



**การศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมของเรซิน ในการผลิตแผ่นวงจรไฟฟ้า
เพื่อรองรับเทคโนโลยีการใช้สารทดแทนตะกั่ว**

กิตติคุณ อภินันทพงษ์

**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

พ.ศ. 2549

ISBN 974 – 671 – 509 - 7

**The study of proper Resin 's temperature for Printed Circuit Board Fabrication to support
Lead Free Soldering Technology**

Kittikhun Apinuntanaphong

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Engineering Management
Graduate School, Dhurakij Pundit University**

2006

เลขทะเบียน.....	0193123
วันลงทะเบียน.....	28 ก.พ. 2553
เลขเรียกหนังสือ.....	620.1994 ก 673 ก [2553] ก

ISBN 974 - 671 - 509 - 7



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมของเรซิน ในการผลิตแผ่นวงจรไฟฟ้า
เพื่อรองรับเทคโนโลยีการใช้สารทดแทนตะกั่ว

เสนอโดย นายกิตติคุณ อภินันทนพวงศ์

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

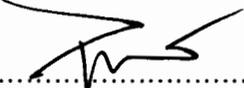
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ไพฑูรย์ ช้อยิ่ง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์แล้ว


.....ประธานกรรมการ

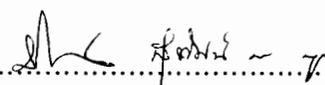
(ดร.รังสิต ศรีจิตติ)


.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผศ.ดร.ไพฑูรย์ ช้อยิ่ง)

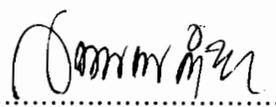

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผศ.ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)


..... กรรมการ

(ผศ.ดร.ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผศ.ดร.สมศักดิ์ คำริชอบ)

วันที่ .. เดือน .. พ.ศ. ..

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เนื่องจากความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพฑูรย์ ฮ้อยิ่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาใช้เวลาอันมีค่าให้คำแนะนำ และตรวจแก้วิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภรัชชัย วรรัตน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ ดร. รังสิต ศรีจิตติ ที่ได้กรุณาใช้เวลาให้คำแนะนำทางวิชาการ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้เขียนขอขอบคุณ นางจิตรา และ เด็กชายนาวิน อภินันทพงษ์ ภรรยาและบุตรที่ให้ความรัก และเป็นกำลังใจอันยิ่งใหญ่แก่ผู้เขียนและขอขอบคุณทุกคนในครอบครัว นอกจากนี้ขอขอบคุณที่ ๆ เพื่อน ๆ ทั้งหลาย เจ้าหน้าที่สาขาการจัดการทางวิศวกรรม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวก ในการติดต่อประสานงาน และขอขอบคุณผู้บริหาร บริษัท เอลเลค แอนด์ เอลเทค (ประเทศไทย) จำกัด ที่คอยให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลทางด้านเนื้อหากระบวนการผลิตแผ่นวงจรไฟฟ้า ด้วยจิตลอคมา

อนึ่ง หากวิทยานิพนธ์นี้มีคุณค่า และมีประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าของผู้สนใจ ผู้เขียนขออุทิศให้แก่บุพการี และผู้มีพระคุณทุกท่าน ส่วนความผิดพลาดและข้อบกพร่องใด ๆ ผู้เขียนขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

กิตติคุณ อภินันทพงษ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ม
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ซ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	7
1.3 ปัญหาที่คาดว่าจะพบของแผ่นวงจรไฟฟ้า.....	8
1.4 โรงงานที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัย.....	8
1.5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	9
1.6 ขอบเขตของการวิจัย.....	10
1.7 ประโยชน์ของงานวิจัย.....	10
2 บททความวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
3 วิธีการวิจัย.....	16
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	16
3.2 ข้อมูลและรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต แผ่นวงจรไฟฟ้า.....	17
4 ผลการศึกษาวิจัย.....	31
4.1 ข้อสรุปจากผลการทดสอบขั้นต้น.....	34
4.2 ข้อสรุปขั้นต้นจากการทดสอบโดยเครื่องมือ DSC Thermal Analysis.....	39
4.3 ผลการทดลองโดยการวิเคราะห์เชิงสถิติ.....	41
5 สรุปผลการศึกษาวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	45
5.1 ข้อสรุปขั้นต้นจากการทดสอบโดยขบวนการ.....	45
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต.....	47
บรรณานุกรม.....	49

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางการออกแบบการทดลองครั้งที่ 1.....	24
3.2 แสดงผลการทดสอบจำนวนรอบที่ผ่านการทดสอบทางไฟฟ้า.....	26
3.3 แสดงความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยในแต่ละอุณหภูมิการทดลอง.....	27
3.4 แสดงผลความสัมพันธ์และข้อสรุปของตาราง ANOVA.....	27
4.1 ตารางการออกแบบ ณ คุณสมบัติของเรซินปัจจุบันเพื่อยืนยันการทดสอบ.....	31
4.2 ผลการทดสอบรอบที่ผ่านการทดสอบทางไฟฟ้าด้วยเครื่องมือ IST.....	32
4.3 แสดงผลความสัมพันธ์และข้อสรุปของตาราง ANOVA.....	34
4.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ย ในแต่ละอุณหภูมิ (เซลเซียส) การทดลอง.....	34
4.5 ตารางการออกแบบของอุณหภูมิการทดสอบที่คุณสมบัติต่าง ๆ.....	36
4.6 ตารางการออกแบบการทดลอง.....	39
4.7 ผลการทดสอบจำนวนรอบที่ผ่านการทดสอบทางไฟฟ้า ในแต่ละกลุ่มการทดลอง.....	40
4.8 แสดงผลความสัมพันธ์และข้อสรุปของตาราง ANOVA.....	41
5.1 ตารางแสดงค่าเปอร์เซ็นต์จำนวนการผ่านการทดสอบทางไฟฟ้าโดยเฉลี่ย.....	46

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ภาพตัวอย่างแผ่นวงจรไฟฟ้าที่เคลือบผิวด้วยตะกั่ว.....	3
1.2 ภาพตัวอย่างแผ่นวงจรไฟฟ้าที่เคลือบผิวด้วยสารป้องกันการเกิดออกไซด์.....	4
1.3 ภาพตัวอย่างแผ่นวงจรไฟฟ้าที่เคลือบผิวด้วยวัสดุสีนุก.....	4
1.4 ภาพตัวอย่างแผ่นวงจรไฟฟ้าที่เคลือบผิวด้วยวัสดุเงิน.....	5
1.5 ภาพตัวอย่างแผ่นวงจรไฟฟ้าที่เคลือบผิวด้วยวัสดุทอง.....	5
1.6 ภาพรูปแบบการเชื่อมต่อพื้นฐานแสดงดังรูป.....	6
1.7 ภาพแสดงช่วงอุณหภูมิอุณหภูมิสูงสุดในทางปฏิบัติ ของสารบัดกรีแต่ละประเภท.....	7
1.8 ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของเรซิน กับความเหมาะสมกับเทคโนโลยีแบบปราศจากตะกั่ว.....	8
1.9 ภาพแสดงโรงงานผลิตแผ่นวงจรไฟฟ้า และผลิตภัณฑ์ คือ แผ่นวงจรไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ณ จังหวัดปทุมธานี.....	9
2.1 ภาพแสดงตัวอย่างของปัญหาที่พบเจอจากการทดลองต่าง ๆ.....	14
3.1 สูตรโครงสร้างทางเคมีของเรซิน.....	17
3.2 ฉ อุณหภูมิที่ทำให้พันธะเคมีของเรซิน เริ่มมีการเคลื่อนไหว.....	20
3.3 ฉ อุณหภูมิที่ทำให้พันธะเคมีของเรซิน แตกเสียหาย.....	21
3.4 แสดงกระบวนการเคลือบเรซินบนเส้นใย.....	21
3.5 ภาพแสดงลักษณะของ โครงสร้างและส่วนประกอบของ แผ่นวงจรไฟฟ้าที่ผ่นังรู.....	22
3.6 แสดงขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานทดสอบและขั้นตอนการทดสอบ.....	25
3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (เซลเซียส) กับจำนวนรอบที่ผ่านการทดสอบทางไฟฟ้า.....	28
3.8 แสดงการทดสอบเชิงทำลายโดยผ่าตรงบริเวณผ่นังรูเพื่อทำ การวิเคราะห์ของชิ้นงานดี.....	29
3.9 แสดงการทดสอบเชิงทำลายโดยผ่าตรงบริเวณผ่นังรูเพื่อทำ การวิเคราะห์ของชิ้นงานเสีย.....	29

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.1 กราฟ Box-Plot ระหว่าง จำนวนรอบที่ผ่านการทดสอบทางไฟฟ้า กับอุณหภูมิ (เซลเซียส) ในการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์.....	33
4.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยระหว่าง จำนวนรอบที่ผ่านการทดสอบทางไฟฟ้า กับอุณหภูมิ (เซลเซียส) ในการ ประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์.....	33
4.3 แสดงภาพขยายตรงตำแหน่งที่เกิดการแตกร้าวตัวของรู.....	35
4.4 แสดงค่าอุณหภูมิที่คุณสมบัติของเรซิน ที่พันธะเคมีเริ่มมีการเคลื่อนไหว (Tg) ณ อุณหภูมิทดสอบที่ 235 องศาเซลเซียส.....	37
4.5 แสดงค่าอุณหภูมิที่คุณสมบัติของเรซิน ที่พันธะเคมีเริ่มมีการเคลื่อนไหว (Tg) ณ อุณหภูมิทดสอบที่ 260 องศาเซลเซียส.....	37
4.6 แสดงค่าอุณหภูมิที่คุณสมบัติของเรซิน ที่พันธะเคมีเริ่มมีการแตกเสียหาย (Td) ณ อุณหภูมิทดสอบที่ 235 องศาเซลเซียส.....	38
4.7 แสดงค่าอุณหภูมิที่คุณสมบัติของเรซิน ที่พันธะเคมี เริ่มมีการแตกเสียหาย (Td) ณ อุณหภูมิทดสอบที่ 260 องศาเซลเซียส.....	38
4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุคิปที่ใช้ กับจำนวนรอบที่ผ่านการทดสอบทางไฟฟ้า.....	41
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) กับจำนวนรอบที่ผ่านการทดสอบทางไฟฟ้า.....	42
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จำนวนรอบที่ผ่านการทดสอบทางไฟฟ้า และวัสดุคิปที่ใช้.....	42
4.11 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ งานที่ผ่านการทดสอบทางไฟฟ้าที่ 6 รอบการทำงาน.....	43
4.12 กราฟแสดงค่าจำนวนรอบการผ่านค่าทดสอบทางไฟฟ้าของแต่ละกลุ่มการออกแบบของคุณสมบัติของเรซิน.....	44