บทที่ 2
ผลงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การชุบทองแบบเลือกบริเวณ เป็นหัวข้อที่ถูกกล่าวถึงมากมายเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความนิยมและมีความซับซ้อนในกระบวนการผลิต โดยเป็นการชุบโดยต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีการเตรียมพื้นผิวมากกว่า 2 ชนิดในหนึ่งลายวงจร ซึ่งการเตรียมพื้นผิวที่นิยมใช้มีทั้งการชุบทอง ชุบดีบุก ชุบตะกั่ว การเคลือบด้วยสารอินทรีย์ โดยการเลือกบริเวณชุบนั้นมีเทคโนโลยีที่นิยมใช้อยู่ 2 เทคโนโลยี คือ เทคโนโลยีการใช้หมึกเหลวสกรีนป้องกัน (Screen ink resist) และ การใช้ฟิล์มแห้ง (Dry film resist) โดยในอดีตนิยมใช้ หมึกเหลวสกรีนป้องกัน เนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตที่ง่ายและราคาถูก โดยมีลักษณะการผลิตโดยนำหมึกเหลวที่มีคุณสมบัติแข็งตัวเมื่อรับแสงยูวี มาสกรีนลงบนแผงวงจรอ่อน และนำเข้าเครื่องฉายแสงแบบสายพาน (Conveyor UV exposure) หลังจากนั้นจึงนำมาชุบเตรียมพื้นผิว และล้างสีที่สกรีนออก แต่ในปัจจุบันความต้องการของลูกค้าเริ่มมีมากขึ้นเรื่อยๆทั้งผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความสะอาดมากขึ้น อีกทั้งความละเอียดที่ต้องการมากขึ้น จึงเริ่มมีการปรับเปลี่ยนมาเป็นการใช้ฟิล์มแห้ง (Dry film resist) เนื่องจากฟิล์มแห้งสามารถผลิตงานที่มีคุณภาพและสะอาดมากกว่า อีกทั้งในด้านการออกแบบเนื่องจากสามารถผลิตงานที่มีความละเอียดมากขึ้นทางด้านคุณภาพเนื่องจากฟิล์มแห้งไม่เลอะเทอะเหมือนหมึกเหลวทำให้การควบคุมคุณภาพเป็นไปได้ง่าย อีกทั้งกระบวนการรีดฟิล์มแห้งยังมีความเร็วมากกว่าเครื่องสกรีนหมึกเหลวโดยกระบวนการผลิตมีความแตกต่างกว่าเล็กน้อยคือ เริ่มด้วยติดฟิล์มคลุมทุกบริเวณ ทำการฉายแสงตามแผนผัง ล้างฟิล์มบริเวณชุบ นำไปชุบทอง แล้วสุดท้ายจึงนำไปล้างฟิล์มที่ตกค้างออก ซึ่งKlaus Maurischat (1998) ได้กล่าวไว้ใน “Dry film photoresists - a never ending success story?”

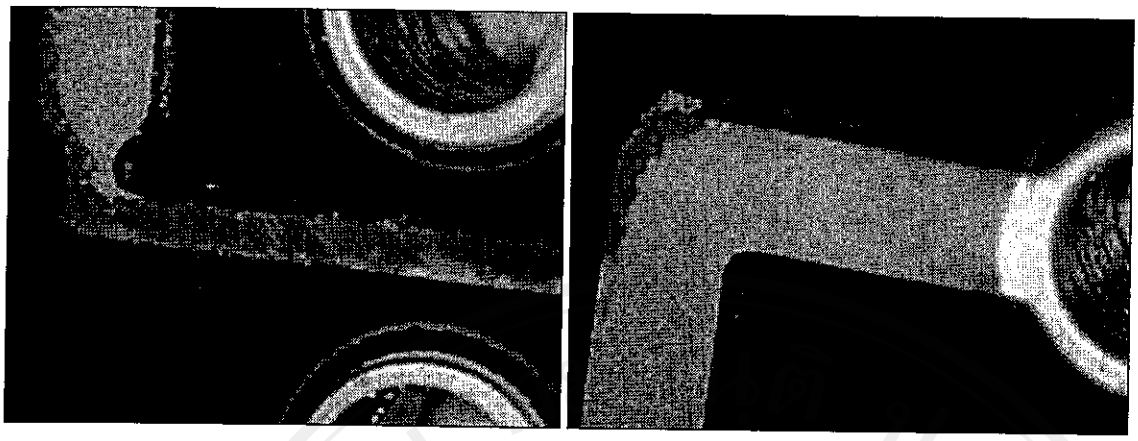
โดยที่การชุบทองแบบเลือกบริเวณ นั้นสามารถก่อให้เกิดงานเสียที่ไม่สามารถพบได้ในการชุบแบบเต็มลายวงจร นั่นคือ การชุบเปื้อน และ การชุบไม่ติด ซึ่งของเสียทั้ง 2 ชนิดนี้เกิดจากการนำฟิล์มหรือหมึกมาปิดคลุมบริเวณที่ไม่ต้องการชุบอย่างไม่มีคุณภาพพอ โดยการชุบเปื้อน เกิดจากการคลุมของฟิล์มที่น้อยเกินไปไม่ครอบคลุมถึงบริเวณป้องกันหรือแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แน่นพอทำให้ฟิล์มหลุดก่อนการชุบ ส่วนการชุบไม่ติด เกิดจากการคลุมของฟิล์มที่มากเกินไปจนคลุมบริเวณที่ต้องการชุบหรือสะเก็ดฟิล์มจากแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แน่นมาติดบริเวณที่ต้องการชุบ โดยข้อแตกต่างของการชุบแบบเต็มลายวงจร และการชุบทองแบบเลือกบริเวณ คือกระบวนการเคลือบฟิล์มป้องกันการชุบ กระบวนการสร้างผังการชุบด้วยแสงยูวี กระบวนการล้างฟิล์มที่บริเวณการชุบ และกระบวนการลอกฟิล์ม ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วย แผนผังสาเหตุและผลกระทบ พบว่าในบริษัทประสบปัญหากับการกระบวนการล้างฟิล์มที่บริเวณการชุบ มากที่สุดจำนวนปัจจัยที่ทำการปรับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อ้างอิงตามคู่มือทางเทคนิค (Technical data sheet) ของฟิล์มป้องกันการชุบทอง(DuPont Electronic Technologies, 2002) ซึ่งมีทั้งหมด 6 ปัจจัย ที่สามารถปรับเปลี่ยนได้จึงใช้ การออกแบบการทดลองช่วยในการวิเคราะห์และคัดกรองปัจจัยที่มีผลกระทบต่อของเสียเนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถลดความสับสนของการทดลองที่มีจำนวนปัจจัยมาก (Chang and Andrew ,2000) และสามารถแสดงถึงความสัมพันธ์ทางตรง และ ทางปฏิกิริยา ได้อย่างชัดเจน

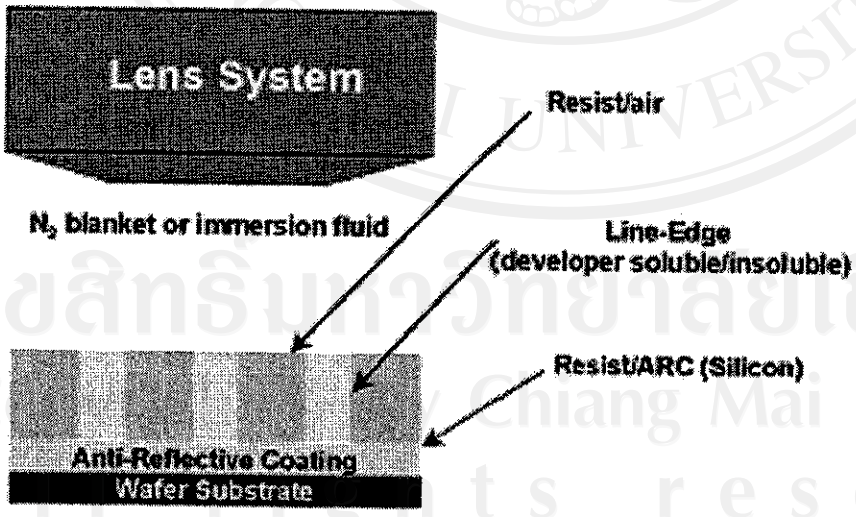
ส่วนการลดของเสียการชุบเปื้อน และ การชุบไม่ติด ในกระบวนการผลิตอื่นที่เกี่ยวข้องได้ถูกกล่าวถึงมากมายในการวิจัยต่างเช่น การวิจัยโดยเพ่งเล็งไปที่การปรับปรุง กระบวนการเคลือบฟิล์มป้องกันการชุบ ซึ่ง Karl (2001)ได้กล่าวถึงในบทความ “Imaging for Selective Nickel/Gold Plating” ไว้ว่าปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นนั้นมีสาเหตุหนึ่ง จากปัญหาด้านแรงยึดเหนี่ยว (Adhesion) ระหว่างแผงวงจรอ่อน (Flexible printed circuit) กับ ฟิล์มป้องกันการชุบ (Plating mask resist) และการเข้ากันของเนื้อฟิล์ม (Conformation) โดยใช้หลักการที่ว่าถ้าแรงยึดเหนี่ยวมีไม่มากพอหรือฟิล์มเข้ากันไม่เหมาะสมกับพื้นผิวแผงวงจรอ่อน จะทำให้ฟิล์มสามารถหลุดออกเป็นสะเก็ดได้ในกระบวนการล้าง (Resist developer) และกระบวนการชุบ (Plating) ก่อนการชุบจะเกิดขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดของเสียชุบเปื้อนได้ ซึ่งจากผลการวิจัยนี้พบว่าการบรรเทาหรือแก้ไขนั้นสามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนค่าปัจจัย (Factor) ในกระบวนการเคลือบฟิล์ม (Gold mask resist coating process) และการใช้ฟิล์มที่หนาขึ้น (Thicker film) โดยในการปรับปรุงปัจจัยทางกระบวนการนั้น สามารถเลือกใช้ได้หลายวิธี เช่น ใช้การเพิ่มอุณหภูมิในการบีบอัด (lamination temperature) ให้ร้อนขึ้นทำให้ฟิล์มหลอมรวมกับแผงวงจรอ่อนได้ดีขึ้น การลดความเร็วในการบีบอัด (lamination speed) ทำให้แผงวงจรอ่อนถูกบีบอัดในระยะเวลาที่นานขึ้น การเพิ่มความดันในการบีบอัด (lamination pressure) เพื่อบีบอัดฟิล์มให้ติดกับแผงวงจรอ่อนดีขึ้น การอุ่นงานก่อนเข้าบีบอัด (Pre-heating) โดยเตรียมอุณหภูมิแผงวงจรอ่อนให้เหมาะสมและใกล้เคียงอุณหภูมิของการบีบอัดเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน (Thermal shock) และสุดท้ายคือการเปลี่ยนไปใช้ฟิล์มที่มีความหนามากขึ้นเพื่อให้เนื้อฟิล์มที่หนาขึ้นจมลึกลงในแผงวงจรอ่อนมากกว่าฟิล์มชนิดก่อนแต่ถึงวิธีการนี้จะเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้พัฒนาได้ แต่ยังพบผลกระทบข้างเคียงคือของเสียชุบไม่ติดในกรณีที่แรงยึดเหนี่ยว (Adhesion) ระหว่างแผงวงจรอ่อน (Flexible printed circuit) กับ ฟิล์มป้องกันการชุบ และการเข้ากันของเนื้อฟิล์ม ดีมากเกินไปโดยจะทำให้ฟิมล์ล้างไม่ออกด้วยกระบวนการล้างฟิล์ม (Resist stripper)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.1 ลักษณะงานที่แรงยึดเหนี่ยวระหว่างแผงวงจรอ่อน กับ ฟิล์มป้องกันการชุบมากเกินไป

การวิจัยโดยเพ่งเล็งไปที่การปรับปรุง กระบวนการสร้างผังการชุบด้วยแสงยูวี (UV exposure) ซึ่งกล่าวถึงโดย Vivek and Eric (2000) ในบทความ"Advanced measurements for photoresist fundamentals" โดยในบทความนี้ได้กล่าวถึงวิธีการวัดรังสี UV แบบใหม่โดยใช้ Next-generation tools include immersion conditions ซึ่งสามารถแจ้งค่าความเข้มของการฉายแสง (UV exposure) กลับไปยัง อุปกรณ์ฉายแสง (exposure-tool) อย่างแม่นยำและเที่ยงตรงซึ่ง การประยุกต์ใช้นี้พบว่า สามารถเพิ่มความละเอียด (Resolution) ในการฉายแสงของเส้นลายในวงจรได้ถึงขนาดระดับ 10^{-9} (Nanometer)



รูปที่ 2.2 Next-generation tools include immersion conditions

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อีกตัวอย่างหนึ่งในการพัฒนามุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างผังการชุบด้วยแสงยูวี (UV exposure) คือ การทดลองเปลี่ยนจากการใช้แสง ยูวี เป็นการใช้แสงเลเซอร์ (Laser Direct Imaging) ในบทความของ CircuiTree (2006) เรื่อง "New Dry-Film Developments for Laser Direct Imaging" ซึ่งสามารถลดของเสียชุบไม่ติด และชุบเปื้อนได้ประมาณ 30 – 40 %โดยใช้แสงเลเซอร์ ชนิดอาร์กอน (Ar laser) ในช่วงความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร(Nanometer) เนื่องด้วยการใช้เลเซอร์นี้จะสามารถลดความผิดพลาดในการเหลื่อมทับการของการฉายแสง (Misregistration) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักสาเหตุหนึ่งของของเสีย ซึ่งจะสามารถลดของเสียชนิดนี้ได้ถึง 8 เท่า แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือระบบเลเซอร์มีราคาที่สูงมาก อีกทั้งเนื่องจากการใช้พลังงานที่สูงมากในการปฏิบัติงานซึ่งทำให้มีขีดจำกัดด้านอายุการใช้งานที่ต่ำ และการปฏิบัติงานเป็นไปอย่างยุ่งยากเนื่องจากต้องปฏิบัติงานในห้องสีแดงมืด และถึงแม้ว่าประเทศญี่ปุ่นสามารถพัฒนาฟิล์มชนิดพิเศษไปจนถึงขั้นที่สามารถใช้แสงเหลืองปกติได้ แต่ก็พบว่าฟิล์มชนิดพิเศษที่ใช้นั้นมีราคาสูงมาก

ยังมีกล่าวถึงเกี่ยวกับการเปรียบเทียบคุณภาพของฟิลม์ซึ่งมีความหนาแตกต่างกัน และฟิล์มที่มีชนิดต่างกัน โดย Andrew et al.(2001) ในบทความ "A Comparative Performance Test of Dry Film Photoresists on Stainless Steel" ซึ่งในบทความนี้ได้ใช้วิธีการทางสถิติ Chi Square และ Z Test เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ซึ่งได้สรุปว่า ความละเอียด (Resolution) ของลายวงจรสามารถพัฒนาขึ้นได้โดยการลดความหนาของฟิล์มซึ่งจะได้ประโยชน์ทางด้านผลผลิต (Productivity) ที่ดีขึ้นด้วยเนื่องจากสามารถลดเวลาในการล้างฟิล์ม (Development) และการลอกฟิลม์ (Striping) และในบทสรุปยังได้กล่าวถึงสัดส่วนของเสียที่มีความแตกต่างกันเมื่อมีการเปลี่ยนยี่ห้อหรือชนิดของฟิล์ม ซึ่งได้กล่าวอ้างว่าสาเหตุของความแตกต่างคือ ความเหนียวและแรงยึดเหนี่ยว (Adhesion) ของฟิล์มโดยฟิล์มยิ่งบางยิ่งสามารถกัดลายวงจรที่มีความละเอียดได้มากแต่ไม่คงทน และฟิล์มที่มียี่ห้อต่างกันจะมีความประสิทธิภาพต่างกันด้วย โดยปัจจัยหลักที่ทำให้เกิด ของเสียมากหรือน้อยชนิดคือยี่ห้อและชนิดของฟิล์ม ซึ่งทั้งความหนาและยี่ห้อนี้ยังมีผลกับกำลังการผลิตอีกด้วย

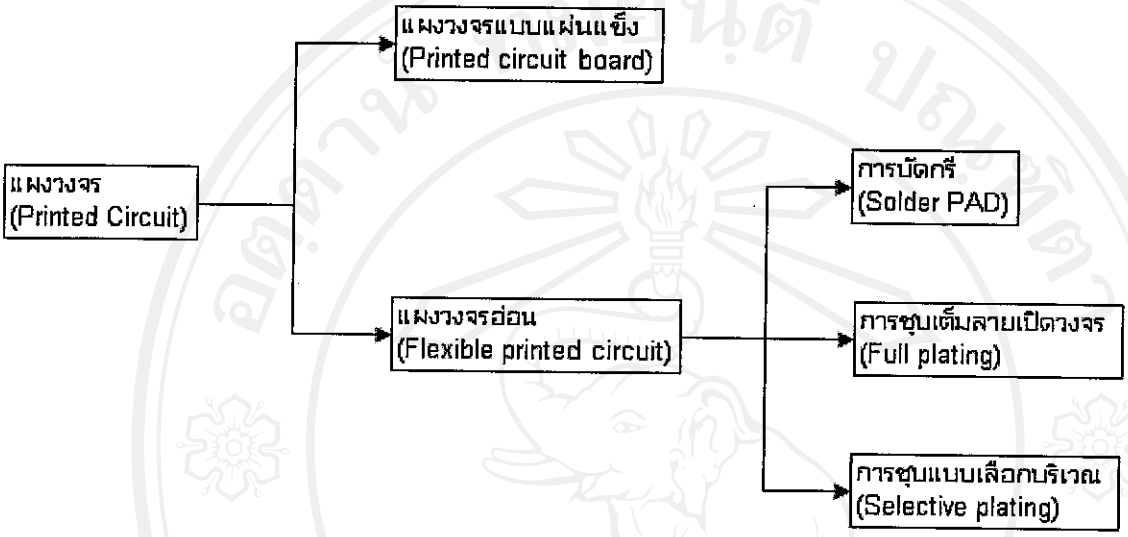
Results—Highlights

Resist Grading Category	A1.3	B1.2	C1.3	C1.5	D0.6	E1.5	F1.5
Yield % Test # 1	83.1	89.3	94.0	86.6			
Test # 2	82.0				78.0	82.1	
Test # 3	91.5	91.1	96.9				91.1
Yield Ranking	No. 3	No. 2 (?) Inconclusive	No. 1	No. 3	No. 3	No. 3	No. 3
Resolution	No. 2	No. 2	No. 2	No. 2	No. 1	No. 2	No. 2
Productivity in Exposure	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 2	No. 2	No. 2

รูปที่ 2.3 สรุปผลการทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติของฟิล์มแต่ละต่างประเภทและต่างความหนา

2.2 หลักการและทฤษฎีที่เกียวข้อง

แผงวงจร (Printed circuit) เป็นอุปกรณ์อิเลคโทรนิคชนิดหนึ่งซึ่งเปรียบเสมือนโครงสร้างสายไฟหลายๆเส้น ที่มีหน้าที่ในการนำไฟฟ้าเชื่อมต่อ อุปกรณ์อิเลคโทรนิคชนิดอื่นๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งโลหะที่แผงวงจรส่วนมากใช้ในการนำไฟฟ้านั้น คือทองแดง และทำการปกคลุมด้วยโพลีเมอร์ (Polymer) ในบริเวณที่ต้องการเสริมความแข็งแรงและเป็นฉนวน



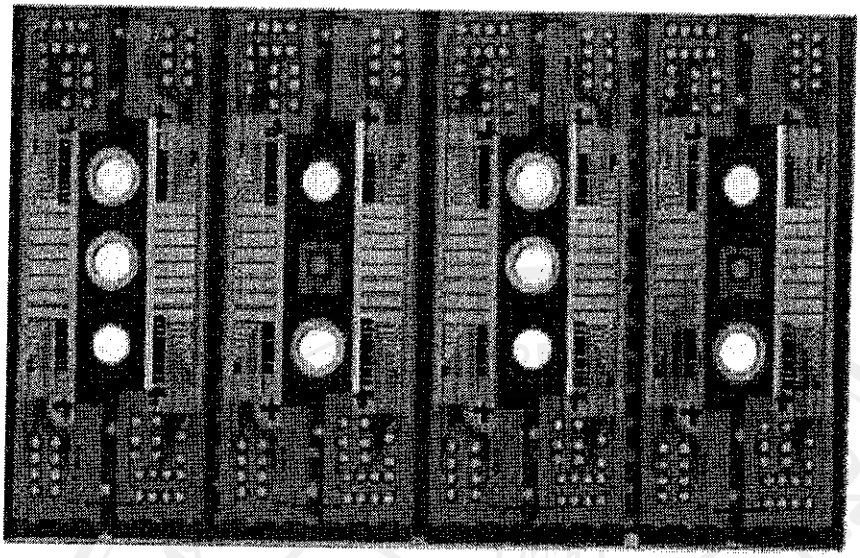
รูปที่ 2.4 แผนผังการจำแนกชนิดของแผงวงจร

โดยแผงวงจรในอุตสาหกรรมอิเลคโทรนิคส์ส่วนมากมี 2 ชนิด คือ แผงวงจรแบบอ่อน (Flexible printed circuit) และแผงวงจรแบบแผ่นแข็ง (Printed circuit board) ซึ่งมีหลักการเลือกใช้จากการใช้งาน เช่น ใช้แบบอ่อนในโทรศัพท์มือถือแบบฝาพับ

ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 3 ประเภทตามลักษณะการเตรียมพื้นผิว (Surface finishing) คือ

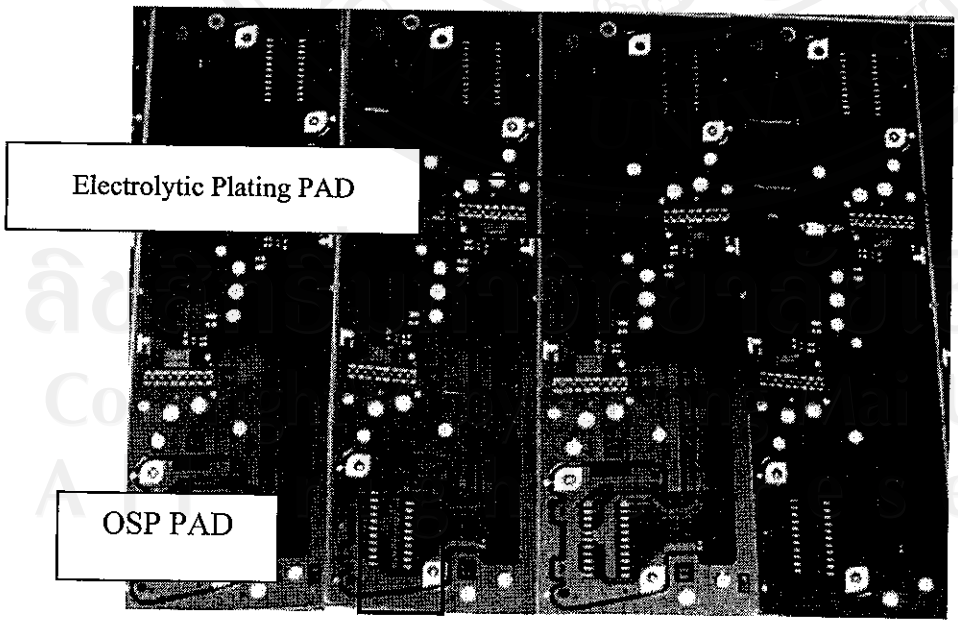
1) **การบัดกรี (Solder PAD)** เป็นกระบวนการที่ง่ายที่สุดในการเตรียมพื้นผิวโดยการใช้ตะกั่วดีบุก หรือโลหะอื่นๆมาทำการบัดกรีลงบน บริเวณเปิดทองแดง แต่ปัญหาการเตรียมพื้นผิวชนิดนี้ มักพบปัญหาในการควบคุมคุณภาพ ด้านความสูง (Solder height) และปริมาณของสารบัดกรี
2) **การชุบเต็มลายเปิดวงจร (Full plating)** ซึ่งบริเวณที่มีการเปิดทองแดง(Copper PAD) ทั้งหมดจะถูกเตรียมพื้นผิวด้วยกระบวนการเดียวกันทุกจุด ซึ่งสามารถเตรียมพื้นผิวได้หลายวิธี เช่น การชุบด้วยไฟฟ้า (Electrolytic plating) การชุบโดยไม่ใช้ไฟฟ้า(Electro less plating) การเคลือบสารป้องกันชนิดสารอินทรีย์(OSP)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการชุบเต็มลายวงจรเปิด

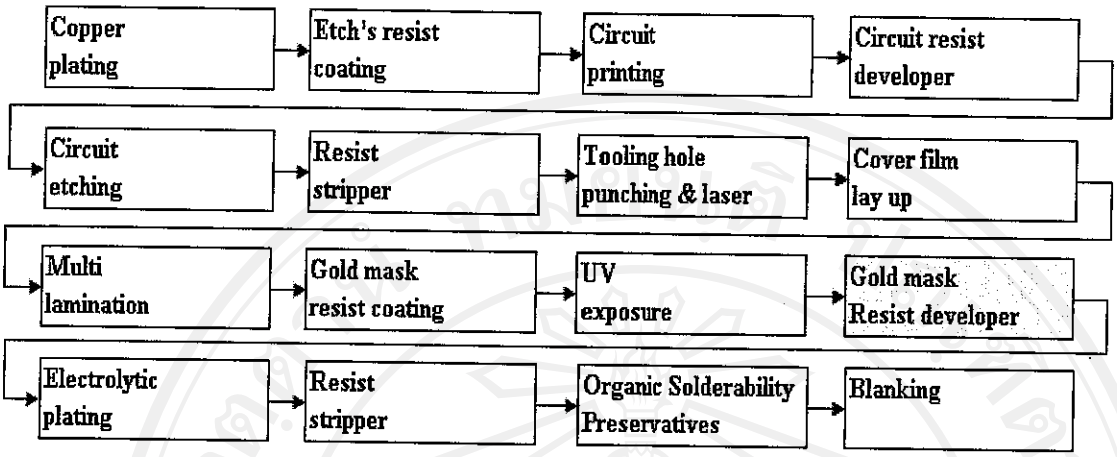
3) **การชุบแบบเลือกบริเวณ (Selective plating)** เป็นวิธีที่ สามารถเตรียมพื้นผิวได้มากกว่า 1 ชนิดในหนึ่งวงจรซึ่งจะได้สภาพการใช้งานที่เหมาะสมสูงสุดในแต่ละบริเวณของตัวงาน ซึ่งความยุ่งยากก็จะมากขึ้นตามไปด้วย โดยการเตรียมพื้นผิวเช่นนี้ พบว่าของเสีย (Defect) ที่เกิดขึ้นจะมีมากกว่า การชุบเต็มลายเปิดวงจร (Full plating) ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการที่ต้องมีมากขึ้น



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการชุบแบบเลือกบริเวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยกระบวนการผลิต การชุบแบบเลือกบริเวณ (Selective plating) มีแผนผังกระบวนการ (Process flow) คร่าวๆ ดังนี้



รูปที่ 2.7 แผนผังการไหลของการผลิตแผงวงจรอ่อนชุบแบบเลือกบริเวณ

กระบวนการชุบโพลีเอมีนด้วยทองแดง (Copper plating process) เป็นกระบวนการแรกสุดในการผลิตซึ่งเป็นการนำโพลีเมอร์ ชนิดโพลีเอมีน (Polyamine) มาเคลือบด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ในการชุบทองแดง (Copper plating) หลังจากนั้นจึงนำไปทำการชุบทองแดงด้วยไฟฟ้า (Electrolytic copper plating) เต็มทั้งบริเวณแผ่น (Marc et al.2000)

กระบวนการเคลือบฟิล์มป้องกันการกัดลายวงจร (Etch's resist coating process) เป็นกระบวนการที่ทำเพื่อเคลือบฟิล์มป้องกันการกัดกร่อนโลหะ โดยทำการเคลือบหมดทั้งแผ่นทองแดงด้วย ความดัน อุณหภูมิสูง ด้วยเครื่อง อัดแบบลูกกลิ้ง (Roll laminator) โดยฟิล์มที่ใช้นั้นเป็นฟิล์มที่มีความไวต่อแสง (Photo resist) โดยจะแข็งตัวเมื่อสัมผัสแสง

กระบวนการพิมพ์ลายวงจร (Circuit printing process) เป็นกระบวนการฉายแสงโดยเครื่องฉายแสงยูวี (UV exposure) เพื่อให้ฟิล์มแข็งตัวในบริเวณที่ต้องการให้เป็นเส้นลายวงจร โดยสามารถกำหนดเส้นลายวงจรด้วย Art work ซึ่ง Art work จะมีลักษณะใสในบริเวณที่ต้องการให้ทองแดงยังคงอยู่เพื่อเป็นลายวงจร และจะมีลักษณะทึบเพื่อไม่ให้แสงผ่านไปโดนฟิล์มเพื่อให้สามารถล้างออกได้ในกระบวนการล้างฟิล์ม (Resist developer process) ณ. บริเวณนอกลายวงจร

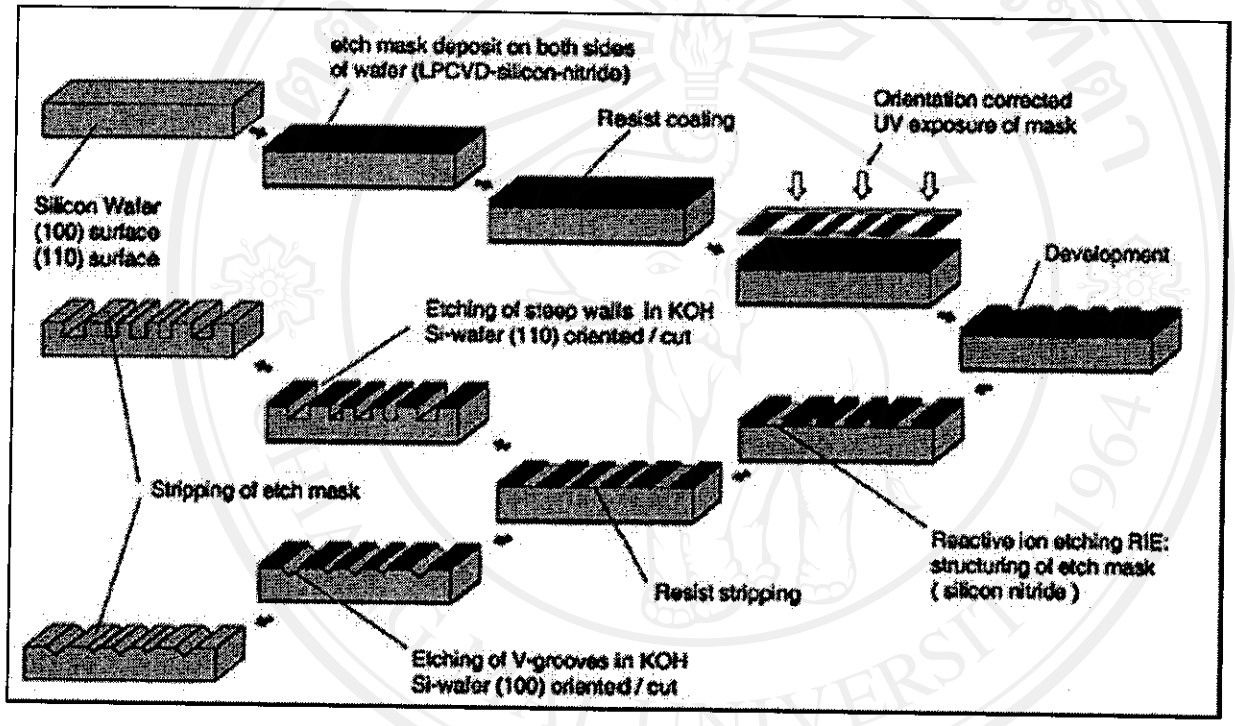
กระบวนการล้างฟิล์มที่บริเวณนอกลายวงจร (Circuit resist developer process) เป็นกระบวนการล้างฟิล์มโดยน้ำยาล้างที่มีฤทธิ์เป็น เบสอ่อนซึ่งจะสามารถล้างได้เฉพาะบริเวณที่ไม่โดนแสงยูวีจากกระบวนการพิมพ์ลายวงจร (Circuit printing process)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการกัดลายวงจร (Circuit etching process) เป็นกระบวนการที่ทำการกัดทองแดงออกในบริเวณ ที่ถูกล้างออกด้วย กระบวนการล้างฟิล์มที่บริเวณนอกลายวงจร ซึ่งลายวงจรคือทองแดงที่ยังคงเหลืออยู่ในบริเวณที่ไม่ได้ถูกล้าง

กระบวนการลอกฟิล์ม (Resist stripper process) เป็นกระบวนการที่ใช้เบสแก่ในการลอกฟิล์ม ที่ยังคงปกคลุมบริเวณลายวงจรออก ทำให้ได้ แผงวงจรอ่อนแบบทองแดงซึ่งยังไม่ได้ทำการเตรียมพื้นผิว

โดยกระบวนการทั้ง กระบวนการนี้สามารถแสดงด้วยแบบจำลอง (Marc et al., 2001) ดังรูปที่ 15



รูปที่ 2.8 แบบจำลองกระบวนการชุบโพลีเอมีนด้วยทองแดงจนถึงกระบวนการลอกฟิล์ม

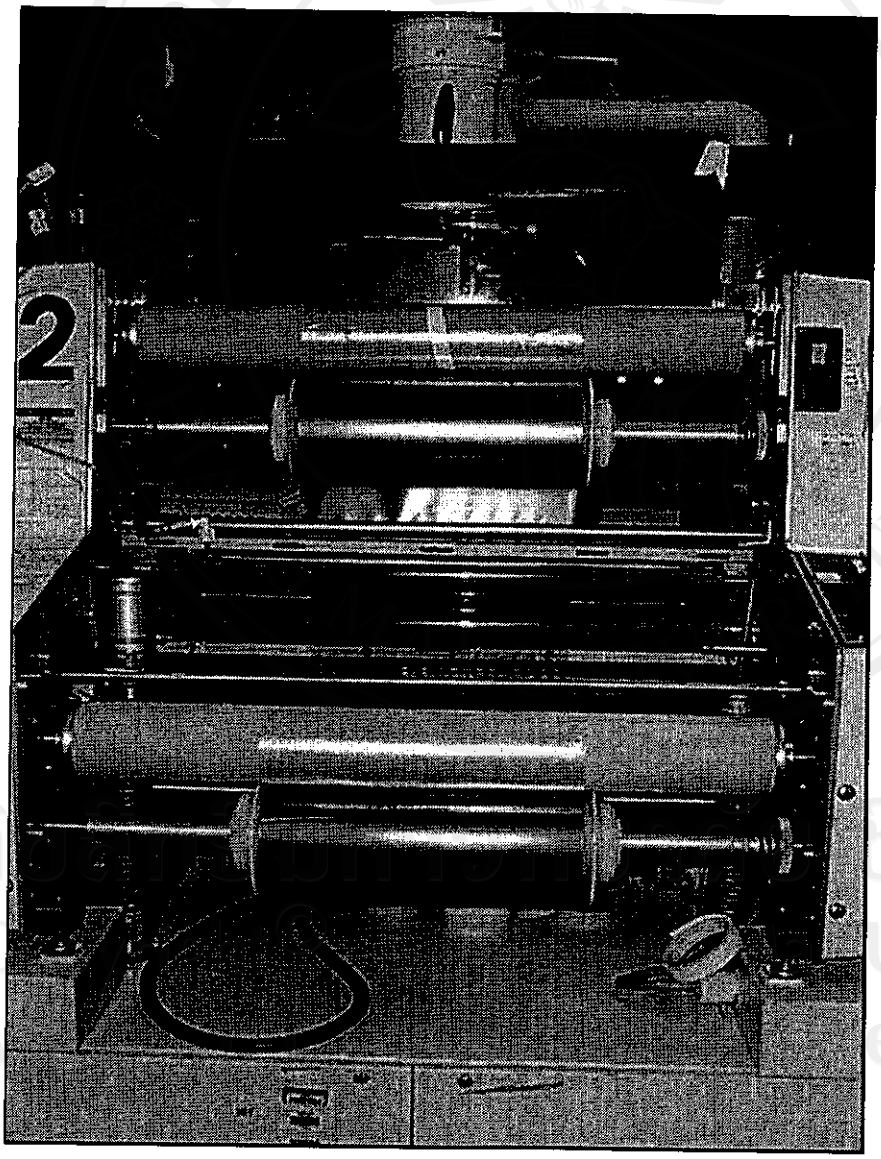
กระบวนการเจาะรูเครื่องมือ (Tooling hole punching & laser process) กระบวนการนี้เป็นการเจาะรูเครื่องมือ (Tooling hole) ลงบนแผงวงจรอ่อนโดยรูที่เจาะนี้เป็นรูที่ใช้ใน กระบวนการอื่นๆเพื่อเพิ่มความสามารถในการวางแนวความ (Alignment capability) เพื่อความถูกต้องของทั้งวงจร โดยจะใช้การเจาะแบบกล (Mechanical punching) ในรูที่ไม่ต้องการความแม่นยำมากและใช้การเจาะด้วย เลเซอร์ (Laser) ในรูที่ต้องการความแม่นยำสูงและอาจมีผลกระทบต่อ คุณภาพของงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการติดฟิล์มคลุมวงจร (Cover film lay up process) โดยฟิล์มคลุมวงจร (Cover film) ที่นิยมใช้สำหรับหัวอ่านฮาร์ดดิส คือ โพลีเมอร์จำพวกโพลีเอมีน มีหน้าที่รักษาไว้ซึ่งลายวงจรในบริเวณที่ไม่ต้องการเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนอิเลคโทรนิคส์อื่นๆ โดยสามารถป้องกันทั้งสนิมปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ การขีดข่วน และการกระทบกระเทือนจากแรงกระทำต่างๆได้

กระบวนการกดทับด้วยความดันสูง (Multi lamination process) เป็นการใช้ความดันและความร้อนสูงเพื่อทำให้ฟิล์มคลุมวงจร (Cover film) ติดแน่นลงบนแผ่นลายวงจร

กระบวนการเคลือบฟิล์มป้องกันการชุบ (Gold mask resist coating process) เป็นกระบวนการที่ทำเพื่อเคลือบฟิล์มป้องกันการการชุบโดยทำการเคลือบหมดทั้งแผ่นด้วย ความดันกดอุณหภูมิสูง ด้วยเครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (roll laminator) ดังรูปที่ 16



รูปที่ 2.9 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง

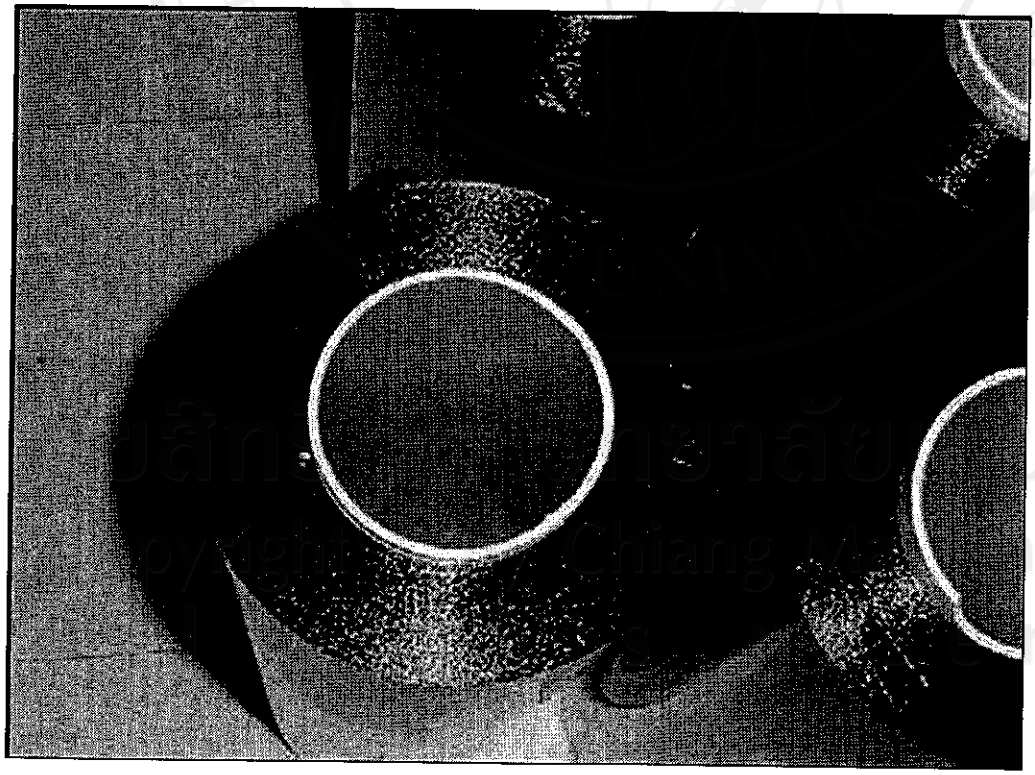
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยฟิล์มที่ใช้นั้นเป็นฟิล์มที่มีความไวต่อแสง (Photo resist) โดยจะแข็งตัวเมื่อสัมผัสแสง โดยฟิล์มที่ใช้คือ

- ฟิล์ม FX940 ของ ดูปอง (DuPont) ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังนี้

  (DuPont Electronic Technologies, 2002)

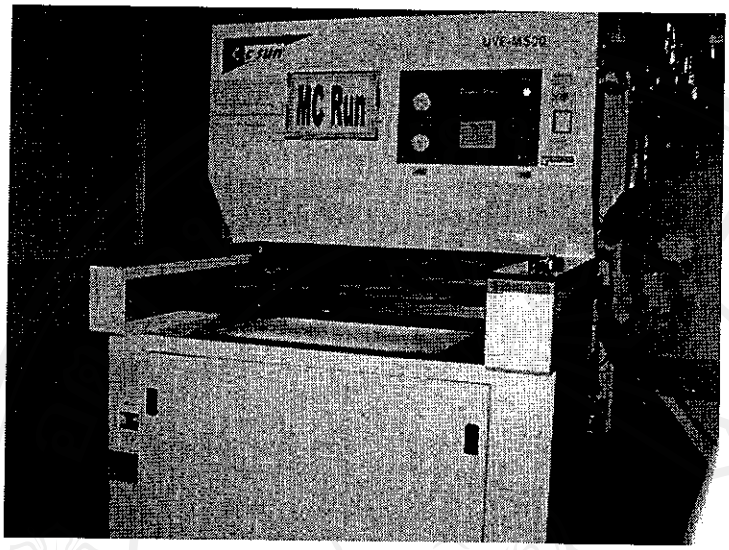
  - ความหนา 38 ไมครอน
  - เปลี่ยนสภาพแข็งตัวต่อแสง(Photoresist) ในช่วงความยาวคลื่นมากกว่า 450 นาโนเมตร
  - สามารถใช้ได้ทั้งการกัดลายวงจร (Circuit etching) และการชุบแบบใช้ไฟฟ้า (Electrolytic plating)
  - สีเขียวอ่อนในห้องเหลืองก่อนการฉายแสง
  - สีน้ำเงินเข้มในห้องเหลืองหลังการฉายแสง
  - สีเขียวเข้มในแสงปกติหลังการฉายแสง
  - การเก็บรักษา
    - ความชื้น 40 – 60 %
    - อุณหภูมิ 5 – 21 องศาเซลเซียส
    - ห้องเหลืองที่แสงมีความยาวคลื่นน้อยกว่า 450 นาโนเมตร



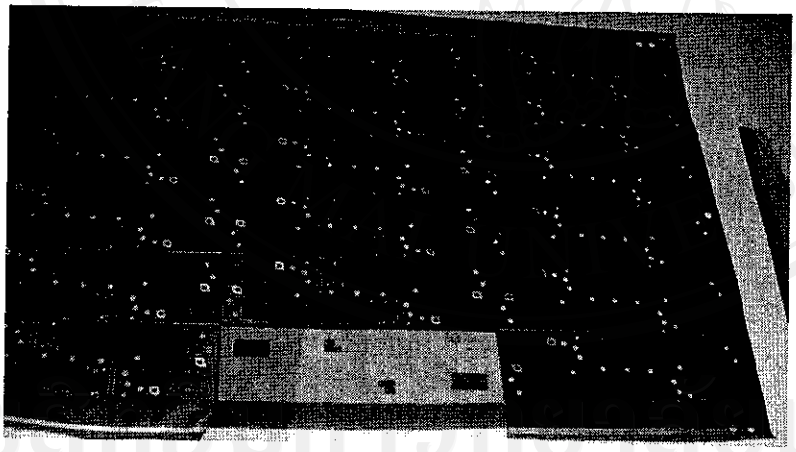
รูปที่ 2.10 ฟิล์มที่เสียเนื่องจากการเก็บในสภาวะที่ไม่เหมาะสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการสร้างผังการชุบด้วยแสงยูวี (UV exposure) เป็นกระบวนการฉายแสงโดยเครื่องฉายแสงยูวี (UV exposure) ดังรูปที่ 18 เพื่อให้ฟิล์มแข็งตัวในบริเวณที่ไม่ต้องการให้ชุบโดยฟิล์มที่แข็งตัวจะมีสีเข้มขึ้น ดังรูปที่ 19



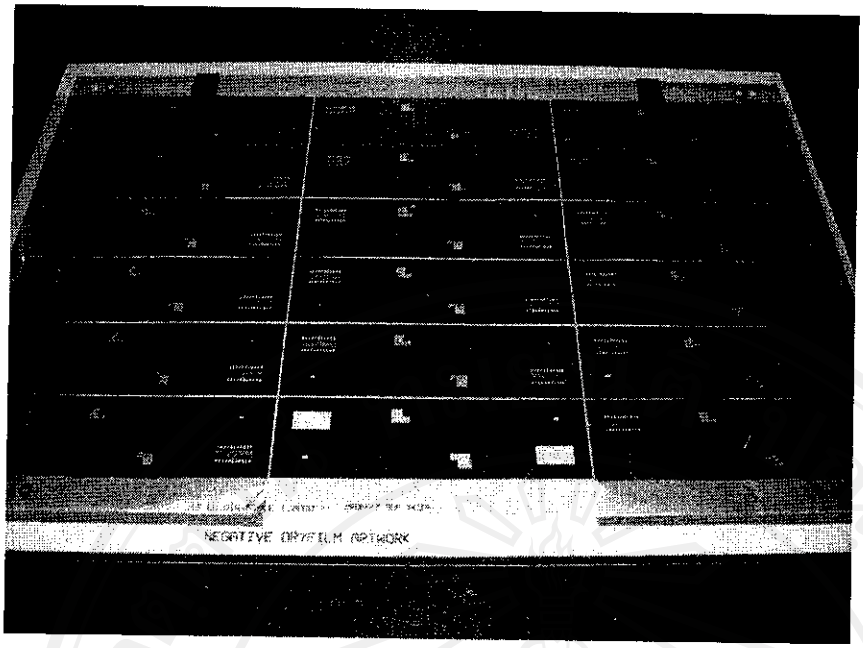
รูปที่ 2.11 เครื่องฉายแสงยูวี



รูปที่ 2.12 ผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านการฉายแสง

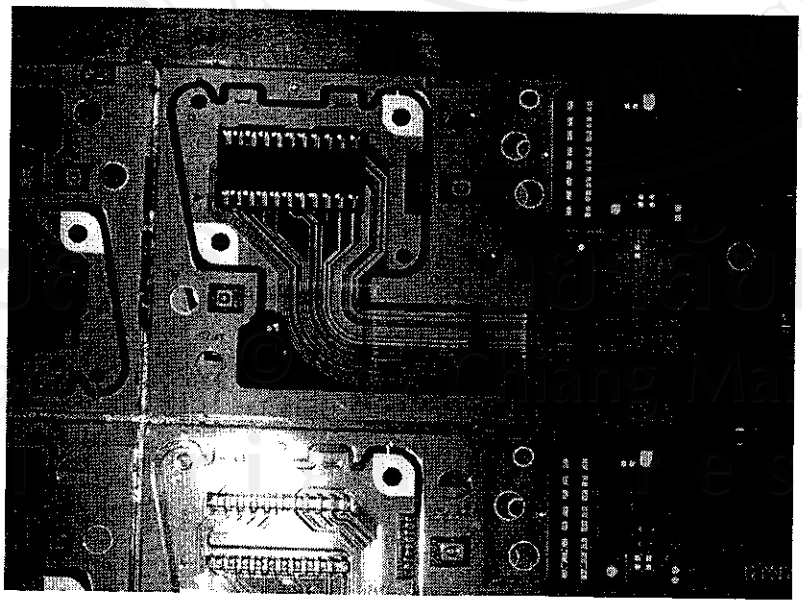
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยสามารถกำหนดบริเวณด้วย Art work ซึ่ง Art work จะใสในบริเวณที่ต้องการป้องกันการชุบ และจะทึบสีดำ ดังรูปที่ 20 เพื่อไม่ให้แสงผ่านไปโดนฟิล์มเพื่อให้สามารถล้างออกได้ในกระบวนการล้างฟิล์ม (Resist developer process) ณ. บริเวณที่ต้องการชุบ



รูปที่ 2.13 Art work ที่ใช้เป็นแม่แบบในการฉายแสง

กระบวนการล้างฟิล์มที่บริเวณการชุบ (Gold mask resist developer process) เป็นกระบวนการล้างฟิล์มโดยน้ำยาล้างที่มีฤทธิ์เป็น เบสอ่อนซึ่งจะสามารถล้างได้เฉพาะบริเวณที่ไม่โดนแสงยูวีจากกระบวนการพิมพ์ลายวงจร (Circuit printing process) โดยผลิตภัณฑ์หลังจากกระบวนการนี้จะมีฟิล์มปกคลุมเฉพาะบริเวณที่ไม่ต้องการชุบ ดังรูปที่ 21

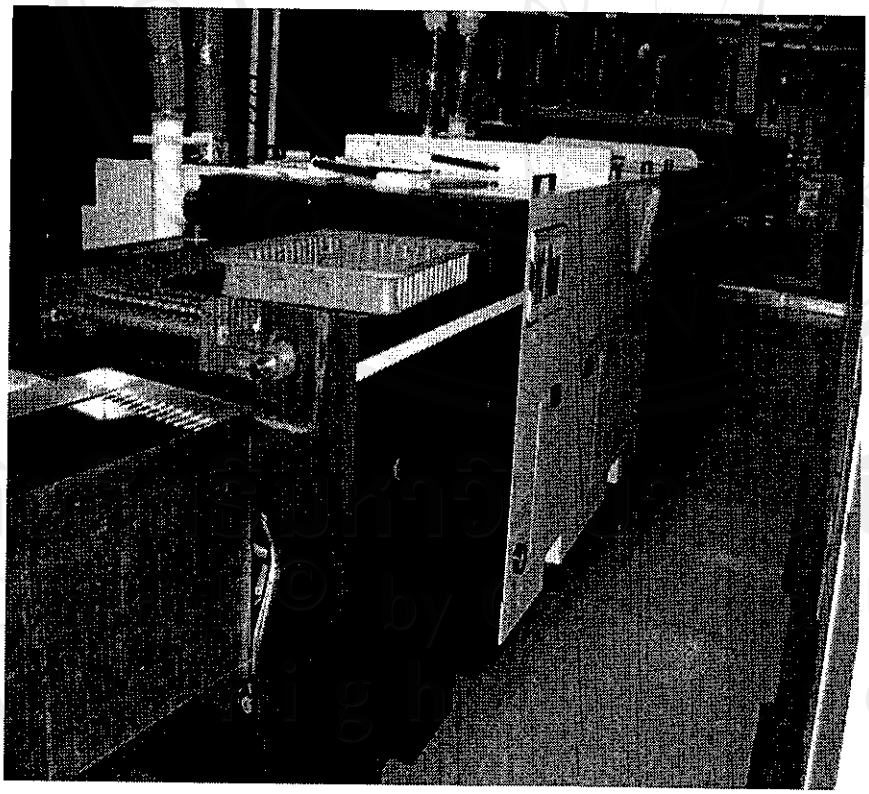


รูปที่ 2.14 ผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านกระบวนการล้างฟิล์มที่บริเวณการชุบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งสารเคมีและเครื่องจักรที่ใช้ในการล้างเพื่อเปิดฟิล์ม คือ

- น้ำยาล้างฟิล์ม MS1113 ของ เอนโทน (Enthone)
  - สารละลายโพแทสเซียมคาบอร์เนต (potassium carbonate)
  - ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ~13
  - ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) 1.48
  - ผสมน้ำด้วยอัตราส่วน 1:59 จะได้สารละลายโพแทสเซียมคาบอร์เนต (potassium carbonate) ความเข้มข้น 1.0 %wt
- เครื่องล้างแนวขวางแบบอัตโนมัติ (Automation horizontal developer) โดยเครื่องจักรมี 3 ส่วน ดังรูปที่ 22 คือ
  - ส่วนล้างเคมี (Chemical chamber)
    - ใช้หัวฉีดพ่นสารเคมีแบบพัด(Fan nozzle)และกรวย(Cone nozzle)
  - ส่วนล้างน้ำ (Rinse chamber)
    - ใช้หัวฉีดพ่นน้ำล้างแบบพัด(Fan nozzle)
  - ส่วนเป่าแห้ง(Dryer chamber)
    - ใช้การเป่าลมแบบมีด (Air knife)



รูปที่ 2.15 เครื่องล้างแนวขวางแบบอัตโนมัติ

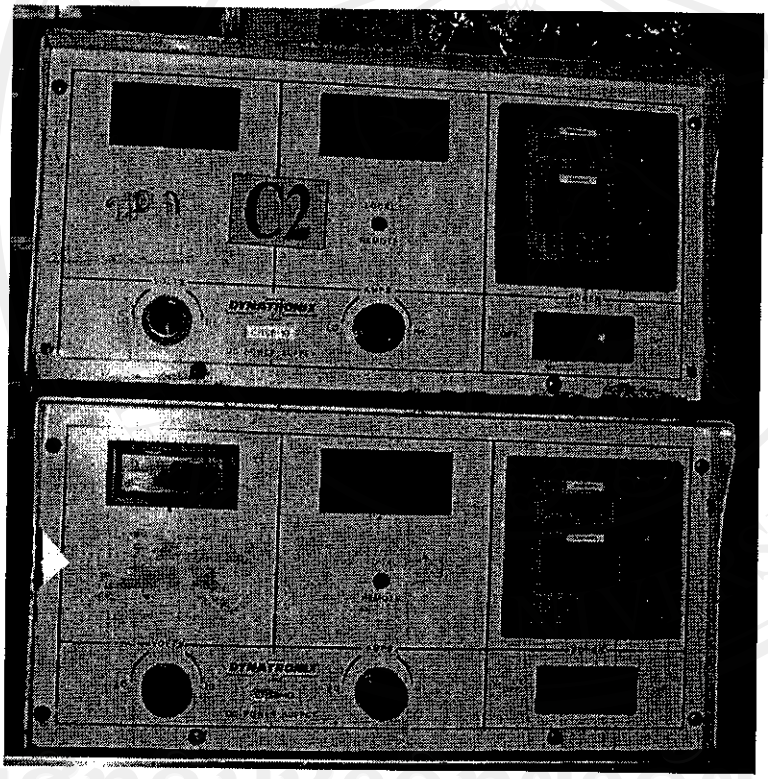
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการชุบด้วยไฟฟ้า (Electrolytic plating process) เป็นกระบวนการชุบพื้นผิวโลหะที่สามารถนำไฟฟ้าได้ โดยต้องการการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากเครื่องจ่ายกระแสไฟ (Amplifier) ซึ่งมีทั้งแบบกระแสตรง (DC) และ แบบเป็นจังหวะ (Pulse) ซึ่งจะทำให้ลักษณะพื้นผิวที่ชุบต่างกัน ดังรูปที่ 23 แก่อาโนด (Anode) เพื่อแลกเปลี่ยนอิเลคตรอนกับสารประกอบโลหะซึ่งนิยมใช้จำพวกไซยาไนด์ (Tetsuya Osaka et al., 2006) ไปยัง คาโทด (Cathode) สารละลายโลหะนั้นชุบติดคาโทด ดังรูปที่ 24 ซึ่งคาโทดที่ใช้ก็คือลายวงจรที่เราต้องการชุบนั้นเอง โดย

อาโนดที่ใช้ คือ แพตตินั่ม

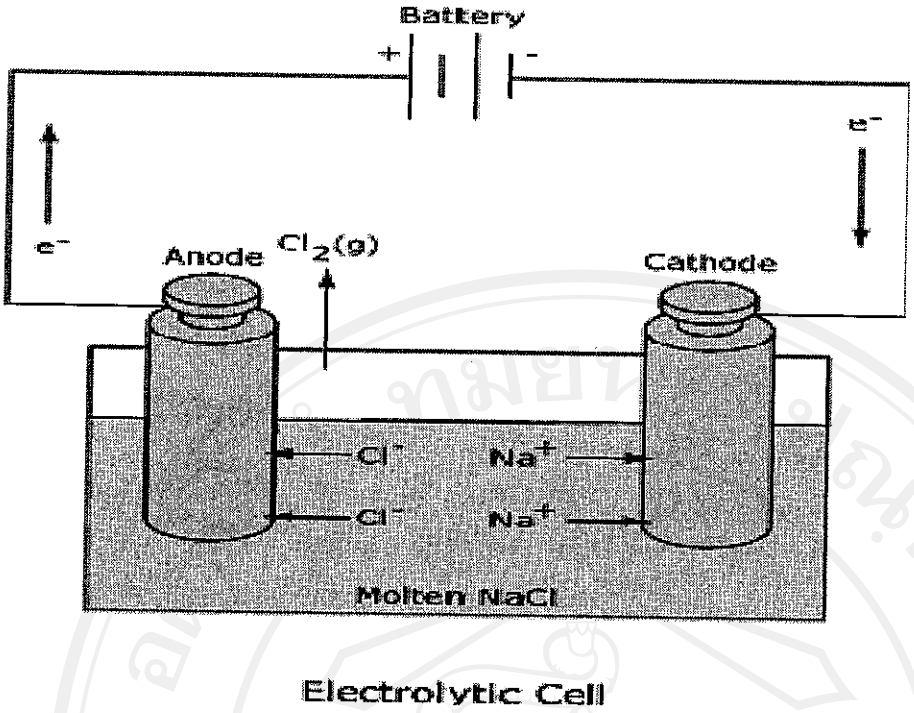
แคโทด คือ เส้นลายทองแดง

สารละลายชุบ คือ สารละลายจำพวกทอง(Gold) นิเกิล (Nickel) ดีบุก/ทองแดง (Tin/Copper) ดีบุก/ตะกั่ว (Tin/Lead)

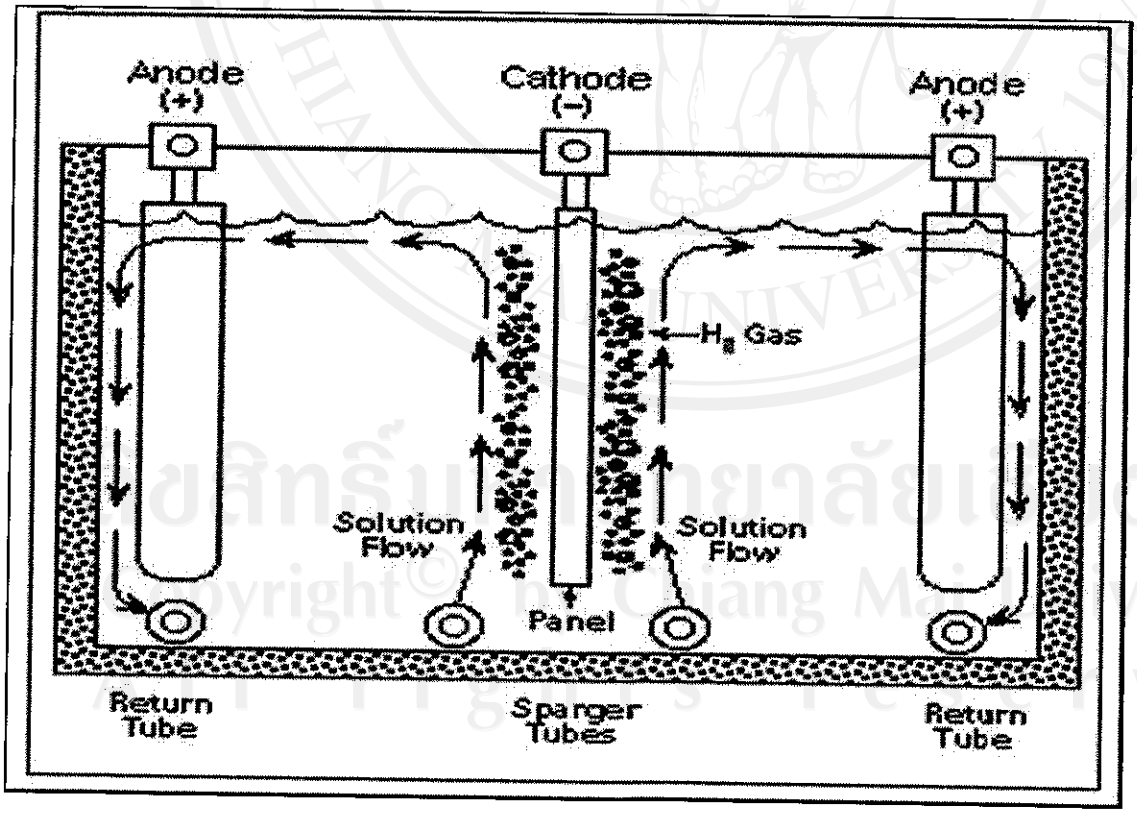


รูปที่ 2.16 เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าในการชุบด้วยไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.17 แผนภาพเซลล์การชุบด้วยไฟฟ้า

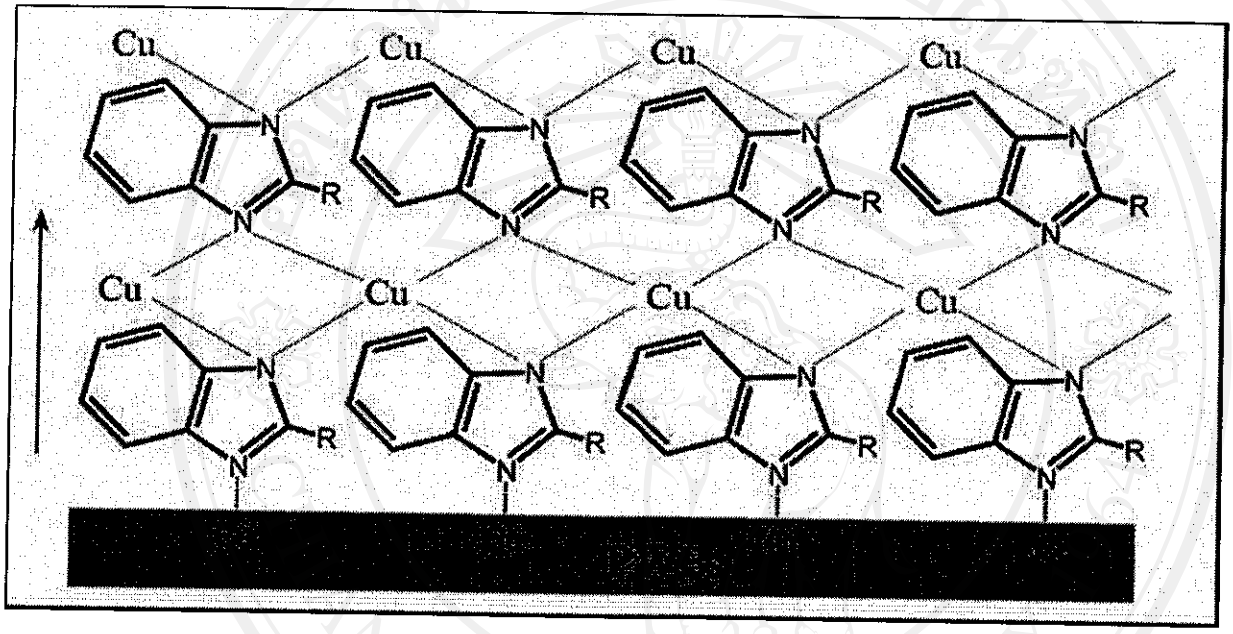


รูปที่ 2.18 รูปจำลองในบ่อการชุบด้วยไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการลอกฟิล์ม (Resist stripper process) เป็นกระบวนการที่ใช้เบสแก่ในการลอกฟิล์ม ที่ยังคงปกคลุมบริเวณที่ป้องกันการชุบออก ทำให้ได้ แผงวงจรอ่อนที่เตรียมพื้นผิวอย่างสมบูรณ์

กระบวนการการเคลือบสารป้องกันชนิดสารอินทรีย์ (Organic Solderability Preservatives; OSP) เป็นกระบวนการเคลือบสารประกอบประเภท Imidazole complex กับทองแดง ดังรูปที่ 26 (Michael Carano; 2004) ลงบนพื้นผิวทองแดง ทำให้สามารถรักษาความสามารถในการบัดกรีของพื้นผิวทองแดงไว้เพื่อรอการบัดกรีต่อไป

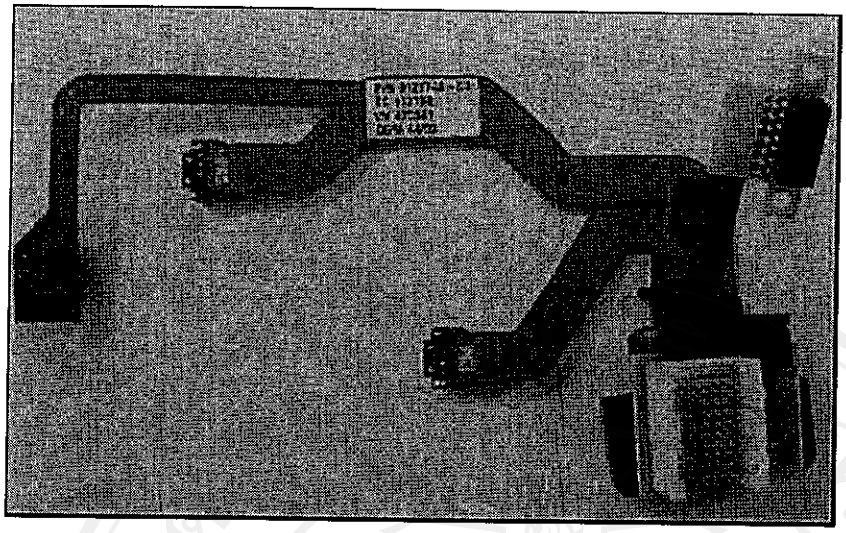


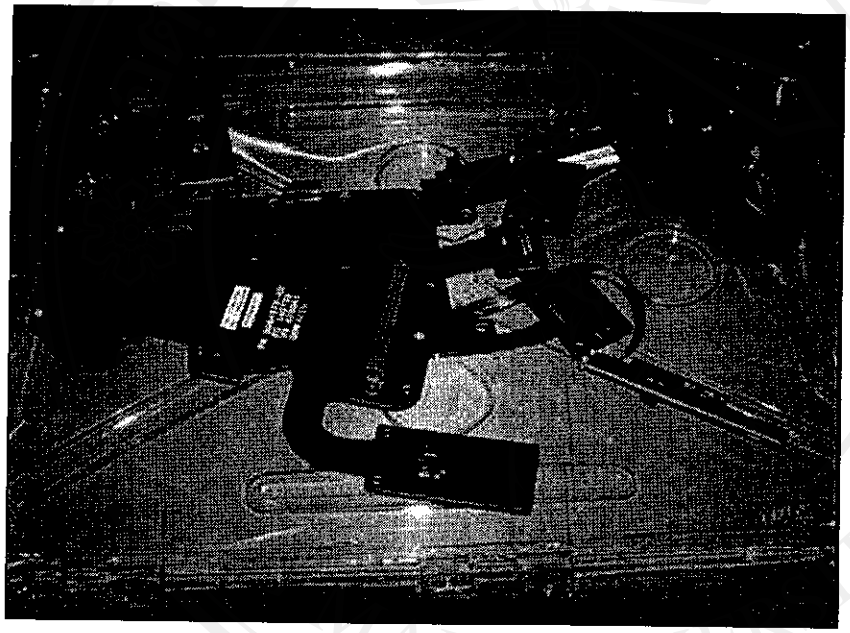
รูปที่ 2.19 โครงสร้างของ Imidazole complex กับ ทองแดงในการเตรียมพื้นผิวแบบ OSP

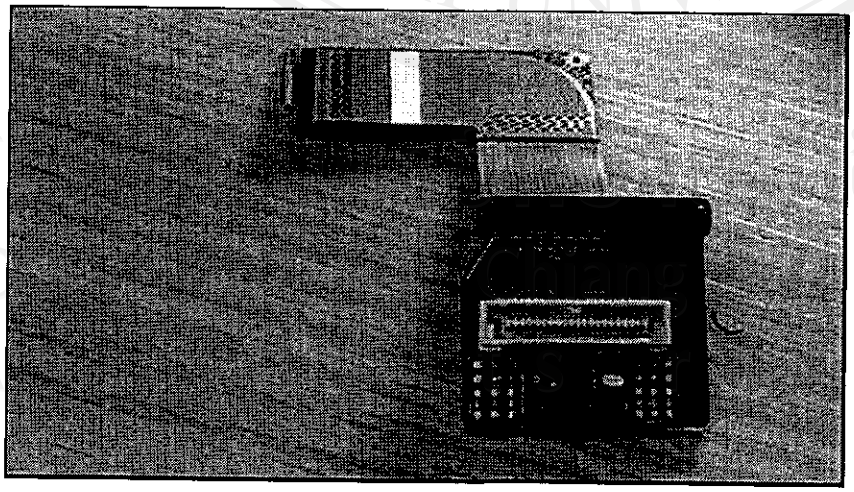
กระบวนการตอกงานเป็นวงจร (Blanking process) เรียกได้ว่าเป็นกระบวนการขั้นสุดท้ายของการผลิต แผงวงจรแบบอ่อน (Flexible printed circuit) ก่อนนำไปประกอบกับชิ้นส่วนอิเลคโทรนิคส์ชิ้นอื่นโดยกระบวนการนี้จะเป็นการตัดงานจากแผ่นใหญ่แยกเป็นชิ้นๆของแต่ละวงจร ซึ่งในการตัดนี้ ใช้ การตอกด้วยแม่พิมพ์ (Blanking die) โดยใช้ความดัน ความแข็งแรง และความคม ของแม่พิมพ์

จากกระบวนการทั้งหมดจะได้ผลิตภัณฑ์คือแผงวงจรอ่อนซึ่งมีลักษณะเป็นชิ้นๆซึ่ง ได้ทำการเตรียมพื้นผิวเรียบร้อย อีกทั้งยังตัดเป็นตัวและเจาะรูต่างๆตามที่ลูกค้าต้องการ โดยตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 27

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved







รูปที่ 2.20 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ เรียบร้อยแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved