บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

บทนี้เป็นการอภิปรายและสรุปผลการศึกษาของงานวิจัยประกอบด้วย ผลของอัตราไหลแก๊สออกซิเจนต่อโครงสร้างของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ ผลของระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับต่อโครงสร้างของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ ผลของความหนาต่อโครงสร้างของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ และผลของความหนาต่อสมบัติทางแสงของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

อภิปราย

ผลของอัตราไหลแก๊สออกซิเจน

ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ชุดนี้เคลือบบนแผ่นซิลิกอน ด้วยระบบ รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง โดยกำหนดให้อัตราไหลแก๊สอาร์กอนคงที่เท่ากับ 1 sccm และแปรค่าอัตราไหลแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 2 sccm, 4 sccm และ 6 sccm ตามลำดับ ผลการศึกษาโดยสรุปพบว่าเกิดฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ทุกอัตราไหลแก๊สออกซิเจน ส่วนนี้เป็นการอภิปรายผลของอัตราไหลแก๊สออกซิเจนต่อโครงสร้างผลึก ขนาดผลึก ค่าคงที่แลตทิซ ความหนา และลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

1. **โครงสร้างของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์**

โครงสร้างผลึกของฟิล์มที่ศึกษา พิจารณาจากรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบโดยแปรค่าอัตราไหลแก๊สออกซิเจนต่าง ๆ พบว่าฟิล์มที่เคลือบได้ทั้งหมดมีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์เหมือนกันทุกเงื่อนไข โดยพบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ที่มุม 24.05°, 28.17°, 34.14°, 35.88°, 40.70°, 45.49° และ 50.09° ซึ่งตรงกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารประกอบเซอร์โคเนียมออกไซด์ตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 78-1807 ที่มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก ระนาบ (011), ($\bar{1}$11), (002), ($\bar{1}$02), ($\bar{2}$11), (211) และ (220) ตามลำดับ โดยที่ ระนาบ ($\bar{1}$11) มีความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สูงสุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yu, Tay, and Shao (2005) ที่พบโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก ระนาบ ($\bar{1}$11) ที่มีความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สูงขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราไหลแก๊สออกซิเจนในช่วง 20 - 50 sccm ในงานวิจัยนี้พบว่า สามารถเคลือบฟิล์มเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่มีความเป็นผลึกได้โดย ไม่จำเป็นต้องให้พลังงานเพิ่ม ซึ่งต่างจากกรณีของ Zhao et al. (2008) ที่พบว่าฟิล์มเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บนแผ่นซิลิกอนมีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก ระนาบ ($\bar{1}11$) ที่มีความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สูงสุด แต่ต้องให้พลังงานขณะเคลือบเพิ่มขึ้นโดยการไบแอส อย่างไรก็ดีงานวิจัยนี้ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราไหลแก๊สออกซิเจน โครงสร้างผลึกของฟิล์มไม่เปลี่ยนตามอัตราไหลแก๊สออกซิเจน เนื่องจากการแปรค่าอัตราไหลแก๊สออกซิเจนในช่วงแคบเกินไป และเป็นความจำกัดของเครื่องที่ไม่สามารถใช้อัตราไหลแก๊สออกซิเจนที่มากกว่า 6 sccm ได้เนื่องจากการทำงานของระบบสุญญากาศ ซึ่งเมื่อความดันสูงเกิน ทำให้ควบคุมความดันรวมขณะเคลือบให้คงที่ตลอดการทดลองไม่ได้ ดังนั้นจึงศึกษาอัตราไหลแก๊สออกซิเจนในช่วง 2 - 6 sccm แล้วพบว่าฟิล์มที่เคลือบได้มีความเป็นผลึกสูง ซึ่งในงานวิจัยของ Yu, Tay, and Shao (2005) ต้องให้อัตราไหลแก๊สออกซิเจนในช่วง 20 - 50 sccm ถึงจะได้ฟิล์มที่เป็นมีความเป็นผลึก

จากผลของ XRD พบว่าฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก เมื่อนำมาคำนวณหาค่าคงที่แลตทิซ (Lattice constants) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันทุกเงื่อนไขการเคลือบ โดยฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 2 sccm พบว่ามีค่าคงที่แลตทิซเท่ากับ a = 5.062 Å, b = 5.192 Å, c = 5.345 Å, β = 100.486° ซึ่งตรงตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 78-1807 ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก (a = 5.150 Å, b = 5.211 Å, c = 5.317 Å, β = 99.23°)

ส่วนขนาดผลึกนั้นคำนวณได้จาก Scherrer equation ซึ่งพบว่าฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบโดยแปรค่าอัตราไหลแก๊สออกซิเจน พบว่าผลึกมีขนาดใกล้เคียงกัน โดยมีค่าในช่วง 20.10 nm ถึง 20.48 nm

2. ความหนา และลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์ม พิจารณาจากเทคนิค AFM ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์เคลือบที่อัตราไหลแก๊สออกซิเจนต่าง ๆ พบว่าความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มของฟิล์มไม่เปลี่ยนไปตามอัตราไหลแก๊สออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น โดยผิวหน้าของฟิล์มมีเกรนลักษณะเป็นแท่งปลายแหลม เล็ก มีขนาดไม่เท่ากันกระจายอยู่ทั่วพื้นผิวของฟิล์มเช่นเดียวกันทุกเงื่อนไข สำหรับความหนา และความหยาบผิวของฟิล์มพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราไหลแก๊สออกซิเจนจาก 2 sccm เป็น 4 sccm (อัตราไหลแก๊สอาร์กอนคงที่เท่ากับ 1 sccm) ฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนา และความหยาบผิวลดลงจาก 458 nm เป็น 328 nm และ 4.4 nm เป็น 3.1 nm ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอัตราไหลแก๊สออกซิเจนเป็น 6 sccm ฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนา และความหยาบผิวเพิ่มขึ้น ต่างกับงานวิจัยของ Choi et al. (2005) ที่พบว่าเมื่ออัตราไหลแก๊สออกซิเจนเพิ่มขึ้นฟิล์มที่เคลือบได้มีพื้นผิวเรียบขึ้น แต่เหมือนกับงานวิจัยของ Yu et al. (2005) ที่พบว่าอัตราไหลแก๊สออกซิเจนเพิ่มขึ้นจาก 10 sccm เป็น 20 sccm ฟิล์มมีความหยาบผิวเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราไหลแก๊สออกซิเจนในช่วง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

20 - 65 sccm ฟิล์มเซอร์โคเนียมออกไซด์มีความหยาบผิวลดลง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าความเรียบของผิวฟิล์มขึ้นกับอนุภาคพลังงานสูงที่ระดมยิง (Bombard) ผิวหน้าของฟิล์ม จากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราไหลแก๊สออกซิเจน ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มไม่เปลี่ยนตามอัตราไหลแก๊สออกซิเจน

จากการศึกษาผลของอัตราไหลแก๊สออกซิเจน พบว่าอัตราไหลแก๊สออกซิเจนไม่มีผลต่อโครงสร้างและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ ดังนั้นจึงเลือกอัตราไหลแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 6 sccm ไปใช้ในการทดลองต่อไป

ผลของระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับ

ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ชุดนี้เคลือบบนแผ่นซิลิกอน ด้วยระบบ รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง โดยกำหนดให้อัตราส่วนแก๊สอาร์กอนต่อแก๊สออกซิเจนคงที่เท่ากับ 1 sccm : 6 sccm และแปรค่าระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเท่ากับ 6 cm, 8 cm, 10 cm 12 cm และ 14 cm ตามลำดับ ผลการศึกษาโดยสรุปพบว่า เกิดฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ทุกระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับ ส่วนนี้เป็นการอภิปรายผลของระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับต่อโครงสร้างผลึก ขนาดผลึก ค่าคงที่แลตทิซ ความหนา และลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

1. โครงสร้างของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

โครงสร้างผลึกของฟิล์ม จากรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบโดยแปรค่าระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับต่าง ๆ พบว่าฟิล์มที่เคลือบได้ทั้งหมดมีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 24.05°, 28.17°, 34.14°, 35.88°, 40.70°, 45.49° และ 50.09° ซึ่งตรงกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารประกอบเซอร์โคเนียมออกไซด์ตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 78-1807 ที่มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก ระนาบ (011), ($\bar{1}$11), (002), ($\bar{1}$02), ($\bar{2}$11), (211) และ (220) ตามลำดับ โดยพบว่าเมื่อใช้ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเพิ่มขึ้น ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก ระนาบ ($\bar{1}$11) มีความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ลดลง ขัดแย้งกับงานวิจัยของ Gao et al. (2000) ที่พบว่าเมื่อระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเพิ่มขึ้น ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบได้ มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก ระนาบ ($\bar{1}$11) ที่มีความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สูงขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากผลของ XRD พบว่าฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก เมื่อนำมาคำนวณหาค่าคงที่แลตทิซ (Lattice constants) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันทุกเงื่อนไขการเคลือบ โดยฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบโดยแปรค่าระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเท่ากับ 6 cm มีค่าคงที่แลตทิซเท่ากับ a = 5.124 Å, b = 5.199 Å, c = 5.348 Å, β = 99.788° ซึ่งตรงตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 78-1807 ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก (a = 5.150 Å, b = 5.211 Å, c = 5.317 Å, β = 99.23°)

ส่วนขนาดผลึกนั้นคำนวณได้จาก Seherrer equation ซึ่งพบว่าฟิล์มบางที่เคลือบโดยแปรค่าระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับ พบว่าผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับลดลง โดยมีค่าในช่วง 17.42 nm ถึง 22.43 nm สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gao et al. (2000) ที่พบว่าผลึกของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์มีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับลดลง และอธิบายว่าเมื่อระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับลดลง ทำให้พลังงานในการสปัตเตอร์อนุภาคเพิ่มขึ้น โดยอนุภาคพลังงานสูงเคลื่อนไปยังพื้นผิว ทำให้ผลึกมีขนาดใหญ่

2. ความหนา และลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์ม จากเทคนิค AFM ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบโดยแปรค่าระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับต่าง ๆ พบว่าที่ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเพิ่มขึ้น ผิวหน้าของฟิล์มมีเกรนลักษณะเป็นแท่งปลายแหลม เล็ก มีขนาดไม่เท่ากันกระจายอยู่ทั่วพื้นผิวของฟิล์ม และเกรนมีขนาดเพิ่มขึ้น เมื่อระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับลดลง สำหรับความหนา และความหยาบผิวของฟิล์มพบว่าเมื่อระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับลดลง ฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนาเพิ่มขึ้นจาก 170 nm เป็น 618 nm ส่วนความหยาบผิวเพิ่มขึ้นจาก 2.1 nm เป็น 4.3 nm แล้วลดลงเป็น 4.0 nm เมื่อระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเท่ากับ 6 cm โดยขัดแย้งกับงานวิจัยของ Gao et al. (2000) ที่พบว่าเมื่อระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเพิ่มขึ้น ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบได้มีความหยาบผิว และขนาดเกรนเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาผลของระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับ พบว่าระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับมีผลต่อโครงสร้างและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ ดังนั้นจึงเลือกระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเท่ากับ 10 cm ไปใช้ในการทดลองต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลของความหนา

ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ชุดนี้เคลือบบนแผ่นซิลิกอน ด้วยระบบ รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง โดยกำหนดให้อัตราส่วนแก๊สอาร์กอนต่อแก๊สออกซิเจนคงที่เท่ากับ 1 sccm : 6 sccm ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเท่ากับ 10 cm และแปรค่าความหนาจากเวลาเคลือบเท่ากับ 60 นาที, 90 นาที, 120 นาที, 150 นาที และ 180 นาที ตามลำดับ ผลการศึกษาโดยสรุปพบว่า เกิดฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ทุกเวลาเคลือบ ส่วนนี้เป็นการอภิปรายผลของความหนาต่อโครงสร้างผลึก ขนาดผลึก ค่าคงที่แลตทิซ ความหนา และลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

1. โครงสร้างของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

โครงสร้างผลึกของฟิล์ม จากรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์เมื่อใช้เวลาเคลือบต่าง ๆ พบว่าฟิล์มที่เคลือบได้ทั้งหมดมีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 24.05°, 28.17°, 34.14°, 35.88°, 40.70°, 45.49° และ 50.09° ซึ่งตรงกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารประกอบเซอร์โคเนียมออกไซด์ตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 78-1807 ที่มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก ระนาบ (011), ($\bar{1}$11), (002), ($\bar{1}$02), ($\bar{2}$11), (211) และ (220) ตามลำดับ โดยที่ระนาบ ($\bar{1}$11) และ (002) มีความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สูงตามความหนาของฟิล์ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lai et al. (2006) ที่พบว่าฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนาเพิ่มขึ้น เนื่องจากวัสดุรองรับมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยอธิบายว่าเมื่อวัสดุรองรับมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้อนุภาคเคลื่อนไปยังพื้นผิวของฟิล์มมากขึ้นทำให้เกิดการตกผลึกดีขึ้น และเมื่อฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้นความน่าจะเป็นของการตกผลึกเพิ่มขึ้น

จากผลของ XRD พบว่าฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก เมื่อนำมาคำนวณหาค่าคงที่แลตทิซ (Lattice constants) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันทุกเงื่อนไขการเคลือบ โดยฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบโดยแปรค่าความหนาจากเวลาเคลือบเท่ากับ 60 นาที มีค่าคงที่แลตทิซเท่ากับ a = 5.168 Å, b = 5.150 Å, c = 5.366 Å, β = 99.962° ซึ่งตรงตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 78-1807 ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก (a = 5.150 Å, b = 5.211 Å, c = 5.317 Å, β = 99.23°)

ส่วนขนาดผลึกนั้นคำนวณได้จาก Seherrer equation ซึ่งพบว่าฟิล์มบางที่เคลือบโดยแปรค่าความหนา พบว่าผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้นตามความหนาของฟิล์ม โดยมีค่าในช่วง 17.81 nm ถึง 20.09 nm สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhao et al. (2008) ที่พบว่าผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้นตามความหนาของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. ความหนา และลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์ม จากเทคนิค AFM ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบ โดยแปรค่าความหนาจากเวลาเคลือบต่าง ๆ พบว่าที่ผิวหน้าของฟิล์มเกรนมีลักษณะเป็นแท่งปลายแหลม เล็ก มีขนาดไม่เท่ากันกระจายอยู่ทั่วพื้นผิวของฟิล์ม และเมื่อใช้เวลาในการเคลือบนานขึ้นฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนาเพิ่มขึ้นจาก 155 nm เป็น 502 nm ส่วนความหยาบผิวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 3.1 nm เป็น 3.6 nm สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lai et al. (2006) พบว่าความหยาบผิวเพิ่มขึ้นตามความหนาของฟิล์ม และอธิบายว่าเมื่อวัสดุรองรับมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้อนุภาคเคลื่อนไปยังพื้นผิวของฟิล์มซึ่งทำให้เกิดการตกผลึกดีขึ้น และเป็นไปตามทฤษฎีการเกิดฟิล์ม คือเมื่อใช้เวลาในการเคลือบนานขึ้นทำให้อะตอมของสารเคลือบตกลงบนวัสดุรองรับเพิ่มมากขึ้นทำให้ฟิล์มความมากขึ้น

จากการศึกษาผลของความหนาจากเวลาเคลือบต่าง ๆ พบว่าความหนามีผลต่อโครงสร้างและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Elsholz, Scho, and Rosenfeld (2004) ที่พบว่าโครงสร้างและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มเปลี่ยนตามความหนาที่เพิ่มขึ้น

สมบัติทางแสง และแถบพลังงานของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ชุดนี้เคลือบบนกระจกสไลด์ ด้วยระบบ รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง โดยกำหนดให้อัตราส่วนแก๊สอาร์กอนต่อแก๊สออกซิเจนคงที่เท่ากับ 1 sccm : 6 sccm ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเท่ากับ 10 cm และแปรค่าความหนาจากเวลาเคลือบเท่ากับ 60 นาที, 90 นาที, 120 นาที, 150 นาที และ 180 นาที ตามลำดับ ผลการศึกษาโดยสรุปพบว่า ความหนาจากเวลาเคลือบต่าง ๆ มีผลต่อสมบัติทางแสง และแถบพลังงานของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ ส่วนนี้เป็นการอภิปรายผลของความหนาต่อสมบัติทางแสง และแถบพลังงานของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1. ดัชนีหักเห และสัมประสิทธิ์การดับสูญของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

สมบัติทางแสงของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ศึกษาโดยนำฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบบนกระจกสไลด์ไปวัดค่าการส่งผ่านแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่าฟิล์มที่เคลือบได้มีค่าการส่งผ่านแสงสูงทั้งในช่วงตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้ สำหรับดัชนีหักเห (n) ที่ความยาวคลื่นแสง 550 nm ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบ โดยแปรค่าเวลาเคลือบในช่วง 60 นาที ถึง 120 นาที ดัชนีหักเหมีค่าลดลงจาก 2.03 เป็น 1.97 และเมื่อเพิ่มเวลาเคลือบเป็น 150 นาที และ 180 นาที ดัชนีหักเหมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2.03 และ 2.06 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lai et al. (2006) ที่พบว่าดัชนีหักเหเพิ่มขึ้น เมื่อความหนาฟิล์มอยู่ในช่วง 550 nm ถึง 1630 nm และลดลง เมื่อความหนาฟิล์มอยู่ในช่วง 2010 nm ถึง 2900 nm สอดคล้องกับงานวิจัยของ Swarnalatha, Stewart, Guenther, and Carniglia (1992) ที่พบว่าดัชนีหักเหของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์มีค่าเท่ากับ 2.02 และ 1.92 ที่ความยาวคลื่น 350 nm และ 633 nm ตามลำดับ โดยมีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก ระนาบ ($\bar{1}11$) ที่มีความเป็นผลึกสูง

สัมประสิทธิ์การดับสูญ (k) ที่ความยาวคลื่นแสง 550 nm ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบ โดยแปรค่าเวลาเคลือบเท่ากับ 60 นาที และ 90 นาที มีค่าเท่ากับ 0.0003, 0.0013 แล้วลดลงเป็น 0.0006 และ 0.0005 ตามลำดับ และเมื่อใช้เวลาเคลือบเท่ากับ 180 นาที สัมประสิทธิ์การดับสูญ มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.0009 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Swarnalatha, Stewart, Guenther, and Carniglia (1992) ที่พบว่าสัมประสิทธิ์การดับสูญของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์มีค่าเท่ากับ 0.0008 และ < 0.0003 ที่ความยาวคลื่น 350 nm และ 633 nm ตามลำดับ โดยมีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก ระนาบ ($\bar{1}11$) ที่มีความเป็นผลึกสูง

2. แถบพลังงานของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

แถบพลังงาน (E_g) ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ศึกษาโดยนำฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบบนกระจกสไลด์ไปวัดค่าการส่งผ่านแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งคำนวณได้จาก $\alpha_{(\lambda)} = A\sqrt[p]{h\nu - E_g} / h\nu$ เมื่อ $p = 2$ (direct optical band gap) โดยแถบพลังงานของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบโดยแปรค่าความหนา พบว่าแถบพลังงานเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งมีค่าในช่วง 4.16 - 4.18 eV สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bendoraitis and Salomon (1965) พบแถบพลังงานของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ในช่วง 3.25 - 5.1 eV

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สรุปผล

1. ฟิล์มเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบโดยแปรค่าอัตราไหลแก๊สออกซิเจน มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิกทุกเงื่อนไขการเคลือบ โดยพบว่าอัตราไหลแก๊สออกซิเจนที่ใช้ในกระบวนการเคลือบไม่มีผลต่อโครงสร้างของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

2. ฟิล์มเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบโดยแปรค่าระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับ พบว่าเมื่อใช้ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเพิ่มขึ้น ฟิล์มที่เคลือบได้มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก ระนาบ ($\bar{1}11$) มีความเป็นผลึกลดลง โดยพบว่าระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับมีผลต่อโครงสร้างของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

3. ฟิล์มเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบโดยแปรค่าความหนา มีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก โดยที่ระนาบ ($\bar{1}11$) และ (002) มีความเป็นผลึกสูงขึ้นตามความหนาของฟิล์ม โดยพบว่าความหนามีผลต่อโครงสร้างของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

4. ดัชนีหักเห (n) และสัมประสิทธิ์การดับสูญ (k) ที่ความยาวคลื่นแสง 550 nm ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบโดยแปรค่าความหนา มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.06 และ 0.0009 ตามลำดับ เมื่อฟิล์มหนาเท่ากับ 502 nm โดยพบว่าความหนามีผลต่อสมบัติทางแสงของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

5. แถบพลังงาน (E_g) ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบโดยแปรค่าความหนามีแถบพลังงานสูงสุดเท่ากับ 4.18 eV เมื่อฟิล์มหนาเท่ากับ 502 nm โดยพบว่าความหนาไม่มีผลต่อแถบพลังงานของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University