

ผิวสัมผัสสร้างโดยวิธีชุบนิเกิลและทองแดงบนเซลแสงอาทิตย์  
และหัววัดรังสีอัลฟาชนิดซิลิกอน



นาย อารีย์ วิเชียรฉาย

005645

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษิตตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-561-524-2

NICKEL AND COPPER PLATED CONTACTS ON SILICON SOLAR CELLS  
AND ALPHA-RADIATION DETECTORS

Mr. Aree Wichainchai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science  
Department of Physics  
Graduate School  
Chulalongkorn University  
1982  
ISBN 974-561-524-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผิวสัมผัสสร้างโดยวิธีชุบนิเกิลและทองแดงบน เซลแสงอาทิตย์และหัววัดรังสีอัลฟา
ชื่อผู้ผลิต	นาย อารีย์ วิเชียรฉาย
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี สวัสดิ์คักฤงฆาร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร เล็งหะพันธ์
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2525



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เกี่ยวข้องกับการสร้างและศึกษาลักษณะสมบัติโลหะ-ซิลิกอน โดยวิธีชุบโลหะที่ใช้ชุบชนิดนิเกิลและทองแดง ผลที่ได้มีนิเกิลและทองแดงสามารถนำมาใช้ทำผิวสัมผัสโอห์มมิกได้ดี (10) เพราะมีค่าความต้านทานจำเพาะของผิวสัมผัสต่ำถึง  $\rho_c(\text{Ni}) 2.28 \times 10^{-4} \Omega\text{-cm}^2$ ,  $\rho_c(\text{Cu}) 3.02 \times 10^{-4} \Omega\text{-cm}^2$  ที่ความต้านทานจำเพาะของฐาน 0.015  $\Omega\text{-cm}$ , 0.013  $\Omega\text{-cm}$  ตามลำดับ แต่เนื่องจากคุณสมบัติของทองแดงเป็นสารที่แพร่ซึมในสารกึ่งตัวนำได้รวดเร็ว ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำทองแดงมาใช้ทำผิวสัมผัสทางโอห์มมิกด้านหน้าของสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ

หลังจากนี้ยังได้นำผลดีของผิวสัมผัสทางโอห์มมิกของโลหะนิเกิลมาประยุกต์ใช้งาน โดยสร้างเซลล์แสงอาทิตย์, เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรวมแสง และหัววัดรังสีอัลฟาได้ผลดีมาก นอกจากนี้กล่าวมาแล้ว วิธีการชุบนี้เป็นวิธีที่สามารถแทนกระบวนการชุบไอโลหะภายใต้สูญญากาศได้ดีอีกด้วย เพราะอุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบง่าย ๆ สะดวกสบาย







## ACKNOWLEDGMENTS



The author wishes to thank Assistant Professor Dr. Montri Sawadsaringkarn, Associate Professor Dr. Somsak Panyakeow, Assistant Professor Dr. Banyong Topasertpong, Professor Dr. Virulh Sa-yakanit, and Dr. Manoon Aramratana for their supervision, encouragement and advice throughout the course of this thesis. In addition to this, the author would like to express the appreciation to Assistant Professor Dr. Kitt Visoottiviseth and Dr. Wirojana Tantraporn for their help in the improvement final draft.

The technical assistance of, and helpful discussions on processing with Mr. Patrick Rousset and other members of the Semiconductor Device Research Laboratory (SDRL) are gratefully acknowledged.

The use of various facilities and services of SDRL., including Electrical Engineering Department, during this research is gratefully acknowledged.

Finally, the author wishes to express his gratitude to the Thai government for the scholarship granted under the University Development Commission.

TABLE OF CONTENTS

	page
ABSTRACT .....	iv
ACKNOWLEDGEMENTS .....	vi
LIST OF TABLES .....	x
LIST OF FIGURES .....	xi
CHAPTER I INTRODUCTION .....	1
CHAPTER II METAL-SEMICONDUCTOR CONTACTS .....	3
2.1 The Schottky Model .....	3
2.2 Contact Resistance and Contact Resistivity .....	6
2.2.1 Definition of Contact Resistance .....	6
2.2.2 Contact Resistivity .....	11
CHAPTER III GENERAL PRINCIPLES OF ELECTROPLATING .....	14
3.1 Electrochemical Terms .....	14
3.2 Electrodeposition .....	15
3.3 pH of a Solution .....	16
CHAPTER IV EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND SOME RESULTS .....	18
4.1 Preparing Ohmic Contacts .....	18
4.1.1 Silicon Samples Data .....	20
4.1.2 Masking Pattern .....	21
4.1.3 Nickel, Copper Electroplating .....	21
4.2 Measurement on Ni-, Cu-Si Contacts .....	25
CHAPTER V APPLICATIONS .....	30
5.1 Fabrication of Solar Cells and Concentrated Solar Cells .....	30
5.2 Fabrication of Alpha-Radiation Detector .....	33



## TABLE OF CONTENTS (Continued)

	page
CHAPTER VI RESULTS AND DISCUSSION .....	36
6.1 Results and Discussion of Nickel, Copper-Silicon Contacts .....	36
6.2 Results and Discussion of Solar Cells and Concentrated Solar Cells .....	39
6.3 Results and Discussion of Alpha-Radiation Detector .....	45
CHAPTER VII CONCLUSIONS .....	48
REFERENCES .....	50
APPENDIX A : PROCESS OF PREPARING SILICON WAFER .....	53
APPENDIX B : PROCESS OF FABRICATING DEVICES .....	55
APPENDIX C : NICKEL ELECTROLESS PLATING .....	58
APPENDIX D : MACHINES USE TO FABRICATING DEVICES .....	60
APPENDIX E : EXPERIMENTAL RESULTS .....	62
APPENDIX F : APPLICATION OF PLATING TECHNIQUE .....	64
VITA .....	65



LIST OF TABLES

Table		page
1	Experimental Results for Nickel, Copper-p-type, n-type Silicon Contacts with Nonannealing and Annealing 16 hours at 120°C .....	28
2	Photovoltaic Parameters of Concentraed Solar Cells .....	39
E.1	Summary of Experimental Results for Nickel, Copper-ntype, p-type Silcon Contacts with Nonannealing and Annealing 16 hours at 120°C .....	62
E.2	Photovoltaic Parameters of the Solar Cells .....	63

## LIST OF FIGURES

Figure		page
1	Energy Level Diagrams of Metal Contacts to n-type Semiconductors .....	4
2	Energy Level Diagrams of Metal Contacts to p-type Semiconductors .....	5
3	Derivation of the Potential $\phi'$ of the Ideal Contact (B') Pertaining to the Real Contact (B) by Mirror-Imaging .....	7
4	Planar Resistor with Real Contacts A and B and the Most Practicable Locations A' and B' for the Corresponding Ideal Contacts .....	8
5	Planar Resistor Having Three Contacts for Contact Resistance Determination .....	8
6	Electroplating Processes .....	15
7	Ohmic Contact testing Specimen .....	19
8	Sample Connected on the Header .....	20
9	Masking Pattern No 1 .....	21
10	Equipment of Nickel Electroplating .....	22
11	Method Measured Contact Resistance .....	25
12	Schematic Representation of Solar Cells .....	31
13	Schematic Representation of Concentrated Solar Cells .....	32
14	Two Zone Diffusion .....	33
15	Mask Pattern the Front Contact of Alpha-Radiation Detecyor .	34
16	Encapsulated Alpha-Radiation Detector .....	34

## LIST OF FIGURES (Continued)

Figure		page
17	Schematic Diagram of Testing Alpha-Radiation Dectector ..	35
18	The Equipment of Testing Alpha-Radiation Detector .....	35
19	Contact Resistivities VS. Impurity Concentration for Ni-Si Contacts .....	37
20	Contact Resistivities VS. Impurity Concentration for Cu-Si Contacts .....	38
21-23	The I-V Characteristics Solar Cell Curves with Electroless and Electroplating Techniques .....	40-42
24	The I-V Characteristics Concentrated Solar Cell Curves with Electroless and Electroplating Techniques .....	43
25	Measurement the Concentrated Solar Cell .....	44
26	The Response of 7500 $\Omega$ -cm $\alpha$ -Radiation Detector with Mixed Source at Zero Bias to Room Temperature .....	46
27	The Response of 7500 $\Omega$ -cm $\alpha$ -Radiation Detector with $Am_{241}$ Source at Zero Bias to Room Temperature .....	47
C.1	Nickel Electroless Plating.....	59
D.1	Scribing Machine .....	60
D.2	Ultrasonic Wire Bonding .....	61
F.1	Solar Cells by Plating Technique .....	64
F.2	Concentrated Solar Cells by Plating Technique .....	64