

การประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์แบบหัวต่อ พีเอ็น จากแวนดิลิกซิลิกอนซึ่งมีสภาพผิวขรุขระต่างๆ กัน



นาย ชุมพล อंत्रเสน

000696

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2523

T15531338

THE FABRICATION OF P-N JUNCTION SILICON SOLAR CELLS ON WAFERS
HAVING DIFFERENT SURFACE DAMAGES.


Mr. Choompon Antarasana

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1980


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์แบบหัวต่อพีเอ็น จากแว่นผลึกซิลิกอนซึ่งมีสภาพผิว
ขรุขระต่างๆ กัน
โดย นาย ชุมพล อันตรเสน
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ นุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทิน เวทย์วัฒน์)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.มนตรี สวัสดิ์ศฤงฆาร)


.....กรรมการ
(ดร.มณูญ อร่ามรัตน์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์แบบหัวต่อ พีเอ็น จากแว่นผลึกซิลิกอนซึ่งมีสภาพ
ผิวขรุขระต่างๆ กัน
โดย นาย ชุมพล อินทรเสน
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว
ปีการศึกษา 2522



บทคัดย่อ

แว่นผลึกซิลิกอนถูกเตรียมผิว 2 วิธี คือ ชัดผิวด้านมันด้วยมือบนกระจก กับชัดผิวด้านหยาบด้วยเครื่องขัดบนผ้า โดยใช้ผงขัดขนาดและเวลาต่างๆกัน แล้วนำสภาพผิวที่ได้ไปศึกษาคุณสมบัติทางแสง โดยการวัดค่าการสะท้อนแสงด้วยแสงเลเซอร์ ความยาวคลื่น 6328 Å ปรากฏว่า ผิวขัดบนกระจกมีค่าการสะท้อนแสงเป็นศูนย์เกือบทุกตัวอย่าง ส่วนผิวชัดด้วยเครื่องขัดบนผ้ามีค่าการสะท้อนแสงลดหลั่นกันไปจากค่า 0.94 ถึง 0.23 และมีค่าเป็นศูนย์สำหรับผิวแบบ Cellular Structure จากนั้นนำแว่นผลึกที่เตรียมผิวไว้ทุกตัวอย่างไปบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 800 เท่า เพื่อศึกษา Macroscopic Damage ที่เกิดขึ้น ปรากฏว่าแว่นผลึกชุดแรกมีสภาพผิวขรุขระเกิดขึ้น ส่วนชุดหลังมีลักษณะของ Cellular Structure ต่างๆ กันไป ต่อจากนั้นนำแว่นผลึกทุกตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปทดลองประดิษฐ์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์แบบหัวต่อพีเอ็นหรือเอ็นพี แล้วแต่ชนิดของแว่นผลึกเริ่มต้น ปรากฏว่าเซลล์ที่ทำจากแว่นผลึกที่เตรียมผิวด้วยการชัดผิวด้านหน้าบนกระจก เมื่อใช้ผงขัดขนาดเล็ก มีค่ากระแสลัดวงจรสูงขึ้น (8.3 mA ถึง 9 mA สำหรับเซลล์ ชนิดเอ็นพี และ 8.6 mA ถึง 11 mA สำหรับเซลล์ ชนิดพีเอ็น) ส่วนเซลล์ที่ทำจากแว่นผลึกที่เตรียมผิวด้วยการชัดผิวด้านหน้าบนกระจก เมื่อใช้ผงขัดขนาดใหญ่มีค่ากระแสลัดวงจรต่ำลง (9.0 mA ถึง 5.8 mA สำหรับเซลล์ ชนิดเอ็นพี และ 11 mA ถึง 4.5 mA สำหรับเซลล์ ชนิดพีเอ็น) สำหรับ ค่าแรงดันวงจรเปิด ค่าฟิลล์แฟกเตอร์ และประสิทธิภาพของเซลล์ มีค่าต่ำลงเมื่อใช้ผงขัดขนาดโตขึ้น เซลล์ที่ทำจากแว่นผลึกชุดหลังจะมีลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันเหมือนกัน และประสิทธิภาพเกือบเท่ากันทุกตัวอย่าง

Thesis Title The Fabrication of P-N Junction Silicon Solar Cells
 on Wafers Having Different Surface Damages.
Name Mr. Choompon Antarasana
Thesis Advisor Assistant Professor Somsak Panyakeow, Ph.D
Department Electrical Engineering
Academic Year 1979.

ABSTRACT

The surface of silicon wafers was prepared by 2 methods, i.e. a manually lapping of polished surface (front side) on glass-plate and a mechanical lapping of lapped surface (back side) on a piece of cloth with different sizes of abrasive powder and lapping durations. The reflectivity of lapped surfaces was measured by using a laser beam (6328 Å). The experimental results indicate that no reflection was found for nearly all the samples lapped on the glass-plate, but the reflectivity gradually decreases from 0.94 to 0.23 for those lapped on cloths. No reflection was also observed for the surface with cellular structure. The investigation through microscope with magnification of 800 showed that there were a surface damage on the samples prepared by the former method but only different cellular structures were observed on those samples prepared by the latter method. PN junction solar cells were fabricated by using those wafers prepared by both methods as starting material. Solar cells lapped on glass-plate using small powder showed an improved short circuit current (from 8.3 mA to 9 mA for NP structures and from 8.6 mA to 11 mA for PN structures) but a degraded short circuit

current (from 9 mA to 5.8 mA for NP structures and from 11 mA to 4.5 mA for PN structures) as number of surface damages increased. The value of open circuit voltage, fill factor and efficiency of the solar cells become less as the surface damages increased. However, nearly unchange characteristics and efficiency were observed for those solar cells mechanically lapped on cloths.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ณ
รายการตารางประกอบ.....	ญ
รายการรูปประกอบ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. ทฤษฎี.....	3
โครงสร้างและนิยามพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์.....	3
การเกิดกระแสทางแสง.....	5
ลักษณะสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์แบบหัวต่อพีเอ็น.....	17
ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์.....	24
ผิวขำรุคและผลต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้า.....	25
ซิลโลเคชั่นและผลต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้า.....	31
3. วิธีทดลอง.....	36
การสร้างเครื่องมือเตรียมผิวแว่นผลึก.....	36
การบำรุงรักษา.....	44
การเตรียมผิวแว่นผลึก.....	44
การวัดการสะท้อนแสงจากผิวขำรุค.....	47
การถ่ายภาพสภาพผิวขำรุคด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	47
การทดลองสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบหัวต่อพีเอ็นจากแว่นผลึก ที่มีสภาพผิวขำรุคต่างๆกัน.....	47



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การวัดหาลักษณะสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์.....	49
ปัญหาในการทดลอง.....	49
4. ผลการทดลอง.....	50
ผลการวัดการสะท้อนแสงจากผิวขำรุค.....	50
สภาพผิวขำรุคต่างๆ ที่ถ่ายจากกล้องจุลทัศน์.....	51
ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์.....	57
5. วิจัยารณ์ผลการทดลอง.....	61
ลักษณะของผิวขำรุคและผลตอบสนองทางแสง.....	61
ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์.....	63
ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์.....	67
6. สรุปผลการทดลอง.....	69
เอกสารอ้างอิง.....	71
ประวัติ.....	74



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำจาก ผศ.ดร.สุทิน เวทย์วัฒน์ ผศ.ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว อาจารย์ ดร.มนตรี สวัสดิ์ศฤงฆาร และ ดร.มณูญ อร่ามรัตน์ มาด้วยดีโดยตลอด ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้เขียนขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ เจ้าหน้าที่ประจำโรงฝึกงาน เจ้าหน้าที่ห้องธุรการ ในด้านการอำนวยความสะดวก การใช้เครื่องมือ ตลอดจนงานธุรการต่างๆ

ท้ายสุดนี้ผู้เขียนขอขอบคุณต่อบัณฑิตวิทยาลัย และห้องปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ในการให้ทุนสำหรับการวิจัยแก่ผู้เขียนเป็นอย่างมาก

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1.	แสดงค่าคงที่ต่างๆ ของเซลาฯ ทำจากแว่นผลึกซิลิกอน.....	11
2.	ส่วนแรกขีดผิวด้านหน้าด้วยมือบนกระจก.....	45
3.	ส่วนหลังขีดผิวด้านหลังด้วยเครื่องขีดบนผ้า.....	46
4.	แสดงค่า Specular Reflection ของผิวขีดบนกระจกด้วยมือ.....	50
5.	แสดงค่า Specular Reflection ของผิวขีดบนผ้าด้วยเครื่องขีด.....	51
6.	ค่าของตัวหลักสำคัญที่ได้จากการทดลองจากเซลาฯ ที่ประดิษฐ์จากผิวขีดบนกระจกด้วยมือ.....	58
7.	ค่าของตัวหลักสำคัญที่ได้จากการทดลองจากเซลาฯ ที่ประดิษฐ์จากผิวขีดบนผ้าด้วยเครื่องขีด.....	60

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1. โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์.....	4
2. ลักษณะสมบัติกระแส-แรงดัน ของเซลล์แสงอาทิตย์.....	4
3. การลดค่าความหนาแน่นของโฟตอนเมื่อสารกึ่งตัวนำหนา X	6
4. แสดงค่า Intrinsic Absorption Coefficient ของ Si.....	6
5. แสดงลักษณะการเกิดกระแส-แรงดัน.....	7
6. ผลตอบสนองทางแสงภายในจากการคำนวณ.....	10
7. ผลตอบสนองทางแสงภายในจากการคำนวณแบบแยกส่วน.....	12
8. Relative Spectral Response ของเซลล์ซิลิคอนแบบเอ็นพี.....	13
9. สเปกตรัมของแสงอาทิตย์ในช่วง 100 Å Bandwidth.....	14
10. ค่ากระแสลัดวงจรในอุดมคติ.....	15
11. แสดงค่ากระแสลัดวงจรที่ AM0 กับความลึกของหัวต่อ.....	15
12. แสดงค่ากระแสลัดวงจรที่ AM2 กับความลึกของหัวต่อ.....	16
13. แสดงค่ากระแสลัดวงจรที่ AM0 กับค่าความต้านทานฐานและความลึกของหัวต่อ.....	16
14. แสดงลักษณะการเกิดกระแสของหัวต่อที่เอ็น เมื่อถูกไบแอสตาม.....	18
15. วงจรสมมูลย์เซลล์แสงอาทิตย์.....	20
16. ผลของความต้านทานอนุกรมต่อลักษณะสมบัติของเซลล์.....	21
17. ผลของความต้านทานขนานต่อลักษณะสมบัติของเซลล์.....	21
18. ลักษณะสมบัติแรงดันกระแสเมื่อไม่มีแสง.....	22
19. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Inherent Efficiencies ที่ AM0 กับความเร็วแห่งการรวมตัวที่ผิว.....	23

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่

หน้า

20.	แสดงผลของความต้านทานอนุกรมต่อประสิทธิภาพของเซลล์ ที่ AMO.....	23
21.	แสดงผลของความต้านทานขนานต่อประสิทธิภาพของเซลล์.....	24
22.	รูปแบบของผิวชำรุด.....	26
23.	แสดงการสะท้อนแสงจากผิววัตถุ.....	26
24.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของผงขัดกับความลึกของผิวชำรุด.....	29
25.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วแห่งการรวมตัวที่ผิวกับความลึก ของผิวชำรุดที่กัดออกด้วยสารเคมี.....	29
26.	ผลของผิวชำรุดต่อลักษณะสมบัติการเสถียร-แรงดันทางด้านไบแอสย้อน กลับของหัวต่อพี-เอ็น.....	30
27.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวแห่งการแพร่ซึมกับความหนา ของผิวชำรุดที่กัดออก.....	30
28.	EF คือ Edge Dislocation.....	32
29.	EF คือ Screw Dislocation.....	32
30.	ความเร็วของสกรูดีสโลเคชัน เมื่อ Shear Stress เพิ่มขึ้น.....	33
31.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าช่วงชีวิตกับความหนาแน่นดีสโลเคชัน.....	33
32.	แสดงค่าความต้านทานเทียบกับอุณหภูมิ.....	34
33.	แสดงลักษณะสมบัติการเสถียร-แรงดันของหัวต่อพี-เอ็นทางด้านไบแอส ย้อนกลับ.....	35
34.	แสดงตำแหน่งของแรงต่างๆ ที่กระทำกับฐานยึดแวนผลึก.....	37
35.	แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องขัดแบบแยกส่วน.....	38

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
36. กรรมวิธียัดแวนผลึก	40
37. แสดงรูปร่างลักษณะของเครื่องขัดที่เตรียมพร้อมแล้ว	42
38. ลักษณะของเครื่องขัดที่วางฐานยัดแวนผลึกเรียบร้อยแล้ว	43
39. รูปแบบขั้วไฟฟ้าทางด้านผิวรับแสง	49
40. ภาพถ่ายลักษณะผิวที่ได้จากการขัดด้วยมือบนกระจก	52
41. ภาพถ่ายลักษณะผิวที่ได้จากการขัดด้วยเครื่องขัดบนผ้า	54
42. แสดงลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของเซลล์ เอ็น-พีที่ทำจากแวนผลึก ซิลิกอนเมื่อไม่มีแสง	57
43. แสดงลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของเซลล์ เอ็น-พีที่ทำจากแวนผลึก ซิลิกอนเมื่อมีแสง	58
44. แสดงลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของเซลล์ เอ็น-พีที่ทำจากแวนผลึก ซิลิกอนเมื่อไม่มีแสง	59
45. แสดงลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของเซลล์ เอ็น-พีที่ทำจากแวนผลึก ซิลิกอนเมื่อมีแสง	59
46. รูปแบบสภาพผิวขำรุคขณะที่มีแสงตกกระทบ	62
47. รูปแบบสภาพผิวแบบ Cellular Structure ขณะที่ มีแสงตกกระทบ	63
48. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสทางแสงกับขนาดของผงขัด	64
49. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันวงจรเปิดกับขนาดของผงขัด	65
50. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟิลล์แฟคเตอร์กับขนาดของผงขัด	65
51. แสดงอนุกรมมิเนียมแพร์ซิมเข้าสู่แวนผลึกซิลิกอน	66
52. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเซลล์ กับขนาดของผงขัด	68