บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

บทนี้เป็นการอภิปรายและสรุปผลการศึกษาของงานวิจัยประกอบด้วย ผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่อโครงสร้างของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ผลของความหนาต่อโครงสร้างของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ และผลของความหนาต่อสมบัติทางแสงของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

อภิปราย

ผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่อโครงสร้างฟิล์ม

ฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ชุดนี้เคลือบบนแผ่นซิลิกอน ด้วยระบบ รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง โดยกำหนดให้อัตราไหลแก๊สอาร์กอนคงที่เท่ากับ 15 sccm และแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 5 sccm, 10 sccm และ 15 sccm ตามลำดับ ผลการศึกษาโดยสรุปพบว่า เกิดฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ทุกอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน ส่วนนี้เป็นการอภิปรายผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่อโครงสร้างผลึก ขนาดผลึก ค่าคงที่แลตทิซ ความหนา และลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

1. โครงสร้างของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

โครงสร้างผลึกของฟิล์มที่ศึกษา พิจารณาจากรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ที่เคลือบโดยแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ พบว่าฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 5 sccm มีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 33.24°, 37.96° และ 59.39° ซึ่งตรงกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารประกอบอลูมิเนียมไนไตรด์ตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 65-3409 ซึ่งมีโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอล (Hexagonal) ที่ระนาบ (100), (101), และ (110) ตามลำดับ โดยที่ระนาบ (100) ฐานพีคมีลักษณะแคบและมีความเข้มของการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สูงสุด ทั้งนี้เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มเป็น 10 sccm ความเป็นผลึกของฟิล์มลดลง สุดท้ายโครงสร้างเปลี่ยนเป็นแบบอสัณฐาน (Amorphous) เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 15 sccm สอดคล้องกับงานวิจัยของ Moreira et al. (2010) ซึ่งเคลือบฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่างๆ แล้วพบว่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนมีผลต่อโครงสร้างผลึก โดย Khanna and Bhat (2007) และ Clement et al. (2003) อธิบายว่าโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์นอกจากขึ้นกับเงื่อนไขที่ใช้ในการเคลือบแล้วยังขึ้นกับพารามิเตอร์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สำคัญ 3 ประการ คือ (1) ปริมาณแก๊สไนโตรเจนในกระบวนการเคลือบ (2) ระยะห่างระหว่างวัสดุรองรับกับเป้าสารเคลือบ และ (3) พลังงานและปริมาณของสปัตเตอร์ไอออน

จากผลของ XRD พบว่าฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มีโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอล เมื่อนำมาคำนวณหาค่าคงที่แลตทิซพบว่าฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 5 sccm มีค่าคงที่แลตทิซเท่ากับ a = 3.112 Å และ c = 5.103 Å ซึ่งตรงตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 65-3409 ของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ที่มีโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอล (a = 3.110 Å และ c = 5.103 Å) ส่วนฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่ 10 sccm และ 15 sccm ไม่สามารถคำนวณหาค่าคงที่แลตทิซได้เนื่องจากฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์มีโครงสร้างผลึกแบบอสัณฐาน

ส่วนขนาดผลึกซึ่งคำนวณจากสมการของ Seherrer พบว่าฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 5 sccm มีขนาดผลึกเท่ากับ 34 nm ส่วนฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่ 10 sccm และ 15sccm ไม่สามารถคำนวณหาขนาดผลึกได้ เนื่องจากฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์มีโครงสร้างผลึกแบบอสัณฐาน เหตุผลที่เป็นเช่นนี้คือ เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นทำให้ระยะปลอดการชนเฉลี่ย (Mean Free Path) ภายในระบบลดลง ซึ่งส่งผลให้พลังงานของอะตอมของสารเคลือบลดลง เนื่องจากเกิดการชนกันก่อนตกเคลือบ ทำให้พลังงานของอะตอมของสารเคลือบที่มาถึงวัสดุรองรับลดลงจนไม่เพียงพอในการฟอร์มตัวเป็นฟิล์ม

2. ความหนา และลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์ม พิจารณาจากเทคนิค AFM ของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์เคลือบที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ พบว่าเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 5 sccm เป็น 15 sccm ฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนา และความหยาบผิวลดลงจาก 610 nm เป็น 485 nm และ 2.5 nm เป็น 1.1 nm ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Moreira et al. (2010) ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนสูงผิวของฟิล์มที่เคลือบได้มีลักษณะเรียบขึ้น เนื่องจากผิวของฟิล์มมีความหยาบผิวมากจะเกิดเมื่อใช้อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนน้อย เพราะสปัตเตอร์อะตอมชนกันน้อยลง

ส่วนที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 5 sccm ฟิล์มมีค่าความหนาและความหยาบผิวมากที่สุด เนื่องจากเมื่อแก๊สไนโตรเจนในระบบเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอัตราไหลแก๊สนั้น เป็นผลให้อัตราการสปัตเตอร์ของเป้าสารเคลือบลดลงซึ่งส่งผลให้ความหนาฟิล์มลดลงตามไปด้วย ขณะเดียวกันความหยาบผิวของฟิล์มลดลงตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อใช้อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนในกระบวนการเคลือบต่ำจะมีผลทำให้อัตราเคลือบ (Deposition Rate)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

มีค่าสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้สารเคลือบ (AlN) วิ่งชนผิวหน้าวัสดุรองรับ และฟอร์มตัวเป็นชั้นของฟิล์มบางทันที เป็นผลให้ผิวหน้าฟิล์มมีความหยาบผิวสูง (Ra = 2.5 nm) แต่เมื่อใช้อัตราไหลแก๊สในกระบวนการเคลือบสูงขึ้น จะทำให้อัตราเคลือบมีค่าต่ำเป็นผลให้ สารเคลือบ (AlN) ที่เกิดขึ้นเมื่อไปถึงผิวหน้าวัสดุรองรับมีเวลาในการฟอร์มตัวโดยลดพลังงานลงอย่างช้าๆ ส่งผลให้ความหยาบผิวลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Moreira et al. (2010) ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนสูงขึ้นทำให้อัตราเคลือบต่ำลงและมีผลทำให้ฟิล์มมีความหนาลดลงด้วย

จากผลการทดลองในการวิจัยนี้สรุปได้ว่าฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์เคลือบที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 5 sccm มีโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอลที่ระนาบ (100) ที่มีความเป็นผลึกสูงสุด ดังนั้นจึงเลือกฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 5 sccm ไปใช้ในการทดลองต่อไป

ผลของความหนาต่อโครงสร้างฟิล์ม

ฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ชุดนี้เคลือบบนแผ่นซิลิกอน ด้วยระบบ รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง โดยกำหนดให้อัตราส่วนแก๊สอาร์กอนต่อแก๊สไนโตรเจนคงที่เท่ากับ 15 sccm : 5 sccm ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเท่ากับ 10 cm และแปรค่าความหนาจากเวลาเคลือบเท่ากับ 30 min, 60 min, 90 min และ 120 min ตามลำดับ ผลการศึกษาโดยสรุปพบว่าเกิดฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ทุกเวลาเคลือบ ส่วนนี้เป็นการอภิปรายผลของความหนาต่อโครงสร้างผลึก ขนาดผลึก ค่าคงที่แลตทิซ ความหนา และลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

1. โครงสร้างของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

โครงสร้างผลึกของฟิล์ม จากรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ เมื่อใช้เวลาเคลือบต่าง ๆ พบว่าฟิล์มที่เคลือบที่เวลาเท่ากับ 30 min และ 60 min มีโครงสร้างผลึกแบบอสัณฐาน เนื่องจากเมื่อใช้เวลาเคลือบน้อยทำให้มีพลังงานไม่เพียงพอในการฟิล์มไม่ฟอร์มตัวเป็นผลึก ส่วนฟิล์มที่เคลือบที่เวลาเท่ากับ 90 min มีโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอลที่ระนาบ (100) และฟิล์มที่เคลือบที่เวลาเท่ากับ 120 min มีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 33.24°, 37.96° และ 59.39° ซึ่งตรงกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารประกอบอลูมิเนียมไนไตรด์ ตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 65-3409 ที่มีโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอลที่ระนาบ (100), (101), และ (110) ตามลำดับ โดยที่ระนาบ (100) มีความเข้มของการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สูงสุด เนื่องจากเมื่อใช้เวลาเคลือบนานขึ้น ทำให้มีพลังงานมากพอ ทำให้ฟิล์มมีการจัดเรียงตัวเป็นระเบียบมากขึ้นส่งผลให้ฟิล์มมีความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สูง ซึ่งแสดงถึงความเป็นผลึกมากขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee et al. (2002) ที่เคลือบฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เวลาเคลือบต่าง ๆ แล้วพบว่าเมื่อเวลาเคลือบนานขึ้นฟิล์มที่เคลือบได้มีความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สูงขึ้น

จากผลของ XRD พบว่าฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ในงานวิจัยนี้มีโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอล เมื่อนำมาคำนวณหาค่าคงที่แลตทิซ พบว่าฟิล์มบางที่เคลือบโดยแปรค่าความหนา ที่เวลาเท่ากับ 30 min, 60 min และ 90 min ไม่สามารถคำนวณค่าคงที่แลตทิซ ได้เนื่องจากฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์มีโครงสร้างผลึกแบบอสัณฐาน ส่วนฟิล์มบางที่เคลือบที่เวลาเท่ากับ 120 min มีค่าคงที่แลตทิซเท่ากับ a = 3.123 Å และ c = 5.029Å ตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 65-3409 ของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ที่มีโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอล (a = 3.110 Å และ c = 5.103 Å)

ส่วนขนาดผลึกซึ่งคำนวณจากสมการของ Seherrer พบว่าฟิล์มบางที่เคลือบที่เวลาเท่ากับ 30 min, 60 min และ 90 min ไม่สามารถคำนวณขนาดผลึกได้เนื่องจากฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์มีโครงสร้างผลึกแบบอสัณฐาน ส่วนฟิล์มบางที่เคลือบโดยแปรค่าความหนาที่เวลาเท่ากับ 120 min มีขนาดผลึกเท่ากับ 30 nm

2. ความหนา และลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์ม จากเทคนิค AFM ของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบโดยแปรค่าความหนาจากเวลาเคลือบต่าง ๆ พบว่าฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบที่เวลาเท่ากับ 30 min และ 60 min ผิวหน้าของฟิล์มมีลักษณะเรียบ ส่วนที่เวลาเคลือบเท่ากับ 90 min พบว่าเกรนมีลักษณะเป็นเม็ดกลมมนขนาดเล็กๆกระจายอยู่ทั่วพื้นผิวของฟิล์ม และที่เวลาเท่ากับ 120 min พบว่าเกรนมีลักษณะเป็นเม็ดปลายแหลมอยู่ทั่วพื้นผิวของฟิล์ม ส่วนความหนา และความหยาบผิวของฟิล์มพบว่าเมื่อเวลาเคลือบเพิ่มขึ้นจาก 30 min เป็น 120 min ฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนา และความหยาบเพิ่มขึ้นจาก 121 nm เป็น 656 nm และ 0.2 nm เป็น 2.1 nm ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการเกิดฟิล์ม คือเมื่อใช้เวลาในการเคลือบฟิล์มนานขึ้นทำให้อะตอมของสารเคลือบ (AlN) ตกลงบนวัสดุรองรับเพิ่มมากขึ้น ทำให้ฟิล์มมีความหนามากขึ้น และเมื่อใช้เวลาเคลือบนานทำให้วัสดุรองรับมีความร้อนสะสม ส่งผลให้อะตอมมีการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนมากขึ้น ทำให้ฟิล์มที่เคลือบได้มีความหยาบผิวเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee et al. (2002) พบว่าเมื่อเวลาเคลือบเพิ่มขึ้นฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนาเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาผลของความหนาจากเวลาเคลือบต่าง ๆ พบว่าความหนามีผลต่อโครงสร้างและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee et al. (2002) ที่พบว่าโครงสร้างและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มเปลี่ยนตามความหนาที่เพิ่มขึ้นจากเวลาเคลือบต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สมบัติทางแสง และแถบพลังงานของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

ฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ชุดนี้เคลือบบนกระจกสไลด์ ด้วยระบบ รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง โดยกำหนดให้อัตราส่วนแก๊สอาร์กอนต่อแก๊สไนโตรเจนคงที่เท่ากับ 15 sccm : 5 sccm ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเท่ากับ 10 cm และแปรค่าความหนาจากเวลาเคลือบเท่ากับ 30 min, 60 min, 90 min และ 120 min ตามลำดับ โดยกำหนดให้อัตราส่วนแก๊สอาร์กอนต่อแก๊สออกซิเจนคงที่เท่ากับ ผลการศึกษาโดยสรุปพบว่าความหนาจากเวลาเคลือบต่าง ๆ มีผลต่อสมบัติทางแสง และแถบพลังงานของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ส่วนนี้เป็นการอภิปรายผลของความหนาต่อสมบัติทางแสง และแถบพลังงานของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

1. ดัชนีหักเห และสัมประสิทธิ์การดับสูญของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

สมบัติทางแสงของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ศึกษาโดยนำฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบบนกระจกสไลด์ไปวัดค่าการส่งผ่านแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่าฟิล์มที่เคลือบได้ทั้งหมดสามารถส่งผ่านแสงได้ดีในช่วงตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้ (ความยาวคลื่นในช่วง 300 – 2500 nm) โดยมีค่าการส่งผ่านแสงสูงประมาณ 85 % ตลอดความยาวคลื่นที่พิจารณา ทั้งนี้หากพิจารณาสเปคตรัมการส่งผ่านแสงของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้ทั้งหมดพบว่ามีลักษณะคล้ายการกระเพื่อมของคลื่นกล่าวคือมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันตลอดความยาวคลื่นแสงที่พิจารณา เนื่องจากการแทรกสอดของแสงผ่านชั้นของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบบนแผ่นกระจกสไลด์นั้นเอง

สำหรับค่าดัชนีหักเห (n) และสัมประสิทธิ์การดับสูญ (k) หาได้จากวิธี Swanepoel โดยใช้ข้อมูลจากสเปกตรัมการส่งผ่านแสงมาคำนวณ พบว่าที่ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 600 nm ฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบเมื่อใช้เวลาเคลือบเท่ากับ 30 min และ 60 min ซึ่งมีโครงสร้างแบบอสัณฐาน ดัชนีหักเหมีค่าในช่วง 1.85 - 1.88 ส่วนฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบเมื่อใช้เวลาเคลือบเท่ากับ 90 min และ 120 min ซึ่งมีโครงสร้างแบบพหุผลึก (Polycrystalline) ดัชนีหักเหมีค่าในช่วง 1.94 - 1.97 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Meng (1994) ได้อธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโครงสร้างผลึกกับค่าดัชนีหักเหของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ไว้ดังนี้คือ กรณีฟิล์มที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐานดัชนีหักเหมีค่าประมาณ 1.8 - 1.9 ส่วนฟิล์มที่มีโครงสร้างแบบพหุผลึกมีค่าประมาณ 1.9 - 2.1

ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การดับสูญของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์จากการทดลองพบว่ามีค่าลดลงจาก 0.018 เป็น 0.007 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khoshman et al. (2005) ซึ่งพบว่าสัมประสิทธิ์การดับสูญของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์มีค่าในช่วง 0.0002 ถึง 0.0086

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. แถบพลังงานของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

แถบพลังงาน (E_g) ของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ศึกษาโดยนำฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบบนกระจกสไลด์ไปวัดค่าการส่งผ่านแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งคำนวณจาก $\alpha_{(\lambda)} = A\sqrt[p]{h\nu - E_g}/h\nu$ เมื่อ p = 2 (direct optical band gap) (Henri & Jansen, 1991) พบว่าแถบพลังงานของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ในงานวิจัยนี้มีค่าในช่วง 4.19 - 4.24 eV โดยทั่วไปแล้วแถบพลังงานของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรมีค่าประมาณ 6.2 eV (Brunner et al., 1997; Meng, 1994) ซึ่งแถบพลังงานที่ได้มีค่าน้อยกว่า ค่ามาตรฐาน (E_g = 6.2 eV) เนื่องจากฟิล์มที่เคลือบได้มีข้อบกพร่องของโครงสร้าง (Structural Defects) และสิ่งเจือปน (Impurities) ในฟิล์ม (Bauer, Biste, & Bolze, 1977; Tominaga, Imai, & Sueyoshi, 1993; Kim & Kim, 1994; Loughin & French, 1994) แต่จากการทดลองพบว่าแถบพลังงานมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความหนาฟิล์ม โดยที่เวลาเคลือบเท่ากับ 120 min ฟิล์มที่เคลือบได้มีแถบพลังงานเท่ากับ 4.24 eV

สรุปผล

1. ฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบโดยแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 5 sccm มีโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอลที่ระนาบ (100) มีความเป็นผลึกสูงสุด แล้วพบว่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่ใช้ในกระบวนการเคลือบมีผลต่อโครงสร้างของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

2. ฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบโดยแปรค่าความหนา มีโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอล โดยมีความเป็นผลึกสูงขึ้นตามความหนาของฟิล์ม แล้วพบว่าความหนามีผลต่อโครงสร้างของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

4. ดัชนีหักเห (n) และสัมประสิทธิ์การดับสูญ (k) ที่ความยาวคลื่นแสง 600 nm ของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบโดยแปรค่าความหนาจากเวลาเคลือบ 120 นาที มีค่าเท่ากับ 1.97 และ 0.007 ตามลำดับ เมื่อฟิล์มหนาเท่ากับ 502 nm แล้วพบว่าความหนามีผลต่อสมบัติทางแสงของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

5. แถบพลังงาน (E_g) ของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบโดยแปรค่าความหนาจากเวลาเคลือบ 120 min มีแถบพลังงานสูงสุดเท่ากับ 4.24 eV แล้วพบว่าความหนาไม่มีผลต่อแถบพลังงานของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University