

การเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนผ่านฟิล์มบาง



นายยุทธ แม่นพิมพ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำรงหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

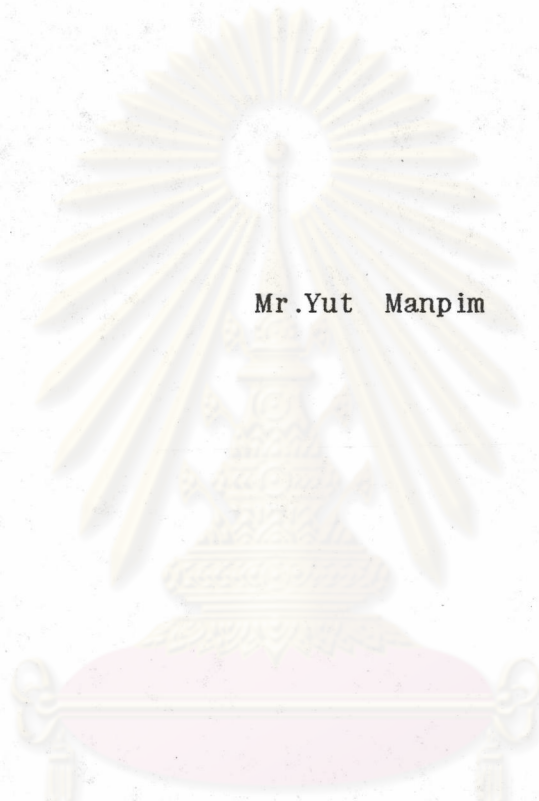
พ.ศ. 2533

ISBN 974-577-789-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016410 i 10307023

ELECTRON DIFFRACTION THROUGH THIN FILMS



Mr. Yut Manpim

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

Department of Physics  
Graduate School

Chulalongkorn University


1990

ISBN 974-577-789-7


หัวข้อวิทยานิพนธ์      การเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนผ่านฟิล์มบาง  
โดย                              นายยุทธ      แฉ่นพิมพ์  
ภาควิชา                              ฟิสิกส์  
อาจารย์ที่ปรึกษา      รองศาสตราจารย์ ดร.ภียโย ปันยารชุน




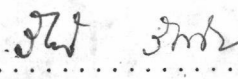
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

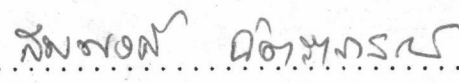
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วิชาภิช )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
( ศาสตราจารย์ วิชัย หโยดม )

.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
( รองศาสตราจารย์ ดร. ภียโย ปันยารชุน )

.....กรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ดร. รัชณี รักรวีธรรม )

.....กรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมพงศ์ นิตราภรณ์ )



ยุทธ แม้นพิมพ์ : การเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนผ่านฟิล์มบาง (ELECTRON DIFFRACTION THROUGH THIN FILMS) อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร. กิโย บันยารุณ, 89 หน้า  
ISBN 974-577-789-7

ได้สร้างเครื่องมือสาธิตการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนผ่านแผ่นทองคำเปลว โดยใช้ปืนอิเล็กตรอนจากหลอดภาพโทรทัศน์ขาว-ดำ เมื่อเร่งอิเล็กตรอนให้มีพลังงานจลน์สูงสุด 17.6 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ สามารถเห็นภาพการเลี้ยวเบน เป็นวงสว่าง 2 วง มีจุดศูนย์กลางร่วมกับลำของอิเล็กตรอนที่ไม่ได้หักเหจนจอภาพผ่านแผ่นทองคำเปลว ภาพการเลี้ยวเบนจากเครื่องมือที่สร้างขึ้นสามารถเห็นได้ชัดเจนในระยะประมาณ 5 ฟุต ในห้องมืด



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา .....  
สาขาวิชา .....  
ปีการศึกษา 2532 .....

ลายมือชื่อนิติ .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
*est* *วิเศษ*



YUT MANPIM : ELECTRON DIFFRACTION THROUGH THIN FILMS  
THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. BHIYAYO PANYARJUN, Ph.D.  
ISBN 974-577-789-7

An apparatus for demonstrating electron diffraction through a thin film of gold has been constructed using the electron gun from a black and white television tube. At 17.6 keV electron energy, a pattern of concentric diffraction rings around the undiffracted electron beam can be located on the screen of the vacuum tube after passing through a thin film of gold. The two intense rings can be clearly observed at a distance of five feet in a dark room.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... ฟิสิกส์  
สาขาวิชา ..... ฟิสิกส์  
ปีการศึกษา ..... 2532

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... *Assoc. Prof. Bhiyayo Panyarjun*



ณ

### กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เพราะได้รับความแนะนำจาก รศ. ดร. ภัยโย  
ปิ่นيارชุน ซึ่งเป็นทั้งผู้ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ และดำเนินชีวิตเป็นแบบอย่าง  
ชี้ให้ข้าพเจ้าเห็นชัดถึงการใช้ธรรมในการดำเนินชีวิตและการทำงาน ข้าพเจ้าขอกราบ  
ขอบพระคุณสูงสุดไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เคารพอย่างสูงสุดของลูก ที่คอยห่วงใยและ  
คอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณ คุณสุชาติта แม่นพิมพ์ ผู้ให้การอุดหนุนด้านค่าใช้จ่ายระหว่างการศึกษา  
ตลอดจนคอยกล่าวว้าจาให้กำลังใจในยามที่เหนื่อย ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบคุณ คุณมนตรี สุขदानนท์ ร.ต.ต. วิวัฒน์ สิทธิสรเดช ที่ช่วย  
เหลือด้านการพิมพ์ และตรวจทานต้นฉบับ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือทางด้านการจัดพิมพ์และแก้ไข  
จนเรียบร้อยสมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ญ
สารบัญรูป .....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาของเครื่องแสดงการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอน ..	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	2
1.3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	3
1.4 ทฤษฎีที่สำคัญ .....	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย .....	6
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับงานวิจัย .....	7
2.1 การปล่อยอิเล็กตรอนจากโลหะ .....	7
2.1.1 อิเล็กตรอนในตัวนำ .....	7
2.1.2 พลังงานที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากผิวโลหะ .....	9
2.1.3 การปล่อยอิเล็กตรอนออกมาจากโลหะร้อน .....	10
2.2 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ..	14
2.3 เลนส์อิเล็กตรอนในเชิงทัศนศาสตร์ .....	15
2.4 โครงสร้างของผลึกสาร .....	24
2.5 ระบบการเรียกชื่อระนาบของผลึก .....	27
2.6 การเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนผ่านฟิล์มบาง .....	29
2.6.1 ความยาวคลื่นของอิเล็กตรอน .....	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.2 กฎของแบร็ก .....	31
2.6.3 การหาความยาวคลื่นจากภาพการเลี้ยวเบนของ อิเล็กตรอนผ่านฟิล์มบาง .....	32
2.7 การเรืองแสงของจอภาพ .....	38
บทที่ 3 การสร้างเครื่องมือและวิธีการทดลอง .....	41
3.1 ปืนอิเล็กตรอน .....	42
3.1.1 ไตรโอด .....	44
3.1.2 เลนส์ที่สอง .....	45
3.1.3 เลนส์ที่สาม .....	45
3.2 ส่วนท่อลําอิเล็กตรอน .....	47
3.3 ฟิล์มบาง .....	50
3.4 จอภาพ .....	53
3.5 แหล่งจ่ายไฟ .....	55
3.6 ระบบสุญญากาศ .....	58
3.6.1 บีมกลโรตารีแบบเวน .....	58
3.6.2 บีมไอฟุ้งกระจาย .....	60
3.7 วิธีการทดลอง .....	63
บทที่ 4 ผลการทดลองและสรุป .....	65
4.1 ผลการทดลองการวัดกระแสของอิเล็กตรอนที่ปล่อยจากแคโทด .....	65
4.1.1 ความสัมพันธ์ของกระแสอิเล็กตรอนที่ปล่อยจาก แคโทดกับศักย์ไฟฟ้าของไส้หลอด .....	65
4.1.2 ความสัมพันธ์ของกระแสอิเล็กตรอนที่ปล่อยจากแคโทด กับศักย์ไฟฟ้าของแคโทด .....	67



4.1.3	ความสัมพันธ์ของกระแสอิเล็กทรอนิกส์ที่ปล่อยจาก แคโทดกับศักย์ไฟฟ้าของกริด .....	68
4.2	ผลการทดลองจากภาพการเลี้ยวเบน .....	72
4.2.1	การวิเคราะห์หาระนาบของผลึกของทองที่ทำให้ เกิดการเลี้ยวเบน .....	72
4.2.2	การหาความยาวคลื่นจากภาพการเลี้ยวเบน .....	74
4.3	สรุปผลการทดลอง เสนอแนะและปัญหา .....	75
	เอกสารอ้างอิง .....	78
	ภาคผนวก .....	80
	ประวัติผู้เขียน .....	89

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงค่าพลังงานเฉลี่ยของเวอรัคฟังก์ชันของโลหะชนิดต่างๆ .....	10
2.2 แสดงค่า A และ W ที่ใช้ในสมการริชาร์ดสัน - คับแมน ของแคโทดชนิดต่างๆ .....	11
2.3 แสดงสมบัติของการปล่อยอิเล็กตรอนของแคโทดชนิดต่างๆ .....	13
2.4 แสดงสมบัติเฉพาะของแลตทิซ 3 มิติ 14 แบบ .....	25
2.5 แสดงลักษณะเฉพาะของแลตทิซแบบคิวบิก .....	27
2.6 แสดงค่า a ของผลึกแบบคิวบิกของธาตุและสารประกอบบางชนิด .....	36
2.7 แสดงระนาบที่เกิดจากการเลี้ยวเบนของแลตทิซ แบบเฟซ - เซนเตอร์คิวบิก .....	37
2.8 แสดงสมบัติที่สำคัญของสารเรืองแสงบางชนิด .....	40
3.1 แสดงศักย์ไฟฟ้าที่ให้กับขั้วไฟฟ้าต่างๆในนิอิเล็กตรอน .....	47
4.1 แสดงความสัมพันธ์ของกระแสอิเล็กตรอนที่ปล่อยออกจากแคโทด กับศักย์ไฟฟ้าของไส้หลอด .....	66
4.2 แสดงความสัมพันธ์ของกระแสอิเล็กตรอนที่ปล่อยออกจากแคโทด กับศักย์ไฟฟ้าที่ให้กับแคโทด .....	67
4.3 แสดงความสัมพันธ์ของกระแสอิเล็กตรอนที่ปล่อยออกจากแคโทด กับศักย์ไฟฟ้าที่ให้กับกริด .....	68

รูปที่	หน้า
1.1 ก.ภาพแสดงลักษณะการเลี้ยวเบนเมื่อผ่านฟิล์มบาง .....	5
ข.ภาพแสดงลักษณะของผลึกรูปลูกบาศก์ .....	5
2.1 โครงสร้างการจัดเรียงอะตอมในผลึกของโลหะ 3 แบบ .....	8
ก.แบบบอดี-เซนเตอร์คิวบิก .....	8
ข.แบบเฟซ-เซนเตอร์คิวบิก .....	8
ค.แบบเฮกซะโกนอล .....	8
2.2 แสดงพลังงานศักย์ของอิเล็กตรอนในอะตอมเทียบกับระยะห่างจาก นิวเคลียสของอะตอมในสภาวะโคจรเดี่ยว .....	9
2.3 แสดงพลังงานศักย์ของอิเล็กตรอนในระบบผลึก .....	9
2.4 แสดงการทำให้โลหะร้อนโดยตรง และสัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้า .....	13
2.5 แสดงการทำให้โลหะร้อนโดยทางอ้อม และสัญลักษณ์ ในวงจรไฟฟ้า .....	14
2.6 แสดงลักษณะทางเดินของอิเล็กตรอนเมื่อผ่านเลนส์บาง .....	18
2.7 ก. แสดงลักษณะของเลนส์แบบขั้วไฟฟ้ารูปโคอะแกรมเดี่ยว .....	20
ข. กราฟแสดงค่า $V$ , $V'$ และ $V''$ เทียบกับระยะทางตามแกน $z$ ในกรณี $E_2 > E_1$ .....	20
2.8 ก. แสดงลักษณะของเลนส์แบบขั้วไฟฟ้าทรงกระบอก .....	21
ข. กราฟแสดงค่า $V$ , $V'$ และ $V''$ กับระยะทางตามแกน $z$ .....	21
2.9 ก. แสดงลักษณะของเลนส์แบบขั้วไฟฟ้าสมมาตร .....	23
ข. กราฟแสดงลักษณะของค่า $V$ , $V'$ และ $V''$ กับระยะทาง ตามแกน $z$ .....	23

รูปที่	หน้า
2.10 แสดงเวกเตอร์แกนผลึกและมุมระหว่างเวกเตอร์ทั้งสาม .....	24
2.11 แสดงรูปทรงเรขาคณิต 3 มิติของแลตทิซ 14 แบบ .....	26
2.12 แสดงจุดตัดของระนาบบนแกนทั้งสามของระนาบ (233) .....	28
2.13 แสดงระนาบที่สำคัญของระบบผลึกแบบคิวบิก .....	29
2.14 แสดงการสะท้อนของคลื่นบนระนาบของอะตอมในผลึก .....	31
2.15 ก. แสดงภาพการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนผ่านฟิล์มบาง .....	33
ข. แสดงมุมที่รังสีตกกระทบกระทำกับระนาบของผลึก .....	33
2.16 แสดงค่า $a$ ของแลตทิซแบบเพช-เซนเตอร์คิวบิก .....	35
2.17 แสดงการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในสารเรืองแสง .....	38
3.1 แสดงส่วนประกอบและลักษณะการติดตั้งเครื่องมือ .....	41
3.2 แสดงลักษณะและส่วนประกอบของปืนอิเล็กตรอนของ หลอดภาพโทรทัศน์ขาว-ดำ .....	42
3.3 แสดงแนวทางเดินของอิเล็กตรอนภายในปืนอิเล็กตรอน .....	43
3.4 แสดงส่วนประกอบของไดรไอโอด .....	44
3.5 แสดงลักษณะการติดตั้งท่อล้าอิเล็กตรอนเข้ากับระบบ .....	48
3.6 แสดงลักษณะหน้าแปลนทองเหลือง A และ B และการติดตั้ง ฟิล์มบางไว้ภายในเมื่อมองจากด้านข้าง(ก) .....	49
และมองจากด้านหลัง(ข) .....	49
3.7 ก. แสดงลักษณะและขนาดของโครงไมกา .....	50
ข. แสดงลักษณะของการติดตั้งแผ่นทองบนโครงไมกา .....	50
3.8 แสดงการระเหยของสารภายใต้สุญญากาศ .....	51
3.9 แสดงลักษณะและขนาดของตะแกรงกริด .....	52

รูปที่	หน้า
3.10 แสดงลักษณะและขนาดของจอภาพ .....	53
3.11 แสดงขั้นตอนการฉายสารเรืองแสงในจอภาพ .....	54
3.12 แสดงลักษณะการทำงานของแหล่งจ่ายไฟในป็นอิเล็กทรอนิกส์ .....	57
3.13 แสดงการทำงานของปั๊มกลโรตารี .....	58
3.14 แสดงลักษณะและส่วนประกอบของปั๊มไอพุ้งกระจาย .....	61
4.1 แสดงการต่อ ไมโครแอมมิเตอร์ เข้ากับป็นอิเล็กทรอนิกส์ .....	66
4.2 แสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าของอิเล็กทรอนิกส์ที่ปล่อยจาก แคโทดกับศักย์ไฟฟ้าของไส้หลอด ที่ได้จากราย 4.1 .....	69
4.3 แสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าของอิเล็กทรอนิกส์ที่ปล่อยจาก แคโทดกับศักย์ไฟฟ้าที่ให้กับแคโทด ที่ได้จากราย 4.2 .....	70
4.4 แสดงความสัมพันธ์ของกระแสอิเล็กทรอนิกส์ที่ปล่อยจากแคโทดกับศักย์ ไฟฟ้าที่ให้กับกริด ที่ได้จากราย 4.3 .....	71
4.5 แสดงการเปรียบเทียบรัศมีวงสว่างของภาพการเลี้ยวเบน โดยเปรียบเทียบผลการทดลองกับทฤษฎี .....	73
4.6 แสดงภาพถ่ายการเลี้ยวเบนของอิเล็กทรอนิกส์จากจอภาพ .....	74