บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการเตรียมผลึกโพลีชนิด ลิเธียมฟลูออไรด์ที่เจือ ด้วย แมกนีเซียม 0.20 โมลเปอร์เซนต์ คอปเปอร์ 0.05 โมลเปอร์เซนต์ และ ซิลิกอน 0.90โมลเปอร์เซนต์ โดยใช้เทคนิคการหลอมที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ง่ ายไม่ซับซ้อนซึ่งเงื่อนไข และตัวแปรต่าง ๆ ได้ศึกษาจากบทความวิจัยของสถาบัน Korea Atomic Energy Research: KAERI เพื่อศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นและใช้เปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ กับผลึกเชิงเดี่ยวปลูกด้วยเทคนิคบริดจ์แมน

จากนั้นได้เตรียมผลึกเชิงเดี่ยวโดยควบคุมตัวแปร ในการเตรียมสารให้เหมือนกับการทำผลึกโพลีทุกประการ โดยใช้สาร ที่เจือ แมกนีเซียม คอปเปอร์ ที่ความเข้มข้นเดียวกับผลึกโพลี และทำการเปลี่ยนปริมาณความเข้มข้น ของสารเจือ ซิลิกอน ตั้งแต่ 0.00 ถึง 2.00โมลเปอร์เซนต์ ทำการปลูกผลึกที่ความดันสุญญากาศ 10^{-4} mbar อัตราการ ดึงผลึก 2 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง เวลาที่ใช้ปลูก 48 ชั่วโมง พบว่าลูกผลึกมีการหลอมทั้งลูกและมีระนาบคืบ (Creep plane) เกิดขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งเมื่อทำการตัดผลึกสามารถตัดผลึกได้ตามระนาบที่เกิดขึ้น

นอกจากนี้ยังได้ ปลูกผลึกเชิงเดี่ยวของลิธียมฟลูออไรด์ โดยใช้ แมกนีเซียม 0.20 โมลเปอร์เซนต์ คอปเปอร์ 0.05 โมลเปอร์เซนต์ ซิลิกอน 0.15โมลเปอร์เซ็นต์ และทำการ เปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมตั้งแต่ 0 -0.5 โมลเปอร์เซนต์

ผลการศึกษาระนาบผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ พบว่าผลึกโพลี ของทีแอลดีที่ได้จะแสดงระนาบของสารหลักลิเธียมฟลูออไรด์ครบทุกระนาบ คือระนาบ(111) (200) (220) (311) (400) (420) และผลึกเชิงเดี่ยวที่ได้ จะแสดงระนาบของสารหลักลิเธียมฟลูออไรด์ ที่มีจำนวนระนาบลดลงเหลือเพียงระนาบ (200) และ(400) แสดงว่าการ ปลูกผลึกแบบบริดจ์แมนสามารถทำให้การจัดเรียงตัวของหน่วยเซลล์ (unit cell) ของลิเธียมฟลูออไรด์มีความเป็นระเบียบมากขึ้น ลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นที่ทุกความเข้มข้นของปริมาณสารที่ใช้ทดลอง

จากการ ทดสอบคุณสมบัติความเป็นเทอร์โมลูมิเนสเซน ต์ในเรื่องความไวในการตอบสนองต่อรังสีนั้นพบว่าที่ปริมาณสารเจือซิลิกอนเท่ากับ 0.9 ถึง 1.5 โมลเปอร์เซ็นต์ ให้ค่าความไวในการตอบ สนองต่อรังสีเอกซ์มากที่สุด โดยมากกว่าผลึกโพลีประมาณ 1.3 เท่า และมากกว่าทีแอลดีที่ผลิตในเชิงพานิชจากต่างประเทศ (TLD 100) ประมาณ 2 เท่า นอกจากนี้ยังพบว่าที่ปริมาณความเข้มข้นซิลิกอน 0.7 โมลเปอร์เซ็นต์ ให้ค่าความไวในการตอบสนองต่อรังสีแกม มาสูงที่สุด โดย

มากกว่าผลึกโพลีประมาณ 1.4 เท่า และมากกว่าทีแอลดีที่ผลิตในเชิงพานิชจากต่างประเทศ (TLD 100) ประมาณ 1.6 เท่า ในการใช้สารเจือ 4 ตัวคือเพิ่มโซเดียมเข้าไปทำให้ทราบว่าสารเจือโซเดียมทำให้ความไวในการตอบสนองต่อรังสีลดลง แต่หาเติมปริมาณน้อยมากคือปร ะมาณ 0.05 โมลเปอร์เซนต์ ความไวในการตอบสนองต่อรังสีจะมากขึ้นแต่ก็ยังน้อยกว่าการใช้สารเจือเพียง 3 ตัวคือ แมกนีเซียม คอปเปอร์ และซิลิกอน เท่านั้น

การศึกษาความลึกของหลุมกับดักด้วยการพิจารณาจากโกลว์เคิร์ฟนั้น พบว่าผลึกโพลีมีตำแหน่งอุณหภูมิของพีคหลักอยู่ที่ อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส ซึ่งมากกว่าผลึกเชิงเดี่ยวที่พบว่ามี พีคหลักอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 265 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นข้อเด่นที่ดีของผลึกเชิงเดี่ยว ทั้งนี้ทีแอลดีที่มีตำแหน่งอุณหภูมิของพีคหลักสูงตั้งแต่ 300 องศาเซลเซียสเป็นต้นไปนั้นขณะกระตุ้นอะตอมด้วยความร้อ นเพื่อไล่อิเล็กตรอนลงจากกับดักอิเล็กตรอนระหว่างอ่านทีแอลดีนั้น จะเป็นจะต้องตั้งเครื่องอ่านให้มีอุณหภูมิสูงซึ่งจะทำให้สัญญาณแสงอินฟาเรด (IR) เข้ามาปนกับสัญญาณแสงที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์เทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ ทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง สาเหตุนี้อาจแก้ได้ด ว้ายการใช้ฟิลเตอร์กรองแสง IR มิให้ผ่านเข้าไป PM Tube แต่การที่ทำทีแอลดี แล้วได้ตำแหน่งอุณหภูมิของพีคหลักอยู่ในช่วง 220-270 องศาเซลเซียส ถือว่าเป็นทีแอลดีที่ดีมาก ด้วยเหตุผลที่ว่าขณะใช้กับงานประจำ ซึ่งต้องอ่านทีแอลดีเป็นจำนวนมาก การตั้งอุณหภูมของเครื่องอ่านสูงก็จะทำให้เสียเวลามาก ทีแอลดีที่มีอุณหภูมิของพีคหลักต่ำเกินไป เช่นที่ประมาณประมาณ 20-100 องศาเซลเซียส จะมีความเสี่งที่อิเล็กตรอนที่ถูกกับดักอยู่ในหลุมกับดักจะหลุดออกมาเองขณะทิ้งไว้ในสิ่งแวดล้อมเนื่องอะตอมถูกกระต้นได้ง่าย ซึ่ งสัญญาณแสงดังกล่าวจะหายไปเรียกว่าเกิดจารจางหายไปของสัญญาณแสง (fading)

ค่าพารามิเตอร์กับดักพลังงานจลน์ของผลึกทีแอลดีที่เตรียม ได้ โดยใช้ เทคนิคการเปลี่ยนแปลงอัตราการให้ความร้อน (Heating Rate Method) และใช้โปรแกรม Computer Glow Curve Deconvolution (CGCD) พบว่าผลึกโพลี มีค่า E เท่ากับ 0.7449 eV และค่า s เท่ากับ 1.481×10^{6} sec^{-1} ผลึกเชิงเดี่ยวที่ปริมาณความเข้มข้นสารเจือซิลิกอน แตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณจะให้ค่าค่าพารามิเตอร์กับดักพลังงานจลน์มากกผลึกโพลี และ 100 ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับค่าความไวในการตอบสนองต่อรังสี

ที่ทุก ๆ ปริมาณสารเจือที่แตกต่างกันพบว่าปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจากผลึกเชิงเดี่ยวมีความสัมพันธ์กับปริมาณรังสีที่ผลึกได้รับในลักษณะกราฟเส้นตรงที่ดีมากโดยดูจากค่า correlation coefficient gmjkdy[0.9 ซึ่งเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการนำไปใช้ทำค่ ามาตรฐานเพื่อแปลงสัญญาณแสงที่ได้จาก Unknown TLD ให้เป็นปริมาณรังสีในขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าปริมาณรังสีด้วยทีแอลดีในงานวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ผลึกเชิงเดี่ยวของลิเธียมฟลูออไรด์ที่ใช้สารเจือ 3 ชนิด คือ แมกนีเซียม คอปเปอร์ และซิลิกอน ที่ความเข้มข้นซิลิกอนที่ให้ค วามไวในการตอบสนองต่อรังสีสูงนั้น เมื่อนำไปฉายรังสีที่ปริมาณรังสีเท่ากันแต่พลังงานของรังสีแตกต่างกัน พบว่าปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจากรังสีที่มีพลังงานน้อยกว่า จะให้แสงมากกว่า ซึ่งสอดคลองกับตำรา ผลงานวิจัยอื่นๆ รวมทั้งค่าที่ระบุอยู่ในรายละเอียดคุณสมบัติของทีแอลดีที่จำหน่ายในเชิงพานิชย์จากต่างประเทศ ซึ่งจะให้ความหมายนี้ในเทอม Energy Response

จากการทดสอบปริมาณแสงที่ยังคงตกค้างอยู่ในหลุมกับดักหลังจากอ่านทีแอลดีแล้ว 1 ครั้ง พบว่าปริมาณแสงตกค้างของผลึกเชิงเดี่ยวจะมีค่าน้อยกว่าผลึกโพลี มาก การที่ผลึกเชิงเดี่ยวมีแสงตกค้างน้อยมากอาจเนื่องมาจากลิเธียมฟลู ออไรด์ที่มี unit cell เรียงตัวอย่างเป็นระเบียบจะมีลักษณะใส แสงที่ปล่อยออกมาจากผลึกทีแอลดีซึ่งมีความยาวคลื่นในช่วง visible light จึงสามารถทะลุผ่านออกมาได้ดีกว่าผลึกโพลี ซึ่งทำให้ทีแอลดีผลึกเชิงเดียวมีประสิทธิภาพดีกว่าทีแอล ดีที่เป็นผลึกโพลี

ไม่พบการจางหายไปของสัญญาณแสงเมื่อปล่อยผลึกเชิงเดี่ยวของทีแอลดีที่ได้รับการฉายรังสีไว้เป็นเวลา 3 เดือน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของทีแอลดี

การนำทีแอลดีไปทดลองใช้งานซ้ำ 5 ครั้งในขั้นตอนการใช้งานแต่ละครั้ง ผลึกจะถูกอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงปร ะมาณ 400 องศาเซียส พบว่า ในภาพรวมไม่พบ คุณสมบัติใดที่เปลี่ยนแปลงไป สรุปได้ว่าการปลูกด้วยเทคนิคบริดจ์แมนนี้ สามารถสร้างกับดักอิเล็กตรอนที่มีความลึกของหลุมกับดักคงที่ และถาวร

จากผลการศึกษาและทดสอบคุณสมบัติความเป็นเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ตามค่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ในIEC (International Electrotechnical Commission) 1066 International Standard “Thermoluminescence dosimetry systems for personal and environmental monitoring”. สามารถสรุปในภาพรวมได้ว่าทีแอลดีที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้เป็นทีแอลดีวัดรังสีชนิดแบบพกพา ชนิดลิเธียมฟลูออไรด์:แมกนีเซียม คอปเปอร์ โซเดียม ซิลิกอน ได้ นอกจากนี้ยังสามารถในไปใช้วัดรังสีในทางการแพทย์ ในงานวินิจฉัย รักษาโรค และงานวัดรังสีในสิ่งแวดล้อม อีกด้วย