บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เครื่องฟูริเออร์ทรานสฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ (Fourier Transform Infrared Spectrometer, FT-IR)

เป็นเครื่องมือประเภท Infrared Spectroscopy ที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบพิสูจน์ และศึกษาเกี่ยวกับโมเลกุลของสาร โดยเฉพาะสำหรับหาหรือพิสูจน์เกี่ยวกับโครงสร้างของสารอินทรีย์ เช่น Functional group ต่างๆ โดยจะปรากฏณ์ออกมาที่ความถี่ต่างๆกัน ซึ่งอาจอยู่ในสภาวะของแข็ง ของเหลว หรือแก๊สก็ได้ เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ ใช้หลักการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานเพื่อการพิสูจน์ตรวจสอบชนิดของสารโดยสเปกตรัมจะต้องเหมือนกันถ้าเป็นสารเดียวกัน แต่ถ้าลักษณะของสเปกตรัมไม่เหมือนกัน ก็อาจใช้หาพวกFunctional group ของโมเลกุลได้ โดยเทียบตำแหน่งของแบนด์ในสารตัวอย่างกับ Correlation Chart

Infrared Spectroscopy เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของสาร และใช้หลักการการกระจายแสงของสเปกตรัมการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงที่สนใจเป็นตัวกำหนด จากการบันทึกผลของค่าความเข้มของแสงต่อความถี่หรือความยาวคลื่น หรือ wave number ซึ่งได้ออกมาเป็นสเปกตรัมเรียกว่า frequency-domain spectrum ดังที่เห็นกันอยู่ทั่วไป แต่ถ้าใช้วิธีการวัดที่ต่างไป โดยวัดความเข้มของแสง หรือกำลังของแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆกันอย่างต่อเนื่องเทียบกับเวลา เรียกว่า Time-Domain Spectroscopy หรือโดยทั่วไปเรียกว่า Fourier Transform Spectroscopy จากนั้น Time-Domain Spectroscopy จะถูกเปลี่ยนเป็น frequency-domain spectrum ด้วย Fourier transform จากการใช้ดิจิตัลคอมพิวเตอร์ สิ่งที่สเปกตรัมทั้งสองแตกต่างกันจริงๆก็คือ frequency-domain spectrum เป็นสเปกตรัมที่ได้จากการวัดการดูดกลืนแสงที่ความถี่ต่างๆกันที่ละครั้งในช่วงระยะเวลาอันหนึ่ง แต่ Fourier Transform Spectrum ได้จากการวัดการดูดกลืนแสงที่ความถี่ต่างๆกัน พร้อมกันหมด ดังนั้น Fourier Transform จึงช่วยในการวิเคราะห์รวดเร็วขึ้น การแยก(resolution) ก็ดีขึ้น หรือเป็นการทำให้ signal-to-noise ratio ดีขึ้นกว่าวิธีธรรมดา

ข้อดีของการใช้เทคนิค Fourier transformที่เห็นได้ชัดๆก็คือ ช่วยให้การวิเคราะห์หรือการวัดสเปกตรัมของสารตัวอย่างทำได้เร็วกว่าเครื่องอินฟาเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ธรรมดาหลายเท่า

เพราะการวัดด้วยเครื่องธรรมดาจะเป็นแบบวัดทีละความถี่(sequentially) แต่ FT-IR วัดที่ความถี่ต่างๆ อย่างต่อเนื่อง (simultaneously) เรียกว่า Fellgetts advantage สามารถใช้ circular entrance aperture แทน entrance slit ได้ ทำให้ได้กำลังแสงสูงขึ้น เรียก Jacquinot 's advantage และยังช่วยให้การแยก(resolution)และความถูกต้องดีขึ้น เรียกว่า Conne's advantage ประการสุดท้าย FT-IR ยังช่วยทำให้การวิเคราะห์ง่ายและสะดวกขึ้นด้วยการใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมการทำงาน ข้อเสียที่สำคัญก็คือ FT-IR เป็นเครื่องที่มีราคาแพงและต้องเสียค่าทะนุบำรุงสูง และยังต้องอยู่ในห้องที่มีการควบคุมความชื้นตลอดเวลา

2.1.2 **เครื่องรามาน สเปกโทรสโกปี** (Raman Spectroscopy)

Raman Spectroscopy เป็นวิธีวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์สารต่างๆ ทั้งสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และชีวสาร (biological substances) ซึ่งการวิเคราะห์นี้จะได้ผลออกมาคล้ายกับเทคนิคทางอินฟาเรดสเปกโทรสโกปี ดังนั้น เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์จึงสามารถทำได้ในทำนองเดียวกัน แต่รามาณสเปกโทรสโกปีเป็นเรื่องของการชนแบบไม่ยืดหยุ่น(Inelastic collision) ระหว่างโฟตรอนกับโมเลกุลของสาร พลังงานบางส่วนถูกถ่ายเทไปยังโมเลกุลทำให้เกิดการสั่นและการหมุนของโมเลกุลแล้วเกิดการกระเจิงออกไป

2.1.3 **กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์** (Scanning Electron Microscope and X-Ray Microanalysis)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron microscope) เกิดจากการคิดค้นเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการมองเห็นวัตถุของกล้องจุลทรรศน์ให้สามารถแจกแจงรายละเอียดของภาพได้ มากขึ้นกว่าเดิม โดยการประยุกต์นำเอาอิเล็กตรอนที่มีช่วงคลื่นสั้นกว่าคลื่นแสงมาใช้แทนคลื่นแสงมาใช้แทนคลื่นแสงและใช้เลนส์สนามแม่เหล็กไฟฟ้ามาแทนเลนส์กระจกและมีตัวตรวจวัดที่จะมาจับสัญญาณอิเล็กตรอนที่เกิดจากการที่ลำอิเล็กตรอนไปกระทบผิวตัวอย่าง จากนั้นก็จะมีอุปกรณ์ในการแปลงสัญญาณที่ได้ให้เป็นสัญญาณภาพปรากฏบนจอรับภาพต่อไป ผลที่ได้คือ ภาพของวัตถุหรือตัวอย่างที่กำลังขยายมากกว่า 3000 เท่า ถึงระดับมากกว่า100,000เท่า (กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดาสามารถทำกำลังขยายได้เต็มที่ไม่เกิน 3,000เท่า) และสามารถแจกแจงรายละเอียดของภาพ ซึ่งขึ้นกับลักษณะตัวอย่างได้ตั้งแต่ 3 ถึง 100 นาโนเมตร ในขณะที่กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงส่องสว่างธรรมดามีกำลังแยกขณะใช้ดูวัตถุเล็กสุดเพียง 0.2 ไมครอนเท่านั้น

ในกรณีที่เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุประกอบอยู่ด้วยเรียกว่า กล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอนวิเคราะห์ (Analytical electron microscope) โดยในการวิเคราะห์ธาตุจะเป็นการวิเคราะห์เฉพาะจุด(Spot analysis) หรือพื้นที่เล็กๆที่ใช้อิเล็กตรอนเป็นหัววัดเรียกว่า อิเล็กตรอนโพรบไมโครแอนาไลซิส (Electron Probe Microanalysis, EPMA) โดยใช้การวิเคราะห์ธาตุด้วยการวัดรังสีเอกซ์เฉพาะตัว (Characteristic x-ray) ซึ่งมีทั้งแบบเวฟเลงท์ดิสเพอร์สีฟเอกซเรย์ สเปกโทรโฟโตเมทรี (Wavelengh Dispersive X-ray Spectrophotometry, WDS) และแบบเอนเนอร์ยีดิสเพอร์สีฟเอกซเรย์สเปกโทรโฟโตแมทรี (Energy Dispersive X-ray Spectrophotometry, EDS)

ในกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(SEM) สัญญาณภาพที่ได้เกิดจากการใช้ตัวตรวจวัดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ มาจับสัญญาณอิเล็กตรอนทุติยภูมิที่เกิดขึ้น หรือใช้ตัวตรวจวัดอิเล็กตรอนกระเจิงกลับ มาจับสัญญาณอิเล็กตรอนกระเจิงกลับที่เกิดขึ้น ดังนั้น กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบนี้จะสามารถประกอบอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์ได้ทั้งแบบ EDS และ WDS เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ธาตุโดยอาศัยหลักการแยกรังสีตามระดับพลังงาน และ การประยุกต์ใช้งาน SEM-EDS มีดังนี้

1. การประเมินคุณลักษณะเฉพาะ สามารถดูได้จากขนาดเกรน, ความขรุขระผิว, ความพรุน, การกระจายตัวของขนาดอนุภาค และความเป็นเนื้อเดียวกันของวัสดุ
2. การวิเคราะห์จุดบกพร่อง สามารถดูได้จากการปนเปื้อนเฉพาะบริเวณ การประเมินกลไกการเกิดความเสียหาย บริเวณที่เกิดการแตกหักในระดับจุลโครงสร้าง
3. การควบคุมคุณภาพ สามารถดูได้จากการเปรียบเทียบตัวอย่างที่ดีและไม่ดี การกำหนดความหนาของฟิล์มและชั้นเคลือบ การทวนสอบขนาด เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.4 การปรับปรุงคุณภาพ

แรงกดดันจากการแข่งขันในระดับโลก เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้องค์กรธุรกิจต่าง ๆ ต้องหาแนวทางที่ดีกว่าเสมอในการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า รวมทั้งการพยายามลดต้นทุนและการเพิ่มผลิตผลให้สูงขึ้น แนวทางหนึ่งที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ดังกล่าว คือการปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งในปัจจุบันการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องได้กลายเป็นสิ่งจำเป็นหรือส่วนสำคัญของการกำหนดกลยุทธ์ในการดำเนินธุรกิจขององค์กร โดยเป้าหมายการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพ จะเกิดขึ้นในทุก ๆ ขั้นตอนของการทำงาน ตั้งแต่การรับวัตถุดิบไปจนถึงการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า

การปรับปรุงคุณภาพ จะเริ่มจากการแจกแจงความต้องการในอนาคตของลูกค้าผ่านการวิจัยทางการตลาด โดยในการออกแบบหรือการออกแบบใหม่ ผลิตภัณฑ์หรือบริการจะถูกออกแบบให้สอดรับกับความต้องการที่ดีขึ้น รวมทั้งกระบวนการผลิตก็จะถูกออกแบบเพื่อผลิตสินค้าหรือบริการนั้น ๆ ซึ่งกิจกรรมพื้นฐานโดยสรุปของการปรับปรุงคุณภาพ จะประกอบด้วย

(1) การออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่

(2) การออกแบบใหม่สำหรับผลิตภัณฑ์เดิม

(3) การออกแบบกระบวนการผลิตใหม่ (รวมทั้งการบริการ)

(4) การออกแบบใหม่ สำหรับกระบวนการผลิตเดิม

กิจกรรมทั้งสี่ประเภท จะมีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ขององค์กร ซึ่งจะต้องมุ่งเน้นการประสานงานและชัดเจนในวัตถุประสงค์พื้นฐาน โดยขจัดอุปสรรคระหว่างหน่วยงานที่อาจจะเกิดขึ้น บุคลากรที่อยู่ในส่วนต่าง ๆ ทั้งงานวิจัย งานออกแบบ งานขาย รวมทั้งงานผลิต จะต้องทำงานเป็นทีมผ่านกิจกรรมพื้นฐานทั้งสี่ประเภท โดยที่ฝ่ายบริหารจะต้องให้การสนับสนุนทั้งเวลาและทรัพยากรให้กับคณะทำงาน เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์สำหรับการสร้างเทคโนโลยีใหม่ การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

เป้าหมายของการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต ก็เพื่อต้องการให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีความแข็งแรง (Robust) ซึ่งการที่ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง (robustness) นั้นหมายถึงการที่คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์นั้นไม่เปลี่ยนแปลงอย่างง่าย เนื่องมาจากปัจจัยรบกวน (noise factor) โดยในการออกแบบนี้สามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนหลัก ๆ ประกอบด้วย

1. System Design ในขั้นตอนนี้สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์จะหมายถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบให้มีหน้าที่การใช้งานตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ รวมทั้งการเลือกกำหนดวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิต ชิ้นส่วน องค์ประกอบ หรือวัสดุอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง แต่ถ้าเป็นการออกแบบกระบวนการผลิต จะเป็นการพิจารณาถึงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ภายใต้ขอบเขตที่กำหนด และค่าเผื่อที่เหมาะสมภายใต้ต้นทุนที่น้อยที่สุด ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นหน้าที่ของผู้ควบคุมการผลิตในโรงงานหรือวิศวกรโรงงาน

2. Parameter Design เมื่อทำการออกแบบในขั้นตอน System Design แล้ว ขั้นตอนถัดไปคือการหาระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ที่จะทำให้ความแปรปรวนของคุณลักษณะในการใช้งานของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นน้อยที่สุด หรือเป็นการหาระดับที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตที่จะทำให้ความแปรปรวนของปัจจัยมีน้อยที่สุดเช่นกัน ซึ่งในกระบวนการผลิตตัวอย่างของความแปรปรวนของระดับการปฏิบัติงาน เช่น ความแปรปรวนของอุณหภูมิขณะทำงาน ความแปรปรวนของวัตถุดิบ ความแปรปรวนของกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งความแปรปรวนเหล่านี้อาจเป็น

สาเหตุให้กระบวนการผลิตมีความไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจะส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. Tolerance Design ขั้นตอนสุดท้ายของการออกแบบ คือการออกแบบค่าเผื่อที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย การพิจารณาช่วงที่ยอมรับได้ของปัจจัยเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา เนื่องจากถ้าช่วงที่ยอมรับได้ยิ่งแคบ ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ก็ยิ่งสูงขึ้น ในทางกลับกันถ้าขอบเขตของการยอมรับได้ยิ่งกว้าง โอกาสของความผันแปรของผลิตภัณฑ์ในการนำไปใช้งานยิ่งกว้างขึ้นด้วย ดังนั้นขั้นตอน Tolerance Design จึงเป็นการพิจารณาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ที่ต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่น้อยที่สุดภายใต้ความผันแปรของค่าเผื่อจากเกณฑ์กำหนดที่ยอมรับได้ เช่นเดียวกันในการออกแบบ Tolerance Design ในกระบวนการผลิต จะเป็นการออกแบบค่าเผื่อที่ยอมรับได้ของสภาพแวดล้อมในการทำงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาช่วงที่เหมาะสมที่สุดของสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ทำให้ต้นทุนผันแปรและต้นทุนผลิตภัณฑ์มีค่าน้อยที่สุด

2.1.4.1 การออกแบบการทดลอง

ในการปรับปรุงคุณภาพโดยการออกแบบการทดลอง (Experiment) สามารถดำเนินการได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมายของการทดลอง โดยรูปแบบในการทดลองสามารถแบ่งได้เป็น 5 ลักษณะ ประกอบด้วย

(1) การทดลองเดี่ยว (Single experiment) จะใช้เมื่อต้องการศึกษา เพื่อให้มีความเข้าใจในการทำงานของกระบวนการให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการ รวมทั้งสาเหตุที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย

(2) การทดลองแบบต่อเนื่อง (Continuous experiment) ใช้ในกระบวนการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะขึ้นอยู่กับความรู้ปัจจุบันเกี่ยวกับการทำงานของกระบวนการ ในกรณีที่เราทราบถึงความแปรปรวนภายในกระบวนการ และพยายามที่จะลดความแปรปรวนดังกล่าว ซึ่งอาจจะเกิดจากการศึกษาความสามารถของกระบวนการที่ไม่เป็นที่ยอมรับ ค่า Cpk ที่ต่ำเกินไป หรือเกิดจากการกำหนดขอบเขตของแผนภูมิที่กว้างจนเกินไป แต่ถ้าในกรณีที่เราไม่ทราบถึงขนาดความแปรปรวนที่เกิดขึ้น แต่ทราบถึงปริมาณของสิ่งที่ไม่ยอมรับ เช่น งานที่ต้องทำซ้ำใหม่มีมากเกินไป หรือของเสียมีจำนวนมาก และพยายามที่จะลดปริมาณดังกล่าว ซึ่งการดำเนินการ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องลดปริมาณลงอย่างมาก เพื่อให้ครอบคลุมความแปรปรวนที่เกิดขึ้นและไม่ทราบค่า

(3) การทดลองแบบแจกแจง (Screening experiment) กระบวนการนี้จะพบในกระบวนการติดตั้ง หรือพบในขั้นตอนระหว่างการออกแบบ สร้างขึ้นใหม่ ซึ่งมีความรู้ปัจจุบันในกระบวน

การน้อยมาก เมื่อเทียบกับความใหญ่หรือความซับซ้อนของกระบวนการ โดยในกระบวนการที่มีความซับซ้อนนี้ จะประกอบไปด้วยตัวแปรที่มีความสำคัญจำนวนมาก ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องแจกแจงรายการของปัจจัยของกระบวนการให้สามารถดำเนินการควบคุมได้ นอกจากนั้นยังเพื่อหาค่ากำหนดที่เหมาะสมสำหรับปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด

(4) การทดลองแบบมุ่งเน้น (Focusing experiment) วัตถุประสงค์ของการทดลองแบบนี้จะใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ รวมทั้งการพิจารณาความผิดปกติที่เกิดขึ้น จากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการหรือตัวแปรของผลิตภัณฑ์

(5) การทดลองแบบลำดับขั้น (Sequential experiment) การทดลองรูปแบบนี้ จะใช้ในกระบวนการที่ประกอบด้วยหลาย ๆ ขั้นตอน โดยในแต่ละขั้นตอนจะประกอบด้วยปัจจัยจำนวนมาก ในการศึกษาจะทำการแบ่งกระบวนการออกเป็นขั้นตอนย่อย ๆ จากนั้นจึงทำการศึกษาทีละขั้นตอนจนถึงขั้นตอนสุดท้าย

ในการทดลองบนกระบวนการผลิต หรือการทดลองบนผลิตภัณฑ์ ถือเป็นสภาพปกติโดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งขอบเขตของการทดลองจะเริ่มตั้งแต่การค้นหาอย่างไม่เป็นทางการ ไปจนถึงการศึกษาอย่างเป็นรูปแบบ มีการวางแผนอย่างดี

2.1.4.2 ทฤษฎีการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองเชิงสถิติ

2.1.4.2.1 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments)

การออกแบบการทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบดูว่า ปัจจัย (Factor) ใดหรือตัวแปร (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญ(หรือความสนใจ)ในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา (Output Response)

ปัจจัย (Factor) ในการผลิตสามารถแบ่งได้เป็น

1. ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต

2. ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต อันเนื่องมาจากเทคโนโลยีไม่ทันสมัยพอ ต้นทุนในการควบคุมสูงมาก หรือไม่มีความสามารถควบคุมเพราะเกิดจากสภาพแวดล้อมในการผลิต ฯลฯ

	Treatment					
	1	2	...	i	...	a	
	Y11	Y21		Yi1		Ya1	
	Y21	Y22		Yi2		Ta2	
	.	.		.		.	
	.	.		.		.	
	.	.		.		.	
	Y1n	Y2n		Yin		Yan	
Totals	Y1.	Y2.	...	Yi.	...	Ya.	Y..
Sample means	Y1.	Y2.	...	Yi.	...	Ya.	Y..
Population means	μ1	μ2	...	μI	...	μa	

ค่าสังเกตแต่ค่า มีตัวแบบเชิงเส้นทางสถิติ (Linear statistical model) ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

ซึ่ง Yij คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับTreatment i

μ คือ พารามิเตอร์ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τi คือ อิทธิพลที่เกิดจากTreatment i

ซึ่งก็คือ $\mu i = \mu + \tau i$

ε คือ ความคาดเคลื่อนสุ่ม

ซึ่งก็คือ $\varepsilon ij = Yij - \mu i$

การออกแบบการทดลองเพื่อทำการวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์ หรือไม่มีผลนั้น ต้องทำการเปลี่ยนแปลงอย่างน้อย 2 ระดับ แล้วทำการทดลอง จากนั้นวิเคราะห์จึงผลการทดลอง

2.1.4.2.2 วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1 เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ การพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริง หรือความเชื่อจากประสบการณ์ หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต

2 เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือ การศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

2.1.4.2.3 คำจำกัดความ (Definition)

คำจำกัดความที่ใช้ในการออกแบบการทดลองมีดังนี้

อิทธิพลหรือผล (Effect) หมายถึง ผลของตัวแปรต้น(ปัจจัยที่ทราบค่า สามารถกำหนดและเปลี่ยนแปลงได้) ที่มีต่อตัวแปรตาม(คุณลักษณะที่สามารถทราบได้หลังจากการทดลองในแต่ละครั้ง หรือค่าที่ต้องการวัด)

ปัจจัย (Factor) หมายถึง คุณสมบัติใดๆที่คาดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลองของคุณลักษณะในตัวผลิตภัณฑ์

ระดับของปัจจัย (Level of Factor) หมายถึง สภาวะต่างๆของปัจจัยหนึ่งๆที่ทำการกำหนดในการทดลอง

ปัจจัยรบกวน (Noise Factor) หมายถึง ปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบเล็กๆน้อยๆในการทดลอง ที่ไม่ทราบลักษณะและ ไม่สามารถควบคุมได้

2.1.4.2.4 ประเภทของการออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองสามารถจำแนกประเภทของการศึกษาได้ดังนี้

ก. การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การทำให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูลในแต่ละการทดลองเท่าๆกัน เพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ ให้กับข้อมูลในทุกระดับที่ศึกษาให้เท่ากัน โดยการทำการทดลองแบบสุ่มนี้ยังสามารถแบ่งออกได้อีก 3 วิธี คือ

1. การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomization)
2. การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple randomization)
3. การทำแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก (Complete Randomization within blocks)

ข. การทำซ้ำ (Replication) คือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูล เพื่อกำจัดเอาผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออก

ค. การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วงๆ เพื่อลดผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการทำเสมอไป

2.1.4.2.5 ลำดับขั้นตอนในการออกแบบและ วิเคราะห์ผลการทดลอง

ขั้นตอนในการออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลองมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. การนิยามปัญหา เป็นการระบุว่า ความต้องการในการผลิตคืออะไร ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตคืออะไร ซึ่งการนิยามปัญหาในที่นี้ จะเกี่ยวโยงไปถึงวัตถุประสงค์ในการทดลอง

2. การเลือกปัจจัยที่มีผล และระดับของปัจจัย เป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิต เพื่อระบุว่ามีปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยนั้น ควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไร เพื่อระบุระดับของปัจจัยในการทดลอง สุดท้ายคือ ระบุว่าระดับที่ใช้ควรเป็นแบบใด แบบกำหนด (Fixed levels), แบบสุ่ม (Random levels) หรือ แบบผสม (Mixed levels)

2.1 แบบกำหนด (Fixed levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุม หรือกำหนดค่าได้แน่นอน

2.2 แบบสุ่ม (Random levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุม หรือกำหนดค่าได้แน่นอน

2.3 แบบผสม (Mixed levels) หมายถึง การผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดได้ และแบบสุ่ม

3. การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทำการทดลองจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา และการวัดค่านั้น จะต้องแม่นยำ รวมทั้งความถูกต้องของเครื่องวัดด้วย

4. การเลือกแบบการทดลอง จะต้องพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ทำซ้ำในการทดลอง ความเหมาะสม ข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อก (Blocking) ที่เกี่ยวข้องทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยง รวมไปถึงต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเลือกปัจจัยต่างๆ

5. การทำการทดลอง ในขณะทำการทดลอง จะต้องปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ นั่นคือ ต้องมีการสุ่ม การทำซ้ำ และข้อควรระวังในขณะทำการทดลองคือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลอง เพื่อให้ความผิดพลาด (Error) ที่ออกมามีน้อยที่สุด

6. การวิเคราะห์ข้อมูล ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้ความรู้ทางด้านสถิติเข้ามาวิเคราะห์และสรุปผล รวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้น ก่อนที่จะตีความข้อมูลพึง

ระลึกเสมอว่า วิธีทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผล (Effect) เท่าใดได้แน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ความเชื่อมั่นเป็นเปอร์เซ็นต์ในการสรุปผล

7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว จะต้องสรุปผลของการวิเคราะห์ ซึ่งอาจแสดงในรูปของกราฟ ตาราง แผนภูมิ ฯลฯ และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น

2.1.5 Integrated Circuit (IC)

ไอซี (IC) ย่อมาจาก Integrated Circuit ซึ่งถ้าแปลโดยตรงก็คือวงจรรวม เป็นการรวมเอาองค์ประกอบวงจร เช่น ทรานซิสเตอร์ ไดโอด ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ที่ใช้ในการประกอบวงจรรวมเข้ามาอยู่ด้วยกันทำเป็นองค์ประกอบวงจรขนาดเล็กชนิดหนึ่ง วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปจะมีหน้าที่และคุณสมบัติการทำงานอย่างหนึ่ง เพื่อให้ได้คุณสมบัตินั้นจะต้องใช้องค์ประกอบวงจรหลายชนิดประกอบกันขึ้นมา ไอซีจะย่อขนาดของวงจรนั้นให้เล็กลงแต่มีคุณสมบัติในการทำงานเหมือนกัน ไอซีมีข้อดีคือ มีขนาดเล็ก กินไฟน้อย ผลิตง่าย และมีราคาถูกกว่าการประกอบวงจรธรรมดา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีใช้งานในปัจจุบันนั้นมีมากมายหลายชนิด ซึ่งไม่สามารถผลิตไอซีทดแทนได้หมด ไอซีแต่ละชนิดที่ผลิตก็เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของตลาด นอกจากนั้นไอซีแต่ละตัวยังสามารถที่จะประยุกต์เป็นวงจรที่มีคุณสมบัติต่างๆตามความต้องการของผู้ใช้ได้ โดยวิธีการต่อวงจรเสริมเข้าไป

2.1.5.1 **ชนิดของวงจรรวม**

ไอซีมีหลายชนิด หลายประเภท ตั้งแต่ไอซีที่ใช้ทำของเด็กเล่น ไอซีที่ใช้ทำวิทยุโทรทัศน์ จนกระทั่งไอซีที่ใช้ทำคอมพิวเตอร์ ซึ่งแบ่งตามประเภทต่างๆ ได้แก่

ก. การแบ่งตามการประกอบ

ข. การแบ่งตามขนาดความจุของวงจรอิเลคทรอนิคส์ที่บรรจุอยู่ในวงจรรวม

ค. การแบ่งตามหน้าที่การทำงาน

ก. การแบ่งตามการประกอบ

1. วงจรรวมชนิดโมโนลิทิค (Monolithic Integrated Circuits)

เป็นวงจรที่ชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ต่างๆตั้งแต่ตัวความต้านทาน ตัวเก็บประจุ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ จะถูกสร้างขึ้นข้างบนหรือภายในก้อนผลึกสารกึ่งตัวนำซิลิกอนก้อนเดียวโดยไม่แยกกันชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์เหล่านี้ จะประกอบกันอยู่เป็นวงจรที่สมบูรณ์ วัสดุที่ใช้คือ ผลึกซิลิกอน วงจรรวมชนิดโมโนลิทิคจะถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยกรรมวิธีการแพร่สาร (Diffusion) ขบวนการสร้างออกไซด์ (Oxidation) และขบวนการอื่นๆอีก เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนอิเลคทรอนิคส์ต่างๆ ซึ่งต่อกันเป็นวงจรภายในก้อนผลึกซิลิกอนก้อนเดียวกัน ข้อจำกัดของวงจรชนิดนี้คือ ไม่สามารถสร้างตัวความต้านทานที่มีค่าสูงมากๆได้ และตัวประจุไฟฟ้าที่สร้างได้ก็มีความจุไฟฟ้าได้ไม่มากนัก นอกจากนั้นยังเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากในขบวนการสร้างต้องใช้ความร้อนสูงมากๆ

2. วงจรรวมชนิดทินฟิล์ม (Thin-Film Integrated Circuits)

วงจรนี้ภายนอกจะมีขนาดใหญ่กว่าวงจรรวมชนิดโมโนลิทิคมาก วงจรรวมชนิดนี้จะเริ่มต้นจากการเคลือบสารบางชนิดลงบนแผ่นรองฉนวน ซึ่งเป็นเซรามิค โดยอาศัยเทคนิคการเคลือบสาร เช่น การสปัตเตอริ่ง (Sputtering) การทำสารให้เป็นไอในสูญญากาศ (Vacuum Evaporation) และการซิลสกรีน (Silk Screen) เป็นต้น ต่อนั้น สารที่เคลือบอยู่บนผิวของเซรามิคนี้จะถูกทำให้เป็นรูปแบบของตัวต้านทาน หรือตัวประจุไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนประกอบของวงจรนั้นๆ ชิ้นส่วนเหล่านี้จะต่อร่วมกันเป็นวงจรที่สมบูรณร่วมกับตัวไดโอด หรือทรานซิสเตอร์ ด้วยวิธีการ เมตัลไลเซชั่น (Metallization) โดมไม่ใช้สายหรือลวดทองแดงเหมือนการต่อสายในวงจรธรรมดาทั่วๆไป ในเทคนิคที่มีอยู่ปัจจุบัน ยังไม่สามารถที่จะสร้างตัวไดโอด หรือทรานซิสเตอร์ ให้อยู่ในรูปของทินฟิล์มได้เช่นเดียวกับตัวความต้านทานหรือตัวประจุไฟฟ้า และนี่เองที่เป็นข้อบกพร่องของวงจรรวมชนิดนี้ เพราะตัวไดโอด หรือทรานซิสเตอร์ ที่ประกอบอยู่ในวงจร จะถูกนำมาติดตั้งนแผ่นรองเซรามิคทีหลัง และอยู่ในลักษณะที่แยกจากทินฟิล์ม และขั้นสุดท้ายจะต้องอาศัยวิธีการ เมตัลไลเซชั่น เพื่อต่อชิ้นส่วนต่างๆ ให้ร่วมกันเป็นวงจรที่สมบูรณ์แบบ ด้วยเหตุนี้จึงดูยุ่งยากซับซ้อนกว่าการสร้างวงจรรวมชนิดโมโนโลทิค และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากกว่า แต่มีข้อดีก็คือสามารถสร้างวงจรหรือชิ้นส่วนอิเลคทรอนิคส์ ซึ่งวงจรโมโนลิทิคทำไม่ได้ เช่น สร้างตัว

ความต้านทานหรือประจุไฟฟ้า ที่มีค่าความต้านทานและความจุไฟฟ้าสูงๆได้ มีความผิดพลาดน้อย

3. วงจรรวมชนิดคอมแพทิเบิล (Compatible Integrated Circuits)

เป็นวงจรที่รวมเอาข้อดีของวงจรทั้งสองชนิดแรก และกำจัดข้อเสียซึ่งวงจรรวมทั้งสองมีอยู่ โครงสร้างของวงจรชนิดคอมแพทิเบิลคล้ายกับวงจรทั้งสองชนิดรวมกัน โดยประกอบด้วยฐานรองซึ่งเป็นชิ้นผลึกซิลิกอนสารกึ่งตัวนำ ภายในชิ้นผลึกนี้จะมีชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ต่างๆบรรจุอยู่เหมือนกับโครงสร้างของวงจรโมโนลิทิค ทุกประการ เหนือวงจรรวมชนิดโมโนลิทิคนี้จะมีตัวความต้านทานหรือประจุไฟฟ้าที่มีค่าสูงๆ อยู่ในรูปของทินฟิล์ม ซึ่งกรรมวิธีของโมโนลิทิคไม่สามารถสร้างได้เพราะมีขีดจำกัดดังที่เคยกล่าว โดยมีชั้นของฉนวนของซิลิกอนไดออกไซด์กั้นอยู่ เพื่อป้องกันการลัดวงจรการต่อชิ้นส่วนภายในวงจรกระทำได้ด้วยการใช้เทคนิค เมตัลไลเซชั่น โดยมีอะลูมิเนียมเป็นวัสดุตัวนำ

4. วงจรรวมชนิดไฮบริด (Hybrid Integrated Circuits)

วงจรรวมชนิดไฮบริด เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า วงจรรวมชนิดมัดติชิป วงจรรวมชนิดนี้ประกอบด้วยชิ้นส่วน ซึ่งเป็นโมโนลิทิคตั้งแต่หนึ่งชิ้นขึ้นไปร่วมกับชิ้นส่วนที่อาจจะเป็นชนิดทินฟิล์มก็ได้ ชิ้นส่วนเหล่านี้จะแยกกันอยู่เป็นชิ้นๆ และจะถูกประกอบร่วมกันเป็นวงจรที่สมบูรณ์ โดยเทคนิคการต่อสายอย่างธรรมดา หรือเทคนิคของเมตัลไลเซชั่นเป็นบางส่วน ซึ่งชิ้นส่วนต่างๆวางอยู่บนฐานฉนวนของเซรามิค

5. วงจรรวมชนิดโมโนลิทิคแบบมีฉนวนเป็นฐานรอง (Insulated Substrate Monolithic Integrated Circuits)

วงจรรวมชนิดนี้เป็นผลอันเนื่องจากการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของวงจรรวมชนิดโมโนลิทิค กล่าวคือในวงจรรวมชนิดโมโนลิทิค ชิ้นส่วนต่างๆของวงจรซึ่งสร้างในชิ้นผลึกซิลิกอนชิ้นเดียวกันนั้นถูกเสมือนทำให้แยกจากกันและไม่ให้ลัดวงจรได้ ด้วยการป้อนไฟย้อนกลับให้แกรอยต่อ Pn ในทางอุดมคติ ชิ้นส่วนแต่ละตัวจะถูกสร้างขึ้นบนชั้นผลึกซิลิกอนแบบเดียวกับวิธีของ โมโนลิทิค แต่จะมีฉนวนกั้นระหว่างชิ้นส่วนแต่ละตัวนั้น ฉนวนส่วนใหญ่ใช้ซิลิกอนไดออกไซด์ เพราะง่ายและสะดวกต่อการสร้างขึ้นบนผลึกซิลิกอน ฉนวนอันเกิดจากซิลิกอนไดออกไซด์จะทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ ในชิ้นผลึกนั้นแยกกันได้เด็ด

ขาด เป็นผลให้การทำงานของวงจรเป็นไปอย่างสมบูรณ์จริงๆ และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม

ข. การแบ่งตามขนาดความจุของวงจรอิเลคทรอนิคส์ที่บรรจุอยู่ในวงจรรวม

1. วงจรรวมขนาดเล็ก (Small Scale Integrated Circuits)

วงจรรวมขนาดเล็ก หรือเรียกย่อๆว่า S.S.I ซึ่งหมายถึงวงจรรวมที่มีขนาดบรรจุชิ้นส่วนอิเลคทรอนิคส์ไว้ไม่มากนัก หรือไม่หนาแน่นมาก เป็น IC แบบดิจิตอลที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุด และมีวงจรย่อยต่อชิบเป็นจำนวนน้อยที่สุด โดยทั่วไปจะมีเกตอินเวอร์เตอร์หรือวงจรที่ซับซ้อนใกล้เคียงกับเกตอยู่เป็นจำนวนน้อยกว่า 12วงจร

2. วงจรรวมขนาดกลาง (Medium Scale Integrated Circuits)

วงจรรวมขนาดกลาง หรือ MSI เป็นวงจรที่มีขนาดบรรจุชิ้นส่วนอิเลคทรอนิคสไว้มากกว่าแบบ S.S.I โดยขนาดของชิ้นส่วนแต่ละตัวมีขนาดเล็กว่า สิ่งที่สำคัญคือ วงจรเกตหรือวงจรอื่นๆ จะต่ออยู่ด้วยกันในลักษณะที่จำเพาะเจาะจงเพื่อใช้ทำหน้าที่ทางดิจิตอลบางอย่าง

3. วงจรรวมขนาดใหญ่ (Large Scale Integrated Circuits)

วงจรรวมขนาดใหญ่ หรือ LSI เป็นวงจรรวมที่มีชิ้นส่วนต่างๆบรรจุอยู่อย่างหนาแน่นมากกว่าแบบ MSI วงจรเหล่านี้จะต่อถึงกันเพื่อใช้ทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์พร้อมเป็นวงจรรวมซึ่งใช้สำหรับงานบันทึกความจำที่มีอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะสิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่า MOS-Memory ส่วนใหญ่ก็เป็นวงจรรวมที่เรียกกันว่าMOS-LSI เช่น ชิบหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ เครื่องคิดเลข แถวลำดับทางตรรก และ ROM เป็นต้น

ตระกูลของวงจรตรรกขนาด LSI/MSI จะเป็นที่นิยมกันมากและใช้กันอย่างแพร่หลาย มีชื่อเรียกว่า วงจรตรรกแบบทรานซิสเตอร์-ทรานซิสเตอร์ (Transistor-transistor logic) หรือ TTL ซึ่ง TTL จะใช้ทรานซิสเตอร์ชนิดไบโพลาร์ในสถานะอิ่มตัว ในการออกแบบเครื่องมือเครื่องใช้ทางดิจิตอลนั้น จะเลือกใช้ชิ้นส่วนได้จากตระกูลต่างๆของอินเวอร์เตอร์ เกต และ ฟลิปฟลอป แบบ TTL รวมทั้งวงจรตรรกแบบ TTL ที่ทำหน้าที่อื่นๆ

4. วงจรรวมขนาดใหญ่พิเศษ (Super Large Scale Integrated Circuits)

เป็นวงจรรวมที่มีชิ้นส่วนต่างๆบรรจุอยู่มากเป็นพิเศษ ซึ่งพัฒนามาจากวงจรรวมขนาดใหญ่ ระบบจะทำงานได้ครบสมบูรณ์จะสามารถสร้างขึ้นเป็นวงจรจุลภาค เพียงชิ้นเดียวได้ เช่น ไมโครคอมพิวเตอร์ที่สมบูรณ์แบบ และระบบจัดหาข้อมูล เป็นต้น

ค. แบ่งตามหน้าที่การทำงาน

1. Analog or Linear Integrated Circuits

เป็นไอซีเชิงเส้นใช้ในวงจรขยายสัญญาณ ขยายกำลัง หรือเป็นตัวแปลงสัญญาณจาก Analog เป็น Digital ส่วนใหญ่ใช้เป็นชิ้นส่วนประกอบวิทยุ เครื่องเสียง โทรทัศน์ วิดีโอ เป็นต้น

2. Bipolar or Processor Integrated Circuits

เป็นไอซีขนาดใหญ่ใช้การประมวลผลข้อมูลหรือใช้ในการควบคุมระบบการทำงานอัตโนมัติ เช่นเป็นชิ้นส่วนประกอบเครื่องคำนวณ

3. Digits or Logic Integrated Circuits

มีใช้ในวงจรตรรกะหรือวงจรระบบดิจิตอลต่าง เช่น เป็นชิ้นส่วนประกอบของเครื่องสมองกล

4. Mos Memory Integrated Circuits

ใช้ในหน่วยความจำชนิดต่าง

5. Mos/kst (custom Integrated Circuits)

เป็นไอซีที่ได้รับการออกแบบเป็นการเฉพาะหรือกึ่งเฉพาะ เพื่อให้เหมาะกับงานที่ใช้ เช่น เป็นชิ้นส่วนประกอบนาฬิกาและของเด็กเล่น เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.5.2 รูปร่างของ IC

ไอซีแต่ละชนิดจะมีรูปร่างภายนอกแตกต่างกันตั้งแต่ตัวถังและจำนวนขา ซึ่งรูปร่างของไอซี สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ดังนี้

1. รูปร่างแบบกระป๋องกลม TO 5
2. รูปร่างแบบราบ (Flat package)
3. รูปร่างแบบตีนตะขาบ (DIP = Dual In Line Package)

ตัวถังที่นิยมใช้กันมากที่สุดเป็นแบบ DIP เป็นตัวถังแบบสี่เหลี่ยม มีขาเรียงกับเป็น 2 แถวจำนวนขาไอซีจะมีตั้งแต่ 14-40 ขา ถ้ามีมากกว่า 40 ขาจะถอดไอซีออกจากซ็อกเกตได้ยากมาก ตัวถังจะทำด้วยวัสดุที่เป็นพลาสติกหรือเซรามิก

นอกจากแบบ DIP แล้วยังมีตัวถังแบบ TO 5 ซึ่งเป็นตัวถังโลหะหุ้มมิดชิด ไอซีที่มีตัวถังแบบนี้ส่วนใหญ่จะเป็นอะนาลอกไอซี ส่วนไอซีที่ทำหน้าที่เป็นเรกูเลเตอร์ มักจะมีตัวถังแบบ TO 3 (ตัวถังโลหะ) หรือ TO 220 (ตัวถังพลาสติก) ซึ่งดูรูปร่างคล้ายคลึงกับทรานซิสเตอร์กำลัง เพราะไอซีชนิดนี้ต้องจ่ายกระแสมากจึงต้องมีพื้นที่ในการระบายความร้อนมากและต้องมีตัวถังที่แข็งแรง ตัวถังแบบพิเศษเช่น แบบแบน (Flat package) จะมีขนาดเล็กและแบน ใช้ในวงจรที่ต้องการพื้นที่น้อย เช่น นาฬิกา เครื่องเล่นเทปแบบวอล์คแมน

2.1.5.3 ขั้นตอนการผลิตไอซี

การผลิต IC มีขั้นตอนการผลิตหลักๆ ดังนี้

1. การตัดแว่นผลึก (Dieing Process)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการประกอบไอซี แว่นผลึกไอซีหลายๆผลึกซึ่งผ่านกระบวนการโปรเซสแว่นผลึกจากต่างประเทศจะมาอยู่ในรูปของแผ่นวงกลม

แผ่นสี่เหลี่ยมเล็กๆคือ ผลึกไอซี ซึ่งได้ผ่านกระบวนการโปรเซสแว่นผลึกแล้วจะต้องถูกตัดให้แยกออกจากกันด้วยใบมีดที่มีความคมและแข็งเป็นพิเศษ ซึ่งเรียกว่าแผ่นเวเฟอร์ (Wafer) แผ่นเวเฟอร์ที่ได้จะถูกขัดอย่างระมัดระวังจนมีสภาพมันเป็นเงาคล้าย

กระจกโดยผ่านการล้างน้ำและขัดด้วยตัวขัดที่เล็กและละเอียด ขั้นสุดท้ายใช้วิธีขัดล้างด้วยกรรมวิธีทางเคมีซึ่งทำให้ผิวหน้าของแผ่นเวเฟอร์ไม่มีรอยขีดข่วนและเป็นมันสมบูรณ์

2. ขั้นตอนการติดชิ้นผลึกบนกรอบขา (Die Bond)

เมื่อผ่านขั้นตอนการตัดแว่นผลึกแล้ว ก็จะต้องทำการตรวจสอบ จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนของการติดชิ้นผลึกบนกรอบขา การทำการติดชิ้นผลึกจะต้องมีการจุ่มกาวลงบนกรอบบาเสียก่อน จากนั้นจึงนำผลึกไอซีมาติด การจุ่มกาวลงบนกรอบขาและการดูดไอซีเพื่อมาติดบนกรอบขา แล้วทำการอบกาว ซึ่งเรียกว่า Epoxy Cure จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการต่อลวดกับชิ้นผลึก

3. ขั้นตอนการต่อลวดกับชิ้นผลึก (Wire Bonder)

ขั้นตอนนี้เป็นการเชื่อมวงจรในผลึกไอซีกับกรอบขาด้วยลวด โดยมีแขนกลที่ใช้ในการเชื่อมลวด

ขั้นตอนต่างๆข้างต้นเรียกว่า Front of Line (FOL) หรือสายการผลิตต้น ในกระบวนการต่อไปคือสายการผลิตหลังหรือ End of Line (EOL)

4. ขั้นตอนการชุบตะกั่ว

จากขั้นตอนการต่อลวดกับชิ้นผลึก ก็จะทำการผนึกฝาไอซีด้วยเครื่อง Molding ซึ่งมีทั้งผนึกด้วยพลาสติก และเซรามิก แล้วแต่การใช้งาน จากนั้นจึงเข้าสู่การตัดแต่งขา (Trim and Form) และการชุบตะกั่ว

5. ขั้นตอนการพิมพ์เบอร์

หลังจากผ่านการผนึกฝาไอซีแล้วจะทำการชุบตะกั่ว (Soler Plate) เสียก่อนแล้วจึงเข้าสู่การตัดแต่งขา จากนั้นเข้าสู่การพิมพ์เบอร์ครั้งละหลายๆอัน (Strip Mark) หรือใช้การพิมพ์เบอร์โดยใช้แสงเลเซอร์ การพิมพ์เบอร์ที่ใช้อยู่คือการพิมพ์เบอร์ปรกติจะใช้สีพิมพ์ไปบนตัวไอซี แต่การใช้เลเซอร์เป็นการเจาะลงบนเนื้อฝาผลึกไอซีทำให้เกิดเป็นร่องของตัวอักษรขึ้นมาเมื่อผ่านการพิมพ์เบอร์แล้วก็จะเข้าสู่การตรวจสอบ

2.1.6 เลเซอร์

เลเซอร์(Laser) เป็นรูปคำใหม่ที่นำอักษรตัวแรกของข้อความที่ว่า Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation มาประกอบกัน โดยหลักการเบื้องต้นของเลเซอร์นั้น มาจากเรื่องธรรมชาติของแสง นับตั้งแต่มีการพบและสร้างเลเซอร์เครื่องแรกในปี ค.ศ. 1960 ซึ่งใช้ผลึกทับทิมเป็นแอกทีฟมีเดียม ซึ่งให้ค่าเกนในพิสัยความยาวคลื่นแคบๆ ได้มีการค้นคว้าวิจัยหาวัสดุชนิดต่างๆ ที่สามารถนำมาใช้เป็นแอกทีฟมีเดียมได้หลายๆชนิด จนอาจจะคิดว่ามากพอสำหรับที่จะนำมาเป็นแอกทีฟมีเดียม แต่แท้จริงแล้วทุกวันนี้ยังมีการทำวิจัยค้นหาวัสดุใหม่ๆตลอดเวลา แม้ว่าจะมีการผลิตเลเซอร์ออกมาเพื่อจุดประสงค์หลายอย่างแล้วก็ตาม

2.1.6.1 ชนิดของเลเซอร์

สามารถจำแนกเลเซอร์ออกเป็น 4 ชนิดใหญ่ๆ ตามสมบัติทางฟิสิกส์ของแอกทีฟมีเดียมที่ใช้ได้แก่

- เลเซอร์ชนิดฉนวนที่ถูกโด๊ป (Doped insulator laser)
- เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor laser)
- ก๊าซเลเซอร์ (Gas laser)
- ดายเลเซอร์ (Dye laser)

ในกลุ่มของเลเซอร์ทั้ง 4 ประเภทนี้จะมีลักษณะที่ต่างกันไม่ว่าจะเป็นระดับพลังงานหรือกลไกการปั๊ม

1. เลเซอร์ชนิดฉนวนที่ถูกโด๊ป (Doped insulator laser)

เลเซอร์ประเภทนี้ แอกทีฟมีเดียมจะมีอิออนเจือปน (Impurity ions) ฝังอยู่ในโครงผลึกของของแข็ง โดยทั่วไปอิออนเจือปนจะไปอยู่แทนที่ตำแหน่งอิออนของผลึกของแข็ง ระดับพลังงานที่ทำให้เกิดแสงเลเซอร์จะมีผลมาจากระดับพลังงานของอิออนเจือปน แต่ไม่ได้หมายความว่าโครงผลึกของแข็งไม่มีบทบาทเลย แท้จริงแล้วสมบัติทางฟิสิกส์ เช่น ค่าสภาพนำความร้อน และการขยายตัวเนื่องจากความร้อนของผลึกมีบทบาทสำคัญต่อระดับพลังงานของอิออนเจือปน ซึ่งสามารถเปลี่ยนสถานะให้แสงเลเซอร์ออกมาได้ ฉะนั้นแม้ว่าใช้อิออนเจือปนชนิดเดียวกันโด๊ปผลึกของแข็งต่างกันก็จะทำให้ความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ต่างกัน

2. เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor laser)

ถึงแม้ว่าเลเซอร์สารกึ่งตัวนำจะใช้ผลึกของแข็ง แต่ก็มีข้อแตกต่างอย่างมากจากกรณีเลเซอร์ฉนวนที่ได้รับการโด๊ป ข้อแตกต่างที่สำคัญมี 2 ประการคือ โครงสร้างระดับพลังงานและกลไกการปั๊ม ระดับพลังงานอิเล็กตรอนจะเป็นแถบไม่เหมือนกับกรณีระดับพลังงานเดี่ยวของอะตอมโดดๆ ในแต่ละแถบพลังงานจะประกอบด้วยกลุ่มพลังงานที่ติดกัน ระดับพลังงานเหล่านี้จะไม่ใช้ระดับพลังงานของอะตอม แต่จะเป็นระดับพลังงานทั้งหมดของผลึก ซึ่งสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายดังนี้ โดยพิจารณาผลึกประกอบด้วยกลุ่มอะตอมจำนวนมากเมื่อเริ่มต้นระดับพลังงานแยกจากกันเมื่ออะตอมอยู่ห่างกันจะไม่มีอันตรกริยาระหว่างอิล็กตรอนของอะตอมอื่นๆ กับอะตอมที่เราสนใจอยู่ โครงสร้างพลังงานของกลุ่มอะตอมจะเป็นการรวมกันของระดับพลังงานแต่ละระดับของแต่ละอะตอม ถ้าหากเราสามารถทำให้อะตอมเข้ามาอยู่ใกล้กันมากๆจะเกิดอันตรกริยาระหว่างอิเล็กตรอนของกลุ่มอะตอมทั้งหมดที่จะต้องได้รับการสนใจ จากหลักการกีดกันของพาวลีซึ่งกล่าวว่าอิเล็กตรอนในแต่ละสภาพจะมีเลขควอนตัมเหมือนกันทุกตัวไม่ได้ เลขอะตอมที่ระบุแสดงถึงการรับรู้สมบัติทางฟิสิกส์ของอิเล็กตรอนรวมทั้งพลังงาน ดังนั้นแสดงว่าเสมือนอิเล็กตรอนจะมีพลังงานร่วมกันไม่ได้ ระดับพลังงานแต่ละระดับจะแยกเป็นระดับพลังงานเล็กๆอยู่กันจะเป็นกลุ่มระดับพลังงานซึ่งเรียกว่า แถบพลังงาน พบว่า ความกว้างของแถบพลังงานจะเพิ่มขึ้นขณะที่ระยะห่างระหว่างอะตอมลดลง และอันตรกริยาระหว่างอิเล็กตรอนมีมากขึ้น ดังนั้นจึงมีโอกาสที่แถบพลังงานจะทับซ้อนกันที่ระยะห่างระหว่างอะตอมน้อยมากๆ กรณีของสารกึ่งตัวนำ ระยะสมดุลของอะตอมจะทำให้เกิดแถบพลังงานและช่องว่างพลังงานระหว่างแถบพลังงาน

3. ก๊าซเลเซอร์ (Gas laser)

ตัวกลางที่เป็นเกนมีเดียมที่เป็นก๊าซมีจุดสนใจมาก เมื่อเทียบกับกรณีที่เป็นผลึกของแข็งทั้งนี้เพราะว่าความแตกต่างในความหนาแน่นการผกผันประชากรที่ได้จากก๊าซจะมีค่าน้อยกว่ากรณีของของแข็ง เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วสามารถคาดได้ว่ากำลังเอ๊าท์พุทจากก๊าซเลเซอร์สูงกว่า ในขณะเดียวกันก๊าซจะมีความเป็นเอกพันธ์มากกว่าของแข็ง ดังนั้นจะมีการไหลเวียนของก๊าซเพื่อทำให้เย็น และมีการเติมให้เต็มอยู่ตลอดเวลาได้

4. ดายเลเซอร์ (Dye laser)

ของเหลวมีสมบัติทางฟิสิกส์ที่ได้เปรียบกว่าทั้งของแข็งและก๊าซ ในการจะนำมาเป็นเกนมีเดียมสำหรับเลเซอร์ มีความเป็นเอกพันธ์เช่นเดียวกับก๊าซ ไม่มีข้อยุ่งยากในการประดิษฐ์ สามารถไหลวนกลับไปยังคาวิตีหรือเติมได้ง่ายกว่า นอกจากนี้ยังมีความหนาแน่นของจำนวนอะตอมมากกว่าก๊าซ มีของเหลวหลายชนิดได้รับการพัฒนา แต่ที่น่าสนใจมากเป็นอันดับต้นๆได้แก่ สารย้อมออร์กานิก ที่ละลายในของเหลวที่เหมาะสม สารละลายที่ได้จะมีสมบัติเรืองแสงอย่างมาก กล่าวคือ ดูดกลืนรังสีที่แถบพลังงานหนึ่งแล้วเปล่งรังสีที่มีความยาวคลื่นมากกว่าออกมา ความแตกต่างระหว่างพลังงานที่ดูดกลืนกับที่เปล่งออกมาจะอยู่ในรูปพลังงานความร้อน ตัวอย่างที่ปรากฏได้ชัดเจน ได้แก่ โรดามีน 6 G ในเอทานอล

2.1.6.2 การประยุกต์ใช้เลเซอร์

จะเห็นได้ชัดว่า เลเซอร์สามารถใช้เพื่อการหลอม การตัด และการเจาะ ถ้าเทียบกับเทคนิคที่ใช้เครื่องมืออื่นๆที่มีราคาแพง การใช้เลเซอร์จะมีต้นทุนที่น้อยกว่า การใช้เลเซอร์นี้มีข้อได้เปรียบหลายประการ ดังตัวอย่างเช่น

- รังสีเลเซอร์เป็นพลังงานที่มีความสะอาดมาก จึงไม่มีชิ้นวัสดุตกค้างที่ชิ้นงาน ทำให้สามารถควบคุมบรรยากาศการทำงานได้ในการปฏิบัติงานแต่ละครั้ง
- เนื่องจากลำแสงเลเซอร์มีความเป็นสเปเซียลโคฮีเรนซ์สูง ทำให้สามารถโฟกัสเป็นจุดเล็กๆ ได้ ทำให้เกิดความร้อนเฉพาะที่โดยไม่มีผลกระทบต่อบริเวณข้างเคียง
- เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ พบว่าสามารถควบคุมรังสีได้
- ลำแสงสามารกำหนดทิศทางได้ สามารถผ่านวินโดว์โปร่งใสได้
- พบได้ว่า พลังงานเกือบทั้งหมดของเลเซอร์จะสะสมอยู่ที่ผิวของชิ้นงานทำให้เกิดหลุมที่บริเวณผิวที่ต้องการโดยไม่มีผลกระทบกับวัสดุทั้งก้อนเลย

ซึ่งมีการนำเลเซอร์ไปประยุกต์ใช้งานหลักๆ ดังนี้

1. การเชื่อมด้วยเลเซอร์

กระบวนการเชื่อมด้วยเลเซอร์ ได้แก่การนำโลหะสองชิ้น(อาจจะเป็นโลหะเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้)มาสัมผัสกัน ทำการเผาบริเวณที่สัมผัสกันให้ร้อนจนถึงจุดละลาย

แล้วเชื่อมจนติดกัน ฉะนั้นความร้อนที่ใช้จะต้องมากพอทำให้โลหะละลาย แต่ต้องไม่มากจนกระทั่งทำให้เกิดการระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งจะทำให้เกิดรอยเชื่อมต่อเป็นรูพรุน โลหะส่วนมากมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดละลาย ดังนั้นจึงต้องระวังให้มีการควบคุมปริมาณพลังของเลเซอร์ให้ดี พบว่า จะมีปัญหามากเมื่อโลหะมีจุดละลายต่างกันมากๆ โดยเฉพาะมักทำให้เกิดการระเหยเป็นไอได้

การเชื่อมด้วยเลเซอร์อาจใช้แทนการเชื่อม(Soldering) การเชื่อมด้วยประกายไฟ (Arc welding) การเชื่อมด้วยตัวต้านทาน (Resistance welding) และการเชื่อมด้วยลำอิเล็กตรอน (Electron beam welding) อย่างไรก็ดีพบว่า การเชื่อมด้วยเลเซอร์มีข้อดีหลายประการดังนี้

- ไม่มีการสัมผัสกับอุปกรณ์ภายนอกใดๆ
- การเผาเกิดขึ้นเฉพาะที่
- สามารถเชื่อมโลหะต่างชนิดกันได้
- สามารถเชื่อมชิ้นงานที่ควบคุมอยู่ในเตาเผาที่ยอมให้แสงผ่านได้

1. การประยุกต์ในการโปรเซสวัสดุ

การทำให้ผิวแข็ง(Surface hardening) เป็นการประยุกต์เลเซอร์ที่มีกำลังสูงๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรม อาทิ การทำให้ผิววัสดุเฟอรัส (Ferrous materials) แข็งนั้น ทำได้โดยการเผาให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤต(Critical temperature) จากนั้นทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว(Quenching) การทำให้แข็งนี้อาจทำได้ด้วยการสแกนลำแสงเลเซอร์ลงบนผิวของวัสดุ การสแกนอย่างช้าๆ จะทำให้อุณหภูมิที่ผิวมีค่าสูงขึ้น ค่าอุณหภูมินี้สามารถมีค่าสูงได้เท่ากับจุดละลายของวัสดุ

2. การใช้เลเซอร์ช่วยในงานกล

ปัญหาหนึ่งที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการตัดวัสดุที่เหนียวๆ อย่างเช่นโลหะผสมไททาเนียม ได้แก่ อัตราการตัดจะสูงซึ่งทำให้เครื่องมือตัดชำรุดได้ง่ายจึงมีเวลาใช้งานได้น้อย เนื่องจากพบว่า มีการใช้วัสดุชนิดนี้อย่างมากในอุตสาหกรรมอากาศยาน จึงมีความสนใจในเทคนิคที่สามารถเพิ่มอัตราเร็วการตัด ทางหนึ่งที่ทำได้แก่ การใช้เลเซอร์ช่วยในการเครื่องกล ในระหว่างทำการตัดจะโฟกัสลำแสงเลเซอร์กำลังสูงลงบนผิวชิ้นงานตรงตำแหน่งกัวเครื่องมือตัดเช่นนี้ทำให้วัสดุทำให้วัสดุมีเนื้ออ่อนลงจึงง่ายต่อการตัด เนื่องจากบริเวณที่ให้ความร้อนเล็กมาก เครื่องมือตัดจะอยู่ในสภาพที่เย็นกว่า ดังนั้นจึงทำให้

สามารถเพิ่มอัตราเร็วในการตัดได้ ในทำนองเดียวกันช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดได้ แม้ว่าอัตราเร็วการตัดจะสูงขึ้น เพื่อเป็นการลดการสะท้อนของผิวโลหะ อาจจะสเปรย์สสารดูดกลืนเคลือบผิวไว้โดยเฉพาะบริเวณที่โฟกัสลำแสงเลเซอร์ เมื่อทำการตัดโลหะIconel718(โลหะผสมที่มีนิเกิล) การใช้เลเซอร์ช่วยเช่นนี้ใช้เลเซอร์ CO^2 กำลัง 10kW และใช้สเปรย์ดูดกลืนช่วยให้อัตราเร็วในการตัดเพิ่ม 33 % ขณะเดียวกันลดการชำรุดของเครื่องมือตัดได้ประมาณ 40 % อย่างไรก็ตามการใช้เลเซอร์ช่วยในงานเครื่องกลนี้เป็นหัวข้อที่วิจัยกันมาก

3. การตัดด้วยเลเซอร์

จุดประสงค์หลักของการตัดคือ การทำให้วัสดุระเหยเป็นไอโดยเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่ทำลายชิ้นงานหรือมีผลกระทบน้อยที่สุด อุตสาหกรรมที่ใช้การตัดด้วยเลเซอร์จะมีการใช้ก๊าซฉีดเลี้ยงตามรอบๆลำแสดงเช่นเดียวกันกับการเชื่อมด้วยเลเซอร์ เช่น การตัดโลหะจะฉีดก๊าซรีแอกทีฟ (Reactive gas) ซึ่งจะมีก๊าซออกซิเจน อัตราเร็วการตัดจะทวีสูงขึ้น เนื่องจากรีแอกชั่นรวมกับการดูดกลืนแสง ในสถานะการณ์แวดล้อมที่เหมาะสมอาจจะเพิ่มอัตราเร็วได้สูงขึ้นถึง 5 เท่าหรือมากกว่านี้ นอกจากนี้ก๊าซรีแอกทีฟยังช่วยให้วัสดุที่หลอมละลายหลุดออกจากบริเวณที่ตัดด้วย ในบางครั้งอาจไม่จำเป็นต้องใช้ก๊าซรีแอกทีฟ อย่างไรก็ตามขอบของชิ้นงานที่ถูกตัดจะมีออกไซด์เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นผลเสียในการเชื่อม กรณีวัสดุที่ไม่ใช่โลหะ(ตัวอย่างเช่น เซรามิกส์ พลาสติก หรือ ไม้)การเกิดออกซิเดชั่นจะน้อยกว่า กรณีนี้จะใช้ก๊าซเฉื่อยฉีดเลี้ยง เท่ากับว่า เลเซอร์เป็นแหล่งจ่ายพลังงานความร้อนที่ใช้ในการตัด

4. ไมโครแมชีนนิง

สามารถใช้เลเซอร์ในการเลือกพื้นที่ให้วัสดุระเหยเป็นไอในพื้นที่จำกัดเล็กๆได้ จึงนำไปใช้งานได้หลายๆแขนง ตัวอย่างหนึ่งได้แก่ การตัดตัวต้านทางไฟฟ้าให้เรียบร้อย ตัวต้านทางไฟฟ้านี้สามารถผลิตได้จากเทคนิคหลายแขนง ซึ่งปกติจะประกอบด้วยฟิล์มบางของวัสดุตัวนำ (เช่นนิโครม ออกไซด์ของตะกั่ว หรือ แทนทาลัมไนไตรด์) ฝังตัวอยู่บนซับสเตรท ฉนวน ระหว่างสองอิเล็คโตรด โดยทำการผลิตฟิล์มบางไม่อาจให้ค่าความต้านทานที่แน่นอนได้ ดังนั้นจึงต้องมีกรรมวิธีการตัด เราสามารถใช้ลำแสงเลเซอร์ช่วยได้หลายวิธี ตัวอย่างเช่น ความต้านทานอาจมีค่าเพิ่มขึ้นได้ด้วยการเลือกให้วัสดุหลุดออกจากฟิล์ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ด้วยการตัดเป็นช่องหรือเจาะให้เป็นรู การใช้เลเซอร์จะช่วยให้เกิดความร้อนเหนี่ยวนำมีการเปลี่ยนแปลง เทคนิคประการหลังนี้มีผลดีอย่างมาก เมื่อเราต้องการลดค่าความต้านทางตลอดกระบวนการของการตัดอาจจะทำการตรวจรู้ค่าความต้านทานได้ตลอดเวลา (ทั้งนี้วัสดุจะต้องไม่มีการนำไฟฟ้าด้วยแสง) ดังนั้นจะช่วยทำให้สามารถผลิตตัวต้านทานได้ค่าความต้านทานที่แม่นยำได้ เราอาจจะสามารถปรับค่าความต้านทานในวงจรได้เพื่อให้วงจรมีประสิทธิผลสูงสุด

นอกจากการตัดตัวต้านทานแล้ว ยังสามารถใช้เลเซอร์ช่วยในการผลิตตัวเก็บประจุหรือการโปรกเซสซับสเตรทซิลิกอนได้

5. การเจาะ การขีดจารึก และการทำตราประทับ

การประยุกต์ใช้เลเซอร์ในด้านอุตสาหกรรมครั้งแรก ได้แก่ การใช้เลเซอร์ทับทิมชนิดพัลส์การต่อเส้นลวดด้วยไดเพซร โดยใช้เลเซอร์ในการเจาะ ซึ่งก็มีการพัฒนาขึ้นไปเรื่อยๆ โดยเฉพาะกรณีที่ไม่ใช้โลหะ แต่เป็นยางหรือกระดาษ ซึ่งมีรูพรุนหรือหลุมอยู่แล้ว งานแบบนี้การเจาะด้วยเลเซอร์จะมีผลดีกว่าวิธีทางกลเพราะไม่มีการเพี้ยนไปขณะเกิดรู ตัวอย่างได้แก่ การใช้เลเซอร์เจาะรูกระดาษมวนบุหรี่ กรณีที่ใช้เทคนิคทางกลเจาะรูจะได้รูที่เพี้ยนและติดกันมาก การใช้เลเซอรีในการเจาะรูที่เห็นได้ว่าประสพความสำเร็จอย่างมากได้แก่การเจาะรูหัวหนของขวดนมทารกและการเจาะรูวาล์วของใบพัด

การประยุกต์อื่นๆของเลเซอร์ได้แก่ การขีดจารึกหรือแกะสลัก โปรกเซสดังกล่าวนี้เป็นการขีดเส้นบางๆลงบนผิวของวัสดุโดยไม่ทำวัสดุแตกออกเป็นชิ้นๆตามแนวที่ขีดจารึก

ในการประยุกต์การทำวงจรรวม(IC) พบว่าการใช้เลเซอร์ขีดจารึกบนแผ่นซิลิกอนมีประโยชน์อย่างมากโดยปกติวงจรไฟฟ้าจำนวนมากจะปรากฏบนแผ่นซับสเตรทซิลิกอน จึงพบว่าการใช้เลเซอร์ให้ผลดีกว่าการใช้เทคนิคอื่นๆ ซึ่งอาจทำให้วงจรแตกออกเป็นเสี่ยงๆ หรืออาจจะเป็นรอยขีดที่ไม่คม การใช้แสงเลเซอร์จะช่วยลดการสูญเสียวงจรและวามารถควบคุมได้อย่างแม่นยำ

การทำตราประทับด้วยแสงเลเซอร์คือ การทำให้วัสดุหลุดออกหายออกจากผิว จึงทำให้เห็นรอยของการทำตราประทับ กรณีดังกล่าวช่วยทำให้สามารถแกะสลักตัวเลขระบุเฉพาะ หรือโลโก้ได้ การทำตราประทับนี้สามารถใช้ Nd:YAG เลเซอร์ชนิดพัลส์หรือ CO^2 เลเซอร์ที่ใช้ได้ทั้งชนิด CW หรือพัลส์ นอกจากนี้ยังสามารถทำตราประทับลงบนวัสดุที่โปร่งใสที่ความยาวคลื่นของเลเซอร์ได้โดยมีการเคลือบด้วยวัสดุดูดกลืน

6. การประยุกต์เลเซอร์ทางการแพทย์

เมื่อพิจารณาการประยุกต์ทางการแพทย์แล้วพบว่า สามารถใช้เลเซอร์ในงานสามสาขาได้แก่ การทำศัสยกรรมโดยใช้เลเซอร์เป็นเครื่องมือตัด งานทางด้านจักษุวิทยา และด้านโรคผิวหนัง ในกรณีของงานศัสยกรรมได้พิสูจน์พบแล้วว่าเลเซอร์ มีประโยชน์อย่างมากอย่างไรก็ตาม Nd:YAG เลเซอร์ CO^2 ก็มีประโยชน์เช่นกัน การใช้เลเซอร์ในการ

ศัสยกรรมมีข้อดีกว่าเทคนิคของการผ่าตัดธรรมดาอยูหลายประการได้แก่ ลำแสงเลเซอร์ช่วยผ่าตัดที่ตำแหน่งเฉพาะที่แน่นอนสามารถควบคุมได้อย่างแม่นยำ ไม่ไปทำลายส่วนอื่น ทำให้ลดการเสียหายต่อเนื้อเยื่อบริเวณข้างเคียง ไม่ทำให้เส้นเยื่อบริเวณข้างเคียงฉีกขาด ซึ่งเป็นการลดอาการเลือดไหลมาก ในกรณีดังกล่าวจึงเห็นได้ว่าจะต้องมีระบบนำแสดงเลเซอร์ที่ดี

การประยุกต์ใช้ทางจักษุวิทยาพบว่ามีการใช้เลเซอร์ลอกเรตินา ได้มาหลายปีแล้ว โดยปัจจุบันนิยมใช้แสงเลเซอร์อาร์กอนซึ่งเป็นสีเขียว เซลเม็ดเลือดแดงจะดูดกลืนรังสีเลเซอร์ทำให้เกิดผลกระทบทางความร้อนยังผลให้เราสามารถติดเรตินาได้ใหม่

ปัญหาผิวหนังเสียรูปไปจากปกติสามารถแก้ไขและรักษาได้ด้วยแสงเลเซอร์ ตัวอย่างเช่นปานแดง ซึ่งการทำศัลยกรรมปกติไม่สามารถรักษาได้เนื่องจากปานแดงเกิดเป็นบริเวณที่กว้าง การฉายรังสีเลเซอร์อาร์กอนอิออนอย่างสม่ำเสมอจะทำให้มีการฟอกขาวในบริเวณที่เป็นปานแดง นอกจากนี้การใช้แสงเลเซอร์ยังช่วยลดรอยสักได้ นอกจากนั้นการรักษามะเร็งก็ยังใช้แสงเลเซอร์ช่วยในการรักษาได้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทรงพล พิเชษฐ์วัฒนา (ปี พ.ศ. 2541)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึงการศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงดึงระหว่าง Slider และ Flexure ของหัวอ่านเขียนข้อมูล และ เงื่อนไขที่เหมาะสมจากการออกแบบการทดลอง โดยปัจจัยที่มีผลต่อแรงดึงคือ อัตราส่วนผสมของสารยึดเหนี่ยว อุณหภูมิในการอบ และเวลาในการอบ

ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้หัวอ่านเขียนมีค่าแรงดึงสูงสุดคือ อัตราส่วนผสม 4:1 อุณหภูมิในการอบ 300 องศาฟาเรนไฮต์ และเวลาที่ใช้ในการอบ 16 นาที

ทศพล เกียรติเจริญผล (ปี พ.ศ. 2538)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึงการศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเคลือบแลกเกอร์บนแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก และ เงื่อนไขที่เหมาะสมจากการออกแบบการทดลอง โดยทดสอบปัจจัยที่มีผล

ต่อคุณลักษณะทางคุณภาพของผิวชิ้นงาน เคลือบแลคเกอร์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติจริงให้มากที่สุด พร้อมทั้งพัฒนาให้เกิดมาตรฐานอ้างอิงในการทำงาน

ผลการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบความยืดหยุ่นและการทนต่อการขีดข่วนและการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำ คือ ชนิดของแลกเกอร์ น้ำหนักแลกเกอร์ ต่อพื้นที่ อุณหภูมิบ่ม ส่วนปัจจัยเวลาที่ใช้การบ่มจะมีอิทธิพลค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่นและผลการทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างแลกเกอร์กับเนื้อเหล็กกับผลการทดสอบการหลุดลอกของแลกเกอร์จากการต้มฆ่าเชื้อไม่พบการหลุดลอกของแลกเกอร์

และได้เงื่อนไขที่เหมาะสมได้ดังนี้คือ แลกเกอร์ชนิด Z น้ำหนักแลกเกอร์ต่อพื้นที่ 8-9 กรัมต่อตารางเมตร อุณหภูมิบ่ม 205 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการบ่ม 13 นาที

Chol, S. (ปี ค.ศ. 2001)

ได้ศึกษาถึงการพิจารณานำ Eutectics Sn-Ag soldersไปใช้แทน Sn-Pb solder แต่ melting point ของ Sn-Ag solder สูงถึง221 C ซึ่งสูงกว่า Sn-Pb solders จึงทำการพิจารณาหาสภาวะที่เหมาะสม โดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC)

จากการศึกษาได้นำ Pb ผสมลงใน Eutectic Sn-Ag solder เพื่อช่วยในการปรับสภาวะให้เหมาะสม กรณีศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ผลของPb ที่มีการเจือปนกับ Sn-Ag solder ใน Component and/or board ที่ใช้ Pb-bearing solder ในการcoat ซึ่งหากปริมาณ Pb เพิ่มมากขึ้นใน Eutectic Sn-Ag solder ก็จะทำให้ melting point ต่ำลง และได้สภาวะที่ 62.5 Sn/13.5 Ag/36.15 Pb wt%มี melting point 178c

Hoshi, Y., Yoshida, H. and Tsutsui, Y. (ปี ค.ศ. 2000)

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับ Laser guided discharge (LGD) ซึ่งได้นำมาใช้ในการ Marking และศึกษาถึงข้อได้เปรียบของ Laser guided discharge (LGD) โดยทำการเปรียบเทียบระหว่าง Laser guided discharge (LGD) กับ Laser Marking ผลจากการศึกษา Laser guided discharge (LGD) ได้ข้อสรุปดังนี้

1. LGD สามารถควบคุมตำแหน่งได้ด้วย Discharge remote
2. งานที่ถูก LGD Mark จะไม่ถูก Wash (กัดเซาะ)
3. LGD Marking จะใช้ตัว Discharge เป็น guide ทำให้ power ที่ออกมาลดลง
4. LGD Marking ให้ตัว Mark ที่ใหญ่และกว้างกว่า Laser Marking ขณะที่power เท่ากัน

5. ความกว้างของตัว Mark จะควบคุมได้จากค่าพารามิเตอร์ที่ให้พลังงานทางไฟฟ้า เช่น Voltage และ Current

6. รอยลึกที่เกิดจาก LGD Marking จะเรียบไม่มีผลจากการกระจายของไฟ ฉะนั้นจะไม่ทำให้เกิดความเสียหายของชิ้นงานเหมือนกับ Laser Marking

Liasi, E and Du, R (ปี ค.ศ. 1999)

บทความนี้เป็นการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษา ความร้อนของเข็มเย็บที่ เย็บวัสดุที่มีความแข็ง เช่น Upholstery fabric's โดยใช้ infrared (IR) radiometry, high-speed line scanning IR radiometry, และ high speed IR radiometry เป็นเครื่องมือวัดผลของอุณหภูมิระหว่างการทำงาน โดยใช้ IR radiometry กับความเร็วในการเย็บต่ำ (ประมาณ 500rpm). High speed IR และ high speed line scanning IR radiometry ใช้กับ การเย็บความเร็วปานกลาง ประมาณ 1,000-2,000rpm.

ในการวิจัย ได้ใช้ Taguchi's design of experiment method, ในการวิเคราะห์ผลของสภาวะที่ศึกษา คือ needle conditions (sharp or blunt), sewing speeds, number of stitches per inch, material being sewn, และ thread tension. และ พบว่า การใช้Air vortex cooling กับเข็มให้อุณหภูมิที่เหมาะสม กับ คุณภาพการเย็บที่ต้องการและ การเกิดความเสียหายกับด้าย และได้สร้างสมการเกี่ยวกับความตึงด้าย และ model ของ needle temperature

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย