การถ่ายภาพเวลาเฉลี่ยของเสียงจากลำโพง ด้วยวิธีการการถ่ายภาพยอโลแกรม

TIME - AVERAGING HOLOGRAPHY WITH LOUNDSPEAKER

นายธนิต ขันช่าง
นางสาวกัญญารัตน์ เศษศรี

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา ๒๕๕๐

การถ่ายภาพเวลาเฉลี่ยของเสียงจากลำโพง ด้วยวิธีการการถ่ายภาพฮอโลแกรม

TIME-AVERAGING HOLOGRAPHY WITH LOUNDSPEAKER

นายธนิต ขันช่าง

นางสาวกัญญารัตน์ เศษสรี

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIME-AVERAGING HOLOGRAPHY WITH LOUNDSPEAKER

MR. TANIT KANCHANG

MISS. KANYARUT SETSAREE

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN APPLIED PHYSICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การถ่ายภาพเวลาเฉลี่ยของเสียงจากลำโพง ด้วยวิธีการการถ่ายภาพฮอโลแกรม TIME-AVERAGING HOLOGRAPHY WITH LOUNDSPEAKER
ชื่อนักศึกษา	นายธนิต ขันช่าง นางสาวกัญญารัตน์ เศษสรี
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	ฟิสิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.กีรยุทธ์ ศรีนวลจันทร์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
อ.สุรชาติ กมลดิลก	
ดร.ประธาน บุรณศิริ	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง	
ดร.กีรยุทธ์ ศรีนวลจันทร์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การถ่ายภาพเวลาเฉลี่ยของเสียงจากลำโพง ด้วยวิธีการการถ่ายภาพฮอโลแกรม
ชื่อนักศึกษา	นายธนิต ขันช่าง นางสาวกัญญารัตน์ เศษสรี
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.กีรยุทธ์ ศรีนวลจันทร์

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายภาพเวลาเฉลี่ยของเสียงจากลำโพงด้วยวิธีการการถ่ายภาพฮอโลแกรม ซึ่งจากที่ทราบกันดีว่าหลักการฮอโลแกรมนั้นได้กล่าวว่าการบันทึกภาพฮอโลแกรมจะสามารถถ่ายวัตถุให้เกิดภาพได้ต้องเป็นวัตถุที่มีสถาวะหยุดนิ่งเท่านั้น ผู้วิจัยจึงทำการทดลองกรณีเมื่อวัตถุที่นำมาใช้บันทึกภาพฮอโลแกรมมีสภาวะสั่นสะเทือนจะสามารถสร้างภาพฮอโลแกรมได้หรือไม่และลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่เกิดจากกระบวนการการสร้างภาพฮอโลแกรมที่เกิดเมื่อทำการป้อนความถี่ในช่วงต่างๆเป็นเช่นไร ซึ่งจากการทดลองพบว่าวัตถุที่ไม่มีความถี่ใดๆ(สภาวะหยุดนิ่ง) กระบวนการการสร้างภาพฮอโลแกรมจะสามารถเห็นรูปร่างของวัตถุได้ชัดเจน แต่เมื่อป้อนความถี่ให้กับวัตถุในช่วงความถี่ที่แตกต่างกันออกไปจะพบว่าเมื่อวัตถุเริ่มสั่นสะเทือนกระบวนการการสร้างภาพฮอโลแกรมก็จะมีรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงความถี่เช่นกัน ในที่นี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในช่วงความถี่กับแผ่นโลหะที่โรยเม็ดน้ำตาลทรายเพื่อใช้ในการอ้างอิงช่วงความถี่ ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบรูปร่างรูปแบบการสั่นของทรายบนแผ่นโลหะกับภาพที่ได้จากการถ่ายภาพฮอโลแกรมพบว่ามีรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน ซึ่งวิธีการทดลองถ่ายภาพโลหะที่มีสภาวะสั่นโดยเทคนิคการถ่ายภาพฮอโลแกรมนี้นอกจากจะใช้เพื่อการศึกษาแล้ว สามารถนำไปใช้เพื่อตรวจสอบความหนาแน่นของพื้นผิวของแผ่นโลหะได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสำคัญ : การบันทึกภาพฮอโลแกรม การการสร้างภาพฮอโลแกรม

Title	TIME-AVERAGING HOLOGRAPHY WITH LOUNDSPEAKER
Students	Mr. Tanit Kanchang
	Miss Kanyarut Setsaree
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Physics
Academic Year	2556
Advisor	Dr. Keerayoot Srinualjan

ABSTRACT

This special project is to study in the time-averaging hologram with loudspeaker. Principle of Hologram is well-known about recording hologram can take only a stationary object in a picture. We study another case if an object is vibrating, can we create holograms. And the changing shape due to process reconstruction hologram were generated when input frequency ranges was presented. Which showed that any object that is frequencies RDS (stationary) process reconstruction holograms can see the shape of the object obviously? However, when the input frequency to the object with a different frequency range is found when the vibration started. The shape from process of creating a holographic will be changed by varying the frequency as well. In this test method was changed shape in the frequency range with a metal plate and sprinkle sugar pills are used to be reference for the band. When comparing the vibration shape of sand on a metal plate with a picture of a holographic imaging showed a changing shape is similar. The method of experiment metal vibration conditions by imaging techniques hope holograms can be used for this study. It's useful for determine the density of the surface of the metal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keywords: recording hologram, reconstruction hologram

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานพิเศษเรื่อง ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จักทำต้องขอขอบพระคุณบุคคลต่างๆที่ได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือตลอดมา อันได้แก่

1. ดร.กีรยุทธ์ ศรีนวลจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่คอยแนะนำแนวทางการแก้ไขปัญหา ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ
2. อ.สุรชาติ กมลดิลก อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง และ ดร.ประธาน บุรณศิริ คณะกรรมการที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่กรุณาเป็นกรรมการคุมสอบและให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการแก้ไขปรับปรุงต่างๆ รวมไปถึงคอยตรวจสอบผลการทำงานและผลงาน
3. อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้มาตลอดระยะเวลา 4 ปี
4. บิดา มารดา ตลอดจนญาติพี่น้องซึ่งคอยให้การสนับสนุนดูแลอบรมสั่งสอนและเป็นกำลังใจเสมอในทุกเรื่อง
5. เพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้คำแนะนำและกำลังใจมาตลอด

นอกจากนี้อาจยังมีบุคคลท่านอื่นที่ไม่ได้กล่าว ณ ที่นี้ จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความกรุณา มีส่วนร่วมในการให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนกำลังใจให้การทำโครงงานพิเศษฉบับนี้

นายธนิต ขันช่าง

นางสาวกัญญารัตน์ เศษสรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 หลักการเกิดภาพฮอโลแกรม	4
2.2 หลักในการสร้างภาพฮอโลแกรมของวัตถุใดๆ	6
2.3 ฟิล์ม	11
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	16
3.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง	16
3.2 สถานที่ปฏิบัติงาน	16
3.3 อุปกรณ์สำหรับการดำเนินงาน	17
3.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	28
3.5 การเตรียมน้ำยาล้างฟิล์มและขั้นตอนการล้างฟิล์ม	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.6 วิธีการดูผลการทดลอง 34

3.7 การทำความสะอาดและบำรุงรักษา 35

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลอง 36

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง 41

บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 45

5.2 ข้อเสนอแนะ 45

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนของการทำงานวิจัย	3
1.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างรูปภาพธรรมดากับฮอโลแกรม	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1.1 หลักการเกิดภาพฮอโลแกรม	5
2.2.1 แสดงการบันทึกภาพลงแผ่นฮอโลแกรมโดยกระบวนการทางแสง	7
2.2.2 แอมพลิจูดและเฟสของการส่งผ่าน ของฟังก์ชันความหนาแน่นของพลังงาน W สำหรับ แอมพลิจูดและเฟสของฮอโลแกรม	9
2.2.3 แสดงกาสร้างภาพจากแผ่นฮอโลแกรม	10
2.3.1 แสดงซองกระดาษแข็ง (cardboard holder)	13
2.3.2 แสดงภาคตัดขวางของฟิล์มเอกซเรย์แบบ Single Emulsion	13
2.3.3 แสดงฟิล์มชนิดอิมัลชันด้านเดียว	14
3.1 รูปสถานที่ปฏิบัติงาน	16
3.2 ฐานวางอุปกรณ์ทางแสง	17
3.3 เลเซอร์ He-Ne	17
3.4 กระจก	18
3.5 แท่นวางวัตถุ	18
3.6 แท่นวางฟิล์ม	19
3.7 แผ่นโลหะ	19
3.8 ลำโพง	20
3.9 เครื่องกำเนิดความถี่	20
3.10 น้ำตาลทราย	21
3.11 แผ่นฟิล์มสำหรับถ่ายภาพโฮโลแกรม	21
3.12 น้ำกลั่นและบิกเกอร์	22
3.13 Developer	22
3.14 Fixing bath	23
3.15 Beam splitter	23
3.16 Beam expansion	24
3.17 นาฬิกาจับเวลา	24
3.18 หลอดไฟ	25

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.19 สีสเปรย์	25
3.20 ตรวสอบความถี่จากน้ำตาลทราย	26
3.21 แผ่นโลหะ	26
3.22 จัดอุปกรณ์ของระบบแสง	27
3.33 เลเซอร์ทิ้งไว้สักครู่	28
3.34 ระบบขยายลำแสง E25x (Beam explansion)	28
3.35 รูปแสดงลำแสงวัตถุ	29
3.36 รูปแสดงลำแสงอ้างอิง	29
3.37 การเตรียมวัตถุ	29
3.38 การเตรียมแสงก่อนการเปิดใช้	30
3.39 ทำความสะอาดกระจก	30
3.40 การเตรียมน้ำยา	31
3.41 การล้างฟิล์มโดย Developer	32
3.42 การล้างฟิล์มโดยน้ำกลั่น	32
3.43 การล้างฟิล์มโดยน้ำยา Fixing	33
3.44 การล้างฟิล์มโดยน้ำกลั่นครั้งที่สอง	33
3.45 การตากฟิล์ม	34
3.46 การจัดอุปกรณ์ในการถ่ายภาพฮอโลแกรม	34
4.1 รูปแบบแต่ละความถี่ที่พบ	36
4.2 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบไม่ซ้อนทับ reference	37
4.3 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 186 Hz	37
4.4 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 187 Hz	37
4.5 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 188 Hz	38
4.6 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 189 Hz	38
4.7 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 190 Hz	38
4.8 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 191 Hz	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 192 Hz	39
4.10 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 193 Hz	39
4.11 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 194 Hz	40
4.12 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 195 Hz	40
4.13 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 196 Hz	40
4.14 ความถี่ 186 Hz	41
4.15 ความถี่ 187 Hz	41
4.16 ความถี่ 188 Hz	42
4.17 ความถี่ 189 Hz	42
4.18 ความถี่ 190,193,196 Hz	43
4.19 ความถี่ 191 Hz	43
4.20. การเปรียบเทียบความถี่โลหะกับฮอโลแกรม	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและแนวความคิดที่สำคัญ

ฮอโลแกรมมีประโยชน์ในหลายๆด้าน ทั้งทางด้านการศึกษา ความปลอดภัย และโดยเฉพาะในการสร้างภาพสามมิติ ซึ่งภาพฮอโลแกรมเป็นภาพที่มีความเสมือนจริงและมีลักษณะพิเศษที่ต่างจากรูปภาพอื่นทั่วไป เนื่องจากภาพทั่วไปจะสามารถมองเห็นได้เพียงมิติเดียวเท่านั้น แม้ว่าจะมองด้วยมุมที่ต่างกันแต่ภาพฮอโลแกรมนั้นสามารถมองเห็นได้ถึงความลึกของภาพและมุมของภาพที่ต่างกันได้ในความพิเศษของภาพถ่ายฮอโลแกรมนี้จึงทำให้ปัจจุบันมีผู้สนใจที่จะศึกษาและพัฒนาเทคนิคการถ่ายภาพฮอโลแกรมในลักษณะต่างๆเพิ่มขึ้น หนึ่งในเทคนิคในการถ่ายภาพฮอโลแกรมนี้ก็คือ การถ่ายภาพโดยใช้แสงจากแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งตามหลักแล้วการถ่ายภาพฮอโลแกรมนั้นจะสามารถถ่ายติดได้เฉพาะวัตถุที่มีสถานะหยุดนิ่งเท่านั้น จึงได้มีการศึกษาการถ่ายภาพฮอโลแกรมจากวัตถุที่มีสถานะสั่นสะเทือนโดยให้ความถี่ในช่วงต่างๆ จากเครื่องกำเนิดความถี่ เพื่อเป็นการตรวจสอบช่วงความถี่และลักษณะของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของการสั่น รวมไปถึงลักษณะของภาพฮอโลแกรมที่ถ่ายได้ ซึ่งจะได้กล่าวถึงขั้นตอนการศึกษาและการสร้างภาพฮอโลแกรมในลำดับต่อไปนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาหลักการของฮอโลแกรม
2. ศึกษาหลักการสร้างภาพฮอโลแกรมจากแผ่นโลหะที่มีการสั่นโดยลำโพงขนาดเล็ก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาหลักการสร้างภาพฮอโลแกรมโดยการใช้แสง
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของการสั่นของวัตถุภายในพื้นที่ปิดในช่วงความถี่ต่างๆ
3. ทำการถ่ายภาพฮอโลแกรมในวัตถุที่มีการสั่นในช่วงความถี่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนในการวิจัยและวิธีในการดำเนินงาน

1. แผนการดำเนินงานสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆได้ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการเกิดฮอโลแกรมทางแสง

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจสอบหาช่วงกว้างของความถี่ (ความถี่กำทอน) ของการสั่นที่เกิดก่อน โดยการเทน้ำตาลทรายลงบนแผ่นโลหะแล้วให้ความถี่กับลำโพงที่ติดอยู่ใกล้กับแผ่นโลหะโดยใช้เครื่องกำเนิดความถี่

ขั้นตอนที่ 3เมื่อได้ความถี่ (ความถี่กำทอน) ที่ทำให้เกิดภาพแล้ว นำแผ่นโลหะไปทำการเปลี่ยนสีเพื่อใช้ในการถ่ายภาพฮอโลแกรมจริง

ขั้นตอนที่ 4 ทำการจัดอุปกรณ์ทางแสงที่จะใช้ในการสร้างภาพฮอโลแกรมโดยใช้แสงจาก He-Ne เลเซอร์ขนาด 10 มิลลิวัตต์ เป็นแหล่งกำเนิดแสง

ขั้นตอนที่ 5 ทำการถ่ายภาพฮอโลแกรมโดยกำหนดช่วงความถี่จากช่วงกว้างของความถี่ (ความถี่กำทอน) ที่เราหาได้จากขั้นตอนที่ 3 มาใช้ในการถ่ายภาพจริง และทำการปรับความถี่ทีละนิดจนกว่าจะได้ลักษณะภาพที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 6 ทำการรวบรวมข้อมูลภาพฮอโลแกรมทั้งหมดที่ถ่าย

ขั้นตอนที่ 7 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 8 สรุปผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 9 จัดทำรายงานและนำเสนอโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการในแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอน	ปี 2556							ปี 2557		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ขั้นตอนที่ 1										
ขั้นตอนที่ 2										
ขั้นตอนที่ 3										
ขั้นตอนที่ 4										
ขั้นตอนที่ 5										
ขั้นตอนที่ 6										
ขั้นตอนที่ 7										
ขั้นตอนที่ 8										
ขั้นตอนที่ 9										

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนของการทำงานวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงหลักการสร้างภาพและการเกิดภาพฮอโลแกรม
2. ทราบถึงวิธีการจัดลำแสงเพื่อทำการสร้างภาพฮอโลแกรม
3. ทราบถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของคลื่นและการสั่นของวัตถุที่มีการสั่นสะเทือนในช่วงความถี่ (ความถี่กำทอน) ต่างๆกัน
4. สามารถตรวจความเป็นมาตรฐานของวัตถุได้ โดยใช้ความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฮอโลกราฟี(Holography) เป็นกระบวนการถ่ายภาพ 3 มิติโดยไม่ต้องใช้ระบบเลนส์ซึ่งต่างจากการถ่ายภาพ (Photography) ทั่วไป จะเป็นการบันทึกแอมพลิจูดและเฟส ซึ่งจะสามารถบันทึกทั้งความลึก ความตื้นไว้ด้วย โดยอาศัยความต่างเฟสของแสงสะท้อนทั้งหลายจากวัตถุซึ่งทำได้โดยอาศัยลำแสงอีกลำหนึ่งเป็นลำแสงอ้างอิงมาทำการแทรกสอดกับลำแสงสะท้อนจากวัตถุ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเฟสของลำแสงสะท้อนจากวัตถุ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเฟสของลำแสงสะท้อนเหล่านั้น ซึ่งแสงที่ใช้จะต้องเป็นแสงอาพันธ์ และแหล่งกำเนิดแสงที่นิยมใช้กันก็คือ เลเซอร์

การเปรียบเทียบรูปภาพธรรมดากับฮอโลแกรม

รูปภาพ	ฮอโลแกรม
1. มี 2 มิติ	1. มี 3 มิติ
2. ใช้แสงธรรมดาในการถ่ายรูป	2. ใช้แสงอาพันธ์ในการสร้าง
3. บันทึกแอมพลิจูดของแสงสะท้อนจากวัตถุไว้บนฟิล์มในรูปของความเข้มแสงทำให้มองเห็นรูปร่างวัตถุได้จากฟิล์มโดยตรง	3. บันทึกทั้งแอมพลิจูดและเฟสของแสงสะท้อนจากวัตถุไว้บนฟิล์มโดยบันทึกไว้ในรูปของภาพการแทรกสอด
4. เป็นการบันทึกภาพแบบหนึ่งต่อหนึ่งระหว่างวัตถุกับภาพ	4. แต่ละจุดบนฮอโลแกรมจะบันทึกข้อมูลของวัตถุไว้ได้ทั้งหมด

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างรูปภาพธรรมดากับฮอโลแกรม

2.1 หลักการเกิดภาพฮอโลแกรม

การถ่ายภาพฮอโลแกรมต้องใช้แสง Coherent light ซึ่งประกอบด้วย Coherent light 2 ชนิด คือ

1. Temporal Coherence
2. Spatial Coherence

Temporal Coherenceเป็นฟังก์ชันของ Spectral line width (ความกว้างของเส้นสเปกตรัมของแสง,ΔV) สามารถหาคุณสมบัติเฉพาะ (Characterized) ได้จาก Coherence length และ Coherence time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสำคัญในการถ่ายภาพฮอโลแกรม คือ ความแตกต่างของสันทางเดินแสง (Path difference) ของ Object beam และ Reference beam ไม่ควรต่างกันเกิน 1:10 ของ Coherence length รวมทั้งความยาวของ Coherence length ของแสงที่ใช้ เพื่อความชัดเจนของจุดโฟกัสของการ Reconstructed hologram

สำหรับ Spatial Coherence เมื่อแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดที่จุดและมุมต่างกัน สามารถพิจารณาได้ว่า จะมีโอกาสเกิดการแทรกสอดได้ทุกๆตำแหน่ง ที่แสงมากระทบกันได้ จังหวะพอดี แสงCoherent ในอุดมคติซึ่งมีความยาวไม่สิ้นสุด ไม่สามารถเกิดได้

ความสัมพันธ์ของ Coherence length (L) หาได้จาก

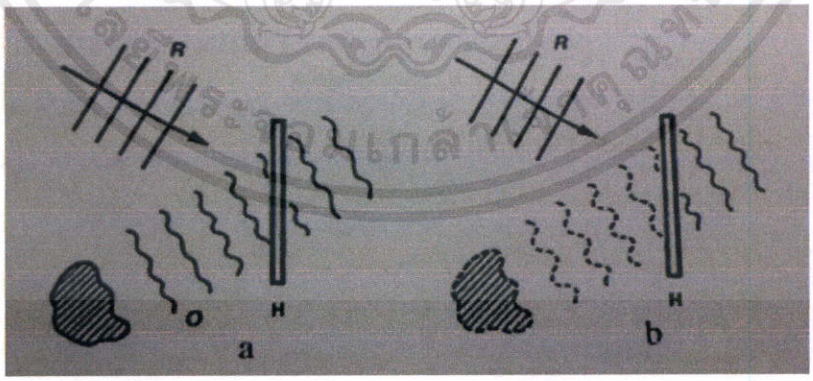
$$L = c/\Delta V$$

c คือ ความเร็วแสง

ΔV คือ ความกว้างของเส้นสเปกตรัม (Spectral line width)

(สามารถใช้ Michelson interferometer หา Coherence length (L) ได้)

ในภาพทั่วไป เราบันทึกภาพที่เป็น 3 มิติ เราจะได้ภาพ 2 มิติ ลงบนฟิล์มเท่านั้น ในขณะที่การถ่ายภาพฮอโลแกรม เป็นการสร้างภาพ 3 มิติอย่างแท้จริง สามารถทำได้โดยบันทึกสนามคลื่นทั้ง 3 มิติของแสงที่กระเจิงออกมาจากวัตถุผ่านแสง (ดังรูปที่ 1) โดย Object beam กับ Reference beam ทำให้เกิดรูปแบบของการแทรกสอด ซึ่งบันทึกรายละเอียดของ Optical density (Amplitude hologram) หรือการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีหักเห (Phase hologram) ณ ตำแหน่งต่างๆ บนฟิล์มฮอโลแกรม



รูปที่ 2.1.1 หลักการเกิดภาพฮอโลแกรม: การแทรกสอดของ Object wave (O) กับ Coherent reference wave (R) a.การบันทึกภาพ b.การสร้างภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำฟิล์มที่ล้างแล้วมาส่องดูด้วยแสงเลเซอร์ในทิศทางเดิม แสงจากวัตถุดั่งเดิมจะสะท้อนให้เกิดหลังฟิล์มฮอโลแกรม (จะสังเกตเห็นภาพวัตถุในตำแหน่งเดิม) ภาพที่เห็น ณ ตำแหน่งเดิมของวัตถุ เป็นภาพจริงบนอีกด้านหนึ่งของฟิล์มฮอโลแกรม

สำหรับการพิจารณาเชิงปริมาณของภาพฮอโลแกรม แหล่งกำเนิดจะอยู่ในรูปของ Complex function

$$E(x,y,z) = E_0(x,y,z)e^{i\varphi(x,y,z)} \quad (1)$$

ส่วนจริงของ Complex function คือ Electrical field vector ของคลื่นแสง

$$I = < E \cdot E^* > \quad (2)$$

โดย $* =$ Complex – Conjugated

ค่าที่แน่นอน คำนวณโดยการใช้คณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลที่แน่นอน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญสำหรับการศึกษาฮอโลแกรม โดยเงื่อนไขเริ่มต้นคือ

1. ค่า Time – dependence,$e^{i\omega t}$เท่ากันทุกๆคลื่น (เมื่อ $\omega = 2\pi f$, f =ความถี่ของแสง) ดังนั้น ในการคำนวณหาความเข้มแสงส่วนนี้สามารถตัดออกได้ เพราะค่าเวลาเฉลี่ยเท่ากัน จาก $T = 1/f$

2. พิจารณาHologram เป็นแบบplane hologram ความหนาของแผ่นฟิล์มมีค่าน้อยกว่าความยาวคลื่นแสงมากๆ) ดังนั้นภาพฮอโลแกรมวางตัวในระนาบ $z = 0$

ซึ่งทั้งสองข้อทำให้การพิจารณาคำนวณหาค่า Volume hologram มีความง่ายขึ้น เนื่องจากความหนาของแผ่นฟิล์มมีค่าน้อยกว่าความยาวคลื่นแสงมาก

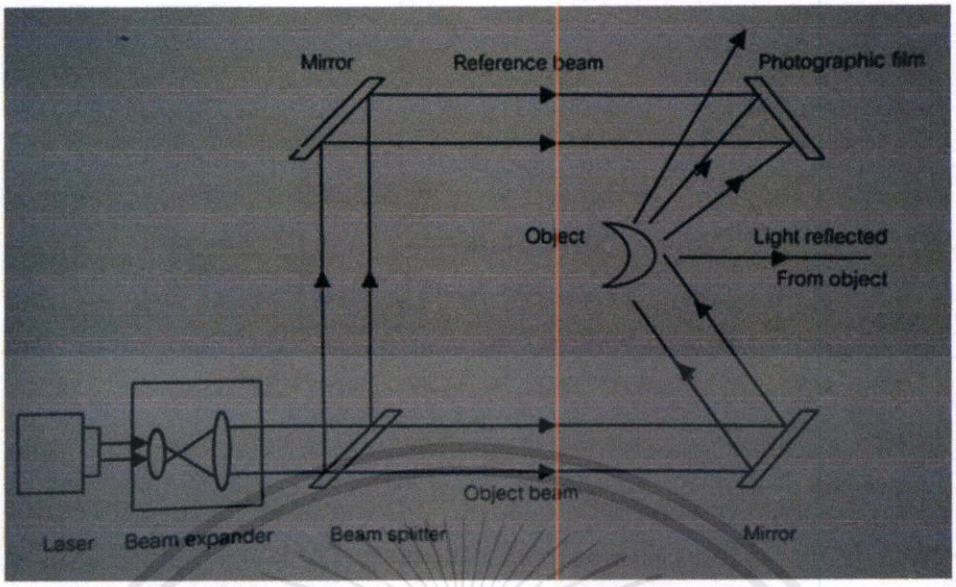
2.2 หลักในการสร้างภาพฮอโลแกรมของวัตถุใดๆ

กระบวนการของฮอโลแกรมแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

1. การบันทึกภาพ (Recording of image)

เป็นการบันทึกแถบการแทรกสอดเชิงซ้อน (Complex interference patterns) ซึ่งเกิดจากที่ลำแสงเลเซอร์ 2 ลำแสงซ้อนทับกันอยู่ แถบการแทรกสอดเชิงซ้อนนี้จะถูกบันทึกไว้บนฟิล์มถ่ายรูป (Photographic film) เทคนิคที่นิยมใช้ในการสร้างฮอโลแกรมคือ off-axis holography ดังแสดงในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.1 แสดงการบันทึกภาพลงแผ่นฮอโลแกรมโดยกระบวนการทางแสง

การบันทึกภาพลงแผ่นฮอโลแกรมเป็นไปตามที่ได้แสดงในรูป แสงเลเซอร์ที่มีโมโนโครมาติซิตี้และโคเฮียร์เรนซ์สูงผ่านเครื่องขยายลำแสง (Beam expander) และถูกแบ่งออกเป็น 2 ลำแสงโดย Beam splitter ซึ่งลำแสงหนึ่งถูกส่งโดยตรงไปยังฟิล์ม เรียกลำแสงนี้ว่า "ลำแสงอ้างอิง (Reference beam) ส่วนลำแสงหนึ่งนั้นสะท้อนกระจกเข้ากระทบวัตถุและสะท้อนเข้าสู่แผ่นฟิล์ม ลำแสงนี้จะเก็บข้อมูลเฉพาะของวัตถุไว้ เรียกลำแสงนี้ว่า "ลำแสงวัตถุ (Object beam) ลำแสงอ้างอิงและลำแสงวัตถุจะซ้อนกันบนแผ่นฟิล์มก่อให้เกิดแถบการแทรกสอดเชิงซ้อน (Complex interference pattern) จากนั้นก็นำฟิล์มไปทำการล้าง (Developed) เราจะได้แผ่นฟิล์มซึ่งเรียกว่า "แผ่นฮอโลแกรม" แผ่นฮอโลแกรมนี้จะมีลักษณะเป็นมัวๆ และถ้ามองด้วยตาเปล่าจะไม่เห็นเป็นรูปอะไรเลยแม้แต่รูปวัตถุเดิมที่ถูกบันทึก

โดยหลักการบันทึกภาพฮอโลแกรมนั้น คลื่นวัตถุ (Object wave) กับคลื่นอ้างอิง (Reference wave) รวมตัวกันบนแผ่น Hologram plane ($z = 0$) และมีผลต่อตำแหน่งของการเกิดรูปแบบการแทรกสอด มีความเข้มแสง (I) เป็น

$$O = O_0(x,y)e^{i\psi(x,y)} \quad (3)$$

$$R = R_0(x,y)e^{i\psi(x,y)} \quad (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสมการ (3) และ (4) รวมกัน

$$E = O + R$$

$$I = \left(\frac{1}{T}\right)\int_0^t E \cdot E^* \, dt$$

$$= \left(\frac{1}{T}\right)\int_0^t (O + R) \cdot (O + R)^* \, dt \qquad (5)$$

เมื่อ T = เวลาในการExpose

เนื่องจากไม่มีส่วนของเวลาเกี่ยวข้อง ดังกล่าวข้างต้นจะได้

$$\begin{aligned} I &= (O + R)(O + R)^* \\ &= O \cdot O^* + R \cdot R^* + O \cdot R^* + R \cdot O^* \\ &= I_O + I_R + O_0 \cdot R_0 \cdot e^{i(\psi - \varphi)} + O_0 \cdot R_0 \cdot e^{-i(\psi - \varphi)} \end{aligned} \qquad (6)$$

ภาพฮอโลแกรมที่ล้างแล้วมีตำแหน่งเชิงต้นขึ้นอยู่กับ Amplitudeของการส่งผ่าน

$$\begin{aligned} \tau(x, y) &= E_a / E_e \\ &= T(x, y) e^{i\varphi(x,y)} \end{aligned} \qquad (7)$$

เมื่อ E_aคือ Amplitudeของแสงที่เปล่งออกมา

E_e คือ Amplitudeของแสงที่ตกกระทบ

τ คือ Complex transmission

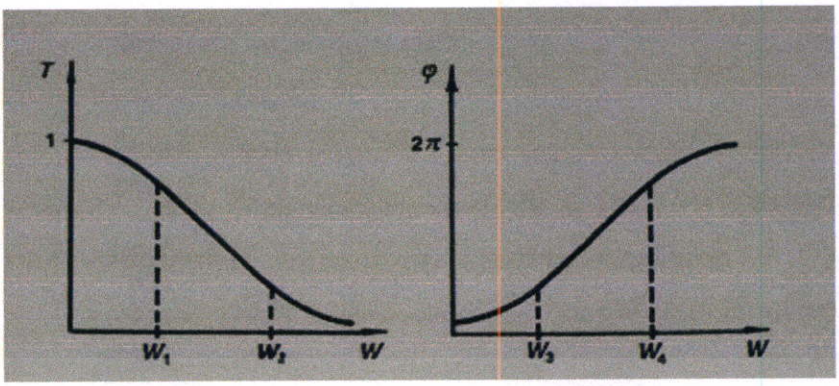
Tคือ ค่าสมบูรณ์ของการส่งผ่าน

φคือ เฟสของการส่งผ่าน

ค่าของการส่งผ่านขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของพลังงาน (W), ความเข้มแสง (I) และเวลาในการฉายแสง t_B(รูปที่ 2)

เวลาในการฉายและอัตราส่วนของความหนาแน่นของพลังงานของ Object beam และ Reference beam ต้องเลือกช่วงค่าการส่งผ่านที่อยู่ในขอบเขตเชิงเส้นของฟังก์ชัน (รูปที่ 2) คือ ระหว่าง W_1และW_2 ในแอมพลิจูดการส่งผ่านหรือระหว่างW_3และW_4 ในเฟสการส่งผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.2 แอมพลิจูดและเฟสของการส่งผ่าน ของฟังก์ชันความหนาแน่นของพลังงาน W สำหรับแอมพลิจูดและเฟสของฮอโลแกรม

จากเหตุผลดังกล่าว เราตั้งสมมติฐานของการส่งผ่านของภาพฮอโลแกรม ดังนี้

1.เลือกความเข้มแสงของ Reference wave (I_R) และเวลาในการฉายแสง (I_B) ให้เกิดการส่งผ่านภายในบริเวณที่เป็นเส้นตรงของกราฟคุณสมบัติเฉพาะ

2. $I_O \ll I_R$เป็นจริง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของความเข้มจะเหลืออยู่ใกล้บริเวณที่เป็นเส้นตรงของกราฟ

ภายใต้เงื่อนไขเริ่มต้นดังกล่าว เราสามารถพิจารณาได้ว่า ค่าของ Amplitude transmission คือ $\tau(\varphi = \text{const.})$

$$\tau(x,y) = a + b \cdot i\beta I(x,y) \qquad ; a,b = \text{const.} \tag{8}$$

ภายใต้เงื่อนไข $\varphi \ll \pi/2$ สามารถกระจายสมการในรูป Exponential ได้เป็นรูปเส้นตรง คือ

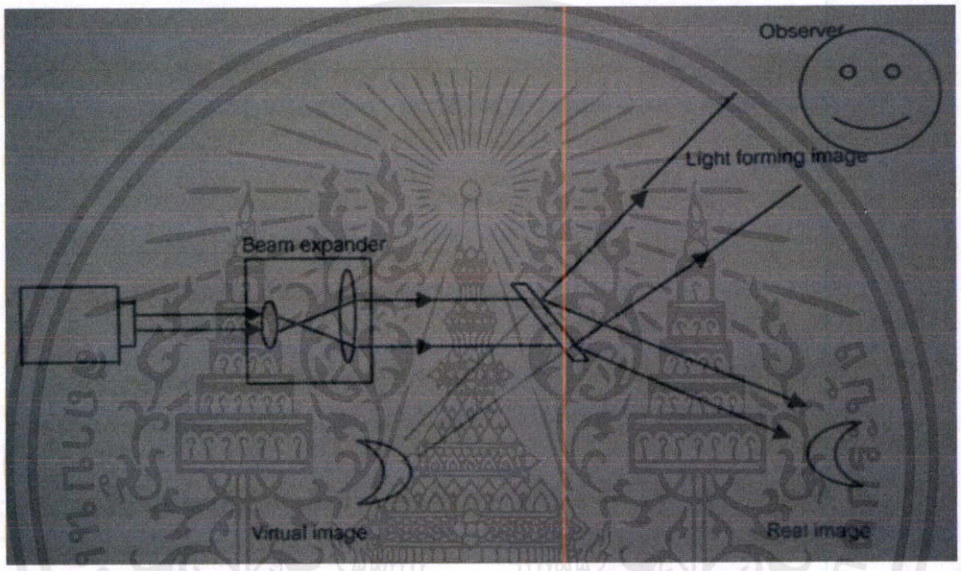
$$\tau = (1 + i\alpha) + i\beta I(x,y) \qquad ; \alpha,\beta = \text{const.} \tag{9}$$

ค่าคงที่ a, bและ α, β เป็นฟังก์ชันของคุณลักษณะของฟิล์มและน้ำยาล้างฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสร้างภาพ (Reconstruction of imag

เป็นการสร้างภาพ 3 มิติขึ้นจากแผ่นฮอโลแกรมที่ได้จากการบันทึกภาพในข้อที่ (1) ซึ่งการสร้างภาพนี้กระทำได้โดยการใช้แสงเลเซอร์ชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในข้อที่ (1) กล่าวคือมีความยาวคลื่นเท่ากัน มาส่องผ่านแผ่นฮอโลแกรม แล้วเกิดภาพเสมือน (Virtual image) หรือ ภาพจริง (Real image) โดยเราจะมองเห็นภาพที่เกิดขึ้นนั้นเป็นลักษณะ 3 มิติ ผิดแปลกไปจากการมองภาพ 2 มิติที่ได้จากการถ่ายภาพตามปกติธรรมดา



รูปที่ 2.2.3 แสดงกาสร้างภาพจากแผ่นฮอโลแกรม

เมื่อมีความต้องการจะมองเห็นภาพที่ถูกบันทึกไว้นั้น เราต้องดำเนินการวิธีการที่เรียกว่าการสร้างภาพจากแผ่นฮอโลแกรมซึ่งแสดงไว้ในรูป เราใช้แสงเลเซอร์ชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในการบันทึกภาพมาส่องผ่านแผ่นฮอโลแกรม ในที่นี้เราอาจจะเคลื่อนย้ายวัตถุเดิมที่ใช้ในการบันทึกภาพออกไป หรือปิดกั้นลำแสงวัตถุด้วยชัตเตอร์ หรืออาจจะนำแผ่นฮอโลแกรมไปวางไว้ในบริเวณอื่นแล้วส่องแสงเลเซอร์ชนิดเดียวกันกับที่ใช้บันทึกภาพ โดยให้แสงเลเซอร์ส่องมาในทิศทางเดียวกับลำแสงอ้างอิง ลำแสงนี้เรียกว่า ลำแสงสร้าง (Reconstructing beam) เราจะได้ภาพ 3 มิติของวัตถุเดิมเกิดขึ้น 2 รูปแบบคือ ภาพเสมือน (Virtual image) และภาพจริง (Real image) ตามที่แสดงดังรูป

สิ่งสำคัญในการสร้างภาพฮอโลแกรมคือ ต้องมีลำแสงอาพันธ์ที่ใช้แยกเป็นลำแสงอ้างอิงและลำแสงวัตถุ แสงทั้งสองนี้จะต้องมีสมบัติสำคัญคือ ขณะที่ไปถึงฟิล์มความแตกต่างของระยะทางที่ลำแสงทั้งสองเดินทางจากตัวแยกแสงถึงฟิล์ม หรือ OPD จะต้องไม่มากกว่าความยาวอาพันธ์ (Coherence length) ของแสงนั้น และมุมที่แนวของลำแสงทั้งสองกระทำต่อกันก็ต้องไม่

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ... ใช้

มากเกินไป เพื่อทำให้ลำแสงทั้งสองที่ไปถึงฟิล์มมีความต่างเฟสกันอย่างคงที่หรือยังคงเป็นแสงอาพันธ์อยู่ นอกจากนี้ยังคงที่ส่วนสำคัญมากอีกข้อหนึ่งในการสร้างฮอโลแกรมคืออุปกรณ์ทั้งหมดต้องวางอยู่บนโต๊ะที่ปราศจากการสั่นสะเทือนใดๆ ในขณะที่ทำการบันทึกภาพการแทรกสอด และการบันทึกนี้จำเป็นต้องกระทำในห้องมืดด้วย

โดยหลักการสร้างภาพฮอโลแกรม การฉายแสงเข้าไปในทิศทางเดิมของ Refence beam ที่ใช้ในการบันทึกภาพด้วย degree of transmission$T(x,y)$:

$$\begin{aligned} E_a(x,y) &= \tau(x,y)\cdot E_e \\ &= T(x,y)\cdot R \\ &= a\cdot R - b\cdot I\cdot R \\ &= a\cdot R - b\cdot R(RR^* + OO^* + R^*O + RO^*) \\ &= (a - bI_R)\cdot R - bI_oR - bI_RO - bR^2O^* \end{aligned} \tag{10}$$

ความหมายของแต่ละเทอม คือ

[1.] เทอมที่ 1 และเทอมที่2แทนลำดับของการแทรกสอดลำดับที่ศูนย์ของ Reference wave โดย $(a - bI_R)$คือconstant factor และ bI_oคือ modulation (ทำให้เกิดจุดบนรูปแบบของการแทรกสอด) ซึ่งเป็นผลให้ลำดับของการแทรกสอดมีขนาดมากขึ้นด้วย

[2.] เทอมที่ 3บอกถึง Original object beam เป็นผลให้ผู้สังเกตเห็นภาพวัตถุในตำแหน่งเดิม เทอมนี้เกิดขึ้นระหว่างที่มีการฉายแสง (expose)

[3.] เทอมที่4 ใช้ในการสร้างภาพจริง ซึ่งก็คือ Conjugated imageเมื่อ O^* มีเฟสเป็นลบ $(-\psi)$เมื่อเทียบกับ Object wave (O) ซึ่งภาพนี้เป็นภาพเสมือน คือ ปกติเราสามารถมองเห็นวัตถุจากทางเดินแสงจากด้านหลังมาด้านหน้า แต่ภาพเสมือนจะปรากฏในทิศทางตรงกันข้ามกับวัตถุ

2.3ฟิล์ม

2.3.1 ลักษณะของฟิล์ม

ฟิล์มเป็นวัสดุโปร่งใสที่ฉาบ หรือเคลือบด้วยสารเคมีจำพวกไวต่อแสง คือพวกเกลือเงิน เฮไลด์ (Silver Halide) เงินคลอไรด์ (Silver Cloride) เงินโบรไมด์ (Silver Bromide) และเงินไอโอไดด์ (Silver Iodide) ดังนั้นสารไวแสงที่ฉาบบนแผ่นฟิล์มในปัจจุบันจึงใช้เกลือเงินไอโอไดด์ เพราะมีความไวต่อแสงสูง เก็บรายละเอียดของวัตถุที่บันทึกได้ดี และมีความคงทนมาก

2.3.2 ชนิดของฟิล์ม

แบ่งตามความไวสีโดยใช้ความไวสีของแสงเป็นเกณฑ์ มี 5 ชนิด ได้แก่

ชนิดบอดสี (Non-Color Sensitive, Color Blind) ฟิล์มชนิดนี้จะบอดต่อทุกสี แต่มีคุณสมบัติไวต่อแสงอุลตราไวโอเลต สีม่วงครามและสีน้ำเงินเท่านั้น ส่วนมากมักนิยมนำฟิล์มชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อ...

นี้ไปถ่ายภาพงานพิมพ์ ถ้าใช้ถ่ายรูปภาพทั่ว ๆ ไป เช่น ภาพวิวขาวดำ ท้องฟ้าจะปรากฏสีขาว ส่วนหญ้าจะเป็นสีดำ

ชนิดออโตโครเมติค (Orthochromatic) เป็นฟิล์มที่ไวต่อแสงอุลตราไวโอเลตสีคราม สีน้ำเงิน สีเขียว แต่ไม่ไวต่อแสงสีแดง ดังนั้นจึงนิยมเรียก ฟิล์มชนิดนี้ว่าฟิล์มแดง ซึ่งใช้กับแว่นกรองแสงสีแดง หรือ ถ่ายภาพวัสดุสีแดงไม่ได้เลย เพราะภาพที่ได้จะมืดเนื่องจากฟิล์มชนิดนี้ไม่ทำปฏิกิริยากับแสงสีแดงฟิล์มชนิดนี้ มีชื่อลงท้ายว่า Chrome เช่น ซีโลโครม ของ Ilfordและ Verichromeของ Kodak เป็นต้น

ชนิดแพนโครเมติค (Panchromatic) เป็นฟิล์มที่มีความไวต่อแสงทุกสี ยกเว้นสีเขียวเท่านั้น ดังนั้นจึงเรียกว่า ฟิล์มเขียว ฟิล์มชนิดนี้มีชื่อขึ้นต้นว่า Pan เช่น Pan F ของ Ilford, Isopanของ Agfa และ Plus-X Pan ของ Kodak เป็นต้น

ชนิดอินฟาเรด (Infared) เป็นฟิล์มที่สามารถบันทึกรังสี Infaredที่ตาเราไม่สามารถมองเห็นได้ นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติที่สามารถตัดหมอกควัน ในท้องฟ้าให้ดูกระจ่างชัดขึ้น ฟิล์มชนิดนี้ไม่นิยมนำมาใช้ถ่ายภาพทั่วไป แต่นำไปใช้ถ่ายภาพทางอากาศทางการแพทย์ และทางการทหาร เพื่อพิสูจน์ข้อมูลพื้นที่ต่าง ๆ

ชนิดเอกซเรย์ (x -ray) เป็นฟิล์มที่ออกแบบขึ้นมา เพื่อใช้กับเครื่องเอกซเรย์โดยเฉพาะสามารถถ่ายภาพอวัยวะภายในร่างกายของมนุษย์ได้ เนื่องจากมีความไวแสงสูงมาก

2.3.3 ฟิล์มสำหรับถ่ายภาพฮอโลแกรม

เนื่องจากฮอโลแกรมเป็นการบันทึกภาพในระบบสามมิติ ดังนั้นฟิล์มสำหรับการถ่ายภาพจึงเป็นฟิล์มสำหรับถ่ายภาพฮอโลแกรม ซึ่งเราสามารถนำฟิล์ม x – ray มาใช้ในการถ่ายภาพฮอโลแกรมได้ ฟิล์มที่ใช้คือฟิล์ม x-ray แบบรับรังสีโดยตรง (direct exposure film) คือฟิล์มเอกซเรย์ชนิดที่เมื่อได้รับรังสีเอกซ์แล้วสามารถทำให้เกิดภาพบนฟิล์มได้โดยตรง ไม่ต้องใช้อินเทนซิฟายอิงสกรีน (intensifying screens) ช่วยในการบันทึกภาพ ซึ่งฟิล์มรับรังสีโดยตรง (direct exposure film) นั้นอาจถูกบรรจุอยู่ในซองกระดาษแข็ง (cardboard holder) มากกว่าซองบรรจุเป็นแผ่นๆ (individual packets) อย่างที่เห็นในภาพด้านล่างแสดงภาพซองกระดาษแข็งดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3.1 แสดงซองกระดาษแข็ง (cardboard holder)

http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/MTRD310/web/film/4_4type.htm

ฟิล์มที่ใช้กับการถ่ายภาพเอกซเรย์ทางการแพทย์จะมีอิมัลชัน 2 ด้าน นั่นคือมีชั้นอิมัลชันที่ไวแสงเคลือบอยู่ทั้งสองด้านของแผ่นฐานของฟิล์ม (film base) และแบบฟิล์มชนิดอิมัลชันด้านเดียว (single emulsion x-ray film)

รูปที่ 2.3.2 แสดงภาคตัดขวางของฟิล์มเอกซเรย์แบบ Single Emulsion

http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/MTRD310/web/film/4_4type.htm

ฟิล์มชนิดอิมัลชันด้านเดียวมีชั้นอิมัลชันเคลือบเพียงด้านเดียวบนแผ่นฐาน (จะมีภาพเหมือนDouble)

- ชั้นเคลือบ (supercoat) ทำหน้าที่เป็นส่วนป้องกันภายนอกให้แก่ชั้นอิมัลชันที่ไวต่อแสงขณะที่ฟิล์มถูกจับหรือสัมผัสชั้นเคลือบ (supercoat) ทำมาจากเจลาติน (gelatin) ชั้นเคลือบบางชนิดผสมด้วยสารหล่อลื่น (lubricant) เพื่อช่วยลดความเสียหายในขณะฟิล์มเคลื่อนที่ผ่านระบบต่างๆ ในเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชั้นอิมัลชัน (emulsion) ของฟิล์มเอกซเรย์ประกอบขึ้นด้วยผลึกเงินแฮไลด์ (silver halide) ที่ไวต่อแสง โดยทั่วไปจะเป็นเงินโบรไมด์ (AgBr) ที่แขวนลอยอยู่ในเจลาติน

โดยเจลาตินที่ใช้ในฟิล์มนั้นเหมือนกับที่เรารับประทาน เพียงแต่ที่รับประทานบริสุทธิ์มากกว่าความไม่บริสุทธิ์จากสิ่งเจือปน (impurities) ในเจลาตินสามารถทำให้การตอบสนองของฟิล์มต่อรังสีผันแปรได้ ซึ่งยอมรับไม่ได้ในการใช้งานเพราะเราต้องสามารถล่วงรู้การตอบสนองของฟิล์มในลักษณะที่ทำนายได้ ซึ่งเจลาตินทำมาจากหนังและกีบเท้าของวัว (cow hides and hooves) ที่ถูกป่นเป็นผงอย่างละเอียด สีย้อมสีม่วงแดง (magenta dye) ถูกเติมลงไปในชั้นอิมัลชันในกระบวนการผลิตฟิล์ม เพื่อช่วยลดการเกิดภาพครอสโอเวอร์ (image crossover)

- ชั้นยึดติด (adhesive layer) ทำจากเจลาติน

- ชั้นฐานของฟิล์ม (film base) ถูกเคลือบด้วยชั้นยึดติด (adhesive layer) ทั้ง2 ด้าน เพื่อช่วยลดผลเสียหายจากการโค้งงอของฟิล์มโดยไม่ได้ตั้งใจ ชั้นฐานของฟิล์มเอกซเรย์สมัยใหม่ทำขึ้นจากโพลีเอสเตอร์ (polyester)

- ชั้นต้านรอยพร่ามัว (antihalation backing) วัตถุประสงค์ของชั้นต้านรอยพร่ามัว (antihalation backing) คือ ป้องกันมิให้แสงสะท้อนกลับมายังด้านหน้าของฟิล์ม ซึ่งเป็นส่วนเกินและเป็นสาเหตุให้ได้ภาพที่มีคุณภาพลดลง

รูปที่ 2.3.3 แสดงฟิล์มชนิดอิมัลชันด้านเดียว

http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/MTRD310/web/film/4_4type.htm

ฟิล์มชนิดอิมัลชันด้านเดียว (Single emulsion x-ray film) ใช้บ่อยในการถ่ายภาพเอกซเรย์กระดูกระยางค์ (extremities) ด้วยต้องการให้ได้รายละเอียดของภาพที่บันทึกสูงสุด โดยขจัดการข้าม (crossing over) ของภาพจากชั้นอิมัลชันอีกด้านหนึ่ง ซึ่งฟิล์มชนิดอิมัลชันด้านเดียว (single emulsion x-ray film) ใช้บ่อยในการถ่ายภาพเอกซเรย์เต้านม (mammography)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 การล้างฟิล์มเอกซเรย์

หลักในการล้างฟิล์มเอกซเรย์โดยทั่วไปแล้ว มีกระบวนการดังนี้

1.ยึดติดแฮงเกอร์โดยเลือกขนาดแฮงเกอร์ให้เหมาะสมกับฟิล์มเอกซเรย์ที่จะล้าง ดับไฟในห้องมืด แล้วหนีบมุมของฟิล์มเข้ากับแฮงเกอร์ ด้วยความระมัด ระวัง หนีบขอบล่างของฟิล์มก่อน หลีกเลี่ยงการเกิด รอยนิ้วมือ ขีดข่วน หรือทำให้ฟิล์มโค้งงอ

2.จุ่มฟิล์มลงในถังน้ำยา developer อย่าหยุดชะงัก เพราะจะทำให้ฟิล์มเป็นรอยดราบ ให้ขอบฟิล์มด้านบน อยู่ต่ำกว่าระดับผิวของน้ำยา ในตอนแรกให้เขย่า ขึ้น-ลง เบาๆ เพื่อไล่อากาศ หลังจากนั้นจุ่มฟิล์มแช่ไว้ประมาณ 1.5 นาที หรือ 1 นาทีครึ่ง ได้เวลาแล้วหยิบฟิล์มขึ้นมาดูกับเซฟไลท์ ว่าเกิดภาพ หรือยัง ถ้ายังไม่เกิดภาพ จุ่มแช่ต่อโดยวิธี agitadeเขย่า ขึ้น-ลงเบา เพื่อเร่งปฏิกริยา

3.เสร็จแล้วนำฟิล์มที่เกิดภาพแล้วมาล้างดีวีลอปเปอร์ จุ่มฟิล์มในถังน้ำสะอาดไหลวน ขยับแฮงเกอร์ไป - มาเป็นเวลา 30 วินาที แล้วยกฟิล์มขึ้นให้น้ำที่ติดฟิล์มไหล ออก

4.จุมฟิล์มลงในถังน้ำยา ฟิกเซอร์ เป็นเวลา 2 -4นาที ทุกๆ 30 วินาทีให้เขย่าแฮงเกอร์ เป็นเวลา 5 วินาที ยกฟิล์มขึ้นเอียง แฮงเกอร์ เพื่อขจัดน้ำยาที่ติดค้างบนฟิล์ม

5. การล้างฟิกเซอร์ ล้างฟิล์มในถังน้ำสะอาดไหลวน(ปริมาณ 8 เท่า ของถังต่อชั่วโมง)เป็นเวลา 5 นาที

6.การล้างขั้นสุดท้าย หากมีน้ำยาโฟโต้โฟล์ สำหรับล้าง ขั้นสุดท้าย ให้จุ่มแฮงเกอร์ลงไปในถังน้ำยาเป็นเวลา 30 วินาทีแล้วยกแฮงเกอร์ขึ้นเอียงเพื่อ ให้น้ำที่ติดไหลออก ถ้าไม่มีน้ำยาตัวนี้ก็ไม่ต้องล้าล ล้างน้ำสะอาดอย่างเดียว ก็ได้

7.การอบฟิล์ม วางแฮงเกอร์ในตู้อบฟิล์ม หรือที่มีอากาศถ่ายเท และปราศจากฝุ่นละอองเสร็จ ขบวนการ Manualprocessin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน

1. เพื่อศึกษาหลักการสร้างภาพฮอโลแกรมจากแผ่นโลหะที่มีการสั่นโดยลำโพงขนาดเล็ก
2. เพื่อศึกษารูปแบบที่เปลี่ยนแปลงจากการสั่นของแผ่นโลหะที่การสร้างภาพฮอโลแกรมสามารถที่จะถ่ายได้
3. เพื่อตรวจสอบสภาพความสมดุลของความหนาแน่นของแผ่นโลหะหรือวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างภาพฮอโลแกรม

3.2 สถานที่ปฏิบัติงาน

สถานที่ปฏิบัติงานจะต้องไม่มีแสงภายนอกมารับกวน เนื่องจากฟิล์มฮอโลแกรมนั้นมีสมบัติที่ไวต่อแสงสูงมาก เมื่อถูกแสงขาวจากภายนอกจะทำส่งผลให้ฟิล์มเสียทันที ดังนั้นภายในห้องปฏิบัติงานจะสามารถใช้ได้เพียงแสงจากหลอดเซฟไลท์ที่เป็นแสงสีเขียวไว้เพื่อให้ความสว่างภายในระยะเวลาที่ปฏิบัติงานเพียงเท่านั้น ซึ่งแสงสีเขียวจะไม่ทำปฏิกิริยากับฟิล์มฮอโลแกรม

รูปที่ 3.1 รูปสถานที่ปฏิบัติงาน

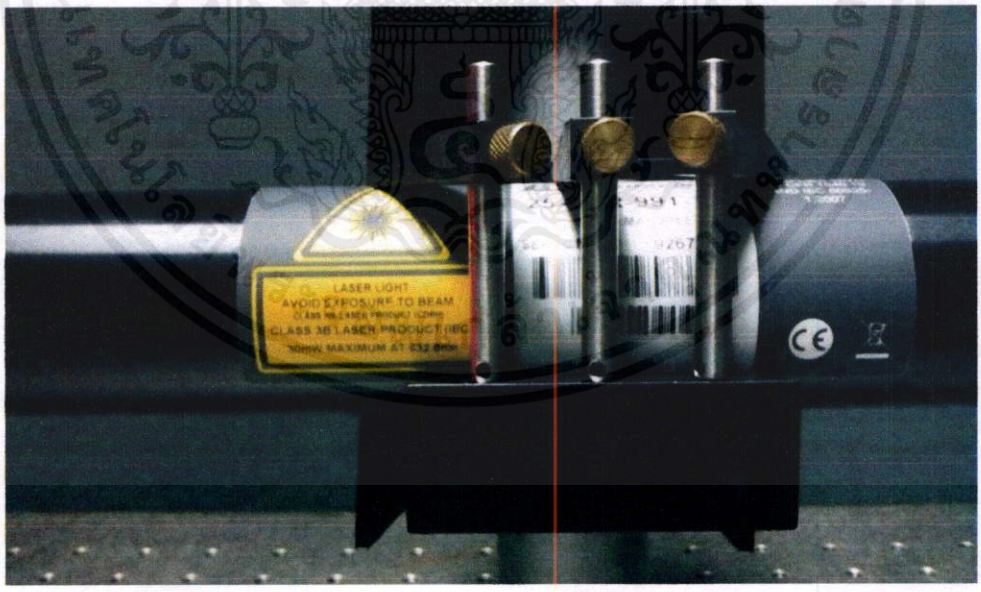
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน

3.3.1 ฐานวางอุปกรณ์ทางแสง 1 อัน

รูปที่ 3.2 ฐานวางอุปกรณ์ทางแสง

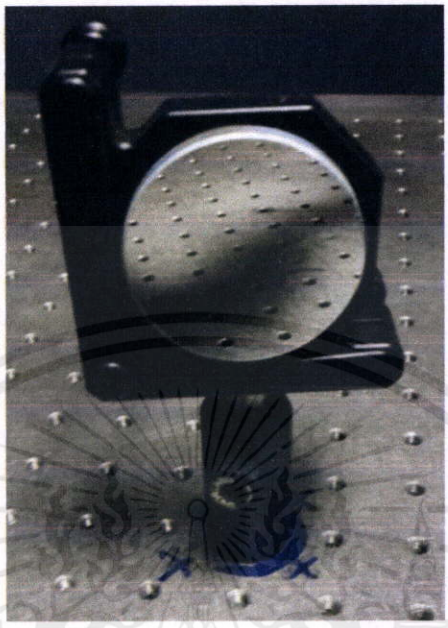
3.3.2 เลเซอร์ He-Ne ขนาด 10 มิลลิวัตต์ 1ตัว



รูปที่ 3.3 เลเซอร์ He-Ne

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 กระจก 3อัน



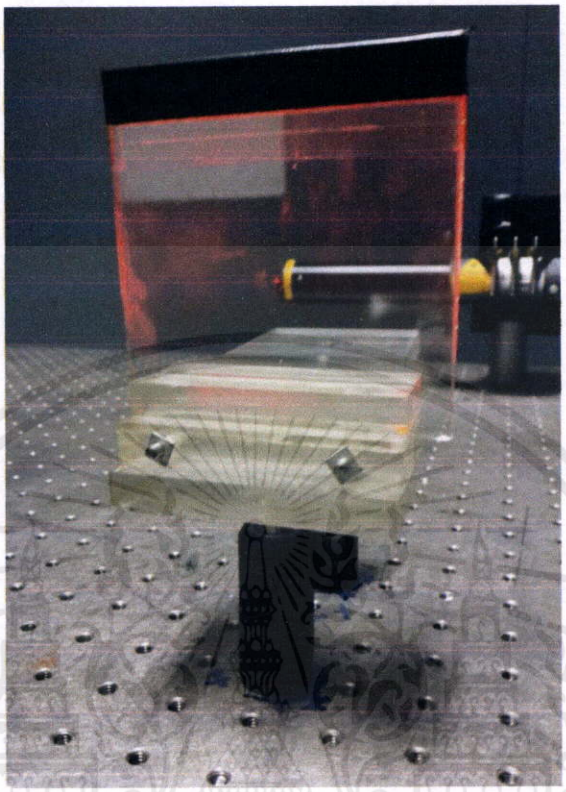
รูปที่ 3.4 กระจก

3.3.4 แท่นวางวัตถุ 1แท่น

รูปที่ 3.5 แท่นวางวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 แท่นวางฟิล์ม 1 แท่น



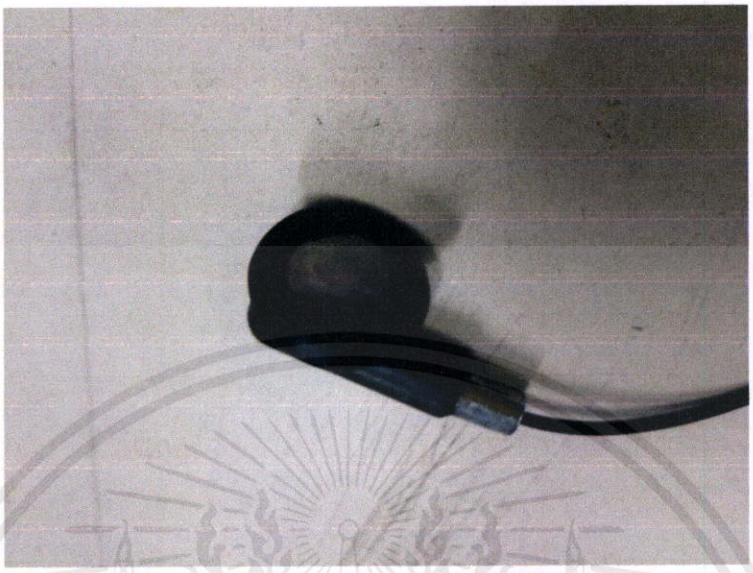
รูปที่ 3.6 แท่นวางฟิล์ม

3.3.6 แผ่นโลหะ 1 แผ่น

รูปที่ 3.7 แผ่นโลหะ

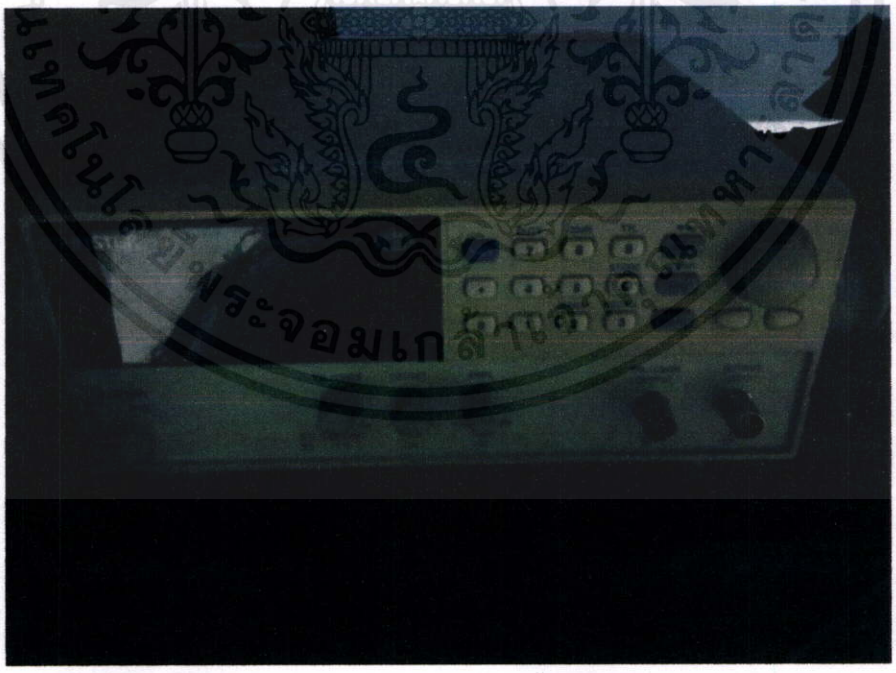
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 ลำโพง 1 ตัว



รูปที่ 3.8 ลำโพง

3.3.8 เครื่องกำเนิดความถี่ 1 MHz 1 เครื่อง



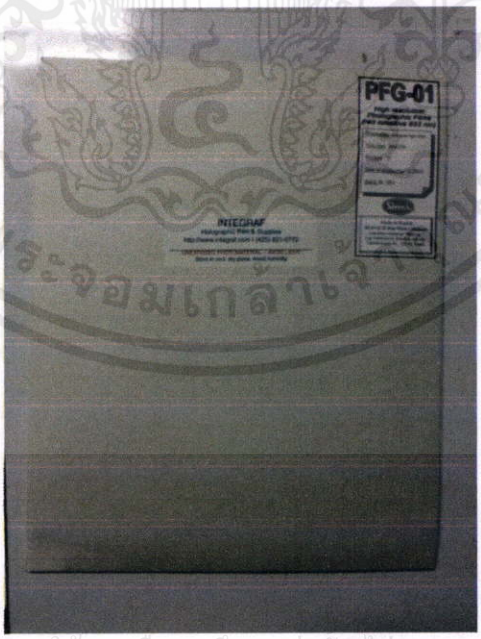
รูปที่ 3.9 เครื่องกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.9 น้ำตาลทรายบดละเอียด

รูปที่ 3.10 น้ำตาลทราย

3.3.10 แผ่นฟิล์มสำหรับถ่ายภาพโฮโลแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 แผ่นฟิล์มสำหรับถ่ายภาพโฮโลแกรม

3.3.11 น้ำกลั่นและบิกเกอร์

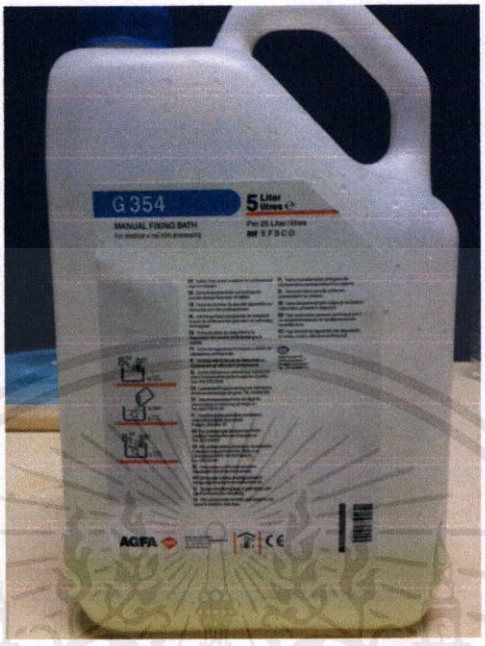
รูปที่ 3.12 น้ำกลั่นและบิกเกอร์

3.3.12 Developer/Replenished for medical film processing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

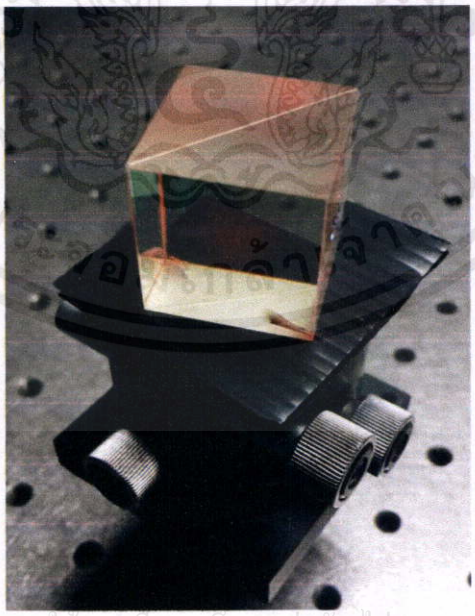
รูปที่ 3.13 Developer

3.3.13 Manual fixing bath for medical film processing



รูปที่ 3.14 Fixing bath

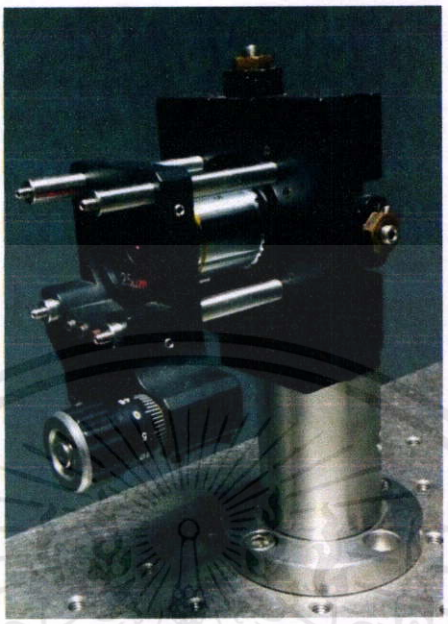
3.3.14 Beam splitter 1 ตัว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 Beam splitter

3.3.15 Beam expansion1 ตัว



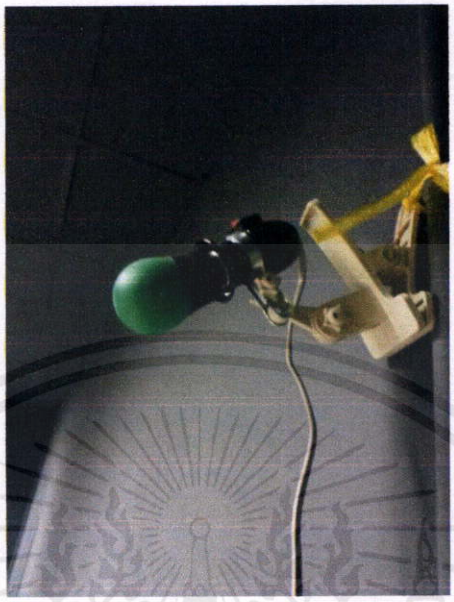
รูปที่ 3.16 Beam expansion

3.3.16 นาฬิกาจับเวลา 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.17 นาฬิกาจับเวลา

3.3.17 หลอดไฟสีเขียว



รูปที่ 3.18 หลอดไฟ

3.3.18 สีสเปรย์

รูปที่ 3.19 สีสเปรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

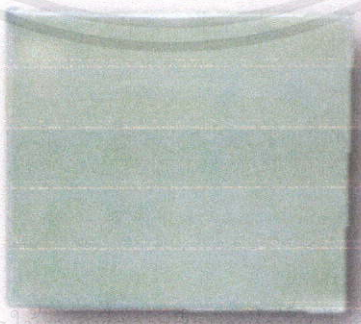
3.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.4.1 ตรวจสอบวัดความถี่ที่ทำให้เกิดการสั่นของแผ่นโลหะ

นำแผ่นโลหะขนาด 5.5 x 5.5 cm.มาวางบนแขนวิทยาศาสตร์ในแนวขนานกับพื้น ต่อมานำลำโพงมาประกบด้านหลังแผ่นโลหะโดยมีระยะห่างจากแผ่นโลหะประมาณ 1-2 มิลลิเมตร และนำน้ำตาลทรายมาโรยบนแผ่น จากนั้นเปิดเครื่องกำเนิดความถี่เพื่อหาความถี่กำทอน โดยเริ่มจาก 0 Hz โดยปรับเพิ่มขึ้นทีละ 5 Hz แล้วสังเกตรูปแบบของการสั่น จนกระทั่งได้รูปแบบการสั่นในช่วงต่างๆ เช่น186 Hz, 670 Hz, 1,510 HZ ซึ่งพบว่าความถี่ที่ได้นั้นมีค่าความถี่ตรงกับความถี่อ้างอิงจากPhywe ต่อมาทำการทดลองซ้ำอีกสองครั้งเพื่อหาความแน่นอนของความถี่ที่ได้

รูปที่ 3.20 ตรวจสอบความถี่จากน้ำตาลทราย

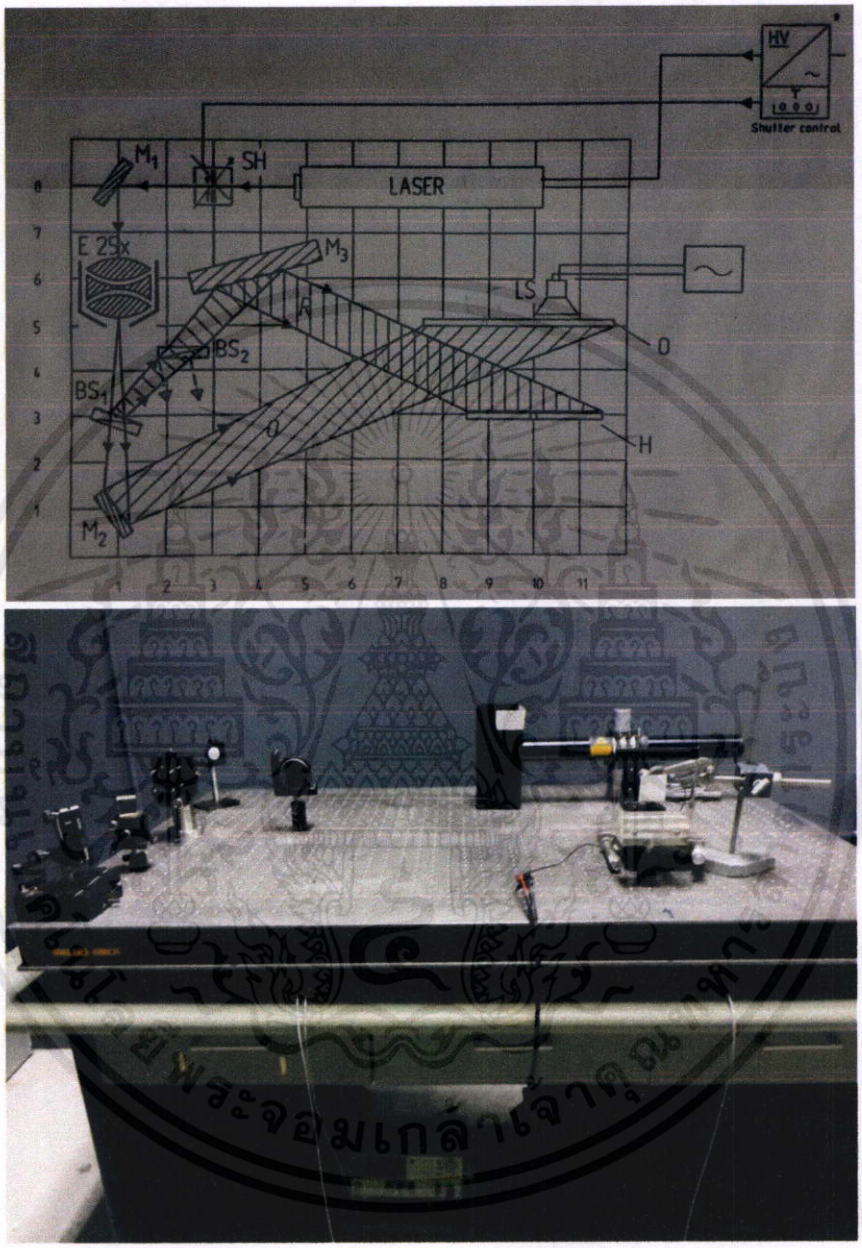
3.4.2 พ่นแผ่นโลหะให้เป็นสีขาวเพื่อนำไปใช้ในการถ่ายภาพฮอโลแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21 แผ่นโลหะ

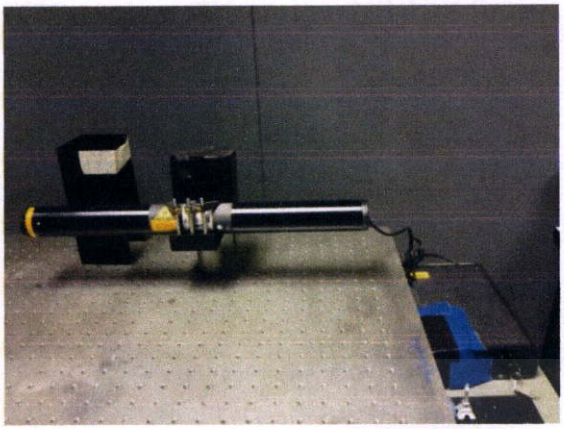
3.4.3 จัดอุปกรณ์ของระบบแสงดังรูป โดยต้องระวังไม่ให้ฐานวางวัตถุสั่นเพื่อความเสถียรของระบบ



รูปที่ 3.22 จัดอุปกรณ์ของระบบแสง

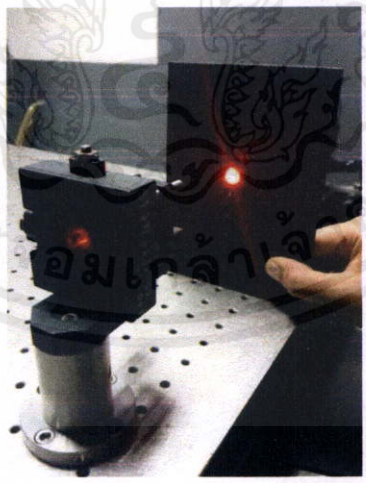
3.4.4 เปิดเลเซอร์ทิ้งไว้สักครู่ เพื่อหลีกเลี่ยงความไม่เสถียรของคลื่นแสงที่ออกมาจากตัวเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 เลเซอร์ทิ้งไว้สักครู่

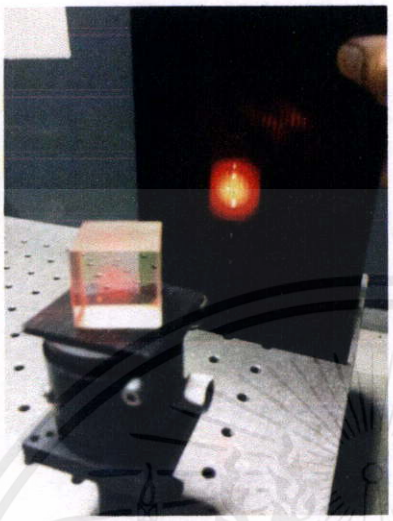
3.4.5 จากนั้นใส่ระบบขยายลำแสง E25x (Beam explansion) โดยไม่ต้องใส่เลนส์และแผ่นรูเข็ม แต่ใส่แผ่นพลาสติกเจาะรูตรงกลางเข้าไปแทน แล้วจัดให้อยู่ในแนวเดียวกับลำแสง โดยแสงต้องสามารถส่องผ่านรูทั้งสองออกมาได้ จากนั้นเปลี่ยนเอาแผ่นพลาสติกที่เจาะรูออก แล้วนำเลนส์วัตถุและแผ่นรูเข็มเข้าไปแทนที่ จากนั้นหมุนสกรูด้านหลังระบบเพื่อปรับเพื่อเป็นการขยายลำแสง โดยต้องให้ลำแสงมาอยู่ที่จุดโฟกัสของเลนส์ ซึ่งเมื่อลำแสงเลเซอร์เข้ามาตกกระทบแสงจะเกิดการเลี้ยวเบนผ่านรูเข็มมากที่สุดแล้วค่อยๆ หมุนผ่านรูเข็มเข้าใกล้เลนส์มากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ลำแสงที่มีขนาดใหญ่ตามที่ต้องการ



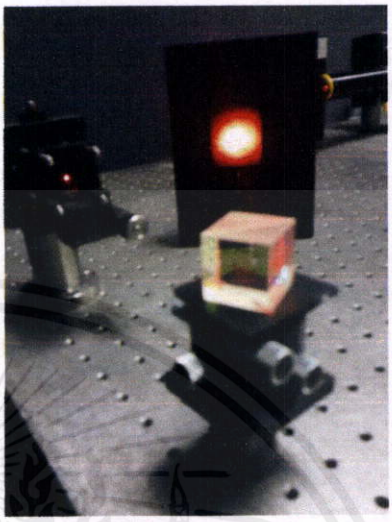
รูปที่ 3.34 ระบบขยายลำแสง E25x (Beam explansion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 จัดลำแสงให้เกิดได้แสงออกมาเป็น 2 ลำ ประกอบด้วยลำแสงอ้างอิงและลำแสงวัตถุ ซึ่งเส้นทางเดินของแสงทั้งจะต่างกัน โดยตัวที่เราใช้ในการแยกลำแสงคือ Beam splitter



รูปที่ 3.35 รูปแสดงลำแสงวัตถุ



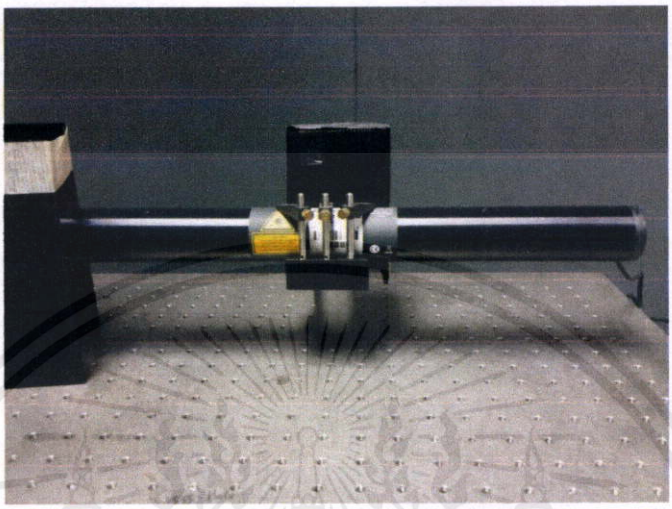
รูปที่ 3.36 รูปแสดงลำแสงอ้างอิง

3.4.7 เตรียมวัตถุสำหรับถ่ายภาพฮอโลแกรมเวลาเฉลี่ยของเสียงที่ได้รับจากลำโพงโดยการวางแผ่นโลหะที่ได้ทำการพ่นสีขาวก่อนหน้านี้ไว้ในแนวตั้งฉากกับพื้นโลก นำลำโพงมาประกบด้านหลังแผ่นโลหะโดยมีระยะห่างจากแผ่นโลหะประมาณ 1-2 มิลลิเมตร แล้วนำไปวางไว้ตรงตำแหน่งสำหรับวางวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

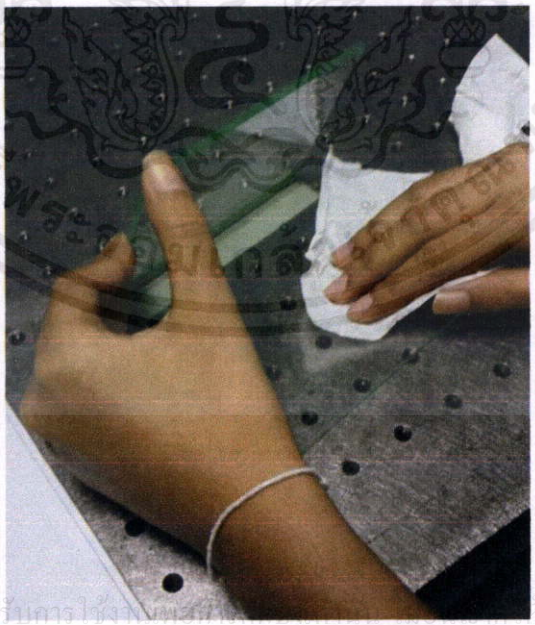
รูปที่ 3.37 การเตรียมวัตถุ

3.4.8 ก่อนการเตรียมฟิล์มสำหรับการถ่ายภาพนั้นเราควรหาวัตถุสีดำสนิทมาปิดแสงเลเซอร์ไว้ก่อน และควรปิดไฟภายในห้องทดลองทั้งหมด แต่สามารถเปิดไฟสีเขียวได้เนื่องจากแสงสีเขียวจะไม่ทำปฏิกิริยากับแผ่นฟิล์ม



รูปที่ 3.38 การเตรียมแสงก่อนการเปิดใช้

3.4.9 ทำความสะอาดกระจกใสสำหรับวางแผ่นฟิล์มด้วยกระดาษสำหรับเช็ดเลนส์ก่อนนำแผ่นฟิล์มมาวาง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.39 ทำความสะอาดกระจก

3.4.10 จากนั้นนำแผ่นฟิล์มที่ถูกประกบด้วยแผ่นกระจกใสมาวาง ณ ตำแหน่งที่กำหนดไว้สำหรับวางแผ่นฟิล์มแล้วเริ่มทำการถ่ายภาพฮอโลแกรม โดยเริ่มจากการหา Reference ก่อน จากการที่ยังไม่กำหนดความถี่จากเครื่องกำเนิดความถี่ในการถ่าย เมื่อได้ Reference แล้ว จากนั้นก็จะเริ่มถ่ายภาพฮอโลแกรมเวลาเฉลี่ยของเสียงที่ได้รับจากลำโพงตามความถี่ตั้งแต่186 Hz ถึง196Hz ทำการปรับความถี่ทีละนิดจนกว่าจะได้ลักษณะภาพที่ต้องการ

3.4.11 นำฟิล์มที่ถ่ายมาล้าง จากนั้นนำไปตากให้แห้งและนำผลฟิล์มทั้งหมดมาวิเคราะห์

3.5 การเตรียมน้ำยาล้างฟิล์มและขั้นตอนการล้างฟิล์ม

3.5.1 การเตรียมน้ำยาล้างฟิล์ม

รูปที่ 3.40 การเตรียมน้ำยา

อ่างที่ 1 ผสมระหว่างน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร กับน้ำยา Developer 100 มิลลิลิตร ที่อัตราส่วน 5:1

อ่างที่ 2 น้ำลั่น 500 มิลลิลิตร

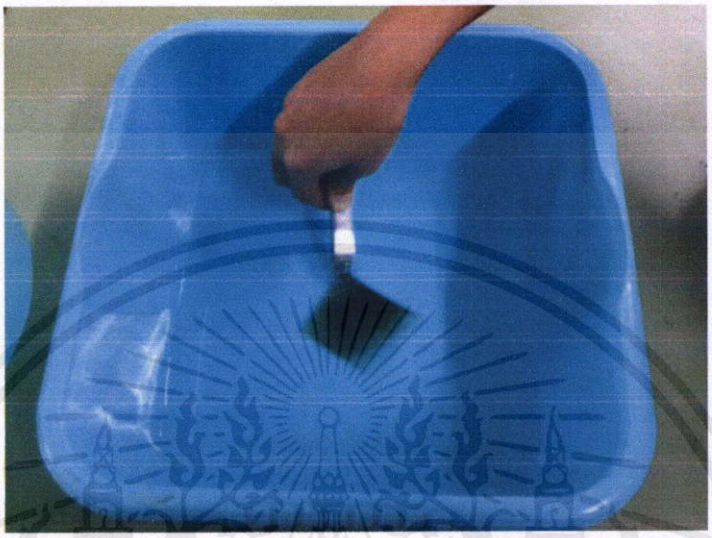
อ่างที่ 3 ผสมระหว่างน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร กับน้ำยา Fixing 100 มิลลิลิตร ที่อัตราส่วน 5:1

อ่างที่ 4 น้ำลั่น 500 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 ขั้นตอนการล้างฟิล์ม

1. นำฟิล์มที่ได้จากการถ่ายภาพมาแกว่งในอ่างที่ 1จนน้ำยาทำปฏิกิริยากับฟิล์ม (เริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำปานกลาง) พร้อมกับจับเวลาในการแกว่ง (10 วินาที)



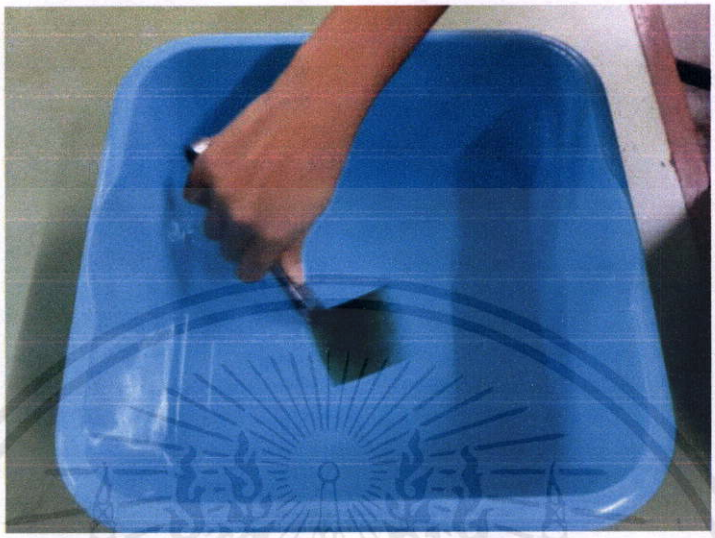
รูปที่ 3.41 การล้างฟิล์มโดย Developer

2. นำฟิล์มมาแกว่งในอ่างที่ 2 เป็นเวลาเท่ากับอ่างที่ 1 เพื่อล้างน้ำยา Developer ออกจากบนผิวหน้าของแผ่นฟิล์ม

รูปที่ 3.42 การล้างฟิล์มโดยน้ำกลั่น

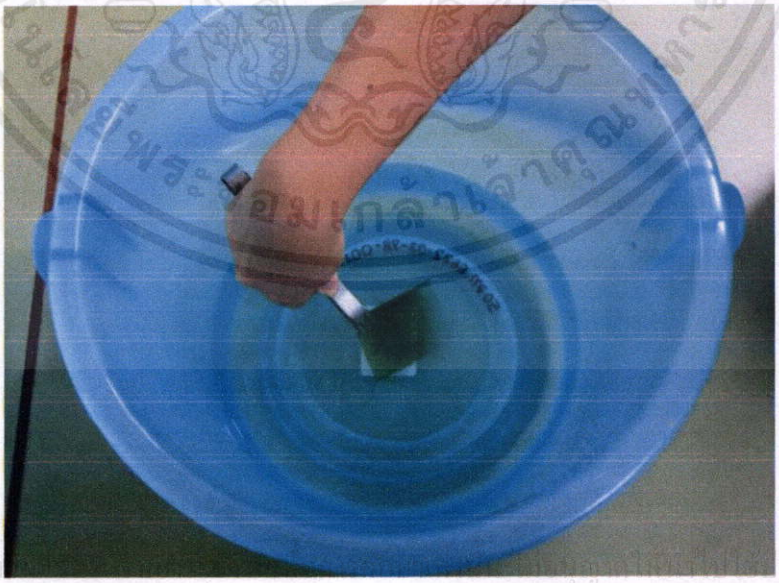
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำฟิล์มที่ได้จากการถ่ายภาพมาแกว่งในอ่างที่ 3 ซึ่งอ่างนี้น้ำยา Fixing จะทำปฏิกิริยากับฟิล์มเพื่อหยุดความไวต่อแสงพร้อมกับจับเวลาในการแกว่ง (10 วินาที)



รูปที่ 3.43 การล้างฟิล์มโดยน้ำยา Fixing

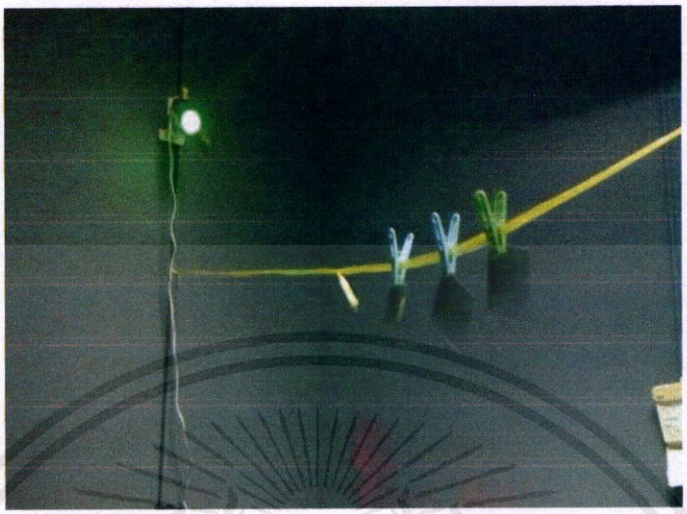
4. นำฟิล์มที่ได้จากการถ่ายภาพมาแกว่งในอ่างที่ 4 ซึ่งอ่างนี้จะทำให้น้ำยา Fixing ที่ทำปฏิกิริยากับฟิล์มนั้นหยุดการทำงานและทำให้เรามองเห็นฟิล์มชัดเจนพร้อมกับจับเวลาในการแกว่ง (10 วินาที)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.44 การล้างฟิล์มโดยน้ำกลั่นครั้งที่สอง

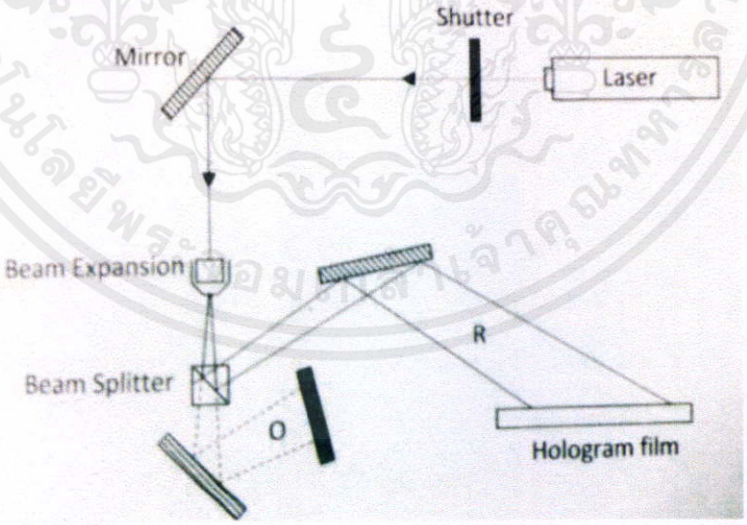
5. นำฟิล์มไปตากให้แห้ง



รูปที่ 3.45 การตากฟิล์ม

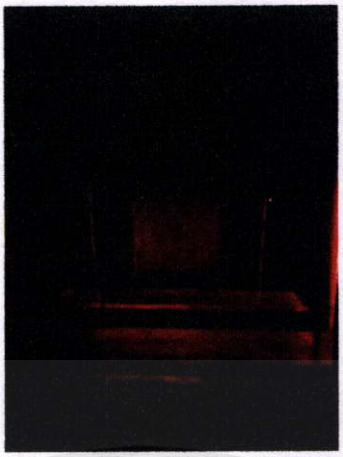
3.6 วิธีการดูผลการทดลอง

จัดอุปกรณ์ดังรูปเหมือนกับการทำการทดลอง และใช้ฟิล์มที่ทำการบันทึกภาพแล้วมาใส่สไลด์ที่บันทึกภาพ ทำการปิดแสง Object Beam ใช้แสงจาก Reference Beam เท่านั้น



รูปที่ 3.46 การจัดอุปกรณ์ในการถ่ายภาพฮอโลแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.47 ตัวอย่างภาพฮอโลแกรม

ข้อควรระวัง

เนื่องจากการทดลองนี้ต้องการความเป็นเสถียรภาพมากที่สุด การทดลองจึงต้องระมัดระวังเรื่องของสภาพแวดล้อมต่างๆซึ่งต้องไม่มีการสั่นของตัววัตถุและระยะเวลาในการถ่าย และตำแหน่งที่ทำการบันทึกภาพนั้นต้องให้อยู่ที่ตำแหน่งเดียวกับการมองภาพ ไม่ฉะนั้นจะไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้

3.7 การทำความสะอาดและบำรุงรักษา

- การมีจุดหรือฝุ่นผงติดที่อุปกรณ์ทัศน์ศาสตร์ (กระจักและเลนส์) ควรทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆด้วยกระดาษเช็ดเลนส์และน้ำยาทำความสะอาดกระจก

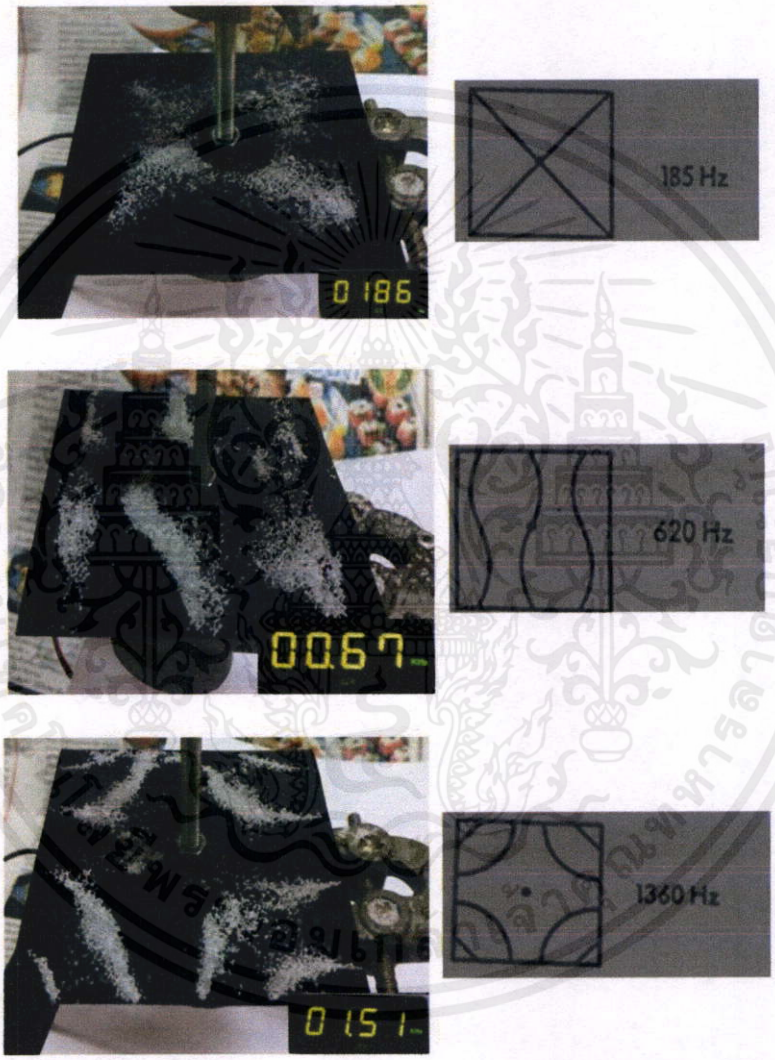
- หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับกระจกและเลนส์โดยตรงโดยที่ไม่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

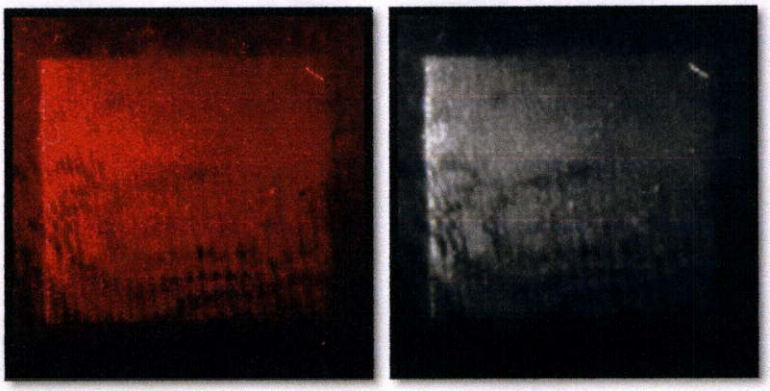
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 รูปแบบแต่ละความถี่ที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

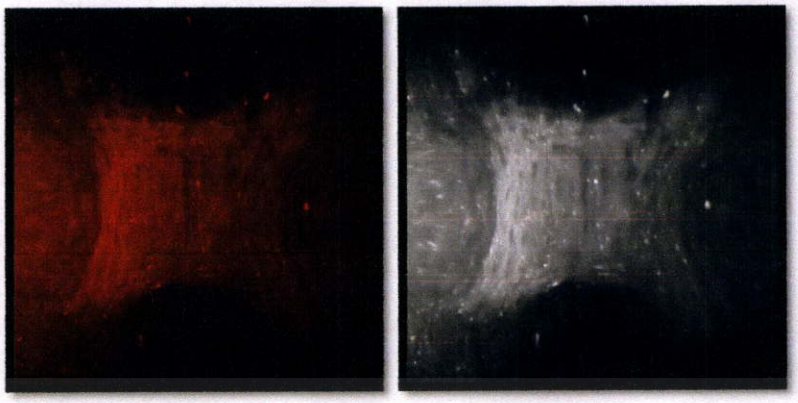


รูปที่ 4.2 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบไม่ซ้อนทับ reference

รูปที่ 4.3 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 186 Hz

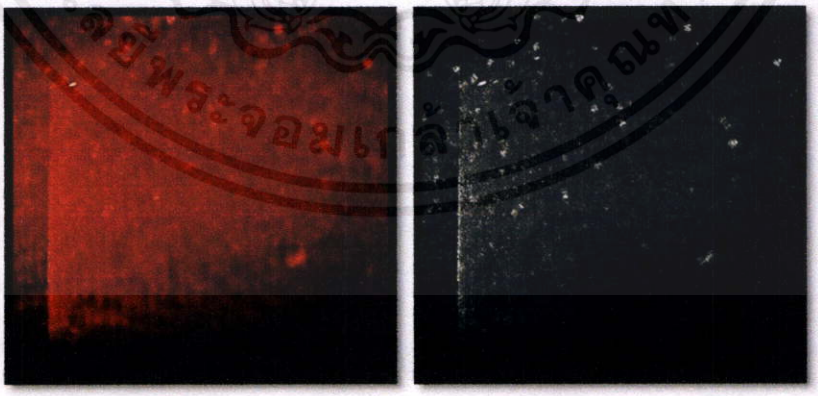
รูปที่ 4.4 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 187 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสาร
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



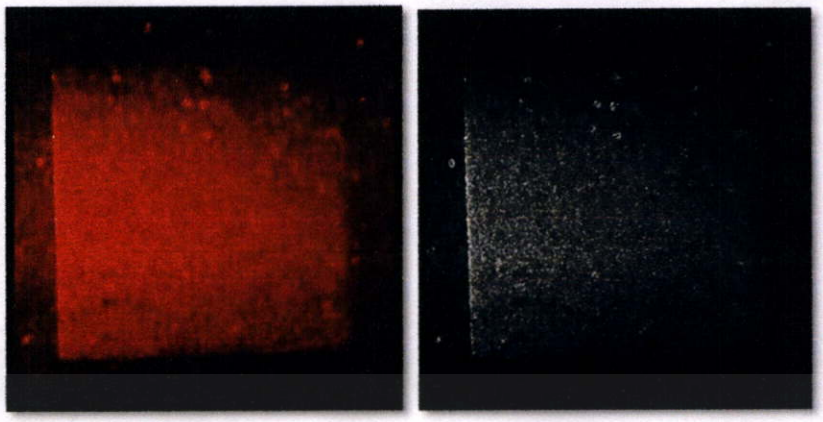
รูปที่ 4.5 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 188 Hz

รูปที่ 4.6 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 189 Hz



รูปที่ 4.7 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 190 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

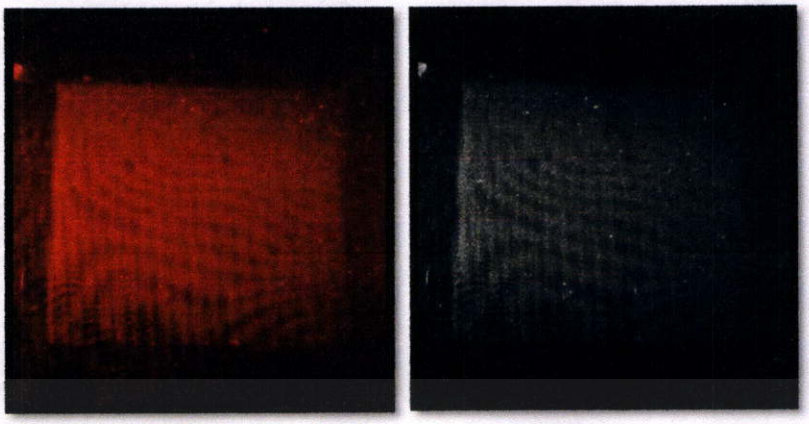


รูปที่ 4.8 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 191 Hz

รูปที่ 4.9 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 192 Hz

รูปที่ 4.10 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 193 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 194 Hz

รูปที่ 4.12 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 195 Hz

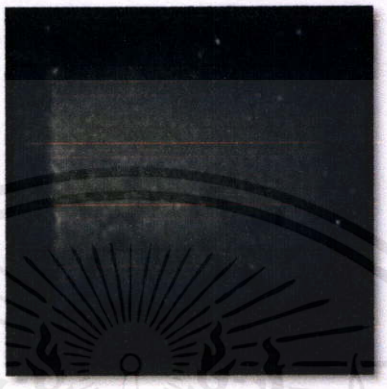
รูปที่ 4.13 แสดงรูปภาพการถ่ายฮอโลแกรมแบบซ้อนทับกันที่ความถี่ 196 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากได้ถ่ายภาพโฮโลแกรม

ครั้งที่ 1 ที่ความถี่ 186 Hz นั้นเราสามารถสังเกตได้ว่า วัตถุนั้นมีการสั่นในช่วงบนซึ่งต่างกับบริเวณด้านล่างที่ไม่มีการสั่งเราจึงสามารถเห็นพื้นผิวของวัตถุได้ชัดเจน



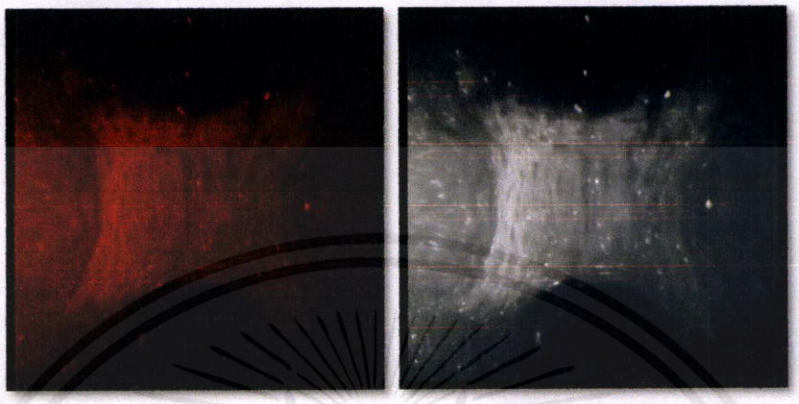
รูปที่ 4.14 ความถี่ 186 Hz

ครั้งที่ 2 นั้นเราปรับความถี่ไปที่ 187 Hz สังเกตได้ว่าวัตถุมีการสั่นแรงมากจนบริเวณด้านล่างเห็นวัตถุได้เพียง 2/4 ของวัตถุ

รูปที่ 4.15 ความถี่ 187 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 3 ต่อมาเราได้เปลี่ยนความถี่เป็น 188 Hz ซึ่งความถี่นี้เราสามารถสังเกตได้ชัดเจนว่าวัตถุนั้นมีการสั่นไปทั่วทั้งแผ่น มุมของแต่ละมุมเราไม่สามารถเห็นได้ มีเพียงกึ่งกลางของวัตถุที่ไม่มีการสั่นเท่านั้นเราจึงเห็นวัตถุได้ชัดเจนมาก ซึ่งเป็นการสั่นที่เป็นระเบียบ



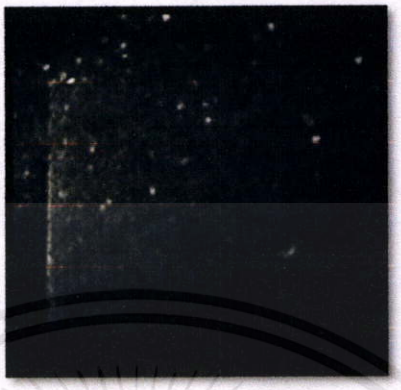
รูปที่ 4.16 ความถี่ 188 Hz

ครั้งที่ 4 เราได้ปรับความถี่ไปที่ 189 Hz เราพบว่าวัตถุนั้นมีการสั่นไปทั่วทั้งแผ่นจนมองเห็นเป็นส่วนเว้าเล็กๆที่ตัววัตถุ

รูปที่ 4.17 ความถี่ 189 Hz

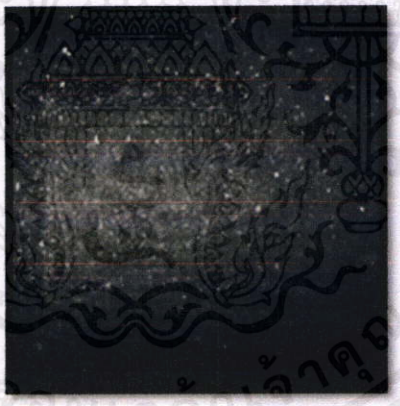
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 5 8 และ 11 ที่ความถี่ 190 193 และ 196 Hz นั้น เราได้ผลการทดลองเป็นภาพที่มีการสั่นที่คล้ายกันคือ เห็นวัตถุเพียงด้านซ้ายเท่านั้น



รูปที่ 4.18 ความถี่ 190,193,196 Hz

ครั้งที่ 6 ที่ความถี่ 191 Hz เราได้ผลการทดลองคือ เราสามารถเห็นวัตถุได้ทั่วทั้งแผ่นของวัตถุเพียงแต่ส่วนบนของด้านขวามีการสั่นเล็กน้อย



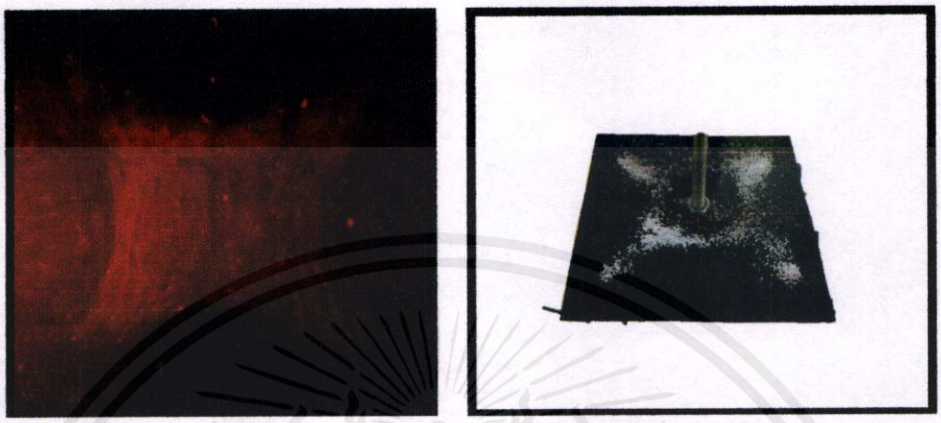
รูปที่ 4.19 ความถี่ 191 Hz

ครั้งที่ 7 และ 10 ผลการทดลองคือที่ความถี่ 192 Hz เราสามารถเห็นวัตถุได้เพียงล่างๆ เท่านั้น ส่วน 195 Hz เราไม่สามารถสังเกตเห็นภาพได้เพราะวัตถุสั่นทั่วทั้งแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการทดลองนั้นสามารถบอกได้ว่า ความถี่เรโซแนนซ์ของวัตถุนี้นั้นมีความถี่อยู่ที่ 188 Hz ซึ่งมีการสั่นแบบเป็นระเบียบ ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการสั่นของวัตถุในตัวกลาง



รูปที่ 4.20. การเปรียบเทียบความถี่โลหะกับฮอโลแกรม

ส่วนในเรื่องของความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น เป็นอันเนื่องจากวัตถุที่เราในการถ่ายนั้นมีขนาดที่เล็ก ประกอบกับขนาดของตัวกำเนิดเสียง(ลำโพง)มีขนาดเล็ก จึงทำให้ภาพที่เกิดขึ้นนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาหลักการสร้างภาพฮอโลแกรมจากแผ่นโลหะที่มีการสั่นจากลำโพงขนาดเล็ก โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงการสั่นของแผ่นโลหะที่สร้างภาพฮอโลแกรม พบว่าเมื่อวัตถุมีสภาวะหยุดนิ่งภาพของวัตถุจะชัดเจน แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่ป้อนให้กับลำโพงที่ถูกวางไว้ใกล้กับวัตถุก็จะส่งผลให้ภาพที่บันทึกนั้นมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่แตกต่างกันไป และถ้าทำการเปรียบเทียบทำการป้อนคลื่นความถี่ให้กับแผ่นโลหะที่โรยน้ำตาลทรายจะพบว่าเมื่อความถี่ที่ป้อนให้กับลำโพงเปลี่ยนแปลง ภาพการจัดเรียงตัวของเม็ดน้ำตาลทรายบนแผ่นโลหะก็จะมีการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าช่วงความถี่ของวัตถุนี้ที่มีการสร้างภาพฮอโลแกรมที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการจัดเรียงตัวของน้ำตาลทรายที่ผู้ทดลองต้องการที่สุดนั่นก็คือความถี่อยู่ที่ 188 Hz โดยผลของการสร้างภาพมีลักษณะคือ มุมทั้ง 4 ของภาพแผ่นโลหะจะเลือนหายไป

การทดลองนี้สามารถนำไปใช้เป็นกระบวนการในการตรวจสอบสภาพความสมดุลของความหนาแน่นพื้นผิวของแผ่นโลหะหรือวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างภาพฮอโลแกรมได้ โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงของการสร้างภาพฮอโลแกรมที่บันทึกของความถี่ที่ป้อนให้กับลำโพง ซึ่งวัตถุที่ได้รับความถี่จนถึงช่วงความถี่ที่เป็นเรโซแนนซ์ และวัตถุมีสภาพความหนาแน่นพื้นผิวที่เหมาะสมก็จะส่งผลให้การสร้างภาพฮอโลแกรมที่ได้จากการบันทึกนั้นไม่สามารถมองเห็นภาพได้เลย (เนื่องจาก การบันทึกการฮอโลแกรมจะสามารถถ่ายติดก็ต่อเมื่อวัตถุมีสภาวะหยุดนิ่ง) ซึ่งในกรณีนี้จึงสามารถใช้เป็นกรณีตรวจสอบหาความสมดุลของความหนาแน่นพื้นผิวของแผ่นโลหะหลายๆ แผ่นได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากความถี่ที่ป้อนให้กับลำโพงที่วางใกล้วัตถุที่ใช้บันทึกนั้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการสร้างภาพฮอโลแกรม ผลการทดลองถือว่าการสร้างภาพที่ได้ยังคงมีความใกล้เคียงกับตัวอย่างอ้างอิงลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเม็ดน้ำตาลทรายเท่านั้น แต่ยังไม่ 100 % เนื่องมาจาก ขนาดลำโพงที่ผู้ทดลองใช้นั้นมีขนาดเล็กมากและวัตถุก็มีขนาดเล็กเช่นกัน ดังนั้นในการหาลำโพงที่มีความเหมาะสมกับวัตถุที่ต้องการบันทึกนั้นจึงเป็นเรื่องยาก ดังนั้นจึงทำให้ผลการสร้างภาพฮอโลแกรมที่เห็นนั้นออกมาไม่ค่อยชัดเจนมาก ดังนั้นถ้าต้องการให้ภาพที่ได้นั้นชัดเจนมากกว่านี้ควรจะมีการทดสอบกับลำโพงที่มีมาตรฐานและเหมาะสมกับวัตถุที่ใช้บันทึกภาพฮอโลแกรมให้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใด...

เอกสารอ้างอิง

[1] รศ. สุวรรณ คูสำราญ, ทัศนศาสตร์กายภาพ (Physical Optic), บทที่ 7 ฮอโลกราฟี, ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกค์ คณะวิทยาศาตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537

[2] Singh, Vijay Raj and Miao, Jianmin and Wang, Zhihong and Hegde, Gopalkrishna and Asundi, Dynamic characterization of MEMS diaphragm using time average in-line digital holography, 2007

[3][Online].Available:http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/MTRD310/web/film/4_4type.htm

[4][Online].Available:http://th.wikipedia.org/

[5][Online].Available:http:http://www.baanjomyut.com/library_2/extension-4/general_knowledge_about_the_shooting/18.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้