

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองผลิตฟิล์มบางไทเทเนียมไนไตรด์เคลือบผิวสแตนเลสสตีลชนิด 304 และชิ้นงานซิลิกอนเวเฟอร์ เพื่อประยุกต์ใช้เป็นไบโพลารเพลตสำหรับเซลล์เชื้อเพลิง โดยใช้เครื่องด้วยวิธีฟิลเตอร์แคโทดิกอาร์คในสุญญากาศ (filtered cathodic vacuum arc; FCVA) ชนิดไม่ใช้ทริกเกอร์อิเล็กทรอนิกส์ ศูนย์วิจัยฟิสิกส์ของพลาสมาและลำอนุภาค ทำงานในโหมดเป็นห้องไม่ต่อเนื่อง และมีตัวกรองอนุภาคใหญ่แบบ 90 องศา โดยใช้โลหะไทเทเนียมเป็นจุดกำเนิดพลาสมาในบรรยากาศของไนโตรเจน และแปรค่าความดันของก๊าซไนโตรเจนขณะเคลือบผิว

1. สามารถผลิตฟิล์มบางเพื่อเคลือบผิวชิ้นงานสแตนเลสสตีลชนิด 304 และแผ่นซิลิกอนได้ ฟิล์มบางนี้มีลักษณะเป็นสีทองในชิ้นงาน TiN1, TiN2, TiN3, TiN4, TiN5 และเป็นสีน้ำเงินอมม่วงในชิ้นงาน TiN6 ฟิล์มบางที่ได้เป็นสารประกอบไทเทเนียมไนไตรด์ (TiN) ไทเทเนียมออกไซด์ไนไตรด์ (TiON) และไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ผสมกันเป็นเนื้อเดียว ยกเว้นชิ้นงาน TiN6 ที่เป็นสารประกอบไทเทเนียมออกไซด์ไนไตรด์ (TiON) และไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)

การเป็นออกไซด์ของฟิล์มบางเกิดขึ้นทั้งผิวหน้าและในเนื้อของฟิล์มลึกลงไป เกิดจากการปนเปื้อนของออกซิเจนจากบรรยากาศที่หลังออกจากอุโมงค์ทดลอง และในขณะที่ผลิตฟิล์มบางในอุโมงค์ทดลอง ซึ่งเป็นไปได้สองสาเหตุ หนึ่งคือจากอุโมงค์ทดลองที่ไม่ใช่ระบบปิดสมบูรณ์ หรือมีบางรอยต่อที่เกิดการรั่วไหลของอากาศภายนอกเข้าไปภายในอุโมงค์ สองคือเกิดจากปั๊มโครโอเจนิก อันเนื่องมาจากหลักการของปั๊มโครโอเจนิกมาจากหลักการทางความร้อนที่จะดูดก๊าซจากอุโมงค์ทดลองไปควบแน่นไว้ในกระเปาะของปั๊ม ไม่มีการถ่ายเทก๊าซเหล่านั้นออก ก๊าซจึงถูกเก็บไว้ในกระเปาะของปั๊มทั้งหมด จึงมีโอกาสนปนเปื้อนกับฟิล์มได้

2. ผลการตรวจสอบโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดฟิล์มบางมีความเรียบสม่ำเสมอ มีความหนาอยู่ในช่วง 35 – 62 nm เรียงลำดับความหนาของชิ้นงานได้ดังนี้ $\text{TiN4} > \text{TiN3} > \text{TiN2} > \text{TiN5} > \text{TiN1} > \text{TiN6}$

3. ผลการทดสอบความต้านทานไฟฟ้าเชิงสัมผัส (ICR) ระหว่างผิวของตัวอย่างชิ้นงานกับกระดาษคาร์บอน เมื่อเคลือบผิวด้วยฟิล์มไทเทเนียมไนไตรด์แล้วค่า ICR เพิ่มขึ้นเทียบกับ

ชิ้นงานสแตนเลสสตีล 304 ที่ไม่ได้เคลือบ ชิ้นงานที่ 1 ถึง 5 มีค่า ICR ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาโดยเทียบ ICR ที่แรงกด 150 N/cm^2 ระหว่างชิ้นงานทั้งหมดเรียงลำดับได้ดังนี้ $\text{TiN6} > \text{TiN5} > \text{TiN2} > \text{TiN3} > \text{TiN1} > \text{TiN4} > \text{Bare ss}$ สาเหตุที่ชิ้นงาน TiN6 มีค่า ICR สูงและแตกต่างจากชิ้นงานอื่นมาก เพราะว่ามีสารประกอบไทเทเนียมไดออกไซด์สูงกว่าชิ้นงานอื่น ซึ่งไทเทเนียมไดออกไซด์มีค่าสภาพความต้านทานสูงกว่าไทเทเนียมไนไตรด์และโลหะมาก

4. ผลการทดสอบการกัดกร่อนในสารละลายกรดซัลฟิวริกหนึ่งโมลา ($1\text{M H}_2\text{SO}_4$) ที่อุณหภูมิห้อง จากกราฟโพลาริเซชันพบว่า ค่าศักย์กัดกร่อนหรือว่า E_{corr} ของทุกชิ้นงานมีค่าใกล้เคียงกันคือในช่วง -0.384 V ถึง -0.304 V และค่า I_{corr} ของชิ้นงานที่เคลือบผิว TiN1, TiN2, TiN3, TiN4 และ TiN5 ต่ำกว่าชิ้นงานสแตนเลสสตีล 304 ที่ไม่ได้เคลือบ (Bare ss) มีเพียงชิ้นงาน TiN6 ที่ i_{corr} สูงกว่า Bare ss เมื่อเปรียบเทียบช่วงความกว้างของแพลตฟอรม์ ชิ้นงานหนึ่งถึงห้ามีความแตกต่างกันเล็กน้อยคือฟิล์มจะเสถียรอยู่ครู่หนึ่ง ก่อนที่ค่ากระแสจะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งศักย์ประมาณ 0.6 V จะเริ่มเสถียรอีกครั้ง ก่อนที่ฟิล์มจะ “เบรคดาวน์” ผลการกัดกร่อนนี้ยังทำให้สรุปได้ว่าฟิล์มไนไตรด์สามารถต้านทานการกัดกร่อนได้ดีกว่าฟิล์มออกไซด์

เมื่อเปรียบเทียบกระแสกัดกร่อนตามค่าที่ DOE กำหนด ผลการทดลองยังไม่บรรลุเป้าหมายทั้งหมด เพราะที่ศักย์แคโทด 0.6V ชิ้นงานเคลือบผิวทุกชิ้นงานมีค่ากระแสสูงเกินเป้าหมายที่ศักย์แอโนด -0.1 V ชิ้นงาน TiN1, TiN2, TiN3, TiN4 และ TiN5 มีค่ากระแสต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ มีเพียง TiN6 ที่เกินเป้าหมาย ซึ่งถือว่าน่าพอใจ ทั้งนี้ควรปรับปรุงชั้นฟิล์มให้มีความหนาเพิ่มขึ้นจะสามารถต้านทานการกัดกร่อนได้ดีกว่า โดยรวมแล้วชิ้นงานที่เคลือบผิวมีค่าต้านทานการกัดกร่อนดีกว่าแบบไม่เคลือบ ยกเว้นชิ้นงาน TiN6