บทที่ 8

สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการเตรียมและศึกษาสมบัติของฟิล์มบางซิงค์ออกไซด์แบบโปร่งใสและนำไฟฟ้าและปรับปรุงระบบที่ใช้ในการเตรียม ในส่วนของแท่นวางวัสดุรองรับ งานหลักประกอบด้วยการเตรียมเป้าซิงค์ออกไซด์ การสปัตเตอร์เคลือบฟิล์มเพื่อหาสภาวะการเตรียมที่เหมาะสม จากระบบ รีแอคทีฟ-อาร์เอฟ แมกนิตรอน สปัตเตอริง จากเป้าชนิดอัดร้อน พัฒนาต่อไปเพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น และเตรียมฟิล์มจากเป้าชนิดอัดเปียกแล้วเผาเพื่อที่จะทราบความเป็นไปได้ในการนำเป้าที่เตรียมขึ้นมาใช้งาน

สภาวะการสปัตเตอร์เคลือบฟิล์มที่เหมาะสมของระบบ คือ เตรียมที่ความดันแก๊สอาร์กอนบริสุทธิ์ $8x10^{-3}$ มิลลิบาร์ ความดันในช่วงนี้จะให้สภาพต้านทานไฟฟ้าที่ต่ำ ในช่วงความดันต่ำกว่านี้การทำให้เกิดสภาพโกลวดิสชาร์จจะกระทำได้ยาก หากสูงกว่านี้ก็จะไม่เป็นผลดีกับระบบปั๊ม กำลังไฟฟ้า 75 วัตต์ เนื่องจากระบบที่ใช้เป็นแบบแมกนิตรอนสปัตเตอร์ การสปัตเตอร์ที่กำลังสูงจะเกิดการสะสมความร้อนบริเวณแหล่งกำเนิดการสปัตเตอร์ ซึ่งทำให้แหวนแม่เหล็กภายในแหล่งกำเนิดเสื่อมสภาพได้ ระยะห่างระหว่างแท่นวางวัสดุรองรับกับเป้าอยู่ที่ระยะ 6.5 cm. ที่ระยะต่ำกว่านี้ทำให้แท่นวางวัสดุรองรับติดขอบของแหล่งกำเนิดการสปัตเตอร์ แนววัสดุรองรับทำมุม 90 องศากับเป้า แนวนี้จะให้สภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำที่สุด

ฟิล์มที่เตรียมได้จากเป้าชนิดอัดร้อนมีสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำในช่วง $(9.41\pm0.88)x10^{-4}$ โอห์ม-เซนติเมตร สภาพเคลื่อนที่ได้ของฮอลล์ 15.9±6 cm^2/V^*s ความหนาแน่นพาหะสูง $(4.14\pm0.41)x10^{20}cm^{-3}$ มีโครงสร้างผลึกแบบ hcp สองโครงสร้างซ้อนกัน มีค่าคงที่ผลึก c = 5.216-5.228 Å แกน c ตั้งฉากกับระนาบของวัสดุรองรับ ผิวหน้าของฟิล์มเรียบ ประกอบด้วยผลึกขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน ยึดติดแน่นกับวัสดุรองรับ สัมประสิทธิ์การส่งผ่านแสงสูง 90 เปอร์เซ็นต์ ที่ความยาวคลื่น 400-1000 นาโนเมตร สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงอยู่ในช่วงมากกว่า 10^4 cm^{-1} ค่าแถบว่างพลังงานประมาณ 3.7 อิเล็กตรอนโวลต์ มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นชั้นหน้าต่างของเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง ผลที่ได้จากการเตรียมใกล้เคียงกับรายงานของผู้อื่น [3,4,47,48]

เป้าซิงค์ออกไซด์เจืออลูมินัมออกไซด์เตรียมจากการอัดเปียกแล้วเผาที่อุณหภูมิ 1000-1100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เป้าที่ได้มีการหดตัวตามสัดส่วนโดยมวลของอลูมินัมออกไซด์ ทำให้มีปัญหาในการนำไปใช้งานในระบบที่มีอยู่ซึ่งจำเป็นต้องใช้กับเป้าที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ในขั้นตอนการ

อัดเปียกเป้าควรที่จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 2 นิ้ว เพื่อให้หลังการเผาเป้าหดตัวลงมามีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 นิ้ว ความหนาแน่นของเป้าที่ได้มีความหนาแน่นมากกว่าเป้าที่เตรียมจากวิธีอัดร้อน จึงมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานในระบบ นอกจากนี้เป้าที่ได้ยังมีลักษณะเป็นตัวนำอีกด้วย ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้ได้ทั้งระบบ ดีซี และ อาร์เอฟ สปัตเตอริง หากเปรียบเทียบราคาในการผลิตเป้าแต่ละชิ้น เป้าที่เตรียมจากวิธีอัดเปียกแล้วเผามีราคาถูกกว่าเป้าที่เตรียมด้วยวิธีอัดร้อนมาก ทั้งยังให้สมบัติในการนำไปใช้งานไม่ต่างกันมาก การเตรียมเป้าที่ใช้ในการสปัตเตอร์โดยวิธีนี้ยังไม่มีรายงานมาก่อนโดยทั่วไปเป้าที่ใช้ในการสปัตเตอร์จะเป็นเป้าชนิดอัดร้อน สำหรับในขั้นตอนการเตรียมยังมีปัญหาในเรื่องของ การหดตัวของเป้า การกระจายตัว และการสูญเสียอลูมินัมออกไซด์ในระหว่างขั้นตอนการเตรียม

ฟิล์มที่เตรียมจากเป้าอัดเปียกแล้วเผาที่มีเจืออลูมินัมออกไซด์ 1-5% จะเห็นว่าสมบัติของฟิล์มที่ได้อยู่ในเกณฑ์ดี และที่ 2% มีสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ เมื่อศึกษาเฉพาะ 2% โดยละเอียดพบว่ามีลักษณะเป็นตัวนำอยู่ในระดับ 10^{-4}-10^{-3} โอห์ม-เซนติเมตร มีความหนาแน่นพาหะสูงในระดับ $10^{20}cm^{-3}$ มีโครงสร้างผลึกแบบ hcp สองโครงสร้างซ้อนกัน มีค่าคงที่ผลึก c = 5.216-5.228 Å แกน c ตั้งฉากกับระนาบของวัสดุรองรับ ผิวหน้าของฟิล์มเรียบ ประกอบด้วยผลึกขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน ยึดติดแน่นกับวัสดุรองรับ สัมประสิทธิ์การส่งผ่านแสงสูง 90 เปอร์เซ็นต์ ที่ความยาวคลื่น 400-1000 นาโนเมตร สมบัติของฟิล์มที่เตรียมได้จากเป้าชนิดอัดเปียกแล้วเผาหากเปรียบเทียบกับรายงานของ T. Minami. และคณะ[46] ถือว่าประสบความสำเร็จในระดับที่น่าพอใจ สมบัติทางไฟฟ้าที่ได้อาจแตกต่างกันอันเนื่องมาจากระบบที่ใช้ในการเตรียม แต่ในขั้นตอนการเตรียมจะต้องมีการปรับปรุงขนาดและสมบัติในส่วนที่เป็นเป้า เพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีคุณภาพสูงกว่าที่ได้

การเพิ่มพื้นที่ของฟิล์มจากเป้าชนิดอัดร้อน เพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีพื้นที่กว้างมากขึ้น ฟิล์มที่เตรียมได้มีขนาดสม่ำเสมอเพียง 4 ตารางเซนติเมตรรอบแกนหมุน สภาพต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มในบริเวณดังกล่าวอยู่ในช่วง $(2.09\pm0.42)\times10^{-3}$ โอห์ม-เซนติเมตร มีความหนาแน่นพาหะสูงในระดับ $10^{20}cm^{-3}$ ฟิล์มที่ได้มีลักษณะโปร่งใส สัมประสิทธิ์การส่งผ่านแสงสูง 90 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับที่เตรียมในวัสดุรองรับขนาดเล็ก ในส่วนนี้เป็นเทคนิควิธีการใหม่ในการเตรียมฟิล์มขนาดใหญ่จากแหล่งกำเนิดการสปัตเตอร์ขนาดเล็กซึ่งยังไม่มีรายงานถึงเทคนิควิธีการนี้มาก่อน แต่อาจต้องมีการปรับปรุงในส่วนของรูปแบบของหน้ากาก เพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีความสม่ำเสมอมีขนาดพื้นที่กว้างมากขึ้น ซึ่งจะได้มีการปรับปรุงต่อไป

นอกจากนี้ฟิล์มที่เตรียมโดยการขยายพื้นที่แบบหมุนได้นำไปประยุกต์ใช้ในส่วนของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางที่ให้ผลดีในระดับที่น่าพอใจ