

## บทที่ 2

### หลอดภาพโทรทัศน์สีและการเกิดรังสีเอกซ์ที่จอภาพ และคุณสมบัติเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์โดสิมิเตอร์ ชนิด $\text{CaSO}_4$ (Dy)

#### 2.1 หลอดภาพโทรทัศน์สี และการเกิดรังสีเอกซ์ที่จอภาพ

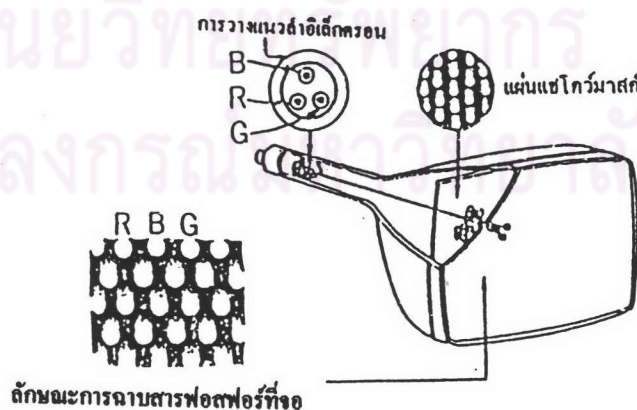
##### 2.1.1 หลอดภาพโทรทัศน์สีชนิดต่าง ๆ

โดยทั่วไปบริเวณจอภาพของโทรทัศน์สีจะถูกฉาบด้วยสารฟอสฟอรัสสามชนิดสลับกันคือ ฟอสฟอรัสที่มีคุณสมบัติเปล่งแสงสีแดง (R) ฟอสฟอรัสที่มีคุณสมบัติเปล่งแสงสีเขียว (G) และฟอสฟอรัสที่มีคุณสมบัติเปล่งแสงสีน้ำเงิน (B) เมื่อจอภาพถูกยิงด้วยลำอิเล็กตรอนสัญญาณลำแสงสีแดงฟอสฟอรัสสีแดงก็จะเปล่งแสงสีแดง, ถูกยิงด้วยลำอิเล็กตรอนสัญญาณลำแสงสีเขียว ฟอสฟอรัสสีเขียวก็จะเปล่งแสงสีเขียว และถูกยิงด้วยลำอิเล็กตรอนที่มีสัญญาณลำแสงสีน้ำเงิน ฟอสฟอรัสสีน้ำเงินก็จะเปล่งแสงสีน้ำเงินตามคุณสมบัติของแต่ละฟอสฟอรัส จึงต้องใช้ปืนอิเล็กตรอน (electron gun) สามสัญญาณแสง แยกยิงเฉพาะทั้งสามฟอสฟอรัสตามสัญญาณแสงและสีเดียวกัน ซึ่งจะมีผลทำให้รังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นแตกต่างกันตามคุณสมบัติของสารฟอสฟอรัสที่แตกต่างกันด้วย

หลอดภาพโทรทัศน์สีที่ใช้กันอยู่ทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 3 ประเภท ขึ้นอยู่กับลักษณะการวางปืนอิเล็กตรอนหรือแคโทด (cathode) ที่คอหลอด และการฉาบสารฟอสฟอรัสที่หน้าจอภาพ

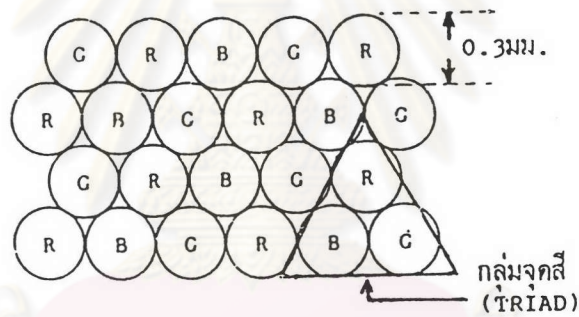
##### 2.1.1.1 หลอดภาพแบบแชโดว์มาสก์ (Shadow mask tube)

ซูเกียร์ติ จันทรานี (1990) กล่าวว่า หลอดภาพแบบแชโดว์มาสก์



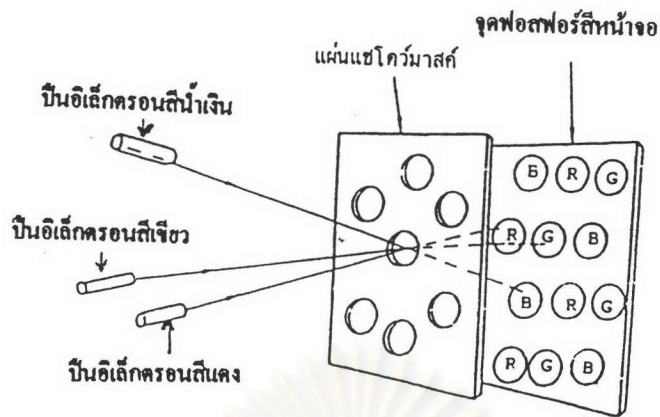
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของหลอดภาพแบบแชโดว์มาสก์ (ซูเกียร์ติ จันทรานี, 1990)

หรือหลอดภาพแบบเดลตาทัง (delta gun tube) หรือบางบริษัทเรียก ควินทริกซ์ (quintrix) จะวางปืนอิเล็กตรอนเป็นรูปสามเหลี่ยม ทำมุม  $120^\circ$  ซึ่งกันและกันและที่หน้าจอก็จะฉาบสารฟอสฟอรัสเป็นจุดสี 3 สี เรียกไตรแอด (triad) เรียงรายเต็มหน้าจอดังรูปที่ 2.1 และ 2.2



รูปที่ 2.2 รูปลักษณะการฉาบสารฟอสฟอรัสที่หน้าจอของหลอดแชโดว์มาสก์

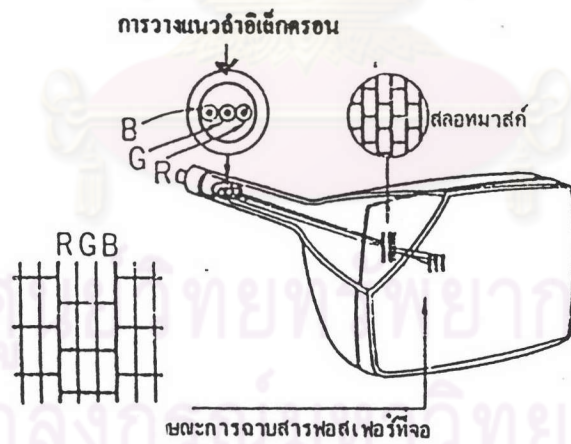
เพื่อให้ยิงลำอิเล็กตรอนไปชนตรงจุดฟอสฟอรัสของตนได้พอดี ไม่ทับจุดฟอสฟอรัสที่ไม่ใช่สีของตน หลอดแชโดว์มาสก์จึงได้เพิ่มแผ่นตะแกรงที่ทำด้วยเหล็กกล้าหนาประมาณ 0.1 มม. เจาะรูกลมเล็ก ๆ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.25-0.3 มม. เต็มไปตลอดแผ่น แต่ละรูอยู่ห่างกันประมาณ 0.65 มม. เรียกว่าแบบแชโดว์มาสก์ (Shadow mask) ยึดอยู่ระหว่างปืนอิเล็กตรอนกับหน้าจอ ซึ่งทำให้ลำอิเล็กตรอนเกิดการสูญเสียไปประมาณ 80-85 % เหลือลำอิเล็กตรอนผ่านไปจุดฟอสฟอรัสเพียง 15-20 % เท่านั้นดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการกั้นลำอิเล็กตรอนของแผ่นแชโดว์มาสก์

#### 2.1.1.2 หลอดภาพแบบอินไลน์ (Inline tube)

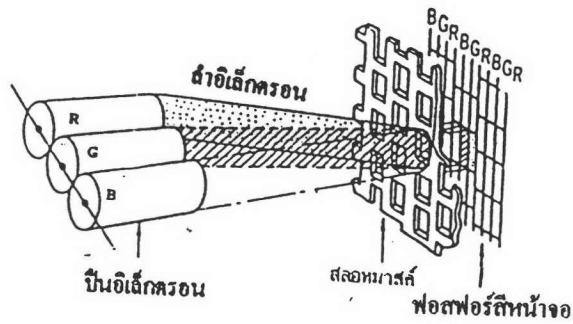
หลอดภาพแบบอินไลน์ จัดลักษณะการวางปืนอิเล็กตรอนที่คอหลอดเสียใหม่ให้อยู่ในระดับเดียวกันทางแนวนอน และฉาบสารฟอสฟอรัสที่หน้าจอเปลี่ยนจากแบบจุดเป็นเส้นแนวตั้งสลับกันไประหว่างฟอสฟอรัสทั้งสาม



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของหลอดภาพแบบอินไลน์

หลอดภาพแบบอินไลน์ ยังคงใช้แผ่นโลหะ (mask) กั้นลำอิเล็กตรอน เพื่อไม่ให้ตกทับจุดสีอื่นที่ไม่ใช่ของตน โดยใช้แผ่นโลหะเจาะเป็นช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงกันไปในแนวตั้งเรียกว่า แผ่นสล็อตมาสก์ (slot mask) ดังแสดงในรูปที่ 2.5

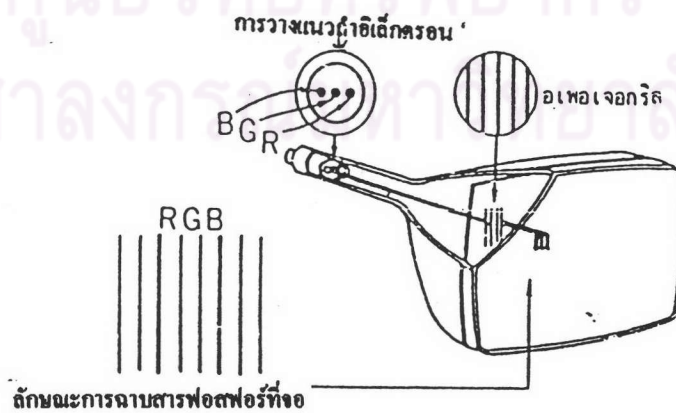




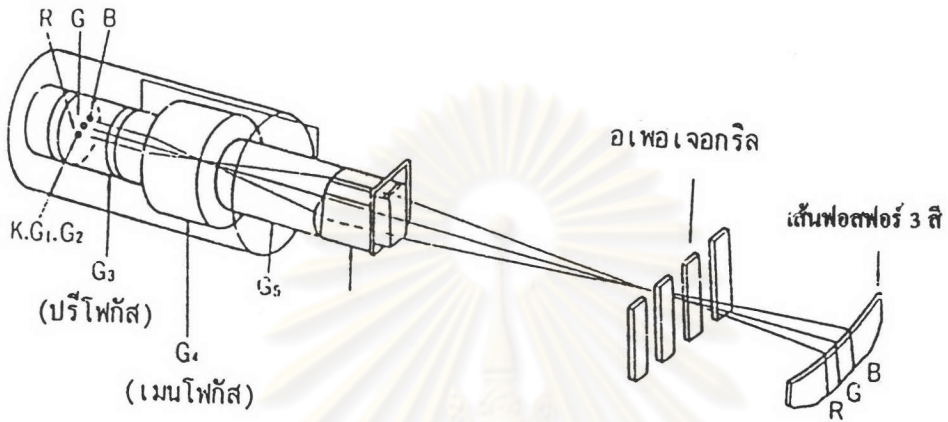
รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะการใช้แผ่นสลอตมาสก์กับลำอิเล็กตรอนของหลอดอินไลน์

2.1.1.3 หลอดภาพแบบไตรนิตรอน (Trinitron tube)

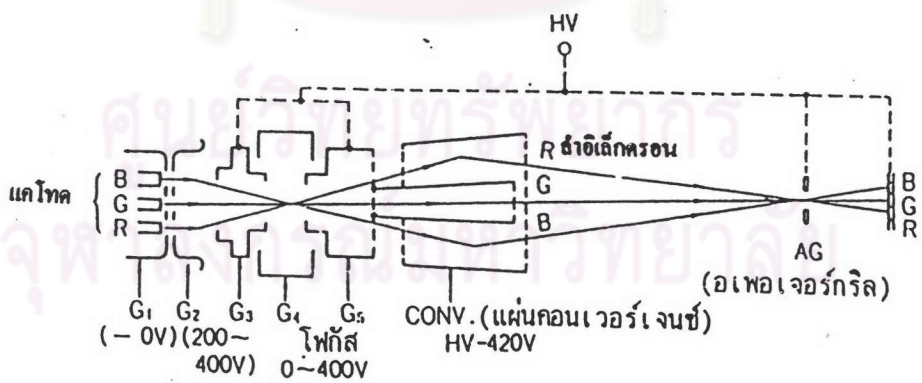
หลอดภาพแบบไตรนิตรอน (trinitron tube) มีโครงสร้างส่วนใหญ่คล้ายกับหลอดอินไลน์ คือ ลักษณะการวางปืนอิเล็กตรอนที่คอหลอดจะเป็นระดับเดียวกันทางแนวนอนและการฉายสารฟอสฟอรัสที่หน้าจอก็จะฉายเป็นเส้นตั้งสลับกันไประหว่างแม่สีทั้งสาม แต่จะมีแผ่นปรับแต่งลำอิเล็กตรอนที่เรียกว่า แผ่นคอนเวอร์เจนซ์ (convergence plate) 2 อัน ยึดอยู่ตรงปลายของปืนอิเล็กตรอนและใช้แผ่นที่เรียกว่าอเพอเจอร์กริล (aperture grill) ลักษณะเป็นเส้นลวดยึดเรียงกันอยู่เป็นแผ่นบังลำอิเล็กตรอน ซึ่งหลอดภาพแบบนี้มีปริมาณลำอิเล็กตรอนถึงไปชนสารฟอสฟอรัสที่หน้าจอได้มากกว่า ทำให้มีความสว่างของแสงสีปรากฏออกมาทางด้านหน้าจอได้มาก ดังแสดงในรูปที่ 2.6, 2.7, 2.8 และ 2.9



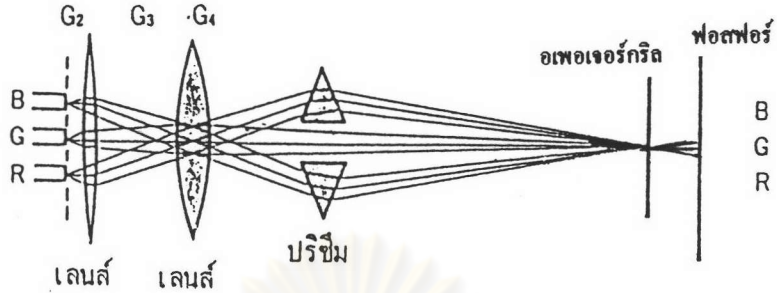
รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของหลอดภาพแบบไตรนิตรอน



รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างภายในหลอดภาพไตรนิตรอน



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างป็นอิเล็กทรอนิกส์ของหลอดไตรนิตรอน



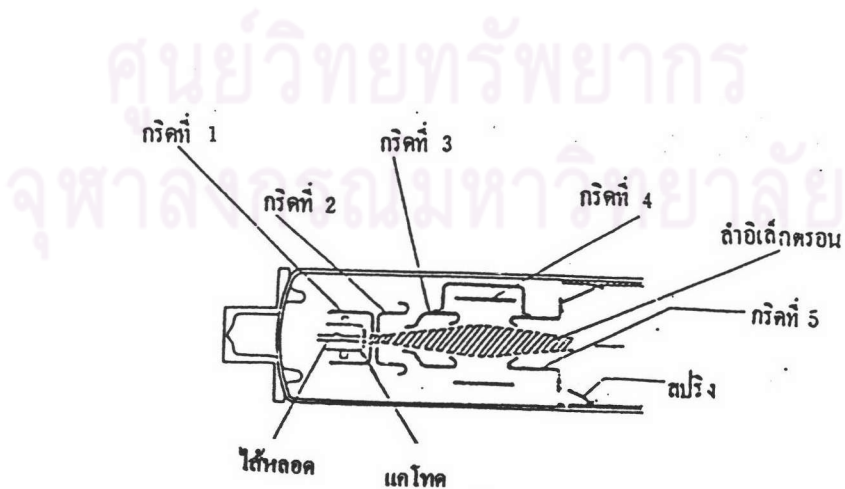
ปรีโฟกัส( $G_2$ ) เมนโฟกัส( $G_4$ ) และปริซึม (แผ่นคอนเวอร์เจนซ์)  
แสดงการโฟกัสลำอิเล็กตรอนไปยังจอภาพ

รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะโครงสร้างภายในและป็นอิเล็กตรอนหลอดไดรอนิตรอน

2.1.2 การเกิดรังสีเอกซ์ที่จอภาพ

2.1.2.1 การทำให้เกิดอิเล็กตรอนโดยใช้ความร้อน

ธวัช เมฆสุวรรณค์ และโยชิคะซึ ซาวามูระ (1994) กล่าวว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอด (filament) หรือไส้หลอดของแคโทด จะทำให้เกิดความร้อนขึ้น แคโทดรูปทรงกระบอกนี้ทำด้วย แบเรียมออกไซด์ เมื่อแคโทดได้รับความร้อนอุณหภูมิสูงประมาณ  $800^{\circ}\text{C}$  จะทำให้เกิดอิเล็กตรอนขึ้นรอบ ๆ แคโทดทรงกระบอกนี้ ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของป็นอิเล็กตรอน



### 2.1.2.2 การบังคับลำอิเล็กตรอน

อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นรอบ ๆ แคโทดขึ้นอยู่กับความร้อนที่แคโทดได้รับ และขึ้นอยู่กับความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแคโทดกับกริดที่หนึ่งและกริดที่สองอีกด้วย โดยปกติกริดที่หนึ่งจะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบเมื่อเทียบกับแคโทดและกริดที่สองจะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกเมื่อเทียบกับแคโทด ความต่างศักย์ระหว่างกริดที่หนึ่งกับแคโทดเรียกว่า bias voltage อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นมีประจุไฟฟ้าลบ ดังนั้นเมื่อกริดที่หนึ่งมีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบเมื่อเทียบกับแคโทด อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะผลักดันกับกริดที่หนึ่ง หากสามารถทำให้กริดที่หนึ่งมีศักย์เป็นลบสูงขึ้น หรือเพิ่ม bias voltage ขึ้น ก็จะทำให้จำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจากแคโทดน้อยลง เพราะมีการผลักดันทางไฟฟ้ากันอยู่ โดยที่เอกซเรย์ที่เกิดขึ้นที่จอหลอดภาพขึ้นอยู่กับจำนวนอิเล็กตรอนและความเร็วของลำอิเล็กตรอนที่วิ่งเข้าใกล้จอหลอดภาพ ดังนั้น bias voltage นี้ นอกจากจะใช้เพื่อควบคุมจำนวนอิเล็กตรอนจากแคโทดแล้ว ยังควบคุมการเกิดเอกซเรย์ที่จอหลอดภาพด้วย

### 2.1.2.3 การเกิดรังสีเอกซ์แบบ Bremsstrahlung

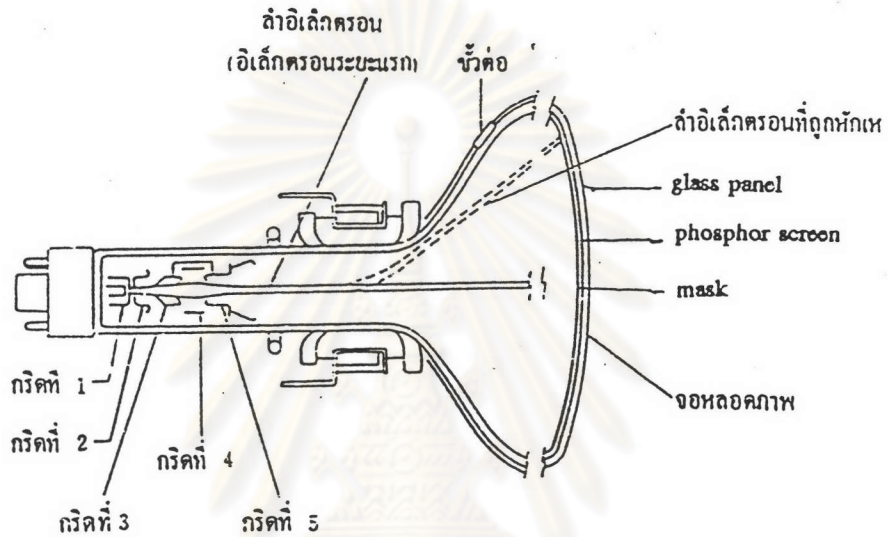
Joseph Selman (1965) กล่าวว่าเมื่ออิเล็กตรอนวิ่งในสนามไฟฟ้าตรงไปยังเป้า (แอโนด) อิเล็กตรอนจะลดความเร็วลง ค่าพลังงานจลน์จะลดลง และอิเล็กตรอนจะถูกทำให้หยุดด้วยสนามไฟฟ้าสถิตย์ที่แอโนด ค่าพลังงานจลน์ที่หายไปจะเปลี่ยนเป็นรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานเท่ากับพลังงานจลน์นั้น การแผ่รังสีแบบ Bremsstrahlung เป็นแบบ heterogenous ไม่ใช่แบบพลังงานเดียวหรือแบบความยาวคลื่นเดียว ขึ้นอยู่กับความเร็วและระยะทางที่อิเล็กตรอนเข้าใกล้นิวเคลียสของเป้า ซึ่งอิเล็กตรอนแต่ละตัวมีคุณสมบัติต่างกัน พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนแต่ละตัวจะเปลี่ยนเป็นรังสีเอกซ์ที่มีความยาวคลื่นที่สมมูลกัน

S.P. Wang, S.Sarvic และ H. Hersh (1968) กล่าวว่าอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงเมื่อวิ่งไปยังจอภาพจะเกิดรังสีเอกซ์แบบ Bremsstrahlung ซึ่งเป็นรังสีปรมาณูที่ภายในหลอดภาพและจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อหลอดภาพมี applied voltage สูงขึ้น

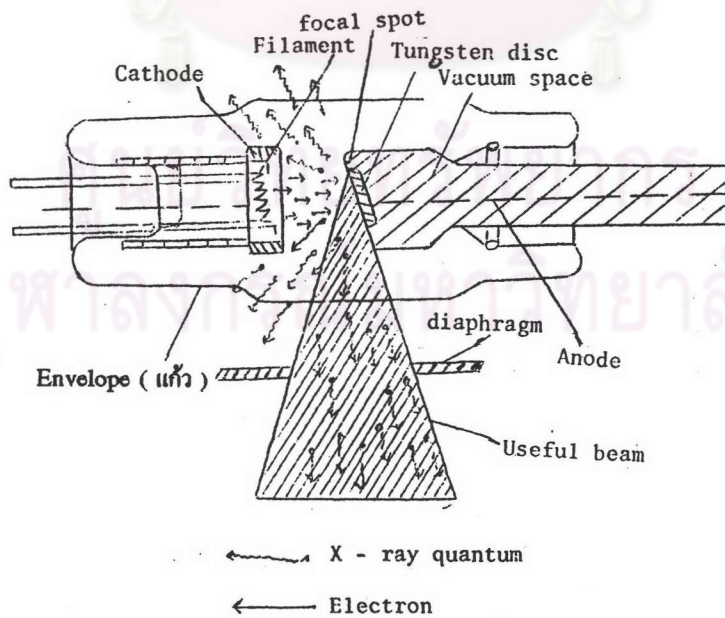
บริเวณจอหลอดภาพ อิเล็กตรอนมากกว่า 80% ที่ใช้ในการ scan ถูกกั้นด้วยหน้ากาก (mask) มีเปอร์เซ็นต์น้อยที่ผ่านไปยังฟอสฟอรัสกรีน (phosphor screen) รังสีเอกซ์ที่มีผลจากการยิงอิเล็กตรอนไปยังฟอสฟอรัสเขียวมีค่าสูงกว่ารังสีเอกซ์ที่มีผลจากการยิงอิเล็กตรอนไปยังฟอสฟอรัสน้ำเงิน ในทำนองเดียวกัน รังสีเอกซ์ที่มีผลจากการยิงอิเล็กตรอนไปยังฟอสฟอรัสน้ำเงินมีค่าสูงกว่ารังสีเอกซ์ที่มีผลจากการยิงอิเล็กตรอนไปยังฟอสฟอรัสแดง ความแตกต่างนี้ขึ้นกับ atomic number (Z) ของฟอสฟอรัสเหล่านี้

ปกติส่วนของจอภาพ หรือ glass panel ประกอบด้วยตะกั่วจำนวนมาก ซึ่งมีผลทำให้รังสีที่จะผ่านจอภาพออกมาทางหน้าจามีปริมาณลดลงหลายเท่า นอกจากนี้ รังสีที่ผ่านออกมาจากจอภาพจะถูกกรองด้วยหน้ากาก (mask) ด้วย

2.1.2.4 เปรียบเทียบคุณสมบัติหลอดภาพโทรทัศน์กับหลอดเอกซเรย์



รูปที่ 2.11 แสดงโครงสร้างของโทรทัศน์สี

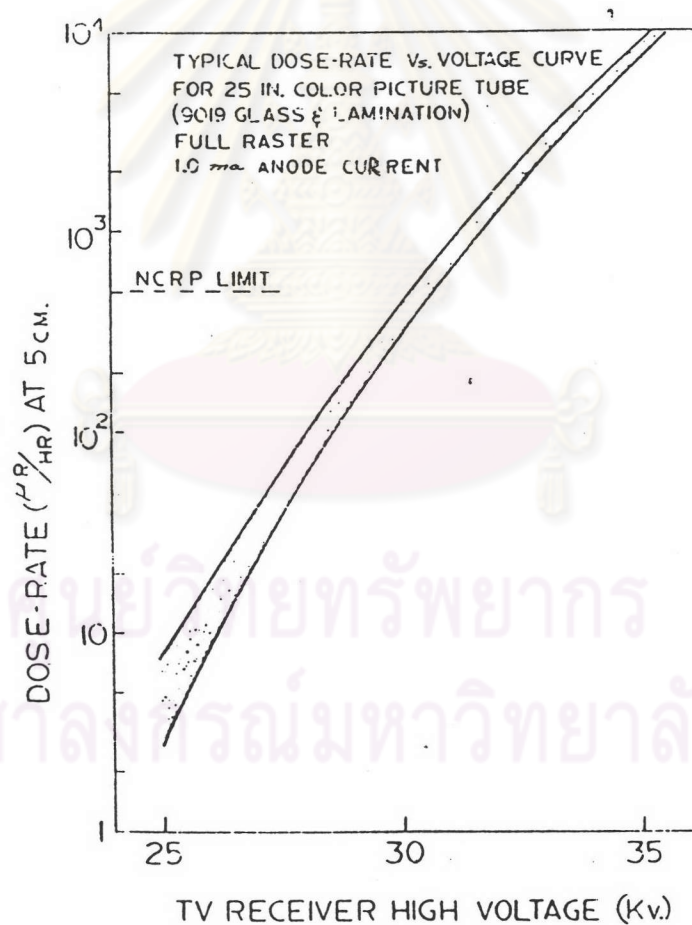


รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้างของหลอดเอกซเรย์



ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดภาพโทรทัศน์และหลอดเอกซเรย์

หลอดภาพโทรทัศน์	หลอดเอกซเรย์
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้ความร้อน 800°C เพื่อให้เกิดกลุ่มอิเล็กตรอนออกมารอบ ๆ แคโทด</li> <li>- ความต่างศักย์ระหว่างแคโทดและแอโนด ประมาณ 23-35 kV</li> <li>- อิเล็กตรอนวิ่งเข้าหาขั้วบวกเมื่อเกิดความต่างศักย์ระหว่าง cathode และ grid</li> <li>- การเกิดเอกซเรย์เป็นแบบ Bremsstrahlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้ความร้อน 2000°C เพื่อให้เกิดกลุ่มอิเล็กตรอนออกมารอบ ๆ แคโทด</li> <li>- ความต่างศักย์ระหว่างแคโทด และแอโนด ประมาณ 100 kV</li> <li>- อิเล็กตรอนวิ่งเข้าหาขั้วบวก เมื่อเกิดความต่างศักย์ระหว่าง cathode และ anode (Tungsten)</li> <li>- การเกิดเอกซเรย์เป็นแบบ Bremsstrahlung</li> </ul>



รูปที่ 2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีที่ระยะห่าง 5 เซนติเมตรจากจอภาพโทรทัศน์และ applied voltage ของหลอดภาพเมื่อกระแสที่แอโนดมีค่าเท่ากับ 1.0 mA

## 2.2 เทอร์โมลูมิเนสเซนซ์โดสิมิเตอร์ (Thermoluminescence dosimeter : TLD)

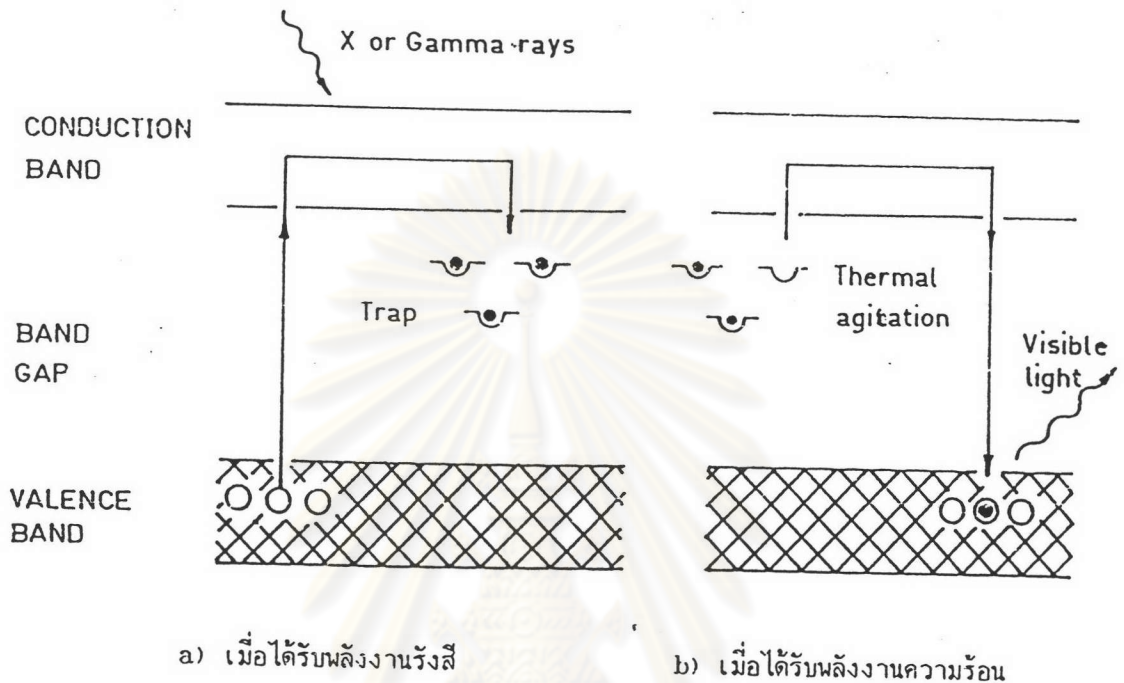
เทอร์โมลูมิเนสเซนซ์โดสิมิเตอร์ (TLD) เป็นเครื่องวัดรังสีชนิดหนึ่งที่ใช้ผลึกของสารกึ่งตัวนำบางชนิดเป็นตัววัดรังสี โดยผลึกที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติพิเศษ โดยจะมีการเติมสารบางอย่างที่เรียกว่า impurity เช่น Mn Mg Dy ลงไปด้วยเป็นปริมาณน้อย ๆ เพื่อให้เกิด trap หรือ metastable state

เมื่อผลึก TLD ได้รับรังสีจะทำให้เกิดสถานะกึ่งเสถียร (metastable state) ขึ้นภายในอะตอม โดยพลังงานจำนวนหนึ่งจะเก็บไว้ในผลึก และเป็นการเก็บอย่างชั่วคราวในระดับอุณหภูมิกปกติ โดยผลึก TLD จะรักษาลังงานนั้นไว้จนกระทั่งได้รับความร้อนที่เหมาะสม จึงคายพลังงานออกมาในรูปแสงสว่าง และอะตอมนั้นจะกลับคืนสู่สถานะพื้นฐาน (ground state) ดังเดิม แสงที่เกิดขึ้นสามารถวัดได้โดยใช้ photomultiplier tube ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานในรูปแสงสว่างให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นเราสามารถประเมินค่าปริมาณรังสีจากสัญญาณทางไฟฟ้า

TLD ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีหลายชนิด เช่น  $\text{CaF}_2(\text{Mn})$ ,  $\text{CaF}_2(\text{Dy})$ ,  $\text{LiF}(\text{Mg})$ ,  $\text{CaSO}_4(\text{Mn})$ ,  $\text{CaSO}_4(\text{Dy})$  เป็นต้น การนำ TLD แต่ละชนิดไปใช้งานจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของงานที่ปฏิบัติและคุณสมบัติเฉพาะของ TLD ได้มีการผลิต TLD ออกมาในหลายรูปแบบ เช่น powder, chip, rod เป็นต้น

อิเล็กตรอนในอะตอมของผลึก TLD ในขณะที่ยังไม่ได้ถูกรบกวนด้วยรังสีจะถูกยึดอยู่ในอะตอม โดยโคจรรอบนิวเคลียส ด้วยพลังงานยึดเหนี่ยวที่แน่นอน สำหรับวงโคจรหนึ่ง ๆ แถบพลังงานเหล่านี้เรียกว่า แถบวาเลนซ์ (valence band) ถ้าอิเล็กตรอนในชั้นใดชั้นหนึ่งได้รับพลังงานจากภายนอกไม่ว่าจากโฟตอน หรืออนุภาคใดก็ตาม อิเล็กตรอนจะกระโดดขึ้นไปอยู่ในแถบคอนดักชัน (conduction band) ซึ่งอิเล็กตรอนจะอยู่ในสถานะตื่นตัว (excited state) ในขณะที่เดียวกันในแถบพลังงานวาเลนซ์จะมีโฮล (hole) เกิดขึ้นแทนที่อิเล็กตรอนที่หายไป ส่วนในแถบช่องว่าง (band gap หรือ forbidden band) ซึ่งอยู่ระหว่างแถบวาเลนซ์และคอนดักชัน จะมีกับดัก (trap ที่เกิดจากสาร impurity ที่เติมลงไป) ซึ่งจะมีพลังงานต่ำกว่าแถบพลังงานคอนดักชันเล็กน้อย กับดักนี้จะกักอิเล็กตรอนที่จะกระโดดกลับจากแถบคอนดักชันไปยังแถบวาเลนซ์เอาไว้ โดยกับดักที่กักอิเล็กตรอนไว้นี้เรียกว่า metastable electron trap อิเล็กตรอนจะถูกกักไว้อย่างชั่วคราวในระดับอุณหภูมิกปกติ ถ้ามีการกระตุ้นโดยให้เกิดความร้อนเข้าไปในผลึกสาร จะทำให้ อิเล็กตรอนในกับดักมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดกลับคืนสู่แถบคอนดักชันอีกครั้ง ต่อจากนั้นอิเล็กตรอนจะกลับลงมารวมกับโฮลในแถบวาเลนซ์พร้อมกับคาย

พลังงานออกมาในรูปแสงสว่าง โดยความเข้มของแสงที่เกิดขึ้นจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ผลึกได้รับ



รูปที่ 2.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอะตอม TLD เมื่อได้รับรังสี

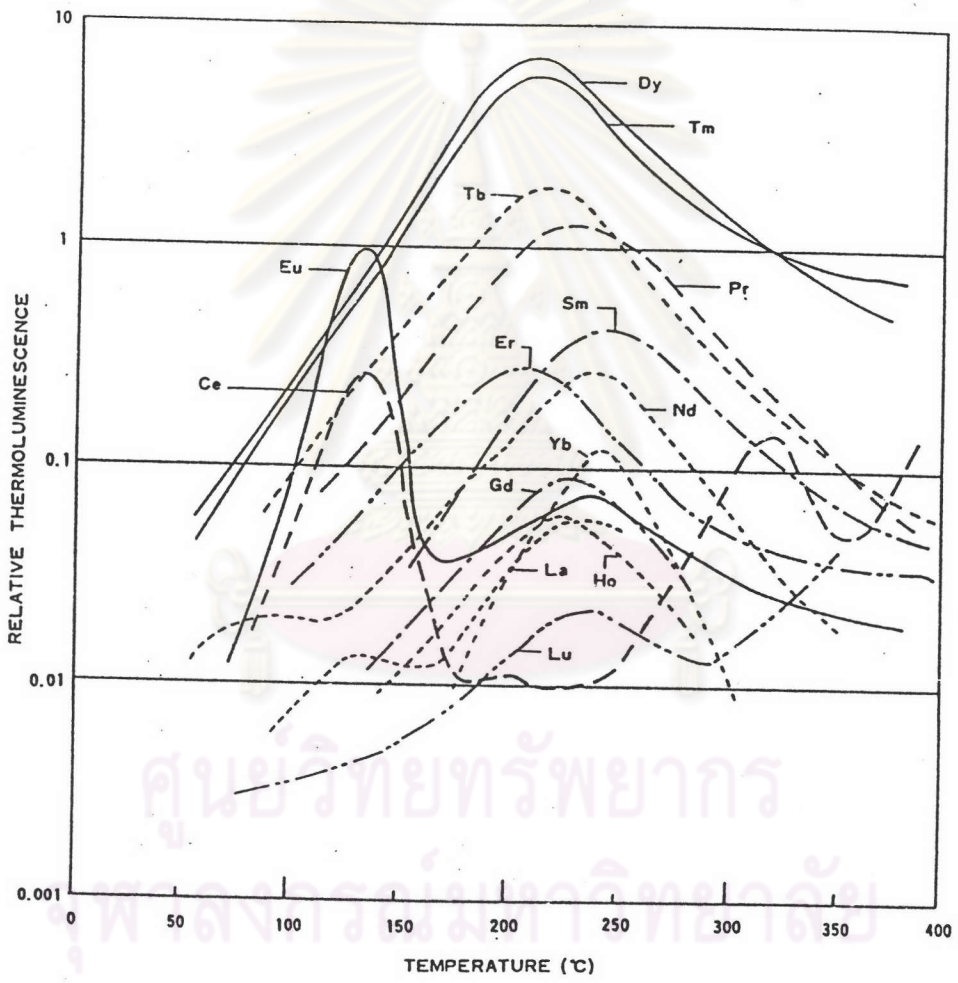
ในการใช้งาน ก่อนที่จะนำ TLD ไปใช้วัดปริมาณรังสี จะต้องนำ TLD ไป anneal เพื่อให้ไอเล็กตรอนที่ค้างอยู่ในกับดักให้กลับลงมาสู่แถบวาเลนซ์ให้หมดเสียก่อน เทคนิคที่ใช้ในการ anneal TLD เช่น  $\text{CaSO}_4(\text{Dy})$  จะ anneal ที่อุณหภูมิ  $400^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วให้อุณหภูมิ TLD อยู่ที่อุณหภูมิห้อง จึงนำไปใช้ หลังจากที้นำ TLD ไปวัดปริมาณรังสี จะต้องนำ TLD มาเข้าเครื่องอ่าน TLD เพื่อประเมินค่าปริมาณรังสีที่ TLD ได้รับโดยเครื่องอ่าน TLD

## 2.2.1 คุณสมบัติของ TLD ชนิด $\text{CaSO}_4(\text{Dy})$

### 2.2.1.1 Sensitivity

ผลจากการเตรียม TLD ชนิด  $\text{CaSO}_4$  ของ Yamashita T. และคณะ (1968) ซึ่งกระตุ้น (activated) ด้วย rare-earth ion 14 ชนิดคือ Dy, Tm, Pr, Sm, Er, Nd, Yb, Gd, La, Ho, Lu, Eu, Ge แล้วเปรียบเทียบ glow curve  $\text{CaSO}_4(\text{Dy})$  เป็น TLD ที่มี Sensitivity สูงสุด ดังรูป 2.15



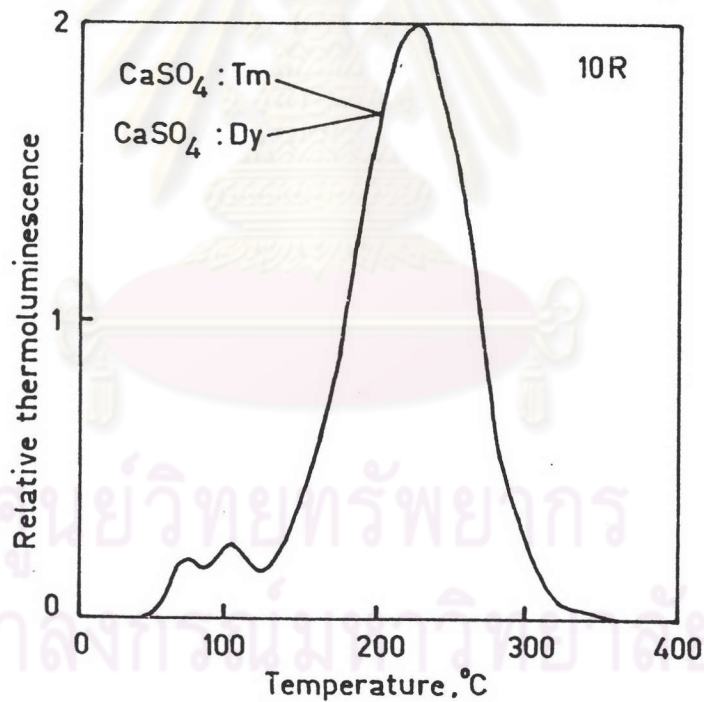


รูปที่ 2.15 แสดง Thermoluminescence glow curve ของ  $\text{CaSO}_4$  ที่กระตุ้นด้วย rare-earth ion ต่าง ๆ กัน 14 ชนิด (Yamashita และคณะ 1968)

## 2.2.1.2 Glow curve

glow curve คือ กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงที่ TLD ปล่อยออกมา (TL) กับอุณหภูมิหรือเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่ TLD

Oberhofer และ Scharmann (1980) ได้ศึกษา TL glow peak ของ  $\text{CaSO}_4(\text{Dy})$  พบว่า มี peak หลักอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 220 องศาเซลเซียส และมี peak แรก 2 peak อยู่ติดกัน ที่อุณหภูมิประมาณ 80 และ 120 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 2.16 โดยมี Spectrum ของแสงความยาวคลื่น  $4,800 \text{ \AA}$  และ  $5,700 \text{ \AA}$  ปล่อยออกมา

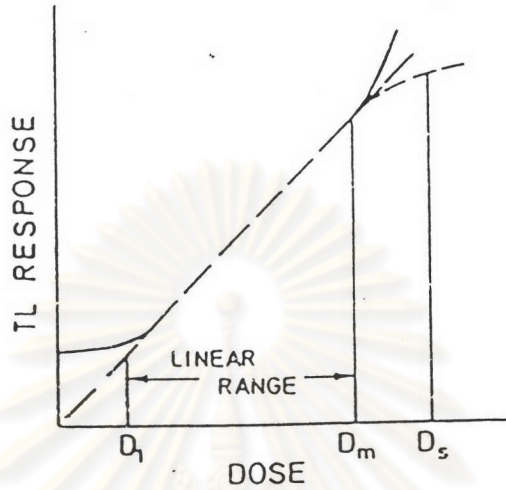


รูปที่ 2.16 TL glow curve ของ  $\text{CaSO}_4(\text{Dy})$  และ  $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$  ที่ปริมาณรังสี 10 R

(Oberhofer และ Scharmann, 1980)

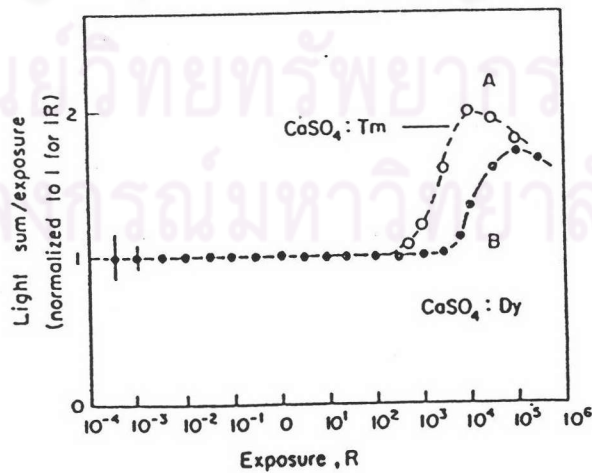
2.2.1.3 Linearity

หมายถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจาก TLD กับปริมาณรังสีที่ TLD ได้รับ



รูปที่ 2.17 แสดง Linearity ของ TLD ที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ

Yamashita และคณะ (1970) ศึกษาพบว่า  $\text{CaSO}_4(\text{Dy})$  มีความไวในการตอบสนองต่อรังสี ระหว่างปริมาณแสงที่ปล่อยออกมา (TL) และปริมาณรังสีที่  $\text{CaSO}_4(\text{Dy})$  ได้รับ มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงไปจนถึง  $3 \times 10^3 \text{ R}$  เริ่ม supralinear จากช่วง  $3 \times 10^3 \text{ R}$  ถึง  $10^5 \text{ R}$  และเริ่ม saturation ประมาณ  $10^5 \text{ R}$  มี minimum detectable dose ต่ำกว่า  $5 \times 10^{-4} \text{ R}$  โดยมี standard deviation 20% ดังรูป 2.18

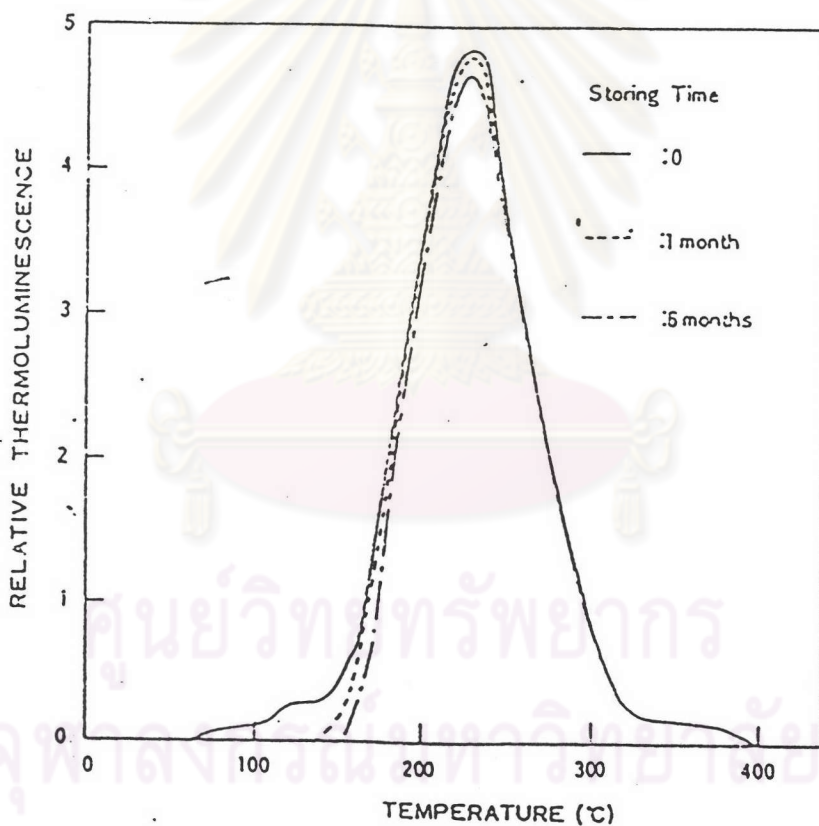


รูปที่ 2.18 แสดง linearity ของ  $\text{CaSO}_4(\text{Dy})$  เปรียบเทียบกับ  $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$  เมื่อฉายด้วยรังสีแกมมาจาก  $\text{Cs}^{137}$  (Yamashita และคณะ 1970)



## 2.2.1.4 Fading

Christensen และคณะ (1973) กล่าวว่า  $\text{CaSO}_4(\text{Dy})$  มีการ fade (การจางหายของสัญญาณแสง) น้อยมาก ประมาณ 1-2 % ต่อเดือนและ 5-8 % ต่อ 6 เดือน เมื่อวัดที่อุณหภูมิห้องโดย peak เล็ก 2 peak ที่ระดับอุณหภูมิ 80 °C และ 120 °C ซึ่งจะหายไปในเวลาหลายชั่วโมงต่อมา และจะมีอัตราการ fade 3 % ต่อเดือน ที่อุณหภูมิห้อง 30 °C

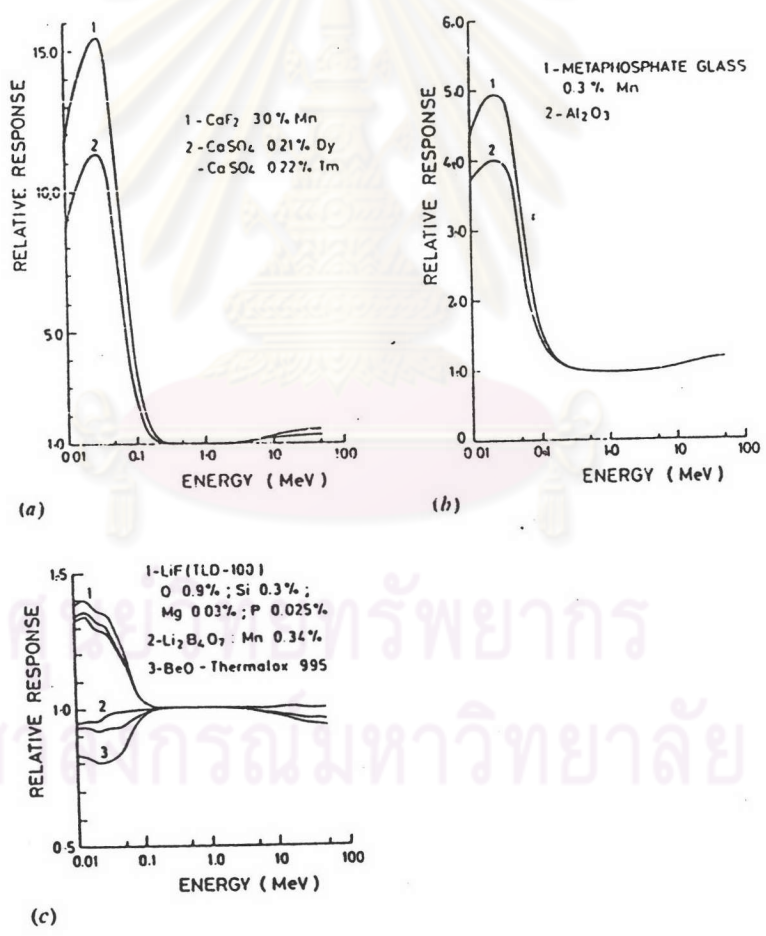


รูปที่ 2.19 แสดง glow curve ของ  $\text{CaSO}_4(\text{Dy})$  ที่เก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิห้อง ทั้งไว้ในเวลาต่าง ๆ กันหลังฉายรังสี (Yamashita และคณะ (1968))

2.2.1.5 Energy dependence

Oberhofer และ Scharmann (1979) กล่าวว่า เมื่อนำ TLD ไปอบรังสีปริมาณเท่ากัน แต่ระดับพลังงานต่างกัน การตอบสนองต่อรังสีจะต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากที่พลังงานต่ำ (<100 keV) จะเกิดปรากฏการณ์ Photoelectric absorption ได้ดีกว่าที่พลังงานสูง และจะขึ้นอยู่กับ atomic number (Z) ของ TLD ด้วย TLD ที่มีค่า Z ใกล้เคียงกับอากาศคือประมาณ 7.64 จะมีค่า energy response ต่ำ กล่าวคือ การตอบสนองต่อรังสีจะขึ้นกับพลังงานน้อยมาก ดังรูป 2.20

จากรูป 2.20 ที่ระดับพลังงาน < 100 keV CaSO<sub>4</sub> (Dy) จะมี relative response สูงมาก



รูปที่ 2.20 แสดง energy dependence ของ TLD ต่างชนิดกันเมื่ออบด้วยรังสีเอกซ์พลังงานต่าง ๆ กัน (Oberhofer และ Scharmann, 1979)