

บทที่ 4

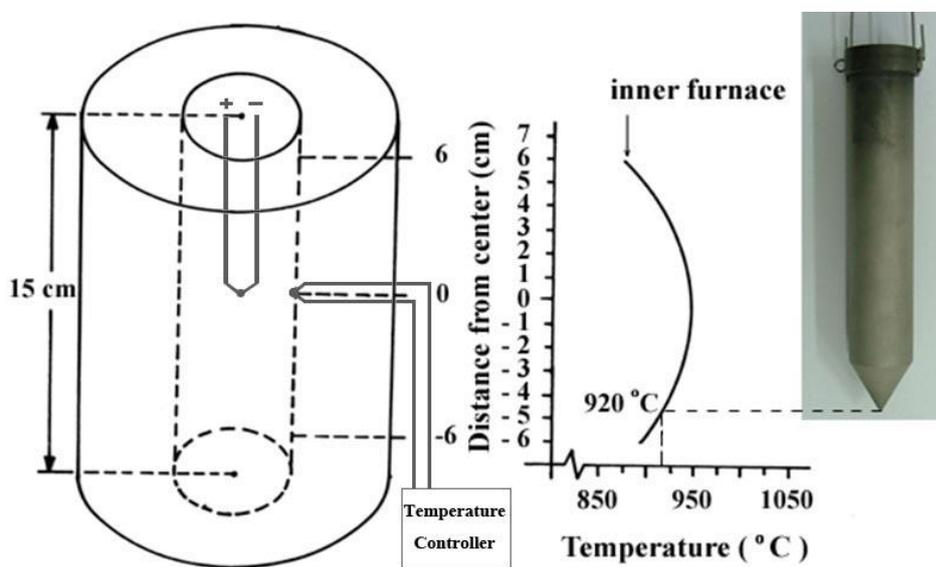
ผลและวิเคราะห์ผลการวิจัย

4.1 การทดสอบและติดตั้งระบบเครื่องปลูกผลึกเชิงเดี่ยวแบบบริดจ์แมน

ได้ทำการทดลองหาเกรเดียนท์อุณหภูมิของเตาหลอมแบบท่อของเครื่องปลูกผลึกเชิงเดี่ยว ในภาพที่ 4.1 โดยวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของเตาภายในจุดกึ่งกลางท่อปลูกผลึกโดยแขวน เทอร์โมคัปเปิ้ลไว้ที่จุดกึ่งกลางท่อปลูกผลึกห่างจากปลายท่อปลูกผลึก 7 ซม. ใช้เครื่องควบคุมป้อนกระแสไฟฟ้าให้เตาโดยให้ที่จุดกึ่งกลางเตามีอุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส จากนั้นเลื่อนเตาขึ้นไปด้านบนให้ตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิ้ลอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางเตา 1,2,3,4,5,6 เซนติเมตรทางด้านล่างโดยแต่ละตำแหน่งต้องรอให้อุณหภูมิคงที่จึงบันทึกค่าอุณหภูมิของเตา จากนั้นเลื่อนเตาลงให้ตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิ้ลห่างจากจุดกึ่งกลางเตา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เซนติเมตรทางด้านบนโดยแต่ละตำแหน่งต้องรอให้อุณหภูมิคงที่จึงบันทึกค่าอุณหภูมิของเตา นำค่าที่ได้จากการวัดมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในแนวตั้งของเตากับอุณหภูมิ แสดงในภาพที่ 4.2 จากนั้นทดลองนำสารหลักที่จะปลูกผลึกมาทดลองหลอมโดยแขวนภาชนะจากรูปแสดงลักษณะเตาของเครื่องปลูกผลึกแบบบริดจ์แมนและการกำหนดตำแหน่งการแขวนภาชนะบรรจุสาร โดยจะต้องให้ปลายของภาชนะบรรจุสารอยู่ที่ตำแหน่งอุณหภูมิ 920 องศาเซลเซียส เนื่องจากจุดหลอมเหลวของสารหลักลิเทียมฟลูออไรด์ที่ใช้คือ 875 องศาเซลเซียส ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้จะต้องมากกว่าอุณหภูมิของจุดหลอมเหลวของสารหลักลิเทียมฟลูออไรด์เพื่อให้สารเกิดการหลอมอย่างสมบูรณ์เพราะ อุณหภูมิที่วัดคือตำแหน่งภายในเตานอกภาชนะบรรจุสาร

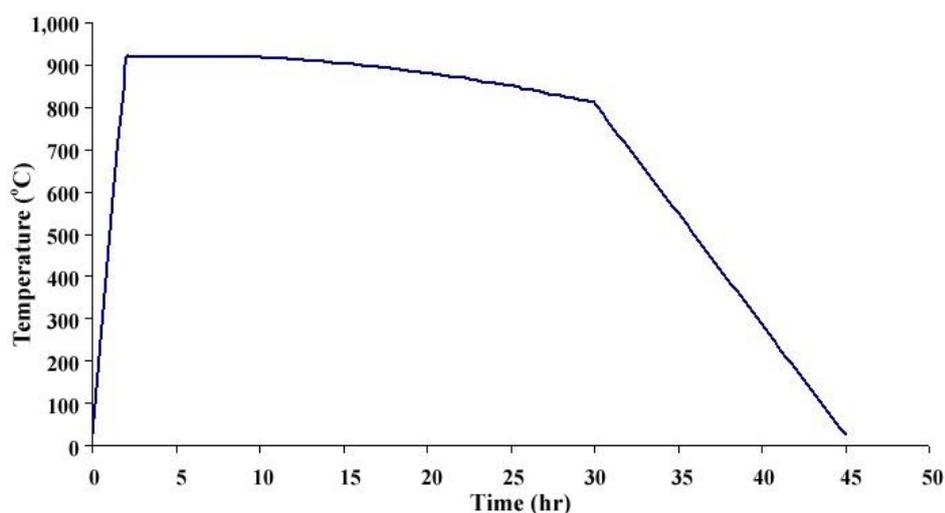


ภาพที่ 4.1 เครื่องปลูกผลึกเชิงเดี่ยวแบบบริดจ์แมน



ภาพที่ 4.2 ลักษณะอุณหภูมิภายในท่อของเครื่องปลูกผลึกแบบบริดจ์แมนที่ดำเนินการแขวน
ภาชนะบรรจุสาร

จากรูปแสดงลักษณะเตาของเครื่องปลูกผลึกแบบบริดจ์แมนและการกำหนดตำแหน่งการแขวนภาชนะบรรจุสาร โดยจะต้องให้ปลายของภาชนะบรรจุสารอยู่ที่ตำแหน่งอุณหภูมิ 920 องศาเซลเซียส เนื่องจากจุดหลอมเหลวของสารหลักลิเทียมฟลูออไรด์ที่ใช้คือ 875 องศาเซลเซียส ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้จะต้องมากกว่าอุณหภูมิของจุดหลอมเหลวของสารหลักลิเทียมฟลูออไรด์เพื่อให้สารเกิดการหลอมอย่างสมบูรณ์เพราะอุณหภูมิที่วัดคือตำแหน่งภายในเตานอกภาชนะบรรจุสาร



ภาพที่ 4.3 ลักษณะกราฟอุณหภูมิที่ใช้ในการปลูกผลึกที่แอลดี

4.2 กระบวนการเตรียมผลึกเชิงเดี่ยวลิเทียมฟลูออไรด์

เริ่มจากการชั่งสารหลัก ที่มีลิเทียมฟลูออไรด์ (LiF) มีความบริสุทธิ์ 99 เปอร์เซ็นต์ และเติมสารเจือ 4 ชนิด คือแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) ที่มีความบริสุทธิ์ 99 เปอร์เซ็นต์ ด้วยปริมาณ 0.20 โมลเปอร์เซ็นต์ และ คอปเปอร์ (II)ซัลเฟต ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) ที่มีความบริสุทธิ์ 98 เปอร์เซ็นต์ ด้วยปริมาณความเข้มข้น 0.05 โมลเปอร์เซ็นต์ เติมปริมาณสารเจือโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ที่มีความบริสุทธิ์ 99.2 เปอร์เซ็นต์ ที่ปริมาณความเข้มข้น 0-2 โมลเปอร์เซ็นต์ และเติมสารเจือซิลิกอน (II)ออกไซด์ (SiO_2) ที่มีความบริสุทธิ์ของสาร 99.9 เปอร์เซ็นต์ ด้วยปริมาณที่เปลี่ยนแปลง คือ 0.00, 0.15, 0.30, 0.50, 0.70, 0.90, 1.20, 1.50, 1.70, 1.90 และ 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการศึกษาผลของปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอนต่อคุณสมบัติความเป็นเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ของทีแอลดีที่เตรียมขึ้น โดยใช้เทคนิคการปลูกผลึกเชิงเดี่ยวแบบบริดจ์แมน

จากนั้นนำสารทั้งหมดที่ได้ไปผสมด้วยเทคนิคแบบเปียก (Wet Mixing) ในน้ำกลั่นโดยการ ใช้เครื่อง Magnetic Stirrer เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และระเหยน้ำกลั่นออกโดยใช้ hot plate ที่อุณหภูมิ

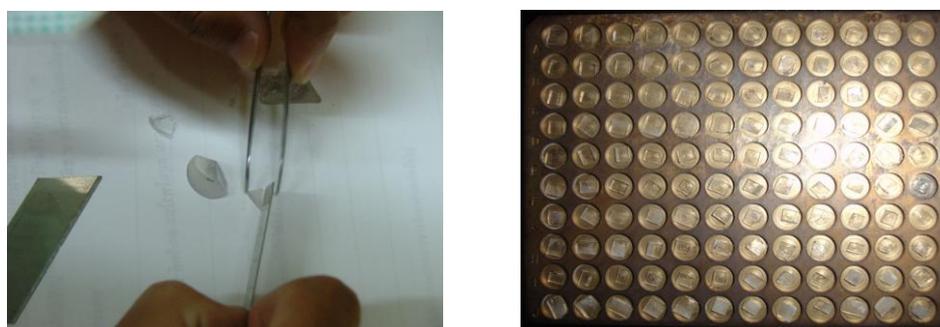
150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ขั้นตอนสุดท้ายนำสารที่เตรียมได้ใส่ในภาชนะบรรจุสาร และนำไปแขวนในท่อปลูกผลึก แสดงในภาพที่ 4.2

กระบวนการปลูกผลึก มีขั้นตอนการปลูกดังนี้ คือ ขั้นแรกได้ทำการดูดอากาศออกจากท่อปลูกผลึกให้มีระดับความดันสุญญากาศ 10^{-4} mbar ใช้เวลาในการหลอม 10 ชั่วโมง จากนั้นทำการยกเตาหลอมขึ้นด้วยอัตราความเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง เป็นระยะ 48 มิลลิเมตร ใช้เวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลงสู่อุณหภูมิห้องด้วยอัตรา 62.5 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง ใช้เวลา 12 ชั่วโมง

จากการทดลอง พบว่าลักษณะของลูกผลึกที่ได้มีลักษณะผิวของลูกผลึกมีสีดำเนื่องจากปนเปื้อนแกรไฟต์จากภาชนะบรรจุสาร แต่ภายในมีลักษณะใสและลักษณะผลึก จะมีสีขาวขุ่นมากขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอนมากขึ้น ส่วนลักษณะรอยร้าวและการหลอมของลูกผลึกเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่า ลูกผลึกมีการหลอมทั้งลูกและมีระนาบคืบ (Cleavage plane) เกิดขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งเมื่อทำการตัดผลึกด้วยใบมีด โดยใช้แรงเคาะด้วยหมอนจะได้ผลึกออกมาเป็นแผ่นตามระนาบที่เกิดขึ้น แสดงในภาพที่ 4.4 และ 4.5



(ก) ลักษณะทางกายภาพภายนอกของลูกผลึก (ข) ลักษณะทางกายภาพภายในของลูกผลึก
ภาพที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของลูกผลึกลิเทียมฟลูออไรด์ที่เจือด้วยแมกนีเซียม 0.20 โมลเปอร์เซ็นต์ คอปเปอร์ 0.05 โมลเปอร์เซ็นต์ และเจือด้วยซิลิกอน 0.00 โมลเปอร์เซ็นต์



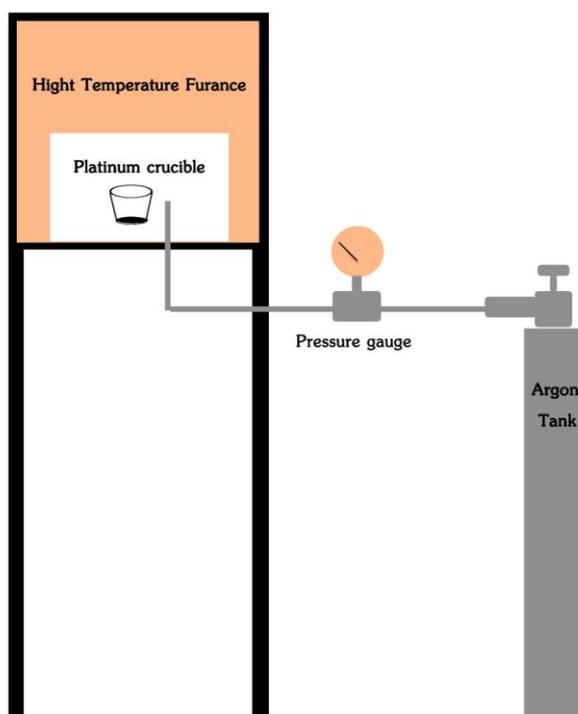
(ก) แสดงการตัดผลึกตามระนาบที่เกิดขึ้น (ข) เม็ดที่แอลดีที่ผ่านการตัดให้มีขนาด 5x5x0.5 มิลลิเมตร

ภาพที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพของผลึกที่ได้เมื่อทำการตัดผลึกตามระนาบที่เกิดขึ้น

4.3 กระบวนการเตรียมผลึกผงที่แอลดีชนิดลิเทียมฟลูออไรด์

ได้ทำการเตรียมผลึกผงที่แอลดีชนิดผลึกโพลีของลิเทียมฟลูออไรด์ โดยเติมสารเจือแมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือที่ 0.20, 0.05 และ 0.90 โมลเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใช้เทคนิคการหลอมที่อุณหภูมิสูง โดยเงื่อนไขและตัวแปรต่างๆ ได้ทดลองทำตามบทความวิจัยของสถาบัน Korea Atomic Energy Research: KAERI [5] และ [7] เพื่อศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นและใช้เปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ กับผลึกเชิงเดี่ยวที่เตรียมได้จากงานวิจัยชิ้นนี้

เริ่มจากการชั่งสารหลักที่มีลิเทียมฟลูออไรด์ (LiF) เป็นสารหลักมีความบริสุทธิ์ของสาร 99 เปอร์เซ็นต์ และเติมสารเจือ 3 ชนิด คือแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) มีความบริสุทธิ์ของสาร 99 เปอร์เซ็นต์ และคอปเปอร์(II)ซัลเฟต ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) ที่มีความบริสุทธิ์ของสาร 98 เปอร์เซ็นต์ และซิลิกอน(II)ออกไซด์ (SiO_2) มีความบริสุทธิ์ของสาร 99.9 เปอร์เซ็นต์ ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.90 โมลเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากนั้นนำสารทั้งหมดที่ได้ไปผสมด้วยเทคนิคแบบเปียกในน้ำกลั่นโดยใช้เครื่อง Magnetic Stirrer เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทำการระเหยน้ำกลั่นออกโดยใช้ hot plate ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำสารที่เตรียมได้ใส่ในเบ้าหลอมเบ้าหลอมแพลตตินัม และนำไปหลอมด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1050 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในบรรยากาศก๊าซอาร์กอนด้วยอัตรา 2 ลิตรต่อนาที แสดงในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 แผนภาพการปลูกผลึกโพลีด้วยเทคนิคการหลอมที่อุณหภูมิสูง (Melting method)

จากนั้นทำให้ผลึกเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว และนำผลึกที่ได้มาบดด้วยครกอาร์เกตและทำการขจัดสิ่งเจือปนโดยการล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 1 Normal เป็นเวลา 10 นาที นำผลึกที่ได้ไปล้างด้วยน้ำกลั่นและระเหยน้ำกลั่นออกโดยใช้ hot plate ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลึกที่ได้ไปผ่านการคัดแยกขนาดให้มีขนาดมากกว่า 90 ไมครอน นำผงไปชั่งให้มีน้ำหนัก 25 มิลลิกรัม และนำมาขึ้นรูปด้วยวิธีอัดด้วยความดัน 1 ตัน ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 มิลลิเมตรหนา 0.6 มิลลิเมตร และในขั้นตอนสุดท้ายนำเม็ดที่แอลดีที่ได้ไปทำการเผาผนึกที่อุณหภูมิ 825 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ในบรรยากาศก๊าซอาร์กอนด้วยอัตรา 2 ลิตรต่อนาที เพื่อเพิ่มความแข็งให้กับเม็ดที่แอลดีและความสะดวกกับการนำไปใช้งานต่อไป แสดงในภาพที่ 4.7 ถึง 4.9

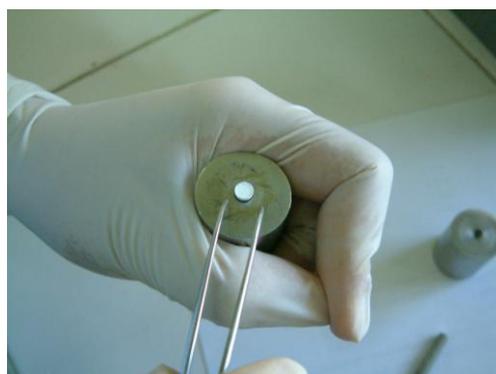


(ก) ก่อนการล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริก

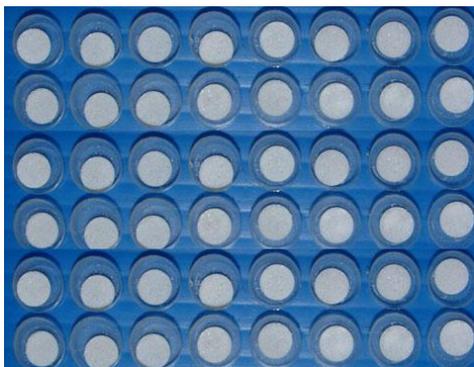


(ข) หลังจากล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 1 Normal เป็นเวลา 10 นาที

ภาพที่ 4.7 ผลึกโพลีชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริก



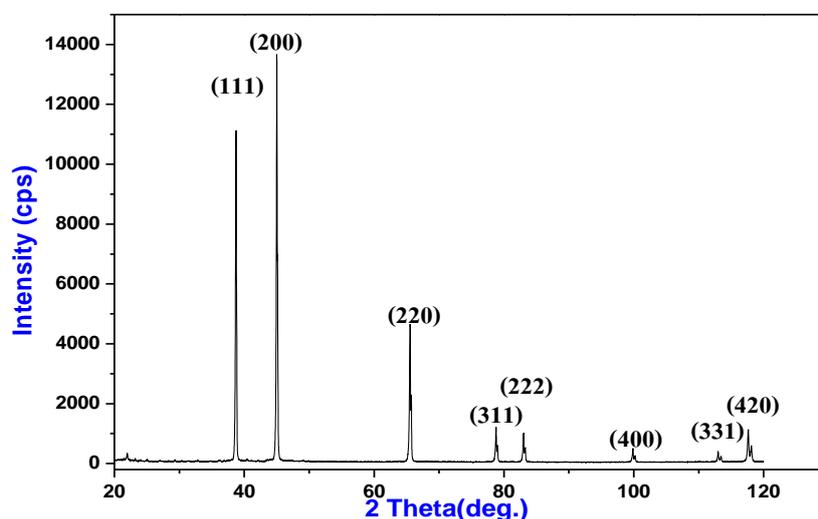
ภาพที่ 4.8 การอัดเม็ดผลึกโพลีให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 มิลลิเมตร หนา 0.6 มิลลิเมตร



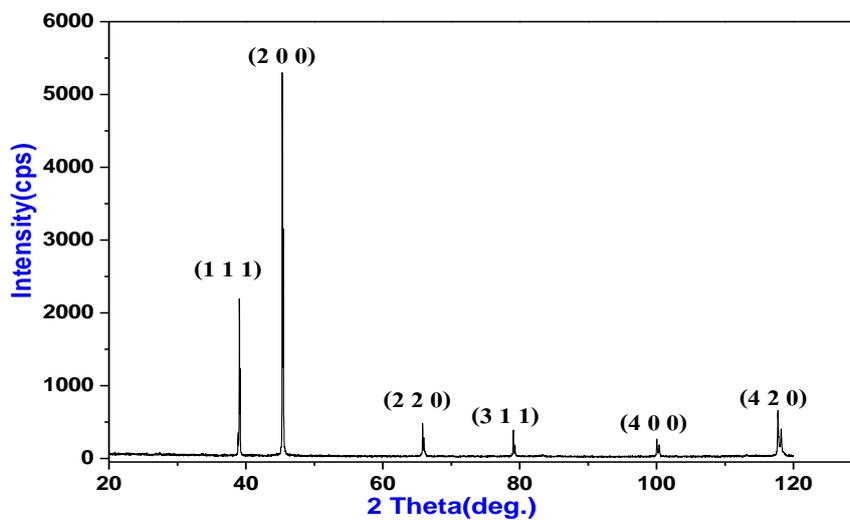
ภาพที่ 4.9 เม็ดผลึกโพลีที่ได้หลังจากเผาผนึกที่อุณหภูมิ 825 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที

4.4 ทดสอบโครงสร้างผลึกด้วยเครื่อง XRD

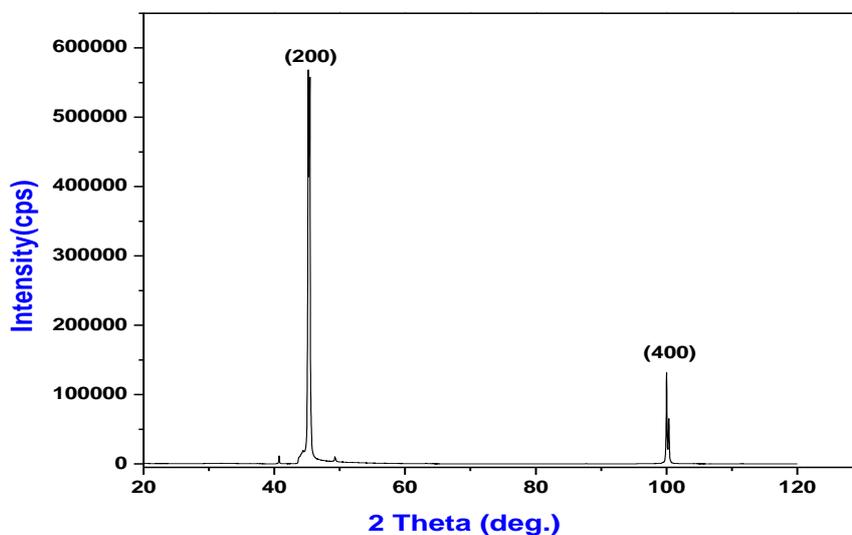
จากการนำผลึกที่แอลดีชนิด ลิเทียมฟลูออไรด์ (LiF): แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ไปทำการศึกษาระนาบของผลึกที่เกิดขึ้นด้วยเครื่อง X-ray diffractometer (XRD) รุ่น X' Pert MPD ยี่ห้อ Philips โดยใช้ $\text{Cu K}\alpha$ เป็นแหล่งกำเนิดรังสี ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$) ซึ่งใช้ร่วมกับโปรแกรมวิเคราะห์ X' Pert line1.3b เพื่อวิเคราะห์ระนาบของผลึกที่เกิดขึ้น ซึ่งได้ทำการศึกษาระนาบของผลึกที่ได้ดังต่อไปนี้



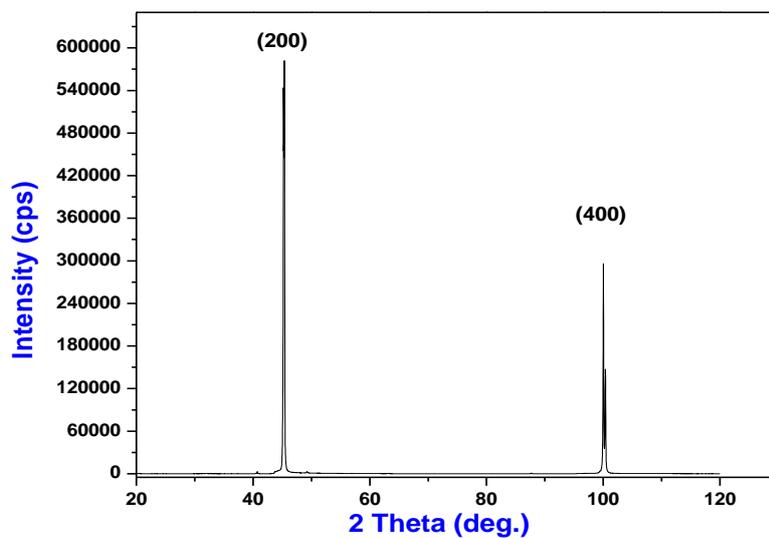
ภาพที่ 4.10 แสดงระนาบของสารตั้งต้นลิเทียมฟลูออไรด์ (LiF)



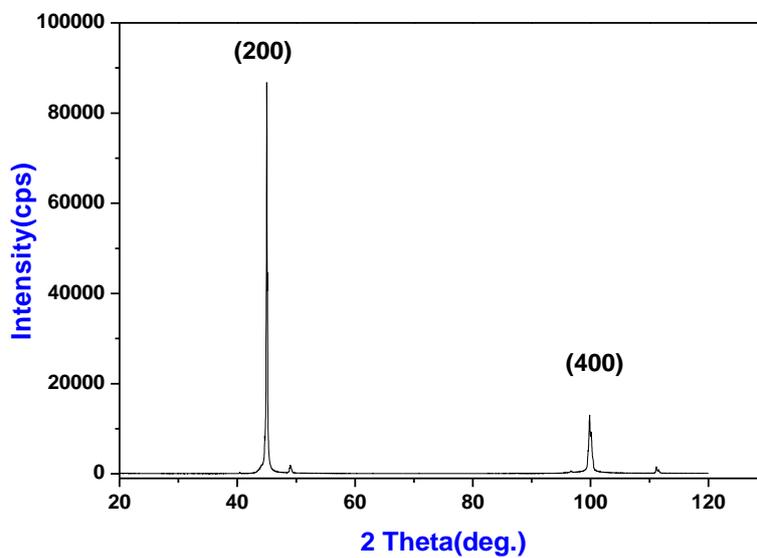
ภาพที่ 4.11 ระบายของผลึกชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ที่เจือด้วย แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอนที่ ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.90 โมลเปอร์เซ็นต์ โดยใช้เทคนิค การหลอมที่อุณหภูมิสูง



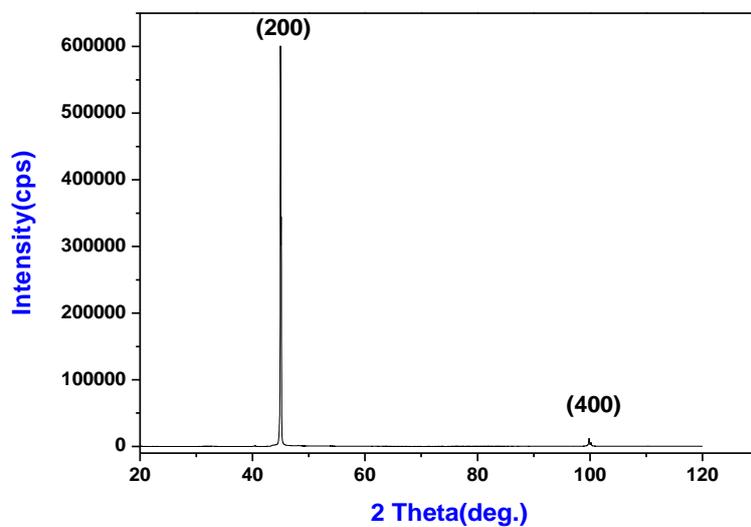
ภาพที่ 4.12 แสดงระบายผลึกที่แอลดีชนิด ลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.00 โมลเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



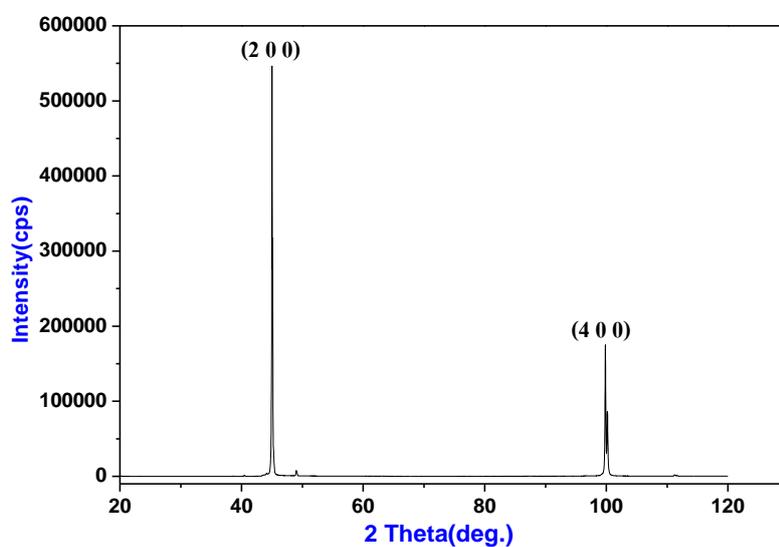
ภาพที่ 4.13 ระบุภาพผลึกชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ที่เจือด้วย แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณ ความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.15 โมลเปอร์เซ็นต์ ที่ปลูกด้วยเทคนิคแบบ ปริคจ์แมน



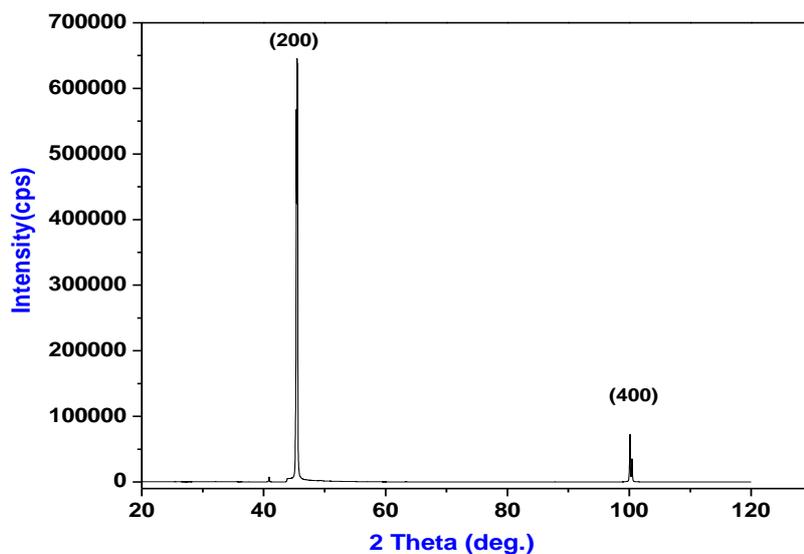
ภาพที่ 4.14 ระบุภาพผลึกชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ที่เจือด้วย แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณ ความเข้มข้นของ สารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.30 โมลเปอร์เซ็นต์ ที่ปลูกด้วยเทคนิคแบบ ปริคจ์แมน



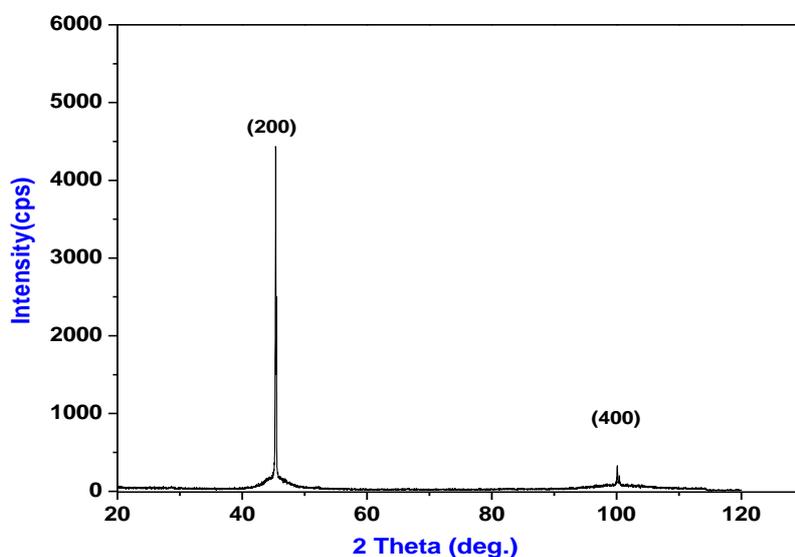
ภาพที่ 4.15 ระบายผลึกชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ที่เจือด้วย แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.50 โมลเปอร์เซ็นต์ ที่ปลูกด้วยเทคนิคแบบบริดจ์แมน



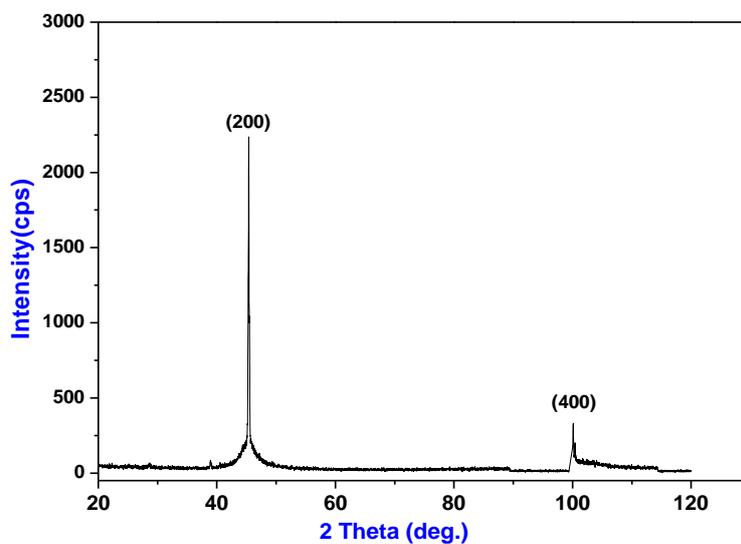
ภาพที่ 4.16 ระบายผลึกชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ที่เจือด้วย แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.70 โมลเปอร์เซ็นต์ ที่ปลูกด้วยเทคนิคแบบบริดจ์แมน



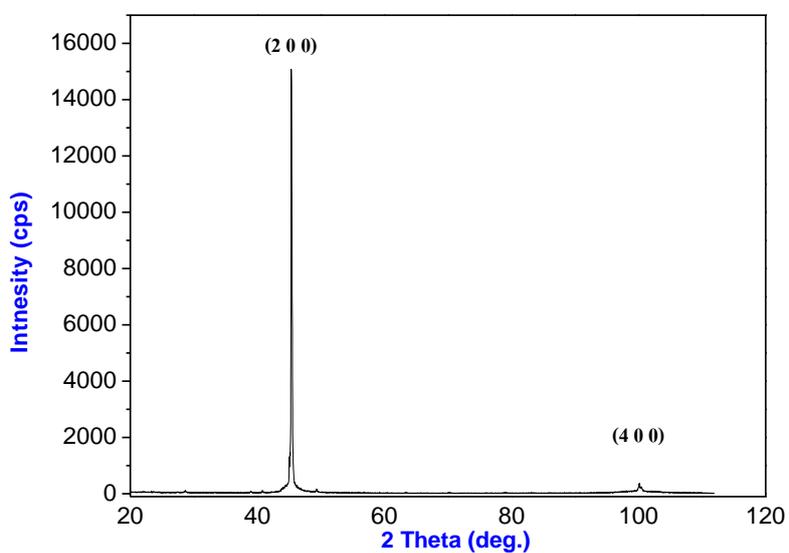
ภาพที่ 4.17 ระบายผลึกชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ที่เจือด้วย แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซีลีคอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.90 โมลเปอร์เซ็นต์ ที่ปลูกด้วยเทคนิคแบบบริดจ์แมน



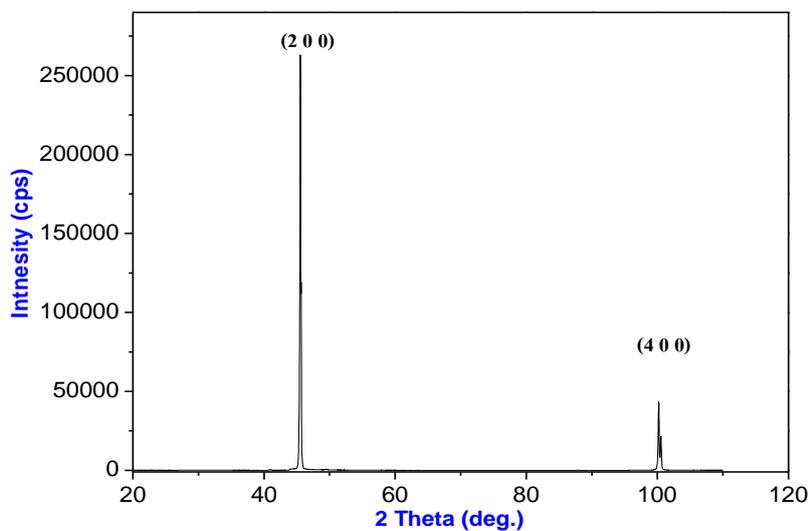
ภาพที่ 4.18 ระบายผลึกชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ที่เจือด้วย แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซีลีคอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 1.20 โมลเปอร์เซ็นต์ ที่ปลูกด้วยเทคนิคแบบบริดจ์แมน



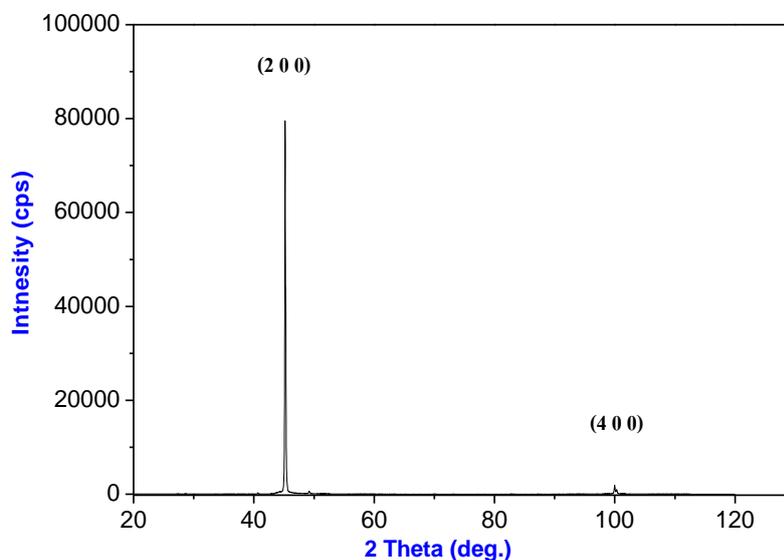
ภาพที่ 4.19 ระบุผลึกชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ที่เจือด้วย แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 1.50 โมลเปอร์เซ็นต์ ที่ปลูกด้วยเทคนิคแบบบริดจ์แมน



ภาพที่ 4.20 ระบุผลึกชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ที่เจือด้วย แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 1.70 โมลเปอร์เซ็นต์ ที่ปลูกด้วยเทคนิคแบบบริดจ์แมน



ภาพที่ 4.21 ระบุภาพผลึกชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ที่เจือด้วย แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 1.90 โมลเปอร์เซ็นต์ ที่ปลูกด้วยเทคนิคแบบบริดจ์แมน



ภาพที่ 4.22 ระบุภาพผลึกชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ที่เจือด้วย แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ ที่ปลูกด้วยเทคนิคแบบบริดจ์แมน

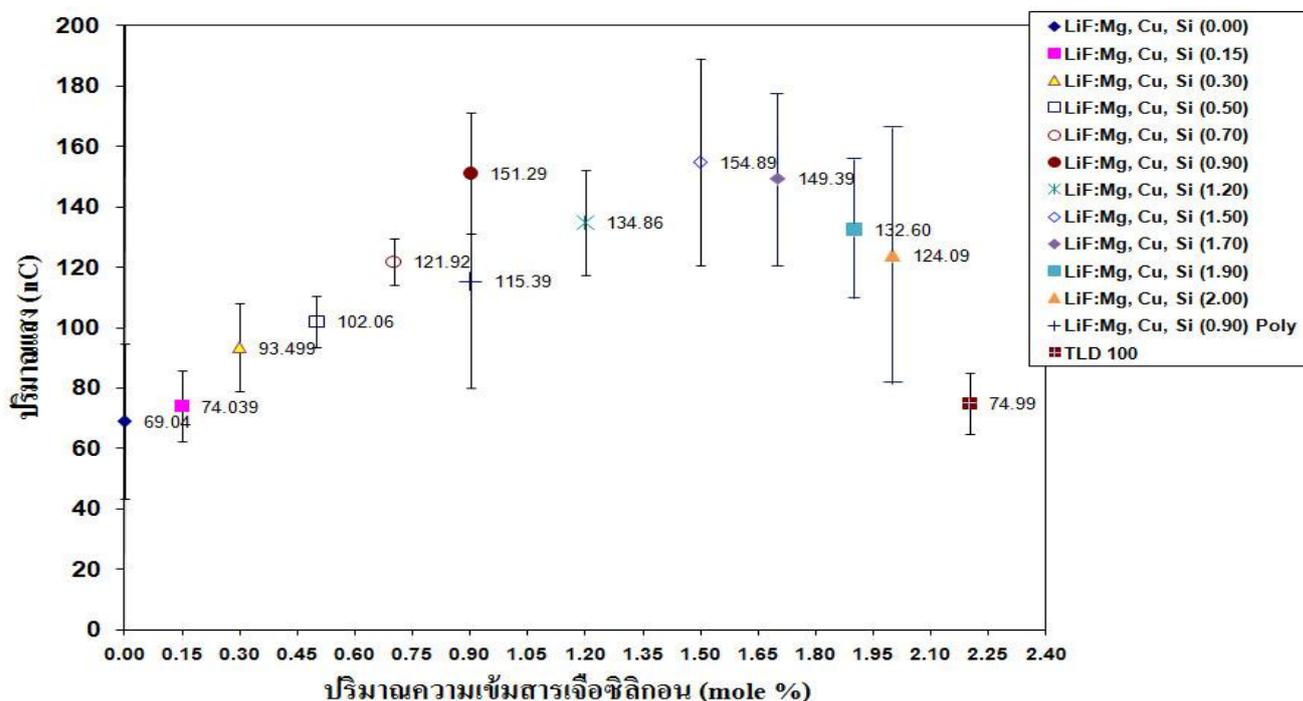
จากการศึกษาระนาบผลึกที่ได้จากกระบวนการปลูกทั้ง 2 เทคนิคพบว่าผลึกที่ได้จากกระบวนการปลูกผลึกด้วยเทคนิคการหลอมที่อุณหภูมิสูงแสดงระนาบของสารหลักลิเทียมฟลูออไรด์ ซึ่งต่อจากจะเรียกว่า ลีทโพลี ส่วนผลึกที่ได้จากกระบวนการปลูกแบบบริดจ์แมนจะแสดงระนาบของสารหลักลิเทียมฟลูออไรด์ ที่มีจำนวนระนาบลดลงเนื่องจากกระบวนการปลูกผลึกแบบบริดจ์แมนสามารถทำให้การจัดเรียงตัวของหน่วยเซลล์ (unit cell) ของลิเทียมฟลูออไรด์มีความเป็นระเบียบมากขึ้น ซึ่งต่อจากนี้จะเรียกว่าผลึกเชิงเดี่ยว

4.5 ศึกษาและทดสอบคุณสมบัติความเป็นเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์

จากการศึกษาโดยได้ทำการตัดผลึกให้มีขนาด $5 \times 5 \times 0.5$ มิลลิเมตร น้ำหนัก 25 มิลลิกรัม จากนั้นนำเม็ดทีแอลดีที่ได้ไปฉายรังสีเอกซ์ที่พลังงาน 128 keV ที่ปริมาณรังสี 100 mRem นำเม็ดทีแอลดีไปทำการวิเคราะห์และประเมินค่าปริมาณรังสีด้วยเครื่องอ่าน TLD รุ่น 3500 ของบริษัท Harshaw – Bicron โดยทำการบันทึกข้อมูลตั้งแต่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ถึง 300 องศาเซลเซียส ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.5.1 ผลของความเข้มข้นของสารเจือที่มีต่อ ความไวต่อการตอบสนองทางรังสี

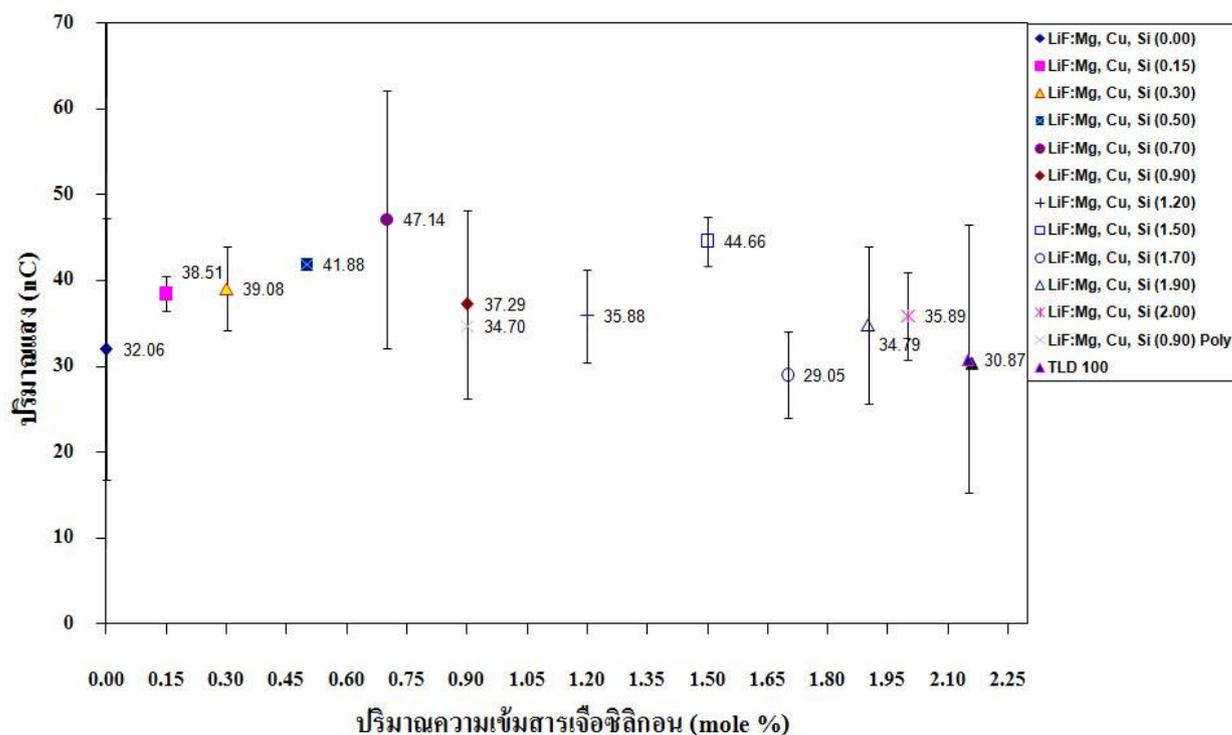
ความไวในการตอบสนองต่อรังสีหมายถึงความสัมพันธ์ระหว่างแสงที่ปล่อยออกมาจากทีแอลดีต่อหนึ่งหน่วยปริมาณรังสีที่ทีแอลดีได้รับ จากการศึกษาคความไวต่อการตอบสนองทางรังสีของผลึกทีแอลดีที่ได้โดยได้ทำการเปลี่ยนปริมาณสารเจือซิลิกอนตั้งแต่ 0.00 - 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบกับทีแอลดีที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) ที่ใช้กันในเชิงพาณิชย์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.23 และ 4.24



ภาพที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่ปล่อยออกมากับความเข้มข้นของสารเจือ Mg 0.20 โมลเปอร์เซ็นต์ Cu 0.05 โมลเปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการเปลี่ยนปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอน 0.00 ถึง 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ หลังจากผ่านการฉายรังสี ที่ปริมาณ 1 mGy. (ฉายรังสีเอกซ์)

จากผลการศึกษาความไวต่อการตอบสนองทางรังสีหลังจากนำผลึกโพลีและผลึกเชิงเดี่ยวไปผ่านการฉายรังสีเอกซ์ที่ปริมาณ 1mGy. พบว่าผลึกโพลีมีปริมาณแสงประมาณ 115.39 nC และผลึกเชิงเดี่ยวที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอน 0.00 โมลเปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแสงที่น้อยที่สุดคือประมาณ 69.04 nC และปริมาณแสงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอนและที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอน 0.90 และ 1.50 โมลเปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแสงมากที่สุดคือประมาณ 150 nC แต่ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอน 1.50, 1.70, 1.90 และ 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ จะมีการกระจายตัวมากกว่าอาจเนื่องมาจากความไม่สม่ำเสมอของปริมาณสารเจือที่เติม และปริมาณแสงที่ที่แอลดีปล่อยออกมามีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสารเจือซิลิกอนตั้งแต่ 1.50 ถึง 2.00 อาจมีสาเหตุมาจากการเติมปริมาณสารเจือที่มากเกินไปที่แอลดีมีการดูดกลืนแสงไว้บางส่วน

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับที่แอลดีที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) พบว่า ที่แอลดีมีความไวต่อการตอบสนองทางรังสีหลังจากนำไปผ่านการฉายรังสีเอกซ์ที่ปริมาณ 1mGy. มีปริมาณแสงประมาณ 74.99 nC

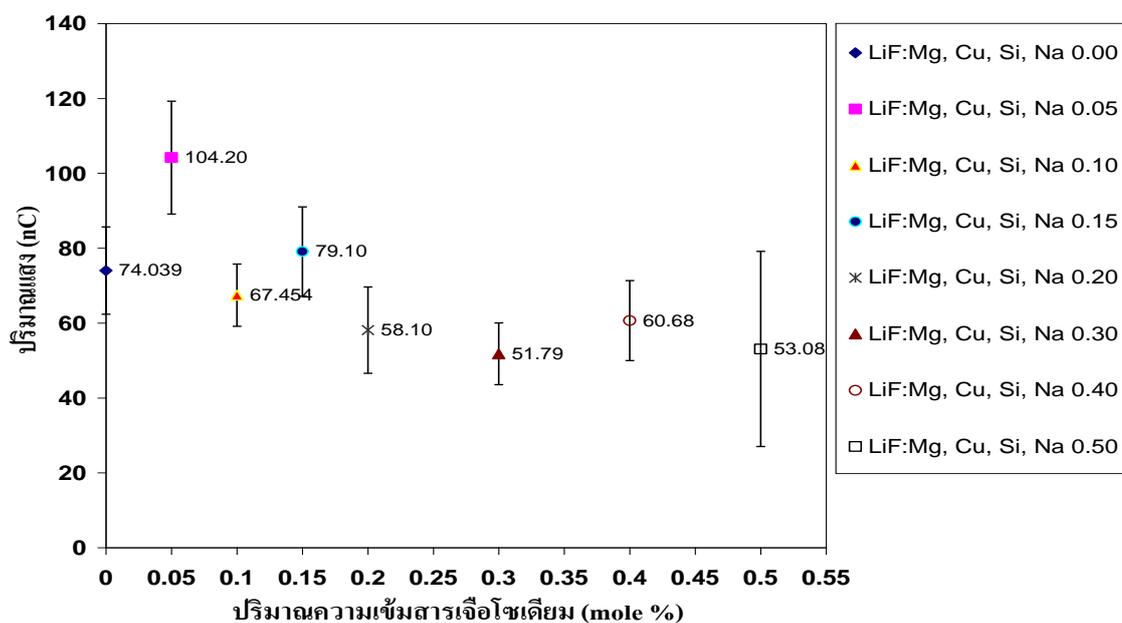


ภาพที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่ปล่อยออกมากับความเข้มข้นของสารเจือ Mg 0.20 โมลเปอร์เซ็นต์ Cu 0.05 โมลเปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการเปลี่ยนปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอน 0.00 ถึง 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ หลังจากผ่านการฉายรังสี ที่ปริมาณ 1 mGy. (ฉายรังสีแกมมาจาก Co-60)

จากผลการศึกษาความไวต่อการตอบสนองทางรังสีหลังจากนำผลึกโพไลและผลึกเชิงเดี่ยวไปผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 1mGy. พบว่า ปริมาณแสงที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน คือประมาณ 30 - 40 nC และไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับทีแอลดีที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) พบว่า ทีแอลดีมีความไวต่อการตอบสนองทางรังสีหลังจากนำไปผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 1mGy. มีปริมาณแสงประมาณ 30.87 nC

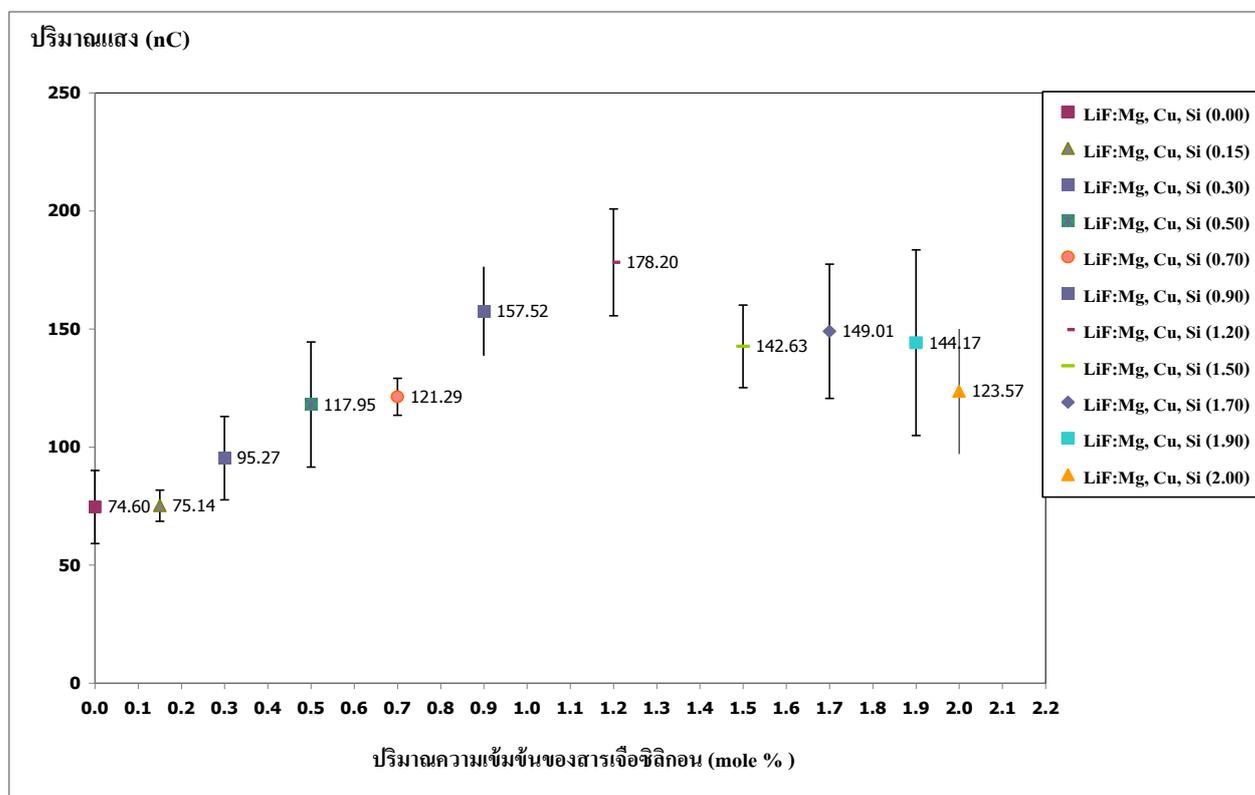
จากการศึกษาความไวต่อการตอบสนองทางรังสีของผลึกทีแอลดีชนิด LiF:Mg(0.20), Cu(0.05), Si(0.15) จากนั้นทำการเปลี่ยนปริมาณสารเจือซิลิกอนตั้งแต่ 0.00 - 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4.25



ภาพที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่ปล่อยออกมา กับความเข้มข้นของสารเจือ Mg 0.20 โมลเปอร์เซ็นต์ Cu 0.05 โมลเปอร์เซ็นต์ ซิกอน 0.15 โมลเปอร์เซ็นต์ ซิกอน เมื่อทำการเปลี่ยนปริมาณความเข้มข้นของสารเจือโซเดียม 0.00 ถึง 0.50 โมลเปอร์เซ็นต์ หลังจากผ่านการฉายรังสีเอกซ์ที่ปริมาณ 1mGy.

จากผลการศึกษาความไวต่อการตอบสนองทางรังสีหลังจากนำผลึกเชิงเดี่ยวไปผ่านการฉายรังสีเอกซ์ที่ปริมาณ 1mGy. พบว่าผลึกเชิงเดี่ยวที่เจือด้วยโซเดียมที่ 0.05 โมลเปอร์เซ็นต์ ปล่อยแสงออกมาได้ปริมาณมากที่สุด คือประมาณ 104.20 nC และปริมาณแสงจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อทำการเพิ่มปริมาณสารเจือโซเดียม คือ ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.50 โมลเปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแสงที่น้อยที่สุดคือประมาณ 50 ถึง 60 nC และที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือโซเดียม 0.50 โมลเปอร์เซ็นต์ จะมีการกระจายตัวมากที่สุด คือ ค่า SD ประมาณ 26 nC ทั้งนี้เนื่องจากการปลูกผลึกด้วยวิธีบริดจ์แมนในแนวตั้งนี้ ภาชนะบรรจุสารจะวางตัวในแนวตั้งฉากกับพื้น ส่งผลให้ขณะสารเดือด และมีสารเจือปริมาณมากขึ้น แรงดึงดูดของโลกจะส่งผลต่อการกระจายตัวของสารเจือขณะปล่อยให้สารเย็นตัวลง จึงส่งผลให้ค่าความไวในการตอบสนองต่อรังสีไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในกรณีที่เติมสารเจือปริมาณมากเกินไปจนความจำเป็น

จากการศึกษาความไวต่อการตอบสนองทางรังสีของผลึกที่แอลดีชนิด LiF:Mg(0.20), Cu(0.05), Na(0.00) จากนั้นทำการเปลี่ยนปริมาณสารเจือซิลิกอนตั้งแต่ 0.00 - 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4.26



ภาพที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาเมื่อทำการเปลี่ยนปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอน 0.00 ถึง 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ หลังจากผ่านการฉายรังสีเอกซ์ที่ปริมาณ 1mGy.

จากผลการศึกษาความไวต่อการตอบสนองทางรังสีหลังจากนำ ผลึกโพลิและผลึกเชิงเดี่ยวไปผ่านการฉายรังสีเอกซ์ที่ปริมาณ 1mGy. พบว่าผลึกเชิงเดี่ยวที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอน 0.00 และ 0.15 โมลเปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแสงที่น้อยที่สุด คือประมาณ 75 nC และปริมาณแสงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอนและที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอน 0.90 และ 1.20 โมลเปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแสงมากที่สุด คือประมาณ 165 nC แต่ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอน 1.50, 1.70, 1.90 และ 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ จะมีการกระจายตัวมากกว่าอาจเนื่องมาจากความไม่สม่ำเสมอของปริมาณสารเจือที่เติม และปริมาณแสงที่ที่แอลดีปล่อยออกมามีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสารเจือซิลิกอนตั้งแต่ 1.50 ถึง 2.00 อนึ่งผลึกที่

ได้จากการเติม สารเกลือซิลิกอน ตั้งแต่ 1.50 ถึง 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ มีลักษณะทางกายภาพค่อนข้างขาวขุ่นอาจเป็นสาเหตุให้แสงที่ปล่อยออกมาออกมาได้ไม่ดีเนื่องจากเกิด การดูดกลืนแสงไว้บางส่วนด้วยตัวเอง

4.5.2 ผลของชนิดและปริมาณสารเจือที่มีต่อความลึกของหลุมกับดักที่สร้างขึ้น

วิธีการหาความลึกของหลุมกับดักอิเล็กทรอนิกส์นั้น มีวิธีศึกษาได้ 2 วิธีคือ

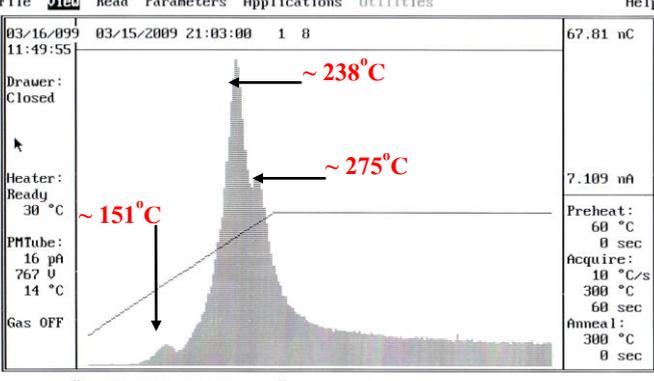
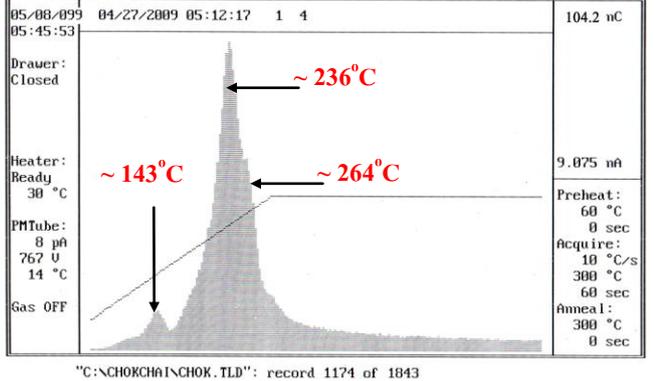
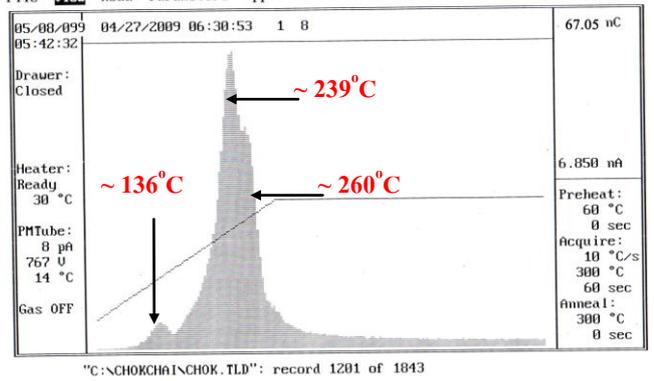
1) พิจารณาลักษณะ โกลว์เคิร์ฟที่ได้จากการกระตุ้นอะตอมด้วยความร้อน ความลึกของหลุมกับดักวิธีนี้จะบอกได้ด้วยค่าของอุณหภูมิทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาจากหลุมกับดักมากที่สุด

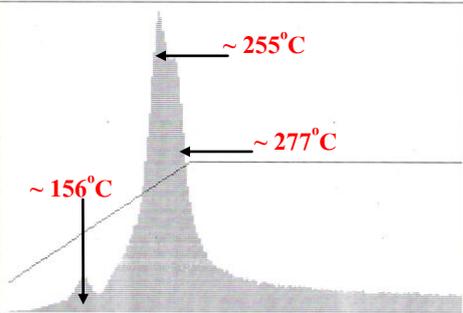
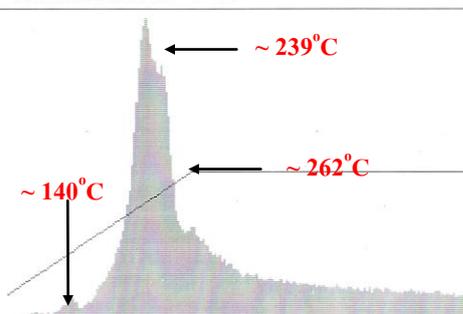
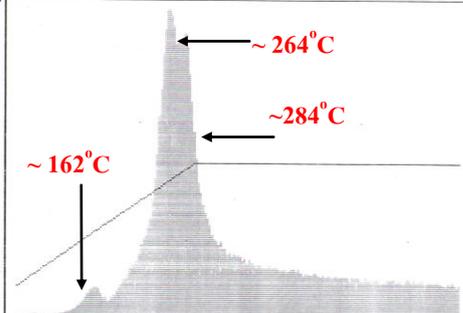
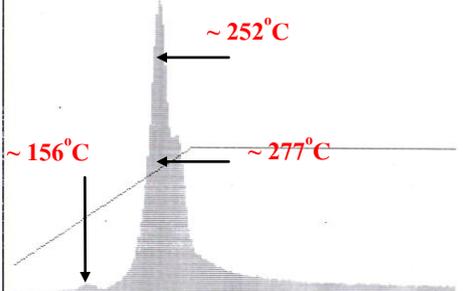
2) คำนวณจากค่าพารามิเตอร์กับดักพลังงานจลน์ของผลึก ซึ่งความสัมพันธ์ทางฟิสิกส์ของแข็งค่าที่ได้จะบอกเป็นอิเล็กตรอน โวลต์

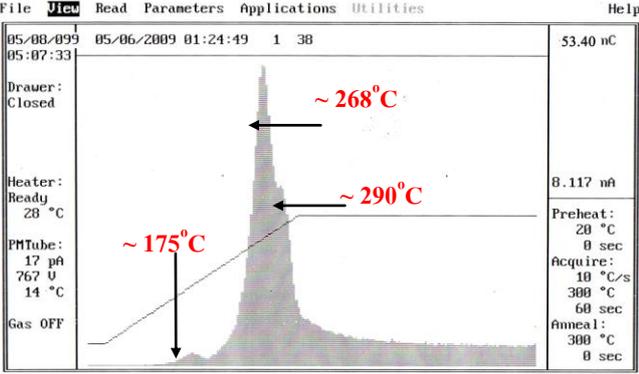
1) การหาความลึกของหลุมกับดักโดยพิจารณาลักษณะโกลว์เคิร์ฟ

โกลว์เคิร์ฟ คือกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงที่ที่แอลดีปล่อยออกมากับ กับอุณหภูมิ หรือเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน ซึ่งปัจจัยและตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลทำให้โกลว์เคิร์ฟเปลี่ยนแปลงไปได้แก่ อัตราการให้ความร้อนกับเมดที่แอลดีกล่าวคือ ถ้าเพิ่มอัตราการให้ความร้อนขึ้นเป็นสองเท่าจะทำให้ความสูงของพีคเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าแต่ความกว้างของพีคจะแคบลง ดังนั้นในการศึกษาผู้วิจัยจึงได้ควบคุมตัวแปรดังกล่าวโดยการ ตั้งอุณหภูมิในการอ่านปริมาณแสงที่ทุกๆการทดลอง โดยให้อัตราการตั้งความร้อนแก่หัววัดรังสีที่แอลดีที่ได้จากการทดลองตั้งแต่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสถึง 300 องศาเซลเซียส โดยให้เพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่คงที่ 10 องศาเซลเซียสต่อวินาที

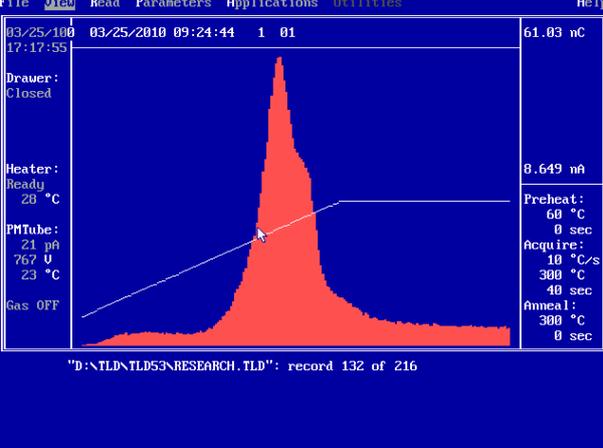
ตารางที่ 4.1 แสดงผลของลักษณะโกลว์เคิร์ฟของทีแอลดีชนิด LiF:Mg(0.20), Cu(0.05), Si(0.15) จากนั้นทำการเปลี่ยนปริมาณสารเจือโซเดียมตั้งแต่ 0.00 - 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์

ปริมาณารเจือโซเดียม (mole %)	ปริมาณแสง (nC)	ลักษณะโกลว์เคิร์ฟ
0.00	74.03±	 <p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>03/16/099 03/15/2009 21:03:00 1 8 67.81 nC</p> <p>11:49:55</p> <p>Drawer: Closed</p> <p>Heater: Ready 30 °C</p> <p>PM Tube: 16 pA 767 U 14 °C</p> <p>Gas OFF</p> <p>~151°C</p> <p>~238°C</p> <p>~275°C</p> <p>7.109 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p> <p>"C:\PRO_P00K\PRO_P00K_PRO.TLD": record 784 of 825</p>
0.05	104.20±	 <p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>05/08/099 04/27/2009 05:12:17 1 4 104.2 nC</p> <p>05:45:53</p> <p>Drawer: Closed</p> <p>Heater: Ready 30 °C</p> <p>PM Tube: 8 pA 767 U 14 °C</p> <p>Gas OFF</p> <p>~143°C</p> <p>~236°C</p> <p>~264°C</p> <p>9.075 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p> <p>"C:\CHOKCHAI\CHOK.TLD": record 1174 of 1843</p>
0.10	67.45±	 <p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>05/08/099 04/27/2009 06:30:53 1 8 67.05 nC</p> <p>05:42:32</p> <p>Drawer: Closed</p> <p>Heater: Ready 30 °C</p> <p>PM Tube: 8 pA 767 U 14 °C</p> <p>Gas OFF</p> <p>~136°C</p> <p>~239°C</p> <p>~260°C</p> <p>6.850 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p> <p>"C:\CHOKCHAI\CHOK.TLD": record 1201 of 1843</p>

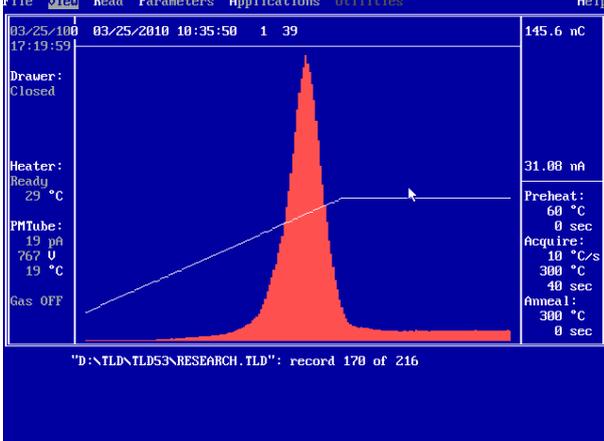
0.15	79.10 \pm	<p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>05/08/099 05/05/2009 16:38:49 1 9 75.56 nC</p> <p>05:27:03</p> <p>Drawer: Closed</p> <p>Heater: Ready 29 °C</p> <p>PM Tube: 7 pA 767 U 14 °C</p> <p>Gas OFF</p>  <p>~156°C</p> <p>~255°C</p> <p>~277°C</p> <p>6.335 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p> <p>"C:\CHOKCHA\CHOK.TLD": record 1770 of 1843</p>
0.20	58.10 \pm	<p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>05/08/099 04/27/2009 08:02:20 1 37 58.21 nC</p> <p>05:36:25</p> <p>Drawer: Closed</p> <p>Heater: Ready 30 °C</p> <p>PM Tube: 7 pA 767 U 14 °C</p> <p>Gas OFF</p>  <p>~140°C</p> <p>~239°C</p> <p>~262°C</p> <p>3.241 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p> <p>"C:\CHOKCHA\CHOK.TLD": record 1230 of 1843</p>
0.30	51.79 \pm	<p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>05/08/099 05/05/2009 17:37:21 1 28 51.04 nC</p> <p>05:22:59</p> <p>Drawer: Closed</p> <p>Heater: Ready 29 °C</p> <p>PM Tube: 9 pA 767 U 14 °C</p> <p>Gas OFF</p>  <p>~162°C</p> <p>~264°C</p> <p>~284°C</p> <p>3.895 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p> <p>"C:\CHOKCHA\CHOK.TLD": record 1789 of 1843</p>
0.40	60.68 \pm	<p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>05/08/099 05/06/2009 00:11:07 1 14 50.88 nC</p> <p>05:13:25</p> <p>Drawer: Closed</p> <p>Heater: Ready 29 °C</p> <p>PM Tube: 13 pA 767 U 14 °C</p> <p>Gas OFF</p>  <p>~156°C</p> <p>~252°C</p> <p>~277°C</p> <p>7.755 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p> <p>"C:\CHOKCHA\CHOK.TLD": record 1817 of 1843</p>

0.50	53.08 \pm	 <p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>05/08/099 05/06/2009 01:24:49 1 38 53.40 nC</p> <p>05:07:33</p> <p>Drawer: Closed</p> <p>Heater: Ready 28 °C</p> <p>PM Tube: 17 pA 767 V 14 °C</p> <p>Gas OFF</p> <p>Preheat: 20 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p> <p>"C:\CHOKCHAI\CHOK.TLD": record 1841 of 1843</p>
------	-------------	---

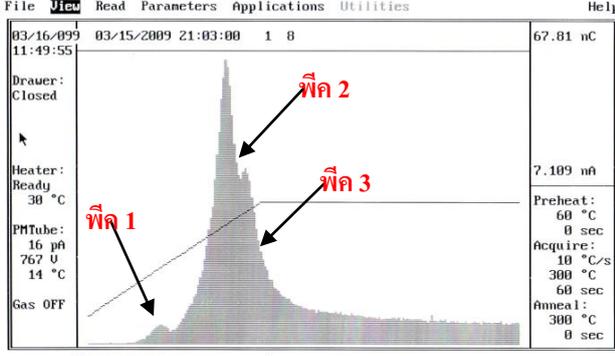
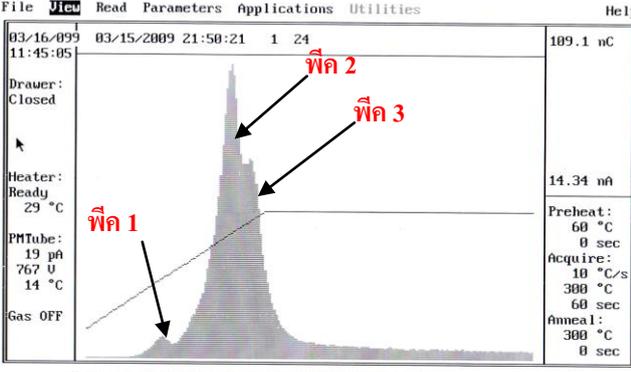
ตารางที่ 4.2 แสดงผลของลักษณะ โกลว์เคิร์ฟของทีแอลดีชนิด LiF:Mg(0.20), Cu(0.05), Na(0.05) จากนั้นทำการเปลี่ยนปริมาณสารเจือซิลิกอนตั้งแต่ 0.15 – 0.90 โมลเปอร์เซ็นต์

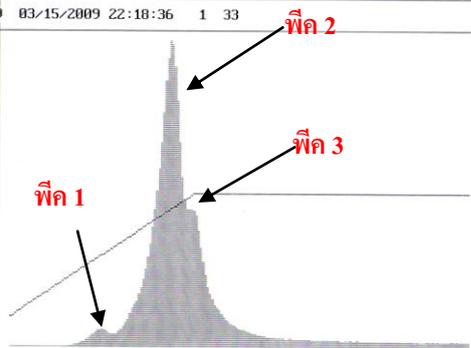
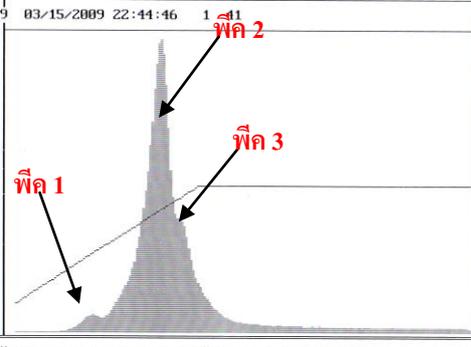
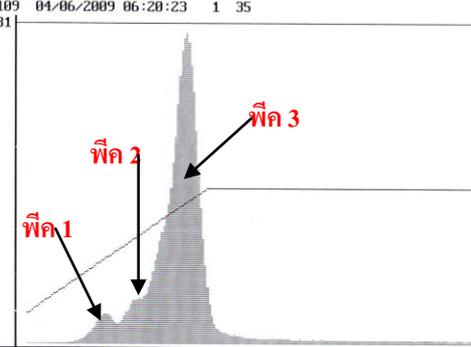
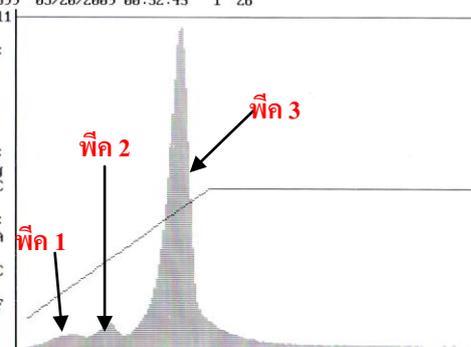
ปริมาณารเจือซิลิกอน (mole %)	ปริมาณแสง (nC)	ลักษณะโกลว์เคิร์ฟ
0.15	90.60 \pm	 <p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>03/25/100 03/25/2010 09:24:44 1 01 61.03 nC</p> <p>17:17:55</p> <p>Drawer: Closed</p> <p>Heater: Ready 28 °C</p> <p>PM Tube: 21 pA 767 V 23 °C</p> <p>Gas OFF</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 40 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p> <p>"D:\TLD\TLD53\RESEARCH.TLD": record 132 of 216</p>
0.30	168.76 \pm	

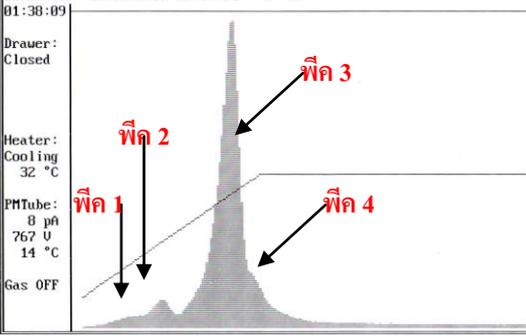
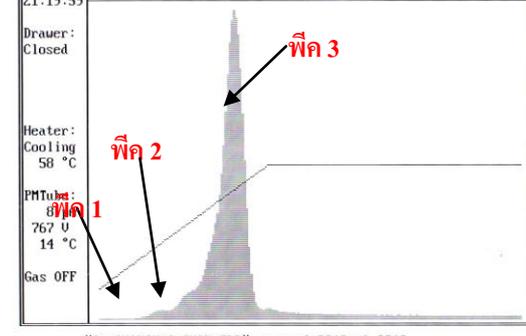
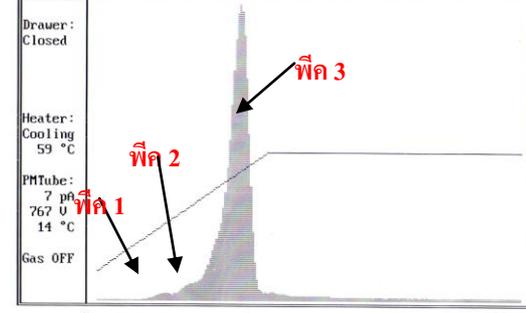
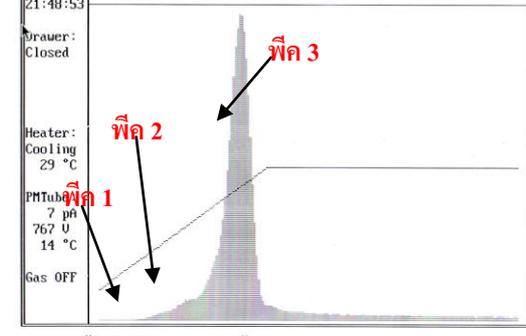
0.50	$165.01 \pm$	
0.70	$156.82 \pm$	

0.90	129.12 ±	
------	----------	--

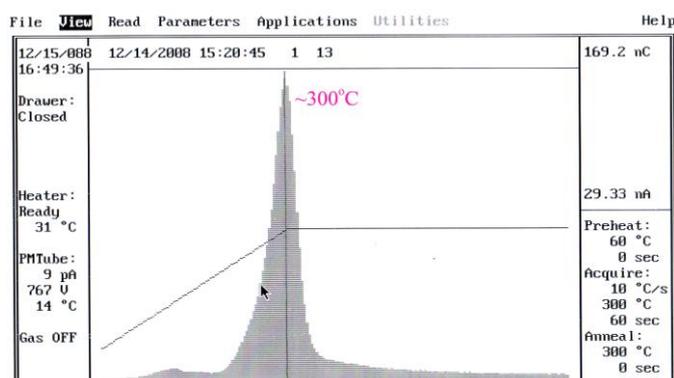
ตารางที่ 4.3 แสดงผลของลักษณะโกลว์เคิร์ฟของทีแอลดีชนิด LiF:Mg(0.20), Cu(0.05), Na(0.00) จากนั้นทำการเปลี่ยนปริมาณสารเจือชิลิกอนตั้งแต่ 0.15 - 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์

ปริมาณารเจือ ซิลิกอน (mole %)	ปริมาณแสง (nC)	ลักษณะโกลว์เคิร์ฟ
0.15	74.50	
0.30	75.10	

0.50	95.27	<p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>03/16/099 03/15/2009 22:18:36 1 33 พีค 2</p> <p>11:43:27</p> <p>Drayer: Closed</p> <p>Heater: Ready 29 °C</p> <p>PMTube: 14 pA 767 U 14 °C</p> <p>Gas OFF</p>  <p>148.4 nC</p> <p>23.58 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p> <p>"C:\PRO_P00K\POOK_PRO.TLD": record 811 of 825</p>
0.70	117.95	<p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>03/16/099 03/15/2009 22:44:46 1 41 พีค 2</p> <p>11:38:16</p> <p>Drayer: Closed</p> <p>Heater: Ready 28 °C</p> <p>PMTube: 19 pA 767 U 18 °C</p> <p>Gas OFF</p>  <p>178.5 nC</p> <p>29.56 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p> <p>"C:\PRO_P00K\POOK_PRO.TLD": record 819 of 825</p>
0.90	157.52	<p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>04/06/109 04/06/2009 06:20:23 1 35</p> <p>10:48:31</p>  <p>144.9 nC</p> <p>25.19 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p> <p>"C:\PRO_P00K\POOK_PRO.TLD": record 1573 of 1628</p>
1.20	178.20	<p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>03/20/099 03/20/2009 00:32:45 1 26</p> <p>01:45:11</p> <p>Drayer: Closed</p> <p>Heater: Cooling 32 °C</p> <p>PMTube: 7 pA 767 U 14 °C</p> <p>Gas OFF</p>  <p>160.6 nC</p> <p>31.05 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p> <p>"C:\PRO_P00K\POOK_PRO.TLD": record 1031 of 1042</p>

1.50	142.63	<p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>03/20/099 03/19/2009 23:57:02 1 14</p> <p>190.5 nC</p> <p>Drawer: Closed</p> <p>Heater: Cooling 32 °C</p> <p>PMTube: 8 pA 767 V 14 °C</p> <p>Gas OFF</p>  <p>"C:\PRO_P00K\PRO.TLD": record 1019 of 1042</p> <p>37.43 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p>
1.70	149.01	<p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>06/19/099 06/19/2009 21:17:21 1 2</p> <p>152.6 nC</p> <p>Drawer: Closed</p> <p>Heater: Cooling 58 °C</p> <p>PMTube: 8 pA 767 V 14 °C</p> <p>Gas OFF</p>  <p>"C:\CHOKCHAIN\CHOK.TLD": record 3219 of 3219</p> <p>32.04 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p>
1.90	144.17	<p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>06/20/099 06/20/2009 00:24:16 1 49</p> <p>125.2 nC</p> <p>Drawer: Closed</p> <p>Heater: Cooling 59 °C</p> <p>PMTube: 7 pA 767 V 14 °C</p> <p>Gas OFF</p>  <p>"C:\CHOKCHAIN\CHOK.TLD": record 3266 of 3266</p> <p>29.88 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p>
2.00	123.57	<p>File View Read Parameters Applications Utilities Help</p> <p>06/20/099 06/20/2009 01:54:55 1 32</p> <p>107.2 nC</p> <p>Drawer: Closed</p> <p>Heater: Cooling 29 °C</p> <p>PMTube: 7 pA 767 V 14 °C</p> <p>Gas OFF</p>  <p>"C:\CHOKCHAIN\CHOK.TLD": record 3299 of 4046</p> <p>21.32 nA</p> <p>Preheat: 60 °C 0 sec</p> <p>Acquire: 10 °C/s 300 °C 60 sec</p> <p>Anneal: 300 °C 0 sec</p>

จากการศึกษาลักษณะโกลว์เคิร์ฟของผลึกที่แอลดีที่ได้โดยได้ทำการเปลี่ยนปริมาณสารเจือซิลิกอนตั้งแต่ 0.15 ถึง 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5.4 ถึง 5.15



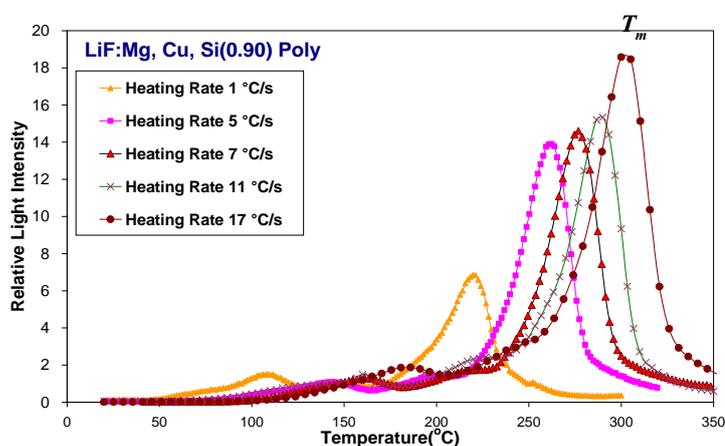
ภาพที่ 4.27 ลักษณะโกลว์เคิร์ฟของผลึกโพลีซนิคดิเอียมฟลูออไรด์ ที่เจือด้วยแมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้น 0.20, 0.05 และ 0.90 โมลเปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาลักษณะโกลว์เคิร์ฟของที่แอลดีที่ปลูกได้หลังจากการนำที่แอลดี ไปฉายรังสีเอกซ์ที่ปริมาณรังสี 1mGy. พบว่าลักษณะโกลว์เคิร์ฟที่ได้เมื่อเติมปริมาณสารเจือซิลิกอน 0.15, 0.30 0.50 และ 0.70 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่ามีลักษณะคล้ายกันคือมีพีค 3 พีค โดยมีตำแหน่งพีคที่ 1 ที่อุณหภูมิประมาณ 148 องศาเซลเซียส ตำแหน่งพีคที่ 2 ที่อุณหภูมิประมาณ 260 องศาเซลเซียส และตำแหน่งพีคที่ 3 ที่อุณหภูมิประมาณ 276 องศาเซลเซียส ส่วนลักษณะโกลว์เคิร์ฟที่ปริมาณสารเจือซิลิกอน 0.90 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่า มีพีค 3 พีค โดยมีตำแหน่งพีคที่ 1 ที่อุณหภูมิประมาณ 137 องศาเซลเซียส ตำแหน่งพีคที่ 2 ที่อุณหภูมิประมาณ 205 องศาเซลเซียส และตำแหน่งพีคที่ 3 ที่อุณหภูมิประมาณ 274 องศาเซลเซียส ส่วนลักษณะโกลว์เคิร์ฟที่ปริมาณสารเจือซิลิกอน 1.20 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่ามีพีค 3 พีค โดยมีตำแหน่งพีคที่ 1 ที่อุณหภูมิประมาณ 102 องศาเซลเซียส ตำแหน่งพีคที่ 2 ที่อุณหภูมิประมาณ 162 องศาเซลเซียส และตำแหน่งพีคที่ 3 ที่อุณหภูมิประมาณ 265 องศาเซลเซียส และที่ปริมาณสารเจือซิลิกอน 1.50 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่ามีพีค 4 พีค โดยมีตำแหน่งพีคที่ 1 ที่อุณหภูมิประมาณ 121 องศาเซลเซียส ตำแหน่งพีคที่ 2 ที่อุณหภูมิประมาณ 160 องศาเซลเซียส และตำแหน่งพีคที่ 3 ที่อุณหภูมิประมาณ 261 องศาเซลเซียส และตำแหน่งพีคที่ 4 ที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส และลักษณะโกลว์เคิร์ฟที่ปริมาณซิลิกอนที่ 1.70 ถึง 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่า มีลักษณะคล้ายกันคือมีพีค 3 พีค โดยมีตำแหน่งพีคที่ 1 ที่อุณหภูมิประมาณ 145 องศาเซลเซียส ตำแหน่งพีคที่ 2 ที่อุณหภูมิประมาณ 185 องศาเซลเซียส และตำแหน่งพีคที่ 3 ที่อุณหภูมิประมาณ 260 องศาเซลเซียส

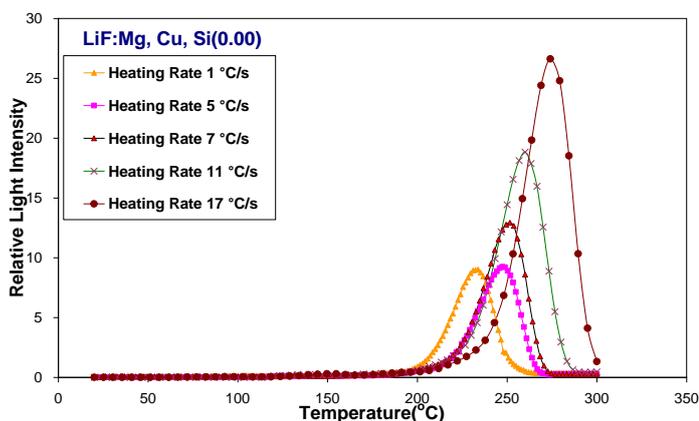
ส่วนลักษณะ โกลว์เคิร์ฟของผลึกทีแอลดีที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) มีตำแหน่งพีคที่ 1 ที่อุณหภูมิประมาณ 165 องศาเซลเซียส ตำแหน่งพีคที่ 2 ที่อุณหภูมิประมาณ 207 องศาเซลเซียส ตำแหน่งพีคที่ 3 ที่อุณหภูมิประมาณ 258 องศาเซลเซียสและตำแหน่งพีคที่ 4 ที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส

2) การหาความลึกของหลุมกับดักโดยวิธีคำนวณจากค่าพารามิเตอร์กับดักพลังงานจลน์ของผลึก

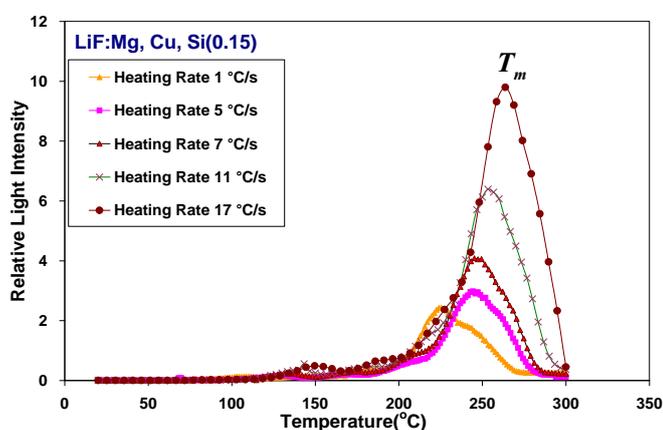
ได้ทำการทดลองคำนวณค่าพารามิเตอร์กับดักพลังงานจลน์ของผลึกโพลี ผลึกเชิงเดี่ยว และผลึกทีแอลดีที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) โดยใช้เทคนิคการเปลี่ยนอัตราการให้ความร้อนที่ใช้ในการอ่านค่าปริมาณแสงตั้งแต่ 1 องศาเซลเซียส ถึง 20 องศาเซลเซียส มีขั้นตอนดังนี้ คือนำเม็ดผลึกที่ได้ไปฉายรังสีเอกซ์ที่พลังงาน 128 keV ที่ปริมาณรังสี 3 mGy. จากนั้นทำการวิเคราะห์และประเมินค่าปริมาณรังสีด้วยเครื่องอ่าน TLD รุ่น 3500 ของบริษัท Harshaw – Bicron โดยทำการบันทึกข้อมูลตั้งแต่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ถึง 300 องศาเซลเซียส และทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึกที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 องศาเซลเซียส ต่อวินาที ตามลำดับ จากนั้นทำการบันทึกลักษณะ โกลว์เคิร์ฟด้วยโปรแกรม CGCD แสดงในภาพที่ 4.28 ถึง 4.40



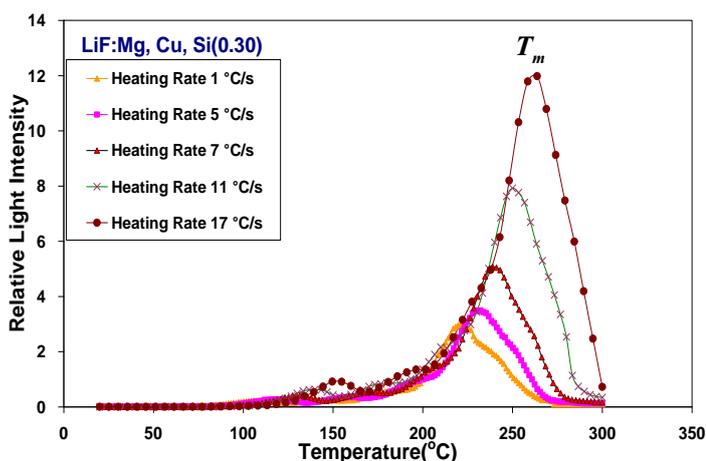
ภาพที่ 4.28 ตำแหน่งอุณหภูมิพีคหลัก (T_m) ของผลึกโพลี บันทึกด้วยโปรแกรม CGCD เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึก



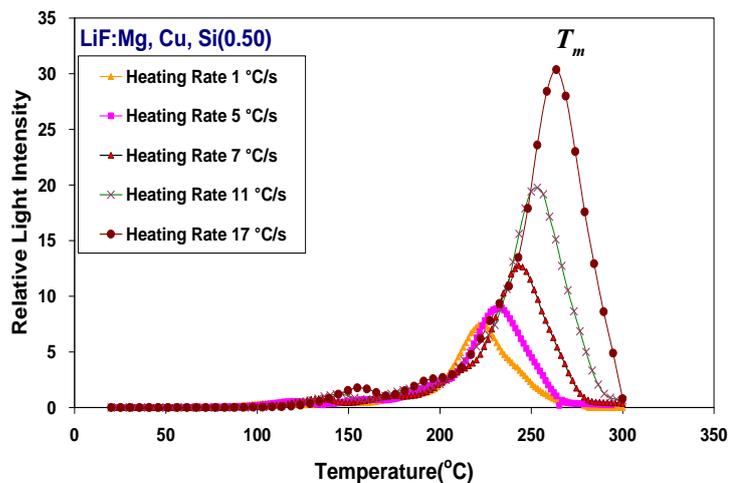
ภาพที่ 4.29 ตำแหน่งอุณหภูมิพีคหลัก (T_m) ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.00) บันทึกด้วยโปรแกรม CGCD เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึก



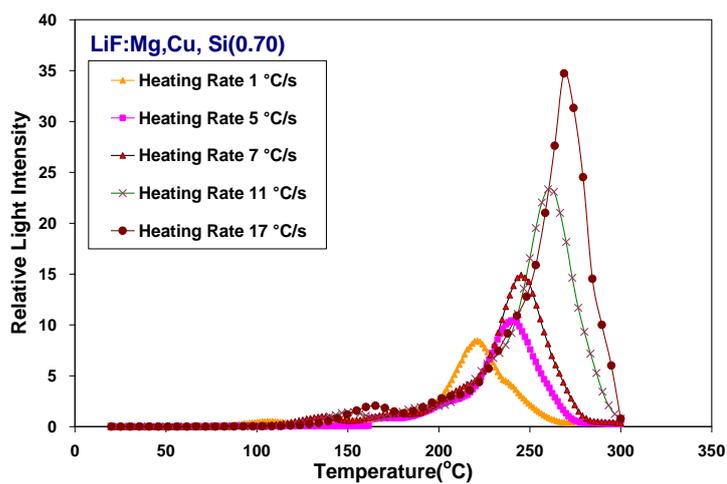
ภาพที่ 4.30 ตำแหน่งอุณหภูมิพีคหลัก (T_m) ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.15) บันทึกด้วยโปรแกรม CGCD เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึก



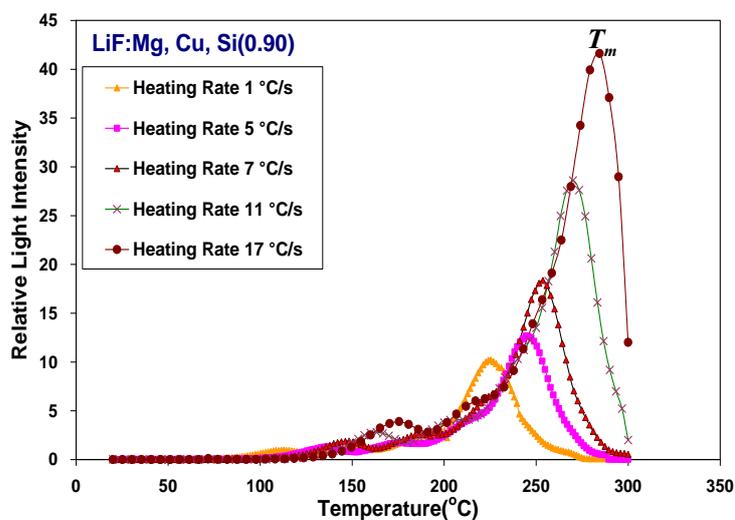
ภาพที่ 4.31 ตำแหน่งอุณหภูมิพีคหลัก (T_m) ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.30) บันทึกด้วยโปรแกรม CGCD เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึก



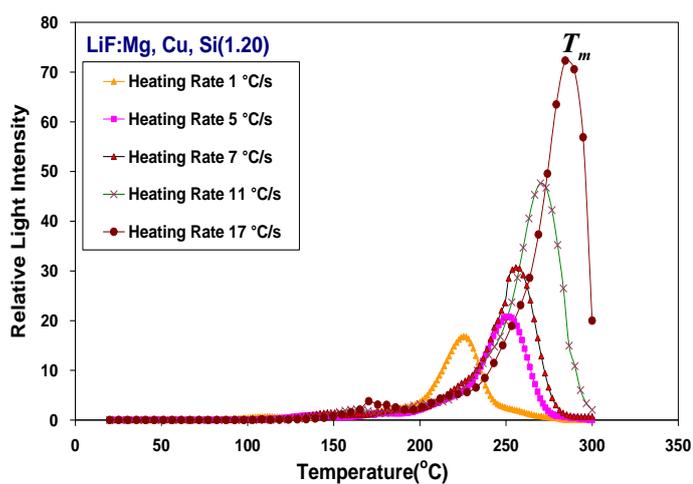
ภาพที่ 4.32 ตำแหน่งอุณหภูมิพีกหลัก (T_m) ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.50) บันทึกด้วยโปรแกรม CGCD เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึก



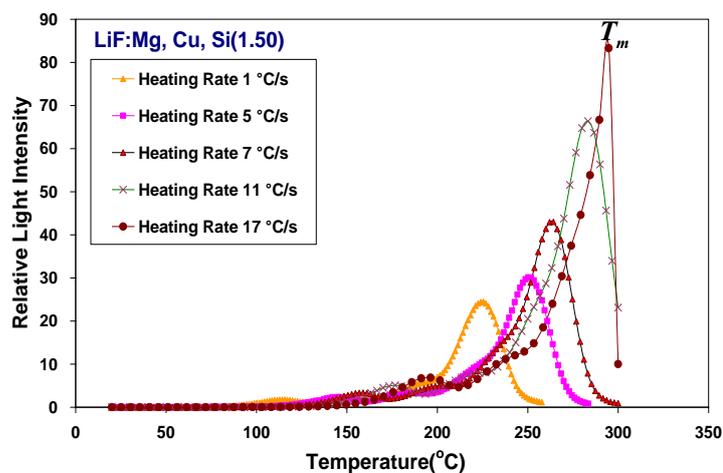
ภาพที่ 4.33 ตำแหน่งอุณหภูมิพีกหลัก (T_m) ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.70) บันทึกด้วยโปรแกรม CGCD เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึก



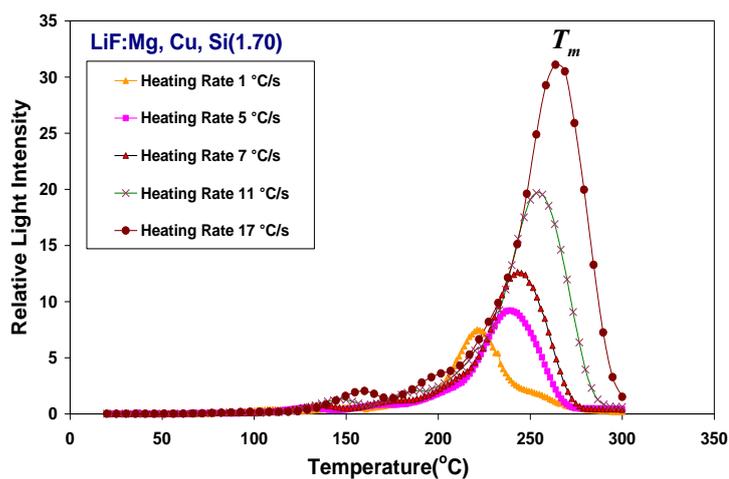
ภาพที่ 4.34 ตำแหน่งอุณหภูมิพีคหลัก (T_m) ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.90) บันทึกด้วยโปรแกรม CGCD เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึก



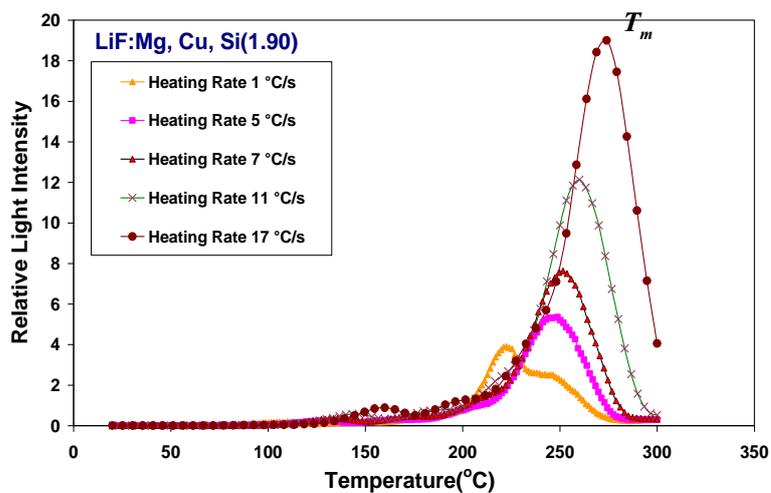
ภาพที่ 4.35 ตำแหน่งอุณหภูมิพีคหลัก (T_m) ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (1.20) บันทึกด้วยโปรแกรม CGCD เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึก



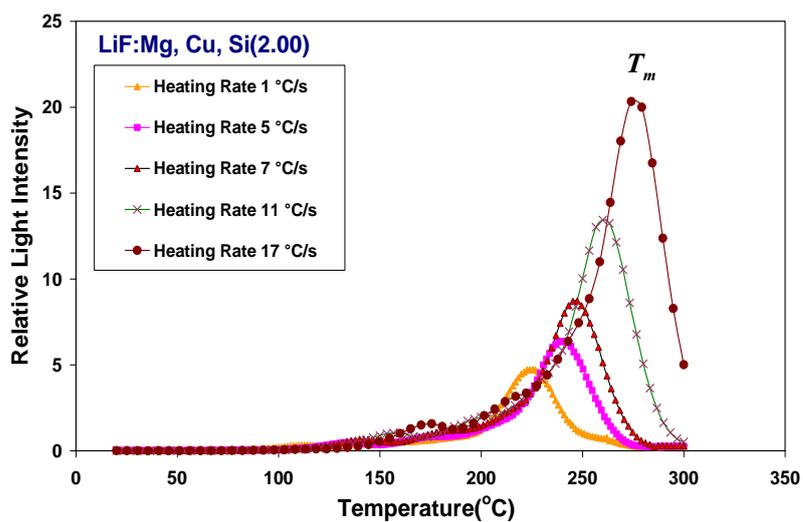
ภาพที่ 4.36 ตำแหน่งอุณหภูมิพีกหลัก (T_m) ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (1.50) บันทึกด้วยโปรแกรม CGCD เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึก



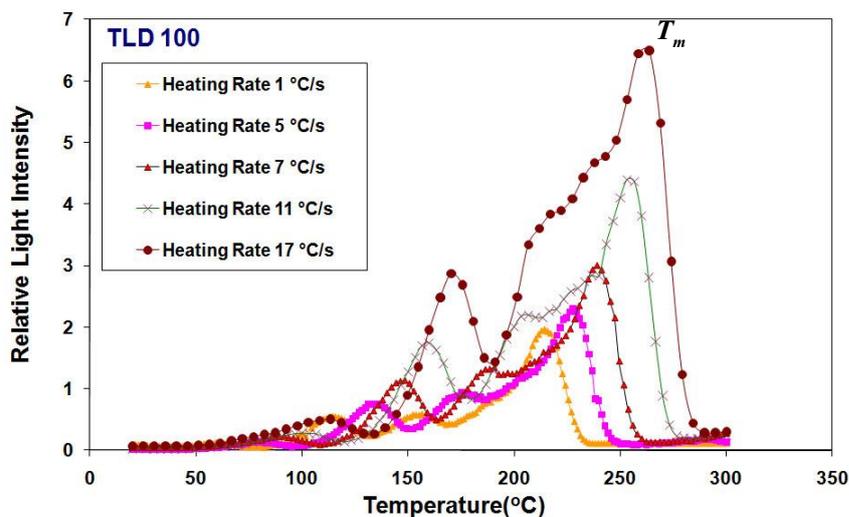
ภาพที่ 4.37 ตำแหน่งอุณหภูมิพีกหลัก (T_m) ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (1.70) บันทึกด้วยโปรแกรม CGCD เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึก



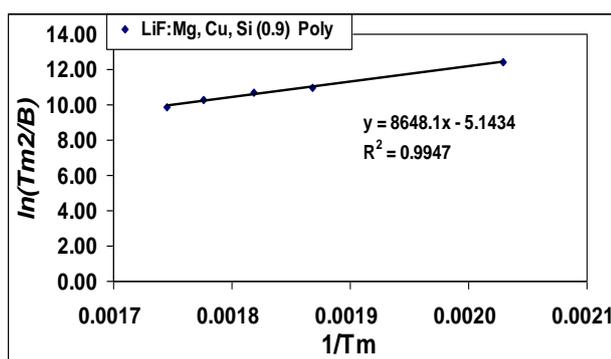
ภาพที่ 4.38 ตำแหน่งอุณหภูมิพีคหลัก (T_m) ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (1.90) บันทึกด้วยโปรแกรม CGCD เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึก



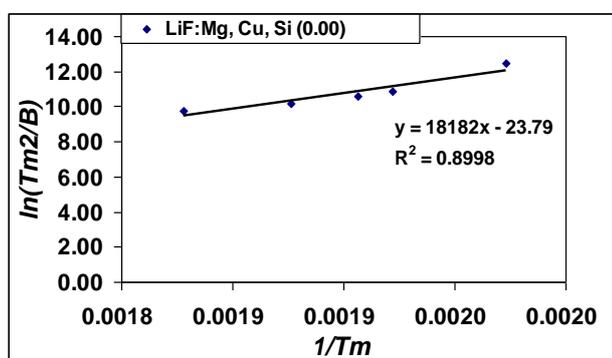
ภาพที่ 4.39 ตำแหน่งอุณหภูมิพีคหลัก (T_m) ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si(2.00) บันทึกด้วยโปรแกรม CGCD เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึก



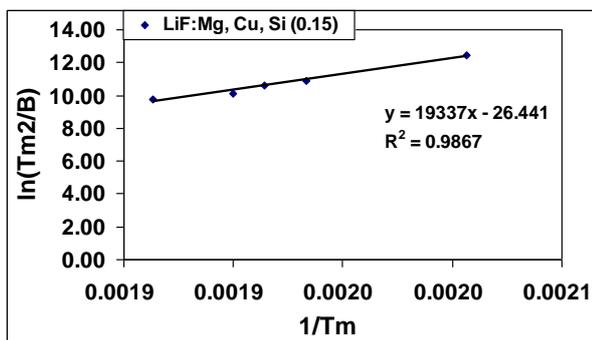
ภาพที่ 4.40 ตำแหน่งอุณหภูมิพีคหลัก (T_m) ของผลึกที่แอลดีทีที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) บันทึกด้วยโปรแกรม CGCD เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราการอุณหภูมิที่ให้กับเม็ดผลึก



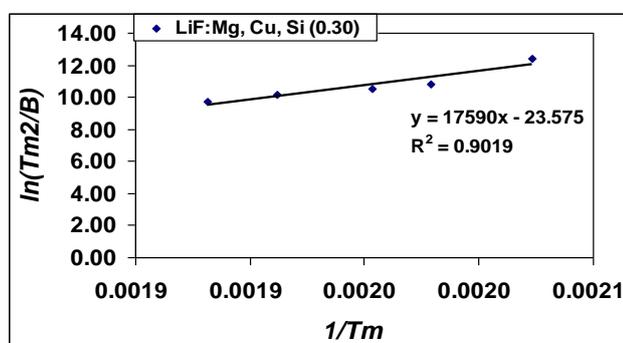
ภาพที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Logarithm* ของ T_m^2 / β กับ $1/T_m$ เมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ให้กับผลึกโพลีที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 °C/s



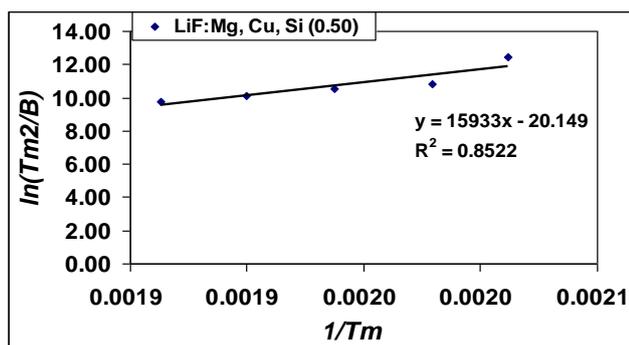
ภาพที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Logarithm* ของ T_m^2 / β กับ $1/T_m$ ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.00) เมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 °C/s



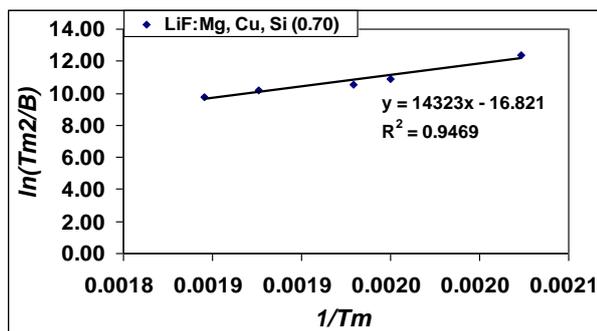
ภาพที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Logarithm* ของ T_m^2 / β กับ $1/T_m$ ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.15) เมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 °C/s



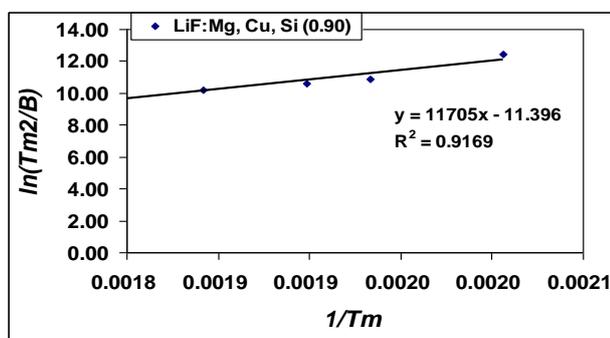
ภาพที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Logarithm* ของ T_m^2 / β กับ $1/T_m$ ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.30) เมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 °C/s



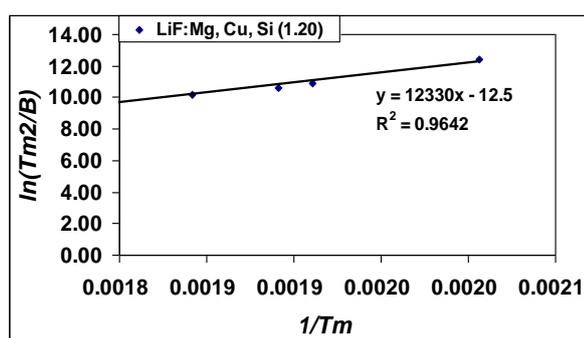
ภาพที่ 4.45 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Logarithm* ของ T_m^2 / β กับ $1/T_m$ ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.50) เมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 °C/s



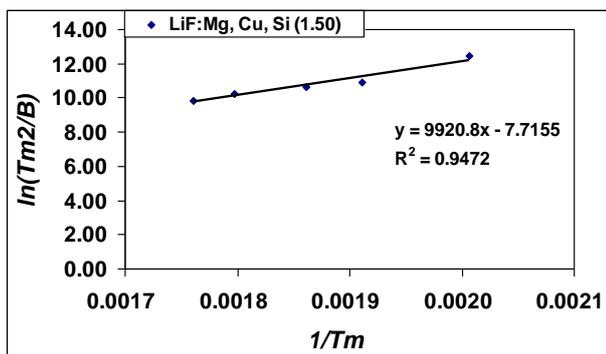
ภาพที่ 4.46 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Logarithm* ของ T_m^2 / β กับ $1/T_m$ ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.70) เมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 °C/s



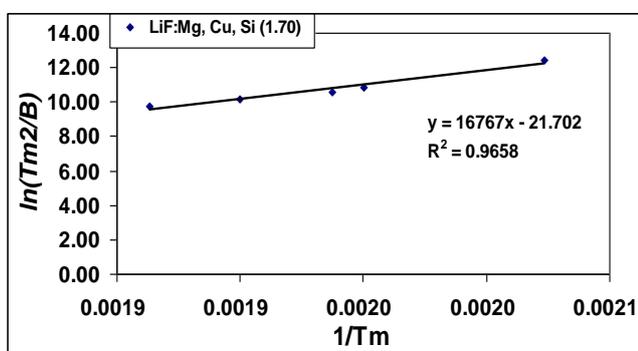
ภาพที่ 4.47 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Logarithm* ของ T_m^2 / β กับ $1/T_m$ ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.90) เมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 °C/s



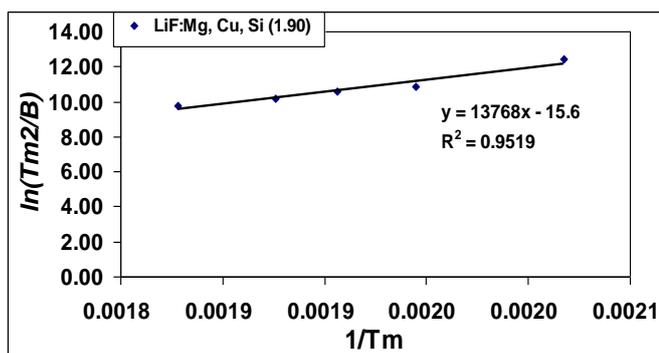
ภาพที่ 4.48 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Logarithm* ของ T_m^2 / β กับ $1/T_m$ ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (1.20) เมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 °C/s



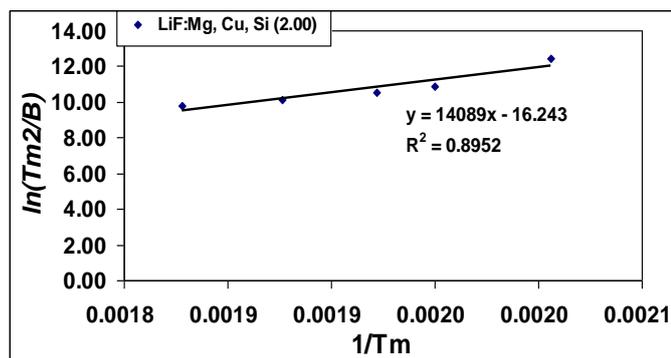
ภาพที่ 4.49 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Logarithm* ของ T_m^2 / β กับ $1/T_m$ ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (1.50) เมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 °C/s



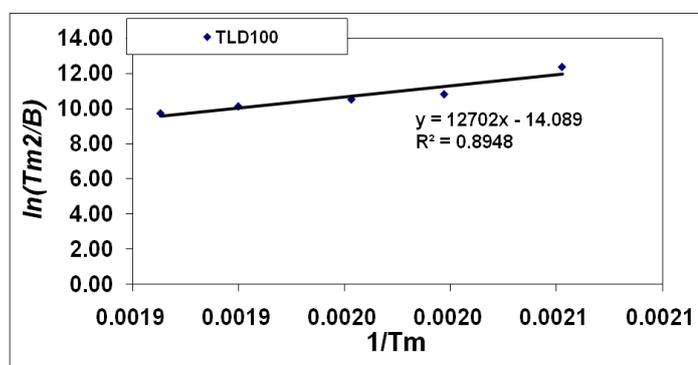
ภาพที่ 4.50 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Logarithm* ของ T_m^2 / β กับ $1/T_m$ ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (1.70) เมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 °C/s



ภาพที่ 4.51 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Logarithm* ของ T_m^2 / β กับ $1/T_m$ ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (1.90) เมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 °C/s



ภาพที่ 4.52 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Logarithm* ของ T_m^2 / β กับ $1/T_m$ ของผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (2.00) เมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 °C/s



ภาพที่ 4.53 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Logarithm* ของ T_m^2 / β กับ $1/T_m$ ของผลึกทีแอลดีทีผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) เมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 1, 5, 7, 11 และ 17 °C/s จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณโดยใช้โมเดลของเรนคอลล์และวิลคินส์ ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 1

$$\ln \frac{T_m^2}{\beta} - \left(\frac{E}{k}\right) \frac{1}{T_m} = \ln \frac{E}{sk} \quad (1)$$

เมื่อ T_m คือ ตำแหน่งอุณหภูมิของพีคหลัก

β คือ อัตราความร้อนที่ให้กับเม็ดทีแอลดีขณะอ่านปริมาณแสง

K คือ ค่าคงที่ Boltzmann's

E คือ activation energy

s คือ frequency factor

จากการศึกษาเมื่อทำการคำนวณในเบื้องต้นพบว่าผลึกที่ได้มีความเข้มแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนส์ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มค่า อัตราการให้ความร้อนที่ใช้ในการอ่านค่าปริมาณแสงตั้งแต่ 1 ถึง 20 องศาเซลเซียส มีโกลว์เคิร์ฟที่ให้อุณหภูมิของพีคหลักพีคเดียวและตำแหน่งอุณหภูมิของพีคหลักมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการให้ความร้อน โดยมีความสัมพันธ์เป็นแบบพลังงานจลน์ลำดับที่หนึ่ง ซึ่งเป็นไปตามโมเดลของแรนคอลล์และวิลคินส์ ค่าที่ได้จากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าพารามิเตอร์กับศักพลังงานจลน์ของผลึกลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ และซิลิกอน

ชนิดที่แอลดี LiF: Mg(0.2), Cu(0.05), Vary Si (mole %)	ค่าพารามิเตอร์กับศักพลังงานจลน์	
	$E(eV)$	$s(sec^{-1})$
Poly	0.7449	$1.481e^6$
Si (0.00)	1.5662	3.904×10^{14}
Si (0.15)	1.6657	5.882×10^{15}
Si (0.30)	1.5152	3.046×10^{14}
Si (0.50)	1.3725	8.972×10^{12}
Si (0.70)	1.2338	2.893×10^{11}
Si (0.90)	1.0082	1.041×10^9
Si (1.20)	1.0621	3.309×10^9
Si (1.50)	0.8546	2.225×10^7
Si (1.70)	1.4443	4.461×10^{13}
Si (1.90)	1.1860	8.201×10^{10}
Si (2.00)	1.2136	1.596×10^{11}
TLD 100	1.0941	1.669×10^{10}

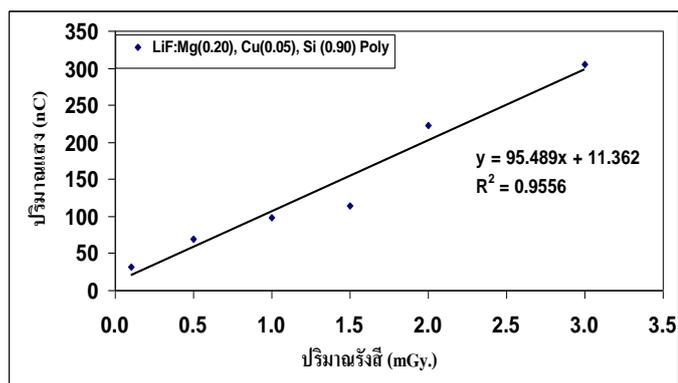
จากตารางที่ 4.4 พบว่าผลึกโพลีเมื่อทำการคำนวณจะได้ค่า E เท่ากับ 0.7449 eV และค่า s เท่ากับ $1.481 \times 10^6 sec^{-1}$ และในผลึกเชิงเดี่ยวที่ปริมาณความเข้มข้นสารเจือซิลิกอน 0.00 โมลเปอร์เซ็นต์ ได้ค่า E เท่ากับ 1.5662 eV และค่า s เท่ากับ $3.904 \times 10^{14} sec^{-1}$ ที่ปริมาณความเข้มข้นสารเจือซิลิกอน 0.15 โมลเปอร์เซ็นต์ ได้ค่า E เท่ากับ 1.6657 eV และค่า s เท่ากับ $5.882 \times 10^{15} sec^{-1}$

และเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นสารเจือซิลิกอนจะทำให้ค่า E และ s มีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ส่วนผลึกที่แอลดีที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) ได้ค่า E เท่ากับ 1.0941 eV และค่า s เท่ากับ $1.669 \times 10^{10} \text{ sec}^{-1}$

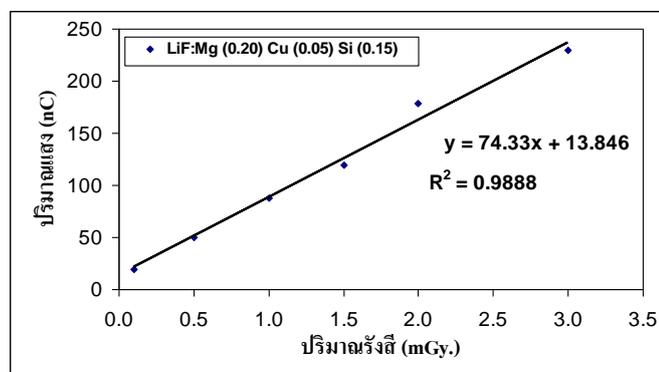
4.5.3 ผลของปริมาณรังสีที่มีต่อความไวในการตอบสนองต่อรังสี

การวัดปริมาณรังสีด้วยทีแอลดีนั้นจัดว่าเป็นการวัดปริมาณรังสีทางอ้อมโดยใช้หลักการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจากทีแอลดีกับปริมาณรังสีที่ทีแอลดีได้รับมาก่อนหน้านั้น โดยทีแอลดีที่ดีจะต้องความสัมพันธ์ของปริมาณดังกล่าวแบบเป็นเชิงเส้น

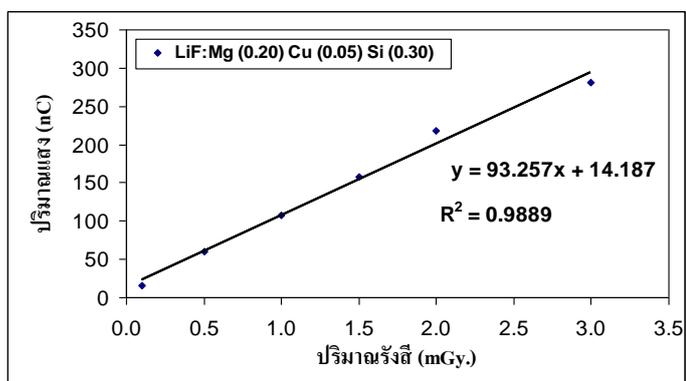
จากการนำทีแอลดีไปฉายรังสีเอกซ์ที่ ปริมาณรังสีตั้งแต่ 0.10, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 และ 3.00 mGy. และนำใ้อ่านค่าปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจากทีแอลดี ได้ผลการทดลองในภาพที่ 4.54 ถึง 4.65



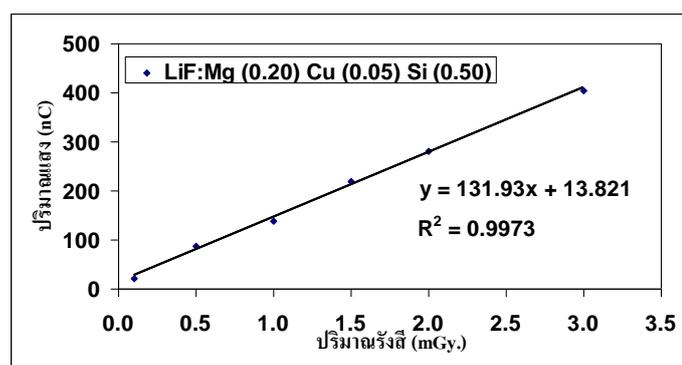
ภาพที่ 4.54 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่ปล่อยออกมากับปริมาณรังสีเอกซ์ที่ปริมาณต่าง ๆ กันของผลึกโพลีชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.90)



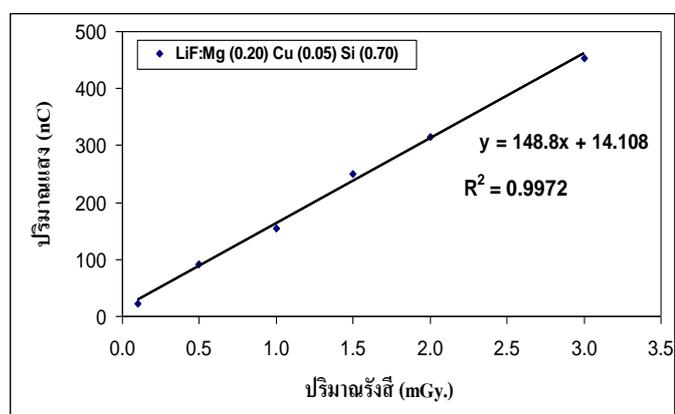
ภาพที่ 4.55 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับปริมาณรังสีที่ให้กับผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.15)



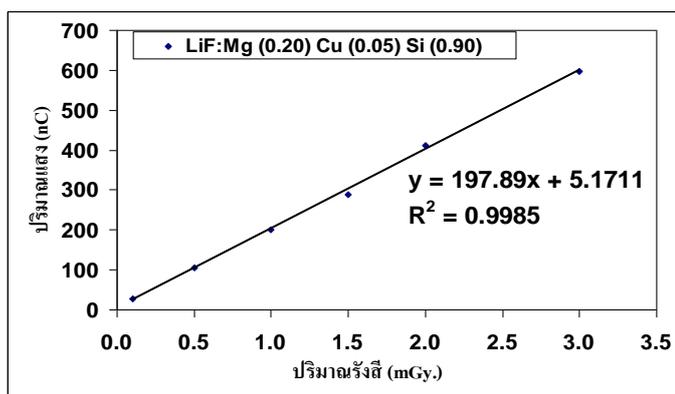
ภาพที่ 4.56 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับปริมาณรังสีที่ให้กับผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.30)



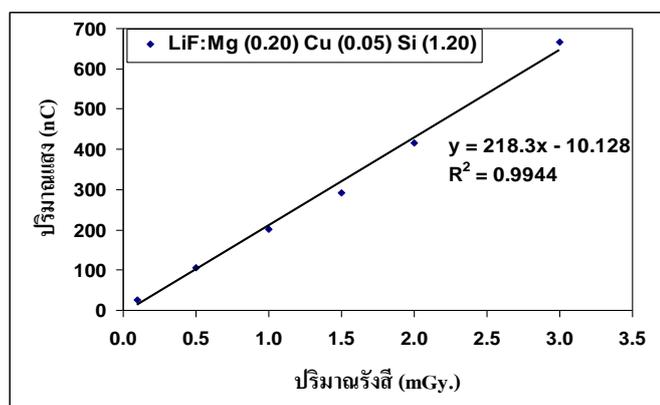
ภาพที่ 4.57 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับปริมาณรังสีที่ให้กับผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.50)



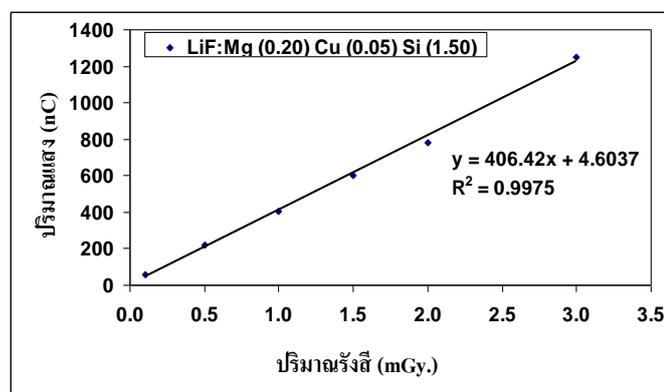
ภาพที่ 4.58 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับปริมาณรังสีที่ให้กับผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.70)



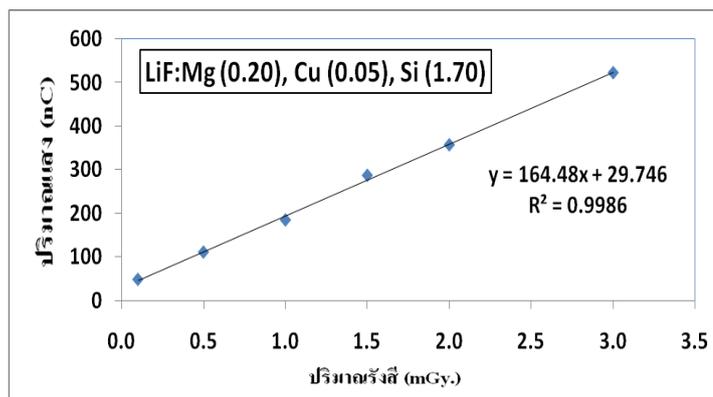
ภาพที่ 4.59 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับปริมาณรังสีที่ให้กับผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (0.90)



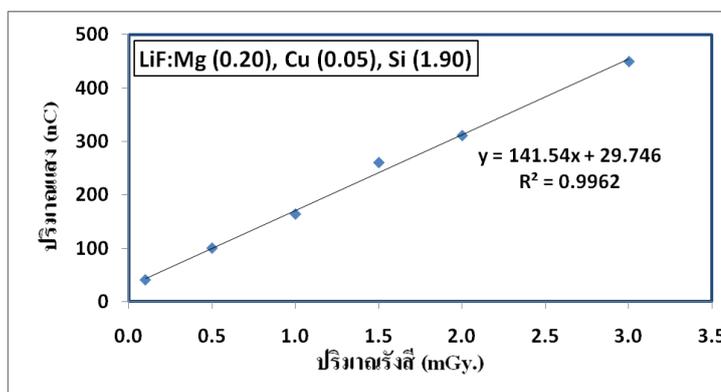
ภาพที่ 4.60 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับปริมาณรังสีที่ให้กับผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (1.20)



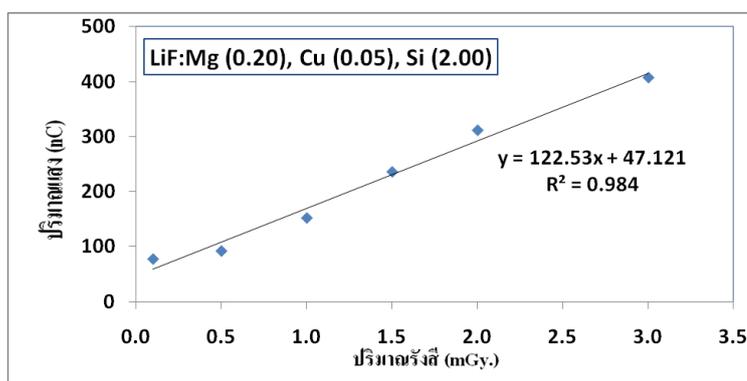
ภาพที่ 4.61 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับปริมาณรังสีที่ให้กับผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (1.50)



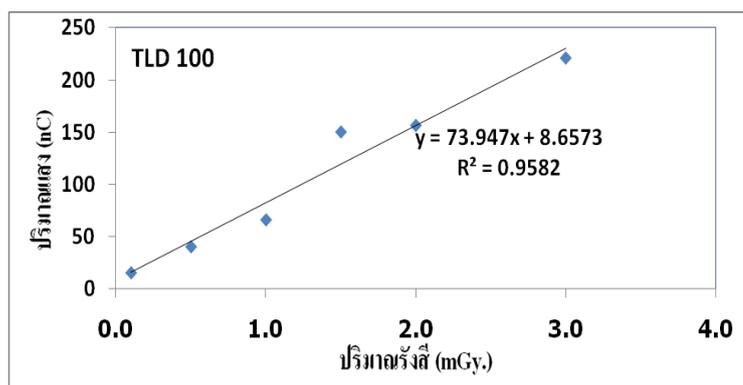
ภาพที่ 4.62 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับปริมาณรังสีที่ให้กับผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (1.70)



ภาพที่ 4.63 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับปริมาณรังสีที่ให้กับผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (1.90)



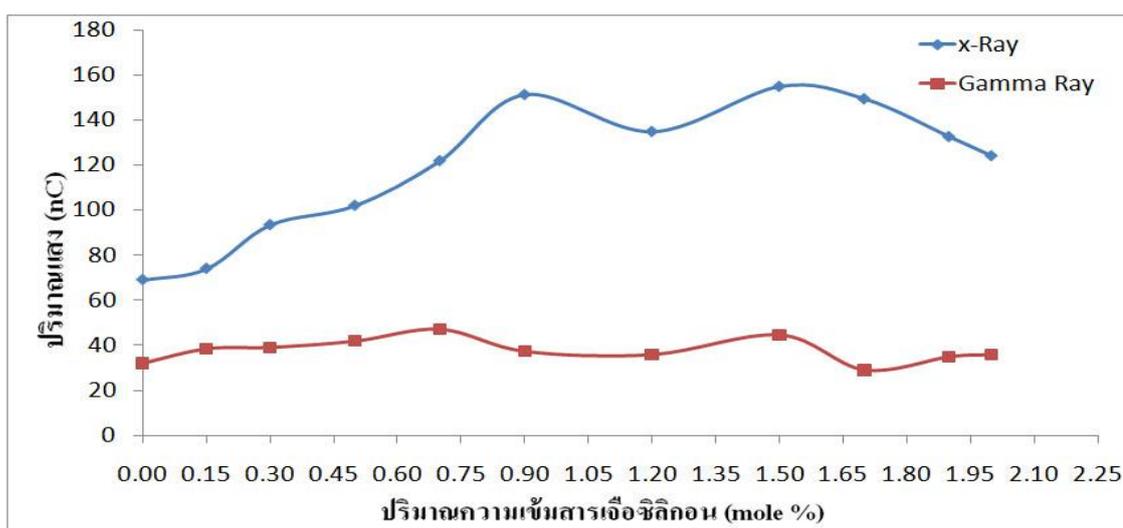
ภาพที่ 4.64 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับปริมาณรังสีที่ให้กับผลึกเชิงเดี่ยวชนิด LiF : Mg (0.20), Cu (0.05), Si (2.00)



ภาพที่ 4.65 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับปริมาณรังสีที่ให้กับผลึกทีแอลดีที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100)

จากภาพที่ 4.54 ถึง 4.65 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจากทีแอลดี กับ ปริมาณรังสีที่ทีแอลดีได้รับมีความสัมพันธ์กันแบบกราฟเส้นตรง โดยมีความเป็นเชิงเส้นดี มีค่า correlation coefficient เท่ากับ 0.9 ทั้งทีแอลดี ผลึกโพลี ผลึกเชิงเดี่ยวและผลึกทีแอลดีที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) สรุปได้ว่าทีแอลดีที่ได้จากงานวิจัย มีคุณสมบัติข้อนี้ทัดเทียมกับทีแอลดีที่ผลิตในเชิงพาณิชย์ซึ่งใช้สารเจือเป็น Mg และ Ti ที่เป็นที่ยอมรับใช้กันแพร่หลายในอดีต

4.5.4 ผลของพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีต่อความไวในการตอบสนองต่อรังสี



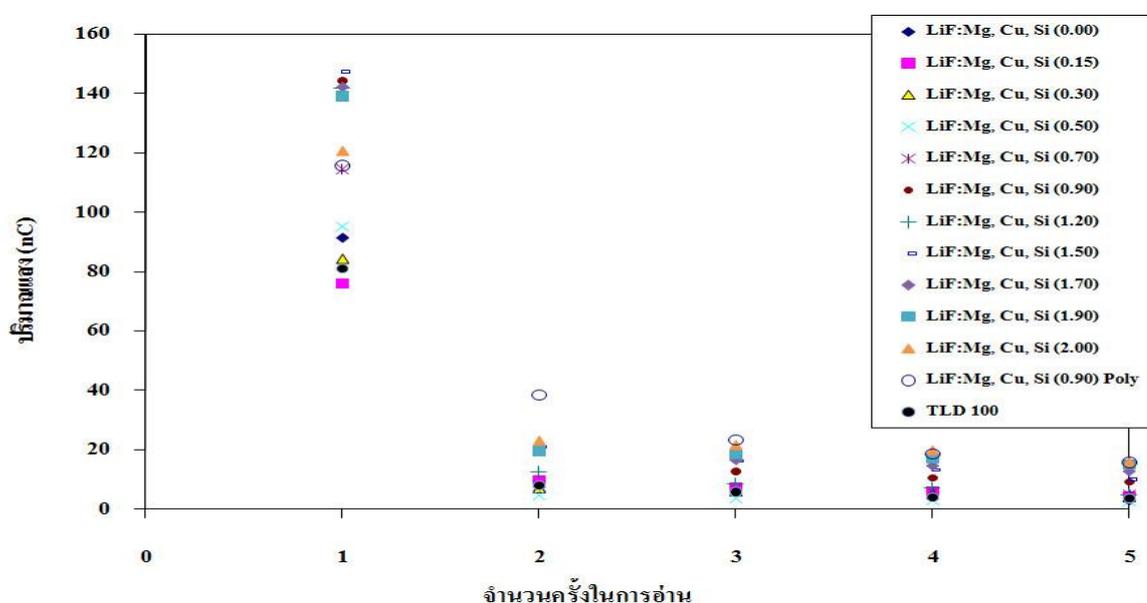
ภาพที่ 4.66 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาเมื่อทำการเปลี่ยนปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิงกอน 0.00 ถึง 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ หลังจากผ่านการฉายรังสีเอกซ์และรังสีแกมมาที่ปริมาณ 1mGy.

จากผลการศึกษาความไวต่อการตอบสนองทางรังสีหลังจากนำผลึกทีแอลดี ไปผ่าน การฉายรังสีเอกซ์และรังสีแกมมาที่ปริมาณ 1mGy. พบว่า ผลึกเชิงเดี่ยวที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอน 0.00 – 0.50 โมลเปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปทดสอบกับรังสีเอกซ์จะมีปริมาณแสงมากกว่าการนำไปทดสอบกับรังสีแกมมาประมาณ 1 เท่า และที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอน 0.70 – 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปทดสอบกับรังสีเอกซ์จะมีปริมาณแสงมากกว่าการนำไปทดสอบกับรังสีแกมมาประมาณ 2 เท่า

ดังนั้นในการศึกษาคุณสมบัติของทีแอลดี ในส่วนของลักษณะโพลีคริสตัลไลน์ ความเป็นเชิงเส้น การตกค้างของปริมาณแสง การนำกลับมาใช้งานซ้ำๆ และการคำนวณหาค่าพารา มิเตอร์กับดักพลังงานจลน์ของผลึก ผู้วิจัยจะทำการศึกษาโดยใช้การทดสอบกับรังสีเอกซ์เท่านั้น

4.5.4 การตกค้างของปริมาณแสง (Residual Dose)

การศึกษาสัญญาณแสงตกค้างในผลึกโพลี ผลึกเชิงเดี่ยวและผลึกทีแอลดีที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) ทำการทดสอบคุณสมบัติการตกค้างของปริมาณแสง โดยฉายรังสีเอกซ์ที่ปริมาณ 1 mGy. จากนั้นทำการอ่านปริมาณแสง ได้ผลการทดลอง แสดงในภาพที่ 4.50



ภาพที่ 4.67 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจำนวนครั้งในการอ่านซ้ำ กับปริมาณแสงที่ปล่อยออกมา
หมายเหตุ : การอ่าน หมายถึง การกระตุ้นอะตอมด้วยเทคนิคการให้ความร้อนตั้งแต่ 60 องศาเซลเซียส ถึง 300 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาปริมาณแสงตกค้างในผลึกโพลีและผลึกเชิงเดี่ยวเมื่อทำการฉายรังสีเอกซ์ที่ปริมาณ 1 mGy. จากนั้นทำการอ่านปริมาณแสงซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อทดสอบปริมาณแสงตกค้างพบว่าหลังจากอ่านปริมาณแสงครั้งที่ 2 ปริมาณแสงตกค้างของผลึกโพลีจะมีค่าประมาณ 39 nC และเมื่ออ่านในครั้งที่ 5 จะมีปริมาณแสงตกค้างประมาณ 15 nC อาจเนื่องมาจากสีของผลึกโพลีมีสีขาวขุ่น ดังนั้นเมื่อทำการอ่านปริมาณแสงผลึกจะมีการดูดกลืนแสงไว้บางส่วนผลึก จึงไม่สามารถปล่อยแสงออกมาได้ทั้งหมด ส่วนในผลึกเชิงเดี่ยวที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือซิลิกอนตั้งแต่ 0.00 ถึง 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ หลังจากอ่านปริมาณแสงครั้งที่ 2 พบว่าปริมาณแสงตกค้างของผลึกมีค่าประมาณ 20 nC และเมื่ออ่านในครั้งที่ 5 จะมีปริมาณแสงตกค้างประมาณ 5 nC ซึ่งมีปริมาณแสงตกค้างน้อยมาก เนื่องจากผลึกเชิงเดี่ยวที่ปลูกได้มีสีขาวใส ดังนั้นผลึกจึงไม่มีการดูดกลืนแสงไว้ในตัวเอง ซึ่งนับว่าเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานทางด้านการวัดปริมาณรังสี

ในส่วนผลึกที่แอลดีที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicon (TLD100) นั้น พบว่าหลังจากอ่านปริมาณแสงครั้งที่ 2 ปริมาณแสงตกค้างของผลึกโพลีจะมีค่าประมาณ 10 nC และเมื่ออ่านในครั้งที่ 5 จะมีปริมาณแสงตกค้างประมาณ 5 nC

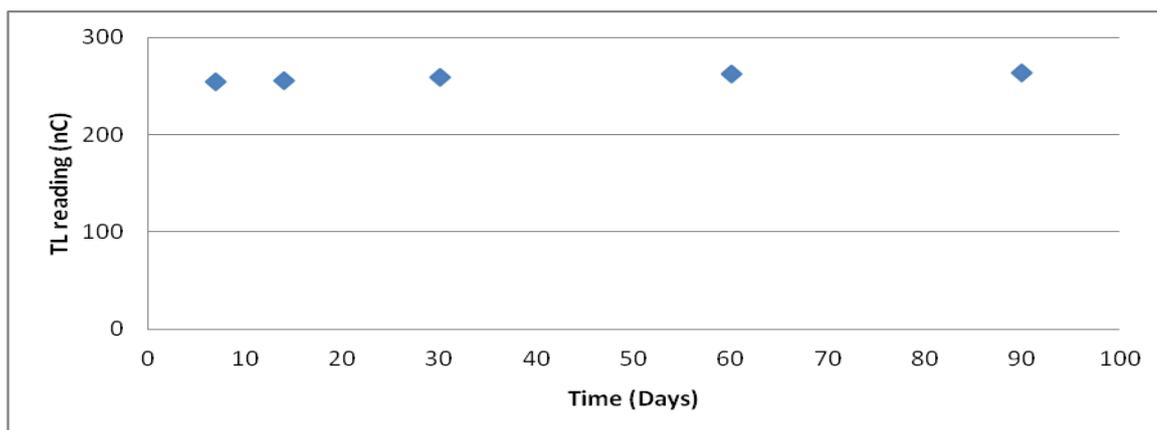
4.5.5 การทดสอบคุณสมบัติการจางหายของสัญญาณแสง (Fading)

ผลการศึกษา การทดสอบคุณสมบัติการจางหายของสัญญาณ (Fading) TLD LiF (Mg:0.2 mol% Cu:0.05 mol% Si:0.9 mol%) โดยการนำ TLD จำนวน 15 เม็ด ไปแอนนิลเพื่อไล่อิเล็กตรอนลงจากกับดักอิเล็กตรอนที่อุณหภูมิ 400 °C เป็นเวลา 1 ชม. จากนั้นนำเม็ด TLD ไปฉายรังสีเอกซ์ที่เทคนิคการฉาย 30 mA 100 kV ปริมาณรังสี Dose 300 mRem แล้วอ่านด้วยเครื่องอ่าน TLD โดยนำออกมาอ่านครั้งละ 3 เม็ด ในวันที่ 7 วันที่ 14 วันที่ 30 วันที่ 60 และวันที่ 90 หลังจากฉายรังสี ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าสัญญาณแสงที่ปล่อยมาจากทีแอลดี หลังจากทิ้งช่วงเวลาการอ่านปริมาณแสง หลังจากฉายรังสีที่เวลาแตกต่างกัน

TLD Chip No	Time(Days)	Reading (nC)	$\bar{X} \pm SD$
B5	7	251.5	254.1 \pm 4.702
D7		259.5	
J6		251.1	
C5	14	255.9	255.1 \pm 1.044
F10		255.3	
G6		253.9	
D10	30	289.9	558.7 \pm 27.83
H3		249.6	
E2		236.5	
E1	60	268.7	262.9 \pm 10.24
F3		251.1	
E6		268.9	
E8	90	268.9	263.0 \pm 10.27
L7		251.1	
A10		268.9	

จากตารางที่ 4.5 นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพที่ 4.68

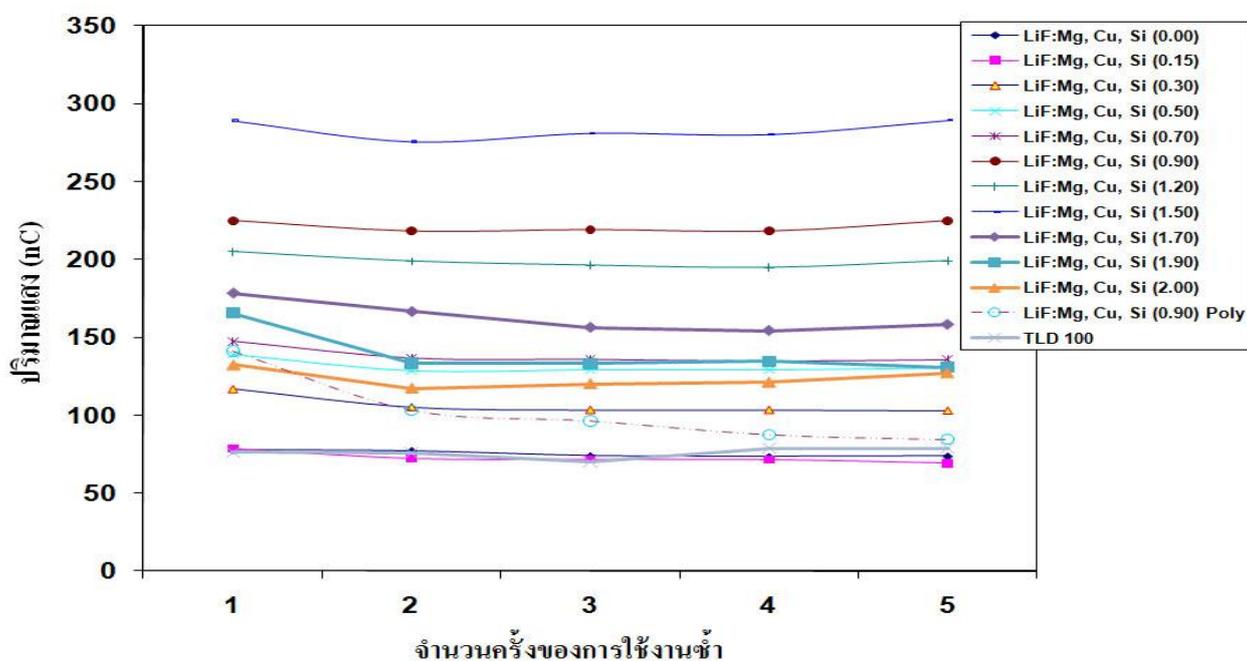


ภาพที่ 4.68 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของสัญญาณแสง (TL Reading ;nC) กับเวลา (Time;Days) เพื่อวิเคราะห์การจางหายไปของสัญญาณแสง (Fading)

จากภาพที่ 4.68 แสดงให้เห็นว่า ในการอ่าน ที่ แอล ดี ด้วยเครื่องอ่าน ที่ แอล ดี หลังจาก การฉายรังสีและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องผลที่ได้ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแสง กล่าวอีกนัย หนึ่งก็คือไม่พบการจางหายไปของสัญญาณแสงนั่นเอง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่ง

4.5.6 การศึกษาการนำกลับมาใช้งานซ้ำของทีแอลดี

จากการทดสอบคุณสมบัติการนำผลึกโพลี ผลึกเชิงเดี่ยว และผลึกทีแอลดีที่ ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) โดยใช้งานซ้ำ ๆ จำนวน 5 ครั้ง หลังจากการฉายรังสีเอกซ์ที่ปริมาณ 1 mGy. จากนั้นทำการอ่านปริมาณแสงที่ได้ผลการทดลอง แสดงในภาพที่ 4.69



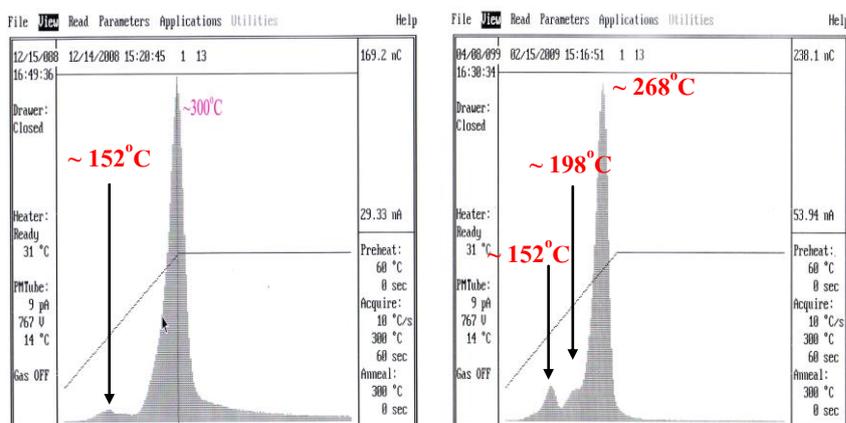
ภาพที่ 4.69 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงกับจำนวนครั้งที่ใช้งานซ้ำของเม็ดผลึก

จากการศึกษาปริมาณแสงที่ได้หลังจากนำผลึกโพลี ผลึกเชิงเดี่ยวและผลึกทีแอลดีที่ผลิต และจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) ไปฉายรังสีเอกซ์ ที่ปริมาณ 1 mGy. จากนั้นอ่านปริมาณแสงที่ได้และทำการนำผลึกมาใช้งานซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อทดสอบปริมาณแสงที่ได้ โดยคิดเทียบกับปริมาณแสงที่ได้จากการใช้งานครั้งที่ 1 พบว่าปริมาณแสงโดยเฉลี่ยที่ได้ในผลึก โพลีจะลดลงประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในผลึกเชิงเดี่ยวที่ปริมาณความเข้มข้นสารเจือซิลิกอน 0.00 และ 0.15 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณแสงโดยเฉลี่ยจะลดลงประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ปริมาณ ความเข้มข้นสารเจือซิลิกอน 0.30, 0.50, 0.70 และ 0.90 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณแสงโดยเฉลี่ย

จะลดลงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และที่ปริมาณความเข้มข้นสารเจือ ซิลิกอน 1.20 ถึง 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณแสงโดยเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องมาจากผลึกมีสีขาวขุ่นทำให้เกิดการดูดกลืนปริมาณแสงไว้บางส่วน

ในส่วนผลึกที่แอลดีที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) นั้น พบว่าปริมาณแสงโดยเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องมาจากผลึกมีสีขาวขุ่นทำให้เกิดการดูดกลืนปริมาณแสงไว้บางส่วน

ลักษณะ โกลว์เคิร์ฟของผลึกโพลีและผลึกเชิงเดี่ยวเมื่อผ่านการใช้งานซ้ำ 5 ครั้ง แสดงในภาพที่ 4.70 ถึง 4.83

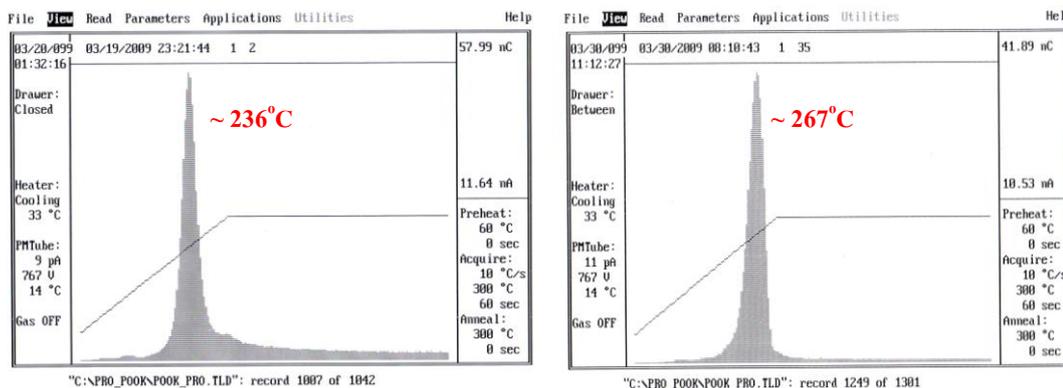


(ก) ก่อนการใช้งานซ้ำ

(ข) หลังการใช้งานซ้ำ

ภาพที่ 4.71 ลักษณะ โกลว์เคิร์ฟของผลึกโพลีชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้น 0.20, 0.05 และ 0.90 โมลเปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังการใช้งานซ้ำ ๆ

จากภาพที่ 4.71 ลักษณะ โกลว์เคิร์ฟของผลึกโพลีหลังจากการใช้งานซ้ำ พบว่ามีพีคเกิดขึ้น 3 พีค คือพีค 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 152 องศาเซลเซียส พีค 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 198 องศาเซลเซียส และพีค 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 268 องศาเซลเซียส

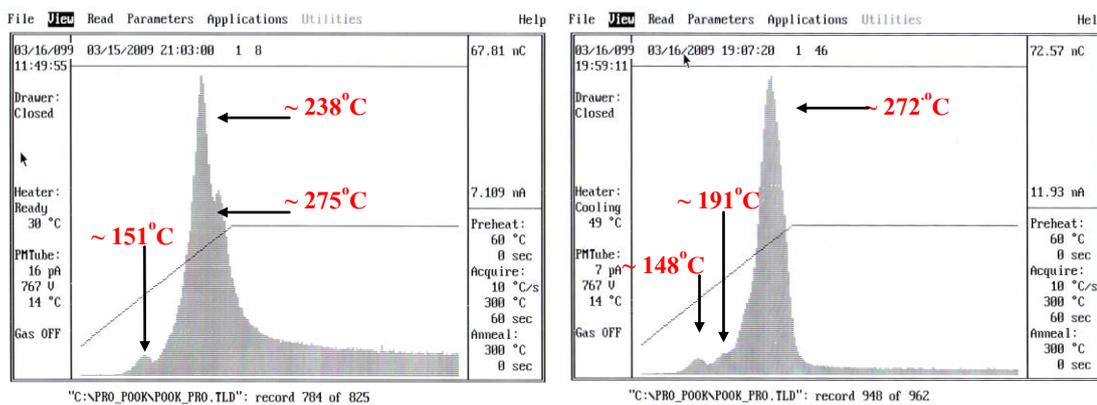


(ก) ก่อนการใช้งานซ้ำ

(ข) หลังการใช้งานซ้ำ

ภาพที่ 4.72 ลักษณะโวลต์เคิร์ฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.00 โมลเปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังผ่านการใช้งานซ้ำ ๆ

จากภาพที่ 4.72 พบว่าก่อนการใช้งานซ้ำมีตำแหน่งพีกหลัก 1 พีกที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 236 องศาเซลเซียส และหลังจากการใช้งานซ้ำ พบว่ามีการเปลี่ยนตำแหน่งของพีกที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 267 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าต่างกันประมาณ 31 องศาเซลเซียส



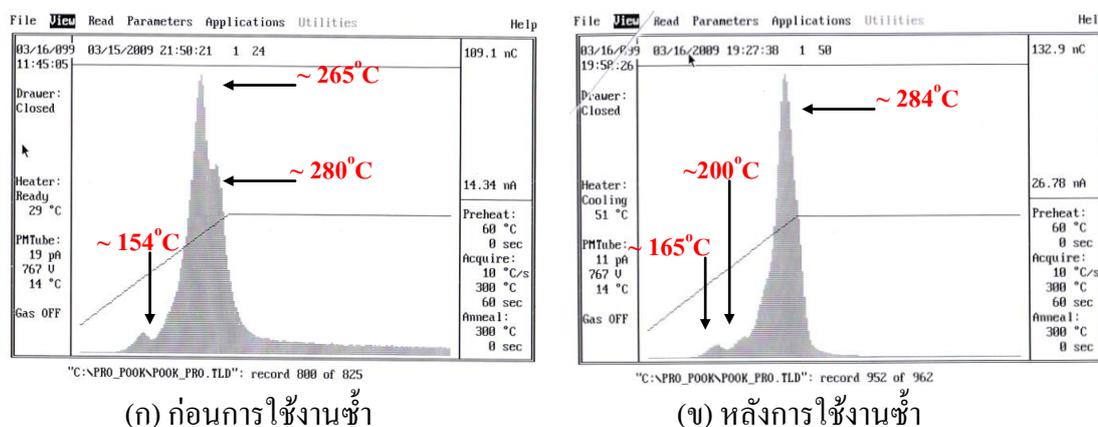
(ก) ก่อนการใช้งานซ้ำ

(ข) หลังการใช้งานซ้ำ

ภาพที่ 4.73 ลักษณะโวลต์เคิร์ฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.15 โมลเปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังผ่านการใช้งานซ้ำ ๆ

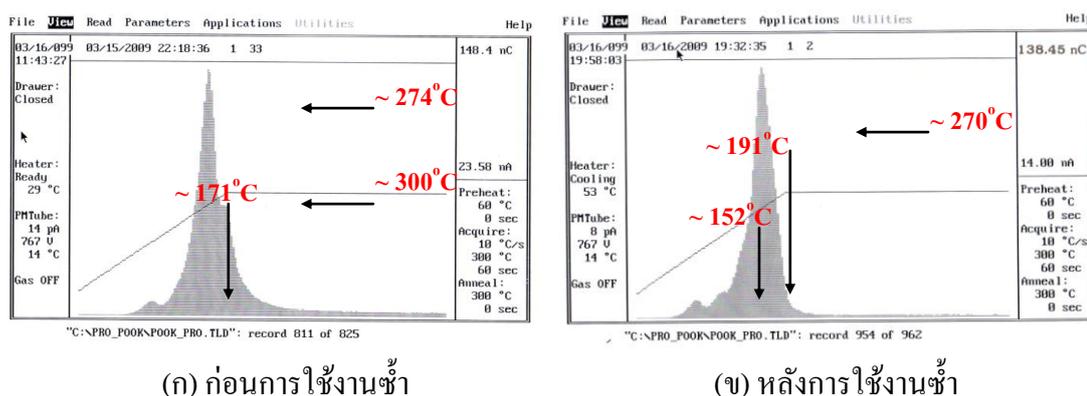
จากภาพที่ 4.73 พบว่าก่อนการใช้งานซ้ำมีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 151 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 238 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 275 องศาเซลเซียส และหลังจากการใช้งานซ้ำ พบว่ามีตำแหน่งพีก 3

พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 148 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 191 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 272 องศาเซลเซียส



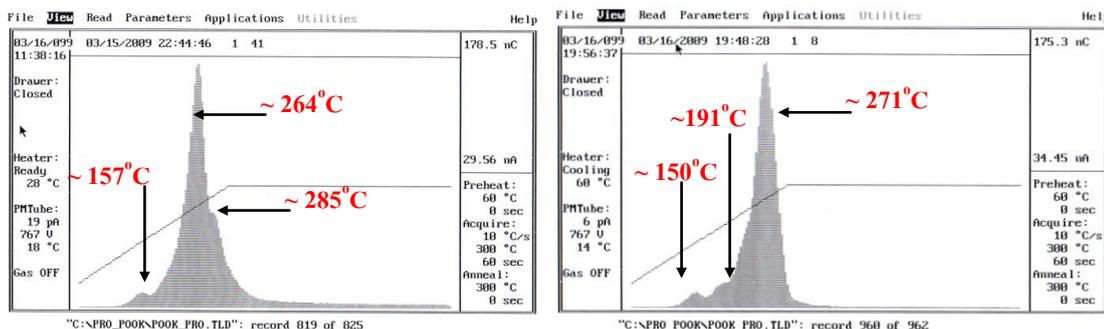
ภาพที่ 4.74 ลักษณะโวลต์เคิร์ฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.30 โมลเปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังผ่านการใช้งานซ้ำ ๆ

จากภาพที่ 4.74 พบว่าก่อนการใช้งานซ้ำมีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 154 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 265 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 280 องศาเซลเซียสและหลังจากการใช้งานซ้ำ พบว่ามีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 165 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 284 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.75 ลักษณะโวลต์เคิร์ฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.50 โมลเปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังผ่านการใช้งานซ้ำ ๆ

จากภาพที่ 4.75 พบว่าก่อนการใช้งานซ้ำมีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 171 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 274 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียสและหลังจากการใช้งานซ้ำ พบว่ามีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 152 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 191 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส

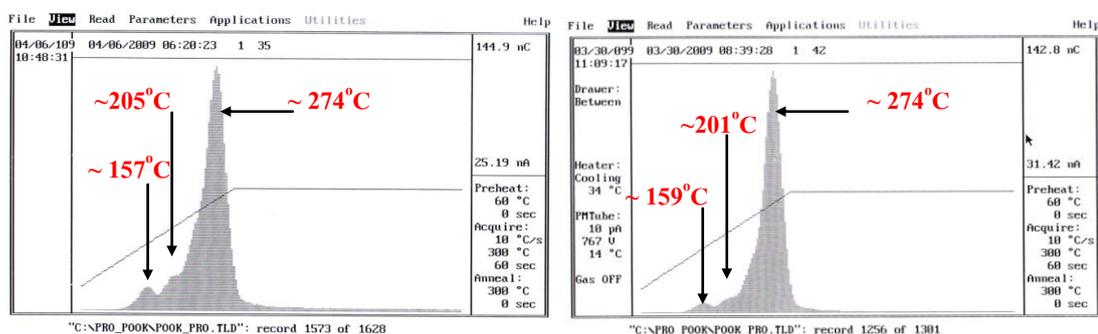


(ก) ก่อนการใช้งานซ้ำ

(ข) หลังการใช้งานซ้ำ

ภาพที่ 4.76 ลักษณะโกลว์เคิร์ฟของผลิตภัณฑ์เชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.70 โมลเปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังผ่านการใช้งานซ้ำ ๆ

จากภาพที่ 4.76 พบว่าก่อนการใช้งานซ้ำมีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 157 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 264 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 285 องศาเซลเซียสและหลังจาก การใช้งานซ้ำ พบว่ามีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 191 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 271 องศาเซลเซียส

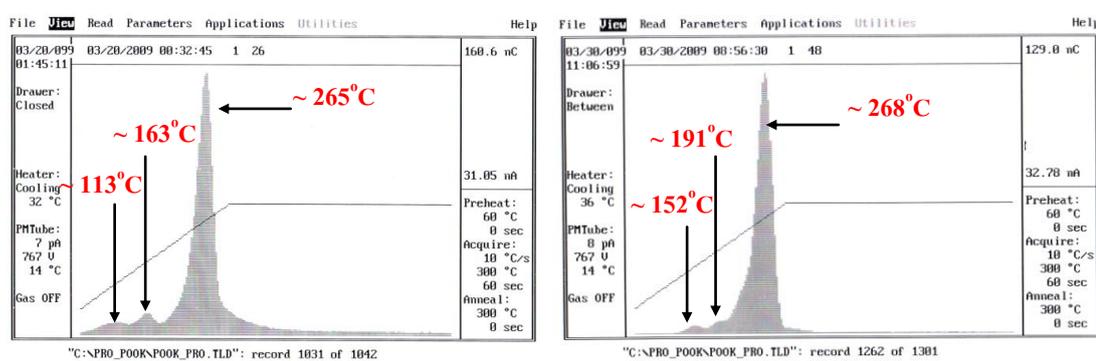


(ก) ก่อนการใช้งานซ้ำ

(ข) หลังการใช้งานซ้ำ

ภาพที่ 4.77 ลักษณะโกลว์เคิร์ฟของผลิตภัณฑ์เชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.90 โมลเปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังผ่านการใช้งานซ้ำ ๆ

จากภาพที่ 4.77 ลักษณะโวลต์จีโอกราฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 0.90 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่า ก่อนการใช้งานซ้ำมีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 157 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 205 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 274 องศาเซลเซียสและหลังจากการใช้งานซ้ำ พบว่ามีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 159 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 201 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 274 องศาเซลเซียส

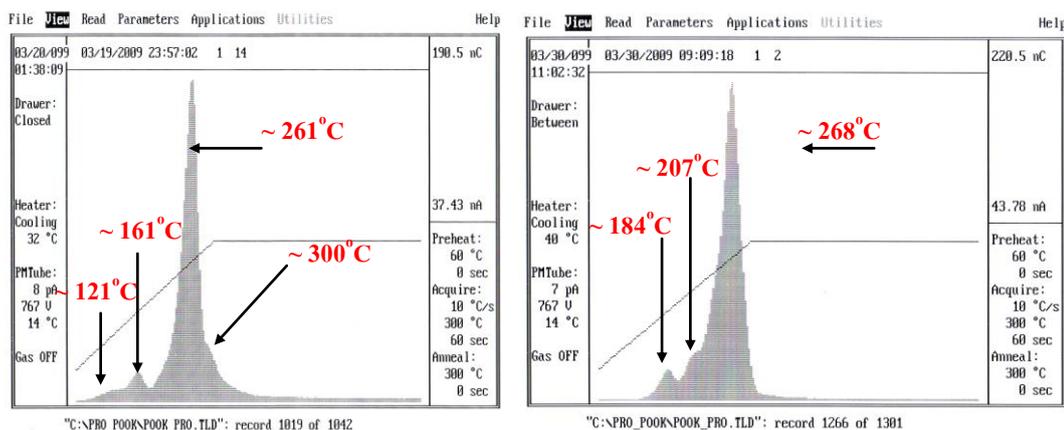


(ก) ก่อนการใช้งานซ้ำ

(ข) หลังการใช้งานซ้ำ

ภาพที่ 4.78 ลักษณะโวลต์จีโอกราฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 1.20 โมลเปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังผ่านการใช้งานซ้ำ ๆ

จากภาพที่ 4.78 พบว่าก่อนการใช้งานซ้ำมีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 113 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 163 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 265 องศาเซลเซียสและหลังจากการใช้งานซ้ำ พบว่ามีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 152 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 191 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 268 องศาเซลเซียส

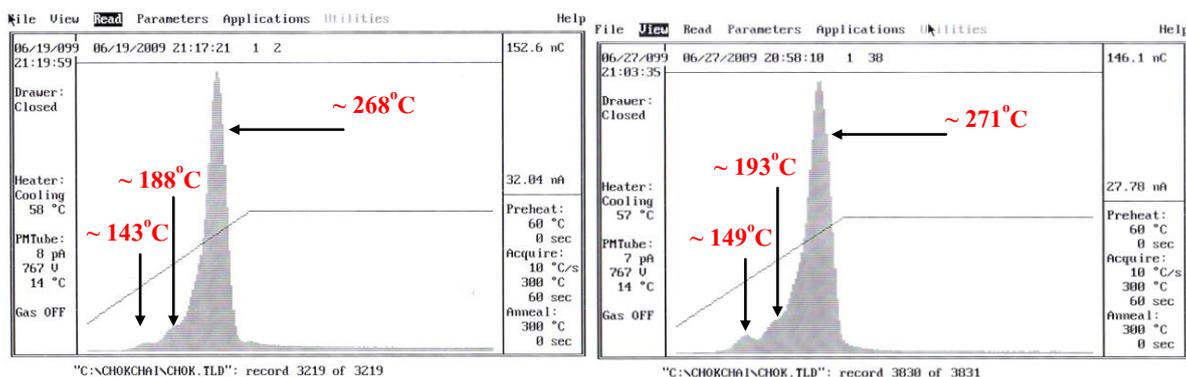


(ก) ก่อนการใช้งานซ้ำ

(ข) หลังการใช้งานซ้ำ

ภาพที่ 4.79 ลักษณะโวลต์เคิร์ฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 1.50 โมลเปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังผ่านการใช้งานซ้ำ ๆ

จากภาพที่ 4.79 ลักษณะโวลต์เคิร์ฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 1.50 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่า ก่อนการใช้งานซ้ำมีตำแหน่งพีก 4 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 121 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 161 องศาเซลเซียส พีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 261 องศาเซลเซียสและพีก 4 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียสและหลังจากการใช้งานซ้ำ พบว่ามีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 184 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 207 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 268 องศาเซลเซียส

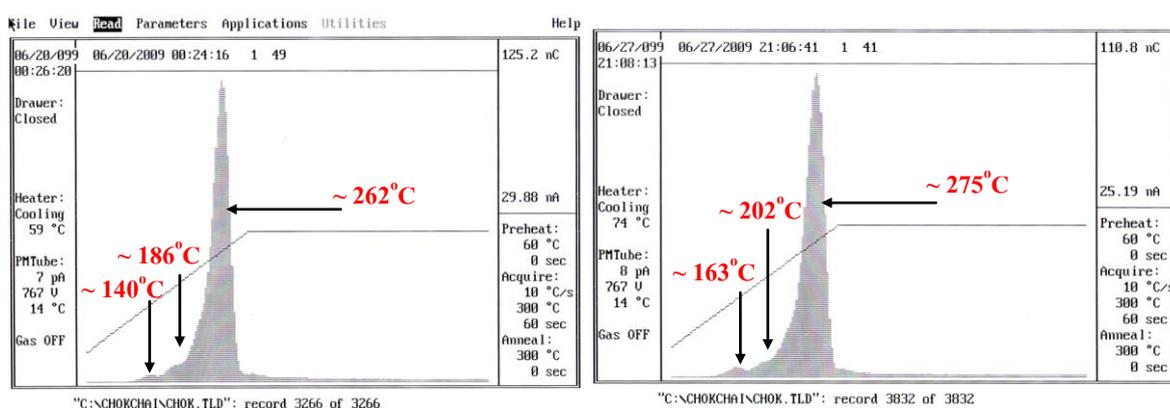


(ก) ก่อนการใช้งานซ้ำ

(ข) หลังการใช้งานซ้ำ

ภาพที่ 4.80 ลักษณะโวลต์เคิร์ฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 1.70 โมลเปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังผ่านการใช้งานซ้ำ ๆ

จากภาพที่ 4.80 ลักษณะโกลว์เคิร์ฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 1.70 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่าก่อนการ ใช้งานซ้ำมีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 143 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 188 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 268 องศาเซลเซียสและหลังจากการ ใช้งานซ้ำ พบว่ามีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 149 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 193 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 271 องศาเซลเซียส

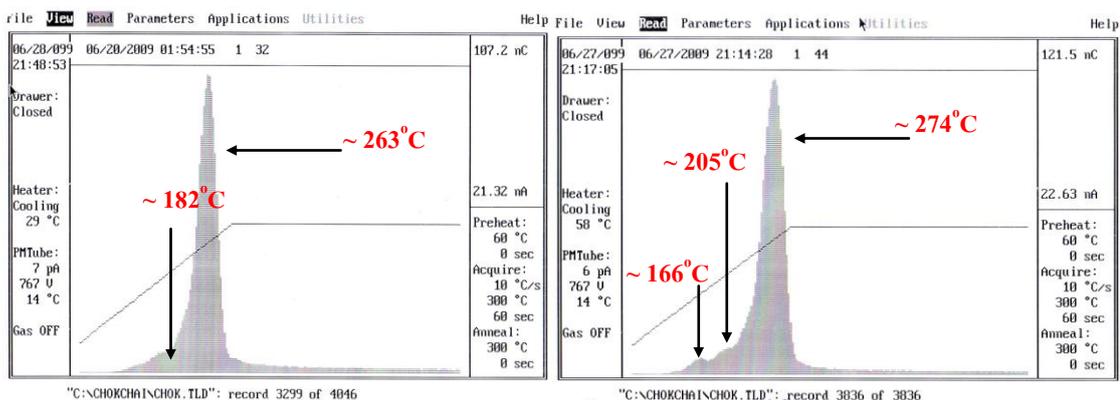


(ก) ก่อนการใช้งานซ้ำ

(ข) หลังการใช้งานซ้ำ

ภาพที่ 4.81 ลักษณะโกลว์เคิร์ฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 1.90 โมลเปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังผ่านการใช้งานซ้ำ ๆ

จากภาพที่ 4.81 ลักษณะโกลว์เคิร์ฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 1.90 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่าก่อนการ ใช้งานซ้ำมีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 140 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 186 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 262 องศาเซลเซียส และหลังจากการ ใช้งานซ้ำ พบว่ามีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 163 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 202 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 275 องศาเซลเซียส

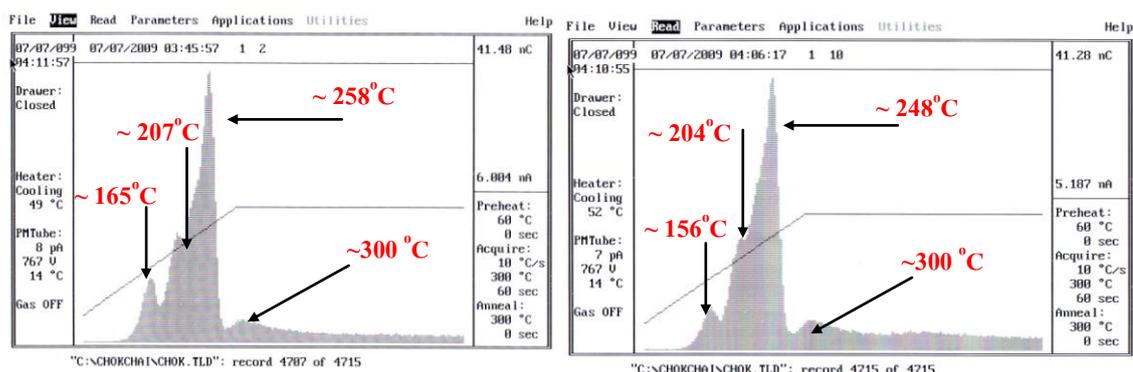


(ก) ก่อนการใช้งานซ้ำ

(ข) หลังการใช้งานซ้ำ

ภาพที่ 4.82 ลักษณะโกลว์เคิร์ฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ ก่อนและหลังผ่านการใช้งานซ้ำ ๆ

จากภาพที่ 4.82 ลักษณะโกลว์เคิร์ฟ ฟของผลึกเชิงเดี่ยวชนิดลิเทียมฟลูออไรด์ : แมกนีเซียม คอปเปอร์ ซิลิกอน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเจือ 0.20, 0.05 และ 2.00 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่าก่อนการใช้งานซ้ำมีตำแหน่งพีก 2 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 182 องศาเซลเซียส และพีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 263 องศาเซลเซียส และหลังจากการใช้งานซ้ำ พบว่ามีตำแหน่งพีก 3 พีก คือ พีก 1 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 166 องศาเซลเซียส พีก 2 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 205 องศาเซลเซียส และพีก 3 ที่ตำแหน่งอุณหภูมิประมาณ 274 องศาเซลเซียส



(ก) ก่อนการใช้งานซ้ำ

(ข) หลังการใช้งานซ้ำ

ภาพที่ 4.83 ลักษณะโกลว์เคิร์ฟของผลึกทีแอลดีที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) ก่อนและหลังผ่านการใช้งานซ้ำ ๆ

จากภาพที่ 4.83 ลักษณะโกลว์เคิร์ฟของผลึกทีแอลดีที่ผลิต และจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ของบริษัท Harshaw – Bicron (TLD100) พบว่าก่อนการใช้งานซ้ำมีตำแหน่งฟิค 4 ฟิค คือ ฟิค 1 ที่ตำแหน่งอนุหภูมิประมาณ 165 องศาเซลเซียส ฟิค 2 ที่ตำแหน่งอนุหภูมิประมาณ 207 องศาเซลเซียส ฟิค 3 ที่ตำแหน่งอนุหภูมิประมาณ 258 องศาเซลเซียส และฟิค 4 ที่ตำแหน่งอนุหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส และหลังจากการใช้งานซ้ำ พบว่ามีตำแหน่งฟิค 4 ฟิค คือ ฟิค 1 ที่ตำแหน่งอนุหภูมิประมาณ 156 องศาเซลเซียส ฟิค 2 ที่ตำแหน่งอนุหภูมิประมาณ 204 องศาเซลเซียส ฟิค 3 ที่ตำแหน่งอนุหภูมิประมาณ 248 องศาเซลเซียส และฟิค 4 ที่ตำแหน่งอนุหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อผ่านการใช้งานซ้ำ ตำแหน่งฟิค 1, 2 และ 3 จะเลื่อนมาที่ตำแหน่งอนุหภูมิต่ำกว่าประมาณ 10 องศาเซลเซียส

4.6 หาค่า effective atomic number และ parameter ต่างๆที่สัมพันธ์กันโดยใช้เทคนิคทางนิวเคลียร์เปรียบเทียบกับการใช้โปรแกรม XCOM

สำหรับหัวข้อนี้ได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก ก ในบทความวิจัยสำหรับการเผยแพร่

4.7 การเปรียบเทียบผลทั้งหมดกับทีแอลดีที่ผลิตในเชิงพาณิชย์จากต่างประเทศ

ผู้วิจัยจึงได้นำทีแอลดีดังกล่าวไปใช้งานจริงในการพัฒนางานวัดปริมาณรังสีของโรงพยาบาลศิริราช ศูนย์มะเร็งอุบลราชธานี และโรงพยาบาลสรรพสิทธิประสงค์ ผลงานวิจัยดังกล่าวดังแสดงในภาคผนวก ข ผลงานวิจัยที่ได้รับเผยแพร่แล้ว รวม 4 เรื่อง