

TH9400166

KC-3

INIS-mf--14341

การตรวจสอบด้วยรังสีนิวตรอน

DETECTION AND MEASUREMENT OF NEUTRON-IRRADIATED GEMSTONES

สุวัฒน์ บุนนาค	SUWAT BUNNAK
สมบัติ จิระชาชูชัย	SOMBUEN JERACHANCHAI
กิตติศักดิ์ ชินอุดมทรัพย์	KITTISAK CHINUDOMSUE
กิตติพงษ์ สายหยุด	KITTIPHONG SAIYUT

กองสุขภาพ

สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

HEALTH PHYSICS DIVISION

OFFICE OF ATOMIC ENERGY FOR PEACE

บทคัดย่อ

โทปาสถาวยรังสีนิวตรอนถูกนำมาวิเคราะห์ทางแกมมาสเปกโตรเมตรี เพื่อศึกษาองค์ประกอบสารกัมมันตรังสีและปริมาณความแรงรังสี ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ระหว่างอัญมณีชนิดนี้กับรังสีนิวตรอนภายในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย TRR-1/1 จากการนำโทปาสถาวยรังสีนิวตรอนมาวัดรับค่า neutron fluence เท่ากับ 2.52×10^{17} นิวตรอน ต่อ ตารางเซนติเมตร ได้ทำการสุ่มตัวอย่างโทปาสถาวยรังสีนิวตรอน ภายหลังจากปล่อยให้สลายตัวเป็นเวลา 100 วัน นำมาทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยใช้ระบบเครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (MCA) ของ Nuclear Data รุ่น ND65 ตรวจจับสัญญาณจากตัววัดรังสีแบบ HPGe (Hyperpure Germanium Detector) และคำนวณประเมินผลด้วยระบบไมโครคอมพิวเตอร์ (IBM PC) ขนาดหน่วยความจำ 640 กิโลไบต์

โทปาสถาวยังกล่าวเมื่อทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยแกมมาสเปกโตรเมตรี พบว่ามีเพียง Ta-182 และ Sc-46 เท่านั้นที่เห็นเด่นชัดจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยเปรียบเทียบกับสารกัมมันตรังสีมาตรฐาน Eu-152 (รับรองโดย NBS) ความแรงรังสีจำเพาะได้แสดงอยู่ในตารางที่ 1.

กองสุรภาพได้ตรวจสอบโทปาสถาวยังรังสีนิวตรอน โดยมีค่ามาตรฐานขีดจำกัดการตรวจปล่อยเท่ากับ 2 nCi/gm (74 Bq/gm) เป็นเกณฑ์ ผลการตรวจสอบโทปาสถาวยังรังสีนิวตรอนจำนวน 6240.9 กรัม มีโทปาสถาวยังรังสีนิวตรอนเพียง 429.3 กรัม ที่วัดได้ความแรงรังสีเป็นค่ามาตรฐานขีดจำกัดการตรวจปล่อย

ABSTRACT

Color enhance gemstone, neutron-irradiated Topaz, was analyzed by gamma spectrometry for examining characteristic and activity. Topaz was irradiated in the wet-tube facility of the Research Reactor TRR-1/1 which neutron fluence is 2.52×10^{17} neutron per square centimeter. After 100 days of decay, Topaz was sampling to the qualitative and quantitative analysis using Multichannel Analyzer of Nuclear Data Model ND65 and Hyperpure Germanium Detector. Calculation and evaluation were done by microcomputer IBM/PC 640 KB RAM.

The qualitative analysis showed that the neutron-irradiated Topaz has 2 major isotopes, i.e., Ta-182 and Sc-46. Quantitative activity was compared with reference standard source Eu-152 (NBS) and the results were shown in the table 1.

The Health Physics Division, OAEF, inspected on 6249.3 gm of the neutron-irradiated Topaz using standard release limit 2 $\mu\text{Ci/gm}$ (74 Bq/gm). It was found that only 423.9 gm out of the total amount were over the standard release limit.

ในประเทศไทยได้ทำการปรับปรุงห้องปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือเชิงพาณิชย์ สำหรับเอกซเรย์ที่สมัยใหม่ ซึ่งได้ดำเนินการขยายห้องปฏิบัติการที่มีขนาดทดลองวิจัยผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือการถ่ายภาพรังสีด้วย TRR-1/1 ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ จึงได้มีการทดลองศึกษาเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับ การตรวจวัด การวัดรังสี การวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตรังสี สำหรับอัญมณีที่ผ่านกระบวนการดังกล่าว เพื่อตรวจสอบว่าอัญมณีเหล่านั้นมีความแรงรังสีจำเพาะไม่เกินระดับขีดจำกัดการตรวจปล่อย 2 nCi/gm (74 Bq/gm) ซึ่งกำหนดโดย คณะกรรมการร่างหลักเกณฑ์ระเบียบแนวปฏิบัติ อัญมณีฉายรังสี ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ขีดจำกัดการตรวจปล่อยนี้ได้รับการพิจารณาจากข้อมูลต่างๆทั้งด้านอันตรายจากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นในอัญมณี ระดับขีดจำกัดการตรวจปล่อยของนานาชาติ โดยเน้นความปลอดภัยจากกัมมันตภาพรังสีของผู้ใช้อัญมณีที่ผ่านกระบวนการ

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- หัววัดรังสีแบบ HPGe ของ Ortec รุ่น GEM-15200-P ประกอบด้วยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (Multichannel Analyzer) ขนาด 8192 ช่องของ Nuclear Data รุ่น ND65
- หัววัดรังสีแบบ NaI(Tl) ขนาด 2" x 1 1/2" ประกอบด้วยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบช่องเดียว (Singlechannel Analyzer)
- สารรังสีมาตรฐาน ยูเรเนียม-152 (NBS.)
- คาซึ่งไฟฟ้า
- ไมโครคอมพิวเตอร์แบบ IBM/PC ขนาดความจุหน่วยความจำ 640 กิโลไบต์ พร้อม อุปกรณ์ Hard disk ขนาดความจุ 20 เมกกะไบต์
- ตัวอย่าง 10ปาส มาบรังสีนิวตรอน จำนวนเนื้อหนัก 6240.9 กรัม

๒. การทดลอง และการคำนวณ

๒.1 การศึกษาองค์ประกอบสารกัมมันตรังสีของตัวอย่างโทปาสจอร์เจีย

ซึ่งนำหนักของโทปาสแต่ละเม็ด จดบันทึกน้ำหนัก แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธี แกมมาสเปกโตรเมตรี เพื่อศึกษาองค์ประกอบของสารกัมมันตรังสีของโทปาสจอร์เจีย

๒.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เพื่อหาองค์ประกอบของสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างโทปาสจอร์เจีย

สุ่มตัวอย่างโทปาสซึ่งผ่านการจอร์เจียไนตรอน แล้วทำการวิเคราะห์ผลด้วยเครื่องวัดรังสีแกมมา ของแต่ละโทปาสจอร์เจีย ซึ่งรังสีแกมมาที่วัดได้ระหว่างรังสีไนตรอนกับไอโซโทปซึ่งเป็นองค์ประกอบของโทปาสใช้ระบบการวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรี ซึ่งประกอบด้วย ตัววัดรังสีแบบ HPGe ของ ORTEC รุ่น GEM-15200-P ประกอบด้วยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง ของ Nuclear Data รุ่น ND65 ในส่วนของ การคำนวณและการประเมินผล ใช้ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ IBM/PC ขนาดหน่วยความจำ 640 กิโลไบต์ ดังแสดงในรูปที่ 1

นำโทปาสซึ่งผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์ดังกล่าวเรียบร้อยแล้ว ไปวิเคราะห์หาค่าครึ่งชีวิตของไอโซโทปรังสีแต่ละตัว เพื่อการประเมินผลชนิดของไอโซโทปรังสีซึ่งเป็นองค์ประกอบของโทปาสที่จอร์เจียไนตรอน

จากการสุ่มตัวอย่างโทปาสจอร์เจีย 6240.9 กรัม เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เพื่อหาองค์ประกอบไอโซโทปรังสี ในโทปาสจอร์เจีย ดังแสดงใน รูปที่ ๑

3.3 การวิเคราะห์เชิงปริมาณของไอโซโทปรังสีในตัวอย่างโทปาสวอยรังสี

3.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธีกับกมมาส์เปคโตรเมตรี

จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โทปาสวอยรังสี ดังกล่าวข้างต้น ทำให้สามารถวิเคราะห์ชนิดของไอโซโทปรังสี ซึ่งเกิดจากการนำเอาโทปาสไปฉายรังสีนิวตรอน จากนั้นการคำนวณความแรงรังสีของไอโซโทปแต่ละชนิด กระทำโดยนำไปเปรียบเทียบกับ สารรังสีมาตรฐาน (Standard source) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ ได้ใช้ ยูโรเปียม-152 (Eu-152) เป็นสารกัมมันตรังสีมาตรฐาน

ในการเปรียบเทียบอัตรานับรังสีจาก เครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง ประกอบด้วยทิว์วัดรังสีแบบ HPGe ขนาด 1.5" x 1.5" x 1.5" รังสีนิวตรอน และ ต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน ยูโรเปียม-152 ทำให้สามารถคำนวณความแรงของไอโซโทปรังสี ในตัวอย่างโทปาสวอยรังสีได้ จากการสุ่มตัวอย่างโทปาสวอยรังสีนิวตรอน 6240.9 กรัม ทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เพื่อหาความแรงรังสี

3.3.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยเปรียบเทียบอัตรานับรวม (Gross counts) กับต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน

ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณอีกวิธีหนึ่ง สามารถกระทำได้ โดยการเปรียบเทียบอัตรานับรวม กับต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน ในการทดลองครั้งนี้ได้ เปรียบเทียบอัตรานับรังสีจากเครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบช่องเดี่ยว (Single channel analyzer) ประกอบด้วยทิว์วัดรังสีแบบ NaI(Tl) ขนาด 2" x 1 1/2" ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2 จากการ เปรียบเทียบอัตรานับรวม ทำให้สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตรานับ (cpm/gm.) และ ความแรงรังสี (nCi/gm.) ของโทปาสวอยรังสีนิวตรอนได้ ดังแสดงความสัมพันธ์ไว้ในรูปที่ 4

3.4 ขั้นตอนในการตรวจสอบโทปาสลายรังสีนิวตรอน

3.4.1 ท่าการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ตามหัวข้อ 3.2

3.4.2 ท่าการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ตามหัวข้อ 3.2 และ 3.3.1

3.4.3 นำผลการวิเคราะห์ จากข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 มาประเมินความแรงรังสีจำเพาะโดยใช้ ระบบคอมพิวเตอร์ (IBM/PC) ผลการคำนวณเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ ของโทปาสลายรังสีนิวตรอน 2.52×10^{17} นิวตรอน ต่อ ตารางเซนติเมตร

4. มาตรฐานความปลอดภัย สำหรับการตรวจสอบ โทปาสลายรังสีนิวตรอน

ในการตรวจสอบโทปาสลายรังสีนิวตรอน โดย กongsu ภาพ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ได้ใช้ค่าระดับขีดจำกัดการตรวจปล่อย $2 \text{ nCi/gm. (74 Bq/gm.)}$ ซึ่งกำหนดโดย คณะกรรมการ ร่างหลักเกณฑ์ ระเบียบ และกฏปฏิบัติ อัญมณีฉายรังสีของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

ขีดจำกัดการตรวจปล่อยนี้ได้มีการพิจารณา จากข้อมูลต่างๆ ทั้งด้านอันตรายจากรังสี และกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้น จากระดับขีดจำกัดการตรวจปล่อย ของนานาประเทศ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 โดยเน้นความปลอดภัยจากกัมมันตรังสี ของผู้ใช้อัญมณีที่ผ่านขบวนการฉายรังสี

ในการตรวจสอบโทปาสลายรังสีนิวตรอน โดยกongsu ภาพ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันตินี้ได้ใช้ ค่าระดับขีดจำกัดการตรวจปล่อย $2 \text{ nCi/gm. (74 Bq/gm.)}$ เป็นเกณฑ์พิจารณาในแง่ของความปลอดภัย ต่อผู้ใช้ หรือมีไว้ในครอบครองโทปาสซึ่งผ่านขบวนการฉายรังสีนิวตรอน รวมทั้งได้ใช้ วิธีการตรวจสอบตามมาตรฐานจากข้อมูลหลายประเทศดังกล่าวข้างต้น เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้หรือมีไว้ในครอบครองโทปาสลายรังสีนิวตรอน

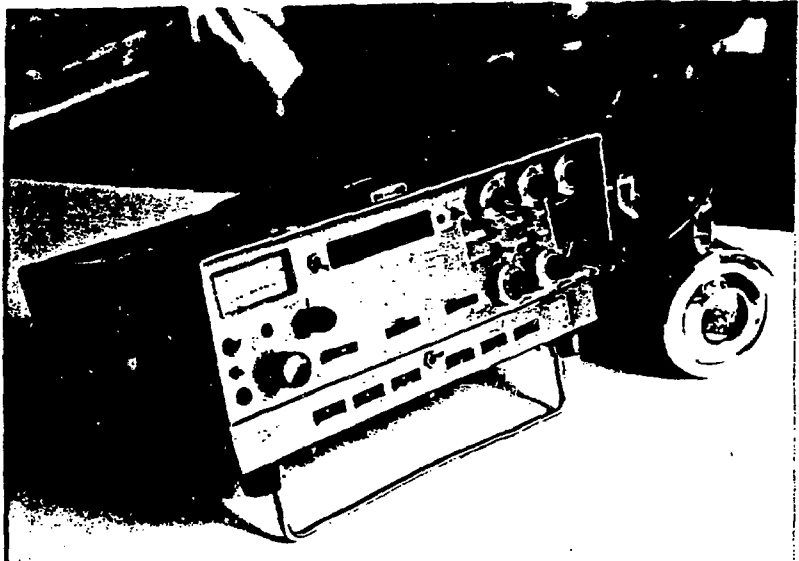
5. ผลการตรวจสอบโทปาสลายรังสีนิวตรอน

โทปาสลายรังสีนิวตรอนทั้งหมดจำนวน 4 ชุด น้ำหนักรวม 6240.9 กรัม ได้นำไปตรวจสอบตามขั้นตอนต่างๆที่ได้กล่าวถึง และนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานขีดจำกัดการตรวจปล่อย 2 $\mu\text{Ci/gm}$. ได้ผลว่าแต่ละชุดของโทปาสลายรังสีนิวตรอนที่มีปริมาณโทปาสประมาณ 90-97 % โดยน้ำหนัก ที่มีค่าความแรงรังสีต่ำกว่ามาตรฐานขีดจำกัดการตรวจปล่อยและโทปาสประมาณ 3-10 % โดยน้ำหนัก ที่มีค่าความแรงรังสีเกินมาตรฐานขีดจำกัดการตรวจปล่อยจากตารางที่ 3 ผลที่ได้จะไม่สอดคล้องกับความแรงรังสีเฉลี่ยในตารางที่ 1 นั้น เนื่องจากโทปาสบางเม็ดมีความแรงรังสีสูงกว่ามาตรฐานขีดจำกัดการตรวจปล่อยอยู่มาก

รูปที่ 1



รูปที่ 1 ชุดเครื่องวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และชุดประเมินผล



รูปที่ 2 ชุดเครื่องวิเคราะห์เชิงปริมาณ

Counts

67 KeV Ta-18

85 KeV Ta-182

100 KeV Ta-182

152 KeV Ta-182

229 KeV Ta-182

264 KeV Ta-182

222 KeV Ta-182

889 KeV Sc-46

1121 KeV Ta-182 + Sc-46

1189 KeV Ta-182

1221 KeV Ta-182

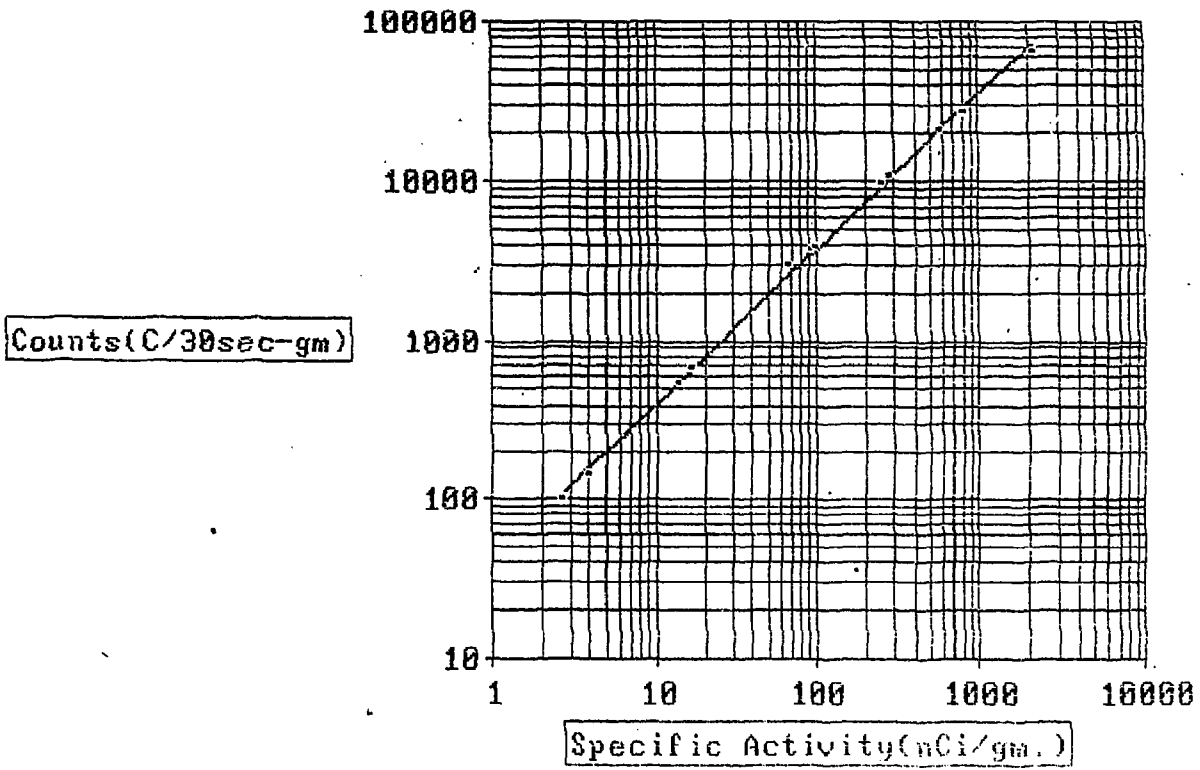
1231 KeV Ta-182

Energy (KeV)

Neutron-Irradiated Topaz spectrum

3 2415000 10191000000

Calibration Curve



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ ระหว่างอัตราการนับ (Counts/30sec-gm) และความแรงรังสีจำเพาะ (nCi/gm.)

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณความเข้มข้นรังสีไอโอดีนของผลิตภัณฑ์อาหารรังสีไอโอดีน

CATEGORY	น้ำหนัก (gm)	ความเข้มข้นสูงสุด (nCi/gm)	ความเข้มข้นต่ำสุด (nCi/gm)	ความเข้มข้นเฉลี่ย (nCi/gm)
AMNAT-1	1795.9	864.15	0.01	5.73
AMNAT-2	1308.3	35.99	0.01	1.19
AMNAT-3	1052.7	128.00	0.01	3.37
AMNAT-4	2084.2	803.25	0.01	10.96

ตารางที่ 2 ค่ากำหนด ระดับขีดจำกัดการตรวจปล่อยไอโอดีนในอาหาร

ประเทศ	ขีดจำกัดการตรวจปล่อย (RELEASE LIMIT)
West Germany, Italy, Japan, Hong Kong, Taiwan	2 nCi/gm
Canada, U.S.A.	1 nCi/gm
Great Britain	2.7 nCi/gm
Thailand	2 nCi/gm

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักของโทปาสองเยื้องที่มีสารอนินทรีย์สูงกว่าและต่ำกว่า ค่ามาตรฐานขีดจำกัดการปนเปื้อน

CATEGORY	น้ำหนัก (gm)	ขีดจำกัดการตรวจปล่อย (2 mCi/gm)	
		สูงกว่า	ต่ำกว่า
AMNAT-1	1795.0	6.6 %	93.4 %
AMNAT-2	1308.3	2.9 %	97.1 %
AMNAT-3	1053.7	8.0 %	92.0 %
AMNAT-4	2084.2	8.8 %	91.2 %

สรุปผลและวิจารณ์

การตรวจสอบโทปาสซึ่งผ่านขบวนการฉายรังสีนิวตรอน เป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับด้านสุขภาพ และอันตรายของประชาชนที่เป็นผู้ใช้ หรือมีไว้ในครอบครอง จากการศึกษาโทปาสซึ่งผ่านขบวนการฉายรังสีนิวตรอน จนได้รับค่า neutron fluence เท่ากับ 2.52×10^{17} นิวตรอน ต่อ ตารางเซนติเมตร และปล่อยให้สลายตัวเป็นเวลานาน 100 วัน นำมาทำการตรวจสอบโดยวิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี ผลปรากฏว่าโทปาสที่ทำการตรวจสอบจำนวน 6240.9 กรัม มีโทปาสฉายรังสีเพียง 428.9 กรัม ที่มีระดับความแรงรังสีเกิน 2 nCi/gm. จำนวนที่เหลือจะมีระดับความแรงรังสีต่ำกว่า 2 nCi/gm. ซึ่งค่ามาตรฐานขีดจำกัดการตรวจปล่อย มีค่าเท่ากับ 2 nCi/gm. และสารกัมมันตรังสีที่สามารถทำการตรวจพบมีเพียง Ta-182 และ Sc-46 เท่านั้น นอกนั้นได้สลายตัวหมดไปก่อนที่จะนำมาทำการตรวจวัด

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นจะเป็นข้อมูลในการกำหนดระยะเวลา ขึ้นก่อนนำมาตรวจสอบอัญมณีฉายรังสี และกำหนดเป็นมาตรฐานการตรวจสอบอัญมณีฉายรังสีต่อไป ซึ่งผู้ใช้กำหนดมาตรฐานการตรวจสอบอัญมณีฉายรังสีก่อนที่จะอนุญาตส่งมอบแก่ผู้เป็นเจ้าของ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้อัญมณีดังกล่าว