


การพัฒนาระบบการตกตะสมไอเชิงเคมีเสริมด้วยพลาสมาที่ความถี่วิทยุ



นางสาวอรอนงค์ แซ่มเล็ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์


คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-3255-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF RADIO FREQUENCY PLASMA ENHANCED
CHEMICAL VAPOR DEPOSITION SYSTEM



ONANONG CHAMLEK

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Physics

Department of Physics

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

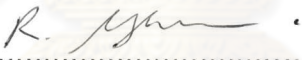
ISBN 974-17-3255-4

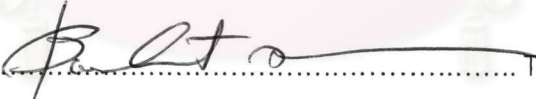
Thesis Title Development of Radio Frequency Plasma Enhanced Chemical
Vapor Deposition System
By ONANONG CHAMLEK
Field of Study Physics
Thesis Advisor Boonchoat Paosawatyanong, Ph.D.
Thesis Co-advisor Assistant Professor Kiranant Ratanathammapan


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



..... Dean of Faculty of Science
(Associate Professor Wanchai Phothiphichitr, Ph.D.)


THESIS COMMITTEE


..... Chairman
(Rattachat Mongkolnavin, Ph.D.)


..... Thesis Advisor
(Boonchoat Paosawatyanong, Ph.D.)


..... Thesis Co-advisor
(Assistant Professor Kiranant Ratanathammapan)


..... Member
(Sojiphong Chatraphorn, Ph.D.)


..... Member
(Thiti Bavornruttanaruk, Ph.D.)

นางสาวอรอนงค์ แซ่มเล็ก : การพัฒนาระบบการตกสะสมไอเชิงเคมีเสริมด้วยพลาสมาที่ความถี่วิทยุ. (DEVELOPMENT OF RADIO FREQUENCY PLASMA ENHANCED CHEMICAL VAPOR DEPOSITION SYSTEM) อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร. บุญโชติ
 เผ่าสวัสดิ์ยรรยง, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กิรณันต์ รัตนธรรมพันธ์ จำนวนหน้า
 84 หน้า. ISBN 974-17-3255-4.

การสังเคราะห์ฟิล์มบางเพื่อนำมาใช้ในงานที่ต่างชนิดกันจะมีเทคนิควิธีต่างกัน โดยฟิล์มบางที่มีคุณภาพดีและเหมาะแก่การนำไปใช้งานต้องเป็นฟิล์มบางที่มีความบริสุทธิ์สูง ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบการตกสะสมไอเชิงเคมีเสริมด้วยพลาสมาที่ความถี่วิทยุ (RF-PECVD SYSTEM) เพราะเป็นระบบที่น่าสนใจเนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้ขั้วไฟฟ้าในกระบวนการสร้างพลาสมา ซึ่งจะทำให้ได้ฟิล์มบางที่มีความบริสุทธิ์ ระบบนี้จะดำเนินการภายใต้ความดันระหว่าง 10^{-3} - 30 torr โดยส่งพลังงานจากเครื่องกำเนิดความถี่วิทยุให้ความถี่ขนาด 13.56 MHz ผ่านวงจรปรับค่าความขัด (impedance matching network) เพื่อทำการปรับค่าความขัด (impedance) ของเครื่องกำเนิดความถี่วิทยุให้เท่ากับภายในระบบที่เกิดกระบวนการแตกตัวของอิออนที่มีการเรืองแสง (glow discharge) ของก๊าซขึ้น แล้วทำให้มีการส่งผ่านพลังงานมายังระบบได้สูงสุด เมื่ออิเล็กตรอนและโมเลกุลของก๊าซที่อยู่ภายในระบบได้รับพลังงานก็จะถูกเร่งให้เคลื่อนที่และชนกัน จนในที่สุดเปลี่ยนสถานะเป็นพลาสมา แล้วทำให้เกิดการเคลือบฟิล์มบางลงบนวัสดุรองรับ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบ RF-PECVD และได้มีการศึกษาระบบที่จัดสร้างขึ้น โดยได้ทำการวัดค่ากระแสและค่าศักย์ของขดลวดเหนี่ยวนำ แล้วนำระบบ RF-PECVD ที่ได้มาทำการเคลือบฟิล์มบางของโพลิอะเซทีลีนจากสารตั้งต้นแก๊สอะเซทีลีน เมื่อสังเคราะห์ฟิล์มได้แล้วได้นำไปตรวจสอบด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีและเครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี

ภาควิชา ฟิสิกส์
 สาขาวิชา ฟิสิกส์
 ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่อนิสิต..... อรอนงค์ แซ่มเล็ก
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4372485023 : MAJOR PHYSICS

KEY WORD: PLASMA / RF-PECVD SYSTEM / GLOW DISCHARGE / FILM DEPOSITION / POLIMERIZATION / POLYACETYLENE

ONANONG CHAMLEK : DEVELOPMENT OF RADIO FREQUENCY PLASMA ENHANCED
CHEMICAL VAPOR DEPOSITION SYSTEM. THESIS ADVISOR : BOONCHOAT

PAOSAWATYANYONG, Ph.D., THESIS COADVISOR : ASST. PROF. KIRANANT

RATANATHAMMAPAN, 84 pp. ISBN 974-17-3255-4.

In this research, Inductively Coupled Planar Coil Radio Frequency Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (RF-PECVD) system has been developed and setup. RF-PECVD system is of interest since it does not require electrode to generate plasma resulting in better film quality growth. RF-PECVD system operate at pressure between 10^{-3} - 30 torr. RF generator is operated at 13.56 MHz. In order to increase the power dissipation into the glow discharge, the energy from RF generator transfer utilizing the impedance matching network. When electrons and gas molecules in the reactor chamber are exposed to the energy, they accelerate and collide. Initially plasma is generated then thin-film coating occurred.

Characteristics of the system are studied, A Rogowski coil and a high voltage capacitive probe were used to measure the current and the voltage of the planar coil respectively. Polyacetylene thin-film coating is advantage of development of RF-PECVD system. Polyacetylene thin-films are prepared from monomer vapor of acetylene. Thin films obtained in this work, are investigated using Infrared (IR) Spectroscopy and Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR).

Department Physics
Field of study Physics
Academic year 2002

Student's signature.....
Advisor's signature.....
Co-advisor's signature.....

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my deep gratitude to my advisor, Dr. Boonchoat Paosawatyanong, and my co-advisor, Assistant Professor Kiranant Ratanathampan, for their help, support and great understanding, which make this thesis to be complete.

Many thanks go to all of my friends, Miss Sujira Promnimit, Miss Sureeporn Suebphan, Miss Kanitta Honglertsakul, Mr. Dusit Ngamrunroj, Mr. Pirut Khumsing, who help this thesis to be complete.

I also would like to thank technicians of Faculty of Science, Chulalongkorn University for help make some parts and equipment used in this reserch.

Special thanks go to Dr. Punya Wuttithiko, who give the best information and is always willing to help.

And finally, to my family, who always support and believe in everything that I do.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

	Page
ABSTRACT (THAI).....	iv
ABSTRACT (ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGEMENT.....	vi
CHAPTER 1	1
INTRODUCTION.....	1
1.1 Background.....	1
1.2 Research objective.....	2
1.3 Thesis organization.....	2
CHAPTER 2.....	3
LITERATURE REVIEW.....	3
2.1 The definition of plasma.....	3
2.2 Radio Frequency Inductively Couple Plasma (RF ICP).....	4
2.3 Characteristics of plasma in ICP system.....	6
2.4 Polyacetylene.....	8
CHAPTER 3.....	10
SYSTEM CONFIGURATION.....	10
3.1 Advantages of RF-PECVD system.....	11
CHAPTER 4.....	16
DESIGNED SYSTEM AND PERFORMANCE.....	16
4.1 System Construction.....	17
4.2 System Evacuation Procedures.....	21
4.3 Vacuum results.....	22
CHAPTER 5.....	24
EXPERIMENTAL SET- UP AND RESULTS.....	24
5.1 Experimental set up.....	24
5.1.1 RF-Generator.....	25
5.1.2 Planar coil.....	25
5.1.3 Matching network.....	29

	page
5.2 Diagnostic and experimental techniques.....	32
5.2.1 Diagnostic system.....	32
5.2.2 Calibration of the Rogowski coil.....	35
5.2.3 Calibration of the high voltage capacitive probe.....	38
5.3 Experimental procedures.....	41
5.4 Results of current and voltage measurement.....	42
CHAPTER 6	
FILM SYNTHESIS AND PRELIMINARY RESULT.....	46
6.1 Film Synthesis.....	46
6.1.1 Synthesis procedures.....	46
6.2 Film Analysis.....	47
6.2.1 Measurements of the thin film.....	49
6.2.2 Results and discussion.....	50
CHAPTER 7	
CONCLUSION AND ADVANTAGES.....	53
7.1 Conclusion.....	53
7.2 Advantages and application of this research.....	54
REFERENCES.....	55
APPENDIX A.....	57
PUMPING SYSTEMS.....	57
APPENDIX B.....	61
DESIGNED SYSTEM.....	61
APPENDIX C.....	69
CALCULATION OF SYSTEM.....	69
APPENDIX D.....	72
LIST OF ACRONYMS.....	72
BIOGRAPHY.....	73

List of Tables

	Page
Table 5.1: The output voltage of Rogowski coil and pearson probe.....	36
Table 5.2: The output voltage of high voltage resistive probe and high voltage capacitive probe.....	39



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

List of Figures

	Page
Figure 2.1: The cylindrical coordinations for the planar coil configuration.....	6
Figure 2.2: Schematic diagram of the RF magnetic field lines near a planar coil.....	7
Figure 3.1: Schematic diagram of the system configuration.....	10
Figure 3.2: Schematic diagram of the small planar coil ICP [6].....	12
Figure 3.3: Schematic diagram of the RPECVD system [14].....	13
Figure 3.4: (a) full spiral coil, (b) truncated spiral coil, (c) complex butterfly coil, and (d) truncated butterfly coil.....	14
Figure 4.1: Showing the Left (A) and Right (B) kind of the chamber, gate valve and matching cage.....	16
Figure 4.2: Picture of the reactor chamber.....	17
Figure 4.3: Diagram of reactor of chamber (in mm unit).....	18
Figure 4.4: Picture of gate valve.....	20
Figure 4.5: A stainless cavity.....	20
Figure 4.6: An aluminum box.....	21
Figure 4.7: Leaking pressure of reactor chamber.....	22
Figure 4.8: Leaking pressure of gate valve.....	23
Figure 5.1: The RF planar coil inductively coupled plasma system.....	24
Figure 5.2: RF Generator.....	25
Figure 5.3: The planar induction coil.....	26
Figure 5.4: Photograph of planar induction coil.....	26
Figure 5.5: Position of the Precision LCR meter for determination of inductance of the planar coil.....	27
Figure 5.6: Graph of X_L versus f for determination of inductance of the planar coil.....	28
Figure 5.7: Photograph of matching cage.....	29
Figure 5.8: Variable vacuum capacitor.....	30
Figure 5.9: Impedance matching network of RF planar coil ICP system.....	31
Figure 5.10: A diagram of Rogowski coil and its equivalent circuit.....	33
Figure 5.11: A diagram of high voltage probe and its equivalent circuit.....	34

	Page
Figure 5.12: Circuit arrangement for calibration Rogowski coil.....	35
Figure 5.13: Graph of V_r versus V_p for calibration Rogowski coil.....	37
Figure 5.14: Circuit arrangement for calibration high voltage capacitive probe.....	38
Figure 5.15: Graph of $V_{resistive}$ versus $V_{capacitive}$ for calibration high voltage capacitive probe.....	40
Figure 5.16: Circuit arrangement for measuring of coil current and coil voltage.....	42
Figure 5.17: Graph coil current versus power at pressure of 0.55 torr.....	42
Figure 5.18: Graph coil voltage versus power at pressure of 0.55 torr.....	43
Figure 5.19: E-mode argon plasma at pressure of 0.55 torr.....	45
Figure 5.20: H-mode argon plasma at pressure of 0.55 torr.....	45
Figure 6.1: Photograph of polyacetylene thin-film.....	47
Figure 6.2: Vibration modes.....	48
Figure 6.3: Group frequencies.....	49
Figure 6.4: The IR spectra of thin-film.....	50
Figure 6.5: The NMR spectra of thin-film.....	51
Figure 6.6: Proton environment structure.....	51