

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการพัฒนาระบบวัดเทอร์มิทนีวตรอนฟลักซ์ โดยใช้ท่อนำแสงเคลือบปลายด้วยซินทิลเลเตอร์ที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถวัดเทอร์มิทนีวตรอนฟลักซ์ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว และจัดเก็บข้อมูลโพไฟต์ไว้ในฮาร์ดดิสก์ได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 ระบบกลท่าสำหรับขับเคลื่อนหัววัดเทอร์มิทนีวตรอนฟลักซ์

ความเร็วในการเคลื่อนที่หัววัดในแนวตั้ง - 0.7 มิลลิเมตร ต่อวินาที

พิสัยการเคลื่อนที่ของระบบ - ระยะเคลื่อนที่สูงสุดในแนวตั้ง
70 เซ็นติเมตร

- ระยะเคลื่อนที่สูงสุดในแนวราบ
100 เซ็นติเมตร

เวลาที่ใช้ในการวัดต่อ 1 โพไฟต์ - 10 นาทีต่อ 1 โพไฟต์

5.1.2 จากการทดสอบการตอบสนองของท่อนำแสงที่มีต่อนิวตรอนและรังสีแกมมา พบว่าท่อนำแสงที่ใช้ไม่มีการตอบสนองต่อนิวตรอนและรังสีแกมมา เนื่องจากจำนวนนับรังสีที่วัดได้ที่บริเวณต่าง ๆ รอบ ๆ ดันกำเนิดนิวตรอนมีค่าอยู่ในระดับเดียวกับ Dark Current ดังแสดงในตารางที่ 4.1

5.1.3 จากการทดสอบการตอบสนองของสารซินทิลเลเตอร์ชนิด ZnS(Ag) และ LiF / ZnS(Ag) ที่มีต่อรังสีจากต้นกำเนิดนิวตรอน $^{238}\text{Pu}/\text{Be}$ พบว่า ZnS(Ag) มีการตอบสนองต่อรังสีเอกซ์พลังงานต่ำและ รังสีแกมมาที่เกิดจากต้นกำเนิดนิวตรอนน้อยมากเมื่อเทียบกับ LiF / ZnS(Ag) ดังแสดงในรูปที่ 4.3

5.1.4 ผลจากการเปรียบเทียบความไวต่อเทอร์มิทนีวตรอนของสารซินทิลเลเตอร์ชนิด $\text{LiBO}_2 / \text{ZnS(Ag)}$ กับ LiF / ZnS(Ag) พบว่าสารซินทิลเลเตอร์ชนิด LiF / ZnS(Ag) มีความไวต่อเทอร์มิทนีวตรอนดีกว่าชนิด $\text{LiBO}_2 / \text{ZnS(Ag)}$ ประมาณ 2 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 4.5 เนื่องจาก

LiF / ZnS(Ag) มีความโปร่งแสงมากกว่า LiBO₂ นอกจากนั้นส่วนผสมของ ⁶Li ใน LiF มีมากกว่า LiBO₂ ประมาณ 2 เท่า ^[7] เมื่อพิจารณา พลังงานของรังสีอัลฟาที่ปลดปล่อยออกมาจาก ⁶Li มีค่าเท่ากับ 2.05 MeV ซึ่งมีค่ามากกว่า พลังงานของรังสีอัลฟาที่ปลดปล่อยออกมาจาก ¹⁰B โดยมีค่าเท่ากับ 1.49 MeV ทำให้มี light - yield ดีกว่า ถึงแม้ว่า ¹⁰B จะมีค่าภาคตัดขวางของเทอร์มัลนิวตรอนมากกว่า ⁶Li ถึง 4 เท่าก็ตาม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้สารซินทิลเลเตอร์ชนิด LiF / ZnS(Ag) ในการพัฒนาหัววัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์

5.1.5 จากการทดสอบการตอบสนองของสารซินทิลเลเตอร์ชนิด LiF / ZnS(Ag) ต่อ นิวตรอนเร็ว และอิพิเทอร์มัลนิวตรอน พบว่า สารซินทิลเลเตอร์ที่ใช้มีความไวต่อนิวตรอนเร็วและ อิพิเทอร์มัลนิวตรอนน้อยมาก เมื่อเทียบกับความไวต่อเทอร์มัลนิวตรอน เนื่องจากค่านับรังสีที่วัด ได้มีค่าลดลงมากเมื่อหุ้มแคดเมียม ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และค่าแคดเมียมมร โขที่ได้มีค่าสูงดังแสดง ในตารางที่ 4.4

5.1.6 จากผลการทดสอบเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมของสารซินทิลเลเตอร์ชนิด LiF / ZnS(Ag) ที่ใช้ พบว่าเมื่อเพิ่มความหนาของซินทิลเลเตอร์ จำนวนนับรังสีเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนาช่วงหนึ่ง จากนั้นจะเริ่มลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.9 ซึ่งจะเห็นว่าถ้าเพิ่มความหนาของ สารซินทิลเลเตอร์มากเกินไป จะไปขวางกั้นรังสีอัลฟาและแสงที่เกิดขึ้น ดังนั้นในการเคลือบสาร ซินทิลเลเตอร์ที่ปลายท่อนำแสง โดยใช้เทคนิคการฉีดพ่น เป็นการฉีดพ่นให้มีความหนาเพิ่มขึ้นที ละชั้นจนได้ความหนาที่มีค่านับรังสีมากที่สุด หรือมีค่าใกล้เคียงค่าสูงสุด จากการทดลองจึงเลือก ใช้ความหนาของสารซินทิลเลเตอร์ 1.87 มิลลิเมตรเป็นความหนาที่เหมาะสมสำหรับเคลือบที่ปลาย ของท่อนำแสง เนื่องจากมีค่านับรังสีเฉลี่ยใกล้เคียงกับตำแหน่งที่ให้ค่านับรังสีเฉลี่ยมากที่สุด

5.1.7 จากผลการปรับเทียบระบบวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่พัฒนาขึ้น จะเห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีกับเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์เป็นแบบเชิงเส้น ดังแสดงในรูป ที่ 4.11 และมีความสัมพันธ์ดังแสดงในสมการ

$$\phi_L = 0.5492 X_L - 57.156 ; R^2 = 0.9931$$

เมื่อ ϕ_L = เทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์จากระบบที่พัฒนาขึ้น

X_L = ค่านับรังสีจากระบบที่พัฒนาขึ้น

R^2 = Linear regression coefficient

5.1.8 จากผลการทดสอบการทำงานของระบบวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่พัฒนาขึ้น พบว่า การกระจายของเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์จากต้นกำเนิดนิวตรอน $^{238}\text{Pu} / \text{Be}$ ที่บรรจุในถังน้ำ จะไม่สมมาตร (Symmetry) ดังแสดงในรูปที่ 4.14 อาจมีสาเหตุมาจาก 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 เนื่องจากผลของแคปซูลที่บรรจุต้นกำเนิดนิวตรอน ซึ่งภายในมีโพลีเอทิลีน (Polyethylene) และ สปริงบรรจุอยู่ กรณีที่ 2 เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการกำหนดจุดกึ่งกลางต้นกำเนิดนิวตรอน ของการสแกนวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ (off center) ส่วนค่าเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ได้จากระบบวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าสอดคล้องกับเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่วัดโดยวิธี Foils Activation และผลการทดลองของ IAEA ซึ่งมีความแตกต่างจากสองวิธีดังกล่าวไม่เกิน $\pm 21\%$ และพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากผลการทดลองของ IAEA มากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.15 - 4.17 เนื่องจากการวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดนิวตรอนมาก ๆ จะมีฟลักซ์ต่ำถึงแม้จะใช้เวลาในการอาบรังสีนานเท่าใดก็ตาม ความแรงรังสีที่ได้จะมีค่าสูงสุดเท่ากับแรงรังสีอิ่มตัว (saturation) ดังนั้นการวัดโดยวิธี Foils Activation จะมีความผิดพลาดค่อนข้างมากในบริเวณที่มีฟลักซ์ต่ำ แต่ในวิธีของระบบวัดที่พัฒนาขึ้นนั้น ที่ฟลักซ์ต่ำสามารถตั้งเวลาในการนับรังสีให้มากขึ้นได้ ดังนั้นจึงมีความผิดพลาดน้อย

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระบบวัดเทอร์มัลนิวตรอนฟลักซ์ที่พัฒนาขึ้น ยังมีขีดจำกัดการใช้งานอยู่บ้าง ดังนั้น เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ควรมีการพัฒนาต่อไป ดังนี้

5.2.1 ควรมีการเพิ่มประสิทธิภาพของหัววัดที่พัฒนาขึ้น โดยเพิ่มความเข้มข้นของสารดูดกตินิวตรอน หรือ enriched ^6Li และ ^{10}B ที่ใช้เป็นสารฉันทกเกเตอร์

5.2.2 ควรปรับปรุงในเรื่องการหาตำแหน่งกึ่งกลางของการสแกนให้มีความถูกต้องมากขึ้น

5.2.3 ควรออกแบบระบบสแกนให้สามารถควบคุมการขับเคลื่อนได้อย่างอัตโนมัติ ทั้งในแนวตั้งและแนวระดับโดยการควบคุมของไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สะดวกในการใช้งานได้มากยิ่งขึ้น