120

การหาปริมาณไอโซโทปยูเรเนียม-235 โดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี

นางสาวหทัย พานิชการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538
ISBN 974-631-043-7
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16748918

DETERMINATION OF THE URANIUM-235 ISOTOPE BY GAMMA SPECTROMETRY

Miss Hathai Panitchakan

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Nuclear Technology
Graduate School
Chulalongkorn University
1995

ISBN 974-631-043-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การหาปริมาณไอโซโทปยูเรเนียม-235 โดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี
โดย นางสาวหทัย พานิชการ
ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล)

..... กรรมการ
(อ.ดร. สุพิชชา จันทรโยธา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หทัย พานิชการ : การหาปริมาณไอโซโทปยูเรเนียม-235 โดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี (DETERMINATION OF THE URANIUM -235 ISOTOPE BY GAMMA SPECTROMETRY) อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ยาว, 61 หน้า.
ISBN 974-631-043-7

การวิจัยนี้ได้ทดลองหาปริมาณไอโซโทปยูเรเนียม-235 ในสารประกอบยูเรเนียม โดยการวัดรังสีแกมมาพลังงาน 186 กิโลอีเล็กตรอนโวลต์โดยตรงจากยูเรเนียม-235 ได้ใช้หัววัดรังสีเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูงที่มีประสิทธิภาพสัมพัทธ์ร้อยละ 30 ในการวัดรังสีแกมมาจากตัวอย่างสารประกอบยูเรเนียมในรูปผงละเอียด ที่มีความเข้มข้นยูเรเนียม-235 ตามธรรมชาติ "และต่ำกว่าธรรมชาติ" การหาค่าปัจจัยการดูดกลืนตัวเองได้ ใช้วิธีส่งผ่านรังสีแกมมาพลังงาน 186 กิโลอีเล็กตรอนโวลต์จากต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226

การหาปริมาณยูเรเนียมรวมในตัวอย่างได้ใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ โดยใช้ตัวอย่างที่ถูกทำให้เจือจางลงเหลือประมาณร้อยละ 2 ด้วยการผสมกับผงกรดบอริก แล้วนำไปอัดด้วยเครื่องอัดตัวอย่าง ต้นกำเนิดรังสีโคบอลต์-57 แบบวงแหวนถูกใช้ในการกระตุ้นให้เกิดรังสีเอกซ์เรืองของยูเรเนียมเส้น K และวัด U $K_{\alpha 1}$ ที่มีพลังงาน 98.5 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งมีความเข้มสูงสุดด้วยหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูงขนาด ϕ 0.6 ซม. หนา 0.5 ซม. การแก้แมตริกซ์เอฟเฟคต์ทำโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเชิงมวลที่ได้จากการส่งผ่านรังสีเอกซ์พลังงาน 98.5 กิโลอีเล็กตรอนโวลต์จากยูเรเนียมที่ใช้เป็นเป้าทูติยะภูมิ

ผลการวิจัยพบว่า ความเข้มข้นไอโซโทปยูเรเนียม-235 ของตัวอย่างอยู่ในช่วงร้อยละ 0.353 ถึง 0.432 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ประมาณไว้และค่าที่ถูกต้อง สำหรับตัวอย่างยูเรเนียมธรรมชาติพบว่ามีความเข้มข้นไอโซโทปยูเรเนียม-235 อยู่ร้อยละ 0.716 วิธีหาปริมาณไอโซโทปยูเรเนียม-235 ในการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานในการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสริมสมรรถนะของยูเรเนียม-235 และการตรวจสอบเชื้อเพลิงนิวเคลียร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม —

: MARJOR NUCLEAR TECHNOLOGY
KEY WORD: : GAMMA SPECTROMETRY / HYPERPURE GERMANIUM / DEPLETED URANIUM/ NATURAL URANIUM

HATHAI PANITCHAKAN : DETERMINATION OF THE URANIUM-235 ISOTOPE BY GAMMA SPECTROMETRY. THESIS ADVISOR : ASST.PROF.NARES CHANKOW, M.Eng. 61 pp. ISBN 974-631-043-7

In this research a method for determining ^{235}U isotope in concentrated uranium compounds by direct measurement of ^{235}U 186-keV gamma-ray was investigated. A high purity germanium (HPGe) detector of 30% relative efficiency was used to measure the gamma-ray from fine-powdered depleted and natural uranium compounds as well as from a standard natural uranium foil. The self-absorption factors of the samples were determined by transmitting the 186-keV gamma-ray from a ^{226}Ra source.

Total uranium content in the samples was determined by using the x-ray fluorescence (XRF) techinque. The samples were diluted to about 2% of their original concentrations with boric acid powder then compressed with a hydrualic press. An annular ^{57}Co was used as the exciting source. The most intense U K x-ray line, U K_{α_1}, was detected by using a 0.6 cm ϕ , 0.5 cm thick HPGe detector. The mass attenuation coefficients at the U K_{α_1}, energy (98.5 KeV), obtained from transmitting 98.5 keV x-ray from uranium secondary target, were used for correcting the matrix effects.

It was found that ^{235}U isotope concentrations in the depleted uranium samples were in the range of 0.353% to 0.432 % which were close to the expected and the known values. In the natural uranium sample the ^{235}U istope concentration was found to be 0.716%. The results indicated the possible use of this method for determining ^{235}U isotope concentration in uranium enrichment research and uranium fuel inspection.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆของการวิจัยมาด้วยดีตลอดและช่วยเหลือให้กำลังใจระหว่างการวิจัยตลอด จึงสำเร็จลุล่วงได้ จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ณ.ที่นี้

ท้ายนี้ ไคร่ ขอขอบพระคุณบิดา - มารดา ซึ่งสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่

1. บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์ 2
ขอบเขตการวิจัย 2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยครั้งนี้ 3
2. ทฤษฎี 4
ประวัติและความสำคัญของยูเรเนียม 4
ธาตุยูเรเนียม 4
อนุกรมยูเรเนียมและแอกติเนียม 4
อนุกรมยูเรเนียม 5
อนุกรมแอกติเนียม 5
กฎการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี 5
การลดทอน (attenuation)ของรังสีแกมมา 10
อันตรกิริยาของรังสีแกมมากับสสาร 11
การวัดพลังงานรังสีแกมมา 14
หัววัดรังสีแบบกึ่งตัวนำ 14
หลักการวัดรังสีของผลึกของธาตุพวกโลหะกึ่งตัวนำ 15
ข้อดีของหัววัดแบบโลหะกึ่งตัวนำ 16
หัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ (HPGe) 16
ทฤษฎีการเรืองรังสีเอกซ์ 17
เครื่องมือวิเคราะห์ธาตุแบบการเรืองรังสีเอกซ์ 18

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

เทคนิคการวิเคราะห์ 22
สัมประสิทธิ์การทะลุผ่านรังสีเอกซ์ 22
3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย 24
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 24
การเตรียมสารมาตรฐาน 26
วิธีการเตรียมตัวอย่าง 26
การปรับตั้งเครื่องวัดแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ 27
วิธีการดำเนินงานวิจัย 27
4. ผลการวิจัย 32
5. สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ 30
สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย 37
ข้อเสนอแนะ 37
เอกสารอ้างอิง 40
ภาคผนวก 42
ประวัติผู้เขียน 61

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมรวมโดยวิธีเรืองรังสีเอกซ์..... 33
ของสารประกอบยูเรเนียมและสารมาตรฐาน
4.2 ผลการวัดรังสีแกมมาพลังงาน 186 keV ของยูเรเนียม..... 35
- 235 และค่า self absorption factor
4.3 ผลการหาความเข้มข้นไอโซโทปยูเรเนียม(โดยน้ำหนัก)..... 36
6.1 ค่าจำนวนนับรังสีของยูเรเนียมจากสารตัวอย่างและ..... 50
สารมาตรฐาน ต่อ 5000 วินาที
6.2 แสดงคุณสมบัติของสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน 50
6.3 ค่าจำนวนนับรังสีของยูเรเนียมและสารประกอบตัวอย่างที่ 1..... 51
ต่อ 1000 วินาที ที่พลังงาน 98.5 keV
6.4 ค่าจำนวนนับรังสีของยูเรเนียมและสารมาตรฐาน 51
ต่อ 1000 วินาที ที่พลังงาน 98.5 keV
6.5 ค่าจำนวนนับรังสีของยูเรเนียมและสารประกอบตัวอย่างที่ 2 51
ต่อ 1000 วินาที ที่พลังงาน 98.5 keV
6.6 ค่าจำนวนนับรังสีของยูเรเนียมและสารประกอบตัวอย่างที่ 3 51
ต่อ 1000 วินาที ที่พลังงาน 98.5 keV
6.7 ค่าจำนวนนับรังสีของยูเรเนียมและสารประกอบตัวอย่างที่ 4 52
ต่อ 1000 วินาที ที่พลังงาน 98.5 keV
6.8 ค่าจำนวนนับรังสีของยูเรเนียมและสารประกอบตัวอย่างที่ 5..... 52
ต่อ 1000 วินาที ที่พลังงาน 98.5 keV
6.9 ค่าจำนวนนับรังสีของยูเรเนียมและสารประกอบตัวอย่างที่ 52
ต่อ 1000 วินาที ที่พลังงาน 98.5 keV
6.10ค่าจำนวนนับรังสีของยูเรเนียมและสารประกอบตัวอย่างที่ 7 52
ต่อ 1000 วินาที ที่พลังงาน 98.5 keV
6.11แสดงตัวอย่างข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ 53
6.12ค่าจำนวนนับรังสีของยูเรเนียมจากสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน 59
ต่อ 1000 วินาที
6.13ผลการวัดรังสีของสารประกอบตัวอย่างยูเรเนียมสำหรับการหาค่า 59
ความดูดกลืนโดยตัวเองที่พลังงาน 186 keV

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 อนุกรมยูเรเนียม 6
2.2 อนุกรมแอกติเนียม 7
2.3 คุณสมบัติบางชนิดของธาตุในอนุกรมแอกติเนียม 8
2.4 คุณสมบัติบางชนิดของธาตุในอนุกรมยูเรเนียม 9
2.5 แสดงการเกิดปฏิกิริยาคอมพ์ตัน 12
2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า μ ของธาตุต่างๆ 13
กับพลังงานรังสีแกมมา
2.7 แสดงการเกิดปฏิกิริยาแบบอิเล็กตรอนคู่ 13
2.8 แสดงแถบพลังงานปกติของธาตุซิลิกอน 14
เขียนตามแกนของพลังงานของอิเล็กตรอน
2.9 แสดง n-type และ p-type ของพวกโลหะกึ่งตัวนำ 15
2.10แสดง p-n type ของพวกโลหะกึ่งตัวนำ 16
2.11แผนภาพแสดงการเกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัว 17
2.12แผนภาพแสดงการแทนที่ของอิเล็กตรอนที่ทำให้เกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัว 18
2.12แสดงแผนภาพเครื่อง EDXRF 19
2.14แสดงลักษณะของเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนต์สเปกตรัมของกระหล่ำปลี 20
2.15แผนภาพแสดงองค์ประกอบต่างๆของเครื่อง WDXRF 21
2.16แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืน 23
รังสีเอกซ์กับความยาวคลื่น
3.1 แสดงแผนภาพของระบบวัดรังสีเอกซ์และรังสีแกมมา 30
3.2 แสดงการจัดเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแบบวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ 30
3.3 เครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง CANBERRA SERIES 35 plus 31
3.4 เครื่องวิเคราะห์หลายช่องและไมโครคอมพิวเตอร์ 31
4.1 สเปกตรัมรังสีเอกซ์ของตัวอย่างที่ 1 และ 6 32
4.2 สเปกตรัมรังสีแกมมาของสารประกอบยูเรเนียมตัวอย่างที่ 1 34
และแผ่นโลหะยูเรเนียมธรรมชาติ