

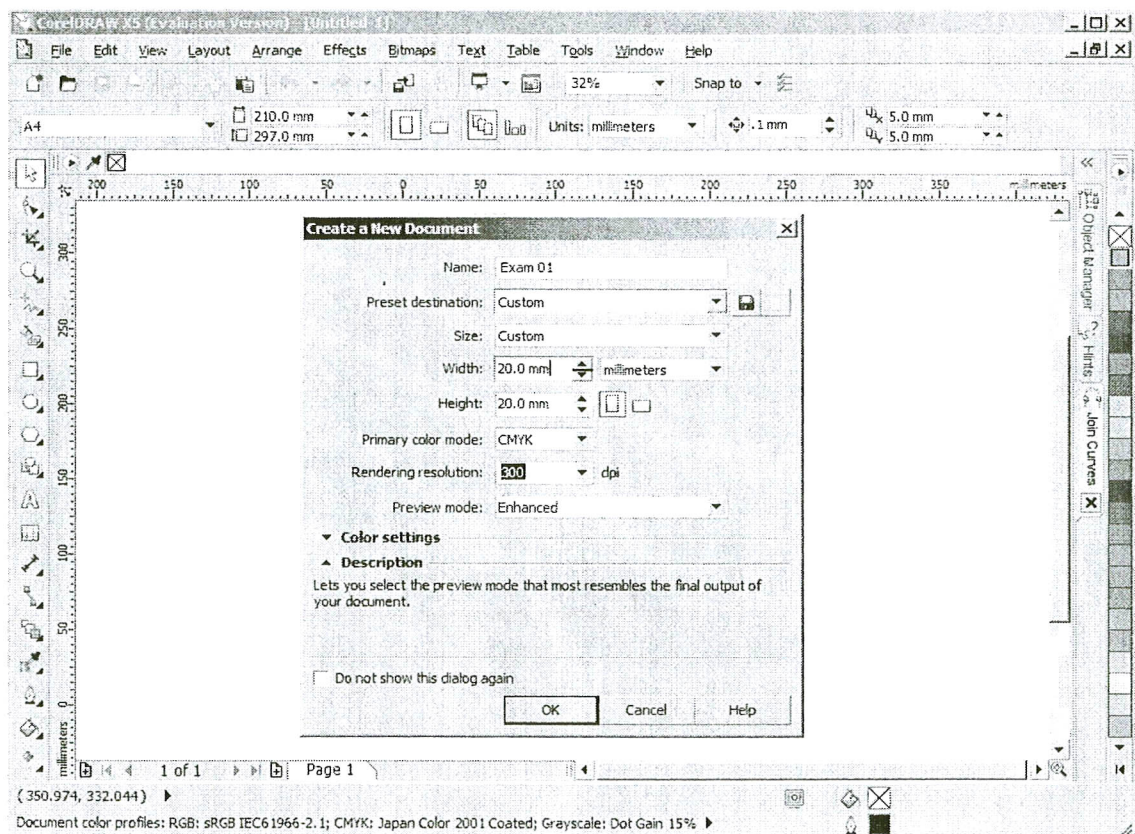
บทที่ 5

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

สำหรับในบทนี้จะนำเสนอวิธีการทดลองและผลการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบ ลวดลายต้นแบบด้วยโปรแกรม Corel Draw การโหลดไฟล์ที่ได้เข้าโปรแกรมควบคุมและการสั่งให้ เครื่องเขียนลวดลาย รวมทั้งนำเสนอขั้นตอนและวิธีการเตรียมฟิล์มสำหรับใช้เป็นวัสดุในการเขียน ลวดลาย และวิธีการวัดขนาดของลายเส้นที่ได้จากการแกะด้วยเลเซอร์

5.1 การเขียนต้นแบบและเอกซ์พอร์ต (Export) ไฟล์ด้วยโปรแกรม Corel Draw

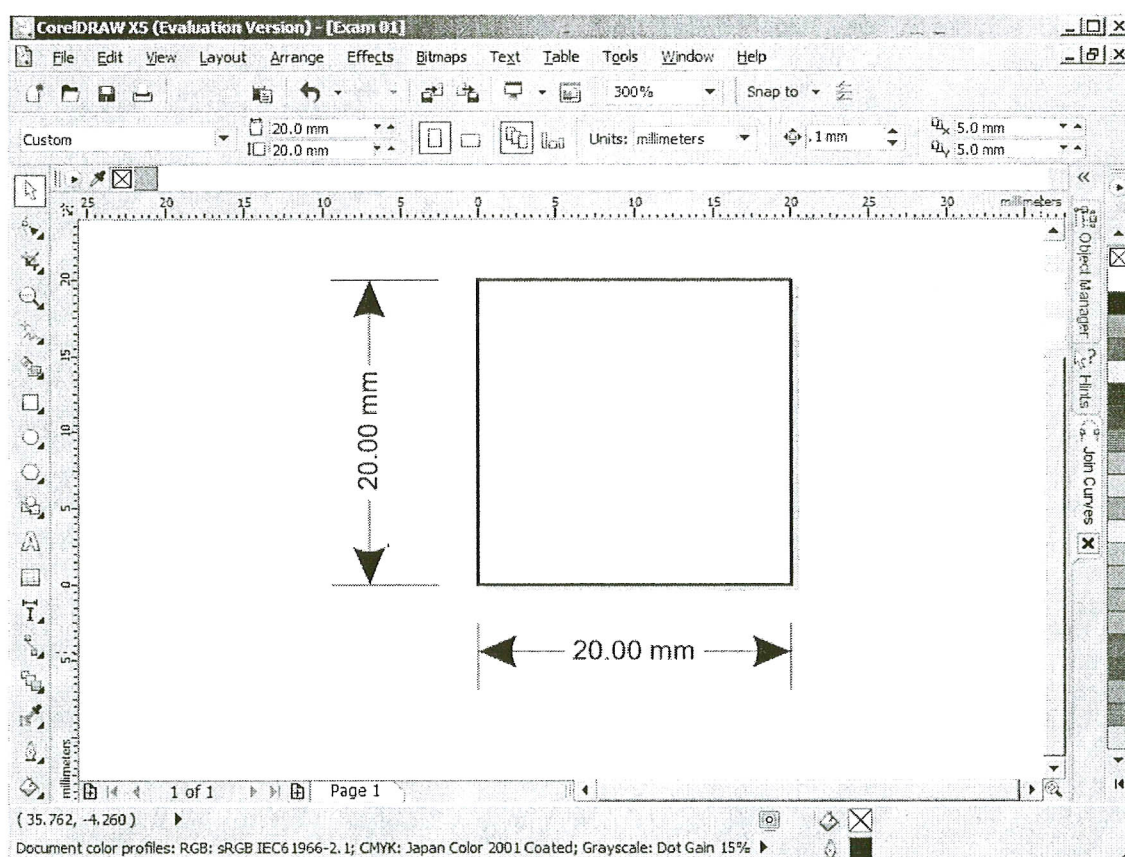
หลังจากเปิดโปรแกรม Corel Draw ขึ้นมา ให้ทำการตั้งค่าหน้ากระดาษต่างๆ ให้เรียบร้อย (วิธีการตามที่ได้อธิบายมาแล้วในบทที่ 4) ตัวอย่างการตั้งค่าต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ต่อไปนี้นี้ คือ



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างการตั้งค่าหน้ากระดาษก่อนการใช้งาน

จากรูปที่ 5.1 สามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

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

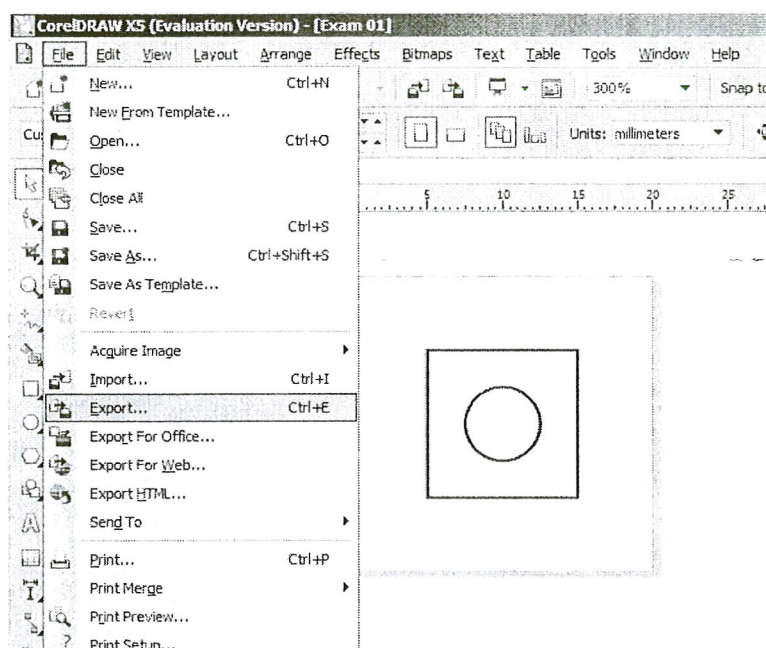


รูปที่ 5.2 หน้ากระดาษตามที่ตั้งค่าใหม่

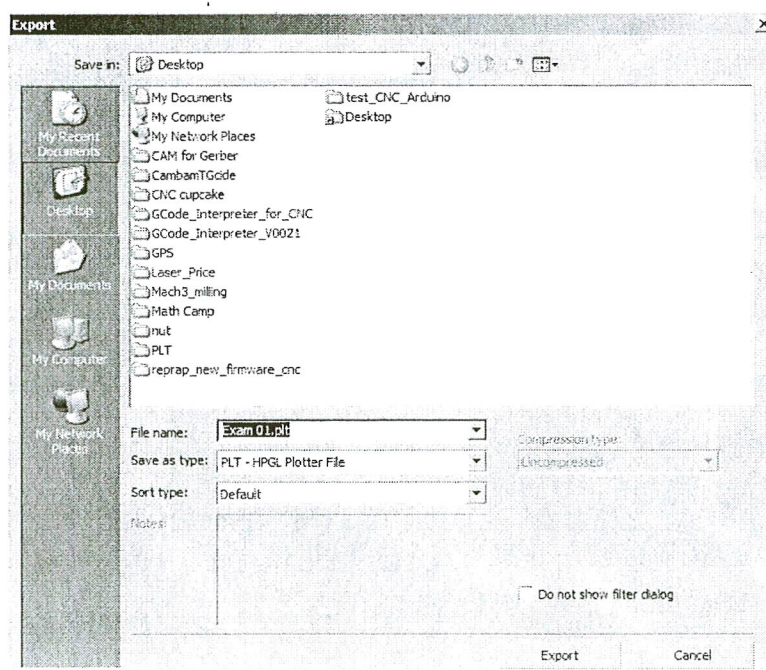
ซึ่งเมื่อตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว หน้ากระดาษที่ตั้งค่าใหม่จะได้ตามดังรูปที่ 5.2 หลังจากที่ได้หน้ากระดาษตามที่ต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการเขียนลวดลายต้นแบบตามต้องการลงบนหน้ากระดาษที่เปรียบเสมือนพื้นที่การทำงานของเครื่อง

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

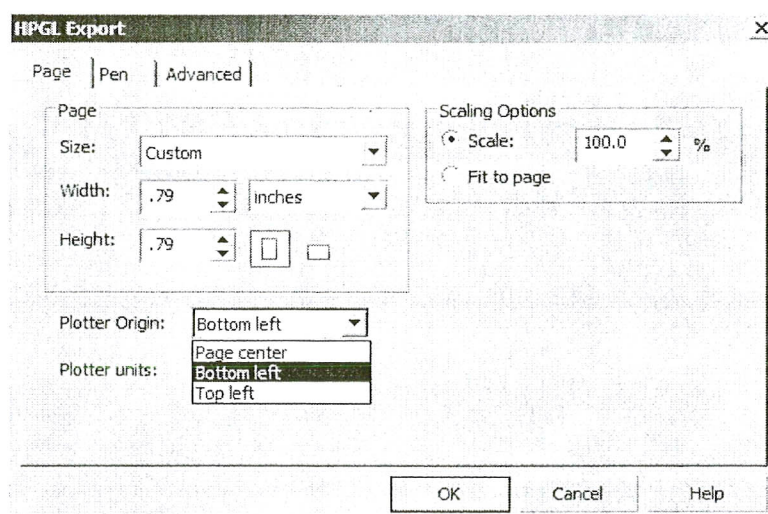
โปรแกรมสามารถนำไปใช้งานได้ โดยขั้นตอนการเอกซ์พอร์ตไฟล์แสดงได้ดังนี้ โดยเริ่มต้นจากเข้าไปที่เมนู File เลือกไปที่ Export... ดังรูปที่ 5.3 จากนั้นตั้งชื่อไฟล์แล้วเลือกนามสกุลเป็น ".PLT" คลิกที่ปุ่ม Export ดังรูปที่ 5.4 และสุดท้ายเลือก Plotter Origin เป็นแบบ Bottom left แล้วกดปุ่ม OK ดังรูปที่ 5.5 จะทำการเอกซ์พอร์ตไฟล์เสร็จเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 5.3 เอกซ์พอร์ตไฟล์ขั้นตอนที่ 1



รูปที่ 5.4 เอกซ์พอร์ตไฟล์ขั้นตอนที่ 2



รูปที่ 5.5 เอกซ์พอร์ตไฟล์ขั้นตอนที่ 3

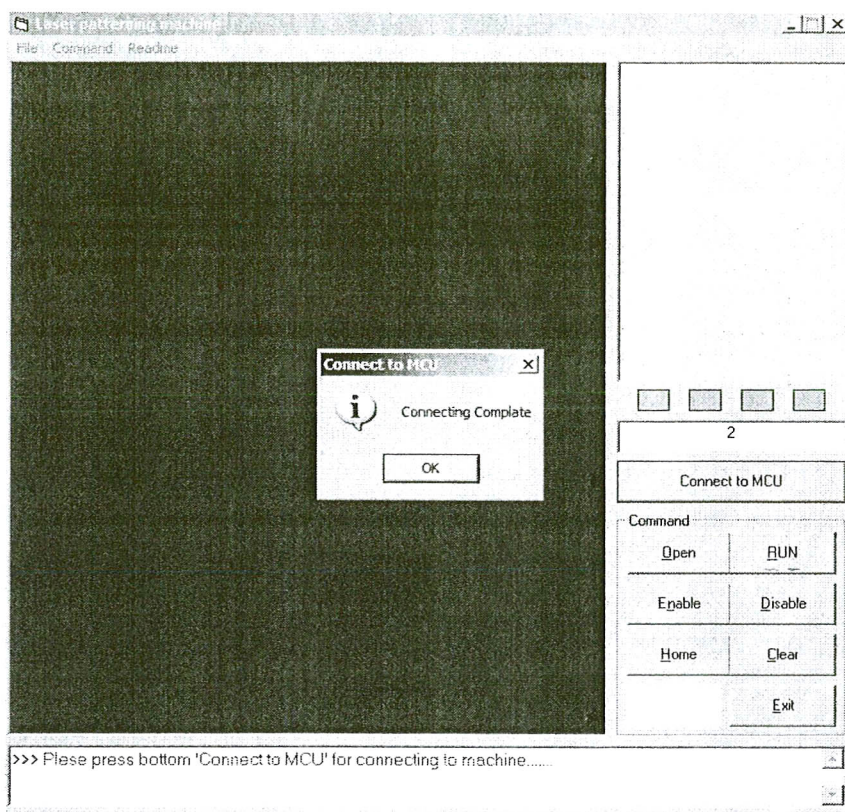
5.2 การโหลดไฟล์และรันโปรแกรม Laser Patterning Machine

หลังจากทำการเขียนต้นแบบและการเอกซ์พอร์ตไฟล์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนถัดมาจะเป็นการโหลดไฟล์เข้าโปรแกรม Laser Patterning Machine และสั่งรันเครื่องให้ทำงาน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.เปิดโปรแกรม Laser Patterning Machine ขึ้นมา จากนั้นนำไมโครคอนโทรเลอร์ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ให้เรียบร้อยแล้ว กดปุ่ม Connect to MCU รอจนกระทั่งมีข้อความแจ้งเตือนขึ้นมาว่า "Connecting complete" ถือเป็นการเชื่อมต่อโดยสมบูรณ์ ดังรูปที่ 5.6

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

3.หลังจากโหลดไฟล์เข้าโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้จัดเตรียมวัสดุที่ต้องการเขียนลงบนแผ่นวาล์วลงบนพื้นที่ใช้งานของเครื่องให้เรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นคลิกที่ปุ่ม Enable เพื่อจ่ายไฟเข้าเครื่อง และคลิกปุ่ม RUN เครื่องก็จะทำการเขียนลงบนชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ รอจนกว่าเครื่องจะรันเสร็จ โดยเมื่อการทำงานเสร็จสิ้นจะมีข้อความแจ้งเตือนว่า "Process complete" ถือว่าเครื่องทำการเขียนลงบนแผ่นวาล์วเรียบร้อยแล้ว



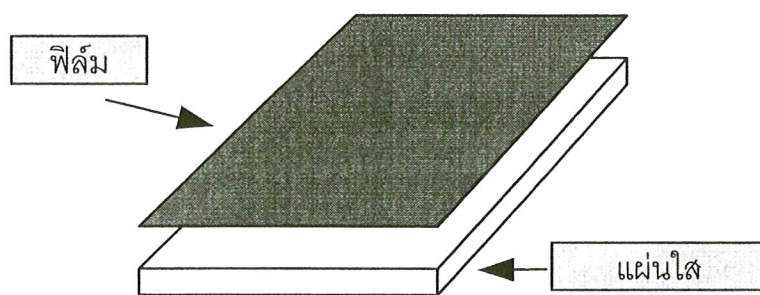
รูปที่ 5.6 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับคอมพิวเตอร์โดยสมบูรณ์



รูปที่ 5.7 ขั้นตอนการโหลดไฟล์ข้อมูลเข้าไปรแกรม Laser Patterning Machine

5.3 การเตรียมฟิล์มสำหรับใช้เป็นวัสดุในการเขียนลวดลาย

ในการทดลองนี้วัสดุที่ใช้สำหรับการแกะหรือเขียนลวดลายลงไปด้วยเลเซอร์จะทำจากแผ่นใสที่เคลือบด้วยฟิล์มดำ แสดงดังรูปที่ 5.8 หลักการคือเมื่อแสงเลเซอร์ตกกระทบกับผิววัสดุส่วนที่เป็นฟิล์มดำจะดูดซับความร้อน เนื้อฟิล์มตรงส่วนนั้นจะระเหิดหายไป เหลือทิ้งไว้เฉพาะส่วนที่เป็นแผ่นใส ข้อดีของฐานรองส่วนที่เป็นแผ่นใสคือ ไม่ดูดกลืนความร้อนจากแสงเลเซอร์ ดังนั้นแสงเลเซอร์ส่วนที่ตกกระทบกับเนื้อแผ่นใสจะทะลุผ่านไปโดยไม่มีผลกระทบต่อเนื้อแผ่นใสเลย ข้อดีของนี้สามารถนำไปประยุกต์ในการสร้างเป็นมาสก์ (Mask) สำหรับกระบวนการฉายแสงได้ และสำหรับการเคลือบฟิล์มลงบนแผ่นใส สามารถให้ทางร้านถ่ายเอกสารทั่วไปถ่ายเอกสาร แบบสี ดำเข้มลงบนแผ่นใสได้เลย ซึ่งถือเป็นเทคนิคที่ประหยัดมากที่สุดทีเดียว



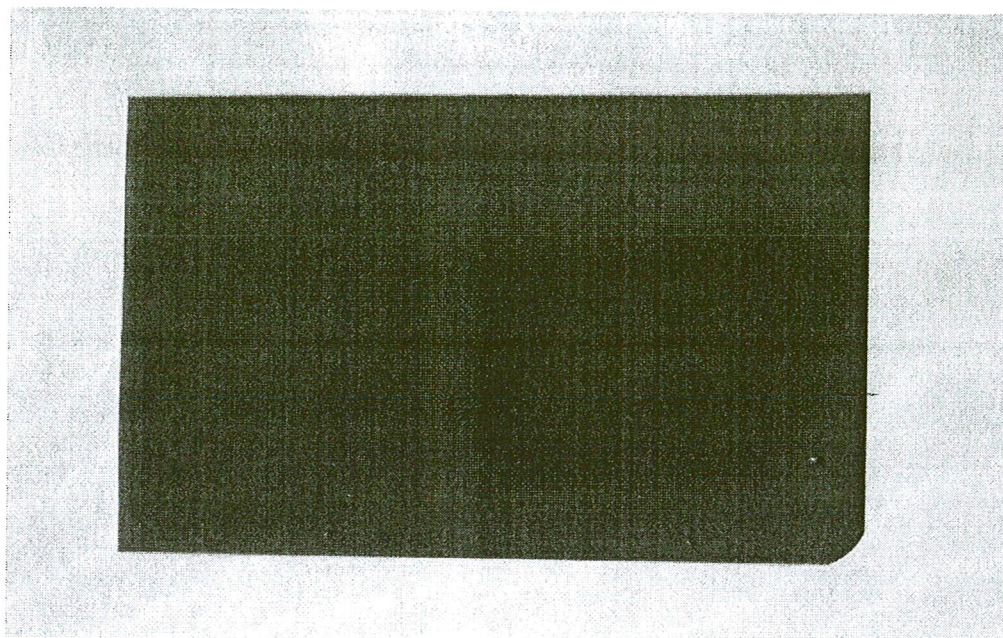
รูปที่ 5.8 แสดงลักษณะการเคลือบฟิล์มดำลงบนแผ่นใส

5.4 วิธีการทดลองและผลการทดลอง

การทดลองจะแสดงให้เห็นว่าเลเซอร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างไร โดยในการทดลองนี้วัสดุที่ใช้คือ แผ่นใสที่เคลือบด้วยฟิล์มบางสีดำด้วยการถ่ายเอกสาร ตัวอย่างของแผ่นฟิล์มแสดงดังรูปที่ 5.9 ในการทดลองจะใช้เครื่องเขียนลวดลายต้นแบบ ทำการเขียนลายเส้นลงบนแผ่นฟิล์มนี้โดยตรง โดยเลเซอร์จะทำหน้าที่กัดส่วนของฟิล์มสีดำให้หลุดออกไป ให้กลายเป็นช่องเปิดเล็กๆ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นมาร์คในกระบวนการกัด (Etching), การฉายแสง (Expose) หรือโคสต์สาร (Costing) ลงไปที่ช่องเปิดให้กลายเป็นลวดลาย (Pattern) ต่างๆ ได้ โดยผลการทดลองสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

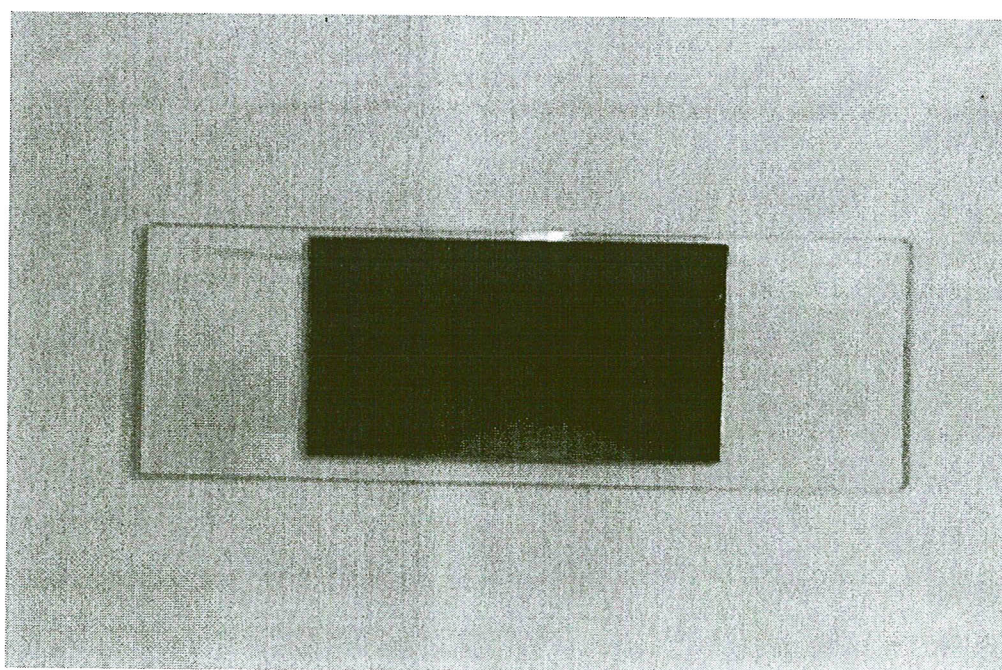
5.4.1 วิธีการทดลอง

1. นำแผ่นใสไปเคลือบด้วยฟิล์มดำดังรูปที่ 5.9



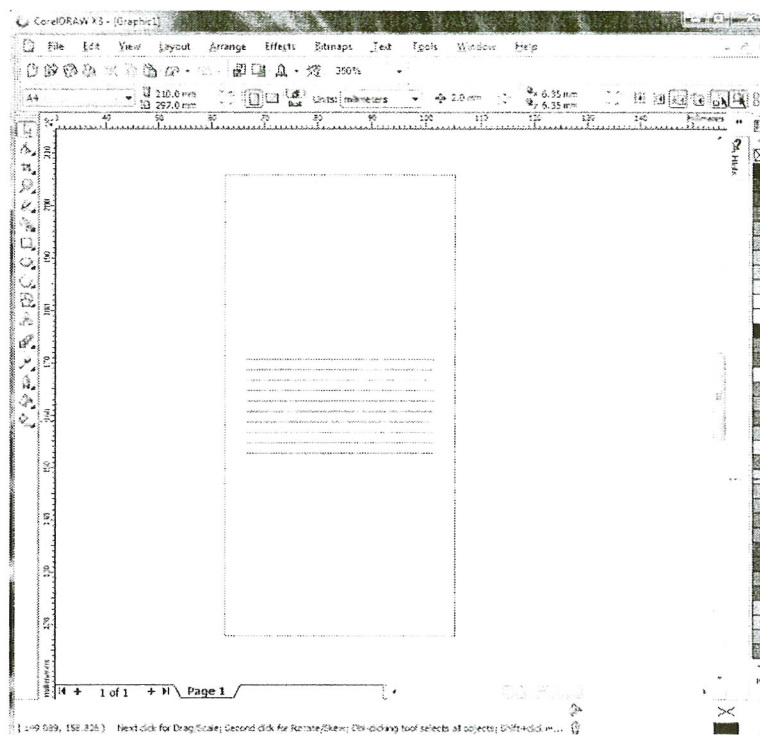
รูปที่ 5.9 รูปถ่ายของแผ่นใสที่เคลือบด้วยฟิล์มสีดำเรียบร้อยแล้ว

2. ตัดฟิล์มเป็นชิ้นเล็กแล้วนำไปติดกับแผ่นสไลด์ดังรูปที่ 5.10



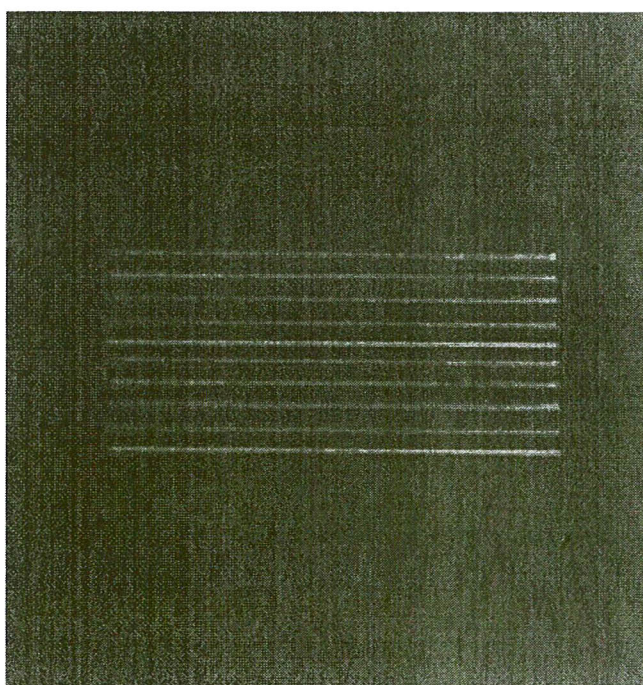
รูปที่ 5.10 แสดงการติดแผ่นฟิล์มเข้ากับแผ่นสไลด์

3.ออกแบบลวดลายด้วยโปรแกรม Corel Draw ดังรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 ลวดลายต้นแบบที่ออกแบบโดยโปรแกรม Corel Draw

4.เขียนลายเส้นลงบนแผ่นฟิล์มด้วยเครื่องเขียนลวดลายด้วยเลเซอร์ดังรูปที่ 5.12

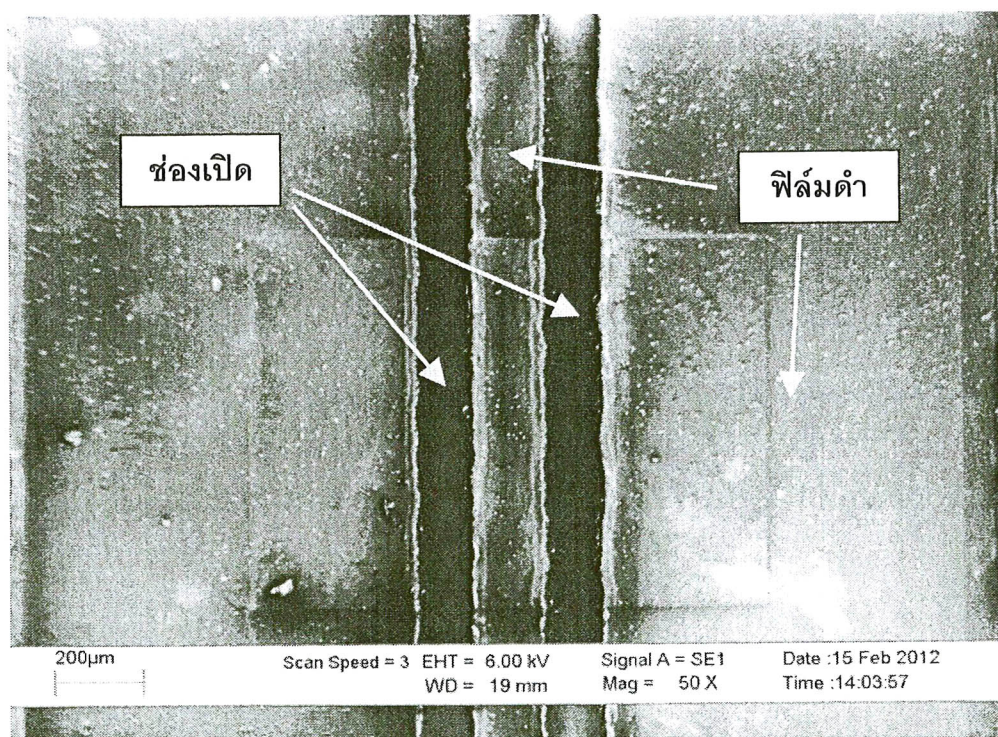


รูปที่ 5.12 ลวดลายที่เขียนด้วยเครื่องเขียนลวดลายด้วยเลเซอร์

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

5.4.2 ผลการทดลอง

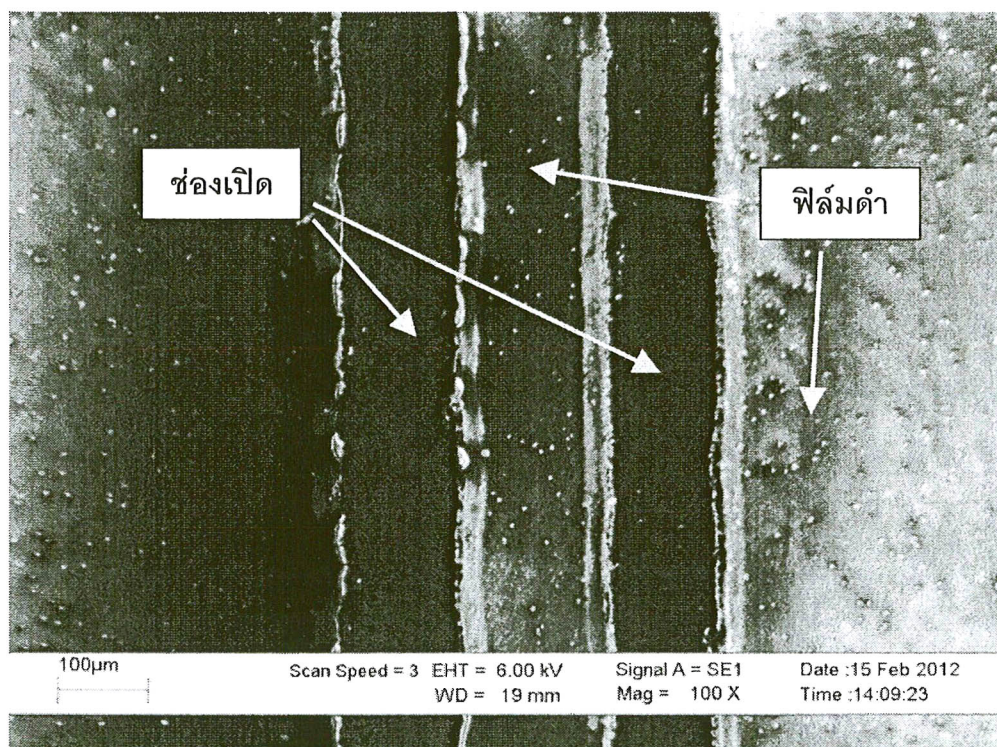
ในการทดลองนี้จะทำการทดลองที่ค่าพารามิเตอร์ค่าเดียวกันทั้งหมด ทั้งความหนาของฟิล์ม ความเร็วของเครื่องที่ใช้ในการกัด (ซึ่งจะมีผลต่อเวลาที่แสงเลเซอร์ตกกระทบกับแผ่นฟิล์ม) ความเข้มของแสงเลเซอร์ที่ใช้ เป็นต้น ซึ่งในการทดลองนี้จะไม่กล่าวถึงพารามิเตอร์ส่วนนั้น โดยวัตถุประสงค์คือ เพื่อต้องการแสดงให้เห็นว่าแสงเลเซอร์สามารถนำไปใช้สร้างเป็นลวดลายต้นแบบได้จริง สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ยังไม่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้



รูปที่ 5.13 ภาพถ่ายกำลังขยาย 50 เท่า แสดงให้เห็นช่องเปิดที่เกิดจากการกัดด้วยแสงเลเซอร์

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

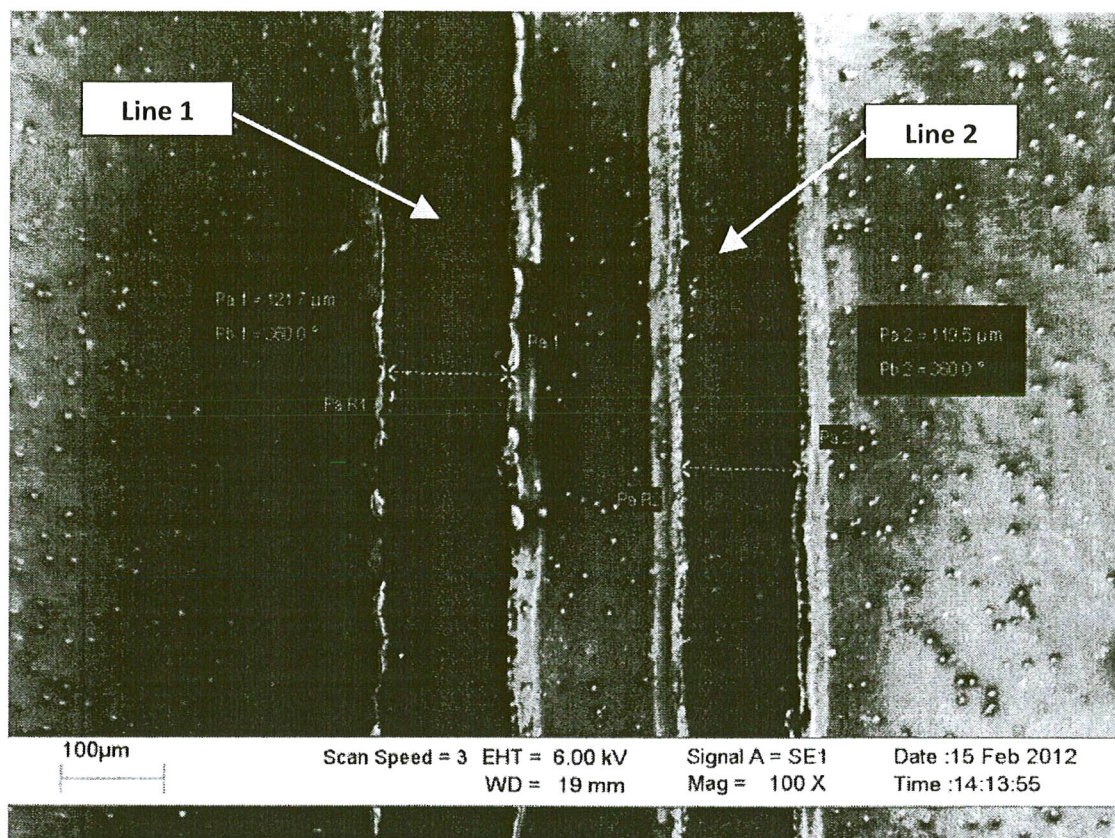
จากการทดลองจะสังเกตเห็นว่าส่วนของขอบทั้งสองที่อยู่ด้านข้างของแต่ละเส้นยังคงไม่เรียบเท่าที่ควร สืบเนื่องมาจากความเร็วที่ใช้ในการกัดอาจไม่เหมาะสม ส่งผลให้เวลาที่แสงเลเซอร์ตกกระทบกับผิววัสดุไม่พอเหมาะ ซึ่งจะมีผลต่อความร้อนและการขยายตัวที่ผิวของวัสดุได้ ดังนั้นการเลือกความเร็วในการกัดให้เหมาะสม จะสามารถช่วยลดข้อบกพร่องตรงส่วนนี้ได้



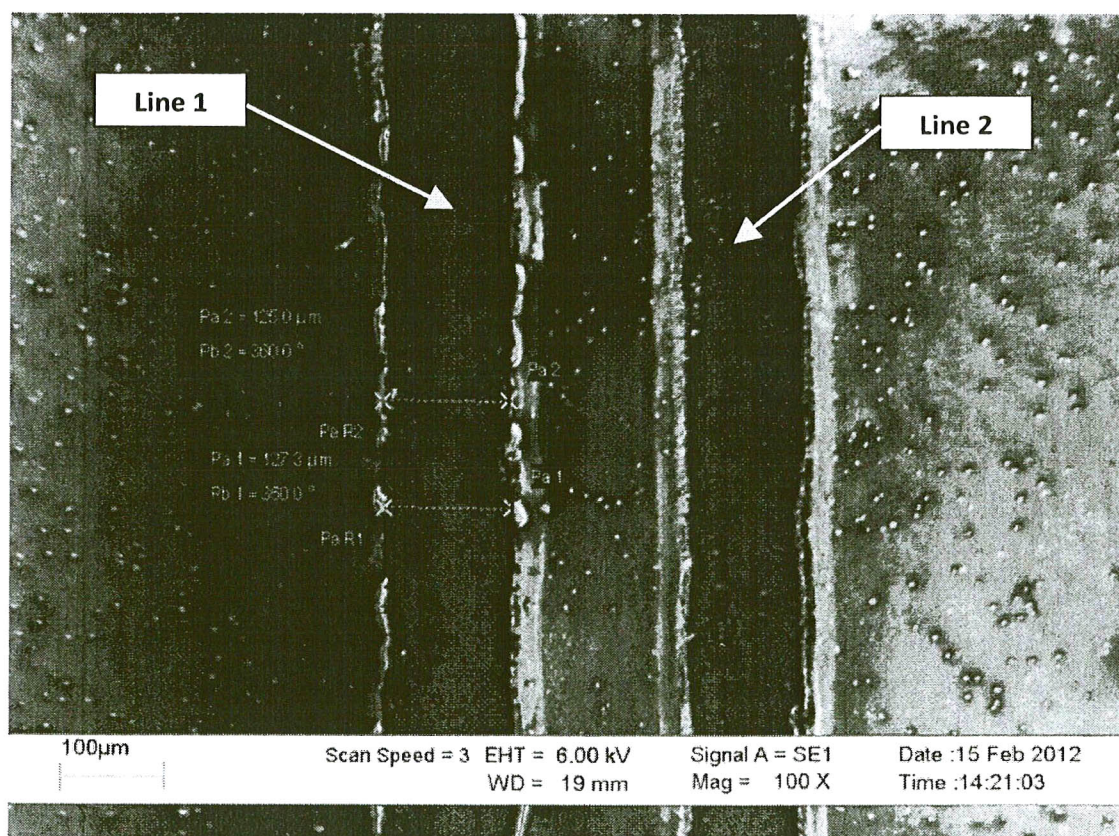
รูปที่ 5.14 ภาพถ่ายกำลังขยาย 100 เท่า แสดงให้เห็นช่องเปิดที่เกิดจากการกัดด้วยแสงเลเซอร์

5.4.3 ความกว้างของช่องเปิดของหลายเส้น

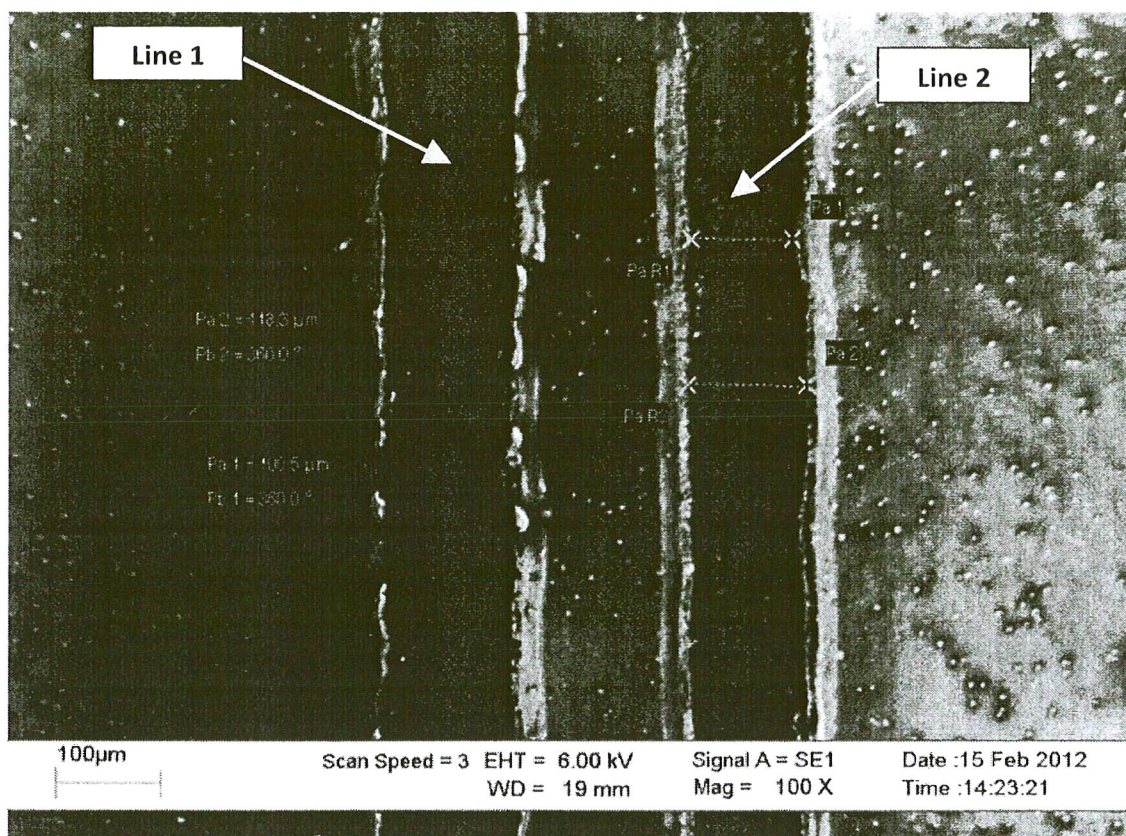
จากการทดลอง เมื่อนำผลการทดลองไปวัดหาขนาดความกว้างของช่องเปิดด้วยเครื่อง SEM สามารถแสดงผลของการวัดได้ดังรูปที่ 5.15, 5.16 และ 5.17 โดยวัดที่ กำลังขยาย 100 เท่า โดยสามารถสรุปผลของการวัดขนาดความกว้างของเส้นได้ดังตารางที่ 5.1



รูปที่ 5.15 ภาพถ่ายกำลังขยาย 100 เท่า แสดงให้เห็นความกว้างของช่องเปิดทั้งสองเส้น



รูปที่ 5.16 ภาพถ่ายกำลังขยาย 100 เท่า แสดงให้เห็นความกว้างของช่องเปิดทั้งสองเส้น



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 โดยใช้พารามิเตอร์ในการกัด้วยเครื่องเลเซอร์แบบเดียวกันทั้งหมด คือแผ่นฟิล์มเดียวกัน ความเร็วของการกัเท่ากัน และแสงเลเซอร์จากแหล่งเดียวกัน จากผลการทดลองการวัดขนาดความหนาของเส้นจะวัดจากจุดที่แตกต่างกัน 3 จุดบนเส้นเดียวกันแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อเปรียบเทียบผลการวัดระหว่างเส้นตรงสองเส้นนี้

จากผลการวัด เส้นที่หนึ่ง (Line 1) ได้ความกว้างของเส้นเท่ากับ 124.67 μm ส่วนเส้นที่สอง (Line 2) ได้ความกว้างของเส้นเท่ากับ 112.77 μm จากผลการทดลองจะเห็นว่าขนาดความกว้างของเส้นทั้งสองมีค่าแตกต่างกัน ทั้งที่ทำการทดลองที่พารามิเตอร์ค่าเดียวกัน ความแตกต่างที่เกิดขึ้นสามารถสรุปสาเหตุที่อาจส่งผลต่อขนาดความกว้างของเส้นได้ดังนี้

1. แผ่นฟิล์มที่ใช้เป็นแผ่นเดียวกัน แต่มีโอกาสที่ความหนาหรือความราบเรียบของแผ่นฟิล์มจะไม่คงที่เป็น เนื่องจากการทดลองไม่ได้ควบคุมขนาดความหนาจากการวัดผลโดยตรง
2. แสงเลเซอร์จากหัวเดียวกัน แต่มีโอกาสที่ความเข้มของแสงจะไม่คงที่ต่อเนื่อง เพราะเวลาที่ใช้ในการกัดไม่ให้เวลาเดียวกัน โดยการใช้หัวเลเซอร์ติดต่อกันนาน จะส่งผลให้หัวเลเซอร์ร้อนได้เนื่องจากเลเซอร์ที่ใช้เป็นเลเซอร์ไดโอด ดังนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของเลเซอร์ลดลง ส่งผลต่อความเข้มของแสงที่ได้ อาจไม่คงที่ ทำให้เส้นตรงทั้งสองมีค่าความกว้างของเส้นไม่เท่ากัน แต่จะสังเกตเห็นว่าเส้นตรงเส้นเดียวกันขนาดความกว้างของเส้นที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากกัดด้วยเลเซอร์ที่เวลาใกล้เคียงกัน การลดปัญหานี้สามารถทำได้โดยการติดอุปกรณ์ระบายความร้อนให้หัวเลเซอร์ จะสามารถช่วยให้ประสิทธิภาพของเลเซอร์ดีขึ้นได้ ซึ่งจะมีผลต่อความต่อเนื่องของความเข้มแสงเลเซอร์ด้วย

จากปัจจัยต่างๆ ที่ได้กล่าวมานั้นล้วนมีผลต่อขนาดความกว้างและความราบเรียบของช่องเปิดที่ได้ ดังนั้นการตั้งค่าหรือการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสม จะสามารถช่วยให้ลายเส้นที่ได้มีค่าที่แน่นอนและมีมาตรฐานมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ได้ดีขึ้นตามไปด้วย