เครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ด้วยต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นแบบสี่ไอโซโทป

นายแสงโรจน์ ภาวงษ์ศักดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2531

ISBN 974-569-069-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014306

I 10300545

FOUR ISOTOPES EXCITATION X-RAY FLUORESCENCE ANALYZER

Mr. Sangroj Pavavongsak

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Nuclear Technology
Graduate School
Chulalongkorn University
1988

ISBN 974-569-069-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ด้วยต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นแบบสี่ไอโซโทป
โดย	นายแสงโรจน์ ภววงษ์ศักดิ์
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย สุมิตร)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

แล่งโรจน์ ภววงษ์ศักดิ์ : เครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ด้วยต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นแบบสี่ไอโซโทป (FOUR ISOTOPES EXCITATION X-RAY FLUORESCENCE ANALYZER) อ.ที่ปรึกษา รศ. วิรุฬห์ มังคละวิรัช และ ผศ. ลุ่วิทย์ ปุณณชัยยะ, 67 หน้า

เครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นมาให้ใช้กับต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น ที่มีพลังงานกระตุ้นต่าง ๆ กัน สี่ไอโซโทป คือ เหล็ก-55 แคดเมียม-109 อะเมริเซียม-241 และโคบอลต์-57 สามารถเลือกต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นให้สอดคล้องกับธาตุที่จะวิเคราะห์ในตัวอย่างโดยการกดสวิตช์ที่แผงควบคุม สามารถบรรจุตัวอย่างได้อย่างมาก 8 ตัวอย่าง จากภายนอกเครื่องวิเคราะห์ลงในจานซึ่งเปลี่ยนตัวอย่างได้แบบอัตโนมัติ

หัววัดรังสีเอกซ์เรืองเป็นแบบเจอร์เมเนียมพลานาที่ใช้สำหรับวัดโฟตอนพลังงานต่ำ เครื่องที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล เป็นเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง ซึ่งมีระบบเปลี่ยนสัญญาณวัดเป็นระบบเชิงเลขขนาด 4096 ช่องวัดและมีสัญญาณมาฟิกขนาด 100 เมกกะเฮิร์ทซ์ ระบบนี้สามารถวิเคราะห์ธาตุเบาได้ตั้งแต่โพแทสเซียม (K) ด้วยขีดจำกัดในการวัดเท่ากับ 0.68 ไมโครกรัม และธาตุหนักได้ถึงยูเรเนียม (U) ด้วยขีดจำกัดในการวัดเท่ากับ 32.19 ไมโครกรัม

ระบบวิเคราะห์นี้อาจปรับปรุงความสามารถในการวัดได้ ด้วยการเพิ่มระบบสูญญากาศในห้องวัดและการใช้แผ่นกรองรังสีลดทอนจะช่วยปรับปรุงขีดจำกัดในการวัดด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ฟิสิกส์นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต แสงโรจน์ ภววงษ์ศักดิ์

สาขาวิชา ฟิสิกส์นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วิฤทธ์ ปัญญารักษ์

ปีการศึกษา ๒๕๓๐

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

SANGROJ PAVAVONGSAK : FOUR ISOTOPES EXCITATION X-RAY FLUORESCENCE ANALYZER. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. VIRUL MANGCLAVIRAJ AND ASSI. PROF. SUVIT PUNNACHAIYA, 67 PP.

This X-Ray Flourescence Analyzer is developed using excitation from four different isotopes i.e. Fe-55, Cd-109, Am-241 and Co-57. The excitation sources can be selected according to the elements in the sample to be analyzed by pressing the switch on the control panel. Up to eight samples can be loaded externally into the automatic sample changer.

Planar Germanium low energy photon detector is used to detect the fluorescent x-ray. Multichannel analyzer with 4096 channel ADC and a clock rate of 100 MHz is used as data processor. The system can be used to analyze light elements down to Potassium (K) with a detection limit of 0.68 microgram and the heavy elements up to Uranium (U) with a detection limit of 32.19 micrograms.

Improvement on the measuring capacity of this analyzer system can be made through the introduction of vacuum system in the measuring chamber. The use of balanced filters will also improve the detection limit of the system.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ฟิสิกส์เทคนิคนิวเคลียร์ ลายมือชื่อนิสิต แสงโรจน์ สวางค์สกุล

สาขาวิชา ฟิสิกส์เทคนิคนิวเคลียร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วิเชียร มังคลวิราช

ปีการศึกษา 2530

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมีรองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละรัช และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งสองท่านได้ให้คำแนะนะและข้อคิดเห็นต่าง ๆ มาด้วยดีตลอด ทั้งทางด้านเอกสารและออกแบบวงจรควบคุมอิเล็คทรอนิคส์ ความสำเร็จนี้ยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ คือ ผู้ปฏิบัติงานของแผนกเครื่องมือโรงงาน โดยเฉพาะ คุณสุธี วสันต์นนท์ ทางด้านการสร้างชิ้นส่วนกล ผู้ปฏิบัติงานของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทางด้าน การใช้อุปกรณ์เครื่องมือ โดยเฉพาะ คุณอดุลย์ สลักคำ ที่ช่วยทางด้านงานสี และคุณสุริยา เห่งผล ทางด้านประกอบแผงวงจรควบคุมอิเล็คทรอนิคส์

ท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณบุศรา ภวังษ์ศักดิ์ ซึ่งเป็นผู้ให้กำลังใจในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา และพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ช
สารบัญภาพ..... ฌ
บทที่
1. บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการออกแบบสร้างเครื่องวิเคราะห์.. 2
1.3 แนวความคิดและข้อมูลที่นำมาใช้ในการออกแบบ..... 3
1.4 ขั้นตอนในการออกแบบและสร้างเครื่องวิเคราะห์..... 4
1.5 ประโยชน์ที่จะได้จากการออกแบบและสร้างเครื่องวิเคราะห์..... 4
2. หลักการเรืองรังสีเอกซ์และระบบในการวิเคราะห์แบบเรืองรังสีเอกซ์... 5
2.1 หลักการเรืองรังสีเอกซ์..... 5
2.2 ระบบในการวิเคราะห์แบบเรืองรังสีเอกซ์..... 6
3. การออกแบบอุปกรณ์..... 12
3.1 การศึกษาความเหมาะสมในการใช้อุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น.... 12
3.2 การออกแบบจานใส่ต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น..... 16
3.3 การออกแบบเกราะกำบังรังสีด้านบนและด้านล่าง..... 16
3.4 การออกแบบจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น..... 17
3.5 การออกแบบจานเปลี่ยนตัวอย่าง..... 18
4. ระบบควบคุมและการทำงานของระบบกล..... 20
4.1 ระบบเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น..... 20
4.2 ระบบเปลี่ยนตัวอย่าง..... 25
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 32
บรรณานุกรม 34
ภาคผนวก ก. ลักษณะพิกัด..... 35
ภาคผนวก ข. ตาราง..... 38
ภาคผนวก ค. รูปภาพ..... 44
ภาคผนวก ง. แบบประกอบ..... 60
ประวัติผู้เขียน..... 67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4.1 แสดงชิ้นส่วนและหน้าที่ในการทำงานของระบบเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น..... 21

4.2 แสดงชิ้นส่วนและหน้าที่ในการทำงานของระบบเปลี่ยนตัวอย่าง..... 26

5.1 แสดงขีดจำกัดในการวัดของบางธาตุที่เครื่องวิเคราะห์ได้..... 32

1 แสดงต้นกำเนิดรังสีประเภทอิเล็คตรอนแคปเจอร์..... 39

2 แสดงต้นกำเนิดรังสีแกมมา..... 39

3 แสดงจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα กับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับตัวอย่าง..... 40

4 แสดงจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα ที่ความหนาและมุมต่าง ๆ กัน ของแผ่นอะคริลิค..... 40

5 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα กับความหนาที่มุม 0 องศา ของแผ่นอะคริลิค อะเซทอล เทฟลอนและอะลูมิเนียม 41

6 แสดงจำนวนนับจริงของยอดพลังงานกระตุ้นของ Cd-109 และ Am-241 กับระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น..... 41

7 แสดงหมายเลขช่องของยอดพลังงานรังสีเฉพาะธาตุของ Co-Kα As-Kα As-Kβ Nb-Kα และ Nb-Kβ 42

8 แสดงจำนวนนับจริงของยอดพลังงานรังสีเฉพาะธาตุของ Co-Kα As-Kα As-Kβ Nb-Kα และ Nb-Kβ กับระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวอย่าง..... 43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

1.1 แสดงการจัดระบบวิเคราะห์ด้วยวิธีเรืองรังสีเอกซ์แบบดั้งเดิม..... 1

2.1. ก แสดงการเกิดรังสีเอกซ์เรือง..... 5

2.1. ข แสดงการเกิดโอเจร์อิเล็คตรอน..... 5

2.2 แสดงแบบภาพตัดขวางหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์..... 7

2.3 แสดงลักษณะของต้นกำเนิดรังสีชนิดไอโซโทป
(ก) แบบแผ่น (ข) แบบวงแหวน..... 8

2.4 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการแจกแจงพลังงานของหัววัดรังสีทั้ง 3 ชนิด..... 9

2.5 แสดงแผนผังการจัดระบบวิเคราะห์
(ก) การจัดแผนผังแบบโคแอกเซียลจีโอเมตรี
(ข) การจัดแผนผังแบบนอนโคแอกเซียลจีโอเมตรี..... 11

3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα กับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับตัวอย่าง..... 13

3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับสุทธิของยอดพลังงาน Cu-Kα กับมุมของแผ่นอะคริลิคที่ความหนาต่าง ๆ กัน..... 14

3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับสุทธิกับความหนาต่าง ๆ กันของอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น..... 15

3.4 แสดงการเปรียบเทียบสเปคตรัมของยอดพลังงาน Cu-Kα เมื่อมีและไม่มีอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น..... 16

4.1 แสดงชิ้นส่วนกลและอุปกรณ์ควบคุมในการเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น. 21

4.2 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น..... 24

4.3 แสดงชิ้นส่วนกลและอุปกรณ์ควบคุมในการเปลี่ยนตัวอย่าง..... 26

4.4 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนตัวอย่าง..... 30

รูป

ค.1 แสดงแบบภาพตัดขวางของเครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองที่ใช้วิเคราะห์ธาตุหนัก ๆ 45

ค.2 แสดงแบบภาพตัดขวางของเครื่อง LAB-X100 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ในตัวอย่างน้ำมัน..... 45

ค.3 แสดงแบบภาพตัดขวางของเครื่อง LAB-X200 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในตัวอย่างน้ำมัน..... 46

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

ค.4 แสดงระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับตัวอย่างที่ได้มาจากการสำรวจแหล่งแร่ยูเรเนียมของไทย..... 46
ค.5 แสดงส่วนประกอบสมบูรณ์ของเครื่อง XR-500..... 47
ค.6 แสดงจานใส่ตัวอย่าง 20 ตัวอย่างของเครื่อง XR-500..... 48
ค.7 แสดงแผงควบคุมอุปกรณ์ทางอิเล็คทรอนิคส์ของเครื่อง XR-500..... 48
ค.8 แสดงการหาระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นตัวอย่าง (T)... 49
ค.9 แสดงการวางอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น T เท่ากับความหนาของอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น..... 49
ค.10 แสดงลักษณะของมุมต่าง ๆ บนแผ่นอะคริลิคที่ใช้เป็นอุปกรณ์บังคับลำรังสีกระตุ้น..... 50
ค.11 แสดงช่องสำหรับปากคีบจับต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น..... 50
ค.12 แสดงวงแหวนทองแดงซ้อนในวงแหวนตะกั่วที่ใช้กับ Am-241 และวงแหวนตะกั่วที่ใช้กับ Co-57..... 50
ค.13 แสดงการหาระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น. 51
ค.14 แสดงการหาระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของตัวอย่าง..... 51
ค.15 แสดงจานเปลี่ยนตัวอย่าง..... 52
ค.16 แสดงจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นและจานใส่ต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น 52
ค.17 แสดงเบ้าใส่เกราะกำบังรังสีด้านบนและปลอกนำเลื่อน..... 52
ค.18 แสดงการพัฒนาสลักแม่เหล็กไฟฟ้าจากวาวล์ควบคุมการไหลของน้ำด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า..... 53
ค.19 แสดงชุดขับจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นและจานเปลี่ยนตัวอย่าง... 53
ค.20 แสดงชุดขับแกนลิ่มบังคับ..... 53
ค.21 แสดงระบบเปิดปิดชุดเกราะกำบังรังสีด้านบนและด้านล่าง..... 54
ค.22 แสดงการเปิดชุดเกราะกำบังรังสีด้วยแกนลิ่มบังคับ..... 54
ค.23 แสดงการส่งผ่านกำลังจากชุดขับไปหมุนจานเปลี่ยนตัวอย่างด้วยโซ่และเฟืองโซ่..... 54
ค.24 แสดงเกราะกำบังรังสีด้านบน..... 55
ค.25 แสดงเกราะกำบังรังสีด้านล่าง..... 55

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

ค.26 แสดงการล็อคตำแหน่งจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นด้วยสลักแม่เหล็กไฟฟ้า..... 55
ค.27 แสดงการล็อคตำแหน่งจานเปลี่ยนตัวอย่างด้วยสลักแม่เหล็กไฟฟ้า..... 55
ค.28 แสดงระบบลูกปืนที่ทำให้เฟืองโซ่ตามหมุนได้ เมื่อจานเปลี่ยนตัวอย่างติดขัดแต่ชุดขับยังหมุนอยู่..... 55
ค.29 แสดงแผงควบคุมเครื่อง..... 56
ค.30 แสดงอุปกรณ์ภายในเครื่อง..... 56
ค.31 แสดงการบรรจุตัวอย่าง..... 57
ค.32 แสดงภาพสมบูรณ์ของเครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองด้วยต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นแบบสี่ไอโซโทป พร้อมเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่องและเครื่องพิมพ์ผล..... 57
ค.33 แสดงสเปคตรัมของไพแทสเซียม 500 ไมโครกรัม ใช้ Fe-55 เป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น..... 58
ค.34 แสดงสเปคตรัมของทองแดง 50 มิลลิกรัม ใช้ Cd-109 เป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น..... 58
ค.35 แสดงสเปคตรัมของแบเรียม 50 มิลลิกรัม ใช้ Am-241 เป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น..... 59
ค.36 แสดงสเปคตรัมของยูเรเนียม 50 มิลลิกรัม ใช้ Co-57 เป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น..... 59

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย