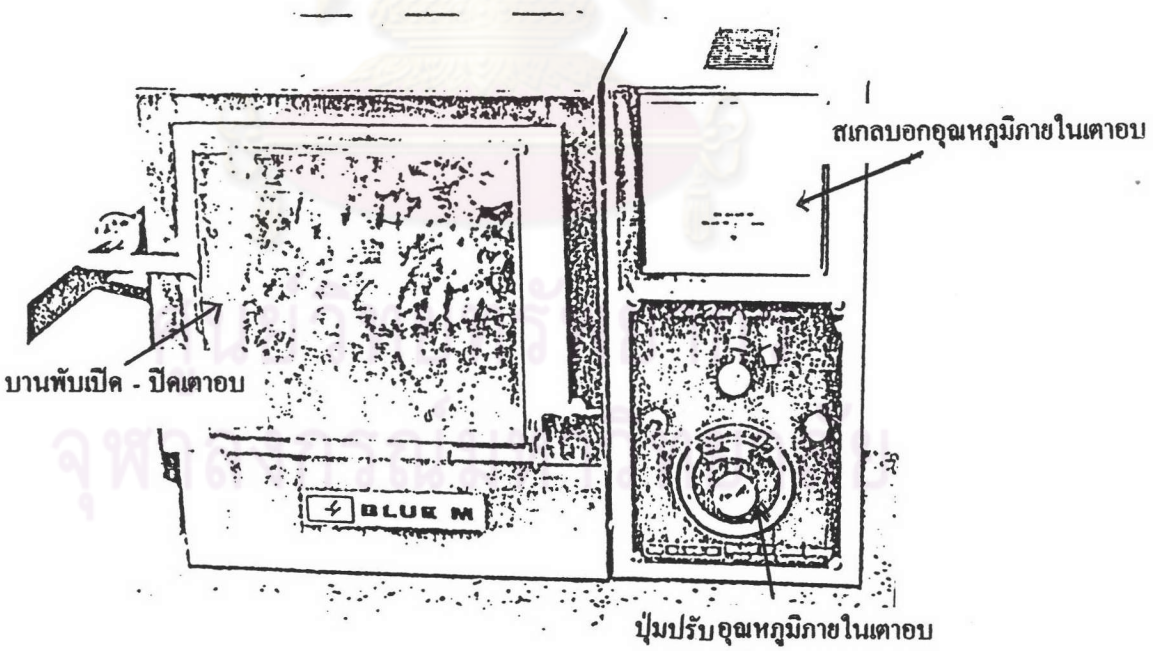
บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์ และการดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียม TLD เพื่อนำไปติดโทรทัศน์

นำ TLD $CaSO_4$ (Dy) ชนิดผงที่จะใช้ในงานวิจัย ไปร่อนแยกขนาด (grain size) ให้มีขนาดอยู่ระหว่าง 80-120 mesh แล้วนำไป anneal ในเตาอบที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นใน ตู้อบ จนกระทั่งอุณหภูมิ TLD เท่ากันกับอุณหภูมิห้อง



รูปที่ 3.1 เตาอบสำหรับ anneal TLD $CaSO_4$ (Dy)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

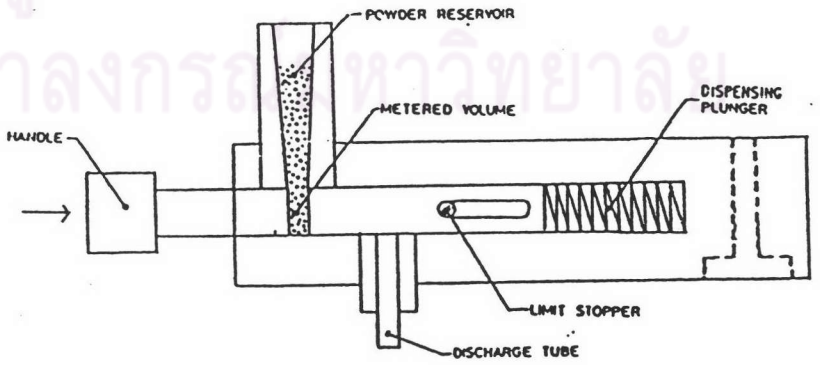
3.2 การบรรจุ TLD

นำ TLD ที่ anneal และทิ้งให้เย็นเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วนั้น ไปบรรจุลงในซองพลาสติก ซึ่งทำด้วยแผ่นพลาสติกทึบแสงสีดำหนา 0.01 มิลลิเมตร ทำเป็นซองพลาสติกขนาด 4 ตาราง เซนติเมตร ในการบรรจุ TLD ลงในซองพลาสติกนั้นจะใช้เครื่องบรรจุที่เรียกว่า Dispenser ดังแสดงในรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 แสดงการบรรจุ TLD ลงในซองพลาสติกด้วย dispenser

ระหว่างการบรรจุ TLD จะต้อง vibrate ให้ TLD มีความหนาแน่นสม่ำเสมอ โดยจะต้องกดปุ่ม vibrate เป็นเวลาเท่ากัน ในการบรรจุแต่ละครั้ง จากนั้นกดปุ่ม handle ที่ตัว dispenser 2 ครั้ง ให้ TLD ตกลงในซองเท่า ๆ กัน

น้ำหนักที่บรรจุลงในแต่ละซอง = 60 มิลลิกรัม



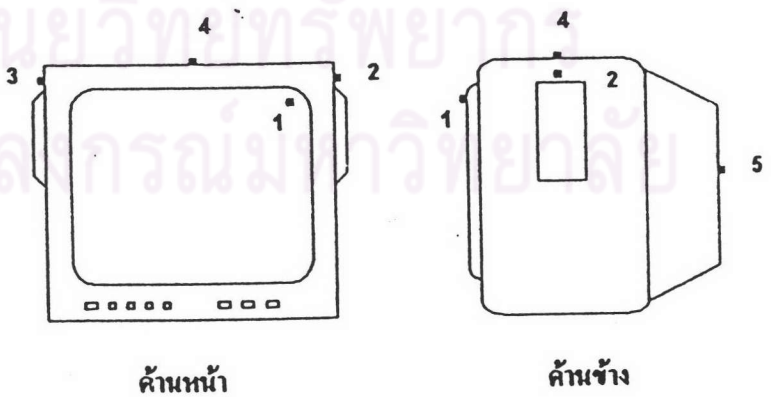
รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงส่วนประกอบภายในของ dispenser ที่ใช้ในการบรรจุ TLD

เมื่อบรรจุ TLD ลงซองพลาสติกเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการจัดแบ่ง TLD ออกเป็น 3 กลุ่ม ด้วยกัน โดยกลุ่มที่หนึ่งใช้ทำ TLD มาตรฐานสำหรับอ่านปริมาณรังสีจากโทรทัศน์ กลุ่มที่สองใช้เป็นตัวควบคุมสำหรับแก้ค่าแบคกราวนด์ ส่วนกลุ่มที่สาม เป็น TLD ที่จะนำไปติดตามจุดต่าง ๆ บนเครื่องรับโทรทัศน์

3.3 การติด TLD ตามจุดต่าง ๆ บนเครื่องรับโทรทัศน์เพื่อวัดปริมาณรังสี

การนำ TLD ไปติดตามจุดต่าง ๆ บนเครื่องรับโทรทัศน์ แต่ละจุดจะใช้ซองพลาสติก 1 ซอง แต่ละซองติดหมายเลขกำกับไว้ โดยด้านหน้าของเครื่องรับโทรทัศน์ติดหมายเลข 1 ด้านซ้ายติดหมายเลข 2 ด้านขวาติดหมายเลข 3 ด้านบนติดหมายเลข 4 และด้านหลังติดหมายเลข 5 เพื่อที่จะใช้ในการวัดเปรียบเทียบกัน โดยเครื่องรับโทรทัศน์แต่ละเครื่องจะใช้ TLD ทั้งหมด จำนวน 5 ซอง

เมื่อติด TLD ที่เครื่องรับโทรทัศน์ตามจุดต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว จะให้ผู้ชมโทรทัศน์จดบันทึกเวลาในการเปิดโทรทัศน์ในแต่ละครั้งไว้ โดยได้จัดทำตารางเวลาในการเปิดและปิดไว้เพื่อความสะดวกในการจดบันทึก ซึ่งเวลาที่จดบันทึกไว้นี้จะใช้ในการคำนวณอัตราปริมาณรังสีเอกซ์ที่แผ่ออกมา ที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนเครื่องรับโทรทัศน์

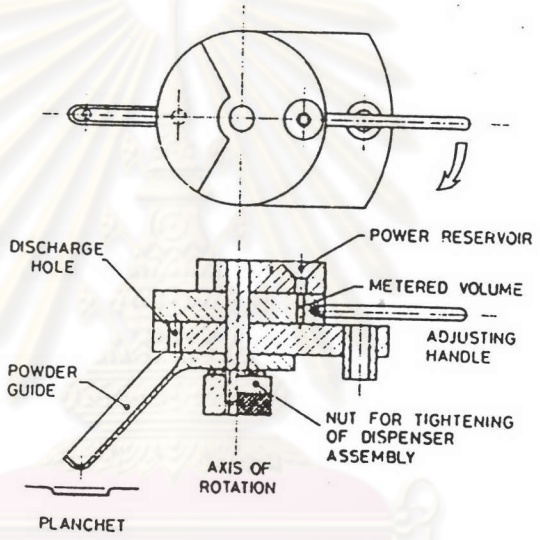


รูปที่ 3.4 แสดงการติด TLD ที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนเครื่องรับโทรทัศน์

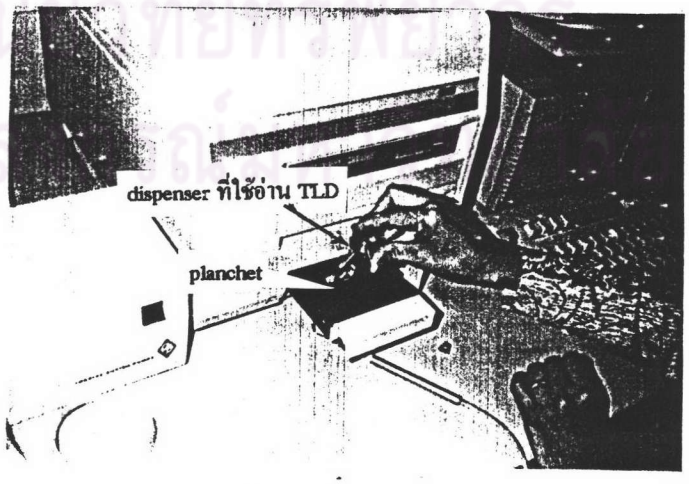
3.4 การอ่าน TLD

3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการแบ่ง TLD สำหรับการอ่าน

ในการอ่าน TLD จะใช้ dispenser สำหรับการอ่านเป็นตัวกำหนดปริมาณ TLD โดยการใส่ TLD ลงใน powder reservoir หมุน adjusting handle มาในตำแหน่งที่ทำให้ TLD ตกลงใน metered volume จากนั้นกดปุ่ม vibrate เพื่อให้ผง TLD มีความหนาแน่นสม่ำเสมอแล้ว หมุน adjusting handle ให้ metered volumn ตรงกับ discharge hole TLD จะตกลงมาทาง powder guide ลงบน planchet ในการอ่าน TLD แต่ละครั้ง จะมี TLD บน planchet ปริมาตรเท่า ๆ กัน

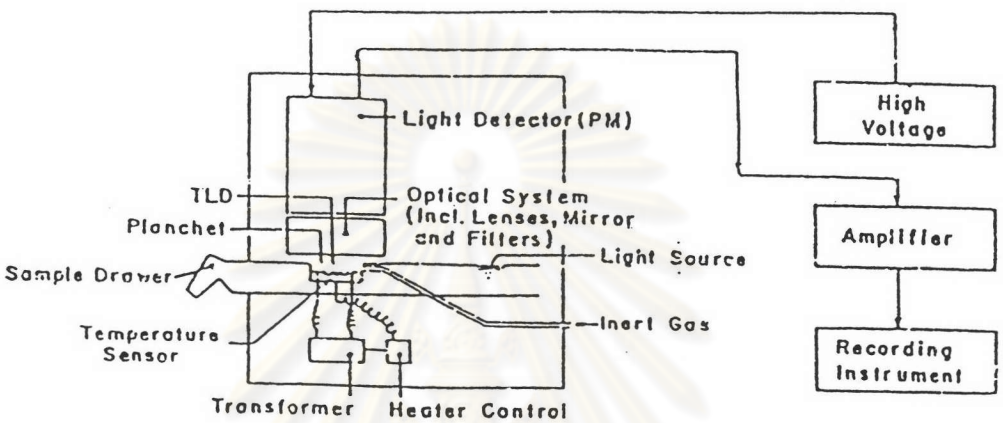


รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงส่วนประกอบภายในของ dispenser ที่ใช้อ่าน TLD



รูปที่ 3.6 แสดงการใช้ dispenser สำหรับอ่าน TLD

3.4.2 เครื่องอ่าน TLD



รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของเครื่องอ่าน TLD

(Oberhofer และ Schamann, 1980)

เครื่องอ่าน TLD โดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนสำคัญแยกได้เป็น 2 ระบบ (Oberhofer และ Scharmann, 1980)

3.4.2.1 ระบบให้ความร้อน (heating device) เป็นระบบควบคุมการให้ ความร้อนแก่ TLD จากอุณหภูมิปกติให้มีความร้อนในช่วง 200 - 300 องศาเซลเซียส ในเวลา 2-3 นาที โดย TLD และแผ่นตัวนำความร้อน (planchet) จะต้องสัมผัสกันอย่างสนิท เพื่อให้ความร้อนของ TLD เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

ระบบให้ความร้อนประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

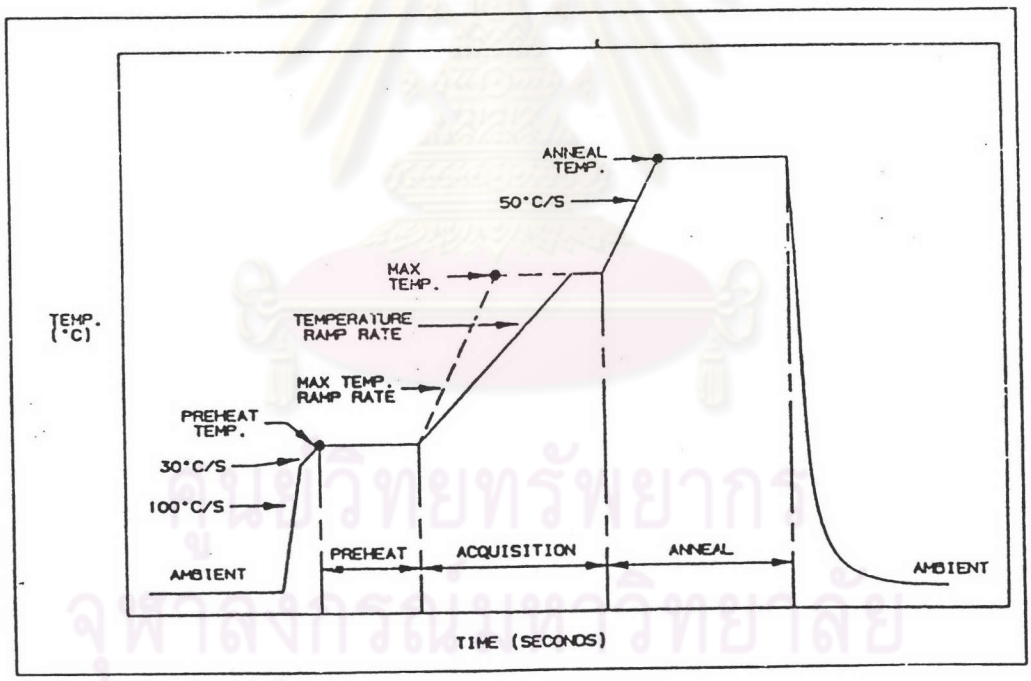
- **Heater control** เป็นส่วนควบคุมอุณหภูมิให้แก่ planchet ให้มีอุณหภูมิตามต้องการ ดังรูป 3.7

ในการให้ความร้อนแก่ TLD แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ preheat acquisition และ anneal ดังแสดงในรูปที่ 3.8

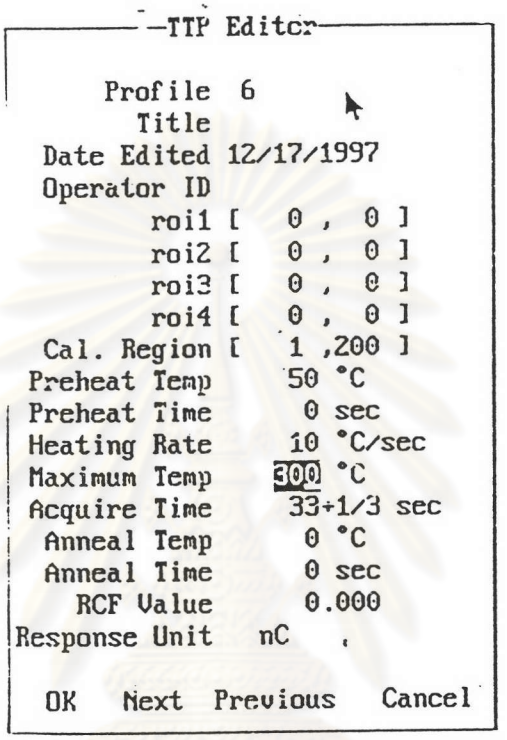
preheat เป็นความร้อนที่ให้แก่ TLD ที่อุณหภูมิต่ำคือ 50°C ซึ่งยังไม่สามารถกระตุ้นอิเล็กตรอนในกับดักได้ จึงไม่ต้องใช้เวลานาน

ช่วง acquisition เป็นช่วงที่ photo multiplier tube อ่านแสงที่ออกมาจาก TLD มี 200 จุด ครอบคลุม glow curve อุณหภูมิช่วง acquisition เพิ่มด้วยอัตรา 10°C ต่อวินาที และอุณหภูมิสูงสุดคือ 300°C และตั้งเวลาในการวัดทั้งหมด 33 วินาที

ในการ set เครื่องอ่าน TLD นี้ ได้ตั้งอุณหภูมิ anneal ที่ 300°C และเวลา 0 วินาที จึงไม่มีช่วง anneal



รูปที่ 3.8 แสดงอัตราการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ planchet ของเครื่องอ่าน TLD model 3500 ของบริษัท Harshaw



รูปที่ 3.9 แสดงการตั้งอัตราการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ planchet ของเครื่องอ่าน TLD

เพื่อให้ครอบคลุม glow curve ที่เกิดขึ้นทั้งหมด สำหรับการอ่าน TLD $CaSO_4$(Dy) ชนิดผงผลึก ได้ตั้ง Temperature rate ในช่วง Preheat Temperature ถึง Maximum Temperature มีค่า 10 องศาเซลเซียส ต่อวินาที Acquire Time 33 วินาที Preheat Temperature 50 องศาเซสเซียส Maximum Temperature 300 องศาเซลเซียส

- Transformer เป็นส่วนที่แปลงศักดาไฟฟ้าให้พอเหมาะกับความร้อนที่ให้กับ planchet
- Temperature senser ประกอบด้วย thermocouple ทำงานร่วมกับ heater control

3.4.2.2 ระบบวัดแสง (The light detecting system)

หลักทั่วไปของระบบนี้ คือ เปลี่ยนแสงที่ออกมาจาก TLD เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า (ประจุ, กระแสหรือ ความต่างศักดาไฟฟ้า)

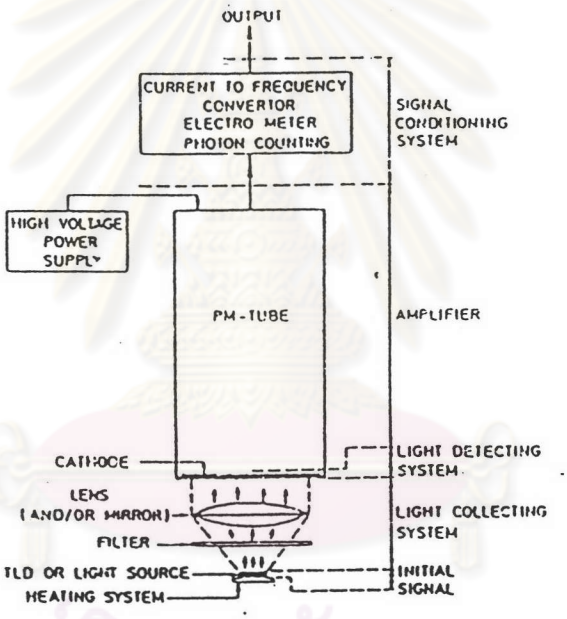
ระบบวัดแสงประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 3 ส่วน

ก) ส่วนรวบรวมแสง (The light collecting system) ประกอบด้วย

filter ใส่เพื่อป้องกันรังสีอินฟาเรด ที่ปล่อยออกมาจาก heater element หรือ TLD เอง มิให้ถึง light detector

lens มีหน้าที่รวบรวมแสง (TL) ที่เกิดจาก TLD ให้มีความเข้มแสงมากขึ้น

ความผิดพลาดในระบบรวบรวมแสงนี้ อาจเกิดขึ้นจากฝุ่นละอองที่อยู่ตามทางเดินของแสง หรือการเปลี่ยนแปลงการสะท้อนของ heater planchet



รูปที่ 3.10 แผนภาพแสดงระบบวัดแสง (The light detection system)
ของเครื่องอ่าน TLD (Oberhofer and Scharmann, 1980)

ข) ส่วนวัดแสงและขยายสัญญาน (light detector and signal amplifier) เนื่องจากแสงที่ปล่อยออกมาจาก TLD มีความเข้ม 10^{-13} lm ซึ่ง solid-state photodetector มีความไวไม่เพียงพอที่จะวัดแสงความเข้มต่ำ ๆ เช่นนี้ได้ มีแต่ Photomultiplier tube เท่านั้นที่วัดได้ เพราะมีความไวต่อแสงสูงคือมี large dynamic range (10^{-13} - 10^{-6} lm)

อย่างไรก็ตามตัวแปรที่มีผลต่อ sensitivity และ signal-to-noise ratio ของ photomaltiplier tube มีดังนี้คือ

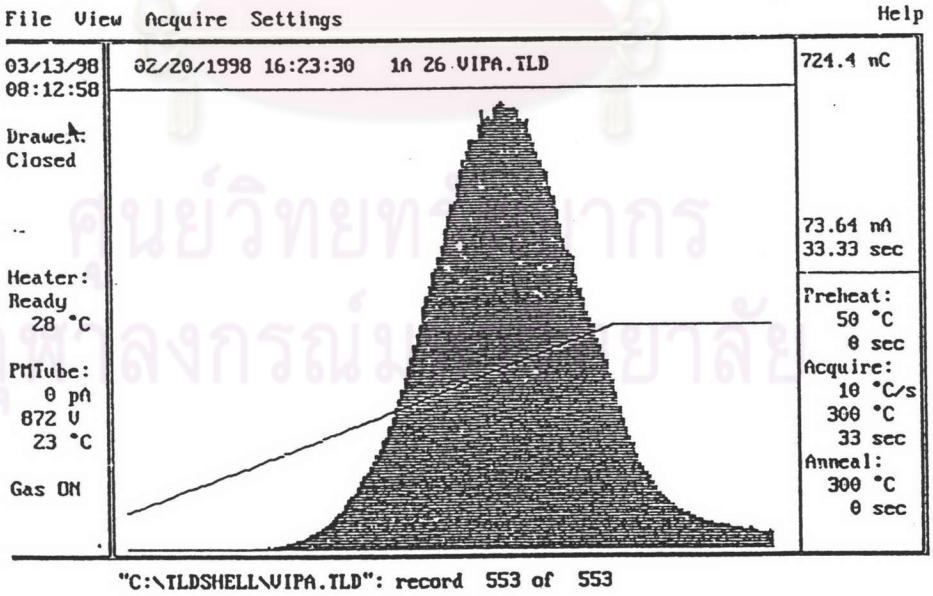
- Dark current คือ การที่ photomultiplier tube เกิดสัญญาณขณะที่ยังไม่มีแสงจาก TLD และแสงจากภายนอก สัญญาณ dark current นี้เกิดจากอิเล็กตรอนที่อยู่บน Cathode layer แม้จะใช้ photomultiplier tube แบบเดียวกัน แต่ค่า dark curren: อาจแตกต่างกันได้ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิภายในห้อง สภาพที่ดีที่สุด คือ ต้องมี low noise และ dark current ต่ำ ๆ

- Temperature effect คือการที่ขณะอ่าน TLD สภาพแวดล้อมของอุณหภูมิภายในห้องไม่คงที่ ทำให้ sensitivity ของ photomultiplier tube มีค่าไม่คงที่ด้วย

- Fatigue effect คือการที่ photomultiplier tube ถูกฉายด้วยแสงที่มีความเข้มสูง ซึ่งทำให้ sensitivity ของ photo multiplier tube ลดลง ขณะเดียวกัน dark current จะเพิ่มขึ้นด้วย

ค) ระบบการตั้งเงื่อนไขของสัญญาณ (Signal condition system)

ระบบนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณจาก Photomultiplier tube (ระดับพิคโคแอมป์) ไปเป็น pluse ส่งไปยังเครื่องนับสัญญาณ (counter) จำนวน pluse ที่อ่านได้ จะนับรวมเป็นพื้นที่ใต้ glow curve ทั้งหมด และจะมี ratemeter ต่อกับ converter output เพื่อใช้ในการเขียน glow curve ดังรูป 3.11



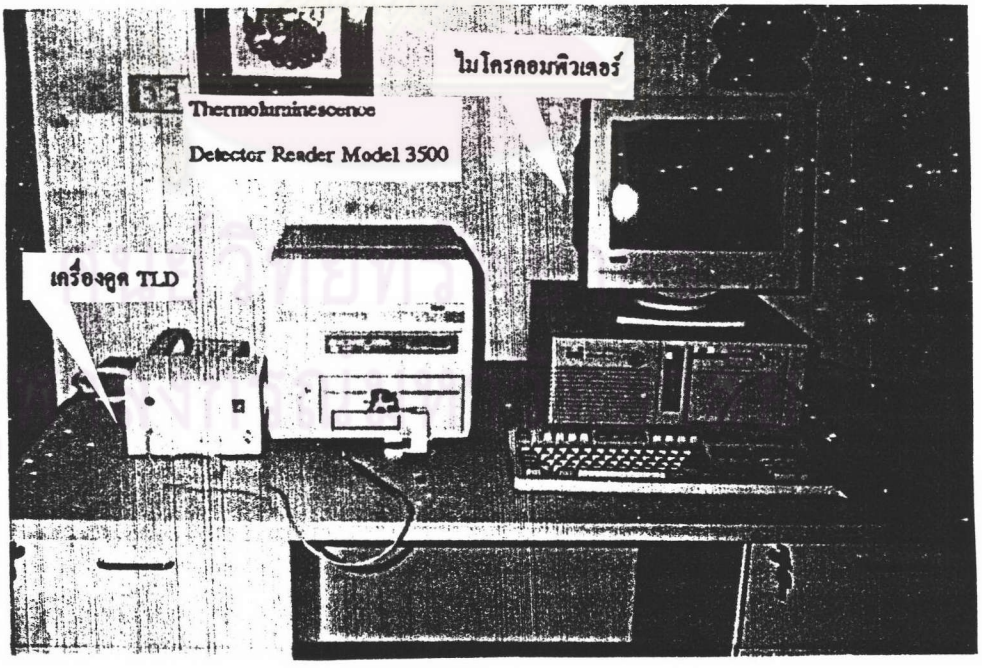
รูปที่ 3.11 แสดง glow curve ของ TLD $CaSO_4$ (Dy)

ส่วนประกอบอื่น ๆ ของเครื่องอ่าน TLD

- ก๊าซเฉื่อย ส่วนมากจะใช้ก๊าซไนโตรเจน ผ่านเข้าไปในบริเวณแผ่นตัวกลางความร้อน (planchet) เพื่อลดแสงวาบอันเกิดจากก๊าซออกซิเจนที่ร้งนทำให้ฝุ่นละอองเกิดแสง ซึ่งแสงวาบนี้จะไปรบกวนแสงที่เกิดจาก TLD ก๊าซเฉื่อยนี้ใส่เข้าไปเพื่อใช้อ่าน TLD ปริมาณรังสีต่ำ ๆ เพื่อให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณที่ได้จากการอ่านน้อยลง

- แหล่งกำเนิดแสงอ้างอิง (light source) ประกอบด้วยคาร์บอน-14 เป็นตัวกระตุ้น (activate) NaI (Tl) ตำแหน่งแหล่งกำเนิดแสงอ้างอิงจะวางอยู่ใต้ drawer เมื่อดึง drawer ออก ตำแหน่งแหล่งกำเนิดแสงอ้างอิงจะตรงกับหลอดทวีคูณแสงพอดี

แหล่งกำเนิดแสงอ้างอิง มีเพื่อตรวจสอบความคงที่ของระบบอิเลคทรอนิคและหลอดทวีคูณแสง โดยก่อนใช้งานจะต้องอ่านค่าสัญญาณแสงที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงอ้างอิงก่อน ซึ่งถือเป็นการปรับเทียบเครื่องก่อนใช้งาน ค่าสัญญาณแสงต้องเป็นค่าคงที่ เครื่องจึงจะอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี



รูปที่ 3.12 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องอ่าน TLD

เครื่องอ่าน TLD ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

ก.) Thermoluminescence detector reader model 3500 ทำจากบริษัท Harshaw ประเทศอังกฤษ ประกอบด้วย ภาคให้ความร้อน (heating device) ระบบวัดแสง (light detecting system) และภาคขยายสัญญาณ (automatic integrating picoammeter) รวมอยู่ในเครื่องเดียวกัน

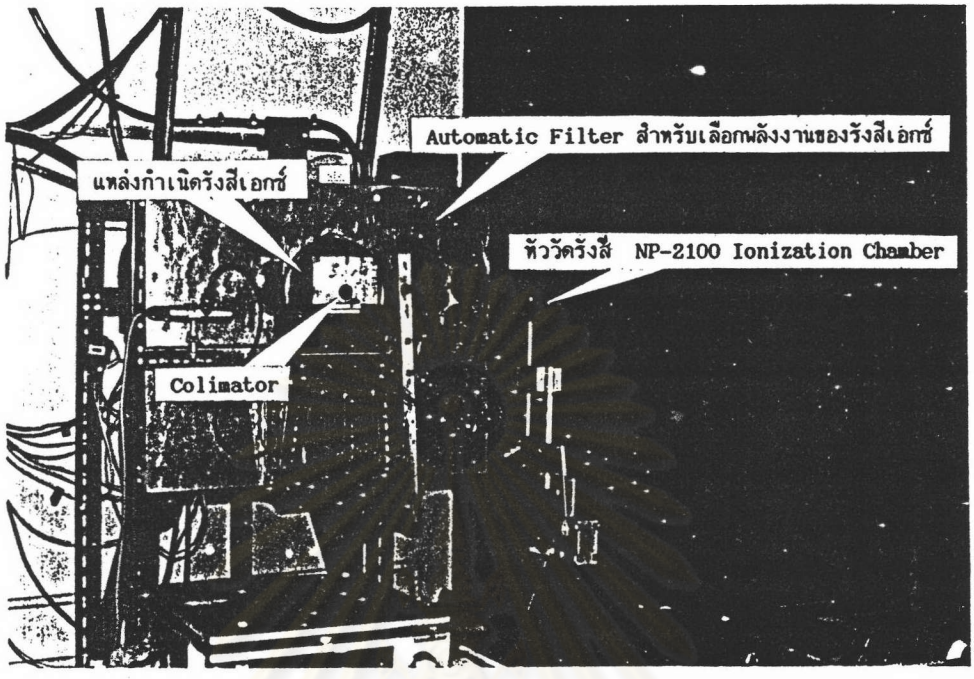
ข.) เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (IBM PC/XT Compatible) ซึ่งต่อวงจรเชื่อมโยงกับเครื่องอ่าน TLD

3.5 การทำ TLD มาตรฐาน (Standard TLD)

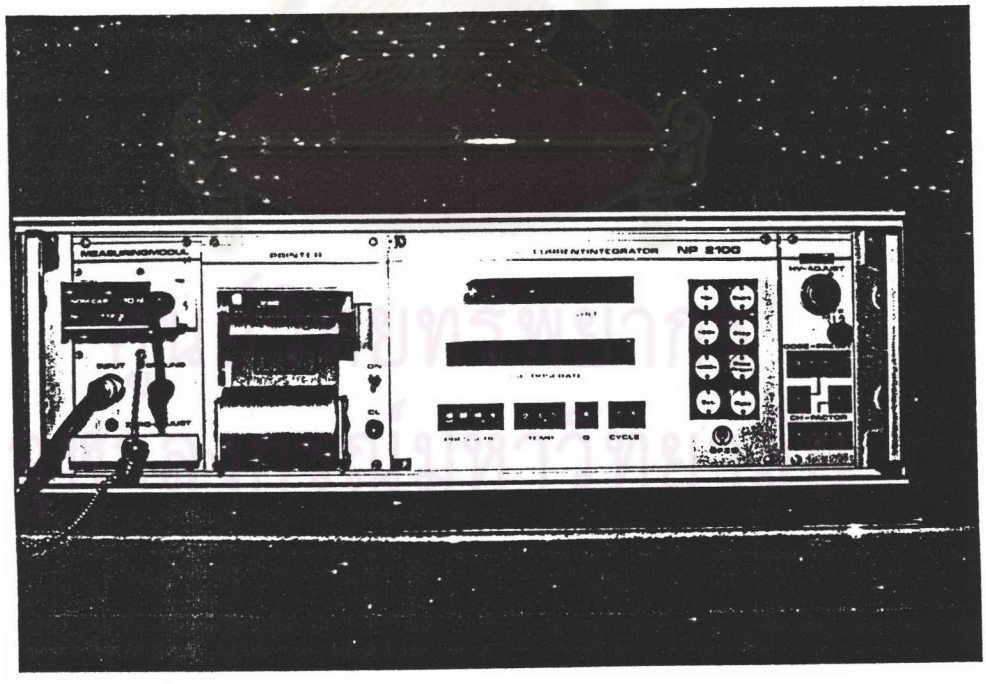
นำ TLD ที่บรรจุซองเรียบร้อยแล้วตามข้อ 3.1 ส่วนหนึ่งจะแบ่งไว้สำหรับทำ TLD มาตรฐาน ซึ่งใน TLD มาตรฐาน 1 ชุด จะต้องใช้ TLD จำนวน 5 ซอง วัตถุประสงค์ของการทำ Standard TLD นี้เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับสัญญาณแสงสำหรับใช้ในการคำนวณค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากเครื่องรับโทรทัศน์ โดยการนำ TLD ที่บรรจุในซองพลาสติกไปฉายรังสีเอกซ์จากแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์มาตรฐานที่เทคนิค 70 kV 12 mA ซึ่งให้รังสีเอกซ์พลังงาน 29 keV ปริมาณรังสีที่ฉายด้วยเครื่องวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ NP-2100 โดยใช้หัววัดรังสีแบบไอออนไนเซชันขนาด 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับการสอบเทียบความแม่นยำจากเครื่องวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ ประเทศออสเตรีย ใช้ลำรังสีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ที่บริเวณหัววัดรังสีและระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีกับ reference point ของหัววัดรังสี NP-2100 เท่ากับ 3 เมตร ทำการวัด 5 ครั้ง เพื่อนำค่ามาเฉลี่ยเพื่อคำนวณอัตราปริมาณรังสีที่จุดนั้น จากนั้นนำหัววัดรังสีออกแล้วนำ TLD มาติดไว้ในตำแหน่งเดียวกับตำแหน่ง reference point ของหัววัดรังสี แล้วฉายด้วยรังสีเอกซ์ ด้วยปริมาณรังสีค่าต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำ TLD มาตรฐาน



รูปที่ 3.13 แสดงหัววัดรังสีไอออนไนเซชัน NP 2100 และแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์



รูปที่ 3.14 แสดง NP-2100 electrometer ที่ใช้ในการวัดปริมาณรังสีเอกซ์
เพื่อกำหนดปริมาณรังสีที่ให้กับ TLD

TLD มาตรฐานที่เตรียมขึ้นนี้จะทำในช่วงปริมาณรังสีต่ำ ๆ เนื่องจากปริมาณรังสีที่แผ่ ออกมาจากโทรทัศน์มีค่าน้อยในระดับไมโครเรินท์เกน โดยจะเตรียม TLD มาตรฐานไว้หลายชุด เพราะมี TLD ซึ่งนำไปติดบนโทรทัศน์ที่จะอ่านปริมาณรังสีเป็นจำนวนมาก ไม่สามารถอ่านให้เสร็จได้ภายในหนึ่งวัน จึงใช้ TLD มาตรฐาน 1 ชุดสำหรับการอ่านในแต่ละวัน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณค่าปริมาณรังสี

- การทำ Lab Reference Powder TLD (LRP TLD)

ในการทำ LRP เพื่อใช้เป็นตัวควบคุมสำหรับปรับแก้ Stability ของระบบอ่าน TLD มี ขั้นตอนการเตรียมเหมือนการทำ TLD มาตรฐาน โดยการฉายปริมาณรังสีเอกซ์เท่า ๆ กัน แก่ TLD ที่จะทำ LRP ในการอ่าน TLD 1 วันจะใช้ LRP 3 ชุดเพื่อที่จะเปรียบเทียบว่า เครื่องอ่าน TLD อ่านสัญญาณแสงถูกต้องแม่นยำหรือไม่ โดยการอ่านสัญญาณแสงจาก LRP 3 ชุด ชุดแรกอ่านก่อนการอ่านสัญญาณแสงจาก TLD ชุดที่สองอ่านในระหว่างอ่าน TLD ส่วนชุดที่สามอ่านหลังจากที่อ่าน TLD เสร็จสิ้นแล้วในวันนั้น แล้วนำค่าทั้งสามชุดที่อ่านได้มาเปรียบเทียบกัน ค่าที่ได้ควรใกล้เคียงกัน ถ้าค่าที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงจะต้องมีการคำนวณเพื่อปรับแก้ให้ค่าที่ได้จากการอ่าน TLD มีค่าถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3.6 การหาปริมาณรังสีต่ำสุดที่ TLD $CaSO_4$ (Dy) สามารถวัดได้ (minimum detectable dose)

นำ TLD ของแต่ละชุดที่ anneal แล้ว และยังไม่ได้ถูกฉายด้วยรังสีมาอ่านค่าสัญญาณแสง โดยแต่ละชุดอ่านค่าสัญญาณแสง 30 ค่า จากนั้นนำข้อมูลของแต่ละชุดไปหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) นำค่า 3 เท่า ของ SD ของแต่ละชุด ไปอ่านค่าปริมาณรังสีจากกราฟปรับเทียบ จะได้ค่าปริมาณรังสีที่ TLD แต่ละชุดสามารถวัดได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย