หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎี เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เนื้อหาในบทนี้ จะกล่าวถึง ทฤษฎี เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดลองวัดนิวตรอนโดยวิธีเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ พร้อมทั้งกล่าวถึงหลักการทำงานของเครื่องมือเหล่านั้นโดยย่อ

2.1 แหล่งกำเนิดนิวตรอน

หมายถึงตัวหรือแหล่งที่แผ่อนุภาคนิวตรอนออกมาได้ นิวตรอนที่เกิดขึ้นนั้นได้มาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่ให้นิวตรอนออกมามีหลายชนิดด้วยกัน เช่น ปฏิกิริยาแบบที่ใช้อนุภาคมีประจุเป็นตัวยิงเข้าไปยังธาตุแล้วเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ให้นิวตรอนออกมา (อนุภาคที่ใช้เป็นตัวยิงทำให้เกิดปฏิกิริยามีอนุภาคอัลฟา โปรตอนและดิวเทอรอนเป็นต้น) และปฏิกิริยาอีกชนิดหนึ่งที่ให้นิวตรอนก็คือปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่ใช้รังสีแกมมาเป็นตัวยิงเข้าไปในธาตุ

สำหรับแหล่งกำเนิดนิวตรอนแบบ อเมอริเซียม-เบอริลเลียม ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแหล่งกำเนิดนิวตรอนชนิดที่มีอนุภาคอัลฟาเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยา ทำจากการผสมอเมริเซียมปริมาณ 0.5 คูรี กับเบอริลเลียม อเมอริเซียมที่ผสมกับเบอริลเลียมเป็นโลหะผสม ($AmBe_{13}$) ธาตุอเมอริเซียมที่ใช้มีเลขมวล เท่ากับ 241 มีครึ่งชีวิตประมาณ 470 ปี ในการสลายตัวจะได้อนุภาคอัลฟาที่มีพลังงานประมาณ 5.4 MeV นอกจากนี้ยังมีรังสีแกมมาแผ่ออกมาด้วย ซึ่งมีพลังงานประมาณ 0.04 - 0.06 MeV อนุภาคอัลฟาที่ได้จากการสลายตัวของอเมอริเซียมจะวิ่งไปชนกับเบอริลเลียมทำให้เกิดนิวตรอนหลุดออกมาตามปฏิกิริยาดังนี้

$$ {}^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n $$

แหล่งกำเนิดนิวตรอนแบบอเมอริเซียม-เบอริลเลียม ดังกล่าวนี้มีใช้กันแพร่หลาย เนื่องจากธาตุเบอริลเลียมที่ใช้เป็นเป้าสำหรับให้อนุภาคอัลฟาวิ่งเข้าชนนั้นเป็นธาตุที่ให้นิวตรอนออกมาเป็นจำนวนมาก นิวตรอนที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดชนิดที่มีธาตุเบอริลเลียมเป็นเป้าส่วนมากมีพลังงานสูง มีพลังงานประมาณ 5 MeV และสูงสุดประมาณ 12 MeV แต่ก็อาจมีนิวตรอนที่มีพลังงานอยู่นอกพิสัย (range) นี้

สำหรับแหล่งกำเนิดที่ใช้ในการทดลองนี้มีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีรัศมีประมาณ 1 เซนติเมตร สูงประมาณ 3 เซนติเมตร ซึ่งจะปลดปล่อยนิวตรอนประมาณ 1.15×10^6 ตัวต่อวินาที ในการทดลองถือว่าแหล่งกำเนิดนิวตรอนแบบนี้เป็นจุดซึ่งแผ่นิวตรอนออกมารอบตัว ปริมาณนิวตรอนทุกทิศทางที่ห่างจากตัวกำเนิดเท่ากันจะมีค่าเท่ากัน เช่น ถ้าตัวกำเนิดนิวตรอนมีความแรง a นิวตรอน/วินาที คือปล่อยนิวตรอนออกมา a ตัวใน 1 วินาที นิวตรอนฟลักซ์ที่ตำแหน่งห่างจากตัวกำเนิดเท่ากับ r เซนติเมตร (ในสูญญากาศ) ในทิศใด ๆ จะมีค่าเป็น

$$\varphi(r) = \frac{a}{4\pi r^2} \quad \text{นิวตรอน/ตร.ซ.ม.วินาที}$$

2.2 นิวตรอนเร็วและนิวตรอนช้า

นิวตรอนที่วิ่งออกจากแหล่งกำเนิดนิวตรอนทั่ว ๆ ไป เป็นนิวตรอนที่มีพลังงานสูงอยู่ในช่วงของเมกกะอิเล็กตรอนโวลต์ เราเรียกนิวตรอนที่มีพลังงานตั้งแต่ 1 MeV ขึ้นไปว่า "นิวตรอนเร็ว" สำหรับแหล่งกำเนิดนิวตรอนที่วางปล่อยให้นิวตรอนเร็ววิ่งผ่านเข้าไปในวัสดุลดความเร็วนิวตรอน เมื่อนิวตรอนวิ่งออกมาจากแหล่งกำเนิดวิ่งผ่านเข้าไปในวัสดุลดความเร็วนิวตรอนก็จะมีการชนกับนิวเคลียสของตัวกลางนั้น ซึ่งเป็นการชนกันแบบยืดหยุ่น (elastic collision) ในการชนกับนิวเคลียสแต่ละครั้งนิวตรอนจะสูญเสียพลังงานที่มีอยู่ในตัวให้กับนิวเคลียสที่ถูกชน แล้วก็กระเจิงไปชนกับนิวเคลียสของอะตอมอื่นต่อไปจนกระทั่งตัวนิวตรอนเองมีพลังงานเหลืออยู่ในตัวโดยเฉลี่ยแล้วมีค่าเท่ากับพลังงานของตัวกลาง เราเรียกนิวตรอนเหล่านี้ว่า "นิวตรอนช้า" ซึ่งจะมีพลังงานหรือความเร็วเท่าไรขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของตัวกลางนั้น ๆ

2.3 นิวตรอนฟลักซ์

หมายถึงจำนวนนิวตรอนต่อปริมาตรของตัวกลาง 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรคูณด้วยความเร็วของนิวตรอนเหล่านั้น ถ้านิวตรอนเหล่านี้มีความเร็วเท่ากันหมดทุกตัว นิวตรอนฟลักซ์จะมีค่าเท่ากับความหนาแน่นของนิวตรอน ณ ตำแหน่งหนึ่งคูณด้วยความเร็วของนิวตรอน ค่าฟลักซ์นี้เรียกว่า "ฟลักซ์ทั้งหมด" (total flux)

2.4 ภาคตัดขวาง (cross section)

ภาคตัดขวางจุลภาค (σ, microscopic cross section) คือบริเวณหรือพื้นที่ของนิวเคลียสที่เมื่อมีอนุภาควิ่งเข้าไปชนแล้วเกิดปฏิกิริยา มีหน่วยเป็นบาร์น (barn) โดยที่ 1 บาร์น = 10^{-24} ตร.ซ.ม.

ภาคตัดขวางจุลภาคของนิวเคลียสประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

$$\sigma = \sigma_s + \sigma_a$$

เมื่อ σ_s = ภาคตัดขวางจุลภาคของการกระเจิง (microscopic scattering cross section)

σ_a = ภาคตัดขวางจุลภาคของการดูดกลืน (microscopic absorption cross section)

แต่ถ้าวัสดุที่ใช้เป็นเป้ามีจำนวนนิวเคลียส N ตัวใน 1 ลบ.ซ.ม. ผลคูณของ N กับ σ เรียกว่า ภาคตัดขวางมหภาค (Σ, macroscopic cross section) มีหน่วยเป็น ซ.ม.$^{-1}$

$$\Sigma = N\sigma$$

หรือกล่าวได้ว่า ภาคตัดขวางมหภาคก็คือ บริเวณพื้นที่ของนิวเคลียสใน 1 ลบ.ซ.ม. ที่จะเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีอนุภาควิ่งเข้าไปชน

ภาคตัดขวางมหภาคก็จะมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกันคือ Σ_s และ Σ_a

$\Sigma_s = N\sigma_s$ = ภาคตัดขวางมหภาคของการกระเจิง (macroscopic scattering cross section)

$\Sigma_a = N\sigma_a$ = ภาคตัดขวางมหภาคของการดูดกลืน (macroscopic absorption cross section)

ภาคตัดขวางนี้สำหรับธาตุหนึ่ง ๆ จะมีค่าเปลี่ยนไปตามพลังงานของอนุภาคที่วิ่งเข้ามาชน ดังนั้น สำหรับอนุภาคที่มีพลังงานค่าหนึ่ง ก็จะมีค่าภาคตัดขวางค่าหนึ่งสำหรับธาตุหนึ่ง

2.5 วัสดุสำหรับลดความเร็ว (moderator)

ในการลดความเร็วของนิวตรอนทำได้โดย นำเอาวัสดุมาขวางกั้นทางเดินของนิวตรอน วัสดุสำหรับลดความเร็วที่ดีได้แก่วัสดุที่ทำให้นิวตรอนวิ่งช้าลงได้อย่างรวดเร็วโดยการชนกับนิวเคลียสของวัสดุนั้นเพียงไม่กี่ครั้ง ซึ่งได้แก่วัสดุพวกที่ประกอบด้วยอะตอมของธาตุที่มีเลขมวลน้อย ๆ วัสดุสำหรับลดความเร็วที่ดีได้แก่ น้ำธรรมดา (H_2O), น้ำชนิดหนัก (D_2O), เบอริลเลียม, คาร์บอนและพาราฟิน

น้ำเป็นวัสดุสำหรับลดความเร็วนิวตรอนที่ดีตัวหนึ่ง ซึ่งในการทำการทดลองนี้ใช้น้ำเป็นวัสดุสำหรับลดความเร็วนิวตรอน น้ำประกอบด้วยไฮโดรเจนและออกซิเจนโดยมีปริมาณของอะตอมของไฮโดรเจนมากกว่าออกซิเจนอยู่ในอัตราส่วน 2 : 1 ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มีเลขมวลน้อยมากคือมีค่าเท่ากับ 1 เป็นตัวการสำคัญในการลดความเร็วของนิวตรอน เมื่อนิวตรอนวิ่งเข้าไปชนกับนิวเคลียสไฮโดรเจน นิวตรอนจะสูญเสียพลังงานให้กับนิวเคลียสของไฮโดรเจนที่ถูกชนเป็นจำนวนมาก และบางครั้งอาจจะสูญเสียพลังงานที่มีอยู่เกือบทั้งหมดให้กับนิวเคลียสของไฮโดรเจน ถ้าเกิดการชนกันอย่างจัง (head-on collision) ส่วนการชนกันระหว่างนิวตรอนกับนิวเคลียสของออกซิเจนมีความสำคัญน้อยในการลดความเร็วนิวตรอน ในการชนแต่ละครั้งนิวตรอนจะสูญเสียพลังงานให้กับนิวเคลียสของออกซิเจนเป็นจำนวนน้อยมาก

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์[1] (model for thermoluminescence)

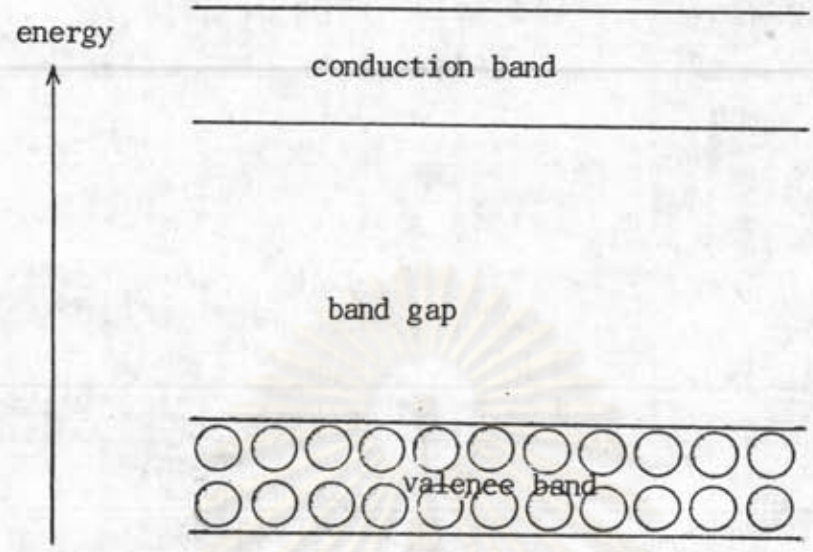
จากแนวความคิดเกี่ยวกับทฤษฎีอะตอมและโครงสร้างแถบพลังงาน (energy band structure) ของอิเล็กตรอน เราทราบว่า สสารต่างๆ จะประกอบไปด้วย นิวเคลียส (nucleus) ที่มีประจุบวก และล้อมรอบไปด้วยอิเล็กตรอนที่มีประจุลบ วิ่งวนอยู่รอบ ๆ นิวเคลียส อิเล็กตรอนจะมีการเรียงตัวอยู่ในระดับพลังงาน (energy level) ที่แน่นอน อิเล็กตรอนที่อยู่ห่างจากนิวเคลียสจะมีพลังงานมากกว่าอิเล็กตรอนที่อยู่ใกล้นิวเคลียส ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเหล่านี้จะอยู่รวมกันเป็นแถบพลังงาน (energy band) ที่มีความกว้างของพลังงานคงที่ แต่ละแถบพลังงานจะแยกออกจากกันโดยช่องว่างของแถบพลังงาน (band gap) ซึ่งโดยปกติแล้วจะไม่มีอิเล็กตรอนเข้าไปอยู่เลย เมื่อมีอิเล็กตรอนเข้ามาอยู่ในแถบพลังงานนั้น ๆ จนมีค่ามากที่สุด เราเรียกว่า แถบพลังงานนั้น "เต็ม" (full) แต่ถ้าไม่มีอิเล็กตรอนเข้ามาอยู่ในแถบพลังงานนั้นเลย เราเรียกว่า แถบพลังงานนั้น "ว่างเปล่า" (empty)

ในพวกสารที่เป็นฉนวนทางไฟฟ้า (electric insulator) ช่องว่างระหว่างแถบพลังงานทั้งสองจะกว้างมาก ทำให้อิเล็กตรอนไม่สามารถกระโดดข้ามไปยังแถบพลังงานที่สูงกว่าได้ที่อุณหภูมิห้องธรรมดา แต่ถ้าได้รับการกระตุ้นจากภายนอกจะสามารถกระโดดข้ามไปได้ ตัวอย่างเช่น ลิเธียม ฟลูออไรด์ (lithium fluoride; LiF) มีช่องว่างระหว่างแถบพลังงานประมาณ 12 eV

ในสารพวกฉนวนของไฟฟ้า แถบพลังงานที่มีอิเล็กตรอนอยู่เต็มนั้น เรียกว่า แถบพลังงานวาเลนซ์ (valence band) ส่วนแถบพลังงานที่อยู่สูงกว่าถัดไป ซึ่งโดยปกติไม่มีอิเล็กตรอนเข้าไปอยู่เลย เรียกว่า แถบพลังงานนำ (conduction band) ดังแสดงในรูปที่ 2.1

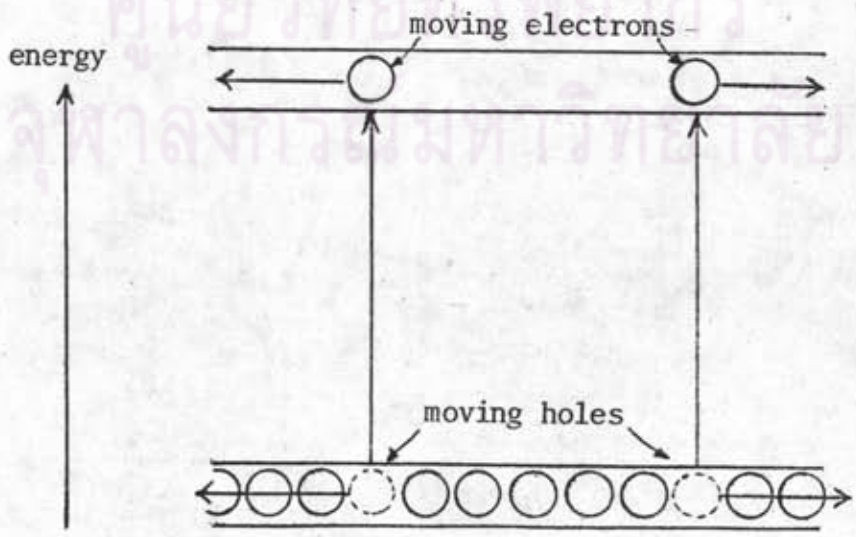
---

[1] Dosimetre Mannal Isotopes Thermoluminescence Dosimetry system (New Jersey : Laboratory Products Division), pp. 1-7.



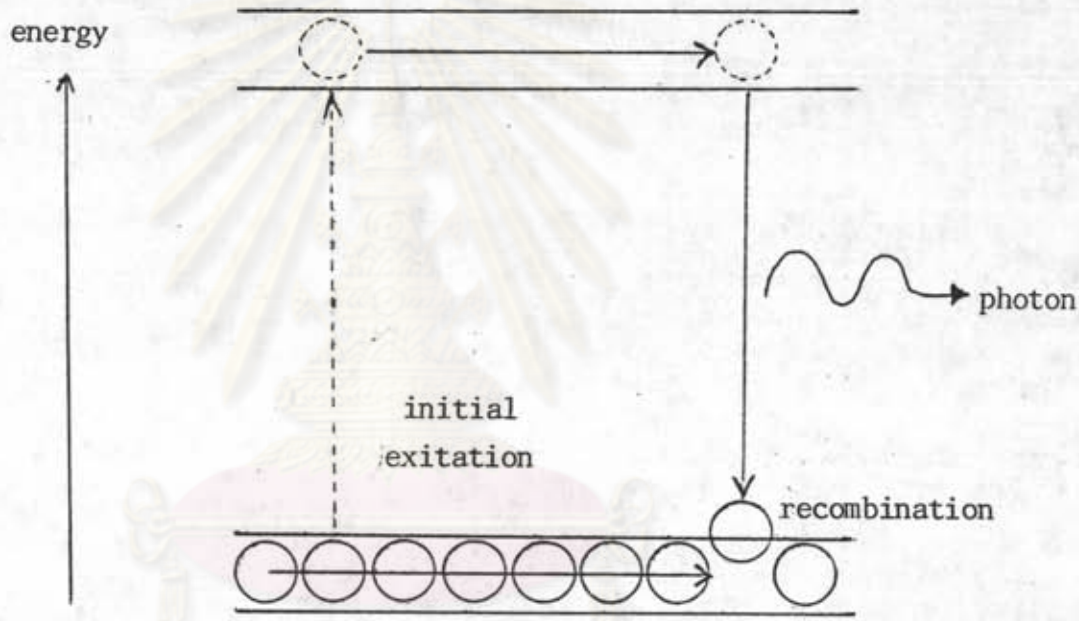
รูปที่ 2.1 แสดงแถบพลังงานของสารที่เป็นฉนวนทางไฟฟ้า

ในผลึก (crystal) ของสารที่เป็นฉนวนทางไฟฟ้านั้น อิเล็กตรอนจากแถบพลังงานวาเลนซ์สามารถที่จะข้ามไปยังแถบพลังงานนำได้โดยการรบกวนที่เกี่ยวกับความร้อน (thermal agitation) การดูดกลืนแสงอุลตร้าไวโอเลท หรือการดูดกลืนพลังงานของอนุภาคที่มีประจุและมีความเร็วสูง (fast charged particle) เช่น อนุภาคเบต้าและอัลฟา, โปรตอน, อิเล็กตรอน ฯลฯ เมื่อแสงหรืออนุภาคเหล่านั้นเข้าทำปฏิกิริยา (interact) กับผลึก ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงภาวะตื่นตัว (exitation) ของฉนวนเมื่อถูกกระตุ้น

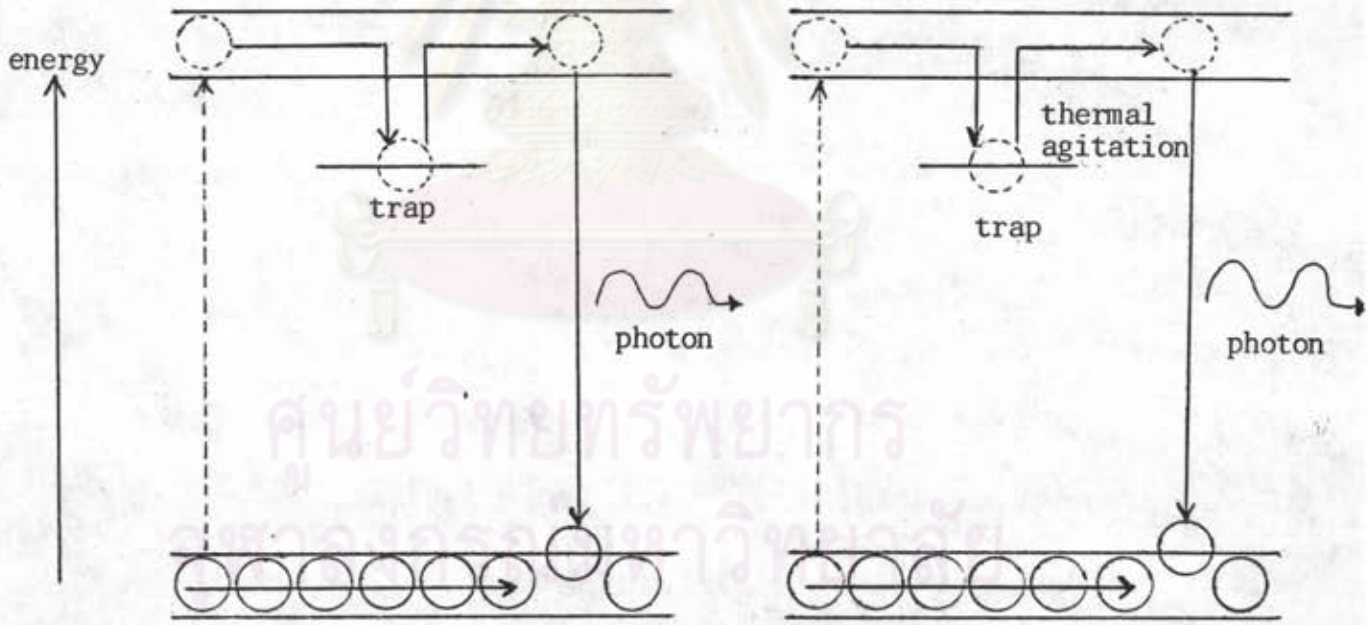
อิเล็กตรอนในแถบพลังงานนำจะสามารถกลับลงมายังแถบพลังงานวาเลนซ์ได้ในบริเวณที่มี "โฮล" (hole) ที่เกิดขึ้นหลังจากที่อิเล็กตรอนถูกกระตุ้น เรียกว่า อิเล็กตรอนกลับมารวมกันใหม่ (recombine) กับ hole ซึ่งในระหว่างการรวมกันใหม่นั้นจะมีการการปลดปล่อยพลังงานออกมา ซึ่งมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าพลังงานของช่องว่างแถบพลังงานบ้างเล็กน้อย ซึ่งจะปลดปล่อยออกมาในรูปของแสง (photon of light) เราเรียกขบวนการนี้ว่า ฟลูออเรสเซนซ์ (fluorescence) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการเกิด fluorescence

แต่จากการที่มี "หลุม" (traps) อยู่ภายในผลึกของสาร หลุมเหล่านี้จะมีระดับพลังงานต่ำกว่าแถบพลังงานนำเล็กน้อย แต่สูงกว่าแถบพลังงานวาเลนซ์มาก (บางทีเรียก หลุม เหล่านี้ว่า ระดับพลังงานของสิ่งเจือปน (impurity level) หรือระดับพลังงานหลุมพราง (trapping level)) สามารถที่จะดักจับอิเล็กตรอนจากแถบพลังงานนำได้ เมื่อจับอิเล็กตรอนไว้ได้แล้วจะไม่ปล่อยให้อิเล็กตรอนกลับคืนสู่

แถบพลังงานนำได้ง่าย ๆ (แต่อย่างไรก็ตาม ถ้ามีการรบกวนทางความร้อนจะทำให้อิเล็กตรอนเหล่านั้นมีพลังงานพอที่จะกระโดดกลับเข้าสู่แถบพลังงานอีกครั้งหนึ่ง) ต่อจากนั้น อิเล็กตรอนก็จะกลับลงมารวมกับ hole ใหม่ที่แถบพลังงานวาเลนซ์พร้อมกับปลดปล่อยแสงออกมา ขบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่า ฟอสฟอเรสเซนซ์ (phosphorescence) ส่วนคำว่าเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์นั้นก็เป็นฟอสฟอเรสเซนซ์แบบหนึ่ง แต่จะแตกต่างกันคือ เทอร์โมลูมิเนสเซนซ์จะต้องมีการให้ความร้อนแก่ผลึกของสารก่อนที่จะปล่อยให้คายแสงออกมา ส่วนฟอสฟอเรสเซนซ์จะปล่อยให้ผลึกของสารคายแสงออกมาเองโดยไม่มีการให้ความร้อนเข้าไป ดังรูปที่ 2.4 บางทีเรียกเทอร์โลูมิเนสเซนซ์ว่าเป็นฟอสฟอเรสเซนซ์ ชนิดที่ใช้ความร้อนกระตุ้น (thermally stimulated phosphorescence)



รูปที่ 2.4 แสดงการเกิด phosphorescence (ซ้ายมือ) กับ thermoluminescence (ขวามือ)

ในทางปฏิบัติจะใช้ผลึกของสารที่มีสมบัติแบบนี้ ทำปฏิกิริยากับรังสีหรืออนุภาคตามที่ต้องการศึกษา แล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 100° C นาน 10 นาที แล้วจึงนำผลึกไปอ่านปริมาณแสงที่คายออกมาโดยใช้เครื่องอ่านเฉพาะที่เรียกว่า เครื่องอ่านรังสีแบบเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ (ซึ่งจะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 2.9) ซึ่งแสงที่คายออกมาจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณรังสีหรืออนุภาคที่ได้รับ

ผลึกที่ใช้เป็นตัวบันทึกรังสีหรืออนุภาคนั้นจะให้ผลึกของสารที่มีสมบัติแบบเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ (thermoluminescence material; TLM) ซึ่งมีด้วยกันหลายชนิด ดังจะกล่าวถึงลักษณะและสมบัติของสารเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ต่อไปในหัวข้อ 2.7

2.7 สารเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ (TLM)

ในการทดลองวัดนิวตรอนโดยวิธีเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีสารพวกนี้เมื่อบันทึกนิวตรอนที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด

สาร TLM มีลักษณะที่สามารถเก็บพลังงานไว้ได้ เมื่อมีรังสีหรืออนุภาคที่มีพลังงานผ่านเข้ามาทำปฏิกิริยา แต่เมื่อได้รับการกระตุ้นทางความร้อนก็จะมีการปลดปล่อยพลังงานเหล่านั้นออกมาในรูปของแสงซึ่งเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณรังสีหรืออนุภาคที่ได้รับนั้น

สาร TLM มีหลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟลูออไรด์ (calcium fluoride; CaF_2) ลิเธียม บอเรท (lithium borate; $Li_2B_4O_7$) แคลเซียม ซัลเฟต (calcium sulphate; $CaSO_4$) และลิเธียม ฟลูออไรด์ (lithium fluoride; LiF) เป็นต้น

ในการทดลองนี้จะใช้ LiF เป็นสาร TLM สำหรับบันทึกนิวตรอน

2.8 ลิเธียม ฟลูออไรด์[2]

เป็นธาตุพวกอัลคาไล เฮไลด์ (alkali halide) มีความหนาแน่น 2.64 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความทนทานต่อสภาวะทางเคมีพอสมควร และละลายน้ำได้เล็กน้อย

สารที่เติมลงไปเพื่อเป็นสิ่งเจือปน (impurity) คือแมกนีเซียม (magnesium; Mg) และติตาเนียม (titanium; Ti)

LiF ที่ใช้ในการทดลองนี้มีลักษณะเป็นผลึกค่อนข้างใสรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มีขนาดกว้างประมาณ 3 มิลลิเมตร ยาว 3 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร LiF ที่ใช้อยู่มี 2 ชนิด คือ ชนิด (ก) และชนิด (ข) แต่ละชนิดจะมีไอโซโทป ^{6}Li และ ^{7}Li เป็นปริมาณตามตารางที่ 2.1

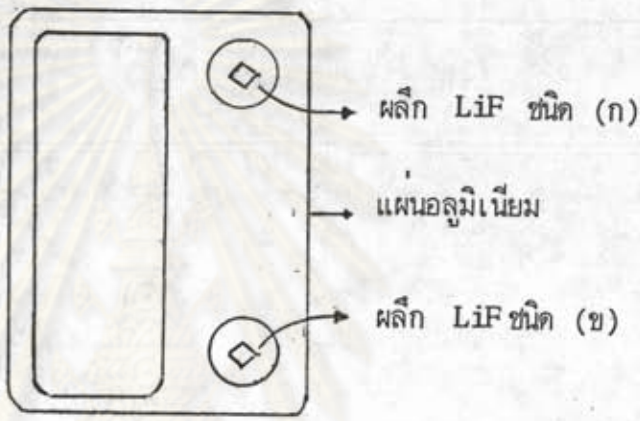
ชนิด	^{6}Li (%)	^{7}Li (%)
ชนิด (ก)	95.6	4.4
ชนิด (ข)	0.01	99.99

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณของ ^{6}Li และ ^{7}Li ใน LiF ชนิด (ก) และชนิด (ข)

[2]A.F. McKinlay, Thermoluminescence Dosimetry (Britrol : Adum Higler Ltd., 1981), pp. 32-37.

ปริมาณไอโซโทป ^{6}Li และ ^{7}Li ตามธรรมชาติจะมีอยู่ 7.5 % และ 92.5 % ตามลำดับ

ในกรณีที่นำ LiF ไปใช้งาน LiF ทั้งชนิด (ก) และชนิด (ข) จะถูกจัดให้อยู่ในแผ่นเดียวกัน ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงแผ่นบรรจุ LiF

แผ่น LiF นี้ได้การเอื้อเฟื้อจากสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (พปส.) ให้ยืมเพื่อใช้ในการทดลองนี้

โดยปกติแล้วในการใช้งานของแผ่น LiF นี้จะให้ติดกับตัวบุคคลที่เกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดนิวตรอน ในการทดลองนี้ใช้แผ่น LiF ติดกับถังน้ำซึ่งเป็นแบบจำลองของตัวบุคคล โดยที่ชนิด (ก) (^{6}Li) จะบันทึกปริมาณนิวตรอนช้า ซึ่งนิวตรอนช้านี้เกิดจากนิวตรอนเร็วที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดวิ่งเข้าสู่ถังน้ำและกลับออกมาโดยวิ่งช้าลงรวมทั้งบันทึกปริมาณรังสีแกมมารวมเข้าไปด้วย ส่วนชนิด (ข)(^{7}Li) จะบันทึกปริมาณรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ปริมาณของนิวตรอนหาได้จากการนำเอาค่าที่อ่านได้จากชนิด (ข) ไปหักออกจากค่าที่อ่านได้จากชนิด (ก)

การอ่านค่า LiF ทั้งชนิด (ก) และ (ข) นี้จะนำไปอ่านค่าที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยใช้เครื่องอ่านรังสีแบบ TLD ดังจะกล่าวต่อไป

2.9 เครื่องอ่านรังสีแบบเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์[3]

เครื่องอ่านรังสี TLD เป็นเครื่องมืออ่านรังสีที่ออกแบบมาให้ใช้เฉพาะกับการบันทึกรังสีแบบเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์โดยเฉพาะ มีส่วนประกอบที่สำคัญ ๆ 4 ระบบดังนี้คือ

ก) ระบบให้ความร้อนแก่ตัวบันทึกรังสี (a phosphor heating system)

ข) ระบบเก็บรวบรวมและวัดแสง (a light collection and detection system)

ค) ระบบการวัดสัญญาณ (a signal-measuring system)

ง) ระบบแสดงผลและบันทึกผล (a display and recording system)

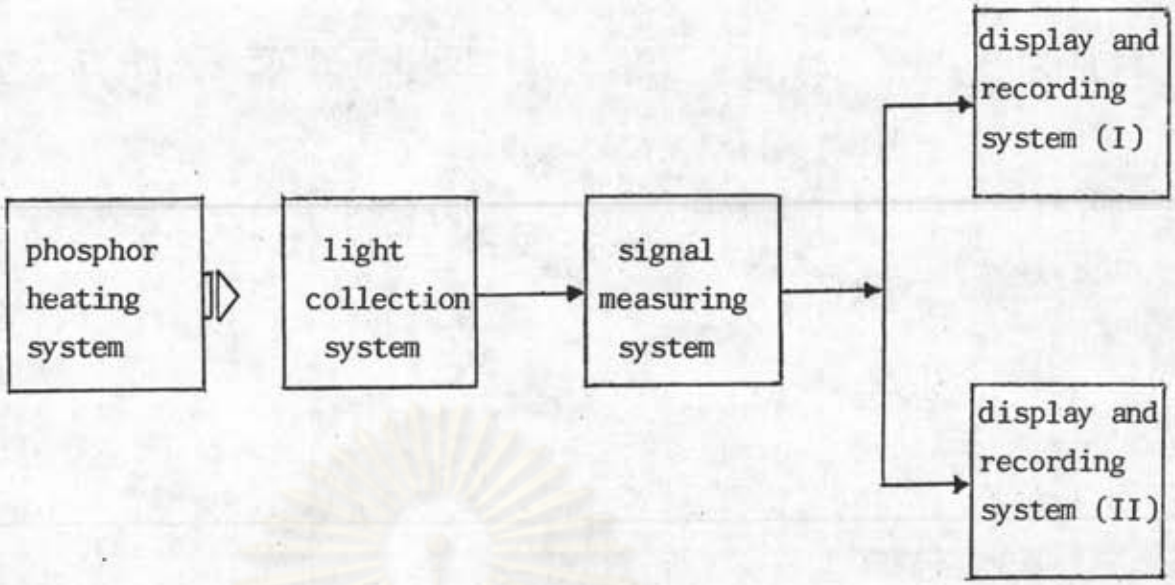
ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[3] Ibid., pp. 119 - 131

013021



รูปที่ 2.6 แผนภาพแสดงส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอ่านรังสี TLD

หลักการทำงานของเครื่องอ่านรังสี TLD มีดังนี้ ระบบให้ความร้อนจะเริ่มทำงานทันทีเมื่อนำ LiF ที่ได้รับรังสีแล้ว มาอ่าน ระบบให้ความร้อนมีอยู่หลายระบบ เช่น การให้ความร้อนโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ (radio-frequency heating), การให้ความร้อนแบบเรเดียนท์ (Radiant heating), การให้ความร้อนแบบโอห์ม (Ohmic heating) และการให้ความร้อนโดยก๊าซไนโตรเจน (hot nitrogen gas) เป็นต้น ระบบให้ความร้อนที่ใช้สำหรับเครื่องอ่านรังสี TLD ที่ พปส. คือ การให้ความร้อนแบบโอห์ม โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นตัวระบายความร้อนและลดการเกิด oxide ในโลหะซึ่งเป็นส่วนประกอบของเครื่องมือนี้ วัตถุประสงค์ของการให้ความร้อนแก่ตัวบันทึกก็คือ การให้พลังงานแก่อิเล็กตรอนจนกระทั่งอิเล็กตรอนถูกปลดปล่อยให้เป็นอิสระจาก traps และวิ่งขึ้นไปสู่แถบพลังงานนำ หลังจากนั้นอิเล็กตรอนก็จะกลับลงมาสู่แถบพลังงานวาเลนซ์พร้อมกับการคายแสงออกมา ซึ่งปริมาณของแสงเหล่านี้จะถูกเก็บรวบรวมโดยหลอดเก็บรวบรวมแสง (photomultiplier tube) ในรูปของกระแสไฟฟ้า (photomultiplier current) จากนั้นระบบการวัดสัญญาณจะแปรสัญญาณกระแสไฟฟ้าให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมสำหรับการวัด ระบบการแสดงผลและบันทึกผลจะนำสัญญาณเหล่านั้นออกมาแสดงใน

รูปแบบต่าง ๆ ตามความเหมาะสมและความสะดวกสบายในการพิจารณา รวมทั้งมีการบันทึกผลให้เห็นด้วย ค่าที่อ่านได้นั้นจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ตัวบันทึกรังสีได้รับมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย