บทที่ 3

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองวิเคราะห์แร่โมนาไซท์โดยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ แยกออกเป็น 3 ส่วนดังนี้ คือ

3.1 ต้นกำเนิดรังสี

3.2 สารตัวอย่างและสารมาตรฐาน

3.3 เครื่องวัดรังสีเอกซ์

3.1 ต้นกำเนิดรังสี

ในการทดลองได้ใช้ต้นกำเนิดรังสี 4 ชนิด คือ Am^{241}, Pu^{238}, Pm^{147}/Al และ Tm^{170} ดังมีคุณสมบัติตามตารางที่ 3.1[1] และลักษณะของสเปคตรัมเมื่อวัดด้วยหัววัด Si(Li)

3.2 สารตัวอย่างและสารมาตรฐาน

สารตัวอย่างแร่โมนาไซท์จำนวน 16 ตัวอย่างได้มาจากเหมืองเจ้าฟ้า จังหวัดภูเก็ต ลักษณะกายภาพเป็นเม็ดทรายเล็กๆ มีสีออกเหลือง บางตัวอย่างมีสีเหลืองปนน้ำตาลถึงสีดำปนอยู่ด้วยซึ่งเป็นแร่โมนาไซท์ที่ยังไม่บริสุทธิ์ ความเข้มข้นของแร่โมนาไซท์อยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 75 ถึง 90 นอกจากนั้นเป็นแร่ที่ปะปนอยู่ด้วย เช่น แร่ดีบุก, แทนทาไลท์ และ โคลัมไบท์ เป็นต้น

---

[1]The Radiochemical Centre, Radioactive Low Energy Photon Sources. Technical Bulletin (Amersham: The Radiochemical Centre. 1072), p. 4.

ต้นกำเนิดรังสี	ครึ่งชีวิต (ปี)	ชนิดรังสี	พลังงานkeV.	ร้อยละ	ปริมาณ (mCi)
Am-241 disc source	458	Np L.X-Ray Gamma	11.9 -22.2 59.57	37 36	10
Pm-147/Al annular source	2.62	Bremsstra -hlung	10 - 100	0.4	500
Pu-238 annular source	86	U L.X-Ray	11.6 -21.7	13	10
Tm-170 annular source	0.348	Yb K.X-Ray Gamma	52.0 -59.7 84.3	4.5 3.3	1000

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติทางนิวเคลียร์ของต้นกำเนิดรังสี ที่ใช้ในการทดลอง

สารมาตรฐานได้จากการผสมสารเคมีจำพวกออกไซด์ของสารประกอบชนิดต่างๆ ที่ทราบชนิดและปริมาณโดยแน่นอน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

หัววัดรังสีเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด Lithium drifted silicon[2] มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับวัดโฟตอนพลังงานต่ำหรือระดับรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของธาตุ ช่วงที่ใช้งานได้ดีที่สุด คือ ช่วงพลังงาน 1-60 keV. (หรือความยาวคลื่น 12.4 ถึง 0.21 อังสตรอม)

---

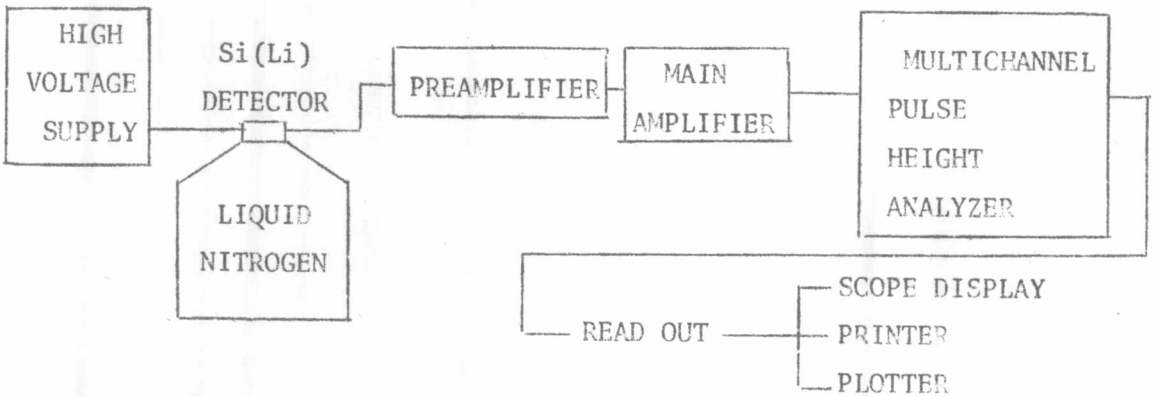
[2] ORTEC, 7000 Series Si(Li) X-Ray Detector (ORTEC Lncorporated., 1970), pp. 1-10.

3.3 เครื่องวัดรังสีเอกซ์

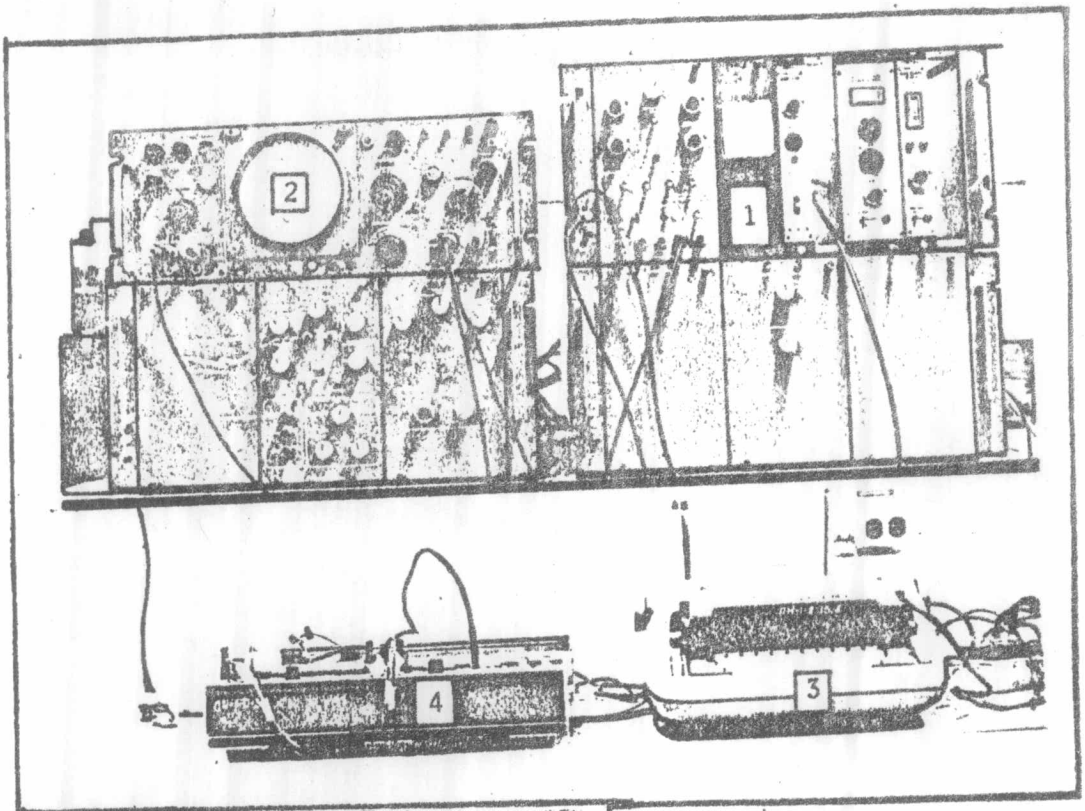
เครื่องวัดรังสีเอกซ์มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

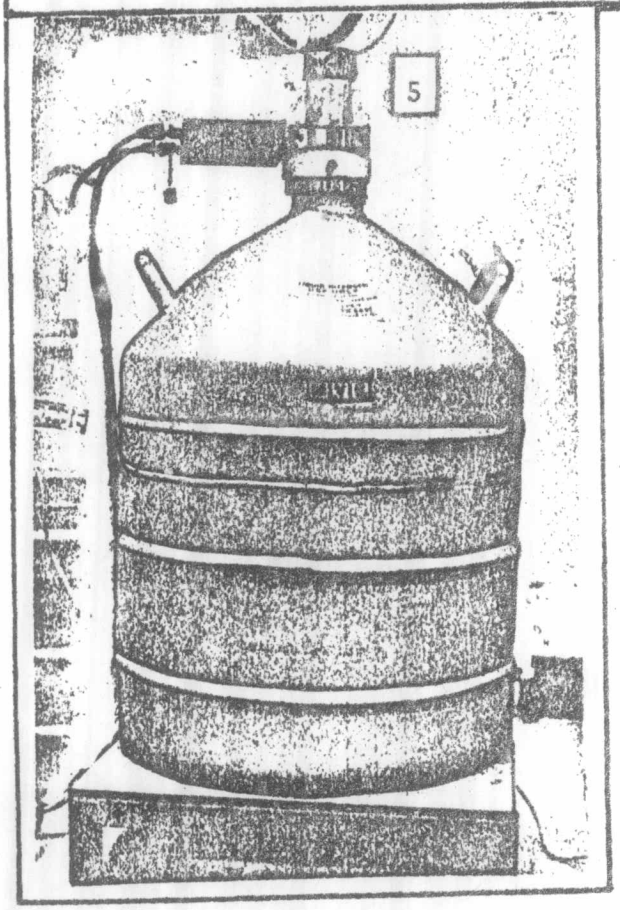
1. ORTEC 7000 Series Si(Li) X-Rays Detector
   - 1.1 Lithium-drifted Silicon diode 6mm.x 5.15mm.
   - 1.2 Low noise cryogenic preamplifier
   - 1.3 Cryostat
   - 1.4 Liquid Nitrogen reservoir dewar
2. ORTEC Model 459 Power Supply
3. ORTEC Model 716A Amplifier
4. Type ND 2200 Multichannel Pulse Height Analyzer
5. Type RM 503 Oscilloscope
6. IBM Electric Typewriter
7. Hewlett-Packard Type 7004B X-Y Recorder

ส่วนประกอบสำคัญคือ Lithium drifted silicon diode



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงเครื่องวัดรังสีเอกซ์โดยหัววัดรังสี Si(Li)



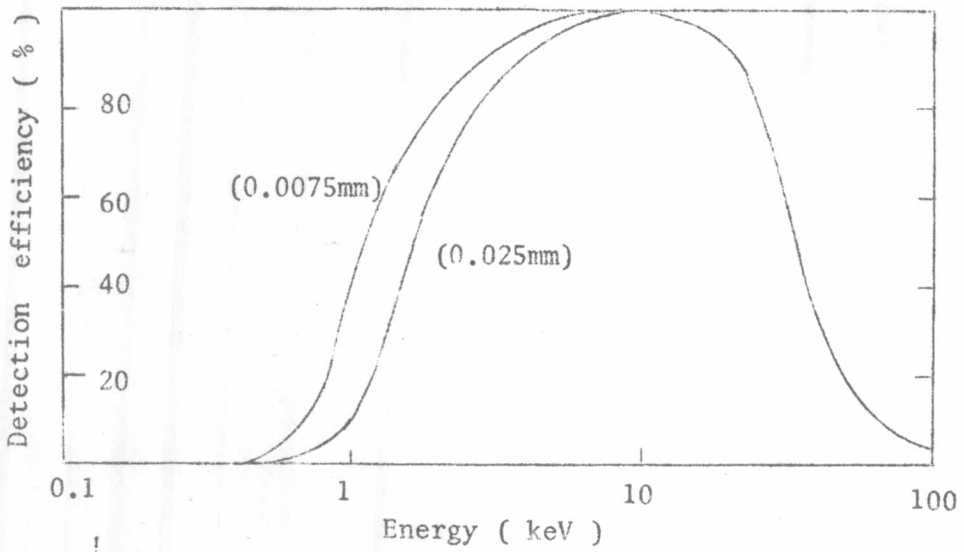


รูปที่ 3.2แสดงเครื่องมือวัดรังสีเอกซ์ ประกอบด้วย

1. Multichannel Analyzer
2. Oscilloscope
3. Printer
4. X-Y Recorder
5. Si(Li) Detector

ลักษณะรูปรางทรงกระบอกดานรับรังสีวงกลมเสนผาศูนยกลาง 6 มม. ความสูง 5.5 มม. ตอกับ Field effect transistors ซึ่งเปนสวนแรกของ Preamplifier บรรจุอยูใน Cryostat ซึ่งตองรักษาใหอยูในระดับอุณหภูมิไนโตรเจนหลว (77 - 120°K) เพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

หนาตางรับรังสีเบอริลเลียมมีความหนา 0.025 มม. ระยะหางจากหนาตางรับรังสีถึงผิวหนาผลึก Si(Li) 7 มม. ความหนาของหนาตางมีผลตอประสิทธิภาพของการวัดรังสี (Efficiency) ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงประสิทธิภาพในการวัดรังสีของหัววัดรังสีแบบ Si(Li) ณ พลังงานตางๆ เมื่อใชหนาตางเบอริลเลียมความหนาตางกัน

จากรูปที่ 3.3 ซึ่งแสดงประสิทธิภาพในการวัดรังสีเอกซ ณ พลังงานตางๆ หมายความถึงโอกาสที่โฟตอนพลังงานใดๆ วิ่งเขาสูผิวหนาของผลึก Si(Li) โดยตรงแลวเขาสูการนับ ถาเปนโฟตอนชนิดพลังงานต่ำจะมีปญหาเนื่องจากการสูญเสียพลังงานในการทะลุผานหนาตางรับรังสีเบอริลเลียม นอกจากนี้ยังมีการสูญเสียพลังงานใน Dead layer ของผิวหนาผลึก Si(Li) ซึ่งมีความหนาประมาณ 0.1 ไมโครเมตรและ Gold surface-barrier contact หนาประมาณ 200 อังสตรอม

การกำหนดคุณสมบัติอีกประการหนึ่งของหัววัด Si(Li) คือความสามารถในการแยกวัดพลังงาน (Resolution) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ[3]

$$\text{FWHM (eV)} = \left[P^2 + (2.35\sqrt{EWF})^2 \right]^{1/2} \qquad (3.1)$$

โดยกำหนด

FWHM = Full Width at Half Maximum คือขนาดพลังงานคิดจากส่วนกว้างของครึ่งหนึ่งความสูงยอดพีค

P = Noise pulses to Preamplifier

E = พลังงานรังสีโฟตอนขนาดใดๆ หน่วย eV.

W = ค่าคงที่จากพลังงานที่ทำให้เกิด Electron-hole pair = 3.8 keV. สำหรับอะตอมของซิลิกอน

F = ค่าคงที่เรียก Fano factor ซึ่งเป็นสัดส่วนของ Variance (σ^2) ต่อ Yield ซึ่ง Yield, Y นี้เป็นจำนวนคู่ของ electron-hole ที่เกิดขึ้นจากการรับพลังงานของโฟตอน E โดย $Y = E/W$ และ $F = \sigma^2/(E/W)$ สำหรับซิลิกอนค่า F = 3.8 eV.

= Variance คือส่วนของพลังงานที่ไปทำให้เกิดความร้อน

ถังบรรจุไนโตรเจนเหลวมีขนาดความจุ 30 ลิตร เพื่อให้ผลึก Si(Li) อยู่ในระดับอุณหภูมิ 77°K ถึง 120°K (ประมาณ -196°C ถึง -153°C) และเพื่อทำให้หัววัดมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด

---

[3] Ibid.