หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ในการวัดรังสี

3.1.1 หัววัดรังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ (γ-ray and X-ray detectors)

ในปัจจุบันหัววัดรังสีชนิดสารกึ่งตัวนำ (semiconductor detector)[11] ได้มีการพัฒนาอย่างมาก และมีแนวโน้มว่าการใช้หัววัดรังสีชนิดนี้นั้นในการวัดรังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ จะทำจากธาตุเจอร์เมเนียมที่มีความบริสุทธิ์สูง (high purity germanium) คือมีสิ่งเจือปน (impurity) อยู่ประมาณ 10^{10} อะตอมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรหรือประมาณ 1 ใน 10^{12} อะตอมของธาตุเจอร์เมเนียม ทั้งนี้เนื่องจากหัววัดรังสีที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทนี้ที่ผลิตออกมาในตอนต้นสามารถใช้วัดรังสีแกมมา และรังสีเอกซ์ได้เฉพาะในช่วงพลังงานตั้งแต่ 3 KeV ถึง 1 MeV เท่านั้น และจะใช้หัววัดรังสีกึ่งตัวนำชนิด Ge(Li) ในการวัดพลังงานในช่วงตั้งแต่ 100 KeV ถึง 10 MeV แต่ในขณะนี้หัววัดรังสีกึ่งตัวนำชนิดนี้ได้รับการพัฒนาจนสามารถใช้วัดรังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานตั้งแต่ 3 KeV ถึง 10 MeV นอกจากนี้หัววัดรังสีกึ่งตัวนำชนิดนี้สามารถตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในขณะไม่ได้ใช้งานได้โดยที่ผลึกเจอร์เมเนียมจะไม่เกิดการเสียหาย

ผลึกของเจอร์เมเนียมจะถูกทำให้เป็นสารกึ่งตัวนำชนิด p-type หรือ n-type และมีรูปทรงเป็น planar หรือ coaxial นั้นขึ้นอยู่กับว่าจะนำไปใช้ในการวัดรังสีที่มีพลังงานอยู่ในช่วงใด ตัวอย่าง เช่น ถ้าเป็นชนิด p-type และทำเป็นรูปทรง planar ก็จะใช้กับการวัดรังสีพลังงาน 3 KeV ถึง 1 MeV หรือถ้าเป็น n-type และมีรูปทรงเป็น coaxial จะใช้สำหรับวัดรังสีในช่วงพลังงานตั้งแต่ 3 KeV ถึง 10 MeV

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะของหัววัดรังสีที่งตัวนำส่วนของ cryostat ทำเป็นสูญญากาศ บรรจุส่วนของผลึกเจอร์เมเนียม และ FET (field effect transistor) ของภาคขยายส่วนหน้า (preamplifier) ไว้ และจะอยู่ที่อุณหภูมิ 77 K ในขณะใช้งานซึ่งเป็นอุณหภูมิของไนโตรเจนเหลวที่บรรจุไว้ในส่วนของถังเก็บ (liquid nitrogen dewar)

การทำงานของหัววัดรังสี เมื่อรังสีแกมมา หรือรังสีเอกซ์ ผ่านเข้าไปยังผลึกของเจอร์เมเนียมรังสีจะถ่ายเทพลังงานให้ผลึกอันเนื่องจากการเกิดอันตรกิริยาทำให้เกิดอิเลคตรอน และโฮลขึ้น สำหรับเจอร์เมเนียมรังสีแกมมาหรือรังสีเอกซ์พลังงาน 2.96 eV (ε) จะทำให้เกิดอิเลคตรอน และ โฮลขึ้น 1 คู่ ดังนั้นจำนวนอิเลคตรอน-โฮลที่เกิดขึ้นจากรังสีแกมมาหรือรังสีเอกซ์พลังงาน E MeV ($E \times 10^6$ eV) สามารถหาได้จากสมการ

$$Q_D = \frac{Ee}{\varepsilon}$$

e คือ ประจุของอิเลคตรอน = 1.6×10^{-19} คูลอมบ์

อิเลคตรอนที่เกิดขึ้นจะวิ่งไปยังขั้วศักดาไฟฟ้าเป็นบวก และโฮล จะวิ่งไปยังขั้วศักดาไฟฟ้าที่เป็นลบโดยสนามไฟฟ้าที่เกิดจากความต่างศักย์ระหว่างขั้ว ทำให้เกิดสัญญาณไฟฟ้าขึ้น ซึ่งจะเกิดภายใน 10^{-9} วินาทีหลังจากการเกิดอันตรกิริยาแต่ละครั้งปริมาณของประจุที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีที่เข้าสู่หัววัดรังสี แล้วถ่ายเทพลังงานให้

3.1.2 high voltage power supply

เป็นแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าแรงสูง ที่เป็นกระแสตรงให้กับหัววัดรังสี เพื่อใช้สร้างสนามไฟฟ้าแก่หัววัดรังสี และค่าศักดาไฟฟ้าให้แก่หัววัดรังสีจะต้องมีค่าหนึ่งที่เป็นแรงดันไฟฟ้าขณะใช้งาน (operating voltage)

3.1.3 preamplifier

จะทำหน้าที่เปลี่ยนปริมาณของประจุจากหัววัดรังสีให้เป็น voltage pulse และตัดสัญญาณที่ไม่ต้องการ (noise) ออก ขนาดของ voltage pulse ที่เกิดขึ้น (V_o) แสดงได้ดังสมการ

$$V_o = \frac{Q_D}{C_f}$$

C_f คือ feedback capacitance (pF)

3.1.4 amplifier จะรับสัญญาณที่ออกจาก preamplifier คือ V_o มาขยายให้ใหญ่ขึ้น และแต่งสัญญาณ (pulse shaping) เพื่อป้องกันการเหลื่อม (overlap) ของสัญญาณ และ เพิ่มอัตราส่วนของสัญญาณที่ต้องการต่อสัญญาณที่ไม่ต้องการ

3.1.5 เครื่องวิเคราะห์ความสูงพัลส์แบบหลายช่อง (multichannel pulse height analyzer) สัญญาณที่ออกจาก amplifier เป็นสัญญาณอนาลอก (analog) จะถูกส่งเข้าสู่ส่วนของ ADC (analog to digital converter) เพื่อเปลี่ยนขนาดความสูงของสัญญาณอนาลอกให้กลายเป็นสัญญาณลอจิก (logic) เพื่อระบุตำแหน่งในระบบความจำ ซึ่งก็คือการระบุหมายเลขช่องนั่นเอง จำนวนครั้งของเหตุการณ์จะถูกบันทึกไว้ในระบบความจำ และรายงานผลออกมาทางส่วนของการรายงานผล

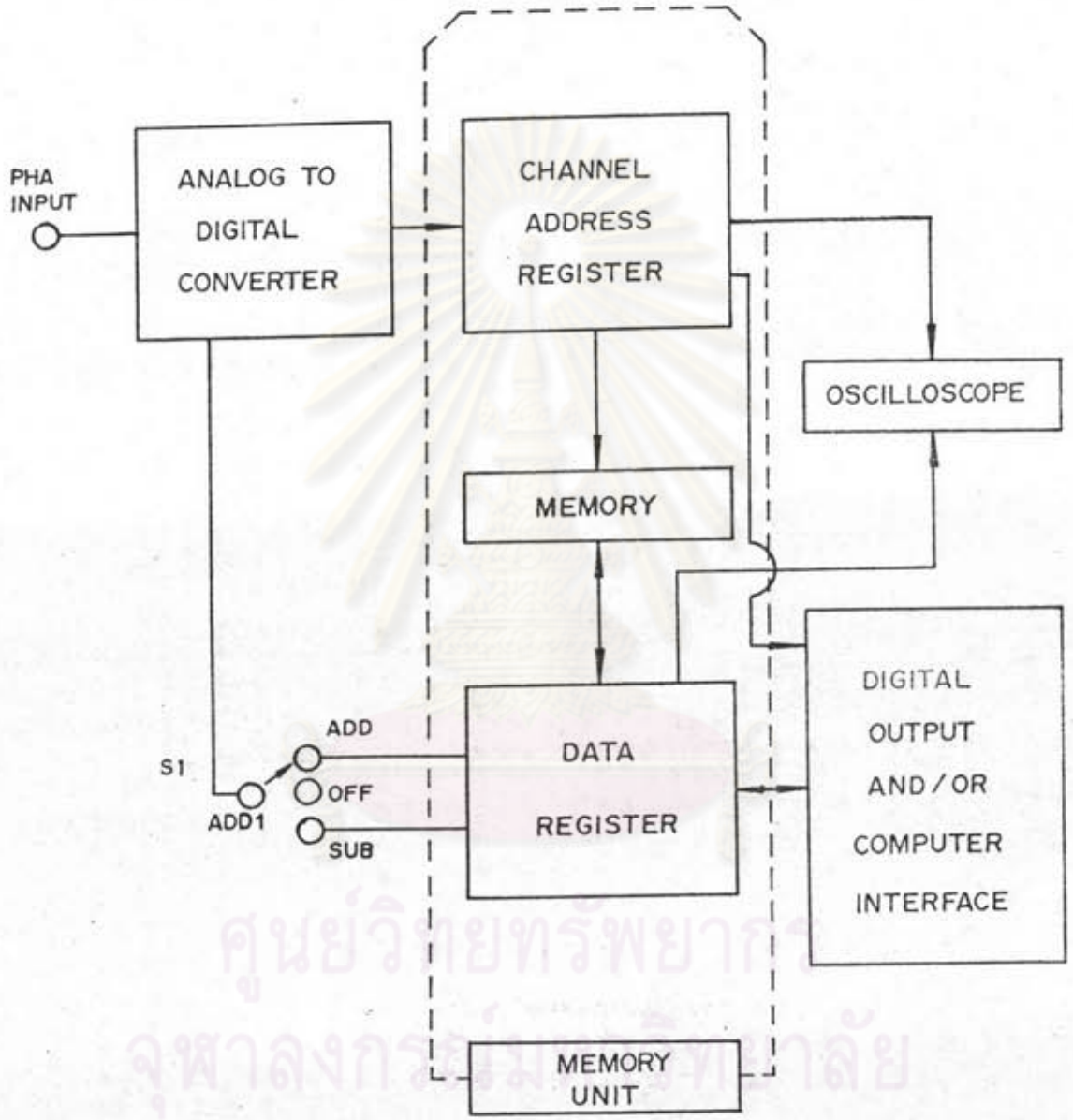
3.1.6 ส่วนของการรายงานผล ในขณะที่ทำการวัดรังสีจะมีการแสดงผลเป็นสเปคตรัม (spectrum) ออกทาง oscilloscope ภายหลังการวัดรังสีเสร็จเรียบร้อยจะมีการรายงานผลเป็นตัวเลขทางเครื่องพิมพ์ (printer) หรือเขียนเป็นสเปคตรัมออกทางเครื่องวาดกราฟ (plotter)

3.2 <u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง</u>

3.2.1 ต้นกำเนิดนิวตรอน นิวตรอนที่ใช้ในการทดลองนี้ได้จากการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเพื่อการวิจัย -1/ปรับปรุง-1 (ปปว-1/1) ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ขณะเดินเครื่องที่กำลัง 1 เมกกะวัตต์ (ความร้อน)

3.2.2 อุปกรณ์ในการวัดรังสี ประกอบด้วย

3.2.2.1 หัววัดรังสีกึ่งตัวนำชนิดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูงของบริษัท ORTEC แบบ 1113-25360 ซึ่งเป็นหัววัดรังสีที่ใช้สำหรับวัดรังสีแกมมาพลังงานต่ำ (low energy



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ความสูงพัลส์แบบหลายช่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

photon detector)ในช่วง 30-1000 KeV ผลึกเจอร์เมเนียมทำเป็นไดโอด (diode) ชนิด p-type รูปทรงของผลึกทำเป็นรูปแผ่น มีพื้นที่ผิวในการรับรังสี (active area) 500 ตารางมิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ส่วนผลึกที่ไวต่อรังสีมีความลึก (sensitive depth) 10 มิลลิเมตร หน้าต่างรับรังสีทำด้วยเบริลเลียมหนาประมาณ 0.025 มิลลิเมตร และระยะจากหน้าต่างรับรังสีถึงผิวหน้าผลึก 6 มิลลิเมตร

ผลึกของเจอร์เมเนียม และ low noise cryogenic preamplifier บรรจุอยู่ในสูญญากาศในส่วนของ croystat อุณหภูมิของผลึกขณะใช้งานประมาณ 77 K ได้จากไนโตรเจนเหลว ที่บรรจุอยู่ในถังเก็บไนโตรเจนเหลว ขนาด 30 ลิตร

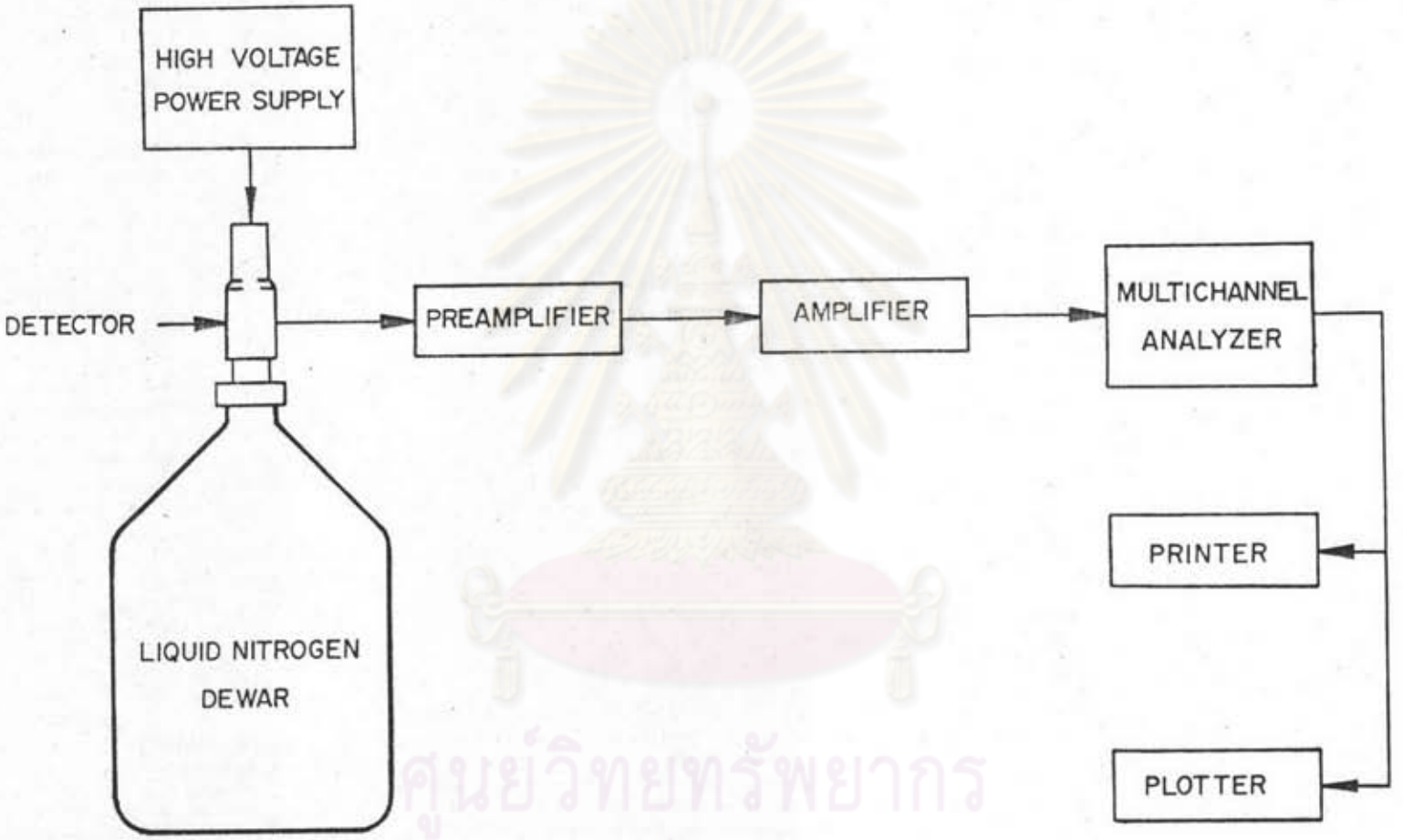
3.2.2.2 ORTEC 459 high voltage power supply 0-5 kV

3.2.2.3 ORTEC 575 spectroscopy amplifier

3.2.2.4 ND 62 multichannel pulse height analyzer

3.2.2.5 CENTRONIC 122 graphics

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 แสดงแผนภาพระบบการวัดรังสีแกมมา ด้วยหัววัดรังสีแกมมาชนิดสารกึ่งตัวนำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย