

การพัฒนาอุปกรณ์รับรู้แบบไมโครเอทีอาร์ที่ทำด้วยเพชร



นายอนันต์ จินอนงค์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมี ภาควิชาเคมี

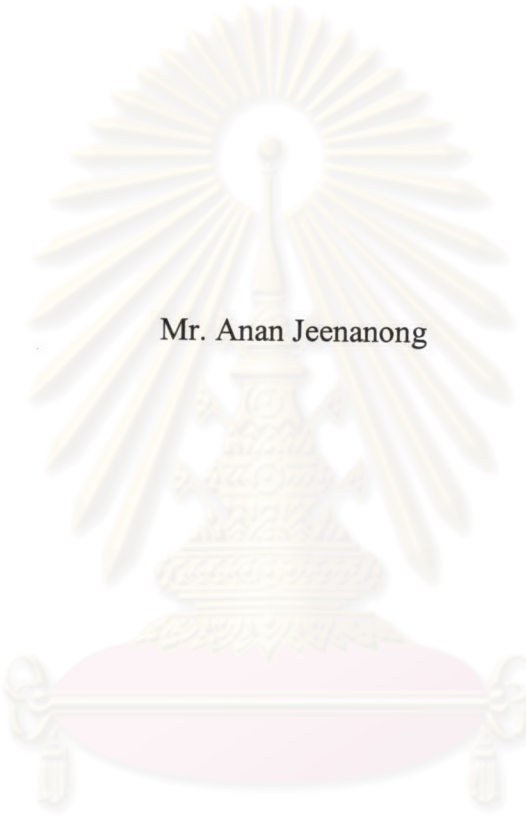
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6480-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF DIAMOND MICRO-ATR SENSOR



Mr. Anan Jeenanong

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Chemistry

Department of Chemistry

Faculty of Science


Chulalongkorn University

Academic Year 2004

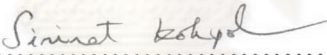
ISBN 974-17-6480-4

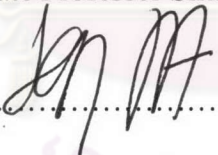
Thesis Title Development of Diamond Micro-ATR Sensor
By Mr. Anan Jeenanong
Field of Study Chemistry
Thesis Advisor Assistant Professor Sanong Ekgasit, Ph.D.
Thesis Co-Advisor Associate Professor Chuchaat Thammacharoen

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


.....Dean of the Faculty Science
(Professor Piamsak Menasveta, Ph.D.)

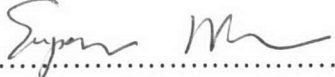
Thesis Committee


.....Chairman
(Associate Professor Sirirat Kokpol, Ph.D.)


.....Thesis Advisor
(Assistant Professor Sanong Ekgasit, Ph.D.)


.....Thesis Co-advisor
(Associate Professor Chuchaat Thammacharoen.)


.....Member
(Associate Professor Supot Hannongbua, Ph.D.)


.....Member
(Associate Professor Supason Wanichweacharungruang, Ph.D.)

อนันต์ จินอนงค์ : การพัฒนาอุปกรณ์รับรู้แบบไมโครเอทีอาร์ที่ทำด้วยเพชร (DEVELOPMENT OF DIAMOND MICRO-ATR SENSOR) อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. สนอง เอกสิทธิ์, อาจารย์ที่ปรึกษา
ร่วม : รศ. ชูชาติ ธรรมเจริญ 57 หน้า. ISBN 974-17-6480-4

อินฟราเรดจากอุปกรณ์รับรู้แบบไมโครเอทีอาร์ที่ทำด้วยเพชร ได้ประดิษฐ์ขึ้น โดยอาศัยเพชรเป็นตัวรับรู้แสงอินฟราเรดจากสารตัวอย่างแทนปริซึมที่ทำจากสารที่ไม่ดูดกลืนแสงในช่วงอินฟราเรดซึ่งเป็นตัวรับรู้แบบเดิม อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถให้ข้อมูลแบบเอทีอาร์ภายใต้การสะท้อนกลับหมดของแสงภายในตัวเพชร เนื่องจากความแข็งและพื้นที่ผิวสัมผัสที่มีขนาดเล็กของเพชร ทำให้อุปกรณ์รับรู้ไมโครเอทีอาร์ที่ทำด้วยเพชรใช้วิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีปัญหาเรื่องการสัมผัสกับปริซึมแบบดั้งเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น สารตัวอย่างที่เป็นของแข็ง, สารตัวอย่างของแข็งที่มีผิวหน้าขรุขระ, फिल्मบางที่เคลือบบนโลหะ และ फिल्मบางที่เคลือบบนวัสดุพอลิเมอร์ นอกจากนี้ขนาดพื้นที่สัมผัสกับสารตัวอย่างของเพชรที่มีขนาดเล็ก ทำให้อุปกรณ์รับรู้แบบไมโครเอทีอาร์วิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีพื้นที่ขนาดเล็กได้ ความโปร่งแสงของเพชร ทำให้เห็นภาพและเลือกตำแหน่งในการวิเคราะห์ที่มีขนาดเล็กได้อย่างแม่นยำ ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์รับรู้แบบไมโครเอทีอาร์ให้ข้อมูลที่เหมือนกับข้อมูลที่ได้จากการใช้ปริซึมแบบเดิมที่เป็นซิงค์เซเลไนต์ การวิเคราะห์ข้อมูลทำได้รวดเร็ว การทำความสะอาด รวมถึงการดูแลรักษา ทำได้ง่าย ค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์รับรู้แบบไมโครเอทีอาร์ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ปริซึมที่เป็นตัวรับรู้เอทีอาร์แบบเดิม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา	เคมี	ลายมือชื่อนิสิต	อนันต์ ^{๒ 6}
สาขาวิชา	เคมี	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	^๖ 
ปีการศึกษา	2547	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	⁶ 

4672483023 : MAJOR CHEMISTRY

KEY WORD: DIAMOND MICRO-ATR, TOTAL INTERNAL REFLECTION,
CONVENTIONAL ATR, SMALL SAMPLING AREA

ANAN JEENANONG: DEVELOPMENT OF DIAMOND MICRO-ATR SENSOR.
THESIS ADVISOR: ASST. PROF. SANONG EKGASIT, Ph.D., CO-ADVISOR:
ASSOC. PROF. CHUCHAAT THAMMACHAROEN 57 pp. ISBN 974-17-6480-4

In this work diamond micro-ATR sensor employed a commercially available gems quality diamond as an IRE for spectral acquisition in the infrared region. By employing the homemade accessory, the ATR spectrum under total internal reflection within the diamond can be collected. Since diamond is the hardest material and having a small sampling area, it can be used for characterization of any hard and rigid samples, rough surface samples, thin film coated on metal, and thin film coated on polymer. Moreover, the small sampling area of diamond micro-ATR sensor can be used to analyze small sample. According to the transparency of diamond, the image of the sample can be visualized while the spectrum of the sample at a specific area can be selectively measured. The observed spectra measured by diamond micro-ATR sensor are similar to those measured by the conventional ATR accessory (i.e., with zinc selenide prism). The spectral acquisition by diamond micro-ATR is fast. It can be easily cleaned. The expenditure for the construction of the diamond micro-ATR sensor is less than that of conventional ATR accessory.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department..... Chemistry..... Student's signature... *อนันต์ เจenanong*
Field of student..... Chemistry..... Advisor's signature... *Sanong Ekgasit*
Academic year..... 2004..... Co-advisor's signature... *Chuchaat Thammacharoen*

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my deep gratitude to people who give me the guidance, help and support to accomplish my study. First of all, I would like to give all gratitude affectionately to my beloved parents for all their love, support and encouragement during the whole period of my study. In particular, their understandings make me strong to overcome any obstacle.

I also would like to express my sincere gratitude to Assistant Professor Dr. Sanong Ekgasit, my advisor, for his multifarious understanding, useful guidance, kind suggestion and encouragement throughout my study, especially patience during the time of this thesis preparation. Gratefully thanks to Associate Professor Sirirat Kokpol, Ph.D., Associate Professor Supot Hannongbua, Ph.D., and Associate Professor Supason Wanichwecharungruang, Ph.D. for their substantial advice as thesis committee.

I would like to thank Associate Professor Chuchaat Thammacharoen, my co-advisor, Miss Pimthong Thongnopkun, and Miss Adchara Padermshoke who recommend the wording of the whole thesis book. Special thanks are extended to all members of the Sensor Research Unit for suggestions and supports throughout this research.

Finally, I gratefully acknowledge the Sensor Research Unit for instrumental support and Mr. Taweesak Janduang who fabricated the homemade accessory for this research.

CONTENTS

	Page
ABSTRACT IN THAI.....	iv
ABSTRACT IN ENGLISH.....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
LIST OF FIGURES.....	xi
LIST OF TABLE.....	xvi
LIST OF ABBREVIATIONS.....	xv
LIST OF SYMBOLS.....	xvi
CHAPTER I INTRODUCTION.....	1
1.1 ATR FT-IR Spectroscopy.....	1
1.2 Limitation in ATR FT-IR Spectroscopy.....	2
1.3 Diamond micro-ATR.....	3
1.4 The objective of this research.....	4
1.5 Scope of this research.....	4
CHAPTER II THEORETICAL BACKGROUND.....	5
2.1 Theory.....	5
2.2 Internal Reflection Elements.....	9
2.3 Spectral Intensity.....	11
2.4 Problem in Optical Contact between Sample and IRE.....	14
2.5 Diamond is one of the internal reflection elements.....	16
2.5.1 Model brilliant cut diamond.....	16
2.5.2 Total Internal reflection in a diamond.....	17
2.5.3 Infrared spectrum of a diamond from total internal reflection condition.....	18
CHAPTER III EXPERIMENTAL.....	21

CONTENTS (Continued)

	Page
3.1 Diamond micro-ATR sensor.....	21
3.1.1 Material and equipment.....	21
3.1.2 Acquisition parameters of FT-IR experiments.....	21
3.2 Efficiency study of the diamond micro-ATR sensor for various types of samples.....	22
3.2.1 Material and equipment.....	22
3.2.2 Methodology for spectral acquisition using diamond micro-ATR sensors.....	23
3.3 Conventional ATR experiment.....	24
3.3.1 Material and equipments.....	24
3.3.2 FT-IR spectrometer condition.....	25
3.3.3 Methodology for spectral acquisition using conventional ATR experiment.....	25
 CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSION.....	 27
4.1 Diamond spectra of diamond micro-ATR sensor.....	27
4.2 ATR spectra of soft polymers.....	28
4.2.1 Flat polyethylene film.....	28
4.2.2 Thick polypropylene film.....	29
4.3 ATR spectra of hard and rigid polymers.....	31
4.3.1 Thick polystyrene piece.....	31
4.3.2 Thick polycarbonate film.....	32
4.4 ATR spectra of thin film polymer on metal.....	34
4.5 ATR spectra of polymer coating on polymer.....	35
4.5.1 Compact disc.....	35
4.5.2 Adhesive tape.....	38
4.6 ATR spectra of small sampling area.....	40

CONTENTS (Continued)

	Page
4.6.1 50 baht bank note on blue region.....	40
4.6.2 50 baht bank note on white region.....	43
4.7 Drawback of the diamond micro-ATR sensor.....	47
CHAPTER V CONCLUSION.....	48
REFERENCES.....	50
APPENDICES.....	52
VITAE.....	57



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

Figure	Page
2.1 Ray tracing under total internal reflection.....	6
2.2 Evanescent wave at the boundary between IRE and sample.....	8
2.3 Selected IRE configurations commonly used in ATR experimental a) Single reflection variable-angle hemispherical or hemicylinder crystal and b) multiple reflection single-pass crystal.....	9
2.4 Depth dependent MSEvF at various angles of incidences. The simulation parameters are $\nu = 1000 \text{ cm}^{-1}$, $n_0 = 4.0$, $n_1 = 1.5$, $k_I = 0$, $\theta = 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ,$ $45^\circ, 50^\circ, 55^\circ, 60^\circ$	13
2.5 Depth dependent MSEvF at various frequencies. The simulation parameters are $n_0 = 4.0$, $n_1 = 1.5$, $k_I = 0$, $\nu = 500, 1000, 1500, 3000 \text{ cm}^{-1}$.	14
2.6 The decay characteristic of the MSEvF at various air gap thicknesses (solid lines) and those under optical contact (broken lines). The simulation parameters are $n_0 = 4.0$, $\theta = 45^\circ$, $\nu = 1000 \text{ cm}^{-1}$, $n_{\text{air}} = 1.0$, n_F $= 1.5$, and the air gap thickness of 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, and 1.0 μm	15
2.7 Popular diamond cuts. The picture shows three different views of the brilliant cut, with 57 facets. a , Crown with 32 facets, plus the large Table facet; b , Side view; and c , pavilion with 16 lower girdle and 8 pavilion facets. If there is a culet facet, the total will be 58 facets.....	16
2.8 An optimum proportion and angles of cut for diamond.....	16
2.9 A correctly proportioned diamond returns almost all the light entering, by total internal reflections. This will result in maximum brilliance as shown at the center. A shallow cut or deep cut leads to leakage of light and loss of brilliance.....	17
2.10 Travel paths of the infrared beam and total internal reflection phenomenon in the faceted diamond of style brilliant cut.....	18

LIST OF FIGURES (continued)

Figure	Page
2.11 Spectrum of a brilliant cut diamond without impurities.....	19
2.12 Spectrum of a brilliant cut diamond with nitrogen impurities of type IaA	20
2.13 Spectrum of a brilliant cut with nitrogen impurities of type IaAB and also with hydrogen impurities.....	20
3.1 Experimental procedure for acquiring optical contact between a polymer and the two tip-types diamond.....	23
3.2 Experiment procedure for acquiring optical contact between a polymer and the ZnSe prism.....	26
4.1 Infrared spectra of diamond micro-ATR sensor: flat tip diamond (A) and sharp tip diamond (B)	28
4.2 ATR spectra of Flat polyethylene film obtained via ZnSe prism (A), flat tip diamond micro-ATR sensor (B), and sharp tip diamond micro-ATR sensor (C)	29
4.3 ATR spectra of thick polypropylene film obtained via ZnSe prism (A), flat tip diamond micro-ATR sensor (B), and sharp tip diamond micro- ATR sensor (C).....	30
4.4 ATR spectra of thick polystyrene obtained via ZnSe prism (A), flat tip diamond micro-ATR sensor (B), and sharp tip diamond micro-ATR sensor (C)	31
4.5 ATR spectra of thick polycarbonate film obtained via ZnSe prism (A), flat tip diamond micro-ATR sensor (B), and sharp tip diamond micro- ATR sensor (C).....	33
4.6 ATR spectra of a soft drink can obtained via ZnSe prism (A), flat tip diamond (B), and sharp tip diamond (C).....	34
4.7 ATR spectra of compact disc (PC) obtained via ZnSe prism (A), flat tip diamond micro-ATR sensor (B), and sharp tip diamond micro-ATR sensor (C).....	36

LIST OF FIGURES (continued)

Figure	Page
4.8 ATR spectra of PC in the spectral range of 3250-2550 cm^{-1} obtained via ZnSe prism, flat tip diamond micro-ATR sensor, and sharp tip diamond micro-ATR sensor.....	37
4.9 ATR spectra of PC in the spectral range of 2200-1250 cm^{-1} obtained via ZnSe prism, flat tip diamond micro-ATR sensor, and sharp tip diamond micro-ATR sensor	37
4.10 ATR spectra of PC with spectral range of 1000-700 cm^{-1} obtained via ZnSe prism, flat tip diamond micro-ATR sensor, and sharp tip diamond micro-ATR sensor	38
4.11 ATR spectra of adhesive tape obtained via ZnSe prism (A), flat tip diamond micro-ATR sensor (B), and sharp tip diamond micro-ATR sensor (C).....	39
4.12 ATR spectra of 50 baht bank note on blue color area obtained via ZnSe prism (A), flat tip diamond micro-ATR sensor (B), and sharp tip diamond micro-ATR sensor (C).....	41
4.13 ATR spectra of 50 baht bank note on blue color area in the spectral range of 3050-2750 cm^{-1} obtained via ZnSe prism, flat tip diamond micro-ATR sensor, and sharp tip diamond micro-ATR sensor.....	42
4.14 ATR spectra of 50 baht bank note on blue color area in the spectral range of 1760-1400 cm^{-1} obtained via ZnSe prism, flat tip diamond micro-ATR sensor, and sharp tip diamond micro-ATR sensor	42
4.15 ATR spectra of 50 baht bank note on blue color area in the spectral range of 1070-650 cm^{-1} obtained via ZnSe prism, flat tip diamond micro-ATR sensor, and sharp tip diamond micro-ATR sensor	43
4.16 ATR spectra of 50 baht bank note on white color area obtained via ZnSe prism (A), flat tip diamond micro-ATR sensor (B), and sharp tip diamond micro-ATR sensor (C).....	44

LIST OF FIGURES (continued)

Figure	Page
4.17 ATR spectra of 50 baht bank note on white color area in the spectral range of 3050-2750 cm^{-1} obtained via ZnSe prism, flat tip diamond micro-ATR sensor, and sharp tip diamond micro-ATR sensor	45
4.18 ATR spectra of 50 baht bank note on white color area in the spectral range of 1760-1400 cm^{-1} are obtained via ZnSe prism, flat tip diamond micro-ATR sensor, and sharp tip diamond micro-ATR sensor	45
4.19 ATR spectra of 50 baht bank note on white color area in the spectral range of 1070-650 cm^{-1} obtained via ZnSe prism, flat tip diamond micro-ATR sensor, and sharp tip diamond micro-ATR sensor	46


 ศูนย์วิจัยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLE

Table	Page
2.1 Optical constant and transmission regions of IRE materials.....	10



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF ABBREVIATIONS

ATR	: attenuated total internal reflection
FT-IR	: fourier transform infrared spectroscopy
d_p	: penetration depth
MSEF	: mean square electric field
MSEvF	: mean square evanescent field
IRE	: internal reflection element
ZnSe	: zinc selenide
Ge	: germanium
Si	: silicon
KRS-5	: thallium iodide/bromide
MCT	: mercury-cadmium-telluride
KBr	: potassium bromide
PE	: poly(ethylene)
PP	: poly(propylene)
PS	: poly(styrene)
PC	: poly(carbonate)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF SYMBOLS

θ	: angle of vector
θ_c	: critical angle
ν	: wavenumber
μ	: micro



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย