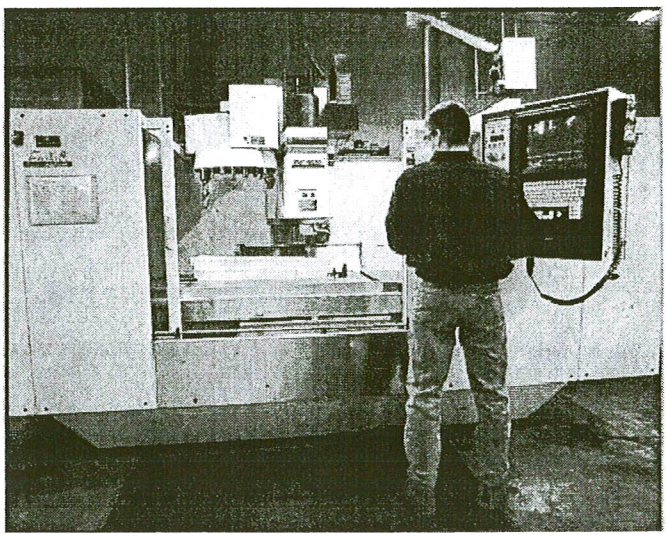
บทที่ 2

หลักการทำงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เทคโนโลยีทางด้าน CNC

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



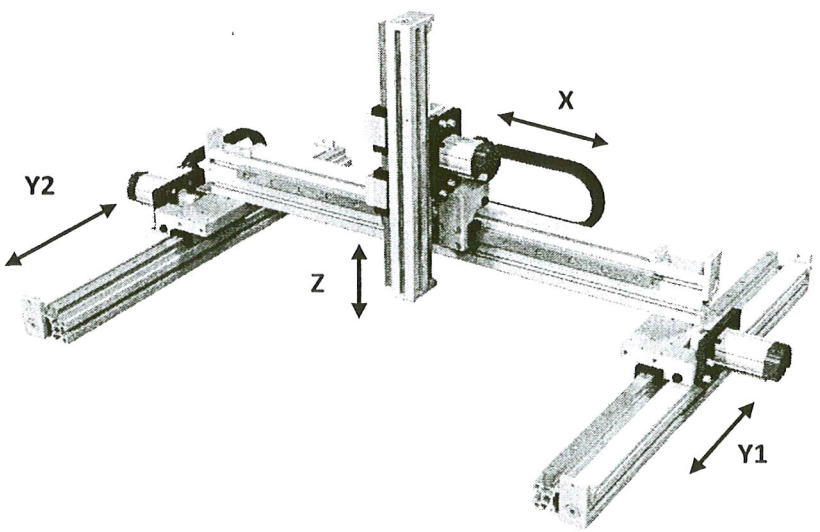
รูปที่ 2.1 แสดงเครื่องจักรซีเอ็นซีในงานด้านการกัดชิ้นงาน

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]

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



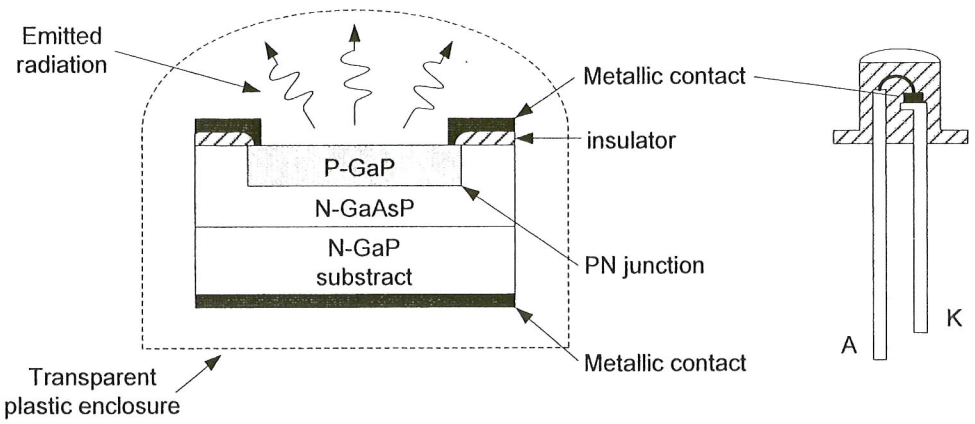
รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของเครื่องซีเอ็นซี 3 แกน

เครื่องจักรซีเอ็นซีมีหลายแบบหลายประเภทด้วยกัน ซึ่งจะมีโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไปแล้วแต่วัตถุประสงค์ของการใช้งาน ในที่นี้จะกล่าวถึงเครื่องซีเอ็นซีที่มีโครงสร้างแบบง่ายที่สุดคือ

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

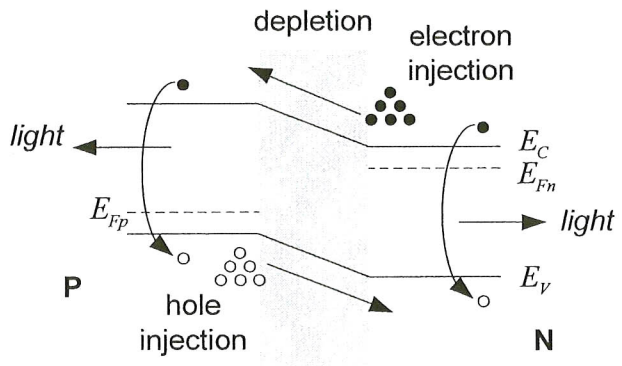
2.1.2 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitter Diode: LED) [5]

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



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



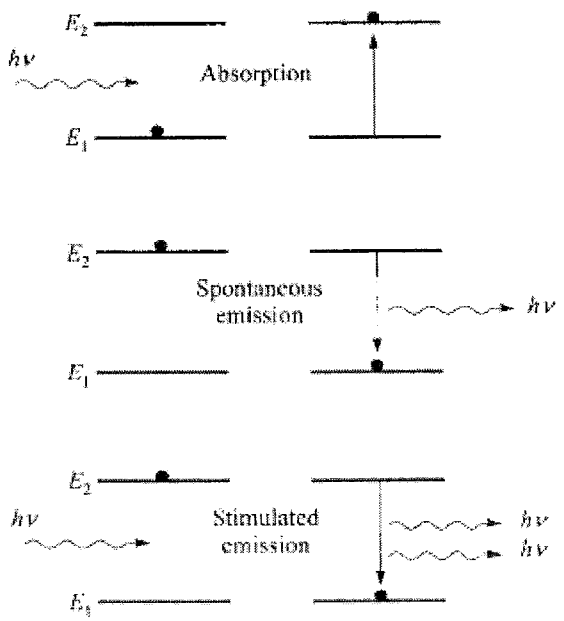
รูปที่ 2.4 แถบพลังงานของไดโอดเปล่งแสงขณะได้รับแรงดันไบอัสตรง ทำให้มีการคลายพลังงานออกมาในรูปพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตามองเห็นได้

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]

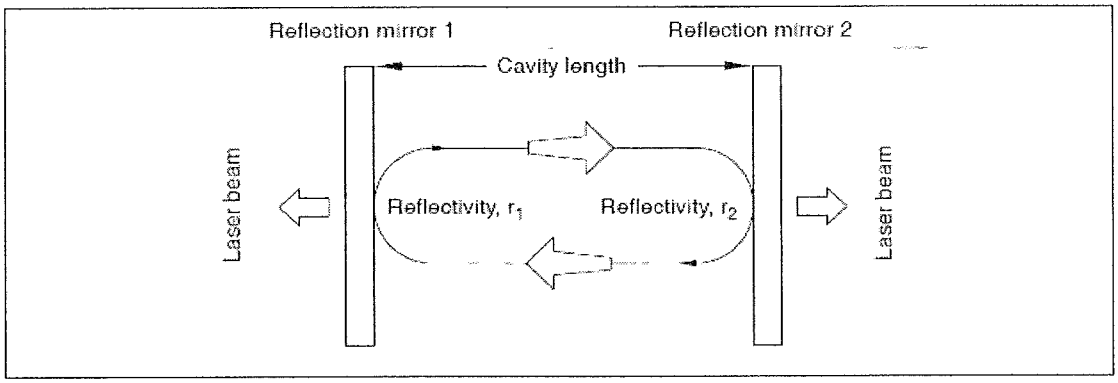
- หลักการทำงานของเลเซอร์ไดโอด (Operating principle) [5]

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

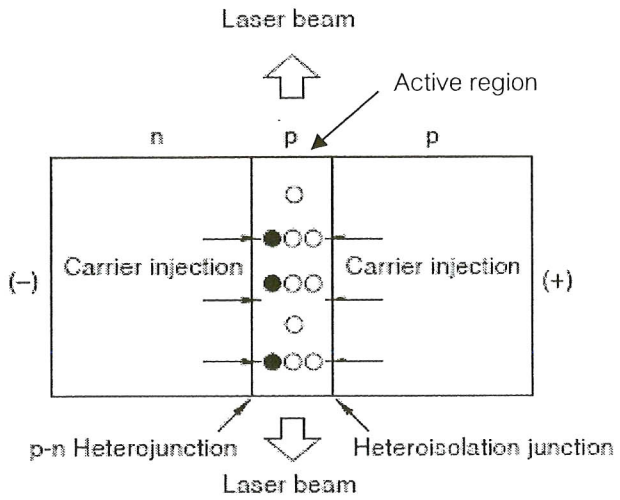
โดยการปลดปล่อยโฟตอนออกมาโดยกลไกนี้จะใช้ในอุปกรณ์ประเภท LED และ (ค).การกระตุ้นต่อเนื่อง (Stimulated emission) คือโฟตอนสามารถถูกป้อนกลับเข้าไปกระตุ้นอิเล็กตรอนตัวอื่นๆ ให้ปลดปล่อยโฟตอนใหม่ออกมาอีก ซึ่งกระบวนการเช่นนี้ถือเป็นการขยายแสง (Light amplification) และเป็นการป้อนกลับอย่างหนึ่ง โดยความเข้มแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ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



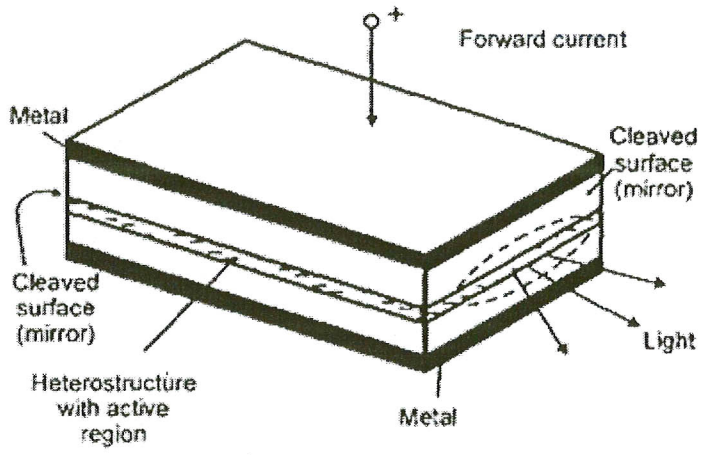
รูปที่ 2.6 หลักการป้อนกลับของโฟตอนเพื่อกระตุ้นให้อิเล็กตรอนปลดปล่อยพลังงานที่สูงกว่าออกมากลายเป็นแสงเลเซอร์

- 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

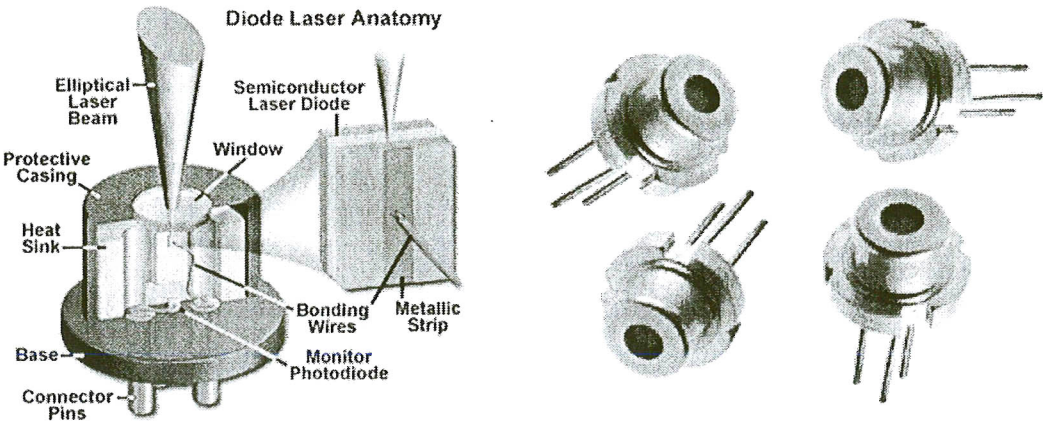


รูปที่ 2.7 โครงสร้างแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเลเซอร์ไดโอด



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างชั้นต่างๆ ของเลเซอร์ไดโอด

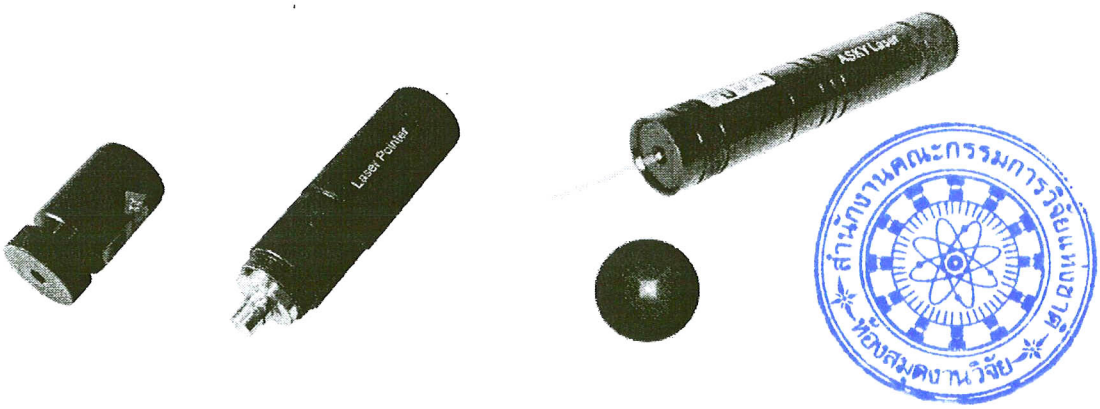
สำหรับโครงสร้างจริงของเลเซอร์ไดโอดแสดงได้ดังรูปที่ 2.9 โดยรูป (ก).แสดงให้เห็นส่วนประกอบภายในของเลเซอร์ประเภทนี้ ซึ่งประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือ 1.ส่วนของเลเซอร์ไดโอดที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor laser diode) ที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง 2.เลนส์รวมแสง ทำหน้าที่รวมแสงเลเซอร์ให้เป็นลำ (Beam) 3.ตัวระบายความร้อน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



(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

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 7 มิ.ย. 2555
เลขทะเบียน 245928
เลขเรียกหนังสือ

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

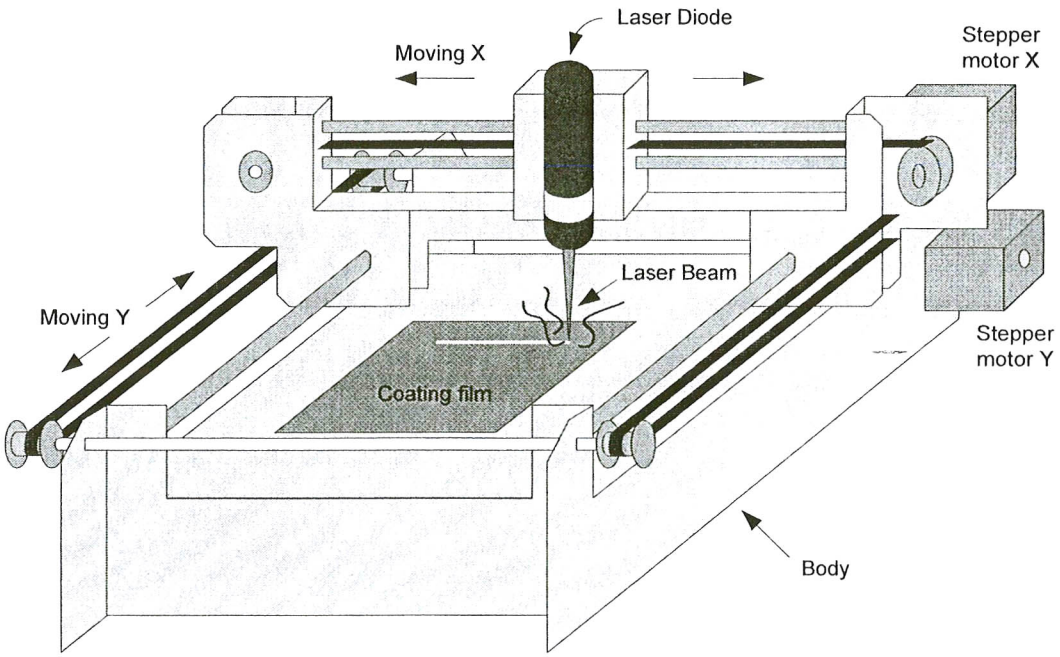
- โครงสร้าง (Body)

คือส่วนของโครงสร้างรวมทั้งหมดของเครื่องจักรดังรูปที่ 2.11 ทำหน้าที่เป็นส่วนรองรับหรือเป็นที่ยึดติดส่วนประกอบต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน ชิ้นส่วนทั้งหมดของโครงสร้างนี้ทำขึ้นมาจากแผ่นอะคริลิคหนาทั้งหมด มีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา โดยออกแบบให้ถอดและประกอบได้ง่ายเพื่อความสะดวกในการขนย้ายกรณีต้องการนำไปทดลองในสถานที่อื่น

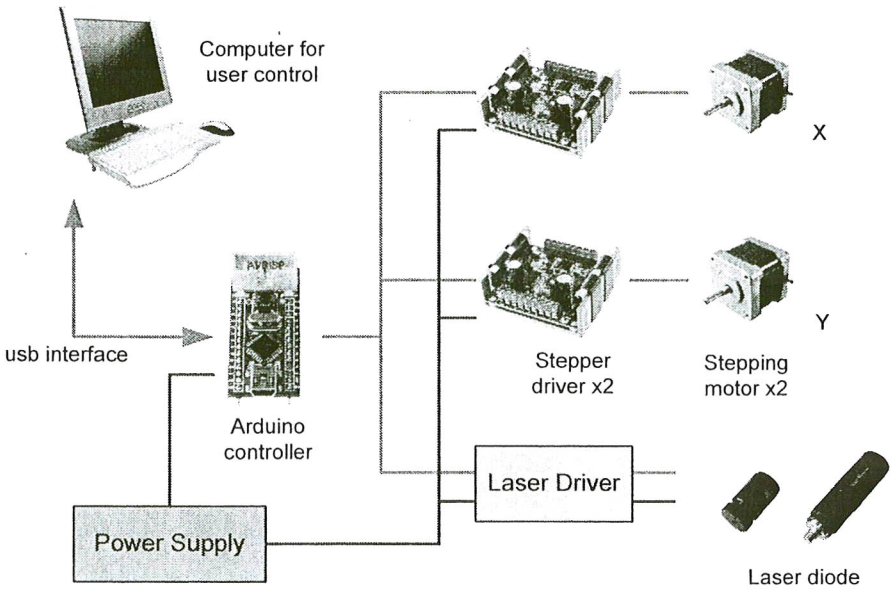
- สเต็ปมอเตอร์ (Step motor)

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

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



รูปที่ 2.11 โครงสร้างแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์



รูปที่ 2.12 ไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบด้วยเลเซอร์

- 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

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

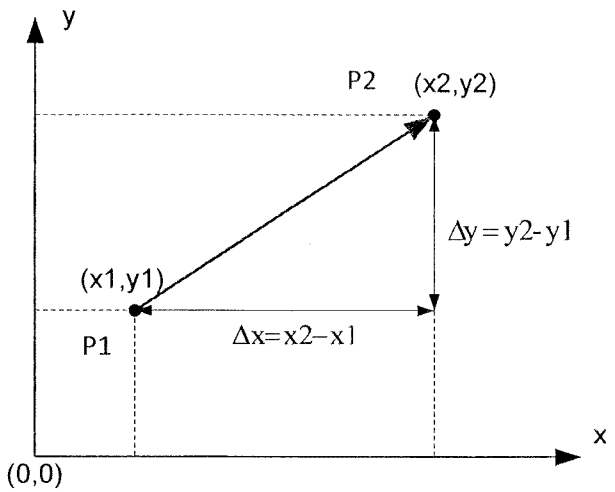
2.2.2 หลักการเขียนลายเส้นของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบ

ในการทำงานของเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบคือ การวนลูปรับข้อมูลของจุดหรือตำแหน่งแล้วทำการประมวลของจุดที่ได้รับมาใหม่เปรียบเทียบกับจุดเดิม ผลก่อนส่งสัญญาณไปควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ต่อไป โดยมีหลักการในการเขียนเส้นเพื่อเชื่อมจุดต่างๆ ดังนี้

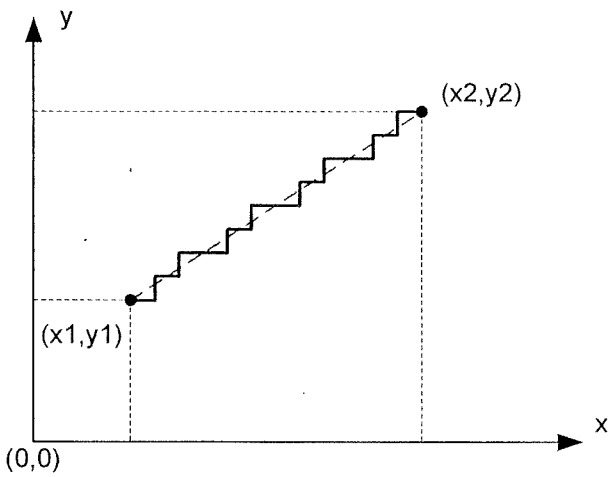
- หลักการสร้างเส้นเชื่อมระหว่างจุดสองจุด

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

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



(ก). ในทางทฤษฎี



(ข). ในทางปฏิบัติ

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

ในการสร้างเส้นเพื่อเชื่อมระหว่างจุดสองจุดอาศัยพื้นฐานมาจากสมการเส้นตรงทั่วไปคือ

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

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

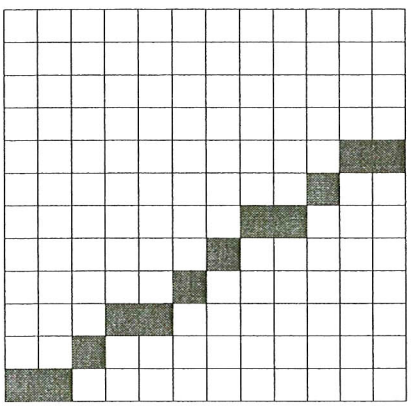
เนื่องจาก m ต้องเป็นจำนวนเต็มดังนั้นจะได้ว่า ถ้าจุดทศนิยมหลัง m มากกว่า 0.5 ให้ปัดเพิ่มหนึ่ง และถ้าน้อยกว่า 0.5 ให้ปัดทิ้งไป และสำหรับจุด P(X, Y) ใดๆ จะได้ว่า

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

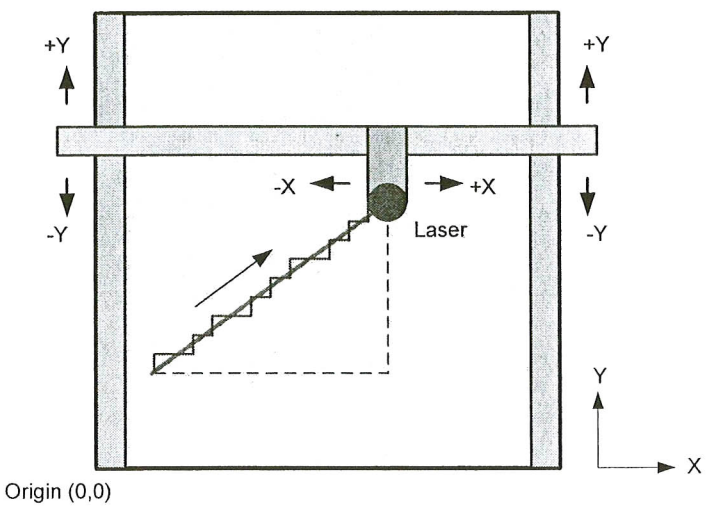
ดังนั้นจากสมการที่ 2.1, 2.2 และ 2.3 สามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$Y = [(Y2 - Y1) / (X2 - X1)]*X + [-(Y2 - Y1) / (X2 - X1)]*X1 + Y1 \qquad (2.4)$$

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

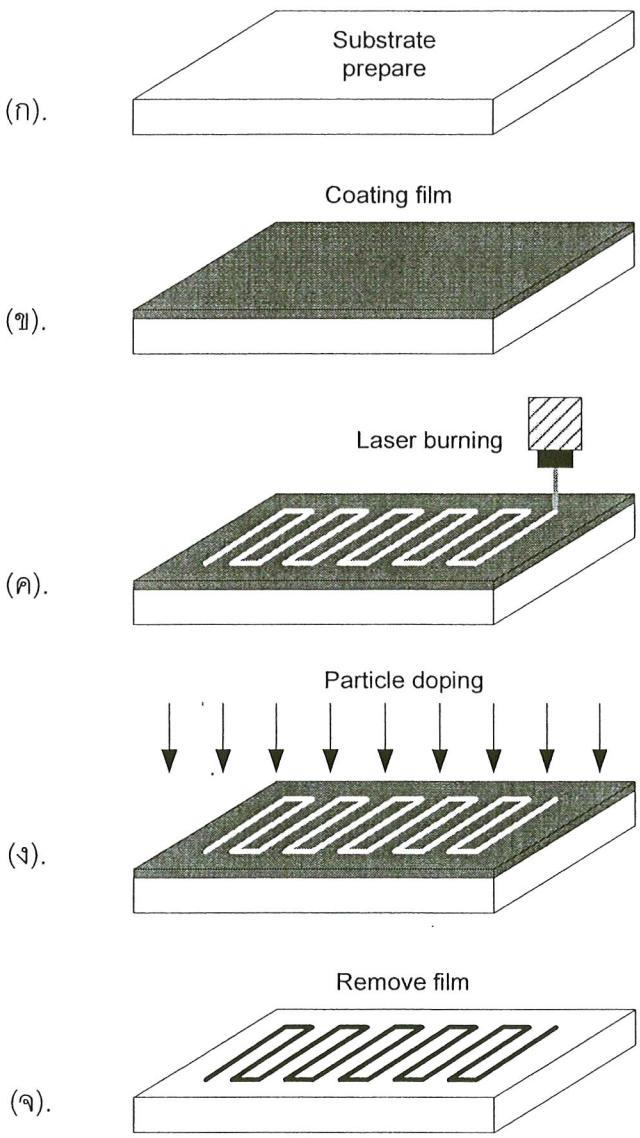


(ข).รูปแบบของเส้นตรงที่เขียนด้วยเครื่องจักร

รูปที่ 2.14 ลักษณะของเส้นตรงที่เขียนขึ้นมาในทางปฏิบัติจริง

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

ทำความสะอาดสิ่งสกปรกหรือฝุ่นละอองต่างๆ ออกไป เพื่อให้ผิวหน้าของฐานรองสามารถยึดติดกับสารอื่นที่โดปลงไปได้อย่างเต็มที่ ต่อมา (ข).ทำการเคลือบชั้นฟิลม์บางลงบนผิวหน้าของฐานรอง โดยต้องเป็นฟิล์มที่ทึบแสงและสามารถเผา (Burn) ออกได้ด้วยแสงเลเซอร์ ซึ่งอาจเป็นน้ำยาไวแสงหรือฟิล์มบาง (Dry film) ที่ใช้ในกระบวนการผลิตลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์ก็ได้ หลังจากนั้น (ค).นำแผ่นฐานรองที่เคลือบด้วยฟิล์มบาง ไปเขียนลวดลายต่างๆ ลงไปตามที่ได้ออกแบบไว้ด้วยเครื่องเขียนลวดลายต้นแบบ โดยแสงเลเซอร์จะทำการเผาฟิล์มตรงบริเวณที่ได้มีการออกแบบไว้ ฟิล์มที่ได้รับความร้อนจากแสงเลเซอร์จะระเหยไปในอากาศ 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