บทที่ 4

เครื่องมือที่ใช้วัดรังสี

ปัจจุบันมีเครื่องมือสำหรับวัดรังสีหลายชนิด แต่ละชนิดมีข้อดีและข้อเสีย รวมทั้งจุดประสงค์และความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันไป เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ

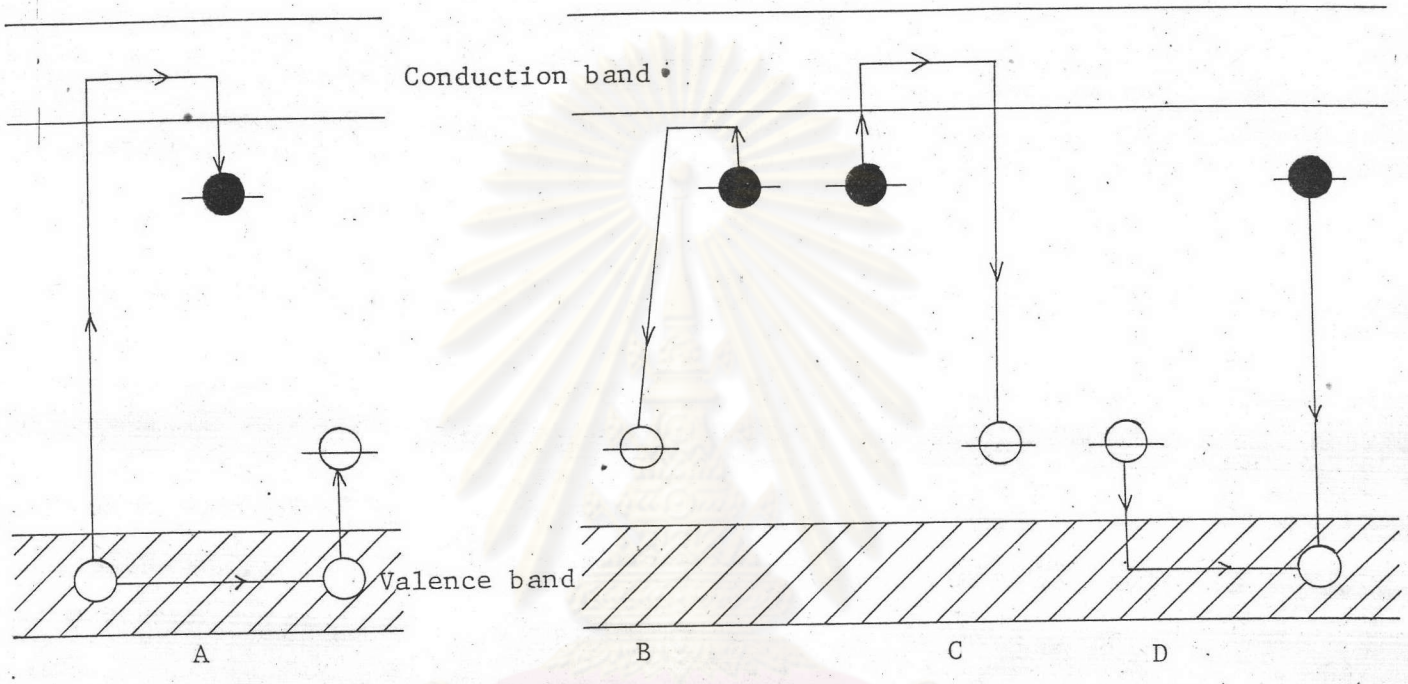
4.1 Thermoluminescent Dosimeter (TLD)

เครื่องวัดแบบนี้มีหลักการว่า สารบางชนิดเมื่อได้รับพลังงานจากรังสี สามารถเก็บพลังงานนี้ไว้ใน metastable energy states และเมื่อให้ความร้อนแก่สาร สารนั้นจะคายพลังงานออกมาในรูปของแสง ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า thermoluminescence และได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการวัดปริมาณรังสี ตัวอย่างของสารดังกล่าวนี้ได้แก่ LiF และ CaF_2 เป็นต้น การนำมาใช้งานเป็นการวัดปริมาณรังสีที่สะสมในช่วงเวลานานเท่าที่ต้องการ แล้วจึงนำมาอ่าน ทำนองเดียวกับฟิล์มแบดจ์ (film badge)

สารที่นำมาใช้ทำเป็น TLD จะเติมสารแปลกปลอม (impurities) ลงไปด้วยเล็กน้อยเพื่อทำให้เกิดระดับพลังงานระหว่าง valence band และ conduction band เมื่อได้รับรังสี อิเล็กตรอนจะกระโดดขึ้นไปใน conduction band ทิ้ง holes ไว้ใน valence band บางส่วนของ อิเล็กตรอน และ holes จะรวมกันทันที หรือบางส่วนถูกจับไว้ใน metastable state ซึ่งคงอยู่ในสภาพเป็นเวลานาน (รูป 4.1 A) เมื่อได้รับความร้อน อิเล็กตรอน และ holes ที่ถูกจับไว้จะเป็นอิสระ และมารวมกันทันที (รูป 4.1 B) หรือ ผ่านที่ conduction band ก่อน (รูป 4.1 C) และ valence band (รูป 4.1 D) ก่อนจึงจะรวมกันและปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสง (21,22)

เมื่อต้องการนำ TLD มาอ่านค่า ในเครื่องมือจึงต้องประกอบด้วยส่วนที่ให้ความร้อนแก่ TLD ส่วนที่นับวัดแสงซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ photomultiplier

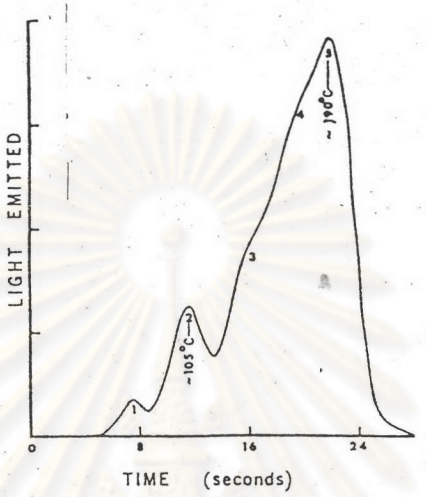
tube และแสดงผลออกเป็นค่าของตัวเลข



เมื่อได้รับพลังงานรังสี เมื่อได้รับพลังงานความร้อน

รูป 4.1 แสดงแบบจำลองการทำงานของ TLD

กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแสงที่ให้ออกมากับเวลาที่ใช้ให้ความร้อน และอุณหภูมิเรียกว่า "glow curve" โดยที่เมื่อให้อัตราความร้อน (heating rate) ที่ใช้มีค่าคงที่ทุกครั้ง glow curve ที่ได้จะมีรูปร่างคล้ายกัน ในผลึกของ TLD ทั่วๆ ไปจะมีจำนวนชั้นพลังงานของอิเล็กตรอนหลายค่า เพราะฉะนั้น glow curve จึงมียอด (peak) หลายค่าซึ่งขึ้นอยู่กับพลังงานในแต่ละชั้น glow curve ของผลึก TLD แต่ละชนิดมีรูปร่างต่างกันเนื่องจากมีชั้นของพลังงานไม่เหมือนกัน



รูป 4.2 glow curve ของ LiF (TLD - 100)
เมื่อได้รับการเผา 1 ชม. ที่ 400 ° ซ
และอ่านทันทีหลังจากได้รับรังสี 100 R (22,23)

ถ้ายอดของ glow curve เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำๆ แสดงว่าเป็นการเก็บอิเล็กตรอนในชั้นที่มีพลังงานน้อยๆ ในทางปฏิบัติมักจะใช้ผลึก TLD ที่อุณหภูมิของ glow curve สูงกว่าอุณหภูมิห้องพอสมควร เพื่อให้แน่ใจว่าหลังจากได้รับรังสี แล้วนำมาเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง เพื่อรอการอ่านปริมาณรังสีจากเครื่อง จะไม่มีแสง thermoluminescence ออกมาก่อนเนื่องจากอุณหภูมิของห้อง แต่ลักษณะของ glow curve เปลี่ยนแปลงได้โดยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น อัตราความร้อนที่ให้แก่ TLD ความคงสภาพของ TLD ขนาดรูปร่างและความสามารถในการนำความร้อน ระดับปริมาณรังสีที่ให้แก่ TLD ชนิดของรังสี รวมทั้งการ anneal* ด้วย

---

* การ anneal คือการนำ TLD ไปอบโดยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่เพื่อให้อิเล็กตรอนที่ยังเหลือตกค้างในชั้นพลังงานหลุดออก

การวิจัยนี้ใช้ TLD ชนิด LiF ที่มี Mg และ Ti เป็นสารแปลกปลอม TLD ชนิดนี้มีชื่อเรียกในทางการค้าว่า TLD-100 ในการนำไปใช้ อัตราส่วนของปริมาณแสงเมื่อนำเข้าเครื่องวัดจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ตกกระทบจนถึงปริมาณรังสีประมาณ 1000 R glow curve ของ TLD-100 จะมียอดทั้งหมด 5 ยอด ดังแสดงในรูปที่ 4.2 หลังจากนำเอา TLD-100 ไปอาบรังสีแล้วปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ปริมาณแสงที่ยอดทั้ง 5 จะลดลงครึ่งหนึ่ง ในช่วงเวลา 5 นาที 10 ชั่วโมง 0.5 ปี 7 ปี และ 80 ปี ตามลำดับ ยอดที่เหมาะสำหรับวัดรังสีคือยอดที่ 4 และ 5 เพราะยอดที่ 1 ถึง 3 สามารถลดลงไปได้ ระหว่างเวลาที่อาบรังสีและเวลาที่นำมาอ่าน เมื่อนำมาอ่านพื้นที่ใต้ curve ค่าที่ได้จึงไม่แน่นอน วิธีการกำจัดยอดที่อุณหภูมิต่ำๆ คือ ใช้วิธี anneal ที่เหมาะสม TLD ที่อาบรังสีและนำไปเข้าเครื่องอ่านแล้วก่อนที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ต้องนำไป anneal เพื่อที่จะให้อิเล็กตรอนที่ยังเหลือตกค้างอยู่ในชั้นของพลังงานหลุดออกมาให้หมด ซึ่งจะทำให้วัดปริมาณรังสีครั้งใหม่ได้ถูกต้อง

ปัจจุบันการ anneal TLD ก่อนการอาบรังสีที่นิยมใช้มีอยู่ 2 วิธี คือ

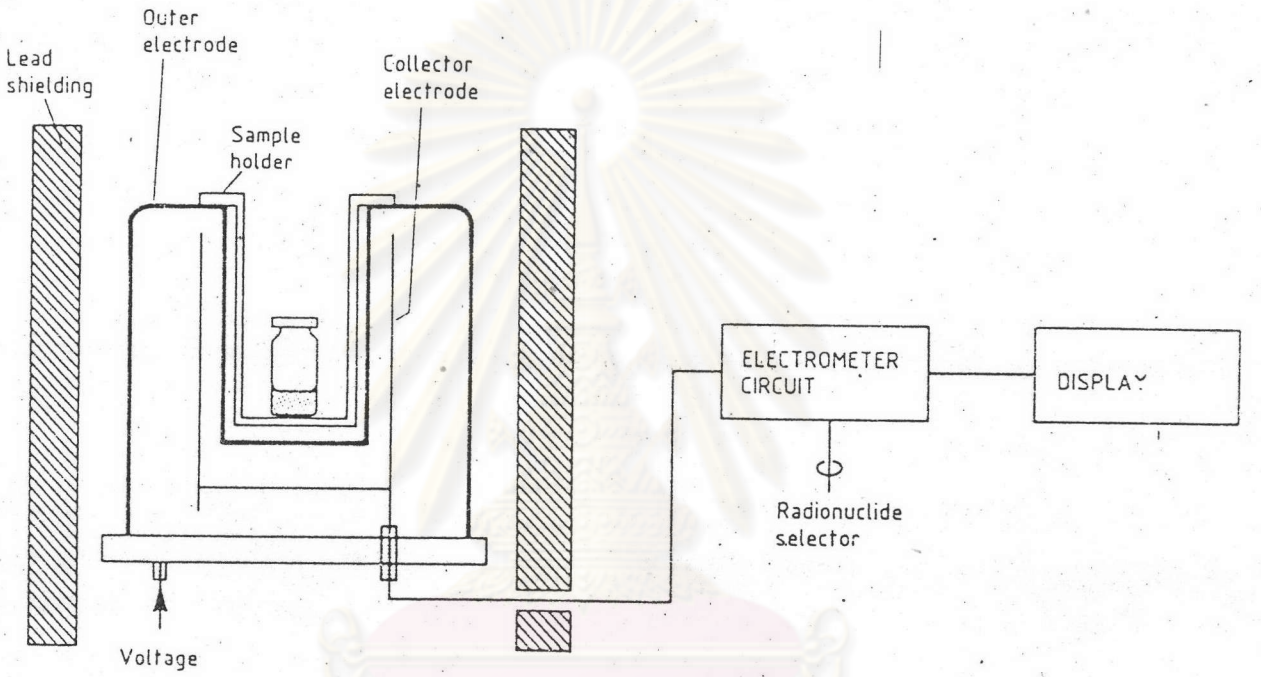
1. anneal โดยใช้อุณหภูมิ 400 °ซ เป็นเวลา 1 ชม. และ 80 °ซ เป็นเวลา 24 ชม. แล้วเอา TLD ออกจากเตาอบทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง(22) หรือ

2. anneal โดยใช้อุณหภูมิ 400 °ซ เป็นเวลา 1 ชม. และ 100 °ซ 2 ชม. แล้วเอา TLD ออกจากเตาอบทิ้งไว้จนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง(24)

4.2 Dose Calibrator

เครื่องมือ dose calibrator เป็นเครื่องวัดรังสีแบบ ionization chamber แบบหลุม ซึ่งกันรังสีแกมมาจากภายนอก ปริมาณรังสีของสารที่ต้องการวัดจะถูกวัดได้โดยรังสีจะไปทำให้ก๊าซใน chamber แตกตัวไอออนผ่านขั้ว electrode ซึ่ง ionization current จะถูกเปลี่ยน และแสดงผลให้อยู่ในรูปหน่วยของปริมาณรังสีคือ เบกเคอเรล (Becquerel) หรือ คูรี (Curie) ปริมาณของ ionization current เป็นสัดส่วน กับปริมาณรังสีของสารที่นำมาวัด เมื่อวางอยู่ในตำแหน่ง (geometry) ที่คงที่ แต่อย่างไรก็ตาม ในการใช้งานเพื่อวัดสารรังสีชนิดต่างๆ ต้องคำนึงถึงชนิดของพลังงานและปริมาณ ของรังสีที่ต้องการวัด หลักการที่นำมา

พิจารณาคืออัตราการเกิดพลังงานโฟตอน (photon energy) โดยการปรับกำลังขยายสัญญาณความต้นไฟฟ้าให้เหมาะสมกับราดิโอนิวไคลด์แต่ละชนิดที่นำมาวัดโดยมีสวิทช์เลือกที่ต่อกับตัวต้านทานที่ปรับได้ เมื่อนำเอาราดิโอนิวไคลด์ชนิดใดมาวัดก็สามารถปรับสวิทช์เลือกให้ตรงกับชนิดของราดิโอนิวไคลด์นั้นได้



รูป 4.3 แสดงแบบจำลองของ dose calibrator (25)

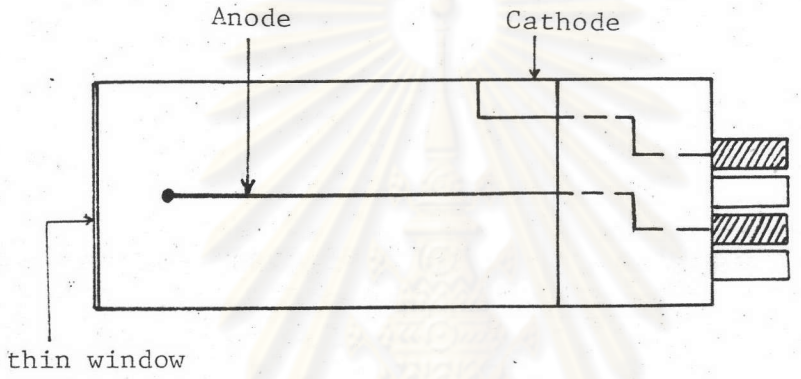
ตะกั่วที่ล้อมรอบ chamber จะช่วยป้องกันอันตรายจากรังสีแก่ผู้ปฏิบัติงานและลดการรบกวนของรังสีจากภายนอก

4.3 Geiger-Muller Counter

เครื่องนับวัดไกเกอร์มูลเลอร์ เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวัดปริมาณรังสีแอลฟา เบตา แกมมา หรือรังสีเอกซ์ ตลอดจนอนุภาคที่มีประจุอื่นๆ โดยไม่ขึ้นกับพลังงาน หัววัดของ G-M Counterโดยทั่วไปมักเป็นรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1-10 เซนติเมตร ความยาวเป็น 2-10 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลาง ขั้วบวก(anode) เป็นเส้นลวดเล็ก ๆ อยู่ที่แกนกลางของหลอด ส่วนขั้วลบ (cathode)เป็นกระบอกล้อมรอบ ที่ภายในบรรจุก๊าซ เฉพาะหลอด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นี้เราเรียกว่าหัววัดรังสี เมื่อรังสีผ่านเข้าไปจะเกิดการแตกตัว (ionization) ของก๊าซ เป็นไอออนบวกและไอออนลบ ไอออนจะถูกเร่งความเร็วในสนามไฟฟ้าระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณ (pulse) ไฟฟ้าผ่านไปยังเครื่องนับซึ่งจะแสดงปริมาณรังสีที่ผ่านเข้ามา



รูปที่ 4.4 ภาพแสดงหลอดวัดรังสีแบบไกเกอร์ - มูลเลอร์

ในการเคลื่อนที่ของไอออนอาจมีการชนกันกับโมเลกุลอื่นของก๊าซ ถ้าพลังงานในการชนมากพอ จะทำให้โมเลกุลของก๊าซแตกตัวเป็นไอออนอีก ดังนั้นจำนวน ion pairs จะมีมากขึ้น การเพิ่มของไอออนด้วยวิธีชนกันนี้เรียกว่า avalanche ionization ในกรณีของ แอลฟา และ เบตา จะเกิด ionization ของก๊าซ แต่สำหรับรังสีแกมมาหรือรังสีเอกซ์จะไม่เกิด ionization ของก๊าซในหลอดโดยตรง แต่จะใช้วิธีทำให้เกิดอิเลคตรอนจากผิวของคาโทดด้วยกระบวนการ photoelectric effect หรือ Compton scattering ก่อน แล้วอิเลคตรอนนั้นจะเป็นตัวการทำให้เกิด avalanche ionization อีกต่อหนึ่ง

ในการเกิด avalanche ionization ซึ่งให้จำนวน ion pairs อย่างต่อเนื่อง ทำให้การวัดสัญญาณผิดไป วิธีแก้คือผสม quencher ไปเล็กน้อย เพื่อช่วยแก้ โดยทั่วไปมักจะใช้ organic molecule เช่น ethyl alcohol ผสมกับก๊าซที่ใช้ เพื่อลดปรากฏการณ์ดังกล่าว (5)

ส่วนมาก G-M counter มักจะถูกนำมาใช้งานเป็นเครื่องตรวจวัดรังสี (survey meter) แสดงผลทาง ratemeter เป็นค่านับวัดต่อนาที หรือมิลลิเรินเกนท์ต่อชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย