สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547 ด้วยเงินรายได้คณะ

ประเภทส่งเสริมนักวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาระบบสแกนเพื่อการทำสัญลักษณ์ด้วยเลเซอร์

SCANNING SYSTEM DEVELOPMENT FOR LASER MARKING

โดย

นาย สุรชาติ กมลดิลก

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TK
4882
.S3
K8485

เลขหมู่ 58935
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 17 ก.พ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b 11248344
i

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้จะเป็นการพัฒนาเครื่องทำสัญลักษณ์บนวัตถุด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์กำลังต่ำ โดยการควบคุมชุดขับเคลื่อนด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมภาษาVisual C++ การส่งข้อมูลทำโดยผ่านพอร์ตขนานเพื่อการทำสัญลักษณ์ เช่น วงกลม สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This research presents the development of laser marking system using low power CO_2 laser. This machine is controlled by computer programming using Visual C++. Controlled data are send via parallel port to make the designated figure such as circle, rectangle and triangle so that CO_2 lasers system are used for marking.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความสนับสนุน ช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์ด้านการเงินจากคณะวิทยาศาสตร์โดยใช้เงินรายได้คณะ ประเภทส่งเสริมนักวิจัย ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินการ	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 หลักการเบื้องต้นของเลเซอร์	3
2.2 คุณสมบัติของลำแสงเซอร์	5
2.3 คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์	6
2.4 โครงสร้างและส่วนประกอบของระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ชนิดหลอดปิด	6
2.4.1 คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ชนิดหลอดปิด	6
2.4.2 อิเล็กโทรด	7
2.4.3 ระบบระบายความร้อนสำหรับเลเซอร์	7
2.4.4 แหล่งจ่ายไฟ	8
2.5 หัวตัดเลเซอร์	8
2.6 หลักการทำงานเบื้องต้นของสเต็ปปิงมอเตอร์	9
2.7 การทำสัญลักษณ์ด้วยเลเซอร์	11
2.8 ตัวแปรที่มีผลต่อการทำสัญลักษณ์ด้วยเลเซอร์	12
2.8.1 ระบบทางแสง	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 การทำสัญลักษณ์โลหะบางด้วยเลเซอร์	12
2.10 ผิวของวัสดุ	12
2.11 การประยุกต์ใช้เลเซอร์ในขบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม	13
2.12 ข้อดีของการทำสัญลักษณ์วัสดุด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์	13
2.13 ข้อจำกัดของการประยุกต์ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ในการตัดวัสดุ	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	15
3.1 การควบคุมระบบขับเคลื่อน	15
3.2 ระบบขับเคลื่อน	16
3.3 โครงสร้างสำหรับวางระบบขับเคลื่อน	17
3.4 การพัฒนาระบบขับเคลื่อน 2 แกน	18
3.5 หัวตัดของเลเซอร์	18
3.6 ชุดตัดแสงเลเซอร์	18
3.7 แผนผังแนวคิด	19
บทที่ 4 วิธีการทดลองและผลการทดลอง	21
4.1 วิธีการจัดแนวแสง	21
4.2 การทดลองเบื้องต้น	22
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	31
5.1 สรุปผลการทดลองและการดำเนินงาน	31
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	31
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา	31
เอกสารอ้างอิง	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 วิธีการขับสเต็ปปิงมอเตอร์ 5 เฟส	16
ตารางที่ 2 แสดงค่าที่บันทึกได้จากการทดลองบนแผ่นไม้และหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างระยะทางที่หัวตัดเลเซอร์เคลื่อนที่ได้จากการทดลองกับระยะทางตามที่กำหนดโดยโปรแกรม	27
ตารางที่ 3 แสดงค่าที่บันทึกได้จากการทดลองบนแผ่นอะคริลิกและหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างระยะทางที่หัวตัดเลเซอร์เคลื่อนที่ได้จากการทดลองกับระยะทางตามที่กำหนดโดยโปรแกรม	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 การเกิดประจากรผกผัน	3
รูปที่ 2.2 ตัวสั่นพ้องเชิงทัศน์ที่ประกอบด้วยกระจกเลเซอร์ 2 บาน	4
รูปที่ 2.3 หลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ชนิดหลอดปิด	7
รูปที่ 2.4 ระบบระบายความร้อนสำหรับคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์	7
รูปที่ 2.5 แหล่งจ่ายไฟ	8
รูปที่ 2.6 หัวตัดเลเซอร์	8
รูปที่ 2.7 กระจกเจอร์มาเนียมเคลือบด้วยทองซึ่งเอียงเป็นมุม 45 องศา	9
รูปที่ 2.8 สเต็ปปิงมอเตอร์	9
รูปที่ 2.9 ลักษณะการจ่ายไฟมอเตอร์แบบไบโพลาร์	10
รูปที่ 2.10 ลักษณะการจ่ายไฟมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์	10
รูปที่ 2.11 วงจรการจ่ายไฟให้กับสเต็ปมอเตอร์	11
รูปที่ 2.12 การทำสัญลักษณ์ (Marking) ด้วยเลเซอร์	11
รูปที่ 3.1 พอร์ตขนาน	15
รูปที่ 3.2 ระบบขับเคลื่อน (XY-Plotter)	16
รูปที่ 3.3 โครงสร้างของสเต็ปปิงมอเตอร์ 5 เฟส	16
รูปที่ 3.4 ไทม์มิงไดอะแกรมในการขับสเต็ปปิงมอเตอร์ 5 เฟส	17
รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบของโครงสร้าง	17
รูปที่ 3.6 เลนส์รวมแสงความยาวโฟกัส 5 เซนติเมตร ทำจากซิงค์ซีลีไนด์	18
รูปที่ 3.7 ชุดตัดแสงเลเซอร์	19
รูปที่ 3.8 แผนผังแนวคิดการเขียนโปรแกรมเพื่อทำสัญลักษณ์รูปวงกลม	19
รูปที่ 3.9 แผนผังแนวคิดการเขียนโปรแกรมเพื่อทำสัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยม	20
รูปที่ 3.10 แผนผังแนวคิดการเขียนโปรแกรมเพื่อทำสัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยม	20
รูปที่ 4.1 การจัดแนวแสง	21
รูปที่ 4.2 การทำสัญลักษณ์บนไม้รูปวงกลม	28
รูปที่ 4.3 การทำสัญลักษณ์บนไม้รูปสี่เหลี่ยม	28
รูปที่ 4.4 การทำสัญลักษณ์บนไม้รูปสามเหลี่ยม	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.5 การทำสัญลักษณ์บนอะคริลิกรูปวงกลม	30
รูปที่ 4.6 การทำสัญลักษณ์บนอะคริลิกรูปสี่เหลี่ยม	30
รูปที่ 4.7 การทำสัญลักษณ์บนอะคริลิกรูปสามเหลี่ยม	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานวิจัย

ปัจจุบันมีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ กันอย่างแพร่หลายในทางอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น เครื่องมือสำหรับตัดวัตถุด้วยเลเซอร์ หรือ ทำสัญลักษณ์บนวัตถุด้วยเลเซอร์ โดยการทำสัญลักษณ์บนวัตถุด้วยเลเซอร์ ซึ่งวิธีแบบเชิงกลเดิมที่มีอยู่นั้น ไม่สะดวกในการใช้งานและขาดความแม่นยำ จากปัญหาที่ผ่านมาการทำสัญลักษณ์บนวัตถุด้วยเลเซอร์แต่เดิมนั้นจะวางวัสดุที่ต้องการตัดอยู่บนแท่นรับของระบบขับเคลื่อน 2 แกน และยิงแสงเลเซอร์ออกมาจากด้านบน วัสดุจะเคลื่อนที่ไปตามแนวแกน X และแกน Y โดยการหมุนของมอเตอร์ซึ่งควบคุมทิศทางด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้มีขอบเขตในการตัดค่อนข้างจำกัด จึงเป็นที่มาของงานวิจัยและพัฒนาระบบการตัดวัสดุด้วยแสงเลเซอร์ ให้ส่วนหัวตัดของแสงเลเซอร์เป็นส่วนที่เคลื่อนที่โดยใช้การสะท้อนของแสงเลเซอร์จากกระจกที่เอียงทำมุม 45 องศา เพื่อให้แสงเลเซอร์พุ่งเข้าสู่หัวตัดซึ่งวางตั้งฉากกับระนาบของชิ้นงาน หัวตัดเลเซอร์จะถูกยึดติดกับระบบขับเคลื่อน 2 แกน ทำให้หัวตัดสามารถเคลื่อนที่ได้ ทางผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาเครื่องทำสัญลักษณ์นี้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อประโยชน์ในการไปใช้ในการพัฒนางานวิจัยต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการทำสัญลักษณ์บนวัตถุด้วยเลเซอร์
2. สร้างชุดทดลองสำหรับกระบวนการทำสัญลักษณ์บนวัตถุด้วยเลเซอร์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างชุดทดลองสำหรับกระบวนการทำสัญลักษณ์บนวัตถุด้วยเลเซอร์
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสามารถทำสัญลักษณ์บนวัตถุด้วยเลเซอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาและตั้งปัญหา พร้อมทั้งแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา
2. สร้างชุดทดลองสำหรับกระบวนการทำสัญลักษณ์บนวัตถุด้วยเลเซอร์
3. ทำการทดลองสำหรับกระบวนการทำสัญลักษณ์บนวัตถุด้วยเลเซอร์

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ในการศึกษาเกี่ยวกับสเต็ปปิงมอเตอร์
2. ได้รับความรู้ในการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบวงจรควบคุม
3. สามารถทำสัญลักษณ์บนวัตถุให้ได้รูปทรงเรขาคณิตเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

แสงเลเซอร์ที่เกิดจากระบบคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแสงเลเซอร์แบบต่อเนื่องที่มีความยาวคลื่น 10.6 ไมครอนโดยจะอยู่ในย่านอินฟราเรดซึ่งเป็นคลื่นความร้อนและเป็นแสงที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า มีคุณสมบัติในการตัด เจาะ เชื่อม หรือกรีดวัสดุได้

2.1 หลักการเบื้องต้นของเลเซอร์

องค์ประกอบที่สำคัญในการทำให้เกิดแสงเลเซอร์ มีดังนี้

1. วัสดุที่ต้องการกระตุ้นให้เกิดปล่อยแสงเลเซอร์(อาจจะเป็นของแข็ง,ของเหลว,แก๊สหรือสารประกอบ) ซึ่งเรียกว่า แอคทีฟมีเดียม
2. กระบวนการที่ทำให้เกิดประชากรผกผัน (Population inversion) ใน แอคทีฟมีเดียม กระบวนการนี้เรียกว่า การปั๊มเลเซอร์ (Laser pumping)

ถ้า N_o = จำนวนอะตอมที่ระดับพลังงาน E_o หรือ สถานะพื้น

N_i = จำนวนอะตอมที่ สถานะกระตุ้น

เมื่อ $N_i > N_o$ เรียกว่าเกิด Population inversion

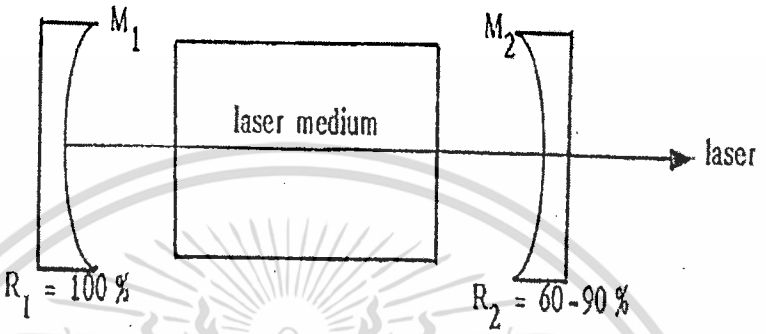
รูปที่ 2.1 การเกิดประชากรผกผัน

เมื่อ $N_i > N_o$ เรียกว่าเกิด ประชากรผกผัน(Population inversion) การปั๊มก็คือการให้พลังแก่อะตอมหรือโมเลกุลของ แอคทีฟมีเดียม เพื่อทำให้อะตอมหรือโมเลกุลถูกกระตุ้น (excited) จาก สถานะพื้น ไปยัง สถานะกระตุ้น ซึ่งมีหลายวิธี เช่น

- ใช้แสงปั๊มที่เรียกว่า "Optical pumping "
- ใช้ไฟฟ้า(Electrical discharge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตัวสั่นพ้องเชิงทัศน์ (Optical Resonator) เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการสะท้อนกลับไปมาของแสงภายในคาวิตีเพื่อเพิ่มขยาย(Amplify)ความเข้มของแสงจนสามารถปล่อยแสงเลเซอร์ออกมาได้ กระบวนการนี้จะเกี่ยวข้องกับกระจกเลเซอร์



รูปที่ 2.2 ตัวสั่นพ้องเชิงทัศน์ที่ประกอบด้วยกระจกเลเซอร์ 2 บาน

สำหรับ M_1 เป็นกระจกด้านหลังของเลเซอร์ซึ่งสะท้อนแสงเลเซอร์ได้ 100% (Reflectivity R_1= 100%)

สำหรับ M_2 เป็นกระจกหน้าหรือด้านที่ปล่อยให้ลำแสงเลเซอร์ออกจะสะท้อนแสงได้ประมาณ 60 – 90 % (R_2)

เมื่อจ่ายพลังงานให้แก่ แอคทีฟมีเดียม อะตอมหรือโมเลกุลของตัวกลางเลเซอร์จะถูกปั๊มหรือถูกกระตุ้นจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้นโดยที่อะตอมหรือโมเลกุลของตัวกลางเลเซอร์จะอยู่ที่สถานะกระตุ้นนี้ระยะเวลาหนึ่งจากนั้นอะตอมหรือโมเลกุลของตัวกลางเลเซอร์จะตกกลับสู่สถานะพื้นและจะมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งการปลดปล่อยโฟตอนแบบนี้เป็นการปลดปล่อยโฟตอนแบบเกิดขึ้นเอง(Spontaneous Emission) โดยที่โฟตอนบางตัวจะถูกปล่อยออกในทิศใด ๆ ก็ได้ คือบางตัวอาจจะออกมาทางด้านข้างซึ่งจะผ่านออกมาโดยเปล่าประโยชน์ แต่บางตัวจะมีทิศทางขนานกับแกนของตัวกลางเลเซอร์จะเข้าไปกระตุ้นอะตอมซึ่งอยู่ที่สถานะกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยโฟตอนโดยกระบวนการปลดปล่อยโฟตอนด้วยการถูกกระตุ้น (Stimulated Emission) จะเห็นว่าโดยวิธีนี้จำนวนโฟตอนจะถูกขยายเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากหลักการดังกล่าวข้างต้น กระจกเลเซอร์จะทำหน้าที่สะท้อนโฟตอนให้วิ่งกลับไปกลับมาระหว่างกระจก M_1 และ M_2 เพื่อทำให้เกิดการเพิ่มขยายจำนวนโฟตอน โดยวิธีขบวนการปลดปล่อยโฟตอนด้วยการถูกกระตุ้น (Stimulated emission) เมื่อผ่านตัวกลางเลเซอร์ จนกระทั่งถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดที่เกิดการสั่นของเลเซอร์ (Laser Oscillation) ลำแสงเลเซอร์ก็จะถูกปล่อยผ่านออกมาทางกระจก M_2 จะเห็นว่าโฟตอนที่ถูกสะท้อนจากกระจกเลเซอร์เข้าไปในตัวกลางเลเซอร์เพื่อทำให้เกิดกระบวนการปลดปล่อยโฟตอนด้วยการถูกกระตุ้น (Stimulated emission) ได้นั้น อะตอมหรือโมเลกุลของตัวกลางจะต้องอยู่ที่สถานะกระตุ้นอยู่แล้วในจำนวนที่มากกว่าจำนวนอะตอมหรือโมเลกุลที่ยังไม่ได้ถูกกระตุ้นนั่นคือ ตัวกลางอยู่ในสภาวะที่เกิดประชากรผกผันนั่นเอง

2.2 สมบัติของลำแสงเลเซอร์

สำหรับแหล่งกำเนิดแสงโดยทั่วไปมีสมบัติดังนี้

1. แสงโดยทั่วไปเกิดจากอะตอมปล่อยโฟตอนแต่ละตัวจะมีเฟสต่างกัน ลำแสงจึงไม่เสริมกันและลำแสงโดยทั่วไปจะลู่ออก (Diverge) ทำให้ความเข้มของแสงลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งหายไปเมื่อเดินทางเป็นระยะทางไม่ไกลนัก
2. แสงโดยทั่วไปจะมีหลายความถี่หรือหลายความยาวคลื่นหรือหลายสี และถึงแม้จะทำให้เป็นแสงที่มีความถี่เดียว เช่น ใช้ฟิลเตอร์กรองแสงแต่ละโฟตอนของแสงสีเดียวกันก็ยังมีเฟสต่างกันดังนั้นต้นกำเนิดแสงโดยทั่วไปจึงไม่เป็นโคฮีเรนซ์หรือมีความเป็นโคฮีเรนซ์น้อยมาก

สำหรับแสงเลเซอร์มีสมบัติดังนี้

1. **Directionality** คือมีทิศทางเดียวที่แน่นอน ซึ่งจากไดอะแกรมของเลเซอร์ในรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าลำแสงเลเซอร์จะมีทิศอยู่ในแนวแกนของ ตัวกลางเลเซอร์ หรือท่อที่บรรจุเท่านั้น
2. **Monochromatically** หมายถึงเลเซอร์เป็นแสงที่มีความถี่เดียว
3. **Coherence** การที่แสงเลเซอร์มีความเป็นอาพันธ์สูงมากเนื่องจากว่าแสงเลเซอร์มีความถี่เดียวและทุกโฟตอนมีเฟสเดียวกัน ดังนั้นลำแสงเลเซอร์จะถูกปล่อยออกมาเป็นลำแสงขนานกับแกนของตัวกลางเลเซอร์ลำแสงเลเซอร์จึงสามารถเดินทางได้เป็นระยะไกล ๆ โดยที่ลำแสงจะบานออกน้อยมาก
4. **Brightness** แสงเลเซอร์เป็นแสงที่มีความสว่างสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์

คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์โดยแท้จริงแล้วเป็นเลเซอร์ซึ่งได้จากส่วนผสมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) และฮีเลียม(He)องค์ประกอบสำคัญในการทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ซึ่งการจะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์จะต้องอาศัยองค์ประกอบหลักที่สำคัญ 3 อย่างคือ

1. สารตัวกลางเลเซอร์ เป็นสารที่ต้องสามารถทำให้เกิดสภาวะประชากรผกผัน และสภาวะการปลดปล่อยด้วยการถูกกระตุ้น (stimulated emission) ได้ ซึ่งในที่นี้คือแก๊สผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ไนโตรเจน(N_2) และฮีเลียม(He)
2. กระจกเลเซอร์ (Laser mirror) จะมีสองชิ้น คือ กระจกเลเซอร์ด้านหน้าที่สร้างจากวัสดุที่ไม่ดูดกลืนพลังงานของเลเซอร์ ได้แก่ ซิงค์ซีลีไนด์ (ZnSe) มีเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงเลเซอร์อยู่ระหว่าง 65 - 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกระจกเลเซอร์ด้านหลังมีเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงเลเซอร์ที่ความยาวคลื่น 0.6μm ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ สร้างจากเจอร์มาเนียม(Ge) ที่เคลือบด้วยทองคำ
3. แหล่งพลังงานสำหรับกระตุ้นตัวกลางเลเซอร์ (Laser power supply) เพื่อทำให้เกิดสภาวะประชากรผกผัน(Population inversion) และ ขบวนการปลดปล่อยด้วยการถูกกระตุ้น (Stimulated emission) โดยทั่วไปแล้วสามารถทำได้หลายแบบ แต่สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะใช้แหล่งจ่ายไฟ (Powersupply) ซึ่งมีค่าความต่างศักย์ 15 กิโลโวลต์ มาใช้ในการกระตุ้นตัวกลางเลเซอร์

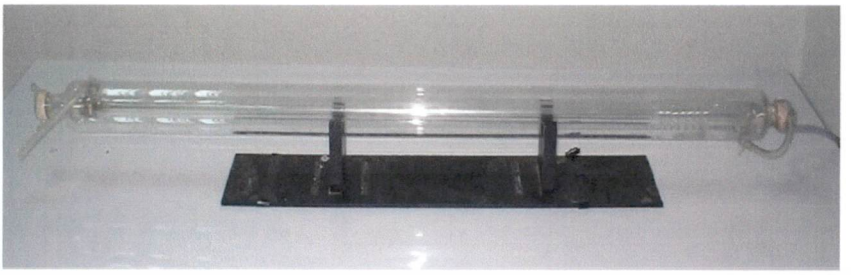
2.4 โครงสร้างและส่วนประกอบของระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ชนิดหลอดปิด

มีส่วนประกอบต่างๆดังนี้

2.4.1 คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ชนิดหลอดปิด

สำหรับหลอดเลเซอร์แบบปิดจะเป็นหลอดที่กระจกเลเซอร์ติดถาวรและมีการเติมแก๊สอยู่ภายในหลอดเรียบร้อยแล้วซึ่งแก๊สนี้เป็นแก๊สผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน และฮีเลียม ด้วยอัตราส่วน 10: 10:80 ที่ความดันของแก๊ส 15 Torr [the laser guide book]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



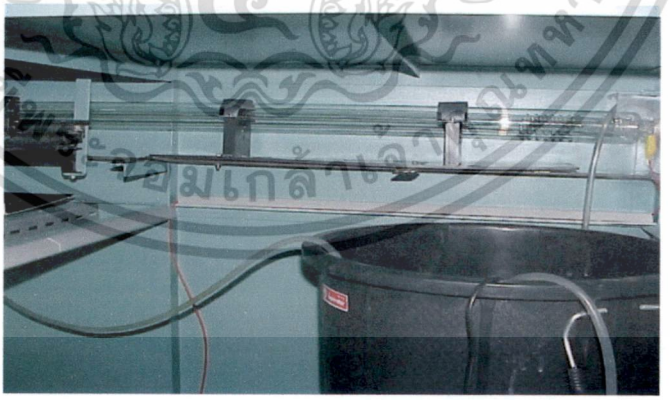
รูปที่ 2.3 หลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ชนิดหลอดปิด

2.4.2 อิเล็กโทรด

เป็นขั้วไฟฟ้าสำหรับป้อนสนามไฟฟ้าแรงสูงที่ใช้กระตุ้นสารตัวกลางเลเซอร์ ซึ่งจะมีสองขั้ว แต่ละขั้วจะมีส่วนประกอบสองชิ้นคือ แท่งทังสเตนและวงแหวนอลูมิเนียมซึ่งสามารถกระจายความร้อนได้ดี โดยเส้นผ่าศูนย์กลางจะใหญ่กว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณทำงาน เพื่อไม่ให้บังแนวแสงเพราะวงแหวนอลูมิเนียมจะใส่ไว้ภายในบริเวณทำงานซึ่งเป็นบริเวณที่แสงสะท้อนกลับไปกลับมาผ่านสารตัวกลางเลเซอร์ ส่วนแท่งทังสเตนจะเป็นทางผ่านของกระแสไฟฟ้าจากภายนอกตัวหลอดไปถึงวงแหวนอลูมิเนียมซึ่งจะผ่านหลอดแก้วชั้นนอกซึ่งเป็นส่วนระบายความร้อน

2.4.3 ระบบระบายความร้อนสำหรับหลอดเลเซอร์

ถังน้ำเย็นขนาดบรรจุน้ำ 150 ลิตร โดยน้ำเย็นจากถังน้ำจะถูกปั๊มผ่านท่อยางเพื่อไประบายความร้อนออกจากเลเซอร์โดยการส่งผ่านน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ เข้าไปนำพาความร้อนที่เกิดขึ้นภายในหลอดเลเซอร์เพื่อให้อุณหภูมิภายในหลอดเลเซอร์ไม่สูงจนเกินไป

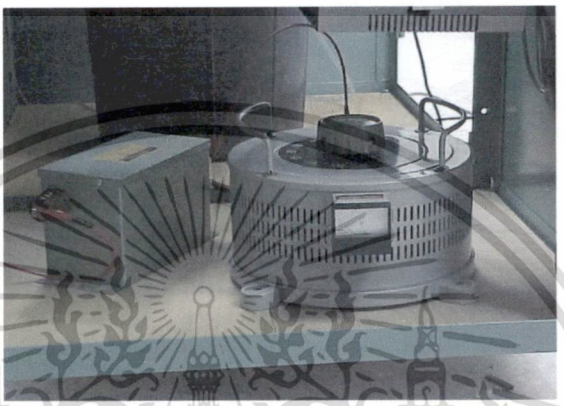


รูปที่ 2.4 ระบบระบายความร้อนสำหรับคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
58935

2.4.4 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ลักษณะการจ่ายไฟให้กับเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์โดยมีแหล่งจ่ายไฟทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับขั้วแคโทด(cathode) แอโนด(anode) และควบคุมแหล่งจ่ายไฟโดยใช้วาริแอกเป็นตัวปรับแรงดันไฟฟ้าสามารถให้แรงดันไฟฟ้าได้ถึง 15 กิโลโวลต์



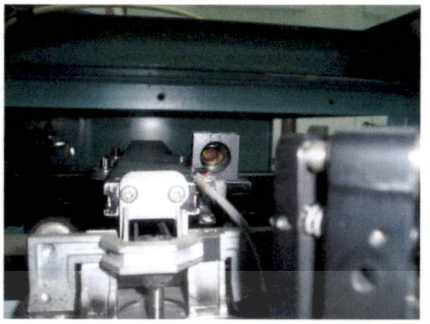
รูปที่ 2.5 แหล่งจ่ายไฟ

2.5 หัวตัดของเลเซอร์ (Laser Cutting Head)

แสงเลเซอร์จะถูกบังคับให้ผ่านเข้าไปในท่ออลูมิเนียมในแนวขนานกับหลอดเลเซอร์แล้วไปสะท้อนที่กระจกเจอร์มาเนียมเคลือบด้วยทองซึ่งเอียงเป็นมุม 45 องศา แสงจะสะท้อนผ่านเข้าไปในท่ออลูมิเนียมต่อไปในแนวดิ่งแล้วถูกโฟกัสโดยเลนส์รวมแสงซึ่งทำด้วยซิงค์ซีลีไนด์ (ZnSe) มีความยาวโฟกัส 5 เซนติเมตร สำหรับตำแหน่งของเลนส์ได้ออกแบบให้สามารถปรับขึ้นลงได้ในแนวดิ่งเพื่อปรับจุดโฟกัสของลำแสงเลเซอร์

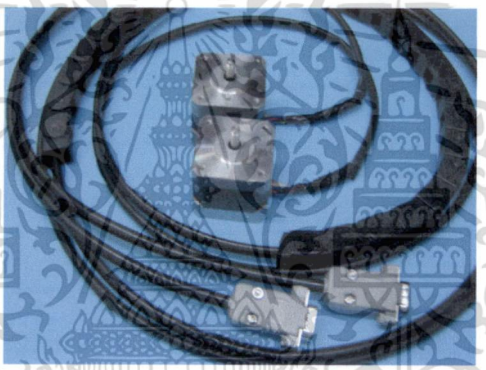
รูปที่ 2.6 หัวตัดของเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 กระจกเจอร์มาเนียมเคลือบด้วยทองซึ่งเอียงเป็นมุม 45 องศา

2.6 หลักการทำงานเบื้องต้นของสเต็ปปิงมอเตอร์ (Principle operation of stepping motor)



รูปที่ 2.8 สเต็ปปิงมอเตอร์

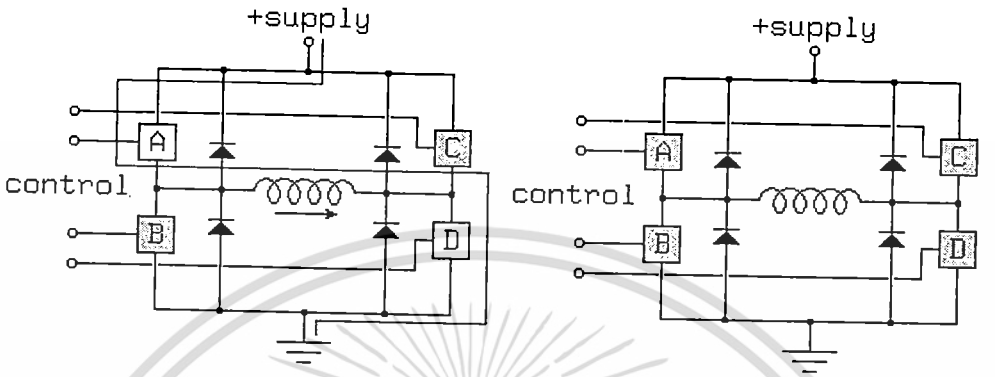
สเต็ปปิงมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะเมื่อเราป้อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ทำให้หมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุด ซึ่งต่างจากมอเตอร์ทั่วไปที่จะหมุนทันทีและตลอดเวลาเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าข้อดีของสเต็ปปิงมอเตอร์ สามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนด้วยตัวเลข(องศาหรือระยะทาง) ได้อย่างละเอียดโดยใช้คอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม สเต็ปปิงมอเตอร์สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.6.1 ชนิดไบโพลาร์

จะมีการพันขดลวดหนึ่งขด(จะกี่รอบก็แล้วแต่ลักษณะการใช้งาน)ในแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ โดยขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่สแตเตอร์จะถูกกำหนดโดยทิศทางของการไหลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

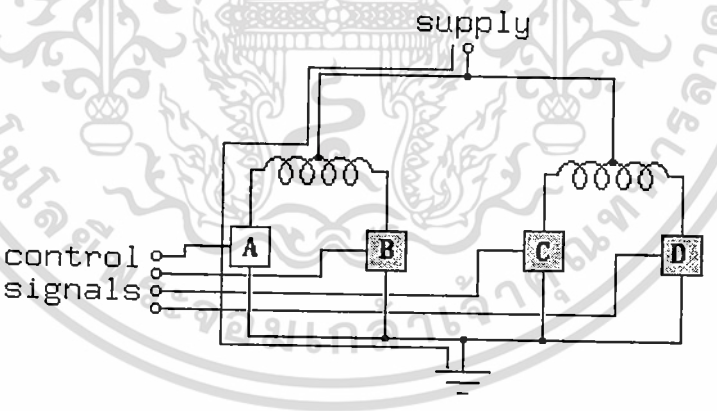
กระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้เพียงการกลับทิศทางของการไหลในกระแสไฟฟ้า โดยมาจากการควบคุมของวงจรสวิทช์ซึ่งให้กับขั้วไฟฟ้า



รูปที่ 2.9 ลักษณะการจ่ายไฟมอเตอร์แบบไบโพลาร์

2.6.2 ชนิดยูนิโพลาร์

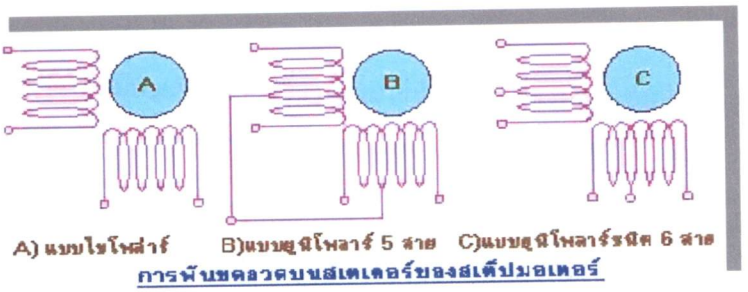
แบบนี้มี 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ทำให้แต่ละขดลวดเกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้าม เช่น การกลับทิศทางขั้วแม่เหล็กทำได้โดยใช้วงจรสวิทช์ซึ่งให้สลับขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่ง



รูปที่ 2.10 ลักษณะการจ่ายไฟมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์

การพันขดลวดทั้ง 2 แบบที่กล่าวมา แบบยูนิโพลาร์จะทำให้เกิดแรงบิดน้อยกว่าแบบไบโพลาร์ สังเกตดูจากสายไฟที่ต่อมาจากตัวสเต็ปมอเตอร์ซึ่งแบบไบโพลาร์จะมี 4 สาย ส่วนเป็นแบบยูนิโพลาร์จะมี 5 สายหรือ 6 สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 วงจรการจ่ายไฟให้กับสเต็ปมอเตอร์

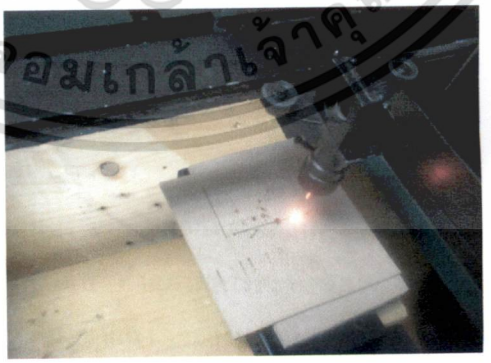
2.7 การทำสัญลักษณ์ด้วยเลเซอร์ (Laser Marking)

การทำสัญลักษณ์เป็นสิ่งที่ต้องการในการทำวัสดุให้เหมือนกันทุกอย่าง, ข่าวสารของผลิตภัณฑ์หรือการป้องกันการโจรกรรม เมื่อสิ่งเหล่านี้ถูกทำสัญลักษณ์ที่เล็กและเบาบางซึ่งจะถูกทำด้วยความเร็วสูง และบริเวณนั้นต้องไม่มีการทำรอยต่อหรือการปนเปื้อนของสารเคมีจากน้ำหมึกซึ่งจะทำให้ไม่สามารถทำสัญลักษณ์ได้ เลเซอร์จึงถูกนำมาใช้ในเทคนิคนี้มากที่สุด

วิธีทั่วไปในการทำสัญลักษณ์ด้วยเลเซอร์ มี 3 ข้อดังต่อไปนี้

1. การทำแม่พิมพ์หรือการแกะสลัก (Engraving)
2. การทำสัญลักษณ์แบบดอทเมทริกซ์ (Dot matrix marking)
3. การทำภาพหน้ากาก (Mask imaging)

การทำสัญลักษณ์ด้วยเลเซอร์นี้จะคล้ายกับการแกะสลักทางกลศาสตร์ ในที่นี้เลเซอร์จะถูกใช้เป็น “ไมโคร-มิลลิ” (micro-milli) เพื่อทำร่องลงบนชิ้นงาน ในกระบวนทั่วไปเลเซอร์จะทำให้ชิ้นงานเกิดการระเหิดและหลุดออกไปเป็นร่องไอเนื่องจากความร้อนซึ่งมีความกว้างประมาณ 12 ไมโครเมตรถึง 1 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.12 การทำสัญลักษณ์ (Marking) ด้วยเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ตัวแปรที่มีผลต่อการทำสัญลักษณ์ด้วยเลเซอร์

เนื่องจากที่มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องมากมายทำให้ค่าไม่คงที่ตามทฤษฎีนอกเหนือจากขนาดของกำลังเลเซอร์ที่ใช้และสมบัติต่างๆของวัสดุที่มีผลต่อการทำสัญลักษณ์ด้วยเลเซอร์แล้ว ยังมีตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

2.8.1 ระบบทางแสง (Optical System)

ระบบทางแสงสำหรับเลเซอร์ที่มีผลต่อการตัดวัสดุ ได้แก่

2.8.1.1 การออกแบบเลเซอร์คาวิตี้ ซึ่งเป็นตัวกำหนดการกระจายของลำแสง และยังมีผลต่อขนาดของลำแสงที่ออกจากเอาท์พุทก่อนที่จะถูกโฟกัสด้วยเลนส์ที่ใช้ในการรวมแสงให้ไปตกบนชิ้นงานที่ต้องการตัด

2.8.1.2 การโฟกัส ได้แก่ ความลึกของระยะโฟกัส ขนาดของจุดโฟกัส และตำแหน่งจุดโฟกัส

2.9 การทำสัญลักษณ์โลหะบางด้วยเลเซอร์

ในกระบวนการตัดโดยใช้ลำแสงเลเซอร์จะพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นบางประการ เช่น การเพิ่มพลังงานของแสงเลเซอร์ให้พอเหมาะ แต่ปัญหาที่สำคัญที่เกิดขึ้นนั้นเนื่องมาจากการประพฤติตัวของวัสดุที่นำมาใช้ในการตัดทำให้ยากแก่การทำนายผลโดยทั่วไปเมื่อแสงเลเซอร์ถูกโฟกัสลงบนชิ้นงานจะเกิดการก่อตัวของพลาสมา (สภาวะที่ของเหลวและก๊าซอยู่รวมกัน) ขึ้นที่ชิ้นงานอย่างรวดเร็ว การใช้เลเซอร์ในการทำสัญลักษณ์จะเกิดจากการลากแสงเลเซอร์ให้เป็นรูปร่างตามต้องการ หลังจากการลากผ่านของลำแสงเลเซอร์จะมีความร้อนจำนวนมากตกค้างอยู่ ซึ่งมีผลอย่างมากในกระบวนการทางโลหะ ในทันทีที่แสงเลเซอร์วิ่งผ่านชิ้นงานจะอยู่ในสภาพไม่สมดุลทางความร้อน การที่จะได้ผลการทำสัญลักษณ์ที่ดีต้องพยายามกำจัดสภาวะนี้ออกไปซึ่งคือการดึงเอาความร้อนที่ตกค้างออกจากชิ้นงานให้เร็วที่สุด การแก้ปัญหานี้เป็นเรื่องที่ซับซ้อนซึ่งไม่สามารถใช้การคำนวณแก้ไขได้ จำเป็นต้องใช้การคาดคะเนจากผลการทดลองและข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง

2.10 ผิวของวัสดุ (Material Surfaces)

ผิวของวัสดุเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการดูดกลืนลำแสงตกของเลเซอร์ทั้งนี้ผิวของวัสดุแต่ละชนิดจะสะท้อนแสงเลเซอร์ต่างกับ ค่าสภาพการสะท้อนแสง (reflectivity) ของโลหะเกือบทุกชนิดจะเพิ่มขึ้นตามความยาวคลื่นของแสง จะเห็นว่าเมื่อความยาวคลื่นมาก โลหะเกือบทุกชนิดให้ค่าสภาพการสะท้อนแสงมาก ซึ่งที่ความยาวคลื่นมากค่าสภาพการสะท้อนแสงจะขึ้นกับสภาพนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ดังนั้นโลหะที่มีค่าสภาพนำไฟฟ้าสูงจะสะท้อนแสงในย่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินฟราเรดได้ดี นั่นคือทองคำจะสะท้อนแสงในย่านอินฟราเรดได้ดีกว่าอะลูมินั่มและอะลูมินั่มจะสะท้อนได้ดีกว่าเหล็กเป็นต้น

2.11 การประยุกต์ใช้เลเซอร์ในขบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม (Laser Processing)

การประยุกต์ใช้เลเซอร์ในขบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมหมายถึง อุตสาหกรรมด้านต่างๆซึ่งสามารถใช้เลเซอร์กระทำต่อชิ้นงานแล้วทำให้เนื้อวัสดุเกิดการหลอม (melting) หรือถูกทำให้หายไป (removal) ไป เช่น การระเหยกลายเป็นไอ การประยุกต์ใช้เลเซอร์ในขบวนการผลิตที่เป็นไปได้ ได้แก่ การเชื่อม, การเจาะรู, การตัด, การอบผิวด้วยความร้อน, การสกัด, การขลิบหรือแต่ง, การกรีด, การเขียน, การพอกผิวแข็งและการเตรียมโลหะผสม เป็นต้น

อย่างไรก็ตามในโครงการวิจัยนี้จะทดสอบการทำงานของระบบเลเซอร์เฉพาะการทำสัญลักษณ์เท่านั้น เพราะว่าการทำสัญลักษณ์และการเจาะมีหลักการเดียวกัน

2.12 ข้อดีของการทำสัญลักษณ์วัสดุด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์

1. ในการทำสัญลักษณ์ไม่มีการสัมผัสของหัวเลเซอร์กับชิ้นงานดังนั้นหลีกเลี่ยงความไม่บริสุทธิ์ของชิ้นงานที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเสียดสีสัมผัส นอกจากนั้นในการทำสัญลักษณ์วัสดุที่ยืดหยุ่นได้ง่าย เช่น ผ้าและยาง จะได้รอยตัดที่แน่นอนไม่บิดเบี้ยวเหมือนการตัดด้วยวิธีธรรมดา เช่น การใช้มีด
2. ไม่มีการสึกหรอของชิ้นงาน
3. รอยทำสัญลักษณ์ด้วยเลเซอร์จะคมมาก ดังนั้นขอบของชิ้นงานจะเรียบมาก หลังจากตัดแล้วไม่ต้องมาขัดหรือเจียผิวรอยทำสัญลักษณ์ดังเช่น การทำสัญลักษณ์ด้วยเลื่อยหรือแก๊สที่ใช้กันอยู่ทั่วไป
4. ความร้อนจากเลเซอร์ที่ใช้ในการทำสัญลักษณ์วัสดุจะไม่ทำให้เนื้อวัสดุบริเวณใกล้เคียงของรอยทำสัญลักษณ์เสียรูปหรือบิดเบี้ยวคดงอเนื่องจากความร้อน
5. วัสดุที่มีความแข็งหรือความยากในการทำสัญลักษณ์ สามารถตัดได้โดยง่ายโดยเลเซอร์
6. ไม่มีเศษผงหรือเศษวัสดุหลงเหลือเนื่องจากการทำสัญลักษณ์และปัจจุบันเครื่องเลเซอร์ทำงานได้ด้วยระบบอัตโนมัติ ดังนั้นจึงง่ายต่อการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 ข้อจำกัดของการประยุกต์ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ในการตัดวัสดุ

1. ราคาของเครื่องเลเซอร์ค่อนข้างแพงมาก จึงยากต่อการลงทุน
2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงกว่าวิธีธรรมดา
3. ต้องการบุคลากรที่มีความรู้ทางด้านเลเซอร์ดีพอ ในการบำรุงดูแลรักษาเครื่องให้ใช้งานได้ตลอดเวลา

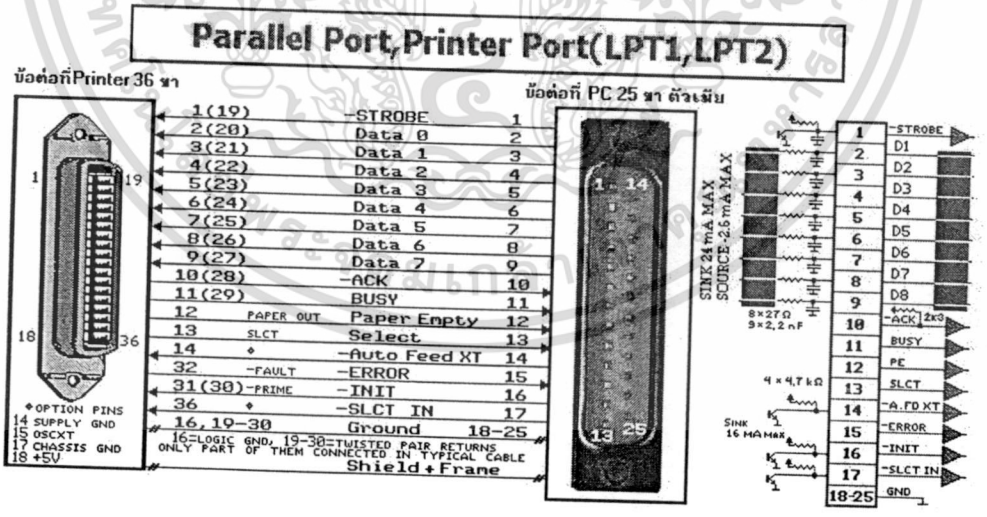
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

เดิมในการทำสัญลักษณ์ชิ้นงานนั้น แสงเลเซอร์ที่ออกมาจะอยู่กับที่และชิ้นงานจะถูกทำให้เคลื่อนที่ แต่ในงานวิจัยนี้จะให้แสงเลเซอร์ที่ออกมาจะเคลื่อนที่และชิ้นงานจะอยู่กับที่โดยแสงเลเซอร์นั้นจะถูกควบคุมโดยการติดตั้งกระจกสะท้อนและหัวตัดของเลเซอร์ไว้ที่ระบบขับเคลื่อนเพื่อให้แสงเลเซอร์ที่ออกมาสะท้อนกระจกเข้าไปยังหัวตัดของเลเซอร์และแสงเลเซอร์นั้นจะถูกโฟกัสลงไปบนชิ้นงานเพื่อทำสัญลักษณ์ตามที่ต้องการ ด้วยวิธีนี้จะทำให้พื้นที่ในการทำงานของหัวตัดเลเซอร์เพิ่มมากขึ้นและในงานวิจัยนี้ยังได้จัดทำในส่วนของการออกแบบวงจรและสร้างชุดควบคุมระบบขับเคลื่อน(XY-Plotter)

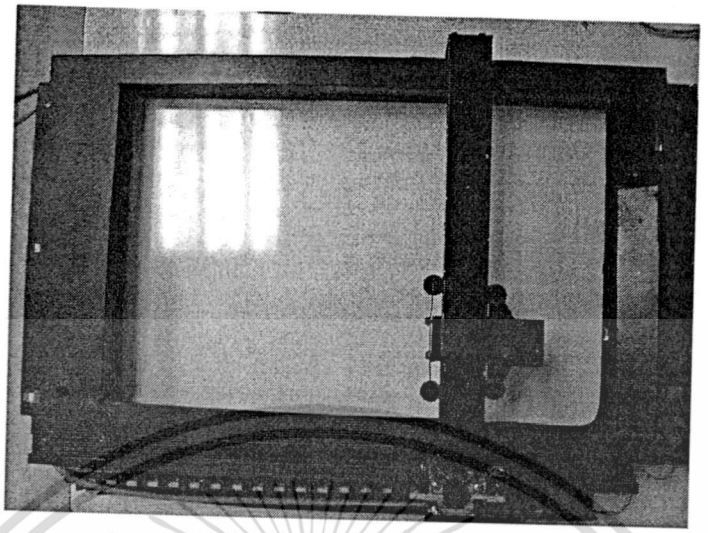
3.1 การควบคุมระบบขับเคลื่อน

ส่วนควบคุมระบบขับเคลื่อนประกอบด้วยส่วนที่เป็น Hardware และ Software โดยส่วนของ Hardwareประกอบไปด้วยพอร์ตขนาน(Parallel Port), IC 74HCT573, Opto 4N25, IRF 510, รีเลย์ 12 โวลต์,มอเตอร์ 5 เฟส, ระบบขับเคลื่อน (Plotter) X-Y และส่วนของ Software นั้นใช้โปรแกรมภาษา Visual C++ ในการควบคุมระบบขับเคลื่อน



รูปที่ 3.1 พอร์ตขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ระบบขับเคลื่อน (XY-Plotter)

3.2 ระบบขับเคลื่อน

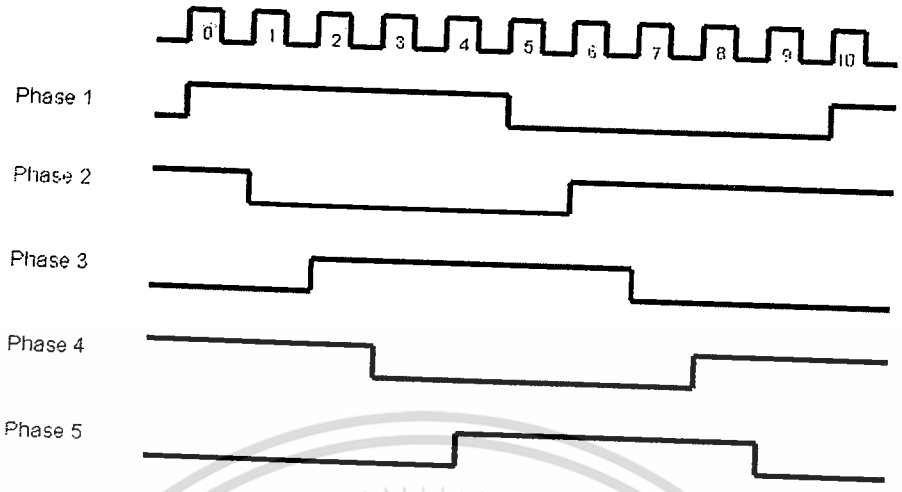
ระบบขับเคลื่อนจะถูกควบคุมจากโปรแกรมควบคุมสเต็ปปิงมอเตอร์จากคอมพิวเตอร์ โดยส่งผ่านพอร์ตขนานเข้าสู่วงจรควบคุมสเต็ปปิงมอเตอร์

รูปที่ 3.3 โครงสร้างของสเต็ปปิงมอเตอร์ 5 เฟส

ตารางที่ 1 วิธีการขับสเต็ปปิงมอเตอร์ 5 เฟส

Phase/Step	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	บวก	บวก	บวก	บวก	บวก	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ
2	บวก	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ	บวก	บวก	บวก	บวก
3	ลบ	ลบ	บวก	บวก	บวก	บวก	บวก	ลบ	ลบ	ลบ
4	บวก	บวก	บวก	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ	บวก	บวก
5	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ	บวก	บวก	บวก	บวก	บวก	ลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

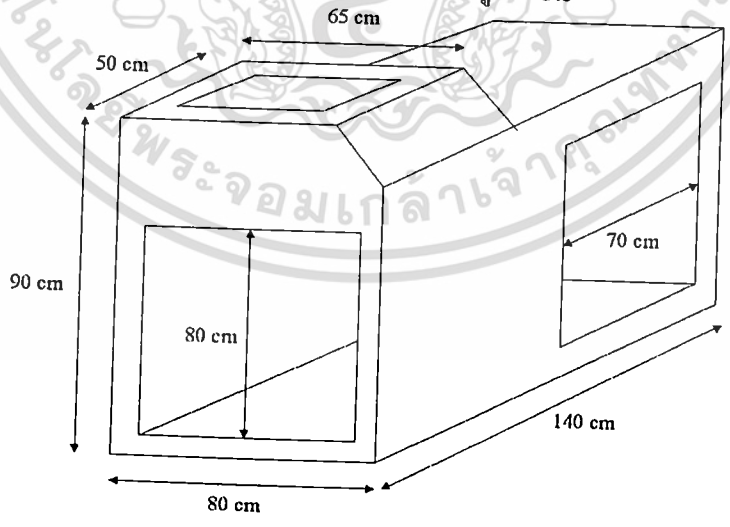


รูปที่ 3.4 ไทม์มิงไดอะแกรมในการขับสเต็ปปิงมอเตอร์ 5 เฟส

ลักษณะการขับสเต็ปปิงมอเตอร์ที่ใช้มีค่า 0.72 องศาต่อหนึ่งสเต็ป ดังนั้นถ้าต้องการให้สเต็ปปิงมอเตอร์หมุนครบหนึ่งรอบ (ครบ 360 องศา) จะต้องขับสเต็ปปิงมอเตอร์จำนวน 500 สเต็ป

3.3 โครงสร้างสำหรับวางระบบขับเคลื่อน

โครงสร้างนี้ทำจากเหล็กฉากนำมาตัดให้ได้ขนาดตามต้องการหลังจากนั้นนำมาเชื่อมต่อกันให้ได้ตามแบบที่เตรียมไว้เนื่องจากโครงเหล็กนี้มีความสูงพอสมควรเมื่อระบบขับเคลื่อนในขณะที่ทำสัญลักษณ์จะทำให้โครงเหล็กสั่น ทำให้การตัดออกมาไม่ดีจึงทำการเสริมเหล็กด้านข้างเพื่อไม่ให้โครงเหล็กสั่น ซึ่งโครงเหล็กที่ออกแบบไว้เป็นดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบของโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การพัฒนาระบบขับเคลื่อน 2 แกน

ในตอนแรกจะวางวัสดุที่ต้องการทำสัญลักษณ์อยู่บนแท่นรับของระบบขับเคลื่อน 2 แกน และยิงแสงเลเซอร์ออกมาจากด้านบน วัสดุจะเคลื่อนที่ไปตามแนวแกน X และแกน Y โดยการหมุนของมอเตอร์ซึ่งควบคุมทิศทางด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้มีขอบเขตในการตัดค่อนข้างจำกัด จึงเป็นที่มาของงานวิจัยและการพัฒนาระบบการทำสัญลักษณ์วัสดุด้วยแสงเลเซอร์โดยให้ส่วนหัวตัดของแสงเลเซอร์เป็นส่วนที่เคลื่อนที่โดยใช้การสะท้อนของแสงเลเซอร์จากกระจกที่เอียงทำมุม 45 องศา เพื่อให้แสงเลเซอร์วิ่งเข้าสู่หัวตัดซึ่งวางตั้งฉากกับระนาบของชิ้นงาน หัวตัดเลเซอร์จะถูกยึดติดกับระบบขับเคลื่อน 2 แกน ทำให้หัวตัดสามารถวิ่งได้เป็นพื้นที่กว้างกว่าเดิม โดยที่การออกแบบให้หัวตัดเลเซอร์เคลื่อนที่นี้จะทำให้หัวตัดเลเซอร์เคลื่อนที่ได้พื้นที่ประมาณ 0.75 ตารางเมตร

3.5 หัวตัดของเลเซอร์ (Laser Cutting Head)

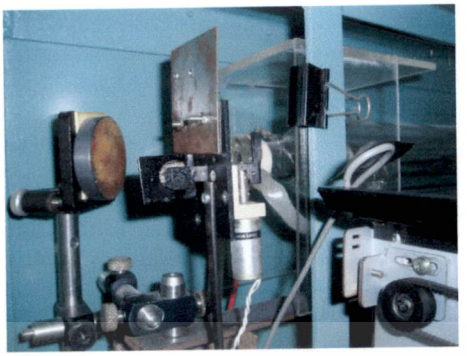
แสงเลเซอร์จะถูกบังคับให้ผ่านเข้าไปในท่ออลูมิเนียมในแนวขนานกับหลอดเลเซอร์แล้วไปสะท้อนที่กระจกเยอรมันเนียมเคลือบทองซึ่งเอียงเป็นมุม 45 องศา เลเซอร์จะสะท้อนผ่านเข้าไปในท่ออลูมิเนียมต่อไปในแนวดิ่งแล้วถูกรวมแสงโดยเลนส์รวมแสงซึ่งทำด้วยซิงค์ซีลีไนด์ มีความยาวโฟกัส 5 เซนติเมตร สำหรับตำแหน่งของเลนส์ได้ออกแบบให้สามารถปรับขึ้นลงได้ในแนวดิ่งเพื่อปรับจุดโฟกัสของลำแสงเลเซอร์

รูปที่ 3.6 เลนส์รวมแสงความยาวโฟกัส 5 เซนติเมตร ทำจากซิงค์ซีลีไนด์

3.6 ชุดตัดแสงเลเซอร์ (Shutter)

เป็นชุดตัดแสงเลเซอร์ทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวเปิด-ปิด แสงเลเซอร์ในการทำสัญลักษณ์ ซึ่งมีตัวควบคุมชุดตัดแสงเลเซอร์ด้วยรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

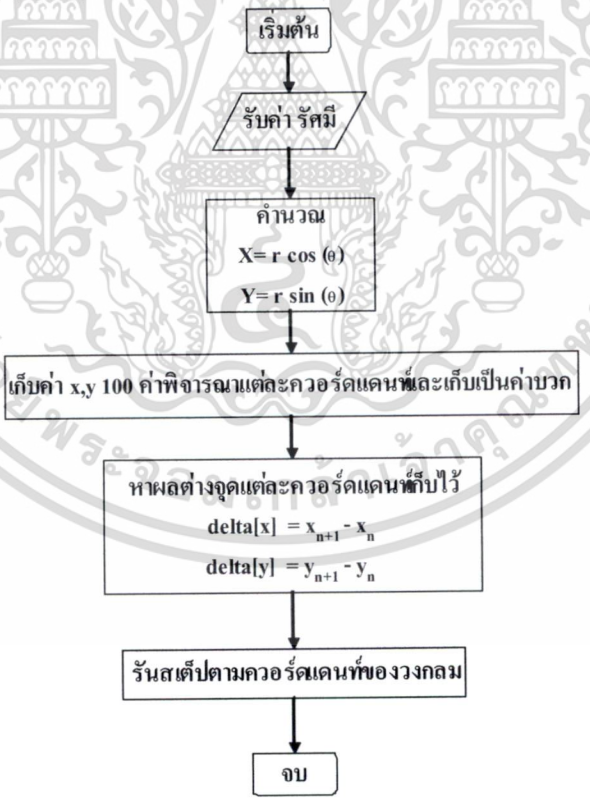


รูปที่ 3.7 ชุดตัดแสงเลเซอร์

3.7 แผนผังแนวคิด (Flow Chart)

ก่อนการเขียนโปรแกรมจะต้องมีการเขียนแผนผังแนวคิดก่อนเสมอ ในงานวิจัยนี้จะมีการเขียนแผนผังแนวคิดเพื่อให้เครื่องทำสัญลักษณ์ที่สร้างขึ้นสามารถวาดรูปเรขาคณิตอย่างง่ายได้ ซึ่งรูปทรงที่วาดได้คือวงกลม สามเหลี่ยม และสี่เหลี่ยม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

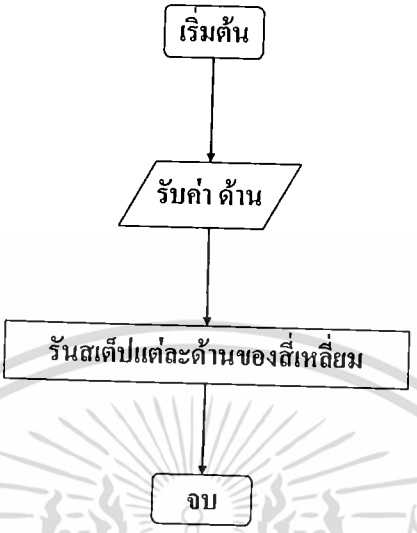
3.7.1 วงกลม



รูปที่ 3.8 แผนผังแนวคิดการเขียนโปรแกรมเพื่อทำสัญลักษณ์รูปวงกลม

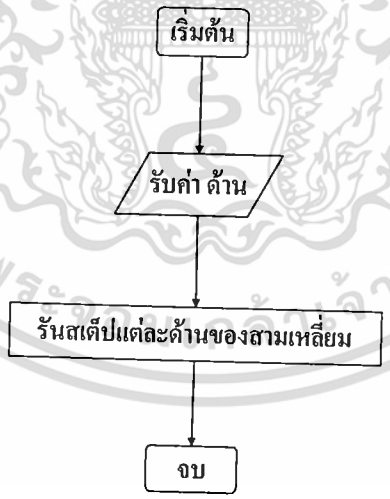
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 สี่เหลี่ยม



รูปที่ 3.9 แผนผังแนวคิดการเขียนโปรแกรมเพื่อทำสัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยม

3.7.3 สามเหลี่ยม



รูปที่ 3.10 แผนผังแนวคิดการเขียนโปรแกรมเพื่อทำสัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

หลังจากได้ออกแบบและทำการประกอบระบบต่างๆที่จะใช้ในการทดลองทำสัญลักษณ์บนวัสดุด้วยเลเซอร์แล้ว ต่อจากนั้นจะเป็นขั้นตอนของการทดสอบเครื่องมือและทำการทดลองเบื้องต้น

4.1 การจัดแนวแสง (Alignment)

ทำการจัดแนวแสง ให้แสงเลเซอร์ตกลงบนจุดโฟกัสที่ผิววัสดุ ซึ่งในการทดลองได้ใช้เลเซอร์ไดโอดจัดแนวแสงแบบหยาบๆก่อนเพื่อให้แน่ใจว่าลำแสงจากคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์จะไม่หลุดไปจากแนวกระจกมาก จากนั้นทำการเปิดสวิทช์และหมุนวาริแอกไปประมาณ 200 โวลต์ เพื่อให้เลเซอร์ทำงาน เมื่อลำแสงออกมาแล้วทำการจัดแนวแสงอีกครั้งแล้วใช้แผ่นกระดาษบังบริเวณหน้ากระจกสะท้อนเพื่อทำการปรับให้ลำแสงเข้าที่จุดโฟกัสพอดี

รูปที่ 4.1 การจัดแนวแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองเบื้องต้น

จุดประสงค์

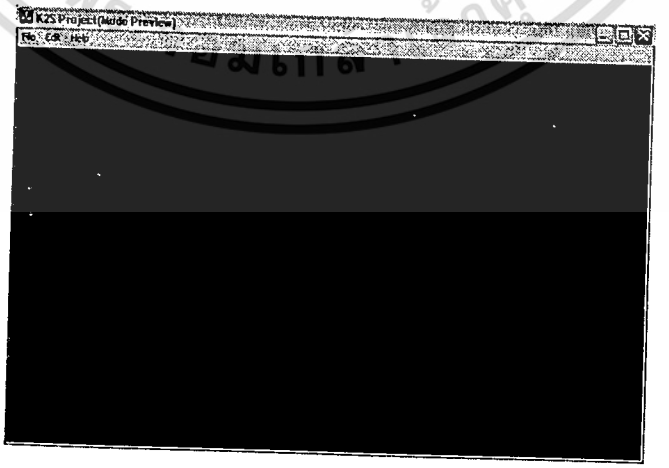
1. เพื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะทางที่หัวตัดเลเซอร์เคลื่อนที่ได้กับระยะทางตามที่โปรแกรมกำหนด
2. เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างระยะทางที่หัวตัดเลเซอร์เคลื่อนที่ได้กับระยะทางตามที่โปรแกรมกำหนด
3. เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการทำสัญลักษณ์ของวัสดุทั้งสองชนิดคือ ไม้และอะคริลิก

วิธีการทดลอง

1. เตรียมแผ่นชิ้นงานที่ใช้ทำการทดลอง ได้แก่ แผ่นไม้และแผ่นอะคริลิก
2. วางชิ้นงานลงบนแท่นรอง
3. ปรับค่าแรงดันที่จ่ายให้เลเซอร์เป็น 200 โวลต์ เพื่อให้หลอดเลเซอร์ทำงาน
4. เปิดโปรแกรม K2S.Exe กำหนดรูปและกำหนดขนาดของชิ้นงานเป็น 4 เซนติเมตร
5. วัดและบันทึกระยะรัศมีของวงกลม ระยะด้านของสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยมบนชิ้นงานตามลำดับ โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเมื่อเทียบกับระยะที่กำหนดในโปรแกรม
6. ทำการทดลองเช่นเดิม แต่เปลี่ยนขนาดของชิ้นงานเป็น 5 และ 6 เซนติเมตร

วิธีใช้โปรแกรม

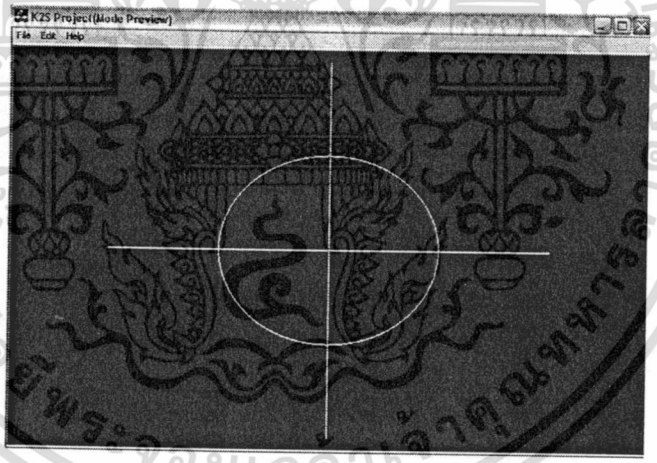
1. ดับเบิ้ลคลิกที่ K2S.EXE จะได้ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

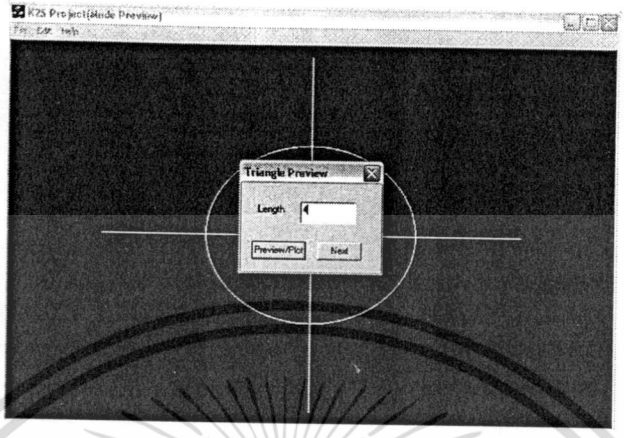
2.เมื่อคลิกที่เมาส์ด้านซ้ายจะได้ดังรูปให้ใส่ค่ารัศมีของวงกลม

3.จะแสดงภาพวงกลมโดยเป็นภาพที่สามารถดูขอบเขตของวงกลมที่ทำได้

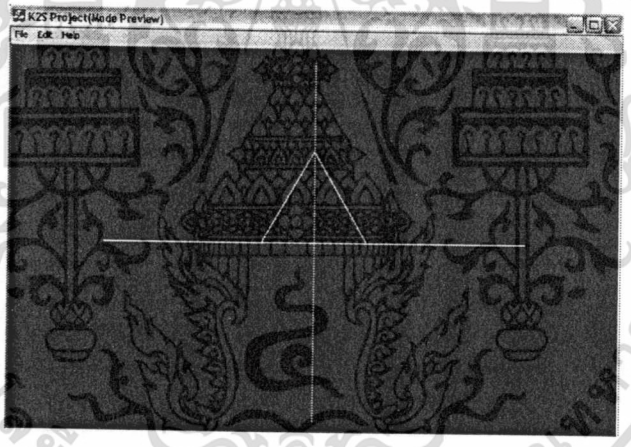


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.เมื่อคลิกที่เมาส์ด้านซ้ายจะได้ดังรูปให้ใส่ค่าด้านของสามเหลี่ยม

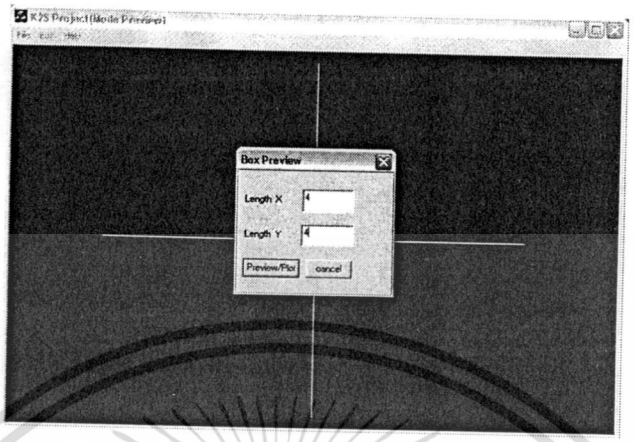


5.จะแสดงภาพสามเหลี่ยมโดยเป็นภาพที่สามารถดูขอบเขตของสามเหลี่ยมที่ทำได้



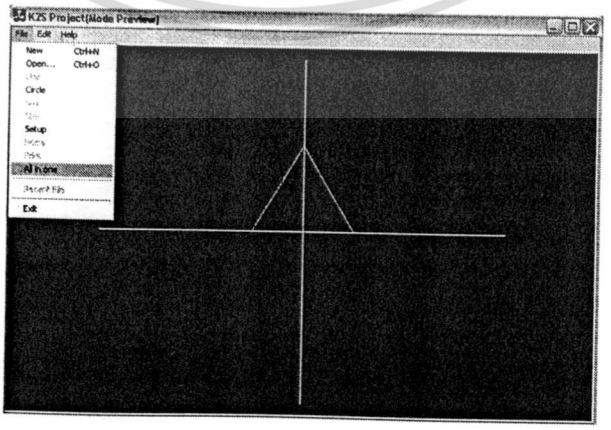
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.เมื่อคลิกที่เมาส์ด้านซ้ายจะได้ดังรูปให้ใส่ค่าด้านของสี่เหลี่ยม



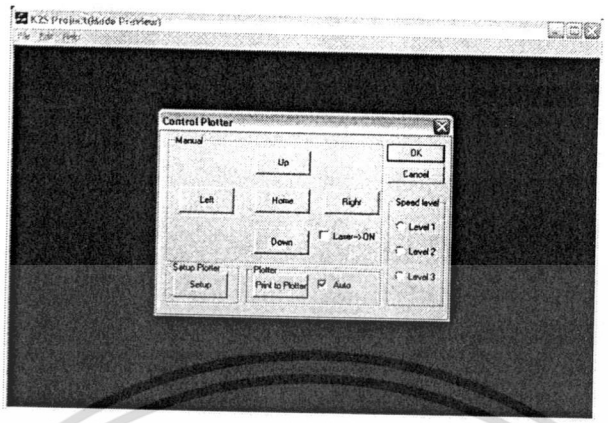
7.จะแสดงภาพสี่เหลี่ยมโดยเป็นภาพที่สามารถดูขอบเขตของสี่เหลี่ยมที่ทำได้

8.คลิกที่ Files->All in one

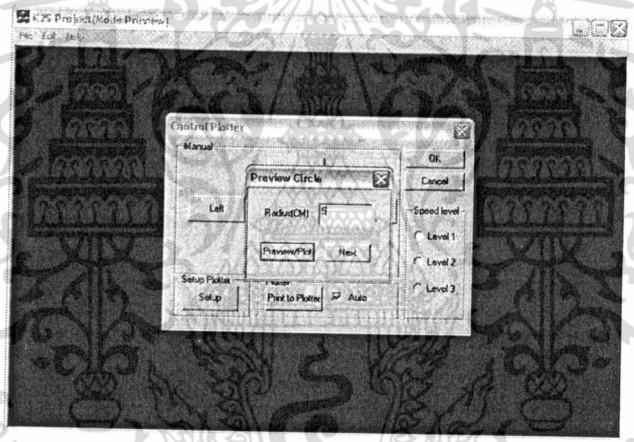


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

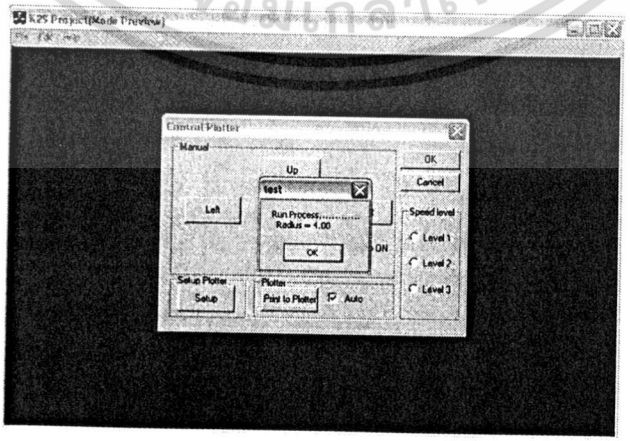
9.หรือ กดคีย์บอร์ด Ctrl + A จะได้ดังรูป (โดยที่เช็คบอกซ์ Auto)



10.ภาพนี้เป็นการสั่งให้ชุดขับเคลื่อนรันงานเป็นวงกลม,สามเหลี่ยม หรือ สี่เหลี่ยมโดยการใส่ค่าเหมือนการแสดงภาพก่อนหน้านี้



11.เป็นการยืนยันการการสั่งงานให้ชุดขับเคลื่อนโดยจะทำงานต่อเมื่อกดที OK



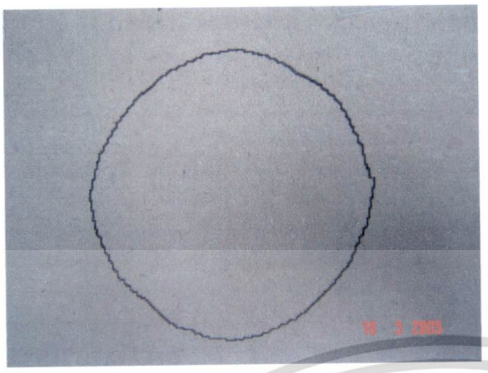
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลอง

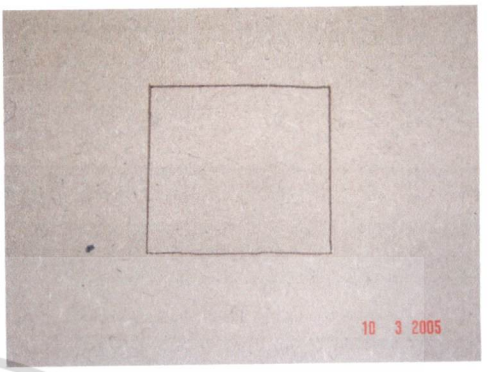
ตารางที่ 2 แสดงค่าที่บันทึกได้จากการทดลองบนแผ่นไม้และหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างระยะทางที่หัวตัดเลเซอร์เคลื่อนที่ได้จากการทดลองกับระยะทางตามที่กำหนดโดยโปรแกรม

วัสดุ	แผ่นไม้								
รูปแบบ	วงกลม								
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		เฉลี่ย		
ระยะรัศมี (ซม)	รัศมี (ซม)	เวลา (วินาที)	รัศมี (ซม)	เวลา (วินาที)	รัศมี (ซม)	เวลา (วินาที)	รัศมี (ซม)	เวลา (วินาที)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของรัศมี
4	4.700	22.89	4.600	22.46	4.500	22.22	4.600	22.52	15
5	5.200	25.34	5.300	25.57	5.100	24.87	5.200	25.26	4
6	5.800	24.27	6.000	25.12	5.800	24.27	5.870	24.56	2.1
รูปแบบ	สี่เหลี่ยม								
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		เฉลี่ย		
ระยะด้าน (ซม)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของด้าน
4	4.000	8.21	3.900	8.02	4.000	8.03	3.970	8.08	0.75
5	5.000	9.34	4.900	9.32	5.000	9.66	4.970	9.44	0.6
6	6.000	10.55	6.000	10.67	5.900	10.22	5.970	10.48	0.5
รูปแบบ	สามเหลี่ยม								
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		เฉลี่ย		
ระยะด้าน (ซม)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของด้าน
4	3.800	13.06	3.900	13.21	4.000	13.66	3.900	13.31	2.5
5	4.900	17.99	5.100	18.51	5.000	18.22	5.000	18.24	0
6	6.100	21.04	6.200	21.34	6.300	22.02	6.200	21.47	3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การทำสัญลักษณ์บนไม้รูปวงกลม



รูปที่ 4.3 การทำสัญลักษณ์บนไม้รูปสี่เหลี่ยม

รูปที่ 4.4 การทำสัญลักษณ์บนไม้รูปสามเหลี่ยม

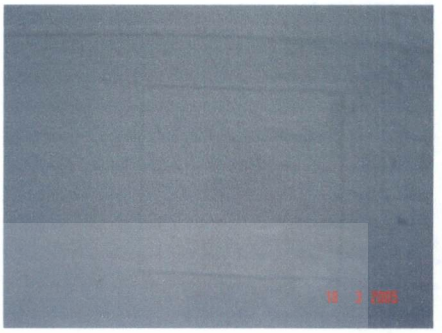
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงค่าที่บันทึกได้จากการทดลองบนแผ่นอะคริลิกและหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างระยะทางที่หัวตัดเลเซอร์เคลื่อนที่ได้จากการทดลองกับระยะทางตามที่กำหนดโดยโปรแกรม

วัสดุ	แผ่นอะคริลิก								
รูปแบบ	วงกลม								
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		เฉลี่ย		
ระยะรัศมี (ซม)	รัศมี (ซม)	เวลา (วินาที)	รัศมี (ซม)	เวลา (วินาที)	รัศมี (ซม)	เวลา (วินาที)	รัศมี (ซม)	เวลา (วินาที)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของรัศมี
4	4.800	23.02	4.600	22.46	4.500	22.22	4.640	22.57	16
5	5.300	25.55	5.250	25.32	5.100	24.87	5.210	25.25	4.2
6	5.900	24.65	6.100	25.44	5.800	24.27	5.930	24.79	1.2
รูปแบบ	สี่เหลี่ยม								
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		เฉลี่ย		
ระยะด้าน (ซม)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของด้าน
4	4.000	8.21	3.900	8.02	3.800	7.89	3.900	8.04	2.5
5	5.000	9.34	5.000	9.45	5.000	9.66	5.000	9.48	0
6	5.800	10.03	6.000	10.67	5.900	10.22	5.900	10.30	1.67
รูปแบบ	สามเหลี่ยม								
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		เฉลี่ย		
ระยะด้าน (ซม)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	ด้าน (ซม)	เวลา (วินาที)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของด้าน
4	4.000	13.44	3.900	13.21	3.900	13.24	3.930	13.30	1.75
5	5.000	18.10	5.100	18.51	5.100	18.64	5.070	18.42	1.40
6	6.200	21.87	6.250	21.94	6.300	22.02	6.250	21.94	4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 การทำสัญลักษณ์บนอะคริลิกรูปวงกลม



รูปที่ 4.6 การทำสัญลักษณ์บนอะคริลิกรูปสี่เหลี่ยม

รูปที่ 4.7 การทำสัญลักษณ์บนอะคริลิกรูปสามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลองและการดำเนินงาน

จากการที่ได้สร้างชุดทดลองสำหรับกระบวนการทำสัญลักษณ์บนวัสดุด้วยเลเซอร์ จะเห็นได้ว่าชุดทดลองที่ได้สร้างขึ้นมานี้สามารถใช้ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ได้จริง ซึ่งในงานวิจัยนี้สามารถทำสัญลักษณ์รูปทรงเรขาคณิตเบื้องต้นได้ จะเห็นได้ว่าลักษณะการทำสัญลักษณ์ของวัสดุทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันตรงที่ความลึกของชิ้นงานโดยความลึกที่ได้บนแผ่นไม้จะมีความลึกมากกว่าที่ทำบนแผ่นอะคริลิก และระยะทางที่หัวตัดเลเซอร์เคลื่อนที่ได้จากการทดลองเมื่อเทียบกับระยะทางตามที่กำหนดโดยโปรแกรมจะมีความแตกต่างกันไม่มากนักสามารถยอมรับได้

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองในการทำสัญลักษณ์พบว่ามีความผิดพลาดอยู่บ้างเนื่องจาก

1. ปัญหาด้านระบบกลไกของชุดขับเคลื่อนมีความไม่เสถียรทำให้ลายเส้นที่ได้มีลักษณะไม่เรียบ
2. เมื่อใช้งานติดต่อกันเป็นเวลานาน ชุดควบคุมจะร้อนมากทำให้การรับส่งคำสั่งจากคอมพิวเตอร์มีการผิดพลาด
3. เนื่องจากระนาบของชุดขับเคลื่อนไม่ตรงกับระนาบของแสงเลเซอร์ทำให้การจัดลำแสงเป็นไปได้ยากและยังส่งผลทำให้พื้นที่ในการทำงานลดน้อยลง
4. เนื่องจากชุดขับเคลื่อนมีพื้นที่สำหรับติดมอเตอร์อย่างจำกัดทำให้การเลือกสเต็ปปิงมอเตอร์มาใช้นั้นค่อนข้างจำกัดในเรื่องกำลังของมอเตอร์
5. เนื่องจากมีปัญหาจากชุดขับเคลื่อนส่งผลให้ผลที่ได้ไม่เป็นไปตามที่ต้องการ

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

1. ควรเปลี่ยนชุดขับเคลื่อนให้เสถียรมากขึ้น เช่น ชุดขับเคลื่อนชนิดฐานเลื่อนแบบใช้เกลียว
2. ควรเพิ่มพื้นที่ของชุดควบคุมเพื่อให้ระบบระบายความร้อนทำงานได้ดีขึ้น
3. ควรใช้มอเตอร์ที่มีกำลังสูง เพื่อให้ชุดขับเคลื่อนเคลื่อนที่ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ยุทธนา ลีลาศวัฒนกุล. คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual C++ 6.0 ฉบับโปรแกรมเมอร์ กรุงเทพฯ : อินโฟเพรส 2544

[2] สุรพล รักวิจัย. เลเซอร์ : ทฤษฎีและการประยุกต์ (Laser) กรุงเทพฯ : เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า 2544

[3] อภิชาติ ภู่พลับ. เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อ และควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic.พิมพ์ครั้งที่ 1 นนทบุรี : อินโฟเพรส. 2546

[4] Joseph.T. Verdeyen Laser Electronics 2nd Ed. New York: Prentice Hall 1989

[5] Arnold. L Bloom Gas Laser New York: Robert. E. Krieger 1978

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้