

การพัฒนาระบบวัดกัมมันตรังสีสำหรับอัญมณีที่ผ่านการฉายรังสี

อารีรัตน์ คอนดวงแก้ว¹ วราวุธ ขจรฤทธิ์¹ สมชาย พงษ์เกษม¹ อติศักดิ์ ปัญญาสุข^{1*} อภิเชษฐ์ มณีวงษ์¹

กาญจนา บุญชา¹ นุฮายatee สะแลแม¹ จิณณวัตร พิษะกะ² ประเมศวร์ ศรีहर² วชิร อจวิชัย³

¹ศูนย์ฉายรังสีอัญมณี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ

²ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

³ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาและพัฒนาระบบวัดกัมมันตรังสีสำหรับอัญมณีที่ผ่านการฉายรังสีโดยใช้หัววัดรังสีซิลทิเลชันแบบมีรูผ่านและระบบเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติเปรียบเทียบกับหัววัดสารกึ่งตัวนำ(HPGe) ผลการวิจัยพบว่าระบบวัดที่พัฒนาขึ้นมาใหม่วัดได้เร็วกว่าหัววัดสารกึ่งตัวนำ 100 เท่า มีค่าความแม่นยำ 4-10%

คำสำคัญ: อัญมณีฉายรังสี, หัววัดสารกึ่งตัวนำ, หัววัดซิลทิเลชัน

Development of radiation measurement system for irradiated gemstones

Areeratt Kornduangkao¹, Varavuth Kajornrith¹, Somchai Pongkasem¹, Adisak Punyanut¹,

Apichate Maneewong¹, Kanchana Kbooncham¹, Nuhayatee Salaemae¹,

Jinnawat Puchsaka², Porames Srihera², Watcharee Adwichai³

¹Gemstones Irradiation Center, Thailand Institute of Nuclear Technology,

²Department of Physics, Faculty of Science, Suan Sunandha Rajabhat University,

³Department of Physics, Faculty of Science, Udon Thani Rajabhat University^c

Abstract

The objective of this research study was to develop the radiation measurement system for irradiated gemstones by using the automatic sample changer with hole-through NaI(Tl) detector compared to HPGe detector. The result showed that measuring time for the new system is less than 100 times HPGe detector. The accuracy of the system is 4-10%

Keywords: irradiated gemstones, HPGe detector, scintillation detector

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันอณูมณีเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งตลาดภายในประเทศ และตลาดการส่งออก มีการใช้อณูมณีในการทำเครื่องประดับเป็นจำนวนมาก โดยอณูมณีบางชนิดหาได้ยากมากตามธรรมชาติ จึงต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อเพิ่มมูลค่าของอณูมณีโดยเฉพาะการฉายรังสีอณูมณีด้วยรังสีนิวตรอนหรือรังสีแกมมา โดยปกติโทแพซในธรรมชาติส่วนมากจะใสไม่มีสี มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่มีสีฟ้า ด้วยเหตุนี้ทำให้โทแพซสีฟ้ามีราคาแพงกว่าสีใส การฉายรังสีโทแพซด้วยรังสีนิวตรอนเป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้โทแพซเปลี่ยนสี แต่โทแพซที่ได้มาหลังการฉายนิวตรอนนั้นจะมีรังสีตกค้างอยู่ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจวัดและประเมินค่ากัมมันตภาพรังสีที่ตกค้างในโทแพซเพื่อความปลอดภัย ในการวัดและประเมินค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีแบบเดิมนั้นใช้เวลานานไม่สะดวกในการนำอณูมณีไปทำเครื่องประดับได้ทันที จึงต้องมีการคิดค้นวิธีการวัดและประเมินค่ากัมมันตภาพรังสีให้มีความสะดวกรวดเร็วและมีความถูกต้อง คือใช้ระบบวัดและประเมินค่ากัมมันตรังสีสำหรับอณูมณีที่ผ่านการฉายรังสีโดยใช้หัววัดรังสีซิลิโคนแบบมีรูผ่านและระบบเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

1. ชุดหัววัดแบบสารกึ่งตัวนำ (HPGe) ซึ่งประกอบด้วย
 - 1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมโปรแกรม Genie 2000
 - 1.2 หัววัดแบบสารกึ่งตัวนำ (HPGe) ยี่ห้อ Canberra
 - 1.3 High Voltage ยี่ห้อ Canberra
 - 1.4 Preamplifier ยี่ห้อ Canberra
 - 1.5 Amplifier ยี่ห้อ Canberra
 - 1.6 Multi Channal Analyzer ยี่ห้อ Canberra
2. เครื่องวัดรังสีแบบอัตโนมัติ โดยใช้หัววัด NaI(Tl)แบบมีรูผ่าน
3. Standard Gamma Sources (วัดเมื่อ 30 August 2001)
 - 3.1 Co-60 ความแรง 0.849 μCi
 - 3.2 Co-57 ความแรง 0.951 μCi
 - 3.3 Cd-109 ความแรง 1.09 μCi
 - 3.4 Zn-65 ความแรง 1.03 μCi
 - 3.5 Mn-54 ความแรง 0.981 μCi

3.6 Ba-133 ความแรง 1.02 μCi

3.7 Cs-137 ความแรง 0.849 μCi

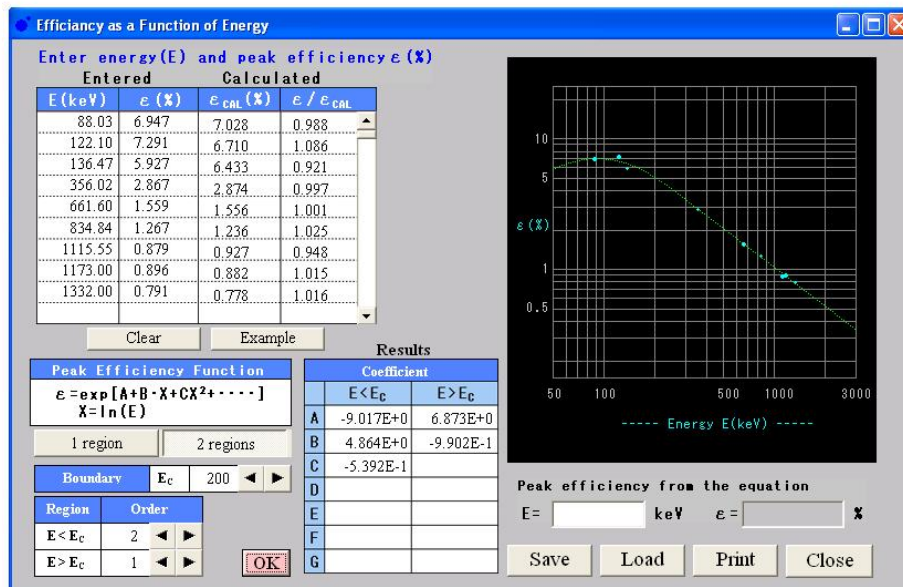
4. โทแพซน้ำหนักโดยประมาณ 10 กรัม 2 ชุด จำนวนชุดละ 19 ตัวอย่าง
5. โทแพซน้ำหนักโดยประมาณ 10 กรัม 1 ชุด จำนวน 15 ตัวอย่าง

วิธีการทดลอง

1. วัด Standard Source ซึ่งประกอบด้วย Co-60, Co-57, Cs-137, Cd-109, Ba-133, Mn-54 และ Zn-65 มาทำการวัดด้วยหัววัดชนิดสารกึ่งตัวนำ(HPGe) โดยวางต้นกำเนิดรังสีห่างจากหัววัด 1 นิ้วและ 2 นิ้ว ใช้เวลาวัดตัวละ 600 วินาที
2. ข้อมูลที่ได้จากข้อที่ 1 ไปคำนวณหาค่า Efficiency ของหัววัดที่ระยะ 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว ตามลำดับ
3. วัดตัวอย่าง Topaz ใช้น้ำหนักโดยประมาณ 10 กรัม โดยมีตัวอย่าง 2 ชุด ชุดละ 19 ตัวอย่าง วัดด้วยหัววัดชนิดสารกึ่งตัวนำ ที่ระยะห่าง 1 นิ้ว โดยใช้เวลาในการวัดตัวอย่างละ 600 วินาที และคำนวณหาค่า activity ของโทแพซแต่ละชุด
4. วัดตัวอย่าง Topaz ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 โดยใช้หัววัดรังสีซิลิโคนแบบมีรูผ่านและระบบเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติโดยตั้งค่า LLD ที่ 0.1V ,0.3V ,0.5V ,0.7V และ 1.0V ตามลำดับโดยใช้เวลาในการวัด เม็ดละ 5 วินาที และ 10 วินาที
5. พล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า activity จากข้อที่ 3 และค่าจำนวนนับจากข้อที่ 4 แล้วหาค่า Activity ที่ 2 nCi จากกราฟว่าได้ค่าจำนวนนับเท่าใด
6. ทดสอบวัดตัวอย่าง Topaz น้ำหนักโดยประมาณ 10 กรัม จำนวน 15 ตัวอย่าง มาวัดค่าจำนวนนับโดยใช้หัววัดรังสีซิลิโคนแบบมีรูผ่านและระบบเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติ แล้วคำนวณหา Activity จากกราฟสมการเส้นตรงที่ได้จากข้อ 5
7. เปรียบเทียบผลการวัดระหว่างหัววัดทั้ง 2 ชนิด

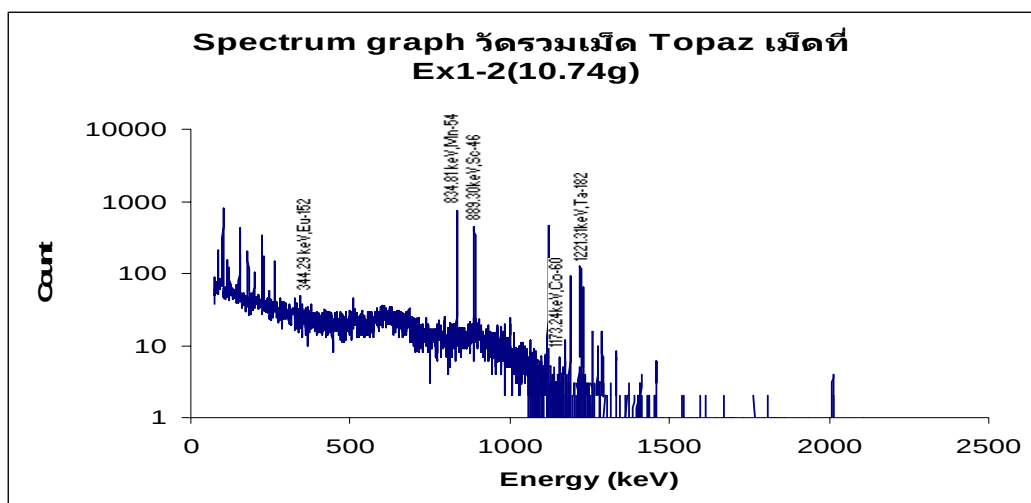
ผลการทดลอง

จากขั้นตอนการทดลองข้อที่ 2. คำนวณประสิทธิภาพของหัววัดรังสีที่ระยะ 1 นิ้วและ 2 นิ้ว
พล็อตกราฟระหว่างประสิทธิภาพของหัววัดรังสีและพลังงานของรังสีดังตัวอย่างรูปที่ 1.



รูปที่ 1. ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพของหัววัดรังสีที่ระยะ 1 นิ้วโดยใช้โปรแกรม
Disk Source Efficiency

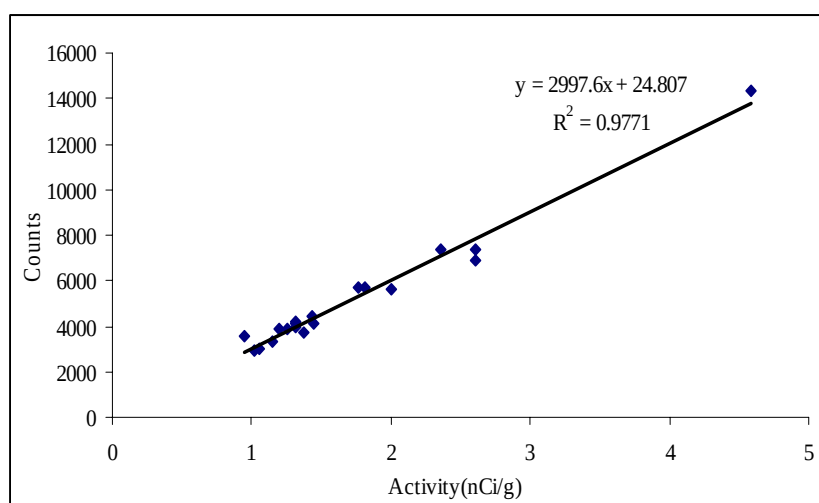
จากขั้นตอนการทดลองข้อที่ 3 ทำการวัดตัวอย่างโทแพซด้วยหัววัดสารกึ่งตัวนำดังตัวอย่าง
สเปกตรัมรูปที่ 2. และคำนวณ activity ดังแสดงผลตัวอย่างในตารางที่ 1.



รูปที่ 2. สเปกตรัมของตัวอย่างโทแพซวัดด้วยหัววัดสารกึ่งตัวนำ

Isotope	Half-Life	Energy(keV)	Efficiency	Intensity	Net area	cps	Activity(nCi)	Activity(nCi/g.)
Cs-134	2.06 y	604.70	0.0160207	0.98000	881.96	0.49	0.84	0.08
Mn-54	312.12 d	834.81	0.0117591	0.99978	1864.91	1.04	2.38	0.22
Sc-46	83.81 d	889.30	0.0110677	1.00000	2085.55	1.16	2.83	0.26
Ta-182	114.5 d	1221.31	0.0081648	0.28900	1634.68	0.91	10.40	0.95
							Total	1.51

ตารางที่ 1. แสดงการคำนวณ activity ของตัวอย่างโทแพซ



รูปที่ 3. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนนับที่วัดได้จากหัววัดรังสีชนิดทึบเลชันโดยใช้เวลาวัดที่ 10 วินาทีตั้งค่า LLD ที่ 0.5 โวลต์ และค่า activity จากหัววัดสารกึ่งตัวนำ

สรุปผลการทดลอง

ข้อมูลที่ฉายรังสีนิวตรอนนี้จะให้รังสีจาก Ta-182, Cs-134, Sc-46 และ Mn-54 สเปกตรัมของการวัดรังสีแกมมาที่วัดได้จากตัวอย่างโทแพซที่ฉายรังสีนิวตรอนแสดงในรูปที่ 2. โทแพซที่ฉายรังสีนิวตรอนจะต้องปล่อยทิ้งไว้นานประมาณ 1-3 ปี ให้ไอโซโทปรังสีสลายตัวให้หมดก่อนจึงนำไปใช้งาน ผลการวิจัยพบว่าระบบวัดที่พัฒนาขึ้นมาใหม่วัดได้เร็วกว่าหัววัดสารกึ่งตัวนำ(HPGe) 100 เท่า มีค่าความแม่นยำ 4-10%

เอกสารอ้างอิง

1. Glenn F. Knoll, 1989, Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons, New York
2. Gordon Gilmore, John Hemingway, 1995, Practical Gamma-Ray Spectrometry, John Wiley & Sons, New York