การผลิตแผ่นรองรับอะลูมินาสำหรับใช้งานไมโครอิเล็กทรอนิกส์

นายสุรศักดิ์ โกสิยพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวัสดุศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ.2536

ISBN 974 - 583 - 416 - 5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018804

FABRICATION OF ALUMINA SUBSTRATE

FOR MICROELECTRONIC USES

Mr. SURASAK GOSIYAPUN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Graduate School

Chulalongkorn University

1993

ISBN 974 - 583 - 416 - 5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตแผ่นรองรับอะลูมินาสำหรับใช้งานไมโครอิเล็กทรอนิกส์
โดย	นายสุรศักดิ์ โกสิยพันธ์
ภาควิชา	วัสดุศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เล็ก อุตตมะศิล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เล็ก อุตตมะศิล)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จรัสศรี ลอประยูร)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา จินาวัฒน์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพพรรณ สันติสุข)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ : การผลิตแผ่นรองรับอะลูมินาสำหรับใช้งานไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (FABRICATION OF ALUMINA FOR MICROELECTRONIC USES) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.เล็ก อุตตมะศิล,117 หน้า, ISBN 974 - 583 - 416 - 5

การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการศึกษากรรมวิธีการผลิตแผ่นรองรับอะลูมินาสำหรับใช้งานไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยอะลูมินาชนิดที่มีความบริสุทธิ์สูงถึงร้อยละ 99.32 อนุภาค ส่วนใหญ่มีขนาด 2 - 6 ไมโครเมตร ใช้แมกนีเซีย เป็นตัวช่วยลดอุณภูมิในการเผา ส่วนตัวช่วยอื่น ๆ เช่น สารช่วยการกระจายลอยตัวใช้แอมโมเนียมโพลีอะคริเลท สารช่วยการยึดเกาะใช้โพลีอะคริเลท เอสเทอร์ เป็นต้น ใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยการหล่ออะลูมินาสเลอร์รีบนแผ่นฟิลม์ หรือวิธีการที่เรียกว่าดอกเตอร์เบลด ผลจากการศึกษาทดลองสามารถผลิตชิ้นทดลองได้ขนาดหนา0.4-1.0 มิลลิเมตร กว้าง และยาวได้ตามต้องการ ขณะที่เป็นผลิตภัณฑ์ดิบ มีความอ่อนนุ่มคล้ายแผ่นยาง สามารถม้วนเก็บในแผ่นฟิลม์ได้ ใช้อุณหภูมิในการเผาสูงสุด 1500 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่าคุณสมบัติที่ดีของผลิตภัณฑ์ นอกจากขึ้นอยู่กับอัตราส่วนการผสมและอุณหภูมิในการเผาแล้ว ยังขึ้นอยู่กับรูปร่างและขนาดของอนุภาค พื้นที่ผิว ตลอดจนความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ด้วย ซึ่งได้บรรจุอยู่ในกระบวนการศึกษาทดลองครั้งนี้

ภาควิชา วัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีเซรามิก ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C326004 : MAJOR CERAMIC TECHNOLOGY
KEY WORD: ALUMINA SUBSTRATE / MICROELECTRONIC

Mr. SURASAK GOSIYAPUN : FABRICATION OF ALUMINA SUBSTRARE FOR MICROELECTRONIC USES. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. LEK UTTAMASIL, Ph.D 117 pp. ISBN : 974 - 583 - 416 - 5

Alumina substeate for microelectronic used was fabricated from high purity alumina (99.32% Al_2O_3) of which average grain size was 2 - 6 μm. Doping agent,deflocculant and binder were magnesia (Mg O),ammonium polyacrylate and polyacrylate ester respectively.Doctor Blade's method was employed in the sheeting of the substrate.Free size sheet with thickness 0.4 - 1.0 mm. were successfully produced. These green sheets were soft like rubber which could be cut and rolled. The highest sintering temperature was 1500 °c. It was found that the good sheet properties highly depended on composition, sintering temperature, particle size,surface area and density.

ภาควิชา วัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีเซรามิก ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เพราะได้รับการสนับสนุนและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เล็ก อุตตมะศิล ที่ได้กรุณาเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ และให้ทุนสนับสนุน

รองศาสตราจารย์ ดร.จรัสศรี ลอประยูร รองศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา จินาวัฒน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพ.พรรณ สันติสุข ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำอย่างดียิ่ง

Dr. Hisao Abe แห่งศูนย์เซรามิกฮาซามิ เมืองนางาซากิ สนับสนุนในเรื่องวัตถุดิบหายาก พร้อมทั้งข้อมูลต่างๆ ตลอดจนให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ผู้เขียนวิทยานิพนธ์นี้ได้รับความกรุณาจากทุกท่านดังกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ ขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัยทุกท่าน โดยเฉพาะ คุณสุขเกษม กังวานตระกูล และคุณสวลี เสนานิทักษ์ ที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาตลอด

และขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัญชลี โกสิยพันธ์ ที่คอยช่วยเหลือ หาข้อมูล ตลอดจนให้กำลังใจมาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

- ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย 10
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 10
- ขอบเขตของการวิจัย 11
- นิยามศัพท์ 11
- ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย 11

บทที่ 2 ข้อมูลเบื้องต้นทางวิชาการ 12

- อะลูมินา 12
- แมกนีเซียมออกไซด์ 19
- สารช่วยการกระจายลอยตัว 20
- สารช่วยการยึดเกาะ 24
- สารไล่ฟองอากาศ 25
- พฤติกรรมการไหลตัวของวัสดุทางเซรามิก 25

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	- กรรมวิธีการผลิตแผ่นรองรับอะลูมินา	30
	- การเตรียมผงอะลูมินา	32
	- ฟลักซ์	33
	- การบดผสม	33
	- การหล่อ	35
	- การตัดขึ้นรูป	37
	- การเผา	37
	- การคัดคุณภาพ	40
	- การบดและเครื่องบด	41
	- เครื่องบด	42
	- ประสิทธิภาพในการบด	46
	- การตรวจเอกสาร	52
บทที่ 3	วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย	55
	- วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	55
	- เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการศึกษาวิจัย	59
	- วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย	63
บทที่ 4	ผลการศึกษาวิจัยและการวิเคราะห์	74
	- ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	74
	- กระบวนการขึ้นรูปในการศึกษาวิจัย	83
	- การตรวจคุณสมบัติของชิ้นทดลองที่ผ่านการเผาแล้ว	89

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาวิจัย..... 108

เอกสารอ้างอิง..... 110

ภาคผนวก..... 114

ประวัติผู้เขียน..... 117

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 มูลค่าของสินค้าส่งออกสำคัญ 10 อันดับใน
รอบปี 1987-1992 5
ตารางที่ 2 ปริมาณการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในบ้าน 7
ตารางที่ 3 ปริมาณและมูลค่าส่งออกเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในบ้าน 8
ตารางที่ 4 มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญปี 2529-2534 9
ตารางที่ 5 สูตรทางเคมี และรูปแบบผลึกของอะลูมินาชนิดต่างๆ 13
ตารางที่ 6 การแปรเปลี่ยนรูปแบบผลึกของอะลูมินา 14
ตารางที่ 7 สมบัติของอะลูมินา 14
ตารางที่ 8 ค่าความหนาแน่นของลูกบดแต่ละชนิด 51
ตารางที่ 9 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 56
ตารางที่ 10 สมบัติของแทบุลาร์อะลูมินา ชนิด A-12-325 57
ตารางที่ 11 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาทดลอง 59
ตารางที่ 12 อุปกรณ์ที่ใช้ช่วยในการศึกษาทดลอง 62
ตารางที่ 13 การกระจายขนาดของสารอะลูมินา 76
ตารางที่ 14 การกระจายขนาดของสารแมกนีเซีย 78
ตารางที่ 15 ค่า pH ของสารที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 82
ตารางที่ 16 สมบัติของชิ้นทดลอง ทั้ง 6 ตัวอย่าง
ที่ยังไม่ได้เติมสารช่วยในการขึ้นรูป 84
ตารางที่ 17 สมบัติของชิ้นทดลอง 5 ตัวอย่าง ณ อุณหภูมิต่างๆ กัน 86

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การขยายตัว เมื่อถูกความร้อนของชิ้นทดลอง
ที่เตรียมขึ้น กับผลิตภัณฑ์ของบริษัท Electro Ceramic..... 106

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นิวเซรามิก..... 2

ภาพที่ 2 แผ่นรองรับอะลูมินาชนิดต่างๆ..... 4

ภาพที่ 3 Bending strength ของอะลูมิเซรามิก
ที่มีอัตราส่วนต่างๆ กัน..... 15

ภาพที่ 4 กระบวนการสกัดแร่บอกไซท์ โดยกระบวนการเบเยอร์ 16

ภาพที่ 5 (ก) รูปลักษณะของแกรนก่อนบด..... 17

(ข) รูปลักษณะของแกรนหลังบด..... 17

ภาพที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของอะลูมินาไฮเดรท
ในช่วงอุณหภูมิต่างๆ กัน..... 18

ภาพที่ 7 การทำปฏิกริยาของ OH^- จับยึดตัวเป็นกลุ่มกับ OCH_2 COO^- Na^+..... 22

ภาพที่ 8 ปฏิกริยาระหว่างผิวของอะลูมินาที่อิ่มตัวด้วยน้ำกับ H_3O^+ หรือ OH^-..... 23

ภาพที่ 9 Electrical double-layer สำหรับการทำให้อนุภาคเกิด
ประจุในของเหลวมีขั้ว และการเกิดไฟฟ้าสถิต..... 24

ภาพที่ 10 การเกิดโครงสร้างภายในของอะลูมินาสเลอร์รี
(ก) ขณะทำการกระจายลอยตัว..... 26

(ข) ขณะตกตะกอน..... 26

ภาพที่ 11 การะกระจายลอยตัว..... 27

ภาพที่ 12 ผลของความหนาแน่น..... 27

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 13 อิทธิพลของสารช่วยการกระจายลอยตัวต่อ Thixotropy

(ก) กราฟแสดงการกระจายลอยตัวในสเลอร์รีจุด A, B หรือ C แสดงให้เห็นความแตกต่างของความหนืดและปริมาณสารช่วยการกระจายลอยตัวที่เติมลงไปในสเลอร์รี..... 28

(ข) กราฟแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของ Thixotropy โดยทิ้งสเลอร์รี A, B และ C ไว้นาน 60 นาที..... 28

ภาพที่ 14 อิทธิพลของน้ำต่อ Thixotropy

(ก) แสดงให้เห็นว่า สามารถปรับความหนาแน่นได้ โดยวิธีเติมน้ำ และสามารถปรับความหนืดตามภาพที่ 13 (ก) ได้..... 29

(ข) แสดงให้เห็นว่า หลังทิ้งสเลอร์รีไว้นาน 60 นาที จะเกิดโครงสร้างในสเลอร์รี ซึ่งทำให้ความหนืดเปลี่ยนแปลงไป..... 29

ภาพที่ 15 กระบวนการผลิตแผ่นรองรับอะลูมินาที่ใช้ในงานไมโครอิเล็กทรอนิกส์..... 30

ภาพที่ 16 การขึ้นรูป แผ่นรองรับอะลูมินา..... 31

ภาพที่ 17 ลักษณะของอะลูมินาที่ผลิตโดยวิธีเบเยอร์..... 32

ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงสภาพของสารละลาย..... 35

ภาพที่ 19 การขึ้นรูปโดยดอกเตอร์เบลด วิธีให้ตัวบังคับสเลอร์รีเป็นตัวเคลื่อนที่..... 36

ภาพที่ 20 ก. และ ข. การขึ้นรูปโดยดอกเตอร์เบลด วิธีให้สายพานเป็นตัวเคลื่อนที่..... 37

ภาพที่ 21 การควบคุมอุณหภูมิในการเผาและเตาที่ใช้ในการเผา..... 38

ภาพที่ 22 สรุปกระบวนการผลิตแผ่นรองรับอะลูมินา..... 40

ภาพที่ 23 ลักษณะการเคลื่อนตัวของลูกบด..... 42

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 24 ลักษณะของ Attrition mill..... 43

ภาพที่ 25 ลักษณะของ Vibratory mill..... 44

ภาพที่ 26 ลักษณะของ Fluid-energy mill..... 45

ภาพที่ 27 ประสิทธิภาพในการบดของเครื่องบดชนิดต่างๆ..... 46

ภาพที่ 28 ประสิทธิภาพในการบดของลูกบด 3 ชนิด..... 47

ภาพที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการบดกับความสามารถ
ในการทำงานต่อการขัดสีของลูกบด 3 ชนิด..... 48

ภาพที่ 30 รูปร่างและขนาดต่างๆ ของลูกบด..... 50

ภาพที่ 31 เปรียบเทียบปริมาณบรรจุที่เหมาะสมของลูกบดแต่ละชนิด..... 50

ภาพที่ 32 วิธีการใช้อุปกรณ์ช่วยในการศึกษาวิจัย..... 62

ภาพที่ 33 รูปพีคที่ได้จากเครื่องหาความราบเรียบของพื้นผิว..... 73

ภาพที่ 34 (ก) เฟสของอะลูมิกา (Al_2O_3)..... 75

(ข) เฟสของแมกนีเซีย (MgO)..... 75

ภาพที่ 35 การกระจายขนาดของสาร

(ก) อะลูมินา..... 80

(ข) แมกนีเซีย..... 80

ภาพที่ 36 จุลโครงสร้างของอะลูมินา..... 81

ภาพที่ 37 ความแตกต่างของความหนืดของอะลูมินาสเลอร์รี ที่มีค่า pH
ต่างกัน..... 83

ภาพที่ 38 ความสัมพันธ์ระหว่างสารช่วยการกระจายลอยตัว กับค่าความหนืด..... 85

ภาพที่ 39 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการเผากับเปอร์เซนต์การหดตัว..... 89

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 40 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการเผากับเปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำ..... 90

ภาพที่ 41 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการเผากับเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก..... 91

ภาพที่ 42 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการเผากับความหนาแน่น..... 92

ภาพที่ 43 เฟสของชิ้นทดลอง A_4 ที่ผ่านการเผาอุณหภูมิ 1500 องศาเซลเซียส..... 93

ภาพที่ 44 เฟสของชิ้นงานตัวอย่าง ของบริษัทอิเล็กทรอเซรามิกจำกัด ที่นิคมอุตสาหกรรม ลำพูน..... 94

ภาพที่ 45 จุลโครงสร้างของชิ้นทดลอง A_0 ผ่านการเผาที่ 1500 องศาเซลเซียส..... 95

ภาพที่ 46 จุลโครงสร้างของชิ้นทดลอง A_1 ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1500 องศาเซลเซียส..... 96

ภาพที่ 47 จุลโครงสร้างของชิ้นทดลอง A_3 ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส..... 97

ภาพที่ 48 จุลโครงสร้างของชิ้นทดลอง A_3 ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1500 องศาเซลเซียส..... 98

ภาพที่ 49 จุลโครงสร้างของชิ้นทดลอง A_4 ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส..... 99

ภาพที่ 50 จุลโครงสร้างของชิ้นทดลอง A_4 ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1500 องศาเซลเซียส..... 100

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 51 จุลโครงสร้างของชิ้นทดลอง A_4 ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ
1530 องศาเซลเซียส..... 101
ภาพที่ 52 จุลโครงสร้างของชิ้นทดลอง A_5 ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ
1500 องศาเซลเซียส..... 102
ภาพที่ 53 จุลโครงสร้างของชิ้นทดลอง A_5 ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ
1530 องศาเซลเซียส..... 103
ภาพที่ 54 จุลโครงสร้างของตัวอย่าง จากบริษัทอิเล็กทรอเซรามิก ลำพูน..... 104
(ก) ชนิดหนา 0.6 m.m..... 104
(ข) ชนิดหนา 0.4 m.m..... 104
ภาพที่ 55 เปอร์เซนต์สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อถูกความร้อนของ
ชิ้นทดลอง A_4 ที่ 3 ช่วงอุณหภูมิ..... 107