0.7161	0.2264	0.0029	0.0913	0.5774	0.6269
398.66	397.40	397.40	397.71	398.66	396.77	397.71	397.40	397.08	397.40	397.62	0.6159	0.1948	0.0029	0.0913	0.5774	0.6161
448.66	447.07	447.71	448.34	447.71	447.71	450.24	449.92	448.34	448.66	448.43	1.0011	0.3166	0.0029	0.0913	0.5774	0.6648
498.33	497.70	498.65	498.33	497.38	498.33	497.06	497.38	498.33	498.65	498.01	0.5777	0.1827	0.0029	0.0913	0.5774	0.6124
548.00	547.69	547.06	547.69	549.27	548.00	548.00	548.00	548.32	547.69	547.97	0.5670	0.1793	0.0029	0.0913	0.5774	0.6114
598.63	599.89	598.31	600.53	599.58	599.26	600.21	598.95	600.53	599.26	599.51	0.7721	0.2442	0.0029	0.0913	0.5774	0.6335
649.89	649.25	649.25	649.89	649.89	649.25	649.25	649.57	648.62	649.25	649.41	0.4016	0.1270	0.0029	0.0913	0.5774	0.5982
700.19	700.19	701.14	700.83	700.51	700.51	700.19	698.93	698.93	699.24	700.07	0.7779	0.2460	0.0029	0.0913	0.5774	0.6342
750.18	750.18	750.50	749.87	750.50	749.87	750.50	750.50	750.50	750.50	750.31	0.2668	0.0844	0.0029	0.0913	0.5774	0.5906

ตารางที่ ข.3 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
799.54	800.49	799.54	800.18	799.54	800.18	799.23	798.59	798.91	798.91	799.51	0.6231	0.1970	0.0029	0.0913	0.5774	0.6169
848.90	848.90	848.58	848.58	848.58	847.32	847.00	847.64	847.64	847.00	848.02	0.7721	0.2442	0.0029	0.0913	0.5774	0.6335
900.16	900.47	899.53	900.16	900.47	900.16	900.79	900.79	900.47	900.47	900.35	0.3714	0.1174	0.0029	0.0913	0.5774	0.5962
950.15	950.78	950.47	949.83	951.41	951.41	951.10	951.41	951.73	951.41	950.97	0.6363	0.2012	0.0029	0.0913	0.5774	0.6182
1001.41	1001.09	1001.09	1000.77	1001.09	1000.77	1002.36	1001.41	1000.77	1001.09	1001.18	0.4728	0.1495	0.0029	0.0913	0.5774	0.6034
1050.76	1050.45	1051.08	1050.76	1050.76	1049.50	1050.45	1050.76	1051.08	1050.45	1050.61	0.4536	0.1435	0.0029	0.0913	0.5774	0.6019
1098.86	1099.17	1099.17	1098.86	1098.22	1097.91	1098.22	1098.22	1098.54	1097.28	1098.45	0.5975	0.1890	0.0029	0.0913	0.5774	0.6143
1150.11	1148.85	1149.48	1150.11	1149.80	1149.16	1149.80	1149.80	1150.11	1149.80	1149.70	0.4232	0.1338	0.0029	0.0913	0.5774	0.5997
1199.47	1199.79	1199.16	1200.42	1198.84	1199.47	1198.84	1199.16	1198.84	1199.79	1199.38	0.5178	0.1637	0.0029	0.0913	0.5774	0.6070
1249.46	1250.73	1250.10	1250.41	1249.78	1251.05	1250.41	1248.83	1249.15	1249.46	1249.94	0.7192	0.2274	0.0029	0.0913	0.5774	0.6272
1298.82	1299.77	1300.09	1299.45	1299.14	1299.45	1300.09	1298.51	1299.14	1298.82	1299.33	0.5419	0.1714	0.0029	0.0913	0.5774	0.6091
1350.40	1349.45	1349.76	1350.08	1349.13	1348.81	1349.13	1350.40	1350.40	1349.13	1349.67	0.6159	0.1948	0.0029	0.0913	0.5774	0.6161
1399.12	1399.75	1398.49	1400.07	1399.75	1399.75	1399.75	1399.12	1399.44	1400.39	1399.56	0.5419	0.1714	0.0029	0.0913	0.5774	0.6091
1449.11	1450.38	1450.06	1449.74	1449.74	1449.11	1450.38	1450.06	1449.11	1448.48	1449.62	0.6363	0.2012	0.0029	0.0913	0.5774	0.6182
1499.74	1500.37	1499.74	1500.69	1499.10	1499.42	1500.37	1500.05	1499.74	1500.69	1499.99	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084

ตารางที่ ข.3 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1550.04	1550.04	1549.73	1549.41	1550.36	1549.41	1550.04	1550.68	1550.68	1550.04	1550.04	0.4475	0.1415	0.0029	0.0913	0.5774	0.6014
1600.35	1600.03	1600.35	1600.67	1600.98	1599.72	1600.03	1599.40	1599.40	1600.98	1600.19	0.5825	0.1842	0.0029	0.0913	0.5774	0.6129
1649.08	1648.13	1649.39	1649.39	1649.71	1649.39	1650.34	1649.08	1649.39	1650.03	1649.39	0.5966	0.1887	0.0029	0.0913	0.5774	0.6142
1699.70	1700.02	1699.70	1699.38	1698.75	1700.02	1699.70	1700.33	1699.07	1699.38	1699.61	0.4728	0.1495	0.0029	0.0913	0.5774	0.6034
1750.01	1750.96	1750.01	1749.38	1750.64	1749.38	1750.32	1750.64	1750.32	1749.38	1750.10	0.5786	0.1830	0.0029	0.0913	0.5774	0.6125
1800.63	1799.68	1800.32	1799.05	1799.37	1799.05	1800.00	1799.68	1800.00	1799.68	1799.75	0.5124	0.1620	0.0029	0.0913	0.5774	0.6066
1849.04	1849.36	1848.73	1848.09	1848.09	1848.09	1849.04	1848.73	1848.73	1847.78	1848.57	0.5220	0.1651	0.0029	0.0913	0.5774	0.6074
1898.72	1898.72	1898.72	1899.03	1899.35	1899.35	1898.40	1898.40	1899.03	1900.30	1899.00	0.5670	0.1793	0.0029	0.0913	0.5774	0.6114
1950.29	1949.97	1949.66	1950.61	1949.97	1950.61	1949.66	1949.97	1950.29	1950.61	1950.16	0.3714	0.1174	0.0029	0.0913	0.5774	0.5962
2000.91	2000.60	2000.28	2001.55	2001.23	2000.91	1999.96	1999.96	2000.91	2000.60	2000.69	0.5178	0.1637	0.0029	0.0913	0.5774	0.6070
2049.96	2049.32	2049.01	2050.90	2050.59	2050.27	2050.59	2049.96	2050.27	2049.32	2050.02	0.6293	0.1990	0.0029	0.0913	0.5774	0.6175
2099.95	2099.95	2100.58	2100.90	2099.95	2100.58	2099.00	2099.63	2099.63	2099.63	2099.98	0.5670	0.1793	0.0029	0.0913	0.5774	0.6114
2149.31	2150.25	2148.04	2149.94	2149.31	2148.99	2148.99	2148.36	2148.67	2148.99	2149.08	0.6679	0.2112	0.0029	0.0913	0.5774	0.6215
2197.40	2198.66	2198.66	2198.98	2199.93	2198.03	2198.03	2197.71	2198.03	2197.40	2198.28	0.7864	0.2487	0.0029	0.0913	0.5774	0.6352
2248.34	2248.65	2249.60	2247.71	2248.65	2249.60	2248.97	2248.97	2247.39	2248.34	2248.62	0.7223	0.2284	0.0029	0.0913	0.5774	0.6276

ตารางที่ ข.3 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2297.70	2298.65	2298.33	2298.65	2298.01	2298.96	2298.01	2298.33	2297.06	2299.91	2298.36	0.7671	0.2426	0.0029	0.0913	0.5774	0.6329
2348.64	2348.64	2349.59	2349.90	2348.95	2349.59	2349.59	2349.59	2350.22	2349.59	2349.43	0.5220	0.1651	0.0029	0.0913	0.5774	0.6074
2398.94	2400.21	2399.58	2398.63	2398.63	2399.58	2400.21	2398.00	2398.31	2398.63	2399.07	0.7779	0.2460	0.0029	0.0913	0.5774	0.6342
2447.67	2448.94	2448.30	2448.30	2450.52	2448.94	2447.99	2449.89	2448.94	2449.57	2448.90	0.8881	0.2808	0.0029	0.0913	0.5774	0.6485
2497.66	2498.29	2498.61	2498.29	2498.61	2498.93	2499.88	2498.61	2500.19	2497.98	2498.71	0.7899	0.2498	0.0029	0.0913	0.5774	0.6357
2548.60	2547.65	2548.29	2548.29	2548.92	2547.65	2547.97	2547.97	2547.97	2547.65	2548.10	0.4271	0.1351	0.0029	0.0913	0.5774	0.5999
2598.59	2598.59	2598.91	2598.59	2597.96	2598.91	2598.59	2599.23	2598.59	2598.91	2598.69	0.3352	0.1060	0.0029	0.0913	0.5774	0.5941
2648.27	2648.58	2649.53	2647.64	2648.27	2648.58	2649.22	2647.95	2647.64	2649.53	2648.52	0.7122	0.2252	0.0029	0.0913	0.5774	0.6264
2699.21	2698.26	2699.21	2697.94	2699.52	2700.16	2697.94	2697.94	2697.94	2697.63	2698.58	0.8697	0.2750	0.0029	0.0913	0.5774	0.6460
2747.62	2748.57	2748.25	2747.93	2747.93	2747.93	2747.30	2747.93	2748.57	2747.93	2748.00	0.3889	0.1230	0.0029	0.0913	0.5774	0.5973
2797.93	2797.29	2798.24	2796.98	2797.61	2797.29	2797.29	2797.61	2798.56	2798.24	2797.70	0.5178	0.1637	0.0029	0.0913	0.5774	0.6070
2845.70	2846.33	2846.65	2846.33	2846.33	2846.65	2846.65	2846.02	2846.02	2845.70	2846.24	0.3669	0.1160	0.0029	0.0913	0.5774	0.5959
2897.59	2898.86	2897.59	2897.59	2897.59	2897.59	2898.86	2897.91	2897.59	2897.59	2897.88	0.5263	0.1664	0.0029	0.0913	0.5774	0.6078
2946.95	2947.27	2947.90	2947.90	2948.22	2947.58	2947.58	2948.53	2948.53	2948.22	2947.87	0.5263	0.1664	0.0029	0.0913	0.5774	0.6078
2998.52	2998.84	2999.16	2998.84	2998.84	2999.47	2999.79	2998.84	3000.10	2999.47	2999.19	0.5047	0.1596	0.0029	0.0913	0.5774	0.6059

ตารางที่ ข.4 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนออกจากตัวแยกแสง ตำแหน่ง 6.5cm

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
48.73	50.31	49.36	48.73	48.41	49.04	49.36	50.31	50.31	49.67	49.42	0.7122	0.2252	0.0029	0.0913	0.5774	0.6264
96.19	96.50	96.82	96.82	97.45	97.13	96.82	96.50	97.45	97.45	96.91	0.4487	0.1419	0.0029	0.0913	0.5774	0.6015
149.66	149.66	149.97	149.97	149.66	150.29	149.97	149.97	150.29	150.61	150.01	0.3146	0.0995	0.0029	0.0913	0.5774	0.5929
200.91	200.28	199.96	200.28	199.33	199.65	198.38	198.07	198.70	197.75	199.33	1.0652	0.3368	0.0029	0.0913	0.5774	0.6746
247.11	247.11	246.79	247.74	247.42	248.06	247.11	246.79	247.11	246.79	247.20	0.4232	0.1338	0.0029	0.0913	0.5774	0.5997
294.57	294.57	294.88	295.52	294.88	294.88	295.20	295.20	294.57	294.88	294.92	0.3146	0.0995	0.0029	0.0913	0.5774	0.5929
345.83	345.83	345.19	345.83	346.14	345.51	345.19	345.83	345.19	345.83	345.64	0.3401	0.1076	0.0029	0.0913	0.5774	0.5944
395.18	395.18	395.82	395.18	395.18	395.50	396.13	396.13	396.45	396.45	395.72	0.5388	0.1704	0.0029	0.0913	0.5774	0.6089
447.39	447.71	448.02	448.66	447.39	447.71	447.07	447.71	447.71	447.07	447.64	0.4669	0.1477	0.0029	0.0913	0.5774	0.6029
498.33	498.33	498.65	498.01	498.65	498.01	499.28	497.70	498.96	498.33	498.42	0.4728	0.1495	0.0029	0.0913	0.5774	0.6034
551.49	551.49	553.38	552.43	554.33	552.43	553.70	552.12	551.80	552.43	552.56	0.9574	0.3027	0.0029	0.0913	0.5774	0.6583
602.43	601.48	601.48	601.79	600.53	599.58	600.84	601.48	600.53	602.11	601.22	0.8542	0.2701	0.0029	0.0913	0.5774	0.6439
650.52	652.73	650.52	651.15	650.83	650.20	649.89	651.78	654.32	651.47	651.34	1.3357	0.4224	0.0029	0.0913	0.5774	0.7212
698.93	700.19	700.19	701.78	700.83	700.19	700.19	701.78	700.83	698.61	700.35	1.0360	0.3276	0.0029	0.0913	0.5774	0.6701
749.55	750.82	751.13	752.40	752.72	753.66	754.30	755.56	753.35	751.77	752.53	1.7849	0.5644	0.0029	0.0913	0.5774	0.8126

ตารางที่ ข.4 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
800.49	800.81	799.54	801.12	801.44	801.12	801.12	801.44	798.91	800.18	800.62	0.8464	0.2676	0.0029	0.0913	0.5774	0.6429
852.70	852.07	851.12	850.80	852.38	852.07	853.01	850.80	851.12	851.43	851.75	0.8032	0.2540	0.0029	0.0913	0.5774	0.6373
901.11	901.42	901.11	900.47	902.37	901.42	901.11	901.42	901.11	901.74	901.33	0.4958	0.1568	0.0029	0.0913	0.5774	0.6052
950.47	949.52	949.20	949.52	948.25	947.93	948.88	949.52	947.93	948.25	948.95	0.8411	0.2660	0.0029	0.0913	0.5774	0.6422
996.66	997.61	997.61	997.61	996.98	996.98	996.66	997.29	997.61	996.66	997.17	0.4271	0.1351	0.0029	0.0913	0.5774	0.5999
1047.28	1047.60	1047.28	1047.60	1046.97	1047.92	1047.28	1046.97	1046.97	1046.97	1047.28	0.3335	0.1055	0.0029	0.0913	0.5774	0.5940
1096.64	1096.33	1096.33	1096.64	1096.96	1097.28	1096.64	1096.96	1096.01	1095.69	1096.55	0.4728	0.1495	0.0029	0.0913	0.5774	0.6034
1145.68	1146.63	1146.95	1146.95	1145.68	1146.32	1146.63	1146.95	1146.32	1146.32	1146.44	0.4764	0.1506	0.0029	0.0913	0.5774	0.6036
1195.36	1195.68	1195.99	1195.36	1195.36	1194.73	1195.36	1195.36	1195.99	1195.68	1195.49	0.3714	0.1174	0.0029	0.0913	0.5774	0.5962
1245.98	1245.67	1246.93	1245.98	1246.30	1246.30	1245.35	1246.93	1245.67	1245.67	1246.08	0.5388	0.1704	0.0029	0.0913	0.5774	0.6089
1295.03	1295.34	1296.61	1295.97	1295.66	1295.34	1296.29	1295.34	1295.97	1295.66	1295.72	0.4902	0.1550	0.0029	0.0913	0.5774	0.6047
1346.28	1346.28	1347.23	1346.91	1346.60	1346.91	1346.28	1346.60	1347.23	1346.60	1346.69	0.3669	0.1160	0.0029	0.0913	0.5774	0.5959
1395.96	1397.22	1396.59	1396.27	1396.91	1396.91	1397.22	1396.91	1396.91	1396.27	1396.72	0.4271	0.1351	0.0029	0.0913	0.5774	0.5999
1448.48	1449.11	1448.80	1446.26	1447.85	1449.74	1448.80	1449.74	1450.38	1450.38	1448.95	1.2501	0.3953	0.0029	0.0913	0.5774	0.7057
1498.79	1498.79	1499.10	1499.42	1499.10	1499.10	1499.10	1499.42	1500.69	1500.69	1499.42	0.6996	0.2212	0.0029	0.0913	0.5774	0.6250

ตารางที่ ข.4 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1552.26	1550.99	1550.99	1551.31	1551.31	1550.68	1550.68	1551.63	1550.99	1550.99	1551.18	0.4764	0.1506	0.0029	0.0913	0.5774	0.6036
1601.93	1602.57	1601.93	1601.93	1601.30	1602.88	1601.62	1601.30	1601.62	1602.57	1601.96	0.5470	0.1730	0.0029	0.0913	0.5774	0.6096
1652.56	1651.61	1653.19	1654.46	1653.82	1651.29	1653.82	1650.98	1653.19	1653.19	1652.81	1.1725	0.3708	0.0029	0.0913	0.5774	0.6922
1695.59	1696.54	1694.95	1696.54	1695.59	1696.22	1694.64	1694.95	1697.80	1695.27	1695.81	0.9672	0.3059	0.0029	0.0913	0.5774	0.6597
1745.58	1746.21	1746.53	1744.95	1748.11	1748.11	1744.95	1747.16	1745.90	1748.43	1746.59	1.3071	0.4133	0.0029	0.0913	0.5774	0.7159
1794.94	1794.62	1794.30	1793.99	1793.99	1794.30	1794.30	1794.62	1794.30	1793.36	1794.27	0.4336	0.1371	0.0029	0.0913	0.5774	0.6004
1845.24	1844.61	1845.88	1845.56	1844.61	1845.24	1845.56	1845.88	1845.24	1845.24	1845.31	0.4425	0.1399	0.0029	0.0913	0.5774	0.6011
1894.60	1894.92	1894.60	1894.92	1894.60	1893.65	1893.34	1893.65	1894.29	1894.60	1894.32	0.5670	0.1793	0.0029	0.0913	0.5774	0.6114
1944.59	1944.91	1945.23	1945.23	1945.54	1945.23	1945.54	1944.28	1944.28	1944.28	1944.91	0.5167	0.1634	0.0029	0.0913	0.5774	0.6069
1995.22	1995.22	1995.22	1994.27	1993.32	1994.27	1995.85	1994.90	1993.95	1993.95	1994.62	0.7815	0.2471	0.0029	0.0913	0.5774	0.6346
2044.26	2044.89	2044.58	2044.26	2043.94	2044.26	2043.94	2045.84	2043.94	2044.26	2044.42	0.5825	0.1842	0.0029	0.0913	0.5774	0.6129
2094.88	2093.94	2094.88	2093.94	2094.57	2094.88	2093.94	2095.83	2096.15	2094.57	2094.76	0.7635	0.2414	0.0029	0.0913	0.5774	0.6324
2145.51	2146.14	2145.51	2145.19	2146.77	2146.14	2145.51	2146.46	2146.77	2146.46	2146.05	0.5786	0.1830	0.0029	0.0913	0.5774	0.6125
2194.87	2195.50	2196.45	2197.08	2195.18	2196.13	2196.13	2196.13	2195.82	2197.08	2196.04	0.7315	0.2313	0.0029	0.0913	0.5774	0.6286
2247.07	2246.44	2246.12	2246.76	2246.12	2246.12	2246.76	2246.44	2247.07	2246.76	2246.57	0.3714	0.1174	0.0029	0.0913	0.5774	0.5962

ตารางที่ ข.4 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2295.80	2296.43	2295.48	2295.80	2296.11	2296.75	2295.80	2295.48	2296.11	2296.11	2295.99	0.4002	0.1266	0.0029	0.0913	0.5774	0.5981
2346.11	2347.69	2346.42	2346.74	2346.11	2346.42	2347.06	2346.42	2347.37	2346.74	2346.71	0.5263	0.1664	0.0029	0.0913	0.5774	0.6078
2395.15	2396.41	2395.46	2394.52	2396.73	2395.46	2395.46	2394.83	2396.73	2395.78	2395.65	0.7635	0.2414	0.0029	0.0913	0.5774	0.6324
2448.30	2448.94	2448.30	2447.35	2448.30	2447.99	2448.30	2447.99	2448.62	2448.30	2448.24	0.4166	0.1317	0.0029	0.0913	0.5774	0.5992
2497.98	2499.56	2498.93	2497.98	2498.29	2498.29	2498.29	2497.98	2498.61	2498.61	2498.45	0.5003	0.1582	0.0029	0.0913	0.5774	0.6056
2549.55	2550.50	2552.08	2548.92	2549.87	2548.92	2547.97	2549.55	2549.23	2550.18	2549.68	1.1082	0.3504	0.0029	0.0913	0.5774	0.6815
2596.06	2598.91	2599.86	2598.28	2596.69	2595.75	2598.28	2597.64	2598.59	2597.96	2597.80	1.2938	0.4092	0.0029	0.0913	0.5774	0.7135
2651.12	2652.38	2650.48	2651.43	2652.70	2650.80	2653.33	2655.86	2656.18	2654.28	2652.86	2.0410	0.6454	0.0029	0.0913	0.5774	0.8708
2699.84	2698.89	2693.51	2694.46	2692.88	2694.15	2694.46	2694.15	2693.83	2694.46	2695.06	2.3320	0.7374	0.0029	0.0913	0.5774	0.9410
2747.93	2749.20	2749.20	2749.83	2753.00	2749.83	2748.88	2749.20	2749.52	2749.20	2749.58	1.3156	0.4160	0.0029	0.0913	0.5774	0.7175
2797.93	2796.03	2796.98	2798.24	2796.34	2798.24	2799.19	2797.29	2796.98	2797.93	2797.51	0.9672	0.3059	0.0029	0.0913	0.5774	0.6597
2848.23	2846.97	2847.92	2846.65	2847.28	2847.60	2847.92	2848.23	2847.28	2846.65	2847.47	0.6003	0.1898	0.0029	0.0913	0.5774	0.6146
2895.38	2895.38	2896.33	2894.74	2895.69	2896.33	2896.01	2895.06	2896.64	2896.96	2895.85	0.7192	0.2274	0.0029	0.0913	0.5774	0.6272
2947.27	2947.27	2946.32	2946.63	2946.32	2946.63	2945.68	2945.37	2945.37	2946.32	2946.32	0.6835	0.2161	0.0029	0.0913	0.5774	0.6232
2996.31	2995.68	2995.99	2995.99	2995.68	2995.99	2994.73	2995.68	2995.99	2996.31	2995.83	0.4536	0.1435	0.0029	0.0913	0.5774	0.6019

ตารางที่ ข.5 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนออกจากตัวแยกแสง ตำแหน่ง 8.5cm

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
50.31	51.57	51.57	51.26	51.26	51.57	50.62	51.57	52.52	52.84	51.51	0.7576	0.2396	0.0029	0.0913	0.5774	0.6317
95.24	94.29	94.60	94.60	93.97	94.60	94.60	90.81	91.12	90.81	93.46	1.7911	0.5664	0.0029	0.0913	0.5774	0.8139
137.95	133.52	124.35	123.40	121.81	118.97	119.28	118.65	118.02	119.92	123.59	6.8109	2.1538	0.0029	0.0913	0.5774	2.2317
199.33	199.65	198.70	199.02	198.38	199.96	198.70	199.02	199.33	199.65	199.17	0.5003	0.1582	0.0029	0.0913	0.5774	0.6056
246.79	247.11	247.42	245.53	246.48	246.79	247.11	245.84	247.42	246.79	246.73	0.6293	0.1990	0.0029	0.0913	0.5774	0.6175
295.52	293.94	293.94	293.62	293.30	293.30	289.82	290.46	289.82	288.87	292.26	2.2818	0.7216	0.0029	0.0913	0.5774	0.9286
323.68	319.25	317.98	317.03	314.50	313.87	313.24	311.34	310.39	310.07	315.13	4.3434	1.3735	0.0029	0.0913	0.5774	1.4927
358.80	359.43	367.97	370.82	369.24	366.07	362.91	364.18	361.33	367.66	364.84	4.1721	1.3193	0.0029	0.0913	0.5774	1.4430
393.29	399.61	400.56	401.20	400.88	400.88	402.78	402.46	403.09	401.51	400.63	2.7936	0.8834	0.0029	0.0913	0.5774	1.0593
453.40	453.40	453.40	453.72	454.03	453.40	454.03	454.35	454.98	454.67	453.94	0.5786	0.1830	0.0029	0.0913	0.5774	0.6125
505.92	505.92	502.76	506.24	504.03	502.44	500.23	495.48	494.53	496.43	501.40	4.5020	1.4236	0.0029	0.0913	0.5774	1.5390
550.85	541.36	542.31	544.21	543.89	536.61	528.70	537.25	540.73	541.68	540.76	5.7929	1.8319	0.0029	0.0913	0.5774	1.9229
595.78	575.53	604.96	593.57	602.11	604.64	605.27	604.64	604.96	605.27	599.67	9.4815	2.9983	0.0029	0.0913	0.5774	3.0548
658.74	659.06	659.38	657.48	658.43	659.06	659.06	658.74	659.06	657.80	658.68	0.6113	0.1933	0.0029	0.0913	0.5774	0.6157
704.31	707.15	703.99	704.31	705.26	705.89	705.26	703.04	707.15	705.89	705.22	1.3461	0.4257	0.0029	0.0913	0.5774	0.7231

ตารางที่ ข.5 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
762.84	763.79	766.32	766.32	765.69	763.79	765.69	765.69	765.69	761.26	764.71	1.7035	0.5387	0.0029	0.0913	0.5774	0.7949
816.00	816.63	816.94	817.89	816.63	818.21	817.58	818.21	818.21	818.53	817.48	0.8703	0.2752	0.0029	0.0913	0.5774	0.6461
868.52	870.10	869.15	869.78	870.42	870.10	870.42	872.31	872.31	872.31	870.54	1.3523	0.4276	0.0029	0.0913	0.5774	0.7243
924.20	937.81	934.65	934.96	935.59	937.18	937.18	937.81	937.49	938.13	935.50	4.1604	1.3156	0.0029	0.0913	0.5774	1.4396
987.80	989.38	991.60	990.65	991.60	992.23	991.28	992.23	993.18	992.86	991.28	1.6407	0.5188	0.0029	0.0913	0.5774	0.7816
1043.80	1044.75	1044.75	1045.39	1044.75	1045.39	1045.39	1046.02	1045.70	1046.65	1045.26	0.7921	0.2505	0.0029	0.0913	0.5774	0.6359
1095.38	1096.01	1095.69	1095.38	1096.33	1095.38	1094.74	1094.74	1095.06	1095.38	1095.41	0.5047	0.1596	0.0029	0.0913	0.5774	0.6059
1144.74	1144.74	1144.74	1144.42	1144.10	1144.42	1144.42	1144.74	1144.42	1144.42	1144.51	0.2136	0.0675	0.0029	0.0913	0.5774	0.5884
1194.09	1194.09	1195.04	1194.73	1194.09	1193.46	1194.41	1193.14	1193.78	1194.09	1194.09	0.5581	0.1765	0.0029	0.0913	0.5774	0.6106
1244.40	1244.40	1245.03	1245.03	1244.72	1245.03	1244.72	1244.08	1243.77	1245.03	1244.62	0.4487	0.1419	0.0029	0.0913	0.5774	0.6015
1294.08	1293.76	1293.76	1294.71	1357.99	1294.39	1294.08	1293.44	1294.39	1294.71	1300.53	20.1931	6.3856	0.0029	0.0913	0.5774	6.4123
1345.65	1345.33	1345.97	1345.02	1345.02	1345.65	1345.02	1345.65	1345.97	1345.33	1345.46	0.3714	0.1174	0.0029	0.0913	0.5774	0.5962
1395.01	1401.34	1394.37	1395.96	1396.27	1395.32	1395.64	1395.32	1396.59	1395.32	1396.12	1.9404	0.6136	0.0029	0.0913	0.5774	0.8475
1446.58	1446.90	1448.16	1447.21	1447.21	1446.26	1447.53	1446.90	1446.90	1446.90	1447.06	0.5220	0.1651	0.0029	0.0913	0.5774	0.6074
1498.47	1497.84	1499.42	1499.42	1497.20	1496.89	1496.89	1498.15	1498.79	1434.56	1491.76	20.1216	6.3630	0.0029	0.0913	0.5774	6.3898

ตารางที่ ข.5 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1549.73	1550.68	1550.04	1548.78	1549.41	1550.36	1548.78	1545.61	1542.45	1542.45	1547.83	3.1640	1.0005	0.0029	0.0913	0.5774	1.1588
1539.92	1540.87	1550.68	1552.26	1553.52	1556.69	1557.64	1558.90	1559.85	1561.43	1553.18	7.5443	2.3857	0.0029	0.0913	0.5774	2.4563
1616.49	1618.07	1619.34	1618.39	1620.92	1620.92	1620.92	1621.23	1627.25	1636.42	1621.99	5.8269	1.8426	0.0029	0.0913	0.5774	1.9331
1695.27	1700.97	1700.33	1698.12	1698.12	1698.44	1705.40	1698.44	1699.07	1698.75	1699.29	2.6221	0.8292	0.0029	0.0913	0.5774	1.0145
1750.32	1748.74	1750.64	1750.64	1750.01	1750.64	1750.32	1752.22	1747.16	1749.69	1750.04	1.3378	0.4231	0.0029	0.0913	0.5774	0.7216
1802.85	1804.43	1802.85	1805.38	1798.42	1797.78	1797.15	1798.42	1797.47	1799.68	1800.44	3.1151	0.9851	0.0029	0.0913	0.5774	1.1455
1847.14	1847.14	1846.83	1847.14	1846.83	1847.78	1847.14	1846.83	1846.83	1847.14	1847.08	0.2908	0.0919	0.0029	0.0913	0.5774	0.5917
1896.50	1896.19	1896.50	1896.50	1888.59	1887.33	1884.79	1883.53	1872.77	1871.82	1887.45	9.4605	2.9917	0.0029	0.0913	0.5774	3.0483
1916.43	1913.27	1912.64	1909.79	1908.84	1907.89	1905.99	1905.04	1904.73	1904.10	1908.87	4.1561	1.3143	0.0029	0.0913	0.5774	1.4384
1922.76	1925.29	1925.93	1925.93	1935.74	1935.10	1938.58	1939.53	1939.85	1936.05	1932.48	6.6953	2.1173	0.0029	0.0913	0.5774	2.1965
1993.95	1996.17	1996.48	1997.12	1999.65	1999.02	1999.96	2000.60	2001.23	2001.55	1998.57	2.5144	0.7951	0.0029	0.0913	0.5774	0.9869
2054.07	2055.97	2056.60	2057.23	2058.81	2059.13	2058.81	2060.40	2061.98	2061.35	2058.44	2.4860	0.7861	0.0029	0.0913	0.5774	0.9796
2142.98	2144.88	2144.56	2143.61	2145.51	2144.56	2144.88	2145.19	2144.88	2144.56	2144.56	0.7458	0.2358	0.0029	0.0913	0.5774	0.6303
2194.87	2194.55	2194.87	2194.87	2195.50	2194.55	2194.55	2194.87	2195.18	2194.23	2194.80	0.3592	0.1136	0.0029	0.0913	0.5774	0.5955
2243.91	2244.86	2244.23	2244.23	2244.86	2244.86	2245.17	2245.17	2244.86	2245.17	2244.73	0.4524	0.1431	0.0029	0.0913	0.5774	0.6018

ตารางที่ ข.5 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2294.85	2293.90	2294.85	2293.27	2294.85	2293.90	2294.85	2295.17	2294.85	2295.80	2294.63	0.7315	0.2313	0.0029	0.0913	0.5774	0.6286
2345.79	2344.21	2345.47	2344.52	2344.84	2345.79	2345.47	2345.47	2345.79	2345.16	2345.25	0.5591	0.1768	0.0029	0.0913	0.5774	0.6107
2395.15	2396.41	2395.15	2395.78	2395.46	2395.15	2395.78	2396.10	2395.78	2396.10	2395.69	0.4487	0.1419	0.0029	0.0913	0.5774	0.6015
2445.14	2442.61	2444.51	2441.66	2441.66	2441.34	2440.39	2439.76	2440.08	2440.08	2441.72	1.8677	0.5906	0.0029	0.0913	0.5774	0.8310
2485.32	2484.37	2473.93	2474.25	2473.30	2471.72	2471.72	2470.77	2471.72	2472.67	2474.98	5.3196	1.6822	0.0029	0.0913	0.5774	1.7809
2480.58	2483.42	2483.74	2485.01	2480.58	2468.55	2467.92	2454.63	2453.68	2461.59	2471.97	12.2866	3.8854	0.0029	0.0913	0.5774	3.9291
2497.98	2498.93	2498.93	2499.24	2499.24	2499.24	2514.11	2509.68	2514.75	2518.86	2505.10	8.2632	2.6130	0.0029	0.0913	0.5774	2.6776
2574.55	2578.66	2577.39	2577.39	2582.46	2582.14	2597.64	2603.02	2603.97	2603.66	2588.09	12.3696	3.9116	0.0029	0.0913	0.5774	3.9550
2655.55	2659.03	2659.97	2660.29	2660.61	2661.87	2661.87	2662.51	2662.82	2663.14	2660.77	2.2730	0.7188	0.0029	0.0913	0.5774	0.9265
2715.98	2720.09	2724.84	2722.31	2722.94	2723.57	2722.62	2725.47	2726.10	2737.18	2724.11	5.4416	1.7208	0.0029	0.0913	0.5774	1.8174
2784.32	2787.48	2787.48	2789.38	2790.02	2790.33	2790.65	2791.28	2794.13	2794.13	2789.92	3.0092	0.9516	0.0029	0.0913	0.5774	1.1168
2845.07	2845.39	2846.02	2846.65	2846.02	2846.33	2846.02	2846.02	2847.60	2846.33	2846.14	0.6867	0.2172	0.0029	0.0913	0.5774	0.6236
2896.33	2896.96	2896.64	2895.38	2895.38	2895.69	2894.43	2896.01	2895.69	2895.69	2895.82	0.7184	0.2272	0.0029	0.0913	0.5774	0.6271
2945.37	2945.37	2945.68	2945.37	2945.68	2946.00	2945.68	2945.68	2945.68	2945.37	2945.59	0.2136	0.0675	0.0029	0.0913	0.5774	0.5884
2995.36	2995.04	2995.04	2995.68	2994.73	2994.41	2993.14	2993.14	2992.83	2992.83	2994.22	1.1181	0.3536	0.0029	0.0913	0.5774	0.6832

ตารางที่ ข.6 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง ตำแหน่ง 0.5cm

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
49.04	47.78	49.99	49.67	47.46	47.14	46.83	47.46	48.73	46.83	48.09	1.1744	0.3714	0.0029	0.0913	0.5774	0.6925
101.25	101.25	99.98	101.56	101.88	102.83	101.88	100.93	101.88	100.93	101.44	0.7635	0.2414	0.0029	0.0913	0.5774	0.6324
151.87	149.34	150.92	149.66	150.92	149.34	151.24	150.29	149.97	150.61	150.42	0.8464	0.2676	0.0029	0.0913	0.5774	0.6429
203.45	200.91	201.86	200.28	202.50	200.91	203.76	202.50	202.50	203.13	202.18	1.1649	0.3684	0.0029	0.0913	0.5774	0.6909
250.59	250.27	251.22	251.22	250.59	251.85	251.22	250.59	252.17	252.49	251.22	0.7458	0.2358	0.0029	0.0913	0.5774	0.6303
299.00	299.95	299.63	300.90	300.90	300.26	299.95	299.95	300.58	299.00	300.01	0.6802	0.2151	0.0029	0.0913	0.5774	0.6229
353.74	354.37	352.79	353.74	351.20	352.79	352.15	353.10	353.42	352.79	353.01	0.8955	0.2832	0.0029	0.0913	0.5774	0.6495
402.78	404.68	403.09	403.41	405.62	404.36	403.09	403.41	403.73	402.46	403.66	0.9643	0.3049	0.0029	0.0913	0.5774	0.6593
454.35	455.30	455.30	453.72	455.30	453.08	454.35	453.40	454.98	455.62	454.54	0.8974	0.2838	0.0029	0.0913	0.5774	0.6498
501.18	501.49	501.18	503.39	500.23	501.18	502.76	501.49	503.71	504.97	502.16	1.4799	0.4680	0.0029	0.0913	0.5774	0.7488
554.02	555.60	554.33	553.70	555.60	554.97	555.28	553.07	554.33	554.33	554.52	0.8331	0.2635	0.0029	0.0913	0.5774	0.6412
604.32	605.59	605.91	605.27	604.64	604.64	604.01	604.01	605.27	603.69	604.74	0.7465	0.2361	0.0029	0.0913	0.5774	0.6304
654.32	655.26	653.68	653.05	654.95	654.00	652.73	654.63	653.37	655.26	654.13	0.9097	0.2877	0.0029	0.0913	0.5774	0.6515
701.78	700.19	701.14	701.46	699.24	699.56	700.51	700.83	700.51	701.46	700.67	0.8338	0.2637	0.0029	0.0913	0.5774	0.6413
751.77	751.45	751.45	748.92	750.18	753.35	749.87	752.40	752.08	752.40	751.39	1.3490	0.4266	0.0029	0.0913	0.5774	0.7236

ตารางที่ ข.6 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
799.86	800.81	798.28	801.76	801.44	800.81	797.96	798.28	797.33	798.28	799.48	1.6325	0.5162	0.0029	0.0913	0.5774	0.7799
851.75	850.80	852.07	852.07	848.58	850.17	850.17	850.48	850.80	850.17	850.70	1.0657	0.3370	0.0029	0.0913	0.5774	0.6747
896.99	896.04	897.31	897.31	896.04	897.31	897.31	896.68	895.73	897.63	896.84	0.6712	0.2122	0.0029	0.0913	0.5774	0.6219
945.40	946.99	946.04	946.67	945.09	945.72	946.35	946.99	947.30	947.30	946.38	0.7956	0.2516	0.0029	0.0913	0.5774	0.6364
996.66	995.39	995.39	995.08	996.03	996.03	995.39	996.34	996.34	996.34	995.90	0.5419	0.1714	0.0029	0.0913	0.5774	0.6091
1046.65	1047.28	1046.97	1046.33	1047.28	1047.60	1045.70	1046.65	1046.33	1046.65	1046.75	0.5591	0.1768	0.0029	0.0913	0.5774	0.6107
1097.59	1096.96	1095.38	1097.59	1096.01	1096.96	1096.33	1095.38	1095.69	1095.38	1096.33	0.8949	0.2830	0.0029	0.0913	0.5774	0.6494
1145.05	1146.00	1146.63	1145.68	1145.05	1146.00	1145.37	1145.68	1145.68	1146.95	1145.81	0.6186	0.1956	0.0029	0.0913	0.5774	0.6164
1198.84	1196.31	1198.52	1198.21	1198.84	1199.47	1199.47	1198.52	1197.57	1197.89	1198.37	0.9463	0.2992	0.0029	0.0913	0.5774	0.6567
1251.68	1251.36	1251.36	1251.68	1252.94	1251.36	1252.63	1252.94	1252.31	1253.58	1252.18	0.8060	0.2549	0.0029	0.0913	0.5774	0.6377
1299.77	1300.09	1300.72	1302.94	1300.40	1299.77	1302.30	1302.94	1300.40	1298.82	1300.82	1.4232	0.4501	0.0029	0.0913	0.5774	0.7377
1352.93	1351.03	1353.88	1351.98	1349.76	1351.34	1349.13	1349.13	1348.81	1347.86	1350.59	1.9573	0.6189	0.0029	0.0913	0.5774	0.8513
1397.54	1399.44	1397.54	1401.34	1398.80	1397.86	1401.02	1402.92	1401.34	1400.07	1399.79	1.8596	0.5881	0.0029	0.0913	0.5774	0.8292
1451.64	1452.59	1452.28	1452.91	1451.96	1455.12	1452.28	1454.49	1454.49	1454.17	1453.19	1.2519	0.3959	0.0029	0.0913	0.5774	0.7060
1503.53	1504.48	1504.80	1499.42	1502.27	1502.90	1505.11	1504.80	1501.63	1504.80	1503.37	1.8404	0.5820	0.0029	0.0913	0.5774	0.8249

ตารางที่ ข.6 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1554.16	1554.47	1554.47	1557.00	1553.84	1553.84	1555.11	1551.63	1554.47	1552.89	1554.19	1.3948	0.4411	0.0029	0.0913	0.5774	0.7323
1603.20	1605.10	1602.88	1603.20	1603.52	1600.67	1602.57	1601.62	1602.57	1604.15	1602.95	1.2372	0.3912	0.0029	0.0913	0.5774	0.7034
1654.77	1651.92	1651.29	1650.03	1653.19	1651.92	1651.61	1653.51	1655.40	1654.77	1652.84	1.7676	0.5590	0.0029	0.0913	0.5774	0.8088
1700.97	1701.60	1701.92	1702.55	1700.65	1700.33	1700.97	1702.55	1700.33	1702.55	1701.44	0.9103	0.2879	0.0029	0.0913	0.5774	0.6516
1752.22	1750.64	1750.32	1751.91	1754.12	1753.49	1751.27	1752.22	1750.96	1749.69	1751.69	1.3916	0.4401	0.0029	0.0913	0.5774	0.7317
1798.73	1800.63	1798.73	1799.05	1800.00	1799.37	1798.42	1799.05	1798.42	1798.73	1799.11	0.7122	0.2252	0.0029	0.0913	0.5774	0.6264
1847.78	1848.73	1848.09	1849.67	1850.94	1849.36	1847.14	1847.14	1849.36	1849.99	1848.82	1.2660	0.4004	0.0029	0.0913	0.5774	0.7085
1896.19	1896.50	1896.82	1898.72	1898.08	1896.50	1897.45	1896.82	1895.24	1896.19	1896.85	1.0055	0.3180	0.0029	0.0913	0.5774	0.6654
1946.81	1946.81	1946.81	1946.18	1947.44	1947.13	1946.18	1946.81	1945.86	1944.59	1946.46	0.8094	0.2560	0.0029	0.0913	0.5774	0.6381
1996.80	1995.85	1996.80	1996.17	1996.48	1996.17	1999.33	1997.43	1997.12	1997.12	1996.93	0.9803	0.3100	0.0029	0.0913	0.5774	0.6617
2046.79	2047.74	2046.79	2046.79	2045.84	2046.16	2047.11	2045.84	2046.48	2046.48	2046.60	0.5815	0.1839	0.0029	0.0913	0.5774	0.6128
2095.83	2096.15	2095.83	2097.42	2096.15	2096.78	2095.83	2096.78	2097.42	2096.78	2096.50	0.6231	0.1970	0.0029	0.0913	0.5774	0.6169
2148.04	2147.72	2146.14	2148.36	2147.09	2148.67	2147.09	2145.82	2148.04	2146.46	2147.34	0.9758	0.3086	0.0029	0.0913	0.5774	0.6610
2197.40	2198.35	2198.03	2197.71	2196.45	2198.35	2197.08	2195.50	2197.40	2197.71	2197.40	0.8824	0.2790	0.0029	0.0913	0.5774	0.6477
2252.77	2249.29	2247.71	2249.60	2248.65	2248.65	2249.60	2248.02	2248.65	2248.34	2249.13	1.4248	0.4506	0.0029	0.0913	0.5774	0.7380

ตารางที่ ข.6 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2297.70	2300.23	2298.65	2298.96	2297.70	2300.23	2299.91	2301.18	2298.96	2299.60	2299.31	1.1305	0.3575	0.0029	0.0913	0.5774	0.6852
2351.80	2351.48	2351.80	2351.48	2351.48	2352.12	2350.22	2353.07	2353.07	2351.48	2351.80	0.8304	0.2626	0.0029	0.0913	0.5774	0.6408
2402.43	2399.58	2400.21	2404.32	2397.36	2401.79	2402.11	2400.84	2404.01	2401.79	2401.44	2.0691	0.6543	0.0029	0.0913	0.5774	0.8774
2453.05	2453.37	2454.00	2452.10	2451.47	2452.73	2450.83	2451.78	2451.78	2452.42	2452.35	0.9527	0.3013	0.0029	0.0913	0.5774	0.6576
2502.09	2503.67	2502.41	2498.93	2502.41	2503.99	2504.31	2502.72	2503.04	2503.99	2502.76	1.5533	0.4912	0.0029	0.0913	0.5774	0.7635
2554.30	2553.03	2555.88	2553.03	2555.56	2553.98	2554.93	2553.98	2553.03	2549.55	2553.73	1.7886	0.5656	0.0029	0.0913	0.5774	0.8134
2600.81	2602.07	2604.92	2603.02	2601.76	2601.12	2601.12	2603.02	2604.60	2604.29	2602.67	1.5316	0.4843	0.0029	0.0913	0.5774	0.7591
2651.43	2652.70	2654.28	2654.91	2654.60	2654.60	2653.33	2654.60	2652.06	2652.70	2653.52	1.2407	0.3924	0.0029	0.0913	0.5774	0.7040
2703.32	2701.74	2700.16	2700.79	2699.84	2699.52	2699.84	2701.74	2699.84	2703.01	2700.98	1.3928	0.4404	0.0029	0.0913	0.5774	0.7319
2752.05	2751.73	2752.05	2753.00	2752.05	2750.15	2753.63	2753.31	2751.73	2751.73	2752.14	0.9899	0.3130	0.0029	0.0913	0.5774	0.6631
2800.14	2799.51	2797.29	2798.87	2798.87	2797.29	2800.14	2796.34	2796.66	2798.87	2798.40	1.4012	0.4431	0.0029	0.0913	0.5774	0.7335
2848.55	2849.18	2850.45	2847.92	2851.08	2850.45	2849.50	2847.60	2847.60	2848.87	2849.12	1.2461	0.3941	0.0029	0.0913	0.5774	0.7050
2896.01	2896.64	2896.96	2897.27	2898.54	2896.96	2896.64	2897.27	2896.96	2897.27	2897.05	0.6510	0.2059	0.0029	0.0913	0.5774	0.6197
2946.63	2946.95	2948.22	2947.90	2947.90	2947.58	2947.27	2947.90	2945.68	2946.32	2947.23	0.8230	0.2603	0.0029	0.0913	0.5774	0.6399
2996.94	2995.99	2994.73	2994.73	2995.99	2996.31	2995.04	2995.36	2997.26	2996.62	2995.90	0.9079	0.2871	0.0029	0.0913	0.5774	0.6512

ตารางที่ ข.7 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง ตำแหน่ง 2.5cm

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
51.26	51.57	50.94	52.21	52.21	52.52	52.21	51.26	51.57	52.52	51.83	0.5738	0.1815	0.0029	0.0913	0.5774	0.6121
96.19	96.19	97.13	96.82	95.87	95.87	96.19	96.50	96.82	95.87	96.34	0.4536	0.1435	0.0029	0.0913	0.5774	0.6019
148.71	149.34	148.71	150.29	148.71	149.02	148.39	148.08	149.66	149.34	149.02	0.6501	0.2056	0.0029	0.0913	0.5774	0.6196
196.80	198.07	197.12	197.12	196.80	197.43	197.12	197.75	197.43	196.48	197.21	0.4728	0.1495	0.0029	0.0913	0.5774	0.6034
246.79	246.48	246.79	247.42	246.79	247.11	246.48	247.11	247.11	247.11	246.92	0.3057	0.0967	0.0029	0.0913	0.5774	0.5925
297.42	297.73	297.73	297.73	298.05	297.73	296.78	298.05	298.05	298.05	297.73	0.3946	0.1248	0.0029	0.0913	0.5774	0.5977
348.67	347.41	347.72	346.77	348.04	347.41	347.72	347.41	347.72	346.77	347.57	0.5630	0.1780	0.0029	0.0913	0.5774	0.6111
398.98	398.03	398.66	398.66	399.30	398.98	399.30	398.03	398.35	399.30	398.76	0.4958	0.1568	0.0029	0.0913	0.5774	0.6052
450.24	449.60	448.97	450.24	449.29	449.60	448.97	449.29	450.24	449.60	449.60	0.4947	0.1564	0.0029	0.0913	0.5774	0.6051
500.86	502.76	499.91	500.23	500.23	500.23	500.23	500.23	499.91	499.91	500.45	0.8575	0.2712	0.0029	0.0913	0.5774	0.6444
552.12	550.85	551.17	550.54	550.85	551.17	549.59	550.22	550.85	549.90	550.73	0.7184	0.2272	0.0029	0.0913	0.5774	0.6271
600.53	600.53	601.79	600.84	600.84	600.21	600.53	601.16	601.16	601.48	600.91	0.4902	0.1550	0.0029	0.0913	0.5774	0.6047
650.83	651.78	650.83	651.15	651.15	650.83	651.15	651.47	651.47	650.83	651.15	0.3335	0.1055	0.0029	0.0913	0.5774	0.5940
701.78	701.14	701.46	702.09	701.46	700.51	702.09	701.14	703.04	700.19	701.49	0.8230	0.2603	0.0029	0.0913	0.5774	0.6399
750.50	752.40	751.45	751.45	751.13	751.13	750.50	750.18	750.50	750.18	750.94	0.7028	0.2222	0.0029	0.0913	0.5774	0.6254

ตารางที่ ข.7 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
801.12	801.12	800.18	801.12	800.81	801.76	801.12	800.49	801.44	801.76	801.09	0.5047	0.1596	0.0029	0.0913	0.5774	0.6059
850.80	850.80	850.48	852.07	851.43	850.80	851.43	850.80	849.22	851.12	850.89	0.7465	0.2361	0.0029	0.0913	0.5774	0.6304
901.74	900.79	901.74	901.11	902.37	901.42	902.37	902.06	901.42	901.42	901.65	0.5178	0.1637	0.0029	0.0913	0.5774	0.6070
950.78	952.05	950.78	952.68	952.68	952.05	952.05	953.95	953.00	951.73	952.17	0.9689	0.3064	0.0029	0.0913	0.5774	0.6600
998.87	998.87	999.51	997.61	998.56	998.24	999.19	999.19	999.51	998.56	998.81	0.5929	0.1875	0.0029	0.0913	0.5774	0.6139
1047.92	1048.23	1047.60	1047.60	1048.55	1047.28	1047.60	1048.23	1047.28	1047.60	1047.79	0.4271	0.1351	0.0029	0.0913	0.5774	0.5999
1099.17	1098.22	1097.91	1097.28	1098.22	1099.81	1097.59	1098.86	1098.86	1098.22	1098.41	0.7635	0.2414	0.0029	0.0913	0.5774	0.6324
1147.90	1147.90	1147.58	1147.58	1147.90	1147.27	1147.90	1147.90	1147.90	1147.90	1147.77	0.2212	0.0700	0.0029	0.0913	0.5774	0.5887
1199.16	1198.21	1198.52	1200.11	1199.16	1200.11	1200.11	1201.05	1200.11	1199.47	1199.60	0.8594	0.2718	0.0029	0.0913	0.5774	0.6446
1250.41	1248.83	1249.46	1249.46	1249.78	1250.41	1250.73	1250.73	1250.10	1249.78	1249.97	0.6186	0.1956	0.0029	0.0913	0.5774	0.6164
1300.09	1300.40	1300.40	1300.40	1300.40	1300.40	1300.40	1300.40	1300.72	1300.09	1300.37	0.1796	0.0568	0.0029	0.0913	0.5774	0.5873
1352.61	1349.76	1350.40	1350.08	1349.13	1350.40	1348.81	1349.45	1349.45	1349.13	1349.92	1.0884	0.3442	0.0029	0.0913	0.5774	0.6783
1398.80	1397.54	1398.49	1398.80	1399.12	1398.17	1398.80	1397.22	1398.49	1399.12	1398.46	0.6407	0.2026	0.0029	0.0913	0.5774	0.6187
1449.11	1449.43	1449.43	1449.11	1448.48	1448.48	1448.80	1449.11	1449.11	1449.11	1449.02	0.3352	0.1060	0.0029	0.0913	0.5774	0.5941
1498.79	1498.15	1498.15	1498.47	1498.79	1498.79	1498.47	1498.15	1498.47	1498.47	1498.47	0.2583	0.0817	0.0029	0.0913	0.5774	0.5902

ตารางที่ ข.7 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1549.09	1549.41	1549.41	1548.46	1548.78	1548.78	1548.78	1550.36	1549.41	1548.78	1549.13	0.5470	0.1730	0.0029	0.0913	0.5774	0.6096
1598.45	1600.03	1598.77	1599.72	1598.77	1599.72	1599.40	1598.77	1599.40	1599.09	1599.21	0.5210	0.1647	0.0029	0.0913	0.5774	0.6073
1649.39	1649.39	1649.08	1649.39	1649.08	1649.08	1650.34	1648.76	1649.71	1649.71	1649.39	0.4475	0.1415	0.0029	0.0913	0.5774	0.6014
1700.33	1700.02	1700.97	1701.60	1700.65	1699.70	1700.33	1700.33	1700.33	1700.65	1700.49	0.5220	0.1651	0.0029	0.0913	0.5774	0.6074
1748.74	1748.74	1748.74	1748.43	1748.43	1748.43	1748.43	1748.74	1749.38	1749.06	1748.71	0.3146	0.0995	0.0029	0.0913	0.5774	0.5929
1797.78	1800.63	1799.05	1799.68	1800.95	1800.63	1799.05	1799.05	1800.95	1798.10	1799.59	1.1654	0.3685	0.0029	0.0913	0.5774	0.6910
1849.36	1850.31	1850.31	1849.99	1849.99	1849.99	1849.36	1850.94	1849.36	1849.67	1849.93	0.5124	0.1620	0.0029	0.0913	0.5774	0.6066
1900.93	1900.30	1900.30	1900.30	1900.61	1900.30	1900.30	1900.61	1900.61	1899.98	1900.42	0.2668	0.0844	0.0029	0.0913	0.5774	0.5906
1949.66	1949.66	1949.97	1949.66	1949.34	1949.34	1949.97	1949.34	1949.34	1948.71	1949.50	0.3729	0.1179	0.0029	0.0913	0.5774	0.5963
1999.33	1997.75	1997.43	1998.70	1997.75	1997.75	1998.07	1997.75	1998.70	1998.38	1998.16	0.5975	0.1890	0.0029	0.0913	0.5774	0.6143
2047.74	2048.06	2047.42	2047.74	2047.11	2048.06	2048.37	2047.74	2048.06	2047.74	2047.80	0.3592	0.1136	0.0029	0.0913	0.5774	0.5955
2096.78	2096.47	2097.73	2097.42	2098.05	2097.10	2096.15	2098.05	2097.73	2097.42	2097.29	0.6536	0.2067	0.0029	0.0913	0.5774	0.6200
2146.46	2147.09	2147.09	2146.77	2146.77	2147.41	2147.72	2148.36	2147.09	2147.41	2147.22	0.5419	0.1714	0.0029	0.0913	0.5774	0.6091
2198.98	2198.35	2198.35	2197.71	2199.30	2198.98	2198.66	2197.71	2199.93	2199.61	2198.76	0.7465	0.2361	0.0029	0.0913	0.5774	0.6304
2249.60	2248.65	2249.60	2250.87	2250.24	2250.87	2250.24	2250.24	2250.55	2251.82	2250.27	0.8626	0.2728	0.0029	0.0913	0.5774	0.6451

ตารางที่ ข.7 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2300.86	2301.18	2301.18	2301.49	2301.18	2302.13	2301.18	2300.86	2300.23	2300.86	2301.11	0.4902	0.1550	0.0029	0.0913	0.5774	0.6047
2350.85	2351.17	2350.22	2351.48	2350.54	2350.22	2350.54	2351.17	2351.17	2350.54	2350.79	0.4425	0.1399	0.0029	0.0913	0.5774	0.6011
2400.53	2401.16	2400.21	2400.84	2400.53	2399.89	2401.16	2400.53	2400.53	2401.16	2400.65	0.4271	0.1351	0.0029	0.0913	0.5774	0.5999
2450.52	2450.83	2450.52	2450.52	2450.83	2450.83	2450.52	2449.57	2451.47	2450.20	2450.58	0.4902	0.1550	0.0029	0.0913	0.5774	0.6047
2499.88	2500.83	2501.14	2501.14	2500.19	2499.88	2499.56	2499.88	2500.83	2500.51	2500.38	0.5815	0.1839	0.0029	0.0913	0.5774	0.6128
2550.82	2550.18	2550.18	2550.50	2550.18	2550.82	2549.87	2551.13	2550.50	2550.82	2550.50	0.3946	0.1248	0.0029	0.0913	0.5774	0.5977
2600.81	2601.44	2600.81	2601.76	2601.12	2601.12	2602.07	2600.81	2601.44	2601.12	2601.25	0.4271	0.1351	0.0029	0.0913	0.5774	0.5999
2652.70	2650.80	2651.12	2651.75	2651.12	2650.48	2651.12	2652.38	2652.06	2651.75	2651.53	0.7161	0.2264	0.0029	0.0913	0.5774	0.6269
2701.42	2700.47	2700.79	2699.52	2700.79	2700.16	2700.79	2701.11	2699.84	2700.16	2700.51	0.5863	0.1854	0.0029	0.0913	0.5774	0.6132
2749.20	2748.88	2749.20	2749.83	2750.47	2749.52	2749.20	2749.52	2749.20	2749.83	2749.48	0.4585	0.1450	0.0029	0.0913	0.5774	0.6023
2798.87	2799.82	2800.14	2799.82	2799.82	2800.14	2800.14	2799.82	2800.46	2800.14	2799.92	0.4232	0.1338	0.0029	0.0913	0.5774	0.5997
2849.81	2849.50	2850.76	2850.45	2850.45	2850.76	2850.45	2850.76	2850.45	2851.40	2850.48	0.5263	0.1664	0.0029	0.0913	0.5774	0.6078
2901.07	2902.02	2900.76	2901.07	2901.39	2902.34	2902.34	2902.02	2901.39	2902.34	2901.67	0.6049	0.1913	0.0029	0.0913	0.5774	0.6150
2951.70	2952.01	2951.38	2951.70	2950.75	2950.75	2949.48	2950.75	2949.16	2949.80	2950.75	0.9894	0.3129	0.0029	0.0913	0.5774	0.6630
2998.52	2997.89	2997.57	2997.26	2998.52	2999.16	2999.16	2997.89	2999.79	2999.16	2998.49	0.8230	0.2603	0.0029	0.0913	0.5774	0.6399

ตารางที่ ข.8 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง ตำแหน่ง 4.5cm

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
50.94	51.57	50.94	50.94	51.26	51.26	51.26	51.57	51.26	50.94	51.19	0.2496	0.0789	0.0029	0.0913	0.5774	0.5898
96.82	97.13	97.77	96.82	98.40	97.13	97.77	97.45	97.45	97.77	97.45	0.4947	0.1564	0.0029	0.0913	0.5774	0.6051
149.97	149.66	150.29	149.34	149.02	149.97	148.71	149.66	149.02	149.66	149.53	0.4992	0.1578	0.0029	0.0913	0.5774	0.6055
201.23	200.91	200.91	201.23	201.23	200.91	200.60	201.23	201.23	200.28	200.98	0.3268	0.1033	0.0029	0.0913	0.5774	0.5936
249.32	250.59	250.91	250.59	250.59	250.91	250.91	250.59	250.91	250.27	250.56	0.4822	0.1525	0.0029	0.0913	0.5774	0.6041
300.90	300.26	300.58	300.26	300.58	299.95	301.21	299.95	300.26	300.90	300.49	0.4232	0.1338	0.0029	0.0913	0.5774	0.5997
351.20	350.25	350.57	350.89	349.94	349.62	350.57	350.25	350.25	350.25	350.38	0.4524	0.1431	0.0029	0.0913	0.5774	0.6018
400.56	399.61	400.25	401.20	399.93	401.51	401.20	400.56	400.56	400.25	400.56	0.5966	0.1887	0.0029	0.0913	0.5774	0.6142
451.50	451.50	451.50	451.82	452.45	452.45	452.14	451.19	452.14	451.50	451.82	0.4475	0.1415	0.0029	0.0913	0.5774	0.6014
501.81	501.81	502.44	500.86	502.76	501.81	502.13	502.76	503.71	502.76	502.29	0.7786	0.2462	0.0029	0.0913	0.5774	0.6343
553.07	553.70	552.43	553.70	552.43	552.12	553.07	552.75	552.12	552.43	552.78	0.5863	0.1854	0.0029	0.0913	0.5774	0.6132
603.69	602.74	602.74	603.37	602.43	602.43	602.74	601.48	602.74	603.06	602.74	0.5966	0.1887	0.0029	0.0913	0.5774	0.6142
651.78	651.47	653.37	652.10	652.73	652.10	652.10	651.78	652.10	651.47	652.10	0.5777	0.1827	0.0029	0.0913	0.5774	0.6124
703.04	701.78	702.41	702.41	703.36	701.78	703.04	702.72	703.67	703.04	702.72	0.6328	0.2001	0.0029	0.0913	0.5774	0.6178
751.77	751.77	752.08	751.77	751.77	751.77	751.45	751.45	751.13	752.08	751.70	0.2908	0.0919	0.0029	0.0913	0.5774	0.5917

ตารางที่ ข.8 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
801.76	801.76	801.12	801.44	802.39	801.12	802.39	801.76	802.71	801.76	801.82	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084
850.80	849.85	850.17	850.48	851.12	852.07	851.43	851.12	851.43	850.48	850.89	0.6679	0.2112	0.0029	0.0913	0.5774	0.6215
899.84	901.42	901.11	901.74	900.16	900.79	900.79	900.79	900.16	901.42	900.82	0.6231	0.1970	0.0029	0.0913	0.5774	0.6169
949.83	948.88	951.10	950.78	948.57	948.88	949.83	948.25	949.20	949.20	949.45	0.9291	0.2938	0.0029	0.0913	0.5774	0.6542
999.51	999.19	998.56	998.87	999.51	998.24	998.56	998.56	998.87	999.19	998.91	0.4336	0.1371	0.0029	0.0913	0.5774	0.6004
1048.23	1047.92	1047.92	1047.92	1047.60	1047.92	1047.92	1047.92	1047.60	1048.23	1047.92	0.2109	0.0667	0.0029	0.0913	0.5774	0.5883
1098.54	1098.86	1097.91	1099.17	1098.54	1098.54	1099.17	1099.49	1098.54	1097.91	1098.67	0.5210	0.1647	0.0029	0.0913	0.5774	0.6073
1148.53	1148.22	1148.53	1148.53	1148.53	1148.22	1147.27	1148.85	1148.22	1149.16	1148.41	0.4992	0.1578	0.0029	0.0913	0.5774	0.6055
1200.74	1200.11	1200.11	1199.79	1198.84	1199.16	1199.47	1200.42	1199.47	1200.11	1199.82	0.5863	0.1854	0.0029	0.0913	0.5774	0.6132
1249.46	1249.46	1249.15	1249.15	1249.46	1249.15	1249.78	1249.78	1250.10	1249.78	1249.53	0.3268	0.1033	0.0029	0.0913	0.5774	0.5936
1300.72	1301.04	1300.72	1300.72	1301.67	1301.35	1301.35	1300.72	1300.40	1300.09	1300.88	0.4775	0.1510	0.0029	0.0913	0.5774	0.6037
1351.98	1351.98	1351.34	1351.98	1351.34	1351.34	1351.34	1351.03	1351.98	1351.98	1351.63	0.3788	0.1198	0.0029	0.0913	0.5774	0.5967
1402.28	1402.28	1401.65	1403.87	1402.92	1403.23	1402.60	1403.23	1402.92	1403.55	1402.85	0.6637	0.2099	0.0029	0.0913	0.5774	0.6211
1452.91	1453.23	1452.28	1451.96	1452.28	1451.33	1451.33	1451.01	1451.96	1452.28	1452.05	0.7004	0.2215	0.0029	0.0913	0.5774	0.6251
1501.95	1502.58	1502.27	1502.27	1502.58	1503.22	1502.58	1502.90	1503.53	1503.53	1502.74	0.5429	0.1717	0.0029	0.0913	0.5774	0.6092

ตารางที่ ข.8 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1552.26	1552.26	1552.26	1550.99	1550.99	1551.31	1552.26	1551.94	1552.57	1552.26	1551.91	0.5863	0.1854	0.0029	0.0913	0.5774	0.6132
1600.98	1602.57	1602.57	1601.62	1601.30	1601.62	1601.93	1601.62	1602.25	1602.25	1601.87	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084
1650.98	1651.29	1651.29	1651.92	1651.61	1651.61	1651.29	1651.29	1651.29	1651.92	1651.45	0.3075	0.0972	0.0029	0.0913	0.5774	0.5926
1701.92	1701.28	1701.92	1700.65	1700.65	1700.97	1700.65	1700.97	1701.60	1701.28	1701.19	0.4958	0.1568	0.0029	0.0913	0.5774	0.6052
1751.59	1751.59	1751.27	1750.96	1751.27	1751.27	1751.59	1751.27	1751.27	1750.64	1751.27	0.2983	0.0943	0.0029	0.0913	0.5774	0.5921
1800.32	1800.63	1800.95	1801.27	1801.27	1801.58	1801.27	1801.27	1800.63	1800.32	1800.95	0.4475	0.1415	0.0029	0.0913	0.5774	0.6014
1849.99	1850.31	1850.62	1849.99	1849.99	1849.67	1849.36	1849.99	1849.36	1849.04	1849.83	0.4775	0.1510	0.0029	0.0913	0.5774	0.6037
1899.03	1899.98	1900.93	1901.56	1900.61	1899.67	1899.67	1900.61	1900.30	1901.25	1900.36	0.7864	0.2487	0.0029	0.0913	0.5774	0.6352
1949.66	1949.34	1949.97	1951.24	1949.02	1950.29	1951.24	1950.29	1950.92	1949.34	1950.13	0.8067	0.2551	0.0029	0.0913	0.5774	0.6378
1999.96	1999.96	1999.65	1999.65	2000.60	1999.96	1999.96	1999.33	1999.96	1999.33	1999.84	0.3714	0.1174	0.0029	0.0913	0.5774	0.5962
2049.64	2049.32	2049.64	2048.69	2049.32	2049.01	2049.96	2048.69	2048.06	2048.69	2049.10	0.5786	0.1830	0.0029	0.0913	0.5774	0.6125
2099.63	2099.31	2100.26	2099.63	2099.31	2098.68	2099.31	2098.68	2099.63	2099.00	2099.35	0.4822	0.1525	0.0029	0.0913	0.5774	0.6041
2151.20	2150.25	2150.57	2150.57	2150.25	2150.25	2151.20	2151.20	2151.52	2149.94	2150.70	0.5419	0.1714	0.0029	0.0913	0.5774	0.6091
2201.51	2201.51	2201.51	2201.19	2201.19	2202.46	2201.51	2200.88	2202.14	2201.19	2201.51	0.4717	0.1492	0.0029	0.0913	0.5774	0.6033
2251.82	2251.50	2253.08	2251.82	2251.19	2251.82	2251.82	2252.14	2251.82	2251.50	2251.85	0.5047	0.1596	0.0029	0.0913	0.5774	0.6059

ตารางที่ ข.8 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2304.02	2301.81	2302.76	2302.13	2303.39	2303.71	2302.13	2303.08	2303.71	2302.13	2302.89	0.8060	0.2549	0.0029	0.0913	0.5774	0.6377
2352.75	2351.80	2352.75	2352.12	2352.75	2351.48	2352.43	2352.75	2353.07	2352.43	2352.43	0.4947	0.1564	0.0029	0.0913	0.5774	0.6051
2402.11	2402.74	2403.37	2403.06	2402.74	2403.06	2403.37	2402.11	2403.37	2402.74	2402.87	0.4764	0.1506	0.0029	0.0913	0.5774	0.6036
2453.05	2451.47	2453.05	2451.78	2451.78	2452.10	2452.10	2451.15	2452.10	2451.47	2452.01	0.6337	0.2004	0.0029	0.0913	0.5774	0.6179
2503.67	2502.41	2503.04	2503.04	2501.77	2501.46	2501.46	2501.77	2502.72	2502.72	2502.41	0.7605	0.2405	0.0029	0.0913	0.5774	0.6321
2552.08	2551.77	2551.77	2552.40	2551.77	2551.45	2551.13	2552.72	2552.40	2552.72	2552.02	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084
2602.39	2609.03	2601.76	2600.81	2602.07	2602.71	2603.02	2602.39	2602.39	2602.39	2602.90	2.2383	0.7078	0.0029	0.0913	0.5774	0.9180
2650.80	2652.06	2651.12	2652.06	2650.80	2651.75	2652.70	2650.80	2650.48	2650.48	2651.31	0.7779	0.2460	0.0029	0.0913	0.5774	0.6342
2701.11	2702.06	2701.42	2702.37	2700.79	2701.42	2700.47	2703.01	2702.37	2702.06	2701.71	0.7956	0.2516	0.0029	0.0913	0.5774	0.6364
2751.73	2751.10	2750.78	2751.10	2751.73	2751.10	2752.05	2751.73	2750.47	2749.20	2751.10	0.8304	0.2626	0.0029	0.0913	0.5774	0.6408
2799.82	2800.14	2799.82	2800.14	2801.09	2799.19	2798.24	2799.51	2799.19	2798.56	2799.57	0.8278	0.2618	0.0029	0.0913	0.5774	0.6405
2849.81	2848.55	2850.13	2848.87	2848.55	2848.87	2848.23	2849.18	2849.50	2848.55	2849.02	0.6195	0.1959	0.0029	0.0913	0.5774	0.6165
2899.81	2900.12	2899.49	2900.12	2900.12	2899.49	2898.54	2899.49	2899.49	2899.49	2899.62	0.4764	0.1506	0.0029	0.0913	0.5774	0.6036
2947.58	2948.22	2948.85	2948.22	2947.90	2946.95	2948.22	2948.53	2948.22	2948.53	2948.12	0.5388	0.1704	0.0029	0.0913	0.5774	0.6089
2998.52	2998.84	2998.84	2999.16	2998.84	2998.21	2997.89	2999.16	2998.21	2998.52	2998.62	0.4232	0.1338	0.0029	0.0913	0.5774	0.5997

ตารางที่ ข.9 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง ตำแหน่ง 6.5cm

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
50.94	51.26	50.62	49.99	50.94	50.62	50.62	50.62	50.62	49.99	50.62	0.3946	0.1248	0.0029	0.0913	0.5774	0.5977
95.55	95.87	95.55	94.92	95.55	94.92	96.50	95.87	96.19	96.19	95.71	0.5220	0.1651	0.0029	0.0913	0.5774	0.6074
149.66	149.66	149.66	149.66	149.97	149.97	149.02	149.34	149.66	149.97	149.66	0.2983	0.0943	0.0029	0.0913	0.5774	0.5921
203.13	201.86	203.13	202.50	202.18	201.86	202.18	202.50	203.13	202.81	202.53	0.5047	0.1596	0.0029	0.0913	0.5774	0.6059
252.17	250.59	251.22	250.27	250.59	249.96	249.32	250.27	250.27	251.22	250.59	0.7892	0.2496	0.0029	0.0913	0.5774	0.6356
300.90	301.85	301.53	300.90	300.26	300.58	300.58	300.90	300.90	300.26	300.86	0.5047	0.1596	0.0029	0.0913	0.5774	0.6059
347.72	348.04	347.09	347.72	348.36	348.36	349.31	348.04	349.62	348.67	348.29	0.7576	0.2396	0.0029	0.0913	0.5774	0.6317
398.35	398.66	398.98	399.61	398.03	399.30	398.98	400.56	400.56	399.93	399.30	0.8697	0.2750	0.0029	0.0913	0.5774	0.6460
448.97	448.66	448.66	449.92	450.24	448.97	449.92	450.24	448.97	450.24	449.48	0.6867	0.2172	0.0029	0.0913	0.5774	0.6236
500.23	498.96	499.60	499.91	498.33	499.28	499.28	498.65	499.28	498.33	499.18	0.6337	0.2004	0.0029	0.0913	0.5774	0.6179
551.80	550.22	550.85	551.17	551.49	550.54	550.85	551.80	551.17	551.49	551.14	0.5263	0.1664	0.0029	0.0913	0.5774	0.6078
599.58	601.16	600.84	601.16	601.16	601.48	600.21	600.53	599.58	599.58	600.53	0.7458	0.2358	0.0029	0.0913	0.5774	0.6303
651.47	651.78	651.47	649.89	650.83	651.78	651.47	651.15	650.20	651.15	651.12	0.6407	0.2026	0.0029	0.0913	0.5774	0.6187
697.98	699.88	698.93	697.35	698.93	699.88	697.98	698.93	697.98	698.93	698.67	0.8411	0.2660	0.0029	0.0913	0.5774	0.6422
748.60	748.29	748.29	748.92	747.97	748.29	747.65	748.29	747.34	747.34	748.10	0.5210	0.1647	0.0029	0.0913	0.5774	0.6073

ตารางที่ ข.9 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
797.33	798.59	797.96	797.01	795.43	798.91	797.96	798.91	800.18	798.59	798.09	1.2934	0.4090	0.0029	0.0913	0.5774	0.7134
847.95	847.64	847.64	847.95	847.32	847.00	847.64	847.64	847.00	847.64	847.54	0.3352	0.1060	0.0029	0.0913	0.5774	0.5941
897.63	897.94	898.58	898.26	898.58	897.63	898.26	898.58	899.84	897.94	898.32	0.6467	0.2045	0.0029	0.0913	0.5774	0.6193
947.93	947.62	948.25	948.25	948.57	948.57	946.99	948.25	948.88	948.57	948.19	0.5541	0.1752	0.0029	0.0913	0.5774	0.6102
999.82	999.51	999.19	998.87	997.93	999.51	999.51	1000.14	999.51	1000.46	999.44	0.6964	0.2202	0.0029	0.0913	0.5774	0.6246
1048.87	1048.55	1048.23	1048.23	1047.92	1048.55	1047.28	1049.50	1048.87	1048.23	1048.42	0.6003	0.1898	0.0029	0.0913	0.5774	0.6146
1098.22	1099.17	1097.59	1097.91	1097.91	1098.86	1098.54	1098.22	1099.17	1097.59	1098.32	0.5975	0.1890	0.0029	0.0913	0.5774	0.6143
1148.53	1149.16	1149.48	1149.16	1149.16	1149.48	1149.48	1149.16	1149.80	1149.16	1149.26	0.3352	0.1060	0.0029	0.0913	0.5774	0.5941
1200.74	1199.47	1200.11	1200.11	1201.37	1198.84	1200.42	1200.74	1200.11	1201.05	1200.30	0.7487	0.2368	0.0029	0.0913	0.5774	0.6307
1251.36	1250.41	1250.41	1250.41	1251.05	1251.36	1250.10	1251.36	1251.68	1252.94	1251.11	0.8411	0.2660	0.0029	0.0913	0.5774	0.6422
1301.35	1301.04	1301.67	1301.67	1301.04	1301.67	1301.04	1302.62	1301.99	1301.35	1301.54	0.4992	0.1578	0.0029	0.0913	0.5774	0.6055
1352.61	1352.29	1351.34	1353.24	1353.88	1353.24	1353.88	1354.19	1353.56	1351.66	1352.99	0.9758	0.3086	0.0029	0.0913	0.5774	0.6610
1400.07	1403.23	1400.07	1401.02	1401.65	1402.28	1401.97	1402.92	1402.28	1401.97	1401.75	1.0761	0.3403	0.0029	0.0913	0.5774	0.6764
1451.33	1451.64	1452.28	1452.59	1451.01	1451.64	1451.64	1451.33	1451.33	1451.33	1451.61	0.4822	0.1525	0.0029	0.0913	0.5774	0.6041
1501.32	1500.69	1501.32	1501.63	1501.63	1501.00	1501.95	1499.74	1501.00	1500.37	1501.06	0.6637	0.2099	0.0029	0.0913	0.5774	0.6211

ตารางที่ ข.9 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1550.99	1550.68	1550.36	1550.68	1550.99	1550.68	1550.99	1550.99	1550.99	1551.31	1550.87	0.2668	0.0844	0.0029	0.0913	0.5774	0.5906
1599.72	1599.72	1599.40	1600.03	1600.67	1600.35	1600.35	1600.67	1600.67	1600.03	1600.16	0.4524	0.1431	0.0029	0.0913	0.5774	0.6018
1650.66	1649.71	1650.98	1651.29	1650.66	1651.29	1651.29	1650.66	1650.98	1650.34	1650.79	0.4992	0.1578	0.0029	0.0913	0.5774	0.6055
1699.38	1699.70	1699.70	1700.33	1699.70	1700.33	1699.38	1699.70	1699.70	1700.02	1699.80	0.3352	0.1060	0.0029	0.0913	0.5774	0.5941
1750.01	1750.64	1749.69	1750.32	1750.32	1750.01	1749.69	1750.96	1750.01	1750.01	1750.17	0.4016	0.1270	0.0029	0.0913	0.5774	0.5982
1800.63	1800.95	1799.37	1799.37	1800.00	1800.00	1800.32	1800.00	1799.68	1800.00	1800.03	0.5047	0.1596	0.0029	0.0913	0.5774	0.6059
1849.04	1849.99	1849.99	1850.31	1849.36	1849.99	1848.73	1850.31	1849.67	1849.99	1849.74	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084
1898.08	1897.77	1897.77	1897.77	1898.08	1898.08	1898.40	1898.72	1898.08	1897.13	1897.99	0.4232	0.1338	0.0029	0.0913	0.5774	0.5997
1946.81	1946.81	1946.18	1946.49	1947.13	1946.49	1947.13	1946.81	1946.81	1946.49	1946.71	0.3002	0.0949	0.0029	0.0913	0.5774	0.5922
1996.80	1997.43	1996.48	1996.17	1996.80	1997.43	1996.48	1996.48	1996.80	1996.48	1996.74	0.4166	0.1317	0.0029	0.0913	0.5774	0.5992
2046.79	2047.74	2048.06	2048.06	2047.11	2047.42	2046.48	2048.06	2048.06	2048.37	2047.61	0.6363	0.2012	0.0029	0.0913	0.5774	0.6182
2100.58	2099.63	2100.26	2100.26	2099.63	2101.53	2100.26	2101.21	2101.21	2101.53	2100.61	0.7223	0.2284	0.0029	0.0913	0.5774	0.6276
2153.10	2152.15	2153.10	2151.52	2152.15	2151.84	2151.84	2152.47	2151.84	2151.20	2152.12	0.6231	0.1970	0.0029	0.0913	0.5774	0.6169
2203.41	2200.88	2202.14	2202.46	2201.83	2204.04	2203.09	2200.88	2201.19	2200.56	2202.05	1.1937	0.3775	0.0029	0.0913	0.5774	0.6958
2250.55	2251.82	2251.50	2250.55	2250.55	2251.82	2250.87	2250.24	2250.87	2250.87	2250.96	0.5591	0.1768	0.0029	0.0913	0.5774	0.6107

ตารางที่ ข.9 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2305.29	2302.13	2304.34	2301.49	2302.44	2301.49	2302.13	2301.81	2303.71	2301.81	2302.66	1.3177	0.4167	0.0029	0.0913	0.5774	0.7179
2352.43	2355.28	2353.38	2352.43	2354.33	2354.33	2352.12	2352.75	2355.91	2353.07	2353.60	1.3007	0.4113	0.0029	0.0913	0.5774	0.7148
2399.89	2399.26	2400.84	2400.21	2400.84	2398.94	2399.26	2399.26	2399.58	2400.53	2399.86	0.7067	0.2235	0.0029	0.0913	0.5774	0.6258
2447.67	2447.99	2447.99	2447.67	2447.35	2447.67	2447.99	2447.99	2448.30	2447.99	2447.86	0.2668	0.0844	0.0029	0.0913	0.5774	0.5906
2497.35	2497.35	2497.98	2497.35	2497.66	2497.03	2496.71	2497.66	2497.03	2498.61	2497.47	0.5419	0.1714	0.0029	0.0913	0.5774	0.6091
2548.60	2548.29	2547.97	2549.87	2548.29	2548.60	2548.92	2548.60	2548.29	2549.55	2548.70	0.5975	0.1890	0.0029	0.0913	0.5774	0.6143
2598.28	2597.64	2599.23	2598.28	2598.91	2599.54	2599.86	2599.23	2599.86	2598.59	2598.94	0.7375	0.2332	0.0029	0.0913	0.5774	0.6293
2649.53	2649.22	2649.85	2649.85	2649.22	2649.53	2649.22	2650.48	2650.17	2649.22	2649.63	0.4487	0.1419	0.0029	0.0913	0.5774	0.6015
2699.21	2699.52	2699.52	2699.21	2698.26	2699.21	2699.21	2698.58	2698.26	2698.58	2698.96	0.4902	0.1550	0.0029	0.0913	0.5774	0.6047
2748.57	2749.20	2749.52	2748.57	2749.20	2749.83	2748.88	2749.20	2749.20	2748.25	2749.04	0.4775	0.1510	0.0029	0.0913	0.5774	0.6037
2799.19	2798.56	2798.87	2799.51	2798.87	2798.87	2798.24	2798.87	2798.87	2798.24	2798.81	0.3889	0.1230	0.0029	0.0913	0.5774	0.5973
2847.28	2848.55	2848.23	2847.92	2848.23	2850.45	2848.23	2847.92	2847.60	2847.28	2848.17	0.9048	0.2861	0.0029	0.0913	0.5774	0.6508
2898.86	2898.54	2899.17	2898.86	2898.54	2898.86	2899.17	2896.96	2897.91	2897.59	2898.45	0.7315	0.2313	0.0029	0.0913	0.5774	0.6286
2947.27	2948.53	2947.27	2947.90	2947.90	2948.22	2948.22	2947.90	2948.53	2948.22	2947.99	0.4487	0.1419	0.0029	0.0913	0.5774	0.6015
2998.84	2997.89	2999.79	3000.42	2998.84	2999.16	2999.47	2998.84	2998.84	3000.10	2999.22	0.7428	0.2349	0.0029	0.0913	0.5774	0.6300

ตารางที่ ข.10 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนเข้าหาตัวแยกแสง ตำแหน่ง 8.5cm

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
50.94	50.62	50.94	51.57	50.94	50.62	50.31	50.62	50.62	50.31	50.75	0.3714	0.1174	0.0029	0.0913	0.5774	0.5962
95.24	95.87	97.77	96.82	96.82	96.82	96.82	95.87	96.82	97.45	96.63	0.7635	0.2414	0.0029	0.0913	0.5774	0.6324
163.90	158.83	160.10	159.47	160.73	156.93	157.25	158.83	161.05	160.41	159.75	2.0091	0.6353	0.0029	0.0913	0.5774	0.8633
227.81	223.06	224.01	219.90	215.47	214.52	214.52	214.84	215.15	216.73	218.60	4.8111	1.5214	0.0029	0.0913	0.5774	1.6298
248.37	249.64	245.21	247.42	245.84	239.20	244.26	239.83	236.98	246.79	244.36	4.2660	1.3490	0.0029	0.0913	0.5774	1.4702
267.67	265.78	265.46	264.19	261.66	261.98	260.40	256.60	255.02	254.39	261.31	4.6798	1.4799	0.0029	0.0913	0.5774	1.5911
301.53	295.52	295.52	295.52	295.83	293.30	287.61	287.92	284.44	285.71	292.29	5.5384	1.7514	0.0029	0.0913	0.5774	1.8464
339.50	336.97	348.36	349.62	349.62	343.61	341.40	341.40	340.76	343.61	343.48	4.3923	1.3890	0.0029	0.0913	0.5774	1.5069
404.04	403.73	405.62	405.94	405.94	405.62	406.26	407.52	407.52	407.84	406.00	1.3896	0.4394	0.0029	0.0913	0.5774	0.7313
458.78	459.10	457.83	463.21	464.16	464.16	466.06	467.32	464.48	463.53	462.86	3.2109	1.0154	0.0029	0.0913	0.5774	1.1716
548.32	549.90	550.22	550.22	548.00	550.85	550.85	550.85	551.80	551.17	550.22	1.2117	0.3832	0.0029	0.0913	0.5774	0.6989
600.84	601.16	601.16	599.58	599.58	600.21	600.53	599.58	601.79	599.26	600.37	0.8601	0.2720	0.0029	0.0913	0.5774	0.6447
651.47	651.15	652.73	652.42	652.42	650.83	651.78	651.78	652.10	651.15	651.78	0.6328	0.2001	0.0029	0.0913	0.5774	0.6178
700.83	700.83	700.83	701.46	702.09	699.88	700.19	699.88	699.88	700.19	700.60	0.7465	0.2361	0.0029	0.0913	0.5774	0.6304
750.18	750.82	749.87	750.18	750.50	751.13	750.50	751.45	750.82	749.87	750.53	0.5263	0.1664	0.0029	0.0913	0.5774	0.6078

ตารางที่ ข.10 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
799.86	798.91	799.86	801.44	799.86	800.81	799.86	799.54	799.86	799.23	799.92	0.7276	0.2301	0.0029	0.0913	0.5774	0.6282
849.53	848.90	849.22	849.22	849.22	850.17	850.17	849.22	849.22	849.22	849.41	0.4271	0.1351	0.0029	0.0913	0.5774	0.5999
897.94	898.89	897.94	899.21	899.53	867.89	897.94	898.26	900.47	898.58	895.67	9.7951	3.0975	0.0029	0.0913	0.5774	3.1522
950.15	948.57	948.88	948.88	949.83	948.88	948.25	948.57	948.25	948.57	948.88	0.6328	0.2001	0.0029	0.0913	0.5774	0.6178
996.03	996.03	995.39	997.29	995.71	997.29	995.08	994.13	994.76	994.13	995.58	1.1280	0.3567	0.0029	0.0913	0.5774	0.6848
1042.85	1041.27	1041.59	1042.22	1041.27	1041.91	1041.59	1040.64	1041.59	1040.96	1041.59	0.6328	0.2001	0.0029	0.0913	0.5774	0.6178
1090.95	1088.10	1087.47	1089.05	1088.10	1082.72	1082.40	1082.40	1082.09	1081.14	1085.44	3.6081	1.1410	0.0029	0.0913	0.5774	1.2820
1121.64	1119.74	1121.01	1120.37	1120.69	1119.42	1120.69	1118.47	1118.16	1119.11	1119.93	1.1379	0.3598	0.0029	0.0913	0.5774	0.6864
1167.83	1167.20	1168.47	1166.88	1163.40	1164.35	1165.30	1167.83	1165.93	1164.35	1166.16	1.7461	0.5522	0.0029	0.0913	0.5774	0.8041
1212.76	1213.08	1212.44	1211.81	1214.98	1212.76	1212.44	1211.81	1211.81	1212.44	1212.63	0.9338	0.2953	0.0029	0.0913	0.5774	0.6549
1263.70	1261.17	1260.22	1261.80	1264.02	1262.12	1260.85	1260.22	1259.90	1262.44	1261.65	1.4403	0.4555	0.0029	0.0913	0.5774	0.7410
1308.95	1311.16	1311.16	1310.53	1308.95	1309.58	1307.36	1309.90	1308.95	1307.36	1309.39	1.3605	0.4302	0.0029	0.0913	0.5774	0.7258
1353.24	1355.14	1354.19	1350.71	1348.81	1351.66	1350.40	1348.18	1343.75	1340.27	1349.64	4.6554	1.4722	0.0029	0.0913	0.5774	1.5840
1386.15	1383.93	1382.67	1380.77	1383.30	1385.52	1378.55	1377.29	1375.39	1362.73	1379.63	6.9098	2.1851	0.0029	0.0913	0.5774	2.2619
1407.98	1406.40	1406.40	1403.87	1405.45	1397.86	1403.55	1402.28	1401.02	1398.80	1403.36	3.3690	1.0654	0.0029	0.0913	0.5774	1.2152

ตารางที่ ข.10 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1450.69	1447.85	1449.43	1449.74	1451.96	1452.91	1451.01	1451.01	1452.28	1451.01	1450.79	1.4844	0.4694	0.0029	0.0913	0.5774	0.7497
1501.95	1498.47	1499.74	1507.65	1495.94	1507.65	1500.69	1502.27	1494.36	1499.42	1500.81	4.3567	1.3777	0.0029	0.0913	0.5774	1.4966
1539.92	1541.82	1521.88	1540.55	1545.61	1544.98	1554.16	1542.77	1546.25	1549.41	1542.73	8.4918	2.6853	0.0029	0.0913	0.5774	2.7482
1625.66	1624.08	1624.40	1628.51	1616.49	1614.59	1613.96	1623.13	1624.08	1631.99	1622.69	5.9309	1.8755	0.0029	0.0913	0.5774	1.9645
1681.35	1685.46	1680.72	1684.20	1690.53	1689.26	1685.78	1695.90	1690.53	1687.04	1687.08	4.6224	1.4617	0.0029	0.0913	0.5774	1.5743
1746.84	1750.01	1750.64	1753.17	1750.96	1751.27	1752.22	1753.17	1754.44	1754.12	1751.69	2.2672	0.7169	0.0029	0.0913	0.5774	0.9250
1806.33	1806.96	1809.18	1808.86	1810.44	1810.44	1810.44	1815.50	1812.02	1814.55	1810.47	2.9472	0.9320	0.0029	0.0913	0.5774	1.1001
1863.28	1864.55	1865.18	1865.18	1866.44	1866.13	1865.81	1866.76	1868.03	1868.34	1865.97	1.5374	0.4862	0.0029	0.0913	0.5774	0.7603
1919.60	1919.60	1919.28	1919.28	1920.23	1921.50	1920.86	1920.55	1922.76	1932.89	1921.66	4.0963	1.2954	0.0029	0.0913	0.5774	1.4211
1975.29	1982.56	1983.20	1982.56	1983.83	1984.46	1986.99	1987.31	1986.68	1987.62	1984.05	3.6688	1.1602	0.0029	0.0913	0.5774	1.2991
2039.20	2040.46	2041.41	2040.46	2040.46	2041.10	2040.78	2041.41	2042.05	2041.41	2040.87	0.7899	0.2498	0.0029	0.0913	0.5774	0.6357
2092.35	2092.04	2092.99	2095.20	2094.88	2096.78	2096.47	2099.00	2099.00	2098.05	2095.68	2.6229	0.8294	0.0029	0.0913	0.5774	1.0147
2161.96	2158.16	2155.63	2155.95	2158.80	2165.76	2159.75	2155.95	2155.63	2160.70	2158.83	3.3266	1.0520	0.0029	0.0913	0.5774	1.2035
2223.98	2222.08	2228.72	2232.83	2215.12	2198.03	2224.29	2196.45	2230.62	2236.63	2220.87	13.8333	4.3745	0.0029	0.0913	0.5774	4.4133
2261.94	2258.15	2260.99	2270.17	2263.53	2257.51	2254.98	2270.17	2260.68	2262.58	2262.07	4.9787	1.5744	0.0029	0.0913	0.5774	1.6794

ตารางที่ ข.10 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ (ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2297.38	2303.71	2301.81	2296.11	2303.71	2305.61	2301.18	2301.49	2302.13	2305.61	2301.87	3.1386	0.9925	0.0029	0.0913	0.5774	1.1518
2354.65	2354.65	2352.75	2351.80	2352.75	2352.75	2350.85	2346.74	2354.33	2353.70	2352.50	2.3715	0.7499	0.0029	0.0913	0.5774	0.9508
2395.15	2397.68	2399.26	2402.43	2396.41	2397.05	2396.73	2397.36	2395.78	2396.10	2397.39	2.1011	0.6644	0.0029	0.0913	0.5774	0.8850
2447.99	2447.35	2447.99	2449.25	2447.04	2447.99	2449.25	2447.35	2450.20	2447.99	2448.24	1.0094	0.3192	0.0029	0.0913	0.5774	0.6660
2500.83	2497.66	2497.35	2496.40	2496.71	2497.03	2498.93	2498.93	2497.03	2496.71	2497.76	1.3916	0.4401	0.0029	0.0913	0.5774	0.7317
2549.55	2548.92	2548.29	2547.65	2547.65	2548.29	2547.97	2549.23	2548.29	2548.29	2548.41	0.6363	0.2012	0.0029	0.0913	0.5774	0.6182
2597.33	2598.91	2598.28	2597.64	2597.96	2597.96	2597.96	2597.33	2597.33	2597.96	2597.87	0.4958	0.1568	0.0029	0.0913	0.5774	0.6052
2648.58	2647.95	2648.58	2648.58	2648.27	2647.95	2648.58	2648.27	2649.22	2649.22	2648.52	0.4425	0.1399	0.0029	0.0913	0.5774	0.6011
2698.26	2697.63	2696.99	2698.26	2697.94	2697.94	2698.58	2697.63	2697.63	2698.58	2697.94	0.4947	0.1564	0.0029	0.0913	0.5774	0.6051
2748.25	2747.30	2748.57	2747.62	2747.93	2748.57	2747.93	2747.93	2747.93	2748.25	2748.03	0.3960	0.1252	0.0029	0.0913	0.5774	0.5978
2798.56	2797.61	2797.61	2797.29	2798.24	2797.29	2798.24	2799.51	2797.61	2797.93	2797.99	0.6802	0.2151	0.0029	0.0913	0.5774	0.6229
2848.23	2848.23	2848.23	2848.55	2846.97	2847.92	2848.55	2848.55	2847.28	2847.92	2848.04	0.5419	0.1714	0.0029	0.0913	0.5774	0.6091
2897.59	2897.59	2896.96	2897.91	2896.96	2897.27	2896.64	2897.27	2896.33	2896.96	2897.15	0.4764	0.1506	0.0029	0.0913	0.5774	0.6036
2948.85	2947.58	2947.90	2947.58	2948.22	2947.90	2948.53	2948.53	2947.90	2948.53	2948.15	0.4425	0.1399	0.0029	0.0913	0.5774	0.6011
2997.26	2997.57	2997.57	2996.94	2997.26	2997.57	2996.94	2998.21	2998.21	2996.94	2997.45	0.4764	0.1506	0.0029	0.0913	0.5774	0.6036

ตารางที่ ข.11 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงให้มอเตอร์หมุน 10 รอบต่อวินาที

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
49.99	49.04	49.67	50.31	49.36	49.99	50.31	49.67	48.73	50.31	49.74	0.5541	0.1752	0.0029	0.0913	0.5774	0.6102
96.19	97.77	97.45	97.45	96.82	96.82	97.13	96.82	96.19	97.77	97.04	0.5786	0.1830	0.0029	0.0913	0.5774	0.6125
149.97	149.66	149.34	149.97	149.66	148.71	149.97	149.34	149.34	149.34	149.53	0.4002	0.1266	0.0029	0.0913	0.5774	0.5981
200.91	201.23	199.02	200.60	199.96	200.28	199.65	200.28	200.28	199.96	200.22	0.6293	0.1990	0.0029	0.0913	0.5774	0.6175
251.22	251.22	250.91	251.22	251.85	252.17	251.54	251.85	252.49	251.22	251.57	0.5047	0.1596	0.0029	0.0913	0.5774	0.6059
300.26	301.53	300.58	300.58	300.90	301.85	300.58	300.90	300.58	299.95	300.77	0.5620	0.1777	0.0029	0.0913	0.5774	0.6110
346.14	346.46	346.14	347.09	346.46	346.14	346.14	346.77	346.77	347.41	346.55	0.4487	0.1419	0.0029	0.0913	0.5774	0.6015
395.50	394.23	394.55	394.87	394.87	395.82	394.87	395.82	395.18	394.87	395.06	0.5210	0.1647	0.0029	0.0913	0.5774	0.6073
445.81	445.17	445.81	446.12	446.44	446.44	446.12	446.44	446.44	445.81	446.06	0.4166	0.1317	0.0029	0.0913	0.5774	0.5992
496.43	497.38	497.70	497.38	498.01	498.01	497.38	498.01	497.70	497.70	497.57	0.4764	0.1506	0.0029	0.0913	0.5774	0.6036
549.27	548.95	548.64	548.64	548.64	548.95	548.95	548.64	548.95	548.95	548.86	0.2136	0.0675	0.0029	0.0913	0.5774	0.5884
598.63	599.58	599.89	599.26	598.95	598.95	598.95	599.26	598.63	598.00	599.01	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084
649.89	648.62	648.62	648.62	648.30	647.99	647.99	647.99	647.67	647.35	648.30	0.6996	0.2212	0.0029	0.0913	0.5774	0.6250
697.35	697.98	698.29	696.40	696.08	697.03	697.98	696.40	696.40	696.08	697.00	0.8496	0.2687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6433
747.34	747.02	747.34	747.97	747.02	747.34	747.65	747.34	747.65	748.29	747.50	0.4016	0.1270	0.0029	0.0913	0.5774	0.5982

ตารางที่ ข.11 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
798.28	797.96	798.59	798.91	798.91	798.91	798.59	799.86	799.54	798.59	798.82	0.5591	0.1768	0.0029	0.0913	0.5774	0.6107
851.12	851.43	851.75	851.75	851.12	851.12	850.80	851.12	850.48	851.12	851.18	0.3889	0.1230	0.0029	0.0913	0.5774	0.5973
903.95	903.64	903.01	903.01	903.64	903.01	903.01	903.32	903.32	903.01	903.29	0.3482	0.1101	0.0029	0.0913	0.5774	0.5948
955.21	953.31	954.58	954.90	954.26	953.95	954.58	954.26	953.31	954.58	954.29	0.6231	0.1970	0.0029	0.0913	0.5774	0.6169
1001.41	1001.72	1001.09	1001.09	1001.41	1002.36	1000.77	1000.77	1001.09	1001.41	1001.31	0.4728	0.1495	0.0029	0.0913	0.5774	0.6034
1050.13	1049.18	1051.40	1049.82	1050.13	1049.50	1050.45	1049.82	1049.82	1049.82	1050.01	0.6003	0.1898	0.0029	0.0913	0.5774	0.6146
1099.81	1097.91	1096.33	1097.91	1096.96	1097.28	1096.96	1096.64	1096.64	1097.91	1097.43	1.0143	0.3208	0.0029	0.0913	0.5774	0.6668
1146.95	1147.58	1147.58	1147.27	1147.58	1147.27	1146.95	1146.95	1146.63	1146.95	1147.17	0.3352	0.1060	0.0029	0.0913	0.5774	0.5941
1196.94	1196.94	1197.26	1197.57	1197.26	1197.26	1197.57	1197.57	1197.57	1196.94	1197.29	0.2770	0.0876	0.0029	0.0913	0.5774	0.5911
1248.20	1247.88	1247.57	1247.57	1248.20	1248.20	1248.51	1247.88	1247.88	1247.88	1247.98	0.3002	0.0949	0.0029	0.0913	0.5774	0.5922
1296.92	1298.51	1296.92	1296.92	1297.56	1297.56	1297.87	1296.92	1298.19	1298.51	1297.59	0.6578	0.2080	0.0029	0.0913	0.5774	0.6204
1347.55	1347.23	1347.23	1348.18	1347.55	1348.18	1347.23	1347.23	1347.86	1347.23	1347.55	0.3946	0.1248	0.0029	0.0913	0.5774	0.5977
1396.27	1396.91	1397.22	1397.22	1396.91	1396.91	1397.22	1395.64	1395.96	1397.86	1396.81	0.6679	0.2112	0.0029	0.0913	0.5774	0.6215
1447.85	1446.90	1446.90	1446.58	1446.90	1446.58	1446.58	1446.58	1446.26	1447.21	1446.83	0.4425	0.1399	0.0029	0.0913	0.5774	0.6011
1496.57	1496.57	1497.20	1496.89	1497.20	1496.57	1497.20	1495.62	1496.57	1495.94	1496.64	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084

ตารางที่ ข.11 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1548.15	1547.20	1548.78	1548.15	1547.83	1548.46	1547.83	1548.46	1548.78	1548.15	1548.18	0.4822	0.1525	0.0029	0.0913	0.5774	0.6041
1596.87	1598.14	1598.14	1598.77	1597.82	1597.19	1597.19	1598.45	1598.45	1598.45	1597.95	0.6536	0.2067	0.0029	0.0913	0.5774	0.6200
1648.76	1648.44	1647.81	1648.44	1648.44	1648.13	1648.13	1647.18	1647.81	1647.81	1648.10	0.4585	0.1450	0.0029	0.0913	0.5774	0.6023
1696.85	1697.80	1697.17	1697.49	1698.44	1696.85	1697.49	1697.17	1698.44	1697.80	1697.55	0.5738	0.1815	0.0029	0.0913	0.5774	0.6121
1748.11	1748.74	1748.11	1748.43	1748.11	1748.43	1748.43	1748.43	1749.06	1748.74	1748.46	0.3146	0.0995	0.0029	0.0913	0.5774	0.5929
1800.63	1800.32	1800.32	1800.63	1800.32	1800.63	1800.00	1801.58	1800.32	1800.95	1800.57	0.4425	0.1399	0.0029	0.0913	0.5774	0.6011
1850.31	1851.26	1851.89	1851.89	1850.62	1851.57	1851.57	1850.31	1850.94	1850.94	1851.13	0.6003	0.1898	0.0029	0.0913	0.5774	0.6146
1901.56	1902.51	1901.88	1901.88	1902.51	1901.88	1901.88	1902.51	1902.20	1900.93	1901.98	0.4958	0.1568	0.0029	0.0913	0.5774	0.6052
1953.77	1951.87	1952.19	1952.50	1952.50	1953.77	1953.45	1953.14	1953.77	1952.50	1952.95	0.7184	0.2272	0.0029	0.0913	0.5774	0.6271
2003.44	2000.60	2000.60	2001.55	2000.91	2000.28	2000.91	2000.28	2000.91	2002.81	2001.23	1.0756	0.3401	0.0029	0.0913	0.5774	0.6763
2049.01	2050.90	2050.59	2049.32	2050.59	2049.32	2049.64	2050.90	2049.96	2050.27	2050.05	0.7004	0.2215	0.0029	0.0913	0.5774	0.6251
2098.05	2098.68	2097.10	2097.42	2097.10	2097.42	2097.73	2098.05	2098.05	2098.05	2097.76	0.5047	0.1596	0.0029	0.0913	0.5774	0.6059
2148.04	2146.77	2148.04	2148.04	2147.72	2147.72	2147.72	2147.09	2147.41	2147.72	2147.63	0.4232	0.1338	0.0029	0.0913	0.5774	0.5997
2197.71	2197.71	2198.03	2198.03	2197.71	2197.08	2197.40	2197.40	2197.08	2197.71	2197.59	0.3401	0.1076	0.0029	0.0913	0.5774	0.5944
2248.02	2248.34	2248.65	2249.29	2247.39	2249.29	2248.65	2248.34	2248.97	2248.02	2248.50	0.6013	0.1901	0.0029	0.0913	0.5774	0.6147

ตารางที่ ข.11 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2297.70	2298.01	2298.33	2298.33	2298.33	2298.96	2299.28	2298.96	2299.91	2298.65	2298.65	0.6501	0.2056	0.0029	0.0913	0.5774	0.6196
2348.32	2347.69	2348.64	2348.32	2347.69	2348.64	2348.32	2348.32	2349.27	2349.27	2348.45	0.5419	0.1714	0.0029	0.0913	0.5774	0.6091
2397.05	2397.36	2397.05	2397.36	2397.68	2397.36	2396.73	2397.05	2396.41	2397.36	2397.14	0.3669	0.1160	0.0029	0.0913	0.5774	0.5959
2449.25	2448.30	2448.30	2447.04	2447.99	2447.99	2447.99	2447.99	2447.67	2447.67	2448.02	0.5670	0.1793	0.0029	0.0913	0.5774	0.6114
2496.71	2497.35	2496.08	2496.71	2496.40	2496.40	2496.71	2496.40	2497.03	2497.98	2496.78	0.5541	0.1752	0.0029	0.0913	0.5774	0.6102
2547.65	2548.60	2547.34	2548.29	2547.02	2547.65	2548.60	2547.65	2548.29	2548.29	2547.94	0.5470	0.1730	0.0029	0.0913	0.5774	0.6096
2597.33	2597.01	2596.69	2597.64	2596.38	2596.38	2597.64	2596.69	2599.23	2597.96	2597.30	0.8754	0.2768	0.0029	0.0913	0.5774	0.6468
2648.58	2648.58	2647.64	2648.58	2648.90	2649.22	2647.64	2648.27	2648.27	2647.95	2648.36	0.5178	0.1637	0.0029	0.0913	0.5774	0.6070
2698.58	2699.21	2697.63	2697.94	2699.52	2698.89	2698.26	2699.21	2699.84	2698.26	2698.73	0.7192	0.2274	0.0029	0.0913	0.5774	0.6272
2749.83	2748.57	2750.15	2749.83	2748.88	2748.25	2749.20	2748.57	2749.83	2749.52	2749.26	0.6637	0.2099	0.0029	0.0913	0.5774	0.6211
2800.14	2799.19	2800.46	2799.51	2800.77	2800.77	2801.09	2799.82	2800.46	2800.46	2800.27	0.6003	0.1898	0.0029	0.0913	0.5774	0.6146
2850.45	2851.08	2850.45	2852.03	2849.81	2851.40	2851.40	2850.45	2851.71	2852.03	2851.08	0.7605	0.2405	0.0029	0.0913	0.5774	0.6321
2902.97	2901.39	2900.76	2902.02	2903.29	2902.65	2902.65	2902.02	2901.70	2902.34	2902.18	0.7642	0.2417	0.0029	0.0913	0.5774	0.6325
2952.64	2951.70	2953.91	2952.33	2952.96	2952.96	2951.38	2953.91	2953.59	2952.64	2952.80	0.8601	0.2720	0.0029	0.0913	0.5774	0.6447
3002.64	3002.00	3002.95	3001.37	3001.69	3002.64	3002.32	3002.32	3002.95	3002.95	3002.38	0.5541	0.1752	0.0029	0.0913	0.5774	0.6102

ตารางที่ ข.11 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
49.99	49.36	49.36	48.73	49.99	49.99	48.73	48.73	49.04	50.31	49.42	0.6113	0.1933	0.0029	0.0913	0.5774	0.6157
99.03	99.35	99.03	98.40	99.67	99.67	98.72	98.72	99.35	99.35	99.13	0.4232	0.1338	0.0029	0.0913	0.5774	0.5997
152.50	153.45	153.45	151.56	152.19	152.50	152.19	151.56	152.19	153.14	152.47	0.6908	0.2184	0.0029	0.0913	0.5774	0.6240
204.39	204.08	204.71	204.71	203.76	203.76	203.13	204.71	204.08	204.08	204.14	0.5124	0.1620	0.0029	0.0913	0.5774	0.6066
259.13	261.03	262.61	261.03	264.51	260.71	259.45	263.88	261.35	260.08	261.38	1.7864	0.5649	0.0029	0.0913	0.5774	0.8129
308.17	309.44	307.86	308.49	311.02	311.34	310.39	310.70	310.07	311.02	309.85	1.2835	0.4059	0.0029	0.0913	0.5774	0.7116
356.27	353.74	355.00	354.37	353.42	353.74	354.05	354.37	355.32	355.32	354.56	0.8974	0.2838	0.0029	0.0913	0.5774	0.6498
399.30	399.61	399.30	398.98	398.98	401.51	398.98	398.98	399.30	401.83	399.68	1.0735	0.3395	0.0029	0.0913	0.5774	0.6760
447.71	448.97	449.60	449.92	448.97	450.55	449.60	449.29	448.34	448.34	449.13	0.8470	0.2679	0.0029	0.0913	0.5774	0.6430
500.54	500.23	501.49	499.91	500.54	500.86	500.86	500.54	500.86	500.54	500.64	0.4232	0.1338	0.0029	0.0913	0.5774	0.5997
552.12	552.12	552.75	552.43	552.12	551.80	552.43	552.75	553.07	553.07	552.47	0.4336	0.1371	0.0029	0.0913	0.5774	0.6004
600.53	601.16	601.48	602.11	599.89	601.79	600.84	601.16	601.79	600.21	601.10	0.7276	0.2301	0.0029	0.0913	0.5774	0.6282
652.10	650.20	650.52	651.15	650.83	650.83	651.47	651.78	651.15	651.15	651.12	0.5670	0.1793	0.0029	0.0913	0.5774	0.6114
698.29	698.61	697.66	698.61	697.35	697.66	697.03	697.03	698.61	697.03	697.79	0.6867	0.2172	0.0029	0.0913	0.5774	0.6236
747.97	747.34	747.02	747.65	746.70	747.97	747.34	747.02	746.70	747.65	747.34	0.4717	0.1492	0.0029	0.0913	0.5774	0.6033

ตารางที่ ข.11 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
797.64	798.59	798.28	798.28	798.28	797.33	797.64	798.91	797.33	797.01	797.93	0.6231	0.1970	0.0029	0.0913	0.5774	0.6169
846.69	847.64	847.32	847.64	846.05	847.64	847.00	846.69	847.32	847.00	847.10	0.5178	0.1637	0.0029	0.0913	0.5774	0.6070
896.99	896.36	896.04	897.31	896.68	896.99	895.73	896.04	896.99	896.99	896.61	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084
947.62	947.93	947.62	947.93	947.62	947.93	947.30	948.57	947.93	948.57	947.90	0.4071	0.1287	0.0029	0.0913	0.5774	0.5985
998.56	997.29	997.61	996.98	997.29	997.61	996.98	996.98	997.61	997.29	997.42	0.4764	0.1506	0.0029	0.0913	0.5774	0.6036
1047.28	1048.55	1048.55	1051.71	1048.55	1048.87	1048.23	1047.92	1048.87	1048.23	1048.68	1.1668	0.3690	0.0029	0.0913	0.5774	0.6913
1098.22	1097.28	1098.22	1098.86	1099.17	1097.59	1098.86	1097.91	1098.54	1099.17	1098.38	0.6544	0.2069	0.0029	0.0913	0.5774	0.6201
1152.01	1151.70	1151.38	1151.38	1151.70	1150.75	1151.06	1152.01	1151.06	1150.43	1151.35	0.5263	0.1664	0.0029	0.0913	0.5774	0.6078
1202.00	1200.42	1201.37	1201.05	1201.69	1201.69	1201.69	1201.69	1201.69	1200.74	1201.40	0.5047	0.1596	0.0029	0.0913	0.5774	0.6059
1254.53	1251.99	1253.26	1253.89	1253.26	1254.53	1252.94	1252.31	1253.89	1252.94	1253.36	0.8575	0.2712	0.0029	0.0913	0.5774	0.6444
1301.99	1301.99	1302.62	1302.62	1302.30	1302.30	1303.57	1301.99	1303.25	1302.94	1302.56	0.5541	0.1752	0.0029	0.0913	0.5774	0.6102
1351.98	1351.03	1350.40	1351.98	1352.29	1351.03	1351.34	1351.34	1350.71	1350.71	1351.28	0.6293	0.1990	0.0029	0.0913	0.5774	0.6175
1398.80	1399.44	1398.80	1400.07	1399.12	1400.07	1401.02	1404.18	1401.65	1402.92	1400.61	1.8270	0.5778	0.0029	0.0913	0.5774	0.8219
1451.96	1451.33	1451.33	1451.96	1452.28	1451.64	1451.64	1452.28	1451.64	1451.33	1451.74	0.3669	0.1160	0.0029	0.0913	0.5774	0.5959
1499.42	1501.00	1499.74	1501.00	1500.05	1500.37	1501.00	1500.37	1500.69	1501.32	1500.50	0.6186	0.1956	0.0029	0.0913	0.5774	0.6164

ตารางที่ ข.11 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1550.68	1552.57	1551.31	1551.63	1551.31	1551.31	1551.94	1552.57	1550.36	1551.63	1551.53	0.7161	0.2264	0.0029	0.0913	0.5774	0.6269
1600.03	1599.72	1600.67	1600.67	1600.98	1600.35	1599.09	1598.77	1599.72	1600.03	1600.00	0.7067	0.2235	0.0029	0.0913	0.5774	0.6258
1650.03	1650.98	1650.03	1650.66	1650.34	1651.92	1650.34	1648.13	1650.03	1650.03	1650.25	0.9556	0.3022	0.0029	0.0913	0.5774	0.6580
1699.38	1699.70	1700.02	1699.07	1699.70	1700.33	1699.07	1700.33	1699.38	1699.70	1699.67	0.4585	0.1450	0.0029	0.0913	0.5774	0.6023
1749.69	1750.01	1749.38	1750.64	1750.01	1749.69	1750.32	1750.01	1749.38	1750.01	1749.91	0.3960	0.1252	0.0029	0.0913	0.5774	0.5978
1799.37	1799.37	1799.05	1798.42	1797.78	1798.42	1798.42	1799.37	1797.15	1798.73	1798.61	0.7337	0.2320	0.0029	0.0913	0.5774	0.6289
1849.36	1849.04	1849.36	1849.99	1848.73	1848.73	1849.36	1849.04	1848.41	1848.73	1849.07	0.4585	0.1450	0.0029	0.0913	0.5774	0.6023
1899.35	1896.50	1897.45	1897.13	1897.45	1897.77	1897.45	1897.13	1897.13	1896.50	1897.39	0.8004	0.2531	0.0029	0.0913	0.5774	0.6370
1947.44	1947.44	1947.76	1947.44	1947.13	1947.44	1947.13	1947.76	1947.44	1948.07	1947.51	0.2908	0.0919	0.0029	0.0913	0.5774	0.5917
1995.53	1996.48	1995.53	1996.80	1996.17	1996.80	1996.48	1996.48	1996.48	1997.12	1996.39	0.5178	0.1637	0.0029	0.0913	0.5774	0.6070
2048.37	2049.32	2049.01	2048.06	2050.59	2049.32	2049.01	2049.96	2050.27	2049.01	2049.29	0.7956	0.2516	0.0029	0.0913	0.5774	0.6364
2099.31	2100.90	2099.95	2101.21	2099.95	2100.90	2100.26	2100.58	2100.90	2099.95	2100.39	0.6003	0.1898	0.0029	0.0913	0.5774	0.6146
2153.73	2153.73	2153.10	2153.73	2151.20	2153.10	2154.68	2153.73	2151.84	2154.05	2153.29	1.0462	0.3308	0.0029	0.0913	0.5774	0.6717
2203.73	2204.68	2203.73	2203.73	2204.68	2204.99	2203.73	2204.99	2204.36	2204.68	2204.33	0.5470	0.1730	0.0029	0.0913	0.5774	0.6096
2255.30	2256.25	2256.25	2256.25	2255.93	2255.62	2255.30	2255.62	2255.62	2254.67	2255.68	0.5124	0.1620	0.0029	0.0913	0.5774	0.6066

ตารางที่ ข.11 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2304.66	2303.08	2304.02	2306.24	2303.71	2306.24	2305.92	2304.66	2305.61	2304.02	2304.82	1.1285	0.3569	0.0029	0.0913	0.5774	0.6849
2357.50	2354.02	2356.55	2354.02	2355.28	2356.23	2354.02	2354.33	2354.65	2354.33	2355.09	1.2497	0.3952	0.0029	0.0913	0.5774	0.7056
2400.21	2400.21	2401.48	2401.48	2399.58	2399.89	2401.48	2399.89	2399.89	2400.84	2400.50	0.7524	0.2379	0.0029	0.0913	0.5774	0.6311
2448.62	2449.25	2447.67	2448.30	2449.57	2448.62	2448.94	2447.99	2448.30	2448.62	2448.59	0.5670	0.1793	0.0029	0.0913	0.5774	0.6114
2497.66	2499.56	2497.98	2497.03	2497.66	2498.29	2497.35	2497.66	2498.61	2499.24	2498.10	0.8197	0.2592	0.0029	0.0913	0.5774	0.6394
2548.29	2548.60	2547.97	2547.65	2548.92	2547.34	2547.65	2547.65	2548.60	2547.65	2548.03	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084
2597.33	2596.69	2596.38	2597.01	2596.06	2596.69	2596.69	2596.38	2596.69	2597.33	2596.73	0.4071	0.1287	0.0029	0.0913	0.5774	0.5985
2647.64	2647.64	2648.27	2647.00	2647.64	2647.64	2647.64	2647.32	2647.95	2647.00	2647.57	0.3889	0.1230	0.0029	0.0913	0.5774	0.5973
2696.04	2696.68	2696.68	2696.04	2696.36	2695.73	2696.04	2696.36	2696.68	2695.73	2696.23	0.3714	0.1174	0.0029	0.0913	0.5774	0.5962
2747.30	2747.30	2745.40	2746.67	2746.35	2746.67	2746.35	2746.98	2746.98	2746.67	2746.67	0.5581	0.1765	0.0029	0.0913	0.5774	0.6106
2796.34	2796.03	2796.66	2796.66	2796.66	2797.29	2797.61	2796.34	2796.98	2796.34	2796.69	0.4822	0.1525	0.0029	0.0913	0.5774	0.6041
2847.60	2848.55	2848.55	2848.55	2848.55	2849.81	2850.45	2848.87	2849.18	2849.18	2848.93	0.7864	0.2487	0.0029	0.0913	0.5774	0.6352
2899.17	2899.49	2899.49	2900.12	2899.17	2899.17	2899.49	2900.12	2899.49	2898.86	2899.46	0.4071	0.1287	0.0029	0.0913	0.5774	0.5985
2948.85	2949.80	2949.80	2950.43	2950.11	2950.11	2949.80	2950.43	2950.11	2949.16	2949.86	0.5124	0.1620	0.0029	0.0913	0.5774	0.6066
2999.47	2997.89	2996.94	2998.21	2996.94	2997.26	2997.57	2997.57	2998.84	2999.16	2997.98	0.9079	0.2871	0.0029	0.0913	0.5774	0.6512

ตารางที่ ข.12 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงให้มอเตอร์หมุน 9 รอบต่อวินาที

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
52.52	53.16	52.52	54.10	53.47	53.16	52.52	52.52	52.52	53.16	52.97	0.5419	0.1714	0.0029	0.0913	0.5774	0.6091
96.19	96.50	97.45	97.13	97.13	97.77	97.45	97.45	97.77	98.08	97.29	0.5825	0.1842	0.0029	0.0913	0.5774	0.6129
150.92	151.56	151.56	151.24	151.24	150.92	151.56	149.34	151.56	150.92	151.08	0.6712	0.2122	0.0029	0.0913	0.5774	0.6219
201.55	202.18	201.86	202.50	202.18	203.13	202.50	203.13	201.23	201.86	202.21	0.6231	0.1970	0.0029	0.0913	0.5774	0.6169
245.84	245.21	246.48	247.11	246.16	246.48	244.58	244.89	246.79	246.79	246.03	0.8723	0.2758	0.0029	0.0913	0.5774	0.6463
298.05	297.73	297.10	297.10	297.10	298.37	297.10	297.73	297.10	296.78	297.42	0.5167	0.1634	0.0029	0.0913	0.5774	0.6069
351.20	350.57	351.52	349.62	350.25	349.94	351.84	352.47	352.15	351.52	351.11	0.9672	0.3059	0.0029	0.0913	0.5774	0.6597
400.25	400.25	400.56	400.88	400.25	400.56	400.25	399.61	398.66	400.25	400.15	0.6159	0.1948	0.0029	0.0913	0.5774	0.6161
446.44	445.81	444.86	446.44	445.81	445.49	444.86	446.12	445.49	445.81	445.71	0.5591	0.1768	0.0029	0.0913	0.5774	0.6107
497.06	495.80	496.12	496.75	497.38	496.12	497.70	497.06	497.70	496.43	496.81	0.6802	0.2151	0.0029	0.0913	0.5774	0.6229
548.95	552.12	551.17	551.80	550.85	548.95	550.85	549.90	551.17	551.17	550.69	1.0884	0.3442	0.0029	0.0913	0.5774	0.6783
600.21	599.58	598.95	599.89	599.89	599.58	599.89	600.53	599.26	599.58	599.74	0.4536	0.1435	0.0029	0.0913	0.5774	0.6019
647.04	647.67	646.72	646.72	646.72	646.72	647.04	646.41	646.09	647.04	646.82	0.4232	0.1338	0.0029	0.0913	0.5774	0.5997
696.71	697.66	698.61	697.03	696.40	696.71	697.66	697.03	697.35	697.03	697.22	0.6363	0.2012	0.0029	0.0913	0.5774	0.6182
749.55	749.24	748.92	748.29	750.50	747.65	747.34	748.29	747.97	748.92	748.67	0.9527	0.3013	0.0029	0.0913	0.5774	0.6576

ตารางที่ ข.12 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
799.23	798.91	799.23	800.18	798.91	800.18	799.54	799.23	798.91	799.23	799.35	0.4764	0.1506	0.0029	0.0913	0.5774	0.6036
849.53	850.80	849.53	851.12	848.90	850.80	849.22	850.80	849.22	850.80	850.07	0.8575	0.2712	0.0029	0.0913	0.5774	0.6444
902.69	903.01	901.74	902.06	903.01	903.01	901.74	903.01	903.01	902.06	902.53	0.5630	0.1780	0.0029	0.0913	0.5774	0.6111
954.26	952.05	953.63	954.58	953.63	955.21	954.58	952.68	954.26	954.26	953.91	0.9486	0.3000	0.0029	0.0913	0.5774	0.6570
1000.77	1001.41	1000.46	1002.67	1000.77	1001.09	1001.09	1000.46	1000.46	1000.46	1000.96	0.6867	0.2172	0.0029	0.0913	0.5774	0.6236
1049.82	1049.82	1050.13	1050.45	1050.13	1050.76	1050.76	1049.82	1051.40	1051.40	1050.45	0.6150	0.1945	0.0029	0.0913	0.5774	0.6160
1097.28	1098.22	1097.91	1097.28	1096.96	1097.59	1096.33	1097.28	1096.64	1096.96	1097.24	0.5670	0.1793	0.0029	0.0913	0.5774	0.6114
1145.68	1146.00	1146.00	1145.05	1146.32	1146.00	1146.00	1145.37	1146.32	1145.68	1145.84	0.4016	0.1270	0.0029	0.0913	0.5774	0.5982
1196.31	1195.36	1196.62	1196.31	1195.68	1195.36	1195.36	1195.68	1195.68	1196.31	1195.87	0.4764	0.1506	0.0029	0.0913	0.5774	0.6036
1245.98	1245.67	1245.67	1245.98	1245.98	1245.35	1245.35	1245.67	1245.98	1245.67	1245.73	0.2496	0.0789	0.0029	0.0913	0.5774	0.5898
1296.92	1295.97	1296.92	1297.24	1297.87	1295.34	1296.29	1295.97	1296.61	1295.97	1296.51	0.7465	0.2361	0.0029	0.0913	0.5774	0.6304
1347.23	1348.18	1348.18	1347.55	1347.55	1347.23	1346.91	1347.55	1347.55	1347.23	1347.52	0.4071	0.1287	0.0029	0.0913	0.5774	0.5985
1397.86	1398.80	1398.49	1398.80	1398.80	1397.86	1396.91	1396.59	1396.27	1396.59	1397.70	1.0253	0.3242	0.0029	0.0913	0.5774	0.6684
1448.80	1448.48	1448.48	1449.11	1448.16	1448.16	1448.80	1448.16	1448.80	1448.48	1448.54	0.3268	0.1033	0.0029	0.0913	0.5774	0.5936
1498.15	1498.47	1497.84	1497.52	1498.47	1497.52	1499.10	1498.15	1498.79	1497.52	1498.15	0.5581	0.1765	0.0029	0.0913	0.5774	0.6106

ตารางที่ ข.12 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1548.15	1548.46	1547.83	1547.20	1546.88	1547.83	1546.88	1547.51	1546.88	1548.15	1547.58	0.5929	0.1875	0.0029	0.0913	0.5774	0.6139
1597.50	1597.50	1598.45	1596.55	1596.87	1597.50	1598.77	1597.50	1598.14	1596.87	1597.57	0.7122	0.2252	0.0029	0.0913	0.5774	0.6264
1647.18	1647.49	1648.44	1647.49	1647.81	1648.76	1646.86	1646.86	1647.81	1647.49	1647.62	0.6186	0.1956	0.0029	0.0913	0.5774	0.6164
1698.12	1698.44	1698.12	1698.12	1698.75	1698.12	1699.07	1699.07	1698.12	1697.49	1698.34	0.4958	0.1568	0.0029	0.0913	0.5774	0.6052
1748.74	1748.74	1749.38	1748.74	1749.06	1748.11	1748.74	1748.74	1748.74	1750.01	1748.90	0.5003	0.1582	0.0029	0.0913	0.5774	0.6056
1800.63	1800.32	1801.27	1801.27	1801.27	1801.58	1800.63	1800.95	1801.27	1800.95	1801.01	0.3889	0.1230	0.0029	0.0913	0.5774	0.5973
1852.52	1851.89	1852.52	1853.47	1853.15	1851.89	1852.84	1853.47	1851.89	1850.62	1852.43	0.8830	0.2792	0.0029	0.0913	0.5774	0.6478
1902.51	1900.61	1902.51	1901.25	1902.20	1902.20	1902.20	1902.51	1903.46	1902.51	1902.20	0.7750	0.2451	0.0029	0.0913	0.5774	0.6338
1954.72	1953.14	1953.77	1954.40	1953.77	1953.77	1954.09	1953.14	1953.77	1954.72	1953.93	0.5630	0.1780	0.0029	0.0913	0.5774	0.6111
2002.50	2003.76	2003.13	2003.13	2002.18	2003.44	2002.18	2003.44	2002.81	2002.18	2002.88	0.5929	0.1875	0.0029	0.0913	0.5774	0.6139
2051.22	2052.17	2052.17	2052.49	2052.17	2050.59	2051.22	2053.12	2051.54	2052.80	2051.95	0.7899	0.2498	0.0029	0.0913	0.5774	0.6357
2098.68	2099.00	2099.00	2099.31	2099.00	2099.00	2098.68	2098.05	2099.00	2099.00	2098.87	0.3401	0.1076	0.0029	0.0913	0.5774	0.5944
2148.36	2147.41	2147.72	2147.72	2148.36	2147.72	2147.72	2148.67	2147.72	2146.77	2147.82	0.5388	0.1704	0.0029	0.0913	0.5774	0.6089
2198.98	2198.98	2198.66	2198.98	2198.35	2198.98	2198.03	2198.98	2198.66	2198.66	2198.73	0.3268	0.1033	0.0029	0.0913	0.5774	0.5936
2248.65	2247.71	2246.44	2246.44	2245.81	2246.44	2245.81	2246.76	2247.39	2246.44	2246.79	0.8881	0.2808	0.0029	0.0913	0.5774	0.6485

ตารางที่ ข.12 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2298.01	2298.01	2299.60	2298.65	2298.65	2298.33	2298.65	2300.23	2299.60	2298.33	2298.80	0.7495	0.2370	0.0029	0.0913	0.5774	0.6308
2348.64	2347.69	2348.95	2348.00	2347.69	2348.64	2347.69	2347.37	2348.00	2348.00	2348.07	0.5124	0.1620	0.0029	0.0913	0.5774	0.6066
2398.31	2398.94	2398.94	2399.58	2398.00	2398.00	2398.94	2399.89	2398.31	2398.94	2398.79	0.6372	0.2015	0.0029	0.0913	0.5774	0.6183
2447.99	2446.72	2446.72	2448.30	2447.35	2447.67	2447.04	2446.72	2446.09	2446.09	2447.07	0.7524	0.2379	0.0029	0.0913	0.5774	0.6311
2497.66	2499.24	2499.88	2499.24	2499.88	2499.88	2500.51	2500.51	2500.83	2500.83	2499.84	0.9603	0.3037	0.0029	0.0913	0.5774	0.6587
2550.18	2550.18	2549.87	2549.87	2550.18	2549.23	2548.92	2547.97	2547.65	2547.97	2549.20	1.0165	0.3215	0.0029	0.0913	0.5774	0.6671
2597.64	2597.33	2598.28	2597.64	2595.75	2597.01	2596.69	2596.38	2596.06	2596.06	2596.88	0.8331	0.2635	0.0029	0.0913	0.5774	0.6412
2646.37	2646.37	2647.00	2646.37	2646.37	2646.37	2646.37	2646.69	2645.74	2645.74	2646.34	0.3788	0.1198	0.0029	0.0913	0.5774	0.5967
2696.68	2696.04	2696.99	2696.04	2696.04	2696.68	2696.99	2696.68	2696.99	2697.31	2696.65	0.4585	0.1450	0.0029	0.0913	0.5774	0.6023
2747.30	2747.62	2748.57	2747.62	2747.93	2747.30	2748.25	2747.62	2747.62	2747.30	2747.71	0.4232	0.1338	0.0029	0.0913	0.5774	0.5997
2801.72	2799.51	2801.09	2801.72	2802.04	2800.77	2799.82	2801.09	2801.41	2801.72	2801.09	0.8437	0.2668	0.0029	0.0913	0.5774	0.6426
2852.35	2852.98	2851.40	2850.76	2849.81	2850.45	2848.87	2850.45	2850.76	2851.08	2850.89	1.1763	0.3720	0.0029	0.0913	0.5774	0.6929
2900.76	2899.17	2899.49	2899.49	2899.81	2899.81	2900.12	2900.12	2899.49	2900.44	2899.87	0.4902	0.1550	0.0029	0.0913	0.5774	0.6047
2949.80	2951.70	2950.43	2951.06	2951.38	2952.33	2952.33	2951.70	2952.01	2951.06	2951.38	0.8169	0.2583	0.0029	0.0913	0.5774	0.6391
3000.10	2999.16	3000.42	3001.37	2999.79	2999.47	2999.79	2999.47	2998.84	2999.79	2999.82	0.7067	0.2235	0.0029	0.0913	0.5774	0.6258

ตารางที่ ข.12 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
51.57	51.89	51.26	51.26	51.26	51.57	51.57	51.57	51.89	50.94	51.48	0.3002	0.0949	0.0029	0.0913	0.5774	0.5922
99.03	97.77	97.77	98.72	98.40	98.72	98.72	98.40	98.72	98.40	98.46	0.4166	0.1317	0.0029	0.0913	0.5774	0.5992
161.05	157.57	158.83	159.78	159.15	159.78	157.57	160.73	161.05	160.73	159.62	1.3278	0.4199	0.0029	0.0913	0.5774	0.7197
210.41	210.09	209.46	210.72	211.36	212.30	210.09	211.99	211.99	211.99	211.04	1.0116	0.3199	0.0029	0.0913	0.5774	0.6663
253.75	255.65	253.75	254.07	256.28	255.02	254.07	255.33	255.65	254.70	254.83	0.8974	0.2838	0.0029	0.0913	0.5774	0.6498
307.22	305.64	305.96	304.69	305.01	304.69	305.01	305.96	305.33	305.64	305.52	0.7635	0.2414	0.0029	0.0913	0.5774	0.6324
355.00	355.95	356.27	354.68	357.22	357.22	355.32	356.27	359.11	357.53	356.46	1.3440	0.4250	0.0029	0.0913	0.5774	0.7227
407.52	409.42	406.89	405.94	408.16	407.52	405.94	406.26	407.21	407.21	407.21	1.0652	0.3368	0.0029	0.0913	0.5774	0.6746
448.66	448.97	450.55	450.24	448.97	449.29	448.97	449.29	449.29	449.60	449.38	0.5975	0.1890	0.0029	0.0913	0.5774	0.6143
500.86	499.60	500.54	500.23	499.60	500.23	500.86	499.28	499.60	499.28	500.01	0.6159	0.1948	0.0029	0.0913	0.5774	0.6161
553.07	553.07	553.07	552.43	552.43	551.17	552.12	550.85	552.43	552.12	552.28	0.7642	0.2417	0.0029	0.0913	0.5774	0.6325
601.16	599.89	600.53	599.58	599.89	599.58	598.95	599.58	598.31	599.58	599.70	0.7779	0.2460	0.0029	0.0913	0.5774	0.6342
648.62	648.94	648.94	649.25	649.89	648.30	649.25	649.25	648.30	649.57	649.03	0.5178	0.1637	0.0029	0.0913	0.5774	0.6070
698.29	699.24	698.29	698.93	698.61	698.61	698.29	699.24	699.24	699.88	698.86	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084
751.13	750.18	751.13	751.77	751.45	750.18	750.82	748.92	751.13	751.13	750.79	0.8230	0.2603	0.0029	0.0913	0.5774	0.6399

ตารางที่ ข.12 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
798.91	797.96	797.33	797.64	797.96	797.64	797.01	797.33	796.38	796.70	797.49	0.7192	0.2274	0.0029	0.0913	0.5774	0.6272
846.05	846.69	846.69	846.05	845.42	847.32	846.37	846.69	847.00	846.05	846.43	0.5541	0.1752	0.0029	0.0913	0.5774	0.6102
896.36	896.68	896.04	897.94	896.68	895.41	897.63	896.36	896.36	896.36	896.58	0.7315	0.2313	0.0029	0.0913	0.5774	0.6286
947.30	947.30	946.67	946.35	946.04	947.93	946.99	946.67	947.30	946.99	946.95	0.5470	0.1730	0.0029	0.0913	0.5774	0.6096
998.24	997.93	998.56	998.56	998.56	998.56	999.51	1000.14	999.82	999.19	998.91	0.7223	0.2284	0.0029	0.0913	0.5774	0.6276
1051.40	1051.40	1052.98	1051.40	1051.08	1050.45	1052.66	1051.40	1051.71	1051.71	1051.62	0.7315	0.2313	0.0029	0.0913	0.5774	0.6286
1104.24	1103.29	1103.60	1103.60	1104.55	1103.92	1103.92	1103.60	1103.60	1104.55	1103.89	0.4336	0.1371	0.0029	0.0913	0.5774	0.6004
1154.86	1155.18	1154.86	1156.44	1154.54	1156.44	1154.54	1155.18	1156.13	1154.86	1155.30	0.7487	0.2368	0.0029	0.0913	0.5774	0.6307
1203.90	1204.22	1203.27	1202.64	1203.59	1204.85	1203.90	1203.90	1204.85	1203.90	1203.90	0.6670	0.2109	0.0029	0.0913	0.5774	0.6214
1255.79	1256.42	1256.74	1255.79	1254.84	1256.11	1257.37	1256.74	1255.16	1255.79	1256.08	0.7671	0.2426	0.0029	0.0913	0.5774	0.6329
1305.15	1306.10	1305.15	1307.68	1305.47	1305.47	1307.68	1306.73	1303.88	1307.05	1306.04	1.2372	0.3912	0.0029	0.0913	0.5774	0.7034
1356.41	1356.41	1355.14	1356.41	1357.04	1356.09	1357.99	1355.14	1357.99	1356.09	1356.47	0.9871	0.3122	0.0029	0.0913	0.5774	0.6627
1403.55	1404.18	1402.28	1404.50	1403.87	1401.65	1400.07	1400.39	1401.34	1401.65	1402.35	1.5911	0.5032	0.0029	0.0913	0.5774	0.7713
1449.43	1449.74	1449.74	1449.11	1448.48	1449.74	1449.11	1449.43	1449.11	1450.06	1449.40	0.4585	0.1450	0.0029	0.0913	0.5774	0.6023
1498.47	1497.84	1498.15	1497.84	1498.15	1498.15	1498.15	1497.84	1497.84	1498.15	1498.06	0.2136	0.0675	0.0029	0.0913	0.5774	0.5884

ตารางที่ ข.12 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1547.20	1547.51	1547.51	1547.83	1546.88	1547.51	1547.20	1548.15	1547.83	1547.20	1547.48	0.3788	0.1198	0.0029	0.0913	0.5774	0.5967
1596.55	1596.87	1596.55	1596.24	1596.24	1595.92	1597.19	1596.87	1595.92	1595.92	1596.43	0.4524	0.1431	0.0029	0.0913	0.5774	0.6018
1646.86	1647.18	1647.18	1646.86	1646.86	1647.49	1647.49	1647.18	1648.44	1647.18	1647.27	0.4728	0.1495	0.0029	0.0913	0.5774	0.6034
1697.49	1696.54	1696.54	1697.17	1696.22	1696.54	1696.85	1697.80	1696.54	1697.17	1696.88	0.5047	0.1596	0.0029	0.0913	0.5774	0.6059
1746.53	1746.84	1746.53	1747.16	1747.16	1747.48	1747.48	1746.84	1747.79	1748.11	1747.19	0.5263	0.1664	0.0029	0.0913	0.5774	0.6078
1796.20	1795.57	1797.47	1796.84	1796.84	1797.15	1798.10	1796.52	1797.78	1797.47	1796.99	0.7642	0.2417	0.0029	0.0913	0.5774	0.6325
1847.14	1849.04	1848.09	1847.14	1848.09	1847.78	1846.83	1847.14	1848.41	1846.51	1847.62	0.7928	0.2507	0.0029	0.0913	0.5774	0.6360
1896.82	1896.19	1895.87	1896.82	1896.50	1896.19	1897.13	1896.82	1896.19	1896.50	1896.50	0.3946	0.1248	0.0029	0.0913	0.5774	0.5977
1946.81	1947.44	1947.44	1947.44	1947.13	1947.44	1946.49	1947.44	1947.76	1947.44	1947.28	0.3729	0.1179	0.0029	0.0913	0.5774	0.5963
1997.75	1998.38	1997.75	1999.02	1998.38	1998.07	1999.33	1997.43	1997.43	1997.43	1998.10	0.6745	0.2133	0.0029	0.0913	0.5774	0.6222
2049.32	2050.27	2048.69	2049.96	2049.01	2050.27	2049.01	2050.27	2049.96	2049.01	2049.58	0.6293	0.1990	0.0029	0.0913	0.5774	0.6175
2099.63	2100.58	2101.21	2101.85	2100.90	2101.53	2101.85	2100.90	2102.16	2102.79	2101.34	0.8974	0.2838	0.0029	0.0913	0.5774	0.6498
2153.73	2153.42	2153.42	2153.73	2153.10	2152.79	2152.47	2152.79	2153.73	2152.47	2153.17	0.5124	0.1620	0.0029	0.0913	0.5774	0.6066
2204.68	2203.73	2203.09	2205.31	2204.36	2202.78	2204.99	2203.41	2203.09	2203.73	2203.92	0.8723	0.2758	0.0029	0.0913	0.5774	0.6463
2257.20	2255.30	2256.56	2254.35	2256.56	2255.30	2257.20	2258.78	2258.78	2259.41	2256.94	1.6795	0.5311	0.0029	0.0913	0.5774	0.7898

ตารางที่ ข.12 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2309.40	2306.87	2306.87	2307.51	2305.92	2307.82	2307.51	2307.51	2305.61	2306.24	2307.13	1.0940	0.3460	0.0029	0.0913	0.5774	0.6792
2357.18	2356.23	2357.18	2357.18	2355.91	2355.60	2358.76	2354.65	2354.97	2355.91	2356.36	1.2317	0.3895	0.0029	0.0913	0.5774	0.7024
2402.11	2404.01	2404.96	2403.69	2405.27	2404.01	2404.01	2404.01	2405.27	2404.64	2404.20	0.9338	0.2953	0.0029	0.0913	0.5774	0.6549
2451.47	2451.47	2452.42	2451.47	2451.78	2450.83	2451.47	2451.78	2452.10	2450.52	2451.53	0.5541	0.1752	0.0029	0.0913	0.5774	0.6102
2500.83	2500.51	2499.88	2499.88	2500.19	2499.88	2500.51	2500.51	2499.88	2499.56	2500.16	0.4071	0.1287	0.0029	0.0913	0.5774	0.5985
2550.50	2550.50	2551.13	2550.18	2549.55	2549.87	2549.23	2549.55	2549.23	2550.50	2550.03	0.6372	0.2015	0.0029	0.0913	0.5774	0.6183
2597.64	2597.96	2596.38	2597.01	2595.43	2597.33	2596.38	2596.69	2597.01	2596.06	2596.79	0.7613	0.2407	0.0029	0.0913	0.5774	0.6322
2647.64	2646.37	2647.00	2646.37	2646.69	2645.10	2647.32	2647.32	2647.64	2646.69	2646.81	0.7635	0.2414	0.0029	0.0913	0.5774	0.6324
2695.41	2696.04	2695.41	2696.04	2696.36	2696.99	2696.68	2695.10	2696.36	2696.04	2696.04	0.5966	0.1887	0.0029	0.0913	0.5774	0.6142
2747.30	2747.30	2747.62	2746.98	2746.67	2746.98	2746.67	2747.62	2747.62	2747.62	2747.24	0.3889	0.1230	0.0029	0.0913	0.5774	0.5973
2796.98	2796.03	2796.66	2797.29	2796.98	2796.98	2796.66	2796.98	2796.66	2797.29	2796.85	0.3714	0.1174	0.0029	0.0913	0.5774	0.5962
2848.23	2848.55	2848.55	2848.87	2848.55	2847.60	2848.55	2849.50	2849.50	2848.87	2848.68	0.5620	0.1777	0.0029	0.0913	0.5774	0.6110
2898.54	2898.22	2898.54	2898.86	2897.91	2898.54	2899.17	2898.22	2899.17	2898.22	2898.54	0.4219	0.1334	0.0029	0.0913	0.5774	0.5996
2949.16	2947.58	2948.85	2946.95	2947.27	2947.27	2947.58	2947.58	2948.53	2948.22	2947.90	0.7458	0.2358	0.0029	0.0913	0.5774	0.6303
2996.62	2997.57	2997.26	2997.26	2996.94	2997.89	2996.62	2996.62	2996.31	2996.94	2997.00	0.4902	0.1550	0.0029	0.0913	0.5774	0.6047

ตารางที่ ข.13 ผลการประเมินความไม่แน่นอนเมื่อเคลื่อนออกจากตัวแยกแสงให้มอเตอร์หมุน 12 รอบต่อวินาที

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
51.57	52.84	51.26	51.26	51.89	51.57	51.57	50.62	51.26	50.94	51.48	0.5975	0.1890	0.0029	0.0913	0.5774	0.6143
93.97	93.02	93.34	93.02	93.02	92.39	92.71	93.97	93.02	93.02	93.15	0.4992	0.1578	0.0029	0.0913	0.5774	0.6055
145.86	146.18	146.49	146.49	146.18	146.81	146.81	146.49	146.18	146.18	146.37	0.3057	0.0967	0.0029	0.0913	0.5774	0.5925
198.70	197.43	197.43	197.75	197.75	197.43	198.70	196.80	198.07	198.07	197.81	0.5929	0.1875	0.0029	0.0913	0.5774	0.6139
246.48	245.84	246.16	246.48	245.84	246.16	245.84	245.84	246.48	246.48	246.16	0.2983	0.0943	0.0029	0.0913	0.5774	0.5921
295.83	294.25	295.52	294.88	295.20	297.10	297.10	294.88	297.10	296.78	295.87	1.0802	0.3416	0.0029	0.0913	0.5774	0.6770
345.19	344.88	344.24	344.24	344.56	343.93	344.56	344.88	344.88	345.83	344.72	0.5429	0.1717	0.0029	0.0913	0.5774	0.6092
393.60	394.23	394.55	394.87	394.55	394.23	393.60	394.87	393.60	393.92	394.20	0.5047	0.1596	0.0029	0.0913	0.5774	0.6059
445.49	447.07	446.44	447.39	446.44	447.07	445.49	447.39	448.02	446.44	446.73	0.8230	0.2603	0.0029	0.0913	0.5774	0.6399
496.75	496.75	496.12	496.12	495.48	495.80	494.53	496.43	496.75	496.12	496.08	0.6908	0.2184	0.0029	0.0913	0.5774	0.6240
547.69	548.32	547.37	547.69	547.06	548.32	549.59	547.69	547.06	547.69	547.85	0.7495	0.2370	0.0029	0.0913	0.5774	0.6308
597.05	597.36	597.05	597.68	598.31	599.26	597.36	597.36	597.68	598.31	597.74	0.6964	0.2202	0.0029	0.0913	0.5774	0.6246
649.57	649.89	649.89	648.62	650.20	650.20	649.89	649.57	647.99	648.94	649.47	0.7315	0.2313	0.0029	0.0913	0.5774	0.6286
698.61	698.61	698.93	699.56	699.56	698.61	698.61	699.56	699.56	699.88	699.15	0.5178	0.1637	0.0029	0.0913	0.5774	0.6070
750.18	748.92	752.08	750.82	750.18	751.13	751.13	750.82	751.45	750.50	750.72	0.8575	0.2712	0.0029	0.0913	0.5774	0.6444

ตารางที่ ข.13 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
799.54	800.49	800.18	800.49	800.81	799.86	800.49	800.18	799.86	800.18	800.21	0.3788	0.1198	0.0029	0.0913	0.5774	0.5967
851.43	851.75	851.12	850.80	852.38	851.75	852.07	852.70	853.01	852.70	851.97	0.7315	0.2313	0.0029	0.0913	0.5774	0.6286
902.06	900.79	902.37	901.42	902.69	901.74	903.01	902.69	901.74	902.37	902.09	0.6745	0.2133	0.0029	0.0913	0.5774	0.6222
950.47	953.31	952.68	951.10	952.05	952.68	951.73	951.41	950.47	950.15	951.60	1.0776	0.3408	0.0029	0.0913	0.5774	0.6766
1001.41	1002.99	1001.72	1002.04	1003.62	1002.36	1001.09	1000.77	1002.04	1001.09	1001.91	0.8974	0.2838	0.0029	0.0913	0.5774	0.6498
1048.55	1048.87	1049.82	1049.82	1049.50	1049.82	1048.87	1049.82	1051.40	1051.40	1049.78	0.9718	0.3073	0.0029	0.0913	0.5774	0.6604
1098.22	1098.54	1099.17	1098.86	1098.54	1096.96	1098.54	1097.28	1098.22	1097.59	1098.19	0.7067	0.2235	0.0029	0.0913	0.5774	0.6258
1147.27	1147.58	1146.63	1146.95	1147.58	1148.22	1146.95	1147.58	1147.90	1146.63	1147.33	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084
1196.31	1198.21	1198.21	1196.94	1197.26	1196.31	1197.26	1195.99	1196.31	1198.21	1197.10	0.8729	0.2760	0.0029	0.0913	0.5774	0.6464
1246.62	1248.83	1248.20	1247.88	1247.25	1247.88	1246.30	1247.25	1248.51	1247.88	1247.66	0.8039	0.2542	0.0029	0.0913	0.5774	0.6374
1297.24	1295.97	1297.24	1296.92	1298.51	1296.61	1296.29	1295.97	1296.61	1297.24	1296.86	0.7576	0.2396	0.0029	0.0913	0.5774	0.6317
1347.23	1346.91	1346.28	1348.18	1346.91	1346.60	1347.55	1346.60	1348.50	1347.86	1347.26	0.7375	0.2332	0.0029	0.0913	0.5774	0.6293
1397.54	1396.27	1396.91	1397.22	1396.91	1396.91	1396.91	1395.64	1396.59	1395.96	1396.68	0.5786	0.1830	0.0029	0.0913	0.5774	0.6125
1446.90	1446.26	1446.58	1446.58	1445.63	1445.63	1447.21	1445.32	1446.58	1445.32	1446.20	0.6802	0.2151	0.0029	0.0913	0.5774	0.6229
1495.94	1495.62	1495.94	1494.99	1495.62	1495.31	1495.94	1495.31	1495.94	1495.31	1495.59	0.3482	0.1101	0.0029	0.0913	0.5774	0.5948

ตารางที่ ข.13 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1546.25	1545.61	1546.88	1547.51	1545.61	1546.56	1546.88	1546.25	1547.51	1545.93	1546.50	0.6964	0.2202	0.0029	0.0913	0.5774	0.6246
1596.55	1596.55	1597.50	1596.55	1597.19	1597.82	1596.55	1595.92	1597.19	1597.19	1596.90	0.5670	0.1793	0.0029	0.0913	0.5774	0.6114
1648.44	1647.18	1648.44	1646.86	1647.81	1647.49	1646.86	1645.91	1646.55	1647.49	1647.30	0.8060	0.2549	0.0029	0.0913	0.5774	0.6377
1697.49	1697.17	1698.12	1697.17	1695.90	1696.54	1698.12	1696.22	1696.54	1696.85	1697.01	0.7495	0.2370	0.0029	0.0913	0.5774	0.6308
1747.79	1749.69	1749.06	1747.48	1747.16	1748.43	1748.74	1747.79	1747.48	1747.16	1748.08	0.8626	0.2728	0.0029	0.0913	0.5774	0.6451
1798.10	1797.15	1798.42	1797.47	1798.10	1799.68	1797.47	1799.05	1798.73	1797.47	1798.16	0.8142	0.2575	0.0029	0.0913	0.5774	0.6387
1848.41	1849.99	1850.62	1850.94	1848.41	1850.62	1851.89	1850.94	1851.89	1852.52	1850.62	1.3832	0.4374	0.0029	0.0913	0.5774	0.7301
1899.35	1899.67	1900.61	1900.61	1899.35	1900.61	1899.98	1899.35	1899.98	1899.67	1899.92	0.5336	0.1687	0.0029	0.0913	0.5774	0.6084
1950.29	1950.92	1949.66	1951.24	1949.34	1950.61	1949.34	1950.61	1949.34	1949.02	1950.04	0.7864	0.2487	0.0029	0.0913	0.5774	0.6352
1999.33	1999.02	1999.96	1999.96	2000.60	2000.60	1999.02	2000.91	2000.28	2000.60	2000.03	0.6964	0.2202	0.0029	0.0913	0.5774	0.6246
2048.06	2048.37	2049.01	2049.64	2049.64	2049.32	2049.32	2048.37	2048.69	2047.74	2048.82	0.6704	0.2120	0.0029	0.0913	0.5774	0.6218
2096.78	2096.47	2096.78	2097.42	2096.15	2097.42	2097.10	2096.78	2096.47	2097.10	2096.85	0.4166	0.1317	0.0029	0.0913	0.5774	0.5992
2146.77	2145.51	2146.77	2147.41	2146.77	2147.72	2146.46	2147.09	2146.14	2147.41	2146.81	0.6578	0.2080	0.0029	0.0913	0.5774	0.6204
2196.77	2197.08	2198.35	2198.03	2198.66	2197.08	2197.71	2198.35	2196.77	2197.08	2197.59	0.7184	0.2272	0.0029	0.0913	0.5774	0.6271
2248.97	2247.71	2248.02	2247.39	2248.65	2248.02	2247.07	2248.02	2246.76	2248.02	2247.86	0.6712	0.2122	0.0029	0.0913	0.5774	0.6219

ตารางที่ ข.13 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 2.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2297.38	2298.33	2296.43	2297.06	2296.11	2297.06	2295.48	2296.11	2297.06	2296.43	2296.75	0.8032	0.2540	0.0029	0.0913	0.5774	0.6373
2346.11	2347.06	2346.42	2345.47	2347.37	2347.69	2346.74	2346.74	2348.00	2347.06	2346.87	0.7487	0.2368	0.0029	0.0913	0.5774	0.6307
2395.46	2395.78	2396.10	2396.10	2396.41	2396.10	2397.05	2395.78	2397.05	2397.05	2396.29	0.5815	0.1839	0.0029	0.0913	0.5774	0.6128
2445.77	2445.46	2445.77	2445.46	2445.14	2446.72	2445.46	2445.46	2445.46	2445.77	2445.65	0.4271	0.1351	0.0029	0.0913	0.5774	0.5999
2495.76	2496.08	2495.76	2496.08	2496.08	2496.40	2497.03	2496.40	2495.76	2496.08	2496.14	0.3889	0.1230	0.0029	0.0913	0.5774	0.5973
2547.65	2546.39	2548.60	2545.75	2547.34	2548.60	2546.70	2546.39	2546.70	2547.34	2547.15	0.9457	0.2990	0.0029	0.0913	0.5774	0.6566
2596.69	2597.01	2596.38	2596.38	2596.69	2596.06	2596.38	2596.38	2596.69	2597.01	2596.57	0.3057	0.0967	0.0029	0.0913	0.5774	0.5925
2647.00	2646.37	2647.00	2646.69	2648.27	2646.37	2647.32	2646.05	2646.69	2645.74	2646.75	0.7122	0.2252	0.0029	0.0913	0.5774	0.6264
2696.04	2696.36	2696.04	2696.04	2696.04	2696.68	2696.04	2696.36	2695.41	2696.36	2696.14	0.3352	0.1060	0.0029	0.0913	0.5774	0.5941
2746.04	2746.98	2748.88	2747.93	2748.25	2747.30	2747.62	2747.30	2747.62	2749.83	2747.78	1.0467	0.3310	0.0029	0.0913	0.5774	0.6718
2796.98	2798.56	2798.87	2797.61	2797.61	2798.56	2798.87	2798.87	2798.56	2797.61	2798.21	0.6908	0.2184	0.0029	0.0913	0.5774	0.6240
2849.50	2849.50	2849.18	2849.81	2849.81	2849.81	2849.81	2851.08	2850.76	2850.13	2849.94	0.5815	0.1839	0.0029	0.0913	0.5774	0.6128
2899.17	2900.44	2899.17	2899.17	2899.49	2899.81	2900.76	2900.12	2900.44	2899.49	2899.81	0.5966	0.1887	0.0029	0.0913	0.5774	0.6142
2949.16	2949.16	2948.85	2949.48	2950.75	2951.38	2948.85	2948.85	2948.85	2950.43	2949.58	0.9321	0.2947	0.0029	0.0913	0.5774	0.6546
3000.10	3000.10	3001.69	2999.79	3000.74	3000.10	3000.10	3001.69	3000.74	3000.10	3000.52	0.6843	0.2164	0.0029	0.0913	0.5774	0.6233

ตารางที่ ข.13 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
48.73	50.31	49.36	48.73	48.41	49.04	49.36	50.31	50.31	49.67	49.42	0.7122	0.2252	0.0029	0.0913	0.5774	0.6264
96.19	96.50	96.82	96.82	97.45	97.13	96.82	96.50	97.45	97.45	96.91	0.4487	0.1419	0.0029	0.0913	0.5774	0.6015
149.66	149.66	149.97	149.97	149.66	150.29	149.97	149.97	150.29	150.61	150.01	0.3146	0.0995	0.0029	0.0913	0.5774	0.5929
200.91	200.28	199.96	200.28	199.33	199.65	198.38	198.07	198.70	197.75	199.33	1.0652	0.3368	0.0029	0.0913	0.5774	0.6746
247.11	247.11	246.79	247.74	247.42	248.06	247.11	246.79	247.11	246.79	247.20	0.4232	0.1338	0.0029	0.0913	0.5774	0.5997
294.57	294.57	294.88	295.52	294.88	294.88	295.20	295.20	294.57	294.88	294.92	0.3146	0.0995	0.0029	0.0913	0.5774	0.5929
345.83	345.83	345.19	345.83	346.14	345.51	345.19	345.83	345.19	345.83	345.64	0.3401	0.1076	0.0029	0.0913	0.5774	0.5944
395.18	395.18	395.82	395.18	395.18	395.50	396.13	396.13	396.45	396.45	395.72	0.5388	0.1704	0.0029	0.0913	0.5774	0.6089
447.39	447.71	448.02	448.66	447.39	447.71	447.07	447.71	447.71	447.07	447.64	0.4669	0.1477	0.0029	0.0913	0.5774	0.6029
498.33	498.33	498.65	498.01	498.65	498.01	499.28	497.70	498.96	498.33	498.42	0.4728	0.1495	0.0029	0.0913	0.5774	0.6034
551.49	551.49	553.38	552.43	554.33	552.43	553.70	552.12	551.80	552.43	552.56	0.9574	0.3027	0.0029	0.0913	0.5774	0.6583
602.43	601.48	601.48	601.79	600.53	599.58	600.84	601.48	600.53	602.11	601.22	0.8542	0.2701	0.0029	0.0913	0.5774	0.6439
650.52	652.73	650.52	651.15	650.83	650.20	649.89	651.78	654.32	651.47	651.34	1.3357	0.4224	0.0029	0.0913	0.5774	0.7212
698.93	700.19	700.19	701.78	700.83	700.19	700.19	701.78	700.83	698.61	700.35	1.0360	0.3276	0.0029	0.0913	0.5774	0.6701
749.55	750.82	751.13	752.40	752.72	753.66	754.30	755.56	753.35	751.77	752.53	1.7849	0.5644	0.0029	0.0913	0.5774	0.8126

ตารางที่ ข.13 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
800.49	800.81	799.54	801.12	801.44	801.12	801.12	801.44	798.91	800.18	800.62	0.8464	0.2676	0.0029	0.0913	0.5774	0.6429
852.70	852.07	851.12	850.80	852.38	852.07	853.01	850.80	851.12	851.43	851.75	0.8032	0.2540	0.0029	0.0913	0.5774	0.6373
901.11	901.42	901.11	900.47	902.37	901.42	901.11	901.42	901.11	901.74	901.33	0.4958	0.1568	0.0029	0.0913	0.5774	0.6052
950.47	949.52	949.20	949.52	948.25	947.93	948.88	949.52	947.93	948.25	948.95	0.8411	0.2660	0.0029	0.0913	0.5774	0.6422
996.66	997.61	997.61	997.61	996.98	996.98	996.66	997.29	997.61	996.66	997.17	0.4271	0.1351	0.0029	0.0913	0.5774	0.5999
1047.28	1047.60	1047.28	1047.60	1046.97	1047.92	1047.28	1046.97	1046.97	1046.97	1047.28	0.3335	0.1055	0.0029	0.0913	0.5774	0.5940
1096.64	1096.33	1096.33	1096.64	1096.96	1097.28	1096.64	1096.96	1096.01	1095.69	1096.55	0.4728	0.1495	0.0029	0.0913	0.5774	0.6034
1145.68	1146.63	1146.95	1146.95	1145.68	1146.32	1146.63	1146.95	1146.32	1146.32	1146.44	0.4764	0.1506	0.0029	0.0913	0.5774	0.6036
1195.36	1195.68	1195.99	1195.36	1195.36	1194.73	1195.36	1195.36	1195.99	1195.68	1195.49	0.3714	0.1174	0.0029	0.0913	0.5774	0.5962
1245.98	1245.67	1246.93	1245.98	1246.30	1246.30	1245.35	1246.93	1245.67	1245.67	1246.08	0.5388	0.1704	0.0029	0.0913	0.5774	0.6089
1295.03	1295.34	1296.61	1295.97	1295.66	1295.34	1296.29	1295.34	1295.97	1295.66	1295.72	0.4902	0.1550	0.0029	0.0913	0.5774	0.6047
1346.28	1346.28	1347.23	1346.91	1346.60	1346.91	1346.28	1346.60	1347.23	1346.60	1346.69	0.3669	0.1160	0.0029	0.0913	0.5774	0.5959
1395.96	1397.22	1396.59	1396.27	1396.91	1396.91	1397.22	1396.91	1396.91	1396.27	1396.72	0.4271	0.1351	0.0029	0.0913	0.5774	0.5999
1448.48	1449.11	1448.80	1446.26	1447.85	1449.74	1448.80	1449.74	1450.38	1450.38	1448.95	1.2501	0.3953	0.0029	0.0913	0.5774	0.7057
1498.79	1498.79	1499.10	1499.42	1499.10	1499.10	1499.10	1499.42	1500.69	1500.69	1499.42	0.6996	0.2212	0.0029	0.0913	0.5774	0.6250

ตารางที่ ข.13 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
1552.26	1550.99	1550.99	1551.31	1551.31	1550.68	1550.68	1551.63	1550.99	1550.99	1551.18	0.4764	0.1506	0.0029	0.0913	0.5774	0.6036
1601.93	1602.57	1601.93	1601.93	1601.30	1602.88	1601.62	1601.30	1601.62	1602.57	1601.96	0.5470	0.1730	0.0029	0.0913	0.5774	0.6096
1652.56	1651.61	1653.19	1654.46	1653.82	1651.29	1653.82	1650.98	1653.19	1653.19	1652.81	1.1725	0.3708	0.0029	0.0913	0.5774	0.6922
1695.59	1696.54	1694.95	1696.54	1695.59	1696.22	1694.64	1694.95	1697.80	1695.27	1695.81	0.9672	0.3059	0.0029	0.0913	0.5774	0.6597
1745.58	1746.21	1746.53	1744.95	1748.11	1748.11	1744.95	1747.16	1745.90	1748.43	1746.59	1.3071	0.4133	0.0029	0.0913	0.5774	0.7159
1794.94	1794.62	1794.30	1793.99	1793.99	1794.30	1794.30	1794.62	1794.30	1793.36	1794.27	0.4336	0.1371	0.0029	0.0913	0.5774	0.6004
1845.24	1844.61	1845.88	1845.56	1844.61	1845.24	1845.56	1845.88	1845.24	1845.24	1845.31	0.4425	0.1399	0.0029	0.0913	0.5774	0.6011
1894.60	1894.92	1894.60	1894.92	1894.60	1893.65	1893.34	1893.65	1894.29	1894.60	1894.32	0.5670	0.1793	0.0029	0.0913	0.5774	0.6114
1944.59	1944.91	1945.23	1945.23	1945.54	1945.23	1945.54	1944.28	1944.28	1944.28	1944.91	0.5167	0.1634	0.0029	0.0913	0.5774	0.6069
1995.22	1995.22	1995.22	1994.27	1993.32	1994.27	1995.85	1994.90	1993.95	1993.95	1994.62	0.7815	0.2471	0.0029	0.0913	0.5774	0.6346
2044.26	2044.89	2044.58	2044.26	2043.94	2044.26	2043.94	2045.84	2043.94	2044.26	2044.42	0.5825	0.1842	0.0029	0.0913	0.5774	0.6129
2094.88	2093.94	2094.88	2093.94	2094.57	2094.88	2093.94	2095.83	2096.15	2094.57	2094.76	0.7635	0.2414	0.0029	0.0913	0.5774	0.6324
2145.51	2146.14	2145.51	2145.19	2146.77	2146.14	2145.51	2146.46	2146.77	2146.46	2146.05	0.5786	0.1830	0.0029	0.0913	0.5774	0.6125
2194.87	2195.50	2196.45	2197.08	2195.18	2196.13	2196.13	2196.13	2195.82	2197.08	2196.04	0.7315	0.2313	0.0029	0.0913	0.5774	0.6286
2247.07	2246.44	2246.12	2246.76	2246.12	2246.12	2246.76	2246.44	2247.07	2246.76	2246.57	0.3714	0.1174	0.0029	0.0913	0.5774	0.5962

ตารางที่ ข.13 (ต่อ)

ระยะทางจากอินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ที่ตำแหน่ง 6.5 cm(ไมโครเมตร)										ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	σ_{n-1}	u_A	u_{B1}	u_{B2}	u_{B3}	u_C
ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10							
2295.80	2296.43	2295.48	2295.80	2296.11	2296.75	2295.80	2295.48	2296.11	2296.11	2295.99	0.4002	0.1266	0.0029	0.0913	0.5774	0.5981
2346.11	2347.69	2346.42	2346.74	2346.11	2346.42	2347.06	2346.42	2347.37	2346.74	2346.71	0.5263	0.1664	0.0029	0.0913	0.5774	0.6078
2395.15	2396.41	2395.46	2394.52	2396.73	2395.46	2395.46	2394.83	2396.73	2395.78	2395.65	0.7635	0.2414	0.0029	0.0913	0.5774	0.6324
2448.30	2448.94	2448.30	2447.35	2448.30	2447.99	2448.30	2447.99	2448.62	2448.30	2448.24	0.4166	0.1317	0.0029	0.0913	0.5774	0.5992
2497.98	2499.56	2498.93	2497.98	2498.29	2498.29	2498.29	2497.98	2498.61	2498.61	2498.45	0.5003	0.1582	0.0029	0.0913	0.5774	0.6056
2549.55	2550.50	2552.08	2548.92	2549.87	2548.92	2547.97	2549.55	2549.23	2550.18	2549.68	1.1082	0.3504	0.0029	0.0913	0.5774	0.6815
2596.06	2598.91	2599.86	2598.28	2596.69	2595.75	2598.28	2597.64	2598.59	2597.96	2597.80	1.2938	0.4092	0.0029	0.0913	0.5774	0.7135
2651.12	2652.38	2650.48	2651.43	2652.70	2650.80	2653.33	2655.86	2656.18	2654.28	2652.86	2.0410	0.6454	0.0029	0.0913	0.5774	0.8708
2699.84	2698.89	2693.51	2694.46	2692.88	2694.15	2694.46	2694.15	2693.83	2694.46	2695.06	2.3320	0.7374	0.0029	0.0913	0.5774	0.9410
2747.93	2749.20	2749.20	2749.83	2753.00	2749.83	2748.88	2749.20	2749.52	2749.20	2749.58	1.3156	0.4160	0.0029	0.0913	0.5774	0.7175
2797.93	2796.03	2796.98	2798.24	2796.34	2798.24	2799.19	2797.29	2796.98	2797.93	2797.51	0.9672	0.3059	0.0029	0.0913	0.5774	0.6597
2848.23	2846.97	2847.92	2846.65	2847.28	2847.60	2847.92	2848.23	2847.28	2846.65	2847.47	0.6003	0.1898	0.0029	0.0913	0.5774	0.6146
2895.38	2895.38	2896.33	2894.74	2895.69	2896.33	2896.01	2895.06	2896.64	2896.96	2895.85	0.7192	0.2274	0.0029	0.0913	0.5774	0.6272
2947.27	2947.27	2946.32	2946.63	2946.32	2946.63	2945.68	2945.37	2945.37	2946.32	2946.32	0.6835	0.2161	0.0029	0.0913	0.5774	0.6232
2996.31	2995.68	2995.99	2995.99	2995.68	2995.99	2994.73	2995.68	2995.99	2996.31	2995.83	0.4536	0.1435	0.0029	0.0913	0.5774	0.6019

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	**นางสาวสุรีรัตน์ กันชู**
วัน เดือน ปีเกิด	**1 กรกฎาคม 2522 ที่พิษณุโลก**
ที่อยู่	**63/70 อาคาร 3 การเคหะหลักสี่ ซอยแจ้งวัฒนะ 5 ถ.แจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210 โทร .0-2574-6853**
ประวัติการศึกษา	**2544 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**
	2549 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้