

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ 2



นายชัยสุริยา ประภาศิริ



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 36695

วัน, เดือน, ปี 12 3 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Software Development for Laser Beam Profiler II



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science
Department of Applied Physics
Faculty of Science
King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang

1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ 2

Software Development for Laser Beam Profiler II

โดย

นายชัยสุริยา ประภาศิริ

ภาควิชา

ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาดีดดา

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

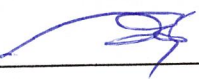

(รศ. สุรพล รักวิชัย)

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ


(ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาดีดดา)


(อาจารย์วิชัญ เจริญธีระ)


(ดร. รัชภาคย์ จิตต์อารี)


(อาจารย์วิชัญ เพชรภา)

หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ประธานกรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในวงจำกัดเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

นักศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชา

ปีการศึกษา

การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ 2

นายชัยสุริยา ประภาศิริ

ผศ.ดร. วราวุฒิ เถาดีดคา

ฟิสิกส์ประยุกต์

2541

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อทำการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ โดยใช้กล้อง CCD เป็นตัวรับแสงเลเซอร์ สัญญาณภาพที่ได้จะถูกแปลงเป็นดิจิทัลแล้วเก็บบันทึกในไมโครคอมพิวเตอร์ ภาพที่บันทึกนี้จะถูกวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์ที่พัฒนาจากโปรแกรมภาษาวิซวลเบสิก ผลการวิเคราะห์จะแสดงโหมคตามขวางของเลเซอร์ในรูปของภาพแบ่งระดับสี ภาพลายเส้น กราฟ 2 มิติ และ กราฟพื้นผิว 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Software Development for Laser Beam Profiler II
Name	Mr.Chaisuriya Prapasiri
Special Project Advisor	Assistant Professor Dr.Warawoot Thowladda
Department	Applied Physics
Academic Year	1998

Abstract

The software in this special project was developed to identify a transverse mode of laser beam. Laser beam was directed to CCD camera. The images of laser beam from CCD camera were captured and stored in microcomputer memory by video grabber card. The program which developed by Microsoft Visual Basic compiler language processes the captured image. The developed software can display the profile of the laser transverse mode in the form of pseudo and contour image, 2-D graphics and 3-D surface plot.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยความร่วมมือช่วยเหลือ สนับสนุนและอนุเคราะห์ จากบุคคลต่าง ๆ ซึ่งต้องขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

บิดา-มารดา

ผู้ที่ได้ให้กำเนิด เลี้ยงดู ให้การศึกษา
ให้กำลังใจ คอยห่วงใย และช่วยเหลือ
อย่างดียิ่ง ในทุกๆด้าน

ผศ.ดร. วราวุฒิ เถาดีดคา

ผู้ที่ถ่ายทอดวิชาความรู้ คอยให้ความ
ช่วยเหลือและให้คำปรึกษาแนะนำเป็น
แนวทาง และติดตามผลจนโครงการ

อาจารย์สุรชาติ กมลติลก

พิเศษนี้สำเร็จลงไปด้วยดี
ที่ช่วยถ่ายภาพและช่วยเหลือให้คำ
ปรึกษา

อาจารย์วิชาญ เติชธีระ

ที่อนุเคราะห์เครื่องพิมพ์รายงาน
ที่คอยให้คำปรึกษา

คุณรัตน์สุดา ทองแดง

คุณ ศ. ทิพวรรณ คล้ายบุญมี

และ น้อง ๆ

ที่ช่วยเหลือด้านรายงานฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์โครงการพิเศษ	3
1.3 ขั้นตอนและขอบข่ายการดำเนินงาน	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 หน่วยงานที่สามารถนำโครงการนี้ไปใช้ประโยชน์	4
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานเลเซอร์	5
2.1 เลเซอร์มีเดียม	5
2.1.1 ตัวกลางเลเซอร์	5
2.1.2 ประชากรผกผัน	5
2.1.3 การป้อนกลับออฟติคัลเรโซเนเตอร์	6
2.1.4 เสถียรภาพของออฟติคัลเรโซเนเตอร์	7
2.2 ระบบเลเซอร์	8
2.3 โหมดของเลเซอร์	9
2.3.1 โหมดตามยาว	10
2.3.2 ลองกิวติคอล-โหมดตามยาว	12
2.4 การพัฒนาโหมดตามขวาง	14
2.4.1 โหมดตามขวางด้วยกระจกกระนาบขนาน	14
2.4.2 โหมดตามขวางโดยใช้กระจกโค้ง	17
2.4.3 การกระจายที่ว่างของโหมดตามขวาง	18
2.4.4 ความถี่ของการโหมดตามขวาง	18
2.5 อุปกรณ์รับแสง (CCD)	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้ง 2.5.2 แบบเลื่อนส่งที่ละแนว ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
2.6 อุปกรณ์แปลงสัญญาณวิดีโอเข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์	24
2.7 ทฤษฎีกราฟฟิบบิตแมป	25
2.7.1 คุณลักษณะของกราฟฟิบบิตแมป	25
2.7.2 ข้อมูลบิตแมป	26
2.7.3 ส่วนหัวของไฟล์	26
2.7.4 ส่วนหัวของข้อมูล	27
2.8 ทฤษฎีการลดสัญญาณรบกวน (noise) บนภาพ	28
2.8.1 การฟิเตอร์แบบใช้ค่าเฉลี่ย	28
2.8.2 การฟิเตอร์แบบใช้ค่ากลาง	29
2.8.3 การฟิเตอร์แบบใช้วิธีนับจำนวน	29
2.9 ทฤษฎีการปรับความแตกต่างของระดับสี	29
2.10 ทฤษฎีการสร้างภาพแบ่งระดับสี	29
2.11 ทฤษฎีการแสดงภาพลายเส้น	30
2.12 ทฤษฎีการสร้างรูป 3 มิติ	30
2.12.1 ขั้นตอนการสร้างภาพ 3 มิติ	
ในระนาบการทดลองแบบ 2 มิติ	31
2.12.2 หลักการพื้นฐานในการเขียนโปรแกรม	
เพื่อสร้างภาพ 3 มิติ	36
2.12.3 หลักพื้นฐานในการเขียนโปรแกรม	
เพื่อการแปลงภาพ 3 มิติ	39
2.12.4 การเปลี่ยนระบบ โคออร์ดิเนต	41
บทที่ 3 การเขียนโปรแกรมวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์	42
3.1 โปรแกรมการวิเคราะห์โหนดตามขวางของแสงเลเซอร์	42
3.2 การใช้งานซอฟต์แวร์โปรแกรมวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์	51
บทที่ 4 ผลการทดลอง	54
4.1 ผลการทดลองภาพเลเซอร์โหนด TEM_{00}	54
4.2 ผลการทดลองภาพเลเซอร์โหนด TEM_{01}	56
4.3 ผลการทดลองภาพเลเซอร์โหนด TEM_{11}	58
4.4 ผลการทดลองภาพเลเซอร์โหนด TEM_{20}	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

62

ภาคผนวก

เอกสารอ้างอิง

ประวัติผู้จัดทำโครงการพิเศษ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนภาพการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์	1
รูปที่ 2.1 ออฟติคัลเรโซเนเตอร์กระจก M1,M2 ปิดด้านหัวท้าย ของระบบมีค่าสะท้อนกลับ R1,R2	7
รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงระบบเลเซอร์ (laser system) ที่ประกอบ ด้วยระบบทางอิเล็กทรอนิกส์	8
รูปที่ 2.3 รูปแบบจำลองทางกายภาพ(Physical Model) ของเลเซอร์	9
รูปที่ 2.4 แสดงการเกิดสเปกตรัมของแสงเลเซอร์ (laser output) อันเนื่องมาจากการรวมเลเซอร์ไลซ์เซฟ (laser transmit lineshape) และ โหมดตามยาว	12
รูปที่ 2.5 ลักษณะของลำแสงเลเซอร์ที่ออกมา (laser output) TEM _{mn} ที่ค่า m และ n ต่างๆ กันไป	13
รูปที่ 2.6 กระจกกลมคู่ขนานให้เป็นช่องว่างเมื่อใช้สูตร Fresnel – Kirchhoff กับเลเซอร์ควิดี้	14
รูปที่ 2.7 ความเท่ากันของช่องว่างของกระจกทั้งสองที่สะท้อนใน หลอดเลเซอร์	15
รูปที่ 2.8 เศษส่วนของกำลังที่สูญเสียต่อการส่งผ่านกับเลข Fresnel ของเลเซอร์ควิดี้	18
รูปที่ 2.9 แสดงทรานสเวอร์สโหมดสองโหมดและส่วนของ ความยาว กว่าของ off – exit mode	19
รูปที่ 2.10 อุปกรณ์ CCD	20
รูปที่ 2.11 แสดงการเกิด Charge Coupled Device	21
รูปที่ 2.12 แสดงแบบการส่งเป็นเฟรม และแบบส่งทีละแถว	23
รูปที่ 2.13 แผนภาพแสดงการแปลงสัญญาณวิดีโอเพื่อส่งให้เครื่อง คอมพิวเตอร์	24
รูปที่ 2.14 แสดงการใช้ฟิลเตอร์แบบค่าเฉลี่ยที่น้ำหนักต่าง ๆ กัน	28
รูปที่ 2.15 แสดงระบบมือขวาและมือซ้ายของระบบโคออร์ดิเนต	31
รูปที่ 2.16 การโปรเจกซ์แบบ prespective	33
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างของ orthographic parallel projection	34

เอกสารนี้รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการโปรเจกซ์แบบ isometric ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าการรูปที่ 2.19 ตัวอย่างการโปรเจกซ์ oblique หาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.20 การคำนวณหาจุดตัดของโปรเจกต์เตอร์และระนาบของ การโปรเจกต์ของรูป 3 มิติแบบ perspective	36
รูปที่ 2.21 แสดงการโปรเจกต์ชันแบบ oblique parallel	38
รูปที่ 2.22 แสดงการโปรเจกต์ชันแบบ oblique parallel	38
รูปที่ 3.1 แสดงฟอร์ม MDI ในขณะออกแบบ	42
รูปที่ 3.2 แสดงฟอร์มลูก firmLaser ขณะออกแบบ	43
รูปที่ 3.3 แสดงฟอร์มลูก firmPseudo ขณะออกแบบ	43
รูปที่ 3.4 แสดงฟอร์มลูก firmContour ขณะออกแบบ	44
รูปที่ 3.5 แสดงฟอร์มลูก firmSurface ขณะออกแบบ	44
รูปที่ 3.6 แสดง firmSplash ขณะออกแบบ	45
รูปที่ 3.7 แสดง firmAbout ขณะออกแบบ	45
รูปที่ 3.8 แสดง firmTip ขณะออกแบบ	46
รูปที่ 3.9 แสดง firmRotate ขณะออกแบบ	46
รูปที่ 3.10 แสดงไฟล์ชาร์ทการแสดงผลภาพแบ่งระดับสี	47
รูปที่ 3.11 แสดงไฟล์ชาร์ทการแสดงผลภาพลายเส้น	48
รูปที่ 3.12 แสดงไฟล์ชาร์ทการแสดงผลกราฟ 2 มิติ	49
รูปที่ 3.13 แสดงไฟล์ชาร์ทการแสดงผลภาพพื้นผิว 3 มิติ	51
รูปที่ 4.1 แสดงภาพที่ถ่ายได้จริงของโหมด TEM ₀₀	54
รูปที่ 4.2 แสดงภาพแบ่งระดับสีและโปรไฟล์ 2 มิติ ของโหมด TEM ₀₀	54
รูปที่ 4.3 แสดงภาพลายเส้น ของโหมด TEM ₀₀	55
รูปที่ 4.4 แสดงภาพพื้นผิว 3 มิติ ของโหมด TEM ₀₀	55
รูปที่ 4.5 แสดงภาพที่ถ่ายได้จริงของโหมด TEM ₀₁	56
รูปที่ 4.6 แสดงภาพแบ่งระดับสีและโปรไฟล์ 2 มิติ ของโหมด TEM ₀₁	56
รูปที่ 4.7 แสดงภาพลายเส้น ของโหมด TEM ₀₁	57
รูปที่ 4.8 แสดงภาพพื้นผิว 3 มิติ ของโหมด TEM ₀₁	57
รูปที่ 4.9 แสดงภาพที่ถ่ายได้จริงของโหมด TEM ₁₁	58
รูปที่ 4.10 แสดงภาพแบ่งระดับสีและโปรไฟล์ 2 มิติ ของโหมด TEM ₁₁	58
รูปที่ 4.11 แสดงภาพลายเส้น ของโหมด TEM ₁₁	59
รูปที่ 4.12 แสดงภาพพื้นผิว 3 มิติ ของโหมด TEM ₁₁ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้	59
รูปที่ 4.13 แสดงภาพที่ถ่ายได้จริงของโหมด TEM ₂₀ อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้	60

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.14 แสดงภาพแบ่งระดับสีและโปรไฟล์ 2 มิติ ของโหนด TEM ₂₀	60
รูปที่ 4.15 แสดงภาพลายเส้น ของโหนด TEM ₂₀	61
รูปที่ 4.16 แสดงภาพพื้นผิว 3 มิติ ของโหนด TEM ₂₀	61



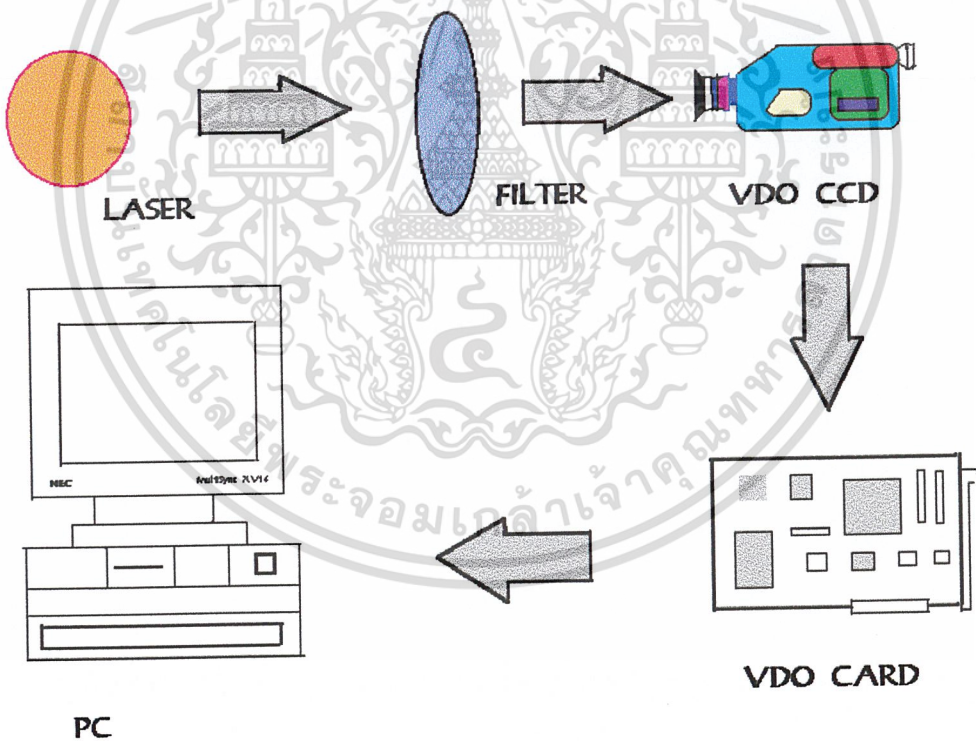
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านเลเซอร์ได้มีการพัฒนาไปอย่างมากได้มีการประยุกต์ใช้งานเลเซอร์อย่างกว้างขวาง ทั้งในด้านการแพทย์ งานด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรมและความบันเทิง ในโรงงานพิเศษ การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ 2 นี้ นำไปใช้ในการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพของลำแสงเลเซอร์ ทั้งขนาดลำแสงและการกระจายพลังงานของลำแสง เพื่อให้ได้เลเซอร์ที่มีคุณภาพเหมาะสมแก่การนำไปใช้งาน โดยการยิงลำแสงเลเซอร์ไปที่กล้อง CCD เพื่อจับภาพโหมดของลำแสงเลเซอร์แล้วทำการเก็บข้อมูลโดยการแปลงสัญญาณวิดีโอเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำการประมวลผลและสร้างภาพโปรไฟล์ 3 มิติขึ้น



รูปที่ 1.1 แผนภาพแสดงการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

จากรูปจะเห็นได้ว่า ในโรงงานพิเศษนี้ประกอบด้วยสำคัญๆ ดังนี้
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ก่อนจะนำออกใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
1. เลเซอร์ ฮีเลียม-นีออน (He – Ne laser)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กล้อง ซีซีดี (CCD Camera)
3. การ์ดวิดีโอ (VDO Card : Aver commander 2)
4. เครื่องคอมพิวเตอร์
5. ไมโครซอฟท์ วิวอลเบสิก เวอร์ชัน 5.0 (Microsoft Visual Basic Version 5.0)

เลเซอร์ (LASER)

เลเซอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีความเข้มสูง (Brightness) มีความถี่เดียว (Monochromaticity) มีเฟสเดียวกัน (Coherence) และมีทิศทางเดียว (Uni-direction) เลเซอร์มีโหมด 2 โหมด คือ โหมดความยาว (Axial mode) และ โหมดตามขวาง (Transverse mode) ในโครงการพิเศษนี้จะทำการวิเคราะห์โหมดตามขวาง ของ เลเซอร์ฮีเลียม – นีออน

อุปกรณ์รับแสง CCD (Charge Coupled Device)

CCD เป็นอุปกรณ์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการเป็นตัวรับแสงเลเซอร์ โดย CCD ที่ใช้จะให้สัญญาณวิดีโอออกมา ซึ่งสัญญาณนี้เป็นสัญญาณของภาพของลำแสงเลเซอร์ที่ต้องการ CCD เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่ทำงานเหมือน ชิฟท์เรจิสเตอร์ ที่ใช้ในการเลื่อนประจุเป็นไอซี (IC) หน่วยความจำที่มีความจุมากชนิดหนึ่ง

อุปกรณ์แปลงสัญญาณวิดีโอ เป็นดิจิทัล (VDO card : Aver Commander 2)

เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการแปลงสัญญาณวิดีโอเป็นสัญญาณดิจิทัล แล้วแสดงภาพบนจอคอมพิวเตอร์โดยสามารถบันทึก (save) รูปภาพที่ได้ลงไฟล์ได้

โปรแกรมไมโครซอฟท์ วิวอลเบสิก เวอร์ชัน 5.0 (Microsoft Visual Basic 5.0)

เป็นโปรแกรมสำหรับนำมาช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ สำหรับระบบปฏิบัติการ โปรแกรมไมโครซอฟท์ วินโดส์ 95 ขึ้นไป

ไมโครคอมพิวเตอร์ (Microcomputer)

ในการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์นี้ใช้การ์ดจอเป็น Super VGA ขึ้นไป เป็นอุปกรณ์พัฒนาโปรแกรมและแสดงผลออกทางหน้าจอ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์โครงการพิเศษ

1. เพื่อสร้างเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ชนิดต่อเนื่อง กำลังต่ำ
2. เพื่อศึกษาคุณภาพของลำแสงเลเซอร์สีแดงของเลเซอร์ฮีเลียม- นีออน
3. เพื่อศึกษาคุณภาพของลำแสงอินฟราเรด ในย่านที่ ตามองไม่เห็นของเลเซอร์ไดโอด ที่ใช้ในการสื่อสารด้วยใยแก้วนำแสง
4. เพื่อศึกษาคุณสมบัติโหมคตามขวางของเลเซอร์
5. เพื่อนำความรู้ทางฟิสิกส์มาสร้างเครื่องมือวัดที่มีประโยชน์
6. สามารถใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวช่วยในการควบคุมและการแสดงผล

1.3 ขั้นตอนและขอบข่ายการดำเนินงาน

ในโครงการพิเศษนี้แบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนฮาร์ดแวร์และส่วนซอฟต์แวร์1.

การทำงานในส่วนฮาร์ดแวร์

- ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ในโครงการพิเศษดังนี้

เลเซอร์ ฮีเลียม-นีออน

กล้อง ซีซีดี

วิถีโอการ์ด์

- ต่ออุปกรณ์ การ์ดวิถีโอ และ กล้องซีซีดี เข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และ ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 3 ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างถูกต้องหรือไม่

- ถ่ายภาพโหมคตามขวางต่างๆ ของแสงเลเซอร์ ด้วยกล้อง CCD จากนั้นบันทึก เก็บไว้ในไฟล์รูปภาพ

2. การทำงานในส่วนซอฟต์แวร์

- เขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลของสีของแต่ละจุด(pixel) ของไฟล์รูปภาพ แล้วนำข้อมูลที่ ได้มาเขียนภาพแบ่งระดับสี (Pseudo) และลายเส้น (Contour) ได้
- เขียนกราฟโปรไฟล์ (profile) 2 มิติ และพื้นผิว 3 มิติ ของโหมคต่างๆ ของ เลเซอร์ได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ได้
2. สามารถใช้เครื่องวิเคราะห์ลำแสง วิเคราะห์คุณภาพของลำแสงเลเซอร์ ทำให้สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามใช้เพื่อคัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ร่วมกับงานนั้น ๆ ได้

3. เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์แบบพัลส์กำลังงานสูงต่อไป
4. เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีและทรัพยากรมนุษย์ขึ้นในประเทศ
5. ประหยัดเงินตราต่างประเทศ

1.5 หน่วยงานที่สามารถนำโครงการพิเศษนี้ไปใช้ประโยชน์

1. ห้องปฏิบัติการทางแสงในภาควิชา
2. ห้องปฏิบัติการวิจัยที่มีการประยุกต์ใช้เลเซอร์ในงานต่างๆ
3. โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการผลิตหรือตรวจสอบคุณภาพเลเซอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานของเลเซอร์ กล้องซีซีดี วีดีโอการ์ด และกราฟฟิก

ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของเลเซอร์

เลเซอร์ (LASER : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

องค์ประกอบที่สำคัญในการทำให้เกิดเลเซอร์ออกมาได้นั้นก็คือ

- ตัวกลางเลเซอร์ (Laser medium)
- การทำให้เกิดประชากรผกผัน (Population inversion)
- การป้อนกลับ (Feedback) ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical resonator)

2.1.1 ตัวกลางเลเซอร์ (Laser medium)

ตัวกลางเลเซอร์ที่เป็นระบบอะตอมหรือระบบโมเลกุล แล้วสามารถผลิตแสงเลเซอร์ออกมาได้ โดยขบวนการเปล่งแสงโดยการกระตุ้น (stimulated emission) เรียกตัวกลางประเภทนี้ว่า “ตัวกลางเลเซอร์แอคทีฟ (active laser medium)” การเปลี่ยนแปลงของระบบอะตอมของตัวกลางของการปรากฏการณ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในตัวกลางนั้น ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบดูดกลืนแสงโดยการกระตุ้น (stimulated absorption) การเปล่งแสงโดยการกระตุ้น (stimulated emission) และการเปล่งแสงแบบเกิดขึ้นเอง (spontaneous emission) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นในตัวกลางเลเซอร์แอคทีฟ (active laser medium) โดยมีการปฏิสัมพันธ์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในการนี้ทำให้เกิดประชากรผกผันเกิดขึ้น และส่งผลให้มีการขยายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เกิดการเปล่งแสงโดยการกระตุ้นโดยตัวกลางนั้นและสามารถคำนวณหา “อัตราขยาย” ได้ และจะพบว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าวิ่งผ่านตัวกลางเลเซอร์นี้ ความเข้มจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการจะทำให้เกิดเป็นตัวกลางเลเซอร์แอคทีฟ (active laser medium) นั้น ไม่สามารถจะทำได้กับวัตถุทุกชนิด จำเป็นต้องมีเทคนิคทำให้เกิดประชากรผกผันอีกด้วย การทำให้เกิดประชากรผกผันขึ้นได้นั้น จำเป็นต้องกระตุ้นโดยการให้พลังงานแก่อะตอมหรือโมเลกุลของตัวกลางเลเซอร์โดยวิธีการที่เรียกว่า “การปั๊ม” (pumping)

2.1.2 ประชากรผกผัน (population inversion)

สภาพประชากรผกผันนี้ หมายถึง จำนวนอะตอมหรือโมเลกุลของ N_2 ในระดับค่าพลังงาน E_2 มีค่ามากกว่าจำนวนอะตอมหรือโมเลกุล N_1 ในระดับค่าพลังงาน E_1 โดยที่ $E_2 > E_1$ ด้านการคำนวณการแผ่รังสีของประชากรผกผันนี้ เป็นสภาวะการที่ผิดปกติ (abnormal) ที่วัตถุทั่วไปมีสภาพสมดุลย์ไม่ว่ากรณีใด ๆ

ทางความร้อน (Thermal equilibrium) และเป็นการขัดต่อหลักของโบลซ์มาน (Boltzmann's principle) ซึ่งตามหลักของโบลซ์มานแล้ว เมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลความร้อนที่อุณหภูมิ ($T = 300\text{ K}$) วัตถุจะมีสภาวะ $N_j > N_i$ เมื่อ $E_j > E_i$ การที่จะทำให้ สภาวะ $N_j \gg N_i$ เมื่อ $E_j > E_i$ เรียกว่าสภาวะประชากรผกผัน (Population inversion condition) หรือสภาวะอุณหภูมิเป็นลบ (Negative Temperature) จะศึกษาถึงวิธีการที่ทำให้เกิดประชากรผกผันต่อไป

การเกิดประชากรผกผัน (Generation of Population inversion) ผกผันนี้สามารถทำได้โดยเพิ่มพลังงานให้แก่อะตอมเพื่อที่จะกระตุ้นให้ไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่า และมีจำนวนมากกว่าด้วย วิธีการเพิ่มพลังงานนี้เรียกทั่วๆ ไปว่า การปั๊ม (pumping) จะต้องเพิ่มพลังงานให้กับอะตอมในตัวกลางเลเซอร์และให้วัตถุนั้นไม่อยู่ในสภาวะสมดุลทางความร้อน (non-thermal equilibrium) เพื่อที่จะทำให้เกิด $N_j > N_i$ วิธีการดังกล่าวนี้ได้หลายวิธี ซึ่งได้แสดงไว้ในที่ต่างๆ กันแล้วแต่ชนิดของเลเซอร์และสภาวะของตัวกลางเลเซอร์ที่นำมาใช้

การทำให้เกิดการขยายคลื่นไมโครเวฟ โดยขบวนการเปล่งแสงโดยการกระตุ้น (stimulated emission) และใช้สภาวะประชากรผกผันมาช่วย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกขยายออกมาในย่านนี้ถูกเรียกว่า เมเซอร์ (Maser) ซึ่งย่อมาจาก Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation ในเวลาต่อมาเมเซอร์จะที่มีความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในย่านที่ตาเปล่ามองเห็นได้ และในที่สุดก็ถูกเรียกชื่อใหม่เป็นเลเซอร์ (Laser) ย่อมาจาก Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation จนถึงปัจจุบัน

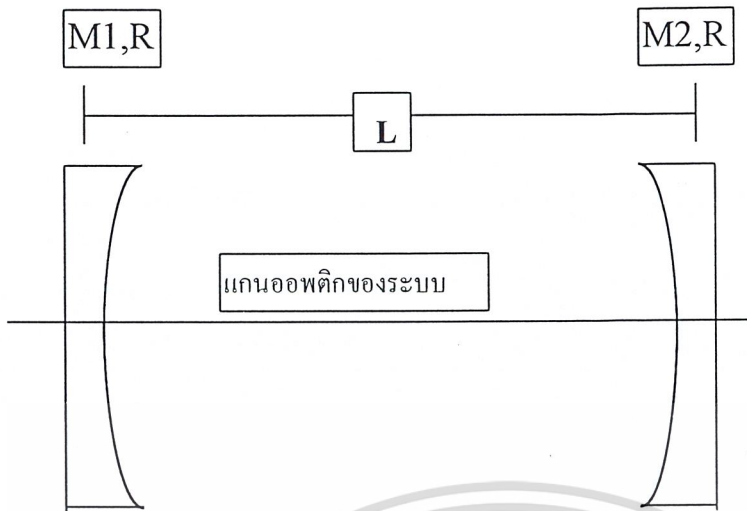
2.1.3 การป้อนกลับ (Feedback) ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical Resonator)

การทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากเปล่งแสงโดยการกระตุ้น (stimulated emission) ผ่านตัวกลางเลเซอร์หลาย ๆ รอบในขณะที่อัตราขยายมากกว่า 0 แล้ว จะได้ความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูงมากในระดับ 10^6 เท่า

ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical Resonator)

เนื่องจากมีความจำเป็นที่ต้องเพิ่มความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้มาก เพื่อที่จะทำให้เกิดแสงเลเซอร์พลังงานสูง ต้องอาศัยออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical Resonator) ซึ่งเป็นระบบเรโซเนเตอร์ทางแสงที่ประกอบด้วยกระจก M_1 และ M_2 ปิดด้านหัวและท้ายของระบบ ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ออปติคัลเรโซเนเตอร์ M_1, M_2 ปิดด้านหัวท้ายของระบบ
มีค่าสะท้อนกลับ R_1, R_2

กระจก M_1, M_2 ส่วนมากจะเป็นกระจกโค้ง เว้า หรือกระจกนูนผิวเรียบเป็นพิเศษ และเคลือบด้วยสาร ไดอิเล็กทริกที่มีค่าสะท้อนกลับ (Reflectivity) R_1 และ R_2 ตามลำดับ ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical Resonator) มีหน้าที่ทำการป้อนกลับ (Feedback) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้วิ่งผ่านตัวกลางเลเซอร์หลาย ๆ รอบ ซึ่งจะทำให้ความเข้มของแสงที่ผ่านตัวกลางเลเซอร์ถูกขยายให้มากขึ้นอย่างรวดเร็ว

2.1.4 เสถียรภาพของออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Stability of Optical Resonator)

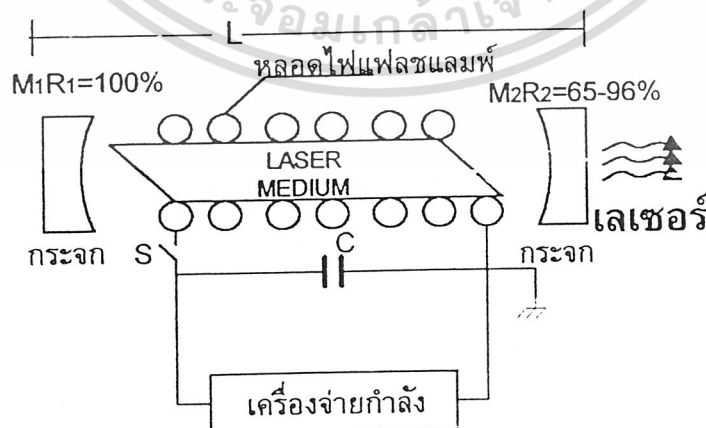
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางเลเซอร์ภายในออปติคัลเรโซเนเตอร์ และจะสะท้อนกลับไปกลับมาที่กระจก M_1 และ M_2 ของเรโซเนเตอร์ อย่างไรก็ตามในการพิจารณาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่กลับ ไปกลับมาของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในเรโซเนเตอร์นั้น สมมติว่าทุกอย่างเป็นไปดั่งดีไม่มีการฉีกออก (split over) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้างกล่าวออกมานอกเรโซเนเตอร์ ในทางปฏิบัติหรือการออกแบบสร้างออปติคัลเรโซเนเตอร์ของระบบเลเซอร์แล้ว จำเป็นต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมทุกประการ ไม่เช่นนั้นจะเกิดการสูญเสีย (Loss) ของพลังงานไปมาก ซึ่งจะต้องทำการกระตุ้นให้พลังงานแก่ตัวกลางเลเซอร์อย่างมาก อาจจะทำให้เกิดการเสียหายแก่ตัวกลางเลเซอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ หากจะทำการกระตุ้นอย่างรุนแรง

2.2 ระบบเลเซอร์ (Laser system)

ตามที่ได้กล่าวถึงหลักการของเลเซอร์ไว้ตอนต้น ซึ่งระบบเลเซอร์นั้นจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญคือ

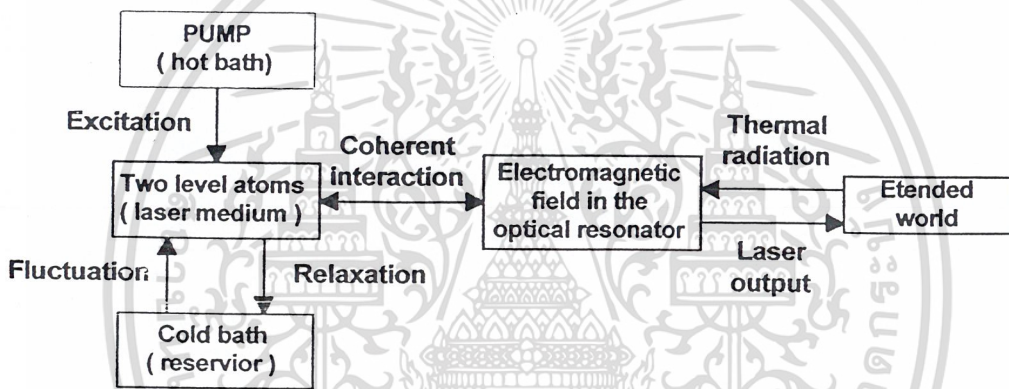
- ตัวกลางเลเซอร์ (Laser medium)
- ประชากรผกผัน (Population inversion)
- ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical resonator)

นอกจากนี้ได้มีการอธิบายถึง การทำให้เกิดสภาวะประชากรผกผันในตัวกลางเลเซอร์โดยวิธีการกระตุ้นให้พลังงานแก่อะตอมและโมเลกุลของตัวกลางเลเซอร์วิธีการนี้เรียกว่า การปั๊ม (Pumping) ซึ่งในกรณีนี้จำเป็นต้องมีเครื่องจ่ายกำลัง (Power supply) จ่ายกำลังให้แก่หลอดไฟแฟลช (Flash lamp) หรือจ่ายกำลังให้อิเล็กตรอนในกรณีที่ใช้อิเล็กตรอนดิซชาร์จ เพื่อการปั๊ม เป็นต้น ดังนั้นในการทำให้เกิดแสงเลเซอร์ออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบเลเซอร์จึงมีระบบทางแสง-อิเล็กทรอนิกส์หรือที่เรียกว่าระบบออปติคัลอิเล็กทรอนิกส์ (optical electronic system) ซึ่งระบบนี้เป็น ระบบเลเซอร์ทั่ว ๆ ไปดังแสดงไว้ดังรูปที่ 2.2 ประกอบด้วย ตัวกลางเลเซอร์ซึ่งอาจจะเป็นแท่งผลึก แก๊สผสมหรือของเหลว หรือไอออนของธาตุ โดยที่ตัวกลางเลเซอร์นี้จะถูกจัดอยู่ในออปติคัลเรโซเนเตอร์ที่ประกอบด้วยกระจกเคลือบสารไดอิเล็กตริก M_1 และ M_2 ที่มีค่าสะท้อนกลับ (Reflectivity) R_1 และ R_2 ตามลำดับ โดยทั่วไป R_1 จะมีค่าสะท้อนกลับ 100% และ R_2 มีค่าสะท้อนกลับอยู่ระหว่าง 70-98% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางเลเซอร์ระบบอิเล็กทรอนิกส์นั้นเกี่ยวกับเครื่องจ่ายกำลัง (Power supply) ที่จะจ่ายกำลังให้หลอดไฟแฟลชเพื่อการปั๊มเลเซอร์ให้เกิดมีประชากรผกผันเมื่อทุกองค์ประกอบของระบบอยู่ในสภาพถูกต้อง เมื่อเปิด สวิตช์ให้เครื่องจ่ายกำลังทำงาน แสงเลเซอร์ก็จะเกิดขึ้นและถูกปลดปล่อยออกมาทางกระจก M_2



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงระบบเลเซอร์ (Laser system) ที่ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งระบบทางแสงและ ระบบทางอิเล็กทรอนิกส์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแสงเลเซอร์ออกมาจากเรโซเนเตอร์ทางกระจก M_2 แล้ว ก็จะเกิดมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) กับสิ่งแวดล้อมภายนอก (External world) ดังนั้นรูปแบบจำลองทางกายภาพ (Physical model) ของเลเซอร์จึงไม่ได้เป็นระบบปิด (Close system) ที่ประกอบด้วยตัวกลางเลเซอร์ (อะตอมหรือโมเลกุล) และออปติคัลเรโซเนเตอร์เพียงเท่านั้น หากแต่ระบบเลเซอร์เป็นระบบเปิด (Open system) ซึ่งทำปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก และนอกจากนั้นระบบเลเซอร์เป็นระบบที่ไม่มีความสมดุลทางความร้อน (Non-thermal Equilibrium) และเป็นระบบที่เกิดมีการปฏิสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear interaction) ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับอะตอมหรือโมเลกุล และมีการเกี่ยวข้องอย่างมากในเรื่องของโคฮีเรนซ์ทางแสง (Optical coherence) รูปแบบจำลองทางกายภาพแสดงไว้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงแบบจำลองทางกายภาพ (Physical model) ของเลเซอร์

2.3 โหมดของเลเซอร์ (Laser modes)

แสงเลเซอร์ที่ออกมานั้นประกอบด้วยการกระจายทางแสงสเปกตรัล (spectral broadening) ทั้งนี้เพราะระบบเลเซอร์ประกอบด้วยส่วนสำคัญส่วนหนึ่งก็คือออปติคัลเรโซเนเตอร์ ซึ่งมีหน้าที่ให้เกิดมีการป้อนกลับของแสง ที่ปล่อยออกมาจากการกระตุ้นที่เกิดจากตัวกลางเลเซอร์เพื่อจะให้เกิดมีการขยายของความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการกระตุ้น หลายๆ รอบ เพื่อทำให้เกิดความเข้มของแสงเลเซอร์ให้ได้มากที่สุด ซึ่งแสงเลเซอร์จะประกอบด้วย “โหมด” (modes) ต่าง ๆ ซึ่งทำหน้าที่แสดงถึงรูปแบบ (Pattern) ของการกระจายของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในหลอดเลเซอร์ (laser cavity) โหมดที่เกิดขึ้นในหลอดเลเซอร์นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ โหมดตามยาว (Axial modes) และ

เอกสารนี้เป็นโหมดตามขวาง (Transversal modes) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 โหมดตามยาว (Axial modes)

ก่อนที่จะมีแสงเลเซอร์ออกมาจากระบบเลเซอร์นั้น ออปติคัลควิตี้ของเลเซอร์จะต้องอยู่ในสภาพเรโซแนนซ์ ซึ่งประกอบด้วยค่าคิว (Q) คือ ควอลิตีแฟคเตอร์ (Quality factor Q) ของระบบสูงมากทำให้ระบบนั้น ๆ มีประสิทธิภาพสูง

$$Q = 2\pi \times \frac{\text{พลังงานที่ถูกเก็บไว้ในเรโซเนเตอร์}}{\text{พลังงานที่ถูกปล่อยออกมา/คาบ}}$$

โดยปกติในระบบเลเซอร์นั้นค่า Q จะมีค่าประมาณ $10^5 - 10^6$ นอกจากนี้ค่า Q ที่สูงจะเกี่ยวข้องกับค่าไลน์วิดท์ (line width) ที่น้อย และค่า Q ที่ต่ำจะเกี่ยวข้องกับค่าไลน์วิดท์ที่มาก ซึ่งความสัมพันธ์นี้แสดงได้โดยสมการคือ

$$Q = \frac{\text{ความถี่เรโซแนนซ์}}{\text{ไลน์วิดท์}}$$

ในการเกิดแสงเลเซอร์นั้นจะพบว่า ค่าสูญเสียของพลังงานน้อยกว่าค่าอัตราขยายของพลังงานในระบบ ดังนั้นจึงมีพลังงานเหลือสะสมอยู่ภายในระบบพร้อมจะปลดปล่อยออกมาได้ภายหลัง จะพบว่าถึงแม้เรโซเนเตอร์จะมีค่า Q สูงก็ตามจะมีค่าความถี่ (ของเรโซเนเตอร์) บางค่าเท่านั้นที่จะสามารถเกี่ยวข้องกับค่า Q สูงนั้นได้ ดังนั้นจะมีเพียงบางค่าความถี่เรโซแนนซ์ของระบบเท่านั้นที่เป็นความถี่ของแสงเลเซอร์

เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นภายในเรโซเนเตอร์ คลื่นนั้นจะสะท้อนกลับป้อนมาระหว่างกระจก 2 บาน ดังนั้นการเปลี่ยนค่าเฟส $\Delta\phi$ (Phase change) ทั้งหมด เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าวิ่งครบหนึ่งรอบเป็นระยะทาง $2L$ จะมีค่าเป็น

$$\Delta\phi = 2\pi(2L/\lambda) = 4\pi L/\lambda$$

ถ้า $\Delta\phi = 180^\circ = \pi$ จะได้คลื่นเมื่อเริ่มต้นที่ M_1 สะท้อนกลับจากกระจก M_2 คลื่นสะท้อนกลับ (reflected wave) จะมี $\Delta\phi = 180^\circ$ แตกต่างจากคลื่นเดิมก่อนที่จะสะท้อนที่ M_2 จะทำให้เกิดการหักล้างกันหมด และภายในเรโซเนเตอร์จะไม่มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเลย ดังนั้นก็จะเป็นการไม่มีความหนาแน่นของพลังงาน (energy density) เหลืออยู่ที่จะเอาไปใช้กระตุ้นอะตอมต่าง ๆ (ที่อยู่ในสภาวะประชากรผกผัน) ให้เกิดการเปล่งแสงโดยการกระตุ้นได้เลย ดังนั้นเลเซอร์จึงไม่เกิด แต่ถ้าหากทำให้ $\Delta\phi = 2\pi q$ ซึ่ง $q = 1, 2, 3, \dots$ แล้ว จะได้คลื่นสะท้อนกลับมีค่าเฟสเหมือนเดิมทุกประการ สภาพนี้แสดงว่าคลื่นทั้งสองเป็นอินเฟส (in phase) ซึ่งในสภาพนี้จะไม่มีการหักล้างเกิดขึ้นระหว่างคลื่นเดิมและสะท้อนกลับ ทำให้เกิดมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสะท้อนกลับป้อนอยู่ในเรโซเนเตอร์ได้ ดังนั้นจะมีความหนาแน่นของพลังงานสูง ถูกเก็บไว้ในเรโซเนเตอร์ และพร้อมที่จะไปกระตุ้นให้เกิดการเปล่งแสงโดยการกระตุ้นเป็นแสงเลเซอร์ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Delta\phi = 4\pi L/\lambda = 2\pi q$$

$$L = q(\lambda/2)$$

เมื่อ L เป็นระยะทางระหว่างกระจก M_1, M_2

λ เป็นความยาวคลื่นที่เรโซแนนซ์

q เป็นเลขจำนวนเต็ม $q = 1, 2, 3, \dots$

แต่ละค่า λ ในสมการจะให้ค่าความถี่เรโซแนนซ์ V (resonance frequency) จะมีค่า λ หรือ V ได้หลายค่าที่อยู่ในขอบข่ายของไลน์เซฟ (line shape) $g(V)$ ของเลเซอร์ทรานซิชัน (laser transition) และค่า λ และ V เหล่านี้จะทำให้เกิดเรโซแนนซ์ในหลอดเลเซอร์ เมื่อเกิดเรโซแนนซ์ในหลอดเลเซอร์ เรียกว่า มีการเซฟเฟอพลิกเคตติ้ง (self replicating) ของคลื่นภายในหลอดเลเซอร์ ซึ่งจะทำให้หลอดเลเซอร์มีค่า Q สูง

การเกิดเซฟเฟอพลิกเคตติ้งของคลื่นที่ค่าความถี่เรโซแนนซ์ต่าง ๆ นั้นจะทำให้เกิดลักษณะของความหนาแน่นของพลังงาน (Pattern of energy stored) ภายในเรโซเนเตอร์ ลักษณะของการกระจายของความหนาแน่นของพลังงานนี้เรียกว่า ลองกิจูดินัลโหมด (longitudinal mode) หรือ โหมดตามยาว (Axial mode) ของเรโซเนเตอร์นั้น ๆ เพื่อเป็นการสะดวกในการกล่าวถึงโหมดตามยาว จะกล่าวถึงความถี่เรโซแนนซ์ที่เกี่ยวข้องกับโหมดตามยาวแทน ดังนั้นความถี่ของโหมดตามยาวจะมีค่าเป็น

$$V = c/\lambda = c/(2L/q) = q(c/2L)$$

ดังนั้นแต่ละแอมพลิจูดโหมดจะมีความถี่ V_q เป็น

$$V_q = q(c/2L)$$

ซึ่ง V_q จะเป็นความถี่เรโซแนนซ์ของหลอดเลเซอร์

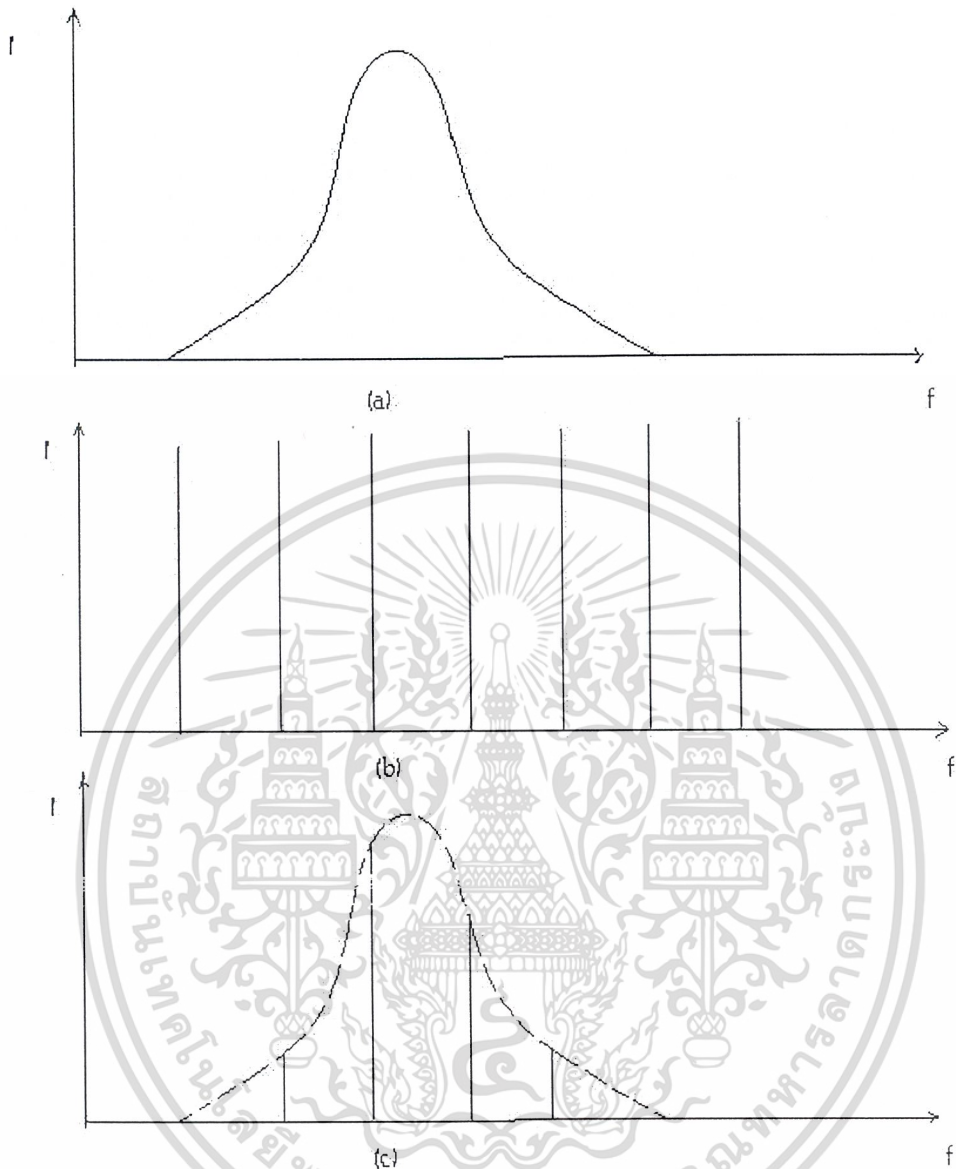
เนื่องจากความถี่เรโซแนนซ์ของเลเซอร์ค่าใดค่านั้นมีหลายค่าและมีระยะทางเท่าๆ กันจะได้ระยะห่างระหว่างความถี่เป็น

$$\Delta V = V_{q+1} - V_q = (q+1)(c/2L) - (c/2L)$$

$$\Delta V = c/2L$$

เป็นที่น่าสังเกตว่า ΔV ขึ้นกับค่า L ซึ่งเป็นระยะทางระหว่างกระจก M_1 และ M_2

และ ΔV ไม่ขึ้นกับค่า q อีกด้วย



รูปที่ 2.4 แสดงการเกิดสเปกตรัมของเลเซอร์ (laser output) อันเนื่องมาจากการรวมเลเซอร์ไลน์เซฟ (laser transit lineshape) และแอ็กเซียลควิตี้โหมด

2.3.2 ลองกิตูดินัล- โหมดตามขวาง (Longitudinal – Transverse Modes)

เนื่องจากออปติคัลเรโซเนเตอร์ของระบบเลเซอร์ประกอบด้วยกระจก M_1 และ M_2 ซึ่งอยู่ห่างกันเป็นระยะทาง L ดังนั้นเรโซเนเตอร์ จึงมี 3 มิติ ผลรวมในการเกิดเรโซเนเตอร์ของออปติคัลเรโซเนเตอร์นั้นประกอบด้วย โหมดตามยาวและโหมดตามขวาง ซึ่งเรียกรวมเป็น ลองกิตูดินัล-โหมดตามขวาง (Longitudinal-Transverse Mode) พบว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่เรโซเนเตอร์ของเลเซอร์ควิตี จะขึ้นกับจำนวนเต็ม 3 จำนวน คือ m, n, q และเขียนได้เป็น V_{mnq}

$$V_{mnq} = \left[q + (m+n+1) \frac{\cos^{-1} \sqrt{g_1 g_2}}{\pi} \right] \frac{C}{2L}$$

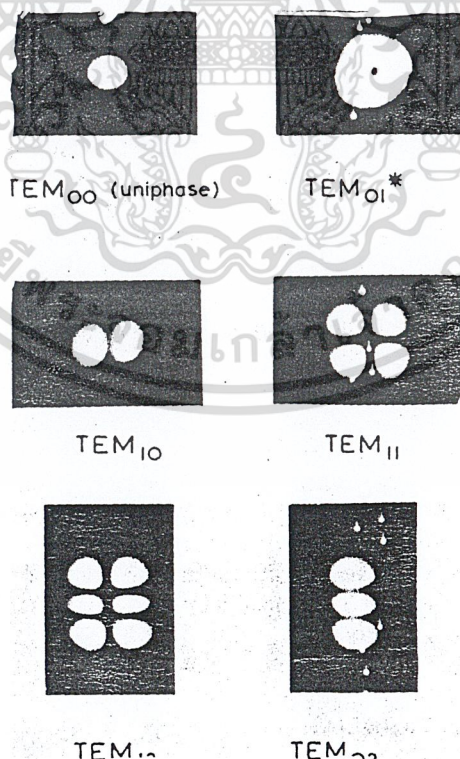
เมื่อ m, n, q เป็นเลขจำนวนเต็ม g_1, g_2 เป็นพารามิเตอร์ของประจำ M_1, M_2 ในกรณีที $g_1 = g_2$ และ $L/R \ll 1$ สมการจะเปลี่ยนเป็น

$$V_{mnq} \approx \left[q + \frac{(m+n+1) \sqrt{2L}}{\pi R} \right] \frac{C}{2L}$$

โดย q เป็นตัวเลขจำนวนเต็มเกี่ยวข้องกับโหมดตามยาว

m, n เป็นตัวเลขจำนวนเต็มเกี่ยวข้องกับโหมดตามขวาง

ดังนั้นค่าโหมด (modes) ต่าง ๆ ของเลเซอร์ที่ออกมาจะเขียนได้เป็น TEM_{mnq} โดยที่ TEM ย่อมาจาก Transverse Electro – Magnetic เนื่องจาก q มีค่ามาก ดังนั้นในทางปฏิบัติจะเขียน TEM_{mn} แทน TEM_{mnq} และจะใช้แต่เพียงตัวเลข m และ n การกระจายของพลังงานของแสงเลเซอร์ที่ออกมาเนื่องจากมีโหมดแตกต่างกันรูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของลำแสงเลเซอร์ที่ออกมาในกรณีที m และ n ต่างๆ กันไป



รูปที่ 2.5 ลักษณะของลำแสงเลเซอร์ที่ออกมา (laser output) TEM_{mn}
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การพัฒนาโหมดตามขวาง

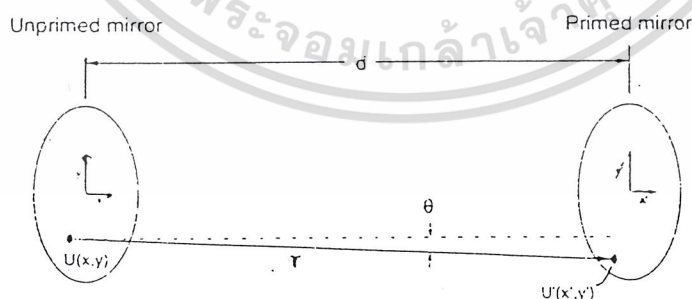
2.4.1 การพัฒนาโหมดตามขวางในควาติด้วยกระจกระนาบขนาน

พิจารณากระจกกลมขนาด 2 แผ่นมีระยะห่างเป็น d แสดงดังรูปที่ 2.6 จะพิจารณาการกระจายของแสงเริ่มต้นที่ตำแหน่งใดๆ บนกระจกแรก แผ่รังสีตรงไปยังอีกแผ่นและจากนั้นสะท้อนกลับมาที่จุดๆ หนึ่งบนกระจกแรก ที่สภาวะคงตัว (steady state) “โหมด” ถูกพัฒนาการกระจายแอมพลิจูดของแสงบนกระจกแรกต้องมีที่ว่างทรานสเวิร์สเหมือนกัน ขึ้นอยู่กับที่กระจกอื่นที่สองด้วย ดังนั้นจะพิจารณาฟังก์ชันจุดกำเนิด $U(x,y)$ ที่จุด (x,y) บนกระจกอีกอันโดยที่ผลรวมของการกระจายของการแผ่รังสีจากทุกๆ จุดที่ออกจากกระจกอันแรกเดินทางมาถึงตำแหน่ง (x,y) บนกระจกอื่น 2 จุดกำเนิดนี้อยู่ (x',y') ก็จะแผ่รังสีกลับไปที่กระจกอันแรกที่อยู่ใดๆ (x',y') โดยมีฟังก์ชันแอมพลิจูด $U'(x',y')$ บนกระจกนั้น หลังจากเดินทางด้วยระยะทาง r

$$r = \left(d^2 + (x' - x)^2 + (y' - y)^2 \right)^{1/2} \quad (1)$$

และ θ เป็นมุมระหว่าง d กับ r

การอธิบายการกระจายของการแผ่รังสี $U'(x',y')$ ของกระจกแรกเพราะผลของการแผ่รังสี $U(x,y)$ ของกระจกสอง (ที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจนจากการแผ่รังสีจากกระจกแรก) โดยการนำสูตรของ Fresnel – Kirchhoff มาใช้ถ้ากระจกทั้งสองวางดังรูป 2.6 สำหรับกระจกระนาบภาพที่ได้จากกระจก 2 บานเป็นรูปที่เกิดขึ้นของช่องว่างของกระจกทั้งสอง แต่ละช่องว่างห่างระยะ d จากขอบบนการช่องว่างกระจกแสดงดังรูปที่ 2.7



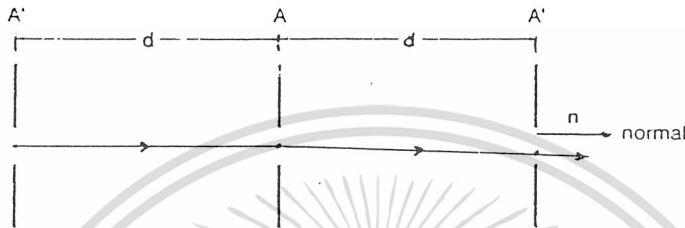
รูปที่ 2.6 กระจกกลมคู่ขนานให้เป็นช่องว่างเมื่อใช้สูตร Fresnel – Kirchhoff

กับเลเซอร์ควาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการกระจาย $U'(x', y')$ ที่ช่องว่างกระจกแรก เป็นผลจากการกระจาย $U(x, y)$ ที่ช่องว่างกระจกอีกอันจะได้ สมการสำหรับสถานการณ์นี้

$$U'(x', y') = -\frac{ik}{4\pi} \iint_A U(x, y) \frac{e^{ikr}}{r} (\cos\theta + 1) dx dy \quad (2)$$



รูปที่ 2.7 ความเท่ากันของช่องว่างของกระจกทั้งสองที่สะท้อนในหลอดเลเซอร์

ที่ $U'(x', y')$ เป็นฟังก์ชันแอมพลิจูดที่กระจกแรกบนรูป 2.6 เป็นผลมาจากการแผ่รังสี จากกระจกสองที่กลับมาเกิดกับกระจกแรกของรูป ในกรณีนี้ใช้สมการ (2) แหล่งกำเนิดถูกสมมติให้เป็นสมมาตรกับช่องว่างแรก และ $\cos(n, r) = \cos\theta$

การหาผลเฉลยสำหรับในกรณีที่แสงกลับไปกลับมาระหว่างกระจกหลาย ๆ ครั้ง ดังนั้น จะหาฟังก์ชันอธิบายแสงที่เกิดขึ้นที่กระจกซ้าย (ไม่ใช่กระจกแรก) ของรูป 2.6 และส่งผ่านไปทางด้านขวา โดยไม่เปลี่ยนรูปร่างทอรัสของฟังก์ชันแอมพลิจูด ความเท่ากันนี้ในรูป 2.7 แสดงออกจากช่องว่างซ้าย A' ผ่านไปช่องว่างอีกอัน A และมาที่ช่องว่างขวา A' โดยไม่เปลี่ยนรูปร่าง (ถึงแม้ว่า ลดค่าแฟกเตอร์ γ) ทำให้เป็นสถานการณ์ที่เหมาะสมของตัว ขยายเลเซอร์ ดังนั้น เพียงฟังก์ชันที่ทำซ้ำจะนำสู่สถานะ steady state ภายในตัวขยาย ต้องรวมถึงความเป็นไปได้ ของการลดแอมพลิจูดที่ทุกค่า x' และ y' ซึ่งอธิบายได้ด้วยการเลี้ยวเบน การลดแอมพลิจูดและการสูญเสียการสะท้อนของกระจก การดูดซึมและการกระจายเกิดขึ้นโดยอัตราขยายของตัวขยายเลเซอร์

ดังนั้นถ้าต้องการผลเฉลย 2 ฟังก์ชันที่สัมพันธ์กัน คือ U' และ U ตาม ($U' \propto U$)

ทุก ๆ จุด (x', y') บนกระจกแรก สามารถอธิบายโดยใช้ค่าคงที่ γ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ทวงถามไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษามาก่อน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$U'(x', y') = \gamma U(x', y') = \iint U(x, y) K(x, y, x', y') dx dy \quad (3)$$

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ (3) เป็นสมการอินทิกรัล U โดย K เป็น kernel ของสมการ และ γ เป็นค่าแกน ค่า γ ในการวิเคราะห์นี้ไม่สัมพันธ์กับ γ ในส่วนอธิบายถึงอัตราการคายประจุ ใช้ γ นี้เป็นองค์ประกอบของการอธิบายทฤษฎีในเรื่องนี้

มีค่าผลเฉลย U_n และ γ_n ในสมการ (3) แต่ละชุดเกี่ยวข้องกับค่าเฉพาะ n ที่ n สามารถเป็นค่า $n = 1, 2, 3, \dots$ ผลเฉลยนี้เป็นของโหนดปกติของเรโซเนเตอร์ถูกอ้างถึงเป็น ทรานเวอร์สโหนด แทนการกระจาย แอมพลิจูดของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในทิศทางตามขวางกับการแพร่ของลำแสงเลเซอร์ภายในเรโซเนเตอร์

โดยจะอธิบาย γ ด้วยแอมพลิจูดและเฟสเฟกเตอร์

ที่ $| \gamma_m |$ เป็นอัตราส่วนของการกระจายแอมพลิจูดหลังจากผ่านเรียบร้อยแล้ว 2 ครั้ง
จากกระจกอันแรกไปอีกอันถัดไป และ ϕ_m แทนเฟสที่เลื่อนไปได้พลังงานที่สูญเสียต่อ
พลังงานที่ส่งผ่าน จะมีค่าเป็น

ที่ $|\gamma_n|^2$ แทนกำลังสองของแอมพลิจูดของสนามหรือความเข้มของการแผ่รังสี ผลเฉลยของสมการ (2) ได้จากการประมาณโดย kernel

ที่ C และ k_1 คงที่ ตอนสามารถเขียนสมการ (3) ใหม่เป็น

ในสมการนี้มันจะเห็นว่า $U(x,y)$ เป็นฟูเรียร์ทรานฟอร์ม ผลเฉลยที่ง่ายที่สุดของฟังก์ชันเป็นฟังก์ชัน Gaussian

เมื่อ w เป็นสเกลลิ่งที่ และ $\rho^2 = x^2 + y^2$ เป็นระยะทางรัศมีกับตำแหน่งบนกระจก จากจุดศูนย์กลางบนกระจก ฟังก์ชัน $U(x,y)$ นี้ให้การกระจายต่าง ๆ ของแอมพลิจูดสนามไฟฟ้าบนกระจกที่ตำแหน่ง (x,y) การอธิบาย Gaussian (สมการที่ 9) การกระจายสมมาตร ที่ลดระยะ ρ จากจุดศูนย์กลางของกระจก ($\rho=0$) เทอม w ในการอธิบายนี้แทนค่า ρ ที่แอมพลิจูดสนามไฟฟ้าลดลงถึงค่าของ $1/e$ จากจุดศูนย์กลางของกระจกหรือค่าของที่ค่า ρ ความเข้มของลำแสงลดลงเป็น $1/e^2 = 0.86$ ของค่าที่ศูนย์กลางกระจก (เพราะความเข้มเป็นค่าสัมบูรณ์กำลังสองของแอมพลิจูดสนาม)

ฟังก์ชันที่เป็นการแปลงฟูเรียร์สามารถเขียนให้ปกติทั่วไปเป็นผลลัพธ์ของ

Hermite Polynomial และการกระจาย Gaussian ของสมการ (9)

$$U_{pq}(x, y) = H_p\left(\frac{\sqrt{2}x}{w}\right) H_q\left(\frac{\sqrt{2}y}{w}\right) e^{-(x^2+y^2)/w^2} \quad (10)$$

ในผลเฉลยนี้ p และ q เป็นจำนวนเต็มที่ทำให้เป็นอันดับของ Hermite Polynomial ดังนั้น ทุก ๆ ชุดของ (p, q) แทนการกระจายที่เหมาะสมของแอมพลิจูดที่กระจกอันหนึ่ง หรือโหมดตามขวางเฉพาะของควิตีที่ผนังเปิด สามารถใช้ Hermite Polynomial ดังนี้

$$H_0(u) = 1, H_1(u) = 2u, H_2(u) = 2(2u^2 - 1)$$

$$H_m(u) = (-1)^m e^{u^2} \frac{d^m}{du^m} (e^{-u^2}) \quad (11)$$

u เป็นเทอมหนึ่งหรือเทอมอื่น ๆ ของเทอม $\sqrt{2x/w}$ หรือ $\sqrt{2y/w}$ จาก สมการ (10) ให้การกระจายโหมดตามขวางเป็น TEM_{pq} ที่ TEM เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าตามขวาง โหมดอันดับที่ต่ำสุดเป็น TEM_{00} ดังนั้น โหมดสามารถถูกเขียนเป็น TEM_{npq} ที่ n เป็นเลข ลองกิวดินัลโหมด เพราะเลขลองกิวดินัลโหมดปกติจะใหญ่มากสำหรับความถี่แสง ปกติไม่ต้องเขียนก็ได้ ยกตัวอย่างสำหรับแก๊สเลเซอร์ที่แยกระจก $d = 0.5m$ กระทำที่ ความยาวคลื่นสีเขียว 500 nm จะมี $n = 2dv/c = 2d/\lambda = 2 \cdot 0.5m / 5 \cdot 10^{-7} m = 2 \cdot 10^6$ ที่ สมมุติ $\eta \approx 1$ สำหรับแก๊สเลเซอร์ จึงไม่เหมาะที่จะรวมเลขลองกิวดินัลไว้ใน TEM

2.4.2 ทรานเวอร์สโหมดโดยใช้กระจกโค้ง

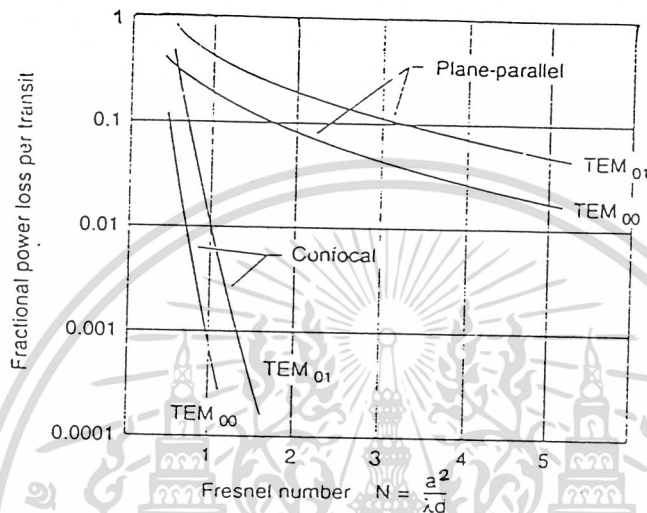
แม้ทรานเวอร์สโหมดที่ได้ศึกษามาแล้วนั้นพิจารณากระจกระนาบคู่ขนานที่อยู่ ตอนปลายทั้งสองของตัวขยายเลเซอร์ อย่างไรก็ตามการใช้กระจกโค้งหรือกระจกรูปวงกลม ถูกพิจารณาต่อมาในการพัฒนาเลเซอร์ควิตี การวิเคราะห์ก็เป็นคล้ายกับที่ผ่านมาโดยใช้ ลำแสงเลเซอร์อยู่ระหว่างกระจกโค้ง การใช้กระจกโค้งทำให้คิดว่าลำแสงถูกโฟกัสหลังจาก แต่ละการสะท้อนจากนั้นค่าของแอมพลิจูดลำแสงใกล้เคียงขอบของกระจกจะถูกทำให้ลดลง ดังนั้นการลดลงของแอมพลิจูดลำแสงขึ้นอยู่กับการสูญเสียการเลี้ยวเบน

การวิเคราะห์ถูกสร้างมาเพื่อเปรียบเทียบการสูญเสียจากการเลี้ยวเบนสำหรับทั้ง กระจกระนาบคู่ขนานและกระจกโค้ง Fresnel number หรือ confocal parameter $N = a^2 / \lambda d$ ถูกใช้โดยที่ a เป็นรัศมีของกระจก (หรือการจำกัดที่กระจก) λ เป็นความยาวคลื่น เลเซอร์ และ d เป็นระยะแยกห่างของกระจก สำหรับควิตีที่เป็นกระจกระนาบคู่ขนาน การสูญเสียของการเลี้ยวเบน อธิบายเป็นอัตราเศษส่วนของกำลังที่สูญเสียต่อที่ผ่านไปทั้ง

เรโซเนเตอร์ แสดงในรูปที่ 2.8 พล็อตระหว่างเลข fresnel (N) ของ TEM_{00} และ TEM_{01} ดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
นั้นแสดงว่าเป็นกราฟของการสูญเสียกับที่ผ่านควิตีทั้งหมด (กระจกโค้งเป็น confocal
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cavity) โดยรัศมีความโค้งของกระจกเพียงพอกับระยะแยกห่างของกระจก d กรณีนี้การสูญเสียจากการเลี้ยวเบนจะเห็นว่าต่ำกว่าในเรโซเนเตอร์กระจกกระนาบคู่ขนาน โดยเฉพาะสำหรับค่า Q ที่เลข Fresnel ใหญ่กว่า ดังนั้นผลที่ออกมา กระจกเลเซอร์ ตอนที่ี้ใช้จะมี ความโค้งกว่ากระจกกระนาบมากไปกว่านั้นความเป็นเส้นตรงของกระจกโค้งจะมากกว่า กระจกกระนาบคู่ขนาน



รูปที่ 2.8 เศษส่วนของกำลังที่สูญเสียต่อการส่งผ่านกับเลข Fresnel ของเลเซอร์ควิตี้

2.4.3 การกระจายที่ว่างของโหมดตามขวาง

สนามไฟฟ้าตามขวางของโหมดของกระจกเลเซอร์ ที่อธิบายได้ด้วยผลลัพธ์ของ Hermite polynomial และฟังก์ชันพื้นฐานของ Gaussian อธิบายใน(สมการที่ 10) ถ้าไม่มีการแผ่รังสี การสูญเสียไม่สมมาตรควิตี้ เช่นที่เป็นโดยมุม บริวสเตอร์ (Brewster) จากนั้นลำแสงเลเซอร์ที่จะพัฒนาภายในควิตี้เป็นวงกลมสมมาตรและโหมดจะเป็นแบบรูปร่างค่อนข้างกลม การกระจายโหมดตามขวางของกระจกโค้งจะใกล้เคียงกับที่กระจกกระนาบคู่ขนาน จะใช้การกระจายที่ได้ใน (สมการ 10) และ (11) ทั้งสองกรณี

2.44 ความถี่ของโหมดตามขวาง

ที่ผ่านมาได้อธิบายว่าลองกitudinal โหมดเพราะเป็นโหมดที่มีส่วนทางแสงเหมือนกันภายในควิตี้ แต่ความถี่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับเลขโหมด n ความแตกต่างของทวิภาค — โยชนด้านการค้า
ไม่ว่าเวอร์ตโหมด คือ โหมดที่มีทั้งเหมือนหรือต่างกันของค่า n (เลขเดียวกันกับลองกitudinal โหมด) การนำไปใช้

แต่ p หรือ (และ) q ซึ่งมีความแตกต่างกันทางแสงความยาว d กับมุมแตกต่างของการกระจายแอมพลิจูดภายในควิตีตามการกระจายทรานเวอร์สโหมดในสมการ (10) โหมดจำนวนมากมักจะมีค่าความถี่ที่ต่างกัน เพราะค่า d ที่ต่างกัน ปกติความแตกต่างของความถี่ระหว่างลองกิวตินัลโหมดใหญ่กว่าความแตกต่างของความถี่ของทรานสเวอร์สโหมด อย่างไรก็ตาม ในควิตีที่มี กระจก 2 บานนั้น คลื่นนิ่งก็จะเกิดขึ้นเสมอที่นำสู่ลองกิวตินัลโหมด ดังนั้นทุก ๆ ทรานสเวอร์สโหมด ถ้าตรวจสอบในโดเมนความถี่ จะพบว่าประกอบด้วย 1 ลองกิวตินัลโหมดหรือมากกว่านั้น ขึ้นอยู่กับค่า d ระหว่างกระจกและอัตราขยายแบน – วิดท์ของเลเซอร์ด้วย ตัวอย่าง ของทรานสเวอร์สโหมดที่แตกต่างกัน 2 โหมด มีความถี่ที่แตกต่างกันแสดงดังรูป 2.9 ที่ 2 ทรานสเวอร์สโหมดมีส่วนของความยาวที่แตกต่างกันภายในควิตี โหมด off-gain ไม่คำนึงถึงว่าทรานสเวอร์สไม่ได้จำเป็นตามส่วนของเส้นตรงระหว่างกระจกดังแสดงดังรูป ยกตัวอย่าง TEM_{11} การกระจายโหมดตามการเดินทางส่วนโค้งระหว่างกระจก

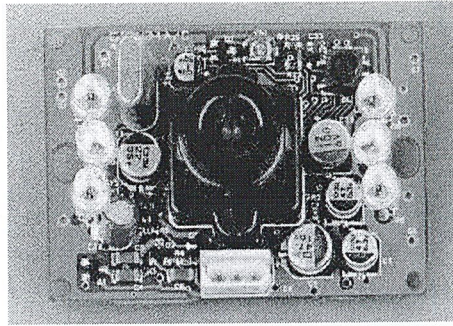


รูปที่ 2.9 แสดงทรานสเวอร์สโหมดสองโหมดและส่วนของความยาว
กว่าของ off – exit mode

2.5 อุปกรณ์รับแสง Charge Coupler Device (CCD)

CCD เป็นอุปกรณ์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการเป็นตัวรับแสงเลเซอร์ซึ่งอุปกรณ์ชิ้นนี้
ชื่อมาเป็นอุปกรณ์สำเร็จรูป

เนื่องจากลำแสงเลเซอร์มีขนาดเล็กและมีความเข้มสูงมาก จึงต้องถอดเลนส์หน้า
กล้อง CCD ออก พร้อมกับใส่ฟิลเตอร์เพื่อกรองความเข้มของแสงเลเซอร์ให้น้อยลง
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ก็ตาม



รูปที่ 2.10 อุปกรณ์ CCD

CCD (Charge Coupled Device) เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่ทำงานเหมือนกับชิพที่เรจิสเตอร์ที่ใช้ในการเลื่อนประจุ มีโครงสร้างดังแสดงในรูป 2.11 บนแผ่นฐานสารกึ่งตัวนำจะมีชั้นฉนวน และบนชั้นฉนวนจะมีโลหะเป็นขั้วไฟฟ้าเรียงต่อกัน เป็นตัว MOS-FET หลาย ๆ ตัวต่อกับตัวเก็บประจุ

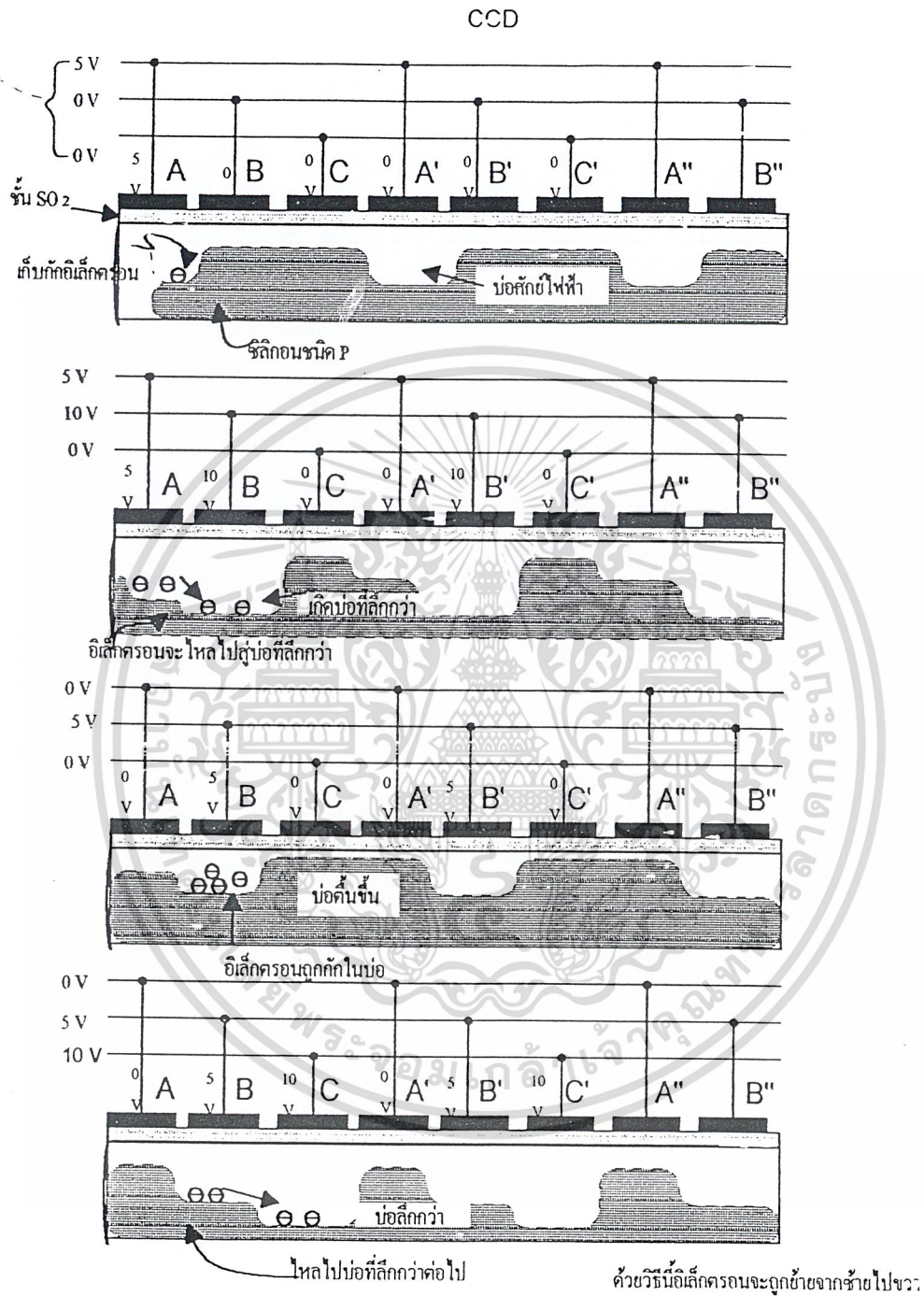
ตามตัวอย่างในรูป บนแผ่นฐานซิลิกอนชนิด P จะสร้างชั้น SiO_2 และฉาบผิวด้วยไฮโดรอะลูมิเนียมเพื่อสร้างแผ่นขั้วไฟฟ้า A, B และ C 3 ชุดเรียงกันไป แผ่นขั้ว A, A', A'', B, B', B'', C, C', C'' จะเชื่อมถึงกันและต่อกับสัญญาณพัลส์ 3 เฟส

ครั้งแรกดูตามรูปที่ 2.11 เมื่อมีพัลส์เข้าที่ขั้ว A, A' และ A'' แรงดัน 5 V จะปรากฏที่ขั้วไฟเหล่านั้น แรงดันนี้จะผลักให้โฮลในชั้น P ให้ออกไปจากบริเวณใกล้ ๆ ขั้วไฟฟ้านั้นเกิดเป็นบริเวณที่ปราศจากประจุ คือ depletion layer บริเวณนี้จะมีคุณสมบัติเหมือนบ่อศักย์ไฟฟ้า (Potential Well) ที่สามารถเก็บกักอิเล็กตรอนที่ถูกฉีดเข้ามาในบริเวณนี้ ไม่ว่าอิเล็กตรอนนั้นจะมาจากภายนอกหรือจากผลของแสงก็ตาม

ต่อมาในรูป (2) เมื่อมีพัลส์ที่แผ่นขั้ว B, B' และ B'' เป็นพัลส์ที่มีแรงดันสูงกว่า A ก็จะเกิดเป็นบริเวณที่ปราศจากประจุสูงกว่าที่เกิดที่ขั้ว A ทำให้อิเล็กตรอนที่ถูกกักไว้ในบริเวณใต้แผ่นขั้ว B เป็นการโยกย้ายอิเล็กตรอนไปสู่บริเวณที่มีศักย์สูงกว่า ต่อไปสัญญาณพัลส์จากรูป (3) จะเหลือแต่ที่ขั้ว B ส่วนที่ขั้ว A จะหายไป บริเวณที่ปราศจากประจุใต้แผ่นขั้ว B จะต่ำลง แต่ก็ยังคงกักอิเล็กตรอนทั้งหมดอยู่ในบริเวณนี้

ในรูปที่ (4) สัญญาณพัลส์จะปรากฏที่ขั้ว C เหมือนกรณีแรก คือมีแรงดันสูงกว่าที่ขั้ว B ก็จะดูดอิเล็กตรอนที่อยู่ใต้ขั้ว B ให้มาอยู่ใต้ขั้ว C ทั้งหมด

ฟิล์ม 3 เฟส



รูปที่ 2.11 แสดงการเกิด Charge Coupled Device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าทำให้ CCD เป็นตัวรับแสง แสงที่ตกกระทบก็จะสร้างประจุตามความเข้มของแสง ประจุเหล่านี้สามารถเคลื่อนออกไปเป็นสัญญาณออกได้ตามหลักการทำงานของ CCD ภาครับแสง และ ภาคลื่อนข้อมูลนี้จะแยกตัวจาก CCD เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาของแสงที่เข้ามาซึ่งจะมีผลต่อประจุภายในขณะที่ถูกเลื่อน

2.5.1 แบบส่งทั้งเฟรม (Frame Transfer)

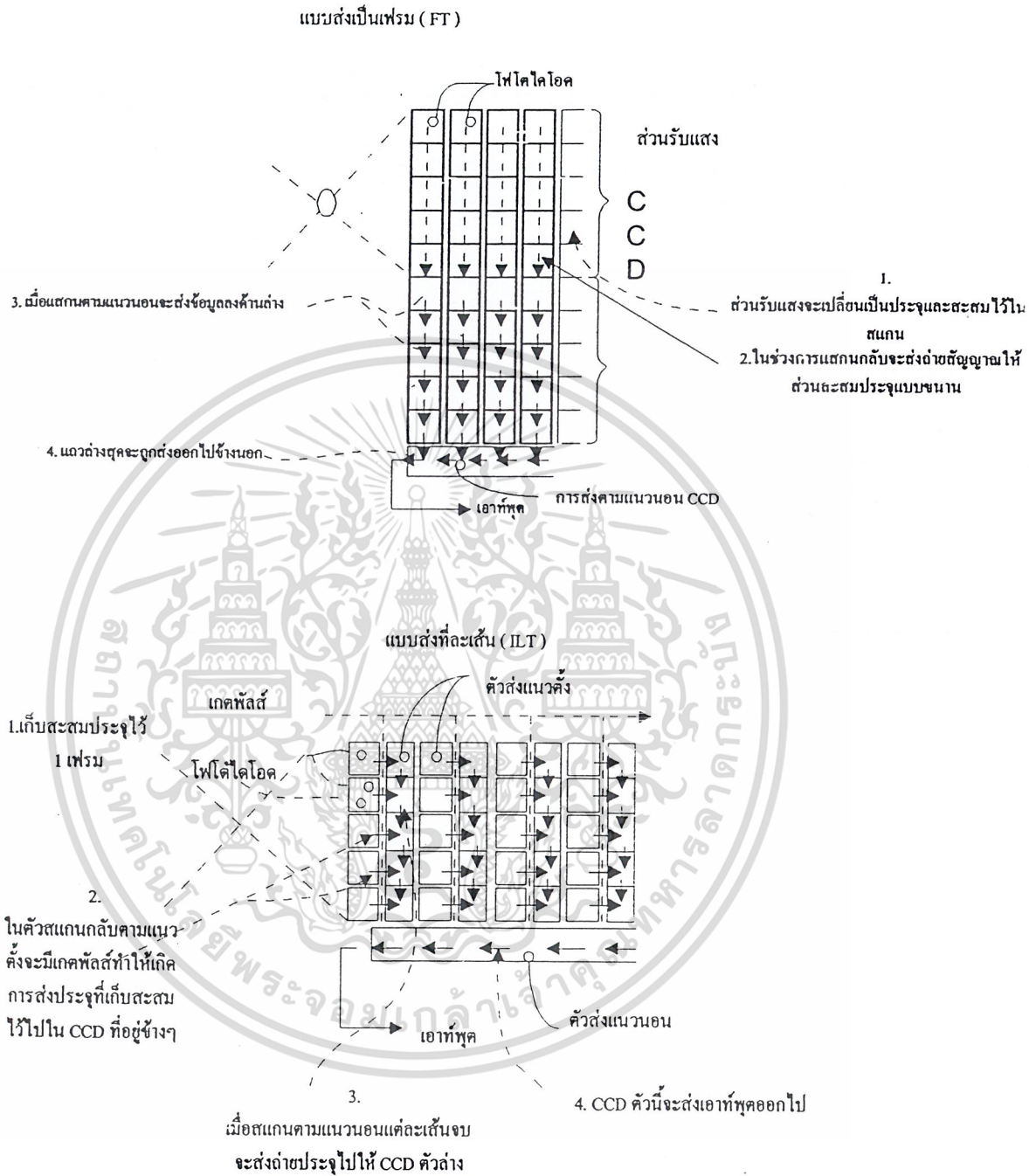
CCD แบบนี้จะมีอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนที่มีตัวรับแสง และส่วนที่เก็บสะสมประจุโดยส่วนที่เก็บสะสมประจุนี้จะเป็นส่วนที่ไม่โดนแสง

การสแกนสัญญาณภาพ 1 จอภาพเรียกว่า 1 เฟรม (frame) ส่วนรับแสงจะสร้างประจุจากแสงและยังคงเก็บสะสมประจุนั้นไว้เมื่อจบการสแกนในเฟรม และจะเริ่มสแกนใหม่จากด้านบนซ้ายของจอภาพ ในช่วงนั้นจะส่งถ่ายประจุที่เก็บสะสมไว้ในส่วนรับแสงให้กับส่วนเก็บประจุพร้อมกันทีเดียวทุกเซลล์ในส่วนเก็บประจุสะสม จะเลื่อนประจุออกไปเป็นสัญญาณออกทีละแถว โดยเริ่มจากแถวล่างสุด เมื่อเลื่อนจบหนึ่งแถว ประจุจากแถวบนจะเลื่อนมาที่แถวล่างถัดไป แถวล่างก็จะถูกเลื่อนไปเป็นสัญญาณออกเป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ จนหมดทุกแถว หรือหนึ่งจอภาพ

2.5.2 แบบเลื่อนส่งทีละแถว (Interline Transfer)

แบบนี้จะใช้โฟโตไดโอดเป็นตัวรับแสง และ จับคู่กับ CCD ที่อยู่ข้าง ๆ เมื่อโฟโตไดโอดเปลี่ยนแสงเป็นประจุก็จะเก็บสะสมประจุไว้ในช่วง 1 เฟรม เมื่อจบเฟรมการสแกนก็จะวิ่งกลับจากจุดล่างสุดมาจุดบนสุด ช่วงนี้คือช่วงสแกนกลับในแนวตั้งในช่วงนี้จะมีพัลส์เพื่อส่งถ่ายประจุไปให้ CCD ที่อยู่ข้าง ๆ

CCD ตัวล่างสุดจะส่งสัญญาณออกโดยการเลื่อนประจุออกทางแนวนอน เมื่อจบการเลื่อนหนึ่งเส้นก็จะเลื่อนประจุจาก CCD ด้านบนลงมาด้านล่างทีละแถว



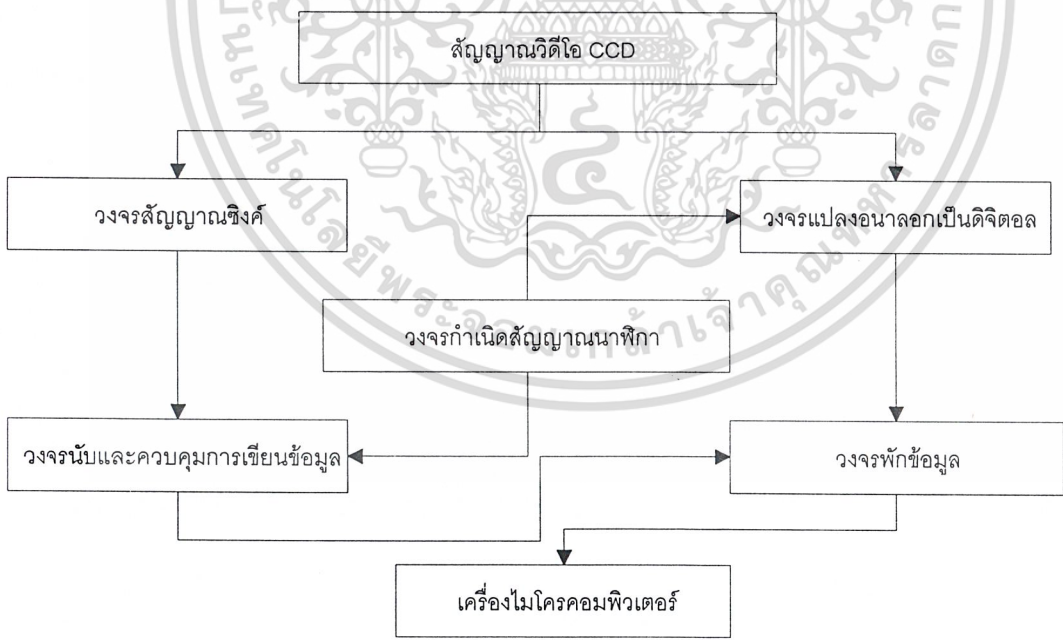
รูปที่ 2.12 แสดงแบบการส่งเป็นเฟรม และแบบส่งทีละแถว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CCD ที่นำมาใช้นั้นเป็น CCD ซึ่งจะให้สัญญาณวิดีโอออกมาซึ่งสัญญาณนี้เปลี่ยนสัญญาณของภาพของลำแสงเลเซอร์ที่ต้องการแต่เนื่องจากสัญญาณวิดีโอเป็นสัญญาณอนาลอกจึงจำเป็นต้องมีวงจรซึ่งสามารถแปลงสัญญาณนี้เป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ในคอมพิวเตอร์ต่อไป

2.6 อุปกรณ์แปลงสัญญาณวิดีโอเพื่อส่งเข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

เมื่อได้รับสัญญาณวิดีโอจากอุปกรณ์รับแสง CCD แล้วการที่จะสามารถนำสัญญาณที่ได้ไปแสดงบนจอภาพของไมโครคอมพิวเตอร์นั้นจำเป็นที่จะต้องมียุทธวิธีทำการแปลงสัญญาณอนาลอก(สัญญาณวิดีโอ) เป็นสัญญาณดิจิทัล(สัญญาณที่ส่งให้เครื่องรับรู้) ซึ่งก็คือ การควิตีโอ โดยการทำงานของการควิตีโอ นั้นมีแผนผังการทำงานทั้งหมดสรุปดังรูป ซึ่งการทำงานจะเริ่มขึ้นที่ส่วนของวงจรแยกสัญญาณซึ่งจะทำหน้าที่แยกสัญญาณซึ่งค้อออกจากสัญญาณวิดีโอ เพื่อใช้ในการควบคุมการแปลงสัญญาณของวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิทัล การเก็บข้อมูลของวงจรพักข้อมูลซึ่งในส่วนของวงจรพักนี้จะอาศัยวงจรนับช่วยในการควบคุมการนับแอดเดรสของหน่วยความจำ และจะไปสิ้นสุดที่ตัวคอนเน็คเตอร์ซึ่งจะเป็นสายส่งสัญญาณไปคอมพิวเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 2.13 ให้แผนภาพแสดงการแปลงสัญญาณวิดีโอเพื่อส่งให้เครื่องไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งคอมพิวเตอร์ ปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ทฤษฎีกราฟฟิบบิตแมป (Graphic Bitmap Theory)

บิตแมป (bitmap) แปลตรงๆว่า “แผนที่ข้อมูล” คือจุดสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ หลาย ๆ จุด ประกอบกันอยู่ในสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดใหญ่ (เรียกว่า กริด) โดยจะมีพิกัดตำแหน่งเป็นของตัวเองภายในสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ จะมีลักษณะการเก็บข้อมูล พิกัดที่ (1,1) คือสีดำ พิกัด (1,2) คือสีขาว พิกัด (1,3) คือ สีดำหรือสีใดสีหนึ่ง ดังนั้นภาพบิตแมปจึงเกิดจากโครงสร้างดังกล่าวข้างต้น

2.7.1 คุณลักษณะของกราฟฟิบบิตแมป

โดยทั่วไปบิตแมปจะมีคุณลักษณะพื้นฐานอยู่ 4 ลักษณะ คือ

- มิติ (Dimension)
- ความละเอียด (Resolution)
- สีของภาพ (bit depth)
- แบบจำลองสี (colour model)

BMP: Windows Device Independent Bitmap

ข้อมูลจำเพาะ

ชื่อ

Windows Bitmap

นามสกุลของไฟล์ภายใต้ระบบดอส

BMP หรือ DIB

ชนิดของรูปแบบ

บิตแมป

เวอร์ชัน

ไมโครซอฟวินโดวส์เวอร์ชัน 3.x,
โอเอส/ทู(OS/2)

การแปรเปลี่ยน

ไฟล์ BMP ของวินโดวส์ และ โอเอส/ทู
มีโครงสร้างของไฟล์ต่างกันแต่
โปรแกรมเกือบทั้งหมดสามารถที่จะอ่าน
ได้ทั้งสองรูปแบบ

ซอฟต์แวร์ที่สามารถเปิด
หรืออิมพอร์ตไฟล์ BMP

โปรแกรมบนวินโดวส์ทั้งหมดที่สามารถ
ใช้งานบิตแมปได้

ความสามารถทางด้านสี

2 สี 16 สี 256 สี หรือ 16.7 ล้านสี

การบีบขนาดข้อมูล

RLE บางครั้งถูกใช้สำหรับภาพแบบ
4 บิตและแบบ 8 บิต

2.7.2 ข้อมูลบิตแมป

ข้อมูลสำหรับแต่ละพิกเซลที่ใช้จำนวนบิตในการเก็บ แบบ 1 บิต 4 บิต หรือ 8 บิต
จะใช้เป็นตัวชี้ (index) ที่จานสี (Colour palette) แต่สำหรับการเก็บแบบ 24 บิต จะเก็บ
ข้อมูลของสี (RGB) โดยตรง พิกเซลในบิตแมป บันทึกโดยเริ่มจากมุมล่างซ้ายของภาพ
และจากซ้ายไปขวา และล่างไปบน

2.7.3 ส่วนหัวของไฟล์ (Header File)

ส่วนหัวของไฟล์แบบ บีเอ็มพี (BMP) บรรจุข้อมูลเกี่ยวกับชนิด และขนาดของไฟล์
รวมทั้งผังข้อมูลของไฟล์ โดยใช้เนื้อที่เก็บจำนวน 14 ไบต์ (Bytes)

โครงสร้างของส่วนหัวของไฟล์บิตแมปแบบ บีเอ็มพี

ฟิลด์ (field)

คำอธิบาย

bfType

ชนิดของไฟล์ เป็นตัวอักษรแอสกี (ASCII)
“BM” มีค่าเท่ากับ 19778

bfSize

ขนาดของไฟล์

bfReserved1

ฟิลด์ที่ถูกสงวนไว้1 ต้องตั้งค่าเป็น 0

bfReserved2

ฟิลด์ที่ถูกสงวนไว้2 ต้องตั้งค่าเป็น 0

bfOffBits

ระบุออฟเซตของไฟล์สำหรับจุดเริ่มต้นของข้อมูล
บิตแมป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 ส่วนหัวของข้อมูล (Header Information)

โครงสร้างข้อมูลบิตแมป ซึ่งกำหนดขนาดมิติ และข้อมูลของสี

โครงสร้างส่วนหัวของข้อมูลบิตแมปแบบ บีเอ็มพี

biSize	ขนาดของข้อมูลบิตแมป (BITMAPINFO) (40 ไบต์)
biWidth	ความกว้างของบิตแมป ในหน่วยพิกเซล
biHeight	ความสูงของบิตแมป ในหน่วยพิกเซล
biPlanes	ระนาบของภาพ (1)
biBitCount	จำนวนบิตต่อพิกเซล (1 4 8 หรือ 24)
biCompression	การบีบขนาดที่ใช้
biSizeImage	ขนาดของภาพ มีหน่วยเป็นจำนวนไบต์
biXPelsPerMeter	ความละเอียดตามแนวขวางในหน่วยพิกเซล ต่อเมตร
biYPelsPerMeter	ความละเอียดตามแนวตั้งในหน่วยพิกเซล ต่อเมตร
biClrUsed	จำนวนของตัวชี้สี (index) ในตารางสี
biClrImportant	จำนวนของตัวชี้สีที่ถูกพิจารณาว่ามีความสำคัญ ในการแสดงภาพ

2.8 ทฤษฎีการลดสัญญาณรบกวน (noise) บนภาพ

ภาพที่ดูแล้วน่าประหลาดใจว่าประกอบด้วยอาร์เรย์ 2 มิติ ของพิกเซลที่แสดงค่าสีของภาพที่ตำแหน่งนั้น สำหรับภาพขาวดำ (gray scale) ตามปกติค่าสีของพิกเซลที่อยู่ติดกันจะมีค่าแตกต่างกันไม่มาก แต่ถ้ามีค่าแตกต่างกันมากอาจเป็นไปได้ว่ามีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น จึงต้องทำการลดสัญญาณรบกวนบนภาพให้น้อยลง โดยการทำฟิลเตอร์

2.8.1 การฟิลเตอร์แบบใช้ค่าเฉลี่ย (Mean filtering)

ใช้หลักการแทนค่าสีขึ้นใหม่ จากการเฉลี่ยค่าสีที่จุดนั้น กับจุดข้างเคียงในบริเวณพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส ที่มีด้านเป็นเลขคี่ เช่น 3×3 หรือ 5×5 เป็นต้น

วิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยทำได้โดย นำค่าสีคูณกับน้ำหนักที่พิกเซลนั้น โดยทำทุกๆ พิกเซลในพื้นที่สี่เหลี่ยมที่กำหนด จากนั้นนำมารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ย



$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|c|c|}
 \hline 1 & 1 & 1 \\
 \hline 1 & 1 & 1 \\
 \hline 1 & 1 & 1 \\
 \hline
 \end{array} \\
 \text{weight:}9
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|c|c|}
 \hline 1 & 2 & 1 \\
 \hline 2 & 4 & 2 \\
 \hline 1 & 2 & 1 \\
 \hline
 \end{array} \\
 \text{weight:}16
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|c|c|}
 \hline 1 & 1 & 1 \\
 \hline 1 & 12 & 1 \\
 \hline 1 & 1 & 1 \\
 \hline
 \end{array} \\
 \text{weight:}20
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|c|c|c|c|}
 \hline 1 & 2 & 3 & 2 & 1 \\
 \hline 2 & 4 & 6 & 4 & 1 \\
 \hline 3 & 6 & 9 & 6 & 3 \\
 \hline 2 & 4 & 6 & 4 & 2 \\
 \hline 1 & 2 & 3 & 2 & 1 \\
 \hline
 \end{array} \\
 \text{weight:}81
 \end{array}$$

รูปที่ 2.14 แสดงการใช้ฟิลเตอร์แบบค่าเฉลี่ย ที่น้ำหนักต่างกัน

การฟิลเตอร์แบบใช้ค่าเฉลี่ยนี้สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนได้ดี แต่ภาพที่ได้จะพร่ามัวและสูญเสียข้อมูลที่แท้จริงไปด้วย

2.8.2 การฟิลเตอร์แบบใช้ค่ากลาง (Median filtering)

การฟิลเตอร์แบบใช้ค่ากลางนี้ เป็นเทคนิคการกำจัดสัญญาณรบกวน ที่ทำให้ภาพพร่ามัวน้อยลง ใช้ได้ดีกับสัญญาณรบกวนที่กระจัดกระจายอยู่บนภาพ ซึ่งค่าเหล่านี้ส่วนใหญ่จะไม่ใช่ค่ากลาง เมื่อทำการฟิลเตอร์ก็จะถูกเปลี่ยนเป็นค่ากลางแทน แต่วิธีการนี้จะทำให้รายละเอียดของภาพลดลง

2.8.3 การฟิลเตอร์แบบใช้วิธีนับจำนวน (Count filtering)

หลักการฟิลเตอร์แบบนี้จะคล้ายกับการฟิลเตอร์แบบใช้ค่ากลาง แต่ใช้วิธีการนับจำนวนพิกเซลที่มีค่าสีเดียวกันที่มีจำนวนมากที่สุด ตัวอย่างเช่น ในพื้นที่ขนาด 3×3 มีค่าสีทั้งหมด คือ 128 117 87 198 128 87 128 102 และ 128 จะเห็นว่ามีค่า 128 อยู่มากที่สุด เป็นต้น

2.9 ทฤษฎีการปรับความแตกต่างของระดับสี (Contrast stretching)

ความแตกต่างของระดับสีของภาพจะมีค่าน้อย (low contrast) เมื่อภาพมีความสว่างมากหรือมีมืดมาก ดังนั้นจึงต้องการปรับความแตกต่างระดับสีของภาพให้กว้างมากขึ้น (high contrast) โดยการกำหนดขอบเขตของ ค่าสีสูงสุด และต่ำสุดที่ต้องการ มีค่าเป็น g_H และ g_L ตามลำดับ แล้วนำมาแทนค่าตามความสัมพันธ์

$$g_N = (g_O - g_L) \frac{255}{(g_H - g_L)}$$

เมื่อ g_O คือ ค่าของสีก่อนการปรับความแตกต่างของระดับสี

เมื่อ g_N คือ ค่าของสีหลังจากการปรับความแตกต่างของระดับสี

2.10 ทฤษฎีการสร้างภาพแบ่งระดับสี (Pseudo image)

ภาพประกอบไปด้วยพิกเซลที่แสดงค่าสี ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 255 แสดงถึงความแตกต่างกันได้มากที่สุดถึง 256 ระดับ เมื่อต้องการสร้างภาพแบ่งระดับสีจำนวน $N + 1$ ระดับ ต้องคำนวณหาค่าระดับ (n) ตามความสัมพันธ์

$$n = \text{Int} \left(\frac{g_O}{(256/N)} \right)$$

เมื่อได้ค่า n แล้วจึงนำไปเปรียบเทียบกับค่าสีแทนลงในพิกเซลนั้นต่อไป
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 ทฤษฎีการแสดงผลภาพลายเส้น (Contour image)

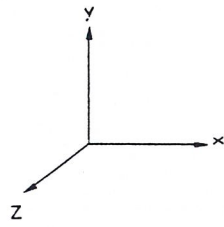
ภาพลายเส้นเป็นภาพแสดงขอบเขตความแตกต่างของภาพแบ่งระดับสี ซึ่งก็คือการขอบของภาพแบ่งระดับสี

หลักการการหาขอบของภาพ คือ การหาค่าต่างกันของค่าสีระหว่างพิกเซลเพื่อหาความแตกต่างของระดับสี โดยลบระหว่างพิกเซล x, y และ พิกเซล $x+1, y+1$ ถ้า 2 พิกเซลนี้อยู่บริเวณเดียวกัน ผลลัพธ์จะเป็นศูนย์ และเมื่ออยู่ต่างบริเวณกัน ผลลัพธ์จะแสดงเป็นเส้นขอบระหว่างแถบสีขึ้น

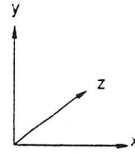
2.12 ทฤษฎีการสร้างรูปสามมิติ

การสร้างภาพสามมิตินั้นมีขั้นตอนในการสร้างที่ซับซ้อน โดยเริ่มต้นต้องมีการกำหนดข้อมูลที่สำคัญต่าง ๆ ที่จำเป็นในการสร้างภาพสามมิติบนระบบแสดงภาพแบบสองมิติ ซึ่งได้แก่จุดศูนย์กลางของการโปรเจกต์ (center of projection) ระนาบของการโปรเจกต์ (projection plane) และลำแสง (projector) ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นในการกำหนด หรือ คำนวณหา จุดที่ประกอบขึ้นมาเป็นภาพสามมิติบนระนาบแสดงภาพแบบสองมิติ

ระบบโคออร์ดิเนตที่ใช้ในการศึกษาเรื่องสามมิตินี้ จะใช้ระบบมือขวา (right-handed system) ในการกำหนดทิศทาง ซึ่งมีทิศทางของแกน x, y และ z ดังรูปที่ 2.15 (ก) สำหรับการแปลงสามมิติ เนื่องจากทำให้สามารถนึกถึงภาพสามมิติได้ง่าย แต่ระบบโคออร์ดิเนตที่ใช้ในการแสดงภาพบนจอภาพ จะเป็นระบบมือซ้าย (left-handed system) เนื่องจากระบบมือซ้ายจะมีความเป็นธรรมชาติมากกว่าในการแสดงภาพบนจอภาพ เพราะจอภาพมีลักษณะที่มีความลึก ดังรูปที่ 2.15 (ข) โดยที่ในการสร้างภาพสามมิติขึ้นมานั้น จะต้องสร้างภาพขึ้นมาโดยใช้ระบบโคออร์ดิเนตมือขวา ทำการคำนวณแปลงภาพต่าง ๆ แล้ว เมื่อจะแสดงภาพลงบนจอภาพ ก็จะทำการแปลงให้ภาพอยู่ในระบบโคออร์ดิเนตแบบมือซ้าย แล้วจึงทำการโปรเจกต์ไปยังระนาบของการโปรเจกต์



(ก) ระบบมือขวา



(ข) ระบบมือซ้าย

รูปที่ 2.15 แสดงระบบมือขวาและระบบมือซ้ายของระบบ โคออร์ดิเนต

2.12.1 ขั้นตอนการสร้างภาพ 3 มิติในระบบแสดงผลแบบ 2 มิติ

ขั้นตอนในการสร้างภาพสามมิติบนระบบแสดงผลแบบสองมิตินั้นมีขั้นตอนใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

2.12.1.1 การคลิปปีกับวิวโวลุ่ม

การคลิปปีกับการวิวโวลุ่มนั้นก็มีลักษณะเดียวกับวินโดว์ในระบบสองมิติ โดยมีข้อแตกต่างกันตรงที่ว่า การคลิปปี้ในระบบสองมิตินั้น จะกำหนดพื้นที่ของการแสดงผลภาพ แล้วทำการคำนวณหาว่าภาพที่สร้างขึ้นมานั้นอยู่นอกพื้นที่ของการแสดงผลหรือไม่ ถ้ามีส่วนใดส่วนหนึ่งนอกพื้นที่ ก็ต้องทำการตัดส่วนของภาพนั้นออกไป แต่ในระบบสามมิตินั้นจะต้องกำหนดเป็นปริมาตรของการแสดงผล และต้องทำการคำนวณว่ามีส่วนของภาพที่อยู่นอกปริมาตรที่กำหนดขึ้นหรือไม่ โดยการคำนวณหาจุดตัดของส่วนต่าง ๆ ของภาพกับปริมาตรที่กำหนด ซึ่งการทำการคลิปปีกับวิวโวลุ่มนี้จะต้องใช้การคำนวณอย่างมาก เนื่องจากจะต้องหาว่าส่วนใด ๆ ของรูปทรงอยู่นอกปริมาตรที่ใช้เป็นวิวโวลุ่ม ดังนั้นจึงไม่สามารถนำเฉพาะส่วนใดส่วนหนึ่งของรูปทรงมาทำการคำนวณได้ ซึ่งไม่เหมือนกับการมองภาพก็สามารถพิจารณาได้ว่าควรจะคำนวณการคลิปปีกับส่วนใดบ้าง เพราะในระบบคอมพิวเตอร์ ข้อมูลเหมือนกัน ไม่มีข้อแตกต่างที่สามารถบอกได้โดยทันทีที่ข้อมูลทั้งหมดจะต้องผ่านการเปรียบเทียบก่อนจึงสามารถจะนำข้อมูลที่ได้มาช่วยในการพิจารณาได้

2.12.1.2 การโปรเจกต์

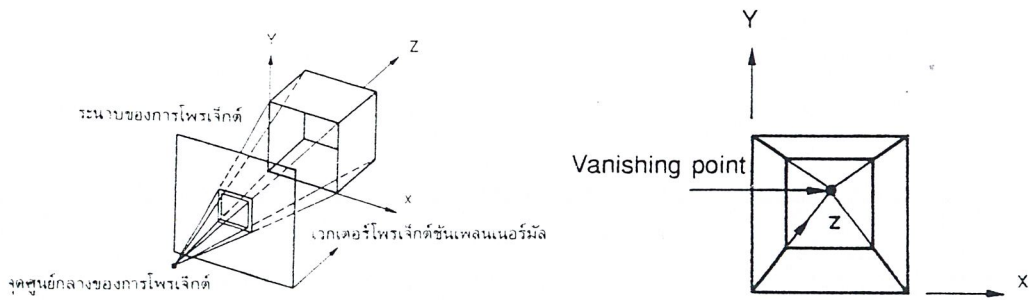
โดยหลักการแล้ว การโปรเจกต์จะแปลงจุดที่อยู่ในระบบ โคออร์ดิเนตหนึ่ง ที่มีมิติที่ N ให้เป็นจุดในอีกระบบโคออร์ดิเนต ที่มีมิติน้อยกว่า N สำหรับในกรณีนี้ที่ศึกษา
การโปรเจกต์จะกระทำจากระบบโคออร์ดิเนตแบบ 3 มิติให้เป็นโคออร์ดิเนตในระบบ 2 มิติ

การโปรเจกต์ของออบเจกต์ในระบบ 3 มิติ (ซึ่งในกรณีนี้ คือ กลุ่มของจุด) จุดถูกกำหนดโดยลำแสง (projector) ที่เป็นเส้นตรงที่ออกมาจากศูนย์กลางของการโปรเจกต์ (center of projection) ผ่านจุดต่าง ๆ บนออบเจกต์ที่ต้องการทำโปรเจกต์ไปตัดกับระนาบของการโปรเจกต์เพื่อสร้างโปรเจกต์ขึ้นขึ้นมา

การทำโปรเจกต์ไปยังระนาบหนึ่งเรียกว่า planer geometric projection นั้นยังแบ่งย่อยออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ perspective projection และ parallel projection ซึ่งข้อแตกต่างของการโปรเจกต์ทั้งสองประเภทนี้อยู่ที่ความสัมพันธ์ระหว่างจุดศูนย์กลางของการโปรเจกต์กับระนาบของการโปรเจกต์ คือ ถ้าระยะจากจุดศูนย์กลางไปยังระนาบสามารถวัดได้ จะเป็นการโปรเจกต์ประเภท Perspective แต่ถ้าระยะทางนั้นไม่สามารถวัดได้จะเป็นการโปรเจกต์ประเภท Parallel โดยที่ถ้าจะทำการโปรเจกต์แบบ Perspective จะต้องระบุศูนย์กลางของการโปรเจกต์ลงไป ในขณะที่จะทำการโปรเจกต์แบบ Parallel จะต้องกำหนดทิศทางของการโปรเจกต์

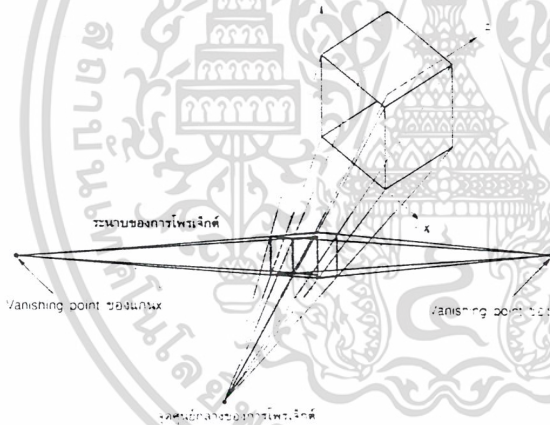
ข้อแตกต่างระหว่างการโปรเจกต์ประเภทต่าง ๆ ดังนี้

การโปรเจกต์แบบ Perspective โปรเจกต์ชันของกลุ่มของเส้นขนานที่จะถูกโปรเจกต์ที่ไม่ได้ขนานกับระนาบของการโปรเจกต์จะไปรวมกัน ณ จุด ๆ จุดหนึ่งที่ถูกเรียกกันว่า vanishing point ดังรูปที่ 2.16 ซึ่งถ้ากลุ่มของเส้นขนานนี้ขนานกับแกน x y และ z แกนใดแกนหนึ่งจะเรียกว่า principal vanishing point ซึ่งจะมีได้มากที่สุดเพียง 3 จุดเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ถ้าระนาบของการโปรเจกต์ตั้งฉากกับแกน z แกน z เท่านั้นที่จะมี principal vanishing point เพราะกลุ่มเส้นตรงที่ขนานกับแกน x หรือแกน y จะขนานกับระนาบของการโปรเจกต์



รูปที่ 2.16 (ก) การโปรเจกต์แบบ Perspective

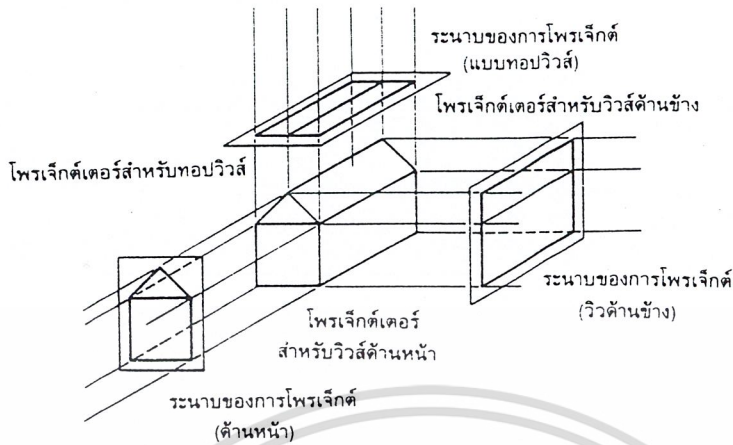
การโปรเจกต์แบบ Perspective แบ่งออกตามจำนวนของ principal vanishing point ที่มี ซึ่งก็หมายถึงจำนวนแกนหลักที่ระนาบของการโปรเจกต์ตัดกันเอง ลักษณะของภาพที่แตกต่างกันนั้น ให้สังเกตจากรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 (ข) การโปรเจกต์แบบ Perspective

การโปรเจกต์แบบขนาน (Parallel) แบ่งย่อยตามความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางของการโปรเจกต์และนอร์มัลเวกเตอร์ (normal vector) ซึ่งก็หมายถึงเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกับระนาบของการโปรเจกต์ดังนี้

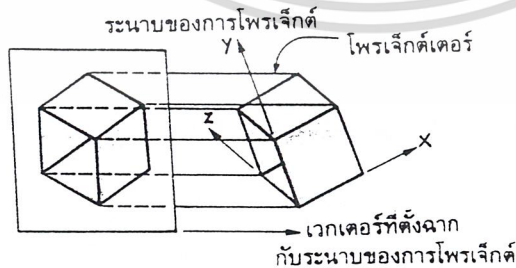
- Orthographic parallel projection จะมีทิศทางของการโปรเจกต์และทิศทางของนอร์มัลเวกเตอร์ของระนาบของการโปรเจกต์เป็นทิศทางเดียวกัน (ทิศทางของการโปรเจกต์ตั้งฉากกับระนาบของการโปรเจกต์) ชนิดของ orthographic projections ที่ใช้กันมากคือ การโปรเจกต์ของ top front และ side projection ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างของ Orthographic parallel projection

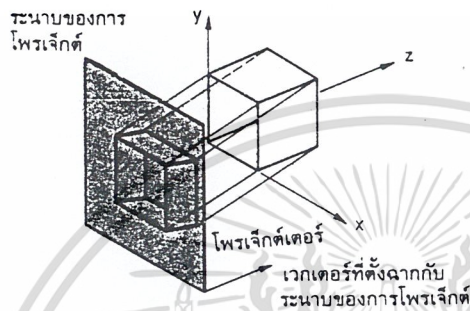
นอกจากนี้ก็ยังมีการใช้ axonometric orthographic parallel projection ซึ่งมีคุณสมบัติคือการโปรเจกต์แบบนี้นั้นทิศทางของระนาบของการโปรเจกต์จะไม่ตั้งฉากกับแกนหลักใด ๆ (แกน x , y และ z) ซึ่งทำให้สามารถมองเห็นด้านต่าง ๆ ของของแข็งได้มากกว่าหนึ่งด้านในเวลาเดียวกันคล้าย ๆ กับโปรเจกต์ชันแบบ Perspective

โดยที่โปรเจกต์ชันแบบ Isometric ก็เป็นโปรเจกต์ชันแบบ Axonometric ประเภทที่ใช้กันมาก ซึ่งมีคุณสมบัติมีอัตราส่วนของระนาบของการโปรเจกต์ที่ทำมุมกับแกน x , y และ z เท่า ๆ กัน ดังรูป 2.18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการโปรเจกต์แบบ Isometric
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Oblique parallel projection เป็น parallel projection ซึ่งมีคุณลักษณะที่สำคัญ คือ ระนาบของการโปรเจกต์จะตั้งฉากกับแกนหลัก (x y และ z) แกนใดแกนหนึ่ง ซึ่งจะทำให้สามารถวัดมุมและความยาวของการโปรเจกต์ของด้านของออบเจกต์ที่ขนานกับระนาบของการโปรเจกต์ ส่วนโปรเจกต์ชันของด้านอื่น ๆ นั้นสามารถวัดระยะตามแกน x y และ z ได้เท่านั้น ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ตัวอย่างการโปรเจกต์แบบ Oblique

ชนิดของการโปรเจกต์แบบ Oblique ที่เป็นที่นิยมใช้กันมากคือ Cavalier และ Cabinet ซึ่งโปรเจกต์แบบ Cavalier นั้นจะมีทิศทางของการโปรเจกต์ทำมุม 45 องศากับระนาบของการโปรเจกต์ ซึ่งจะทำให้การโปรเจกต์ชันของเส้นตรงที่ตั้งฉากกับระนาบของการโปรเจกต์มีความยาวเท่ากับเส้นตรงนั้น

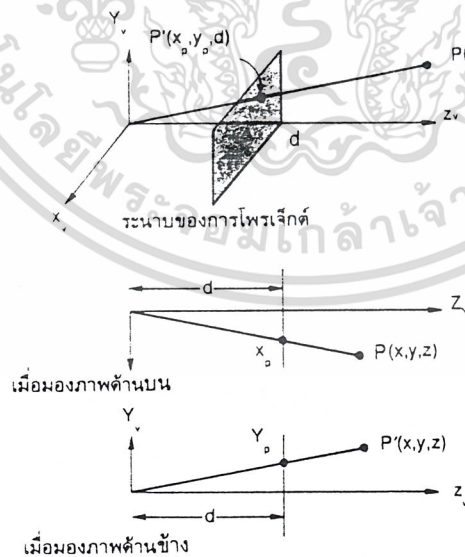
ส่วนการโปรเจกต์แบบ Cabinet จะมีทิศทางของการโปรเจกต์ทำมุม $\arccot(1/2)$ องศากับระนาบของการโปรเจกต์ ซึ่งทำให้โปรเจกต์ชันของเส้นตรงที่ตั้งฉากกับระนาบของการโปรเจกต์ที่มีความยาวครึ่งหนึ่งของเส้นตรงนั้น ซึ่งทำให้รูปที่ได้ดูเป็นธรรมชาติมากกว่าการโปรเจกต์ชันแบบ Cavalier

2.12.2 หลักพื้นฐานในการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างภาพสามมิติ

หลักในการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างภาพสามมิติ (บนระบบแสดงผลแบบสองมิติ) ซึ่งในที่นี้จะมาดูรายละเอียดของหลักการเขียนโปรแกรมสำหรับสร้างภาพสามมิติอย่างง่าย คือจะไม่กล่าวถึงการคลิปปด้วยวิวโวลุ่ม และจะใช้ระนาบของการโปรเจกต์อยู่บนระนาบ xy (คือ ทุกจุดมีค่า z เท่ากัน) เท่านั้น โดยสมมติฐานนั้นก็ คือ วัตถุที่ใช้เป็นแบบในการสร้างภาพสามมิตินั้นมีขนาดเล็กกว่าวิวโวลุ่ม (อยู่ภายใน) ที่กำหนดเสมอ

2.12.2.1 การสร้างภาพสามมิติแบบ Perspective

ในการสร้างภาพสามมิติแบบ Perspective นั้น ขั้นตอนแรกก็คือการกำหนด โคออร์ดิเนตของจุด center of projection และการกำหนดระนาบของการโปรเจกต์ (ในที่นี้จะใช้ระนาบ xy) ที่มีค่า $z = d$ (one point perspective projection) และใช้จุด center of projection อยู่ที่จุด $(0,0,0)$ (เพื่อความสะดวกต่อการทำความเข้าใจ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วไม่จำเป็น) จากนั้นก็จะต้องทำการคำนวณหาจุดตัดของการโปรเจกต์เตอร์กับระนาบของการโปรเจกต์ของแต่ละจุดของออบเจกต์หลังจากได้จุดต่าง ๆ นี้แล้ว จึงสามารถหาค่าตั้งเชื่อมต่อกับจุดที่คำนวณมาได้เพื่อสร้างภาพขึ้นมาอีกทีหนึ่ง (โดยนำเอาเฉพาะโคออร์ดิเนตในแกน x y มาใช้เท่านั้น เนื่องจากค่า z จะเท่ากันหมด คือเท่ากับ d)



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.20 การคำนวณหาจุดตัดของโปรเจกต์เตอร์และระนาบของ
 การโปรเจกต์ของรูปสามมิติแบบ Perspective

ในการคำนวณหาค่าโคออร์ดิเนตที่ได้จากการโปรเจกต์ (จุด P' จากการโปรเจกต์ของจุด P) ดังรูป สามารถใช้คุณสมบัติของสามเหลี่ยมคล้ายได้ดังนี้

$$\begin{aligned} x_p/d &= x/z \quad \text{และ} \\ y_p/d &= y/z \\ \text{หรือ } x_p &= d \cdot x / z = x(z/d) \quad \dots \quad (1) \\ y_p &= d \cdot y / z = y(z/d) \quad \dots \quad (2) \end{aligned}$$

ซึ่งจะต้องนำสมการ (1) และ (2) นี้ไปคำนวณกับจุดมุมทุกจุดของภาพแล้วจึงออกคำสั่งเชื่อมต่อจุดมุมต่าง ๆ ที่คำนวณได้โดยใช้คำสั่งในการลากเส้นสองมิติ คือ ใช้เฉพาะโคออร์ดิเนต xy เท่านั้น เพราะภาพสามมิติที่ทำการโปรเจกต์มานี้อยู่ในระนาบ xy ที่มีค่า $z = d$

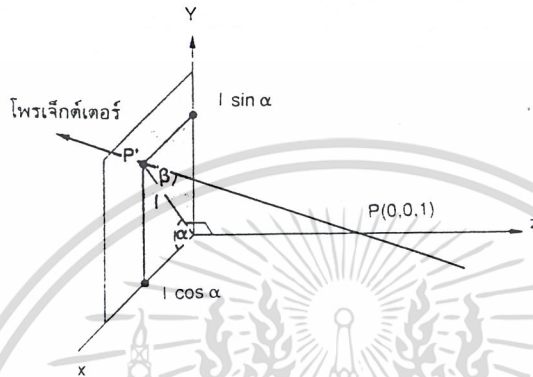
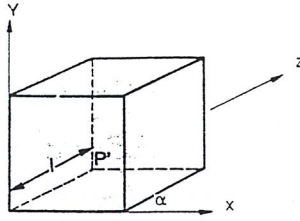
2.12.2.2 การสร้างภาพสามมิติแบบ Orthographic

การสร้างภาพสามมิติแบบ Orthographic ลงบนระนาบของการโปรเจกต์ที่มีค่า $z = 0$ นั้นทิศทางของการโปรเจกต์ จะเป็นทิศทางเดียวกับทิศที่ตั้งฉาก กับระนาบของการโปรเจกต์ ซึ่งในที่นี้ก็คือ แกน z ดังนั้นจุด P จะโปรเจกต์ไปยังจุดที่มีโคออร์ดิเนต $x_p = x$, $y_p = y$ และ $z_p = 0$ หรือ ตัดค่า z ออกไป ซึ่งตามรูปที่ 2.17 จะได้ภาพด้านหน้า (front view) จากภาพบ้านสามมิติ และถ้าต้องการโปรเจกต์ลงบนระนาบที่มีค่า $x = 0$ กำหนดให้ค่า $x_p = 0$ หรือตัดค่า x ออกไป โดยนำเอาเฉพาะโคออร์ดิเนต zy มาใช้ แต่เนื่องจากไม่มีแกน zy ในระบบสองมิติ จึงต้องแปลงโคออร์ดิเนตในแกน zy ให้เป็นโคออร์ดิเนต xy โดยให้ค่า z แทนค่า x และค่าของ y ยังคงเดิม จะเห็นได้ว่าภาพที่ได้จากการแปลงดังกล่าวเป็นภาพกลับซ้ายเป็นขวา เนื่องจากระบบที่ใช้ในการคำนวณนี้เป็นระบบมือขวา ทำให้ค่า z ที่ชี้ ออกนอกกระดาษมีค่าเป็นบวก จึงต้องทำการแปลงโดยคูณด้วย -1 เข้าไปกับค่า x ของทุก ๆ จุดมุมของภาพที่ได้จากการโปรเจกต์ ซึ่งก็คือ การแปลงจากระบบมือขวาเป็นระบบมือซ้าย

2.12.2.3 การสร้างภาพสามมิติแบบ Oblique

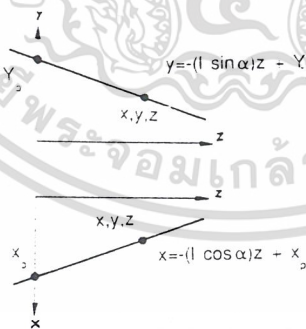
ในการคำนวณหาโปรเจกต์ชันแบบ Oblique ในที่นี้จะกำหนดระนาบของการโปรเจกต์คือระนาบ xy ที่มีค่า $z = 0$ ซึ่งมีทิศทางของการโปรเจกต์แทนด้วยเวกเตอร์ที่ผ่านจุด P ไปยังจุด P' ดังรูปที่ 2.21 โดยทิศทางของการโปรเจกต์นี้ทำมุม β กับระนาบของการโปรเจกต์และทำมุม α กับแกน x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงการโพรเจกต์ชันแบบ Oblique Parallel

จากจุด $P(0,0,1)$ ไปยังจุด $P'(l \cos \alpha, l \sin \alpha, 0)$



รูปที่ 2.22 แสดงการโพรเจกต์ชันแบบ Oblique Parallel จากจุด P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไปยังจุด P (มองตามระนาบ yz และ xz)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.22 และสมการเส้นตรง จะได้ว่า

$$x_p = z + z(l \cdot \cos(\alpha)) \text{ และ}$$

$$y_p = y + z(l \cdot \sin(\alpha))$$

2.12.3 หลักพื้นฐานในการเขียนโปรแกรมเพื่อการแปลงภาพสามมิติ

หลักการแปลงภาพสามมิตินั้นประกอบไปด้วย

- การย้ายภาพ (translate)
- การขยายหรือย่อภาพ (scale)
- การหมุนภาพ (rotate)

2.12.3.1 การย้ายภาพ

การย้ายภาพ (translate) ในที่นี้คือการย้ายภาพจากตำแหน่งเดิมไปยังตำแหน่งใหม่ ด้วยระยะทางที่กำหนด Dx Dy และ Dz ในระบบโคออร์ดิเนตแบบ Homogeneous โดยที่จุด ๆ หนึ่งจะมีโคออร์ดิเนตเป็น [xyzw] โดยให้ $w=1$ จะได้เมตริกในการแปลงภาพ 3 มิติ ดังนี้

$$\begin{bmatrix} x' & y' & z' & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ Dx & Dy & Dz & 1 \end{bmatrix}$$

2.12.3.2 การขยายหรือย่อภาพ

การขยายหรือย่อภาพ (scale) ในที่นี้ก็คือการทำการเปลี่ยนแปลงขนาดของภาพให้ใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงตามค่าของสเกลแฟกเตอร์ตามกำหนด ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการขยายภาพให้มีขนาดใหญ่กว่าเดิมหนึ่งเท่า ก็ต้องกำหนดให้ scale factor = 2 หรือถ้าต้องย่อภาพให้มีความเล็กลงกว่าเดิมหนึ่งเท่า ก็ต้องกำหนด scale factor = 0.5 เป็นต้น

$$\begin{bmatrix} x' & y' & z' & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Sx & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Sy & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Sz & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ในการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต่อ 1

สมการดังกล่าวนี้เป็นการทำการขยายหรือย่อภาพ โดยใช้จุด $(0,0,0)$ เป็นจุดเปรียบเทียบ ดังนั้นเมื่อทำการย่อหรือขยายขนาดแล้ว จะทำให้ระยะของภาพที่ได้จากจุด $(0,0)$ เปลี่ยนไปด้วย เนื่องจากการคำนวณนี้เป็นการคำนวณโดยอาศัยจุด $(0,0,0)$ เป็นหลักใน ถ้าต้องการคงตำแหน่งของภาพไว้ ณ ตำแหน่งเดิม จะต้องทำการขยาย หรือย่อภาพ โดยอาศัยจุดศูนย์กลางของภาพเดิมเป็นจุดเปรียบเทียบ โดยจะต้องย้ายภาพมาให้อยู่ที่จุดศูนย์กลางของภาพที่กำหนดให้เปรียบเทียบ อยู่ที่จุด $(0,0,0)$ แล้วทำการขยายหรือย่อภาพ หลังจากนั้นจึงย้ายภาพกลับไปตำแหน่งเดิม

2.12.3.3 การหมุนภาพ

การหมุนภาพ (rotate) ในที่นี้ก็คือ การทำการหมุนภาพและเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของภาพไปตามมุมที่กำหนด โดยในการหมุนภาพนี้ สามารถแบ่งย่อยเป็น การหมุนรอบแกน x y หรือ z ซึ่งสามารถกำหนดให้เป็นโคออร์ดิเนตตามแกน x แกน y และแกน z ได้

หมุนรอบแกน z ด้วยมุม α

$$\begin{bmatrix} x' & y' & z' & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & \sin(\alpha) & 0 & 0 \\ -\sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

หมุนรอบแกน x ด้วยมุม θ

$$\begin{bmatrix} x' & y' & z' & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ 0 & -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

หมุนรอบแกน y ด้วยมุม ϕ

$$\begin{bmatrix} x' & y' & z' & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(\phi) & 0 & -\sin(\phi) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin(\phi) & 0 & \cos(\phi) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.4 การเปลี่ยนระบบโคออร์ดิเนต

สำหรับการแปลงระบบโคออร์ดิเนตแบบ Homogeneous จากระบบขามือเป็นระบบซ้ายมือนั้น ทำได้โดยการคูณค่า z ด้วย -1 หรือสามารถเขียนในรูปเมตริกได้ดังนี้

$$M_{rot} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

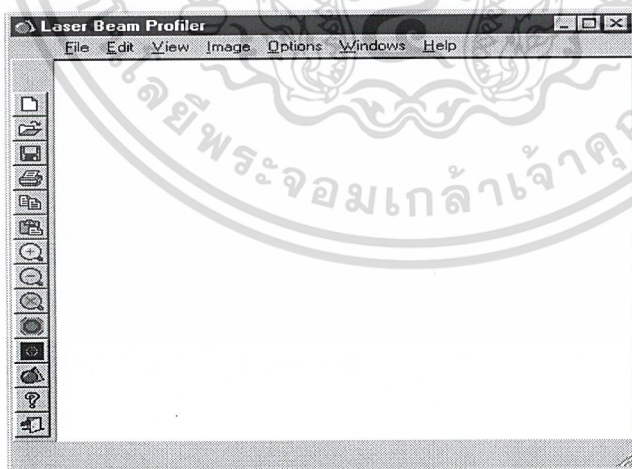
การเขียนโปรแกรมวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

3.1 โปรแกรมการวิเคราะห์ภาพโหมดตามขวางของเลเซอร์

ในโครงการพิเศษนี้ใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์วิซวลเบสิกเวอร์ชัน 5.0 (Microsoft Visual Basic 5.0) มาใช้พัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อมาวิเคราะห์ภาพโหมดตามขวางเลเซอร์ที่ได้จากกล้อง CCD โดยมีขอบเขตการทำงาน คือ

- การแสดงภาพโหมดเลเซอร์ที่ถ่ายจากกล้อง CCD แล้วเก็บเป็นไฟล์ไว้
- การแสดงผลภาพแบ่งระดับสี (Pseudo) ตามระดับความเข้มของแสงเลเซอร์
- การแสดงผลตามลายเส้น (Contour) ตามระดับความเข้มของแสงเลเซอร์
- การเขียนกราฟ 2 มิติแสดงระดับความเข้มของแสงเลเซอร์ในแนวแกน x และแกน y
- การเขียนกราฟพื้นผิวสามมิติ ตามระดับความเข้มของแสงเลเซอร์

ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมานี้มีชื่อว่า Laser Beam Profiler V 2.0 ซึ่งออกแบบให้มีการติดต่อกับผู้ใช้งานแบบ MDI (Multiple Document Interface) ดังนั้นโปรแกรมที่สร้างขึ้นนี้ประกอบด้วยฟอร์ม MDI ในการควบคุมเปิดฟอร์มลูกหลายๆฟอร์มได้พร้อมกัน โดยรวมเอา Toolbar และ Menu ไว้ด้วย ดังรูปที่ 3.1

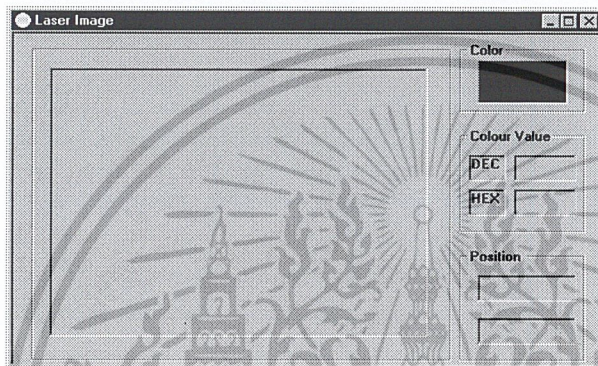


รูปที่ 3.1 แสดงฟอร์ม MDI ในขณะออกแบบ

สำหรับฟอร์มลูก MDI จะมีทั้งหมด 4 ฟอร์ม คือ เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ฟอรัมแสดงผลภาพโหมดเลเซอร์ที่ถ่ายเก็บไว้จากกล้อง CCD

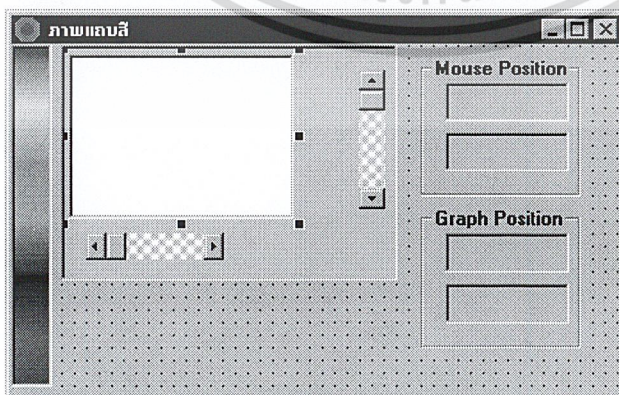
ฟอรัมนี้มีชื่อว่า frmLaser ประกอบด้วยคอนโทรล พิกเจอร์บ็อก (Picture Box) picLaser สำหรับแสดงภาพที่เปิดขึ้นมา คอนโทรล ลาเบล (label) สำหรับแสดงข้อมูลต่างๆของภาพเลเซอร์ ในตำแหน่งที่เมาส์เลื่อนอยู่บนรูปภาพ โดย ลาเบล lblColor แสดงสี lblIDColor แสดงค่าของสีในเลขฐานสิบ lblHColor แสดงค่าของสีในเลขฐานสิบหก lblX และ lblY แสดงพิกัด (x,y) สำหรับคอนโทรลสกรอลล์บาร์ Hscroll1 และ Vscroll1 จะมีไว้ใช้ในกรณี ภาพมีขนาดใหญ่กว่าฟอรัม



รูปที่ 3.2 แสดงฟอรัมลูก frmLaser ขณะออกแบบ

3.1.2 ฟอรัมแสดงผลภาพ แบ่งระดับสี และ เขียนกราฟ 2มิติ

ฟอรัม frmPseudo นี้ ประกอบด้วยคอนโทรล พิกเจอร์บ็อก และ คอมโทรล ลาเบล สำหรับแสดงตำแหน่งต่างๆบนรูปภาพ เหมือนกับฟอรัม frmLaser และมี คอนโทรล picColorBar เพื่อแสดงแถบสีเพิ่มขึ้นมาด้วย

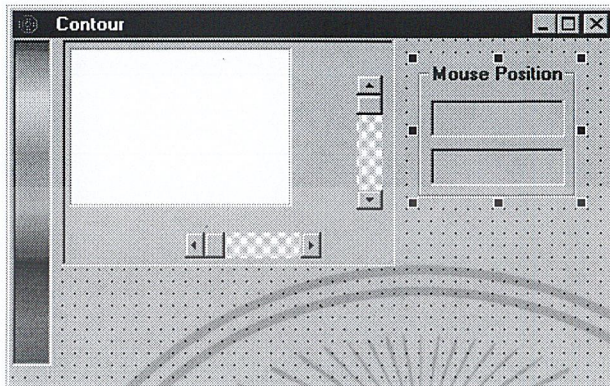


รูปที่ 3.3 แสดงฟอรัมลูก frmPseudo ขณะออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ฟอรัมแสดงผลภาพลายเส้น (Contour)

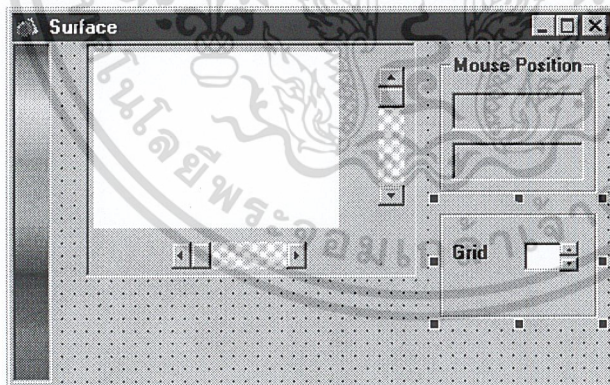
ฟอรัม frmContour นี้จะประกอบด้วย คอนโทรลต่างๆ เหมือนกับฟอรัม frmpseudo ดังรูป



รูปที่ 3.4 แสดงฟอรัมลูก frmContour ขณะออกแบบ

3.1.4 ฟอรัมแสดงภาพพื้นผิว 3 มิติ (Surface)

ฟอรัม frmSurface จะเหมือนกับฟอรัม frmContour แต่มี คอนโทรล updown และ เท็กบ็อก (Text Box) สำหรับปรับค่าระยะระหว่างกริด (Line-space)



รูปที่ 3.5 แสดงฟอรัมลูก frmSurface ขณะออกแบบ

3.1.5 ฟอรัมช่วยเสริมการทำงานของโปรแกรม

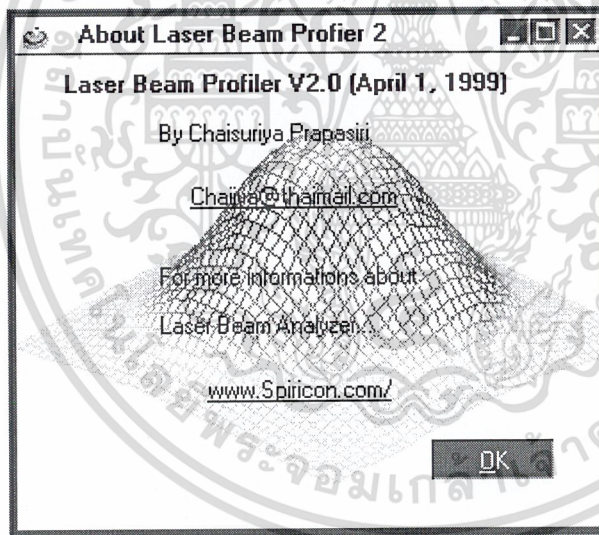
นอกจากนี้ยังมีฟอรัมที่ไม่ใช่ฟอรัมลูกอีก 4 ฟอรัม คือ

- frmSplash ใช้แสดง ตอนเปิดโปรแกรม
- frmAbout แสดงข้อมูลเกี่ยวกับ โปรแกรม
- frmTip แสดงคำแนะนำการใช้งาน โปรแกรม

- frmRotate จะใช้งานร่วมกับ ฟอรั่ม frmSurface ในการหมุนภาพ 3 มิติโดยการ
เลื่อนสกรอลล์บาร์

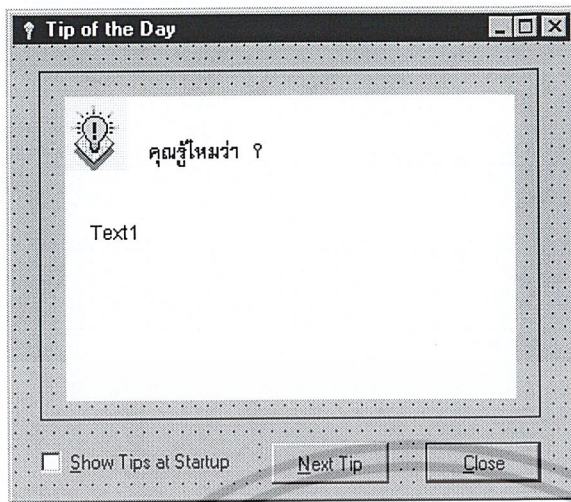


รูปที่ 3.6 แสดง frmSplash ขณะออกแบบ

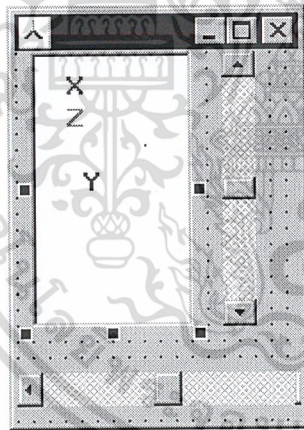


รูปที่ 3.7 แสดง frmAbout ขณะออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



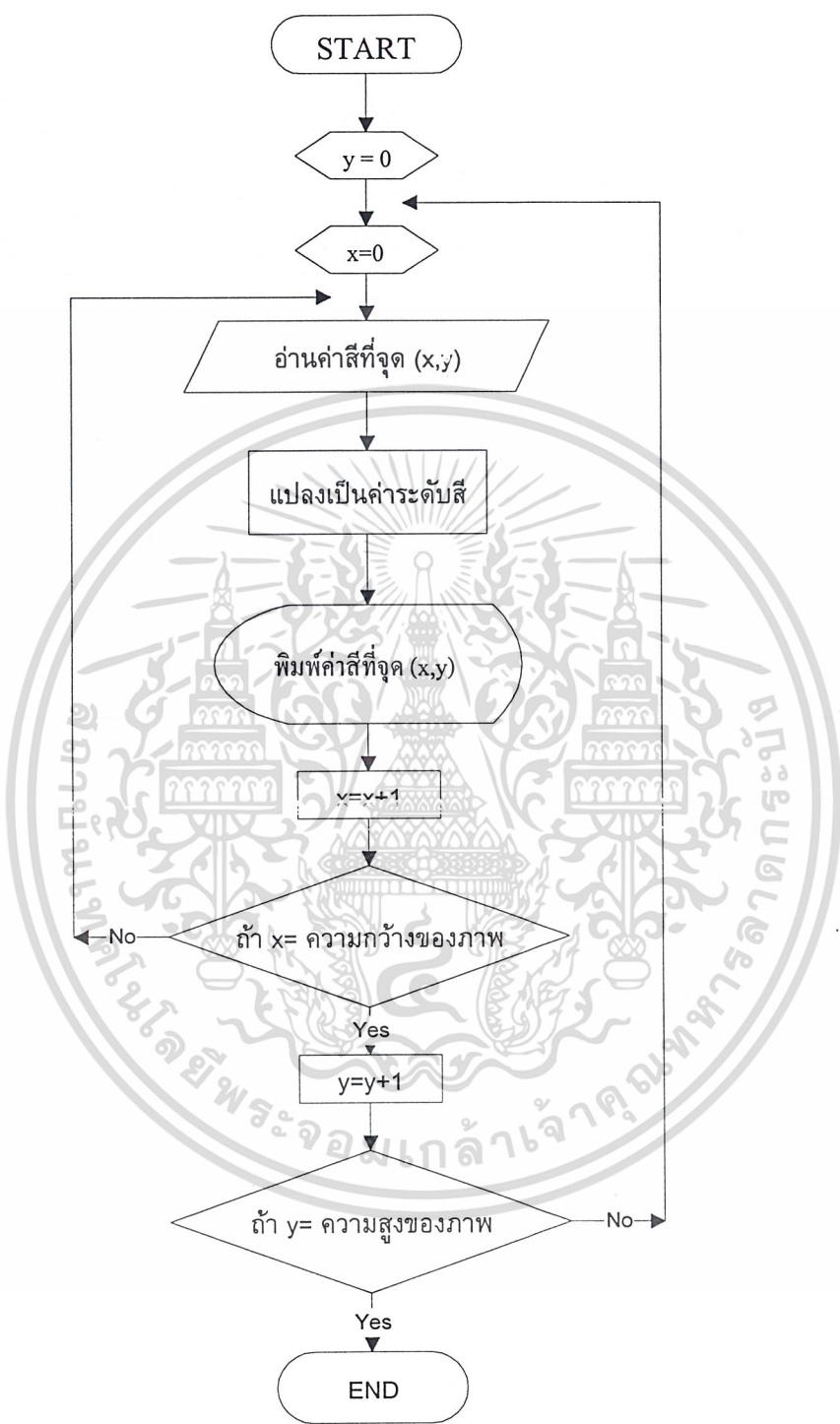
รูปที่ 3.8 แสดง frmTip ขณะออกแบบ



รูปที่ 3.9 แสดง frmRotate ขณะออกแบบ

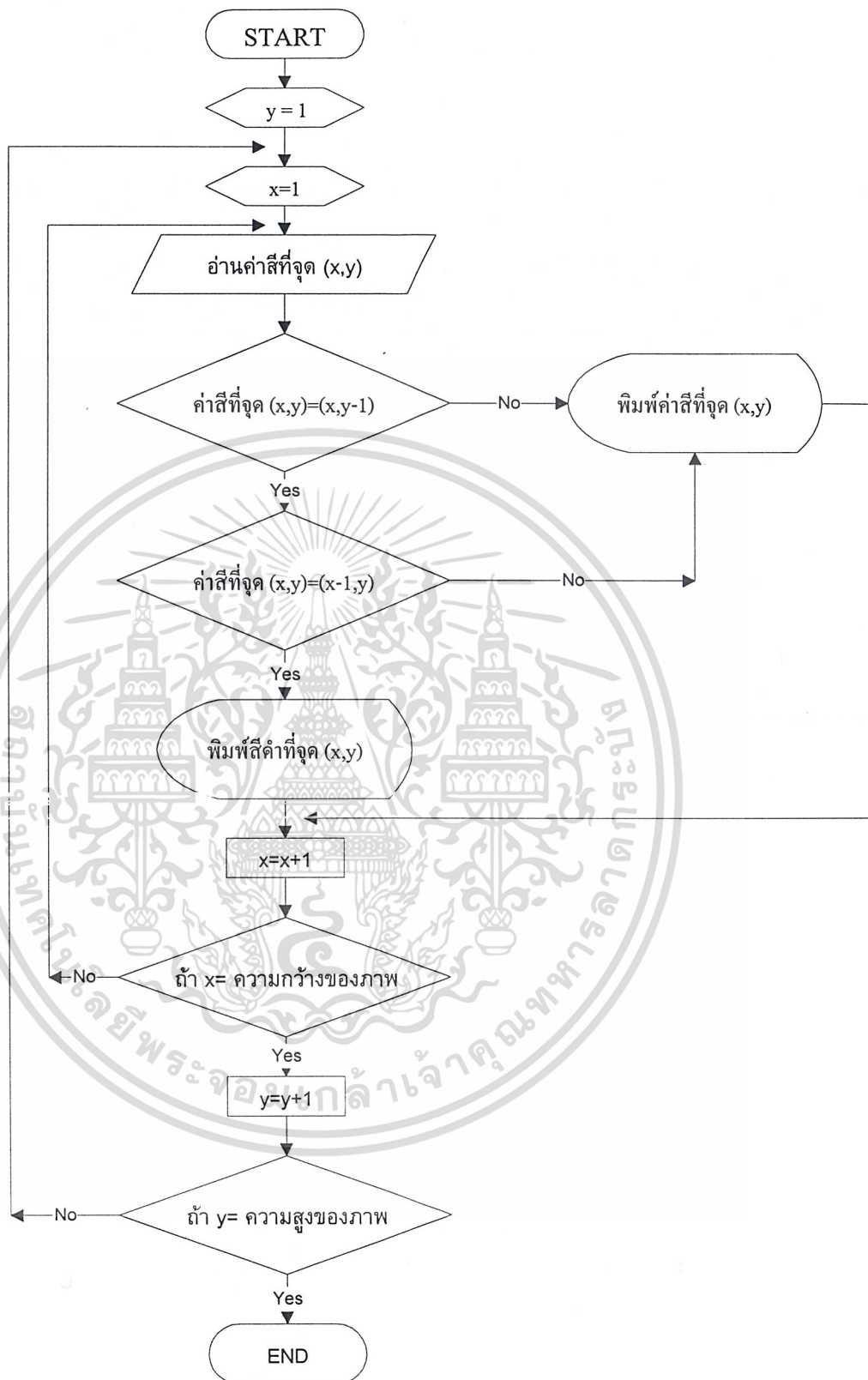
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมการแสดงผลในรูปแบบต่าง ๆ



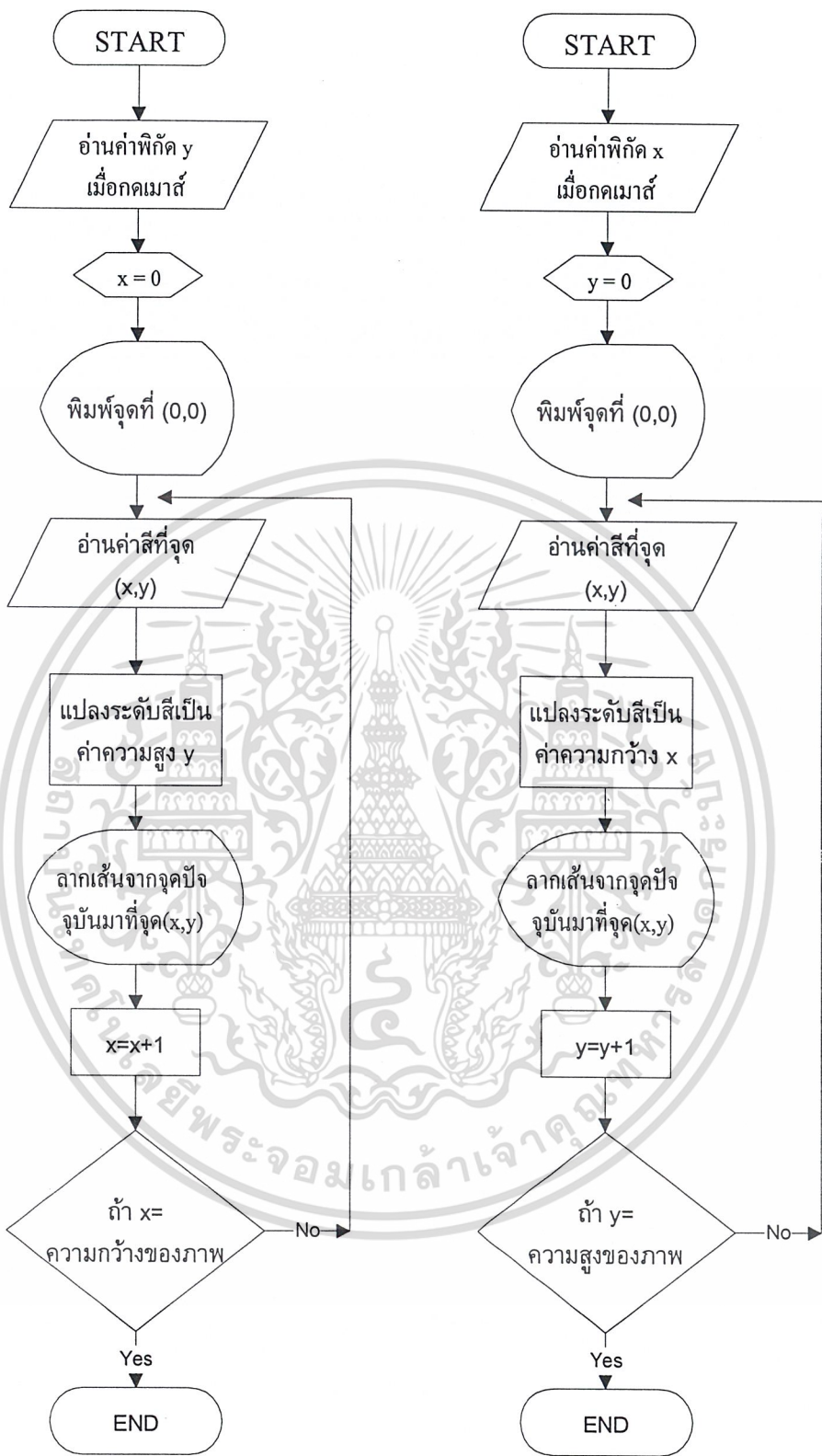
รูปที่ 3.10 แสดงโฟลว์ชาร์ทการแสดงผลภาพแบ่งระดับสี

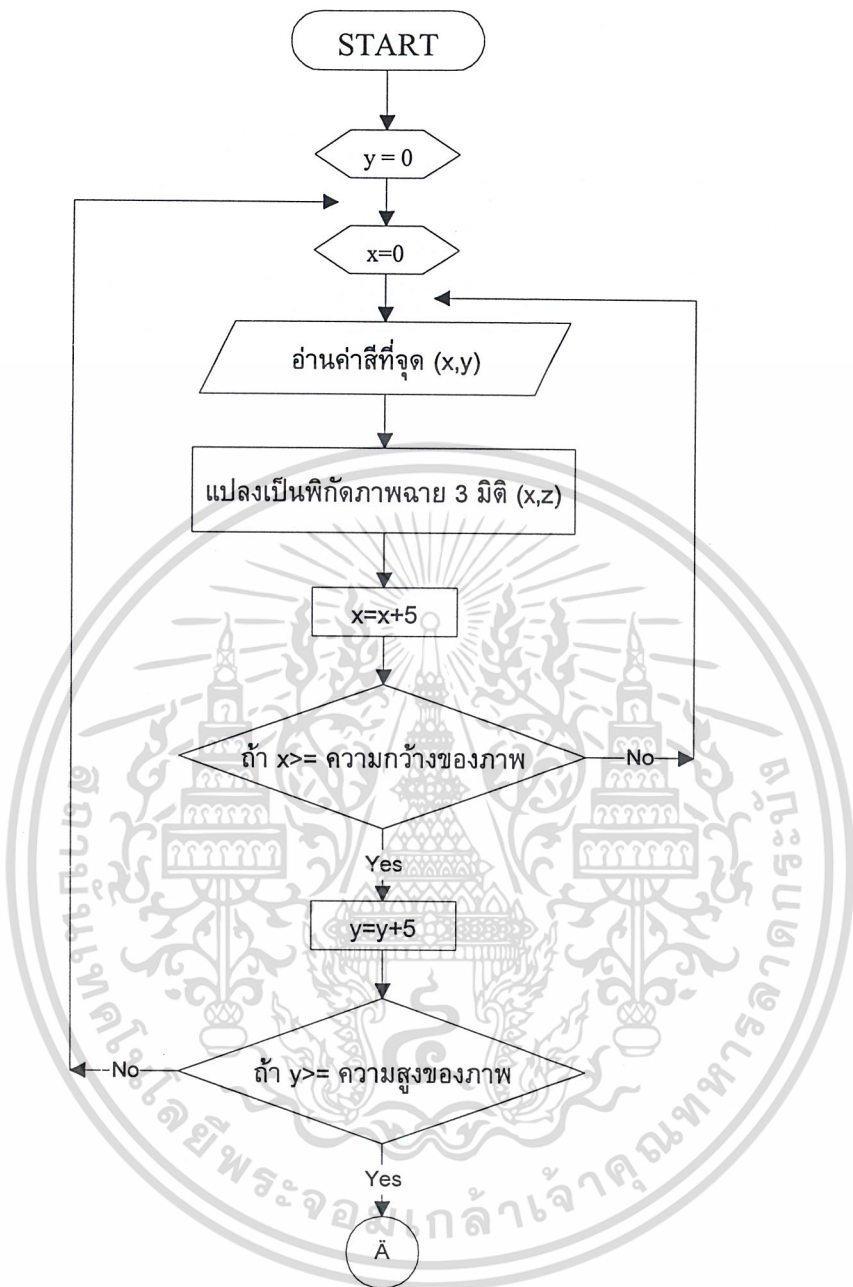
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงโฟลว์ชาร์ทการแสดงผลภาพลายเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงฟล็อทชาร์ทการแสดงผลภาพพื้นผิว 3 มิติ

3.2 การใช้งานซอฟต์แวร์โปรแกรมวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ (Laser Beam Profiler V2.0)

3.2.1 การติดตั้งซอฟต์แวร์

ภาษาวิซวลเบสิกเป็นภาษาอินเตอร์พรีต แม้ว่าจะคอมไพล์ให้เป็น .EXE ได้แต่ .EXE นั้นไม่ใช่คำสั่งภาษาเครื่องที่โปรเซสเซอร์จะนำไปปฏิบัติได้ คำสั่งที่อยู่ใน .EXE จะต้องถูกส่งผ่านไปให้อีกโปรแกรมหนึ่งที่ เรียกว่า Visual Basic Runtime Executive สำหรับ วิซวลเบสิก 5.0 จะมีชื่อ MSVBVM 50.DLL ซึ่งจะอยู่ในไดเรกทอรี Systems

ของ Windows เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ดังนั้นการติดตั้งซอฟต์แวร์สามารถทำได้ 2 วิธี คือ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากมีข้อผิดพลาดใดๆ เกี่ยวกับเอกสารนี้ กรุณาแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เขียนแผ่นโปรแกรม แผ่นที่ 1 แล้ว รัน (Run) ไฟล์ setup.exe หรือ
2. ถ้าในคอมพิวเตอร์มีโปรแกรม วิวอลเบสิก 5.0 อยู่สามารถ Copy ไฟล์ Laser.exe ไปใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้อง Setup

3.2.2 การติดตั้งส่วนฮาร์ดแวร์ (Video Card)

1. ทำการติดตั้ง การ์ดวิดีโอ โดยใส่ในช่อง ที่ว่างอยู่และต่อการ์จอ
2. ติดตั้งซอฟต์แวร์ที่ควบคุมการทำงานของการ์ดวิดีโอ โดยติดตั้งตามคู่มือที่ให้มา

3.2.3 การใช้งานโปรแกรม

1. ทำการรันโปรแกรม Laser.exe
2. ทำการเปิดไฟล์โดยเลือกเมนู File -Open Image หรือกด Ctrl+O เพื่อเปิดภาพโหมดเลเซอร์ที่ถ่ายเก็บไว้ ถ้าหากต้องการเลือกวิเคราะห์เฉพาะบางส่วนของภาพ ให้ใช้เมาส์เลือกกรอบ สีเหลี่ยม แล้วเลือกเมนู Edit - Copy To... หรือ Edit-Crop
3. ทำการวิเคราะห์ภาพโหมดเลเซอร์โดยเลือกเมนู Image - Plot และเลือกเมนูย่อยตามต้องการ คือ
 - ภาพแถบสี สำหรับแสดงภาพแบ่งระดับสี
 - Contour สำหรับแสดงภาพลายเส้น
 - Surface สำหรับวาดภาพพื้นผิว 3 มิติ
4. ถ้าต้องการขยายหรือย่อที่แสดงผลอยู่นั้นให้เลือกเมนู View ตามด้วยเมนู
 - ZoonIn หรือ กด คีย์ + เมื่อต้องการขยายภาพ
 - ZoomOut หรือกด คีย์ - เมื่อต้องการย่อภาพ
 - Fit To Window หรือกดคีย์ Page Up ใช้ขยายภาพให้เต็มหน้าต่างที่แสดงผลขณะนั้น
 - ZoomOff หรือกดคีย์ Page Down จะทำให้ภาพกลับอยู่ในขนาดปกติ
5. ในกรณีที่ภาพของโหมดของเลเซอร์ที่เปิดขึ้นมา มีสัญญาณรบกวนมาก สามารถแก้ไขได้โดยเลือกเมนู Image-Filter โปรแกรมจะทำการฟิเตอร์ภาพให้เรียบยิ่งขึ้น
6. บนหน้าต่างที่แสดงการแบ่งระดับสีเมื่อใช้เมาส์เลื่อนจะแสดงพิกัด x y และเมื่อคลิกเมาส์ โปรแกรม จะวาดภาพ 2 มิติ ในแนวแกน x และแกน y
7. สำหรับภาพพื้นผิว 3 มิติ สามารถหมุนได้ในแนวแกน x ตั้งแต่ -90° ถึง 90° โดยใช้ KeyUp และ KeyDown และหมุนรอบแกน y โดยใช้ KeyLeft และ KeyRight ตั้งแต่ -180° ถึง 180° นอกจากนี้ยังสามารถสั่งหมุนโดยการเลื่อน สกรอลล์บาร์ที่อยู่บนฟอร์ม firmRotate
8. ถ้าต้องการ บันทึกภาพที่วิเคราะห์ได้ให้เลือกเมนู File-Save หรือ Ctrl+S โดยจะ save

ภาพแบ่งระดับสีในฟอร์แมต (Format) .COB

ภาพ Contour ในฟอร์แมต .COT

ภาพพื้นผิว 3 มิติ ในฟอร์แมต .SUF

9. ถ้าต้องการพิมพ์หน้าต่างที่แสดงผลออกทาง เครื่องพิมพ์ให้เลือกเมนู File-Print หรือ กดคีย์ Ctrl+P
10. ถ้าต้องการออกจากโปรแกรม เลือกเมนู File-Exit หรือ กดคีย์ Ctrl+Q
- 11.เมนูการใช้งานต่างๆที่กล่าวมานี้สามารถเลือกโดยการเลือกไอคอน (Icon) บน ทุลบาร์ (ToolBar) ได้เหมือนกัน

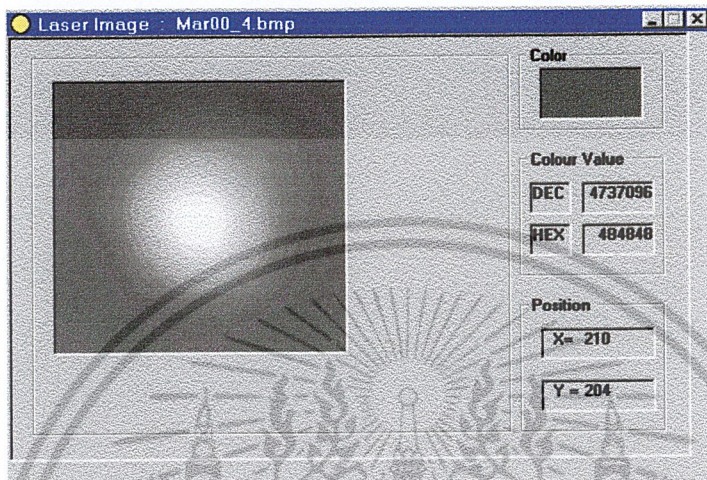


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

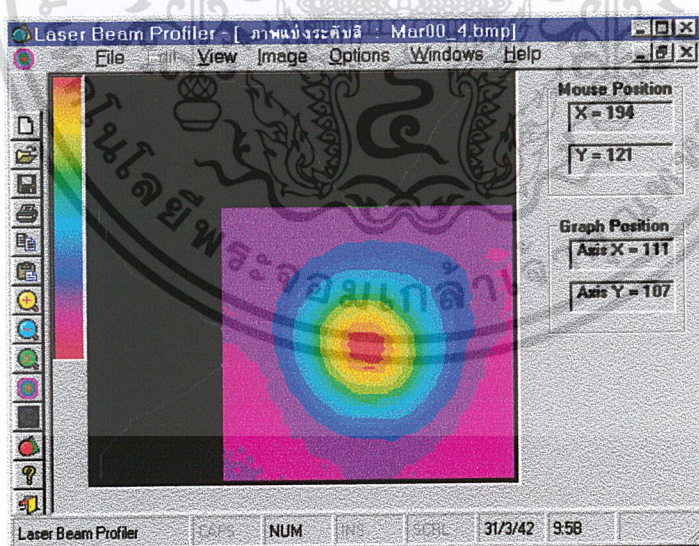
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองของภาพเลเซอร์โหมด TEM_{00}

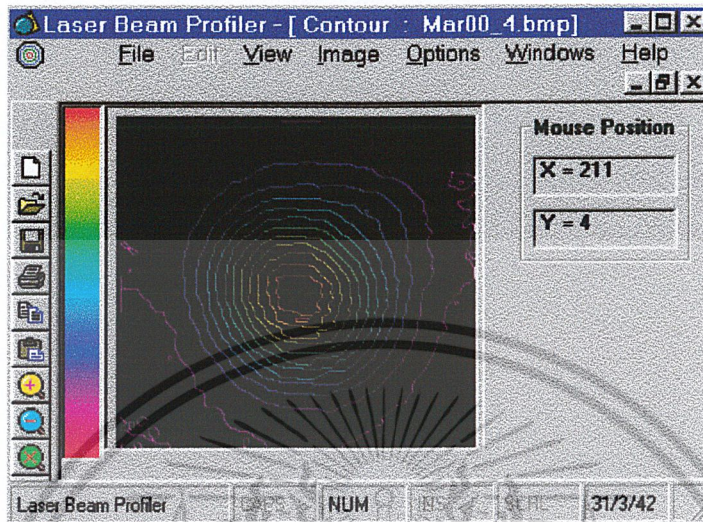


รูปที่ 4.1 แสดงภาพที่ถ่ายได้จริงของโหมด TEM_{00}

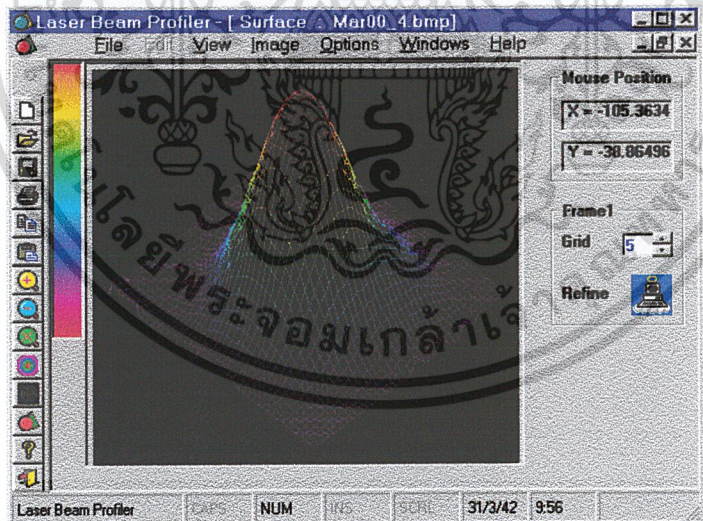


รูปที่ 4.2 แสดงภาพแบ่งระดับสีและโปรไฟล์ 2 มิติ ของโหมด TEM_{00}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



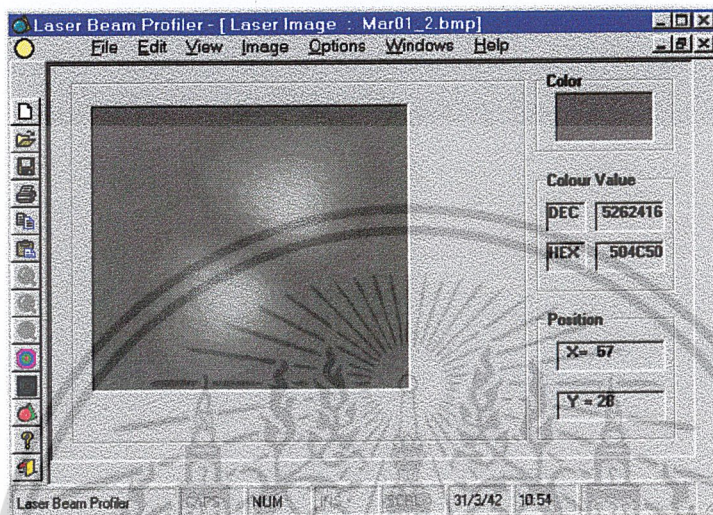
รูปที่ 4.3 แสดงภาพลายเส้น ของโหมด TEM_{00}



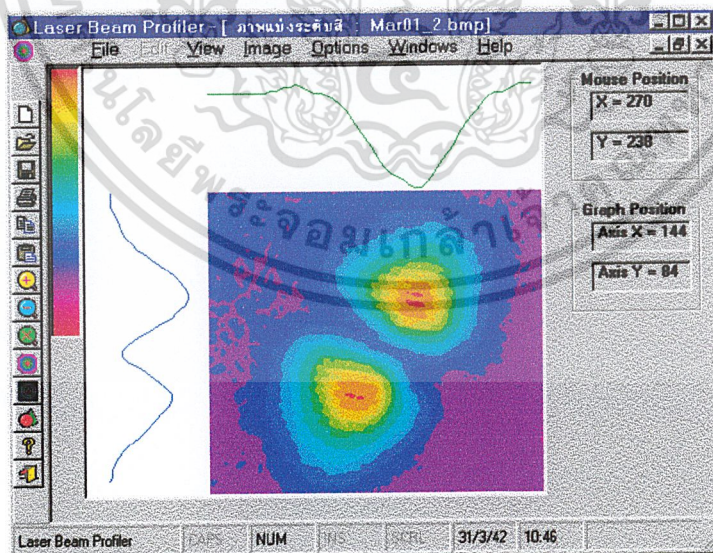
รูปที่ 4.4 แสดงภาพพื้นผิว 3 มิติ ของโหมด TEM_{00}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองของภาพเลเซอร์โหมด TEM_{01}

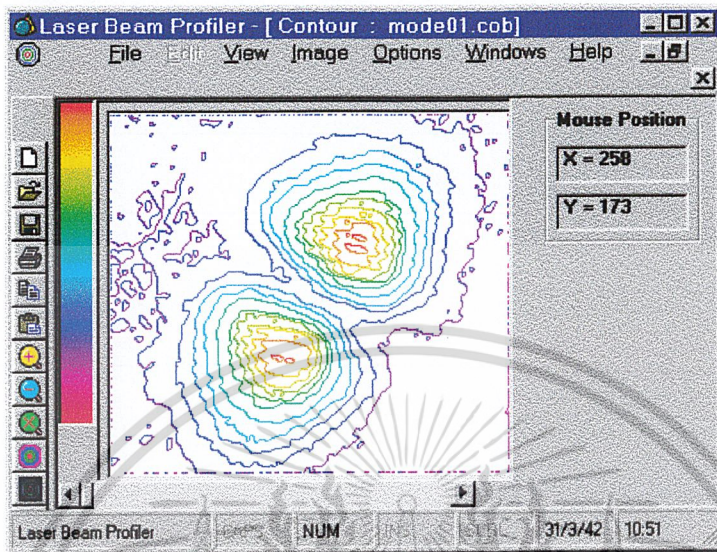


รูปที่ 4.5 แสดงภาพที่ถ่ายได้จริงของโหมด TEM_{01}

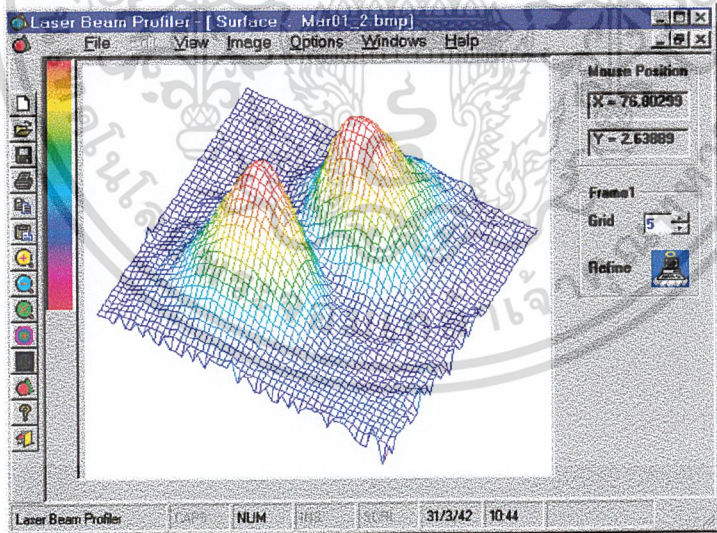


รูปที่ 4.6 แสดงภาพแบ่งระดับสีและโปรไฟล์ 2 มิติ ของโหมด TEM_{01}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



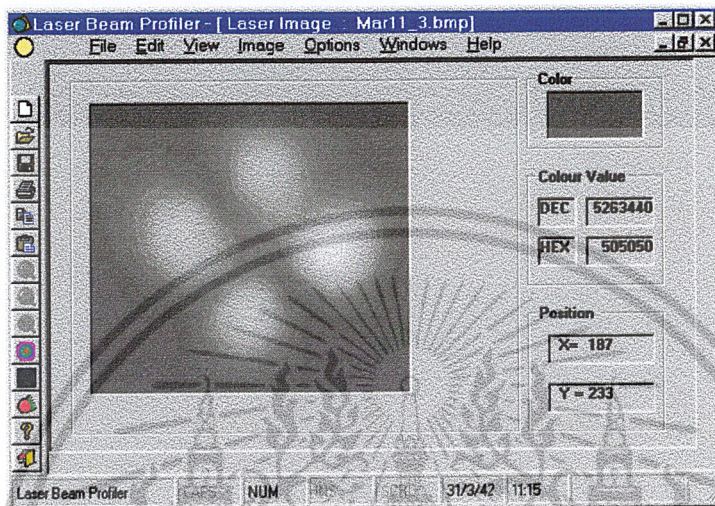
รูปที่ 4.7 แสดงภาพลายเส้น ของโหมด TEM_{01}



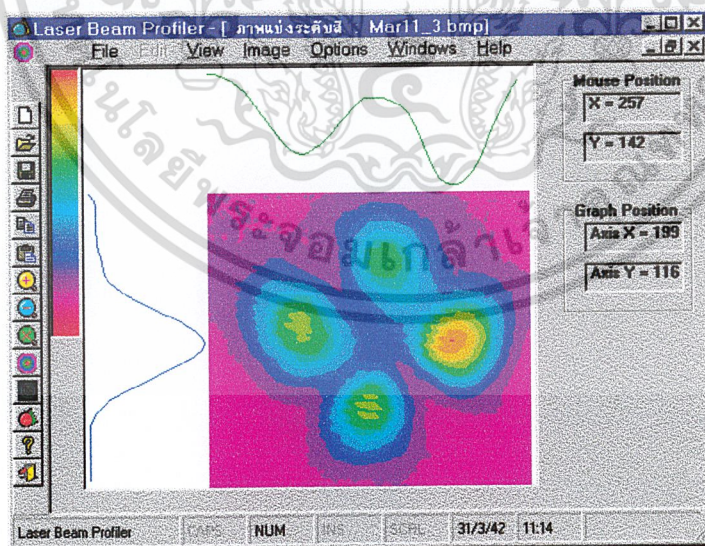
รูปที่ 4.8 แสดงภาพพื้นผิว 3 มิติ ของโหมด TEM_{01}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองของภาพเลเซอร์โหมด TEM_{11}

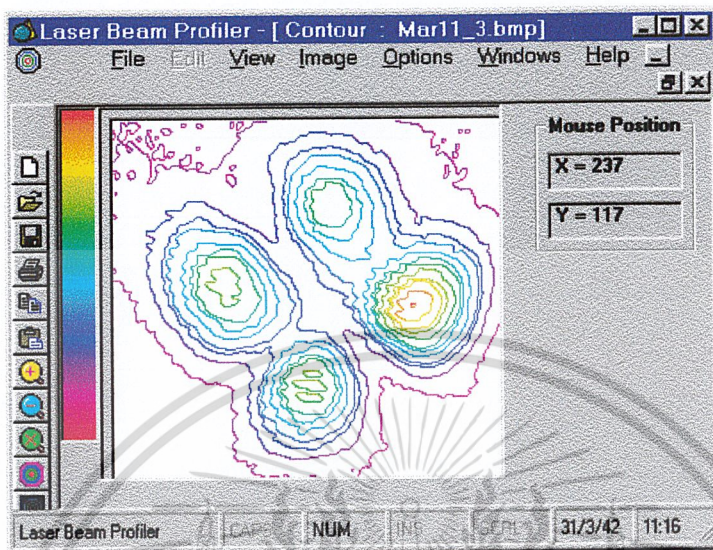


รูปที่ 4.9 แสดงภาพที่ถ่ายได้จริงของโหมด TEM_{11}

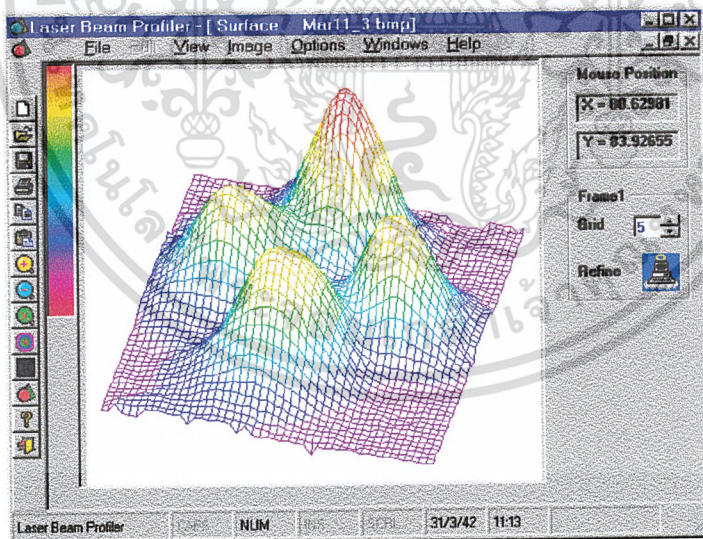


รูปที่ 4.10 แสดงภาพแบ่งระดับสีและโปรไฟล์ 2 มิติ ของโหมด TEM_{11}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



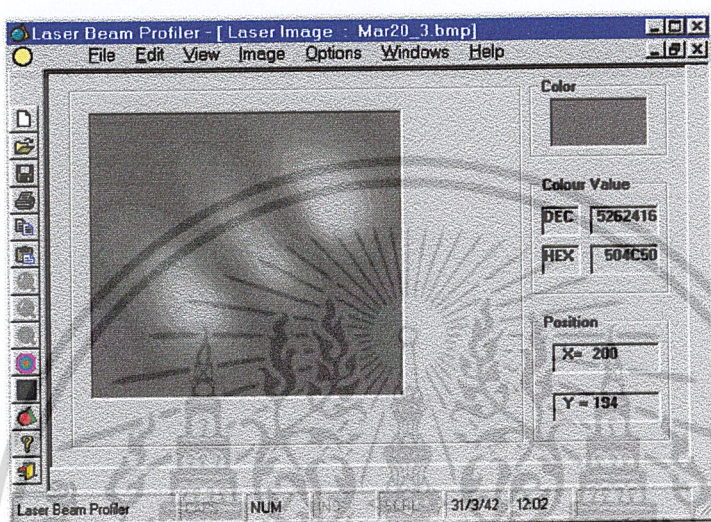
รูปที่ 4.11 แสดงภาพลายเส้น ของโหมด TEM_{11}



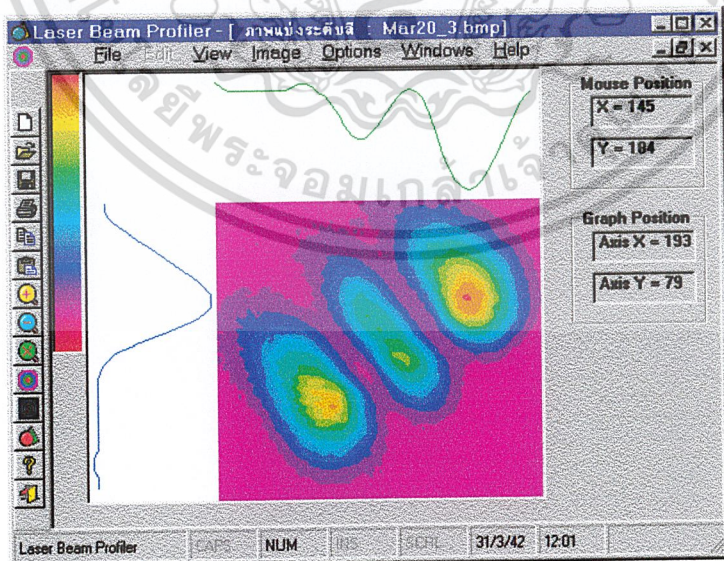
รูปที่ 4.12 แสดงภาพพื้นผิว 3 มิติ ของโหมด TEM_{11}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลองของภาพเลเซอร์โหมด TEM₂₀

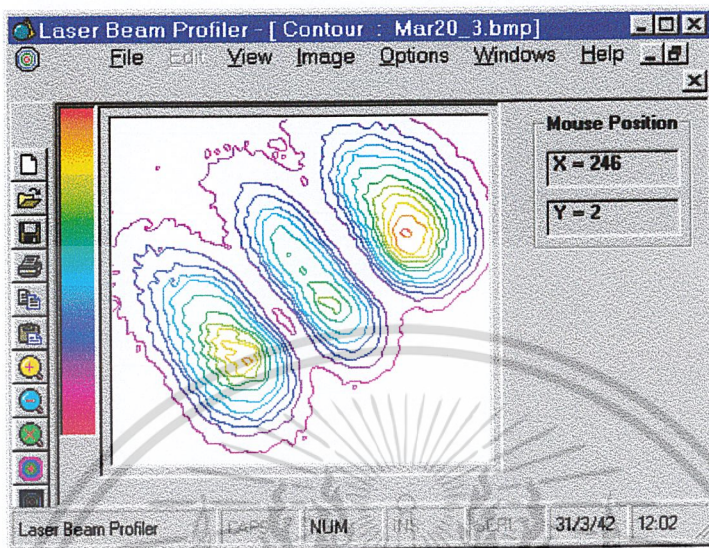


รูปที่ 4.13 แสดงภาพที่ถ่ายได้จริงของโหมด TEM₂₀

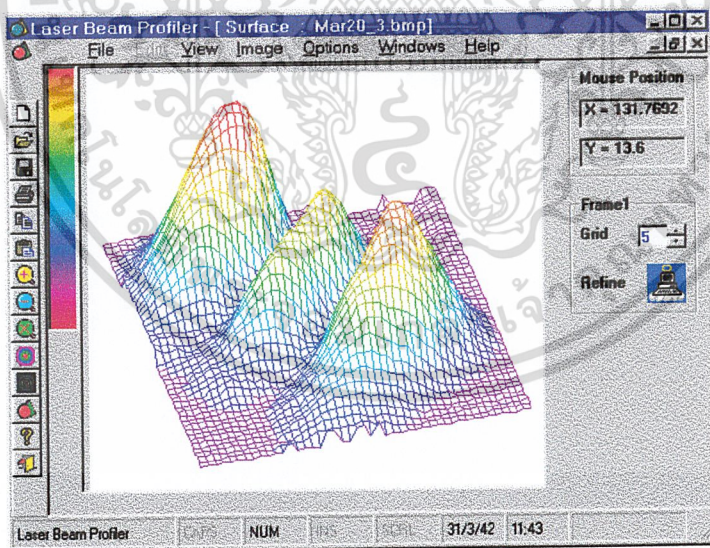


รูปที่ 4.14 แสดงภาพแบ่งระดับสีและโปรไฟล์ 2 มิติ ของโหมด TEM₂₀

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงภาพลายเส้น ของโหมด TEM_{20}



รูปที่ 4.16 แสดงภาพพื้นผิว 3 มิติ ของโหมด TEM_{20}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและวิจารณ์

สรุปผล

จากความต้องการในปัจจุบันที่มีความต้องการที่จะสร้างแหล่งกำเนิดเลเซอร์ขึ้นมาใช้เองแต่ยังขาดอุปกรณ์ที่ช่วยในการปรับแต่งให้ได้เลเซอร์ที่มีคุณสมบัติการใช้งานตามที่ต้องการ เช่นอุปกรณ์ที่สามารถบอกได้ถึงโหมดของเลเซอร์หรืออุปกรณ์สามารถแสดงลักษณะของลำแสง เป็นต้น ด้วยซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมานั้นสามารถที่จะทำการบอกได้ถึงโหมดแสดงลักษณะของภาพตัดของเลเซอร์และสามารถแสดงถึงคุณลักษณะสมบัติของเลเซอร์ได้ ซึ่งจากการทดลองก็พบว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมานั้นสามารถที่จะนำมาใช้งานได้จริงโดย

- สามารถแสดงภาพทรานสเวิร์สโหมดต่างๆของเลเซอร์ได้
- สามารถแสดงภาพตัดขวางเปรียบเทียบระหว่างความเข้มกับระยะจุดสีได้ทั้งแนว แกนนอนและแกนตั้ง (แบบ 2 มิติ) ได้
- สามารถแสดงภาพพื้นผิวสามมิติของโหมดตามขวางได้

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นนั้นยังเป็นเพียงอุปกรณ์ต้นแบบ กล่าวคือ อุปกรณ์ทั้งหมดยังพัฒนาได้ไม่สมบูรณ์ เช่น ส่วนอุปกรณ์รับแสงยังไม่สามารถหาอุปกรณ์กรองแสงมาใช้เพื่อสามารถรับแสงได้โดยไม่เกิดการสร้างประจุเกินได้ เป็นต้น ส่วนของซอฟต์แวร์ก็ยังต้องการพัฒนาอีกหลายด้าน เช่น ในการเมนูช่วยเหลือ (help) และยังใช้งานแบบ เรียลไทม์ (Real time) ไม่ได้ จึงต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงต่อไป

ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการพัฒนานั้นมีดังนี้

ในส่วนอุปกรณ์

- จัดหาอุปกรณ์กรองแสงที่สามารถกรองแสงที่มีความเข้มสูงให้มีความเข้มน้อยลงมากๆ
- พยายามที่จะหาทางในการลดแสงสะท้อนภายในกล้องของอุปกรณ์รับแสงให้น้อยที่สุด เพื่อป้องกันการเกิดสัญญาณรบกวน
- เปลี่ยนอุปกรณ์รับแสงเป็นแบบที่ให้สัญญาณออกมาเป็นดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนซอฟต์แวร์

- พัฒนาให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น
- พัฒนาส่วนช่วยเหลือให้สมบูรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Option Explicit

Public Const StartLT = 100

‘ ฟังก์ชันจัดตำแหน่งของ window

Public Declare Function SetWindowPos _

Lib "user32" (_

ByVal hWnd As Long, _

ByVal hWndInsertAfter As Long, _

ByVal X As Long, ByVal Y As Long, _

ByVal cx As Long, ByVal cy As Long, _

ByVal wFlags As Long _

) As Long

‘SetWindowPos() HwndInserAfter values

Public Const HWND_TOP = 0

Public Const HWND_TOPMOST = -1

Public Const HWND_NOTOPMOST = -2

‘SetwinddowPos() Flags

Public Const SWP_NOSIZE = &H1

Public Const SWP_NOMOVE = &H2

‘ ฟังก์ชันวาดจุดสี

Public Declare Sub SetPixel _

Lib "gdi32" (_

ByVal hdc As Long, _

ByVal X As Long, _

ByVal Y As Long, _

ByVal crColor As Long _

) 'As Long

‘ฟังก์ชันอ่านค่าจุดสี

Public Declare Function GetPixel

Lib "gdi32" (_

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ByVal hdc As Long, _

ByVal X As Long, _

ByVal Y As Long _

) As Long



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Option Explicit

'ฟังก์ชันวางไอคอนลงใน System Tray

Private Declare Function Shell_NotifyIcon

Lib "shell32" Alias "Shell_NotifyIconA" (_

ByVal dwMessage As Long, _

pnid As NOTIFYICONDATA _

) As Boolean

Private Type NOTIFYICONDATA

cbSize As Long

hWnd As Long

uId As Long

uFlags As Long

ucallbackMessage As Long

hIcon As Long

szTip As String * 64

End Type

Private SystemTray As NOTIFYICONDATA

Private Const NIM_ADD = &H0 'add an icon into system tray

Private Const NIM_MODIFY = &H1 'update an icon in system tray

Private Const NIM_DELETE = &H2 'remove an icon from system tray

Private Const NIF_MESSAGE = &H1 'return messages

Private Const NIF_ICON = &H2 'adding an icon

Private Const NIF_TIP = &H4 'adding a tip

'constant need for the callback

Private Const WM_LBUTTONDOWNBLCLK = &H203

Private Const WM_RBUTTONDOWN = &H205

Private Const WM_MOUSEMOVE = &H200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```
Private Const WM_LBUTTONDOWN = &H201
```

```
Private Const WM_COMMAND = &H111
```

```
Dim ShowFlag As Boolean
```

‘อ่านค่าที่บันทึกไว้ใน Registry

```
Private Sub ReadLaserProfileRegistry()
```

```
    On Error Resume Next
```

```
    'Read Profiles from Windows Registry
```

```
    If GetSetting(appname:="Laser", section:="Position", Key:="Left", _
```

```
        Default:="NotFound") = "NotFound" Then
```

```
        Left = 200
```

```
        SaveSetting appname:="Laser", section:="Position", Key:="Left", setting:=Left
```

```
    Else
```

```
        Left = GetSetting(appname:="Laser", section:="Position", Key:="Left")
```

```
    End If
```

```
    If GetSetting(appname:="Laser", section:="Position", Key:="Top", _
```

```
        Default:="NotFound") = "NotFound" Then
```

```
        Top = 200
```

```
        SaveSetting appname:="Laser", section:="Position", Key:="Top", setting:=Top
```

```
    Else
```

```
        Top = GetSetting(appname:="Laser", section:="Position", Key:="top")
```

```
    End If
```

```
    If GetSetting(appname:="Laser", section:="Size", Key:="Width", _
```

```
        Default:="NotFound") = "NotFound" Then
```

```
        Width = 6000
```

```
        SaveSetting appname:="Laser", section:="Size", Key:="Width", setting:=Width
```

```
    Else
```

```
        Width = GetSetting(appname:="Laser", section:="Size", Key:="Width")
```

```
    End If
```

```
    If GetSetting(appname:="Laser", section:="Size", Key:="Height", _
```

```
        Default:="NotFound") = "NotFound" Then
```

```
        Height = 6000
```

```
        SaveSetting appname:="Laser", section:="Size", Key:="Height", setting:=Height
```

```
    Else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Height = GetSetting(appname:="Laser", section:="Size", Key:="Height")
End If
If GetSetting(appname:="Laser", section:="Status", Key:="Show", _
Default:="NotFound") = "NotFound" Then
    ShowFlag = True
    SaveSetting appname:="Laser", section:="Status", Key:="Show", setting:=ShowFlag
Else
    ShowFlag = GetSetting(appname:="Laser", section:="Status", Key:="Show")
End If
End Sub

```

‘แสดงฟอร์ม Tip of Day

```

Private Sub ShowToolTip()
    Dim ShowAtStartup As Boolean

    ' See if we should be shown at startup
    ShowAtStartup = CBool(GetSetting(appname:="Laser", section:="Options", _
Key:="Show Tips at Startup", Default:=1))
    If Not ShowAtStartup Then Exit Sub
    frmTip.Show
End Sub

```

‘บันทึกค่าลงใน Registry

```

Private Sub WriteLaserProfileRegistry()
    On Error Resume Next
    'write profiles to Windows Registry

    If Not ShowFlag Then ' if icon in systemtray must show before write and exit
        MinimizeWindows
    End If

    SaveSetting appname:="Laser", section:="Position", Key:="Left", setting:=Left
    SaveSetting appname:="Laser", section:="Position", Key:="Top", setting:=Top
    SaveSetting appname:="Laser", section:="Size", Key:="Width", setting:=Width
    SaveSetting appname:="Laser", section:="Size", Key:="Height", setting:=Height
    SaveSetting appname:="Laser", section:="Status", Key:="Show", setting:=ShowFlag
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

‘ ตรวจสอบการกดไอคอน บนทูลบาร์

Private Sub ProcessKeyVal(KeyVal As String)

Select Case KeyVal

Case "Open"

mnuFileOpen_Click

Case "Save"

mnuFileSave_Click

Case "Print"

mnuFilePrint_Click

Case "ZoomIn"

mnuViewZoomIn_Click

Case "ZoomOut"

mnuViewZoomOut_Click

Case "Copy"

mnuEditCopy_Click

Case "Paste"

mnuEditPaste_Click

Case "ZoomOff"

mnuViewZoomOff_Click

Case "Help"

mnuHelpAbout_Click

Case "Exit"

mnuFileExit_Click

Case "Pseudo"

mnuimagePLotPseudo_Click

Case "Contour"

mnuimagePlotContour_Click

Case "Surface"

mnuimagePLotSurface_Click

Case "New"

mnuFileNewImage_Click

End Select

End Sub

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

‘โหลดข้อมูลลงใน statusbar

Private Sub CreateStatusBar()

Dim i As Byte

For i = 1 To 8

stab1.Panels.Add

Next i

With stab1.Panels

.Item(1).Style = sbrText

.Item(1).Width = 2000

.Item(1).Text = Me.Caption

.Item(2).Style = sbrCaps

.Item(2).Width = 800

.Item(3).Style = sbrNum

.Item(3).Width = 800

.Item(4).Style = sbrIns

.Item(4).Width = 800

.Item(5).Style = sbrScrl

.Item(5).Width = 800

.Item(6).Style = sbrDate

.Item(6).Width = 800

.Item(7).Style = sbrTime

.Item(7).Width = 800

End With

End Sub

‘ซ่อน หรือ แสดง ฟอรัม MDI

Private Sub MinimizeWindows()

ShowFlag = Not ShowFlag

If ShowFlag Then

Me.Show

frmRotate.Show

Call Shell_NotifyIcon(NIM_DELETE, SystemTray) 'remove an icon from system tray

Else

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Me.Hide

frmRotate.Hide

'set system tray

SystemTray.cbSize = Len(SystemTray) 'size of system tray notification

SystemTray.hWnd = Me.hWnd 'mdiform handle

SystemTray.ulid = vbNull

SystemTray.uFlags = NIF_ICON Or NIF_TIP Or NIF_MESSAGE

SystemTray.ucallbackMessage = WM_MOUSEMOVE

SystemTray.hIcon = Icon 'specify an icon to show in system tray

SystemTray.szTip = Me.Caption & vbNullChar 'specify tip text

Call Shell_NotifyIcon(NIM_ADD, SystemTray) 'add an icon into system tray

End If

End Sub

' เช็ตค่า ต่างๆ เมื่อโหลดฟอร์ม

Private Sub MDIForm_Load()

If App.PreviousInstance Then Unload Me 'ปิดโปรแกรมถ้าเปิดโปรแกรมอยู่ก่อนแล้ว

frmSplash.Show 'แสดงฟอร์ม splash

DoEvents

ReadLaserProfileRegistry 'อ่าน Profile ของ mdifrlaser จาก Windows Registry

ShowFlag = Not ShowFlag

MinimizeWindows 'แสดง ฟอร์ม MDI

CreateStatusBar ' create and set properties of pannel in StatusBar

Load frmSurface ' โหลด ฟอร์มลูก MDI

Load frmContour

Load frmPseudo

Load frmLaser

frmLaser.Show 'แสดงฟอร์ม frmLaser

frmRotate.Hide 'ซ่อนฟอร์ม frmRotate

ShowToolTip 'แสดงฟอร์ม Tip of Day

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Unload frmSplash 'ปิดฟอร์ม splash

End Sub

' ตรวจสอบเหตุการณ์ที่เมาส์กระทำกับไอคอนใน system tray

Private Sub MDIForm_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

Static lngMsg As Long

Static blnFlag As Boolean

lngMsg = X / Screen.TwipsPerPixelX 'get a callback message returned from system tray

If blnFlag = False Then

blnFlag = True

If lngMsg <> 34 Then

Select Case lngMsg

Case WM_LBUTTONDOWNBLCLK 'icon in system tray is double-clicked

MinimizeWindows

Case WM_LBUTTONDOWN 'icon in system tray is left-downed

Case WM_RBUTTONDOWN 'icon in system tray is right-clicked

Me.PopupMenu mnuSysTray

End Select

blnFlag = False

End If

End If

End Sub

Private Sub MDIForm_Resize()

' ถ้าลดขนาดฟอร์มลงใน taskbar ย้ายไอคอนไว้ที่ systemtray

If WindowState = 1 Then

MinimizeWindows

WindowState = 0

End If

End Sub

' ปิดส่วนต่าง ๆ ก่อนปิดโปรแกรม

Private Sub MDIForm_Unload(Cancel As Integer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

On Error Resume Next

WriteLaserProfileRegistry 'บันทึก Profile ของ mdifrmLaser ลงใน Windows Registry

Unload frmRotate

End

End Sub

'คลิกเมนู copy to...

Private Sub mnuEditCoptTo_Click()

frmlaser.SetFocus

Me.ActiveForm.CopyTo

End Sub

'คลิกเมนู copy

Private Sub mnuEditCopy_Click()

Me.ActiveForm.Copy

End Sub

'คลิกเมนู crop

Private Sub mnuEditCrop_Click()

frmlaser.SetFocus

Me.ActiveForm.Crop

End Sub

'คลิกเมนู paste

Private Sub mnuEditPaste_Click()

Me.ActiveForm.Paste

End Sub

'คลิกเมนู exit

Private Sub mnuFileExit_Click()

Unload mdifrmLaser

End Sub

'คลิกเมนู open

Private Sub mnuFileOpen_Click()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Me.ActiveForm.FileOpen
End Sub
```

```
'คลิกเมนู print
Private Sub mnuFilePrint_Click()
    Me.ActiveForm.PrintImage
End Sub
```

```
'คลิกเมนู save
Private Sub mnuFileSave_Click()
    Me.ActiveForm.FileSave
End Sub
```

```
'คลิกเมนู about
Private Sub mnuHelpAbout_Click()
    frmAbout.diaplay
End Sub
```

```
'คลิกเมนู เส้นกราฟพื้นผิว 3 มิติ
Private Sub mnuImageRefineGridSurface_Click()
    frmSurface.SetFocus
    frmSurface.RefindGrid 3
    frmSurface.TransformData
    frmSurface.DrawSurface frmSurface.picSurface
End Sub
```

```
'คลิกเมนู popup exit
Private Sub mnuSysTrayExit_Click()
    Unload Me
End Sub
```

```
'คลิกเมนู show
Private Sub mnuSystrayShow_Click()
```

```
    MinimizeWindows
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

‘คลิกเมนู เฉลี่ยภาพโหมดเลเซอร์

Private Sub mnulmageFilter_Click()

frmLaser.SetFocus

frmLaser.Filter

End Sub

‘คลิกเมนู fit to windows

Private Sub mnuViewFitToWindow_Click()

Me.ActiveForm.FitToWindow

End Sub

‘คลิกเมนู contour

Private Sub mnuiimagePlotContour_Click()

frmContour.Show

frmContour.SetFocus

frmContour.PlotContour

End Sub

‘คลิกเมนู ภาพแถบสี (pseudo)

Private Sub mnuiimagePLotPseudo_Click()

frmPseudo.Show

frmPseudo.SetFocus

frmPseudo.PlotPseudo

End Sub

‘คลิกเมนู พื้นผิว 3 มิติ

Private Sub mnuiimagePLotSurface_Click()

frmSurface.Show

frmSurface.SetFocus

frmSurface.PlotSurface

End Sub

‘คลิกเมนู rotate bar

Private Sub mnuViewRotateBar_Click()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

mnuViewRotateBar.Checked = Not mnuViewRotateBar.Checked
If mnuViewRotateBar.Checked Then
    frmRotate.Show
Else
    frmRotate.Hide
End If
End Sub

```

‘คลิกเมนู tool bar

```

Private Sub mnuViewToolBar_Click()
    mnuViewToolBar.Checked = Not mnuViewToolBar.Checked
    tlb1.Visible = mnuViewToolBar.Checked

```

End Sub

‘คลิกเมนู zoom in

```

Private Sub mnuViewZoomIn_Click()
    Me.ActiveForm.ZoomIn

```

End Sub

‘คลิกเมนู zoom off

```

Private Sub mnuViewZoomOff_Click()
    Me.ActiveForm.ZoomOff

```

End Sub

‘คลิกเมนู zoom out

```

Private Sub mnuViewZoomOut_Click()
    Me.ActiveForm.ZoomOut

```

End Sub

‘คลิกเมนู arrange icon

```

Private Sub mnuWindowsArrangelcon_Click()

```

```

    mdifrmLaser.Arrange vbArrangelcons

```

End Sub

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

‘คลิกเมนู cascaded

```
Private Sub mnuWindowsCascaded_Click()
```

```
    mdifrmLaser.Arrange vbCascade
```

```
End Sub
```

‘คลิกเมนู minimize all

```
Private Sub mnuWindowsMinimizeAll_Click()
```

```
    Dim frmChild As Form
```

```
    For Each frmChild In Forms
```

```
        On Error Resume Next
```

```
        If frmChild.MDICHild Then
```

```
            If Err = 380 Then GoTo lin
```

```
            If frmChild.WindowState <> vbMinimized Then
```

```
                frmChild.WindowState = vbMinimized
```

```
            End If
```

```
        lin:End If
```

```
    Next
```

```
End Sub
```

‘คลิกเมนู system tray

```
Private Sub mnuWindowsSystemTray_Click()
```

```
    MinimizeWindows
```

```
End Sub
```

‘คลิกเมนู tile horizontal

```
Private Sub mnuWindowsTileHorizontal_Click()
```

```
    mdifrmLaser.Arrange vbTileHorizontal
```

```
End Sub
```

‘คลิกเมนู tile vertical

```
Private Sub mnuWindowsTileVertical_Click()
```

```
    mdifrmLaser.Arrange vbTileVertical
```

```
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

‘คลิกปุ่มไอคอนบน toolbar

Private Sub tlb1_ButtonClick(ByVal Button As ComctlLib.Button)

ProcessKeyVal Button.Key

End Sub



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Option Explicit

Private Sub Form_Load()

 ' แสดงฟอร์มให้อยู่กลางจอภาพ

 Move (Screen.Width - Me.Width) \ 2, (Screen.Height - Me.Height) \ 2

 ' แสดงฟอร์มให้อยู่บนสุด

 SetWindowPos Me.hWnd, HWND_TOPMOST, _

 0, 0, 0, 0, SWP_NOSIZE Or SWP_NOMOVE 'Or SWP_DRAWFRAME

End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)

 ' แสดงฟอร์มไม่ให้อยู่บนสุด

 SetWindowPos Me.hWnd, HWND_NOTOPMOST, _

 0, 0, 0, 0, SWP_NOSIZE Or SWP_NOMOVE

End Sub



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอรัม Tip of Day



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Option Explicit

' กำหนด ตัวแปรแบบ คอลเล็กชัน tips เพื่อเก็บข้อมูลทิป

Dim Tips As New Collection

' กำหนดชื่อไฟล์ที่เก็บข้อมูลทิป

Const TIP_FILE = "TipOfDay.txt"

Dim CurrentTip As Long

' แสดงข้อความทิป

Private Sub DoNextTip()

' เลือกทิปโดยการสุ่ม

CurrentTip = Int((Tips.Count * Rnd) + 1)

frmTip.DisplayCurrentTip

End Sub

' ฟังก์ชันตรวจสอบและ เปิดข้อมูลไฟล์ทิป

Function LoadTips(sFile As String) As Boolean

Dim NextTip As String

Dim InFile As Integer

' หาหมายเลขว่างที่จะเปิดไฟล์

InFile = FreeFile

' ตรวจสอบว่ามีชื่อไฟล์

If sFile = "" Then

LoadTips = False

Exit Function

End If

' ตรวจสอบว่ามีไฟล์อยู่จริง

If Dir(sFile) = "" Then

LoadTips = False

Exit Function

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End If

' อ่านข้อมูลแต่ละบรรทัดลงใน คอลเล็กชัน Tips

Open sFile For Input As InFile

While Not EOF(InFile)

Line Input #InFile, NextTip

Tips.Add NextTip

Wend

Close InFile

' แสดงข้อความทิปโดยวิธีสุ่ม

DoNextTip

LoadTips = True

End Function

Private Sub chkLoadTipsAtStartup_Click()

' บันทึกว่าจะแสดงฟอร์มทิปหรือไม่ลงใน Registry

SaveSetting appname:="Laser", section:="Options", Key:="Show Tips at Startup",
setting:=chkLoadTipsAtStartup.Value

End Sub

Private Sub cmdNextTip_Click()

DoNextTip

End Sub

Private Sub cmdOK_Click()

Unload Me

End Sub

Private Sub Form_Load()

Me.chkLoadTipsAtStartup.Value = vbChecked

' สุ่มตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Randomize
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

' อ่านค่าไฟล์ทิปและแสดงผลแบบสุ่ม

If LoadTips(App.Path & "\" & TIP_FILE) = False Then

lblTipText.Text = "That the " & TIP_FILE & " file was not found? " & vbCrLf & vbCrLf & _

"สร้างไฟล์ text ชื่อ " & TIP_FILE & "โดยให้ NotePad 1 ข้อความต่อ ๆ บรรทัด " & _

" และเก็บไว้ใน directory เดียวกับ application. "

End If

End Sub

' แสดงผลทิปที่ลำดับปัจจุบัน

Public Sub DisplayCurrentTip()

If Tips.Count > 0 Then

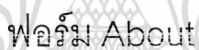
lblTipText.Text = Tips.Item(CurrentTip)

End If

End Sub



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



'Module: AboutlaserProfiier.frm

'Author: Chaisuriya Prapaisri

'E-Mail: Chaiiya@thaimail.com or Chaiiya@hotmail.com

Option Explicit

Private Const SW_SHOW = 5

‘ฟังก์ชันเปิด application ให้ทำงานตาม ชนิดของไฟล์

Private Declare Function ShellExecute _

Lib "shell32.dll" Alias "ShellExecuteA" (_

ByVal hWnd As Long, _

ByVal lpOperation As String, _

ByVal lpFile As String, _

ByVal lpParameters As String, _

ByVal lpDirectory As String, _

ByVal nShowCmd As Long _

) As Long

Private Sub CmdExit_Click()

Unload Me

End Sub

Private Sub Email_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

Email.ForeColor = vbRed

End Sub

Private Sub Email_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

Email.ForeColor = vbWhite

ShellExecute hWnd, "open", "mailto:" + Email.Caption, vbNullString, vbNullString,

SW_SHOW

End Sub

Private Sub Form_Resize()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Me.Move (Screen.Width - Width) \ 2, (Screen.Height - Height) \ 2
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Sub

Private Sub Homepage_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

Handbill.ForeColor = vbMagenta

End Sub

Private Sub Homepage_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

Handbill.ForeColor = vbWhite

ShellExecute hWnd, "open", Homepage.Caption, vbNullString, vbNullString, SW_SHOW

End Sub

Public Sub diaplay()

Me.Show vbModal

End Sub



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Option Explicit

Dim ColorVal() As Long

Dim FlagPlot As Boolean

Dim Zoomfirst As Boolean

' zoom ภาพจนเต็ม window ที่ แสดงผลขณะนั้น

Public Sub FitToWindow()

Dim m As Single

Dim n As Single

If Not Zoomfirst Then

Zoomfirst = True

' เก็บขนาดภาพเดิมไว้

picZoom.Picture = picContour.Picture

End If

n = Picture1.Width / picContour.Width

m = Picture1.Height / picContour.Height

If n < m Then

picContour.Width = picContour.Width * n

picContour.Height = picContour.Height * n

Else

picContour.Width = picContour.Width * m

picContour.Height = picContour.Height * m

End If

picContour.AutoRedraw = True

picContour.PaintPicture picZoom.Picture, 0, 0, _

picContour.ScaleWidth, picContour.ScaleHeight, 0, 0, _

picZoom.ScaleWidth, picZoom.ScaleHeight, vbSrcCopy

picContour.AutoRedraw = False

End Sub

' ขยายขนาดภาพ

Public Sub ZoomIn()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 If Not Zoomfirst Then
 'ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zoomfirst = True

picZoom.Picture = picContour.Picture

End If

picContour.Width = picContour.Width * 1.2

picContour.Height = picContour.Height * 1.2

picContour.ScaleMode = vbPixels

Form_Resize

If Me.VScroll1.Visible Then _

Me.VScroll1.Value = Me.VScroll1.Max

If Me.HScroll1.Visible Then _

Me.HScroll1.Value = Me.HScroll1.Max

picContour.AutoRedraw = True

picContour.PaintPicture picZoom.Picture, 0, 0, _

picContour.ScaleWidth, picContour.ScaleHeight, 0, 0, _

picZoom.ScaleWidth, picZoom.ScaleHeight, vbSrcCopy

picContour.AutoRedraw = False

End Sub

' ย่อขนาดภาพ

Public Sub ZoomOut()

If Not Zoomfirst Then

Zoomfirst = True

picZoom.Picture = picContour.Picture

End If

picContour.Width = picContour.Width * 0.8

picContour.Height = picContour.Height * 0.8

picContour.ScaleMode = vbPixels

Form_Resize

picContour.AutoRedraw = True

picContour.PaintPicture picZoom.Picture, 0, 0, _

picContour.ScaleWidth, picContour.ScaleHeight, 0, 0, _

picZoom.ScaleWidth, picZoom.ScaleHeight, vbSrcCopy

picContour.AutoRedraw = False

End Sub

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

' ยกเลิกการ zoom

Public Sub ZoomOff()

Zoomfirst = False

picContour.Picture = picZoom.Picture

Form_Resize

End Sub

' ตรวจสอบการกดคีย์ + , - , PagUp และ PagDwn

Private Sub Form_KeyUp(KeyCode As Integer, Shift As Integer)

Dim KeyVal As String

KeyVal = KeyCode

Select Case KeyCode

Case vbKeyAdd: Me.ZoomIn

Case vbKeySubtract: Me.ZoomOut

Case vbKeyPageUp: Me.FitToWindow

Case vbKeyPageDown: Me.ZoomOff

End Select

End Sub

Private Sub Form_Load()

' กำหนดขนาดของฟอร์ม

Width = 8000

Height = 5000

End Sub

Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

picContour.Refresh

End Sub

' ปรับขนาดและตำแหน่งของคอนโทรลในฟอร์ม

Private Sub Form_Resize()

Dim Descrip As Integer

Descrip = 120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If WindowState = vbMinimized Then Exit Sub
```

```
Picture1.Move picColorBar.Width, 0, _
```

```
ScaleWidth - VScroll1.Width - picColorBar.Width - Descrip, _
```

```
ScaleHeight - HScroll1.Height
```

```
Me.picContour.Move 0, 0
```

```
' ปรับขนาดและตำแหน่งของ scroll bars.
```

```
HScroll1.Left = Picture1.Left
```

```
HScroll1.Top = ScaleHeight - HScroll1.Height
```

```
HScroll1.Width = Picture1.Width
```

```
VScroll1.Top = 0
```

```
VScroll1.Left = ScaleWidth - VScroll1.Width - Descrip
```

```
VScroll1.Height = Picture1.Height
```

```
' กำหนดคุณสมบัติ max ของ scroll bars
```

```
HScroll1.Max = Me.picContour.Width - Picture1.Width
```

```
VScroll1.Max = Me.picContour.Height - Picture1.Height
```

```
' กำหนดขนาดการเปลี่ยนของ scroll bars
```

```
If HScroll1.Max > 10 And VScroll1.Max > 10 Then
```

```
    HScroll1.LargeChange = HScroll1.Max / 10
```

```
    VScroll1.LargeChange = VScroll1.Max / 10
```

```
Else
```

```
    HScroll1.LargeChange = 2
```

```
    VScroll1.LargeChange = 2
```

```
End If
```

```
' ตรวจสอบว่าต้องใช้ scroll bars หรือไม่
```

```
If (Picture1.Width < picContour.Width) Then
```

```
    HScroll1.Visible = True
```

```
Else
```

```
    HScroll1.Visible = False
```

```
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

VScroll1.Visible = True
Else
    VScroll1.Visible = False
End If
HScroll1.Refresh
VScroll1.Refresh
Me.fmePosition.Move VScroll1.Width + Picture1.Width + picColorBar.Width + 5
End Sub

```

‘ปรับตำแหน่งของภาพเมื่อเลื่อน scroll bars

```

Private Sub HScroll1_Change()
    ' Move the parent picture box.
    picContour.Left = -HScroll1.Value
End Sub

```

```

Private Sub HScroll1_Scroll()
    ' Move the parent picture box.
    picContour.Left = -HScroll1.Value
End Sub

```

‘วาดภาพแบ่งระดับสี

```

Public Sub PLOTContour()
    Dim PixelX As Integer
    Dim PixelY As Integer
    Dim ColorRange As Long
    Dim hgt As Integer
    Dim wid As Integer

```

```

Zoomfirst = False

```

```

FlagPlot = False

```

```

' อ่านค่าสีจากภาพ picPseudo

```

```

frmPseudo.ZOrder

```

```

frmPseudo.picPseudo.Cls

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

hgt = frmLaser.picLaser.ScaleHeight

ReDim ColorVal(0 To wid - 1, 0 To hgt - 1)

For PixelY = 0 To hgt - 1

 MousePointer = vbHourglass

 For PixelX = 0 To wid - 1

 ColorVal(PixelX, PixelY) = GetPixel(_

 frmPseudo.picPseudo.hdc, PixelX + StartLT, PixelY + StartLT)

 Next PixelX

 MousePointer = vbDefault

Next PixelY

‘ แปลงค่าและวาดจุดสี ลงใน picContour

Me.picContour.Picture = LoadPicture()

Me.picContour.Width = wid

Me.picContour.Height = hgt

Form_Resize

Me.picContour.AutoRedraw = True

Me.picContour.Cls

Me.ZOrder

DoEvents

Dim Colour As Long

For PixelY = 1 To hgt - 1

 MousePointer = vbHourglass

 For PixelX = 1 To wid - 1

 If ColorVal(PixelX, PixelY) = ColorVal(PixelX, PixelY - 1) Then

 If ColorVal(PixelX, PixelY) = ColorVal(PixelX - 1, PixelY) Then

 Colour = vbBlack

 Else

 Colour = ColorVal(PixelX, PixelY)

 End If

 Else

 Colour = ColorVal(PixelX, PixelY)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

End If

    Call SetPixel(Me.picContour.hdc, PixelX, PixelY, Colour)

Next PixelX

Me.picContour.Refresh

MousePointer = vbDefault

Next PixelY

Me.picContour.Picture = Me.picContour.Image

Me.picContour.AutoRedraw = False

Erase ColorVal()

FlagPlot = True

Caption = " Contour : " & mdifrmLaser!CMDIALOG1.FileName

End Sub

```

‘ บันทึกภาพลงไฟล์

```

Public Sub FileSave()

    On Error Resume Next

    With mdifrmLaser!CMDIALOG1

        .DialogTitle = " Save Image As "

        .Filter = "Contour (*.COT)|*.cot"

        .Flags = &H1& + &H2& + &H8000&

        .Filename = ""

        .ShowSave

        If Err.Number = 32755 Then Exit Sub

        If .Filename <> "" Then

            SavePicture picContour.Picture, .Filename

        End If

    End With

End Sub

```

‘ เปิดไฟล์ภาพ

```

Public Sub FileOpen()

    Dim Filename As String

    Dim FileTitle As String

```

```

    On Error Resume Next

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

' Open dialogbox.
With mdifrmLaser!CMDDialog1
    .Flags = &H1000& Or &H4&
    .DialogTitle = "Open Images File"
    .Filter = "Contour (*.COT)|*.cot"
    .Filename = ""
    .ShowOpen
End With

If Err = 32755 Then Exit Sub

Filename = mdifrmLaser!CMDDialog1.Filename
FileTitle = mdifrmLaser!CMDDialog1.FileTitle
picContour.Picture = LoadPicture(Filename)
picContour.Visible = True
picContour.ZOrder
Me.Caption = " Contour : " & FileTitle
Form_Resize
End Sub

' ลากเส้นกากบาทผ่านตำแหน่งเมาส์
Private Sub picContour_MouseMove( _
    Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Me.lblX.Caption = " X = " & X
    Me.lblY.Caption = " Y = " & Y
    If Not FlagPlot Then Exit Sub
    picContour.Refresh
    picContour.Line (0, Y)-(picContour.ScaleWidth, Y), vbRed
    picContour.Line (X, 0)-(X, picContour.ScaleHeight), vbRed
End Sub

' ลบเส้นกากบาท
Private Sub Picture1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
    Single)
    picContour.Refresh
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Private Sub VScroll1_Change()

' Move the parent picture box.

picContour.Top = -VScroll1.Value

End Sub

Private Sub VScroll1_Scroll()

' Move the parent picture box.

picContour.Top = -VScroll1.Value

End Sub



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฟอร์มแสดงภาพโหมดเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Option Explicit

Private Type DataRGB

Red As Byte

Green As Byte

Blue As Byte

End Type

Dim X1 As Integer

Dim X2 As Integer

Dim Y1 As Integer

Dim Y2 As Integer

‘เฉลี่ยภาพให้เรียบขึ้น

Public Sub Filter()

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim X As Integer

Dim Y As Integer

Dim r As Integer

Dim g As Integer

Dim b As Integer

Dim DataColor() As DataRGB

Dim wid As Integer

Dim hgt As Integer

wid = picLaser.ScaleWidth - 1

hgt = picLaser.ScaleHeight - 1

picLaser.AutoRedraw = True

ReDim DataColor(0 To wid, 0 To hgt)

Dim Colour As Long

‘ อ่านค่าสีแต่ละจุดเก็บไว้

For j = 0 To hgt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
MousePointer = vbArrowHourglass
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For i = 0 To wid

Colour = picLaser.Point(i, j)

' แยกสีเป็นแม่สีแสง 3 สี

DataColor(i, j).Red = Colour And &HFF

DataColor(i, j).Green = (Colour \ &H100) And &HFF

DataColor(i, j).Blue = (Colour \ &H10000) And &HFF

Next i

MousePointer = vbDefault

DoEvents

Next j

' เสร็จค่าสีแล้ววาดจุดสีใหม่

For Y = 1 To hgt - 1

MousePointer = vbArrowHourglass

For X = 1 To wid - 1

r = 0

g = 0

b = 0

For j = -1 To 1

For i = -1 To 1

With DataColor(X + i, Y + j)

r = r + .Red

g = g + .Green

b = b + .Blue

End With

Next i, j

r = r / 9

g = g / 9

b = b / 9

picLaser.PSet (X, Y), RGB(r, g, b)

Next X

DoEvents

MousePointer = vbDefault

Next Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
picLaser.Picture = picLaser.Image
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

picLaser.AutoRedraw = False
End Sub
' วาดภาพจากจุด x1 ,y1 ถึง x2 , y2 ของ Source ลงใน Canvas
Private Sub Draw(Canvas As PictureBox, Source As PictureBox)
    If X2 - X1 > 0 And Y2 - Y1 > 0 Then
        Canvas.PaintPicture Source.Picture, 0, 0, , , X1, Y1, _
            Canvas.ScaleWidth, Canvas.ScaleHeight, vbSrcCopy
    ElseIf X2 - X1 < 0 And Y2 - Y1 > 0 Then
        Canvas.PaintPicture Source.Picture, 0, 0, , , X2, Y1, _
            Canvas.ScaleWidth, Canvas.ScaleHeight, vbSrcCopy
    ElseIf X2 - X1 > 0 And Y2 - Y1 < 0 Then
        Canvas.PaintPicture Source.Picture, 0, 0, , , X1, Y2, _
            Canvas.ScaleWidth, Canvas.ScaleHeight, vbSrcCopy
    Else
        Canvas.PaintPicture Source.Picture, 0, 0, , , X2, Y2, _
            Canvas.ScaleWidth, Canvas.ScaleHeight, vbSrcCopy
    End If
End Sub

' บันทึกภาพในส่วนที่เลือกไว้ลง clipboard
Public Sub Copy()
    picLaser.Refresh
    picBack.BorderStyle = 0
    picBack.Width = Abs(X2 - X1) * Screen.TwipsPerPixelX
    picBack.Height = Abs(Y2 - Y1) * Screen.TwipsPerPixelY
    picBack.Visible = True
    picBack.Cls
    picBack.AutoRedraw = True
    Draw picBack, picLaser
    'เก็บภาพลง clipboard
    picBack.Picture = picBack.Image
    Clipboard.Clear
    Clipboard.SetData picBack.Picture
    picBack.AutoRedraw = False
    picBack.Visible = False

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Sub

‘ นำภาพที่อยู่ใน clipboard มาวางลงบน piclaser

Public Sub Paste()

Me.picLaser.Picture = Clipboard.GetData()

End Sub

‘ ตัดเอาภาพในส่วนที่เลือกไว้

Public Sub Crop()

picLaser.Refresh

picBack.BorderStyle = 0

picBack.Width = Abs(X2 - X1) * Screen.TwipsPerPixelX

picBack.Height = Abs(Y2 - Y1) * Screen.TwipsPerPixelY

picBack.Visible = True

picBack.AutoRedraw = True

Draw picBack, picLaser

picBack.Picture = picBack.Image

picLaser.Picture = picBack.Picture

picBack.AutoRedraw = False

picBack.Visible = False

End Sub

‘ ตัดเอาภาพในส่วนที่เลือกไว้ และบันทึกลงไฟล์

Public Sub CopyTo()

picLaser.Refresh

picBack.BorderStyle = 0

picBack.Width = Abs(X2 - X1) * Screen.TwipsPerPixelX

picBack.Height = Abs(Y2 - Y1) * Screen.TwipsPerPixelY

picBack.Visible = True

picBack.AutoRedraw = True

Draw picBack, picLaser

picBack.Picture = picBack.Image

picLaser.Picture = picBack.Picture

picBack.AutoRedraw = False

picBack.Visible = False

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

‘บันทึกภาพ

On Error Resume Next

With mdifrmLaser!CMDialo1

.DialogTitle = " Save Image Change As "

.Filter = "Bitmap (*.bmp)|*.bmp"

.Flags = &H1& + &H2& + &H8000&

.ShowSave

If Err.Number = 32755 Then Exit Sub

If .Filename <> "" Then

SavePicture picLaser.Picture, .Filename

End If

End With

End Sub

‘บันทึกภาพใหม่ดเลเซอร์ลงไฟล์

Public Sub FileSave()

On Error Resume Next

With mdifrmLaser!CMDialo1

.DialogTitle = " Save Image Change As "

.Filter = "Bitmap (*.bmp)|*.bmp"

.Flags = &H1& + &H2& + &H8000&

.ShowSave

If Err.Number = 32755 Then Exit Sub

If .Filename <> "" Then

SavePicture picLaser.Picture, .Filename

End If

End With

End Sub

‘เปิดไฟล์ภาพใหม่ดเลเซอร์

Public Sub FileOpen()

Dim Filename As String

Dim FileTitle As String

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

On Error Resume Next

' Open dialogbox.

With mdifrmLaser!CMDDialog1

.Flags = &H1000& Or &H4&

.DialogTitle = "Open Images File"

.Filter = "bmp |*.bmp|jpeg|*.jpg|gif|*.Gif|All Formats|*.bmp;*.jpg;*.gif;*.ico;*.wmf"

.Filename = ""

.ShowOpen

End With

If Err = 32755 Then Exit Sub

Filename = mdifrmLaser!CMDDialog1.Filename

FileTitle = mdifrmLaser!CMDDialog1.FileTitle

picLaser.Picture = LoadPicture(Filename)

picLaser.Visible = True

picLaser.ZOrder

Me.Caption = " Laser Image : " & FileTitle

End Sub

Private Sub Form_Activate()

mdifrmLaser.mnuImageFilter.Enabled = True

mdifrmLaser.mnuEdit.Enabled = True

mdifrmLaser.tlb1.Buttons("ZoomIn").Enabled = False

mdifrmLaser.tlb1.Buttons("ZoomOut").Enabled = False

mdifrmLaser.tlb1.Buttons("ZoomOff").Enabled = False

End Sub

Private Sub Form_Deactivate()

mdifrmLaser.tlb1.Buttons("ZoomIn").Enabled = True

mdifrmLaser.tlb1.Buttons("ZoomOut").Enabled = True

mdifrmLaser.tlb1.Buttons("ZoomOff").Enabled = True

mdifrmLaser.mnuImageFilter.Enabled = False

mdifrmLaser.mnuEdit.Enabled = False

End Sub

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Form_Load()
```

```
Me.Width = 8190
```

```
Me.Height = 5540
```

```
With mdifrmLaser
```

```
.mnuEditCopy.Enabled = False
```

```
.mnuEditCoptTo.Enabled = False
```

```
.mnuEditCrop.Enabled = False
```

```
End With
```

```
picBack.Move picLaser.Left, picLaser.Top
```

```
picLaser.ZOrder
```

```
End Sub
```

```
Private Sub picLaser_Change()
```

```
With mdifrmLaser
```

```
.mnuEditCopy.Enabled = False
```

```
.mnuEditCoptTo.Enabled = False
```

```
.mnuEditCrop.Enabled = False
```

```
End With
```

```
End Sub
```

```
Private Sub picLaser_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
If Button = vbLeftButton Then
```

```
With mdifrmLaser
```

```
.mnuEditCopy.Enabled = False
```

```
.mnuEditCoptTo.Enabled = False
```

```
.mnuEditCrop.Enabled = False
```

```
End With
```

```
X1 = X: Y1 = Y
```

```
picLaser.ForeColor = vbGreen
```

```
picLaser.Refresh
```

```
End If
```

```
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

'วาดกรอบเส้นประ

```
Private Sub picLaser_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    'Read position x ,y
```

```
    lblY.Caption = " Y = " & Y
```

```
    lblX.Caption = " X= " & X
```

```
    'Read color value
```

```
    lblDColor.Caption = GetPixel(picLaser.hdc, X, Y)
```

```
    lblHColor.Caption = Hex$(Val(lblDColor.Caption))
```

```
    On Error Resume Next
```

```
    lblColor.BackColor = Val(lblDColor.Caption)
```

```
    If Button = vbLeftButton Then
```

```
        X2 = X: Y2 = Y
```

```
        picLaser.AutoRedraw = False
```

```
        picLaser.Refresh
```

```
        picLaser.Line (X1, Y1)-(X2, Y2), , B
```

```
        If X2 <> X1 Or Y2 <> Y1 Then
```

```
            With mdiFormLaser
```

```
                .mnuEditCopy.Enabled = True
```

```
                .mnuEditCopyTo.Enabled = True
```

```
                .mnuEditCrop.Enabled = True
```

```
            End With
```

```
        End If
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub picLaser_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
    If Button = vbLeftButton Then
```

```
        picLaser.Refresh
```

```
        picLaser.ForeColor = vbBlue
```

```
        picLaser.Line (X1, Y1)-(X2, Y2), , B
```

```
    End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 'แสดง Pop up เมนูเมื่อคลิกเมาส์ขวา
 'ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

If Button = vbRightButton Then _
    PopupMenu mdifrmLaser.mnuEdit
End Sub

```

```

Private Sub Form_Resize()

```

```

    If WindowState = vbMinimized Then Exit Sub
    Picture1.Move 0, 0, ScaleWidth - VScroll1.Width, ScaleHeight - HScroll1.Height
    Picture2.Move 0, 0

```

```

    ' Position the scroll bars.

```

```

    HScroll1.Left = 0

```

```

    HScroll1.Top = ScaleHeight - HScroll1.Height

```

```

    HScroll1.Width = Picture1.Width

```

```

    VScroll1.Top = 0

```

```

    VScroll1.Left = ScaleWidth - VScroll1.Width

```

```

    VScroll1.Height = Picture1.Height

```

```

    ' Set the scroll bars' Max property to excess area.

```

```

    HScroll1.Max = Picture2.Width - Picture1.Width

```

```

    VScroll1.Max = Picture2.Height - Picture1.Height

```

```

    ' Set change scrolls 1/10 of distance.

```

```

    If HScroll1.Max > 10 And VScroll1.Max > 10 Then

```

```

        HScroll1.LargeChange = HScroll1.Max / 10

```

```

        VScroll1.LargeChange = VScroll1.Max / 10

```

```

    Else

```

```

        HScroll1.LargeChange = 1

```

```

        VScroll1.LargeChange = 1

```

```

    End If

```

```

    ' Check picture size for scrollable viewport.

```

```

    If (Picture1.Width < Picture2.Width) Then

```

```

        HScroll1.Visible = True

```

```

    Else

```

```

        HScroll1.Visible = False

```

```

    End If

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

If (Picture1.Height < Picture2.Height) Then
    VScroll1.Visible = True
Else
    VScroll1.Visible = False
End If
HScroll1.Refresh
VScroll1.Refresh
End Sub

```

```

Private Sub HScroll1_Change()
    ' Move the parent picture box.
    Picture2.Left = -HScroll1.Value
End Sub

```

```

Private Sub HScroll1_Scroll()
    ' Move the parent picture box.
    Picture2.Left = -HScroll1.Value
End Sub

```

```

Private Sub VScroll1_Change()
    ' Move the parent picture box.
    Picture2.Top = -VScroll1.Value
End Sub

```

```

Private Sub VScroll1_Scroll()
    ' Move the parent picture box.
    Picture2.Top = -VScroll1.Value
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฟอรัมแสดงภาพแบ่งระดับสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Option Explicit

Dim ColorVal() As Long

Dim Maxcolor As Long

Dim MinColor As Long

Dim ColorRange As Long

Dim FlagPlot As Boolean

Dim Zoomfirst As Boolean

Public Sub FitToWindow()

Dim m As Single

Dim n As Single

If Not Zoomfirst Then

Zoomfirst = True

picZoom.Picture = picPseudo.Picture

End If

n = Picture1.Width / picPseudo.Width

m = Picture1.Height / picPseudo.Height

If n < m Then

picPseudo.Width = picPseudo.Width * n

picPseudo.Height = picPseudo.Height * n

Else

picPseudo.Width = picPseudo.Width * m

picPseudo.Height = picPseudo.Height * m

End If

picPseudo.AutoRedraw = True

picPseudo.PaintPicture picZoom.Picture, 0, 0, _

picPseudo.ScaleWidth, picPseudo.ScaleHeight, 0, 0, _

picZoom.ScaleWidth, picZoom.ScaleHeight, vbSrcCopy

picPseudo.AutoRedraw = False

End Sub

Public Sub ZoomIn()

If Not Zoomfirst Then

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Zoomfirst = True
picZoom.Picture = picPseudo.Picture
End If
picPseudo.Width = picPseudo.Width * 1.2
picPseudo.Height = picPseudo.Height * 1.2
picPseudo.ScaleMode = vbPixels
Form_Resize
If Me.VScroll1.Visible Then _
    Me.VScroll1.Value = Me.VScroll1.Max
If Me.HScroll1.Visible Then _
    Me.HScroll1.Value = Me.HScroll1.Max
picPseudo.AutoRedraw = True
picPseudo.PaintPicture picZoom.Picture, 0, 0, _
    picPseudo.ScaleWidth, picPseudo.ScaleHeight, 0, 0, _
    picZoom.ScaleWidth, picZoom.ScaleHeight, vbSrcCopy
picPseudo.AutoRedraw = False
End Sub

Public Sub ZoomOut()
    If Not Zoomfirst Then
        Zoomfirst = True
        picZoom.Picture = picPseudo.Picture
    End If
    picPseudo.Width = picPseudo.Width * 0.8
    picPseudo.Height = picPseudo.Height * 0.8
    picPseudo.ScaleMode = vbPixels
    Form_Resize
    picPseudo.AutoRedraw = True
    picPseudo.PaintPicture picZoom.Picture, 0, 0, _
        picPseudo.ScaleWidth, picPseudo.ScaleHeight, 0, 0, _
        picZoom.ScaleWidth, picZoom.ScaleHeight, vbSrcCopy
    picPseudo.AutoRedraw = False
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 Public Sub ZoomOff()
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

Zoomfirst = False
picPseudo.Picture = picZoom.Picture
Form_Resize
End Sub

```

```

Private Sub Form_KeyUp(KeyCode As Integer, Shift As Integer)

```

```

    Dim KeyVal As String
    KeyVal = KeyCode
    Select Case KeyCode
        Case vbKeyAdd: Me.ZoomIn
        Case vbKeySubtract: Me.ZoomOut
        Case vbKeyPageUp: Me.FitToWindow
        Case vbKeyPageDown: Me.ZoomOff
    End Select
End Sub

```

```

Private Sub Form_Load()

```

```

    Width = 8000
    Height = 5000
    picColorBar.Scale (0, 12)-(2, -2)
End Sub

```

```

Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

```

```

    picPseudo.Refresh
End Sub

```

```

Private Sub Form_Resize()

```

```

    Dim Descrip As Integer

    Descrip = 120
    If WindowState = vbMinimized Then Exit Sub
    ' Move the child picture box to the upper left corner of the form.
    Picture1.Move picColorBar.Width, 0, _

```

```

    ScaleWidth - VScroll1.Width - picColorBar.Width - Descrip, _

```

```

    ScaleHeight - HScroll1.Height

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

picPseudo.Move 0, 0

' Position the scroll bars.

HScroll1.Left = Picture1.Left

HScroll1.Top = ScaleHeight - HScroll1.Height ' - Descrip

HScroll1.Width = Picture1.Width

VScroll1.Top = 0

VScroll1.Left = ScaleWidth - VScroll1.Width - Descrip

VScroll1.Height = Picture1.Height

' Set the scroll bars' Max property to excess area.

HScroll1.Max = picPseudo.Width - Picture1.Width

VScroll1.Max = picPseudo.Height - Picture1.Height

' Set change scrolls 1/10 of distance.

If HScroll1.Max > 10 And VScroll1.Max > 10 Then

HScroll1.LargeChange = HScroll1.Max / 10

VScroll1.LargeChange = VScroll1.Max / 10

Else

HScroll1.LargeChange = 1

VScroll1.LargeChange = 1

End If

' Check picture size for scrollable viewport.

If (Picture1.Width < picPseudo.Width) Then

HScroll1.Visible = True

Else

HScroll1.Visible = False

End If

If (Picture1.Height < picPseudo.Height) Then

VScroll1.Visible = True

Else

VScroll1.Visible = False

End If

HScroll1.Refresh

VScroll1.Refresh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Me.fmeMousePOsition.Move VScroll1.Width + Picture1.Width + picColorBar.Width + 5
Me.fmeGraph.Move VScroll1.Width + Picture1.Width + picColorBar.Width + 5
End Sub

```

```

Private Sub HScroll1_Change()
    ' Move the parent picture box.
    picPseudo.Left = -HScroll1.Value
End Sub

```

```

Private Sub HScroll1_Scroll()
    ' Move the parent picture box.
    picPseudo.Left = -HScroll1.Value
End Sub

```

‘วาดภาพแบ่งระดับสี

```

Public Sub PLOTpseudo()
    Dim PixelX As Integer
    Dim PixelY As Integer
    Dim Colour As Long
    Dim hgt As Integer
    Dim wid As Integer

    Zoomfirst = False
    FlagPlot = False
    ' อ่านค่าจุดสีจากภาพเลเซอร์
    frmLaser.ZOrder
    frmLaser.picLaser.Refresh
    wid = frmLaser.picLaser.ScaleWidth
    hgt = frmLaser.picLaser.ScaleHeight
    Erase ColorVal()
    ReDim ColorVal(0 To wid - 1, 0 To hgt - 1)
    Maxcolor = 0
    MinColor = 16000000

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For PixelX = 0 To wid - 1

ColorVal(PixelX, PixelY) = GetPixel(frmlaser.picLaser.hdc, PixelX, PixelY)

If ColorVal(PixelX, PixelY) > Maxcolor Then Maxcolor = ColorVal(PixelX, PixelY)

If ColorVal(PixelX, PixelY) < MinColor Then MinColor = ColorVal(PixelX, PixelY)

Next PixelX

MousePointer = vbDefault

Next PixelY

ColorRange = (Maxcolor - MinColor) \ 12

' ลบข้อมูลใน ลาเบล

lblX.Caption = ""

lblY.Caption = ""

lblAxisX.Caption = ""

lblAxisY.Caption = ""

' ลบภาพใน picPseudo และกำหนดขนาด

Me.picPseudo.Picture = LoadPicture()

Me.picPseudo.Width = StartLT + wid

Me.picPseudo.Height = StartLT + hgt

Form_Resize

Me.picPseudo.AutoRedraw = True

Me.ZOrder

DoEvents

' วาดภาพแบ่งระดับสี

For PixelY = 0 + StartLT To hgt - 1 + StartLT

MousePointer = vbHourglass

For PixelX = 0 + StartLT To wid - 1 + StartLT

Colour = (ColorVal(PixelX - StartLT, PixelY - StartLT) - MinColor) \ ColorRange

Colour = picColorBar.Point(1, Colour)

Call SetPixel(Me.picPseudo.hdc, PixelX, PixelY, Colour)

Next PixelX

Me.picPseudo.Refresh

MousePointer = vbDefault

Next PixelY

Me.picPseudo.Picture = Me.picPseudo.Image

```

Me.picPseudo.AutoRedraw = False
If Me.VScroll1.Visible Then
    Me.VScroll1.Value = Me.VScroll1.Max
    Me.VScroll1.Refresh
End If
If Me.HScroll1.Visible Then
    Me.HScroll1.Value = Me.HScroll1.Max
    Me.HScroll1.Refresh
End If
Caption = " ภาพแบ่งระดับสี : " & mdifrmLaser!CMDDialog1.FileTitle
FlagPlot = True
End Sub

```

```

‘ บันทึกภาพแบ่งระดับสี
Public Sub FileSave()
    On Error Resume Next
    With mdifrmLaser!CMDDialog1
        .DialogTitle = " Save Image As "
        .Filter = "แถบสี (*.COB)|*.cob"
        .Flags = &H1& + &H2& + &H8000&
        .Filename = ""
        .ShowSave
        If Err.Number = 32755 Then Exit Sub
        If .Filename <> "" Then
            SavePicture picPseudo.Picture, .Filename
        End If
    End With
End Sub

```

```

‘ เปิดภาพแบ่งระดับสี
Public Sub FileOpen()
    Dim Filename As String
    Dim FileTitle As String

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นหากไม่มีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

With mdifrmLaser!CMDIALOG1

.Flags = &H1000& Or &H4&

.DialogTitle = "Open Images File"

.Filter = "แถบสี (*.COB)|*.cob"

.Filename = ""

.ShowOpen

End With

If Err = 32755 Then Exit Sub

Filename = mdifrmLaser!CMDIALOG1.Filename

FileTitle = mdifrmLaser!CMDIALOG1.FileTitle

picPseudo.Picture = LoadPicture(Filename)

picPseudo.Visible = True

picPseudo.ZOrder

Me.Caption = "ภาพแบ่งระดับสี : " & FileTitle

Form_Resize

End Sub

Private Sub picPseudo_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)

Dim PosX As Integer

Dim PosY As Integer

PosX = X - StartLT

PosY = Y - StartLT

If (PosX < 0) Then

picPseudo.Refresh

Exit Sub

End If

If (PosY < 0) Then

picPseudo.Refresh

Exit Sub

End If

‘บอกตำแหน่งเมาส์

Me.lblX.Caption = "X =" & PosX

Me.lblY.Caption = "Y =" & PosY


```

If Not FlagPlot Then Exit Sub
picPseudo.Refresh
' วาดเส้นกากบาท
picPseudo.Line (0, Y)-(picPseudo.ScaleWidth, Y), vbRed
picPseudo.Line (X, 0)-(X, picPseudo.ScaleHeight), vbRed
End Sub

Private Sub picPseudo_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
Dim PixelX As Integer
Dim PixelY As Integer
Dim CodX As Integer
Dim CodY As Integer
Dim CodZ As Integer
Dim wid As Integer
Dim hgt As Integer

wid = frmLaser.picLaser.ScaleWidth - 1
hgt = frmLaser.picLaser.ScaleHeight - 1
If X < StartLT Or X > (wid + StartLT) Then Exit Sub
If Y < StartLT Or Y > (hgt + StartLT) Then Exit Sub
PixelX = X - StartLT
PixelY = Y - StartLT

Me.picPseudo.AutoRedraw = True
Me.picPseudo.Cls
' วาดกราฟแกน x
Me.picPseudo.ForeColor = vbGreen
Me.picPseudo.PSet (StartLT, (ColorVal(0, PixelY) - MinColor) \ ((Maxcolor - MinColor) \
100))

For CodX = 5 To wid - 5 Step 5
CodZ = ((ColorVal(CodX, PixelY) \ 3 + ColorVal(CodX + 5, PixelY) \ 3 + _
ColorVal(CodX - 5, PixelY) \ 3) - MinColor) \ ((Maxcolor - MinColor) \ 100)
Me.picPseudo.Line -(CodX + StartLT, CodZ)
Next CodX

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ เพื่อใช้ในการประชาสัมพันธ์สินค้าไทย ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

'วาดกราฟแกน y
Me.picPseudo.ForeColor = vbBlue
Me.picPseudo.PSet ((ColorVal(PixelX, 0) - MinColor) \ ((Maxcolor - MinColor) \ 100),
StartLT)
For CodY = 5 To hgt - 5 Step 5
    CodZ = ((ColorVal(PixelX, CodY) \ 3 + ColorVal(PixelX, CodY + 5) \ 3 + _
        ColorVal(PixelX, CodY - 5) \ 3) - MinColor) \ ((Maxcolor - MinColor) \ 100)
    Me.picPseudo.Line -(CodZ, CodY + StartLT)
Next CodY
Me.picPseudo.AutoRedraw = False
Me.picPseudo.ForeColor = vbRed
'แสดงตำแหน่งแกน x และ y ของกราฟ
lblAxisX.Caption = " Axis X = " & PixelX
lblAxisY.Caption = " Axis Y = " & PixelY
End Sub

Private Sub Picture1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    picPseudo.Refresh
End Sub

Private Sub VScroll1_Change()
    ' Move the parent picture box.
    picPseudo.Top = -VScroll1.Value
End Sub

Private Sub VScroll1_Scroll()
    ' Move the parent picture box.
    picPseudo.Top = -VScroll1.Value
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฟอร์มแสดงภาพพื้นผิว 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Option Explicit

Dim OldWid As Integer

Dim OldHgt As Integer

Dim CosAngleX As Single

Dim CosAngleY As Single

Dim SinAngleX As Single

Dim SinAngleY As Single

Dim ViewPort As WindowViewPort

Dim Data() As Point3D

Dim Data2() As Integer

Dim Maxcolor As Long

Dim MinColor As Long

Dim ColorRange As Long

Dim SL As Integer

Dim SW As Integer

Dim ST As Integer

Dim SH As Integer

Dim NumX As Integer

Dim NumZ As Integer

Dim LineSpace As Byte

Dim AngleY As Single

Dim AngleX As Single

Dim StartX As Integer

Dim StartZ As Integer

Dim StopX As Integer

Dim StopZ As Integer

Dim Square As Byte

Dim StepX As Integer

Dim StepZ As Integer

Private Type WindowViewPort

Xmin As Integer

Xmax As Integer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ymin As Integer

Ymax As Integer

End Type

Private Type Point3D

CordX As Integer

CordY As Integer

CordZ As Integer

CordX3D As Single

CordY3D As Single

End Type

Private Const ChgD2R = 0.017453292 'PI / 180

Public Sub FitToWindow()

Dim m As Single

Dim n As Single

n = Picture1.Width / picSurface.Width

m = Picture1.Height / picSurface.Height

If n < m Then

picSurface.Width = picSurface.Width * n

picSurface.Height = picSurface.Height * n

Else

picSurface.Width = picSurface.Width * m

picSurface.Height = picSurface.Height * m

End If

RotateAndPlot

End Sub

Public Sub ZoomIn()

picSurface.Width = picSurface.Width * 1.2

picSurface.Height = picSurface.Height * 1.2

Form.Resize

RotateAndPlot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Sub

Public Sub ZoomOut()

picSurface.Width = picSurface.Width * 0.8

picSurface.Height = picSurface.Height * 0.8

Form_Resize

RotateAndPlot

End Sub

Public Sub ZoomOff()

picSurface.Width = OldWid

picSurface.Height = OldHgt

Form_Resize

RotateAndPlot

End Sub

‘อ่านค่าที่บันทึกไว้ใน Registry

Private Sub ReadProfiles()

updLineSpace.Max = GetSetting(appname:="Laser", _

section:="frmSurface", Key:="MaxLineSpace", Default:=10)

updLineSpace.Min = GetSetting(appname:="Laser", _

section:="frmSurface", Key:="MinLineSpace", Default:=2)

updLineSpace.Value = GetSetting(appname:="Laser", _

section:="frmSurface", Key:="LineSpaceValue", Default:=5)

End Sub

‘เฉลี่ยภาพพื้นผิว 3 มิติให้เรียบ

Public Sub RefindGrid(Bound As Integer)

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim x As Integer

Dim z As Integer

Dim Filter As Integer

Dim BlockSize As Integer

Dim Weight As Integer

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นกรณีที่มีให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BlockSize = Bound \ 2

Weight = Bound ^ 2

' คัดลอกข้อมูลจาก Data() ลงใน Dat2()

For z = 1 To NumZ

 MousePointer = vbArrowHourglass

 For x = 1 To NumX

 Data2(x, z) = Data(x, z).CordY

 Next x

 DoEvents

 MousePointer = vbDefault

Next z

For z = BlockSize + 1 To NumZ - BlockSize

 MousePointer = vbArrowHourglass

 For X = BlockSize + 1 To NumX - BlockSize

 Filter = 0

 For j = -BlockSize To BlockSize

 For i = -BlockSize To BlockSize

 Filter = Filter + Data2(X + i, z + j)

 Next i, j

 Filter = Filter / Weight

 Data(X, z).CordY = Filter

 Next X

 DoEvents

 MousePointer = vbDefault

Next z

End Sub

' หาค่าตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดที่จะวาด ในแนวแกน x และ แกน z

Private Sub StartToStop(Square As Byte)

 Select Case Square

 Case 1: StartX = 1: StartZ = NumZ: StopX = NumX: StopZ = 1: StepX = 1: StepZ = -1

 Case 2: StartX = 1: StartZ = 1: StopX = NumX: StopZ = NumZ: StepX = 1: StepZ = 1

 Case 3: StartX = NumX: StartZ = 1: StopX = 1: StopZ = NumZ: StepX = -1: StepZ = 1

Case 4: StartX = NumX: StartZ = NumZ: StopX = 1: StopZ = 1: StepX = -1: StepZ = -1

End Select

End Sub

‘ กำหนดพิกัดที่ใช้วาด

Private Sub SetCoordinate()

picSurface.ScaleMode = 0

picSurface.ScaleLeft = ViewPort.Xmin - 10

picSurface.ScaleWidth = ViewPort.Xmax - ViewPort.Xmin + 20

picSurface.ScaleTop = ViewPort.Ymax + 10

picSurface.ScaleHeight = -((ViewPort.Ymax - ViewPort.Ymin) + 20)

End Sub

‘ หาตำแหน่ง ข้ายสุด ขวามสุด สูงสุด และต่ำสุด ของภาพที่จะต้องวาด

Private Sub SetViewPort(X As Single, Y As Single)

If X < ViewPort.Xmin Then ViewPort.Xmin = CInt(X)

If X > ViewPort.Xmax Then ViewPort.Xmax = CInt(X)

If Y < ViewPort.Ymin Then ViewPort.Ymin = CInt(Y)

If Y > ViewPort.Ymax Then ViewPort.Ymax = CInt(Y)

End Sub

‘ บันทึกภาพพื้นผิว 3 มิติ

Public Sub FileSave()

On Error Resume Next

With mdifrmLaser!CMDDialog1

.DialogTitle = " Save Image As "

.Filter = "Surface (*.Suf)|*.suf"

.Flags = &H1& + &H2& + &H8000&

.Filename = ""

.ShowSave

If Err.Number = 32755 Then Exit Sub

If .Filename <> "" Then

picSurface.Refresh

picSurface.Picture = picSurface.Image

SavePicture picSurface.Picture, .Filename

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยไม่หวังผลตอบแทนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นแต่กรณีพิเศษที่ขออนุญาตและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

End If
End With
End Sub

```

‘ เปิดไฟล์ภาพพื้นผิว 3 มิติ

```

Public Sub FileOpen()
    Dim Filename As String
    Dim FileTitle As String

```

```

    On Error Resume Next
    With mdifrmLaser!CMDDialog1
        .Flags = &H1000& Or &H4&
        .DialogTitle = "Open Surface Images File"
        .Filter = "Surface (*.Suf)|*.suf"
        .Filename = ""
        .ShowOpen
    End With
    If Err = 32755 Then Exit Sub
    Filename = mdifrmLaser!CMDDialog1.Filename
    FileTitle = mdifrmLaser!CMDDialog1.FileTitle
    picSurface.Picture = LoadPicture(Filename)
    picSurface.Visible = True
    picSurface.ZOrder
    Me.Caption = " Surface : " & FileTitle
    Form_Resize
End Sub

```

‘ คำนวณค่า sine และค่า cosine

```

Private Sub Angle(AngleX As Single, AngleY As Single)
    CosAngleX = Cos(ChgD2R * AngleX)
    CosAngleY = Cos(ChgD2R * AngleY)
    SinAngleX = Sin(ChgD2R * AngleX)
    SinAngleY = Sin(ChgD2R * AngleY)

```

```

End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

' แปลงค่า x,y,z เป็นภาพฉาย 3 มิติ x,z แบบ axonometric orthographic parallel projection

```
Private Sub TranFormTolsomatic(i As Integer, j As Integer, X As Integer, _
Y As Integer, z As Integer, CosAngleX As Single, CosAngleY As Single, _
SinAngleX As Single, SinAngleY As Single)
```

```
With Data(i, j)
```

```
.CordX = X
```

```
.CordY = Y
```

```
.CordZ = z
```

```
.CordX3D = ((.CordX * CosAngleY) + (.CordZ * SinAngleY))
```

```
.CordY3D = ((.CordX * SinAngleY * SinAngleX) + (.CordY * CosAngleX) _
- (.CordZ * SinAngleX * CosAngleY))
```

```
SetViewPort .CordX3D, .CordY3D
```

```
End With
```

```
End Sub
```

```
Public Sub TransformData()
```

```
Dim i As Integer
```

```
Dim j As Integer
```

' คำนวณหาค่า Cosine และ Sine

```
Call Angle(AngleX, AngleY)
```

```
ViewPort.Xmax = 0
```

```
ViewPort.Xmin = 0
```

```
ViewPort.Ymax = 0
```

```
ViewPort.Ymin = 0
```

```
For j = 1 To NumZ
```

```
MousePointer = vbArrowHourglass
```

```
For i = 1 To NumX
```

```
TranFormTolsomatic i, j, Data(i, j).CordX, Data(i, j).CordY, Data(i, j).CordZ, _
CosAngleX, CosAngleY, SinAngleX, SinAngleY
```

```
Next i
```

```
DoEvents
```

```
Next j
```

```
MousePointer = vbDefault
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Sub

Private Sub DrawLine(Canvas As Object, ByVal X1 As Single, ByVal Y1 As Single, _

ByVal X2 As Single, ByVal Y2 As Single, Hi() As Integer, Lo() As Integer)

Dim Tmp As Single

Dim Ix As Integer

Dim Iy As Integer

Dim Y As Single

Dim Dy As Single

Dim FirstX As Integer

Dim FirstY As Integer

Dim Skipping As Boolean

Dim Above As Boolean

X1 = CInt(X1)

Y1 = CInt(Y1)

X2 = CInt(X2)

Y2 = CInt(Y2)

If X2 < X1 Then

 Tmp = X1

 X1 = X2

 X2 = Tmp

 Tmp = Y1

 Y1 = Y2

 Y2 = Tmp

End If

If X1 = X2 Then

 If Y2 < Y1 Then

 Tmp = Y1

 Y1 = Y2

 Y2 = Tmp

End If

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

If Y2 <= Lo(X1) Then
    Canvas.Line (X1, Y1)-(X2, Y2)
Else
    Canvas.Line (X1, Y1)-(X2, Lo(X2))
End If
Lo(X1) = Y1
End If
If Y2 >= Hi(X2) Then
    If Y1 >= Hi(X2) Then
        Canvas.Line (X1, Y1)-(X2, Y2)
    Else
        Canvas.Line (X1, Hi(X1))-(X2, Y2)
    End If
    Hi(X2) = Y2
End If
Exit Sub
End If
Dv = (Y2 - Y1) / CInt(X2 - X1)
Y = Y1
Skipping = True
For lx = X1 To X2
    ly = CInt(Y)
    If ly <= Lo(lx) Then
        If Skipping Then
            FirstX = lx
            FirstY = Lo(lx)
            Skipping = False
            Above = False
        End If
    ElseIf ly >= Hi(lx) Then
        If Skipping Then
            FirstX = lx
            FirstY = Hi(lx)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งให้ผู้บริหารใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Above = True

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

End If
Else
    If Not Skipping Then
        If Above Then
            Canvas.Line (FirstX, FirstY)-(Ix, Hi(Ix))
        Else
            Canvas.Line (FirstX, FirstY)-(Ix, Lo(Ix))
        End If
        Skipping = True
    End If
End If
End If
If ly < Lo(Ix) Then Lo(Ix) = ly
If ly > Hi(Ix) Then Hi(Ix) = ly
Y = Y + Dy
Next Ix

If Not Skipping Then _
    Canvas.Line (FirstX, FirstY)-(X2, Y2)
End Sub

Private Sub DrawAndSetLine(Canvas As Object, ByVal X1 As Single, ByVal Y1 As Single, _
    ByVal X2 As Single, ByVal Y2 As Single, Hi() As Integer, Lo() As Integer)
    Dim Tmp As Single
    Dim Ix As Integer
    Dim Iy As Integer
    Dim Y As Single
    Dim Dy As Single

    X1 = CInt(X1)
    Y1 = CInt(Y1)
    X2 = CInt(X2)
    Y2 = CInt(Y2)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

X1 = X2
X2 = Tmp
Tmp = Y1
Y1 = Y2
Y2 = Tmp
End If

```

```

Canvas.Line (X1, Y1)-(X2, Y2)

```

```

If X1 = X2 Then
    If Y1 < Y2 Then

```

```

        Lo(X1) = Y1

```

```

        Hi(X1) = Y2

```

```

    Else

```

```

        Lo(X1) = Y2

```

```

        Hi(X1) = Y1

```

```

    End If

```

```

    Exit Sub

```

```

End If

```

```

Dy = (Y2 - Y1) / CInt(X2 - X1)

```

```

Y = Y1

```

```

For lx = X1 To X2

```

```

    ly = CInt(Y)

```

```

    Lo(lx) = ly

```

```

    Hi(lx) = ly

```

```

    Y = Y + Dy

```

```

Next lx

```

```

End Sub

```

‘วาดภาพพื้นผิว 3 มิติ

```

Public Sub DrawSurface(Canvas As PictureBox)

```

```

    Dim Xmin As Integer

```

```

    Dim Xmax As Integer

```

```

    Dim Hi() As Integer

```

```

    Dim Lo() As Integer

```

```

    Dim lx As Integer

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim Colour As Long

Xmin = Data(1, 1).CordX3D

Xmax = Xmin

For i = 1 To NumX

For j = 1 To NumZ

lx = CInt(Data(i, j).CordX3D)

If Xmin > lx Then Xmin = lx

If Xmax < lx Then Xmax = lx

Next j

Next i

ReDim Lo(Xmin To Xmax)

ReDim Hi(Xmin To Xmax)

StartToStop Square

ColorRange = (Maxcolor - MinColor) \ 12

frmSurface.ZOrder

Canvas.AutoRedraw = True

Canvas.Cls

For i = StartX + StepX To StopX Step StepX

Colour = (((Data(i, StartZ).CordY) * 100000) - MinColor) \ ColorRange

Colour = picColorBar.Point(1, Colour)

Canvas.ForeColor = Colour

DrawAndSetLine Canvas, _

Data(i - StepX, StartZ).CordX3D, _

Data(i - StepX, StartZ).CordY3D, _

Data(i, StartZ).CordX3D, _

Data(i, StartZ).CordY3D, _

Hi, Lo

Next i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

For i = StartZ + StepZ To StopZ Step StepZ
    Colour = (((Data(StartX, i).CordY) * 100000) - MinColor) \ ColorRange
    Colour = picColorBar.Point(1, Colour)
    Canvas.ForeColor = Colour
    DrawAndSetLine Canvas, _
    Data(StartX, i - StepZ).CordX3D, _
    Data(StartX, i - StepZ).CordY3D, _
    Data(StartX, i).CordX3D, _
    Data(StartX, i).CordY3D, _
    Hi, Lo
Next i
For j = StartZ + StepZ To StopZ Step StepZ
    For i = StartX + StepX To StopX Step StepX
        Colour = (((Data(i, j).CordY) * 100000) - MinColor) \ ColorRange
        Colour = picColorBar.Point(1, Colour)
        Canvas.ForeColor = Colour
        If Data(i - StepX, j).CordX3D >= Data(i, j).CordX3D Then
            DrawLine Canvas, _
            Data(i, j).CordX3D, _
            Data(i, j).CordY3D, _
            Data(i, j - StepZ).CordX3D, _
            Data(i, j - StepZ).CordY3D, _
            Hi, Lo
        DrawLine Canvas, _
        Data(i, j).CordX3D, _
        Data(i, j).CordY3D, _
        Data(i - StepX, j).CordX3D, _
        Data(i - StepX, j).CordY3D, _
        Hi, Lo
    Else
        DrawLine Canvas, _
        Data(i, j).CordX3D, _
        Data(i, j).CordY3D, _
        Data(i - StepX, j).CordX3D, _
        Data(i - StepX, j).CordY3D, _
        Hi, Lo
    End If
Next i
Next j

```



```

Data(i - StepX, j).CordY3D, _
Hi, Lo
DrawLine Canvas, _
Data(i, j).CordX3D, _
Data(i, j).CordY3D, _
Data(i, j - StepZ).CordX3D, _
Data(i, j - StepZ).CordY3D, _
Hi, Lo
End If
Next i
Canvas.Refresh
Next j

Canvas.AutoRedraw = False
End Sub

Private Sub Form_Activate()
mdifrmLaser.mnulImageRefineGridSurface.Enabled = True
frmRotate.Show
End Sub

'พิมพ์ภาพพื้นผิว 3 มิติ ออกทางเครื่องพิมพ์
Public Sub PrintImage()
Printer.PaintPicture Me.picSurface.Image, 0, 0, , 10, 10, , vbSrcCopy
Printer.EndDoc
End Sub

Private Sub Form_Deactivate()
mdifrmLaser.mnulImageRefineGridSurface.Enabled = False
frmRotate.Hide
End Sub

```

ตรวจสอบการกดคีย์ up down left และ right

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Private Sub Form_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)

ไม่ว่าการันใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

On Error Resume Next

Select Case KeyCode

'ซ้าย

Case vbKeyLeft: frmRotate.scrAngleY.Value = frmRotate.scrAngleY.Value -
frmRotate.scrAngleY.SmallChange

'บน

Case vbKeyUp: frmRotate.scrAngleX.Value = frmRotate.scrAngleX.Value -
frmRotate.scrAngleX.SmallChange

'ขวา

Case vbKeyRight: frmRotate.scrAngleY.Value = frmRotate.scrAngleY.Value +
frmRotate.scrAngleY.SmallChange

'ล่าง

Case vbKeyDown: frmRotate.scrAngleX.Value = frmRotate.scrAngleX.Value +
frmRotate.scrAngleX.SmallChange

End Select

If Err = 380 Then

MsgBox "End of Range Scale", vbCritical, "Warning"

End Sub

' วาดกราฟเมื่อเลื่อน Scroll bar

Public Sub RotateAndPlot()

If Not FlagPlot Then Exit Sub

AngleY = frmRotate.scrAngleY.Value

If AngleY < 0 Then AngleY = 360 + AngleY

If AngleY > 359 Then AngleY = 360 - AngleY

AngleX = frmRotate.scrAngleX

If AngleX < 0 Then AngleX = 360 + AngleX

If AngleX > 360 Then AngleX = AngleX - 360

'Disable scrollbar

frmRotate.scrAngleX.Enabled = False

frmRotate.scrAngleY.Enabled = False

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
TransformData
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SetCoordinate

Select Case AngleY

Case 0 To 89: Square = 1

Case 89 To 179: Square = 2

Case 180 To 269: Square = 3

Case 270 To 359: Square = 4

End Select

DrawSurface picSurface

'Enable scrollbar

frmRotate.scrlAngleX.Enabled = True

frmRotate.scrlAngleY.Enabled = True

End Sub

Private Sub Form_KeyUp(KeyCode As Integer, Shift As Integer)

Dim KeyVal As String

KeyVal = KeyCode

Select Case KeyCode

Case vbKeyAdd: Me.ZoomIn

Case vbKeySubtract: Me.ZoomOut

Case vbKeyPageUp: Me.FitToWindow

Case vbKeyPageDown: Me.ZoomOff

End Select

End Sub

Private Sub imgRefineGrid_Click()

RefindGrid 3

TransformData

DrawSurface picSurface

End Sub

Private Sub Form_Load()

Width = 8000

Height = 5000

ReadProfiles

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
picColorBar.Scale (0, 12)-(2, -2)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Resize()
```

```
Dim Descrip As Integer
```

```
Descrip = 120
```

```
If WindowState = vbMinimized Then Exit Sub
```

```
' Move the child picture box to the upper left corner of the form.
```

```
Picture1.Move picColorBar.Width, 0, _
```

```
ScaleWidth - VScroll1.Width - picColorBar.Width - Descrip, _
```

```
ScaleHeight - HScroll1.Height
```

```
Me.picSurface.Move 5, 5
```

```
' Position the scroll bars.
```

```
HScroll1.Left = Picture1.Left
```

```
HScroll1.Top = ScaleHeight - HScroll1.Height
```

```
HScroll1.Width = Picture1.Width
```

```
VScroll1.Top = 0
```

```
VScroll1.Left = ScaleWidth - VScroll1.Width - Descrip
```

```
VScroll1.Height = Picture1.Height
```

```
' Set the scroll bars' Max property to excess area.
```

```
HScroll1.Max = Me.picSurface.Width - Picture1.Width
```

```
VScroll1.Max = Me.picSurface.Height - Picture1.Height
```

```
' Set change scrolls 1/10 of distance.
```

```
If HScroll1.Max > 10 And VScroll1.Max > 10 Then
```

```
    HScroll1.LargeChange = HScroll1.Max / 10
```

```
    VScroll1.LargeChange = VScroll1.Max / 10
```

```
Else
```

```
    HScroll1.LargeChange = 1
```

```
    VScroll1.LargeChange = 1
```

```
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

' Check picture size for scrollable viewport.
If (Picture1.Width < picSurface.Width) Then
    HScroll1.Visible = True
Else
    HScroll1.Visible = False
End If

If (Picture1.Height < picSurface.Height) Then
    VScroll1.Visible = True
Else
    VScroll1.Visible = False
End If

HScroll1.Refresh
VScroll1.Refresh

Me.fmePosition.Move VScroll1.Width + Picture1.Width + picColorBar.Width + 5
Me.fmeOption.Move VScroll1.Width + Picture1.Width + picColorBar.Width + 5
End Sub

Private Sub HScroll1_Change()
    ' Move the parent picture box.
    picSurface.Left = -HScroll1.Value
End Sub

Private Sub HScroll1_Scroll()
    ' Move the parent picture box.
    picSurface.Left = -HScroll1.Value
End Sub

Public Sub PlotSurface()
    Dim i As Integer
    Dim j As Integer
    Dim wid As Integer
    Dim hgt As Integer
    Dim Xx As Integer
    Dim Xxx As Integer
    Dim Zz As Integer

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dim Zzz As Integer

Dim ColorVal As Long

picSurface.Picture = LoadPicture()

picSurface.Width = frmLaser.picLaser.ScaleWidth * 1.5

picSurface.Height = frmLaser.picLaser.ScaleHeight * 1.5

Form_Resize

OldWid = picSurface.Width

OldHgt = picSurface.Height

picSurface.ScaleMode = vbPixels

SL = frmLaser.picLaser.ScaleLeft

SW = frmLaser.picLaser.ScaleWidth

ST = frmLaser.picLaser.ScaleTop

SH = frmLaser.picLaser.ScaleHeight

LineSpace = updLineSpace.Value

NumX = SW \ LineSpace

NumZ = SH \ LineSpace

SW = SW \ 2

SH = SH \ 2

wid = (Fix(SW / (LineSpace)) * LineSpace)

hgt = (Fix(SH / (LineSpace)) * LineSpace)

Erase Data()

Erase Data2()

‘กำหนดขนาดหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล

ReDim Data(1 To NumX, 1 To NumZ)

ReDim Data2(1 To NumX, 1 To NumZ)

frmLaser.ZOrder

frmLaser.picLaser.Refresh

Zz = -hgt

Zzz = 0

Maxcolor = 0

MinColor = 16000000

For j = 1 To NumZ

 MousePointer = vbArrowHourglass

 Xx = -wid

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Xxx = 0
For i = 1 To NumX
    ColorVal = frmLaser.picLaser.Point(Xxx, Zzz)
    With Data(i, j)
        .CordX = Xx
        .CordY = ColorVal \ 100000
        .CordZ = Zz
    End With
    If ColorVal > Maxcolor Then Maxcolor = ColorVal
    If ColorVal < MinColor Then MinColor = ColorVal
    Xx = Xx + LineSpace
    Xxx = Xxx + LineSpace
Next i
Zz = Zz + LineSpace
Zzz = Zzz + LineSpace
DoEvents
MousePointer = vbDefault
Next j
FlagPlot = True
RotateAndPlot
Caption = " Surface : " & mdiFrmLaser!CMDialo1.FileName
End Sub

' แสดงตำแหน่งเมาส์
Private Sub picsurface_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    Me.lblX.Caption = " X = " & X
    Me.lblY.Caption = " Y = " & Y
End Sub

Private Sub VScroll1_Change()
    ' Move the parent picture box.
    picSurface.Top = -VScroll1.Value
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฟอร์มหมุนภาพพื้นผิว 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Option Explicit

Const PI = 3.141592654

Dim CenterX As Integer

Dim CenterY As Integer

Dim CosAngleX As Single

Dim CosAngleY As Single

Dim SinAngleX As Single

Dim SinAngleY As Single

Private Sub ReadProfiles()

Me.Left = GetSetting(appname:="Laser", section:="frmRotate", Key:="Left", Default:=100)

Me.Top = GetSetting(appname:="Laser", section:="frmRotate", Key:="Top", Default:=100)

scrAngleX.Max = GetSetting(appname:="Laser", section:="frmRotate", Key:="MaxAngleX",
Default:=90)

scrAngleX.Min = GetSetting(appname:="Laser", section:="frmRotate", Key:="MinAngleX",
Default:=-90)

scrAngleX.LargeChange = GetSetting(appname:="Laser", section:="frmRotate",
Key:="LargeAngleX", Default:=15)

scrAngleX.SmallChange = GetSetting(appname:="Laser", section:="frmRotate",
Key:="SmallAngleX", Default:=10)

scrAngleX.Value = GetSetting(appname:="Laser", section:="frmRotate",
Key:="ValueAngleX", Default:=30)

scrAngleY.Max = GetSetting(appname:="Laser", section:="frmRotate", Key:="MaxAngleY",
Default:=180)

scrAngleY.Min = GetSetting(appname:="Laser", section:="frmRotate", Key:="MinAngleY",
Default:=-180)

scrAngleY.LargeChange = GetSetting(appname:="Laser", section:="frmRotate",
Key:="LargeAngleY", Default:=30)

scrAngleY.SmallChange = GetSetting(appname:="Laser", section:="frmRotate",
Key:="SmallAngleY", Default:=15)

scrAngleY.Value = GetSetting(appname:="Laser", section:="frmRotate",
Key:="ValueAngleY", Default:=-30)

End Sub

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub WriteProfiles()
```

```
    'write position of form to registry
```

```
    SaveSetting appname:="Laser", section:="frmRotate", Key:="Left", setting:=Me.Left
```

```
    SaveSetting appname:="Laser", section:="frmRotate", Key:="Top", setting:=Me.Top
```

```
End Sub
```

```
' วาดแกน x,y,z
```

```
Private Sub PLOTAxis(Axis As Label, X As Integer, Y As Integer, z As Integer, Colour As Long)
```

```
    Dim AxisX As Single
```

```
    Dim AxisY As Single
```

```
    Dim Xlbl As Single
```

```
    Dim Ylbl As Single
```

```
    Dim Sign As Integer
```

```
' วาดแกน
```

```
    AxisX = ((X * CosAngleY) + (z * SinAngleY))
```

```
    AxisY = ((X * SinAngleY * SinAngleX) + (Y * CosAngleX) _
```

```
        - (z * SinAngleX * CosAngleY))
```

```
    picRotate.Line (AxisX, AxisY)-(0, 0), Colour
```

```
' แสดงอักษรแกน y
```

```
If Axis = lblY Then
```

```
    Y = Y + 20
```

```
    X = X - 2
```

```
    Xlbl = ((X * CosAngleY) + (z * SinAngleY))
```

```
    Ylbl = ((X * SinAngleY * SinAngleX) + (Y * CosAngleX) _
```

```
        - (z * SinAngleX * CosAngleY))
```

```
    Axis.Move Xlbl, Ylbl
```

```
    Exit Sub
```

```
End If
```

```
' แสดงอักษรแกน x
```

```
If Axis = lblX Then
```

```
    X = X + 7
```

```
    Y = Y + 5
```

```
    Xlbl = ((X * CosAngleY) + (z * SinAngleY))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Ylbl = ((X * SinAngleY * SinAngleX) + (Y * CosAngleX) _  
- (z * SinAngleX * CosAngleY))
```

```
Axis.Move Xlbl, Ylbl
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
'แสดงอักษรแกน z
```

```
If Axis = lblZ Then
```

```
z = z + 15
```

```
Y = Y + 5
```

```
Xlbl = ((X * CosAngleY) + (z * SinAngleY))
```

```
Ylbl = ((X * SinAngleY * SinAngleX) + (Y * CosAngleX) _  
- (z * SinAngleX * CosAngleY))
```

```
Axis.Move Xlbl, Ylbl
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
'อ่านค่ามุมจาก scroll bar แล้ววาดแกน x,y,z
```

```
Private Sub Direc3D()
```

```
Dim AngX As Single
```

```
Dim AngY As Single
```

```
AngX = sclAngleX.Value
```

```
SinAngleX = Sin(AngX * PI / 180)
```

```
CosAngleX = Cos(AngX * PI / 180)
```

```
AngY = sclAngleY.Value
```

```
SinAngleY = Sin(AngY * PI / 180)
```

```
CosAngleY = Cos(AngY * PI / 180)
```

```
picRotate.Cls
```

```
PLotAxis lblX, 50, 0, 0, vbRed
```

```
PLotAxis lblY, 0, 50, 0, vbGreen
```

```
PLotAxis lblZ, 0, 0, 50, vbBlue
```

```
picRotate.PSet (0, 0), vbWhite
```

```
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Private Sub Form_Load()

' กำหนดให้หน้าต่างอยู่บนสุด

SetWindowPos Me.hWnd, HWND_TOPMOST, _

0, 0, 0, 0, SWP_NOMOVE Or SWP_NOSIZE

' อ่านค่าจาก registry

mdifrmLaser.mnuViewRotateBar.Checked = True

ReadProfiles

' กำหนดตำแหน่งและขนาดของ scrollbar

scrAngleX.Move frmRotate.ScaleWidth - scrAngleX.Width, 0, scrAngleX.Width,

frmRotate.ScaleHeight - scrAngleY.Height

scrAngleY.Move 0, frmRotate.ScaleHeight - scrAngleY.Height, frmRotate.ScaleWidth -

scrAngleX.Width, scrAngleY.Height

' กำหนดขนาดและตำแหน่งของ picture Box

picRotate.Move 0, 0, frmRotate.ScaleWidth - scrAngleX.Width, frmRotate.ScaleHeight -

scrAngleY.Height

' กำหนดจุดกึ่งกลางของ picture box

CenterX = picRotate.ScaleWidth \ 2

CenterY = picRotate.ScaleHeight \ 2

' กำหนดสเกลของ picture box

picRotate.Scale (-CenterX, CenterY)-(CenterX, -CenterY)

scrAngleX.Scroll

End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)

WriteProfiles

mdifrmLaser.mnuViewRotateBar.Checked = False

SetWindowPos Me.hWnd, HWND_NOTOPMOST, _

0, 0, 0, 0, SWP_NOMOVE Or SWP_NOSIZE

End Sub

Private Sub scrAngleX_Change()

Direc3D

frmRotate.Caption = " H = " & scrAngleY.Value & " V = " & scrAngleX.Value

frmSurface.RotateAndPlot

End Sub

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub scrAngleX_Scroll()
```

```
    Direc3D
```

```
    frmRotate.Caption = " H = " & scrAngleY.Value & " V = " & scrAngleX.Value
```

```
End Sub
```

```
Private Sub scrAngleY_Change()
```

```
    If Abs(scrAngleY.Value Mod 90) < 10 Then Exit Sub
```

```
    Direc3D
```

```
    frmRotate.Caption = " H = " & scrAngleY.Value & " V = " & scrAngleX.Value
```

```
    frmSurface.RotateAndPlot
```

```
End Sub
```

```
Private Sub scrAngleY_Scroll()
```

```
    Direc3D
```

```
    frmRotate.Caption = " H = " & scrAngleY.Value & " V = " & scrAngleX.Value
```

```
End Sub
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว เลเซอร์อนิจนิยริง, พิมพ์ครั้งที่1, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรุงเทพฯ, 2529.
2. วุฒิ พันธนาวิน เลเซอร์ฟิสิกส์, พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอกซิเพรสมีเดีย , 2536.
3. กฤษดา วิสุทธิรานนท์, มานะ ศรียุทธศักดิ์ เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ , พิมพ์ครั้งที่ 2 , บริษัท เพียรพัฒนา พรินต์ติ้งจำกัด , 2537.
4. สุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพานิช วิชวลเบสิก 4.0 โปรเฟซชันแนล , ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2539.
5. Noel Jerke and Eric Brierley Visual Basic 4 API how-to : the definitive guide to using the win 32 API with visual basic 4 , Waite Group Press, c1996.
6. Rod Stephens Visual Basic Graphics Programming , John Wiley & Sons , Inc. , 1997.
7. Vesa B. Anand Computer Graphics and Geometric Modeling for Engineers , John Wiley & Sons, Inc. , 1993
8. กมลวรรณ เทพรานนท์, พัฒนะพงษ์ สุวรรณ “การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์” โครงการพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต , ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2540.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำโครงการพิเศษ

นายชัยสุริยา ประภาศิริ เกิดเมื่อวันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2519 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนวัดใหม่บางคล้า อ. บางคล้า จ. ฉะเชิงเทรา และสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ อ.เมือง จ. ฉะเชิงเทรา เมื่อปีการศึกษา 2537 จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2541



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้