

187

การพัฒนาสมบัติในการนำความร้อนของกาวอีพอกซี
โดยการเพิ่มสารเติมแต่งชนิดที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบ
สำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์



นางสาว เบญจางค์ มงคลเลิศสิริสุข

วิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-837-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16349389

**DEVELOPMENT OF THERMAL CONDUCTIVITY
OF METAL-FILLED EPOXY ADHESIVES
FOR MICROELECTRONIC INDUSTRY**

Miss Benjang Mongkollertsirisuk

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-632-837-9

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University

Thesis Title Development of thermal conductivity of metal-filled epoxy
 adhesives for microelectronic industry

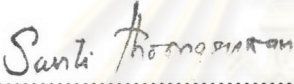
By Benjang Mongkollertsirisuk

Department Chemical Engineering

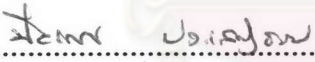
Thesis Advisor Associate Professor Ura Pancharoen, D. Eng. Sc.


Co-advisor Khun Somboon Manoosumrit

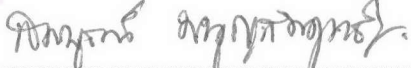
Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

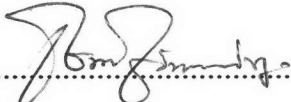

..... Dean of Graduate School
(Associate Professor Santi Thoongsuwan, Ph.D.)

Thesis Committee


..... Chairman
(Professor Piyasan Praserttham, Dr. Ing.)


..... Thesis Advisor
(Associate Professor Ura Pancharoen, D. Eng. Sc.)


..... Thesis Co-Advisor
(Khun Somboon Manoosumrit)


..... Member
(Dr. Thawatchai Charinpanichkul, Dr. Eng.)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

เบญจรงค์ มงคลเลิศศิริสุข : การพัฒนาสมบัติในการนำความร้อนของกาวอีพอกซีโดยการเพิ่มสารเติมแต่งชนิดที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบสำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (DEVELOPMENT OF THERMAL CONDUCTIVITY OF METAL-FILLED EPOXY ADHESIVES FOR MICROELECTRONIC INDUSTRY), อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. อูรา ปานเจริญ, 137 หน้า. ISBN 974-632-837-9

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา เพื่อพัฒนาสมบัติการนำความร้อนของกาวอีพอกซีที่ใช้ในอุตสาหกรรมการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยการเติมสารที่มีสมบัติการนำความร้อนที่ดี อันได้แก่ ผงโลหะอะลูมิเนียม, ผงโลหะเบอร์ลิอุม, ผงโลหะคอปเปอร์, สารเบอร์ลิอุมออกไซด์ และสารซิลิคอนคาร์ไบด์ กาวอีพอกซีที่ใช้ในการศึกษานี้มี 2 ชนิดคือ บิสฟีนอล-เอ / อีพอกซีโพลีเอเธน ซึ่งมี เมต้าฟอสฟอไรต์ ไคคลิก ไดเมอร์ฮาดเดนเนอร์ และ บิสฟีนอล-เอ / อีพอกซีโพลีเอเธน ซึ่งมีเมต้าฟีนิลไดอามีน ฮาดเดนเนอร์

กาวอีพอกซีที่เตรียมขึ้นสามารถนำไปทดลองหาค่าสมบัติการนำความร้อนได้จากวิธีการดรอทเพลท (GUARDED HOT PLATE) ตามมาตรฐาน ASTM : C177-45 ด้วยเครื่องวัดการนำความร้อนแบบดิฟฟิวซิโอนัล ผลการทดลองพบว่า ค่าการนำความร้อนของกาวอีพอกซีที่เติมสารเติมแต่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารประกอบหรือผงโลหะที่เติมเพิ่มขึ้นจากน้ำหนัก 0 - 20 % โดยที่ยังมีสมบัติในการยึดเกาะที่ผิวชิ้นงานมากพอเพียงกับการใช้งาน แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าการนำความร้อนจะเพิ่มเร็วขึ้นตามความสัมพันธ์สมการ เส้นตรง $\log k = Ax + \log k_0$; $x =$ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของสารที่เติม, $k =$ ค่าการนำความร้อนของกาวอีพอกซีที่เติมสารเติมแต่ง, $k_0 =$ ค่าการนำความร้อนของกาวอีพอกซีแต่ละชนิด

นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของค่าการนำความร้อนของกาวอีพอกซีที่เตรียมได้ จะแตกต่างกันออกไปตามประเภทของสารที่เติมด้วย สมบัติในการนำความร้อนของกาวอีพอกซีซึ่งเตรียมจากการเพิ่มสารเติมแต่งทั้ง 5 ชนิดดังกล่าวข้างต้น มีลักษณะใกล้เคียงกับค่าการนำความร้อนซึ่งคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแรทคลิฟ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C517092 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: EPOXY ADHESIVE / THERMAL CONDUCTIVITY

BENJANG MONGKOLLERTSIRISUK : DEVELOPMENT OF THERMAL CONDUCTIVITY OF METAL-FILLED EPOXY ADHESIVES FOR MICROELECTRONIC INDUSTRY, THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. URA PANCHAROEN, D. Eng. Sc., 137 pp. ISBN 974-632-837-9

The important characteristic, thermal conductivity, of epoxy adhesive used in electronic part assembly industry was developed by the addition of the good thermal conductive materials such as aluminium metal powder, beryllium metal powder, copper metal powder, beryllium oxide and silicon carbide. This study used two types of epoxy adhesives, bisphenol A/ epichlorohydrin with beta phthalamide cyclic dimer hardener and with metaphenylenediamine hardener (MPDA). The thermal conductivity property of prepared epoxy adhesives has been characterized by the guarded hot plate, ASTM:C177-45 standard method. The increment of thermal conductive value of filled epoxy adhesives depends on percent weight of fillers which varies from 0 + 20 percent. The composites still have good surface adhesion and internal strength. The increasing trend of thermal conductive value can be estimated from the linear equation, $\log k = Ax + \log k_0$; x = percent weight of fillers, k = thermal conductivity of epoxy composite and k_0 = thermal conductivity of plain epoxy adhesive.

In addition, the increasing of thermal conductivity depends on types of fillers. Thermal conductivity property of prepared epoxy adhesives have the proximity of increasing characteristic to the calculated thermal conductivity from Ratcliffe model, $k_e = k_c^\phi k_d^{(1-\phi)}$.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

ลายมือชื่อนิสิต..... *Benjang Mongkollertsirisuk*.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *Assoc. Prof. Ura Pancharoen*.....

ปีการศึกษา..... 2538.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... *Assoc. Prof. Ura Pancharoen*.....

ACKNOWLEDGEMENTS



The author would like to express her gratitude and deep appreciation to her advisor, Associate Professor, Dr. Ura Pancharoen and her co-advisor, Khun Somboon Manoonsumrit, for their supervision, understanding and helpful guidance. In addition, she is grateful to Khun La-iad Pengsopa, head of the chemical laboratory of Chemical Engineering Department, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, for her permission to use the instrumentations necessary for this study.

She is also grateful to Professor Dr. Piyasan Prasertdam, chairman, and Dr. Thawatchai Charinpanichkul, a member of the thesis committee.

Her sincere thanks are given to Mr. Manasit Padungsit, for his invaluable advice and extreme succour, Ms. Naroetai Mongkollertsirisuk, for her assistance and instantly provided encouragement throughout this work.

Most of all, the author would like to convey her most sincere gratitude to her parents for their love, understanding and encouragement given to her through the year spent on this research.

CONTENTS



PAGE

ABSTRACT (IN THAI).....	i
ABSTRACT (IN ENGLISH).....	ii
ACKNOWLEDGEMENTS.....	iii
LIST OF TABLES.....	vi
LIST OF FIGURES.....	ix
CHAPTER	
I INTRODUCTION	
1.1 The significance of adhesives.....	1
1.2 The development of epoxy resin adhesives.....	1
1.3 The chemical of epoxy adhesives.....	4
1.4 Properties of epoxy adhesives.....	9
1.5 Application of epoxy adhesives.....	11
1.6 Epoxy adhesive in electronic assembly.....	12
II THEORY	
2.1 The significance of heat conduction.....	16
2.2 The definition of heat conduction.....	17
2.3 Thermal conductivity.....	19
2.4 The measurement of thermal conductivity.....	23

2.5	Standard method of test for thermal conductivity of materials by means of the guard hot plate.....	23
2.6	Thermal conductivity of two-phase system.....	24
III	EXPERIMENT	
3.1	The apparatus.....	38
3.2	Material used.....	44
3.3	Procedure.....	46
IV	THE EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSTION	
4.1	The effect of type of filler.....	55
4.2	The effect of percentage of filler.....	62
4.3	The effect of temperature variation.....	75
4.4	The prediction of thermal conductivity.....	79
4.5	Adhesion property.....	101
V	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATION.....	105
	REFERENCES.....	108
	APPENDIX	
A :	THE FEATURING OF ELECTRONIC ASSEMBLY TECHNOLOGY.....	112
B :	CALCULATION OF FILLER PERCENTAGE.....	131
C :	CALCULATION OF THERMAL CONDUCTIVITY.....	133
D :	PRICE OF FILLERS.....	136
	VITA.....	137

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
Table 2.1	Values for the shape parameter A in the Lewis and Nielsen semi-theoretical model of conduction in composite systems.....	32
Table 2.2	Values for the maximum packing fraction in the Lewis and Nielsen semi-theoretical model.....	33
Table 4.1	Thermal conductivity of epoxy adhesives and fillers.....	56
Table 4.2	Thermal conductivity of epoxy adhesive composites A.....	58
Table 4.3	Thermal conductivity of epoxy adhesive composites B.....	60
Table 4.4	The values of A and $\log k_0$ for ten epoxy composites that prepared in this study.....	74
Table 4.5	Thermal conductivity of epoxy adhesive composites A at various temperature (20% weight of fillers).....	76
Table 4.6	Thermal conductivity of epoxy adhesive composites B at various temperature (20% weight of fillers).....	76
Table 4.7	Thermal conductivity comparison between the models and the experimental data for the composite of epoxy adhesive A filled with aluminium metal.....	80

Table 4.8	Thermal conductivity comparison between the models and the experimental data for the composite of epoxy adhesive B filled with aluminium metal.....	82
Table 4.9	Thermal conductivity comparison between the models and the experimental data for the composite of epoxy adhesive A filled with beryllium oxide.....	84
Table 4.10	Thermal conductivity comparison between the models and the experimental data for the composite of epoxy adhesive B filled with beryllium oxide.....	86
Table 4.11	Thermal conductivity comparison between the models and the experimental data for the composite of epoxy adhesive A filled with beryllium metal.....	88
Table 4.12	Thermal conductivity comparison between the models and the experimental data for the composite of epoxy adhesive B filled with beryllium metal.....	90
Table 4.13	Thermal conductivity comparison between the models and the experimental data for the composite of epoxy adhesive A filled with copper metal.....	92
Table 4.14	Thermal conductivity comparison between the models and the experimental data for the composite of epoxy adhesive B filled with copper metal.....	94

Table 4.15	Thermal conductivity comparison between the models and the experimental data for the composite of epoxy adhesive A filled with silicon carbide.....	96
Table 4.16	Thermal conductivity comparison between the models and the experimental data for the composite of epoxy adhesive B filled with silicon carbide.....	98
Table 4.17	Shear strength of epoxy adhesive composites.....	102



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
Figure 2.1 Association of conduction heat transfer with diffusion of energy due to molecular activity.....	18
Figure 2.2 One dimensional heat transfer by conduction.....	20
Figure 2.3 Principle of the steady-state longitudinal heat-flow.....	21
Figure 2.4 Range of thermal conductivity for various states of matter at normal temperature and pressure.....	22
Figure 3.1 Magnetic swing-out stirrer.....	38
Figure 3.2 Convection oven.....	39
Figure 3.3 Thermal conductivity analyzer.....	40
Figure 3.4 Electronic block diagram of thermal conductivity analyzer standard model 88.....	42
Figure 3.5 Measuring assembly block diagram of thermal conductivity analyzer.....	43
Figure 3.6 Chasis, back view of thermal conductivity analyzer.....	49
Figure 3.7 Form and dimensions of test specimen.....	52
Figure 3.8 Tensile testing machine.....	53
Figure 4.1 Thermal conductivity of epoxy adhesive composites A.....	59
Figure 4.2 Thermal conductivity of epoxy adhesive composites B.....	61

Figure 4.3	Thermal conductivity of aluminium metal filled epoxy adhesives.....	63
Figure 4.4	Thermal conductivity of beryllium oxide filled epoxy adhesives.....	64
Figure 4.5	Thermal conductivity of beryllium metal filled epoxy adhesives.....	65
Figure 4.6	Thermal conductivity of copper metal filled epoxy adhesives.....	66
Figure 4.7	Thermal conductivity of silicon carbide filled epoxy adhesives.....	67
Figure 4.8	Relationship between thermal conductivity of composite and % weight of aluminium metal filler.....	69
Figure 4.9	Relationship between thermal conductivity of composite and % weight of beryllium oxide filler.....	70
Figure 4.10	Relationship between thermal conductivity of composite and % weight of beryllium metal filler.....	71
Figure 4.11	Relationship between thermal conductivity of composite and % weight of copper metal filler.....	72
Figure 4.12	Relationship between thermal conductivity of composite and % weight of silicon carbide filler.....	73
Figure 4.13	Thermal conductivity of epoxy adhesive composites A at various temperature.....	77

Figure 4.14	Thermal conductivity of epoxy adhesive composites B at various temperature.....	78
Figure 4.15	Comparison between the models and the experimental results for the composite of epoxy adhesive A filled with aluminium metal powder.....	81
Figure 4.16	Comparison between the models and the experimental results for the composite of epoxy adhesive B filled with aluminium metal powder.....	83
Figure 4.17	Comparison between the models and the experimental results for the composite of epoxy adhesive A filled with beryllium oxide.....	85
Figure 4.18	Comparison between the models and the experimental results for the composite of epoxy adhesive B filled with beryllium oxide.....	87
Figure 4.19	Comparison between the models and the experimental results for the composite of epoxy adhesive A filled with beryllium metal powder.....	89
Figure 4.20	Comparison between the models and the experimental results for the composite of epoxy adhesive B filled with beryllium metal powder.....	91

Figure 4.21	Comparison between the models and the experimental results for the composite of epoxy adhesive A filled with copper metal powder.....	93
Figure 4.22	Comparison between the models and the experimental results for the composite of epoxy adhesive B filled with copper metal powder.....	95
Figure 4.23	Comparison between the models and the experimental results for the composite of epoxy adhesive A filled with silicon carbide.....	97
Figure 4.24	Comparison between the models and the experimental results for the composite of epoxy adhesive B filled with silicon carbide.....	99
Figure 4.25	Shear strength of epoxy adhesive composites.....	103
Figure A-1	Single sided boards.....	114
Figure A-2	Double sided boards.....	114
Figure A-3	Surface mounting VS Through-hole insertion.....	115
Figure A-4	Surface mount process flows.....	117
Figure A-5	Syringe dispenser epoxy adhesive applied technique.....	121
Figure A-6	Pin transfer epoxy adhesive applied technique.....	123
Figure A-7	Screen printing epoxy applied technique.....	125
Figure A-8	Wave soldering system.....	127
Figure A-9	Typical wave soldering temperature profile.....	127

Figure A-10 Single sided chip placement process.....128

Figure A-11 Double sided chip placement process.....129

Figure A-12 Double sided chip placement process (2).....130



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย