ศึกษาการเรืองรังสีเอกซ์โดยกระตุ้นด้วยหลอดรังสีเอกซ์

นายธวัช ชิตกระการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2521

001036

I15824731

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 ชวัช ชิตตระการ
แผนกวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี่
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ปรีชา การสุทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของ การศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ สุวรรณ์ แสงเพ็ชร์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัฒนะ ภาวะนันท์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ปรีชา การสุทธิ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ศึกษาการเรืองรังสีเอกซ์โดยกระตุ้นด้วยหลอดรังสีเอกซ์
ชื่อนิสิต	นาย ชวัช ชีตกระการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ปรีชา การสุทธิ์
แผนกวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2520

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ พร้อมกับประกอบเป็นเครื่องมือ เพื่อใช้วิเคราะห์ธาตุ โดยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ด้วยระบบการกระจายพลังงาน(energy dispersive) โดยกระตุ้นสารตัวอย่างด้วยรังสีเอกซ์จากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ ตรวจวัดรังสีที่เรืองออกมาจากสารตัวอย่าง ด้วยหัววัดรังสีแบบพรอพพอร์ชันเนิล (proportional counter) ที่บรรจุด้วยกาซอาร์กอน (Ar) และ วิเคราะห์ร่วมกับเครื่องแยกวัดพลังงาน 1024 ช่อง จากการทดลองพบว่าจะต้องใช้แผ่นกรองรังสี และท่อบีบลำรังสีเอกซ์ (collimator) ไปยังสารตัวอย่าง และใช้ท่อบีบลำรังสีเอกซ์ จากสารตัวอย่าง ไปยังหัววัดรังสีด้วย พร้อมกันนี้ยังได้ทดลองหาขนาด และความยาวของท่อบีบรังสี ระหว่างหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์กับสารตัวอย่าง กับแนวรังสีจากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ด้วย เพื่อทำให้เครื่องวัดมีประสิทธิภาพสูงสุด

ขอบเขตการทำงานของเครื่องวัดนี้ ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ พบว่าจะสามารถวิเคราะห์ธาตุที่ให้พลังงานรังสีเอกซ์เฉพาะตัว ในช่วง 3-10 กิโลอิเลก – ตรอนโวล์ต (keV) ทั้งจากรังสี เค อัลฟา (K_α) และรังสีแอล อัลฟา(L_α) 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. TWAT CHITTRAKARN

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_{α} and L_{α} 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 ($\mu g/cm^2$) respectively.

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือทั้งทางด้านวิชาการ และเทคนิคในการทดลองจาก อาจารย์ ปรีชา การสุทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ทั้งยังได้กรุณาตรวจทาน และแก้ไข จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี และอีกท่านหนึ่งที่ผู้เขียนจะลืมมิได้คือ ศาสตราจารย์ สุวรรณ์ แสงเพ็ชร์ หัวหน้าแผนกวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย ที่ได้ติดตามผลการทดลองอย่างใกล้ชิด พร้อมกับเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหามาโดยตลอดเช่นเดียวกัน ซึ่งผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณท่านทั้งสองมา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบคุณแผนกวิชาวิศวกรรมโลหะการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ได้อนุญาต และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย ที่ได้ให้เงินอุดหนุนช่วยเหลือ ในการจัดซื้ออุปกรณ์บางอย่าง

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณ อาจารย์ วิรุฬห์ มังกละวิรัช ที่ได้ช่วยแก้ไขและแนะนำการใช้อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์, คุณวัลลภ บุญคง, คุณสมพร จองกำ, อาจารย์ภาณี เสรีวัลย์สถิตย์ และคุณสมศักดิ์ ศิลปนภาพร ที่ได้มีส่วนช่วยให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

รายการตารางประกอบ ..... ญ

รายการภาพประกอบ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ และขอบเขตการวิจัย 2

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย 2

1.4 สำรวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง 3

1.5 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย 3

1.6 นิยามของคำที่ใช้เป็นภาษาเทคนิค 3

2. หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์และรังสีเอกซ์ 5

2.1 หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ 5

2.2 ขบวนการเกิดรังสีเอกซ์ต่อเนื่องและรังสีเอกซ์เฉพาะตัว 8

2.3 ความยาวคลื่นต่ำสุด 10

2.4 ผลของกระแส, ศักย์ และเป้าของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ 11

2.5 ประสิทธิภาพของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ 13

2.6 ตัวกรองรังสี 14

2.7 การดูดกลืนรังสี 15

3. ทฤษฎีการเรืองรังสีเอกซ์ 20

3.1 การเรืองรังสีเอกซ์ 20

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

3.2 กฎของโมสเลย์และการจัดเรียงอย่างเป็นระบบ 26
3.3 ผลของโอเจ 26
3.4 Fluorescent Yield (W) 27
3.5 การกระตุ้นสารตัวอย่าง 30
3.6 สารตัวอย่างแบบบาง 32
3.7 สารตัวอย่างแบบหนา 34

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 36
4.1 ต้นกำเนิดรังสี 36
4.2 เครื่องวัดรังสีเอกซ์ 37
4.3 เครื่องมือที่เพิ่มเติมจากการออกแบบ 42
4.4 เครื่องวัดรังสีเอกซ์ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ 42

5. วิธีทำและผลการทดลอง 45
5.1 การออกแบบเพื่อควบคุมหน้าต่างเปิดปิดลำรังสีเอกซ์ใหม่ 45
5.2 ศึกษาทิศทางของลำรังสีเอกซ์ที่พุ่งออกมาจากหน้าต่าง 45
5.3 การจัดตั้งเครื่องมือ 46
5.3.1 ศึกษาและประกอบหัววัดรังสีเอกซ์กับเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ. 46
5.3.2 การวางถ้วยสารตัวอย่าง 47
5.3.3 ท่อบีบรังสีเอกซ์ 47
5.3.4 การหาระยะที่เหมาะสมระหว่างหลอดกำเนิดรังสีกับถ้วยสาร ตัวอย่าง และระหว่างถ้วยสารตัวอย่างกับหัววัดรังสี 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

บทที่ หน้า

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 การหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ความเข้มข้นสารตัวอย่างและความเข้มรังสี 67
5.5.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์เชิงปริมาณ 70
5.5.5 การทำโนโมแกรม 72
5.6 ขีดจำกัดในการวัด 75
6. การคำนวณ 80
6.1 การหาความสามารถในการแยกวัดพลังงานของหัววัดรังสีแบบเซมิคอนดักเตอร์ชนิดเจอ... 80
6.2 การหาจำนวนนับของพีคหรือคำนวณหาพื้นที่ของสเปคตรัม 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 วิจารณ์ผลและข้อเสนอแนะ 90
7.1 ส่วนประกอบของเครื่องมือที่ได้ศึกษา และออกแบบ 90
7.2 ข้อมูลที่น่าสนใจจากการศึกษาทั่ว ๆ ไป 90
7.3 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ 91
7.4 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ 92
บรรณานุกรม 95
ภาคผนวก 97
ประวัติการศึกษา 98

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

2-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานเอฟเฟคตีฟกับค่า H.V.L 18

3-1 แสดงภาวะต่าง ๆ ของอิเลคตรอน 25

3-2 Fluorescent Yields ในอนุกรมเค 29

4-1 แสดงชนิดของต้นกำเนิดรังสีไอโซโทป 38

5.1.1-5.1.2 แสดงข้อมูลที่ได้จากการแปรระยะระหว่างหลอดกำเนิดรังสีและสารตัวอย่าง กับระยะระหว่างสารตัวอย่างกับหัววัดรังสี 49

5-3 แสดงการตรวจสอบเครื่องมือที่ประกอบขึ้นใหม่ 54

5-4 แสดงข้อมูลในการทำเส้นเทียบปรับมาตรฐาน 59

5-5 แสดงการหาความหนาวิกฤต 65

5-6 แสดงการหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ความเข้มข้น และความเข้มรังสี(I) 67

5-7 แสดงผลการวิเคราะห์สารตัวอย่างโดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ กับเครื่องที่ พปส. และที่ประกอบขึ้นมา 73

5-8 แสดงข้อมูลการแปรความเข้มข้นของเหล็กและทองแดงในการทำโนโมเกรม 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 แสดงสเปคตรัมของรังสีเอกซ์ต่อเนื่อง เมื่อใช้เป้าที่หนามาก โดยเป็นผลรวมอันเนื่องมาจากเป้าที่บางแต่ละชั้นรวมกัน 9

2.4 แสดงผลของกระแส, ศักย์และเลขอะตอมของเป้า สัมพันธ์กับความเข้มของสเปคตรัมต่อเนื่อง 12

2.5 แสดงลำรังสีปฐมภูมิกับการใช้ตัวกรองแบบ enhancement 16

2.6 แสดงการวางตัวสำหรับการดูดกลืนรังสีเอกซ์ 16

2.7 แสดงไดอะแกรมของกฎระยะทางกำลังสองผกผัน 19

3.1 แสดงการเปลี่ยนชั้นของอิเลคตรอนที่ตกตามมาหลังจากอิเลคตรอนในชั้น K เกิดว่างลง 20

3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานวิกฤตกับเคแอบซอร์พชันเอดจ์ของนิเกิล.. 21

3.3 แสดงแอบซอร์พชันเอดจ์ของธาตุยูเรเนียม และทองแดง 23

3.4 แสดงแผนภาพระดับพลังงานของเอกซเรย์อนุกรมต่าง ๆ 24

3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ และเลขอะตอมตามกฎของโมสเลย์ 27

3.6 แสดงผลการเกิดโอเจ 28

3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Fluorescent Yield ของ K และ L กับอะตอมของธาตุ 30

3.8 แสดงการจัดวางตัวของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์, สารตัวอย่าง และหัววัดรังสี 31

3.9 แสดงความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองเมื่อใช้สารตัวอย่างหนาวิกฤต 35

4.1 หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ผลิตโดย RICH SEIFERT & CO RONTGENWERK... 36

4.2 แสดงการจัดวางเครื่องมือในการวัด 38

4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Gas - Amplification Factor กับ

applied potential สำหรับหัววัดรังสีชนิดที่บรรจุด้วยกาซ 39
4.4 แสดงกระบวนการทำงานอย่างละเอียดของหัววัดรังสีเอกซ์ที่บรรจุ
ด้วยกาซอาร์กอน 40
5.1 แสงเรืองที่ปรากฏบนฉากเรืองแสงเนื่องจากรังสีเอกซ์ 45
5.2 แสดงทิศทางของลำรังสีเอกซ์ที่ออกจากหน้าต่าง 46
5.3 กราฟแสดงผลของความเข้มที่มีต่อการเลื่อน และการบิดเบือนของ
สเปคตรัม 52
5.4 แสดงการจัดวางท่อบีบรังสี, ถ้วยวางสารตัวอย่าง และหัววัดรังสี 56
5.5 แสดงการจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 56
5.6 กราฟแสดงตำแหน่งสเปคตรัมของธาตุบริสุทธิ์ต่าง ๆ ในการทำเส้น
เทียบปรับ 60
5.7 เส้นกราฟเทียบปรับมาตรฐาน 61
5.8 แสดงการเลือกตำแหน่งพีคของธาตุที่ถูกต้อง 63
5.9 กราฟ A แสดงสเปคตรัมของธาตุที่มีการซ้อนกัน 63
B เมื่อลบสเปคตรัมของธาตุหนึ่งออกเหลือสเปคตรัมที่ซ่อนอยู่ 63
5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนา สารตัวอย่าง และความ
เข้มรังสี 66
5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ $L_{\alpha}W$ กับ % WO_3
เมื่อมี SiO_2 และ Fe_2O_3 เป็น matrix 69
5.12 A เป็นการแสดงสเปคตรัมของสารตัวอย่างเฉพาะเหล็กและทังสะเตน
และเมื่อลบพีคของเหล็กออกแล้วตามรูป B เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง
ที่ประกอบขึ้นใหม่ ตามรูป C แสดงสเปคตรัมของสารตัวอย่าง
จากเครื่องที่ พปส. 71
5.13 กราฟแสดงโนโมแกรม 76
5.14 กราฟแสดงการหาขีดจำกัดของการวัดธาตุ Fe, Cu และ Mn ... 78

6.1 แสดงพีคของสเปคตรัมที่ได้จากการวัดรังสี 81

7.1 รูปแสดงการจัดอุปกรณ์แบบใหม่ 94