สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานโครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปี 2554

เรื่อง
เครื่องสร้างลวดลายสำหรับอุปกรณ์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเลเซอร์

Layout Patterning for Microelectronic Devices by Laser

RCH
TK
7868
.P9
ก7912ค
ก.1
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....121162
วัน, เดือน, ปี.....25 มี.ย. 2555
b.12408566
i.....

โดย

รศ. ดร. เติมพงษ์ เพ็ชรกูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์การใช้เทคโนโลยี CNC (Computer Numerical Control) ในอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้ในงานไมโครอิเล็กทรอนิกส์ในงานทำลวดลายอุปกรณ์ (patterning) โดยการใช้แสงเลเซอร์ไดโอดในการทำลวดลายต้นแบบที่เรียกว่ามาส์ก (Mask) สำหรับอุปกรณ์เซนเซอร์โดยนำเทคโนโลยีนี้มาช่วยในกระบวนการโฟโต้ลิโธกราฟฟี่ ที่ใช้ในการทำมาส์ก โดยทำให้ขั้นตอนลดลง ใช้การเขียนด้วยเลเซอร์โดยตรงลงบนวัสดุสีดำ ทำให้สามารถออกแบบ แก้ไข ปรับปรุงลวดลายได้อย่างสดวกและรวดเร็ว จากการทดลองสามารถที่จะสร้างลวดลายเล็กสุดได้ในระดับ 100 ไมโครเมตรซึ่งสามารถที่จะนำไปใช้งานกับอุปกรณ์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดไม่เล็กไม่ต้องการความละเอียดสูง เช่น อุปกรณ์เซนเซอร์บางชนิดและสามารถปรับค่าให้เหมาะสมกับวัสดุที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This research is the application of technology CNC (Computer Numerical Control) in industrial for microelectronics in the patterned devices by using laser diodes. It was used in the photolithography process that simplifies the process down by using laser direct writing on a material. It helps to improve the design and corrected pattern in short time. The experiments are able to create patterns in the level of 100 microns, which can be used for microelectronic devices that are not so small, does not require high-resolution devices such as some kind of sensors and can be adjusted to suit the specific material.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาโทสาขาวิศวกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ นายปัญญากร โสตทิพย์ ที่มีส่วนสำคัญในงานวิจัยนี้ และนายสมุจเฉท ม่วงนวล ที่มีส่วนในการทดลองและเก็บข้อมูล และขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่มีส่วนช่วยเหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
Abstract.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....4
1.3 สมมติฐานการศึกษา.....4
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย.....4
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย.....5
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....5

บทที่ 2 หลักการทำงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....6
2.1.1 เทคโนโลยีด้าน CNC.....6
2.1.2 ไดโอเปล่งแสง (Light Emitting Diode).....8
2.1.3 เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode).....10
2.2 โครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์.....14
2.2.1 โครงสร้างของเครื่องเขียนลดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์.....14
2.2.2 หลักการเขียนเส้นของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบ.....17
2.2.3 การสร้างลายต้นแบบด้วยเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์.....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบและการประกอบตัวเครื่อง.....22

3.1 การออกแบบชิ้นส่วนด้วยโปรแกรม Corel Draw.....22

3.1.1 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม CorelDRAW Graphics Suite X5.....23

3.1.2 การใช้งานโปรแกรม Corel Draw X5 เบื้องต้น 25

3.2 โครงสร้างหลักตัวเครื่องและโครงสร้างแกน Y (Body and Y Part).....29

3.3 โครงสร้างแกน X (X Part).....31

3.4 ส่วนที่ยึดหัวเลเซอร์ (Laser Mount).....33

บทที่ 4 อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องและการติดตั้งโปรแกรม.....37

4.1 หลักการทำงานของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์.....37

4.2 สเต็ปมอเตอร์ (Step motor).....38

4.2.1 สเต็ปมอเตอร์ที่พบในปัจจุบันมี 3 ประเภทดังนี้.....39

4.2.2 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์สามารถแบ่งได้ดังนี้.....39

4.2.3 การควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์.....40

4.3 ไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์ (Driver Step Motor).....41

4.4 ไมโครคอนโทรเลอร์.....44

4.5 ไดรเวอร์เลเซอร์ (Laser Driver).....46

4.6 การติดตั้งและการใช้งานโปรแกรมควบคุม.....47

บทที่ 5 วิธีการทดลองและผลการทดลอง.....53

5.1 การเขียนต้นแบบและเอกซ์พอร์ต (Export) ไฟล์ด้วยโปรแกรม Corel Draw.....53

5.2 การโหลดไฟล์และรันโปรแกรม Laser Patterning Machine.....56

5.3 การเตรียมฟิล์มสำหรับเขียนลวดลาย.....58

5.4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล.....58

5.4.1 วิธีการทดลอง.....59

5.4.2 ผลการทดลอง.....61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.4.3 ความกว้างของช่องเปิดของหลายเส้น.....62
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....66

บรรณานุกรม.....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลทางไฟฟ้าพื้นฐานของไดรเวอร์รุ่น IM483i.....43
ตารางที่ 5.1 สรุปผลการวัดขนาดความกว้างของช่องเปิดของเส้นทั้งสอง.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนกระบวนการโฟโต้ลิโธกราฟฟี.....2
1.2 ไดอะแกรมแสดงกระบวนการถ่ายแบบโดยใช้เครื่องเลเซอร์.....3
2.1 แสดงเครื่องจักรซีเอ็นซีในงานด้านการกัดชิ้นงาน.....6
2.2 แสดงโครงสร้างของเครื่องซีเอ็นซี 3 แกน.....7
2.3 แสดงโครงสร้างพื้นฐานและรูปร่างของไดโอดเปล่งแสงแบบรอยต่อพี-เอ็น.....9
2.4 แถบพลังงานของไดโอดเปล่งแสงขณะได้รับแรงดันไบอัสตรง ทำให้มีการคลายพลังงาน
ออกมาในรูปพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตามองเห็นได้.....9
2.5 แสดงกลไกปฏิกิริยาระหว่างโฟตอนกับอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในสาร.....10
2.6 หลักการป้อนกลับของโฟตอนเพื่อกระตุ้นให้อิเล็กตรอนปลดปล่อยพลังงาน
ที่สูงกว่าออกมากลายเป็นแสงเลเซอร์.....11
2.7 โครงสร้างแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเลเซอร์ไดโอด.....12
2.8 แสดงโครงสร้างชั้นต่างๆ ของเลเซอร์ไดโอด.....12
2.9 แสดงโครงสร้างจริงของเลเซอร์ไดโอด (ก).โครงสร้างภายในของเลเซอร์ไดโอด
และ (ข).หัวเลเซอร์ไดโอดที่ใช้ในท้องตลาดทั่วไป.....13
2.10 แสดงลักษณะของเลเซอร์ไดโอดที่นำไปใช้เป็นเลเซอร์พอยด์เตอร์ในท้องตลาดทั่วไป.....13
2.11 โครงสร้างแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์.....15
2.12 ไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์.....15
2.13 การสร้างเส้นตรงเป็นเชื่อมระหว่างจุดสองจุด (ก).ในทางทฤษฎี และ (ข).ในทางปฏิบัติ.....18
2.14 ลักษณะของเส้นตรงที่เขียนขึ้นมาในทางปฏิบัติจริง.....19
2.15 แสดงขั้นตอนการสร้างลวดลายด้วยเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์.....20
3.1 หน้าต่าง Run โปรแกรม.....23
3.2 หน้าต่าง "I accept the terms in the license agreement".....23
3.3 หน้าต่างเลือกรูปแบบการติดตั้ง.....24
3.4 หน้าต่างเลือกรูปแบบการติดตั้ง (ต่อ).....24
3.5 หน้าต่างแสดงการดำเนินการติดตั้งโปรแกรม.....25
3.6 การเปิดใช้งานโปรแกรม Corel Draw X5.....25
3.7 เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม.....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.8 การตั้งค่าหน้ากระดาษตอนเริ่มต้น.....26

3.9 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม Corel Draw X5.....27

3.10 แบบจำลองแสดงให้เห็นโครงสร้างต่างๆ ของเครื่อง.....28

3.11 แบบแปลนชิ้นส่วนโครงสร้างหลักและแกน Y ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Corel Draw.....29

3.12 ชิ้นส่วนโครงสร้างหลักของตัวเครื่องและแกน Y เป็นแผ่นอะครีลิคหนา 5 mm.....30

3.13 ชิ้นส่วนโครงสร้างหลักของตัวเครื่องและแกน Y เป็นแผ่นอะครีลิคหนา 5 mm. (ต่อ).....30

3.14 แสดงส่วนของโครงสร้างของเครื่องและแกน Y ที่ประกอบกันเสร็จเรียบร้อย.....31

3.15 แบบแปลนชิ้นส่วนโครงสร้างแกน X ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Corel Draw.....31

3.16 แบบแปลนชิ้นส่วนโครงสร้างแกน X ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Corel Draw.....32

3.17 ส่วนของแกน X ที่ประกอบกันเสร็จเรียบร้อย.....32

3.18 แบบแปลนส่วนที่ยึดหัวเลเซอร์ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Corel Draw.....33

3.19 แสดงชิ้นส่วนของส่วนที่ยึดหัวเลเซอร์ เป็นแผ่นอะครีลิคหนา 5 mm.....33

3.20 ที่ยึดหัวเลเซอร์ที่ประกอบกันเสร็จเรียบร้อยแล้ว.....34

3.21 แสดงการประกอบที่ยึดหัวเลเซอร์เข้ากับแกน X.....34

3.22 การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องเข้าด้วยกัน.....35

3.23 การติดตั้งสเต็ปมอเตอร์ สายพาน และเฟือง.....35

3.24 การติดตั้งหัวเลเซอร์เข้ากับที่ยึดหัวเลเซอร์.....36

4.1 ไดอะแกรมการทำงานของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์.....37

4.2 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของสเต็ปมอเตอร์.....38

4.3 โดยโครงสร้างภายในของสเต็ปมอเตอร์ 2 ชนิดคือ แบบ 2 เฟส และแบบ 5 เฟส.....40

4.4 หลักการใช้งานไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์ขั้นพื้นฐาน.....41

4.5 รูปถ่ายแสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์รุ่น IM483i.....42

4.6 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานของไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์รุ่น IM483i.....42

4.7 แสดงการนำไดรเวอร์ IM483i มาต่อใช้งานเพื่อควบคุมสเต็ปมอเตอร์.....43

4.8 ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR รุ่น Arduino Atmega168.....44

4.9 การจัดเรียงขาสัญญาณของไมโครคอนโทรเลอร์รุ่น Arduino Atmega168.....44

4.10 แสดงไดอะแกรมของไดรเวอร์เลเซอร์.....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.11 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม Visual Basic 6.0.....47
4.12 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม Arduino V22.....48
4.13 ขั้นตอนที่ 1 ของการติดตั้งโปรแกรม.....49
4.14 ขั้นตอนที่ 2 ของการติดตั้งโปรแกรม.....49
4.15 ขั้นตอนที่ 3ของการติดตั้งโปรแกรม.....50
4.16 ขั้นตอนที่ 4 ของการติดตั้งโปรแกรม.....50
4.17 ขั้นตอนที่ 5 ของการติดตั้งโปรแกรม.....50
4.18 การเปิดใช้งานโปรแกรม Laser Patterning Machine.....51
4.19 หน้าต่างแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม Laser Patterning Machine.....52
5.1 ตัวอย่างการตั้งค่าหน้ากระดาษก่อนการใช้งาน.....53
5.2 หน้ากระดาษตามที่ตั้งค่าใหม่.....54
5.3 เอกซ์พอร์ตไฟล์ขั้นตอนที่ 1.....55
5.4 เอกซ์พอร์ตไฟล์ขั้นตอนที่ 2.....55
5.5 เอกซ์พอร์ตไฟล์ขั้นตอนที่ 3.....56
5.6 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรเลอร์เข้ากับคอมพิวเตอร์โดยสมบูรณ์.....57
5.7 ขั้นตอนการโหลดไฟล์ข้อมูลเข้าโปรแกรม Laser Patterning Machine.....57
5.8 แสดงลักษณะการเคลือบฟิล์มบนแผ่นใส.....58
5.9 รูปถ่ายของแผ่นใสที่เคลือบด้วยฟิล์มสีดำเรียบร้อยแล้ว.....59
5.10 แสดงการติดแผ่นฟิล์มเข้ากับแผ่นสไลด์.....59
5.11 ลวดลายต้นแบบที่ออกแบบโดยโปรแกรม Corel Draw.....60
5.12 ลวดลายที่เขียนด้วยเครื่องเขียนลวดลายด้วยเลเซอร์.....60
5.13 ภาพถ่ายกำลังขยาย 50 เท่า แสดงให้เห็นช่องเปิดที่เกิดจากการกัดด้วยแสงเลเซอร์.....61
5.14 ภาพถ่ายกำลังขยาย 100 เท่า แสดงให้เห็นช่องเปิดที่เกิดจากการกัดด้วยแสงเลเซอร์.....62
5.15 ภาพถ่ายกำลังขยาย 100 เท่า แสดงให้เห็นความกว้างของช่องเปิดทั้งสองเส้น.....63
5.16 ภาพถ่ายกำลังขยาย 100 เท่า แสดงให้เห็นความกว้างของช่องเปิดของเส้นที่ 1.....63
5.17 ภาพถ่ายกำลังขยาย 100 เท่า แสดงให้เห็นความกว้างของช่องเปิดของเส้นที่ 2.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

กระบวนการสร้างอุปกรณ์ทางด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน ทั้งในระดับงานวิจัยหรือในระดับอุตสาหกรรมนั้นถูกพัฒนาไปในระดับที่มีประสิทธิภาพสูงมาก ทำให้เทคโนโลยีทางด้านนี้เกิดการพัฒนาอย่างก้าวกระโดด ส่งผลให้เทคโนโลยีด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเกิดการพัฒนาตามไปด้วย ทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น

ในการสร้างวงจรรวม (Integrated Circuit) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องอาศัยจากหลายขั้นตอนกระบวนการผลิตย่อยรวมกัน เช่น กระบวนการสร้างแผ่นเวเฟอร์, การสร้างชั้นออกไซด์, กระบวนการโฟโต้ลีโธกราฟฟี, กระบวนการแพร่สารเจือ, กระบวนการยิงฝังประจุ และกระบวนการกัด ซึ่งกระบวนการผลิตต่างๆ นี้ ล้วนมีผลต่อ ขนาด การทำงาน และประสิทธิภาพของอุปกรณ์ทั้งสิ้น ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง ย่อมส่งผลต่อกระบวนการผลิตรวมด้วยเช่นกัน

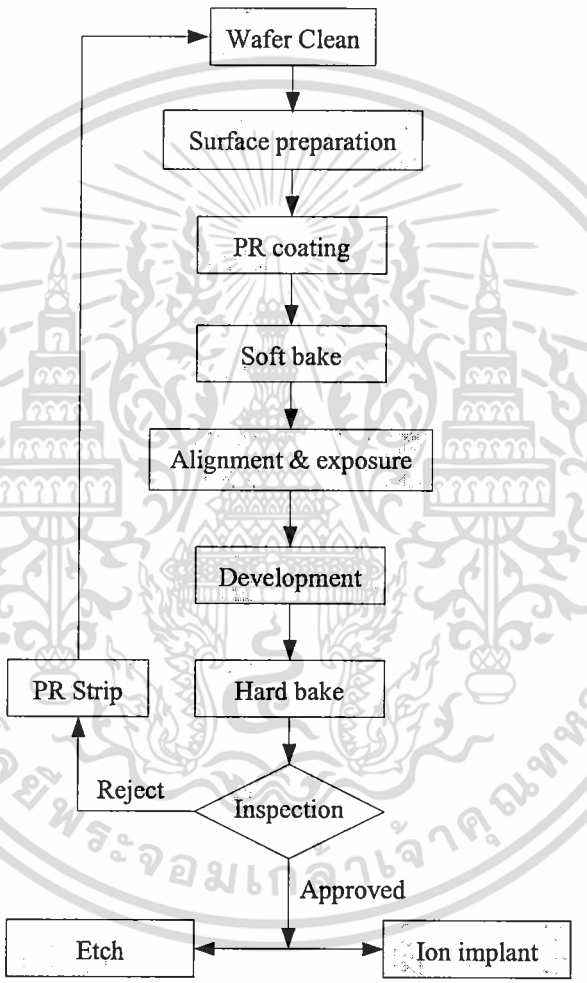
สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตเดิมที่มีอยู่แล้วคือ กระบวนการโฟโต้ลีโธกราฟฟี (Photolithography) และกระบวนการกัด (Etching) เพื่อให้สามารถลดขั้นตอนจำนวนมากของกระบวนการผลิตดังกล่าวลง โดยการนำเลเซอร์ไดโอด (Laser Diode) มาประยุกต์ใช้งานในการลดขั้นตอนการผลิตต่างๆ ลงโดยใช้เลเซอร์ไดโอดนั้น อาจให้ประสิทธิภาพได้ไม่เท่าวิธีการเดิมที่ทำอยู่ แต่สามารถช่วย ประหยัดพลังงาน เวลา วัสดุที่ใช้ และความซับซ้อนของขั้นตอนการผลิตเดิมลงได้ ถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทางด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งหากได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เชื่อว่าจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้างอุปกรณ์ลงได้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระบวนการโฟโต้ลิโธกราฟฟีเป็นกระบวนของการถ่ายแบบ (Patterning) จากมาส์ค (mask) หรือเรติเคิล (reticle) จากการออกแบบ ไปยังน้ำยาไวแสงที่เคลือบอยู่บนผิวของแผ่นเวเฟอร์ ซึ่งเมื่อฉายแสงลงบนผิวของแผ่นเวเฟอร์แล้ว จะทำให้เกิดลวดลายต่างๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ สำหรับกระบวน การโฟโต้ลิโธกราฟฟีเริ่มแรกถูกใช้ในอุตสาหกรรมทางด้านการผลิตแผ่นวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กทรอนิกส์ ต่อมาถูกนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตทรานซิสเตอร์และแผ่นวงจรรวม (Integrated circuit: IC) สำหรับกระบวนการโฟโต้ลิโธกราฟฟีถือเป็นกระบวนการผลิตที่สำคัญอย่างมากต่ออุตสาหกรรมการผลิตวงจรรวม โดยจะทำหน้าที่ในการสร้างลวดลายต่างๆ ลงบนแผ่นเวเฟอร์ ก่อนทำการกัด (etching), การยิงฝังประจุ (ion implantation) หรือการแพร่สารเจือ (Diffusion) เพื่อทำเป็นขั้วต่างๆ ต่อไป



รูปที่ 1.1 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนกระบวนการโฟโต้ลิโธกราฟฟี

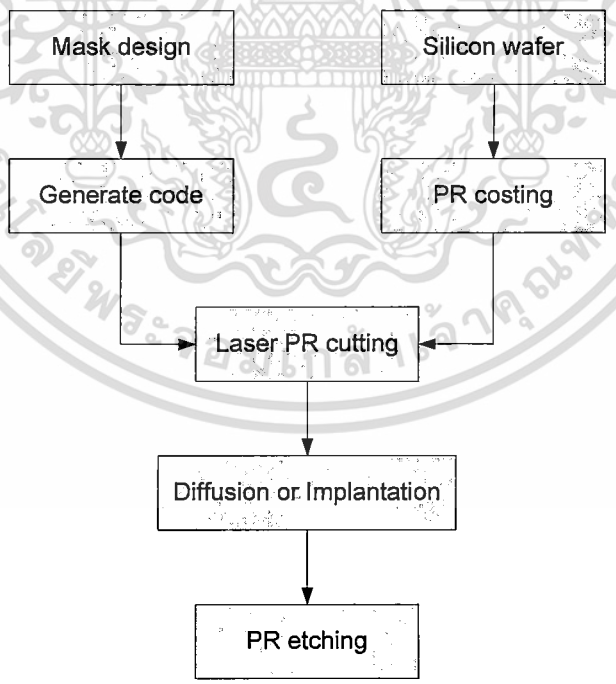
โดยกระบวนการโฟโต้ลิโธกราฟฟีประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ1.เริ่มต้นจากการทำความสะอาดผิวของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer clean) เพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ออกจากผิวหน้า 2.เป็นการเตรียมผิวหน้า (Preparation) เพื่อกำจัดความชื้นออกไป 3.จากนั้นจะทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลือบน้ำยาไวแสง (Photo-resist coating) และทำการอบ (soft bake) เพื่อให้น้ำยาไวแสงติดกับแผ่นเวเฟอร์ได้ดียิ่งขึ้น 4.จากนั้นจะเป็นกระบวนการฉายแสง (Development) ซึ่งเป็นการถ่ายแบบจากมาส์คไปยังน้ำยาไวแสงที่เคลือบอยู่บนแผ่นเวเฟอร์ และ 5.ขั้นตอนสุดท้ายจะทำการอบอีกรอบหนึ่ง ก่อนจะส่งต่อไปยังขั้นตอนกระบวนการกัด หรือกระบวนการยิงฝังประจุต่อไป ดังรูปที่ 1.1 เป็นไดอะแกรมแสดงกระบวนการโฟโต้ลิโธกราฟฟี[1],[2]

จากขั้นตอนกระบวนการโฟโต้ลิโธกราฟฟีจนถึงขั้นตอนการกัด จะพบว่ามีจำนวนขั้นตอนการผลิตที่เยอะมากทำให้เสียเวลามากด้วย และที่สำคัญหากขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ทำให้จำเป็นที่จะต้องเริ่มขั้นตอนการผลิตใหม่ทั้งหมด

ดังนั้นเพื่อกำจัดข้อเสียดังกล่าวออกไป จึงได้มีการนำเลเซอร์ไดโอดมาใช้งานแทน โดยข้อดีของเลเซอร์ไดโอด คือ มีขนาดเล็ก ราคาไม่แพง ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าต่ำ 2.5 – 3.3 Volt และที่สำคัญสามารถนำไปใช้งานร่วมกันกับเครื่อง mini cnc ได้[3] ทำให้สามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป โดยการนำเลเซอร์ไดโอดมาใช้งานแทนกระบวนการโฟโต้ลิโธกราฟฟีและการกัดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ไดอะแกรมแสดงกระบวนการถ่ายแบบโดยใช้เครื่องเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากไดอะแกรมในรูปที่ 1.2 แสดงกระบวนการถ่ายแบบโดยใช้เครื่องเลเซอร์ โดยเริ่มต้นจากการนำแผ่นเวเฟอร์ไปเคลือบด้วยน้ำยาไวแสงเพื่อใช้เป็นชั้นป้องกัน ขณะที่ลวดลายต้นแบบถูกสร้างขึ้นด้วยการออกแบบในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้นแปลงไฟล์ต้นแบบไปเป็นข้อมูลให้เครื่องจักรสามารถทำงานนำได้ ต่อมาทำการกัดลวดลายลงบนแผ่นเวฟอร์ที่ได้เคลือบชั้นฟิล์มไว้แล้วด้วยเลเซอร์เพื่อกัดส่วนที่ไปต้องการออกไปได้เป็นช่องเปิด จากนั้นใช้กระบวนการแพร่สารเจือหรือการยิงฝังประจุตามต้องการ และขั้นตอนสุดท้ายคือการลอกฟิล์มส่วนที่เหลือออกไป จะได้เป็นลวดลายต่างๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

- สามารถนำเลเซอร์ไดโอดมาประยุกต์ใช้งานทางด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ได้
- สามารถลดขั้นตอนการสร้างลวดลายต้นแบบ (Mark Pattern) ลงได้
- เพิ่มทางเลือกในการเขียนลวดลายต้นแบบแทนการใช้กระบวนการโฟโต้ลิโธกราฟีแบบเดิม

1.3 สมมติฐานการศึกษา

- เลเซอร์ไดโอดสามารถสร้างลวดลายขนาดเล็กได้ โดยการให้แสงของเลเซอร์ผ่านเลนส์นูนเพื่อรวมแสงก่อนนำไปใช้งาน
- การตั้งค่าพารามิตเตอร์ที่เหมาะสม สามารถช่วยให้เขียนลวดลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- เครื่อง mini cnc สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นเครื่องสร้างลายต้นแบบได้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย

ในกระบวนการสร้างอุปกรณ์ทางด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ จำเป็นต้องใช้ขั้นตอนการผลิตจำนวนมากถึงจะสร้างอุปกรณ์สำเร็จได้ ทั้งเวลาและงบประมาณที่ใช้จะสูงมากตามไปด้วย ดังนั้นหากสามารถลดขั้นตอนการผลิตบางส่วนลงได้ ย่อมสามารถช่วยประหยัดทั้งเงินและเวลาด้วย

เนื่องจากแสงที่ได้จากหลอดเลเซอร์เป็นแสงที่มีความถี่เดียวและสามารถรวมให้เป็นจุดโฟกัสได้ ทำให้สามารถนำเลเซอร์ประเภทเลเซอร์ไดโอดมาประยุกต์ใช้งานแทนกระบวนการโฟโต้ลิโธกราฟฟีและการกัด ซึ่งข้อดีของเลเซอร์ไดโอดคือมีขนาดเล็ก ราคาไม่แพง ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำ 2.5 – 3.3 Volt และสามารถนำไปใช้งานร่วมกันกับเครื่อง mini cnc ได้ ทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งาน ถือเป็นทางเลือกหนึ่งของกระบวนการสร้างอุปกรณ์ทางด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ได้

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยคือ สามารถลดขั้นตอนกระบวนการสร้างลวดลายต้นแบบได้ โดยการนำเลเซอร์ไดโอดไปสร้างเป็นเครื่องสร้างลวดลายต้นแบบ เครื่องสร้างลวดลายต้นแบบสามารถทำงานได้โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยห้องควบคุมความสะอาด (Clear room) ซึ่งลายต้นแบบที่สร้างได้เล็กสุดอยู่ที่ระดับ 100-150 μm หรือต่ำกว่า ที่สำคัญคือสามารถลดเวลา และงบประมาณที่ใช้เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ประเภทเดียวกันที่สร้างจากกระบวนการผลิตแบบเดิมได้

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

- ศึกษากระบวนการสร้างลวดลายต้นแบบด้วยกระบวนการโฟโต้ลิโธกราฟฟี
- ศึกษาโครงสร้างและการทำงานของเครื่อง Mini cnc
- ออกแบบและสร้างเครื่องเลเซอร์สำหรับสร้างลวดลายต้นแบบ
- ศึกษาการเขียนโปรแกรม Visual basic 6.0 สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก
- ศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR
- ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของเลเซอร์ไดโอด และการนำเลเซอร์ไดโอดไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการทำงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เทคโนโลยีทางด้าน CNC

เครื่องจักรซีเอ็นซี (CNC) คือ เป็นเครื่องจักรกลอัตโนมัติที่ทำงานโดยการโปรแกรมเข้าไปด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยจะทำให้มันสามารถทำงานตามแบบที่ได้โปรแกรมเข้าไป ซึ่งมีหลายภาษาที่ใช้กับเครื่อง ส่วนมากจะใช้ในงานโลหะที่มีความซับซ้อนและต้องการความแม่นยำสูง ที่การหล่อไม่สามารถทำได้หรือสามารถทำได้ก็ตาม หรืองานการกัดก้อนวัตถุอื่นๆ เช่น โลหะ, ไม้ หรือ พลาสติกสังเคราะห์ เป็นต้น ทำให้ได้รูปร่าง ตามแบบชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้แล้ว

รูปที่ 2.1 แสดงเครื่องจักรซีเอ็นซีในงานด้านการกัดชิ้นงาน

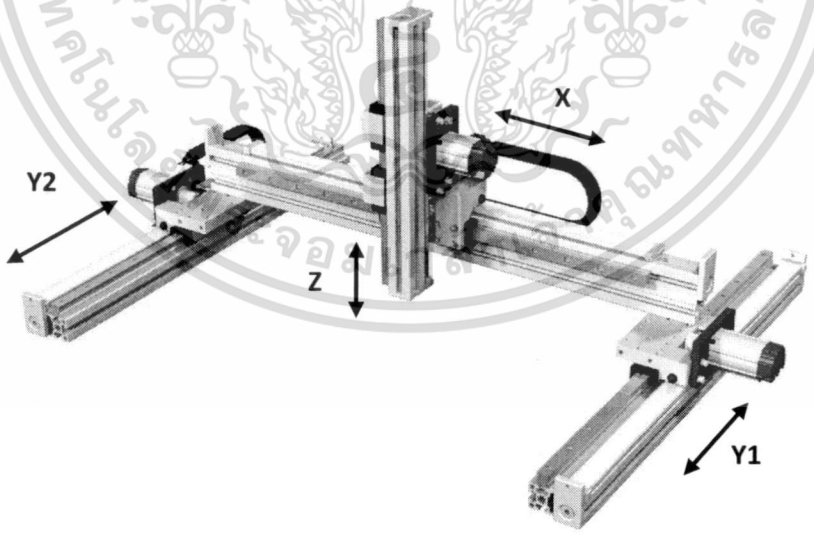
CNC เป็นคำย่อมาจาก Computer Numerical Control แปลว่าการควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นเทคโนโลยีการใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น เครื่องกัดซีเอ็นซี (CNC Milling), เครื่องกลึงซีเอ็นซี (CNC Lathe), เครื่องเจียระไน (Grinding), EDM, Wire cut และอื่นๆ ซึ่งสามารถทำให้ผลิตชิ้นส่วนที่ผลิตได้รวดเร็ว ถูกต้อง และเที่ยงตรงมาก โดยเครื่องจักรซีเอ็นซีแต่ละแบบแต่ละรุ่นจะมีลักษณะเฉพาะ และการประยุกต์ใช้งานที่ต่างกันออกไป แต่เครื่องจักรกลซีเอ็นซีทั้งหมดมีข้อดีเหมือน ๆ กันคือ [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เครื่องจักรกลซีเอ็นซีทุกเครื่องได้รับการปรับปรุงให้มีการทำงานอัตโนมัติทำให้ลดความวุ่นวายของผู้ควบคุมเครื่องจักรในการผลิตชิ้นงาน เครื่องจักรซีเอ็นซีหลายเครื่องสามารถทำงานโดยที่ผู้ควบคุมไม่ต้องคอยนั่งเฝ้าในระหว่างวัฏจักรการทำงานของเครื่อง (Machining cycle) และผู้ควบคุมสามารถไปทำงานอย่างอื่นได้ สิ่งนี้ทำให้ผู้ใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีได้ประโยชน์หลายอย่าง รวมทั้งลดความเหนื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงาน ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากคนมีน้อยมากมีความคงเส้นคงวาในการผลิตและสามารถคำนวณเวลาในการผลิตแต่ละชิ้นได้ซึ่งเป็นผลดีกับการวางแผนการผลิต

2. เทคโนโลยีซีเอ็นซีคือมีความคงเส้นคงวาและความถูกต้องแม่นยำของชิ้นงาน ซึ่งหมายความว่าเมื่อโปรแกรมที่เขียนทำงานอย่างถูกต้องแล้ว การผลิตชิ้นส่วน 2 ชิ้น 10 ชิ้น หรือ 1000 ชิ้นให้เหมือนกันทุกประการสามารถทำได้อย่างง่ายดายด้วยความสม่ำเสมอ

3. ความยืดหยุ่นในการทำงาน เนื่องจากเครื่องจักรกลเหล่านี้ทำงานตามโปรแกรมการทำงานที่ต่าง กันทำให้ง่ายเหมือนกับการโหลดโปรแกรมที่ต่างกัน เมื่อโปรแกรมประมวลผลและทำการผลิตชิ้นงานแล้ว สามารถเรียกโปรแกรมนั้นกลับมาใช้ใหม่ในครั้งต่อไปเมื่อต้องทำงานชิ้นนั้นอีก



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของเครื่องซีเอ็นซี 3 แกน

เครื่องจักรซีเอ็นซีมีหลายแบบหลายประเภทด้วยกัน ซึ่งจะมีโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไปแล้วแต่วัตถุประสงค์ของการใช้งาน ในที่นี้จะกล่าวถึงเครื่องซีเอ็นซีที่มีโครงสร้างแบบง่ายที่สุดคือ

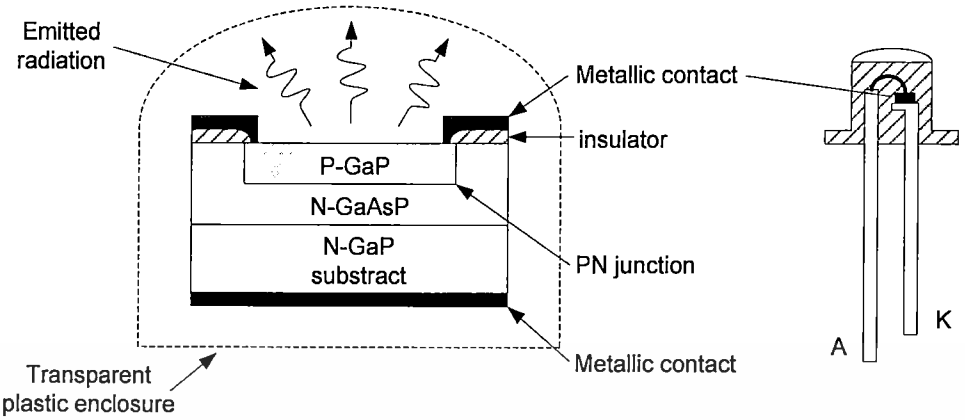
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักรซีเอ็นซีแบบ 3 แกน ดังรูปที่ 2.2 เครื่องซีเอ็นซีประเภทนี้มีโครงสร้างแบบง่ายและไม่ซับซ้อน โดยประกอบด้วยแกน X, แกน Y และแกน Z การนำไปใช้งานจะเป็นงานกัดแบบ 3 มิติทั่วไป แกน X และแกน Y จะเป็นตัวเคลื่อนที่ในแนวราบ ส่วนแกน Z จะเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ขึ้น-ลง เพื่อให้สามารถกัดงานแบบ 3 มิติได้ การควบคุมการทำงานทำได้ง่ายกว่าเครื่องซีเอ็นซีที่มีจำนวนแกนมากกว่า โดยเครื่องซีเอ็นซีประเภทนี้เหมาะสำหรับงานกัดที่ไม่ซับซ้อน มีขนาดเล็กและจำนวนชิ้นงานไม่มาก และที่สำคัญราคาไม่แพงด้วย ซึ่งในงานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้งานจากเครื่องซีเอ็นซีแบบ 3 แกนนี้

2.1.2 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitter Diode: LED) [5]

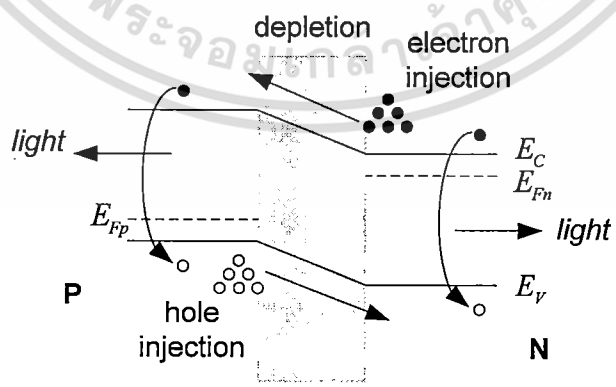
ไดโอดเปล่งแสงเป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่ง ที่สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงได้ โดยการเปล่งแสงของไดโอดจะเกิดขึ้นเมื่อพาหะ เช่นอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำคายหรือปลดปล่อยพลังงานออกมาเพื่อลดระดับพลังงานลงไปอยู่ที่ระดับพลังงานที่ต่ำกว่า เช่น อิเล็กตรอนจากแถบนำไฟฟ้า (conduction band) ลดระดับลงไปอยู่ที่แถบวาเลนซ์ กรณีนี้อิเล็กตรอนจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า และเมื่อโฟตอนของคลื่นนี้มีความยาวคลื่นในช่วงที่สายตามองเห็นได้ ดังนั้นจะสามารถเห็นว่าไดโอดสามารถเปล่งแสงออกมาได้ ความยาวคลื่นของโฟตอนจะถูกกำหนดด้วยขนาดของ E_G ของสารกึ่งตัวนำ การปลดปล่อยพลังงานของอิเล็กตรอนเช่นนี้เรียกว่า "Band to band Transition" จะมีโอกาสเกิดได้สูงในกรณีที่สารกึ่งตัวนำนั้นเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด "Direct band gap semiconductor" เช่น GaAs สำหรับสารกึ่งตัวนำอีกกลุ่มหนึ่งได้แก่ ซิลิคอน เยอรมันเนียม ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด "Indirect band gap semiconductor" การเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานจะเป็นไปในลักษณะที่เรียกว่า "Indirect Transition" นั้นคืออิเล็กตรอนจากแถบนำไฟฟ้าจะลดระดับพลังงานไปอยู่ที่แถบวาเลนซ์โดยผ่านระดับพลังงานที่เป็นระดับ Trap หรือระดับ R-G ที่มีอยู่ในช่องว่างพลังงานของ E_G ซึ่งกรณีนี้อิเล็กตรอนจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของความร้อน ซึ่งเราไม่สามารถมองเห็นได้ ลักษณะโครงสร้างและรูปร่างของไดโอดเปล่งแสงแสดงดังรูปที่ 2.3 ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบง่ายของรอยต่อพี-เอ็นของ GaAs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างพื้นฐานและรูปร่างของไดโอดเปล่งแสงแบบรอยต่อพี-เอ็น

เมื่อไดโอดได้รับแรงดันไบอัสตรง จะมีอิเล็กตรอนและโฮลถูกฉีดข้ามรอยต่อเข้าไปยังด้านตรงข้าม การฉีดพาหะดังกล่าวนี้จะทำให้เกิดกระบวนการรวมตัวใหม่ (recombination) ระหว่างอิเล็กตรอนกับโฮลขึ้นในบริเวณปลอดพาหะและบริเวณใกล้เคียง ซึ่งหากเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด "Direct band gap semiconductor" การรวมตัวของพาหะจะเป็นแบบ band to band หรือเรียกว่า direct transition ทำให้มีการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสงได้ ปรากฏการณ์นี้ถูกเรียกว่า "Injection Electroluminescence" ผลที่ตามมาคือ ไดโอดนี้สามารถเปล่งแสงได้ เมื่อได้รับแรงดันไบอัสตรง และเรียกไดโอดประเภทนี้ว่า "ไดโอดเปล่งแสง" หรือ Light Emitting Diode (LED) ลักษณะของแถบพลังงานของไดโอดเปล่งแสงขณะได้รับแรงดันไบอัสตรงแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แถบพลังงานของไดโอดเปล่งแสงขณะได้รับแรงดันไบอัสตรง ทำให้มีการคลายพลังงานออกมาในรูปพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตามองเห็นได้

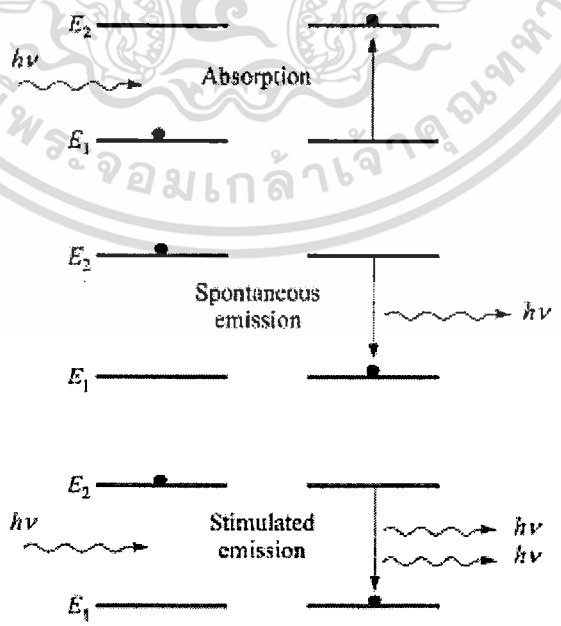
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode)

คำว่า เลเซอร์ หรือ Laser ย่อมาจากคำเต็มคือ “Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation” เลเซอร์ไดโอดเป็นเลเซอร์ประเภทหนึ่งที่มีโครงสร้างแบบไดโอด ซึ่งกลไกการเกิดแสงจะมีลักษณะคล้ายกันมากกับการเกิดแสงของไดโอดเปล่งแสงหรือ LED แสงที่เกิดจากไดโอดเปล่งแสงเป็นการเกิดโดยไม่มีการกระตุ้น (Stimulation) ซึ่งกรณีนี้จะไม่มีปฏิกิริยาใดๆ เกิดขึ้นระกว่างโฟตอนกับอิเล็กตรอน แต่แสงเลเซอร์เป็นการเกิดโดยการกระตุ้นด้วยโฟตอนที่เกิดขึ้นแล้วสะท้อนกลับเข้าไปภายในตัวไดโอดอีกครั้ง เพื่อกระตุ้นอิเล็กตรอนอื่นๆ ให้ปลดปล่อยโฟตอนใหม่ออกมาอีกครั้ง โดยสามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้ [5]

- หลักการทำงานของเลเซอร์ไดโอด (Operating principle) [5]

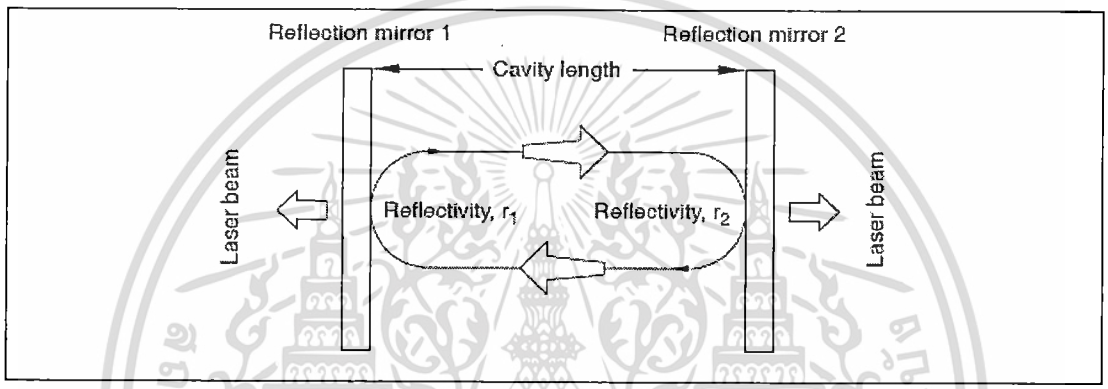
มีสามกลไกหลักของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในสารระหว่างอิเล็กตรอนกับโฟตอน ดังแสดงในรูปที่ 2.5 กลไกแรก (ก).การดูดซับ (Absorption) คือโฟตอนอาจจะถูกดูดซับ (Absorb) พลังงานโดยอิเล็กตรอนในสถานะพื้นของแถบวาเลนส์ (Valence band) ขึ้นไปอยู่ในสถานะกระตุ้นของแถบตัวนำ (Conduction band) ได้ ซึ่งกระบวนการนี้มีใช้นี้อุปกรณ์เช่น Photodetector หรือ เซลล์แสงอาทิตย์ (ข).การปล่อยพลังงาน (Spontaneous emission) คือในทางกลับกันกับกรณีแรก อิเล็กตรอนในแถบตัวนำสามารถที่จะเปลี่ยนกลับไปยังระดับวาเลนซ์ได้



รูปที่ 2.5 แสดงกลไกปฏิกิริยาระหว่างโฟตอนกับอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการปลดปล่อยโฟตอนออกมาโดยกลไกนี้จะใช้ในอุปกรณ์ประเภท LED และ (ค).การกระตุ้นต่อเนื่อง (Stimulated emission) คือโฟตอนสามารถถูกป้อนกลับเข้าไปกระตุ้นอิเล็กตรอนตัวอื่นๆ ให้ปลดปล่อยโฟตอนใหม่ออกมาอีก ซึ่งกระบวนการเช่นนี้ถือเป็นการขยายแสง (Light amplification) และเป็นการป้อนกลับอย่างหนึ่ง โดยความเข้มแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และในที่สุดจะเข้าสู่สถานะอยู่ตัว (Steady state) แสงเลเซอร์จะถูกปล่อยออกมาจากไดโอด กลไกนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.6 แสงเลเซอร์เป็นแสงแบบ "Monochromatic" และมี Bandwidth ที่แคบมาก มีคุณสมบัติพิเศษที่เรียกว่า "Highly directional"

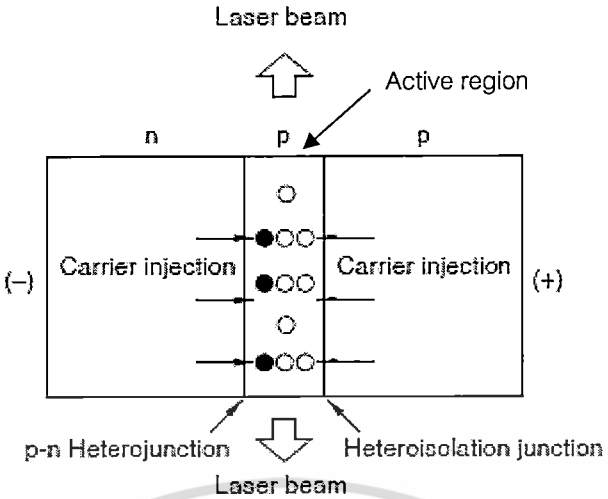


รูปที่ 2.6 หลักการป้อนกลับของโฟตอนเพื่อกระตุ้นให้อิเล็กตรอนปลดปล่อยพลังงานที่สูงกว่าออกมากลายเป็นแสงเลเซอร์

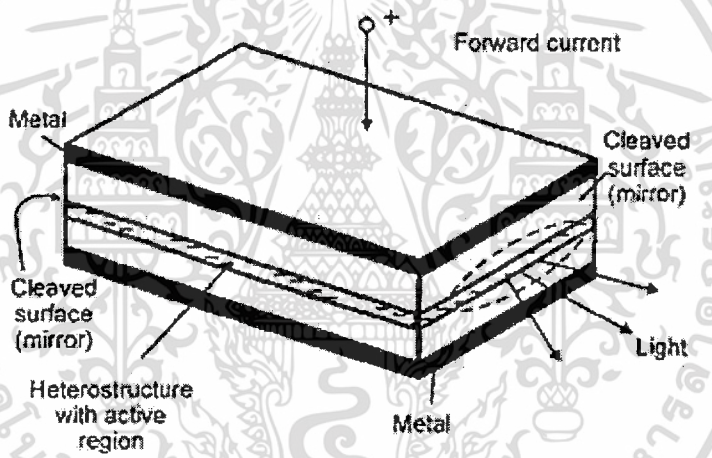
- โครงสร้างของเลเซอร์ไดโอด (Laser diode structure)

ลักษณะโครงสร้างของเลเซอร์ไดโอดแสดงดังรูปที่ 2.7 เมื่อไดโอดได้รับแรงดันไบอัสตรงอิเล็กตรอนในชั้นเอ็นจะถูกฉีดข้ามร่อยต่อ (p - n junction) เข้าไปในชั้นเอ็กทีฟ (active layer) ซึ่งมีขนาดแคบมาก ขณะเดียวกันโฮลจากชั้นพี (heteroisolation junction) จะถูกฉีดเข้ามาในชั้นเอ็กทีฟด้วยเช่นเดียวกัน พาหะส่วนมาจะอยู่ในชั้นนี้ เมื่ออิเล็กตรอนเข้ารวมตัวกับโฮลจะมีการปล่อยพลังงานแสงออกมา เนื่องจากด้านทั้งสองของสารกึ่งตัวนำจะถูกขัดให้เรียบและสามารถสะท้อนแสงได้ดี แสงที่ออกมาในช่วงแรกจะมีพลังงานต่ำและมีหลายความถี่จะถูกสะท้อนกลับเข้าไปภายในไดโอดเพื่อกระตุ้นให้มีการปลดปล่อยโฟตอนอื่นๆ อีก ในที่สุดจะได้แสงเลเซอร์ที่มีความเข้มสูงและเป็นความถี่เดี่ยวหรือหลายความถี่แต่มี Bandwidth ที่แคบมากทำให้สามารถทะลุผ่านออกมาได้ หลักการนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2.7 และ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



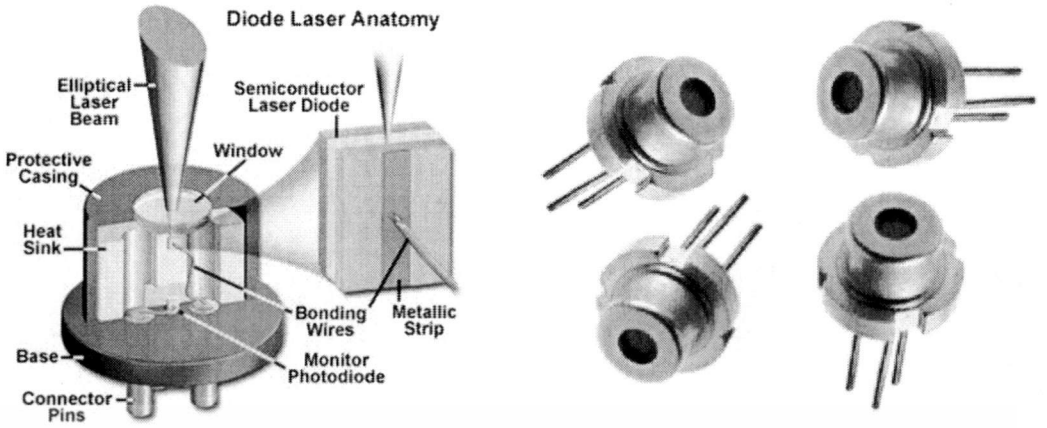
รูปที่ 2.7 โครงสร้างแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเลเซอร์ไดโอด



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างชั้นต่างๆ ของเลเซอร์ไดโอด

สำหรับโครงสร้างจริงของเลเซอร์ไดโอดแสดงได้ดังรูปที่ 2.9 โดยรูป (ก).แสดงให้เห็นส่วนประกอบภายในของเลเซอร์ประเภทนี้ ซึ่งประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือ 1.ส่วนของเลเซอร์ไดโอดที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor laser diode) ที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง 2.เลนส์รวมแสง ทำหน้าที่รวมแสงเลเซอร์ให้เป็นลำ (Beam) 3.ตัวระบายความร้อน (Heat sink) เนื่องจากเลเซอร์ชนิดนี้มีความร้อนเกิดขึ้นในระบบสูงมากซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ลดลงได้ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการติดตัวระบายความร้อนไว้ และ 4.ตัวถังภายนอก (Base) เป็นที่ยึดติดชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน ส่วนรูป (ข).แสดงรูปถ่ายจริงของเลเซอร์ไดโอดที่ใช้งานกับทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างจริงของเลเซอร์ไดโอด (ก).โครงสร้างภายในของเลเซอร์ไดโอด และ (ข).หัวเลเซอร์ไดโอดที่ใช้ในท้องตลาดทั่วไป

แสงเลเซอร์ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เช่น เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ใช้ในทางการแพทย์สำหรับงานผ่าตัด ใช้ในงานรับ-ส่งข้อมูล หรือใช้เป็นอุปกรณ์ชี้จุด (Laser pointer) ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.10 โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการนำเลเซอร์ไดโอดมาประยุกต์ใช้ในงานด้านการเขียนลวดลายต้นแบบสำหรับงานทางด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของเลเซอร์ไดโอดที่นำไปใช้เป็นเลเซอร์พอยด์เตอร์ในท้องตลาดทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์

เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการลดขั้นตอนการสร้างลวดลาย (Pattern) ในกระบวนการสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยการนำเทคโนโลยีทางด้าน CNC มาประยุกต์ใช้งาน จากที่ได้กล่าวผ่านมาแล้วเกี่ยวกับโครงสร้างและการทำงานของเครื่อง CNC ดังนั้นในการดัดแปลงหรือนำหลักการทำงานของเครื่อง CNC มาประยุกต์ใช้ จำเป็นต้องทำการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปจากเดิมโดยการตัดแกน Z (Z-Axis) เดิมทิ้งไปก่อนจะเพิ่มหัวเลเซอร์เข้ามาแทนที่ โดยเครื่องจักรตัวใหม่นี้มีชื่อว่า เครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์ (Laser Draw Pattern Machine) ซึ่งการทำงานของเครื่องตัวใหม่นี้ยังคงใช่รูปแบบเดียวกันกับเครื่อง CNC คือการเคลื่อนที่ของแกน X และแกน Y จะเคลื่อนที่ไปยังแต่ละพิกัดในรูปแบบเดิม ในขณะที่หัวเลเซอร์ที่นำมาใช้งานแทนแกน Z นั้น จะทำหน้าที่เขียนลวดลายลงบนชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยสามารถควบคุมขนาดของเส้นลายได้จากระยะโฟกัสและความเร็วของการกัด สำหรับโครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.2.1 โครงสร้างของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์

โครงสร้างและไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบดัดแปลงมาจากเครื่อง CNC โดยการใช้หัวเลเซอร์แทนแกน Z เดิม ซึ่งส่วนประกอบหลักต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 2.11 และรูปที่ 2.12 ตามลำดับ โดยสามารถอธิบายรายละเอียดของส่วนต่างๆ เบื้องต้นได้ดังนี้

- โครงสร้าง (Body)

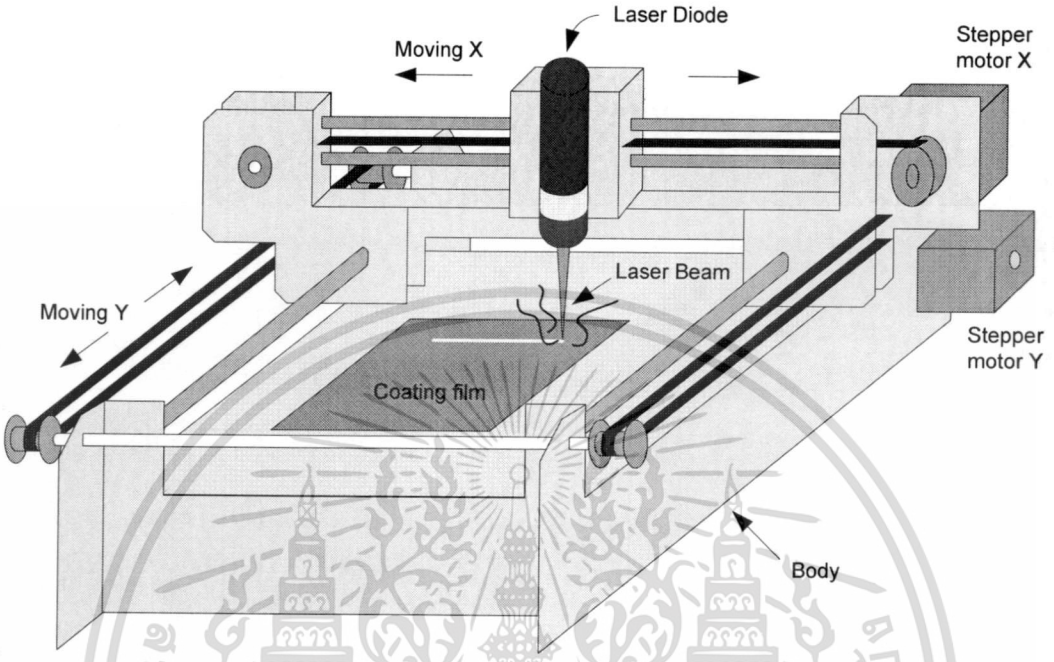
คือส่วนของโครงสร้างรวมทั้งหมดของเครื่องจักรดังรูปที่ 2.11 ทำหน้าที่เป็นส่วนรองรับหรือเป็นที่ยึดติดส่วนประกอบต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน ชิ้นส่วนทั้งหมดของโครงสร้างนี้ทำขึ้นมาจากแผ่นอะครีลิคหนาทั้งหมด มีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา โดยออกแบบให้ถอดและประกอบได้ง่ายเพื่อความสะดวกในการขนย้ายกรณีต้องการนำไปทดลองในสถานที่อื่น

- สเต็ปมอเตอร์ (Step motor)

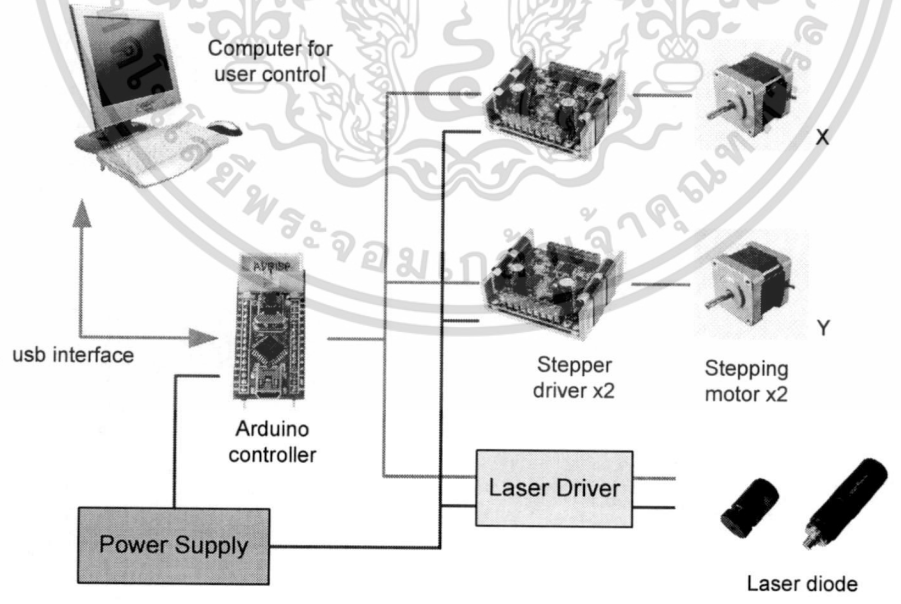
คือส่วนที่ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนแกน สำหรับแกน X และแกน Y สเต็ปมอเตอร์ที่ใช้ทั้งสองแกนเป็นสเต็ปมอเตอร์ชนิดไบโพลาร์ มีขนาดเล็ก ขนาด (Size) กว้างxยาว = 42x42 cm^2, สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 41.5 cm ความละเอียดอยู่ที่ 1.8 องศา/สเต็ป แรงบิดระดับปานกลาง ใช้งานง่ายเหมาะสำหรับการนำไปใช้งานกับเครื่องจักรขนาดเล็ก โดยรายละเอียดเพิ่มเติมจะได้กล่าวถึงในบทที่ 4



รูปที่ 2.11 โครงสร้างแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์



รูปที่ 2.12 ไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์ (Stepper driver)

ไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์คือ ส่วนที่ทำหน้าในการควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ โดยรับสัญญาณต่างๆ จากไมโครคอนโทรเลอร์อีกขั้นหนึ่ง เนื่องจากในงานทางด้านการสร้างเส้นลายต้นแบบสำหรับการสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้น จำเป็นต้องใช้ความละเอียดของลายเส้นค่อนข้างสูง ดังนั้นไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์ที่ใช้ต้องสามารมควบคุมให้สเต็ปมอเตอร์หมุนได้อย่างรายเรียบมากที่สุด ซึ่งในที่นี้จะใช้ไดรเวอร์รุ่น IM483I เป็นไดรเวอร์ราคาไม่สูงนัก สามารถขับมอเตอร์ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ใช้ไฟเลี้ยงไม่สูงมากนัก ให้ความระเอียดของสเต็ปสูงและปรับได้หลายระดับ ที่สำคัญสามารถควบคุมการทำงานจากไมโครคอนโทรเลอร์ได้โดยง่าย รายละเอียดของการใช้งานเพิ่มเติมจะได้กล่าวถึงในบทที่ 4

- เลเซอร์ไดโอด (Laser diode)

เลเซอร์ไดโอดคือ ส่วนที่ทำหน้าที่เขียนเส้นลวดลายลงบนชิ้นงาน โดยการกัดหรือการเผา (Burning) เนื้อฟิล์มที่ปกคลุมอยู่ที่ผิวของชิ้นงาน (Surface) ให้หลุดออกไป เพื่อให้ได้เป็นช่องเปิดตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยรายละเอียดของเลเซอร์ไดโอดได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.1.3 ในการเขียนลวดลายลงบนชิ้นงานนั้น สามารถควบคุมขนาดของเส้นลายได้จากการปรับระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับหัวเลเซอร์ และความเร็วที่ใช้ในการกัดเส้นลาย

- แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง (Power Supply)

แหล่งจ่ายไฟ ทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ระบบทั้งหมด โดยใช้กระแสไฟฟ้าตรง (DC current) แรงดันอยู่ระดับ 12-15 Volt ส่วนของไฟเลี้ยงที่จ่ายให้แก่คอนโทรเลอร์และไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์จะทำการแปลงให้อยู่ที่ระดับแรงดัน 5 Volt ขณะที่เลเซอร์จะต้องแปลงให้ได้ระดับแรงดันเท่ากับ 2.2 – 2.5 Volt เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับหัวเลเซอร์ได้

- ไมโครคอนโทรเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรเลอร์เป็นส่วนประมวลผลที่รับ - ส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์หรือส่วนควบคุมหลัก โดยทำหน้าที่จัดการข้อมูลต่างๆ ก่อนส่งสัญญาณไปยังไดรเวอร์มอเตอร์เพื่อควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ และส่งไปยังเลเซอร์เพื่อเปิด/ปิดการทำงานของหัวเลเซอร์ ไมโครคอน-โทรเลอร์ที่ใช้เป็นรุ่น Arduino เบอร์ Stamp Atmega168 ที่พัฒนามาจากรุ่น AVR ข้อดีของคอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรเอลร์ตัวนี้คือ ขนาดเล็ก ราคาถูก ประมวลผลเร็ว และสามารถพัฒนาหรืออัพโหลดโปรแกรมผ่านทาง USB port ได้ ทำให้สะดวกในการนำไปใช้งานมากยิ่งขึ้น

- ส่วนควบคุมหลัก (Computer)

ส่วนควบคุมหลักคือ คอมพิวเตอร์ เป็นส่วนที่ใช้ในการออกแบบต้นแบบ และควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องจักร คอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้งานนั้นเป็นคอมพิวเตอร์ทั่วไปที่มี USB Port ไว้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกและสามารถติดตั้งโปรแกรมที่ใช้งานร่วมกับกับเครื่องจักรได้

จากรูปที่ 2.12 แสดงไดอะแกรมการทำงานของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์ จากรูปส่วนประมวลผลหลักคือ คอมพิวเตอร์ซึ่งทำหน้าที่ในการออกแบบต้นแบบและควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่อง โดยหลังจากที่ทำการออกแบบต้นแบบเรียบแล้ว ข้อมูลของไฟล์ต้นแบบจะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรเลอร์ผ่านทาง USB port เพื่อทำการประมวลผล หลังจากนั้นไมโครคอน-โทรเลอร์จะส่งสัญญาณไปยังไดรเวอร์เพื่อบังคับให้สเต็ปมอเตอร์หมุนไปในทิศทางต่างๆ ตามที่ได้ประมวลผลไว้แล้ว ขณะเดียวกันไมโครคอนโทรเลอร์จะส่งสัญญาณไปยังหัวเลเซอร์เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดของหัวเลเซอร์ เมื่อเครื่องทำงานเสร็จแล้วจะได้ลวดลายต้นแบบตามที่ได้ออกแบบไว้ และสุดท้ายไมโครคอนโทรเลอร์จะส่งสัญญาณกลับไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อบอกสิ้นสุดการทำงาน โดยงานต้นแบบที่ทำเสร็จแล้วก็จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตอื่นๆ ต่อไป

2.2.2 หลักการเขียนลายเส้นของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบ

ในการทำงานของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบคือ การวนลูปรับข้อมูลของจุดหรือตำแหน่งแล้วทำการประมวลของจุดที่ได้รับมาใหม่เปรียบเทียบกับจุดเดิม ผลก่อนส่งสัญญาณไปควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ต่อไป โดยมีหลักการในการเขียนเส้นเพื่อเชื่อมจุดต่างๆ ดังนี้

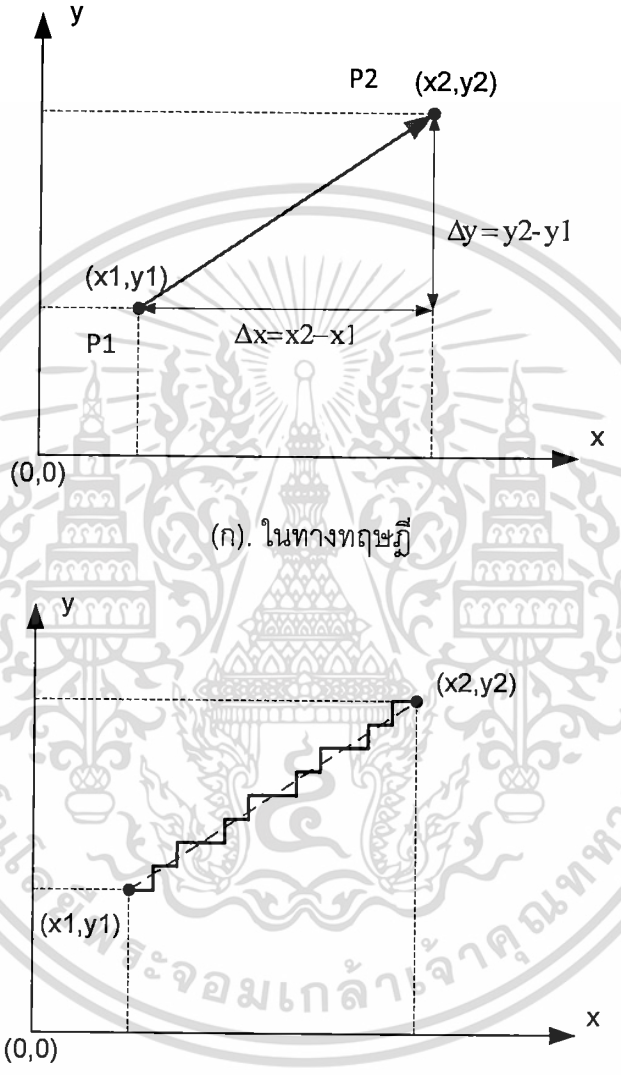
- หลักการสร้างเส้นเชื่อมระหว่างจุดสองจุด

กำหนดให้จุด P1 (x1, y1) เป็นจุดเริ่มต้น และจุด P2 (x2, y2) เป็นจุดปลาย หากทำการเขียนเส้นเพื่อเชื่อมระหว่างจุด P1 กับ P2 จะได้ดังรูปที่ 2.13 (ก) ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่ในทางปฏิบัติแล้วเช่น การแสดงผลของหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือการเขียนลายเส้นด้วยอุปกรณ์ประเภท CNC จะไม่สามารถสร้างเส้นตรงแบบทางทฤษฎีได้ เนื่องจากรูปแบบการแสดงผลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

121162

อุปกรณ์ดังกล่าวมีลักษณะเป็นแบบ Pixel (คอมพิวเตอร์) และประกอบจากการเคลื่อนที่ของแกน X และแกน Y (CNC) ดังนั้นในการสร้างเส้นตรงเพื่อเชื่อมระหว่างจุดสองจุดแบบใหม่จำเป็นต้องมีการคำนวณอัตราส่วนต่างๆ ก่อนแสดงผลออกมา ซึ่งการเขียนเส้นตรงเพื่อเชื่อมระหว่างจุด P1 และ P2 ในทางปฏิบัติจะได้ดังรูปที่ 2.13 (ข)



รูปที่ 2.13 การสร้างเส้นตรงเป็นเชื่อมระหว่างจุดสองจุด (ก).ในทางทฤษฎี และ (ข).ในทางปฏิบัติ

ในการสร้างเส้นเพื่อเชื่อมระหว่างจุดสองจุดอาศัยพื้นฐานมาจากสมการเส้นตรงทั่วไปคือ

$$Y = m*X + C \qquad (2.1)$$

$$m\ (\text{slope}) = \Delta Y / \Delta X = (Y2 - Y1) / (X2 - X1) \qquad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

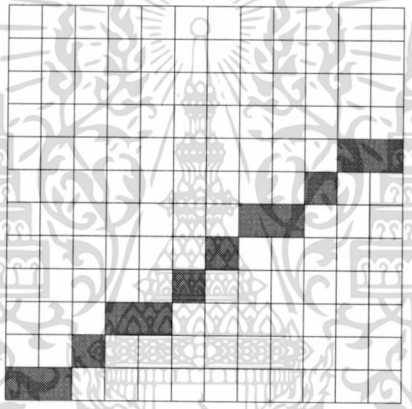
เนื่องจาก m ต้องเป็นจำนวนเต็มดังนั้นจะได้ว่า ถ้าจุดทศนิยมหลัง m มากกว่า 0.5 ให้ปัดเพิ่มหนึ่ง และถ้าน้อยกว่า 0.5 ให้ปัดทิ้งไป และสำหรับจุด P(X, Y) ใดๆ จะได้ว่า

$$m = (Y - Y1) / (X - X1) \quad (2.3)$$

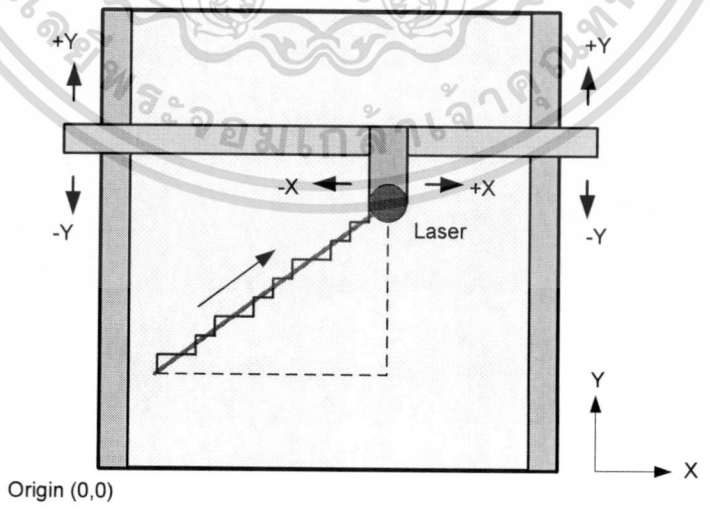
ดังนั้นจากสมการที่ 2.1, 2.2 และ 2.3 สามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$\mathbf{Y} = [(Y2 - Y1) / (X2 - X1)]*\mathbf{X} + [-(Y2 - Y1) / (X2 - X1)]*X1 + Y1 \quad (2.4)$$

จากสมการที่ 2.4 คือสมการในการคำนวณการจุด P(X, Y) ใดๆ ที่อยู่ระหว่างจุด P1(X1, Y1) และจุด P2(X2, Y2) เพื่อสร้างเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุดสองจุดนั้น ลักษณะของเส้นที่ได้จะเป็นดังรูปที่ 2.14(ก) และรูปที่ 2.14(ข) เป็นการเขียนเส้นด้วยเครื่องจักรจากการเคลื่อนที่ของแกน X และ Y [6]



(ก). รูปแบบของเส้นตรงที่แสดงแบบ Pixel ของอุปกรณ์แสดงผล



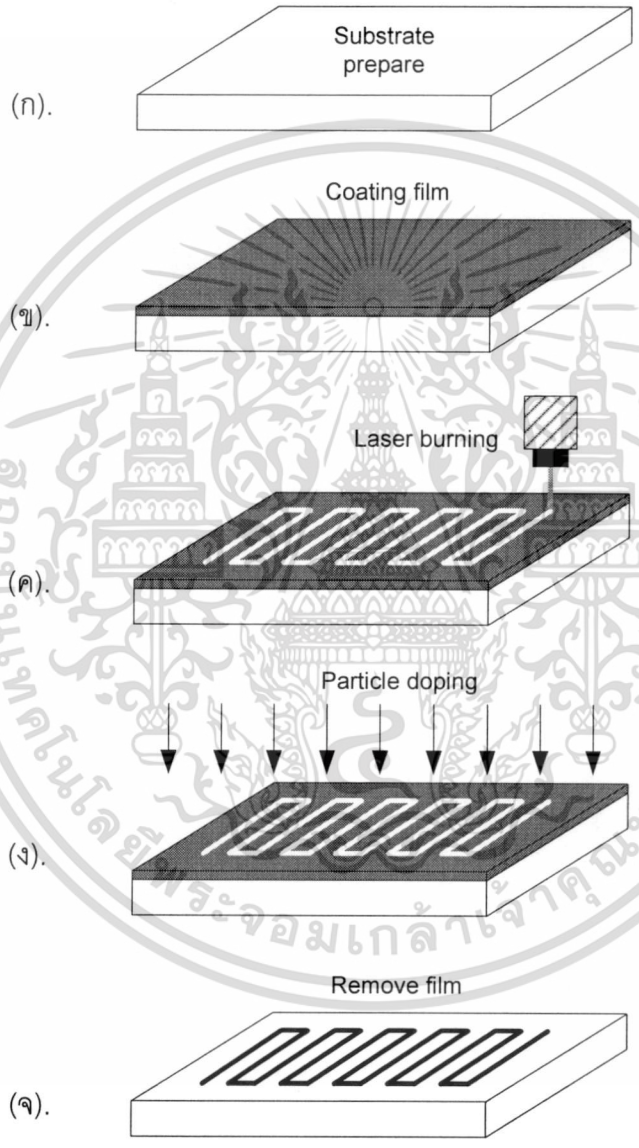
(ข).รูปแบบของเส้นตรงที่เขียนด้วยเครื่องจักร

รูปที่ 2.14 ลักษณะของเส้นตรงที่เขียนขึ้นมาในทางปฏิบัติจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การสร้างลายต้นแบบด้วยเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์

การสร้างลวดลายด้วยวิธีการใหม่นี้ เป็นการพัฒนาและปรับปรุงมาจากกระบวนการโฟโต้ลีโธกราฟฟีแบบเดิม วัตถุประสงค์เพื่อต้องการลดขั้นตอนกระบวนการผลิตต่างๆ ลงและเป็นการประหยัดเวลาและวัสดุที่ใช้ โดยการนำเลเซอร์ไดโอดมาประยุกต์ใช้งานดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับการสร้างลวดลายแบบวิธีการใหม่นี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงขั้นตอนการสร้างลวดลายด้วยเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์

จากรูปที่ 2.15 แสดงขั้นตอนการสร้างลวดลายด้วยเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์ วิธีการคือ เริ่มต้นจาก (ก).การจัดเตรียมผิวหน้าของฐานรอง (Substrate) ที่จะใช้ โดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำความสะอาดสิ่งสกปรกหรือฝุ่นละอองต่างๆ ออกไป เพื่อให้ผิวหน้าของฐานรองสามารถยึดติดกับสารอื่นที่โดปลงไปได้อย่างเต็มที่ ต่อมา (ข).ทำการเคลือบชั้นฟิลม์บางลงบนผิวหน้าของฐานรอง โดยต้องเป็นฟิล์มที่ทึบแสงและสามารถเผา (Burn) ออกได้ด้วยแสงเลเซอร์ ซึ่งอาจเป็นน้ำยาไวแสง หรือฟิล์มบาง (Dry film) ที่ใช้ในกระบวนการผลิตลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์ก็ได้ หลังจากนั้น (ค).นำแผ่นฐานรองที่เคลือบด้วยฟิล์มบาง ไปเขียนลวดลายต่างๆ ลงไปตามที่ได้ออกแบบไว้ด้วยเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบ โดยแสงเลเซอร์จะทำการเผาฟิล์มตรงบริเวณที่ได้มีการออกแบบไว้ ฟิล์มที่ได้รับความร้อนจากแสงเลเซอร์จะระเหยไปในอากาส เกิดเป็นช่องเปิดมีลักษณะเป็นลวดลายต่างๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ ต่อไป (ง).นำแผ่นที่ผ่านกระบวนการเขียนลวดลายด้วยเลเซอร์แล้วไปใช้ในกระบวนการโดปสารเจือต่อไป โดยอาจใช้กระบวนการแพร่ (Diffusion) หรือกระบวนการยิงฝังประจุ (Ion implantation) ก็ได้ และสุดท้ายหลังจากการโดปสารเจือลงไปเรียบร้อยแล้ว (จ).ทำการลอกหรือกำจัดชั้นฟิล์มส่วนที่เหลือทิ้งไป หลักจากนั้นจะได้ลวดลายของสารเจือตามที่ต้องการ

ข้อดีของการสร้างลวดลายวงจรด้วยวิธีการนี้คือ ประหยัดเวลาและวัสดุที่ใช้ เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดไม่สูงมากและจำนวนชั้น (Layer) น้อยๆ เนื่องจากข้อจำกัดของฟิล์มที่นำมาใช้กับแสงเลเซอร์ และข้อเสียคือ ในขั้นตอนการเขียนลายต้นแบบ ถ้าแสงเลเซอร์เผาชั้นฟิล์มออกไปไม่หมดหรือมีอนุภาคของฟิล์มหลงเหลืออยู่บนฐานรอง อาจส่งผลให้ในขั้นตอนการโดปสารเจือนั้นเกิดได้ไม่เต็มที่ การแก้ปัญหาเบื้องต้นคือหลังจากขั้นตอนการเผาชั้นฟิล์มทิ้งไปแล้ว ควรนำแผ่นชิ้นงานไปส่องกล้องดูเพื่อตรวจสอบดูว่าช่องเปิดมีอนุภาคของฟิล์มหลงเหลืออยู่หรือไม่ ถ้ามีก็สามารถนำชิ้นงานไปเขียนลายต้นแบบด้วยเลเซอร์อีกรอบหนึ่ง เพื่อกัดฟิล์มส่วนที่เหลือออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการออกแบบและการประกอบตัวเครื่อง

ในบทนี้เป็นการนำเสนอขั้นตอนการออกแบบและการประกอบตัวเครื่อง ส่วนที่เป็นภาคกลไกขับเคลื่อน (Mechanical) ทั้งหมด โดยประกอบด้วยส่วนหลักๆ อยู่ 4 ส่วนด้วยกัน คือ 1. โครงสร้างหลักของตัวเครื่องและโครงสร้างแกน Y (Body and Y Part) 2.โครงสร้างแกน X (X Part) และ 3.ส่วนที่ยึดหัวเลเซอร์ (Laser Mount) รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

3.1 การออกแบบชิ้นส่วนด้วยโปรแกรม Corel Draw

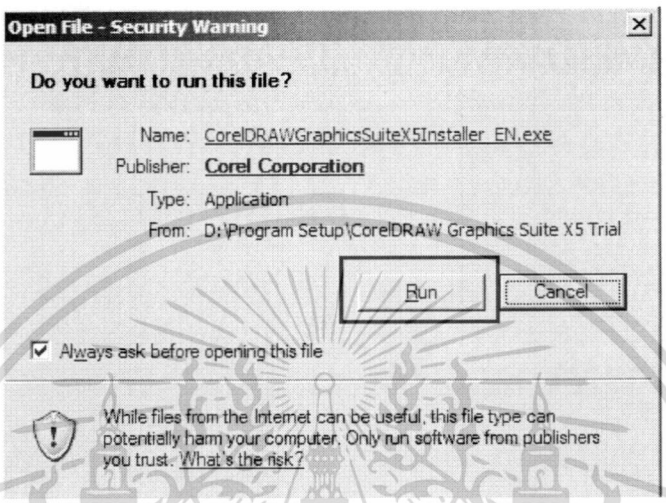
ในการสร้างเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ชนิดใดก็ตามแต่ สิ่งแรกที่ควรจะทำก่อนเป็นลำดับเลย คือ การกำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายให้ได้ก่อนว่า เครื่องจักรที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถนำไปใช้ประโยนช์ทางใดได้บ้าง หลังจากที่กำหนดวัตถุประสงค์ขึ้นมาแล้ว ขั้นตอนถัดมาคือการร่างแบบของเครื่องจักรลงบนกระดาษออกมาก่อนแบบเคร่าๆ เพื่อจะได้มองเห็นภาพของตัวเครื่องได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น หากต้องการแก้ไขตรงส่วนไหนก็สามารถทำได้ทันที การออกแบบอุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลด้วยวิธีการนี้ถือว่าสะดวกและรวดเร็วมาก แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถทราบขนาดหรือระยะต่างๆ ได้ชัดเจนมากนั้น ดังนั้นวิธีการที่ดี คือการนำแบบที่ร่างขึ้นมาบนกระดาษเรียบร้อยแล้วนั้น ไปออกแบบลงบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์อีกครั้งหนึ่ง ข้อดีของการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ คือ สัดส่วนต่างๆ มีความแมนยำส่วน สามารถมองเห็นรายละเอียดได้ทั้งหมด ทำการปรับแก้ชิ้นส่วนต่างๆ ได้ง่าย และที่สำคัญคือแบบแปลนที่สร้างเสร็จแล้วจะไม่มีการศูนย์หายหรือชำรุดได้

ปัจจุบันนี้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานด้านการออกแบบมีอยู่มากมาย โดยขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ความยากง่ายของการใช้งานและความชอบของผู้ออกแบบเอง สำหรับในการวิจัยชิ้นนี้ผู้เขียนเลือกใช้งานโปรแกรม CorelDRAW Graphics Suite X5 ซึ่งเป็นโปรแกรมออกแบบงานแบบ 2 มิติ สามารถใช้งานได้ง่ายมีฟังก์ชั่นต่างๆ รองรับงานด้านการออกแบบครบถ้วน ที่สำคัญคือมีเวอร์ชั่นฟรีที่สามารถหาดาว์นโหลดมาใช้งานได้ ทางเวปไซด์ www.corel.com [7] สำหรับในข้อหัวนี้จะขอนำเสนอวิธีการติดตั้งโปรแกรม และการใช้งานเบื้องต้นเท่านั้น รายละเอียดการใช้งานเพิ่มเติมผู้ที่สนใจสามารถหาอ่านเพิ่มเติมได้จากหนังสือหรือคู่มือได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

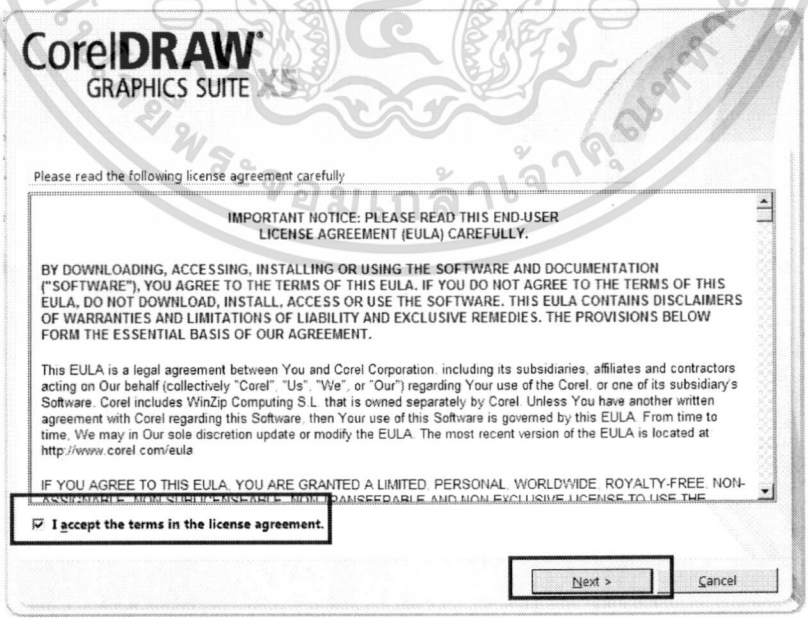
3.1.1 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม CorelDRAW Graphics Suite X5

หลังจากที่ดาว์นโหลดโปรแกรมมาจากอินเตอร์เน็ตเรียบร้อย ให้ทำการดับเบิลคลิกที่ไฟล์ CorelDRAWGraphicsSuiteX5Installer_EN.exe เมื่อดับเบิลคลิกไฟล์ดังกล่าวเรียบร้อยแล้วจะมีหน้าต่างแสดงขึ้นมาดังรูปที่ 3.1 ให้คลิกที่ปุ่ม Run เพื่อเริ่มการติดตั้งโปรแกรม



รูปที่ 3.1 หน้าต่าง Run โปรแกรม

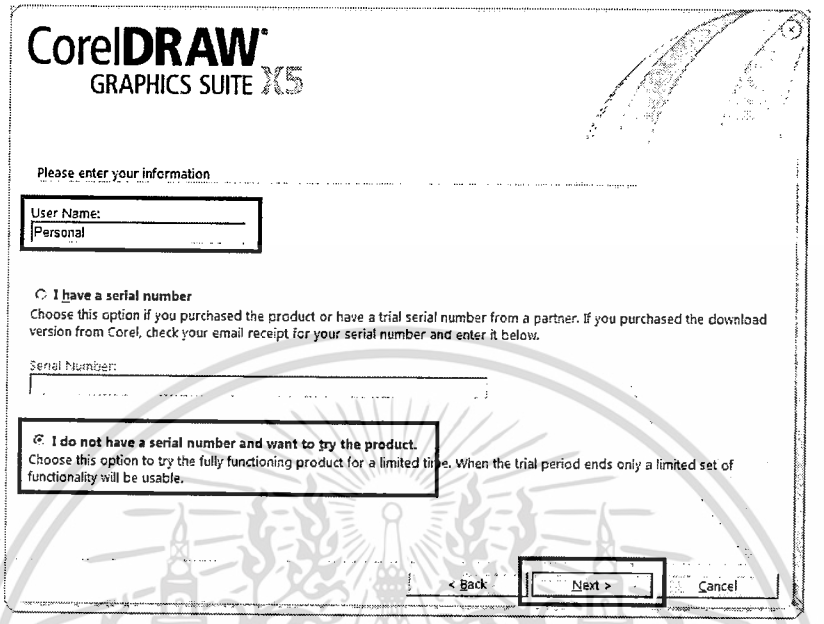
ถัดมาให้เลือกที่ช่อง "I accept the terms in the license agreement" แล้วคลิกปุ่ม Next เพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 หน้าต่าง "I accept the terms in the license agreement"

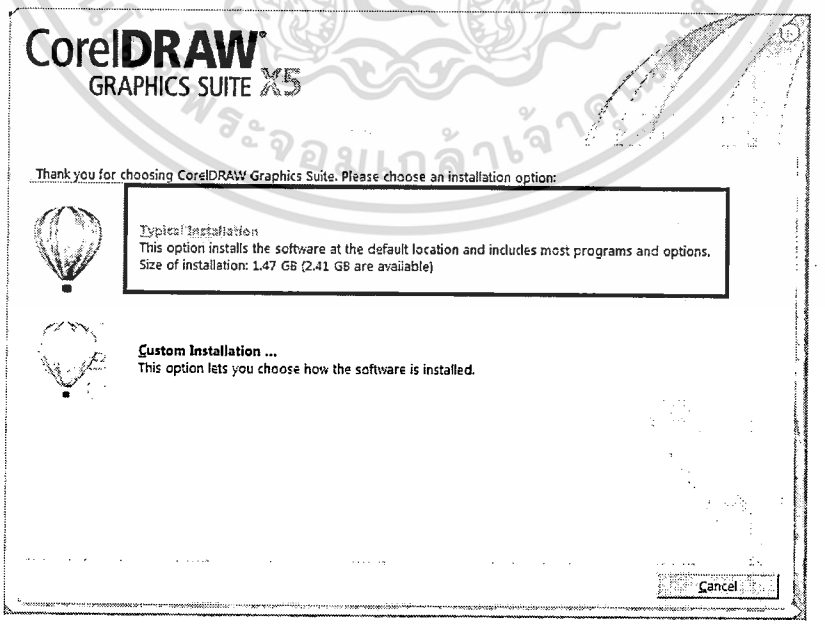
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งค่าผู้ใช้งาน และคลิกเลือกที่ช่อง “I do not have a serial number and want to try the product” แล้วคลิกปุ่ม Next เพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป ดังรูปที่ 3.3



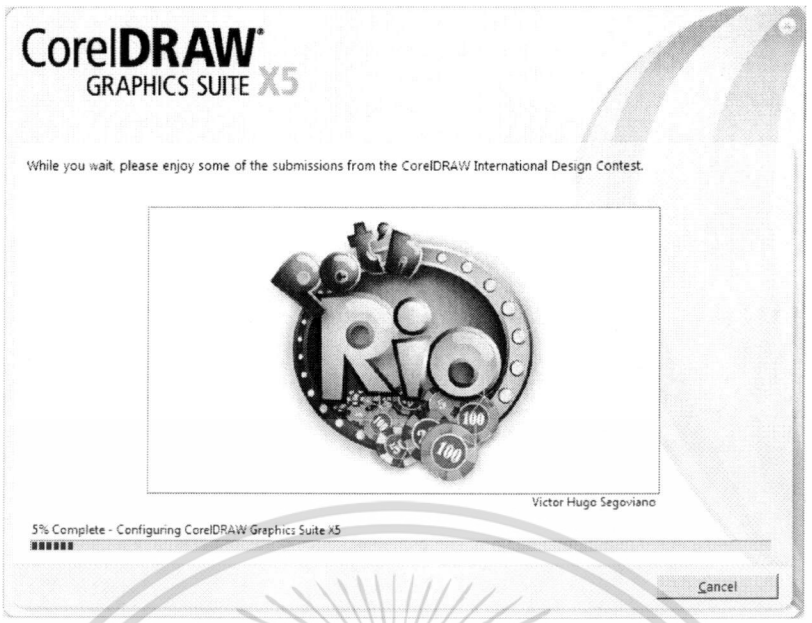
รูปที่ 3.3 หน้าต่างเลือกรูปแบบการติดตั้ง

ถัดมาให้เลือกที่ Typical Installation ดังรูปที่ 3.4 หลังจากนั้นระบบจะทำการลงโปรแกรม ดังรูปที่ 3.5 ให้รอจนกว่าการดำเนินการจะเสร็จสิ้น เมื่อระบบดำเนินการเลงโปรแกรมสร็จสิ้นให้คลิกที่ปุ่ม Finish ถือเป็นการลงโปรแกรมอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 3.4 หน้าต่างเลือกรูปแบบการติดตั้ง (ต่อ)

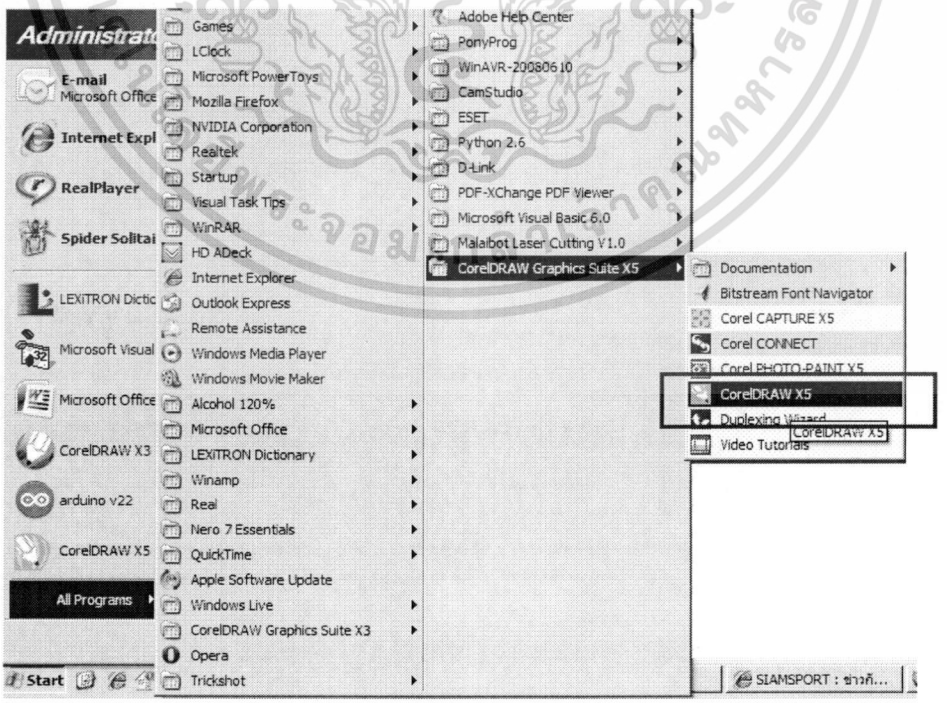
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 หน้าต่างแสดงการดำเนินการติดตั้งโปรแกรม

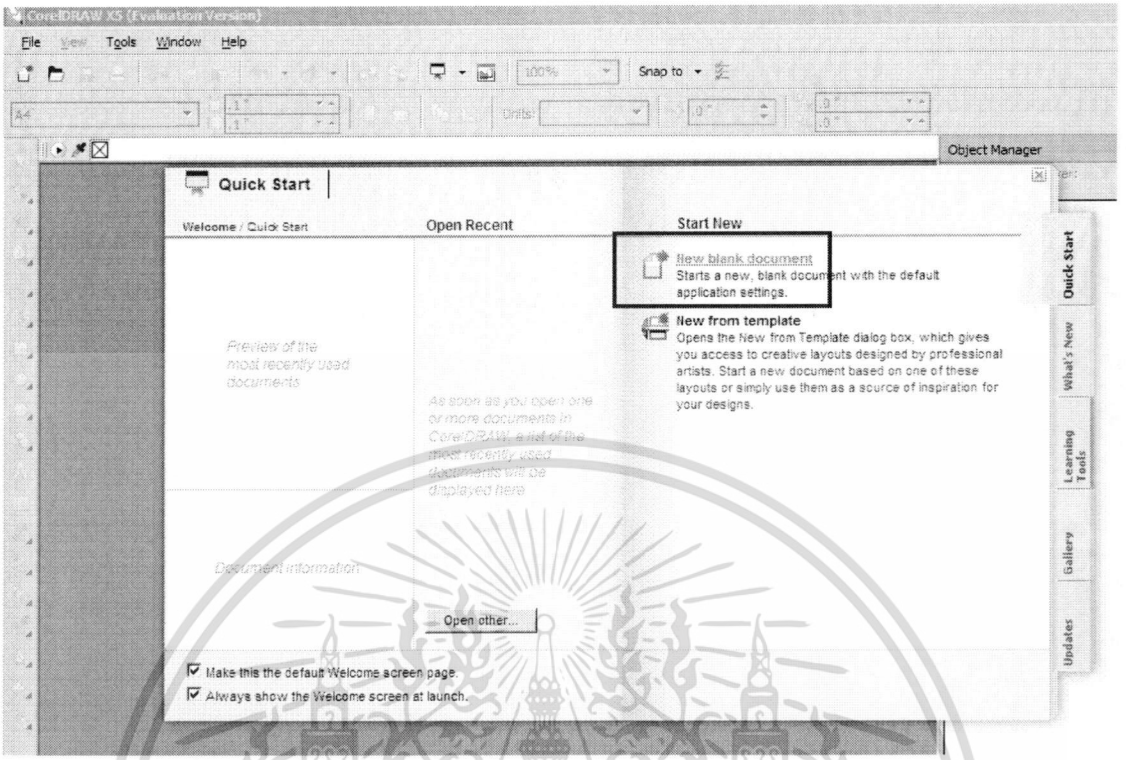
3.1.2 การใช้งานโปรแกรม Corel Draw X5 เบื้องต้น

หลังจากการติดตั้งโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในการใช้งานโปรแกรมเริ่มต้นจากเข้าไปที่เมนู Start แล้วเลือกไปที่ All Program จากนั้นเลือกไปที่โปรแกรม Corel Draw X5 ดังรูปที่ 3.6 เพื่อทำการเปิดโปรแกรมขึ้นมาใช้งาน

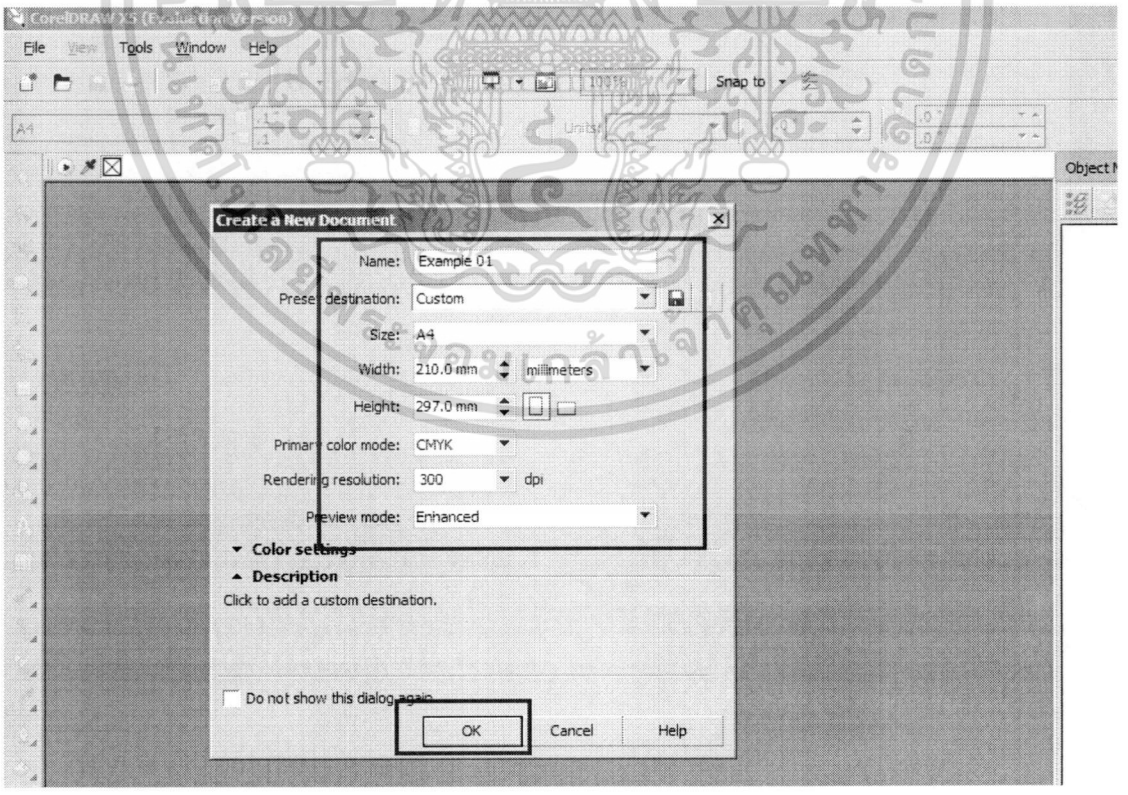


รูปที่ 3.6 การเปิดใช้งานโปรแกรม Corel Draw X5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



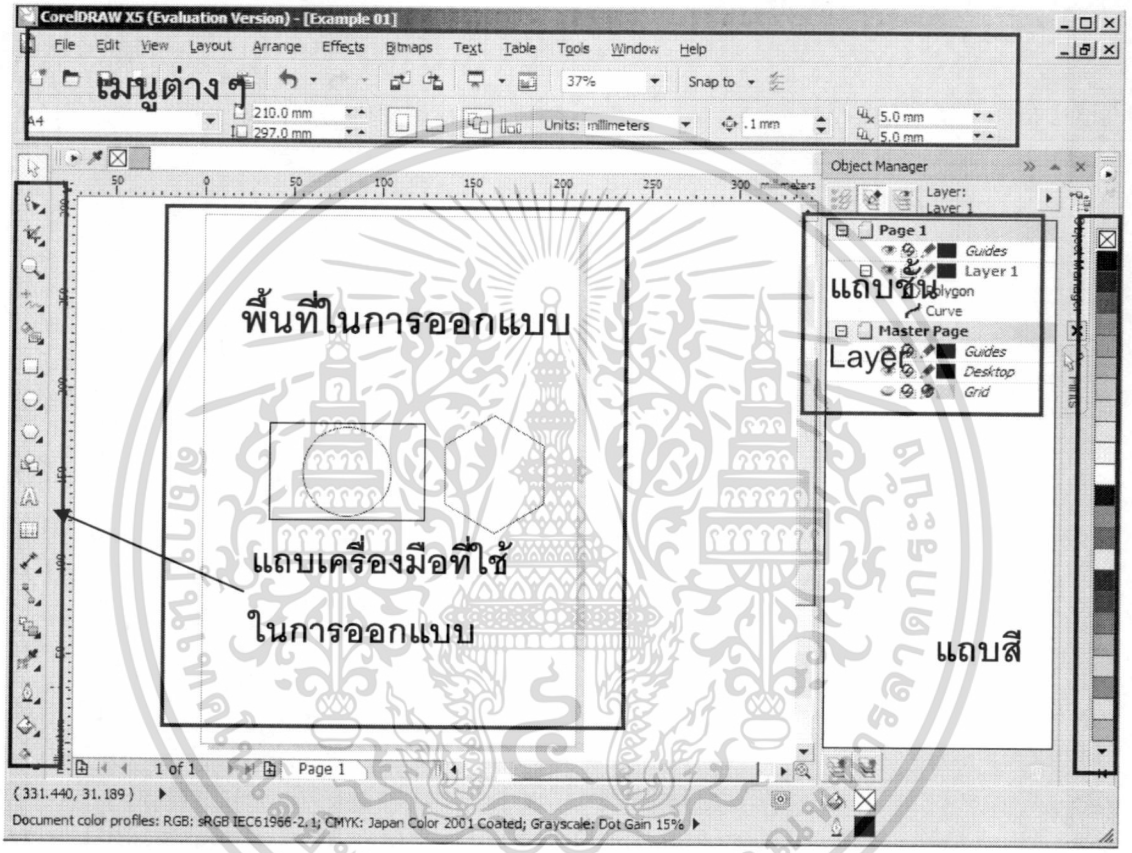
รูปที่ 3.7 เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม



รูปที่ 3.8 การตั้งค่าหน้ากระดาษตอนเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากเปิดโปรแกรมเข้ามาแล้ว จะมีหน้าต่าง Quick Start แสดงขึ้นมาดังรูปที่ 3.7 ให้เลือกไปที่ New blank document เพื่อเปิดหน้ากระดาษใหม่สำหรับเริ่มการใช้งานโปรแกรมในตอนเริ่มแรก ถัดมาจะเป็นหน้าต่าง Create a New Document ซึ่งเป็นหน้าต่างให้ทำการกำหนดรายละเอียดต่างๆ ของหน้ากระดาษที่ใช้ในการออกแบบ โดยเมื่อกำหนดรายละเอียดต่างๆ เรียบร้อยให้คลิกที่ปุ่ม OK ดังรูปที่ 3.8 ถือเป็นการตั้งค่าต่างๆ เสร็จเรียบร้อย



รูปที่ 3.9 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม Corel Draw X5

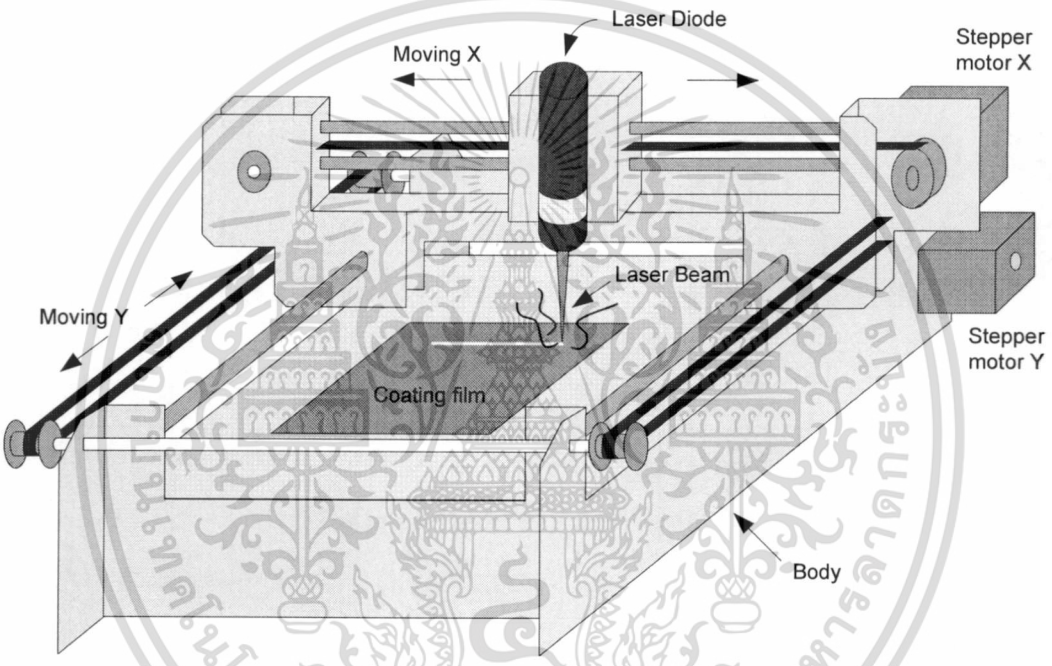
เมื่อเข้าสู่โปรแกรมแล้ว จะพอหน้าจอแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรมดังรูปที่ 3.9 ซึ่งประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังนี้

- เมนูต่างๆ คือส่วนเป็นเมนูต่างๆ สำหรับการใช้งานโปรแกรมทั้งหมด จะอยู่ส่วนบนสุดของโปรแกรม
- พื้นที่ในการออกแบบ เป็นบริเวณที่อยู่ตรงกลางคือส่วนที่ใช้ในการออกแบบ เขียนแบบต่างๆ ลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แถบเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ จะอยู่ด้านซ้ายมือ เป็นส่วนที่เก็บเครื่องมือที่ใช้ในการเขียนแบบไว้ ซึ่งจะสะดวกในการนำไปใช้งาน
- แถบชั้น Layer เป็นตัวบอกให้รู้ว่าชั้น Layer ที่กำลังออกแบบอยู่นั้นคือชั้นใด การกำหนดชั้น Layer จะมีประโยนช์มากในงานที่มีความซับซ้อนสูง
- แถบสี เป็นแถบเครื่องมือสำหรับการเลือกหรือกำหนดสีของลายเส้นตามต้องการ

จากแบบแปลนที่ได้นำเสนอมาแล้วในบทที่ 2 ดังนั้นสามารถแบบส่วนประกอบของเครื่องออกเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังรูปต่อไปนี้



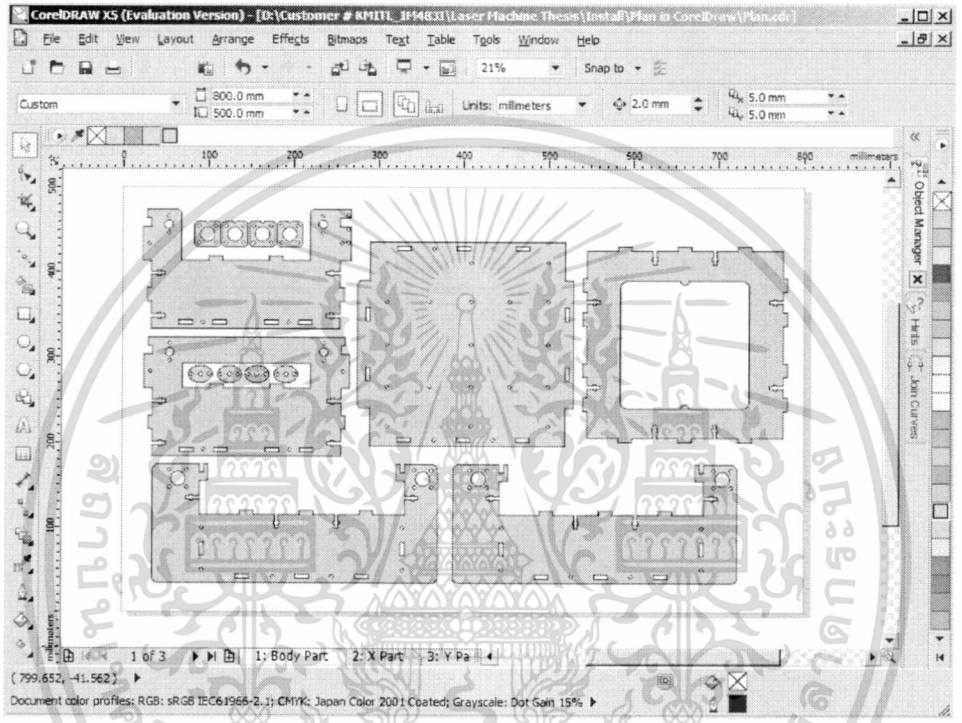
รูปที่ 3.10 แบบจำลองแสดงให้เห็นโครงสร้างต่างๆ ของเครื่อง

จากรูปที่ 3.10 ในส่วนของโครงสร้างของเครื่องสามารถแบ่งออกเป็นส่วนประกอบหลักได้ดังนี้ คือ โครงสร้างหลักของตัวเครื่อง (Body), โครงสร้างแกน X (X Part), โครงสร้างแกน Y (Y Part), ส่วนที่ยึดหัวเลเซอร์ (Laser Mount) โดยในการออกแบบชิ้นส่วนทั้งหมดนั้น ใช้โปรแกรม Corel Draw X5 เป็นโปรแกรมในการออกแบบทั้งหมด ซึ่งเมื่อทำการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ เรียบร้อยแล้ว นำแบบแปลนจากการออกแบบไปส่งให้ทางร้านเลเซอร์ตัดแยกชิ้นส่วนออกมาอีกครั้งหนึ่ง วัสดุที่ใช้คือแผ่นอะครีลิคสีขาว ความหนา 5 มิลลิเมตร สาเหตุของการเลือกใช้วัสดุประเภทนี้เนื่องจากหาได้ง่ายทั่วไป และมีน้ำหนักเบา เหมาะกับการนำไปประกอบเป็นเครื่องจักรขนาดเล็ก โดยส่วนประกอบต่างๆ และขั้นตอนการประกอบเครื่องสามารถอธิบายได้ดังหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โครงสร้างหลักตัวเครื่องและโครงสร้างแกน Y (Body and Y Part)

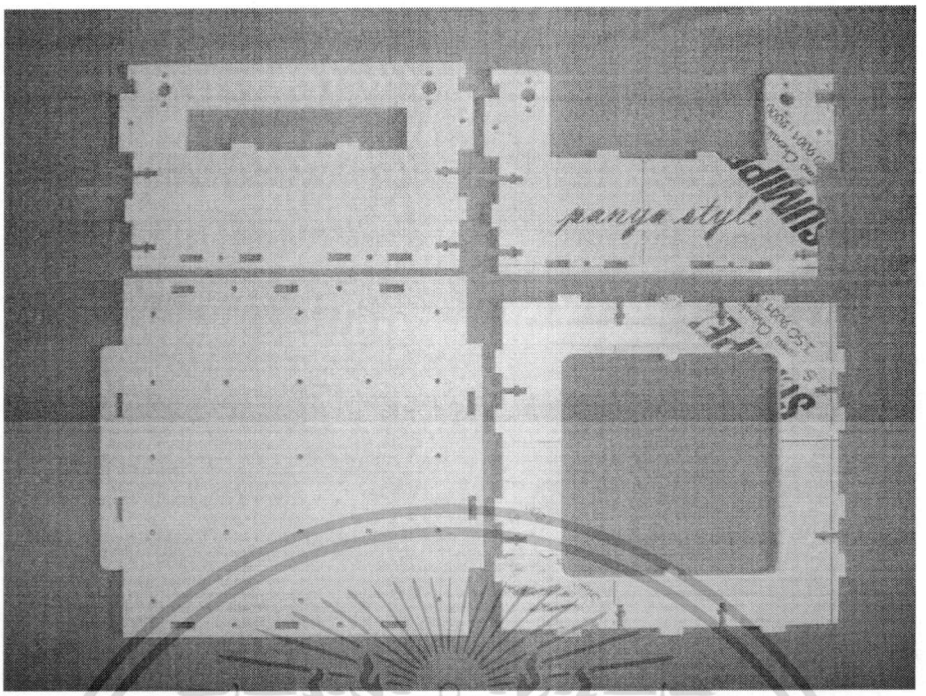
ส่วนที่เป็นฐานของเครื่องทั้งหมดถือเป็นโครงสร้างหลักของตัวเครื่อง (Body) ที่ทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักทั้งหมดของเครื่องไว้ ดังนั้นจำเป็นต้องมีความแข็งแรงที่ดีพอ อีกส่วนหนึ่งคือแกน Y คือส่วนที่เป็นกลไกขับเคลื่อนในแนวแกน Y โดยจะยึดติดอยู่กับตัวโครงสร้างหลัก และแกน Y จะอาศัยแรงขับจากสเต็ปมอเตอร์ 1 ตัว เพื่อใช้เป็นตัวขับเคลื่อน



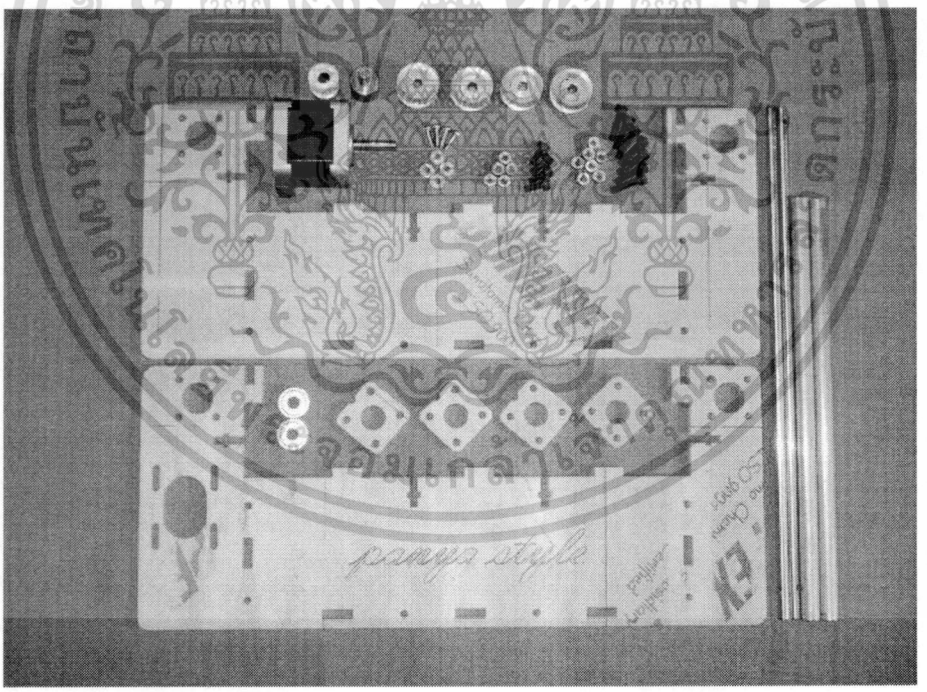
รูปที่ 3.11 แบบแปลนชิ้นส่วนโครงสร้างหลักและแกน Y ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Corel Draw

สำหรับแบบแปลนของโครงสร้างหลักและแกน Y ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Corel Draw แสดงได้ดังรูปที่ 3.11 ซึ่งแสดงให้เห็นชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงสร้างหลักของตัวเครื่องและของแกน Y หลังจากที่ทำการออกแบบเสร็จเรียบร้อย จากนั้นจะส่งแบบไปให้ร้านตัดเลเซอร์ เพื่อตัดแยกชิ้นส่วนต่างๆ ออกมาตามแบบ โดยวัสดุที่ใช้คือแผ่นอะคริลิคสีขาวหนา 5 มิลลิเมตร สำหรับชิ้นส่วนที่ตัดเสร็จเรียบร้อยแล้วแสดงได้ดังรูปที่ 3.12 และ 3.13 ซึ่งเมื่อนำส่วนต่างๆ มาประกอบเข้าด้วยกันจะได้ดังรูปที่ 3.14 คือเป็นโครงสร้างหลักของตัวเครื่องที่ยังไปได้ติดเพลาและมอเตอร์แกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

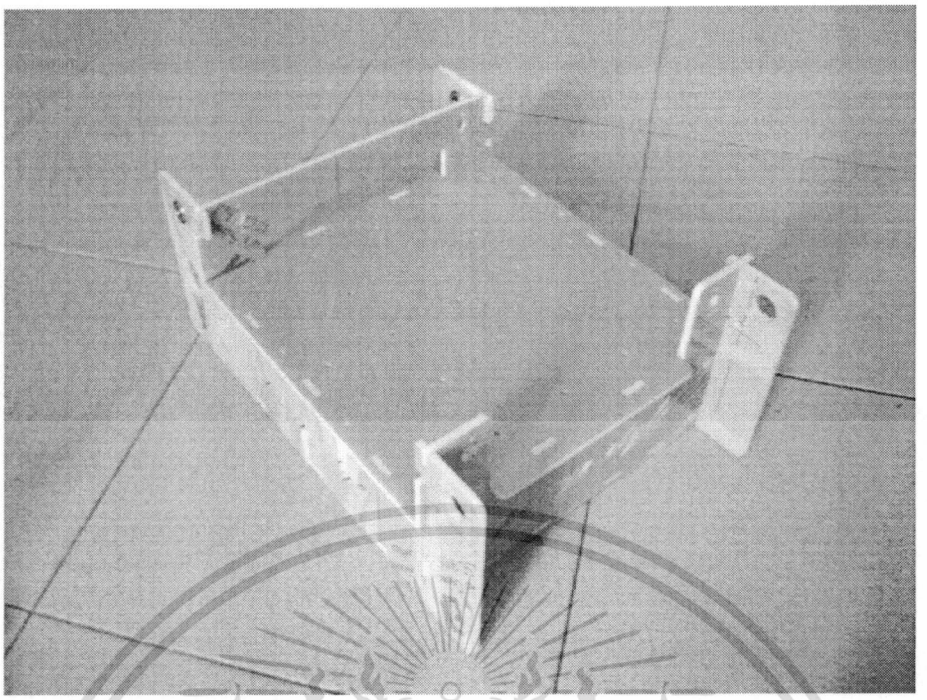


รูปที่ 3.12 ชิ้นส่วนโครงสร้างหลักของตัวเครื่องและแกน Y เป็นแผ่นอะครีลิคหนา 5 mm.



รูปที่ 3.13 ชิ้นส่วนโครงสร้างหลักของตัวเครื่องและแกน Y เป็นแผ่นอะครีลิคหนา 5 mm. (ต่อ)

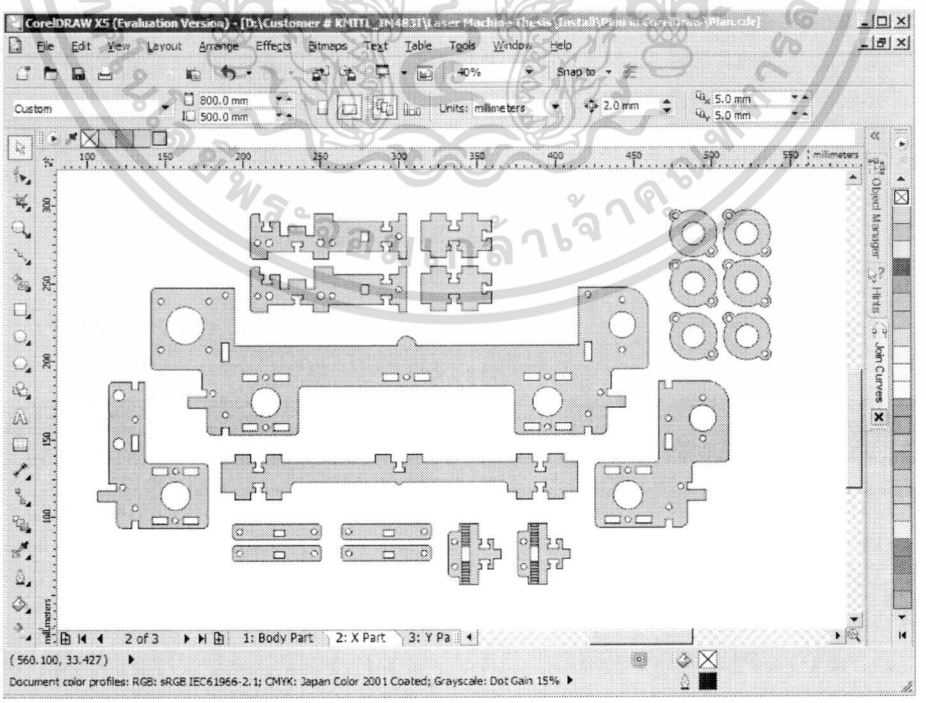
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดงส่วนของโครงสร้างของเครื่องและแกน Y ที่ประกอบกันเสร็จเรียบร้อย

3.3 โครงสร้างแกน X (X Part)

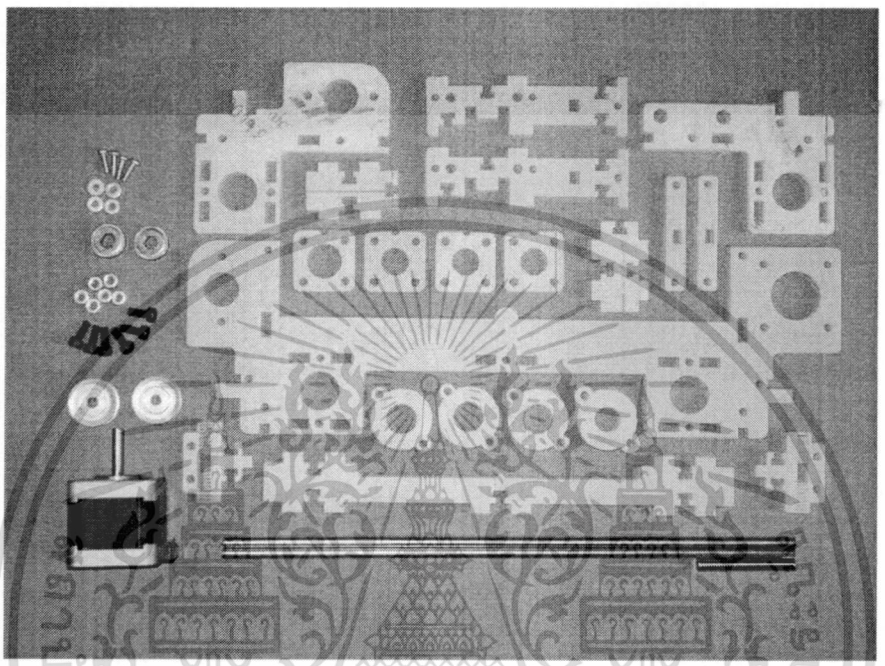
สำหรับแบบแปลนของโครงสร้างแกน X ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Corel Draw แสดงได้ดังรูปที่ 3.15 ซึ่งแสดงให้เห็นชิ้นส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการประกอบเป็นส่วนของแกน X



รูปที่ 3.15 แบบแปลนชิ้นส่วนโครงสร้างแกน X ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Corel Draw

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากตัดแยกชิ้นส่วนต่างๆ ด้วยเลเซอร์เรียบร้อยแล้ว ส่วนประกอบต่างๆ ของแกน X สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.16 ซึ่งแกน X จะใช้สเต็ปมอเตอร์ 1 ตัว เป็นตัวขับเคลื่อน และรูปที่ 3.17 หลังจากที่ประกอบส่วนต่างๆ ของแกน X เข้าด้วยกันเสร็จเรียบร้อยแล้ว แต่ยังไม่ได้ติดแกนเพลาและมอเตอร์แกน X



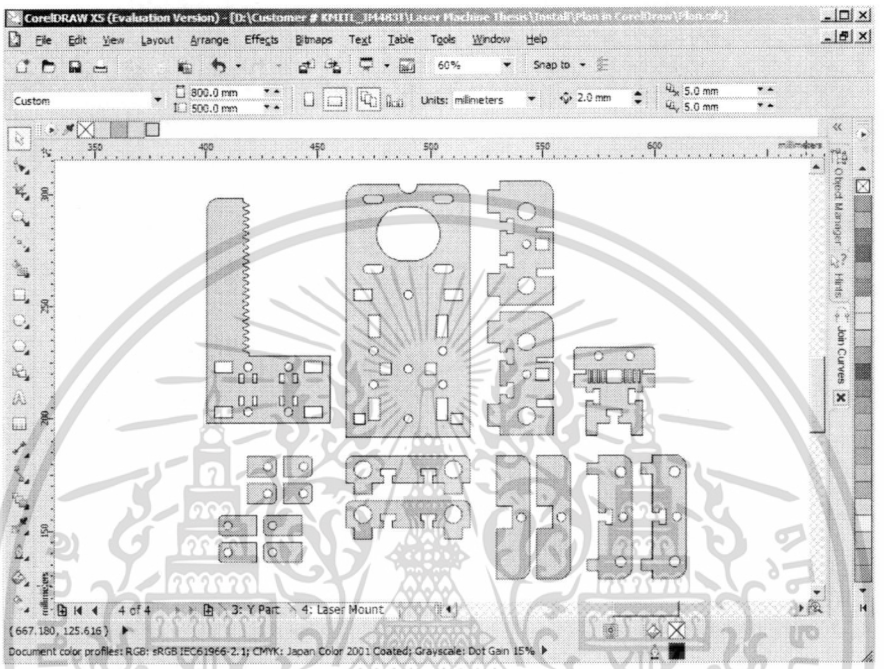
รูปที่ 3.16 แสดงชิ้นส่วนต่างๆ แกน X เป็นแผ่นอะคริลิคหนา 5 mm.

รูปที่ 3.17 ส่วนของแกน X ที่ประกอบกันเสร็จเรียบร้อย

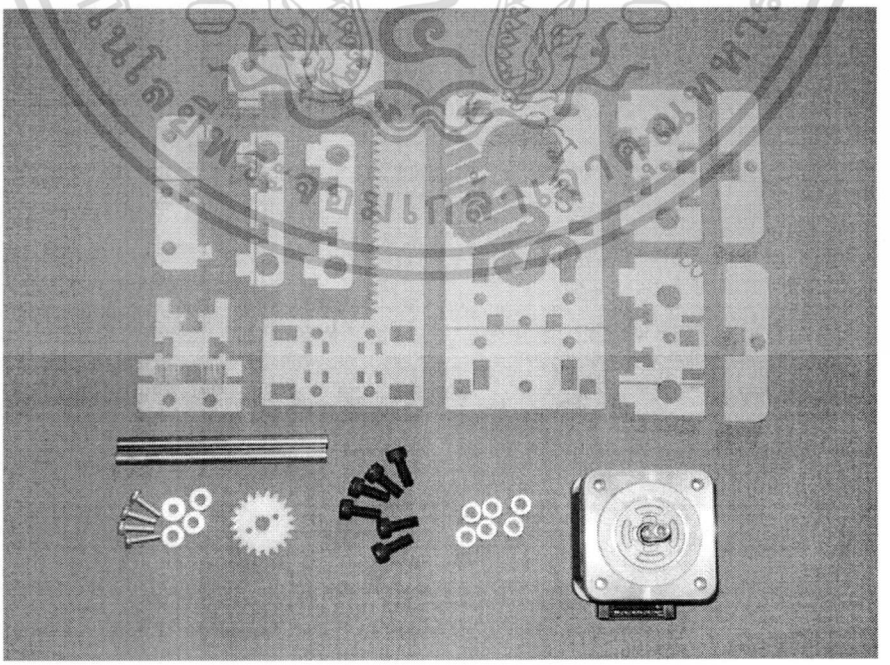
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 **ส่วนที่ยึดหัวเลเซอร์** (Laser Mount)

ส่วนสุดท้ายของเครื่องคือส่วนที่ไว้สำหรับเป็นที่ยึดหัวเลเซอร์ ซึ่งจะถูกนำไปยึดไว้บนแกน-X อีกชั้นหนึ่ง โดยชิ้นส่วนต่างๆ ที่ออกแบบขึ้นด้วยโปรแกรม Corel Draw แสดงได้ดังรูปที่ 3.18 และรูปที่ 3.19 คือหลังจากตัดแยกเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ด้วยเลเซอร์เรียบร้อยแล้ว



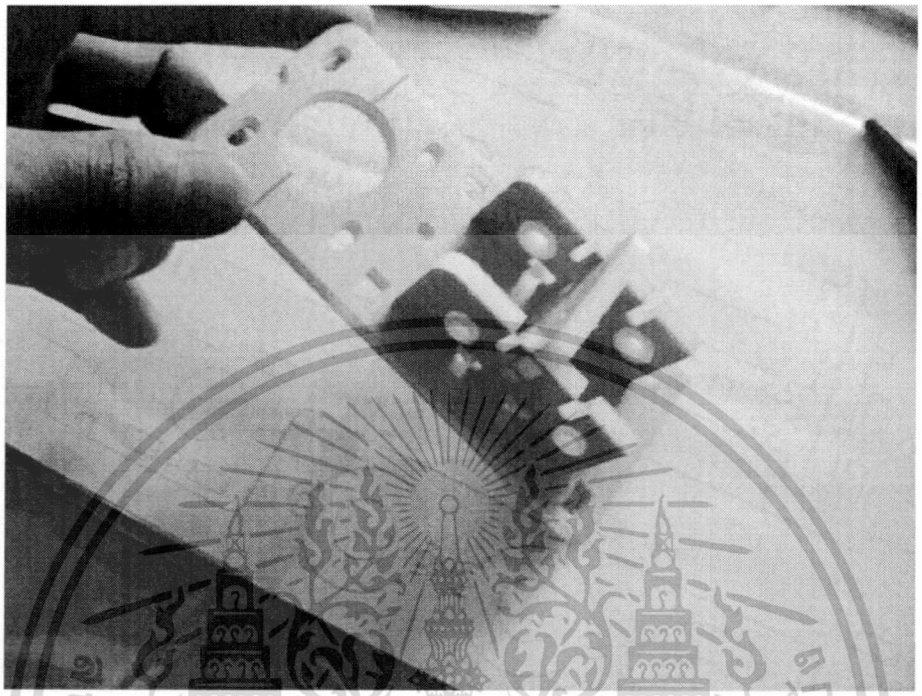
รูปที่ 3.18 แบบแปลนส่วนที่ยึดหัวเลเซอร์ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Corel Draw



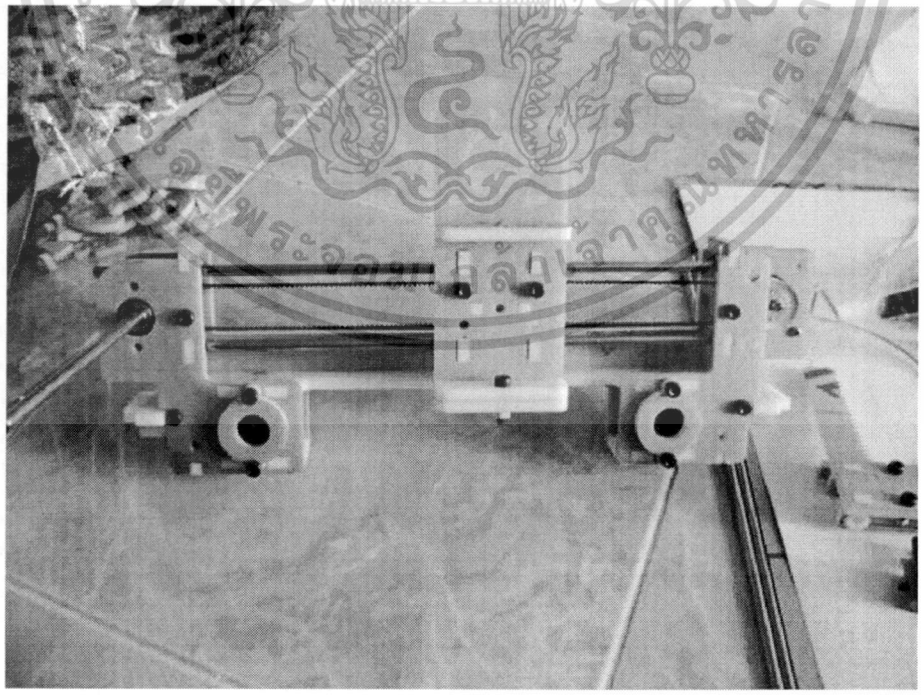
รูปที่ 3.19 แสดงชิ้นส่วนของส่วนที่ยึดหัวเลเซอร์ เป็นแผ่นอะคริลิคหนา 5 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.20 แสดงให้เห็นส่วนประกอบของที่ยึดหัวเลเซอร์ที่ประกอบเข้าด้วยกันเสร็จเรียบร้อย และรูปที่ 3.21 แสดงให้เห็นการนำที่ยึดหัวเลเซอร์เข้าไปประกอบเข้ากับส่วนของแกน X

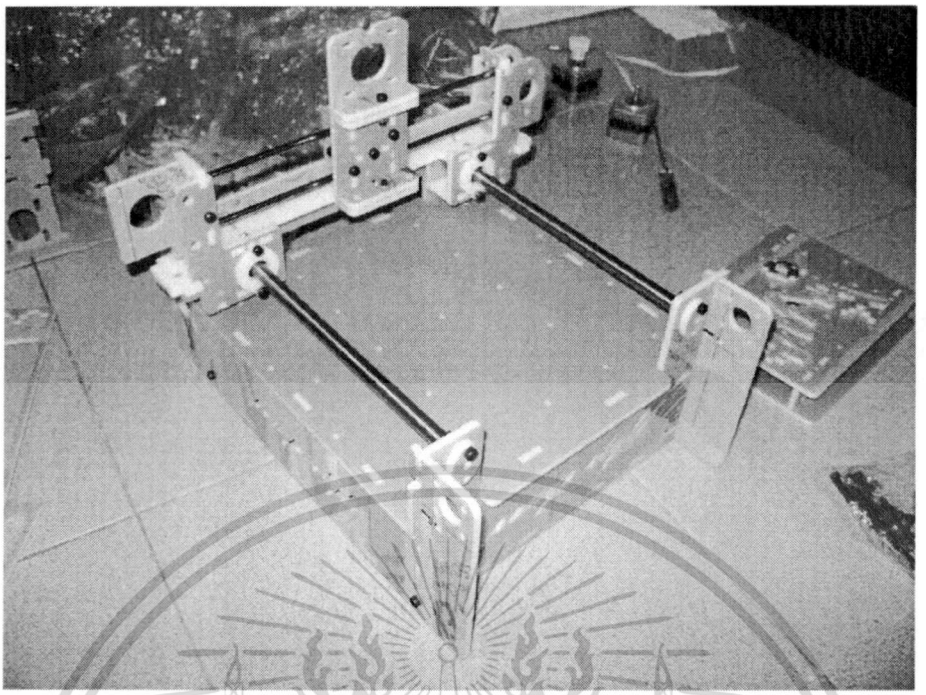


รูปที่ 3.20 ที่ยึดหัวเลเซอร์ที่ประกอบกันเสร็จเรียบร้อยแล้ว

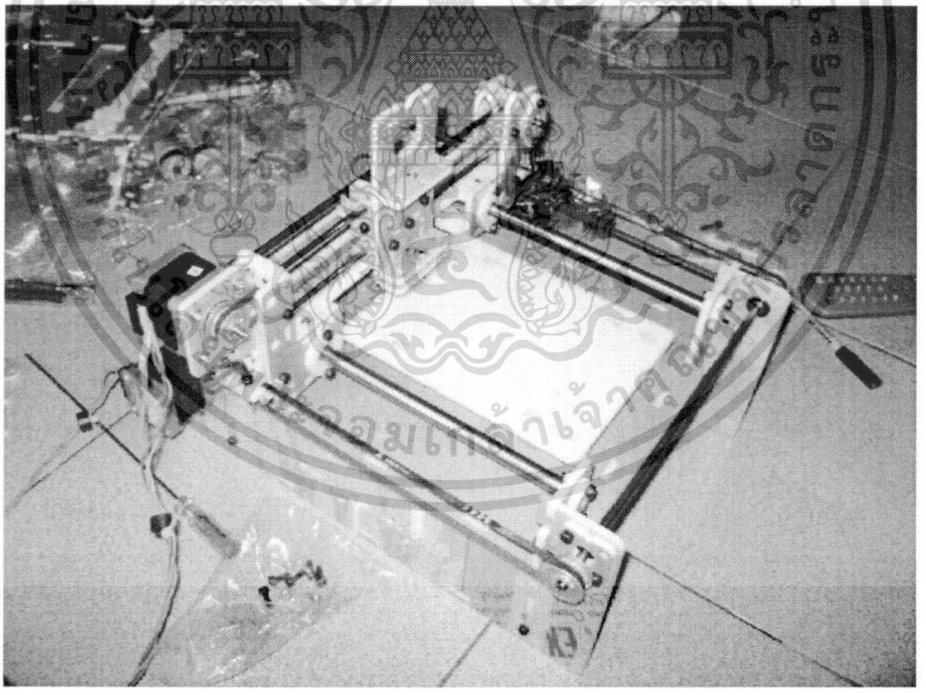


รูปที่ 3.21 แสดงการประกอบที่ยึดหัวเลเซอร์เข้ากับแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องเข้าด้วยกัน

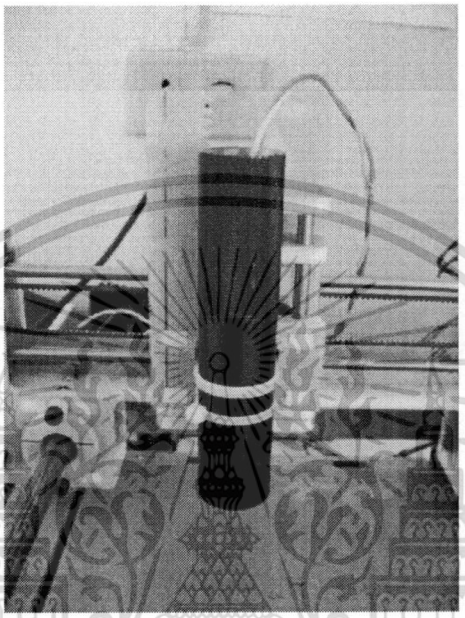


รูปที่ 3.23 การติดตั้งสเต็ปมอเตอร์ สายพาน และเฟือง

จากรูปที่ 3.22 แสดงการประกอบส่วนต่างๆ ทั้งหมดของเครื่อง ทั้งโครงสร้างหลักของตัวเครื่อง, แกน X, แกน Y และที่หยึดหัวเลเซอร์เข้าด้วยกัน สำหรับรูปที่ 3.23 คือหลังจากที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจะทำการติดตั้งสายพาน เฟือง และสเต็ปมอเตอร์เข้ากับตัวเครื่อง และส่วนสุดท้ายเลยคือการนำหัวเลเซอร์ชนิดเลเซอร์พอยด์เตอร์ (Laser Pointer) เข้าไปติดตั้งเข้ากับที่ยึดหัวเลเซอร์ (Laser Mount) ถือเป็นการเสร็จสิ้นขั้นตอนการประกอบตัวเครื่อง ก่อนจะนำไปทดสอบการทำงานของเครื่องต่อไป



รูปที่ 3.24 การติดตั้งหัวเลเซอร์เข้ากับที่ยึดหัวเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

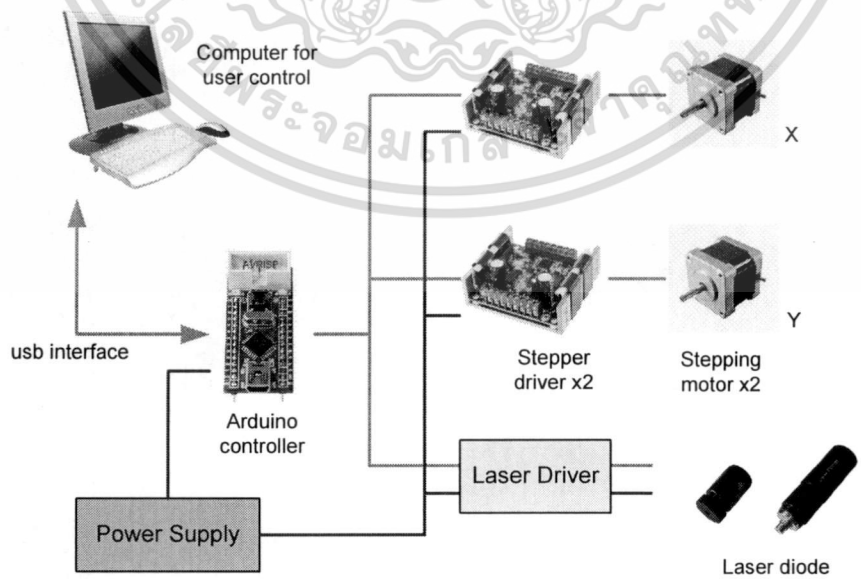
บทที่ 4

อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องและการติดตั้งโปรแกรมควบคุม

ในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานและแสดงวิธีการติดตั้งโปรแกรมควบคุมสำหรับเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์ โดยในบทที่ 2 นั้นได้กล่าวถึงหลักการทำงานของเครื่องไปแล้วบ้างส่วน สำหรับในบทนี้จะได้กล่าวถึงในส่วนของรายละเอียดเพิ่มเติม ทั้งหลักการทำงานของเครื่อง และวิธีการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ซึ่งรายละเอียดต่างๆ สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

4.1 หลักการทำงานของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์

พิจารณาจากไดอะแกรมการทำงานของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์ ดังในรูปที่ 4.1 หลักการทำงานของเครื่อง คือ เริ่มที่คอมพิวเตอร์จะเป็นส่วนควบคุมหลักของเครื่อง (Main Control) ทำหน้าที่ในการรับคำสั่งการทำงานจากผู้ใช้งาน เมื่อรับคำสั่งแล้วจากนั้นคอมพิวเตอร์จะสั่งการหรือส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรเลอร์ (Microcontroller) เพื่อทำการประมวลผลก่อนส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของไดรเวอร์มอเตอร์ (Stepper Driver)และไดรเวอร์เลเซอร์ (Laser Driver) อีกทีหนึ่ง โดยไดรเวอร์มอเตอร์จะควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ตามสัญญาณที่-



รูปที่ 4.1 ไดอะแกรมการทำงานของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์

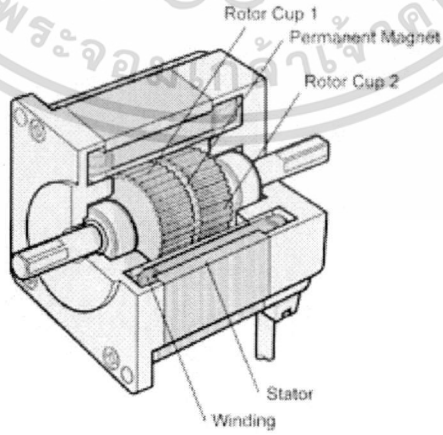
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับมาจากไมโครคอนโทรเลอร์ ขณะเดียวกันไดรเวอร์เลเซอร์จากควบคุมการ เปิด/ปิด เลเซอร์พอยด์เตอร์ตามสัญญาณที่ได้รับมาจากไมโครคอนโทรเลอร์เช่นเดียวกัน ซึ่งการหมุนของทั้งมอเตอร์แกน X และแกน Y นั้น จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแกน X และแกน Y ตามสัญญาณที่ส่งมาจากไดรเวอร์มอเตอร์ โดยหลักการเคลื่อนที่ของแกนทั้งสองได้กล่าวไว้แล้วในส่วนของบนที่ 2 ดังนั้นการเคลื่อนที่ของแกนทั้งสองและการ เปิด/ปิด เลเซอร์ที่สัมพันธ์กัน สามารถทำให้เกิดเป็นลาดลายลงบนวัสดุหรือชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้บนคอมพิวเตอร์ได้ จากหลักการนี้ทำให้สามารถนำเลเซอร์พอยเตอร์ไปประยุกต์ใช้เขียนหรือแกะลวดลายลงบนชิ้นงานได้

4.2 **สเต็ปมอเตอร์** (Step motor)

สเต็ปมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ประเภทหนึ่งที่หมุนได้องศาเพียงเล็กน้อยตามแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเป็นพัลซ์ ซึ่งต่าง จากมอเตอร์ไฟฟ้าทั่วไปที่จะหมุนทันทีและตลอดเวลาเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้า ข้อดีของสเต็ปมอเตอร์ คือ สามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุน (องศาหรือระยะทาง) ได้อย่างละเอียด โดยใช้คอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน

โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์ ประกอบด้วยขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมาประกอบกันเป็นชั้นๆ โดยที่แต่ละซี่นั้นจะมีคอยล์(ขดลวด)พันสวมอยู่ เมื่อมีการป้อนกระแสผ่านคอยล์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromagnetic) ดังรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นองค์ประกอบต่างๆ ของสเต็ปมอเตอร์ ในที่นี้ถ้าเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็กมากขึ้นจะสามารถเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อวงจรรอบมากขึ้นตามไปด้วย [8]



รูปที่ 4.2 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของสเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 สเต็ปมอเตอร์ที่พบในปัจจุบันมี 3 ประเภทดังนี้ [9]

1.แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet-PM) คือ สเต็ปมอเตอร์แบบ PM จะมีสเตเตอร์ (Stator) ที่พันขดลวดไว้หลายๆ โพล โดยมีโรเตอร์ (Rotor) เป็นรูปทรงกระบอกฟันเลื่อย และโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร เพื่อป้อนไฟกระแสตรงให้กับขดสเตเตอร์ จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าผลักต่อโรเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนมอเตอร์แบบ PM จะเกิดแรงฉุดยึดให้โรเตอร์หยุดอยู่กับที่ แม้จะไม่ได้ป้อนไฟเข้าขดลวด

2.แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ (Variable Reluctance - VR) คือ สเต็ปมอเตอร์แบบVR จะมีการหมุนโรเตอร์ได้อย่างอิสระ แม้จะไม่ได้จ่ายไฟให้โรเตอร์ทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติก กำลังอ่อน มีลักษณะเป็นฟันเลื่อย รูปทรงกระบอกโดยจะมีความสัมพันธ์ โดยตรงกับจำนวนโพลในสเตเตอร์ แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปหมุนโรเตอร์ ไปในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนท์ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอนและมีเสถียรภาพแต่จะเกิดขึ้นได้หลายๆ จุดดังนั้นเมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่างๆ ในมอเตอร์แตกต่างขดกันไป ก็ทำให้มอเตอร์ หมุนไปตำแหน่งต่างๆ กันโรเตอร์ของ VR จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วรอบสูงกว่ามอเตอร์แบบ PM

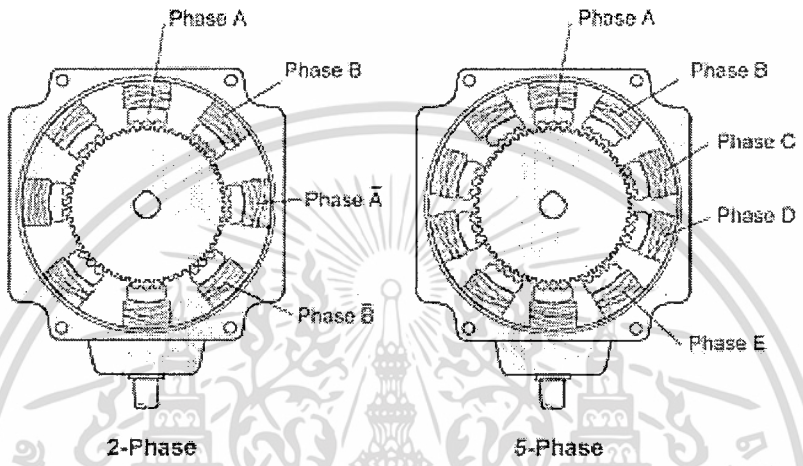
3.แบบผสม (Hybrid-H) คือ สเต็ปมอเตอร์แบบ H จะเป็นลูกผสมของ VR กับ PM โดยจะมีสเตเตอร์คล้ายกับที่ใช้ใน VR โรเตอร์มีหมวกหุ้ม ปลายซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็กที่มีกำลังสูง โดยการควบคุมขนาดรูปร่างของหมวกแม่เหล็กอย่างดีทำให้ได้มุม การหมุนและครั้งน้อยและแม่นยำ ข้อดีก็คือ ให้แรงบิดสูงและมีขนาดกระทัดรัด และให้แรงฉุดยึดโรเตอร์นิ่งกับที่ตอนไม่จ่ายไฟ

4.2.2 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์สามารถแบ่งได้ดังนี้ [8]

1. แบบไบโพลาร์ (Bipolar) คือ การพันขดลวดหนึ่งขดจะกี่รอบก็ตามแต่ โดยทั่วไปจะแยกขดลวดออกจากกันเป็น 2 คู่ชัดเจน ในแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์จะถูกกำหนดโดยทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้ เมื่อทำการกลับทิศทางของการไหลในกระแสไฟฟ้า โดยมาจากการควบคุมของวงจรสวิทชิ่งให้กลับขั้วไฟฟ้า โดยจะเรียกสเต็ปมอเตเอร์ประเภทนี้อีกชื่อหนึ่งว่าสเต็ปมอเตอร์ 2 เฟส (2 Phase) ซึ่งจะมี 4 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบยูนิโพลาร์ (Unipolar) คือ การพันขดลวดชนิดนี้จะคล้ายกันกับกรณีแรก แตกต่างกันตรงที่ จะมีการเชื่อมจุดศูนย์กลางของแต่ละขดเข้าหากัน ในแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์จะถูกกำหนดโดยทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้าเช่นเดียวกัน และสามารถกลับทิศทางขั้วแม่เหล็กได้จากการกลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า สเต็ปมอเตอร์ชนิดนี้เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สเต็ปมอเตอร์ 5 เฟส (5 Phase) โดยทั่วไปจะมี 5 หรือ 6 เส้น



รูปที่ 4.3 โดยโครงสร้างภายในของสเต็ปมอเตอร์ 2 ชนิดคือ แบบ 2 เฟส และแบบ 5 เฟส

4.2.3 การควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์

การควบคุมและสั่งงานให้สเต็ปมอเตอร์ทำงาน ไปทีละสเต็ปสามารถทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟไปยังขดลวด ในแต่ละขอบนสเตเตอร์ โดยการป้อนจะทำในลักษณะเป็นลำดับหรือเรียกว่าซีเควนเวียลในลูปที่ถูกต้อง ซึ่งจะแบบ ได้เป็น 3 รูปแแบ คือ แบบเวฟ (Wave) และแบบ 2 เฟส (2 Phase) และแบบครึ่งสเต็ป (Half step) ทั้ง 3 แบบนี้ก็จะมีข้อดีและข้อเสียต่างกันออกไป

1.แบบเวฟ (Wave) คือ จะเป็นการกระตุ้นแบบที่ง่ายที่สุด ซึ่งจะทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดหรือ 1 เฟส ในเวลาหนึ่งๆเรียงกันไป ตัวอย่างเช่น ขดที่ 1 , 2 , 3 , 4 ,1, 2 , 3 , 4 เป็นลำดับอย่างนี้ หรือ ขด 1 , 4 , 3 , 2 , 1 , 4 , 3 , 2 เป็นลำดับกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางที่เราต้องให้มอเตอร์หมุนไป วงจรที่นำมากระตุ้นนั้นจะมีราคาค่อนข้างจะถูกกว่าและง่ายกว่า

2.แบบ 2 เฟส(2 Phase) คือ แบบนี้ก็จะคล้ายกับการกระตุ้นในแบบเวฟแต่จะต่างกันตรงที่แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นทีละ 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันใน เวลาเดียวกันและจะเรียงลำดับกันไป ดังเช่นแบบ

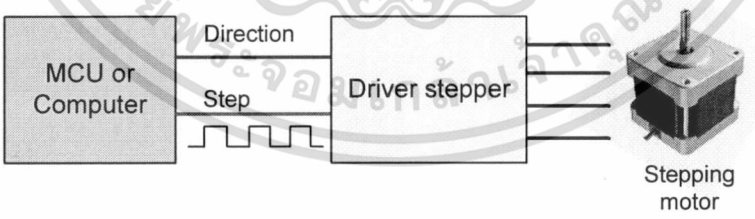
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกับแบบเวฟ จะยกตัวอย่างการกระตุ้นขดลวดในลักษณะ รอบการวนลูปได้ดังนี้ 12, 23, 34, 41, 12, 23, 34, 41 เรียงลำดับกันไปเรื่อยๆ หรือจะเป็น 14, 43, 32, 21, 14, 43, 32, 21 เรียงกันไปเรื่อยๆเช่นกัน ถ้าจะกล่าวถึงข้อดีข้อเสียของแบบ 2 เฟส มีดังนี้ ข้อดีคือ การที่จะเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกกระตุ้นจะทำให้แรงบิดได้มากกว่า แบบเวฟ ซึ่งโรเตอร์จะหมุนด้วยแรง ดึงแบบเต็มๆแรงจากทั้ง 2 ขดลวดที่กระตุ้นพร้อมกัน และ ข้อเสียของแบบ 2 เฟส คือการกระตุ้นขดลวดนั้นต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นเป็น 2 เท่าของแบบเวฟ

3.แบบครึ่งสเต็ป (Half step) การควบคุมแบบครึ่งสเต็ปเป็นการรวมเอาทั้ง 2 แบบข้างต้นมารวมกัน โดยมีรอบการวนลูปดังนี้คือ 1, 12, 2, 23, 3, 34, 4, 41, ... ไปเรื่อยๆ หรือจะเป็น 14, 4, 43, 3, 32, 2, 21, 1, ... ไปเรื่อยๆ ข้อดีคือให้แรงบิดที่สูงและความละเอียดมากด้วย

4.3 ไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์ (Driver Step Motor)

จากหลักการควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์จากที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้ จะพบว่าการควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ถือว่ามีความลำบากในเรื่องของจำนวนสายสัญญาณพอสมควร ดังนั้นได้มีการพัฒนาวงจรหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขึ้นมาเพื่อช่วยให้ง่ายและมีความสะดวกต่อการนำไปควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์มายิ่งขึ้น โดยเรียกอุปกรณ์ประเภทนี้ว่า ไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์ (Driver Step Motor) โดยการทำงานของไดรเวอร์จะรับสัญญาณจากคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อไปควบคุมการหมุนของมอเตอร์ แสดงหลักการดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 หลักการใช้งานไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์ขั้นพื้นฐาน

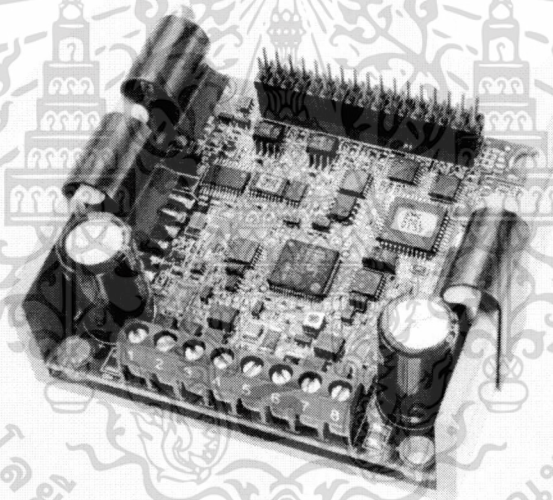
วิธีการขั้นพื้นฐานที่สุดในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์คือการจ่ายสัญญาณ 2 อย่างคือ 1. สัญญาณสเต็ป (Step) มีลักษณะแบบเดียวกันกับสัญญาณนาฬิกา ทำหน้าที่ในการกำหนดจำนวนสเต็ปหรือจำนวนรอบการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ว่าต้องการให้หมุนไปกี่องศาหรือกี่รอบ และความถี่ของสัญญาณสเต็ปจะเป็นตัวกำหนดความเร็วการหมุนของตัวมอเตอร์ด้วย และ 2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

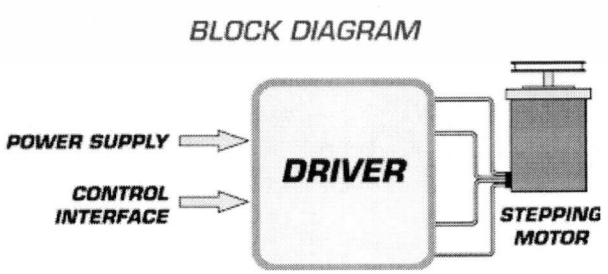
สัญญาณทิศทาง (Direction) คือสัญญาณที่เป็นตัวกำหนดทิศทางการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ว่าจะให้หมุนตามหรือทวนเข็มนาฬิกา โดยทั่วไปจะกำหนดได้จากลอจิก “1” (HIGH) หรือ “0” (LOW) นั้นเอง

จากหลักการที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นถือเป็นการใช้งานไดรเวอร์แบบพื้นฐานทั่วไป สำหรับในปัจจุบันสเต็ปมอเตอร์ได้ถูกพัฒนาขึ้นมามากมาย แล้วแต่ว่าผู้ใช้งานจะเลือกใช้ ส่วนในงานวิจัยเล่มนี้ทางผู้เขียนเลือกใช้งานไดรเวอร์มอเตอร์รุ่น IM483i ซึ่งเป็นสเต็ปมอเตอร์ที่สามารถขับสเต็ปมอเตอร์ได้ที่ความละเอียดสูง ใช้งานได้ง่าย มีวงจรออปโต้ภายในป้องกันการช็อควงจรจากการต่อเส้นสัญญาณไม่ถูกต้อง ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้

จากรูปที่ 4.5 เป็นรูปถ่ายจริงแสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์รุ่น IM483i และรูปที่ 4.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์รุ่น IM483i



รูปที่ 4.5 รูปถ่ายแสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์รุ่น IM483i



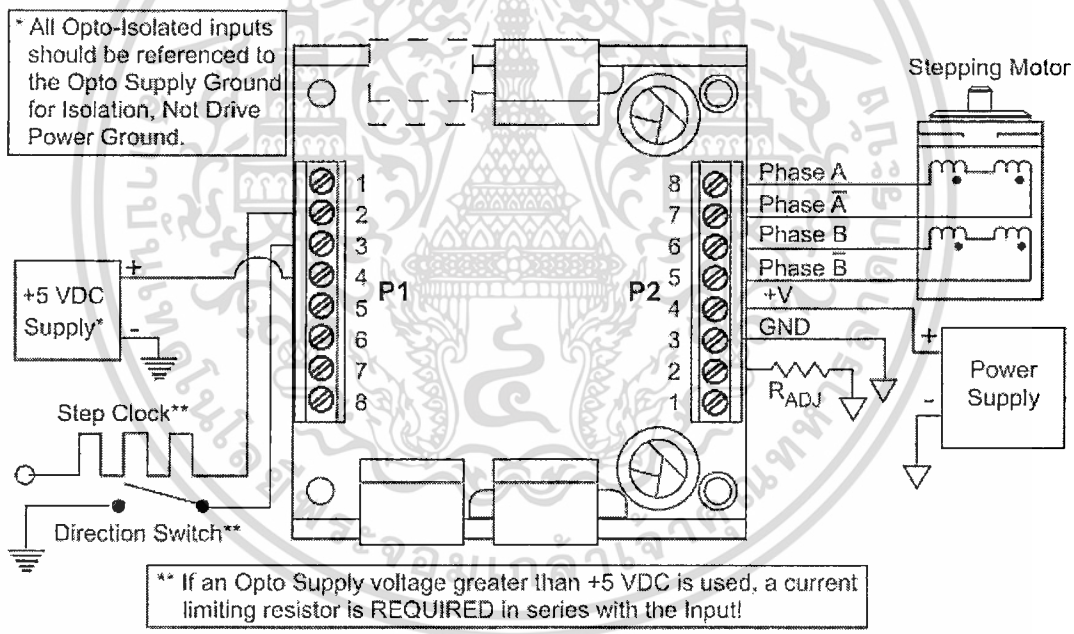
รูปที่ 4.6 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานของไดรเวอร์สเต็ปมอเตอร์รุ่น IM483i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลทางไฟฟ้าพื้นฐานของไดรเวอร์รุ่น IM483i

- Input Voltage	+12 to 48 volt
- Driver Current	0.4 to 3 Amps RMS, 4 Amps Peak
- Baud Rate	9600 bps
- Motor Speed	0 to 6,000 RPM
- Motor Resulution (1/1.8' /Step)	Min 200, Max 51200
- Input Signal Control	0 to +5VDC

สำหรับข้อมูลทางไฟฟ้าพื้นฐานของไดรเวอร์รุ่น IM483i แสดงได้ดังตารางที่ 4.1 ส่วนการนำไดรเวอร์รุ่นนี้ไปใช้งานควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ สามารถแสดงรูปแบบการต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับไดรเวอร์ได้ดังรูปที่ 4.7 [10]



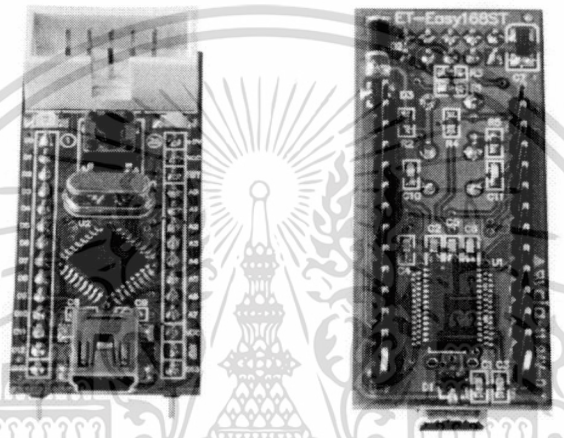
รูปที่ 4.7 แสดงการนำไดรเวอร์ IM483i มาต่อใช้งานเพื่อควบคุมสเต็ปมอเตอร์

จากรูปที่ 4.7 ไดรเวอร์ IM483i สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ 1. ส่วนที่เป็นภาค Input (P1) เป็นส่วนที่รับสัญญาณจากภายนอกมาเพื่อควบคุมการทำงานของไดรเวอร์ และ 2. ส่วนของภาค Output ส่วนนี้จะนำไปต่อเข้ากับสเต็ปมอเตอร์และแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง ซึ่งจะอยู่ในส่วนของ P2 ตามรูป สำหรับรายละเอียดส่วนอื่นเพิ่มเติมของบอร์ด ผู้สนใจสามารถหาอ่านเพิ่มเติมได้จากคู่มือของเบอร์รุ่นนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

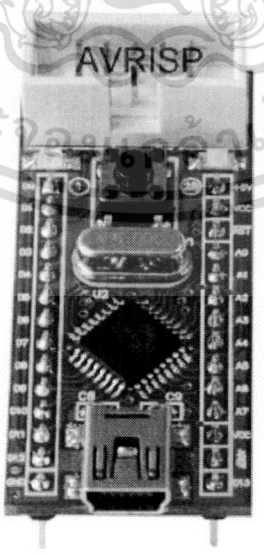
4.4 ไมโครคอนโทรเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรเลอร์คือส่วนประมวลผลหลักที่รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ จากนั้นจะทำการประมวลก่อนส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของไดรเวอร์มอเตอร์และไดรเวอร์เลเซอร์ต่อไป โดยในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR รุ่น Arduino Atmega168 ดังรูปที่ 4.8 เป็นไมโครคอนโทรเลอร์ตัวเล็กที่มีความสามารถในการประมวลผลเร็ว ใช้งานง่าย สามารถเขียน/ลบโปรแกรมได้หลายรอบ ที่สำคัญสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยตรงผ่านทาง USB Port ทำให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.8 ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR รุ่น Arduino Atmega168

AVR	Arduino	Pin
PD0	Digital-0	1
PD1	Digital-1	2
PD2	Digital-2	3
PD3	Digital-3	4
PD4	Digital-4	5
PD5	Digital-5	6
PD6	Digital-6	7
PD7	Digital-7	8
PB0	Digital-8	9
PB1	Digital-9	10
PB2	Digital-10	11
PB3	Digital-11	12
PB4	Digital-12	13
GND	GND	14



Pin	Arduino	AVR
28	+5V(+Vin)	+5V(+Vin)
27	+VCC(+5V)	+VCC(+5V)
26	RESET#	RESET(PC6)
25	Analog-0	PC0/ADC0
24	Analog-1	PC1/ADC1
23	Analog-2	PC2/ADC2
22	Analog-3	PC3/ADC3
21	Analog-4	PC4/ADC4
20	Analog-5	PC5/ADC5
19	Analog-6	ADC6
18	Analog-7	ADC7
17	+VCC(+5V)	+VCC(+5V)
16	+AREF	+AREF
15	Digital-13	PB5

รูปที่ 4.9 การจัดเรียงขาสัญญาณของไมโครคอนโทรเลอร์รุ่น Arduino Atmega168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของขาสัญญาณในการใช้งานแบบ "Arduino Project"

- +5V(+Vin) เป็นขาสำหรับใช้เป็นจุดรับแรงดันขนาด +5VDC จากภายนอกเพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด
- +VCC(+5V) เป็นขาแหล่งจ่ายไฟจุดเดียวกันกับที่ป้อนให้กับ +VCC ของ MCU ซึ่งจุดนี้จะรับแรงดันมาจาก 2 แหล่ง ด้วยกันคือ ขารับแรงดัน +5V(+Vin) จากขา 28 ของบอร์ด และ จากขา +VUSB(+5V) จากขั้ว USB ของบอร์ด โดยมี Diode ป้องกันการย้อนกลับของแรงดันไว้แล้ว
- +AREF เป็นขาสำหรับรับสัญญาณแรงดันอ้างอิง (Analog Reference) ให้กับวงจร Analog Input ในกรณีต้องการใช้แรงดันอ้างอิงจากภายนอก
- RESET# เป็นขาสัญญาณ RESET ของ CPU ทำงานที่ Logic "0"
- Digital[0..13] เป็นขา I/O แบบ Digital สามารถใช้งานเชื่อมต่อกับสัญญาณ Logic TTL (5V) ต่างๆ
- Analog[0..7] เป็นขา Input แบบ Analog สามารถรับ Input แบบ Analog 0..+5V

หน้าที่ของขาสัญญาณในการใช้งานแบบ "AVR Micro Controller"

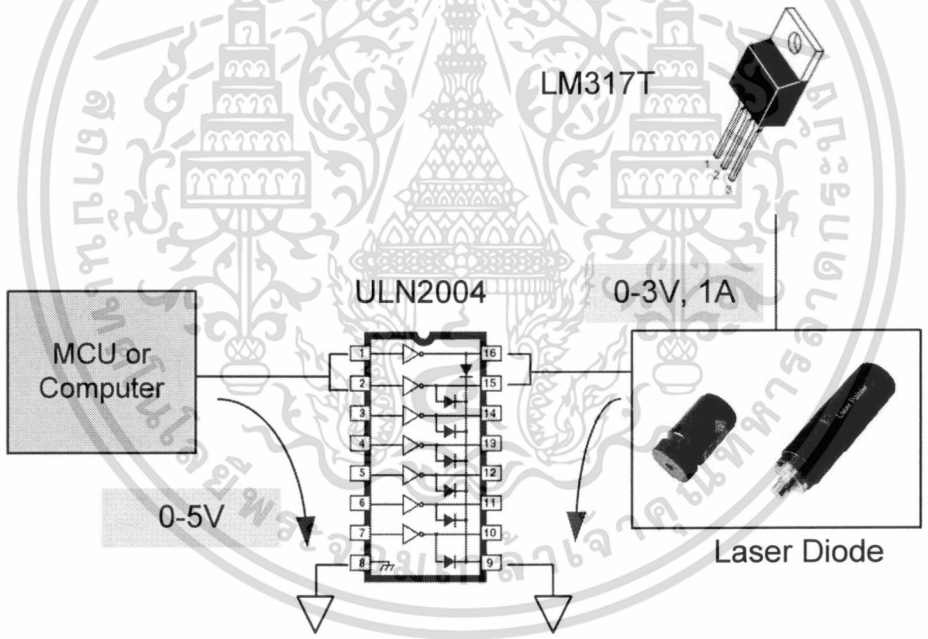
- +5V(+Vin) เป็นขาสำหรับใช้เป็นจุดรับแรงดันขนาด +5VDC จากภายนอกเพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด
- +VCC(+5V) เป็นขาแหล่งจ่ายไฟจุดเดียวกันกับที่ป้อนให้กับ +VCC ของ MCU ซึ่งจุดนี้จะรับแรงดันมาจาก 2 แหล่ง ด้วยกันคือ ขารับแรงดัน +5V(+Vin) จากขา 28 ของบอร์ด และ จากขา +VUSB(+5V) จากขั้ว USB ของบอร์ด โดยมี Diode ป้องกันการย้อนกลับของแรงดันไว้แล้ว
- +AREF เป็นขาสำหรับรับสัญญาณแรงดันอ้างอิง (Analog Reference) ให้กับวงจร Analog Input ในกรณีต้องการใช้แรงดันอ้างอิงจากภายนอก
- RESET# เป็นขาสัญญาณ RESET ของ CPU ทำงานที่ Logic "0"
- PB[0..5] เป็นขา I/O แบบ Digital สามารถใช้งานเชื่อมต่อกับสัญญาณ Logic TTL (5V) ต่างๆ
- PD[0..7] เป็นขา I/O แบบ Digital สามารถใช้งานเชื่อมต่อกับสัญญาณ Logic TTL (5V) ต่างๆ
- PC[0..5] เป็นขา I/O ซึ่งสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้ง Digital และ Analog Input
- ADC6,ADC7 เป็นขา Input แบบ Analog สามารถรับ Input แบบ Analog 0..+5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 **ไดรเวอร์เลเซอร์** (Laser Driver)

ในส่วนของไดรเวอร์ที่ใช้ในการควบคุมการ เปิด/ปิด เลเซอร์พอยเตอร์สามารถพิจารณาได้จากไดอะแกรมในรูปที่ 4.10 ซึ่งเป็นไดอะแกรมแสดงการใช้งานไดรเวอร์เลเซอร์ ที่ทำการเชื่อมจากไมโครคอนโทรเลอร์ ผ่านไปยังไดรเวอร์เลเซอร์ ก่อนส่งไปควบคุมหัวเลเซอร์อีกขั้นหนึ่ง

จากไดอะแกรมในรูปที่ 4.10 ส่วนควบคุมการทำงานทั้งหมดคือ ไมโครคอนโทรเลอร์ ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปควบคุมการเปิดปิดหัวเลเซอร์ผ่านทางไอซี ULN2004 ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ เนื่องจากหัวเลเซอร์จะมีประสิทธิภาพได้สูงสุดเมื่อให้กระแสผ่านประมาณ 1 A เนื่องไมโครคอนโทรเลอร์ไม่สามารถขับกระสได้สูงระดับนั้น ดังนั้นจำเป็นต้องใช้ไอซี ULN2004 มาช่วยในการขับกระแสระดับนี้ ส่วนไอซี LM317T เป็นไอซีที่ทำหน้าที่ปรับแรงดันให้พอเหมาะกับการไบอัสของหัวเลเซอร์ ซึ่งปกติไม่ควรเกิน 3 โวลต์ และไอซี LM317T สามารถจ่ายกระแสได้สูงถึง 1.5 A แต่จำเป็นต้องติดซิงเพื่อช่วยระบายความร้อนที่เกิดขึ้น ที่อาจส่งผลต่อการทำงานของไอซีได้[11]



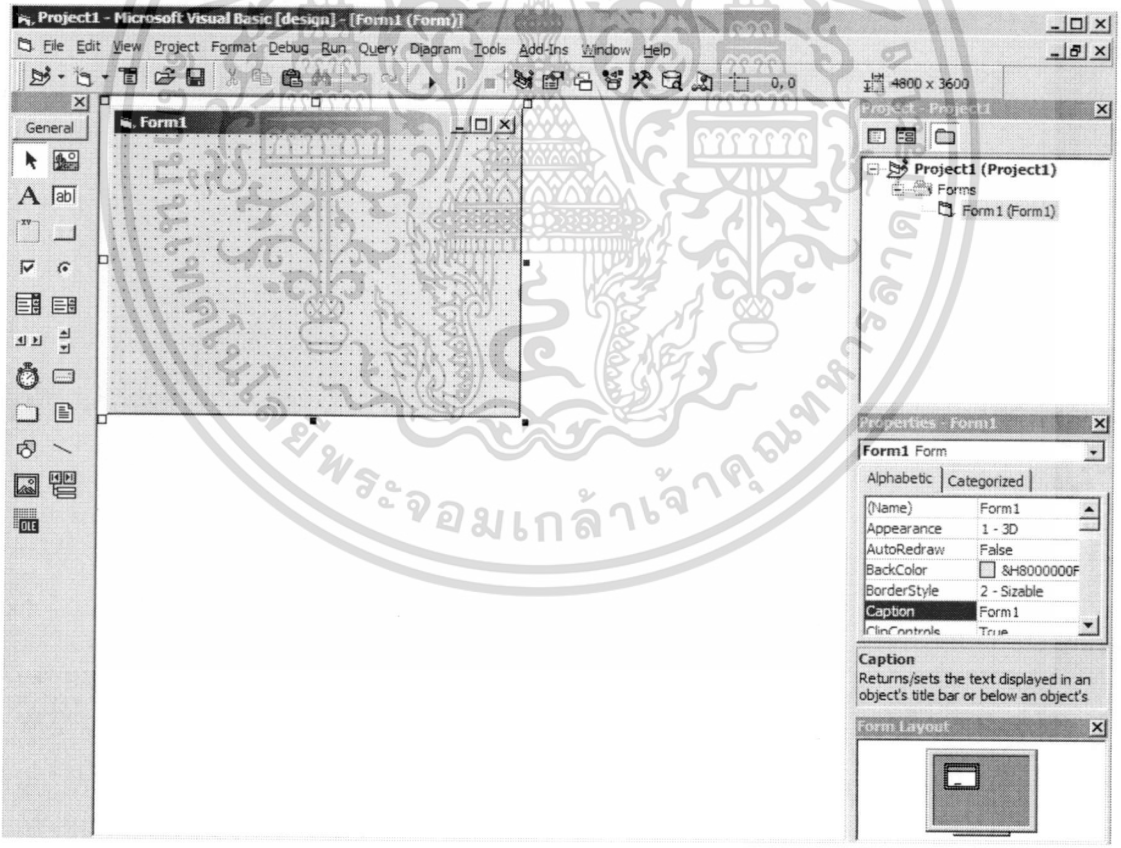
รูปที่ 4.10 แสดงไดอะแกรมของไดรเวอร์เลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การติดตั้งและการใช้งานโปรแกรมควบคุม

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการติดตั้งและการใช้งานโปรแกรมควบคุมเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์ รวมทั้งวิธีการออกแบบลวดลายสำหรับใช้เป็นต้นแบบของการทดลองด้วย

ก่อนจะถึงวิธีการติดตั้งและการใช้งานโปรแกรมควบคุม ลำดับแรกขออธิบายถึงโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโปรแกรมควบคุมเครื่องเลเซอร์เครื่องนี้ก่อน สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ 1.ส่วนของโปรแกรมควบคุมที่อยู่บนวินโดว์ พัฒนาขึ้นมาจากโปรแกรม Visual Basic 6.0 แสดงดังรูปที่ 4.11 และ 2.ส่วนของโปรแกรมที่เขียนโค้ตสำหรับไมโครคอนโทรเลอร์ พัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม Arduino V22 แสดงได้ดังรูปที่ 4.12 ในส่วนของรายละเอียดการใช้งานโปรแกรมทั้งสอง จะไม่ข้อกล่าวถึงในที่นี้เนื่องจากมีรายละเอียดต่างๆ ค่อนข้างมากและนอกเนื่องขอบเขตของงานวิจัย เพียงแต่ต้องการให้รู้ที่มาที่ไปของโปรแกรมที่ใช้ โดยผู้ที่สนใจสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากคู่มือต่างๆ ได้



รูปที่ 4.11 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม Visual Basic 6.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม Arduino V22

ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรมควบคุม

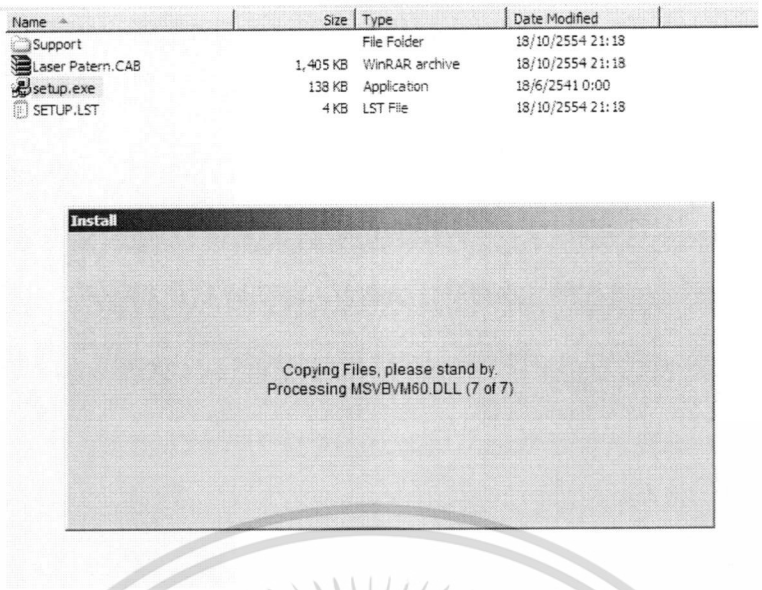
โปรแกรมควบคุมเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์ พัฒนาเขียนมาจากโปรแกรม Visual Basic 6.0 โดยได้พัฒนาให้กลายเป็นแบบ Package Install เรียบร้อยแล้ว เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปติดตั้งกับเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างๆ ได้ทันที สำหรับขั้นตอนในการติดตั้งสามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นการติดตั้งโดยดับเบิลคลิกที่ไฟล์ Setup.exe ดังรูปที่ 4.13 หลังจากนั้นรอให้กระบวนการทำงานให้เสร็จ

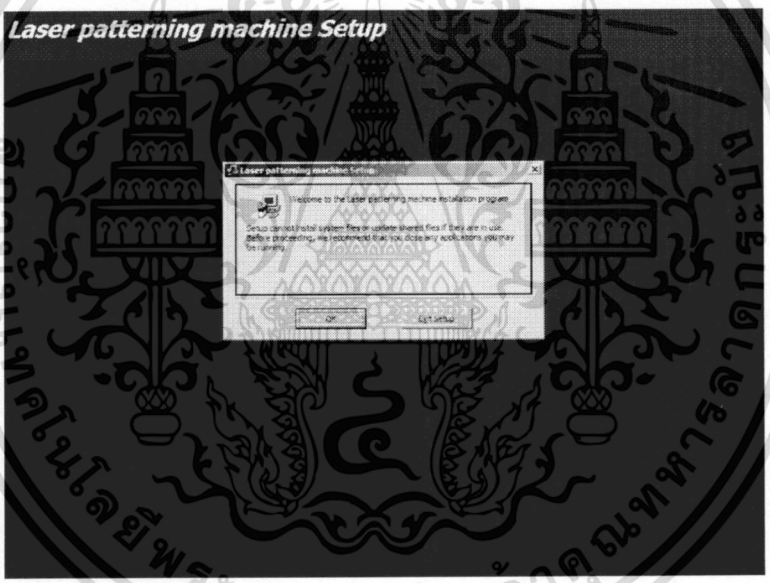
2. ถัดมาจะแสดงหน้าต่างการติดตั้งโปรแกรม ให้คลิกที่ปุ่ม OK เพิ่ม ยอมรับการติดตั้งโปรแกรม แสดงดังรูปที่ 4.14

3. หน้าต่างถัดมาสามารถเลือกโฟเดอร์ที่ต้องการติดตั้งได้โดยไปที่ปุ่ม Change Directory เลือกโฟเลอร์เรียบร้อยแล้วคลิกที่รูปไอคอนคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ขั้นตอนที่ 1 ของการติดตั้งโปรแกรม

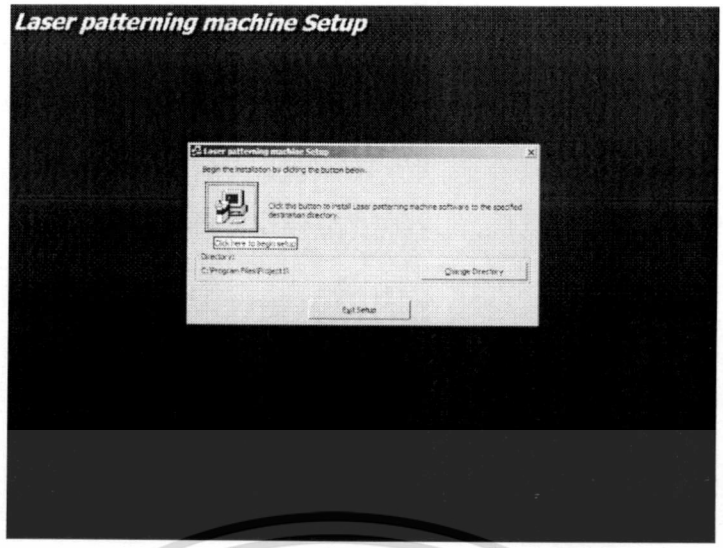


รูปที่ 4.14 ขั้นตอนที่ 2 ของการติดตั้งโปรแกรม

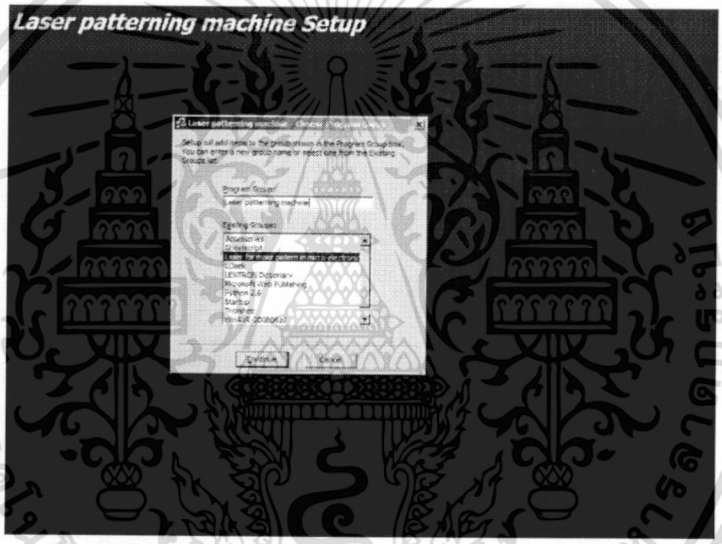
4. หน้าต่างถัดมาทำการตั้งชื่อกลุ่มที่ต้องการติดตั้งโปรแกรมได้ที่ช่อง Program Group เรียบร้อยแล้วคลิกปุ่ม Continue ดังรูปที่ 4.16

5. รูปที่ 4.17 คลิกปุ่ม OK เพื่อดำเนินการติดตั้งโปรแกรม เมื่อโปรแกรมทำการติดตั้งเสร็จเรียนร้อยแล้ว ระบบจะกลับเข้าสู่หน้าจอคอมพิวเตอร์ตามเดิมโดยอัตโนมัติ ถือเป็นการติดตั้งโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์

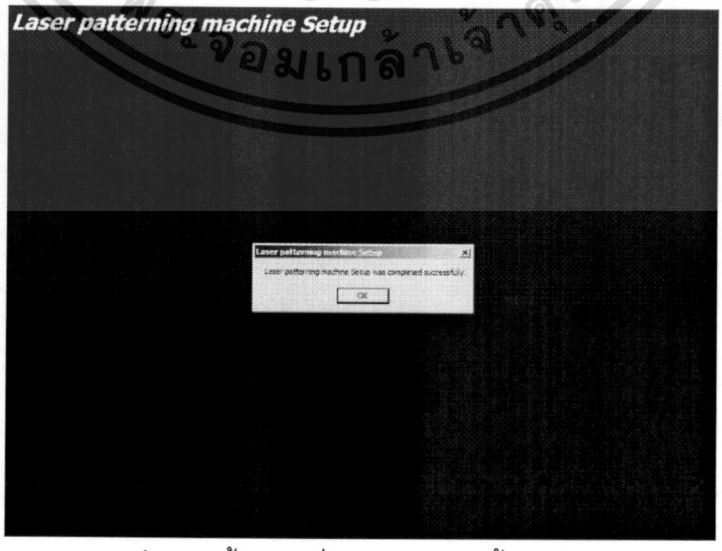
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ขั้นตอนที่ 3ของการติดตั้งโปรแกรม



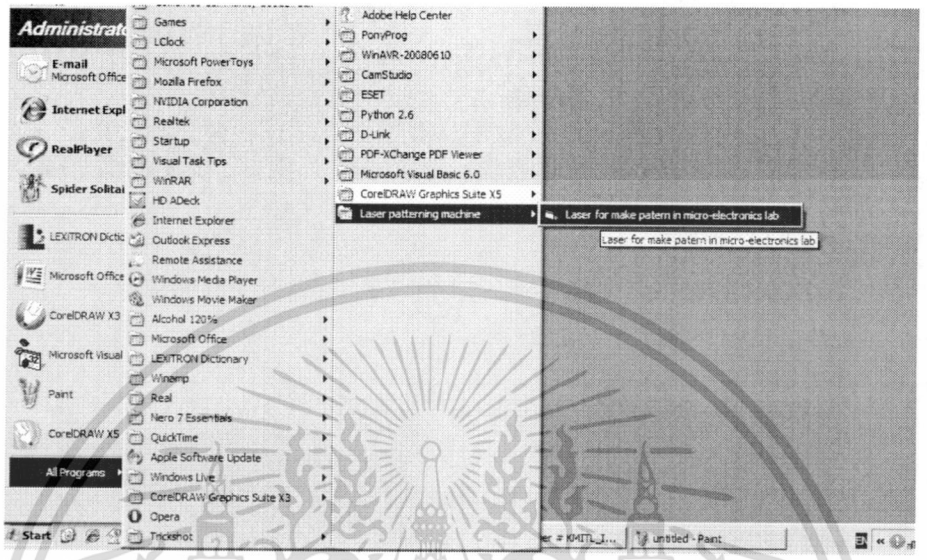
รูปที่ 4.16 ขั้นตอนที่ 4 ของการติดตั้งโปรแกรม



รูปที่ 4.17 ขั้นตอนที่ 5 ของการติดตั้งโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ทำการติดตั้งโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถเริ่มใช้งานโปรแกรมได้โดยเข้าไปที่เมนู Start จากนั้นเลื่อนไปที่ All Program แล้วเลื่อนไปที่โปรแกรม Laser patterning machine คลิกเพื่อเปิดโปรแกรม โดยแสดงดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 การเปิดใช้งานโปรแกรม Laser Patterning Machine

หลังจากที่เปิดโปรแกรมขึ้นมาแล้ว หน้าตาหรือส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.19 โดยส่วนต่างๆ ของโปรแกรมสามารถการใช้งานได้ดังนี้

- ส่วนของเมนูต่างๆ คือแถบที่อยู่ส่วนบนสุดของโปรแกรม เป็นส่วนที่เก็บเครื่องมือ เมนูต่างๆ ในการควบคุมการทำงานของเครื่อง
- จอแสดงผล คือส่วนที่อยู่ตรงกลางของโปรแกรม ทำหน้าที่เป็นจอแสดงผลของไฟล์ที่กำลังเปิดใช้งานอยู่ในปัจจุบัน
- จอแสดงโค้ด คือส่วนที่อยู่ด้านขวามือ-บน จะแสดงโค้ดของไฟล์ที่กำลังเปิดใช้งานอยู่ในปัจจุบัน
- แถบแสดงไฟล์ที่เปิดใช้งาน คือส่วนที่อยู่ด้านล่างสุด จะแสดงชื่อและตำแหน่งของไฟล์ที่กำลังเปิดใช้งานอยู่
- ปุ่มการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรเลอร์ (Connect to MCU) คือปุ่มที่ใช้สำหรับทำการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรเลอร์ ขณะเริ่มต้นการใช้งานเครื่องครั้งแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปุ่มควบคุมการทำงานของเครื่อง คือปุ่มทั้งหมดที่อยู่ในส่วนของ Command Frame ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องดังนี้

  Open – ปุ่มเปิดไฟล์ข้อมูลที่ต้องการใช้งาน

  RUN – ปุ่มสั่งรันเครื่องให้ทำงาน

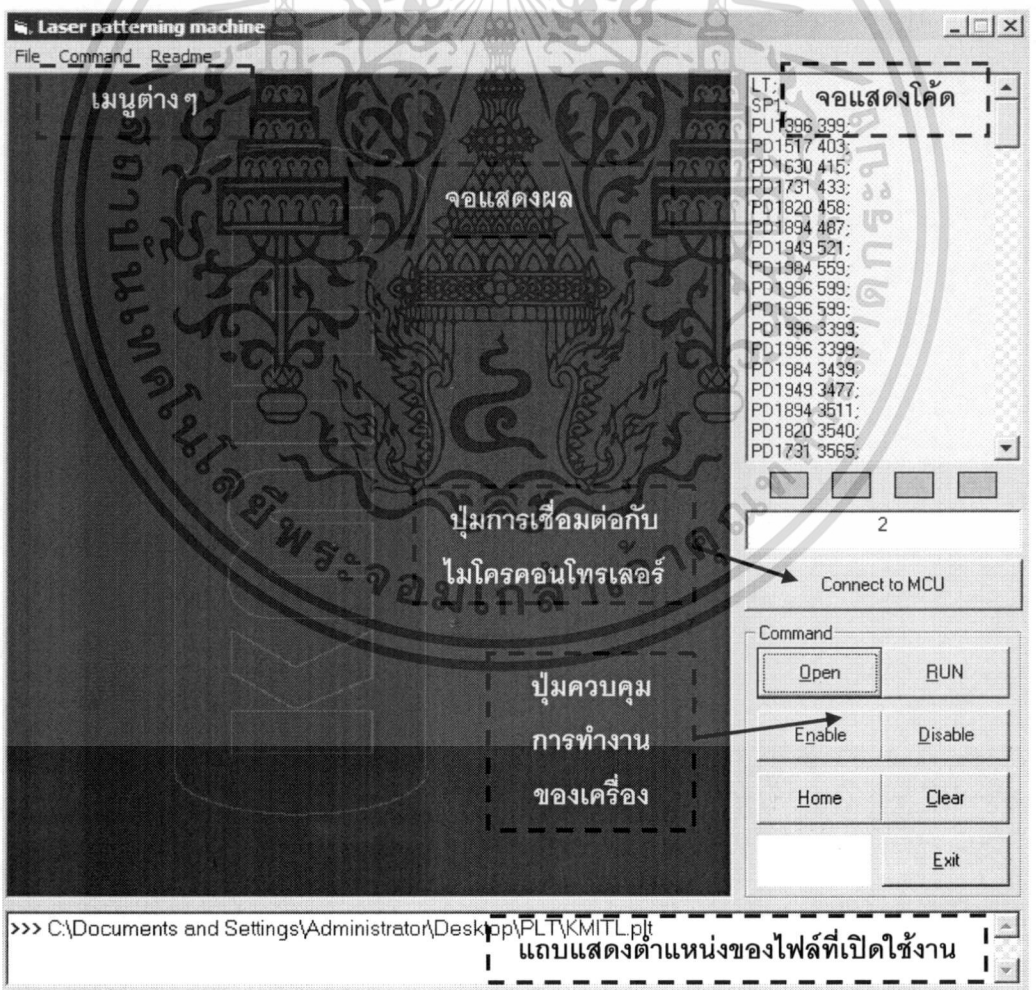
  Enable – ปุ่มสั่งให้ Power supply จ่ายไฟให้แก่สเต็ปมอเตอร์ทำงาน

  Disable – ปุ่มสั่งตัดการจ่ายไฟให้แก่สเต็ปมอเตอร์ เพื่อป้องกันสเต็ปมอเตอร์ร้อนขณะที่ไม่มีการใช้งานเครื่อง

  Home – ปุ่มสั่งให้เครื่องจักรวิ่งกลับสู่จุดเริ่มต้น

  Clear – ปุ่มเคลียร์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อเริ่มใช้งานใหม่

  Exit – ปุ่มออกจากโปรแกรม จบการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 4.19 หน้าต่างแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม Laser Patterning Machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

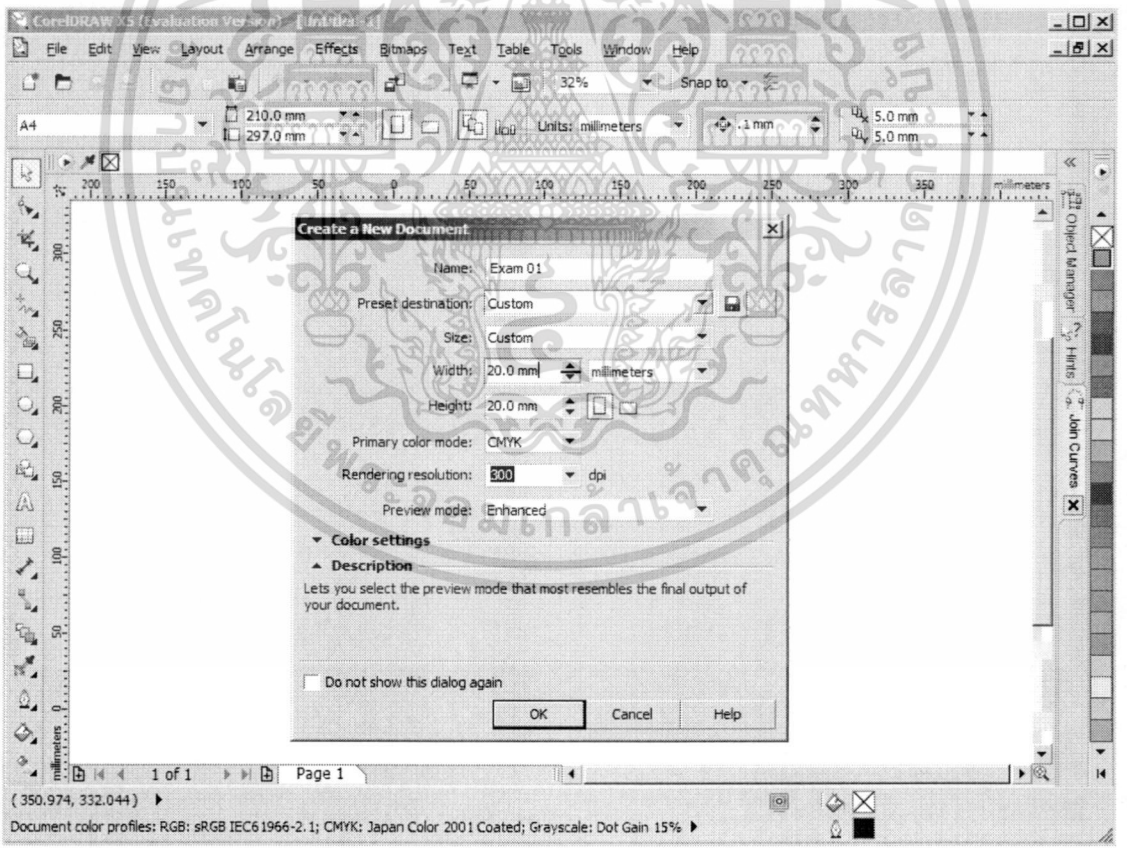
บทที่ 5

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

สำหรับในบทนี้จะนำเสนอวิธีการทดลองและผลการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบลวดลายต้นแบบด้วยโปรแกรม Corel Draw การโหลดไฟล์ที่ได้เข้าโปรแกรมควบคุมและการสั่งให้เครื่องเขียนลวดลาย รวมทั้งนำเสนอขั้นตอนและวิธีการเตรียมฟิล์มสำหรับใช้เป็นวัสดุในการเขียนลวดลาย และวิธีการวัดขนาดของลายเส้นที่ได้จากการแกะด้วยเลเซอร์

5.1 การเขียนต้นแบบและเอกซ์พอร์ต (Export) ไฟล์ด้วยโปรแกรม Corel Draw

หลังจากเปิดโปรแกรม Corel Draw ขึ้นมา ให้ทำการตั้งค่าหน้ากระดาษต่างๆ ให้เรียบร้อย (วิธีการตามที่ได้อธิบายมาแล้วในบทที่ 4) ตัวอย่างการตั้งค่าต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ต่อไปดังนี้ คือ

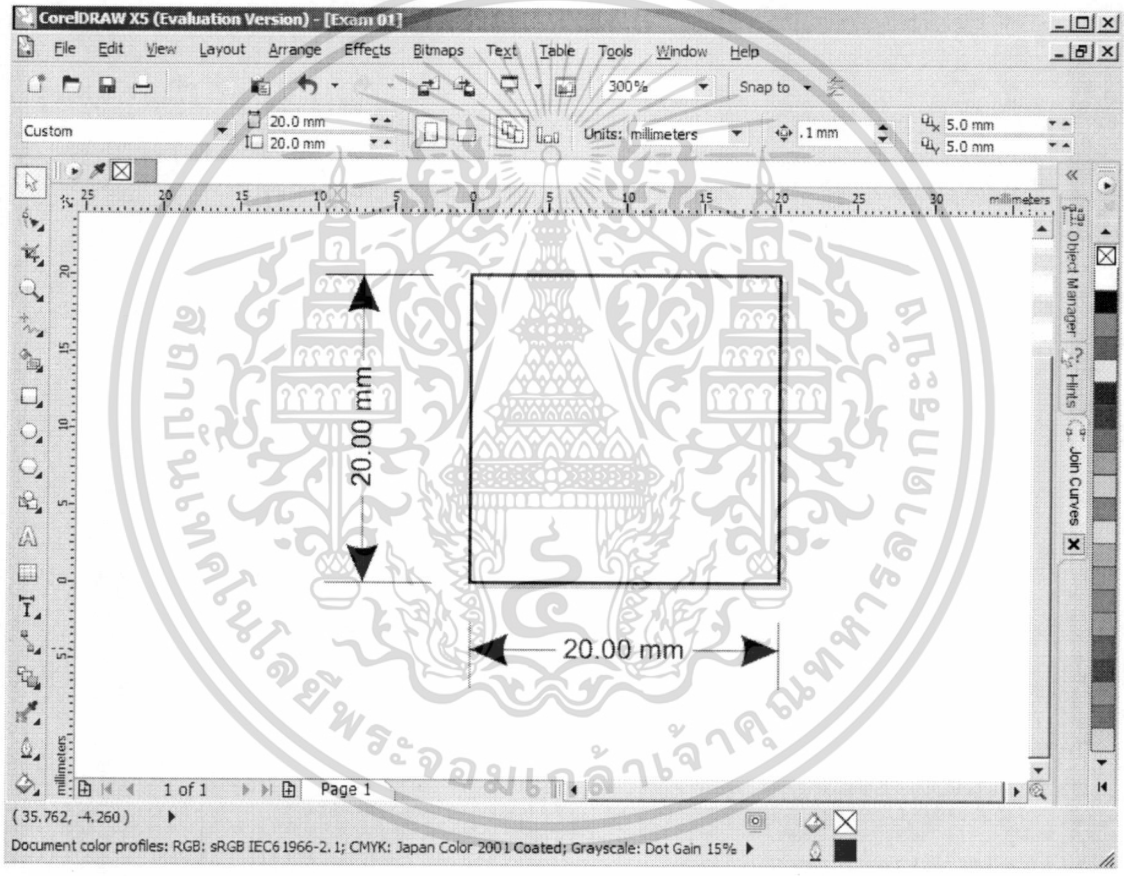


รูปที่ 5.1 ตัวอย่างการตั้งค่าหน้ากระดาษก่อนการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.1 สามารถแสดงค่าพารามิตเตอร์ต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

- ชื่อ (Name) = Exam 01
- ขนาด (Size) = Custom คือตามที่ต้องการ
- ความกว้างของหน้ากระดาษ (Width) = 20 mm.
- ความยาวของหน้ากระดาษ (Height) = 20 mm.
- ความละเอียด (Resolution) = 300 dpi
- พารามิตเตอร์อื่นๆ ตามที่โปรแกรมให้มา



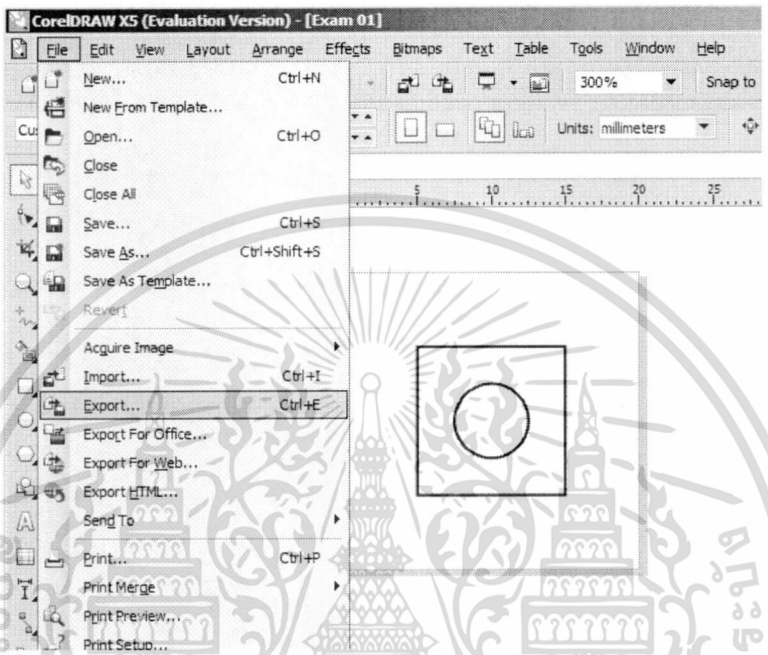
รูปที่ 5.2 หน้ากระดาษตามที่ตั้งค่าใหม่

ซึ่งเมื่อตั้งค่าพารามิตเตอร์ต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว หน้ากระดาษที่ตั้งค่าใหม่จะได้ตามดังรูปที่ 5.2 หลังจากที่ได้หน้ากระดาษตามที่ต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการเขียนลวดลายต้นแบบตามต้องการลงบนหน้ากระดาษที่เปรียบเสมือนพื้นที่การทำงานของเครื่อง

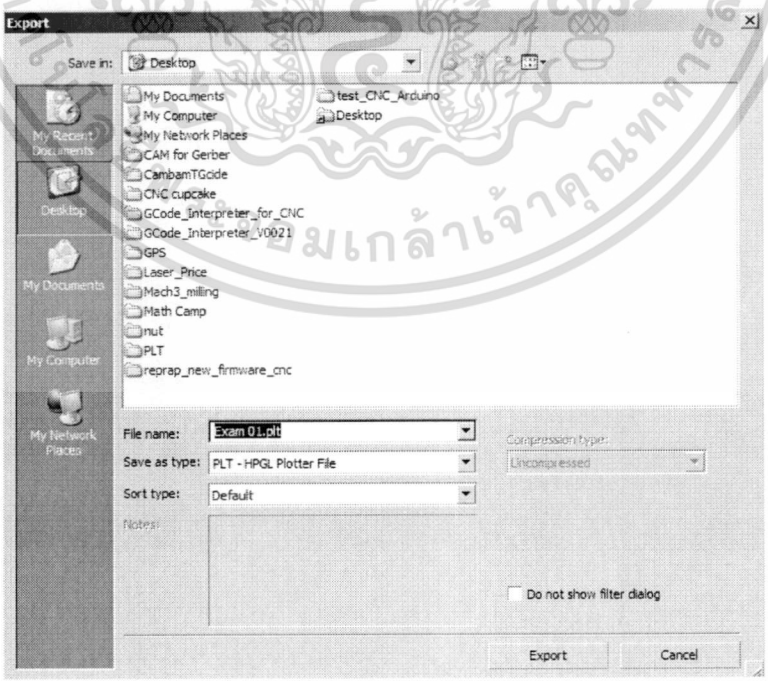
โดยเมื่อเขียนลวดลายตามต้องการเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งคือการเอกซ์พอร์ตไฟล์ (Export file) ออกมาแล้วบันทึกเป็นนามสกุล ".PLT" ซึ่งเป็นนามสกุลที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมสามารถนำไปใช้งานได้ โดยขั้นตอนการเอกซ์พอร์ตไฟล์แสดงได้ดังนี้ โดยเริ่มต้นจากเข้าไปที่เมนู File เลือกไปที่ Export... ดังรูปที่ 5.3 จากนั้นตั้งชื่อไฟล์แล้วเลือกนามสกุลเป็น ".PLT" คลิกที่ปุ่ม Export ดังรูปที่ 5.4 และสุดท้ายเลือก Plotter Origin เป็นแบบ Bottom left แล้วกดปุ่ม OK ดังรูปที่ 5.5 จะทำการเอกซ์พอร์ตไฟล์เสร็จเรียบร้อย

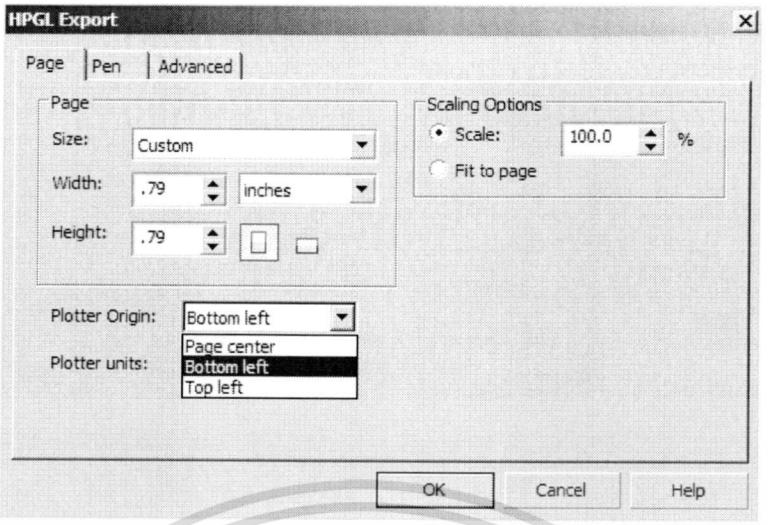


รูปที่ 5.3 เอกซ์พอร์ตไฟล์ขั้นตอนที่ 1



รูปที่ 5.4 เอกซ์พอร์ตไฟล์ขั้นตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 เอกซ์พอร์ตไฟล์ขั้นตอนที่ 3

5.2 การโหลดไฟล์และรันโปรแกรม Laser Patterning Machine

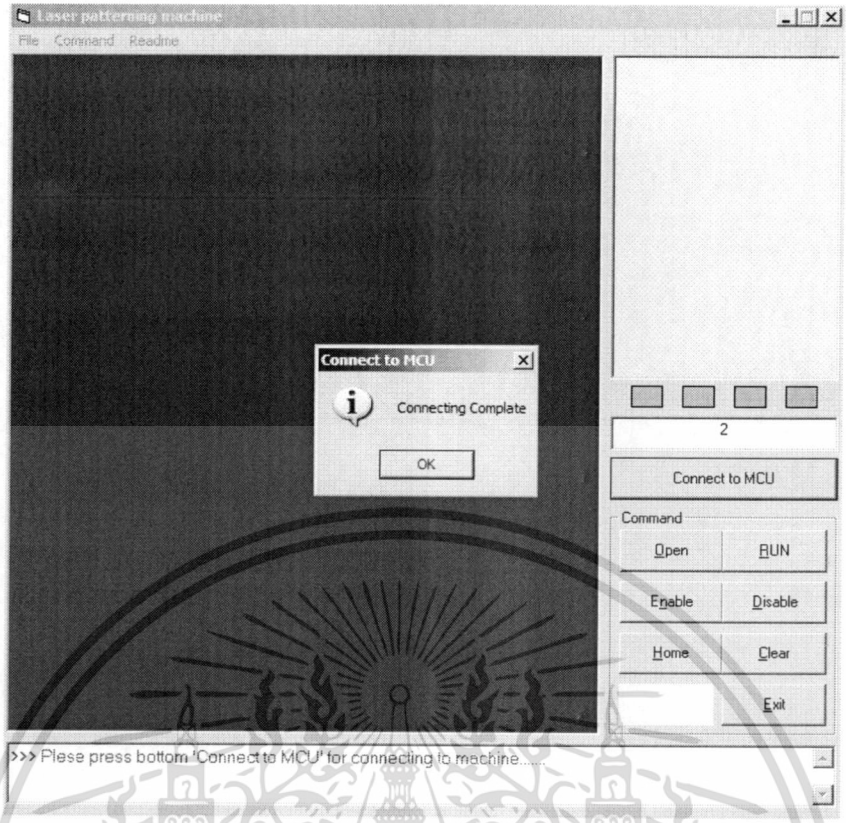
หลังจากทำการเขียนต้นแบบและการเอกซ์พอร์ตไฟล์เสร็จเรียบร้อย ขั้นตอนถัดมาจะเป็นการโหลดไฟล์เข้าโปรแกรม Laser Patterning Machine และสั่งรันเครื่องให้ทำงาน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.เปิดโปรแกรม Laser Patterning Machine ขึ้นมา จากนั้นนำไมโครคอนโทรเลอร์ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ให้เรียบร้อย แล้วกดปุ่ม Connect to MCU รอจนกระทั่งมีข้อความแจ้งเตือนขึ้นมาว่า “Connecting complete” ถือเป็นการเชื่อมต่อโดยสมบูรณ์ ดังรูปที่ 5.6

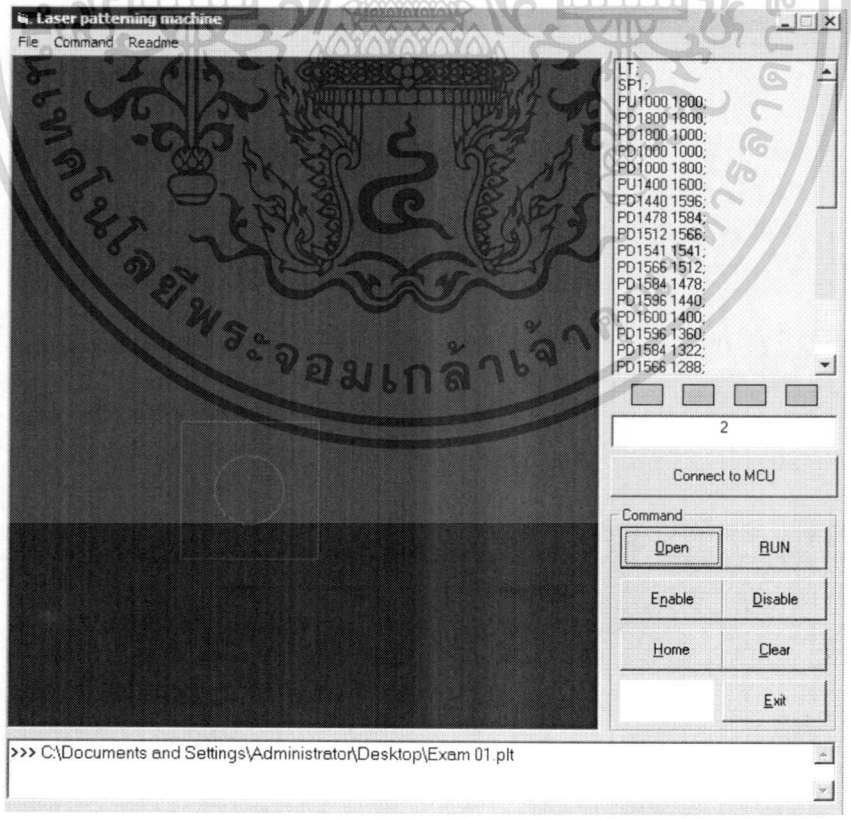
2.ขั้นตอนการโหลดไฟล์ข้อมูลเข้าโปรแกรมทำได้สองวิธีคือ เข้าไปที่ File แล้วคลิกไปที่ Open หรือสามารถคลิกที่ปุ่ม Open ได้โดยตรงเลยก็ได้ จากนั้นไปยังตำแหน่งที่เก็บไฟล์ต้นแบบไว้ ให้เลือกเป็นนามสกุล .PLT แล้วเลือกไฟล์ที่ต้องการ กดปุ่ม OK ก็จะได้ไฟล์ต้นแบบตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 5.7

3.หลังจากโหลดไฟล์เข้าโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้จัดเตรียมวัสดุที่ต้องการเขียนลวดลายต้นแบบวางลงบนพื้นที่ใช้งานของเครื่องให้เรียบร้อย หลังจากนั้นคลิกที่ปุ่ม Enable เพื่อจ่ายไฟเข้าเครื่อง และคลิกปุ่ม RUN เครื่องก็จะทำการเขียนลวดลายลงบนชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ รอจนกว่าเครื่องจะรันเสร็จ โดยเมื่อการทำงานเสร็จสิ้นจะมีข้อความแจ้งเตือนว่า “Process complete” ถือว่าเครื่องทำการเขียนลวดลายเสร็จเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรเลอร์เข้ากับคอมพิวเตอร์โดยสมบูรณ์

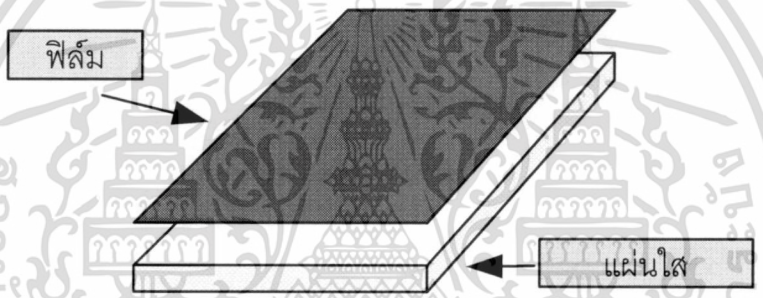


รูปที่ 5.7 ขั้นตอนการโหลดไฟล์ข้อมูลเข้าโปรแกรม Laser Patterning Machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การเตรียมฟิล์มสำหรับใช้เป็นวัสดุในการเขียนลวดลาย

ในการทดลองนี้วัสดุที่ใช้สำหรับการแกะหรือเขียนลวดลายลงไปด้วยเลเซอร์จะทำจากแผ่นใสที่เคลือบด้วยฟิล์มดำ แสดงดังรูปที่ 5.8 หลักการคือเมื่อแสงเลเซอร์ตกกระทบกับผิววัสดุส่วนที่เป็นฟิล์มดำจะดูดซับความร้อน เนื้อฟิล์มตรงส่วนนั้นจะระเหิดหายไป เหลือทิ้งไว้เฉพาะส่วนที่เป็นแผ่นใส ข้อดีของฐานรองส่วนที่เป็นแผ่นใสคือ ไม่ดูดกลืนความร้อนจากแสงเลเซอร์ ดังนั้นแสงเลเซอร์ส่วนที่ตกกระทบกับเนื้อแผ่นใสจะทะลุผ่านไปโดยไม่มีผลกระทบต่อเนื้อแผ่นใสเลย ข้อดีของนี้สามารถนำไปประยุกต์ในการสร้างเป็นมาส์ค (Mask) สำหรับกระบวนการฉายแสงได้ และสำหรับการเคลือบฟิล์มลงบนแผ่นใส สามารถให้ทางร้านถ่ายเอกสารทั่วไปถ่ายเอกสาร แบบสีดำเข้มลงบนแผ่นใสได้เลย ซึ่งถือเป็นเทคนิคที่ประหยัดมากที่เดียว



รูปที่ 5.8 แสดงลักษณะการเคลือบฟิล์มดำลงบนแผ่นใส

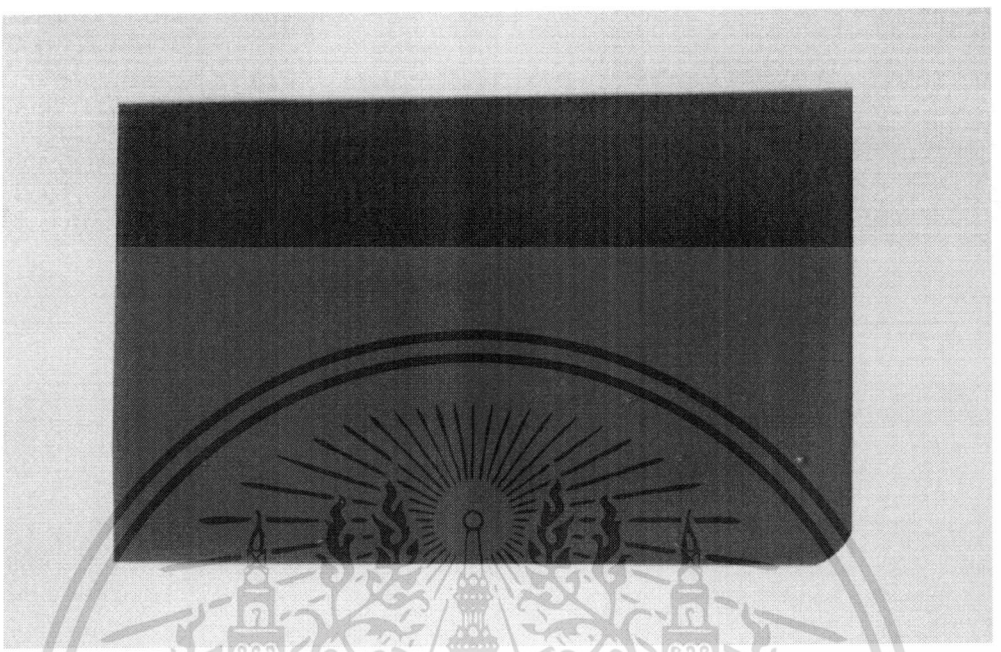
5.4 วิธีการทดลองและผลการทดลอง

การทดลองจะแสดงให้เห็นว่าเลเซอร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านไมโคร-อิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างไร โดยในการทดลองนี้วัสดุที่ใช้คือ แผ่นใสที่เคลือบด้วยฟิล์มบางสีดำด้วยการถ่ายเอกสาร ตัวอย่างของแผ่นฟิล์มแสดงดังรูปที่ 5.9 ในการทดลองจะใช้เครื่องเขียนลวดลายต้นแบบ ทำการเขียนลายเส้นลงบนแผ่นฟิล์มนี้โดยตรง โดยเลเซอร์จะทำหน้าที่กัดส่วนของฟิล์มสีดำให้หลุดออกไป ให้กลายเป็นช่องเปิดเล็กๆ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นมาร์คในกระบวนการกัด (Etching), การฉายแสง (Expose) หรือโค้สท์สาร (Costing) ลงไปที่ช่องเปิดให้กลายเป็นลวดลาย (Pattern) ต่างๆ ได้ โดยผลการทดลองสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.1 วิธีการทดลอง

1.นำแผ่นใสไปเคลือบด้วยฟิล์มดำดังรูปที่ 5.9



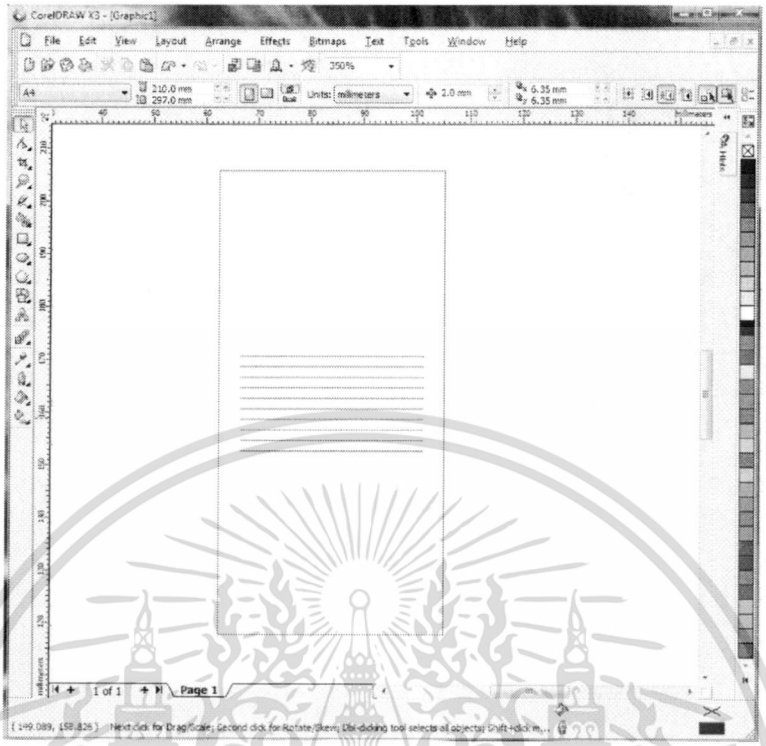
รูปที่ 5.9 รูปถ่ายของแผ่นใสที่เคลือบด้วยฟิล์มสีดำเรียบร้อยแล้ว

2.ตัดฟิล์มเป็นชิ้นเล็กแล้วนำไปติดกับแผ่นสไลด์ดังรูปที่ 5.10

รูปที่ 5.10 แสดงการติดแผ่นฟิล์มเข้ากับแผ่นสไลด์

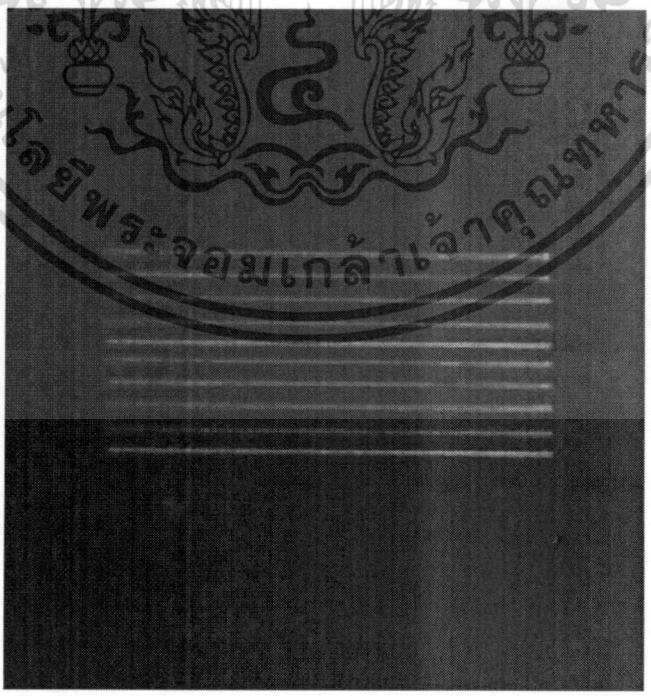
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ออกแบบลวดลายด้วยโปรแกรม Corel Draw ดังรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 ลวดลายต้นแบบที่ออกแบบโดยโปรแกรม Corel Draw

4.เขียนลายเส้นลงบนแผ่นฟิล์มด้วยเครื่องเขียนลวดลายด้วยเลเซอร์ดังรูปที่ 5.12



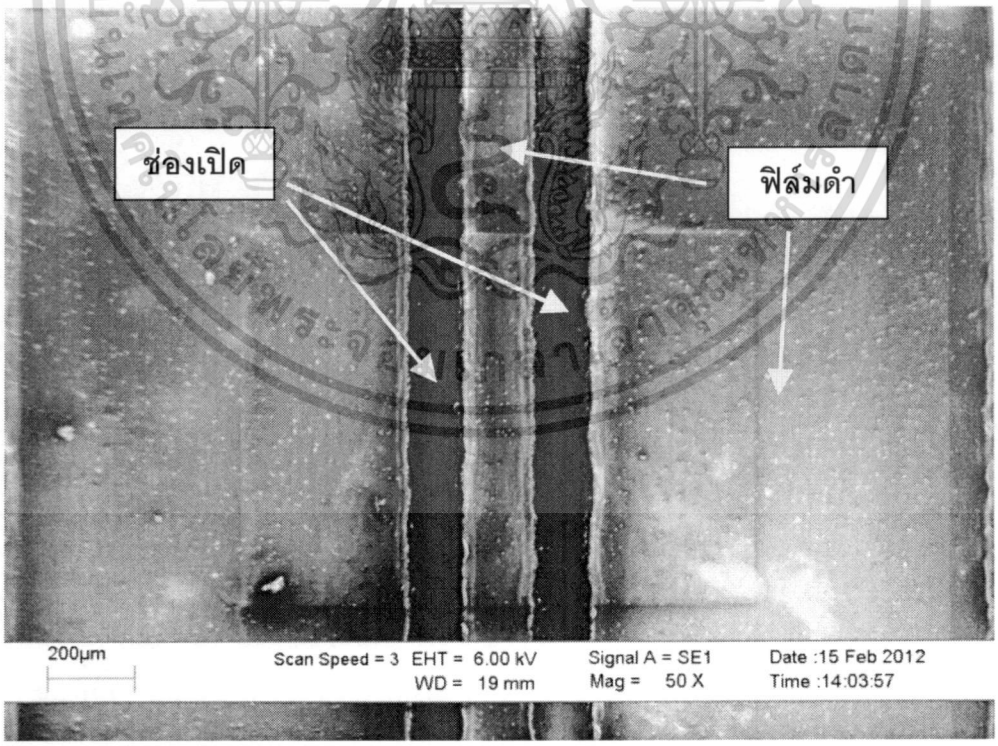
รูปที่ 5.12 ลวดลายที่เขียนด้วยเครื่องเขียนลวดลายด้วยเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.นำผลการทดลองไปวัดหาขนาดของเส้นด้วยเครื่อง SEM โดยเครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยายสูง โดยมีกำลังขยายสูงสุดประมาณ 10 นาโนเมตร หลักการสร้างภาพทำได้โดยการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่สะท้อนจากพื้นผิวหน้าของวัสดุตัวอย่างที่ทำการตรวจ ซึ่งภาพที่ได้จากเครื่อง SEM นี้จะเป็นภาพลักษณะของ 3 มิติ ดังนั้นเครื่อง SEM จึงถูกนำมาใช้ในการศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง เช่น ลักษณะพื้นผิวด้านนอกของเนื้อเยื่อและเซลล์ หน้าตัดของโลหะและวัสดุต่างๆ ได้

5.4.2 ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้จะทำการทดลองที่ค่าพารามิตเตอร์ค่าเดียวกันทั้งหมด ทั้งความหนาของฟิล์ม ความเร็วของเครื่องที่ใช้ในการกัด (ซึ่งจะมีผลต่อเวลาที่แสงเลเซอร์ตกกระทบกับแผ่นฟิล์ม) ความเข้มของแสงเลเซอร์ที่ใช้ เป็นต้น ซึ่งในการทดลองนี้จะไม่กล่าวถึงพารามิตเตอร์ส่วนนั้น โดยวัตถุประสงค์คือ เพื่อต้องการแสดงให้เห็นว่าแสงเลเซอร์สามารถนำไปใช้สร้างเป็นลวดลายต้นแบบได้จริง สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ยังไม่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้

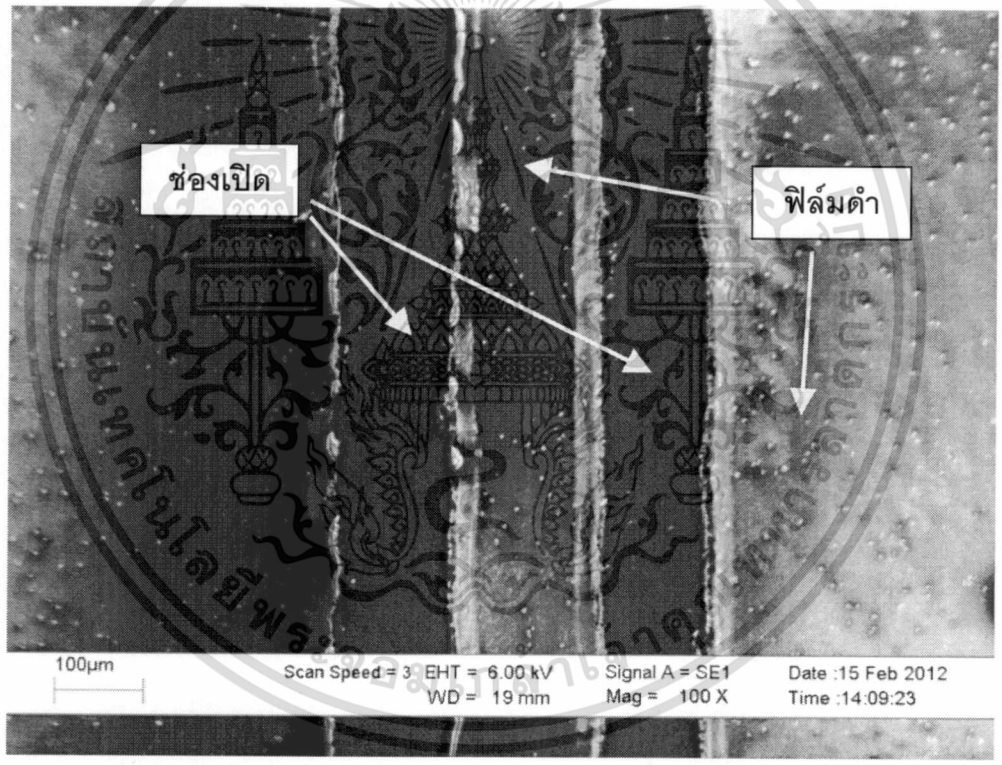


รูปที่ 5.13 ภาพถ่ายกำลังขยาย 50 เท่า แสดงให้เห็นช่องเปิดที่เกิดจากการกัดด้วยแสงเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.13 และ 5.14 คือภาพที่ได้ถ่ายด้วยเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 50 เท่า และ 100 เท่า ตามลำดับ จากภาพแสดงให้เห็นรายละเอียดของบริเวณส่วนที่ถูกเลเซอร์กัดกับส่วนที่เป็นฟิล์มดำ จะเห็นว่าส่วนที่ถูกเลเซอร์กัดออกจะเกิดเป็นเส้นช่องเปิดยาวๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ ส่วนของฟิล์มที่เหลือจะปกคลุมอยู่ด้านข้าง จากรูปส่วนที่เป็นช่องเปิดคือส่วนที่มีสีดำสนิทสองเส้น ซึ่งจะทะลุถึงฐานรองแผ่นใสที่อยู่ด้านล่าง

จากการทดลองจะสังเกตเห็นว่าส่วนของขอบทั้งสองที่อยู่ด้านข้างของแต่ละเส้นยังคงไม่เรียบเท่าที่ควร สืบเนื่องมาจากความเร็วที่ใช้ในการกัดอาจไม่เหมาะสม ส่งผลให้เวลาที่แสงเลเซอร์ตกกระทบกับผิววัสดุไม่พอเหมาะ ซึ่งจะมีผลต่อความร้อนและการขยายตัวที่ผิวของวัสดุได้ ดังนั้นการเลือกความเร็วในการกัดให้เหมาะสม จะสามารถช่วยลดข้อบกพร่องตรงส่วนนี้ลงได้

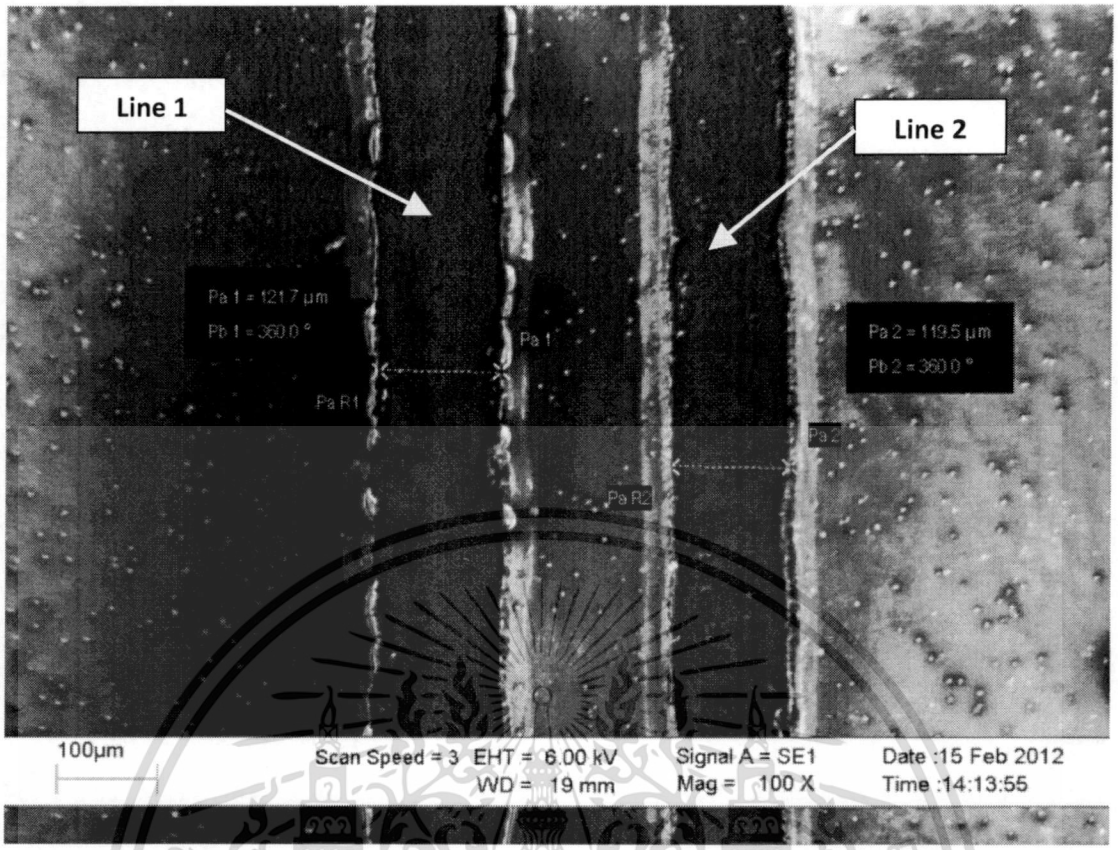


รูปที่ 5.14 ภาพถ่ายกำลังขยาย 100 เท่า แสดงให้เห็นช่องเปิดที่เกิดจากการกัดด้วยแสงเลเซอร์

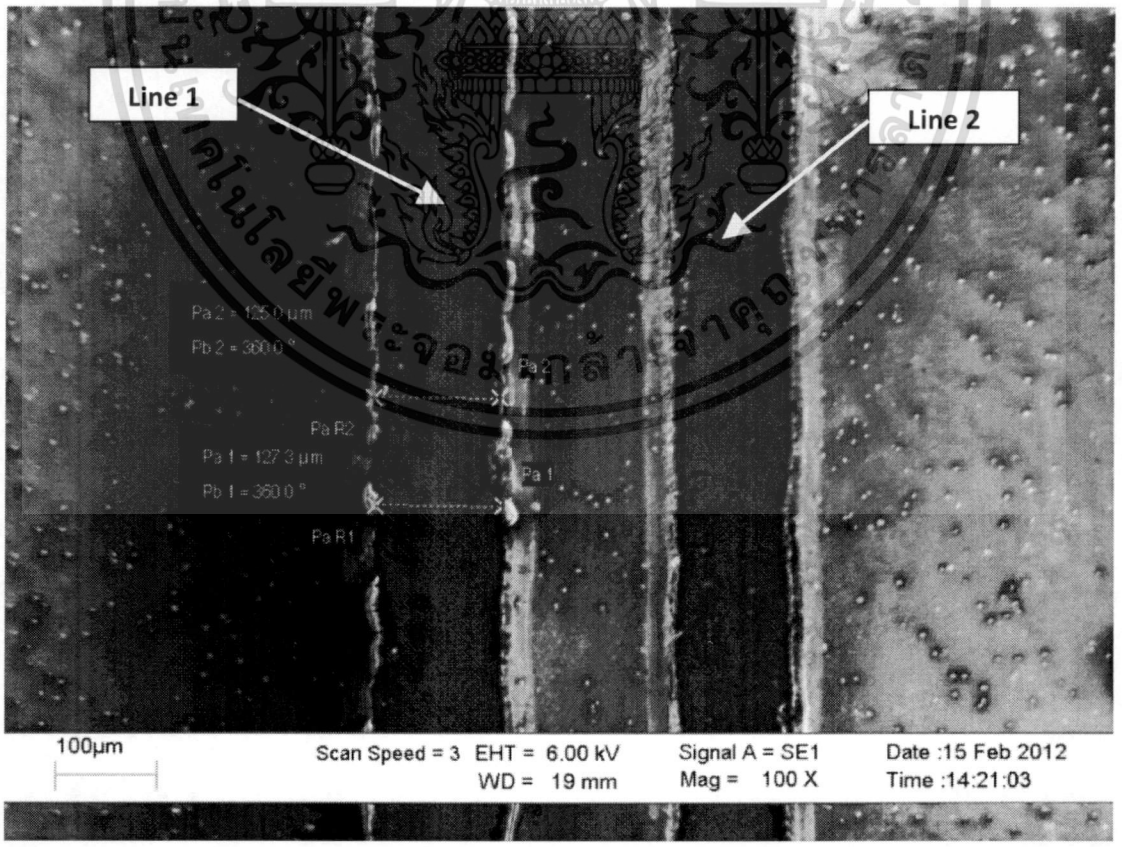
5.4.3 ความกว้างของช่องเปิดของหลายเส้น

จากการทดลอง เมื่อนำผลการทดลองไปวัดหาขนาดความกว้างของช่องเปิดด้วยเครื่อง SEM สามารถแสดงผลของการวัดได้ดังรูปที่ 5.15, 5.16 และ 5.17 โดยวัดที่กำลังขยาย 100 เท่า โดยสามารถสรุปผลของการวัดขนาดความกว้างของเส้นได้ดังตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

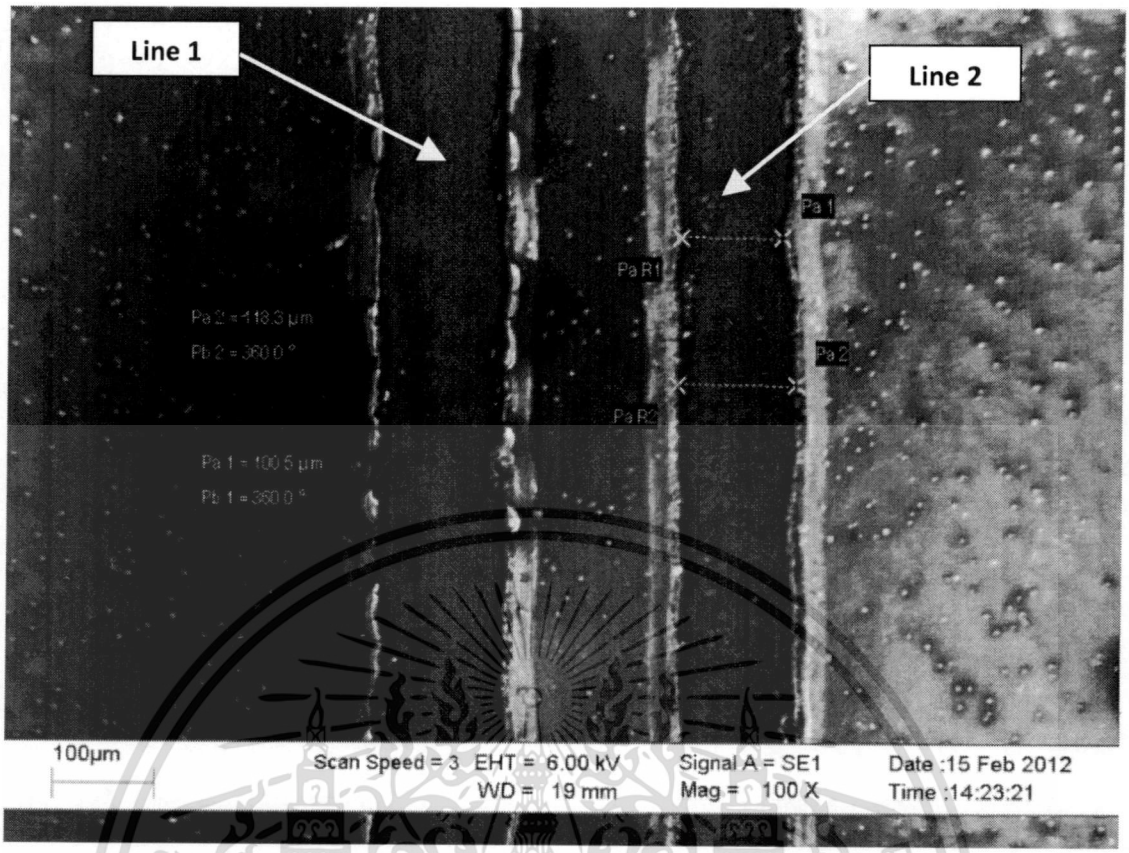


รูปที่ 5.15 ภาพถ่ายกำลังขยาย 100 เท่า แสดงให้เห็นความกว้างของช่องเปิดทั้งสองเส้น



รูปที่ 5.16 ภาพถ่ายกำลังขยาย 100 เท่า แสดงให้เห็นความกว้างของช่องเปิดของเส้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.17 ภาพถ่ายกำลังขยาย 100 เท่า แสดงให้เห็นความกว้างของช่องเปิดของเส้นที่ 2

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการวัดขนาดความกว้างของช่องเปิดของเส้นทั้งสอง

Measure Point	Line 1 (um)	Line 2 (um)
1	121.70	119.50
2	125.00	118.30
3	127.30	100.50
Average	124.67	112.77

จากตารางที่ 5.1 คือสรุปผลจากการวัดขนาดความกว้างของเส้นด้วยเครื่อง SEM ระหว่างเส้นตรงสองเส้นที่อยู่ใกล้กัน Line:1 และ Line:2 โดยใช้พารามิเตอร์ในการกัดด้วยเครื่องเลเซอร์แบบเดียวกันทั้งหมด คือแผ่นฟิล์มเดียวกัน ความเร็วของการกัดเท่ากัน และแสงเลเซอร์จากแหล่งเดียวกัน จากผลการทดลองการวัดขนาดความหนาของเส้นจะวัดจากจุดที่แตกต่างกัน 3 จุดบนเส้นเดียวกันแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อเปรียบเทียบผลการวัดระหว่างเส้นตรงสองเส้นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวัด เส้นที่หนึ่ง (Line 1) ได้ความกว้างของเส้นเท่ากับ 124.67 um ส่วนเส้นที่สอง (Line 2) ได้ความกว้างของเส้นเท่ากับ 112.77 um จากผลการทดลองจะเห็นว่าขนาดความกว้างของเส้นทั้งสองมีค่าแตกต่างกัน ทั้งที่ทำการทดลองที่พารามิตเตอร์ค่าเดียวกัน ความแตกต่างที่เกิดคือนี้สามารถสรุปสาเหตุที่อาจส่งผลต่อขนาดความกว้างของเส้นได้ดังนี้

1. แผ่นฟิล์มที่ใช้เป็นแผ่นเดียวกัน แต่มีโอกาสที่ความหนาหรือความราบเรียบของแผ่นฟิล์มจะไม่คงที่เป็น เนื่องจากการทดลองไม่ได้ควบคุมขนาดความหนาจากการวัดผลโดยตรง

2. แสงเลเซอร์จากหัวเดียวกัน แต่มีโอกาสที่ความเข้มของแสงจะไม่คงที่ต่อเนื่อง เพราะเวลาที่ใช้ในการกัดไม่ใช้เวลาเดียวกัน โดยการใช้หัวเลเซอร์ติดต่อกันนาน จะส่งผลให้หัวเลเซอร์ร้อนได้ เนื่องจากเลเซอร์ที่ใช้เป็นเลเซอร์ไดโอด ดังนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของเลเซอร์ลดลง ส่งผลต่อความเข้มของแสงที่ได้อาจไม่คงที่ ทำให้เส้นตรงทั้งสองมีค่าความกว้างของเส้นไม่เท่ากัน แต่จะสังเกตเห็นว่าเส้นตรงเส้นเดียวกันขนาดความกว้างของเส้นที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากกัดด้วยเลเซอร์ที่เวลาใกล้เคียงกัน การลดปัญหานี้สามารถทำได้โดยการติดอุปกรณ์ระบายความร้อนให้หัวเลเซอร์ จะสามารถช่วยให้ประสิทธิภาพของเลเซอร์ดีขึ้นได้ ซึ่งจะมีผลต่อความต่อเนื่องของความเข้มแสงเลเซอร์ด้วย

จากปัจจัยต่างๆ ที่ได้กล่าวมานั้นล้วนมีผลต่อขนาดความกว้างและความราบเรียบของช่องเปิดที่ได้ ดังนั้นการตั้งค่าหรือการเลือกใช้ค่าพารามิตเตอร์ให้เหมาะสม จะสามารถช่วยให้ลายเส้นที่ได้มีค่าที่แน่นอนและมีมาตรฐานมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ได้ดีขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเลเซอร์สามารถนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในการสร้างลวดลายต้นแบบได้จริง แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความราบเรียบของขอบที่ได้จากการกัด สืบเนื่องมาจากหลายปัจจัย ทั้งความไม่ต่อเนื่องของความเข้มของแสงเลเซอร์เมื่อมีการใช้ไปนานๆ เวลาที่ใช้ในการกัด และความไม่แน่นอนของความหนาฟิล์มวัสดุล้วนมีผลต่อขนาดของช่องเปิดที่ได้ทั้งสิ้น ดังนั้นการควบคุมปัจจัยพารามิตเตอร์ต่างๆ เหล่านี้ให้เหมาะ สามารถช่วยลดข้อบกพร่องและเพิ่มประสิทธิภาพของการสร้างลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์ได้

และจากผลการวัดขนาดของช่องเปิดที่ได้ มีค่าอยู่ที่ระหว่าง 100 – 130 um โดยความราบเรียบและขนาดความกว้างของเส้นยังไม่แน่นอนเท่าที่ควร ดังนั้นการลดข้อบกพร่องต่างๆ เหล่านี้จำเป็นต้องควบคุมพารามิตเตอร์ต่างๆ ให้พอเหมาะดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อจะทำให้ได้ผลที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดซึ่งจะต้องมีการปรับให้เข้ากับงานที่และวัสดุเฉพาะเจาะจง ซึ่งเครื่องมือนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆได้อย่างหลากหลาย สามารถลดขั้นตอนการทำงานและประหยัดวัสดุ เวลา ช่วยให้การทำวิจัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สุดท้ายผู้วิจัยต้องขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้เล็งเห็นความสำคัญของงานวิจัยนี้โดยการให้ทุนสนับสนุน และหวังว่าจะได้รับการสนับสนุนงานวิจัยที่มีประโยชน์ในโอกาสต่อไปอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้