

ศึกษาการ เรืองรังสีเอกซ์โดยกระบวนค้ำยหลอดรังสีเอกซ์



นายวิชา ชิตกระการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชา นิเวศลิษฐ์เทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2521

001036

115824781

A STUDY OF X-RAY FLUORESCENCE BY X-RAY TUBE EXCITATION .

MR. TWAT CHITTRAKARN

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

Department of Nuclear Technology

Graduate School

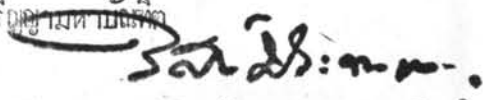
Chulalongkorn University

1978

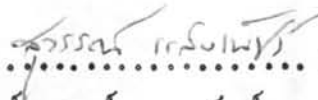
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ศึกษาการเรืองรังสีเอกซ์โดยกระตุ้นด้วยหลอดรังสีเอกซ์

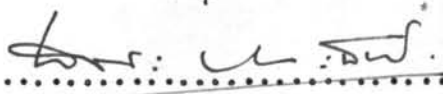
โดย นาย ธวัช ชิตตระการ  
แผนกวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี  
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ปรีชา การสุทธิ

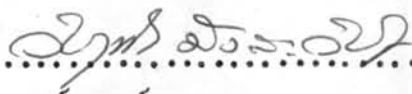
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้มหาวิทยาลัยแห่งนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของ การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

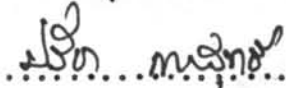
  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร.วิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์ สุวรรณ แสงเพชร)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัฒนา ภูวะนันท์)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ปรีชา การสุทธิ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์    ศึกษาการ เรืองรังสีเอกซ์โดยกระตุ่นด้วยหลอดรังสีเอกซ์  
 ชื่อ นิสิต            นาย ชวิช ชิตกระการ  
 อาจารย์ที่ปรึกษา    อาจารย์ ปรีชา การสุทธิ  
 แผนกวิชา            นิวเคลียร์เทคโนโลยี  
 ปีการศึกษา           2520



บทคัดย่อ

ศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ พร้อมกับประกอบเป็นเครื่องมือ เพื่อใช้วิเคราะห์ธาตุ โดยวิธีการ เรืองรังสีเอกซ์ด้วยระบบการกระจายพลังงาน (energy dispersive) โดยกระตุ่นสารตัวอย่างด้วยรังสีเอกซ์จากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ กรวจวัดรังสีที่เรืองออกมาจากสารตัวอย่าง ด้วยหัววัดรังสีแบบพรอพอร์ชันเนล (proportional counter) ที่บรรจุด้วยกาซอาร์กอน ( $Ar$ ) และ วิเคราะห์ร่วมกับเครื่องแยกวัดพลังงาน 1024 ช่อง จากการทดลองพบว่าจะต้องใช้แผ่นกรองรังสี และท่อบีบลำรังสีเอกซ์ (collimator) ไปยังสารตัวอย่าง และใช้ท่อบีบลำรังสีเอกซ์ จากสารตัวอย่าง ไปยังหัววัดรังสีด้วย พร้อมทั้งนี้ยังได้ทดลองหาขนาด และความยาวของท่อบีบรังสี ระหว่างหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์กับสารตัวอย่าง กับแนวรังสีจากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ด้วย เพื่อให้เครื่องวัดมีประสิทธิภาพสูงสุด

ขอบเขตการทำงานของเครื่องวัดนี้ ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ พบว่าจะสามารถวิเคราะห์ธาตุที่ให้พลังงานรังสีเอกซ์เฉพาะตัว ในช่วง 3-10 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (keV) ทั้งจากรังสี เค อัลฟา ( $K_{\alpha}$ ) และรังสีแอล อัลฟา ( $L_{\alpha}$ ) ด้วย ส่วนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ สามารถวิเคราะห์ เหล็ก ทองแดง แมงกานีส ได้ที่ความหนาแน่น 7.50, 16.00 และ 17.00 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ( $\mu g/cm^2$ ) ตามลำดับ

Thesis Title A STUDY OF X-RAY FLUORESCENCE BY X-RAY TUBE EXCITATION

Name MR. T.W.T CHITTRAGORN

Thesis Adviser MR. PRICHA KARASUDDHI

Department Nuclear Technology

Academic Year 1977

#### ABSTRACT

The objective of the study is to design and construct an X - ray fluorescence device and investigate its capacity for analysing elements. In analyzing this, energy dispersive X - ray fluorescence method using X - ray tube as primary X - ray source is used. Fluorescence X - rays excited from the samples were detected and analysed by a proportional detector filled with argon gas and a 1024 channels multichannel analyzer. It was found necessary to use a collimator and filter between the X - ray tube and the sample, and another collimator must be inserted between the sample and the detector. The suitable collimator size and geometry of the detector, source and the sample were investigated.

The sensitivity range of the system for the qualitative analysis purpose covers elements having the characteristic X - ray energy of  $K_{\alpha}$  and  $L_{\alpha}$  of 3 - 10 keV. In the quantitative analysis, the system was used to analyze iron, copper and manganese satisfactory at the density concentration of 7.50, 16.00 and 17.00 microgram per square centimeter ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) respectively.



## กิติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือทั้งทางด้านการวิชาการ และเทคนิคในการทดลองจาก อาจารย์ ปรีชา การสุทธิ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ทั้งยังได้กรุณาตรวจทาน และแก้ไข จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี และอีกท่านหนึ่งที่คุณเขียนจะลืมมิได้คือ ศาสตราจารย์ สุวรรณ แสงเพชร หัวหน้าแผนกวิชานิเทศศาสตร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ติดตามผลการทดลองอย่างใกล้ชิด พร้อมกับเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหาโดยตลอดเช่นเดียวกัน ซึ่งคุณเขียนขอกราบขอบพระคุณท่านทั้งสองมา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้คุณเขียนขอขอบคุณแผนกวิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ได้อนุญาต และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้เงินอุดหนุนช่วยเหลือ ในการจัดซื้ออุปกรณ์บางอย่าง

สุดท้ายนี้คุณเขียนขอขอบคุณ อาจารย์ วิรุทธิ์ มังกละวิรัช ที่ได้ช่วยแก้ไขและแนะนำการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์, คุณวัลลภ บุญคง, คุณสมพร จองกำ, อาจารย์ภาณี เสรีวัลย์สถิตย์ และคุณสมศักดิ์ ศิลปภาพร ที่ได้มีส่วนช่วยให้งานวิจัยในครั้งนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
รายการตารางประกอบ .....	ญ
รายการภาพประกอบ .....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ และขอบเขตการวิจัย .....	2
1.3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	2
1.4 สารวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง .....	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย .....	3
1.6 นิยามของคำที่ใช้เป็นภาษาเทคนิค .....	3
2. หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์และรังสีเอกซ์ .....	5
2.1 หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ .....	5
2.2 ขบวนการเกิดรังสีเอกซ์ต่อเนื่องและรังสีเอกซ์เฉพาะแก้ว .....	8
2.3 ความยาวคลื่นค่าสุด .....	10
2.4 ผลของกระแส, ศักย์ และเป้าของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ .....	11
2.5 ประสิทธิภาพของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ .....	13
2.6 ทิวกรองรังสี .....	14
2.7 การคุกกลืนรังสี .....	15
3. ทฤษฎีการเรืองรังสีเอกซ์ .....	20
3.1 การเรืองรังสีเอกซ์ .....	20



บทที่	หน้า
3.2 กฎของโมสเลย์และการจัดเรียงอย่างเป็นระบบ .....	26
3.3 ผลของไอเจ .....	26
3.4 Fluorescent Yield (W) .....	27
3.5 การกระตุ้นสารตัวอย่าง .....	30
3.6 สารตัวอย่างแบบบาง .....	32
3.7 สารตัวอย่างแบบหนา .....	34
4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง .....	36
4.1 ทนกำเนิครังสี .....	36
4.2 เครื่องวัดรังสีเอกซ์ .....	37
4.3 เครื่องมือที่เพิ่มเติมจากการออกแบบ .....	42
4.4 เครื่องวัดรังสีเอกซ์ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ .....	42
5. วิธีทำและผลการทดลอง .....	45
5.1 การออกแบบเพื่อความคมหน้าต่างเปิดปิดลำรังสีเอกซ์ใหม่ .....	45
5.2 ศึกษาทิศทางของลำรังสีเอกซ์ที่พุ่งออกมาจากหน้าต่าง .....	45
5.3 การจัดตั้งเครื่องมือ .....	46
5.3.1 ศึกษาและประกอบหัววัดรังสีเอกซ์กับเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ. ....	46
5.3.2 การวางด้วยสารตัวอย่าง .....	47
5.3.3 ทอบีบรังสีเอกซ์ .....	47
5.3.4 การหาระยะที่เหมาะสมระหว่างหลอดกำเนิดรังสีกับตัวสาร ตัวอย่าง และระหว่างตัวสารตัวอย่างกับหัววัดรังสี .....	48
5.3.5 การประกอบเครื่องมือเป็นชุดสำเร็จ .....	54
5.4 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ .....	57
5.4.1 การเลือก kV ของหลอด .....	57
5.4.2 การเลือก mA ของหลอด .....	57
5.4.3 การเลือกใช้ตัวกรองรังสี .....	58



5.4.4 การเตรียมสารตัวอย่าง .....	58
5.4.5 การทำเส้นเทียบปรับ .....	58
5.4.6 เทคนิคในการวิเคราะห์ .....	59
5.5 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ .....	64
5.5.1 การหาความหนาวิกฤต .....	64
5.5.2 การเตรียมสารมาตรฐาน .....	64
5.5.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสารตัวอย่างและ ความเข้มข้นรังสี .....	67
5.5.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์เชิงปริมาณ .....	70
5.5.5 การทำโนโมแกรม .....	72
5.6 ข้อจำกัดในการวัด .....	75
6. การคำนวณ .....	80
6.1 การหาความสามารถในการแยกวัดของงานของตัววัดรังสีแบบพรอทอนอันเนล... ..	80
6.2 การหาจำนวนนับของพีคหรือคำนวณหาพื้นที่ของสเปกตรัม .....	81
6.3 การคำนวณหาปริมาณธาตุ .....	82
6.4 สถิติที่ใช้ในการทดลอง .....	82
6.5 Method of Least Squares .....	83
6.6 การหาความสัมพันธ์ของตัวแปร x และ y .....	85
7. สรุป วิจัยผลและข้อเสนอแนะ .....	90
7.1 ส่วนประกอบของเครื่องมือที่ได้ศึกษา และออกแบบ .....	90
7.2 ขอบเขตที่น่าสนใจจากการศึกษาทั่ว ๆ ไป .....	90
7.3 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ .....	91
7.4 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ .....	92
บรรณานุกรม .....	95
ภาคผนวก .....	97
ประวัติการศึกษา .....	98

## รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
2-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานเอฟเฟกต์ที่พิกัดค่า H.V.I	.....18
3-1 แสดงภาวะต่าง ๆ ของอิเล็กตรอน	..... 25
3-2 Fluorescent Yields ในอนุกรมเค	..... 29
4-1 แสดงชนิดของต้นกำเนิดรังสีไอโซโทป	..... 38
5.1.1-5.1.2 แสดงข้อมูลที่ได้จากการแปรระยะระหว่างหลอดกำเนิดรังสีและ สารตัวอย่าง กับระยะระหว่างสารตัวอย่างกับหัววัดรังสี	..... 49
5-3 แสดงการตรวจสอบเครื่องมือที่ประกอบขึ้นใหม่	..... 54
5-4 แสดงข้อมูลในการทำเส้นเทียบปริมาณมาตรฐาน	..... 59
5-5 แสดงการหาความหนาวิกฤต	..... 65
5-6 แสดงการหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น และความเข้ม รังสี(I)	..... 67
5-7 แสดงผลการวิเคราะห์สารตัวอย่างโดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ กับ เครื่องที่ พอส. และที่ประกอบขึ้นมา	..... 73
5-8 แสดงข้อมูลการแปรความเข้มข้นของเหล็กและทองแดงในการทำไนโมแกรม	74
5-9 แสดงความสัมพันธ์ของความหนาแน่น ( $g/cm^2$ ) และความเข้ม (I) ในการหาขีดจำกัดของการวัด	..... 77
5-10 แสดงขีดจำกัดในการวัดของเครื่องวัดของธาตุต่าง ๆ	..... 79

รายการภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ในปัจจุบัน .....	6
2.2 แสดงวงจรของเครื่องที่ใช้ควบคุมหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ .....	7
2.3 แสดงสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ต่อเนื่อง เมื่อใช้เป้าที่หนามาก โดยเป็น ผลรวมอันเนื่องมาจากเป้าที่บางแต่ละชั้นรวมกัน .....	9
2.4 แสดงผลของกระแส, ศักย์และ เลขอะตอมของเป้า สัมพันธ์กับ ความเข้มของสเปกตรัมต่อเนื่อง .....	12
2.5 แสดงลำรังสีปฐมภูมิกับการใช้ตัวกรองแบบ enhancement .....	16
2.6 แสดงการวางตัวสำหรับการดูดกลืนรังสีเอกซ์ .....	16
2.7 แสดงโคอะแกรมของกฎระยะทางกำลังสองผกผัน .....	19
3.1 แสดงการเปลี่ยนชั้นของอิเล็กตรอนที่ติดตามมาหลังจากอิเล็กตรอน ในชั้น K เกิดว่างลง .....	20
3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานวิกฤตกับเคแอมเบอร์พรีนเอคจ์ของนิเกิล..	21
3.3 แสดงแอมเบอร์พรีนเอคจ์ของธาตุนิโคเบียม และทองแดง .....	23
3.4 แสดงแผนภาพพระคัมภ์พลังงานของเอกซ์เรย์อนุกรมต่าง ๆ .....	24
3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ และ เลขอะตอมตามกฎของโมสเลย์ ....	27
3.6 แสดงผลการเกิดโอเจ .....	28
3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Fluorescent Yield ของ K และ L กับอะตอมของธาตุ .....	30
3.8 แสดงการจักษวางตัวของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์, สารตัวอย่าง และ หัววัดรังสี .....	31
3.9 แสดงความเข้มของรังสีเอกซ์เรียงเมื่อใช้สารตัวอย่างหนาวิกฤต .....	35
4.1 หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ผลิตโดย RICH SEIFERT & CO RONTGENWERK...	36
4.2 แสดงการจักษวางเครื่องมือในการวัด .....	38
4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Gas - Amplification Factor กับ	

applied potential สำหรับหัววัดรังสีชนิดที่บรรจุควยกาช .....	39
4.4 แสดงกระบวนการทำงานอย่างละเอียดของหัววัดรังสีเอกซ์ที่บรรจุควยกาชอารกอน .....	40
5.1 แสดงเรื่องที่น่าประหลาดจากเรื่องแสงเนื่องจากรังสีเอกซ์ .....	45
5.2 แสดงทิศทางของลำรังสีเอกซ์ที่ออกจากหน้าต่าง .....	46
5.3 กราฟแสดงผลของความเข้มที่เมื่อการเลี้ยว และการบิดเบือนของสเปกตรัม .....	52
5.4 แสดงการจัดวางท่อบีบรังสี, ถ้วยวางสารตัวอย่าง และหัววัดรังสี .....	56
5.5 แสดงการจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด .....	56
5.6 กราฟแสดงตำแหน่งสเปกตรัมของธาตุบริสุทธิ์ต่าง ๆ ในการทำเส้นเทียบปรับ .....	60
5.7 เส้นกราฟเทียบปรับมาตรฐาน .....	61
5.8 แสดงการเลือกตำแหน่งพีคของธาตุที่ถูกคอง .....	63
5.9 กราฟ A แสดงสเปกตรัมของธาตุที่มีการซ้อนกัน .....	63
B เมื่อลบสเปกตรัมของธาตุหนึ่งออกเหลือสเปกตรัมที่ซ้อนอยู่ ....	63
5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนา สารตัวอย่าง และความเข้มรังสี .....	66
5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ $L_{\alpha}W$ กับ % $WO_3$ เมื่อมี $SiO_2$ และ $Fe_2O_3$ เป็น matrix .....	69
5.12 A เป็นการแสดงสเปกตรัมของสารตัวอย่างเฉพาะเหล็กและสังกะสี และเมื่อลบพีคของเหล็กออกแล้วตามรูป B เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องที่ประกอบขึ้นใหม่ ตามรูป C แสดงสเปกตรัมของสารตัวอย่างจากเครื่องที่ พลส. ....	71
5.13 กราฟแสดงไนโมแกรม .....	76
5.14 กราฟแสดงการหาขีดจำกัดของภาวักธาตุ Fe, Cu และ Mn ...	78

6.1 แสงฟลักซ์ของสเปกตรัมที่ได้อากการวัดรังสี ..... 81

7.1 รูปแสดงการจัดอุปกรณ์แบบใหม่ ..... 94