บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

บทนี้เป็นการอภิปรายและสรุปผลจากข้อมูลการวิจัยในบทที่ 4 ประกอบด้วย ผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนและเวลาเคลือบ ต่อลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

อภิปรายผล

ผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน

ฟิล์มบางเซอร์เนียมไนไตรด์เคลือบบนสเตนเลสและซิลิกอน โดยแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนในกระบวนการเคลือบตั้งแต่ 0.5 sccm – 3.0 sccm โดยสรุปพบว่า สีของฟิล์มเปลี่ยนตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนจาก สีน้ำตาลอ่อน เหลือทอง ทอง น้ำตาลเข้ม ม่วง และเขียว ตามลำดับ โดยโครงสร้างและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มที่เคลือบได้เปลี่ยนตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน ดังนี้

1. โครงสร้างผลึกของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์

โครงสร้างผลึกของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้เมื่อใช้อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 33.83^{o}, 39.10^{o}, 56.24^{o} และ 67.52^{o} ตรงกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารประกอบเซอร์โคเนียมไนไตรด์ ตามฐานข้อมูล JCPDS เลขที่ 78-1420 ซึ่งมีโครงสร้างผลึกแบบเฟซเซนเตอร์คิวบิค (FCC) ที่ระนาบ (111), (200), (220) และ (311) ทุกเงื่อนไขการเคลือบ ยกเว้นที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 3.0 sccm ที่พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์เฉพาะที่มุม 39.10^{o} ซึ่งตรงกับเซอร์โคเนียมไนไตรด์ระนาบ (111)

โดยฟิล์มบางที่เคลือบได้เมื่อใช้อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 1.5 sccm พบว่ามีสีทอง และความเข้มของรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่ระนาบ (200) มีค่าสูงสุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lamni et al. (2004) และ Benia et al. (2004) ซึ่งพบว่าฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์แบบ stoichiometric จะมีสีทองและความเข้มของรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ระนาบ (200) จากผล XRD มีความเข้มสูงสุด แสดงให้เห็นว่าระนาบ (200) ให้ฟิล์มที่มีสีทอง

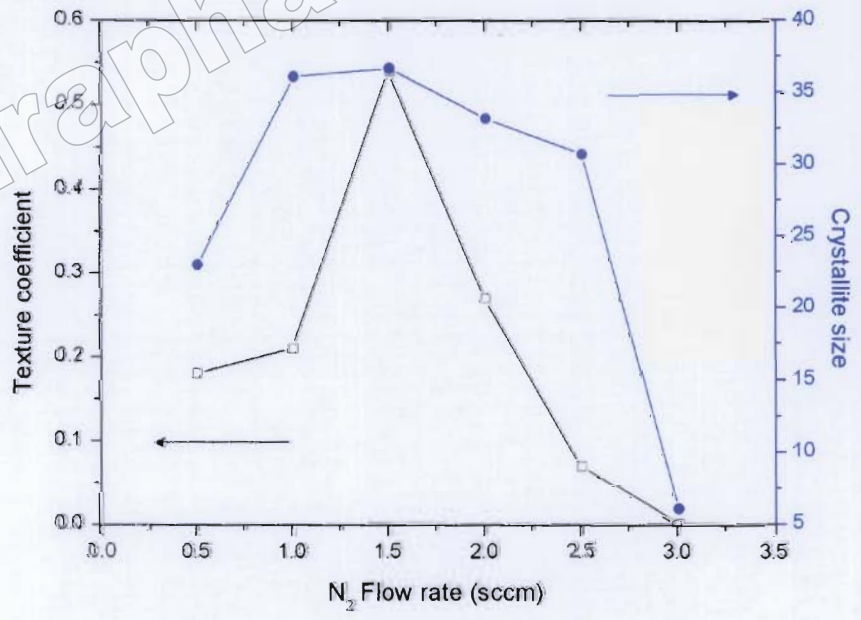
ทั้งนี้หากพิจารณาค่า Texture coefficient ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้ พบว่าฟิล์มชุดที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 1.5 sccm นั้น ให้ฟิล์มที่มีสีทอง และให้ค่า Texture coefficient ระนาบ (200) สูงสุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu et al. (2003) ซึ่งพบว่าฟิล์มเซอร์โคเนียมไนไตรด์แบบ stoichiometric ให้ค่า Texture coefficient ระนาบ (200) สูงสุด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มบางที่เคลือบได้ แปรค่าตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน มีค่าอยู่ในช่วง 4.580 Å – 4.902 Å ใกล้เคียงค่ามาตราฐานตามฐานข้อมูล JCPDS เลขที่ 78-1420 ของสารประกอบเซอร์โคเนียมไนไตรด์ ที่มีค่าคงที่แลตทิซเท่ากับ 4.585 Å

ขนาดผลึกของฟิล์ม จากสมการของ Seherrer พบว่า ที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 0.5 sccm ฟิล์มสีน้ำตาลอ่อน ผลึกมีขนาดเท่ากับ 23 nm เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็น 1.0 sccm และ 1.5 sccm ฟิล์มมีสีเหลืองทองและทองตามลำดับ ผลึกมีขนาดเพิ่มเป็น 36 nm และ 36 nm ตามลำดับ เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มเป็น 2.0 sccm และ 2.5 sccm ฟิล์มที่ได้มี สีน้ำตาลเข้มและม่วง ขนาดผลึกมีค่าเท่ากับ 33 nm และ 30 nm สุดท้ายที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 3.0 sccm ผลึกมีขนาดเท่ากับ 6 nm ฟิล์มที่ได้มี สีเขียว

ภาพที่ 5-1 แสดงความสัมพันธ์ของสีของฟิล์มที่เคลือบได้กับค่า Texture coefficient ระนาบ (200) และขนาดผลึกที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ ทั้งนี้เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นสีของฟิล์มเปลี่ยนไปสอดคล้องกับค่า Texture coefficient ระนาบ (200) และขนาดผลึก โดยมีค่าเพิ่มขึ้น (ในช่วง 0.5 sccm - 1.5 sccm) และลดลง (ในช่วง 1.5 sccm - 3.0 sccm) โดย ค่า Texture coefficient ระนาบ (200) และขนาดผลึก มีค่าสูงสุดที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 1.5 sccm ซึ่งให้ฟิล์มที่มีสีทอง ดังนั้นในงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าสีของฟิล์มที่เคลือบได้สัมพันธ์กับ ค่า Texture coefficient ระนาบ (200) และขนาดผลึก



ภาพที่ 5-1 Texture coefficient ระนาบ (200) และขนาดผลึกของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์

ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ พบว่าที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 0.5 sccm สารเคลือบที่ฟอร์มตัวเป็นฟิล์มบนผิวหน้าของวัสดุรองรับในลักษณะแหลมสูงคล้ายภูเขากระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ขณะที่เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 1.0 sccm สารเคลือบมีการรวมตัวกันเป็นกลุ่มแหลมสูงกระจายทั่วผิวหน้าของฟิล์มทำให้พื้นผิวฟิล์มมีลักษณะคล้ายภูเขา (แหลมสูง) และหุบเขา (ร่องลึก) เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็นฟิล์ม 1.5 sccm พบว่าสารเคลือบจับตัวเป็นกลุ่มก้อนมีลักษณะกลมมน ขณะที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็น 2.0 sccm – 3.0 sccm ลักษณะพื้นผิวฟิล์มเรียบขึ้นตามลำดับ

สำหรับความหนาของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้ พบว่าเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่อปริมาณแก๊สไนโตรเจนในห้องเคลือบเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอัตราไหลแก๊สนั้น ทำให้อัตราการสปัตเตอร์ของเป้าสารเคลือบ (Zr) ลดลง เนื่องจากปริมาณอะตอมไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนนั้น ทำให้เกิดการฟอร์มตัวเป็นชั้นบาง ๆ ของเซอร์โคเนียมไนไตรด์ ที่หน้าเป้าสารเคลือบ (Zr) เรียกว่าเกิด “poisoning” เป็นผลให้อัตราการสปัตเตอร์เป้าสารเคลือบมีค่าลดลง ส่งผลให้ความหนาฟิล์มลดลงตามไปด้วย โดยความหนาฟิล์มลดลงจาก 326 nm เป็น 173 nm

ส่วนความหยาบผิวของฟิล์มของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้ พบว่ามีค่าลดลงตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่ำนั้น อัตราการสปัตเตอร์เป้าสารเคลือบ (Zr) ออกมาเป็นอะตอมของเซอร์โคเนียมมีค่าสูง จึงมีโอกาสทำปฏิกิริยากับอะตอมไนโตรเจนแล้วฟอร์มตัวเป็นเซอร์โคเนียมไนไตรด์ (ZrN) สูงด้วย ทำให้สารเคลือบที่เกิดขึ้น (ZrN) วิ่งชนผิวหน้าวัสดุรองรับและฟอร์มตัวเป็นชั้นของฟิล์มบางทันทีส่งผลให้ผิวหน้าฟิล์มมีความหยาบผิวสูง (ประมาณ 0.80 nm) แต่เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นอัตราสปัตเตอร์เป้าสารเคลือบ (Zr) กลับมีค่าต่ำลง เนื่องจากเกิด “poisoning” ที่หน้าเป้าสารเคลือบทำให้จำนวนอะตอมของเซอร์โคเนียมที่หลุดออกมาทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนแล้วฟอร์มตัวเป็นสารเคลือบ (ZrN) มีจำนวนลดลง ความหยาบผิวจึงมีค่าลดลง โดยความหยาบผิวเฉลี่ยมีขนาดลดลงจาก 0.80 nm เป็น 0.34 nm ยกเว้นที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 1.0 sccm พบว่าฟิล์มมีค่าความหยาบผิวสูงสุด (ประมาณ 1.92 nm) เนื่องจากฟิล์มมีการเปลี่ยนโครงสร้างผลึกจากระนาบ (111) ที่ 1.0 sccm ไปเป็นระนาบ (200) ที่ 1.5 sccm

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. องค์ประกอบธาตุทางเคมีของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์

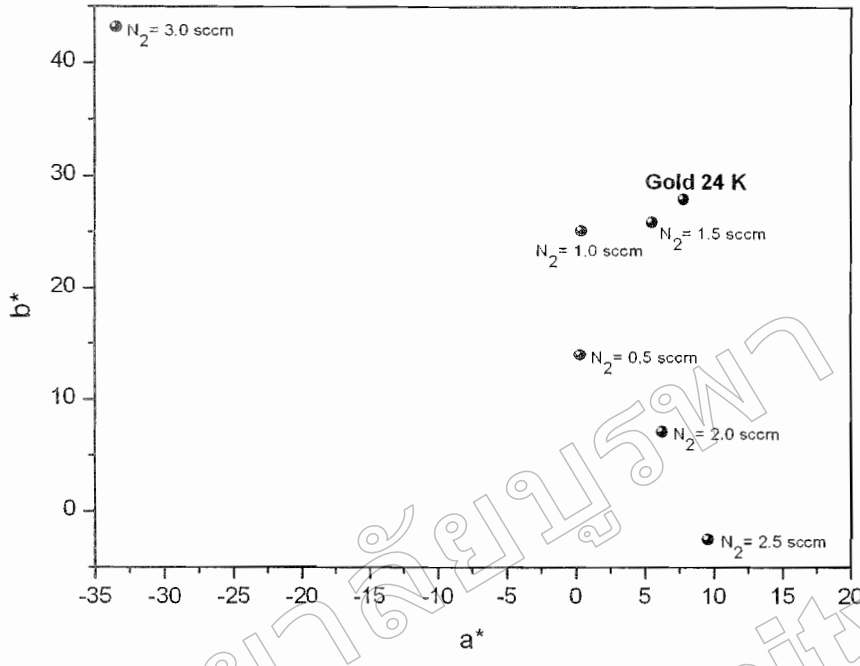
สำหรับองค์ประกอบธาตุทางเคมีของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ จากเทคนิค EDX พบว่าอัตราส่วน N : Zr ของฟิล์มที่เคลือบได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลแก๊สไนโตรเจน โดยเมื่อใช้อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่ำอัตราส่วน N : Zr มีค่าเท่ากับ 1.05 แต่เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้น พบว่า อัตราส่วน N : Zr มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2.39 เนื่องจากเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้น อะตอมไนโตรเจนมีโอกาสในการทำปฏิกิริยากับอะตอมของเซอร์โคเนียมแล้วฟอร์มตัวเป็น ZrN มากขึ้น (Huang et al., 2007)

4. สีของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์

สีของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้เมื่อใช้อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ ซึ่งอธิบายได้ด้วยระบบ CIE L*a*b* พบว่าสีของฟิล์มที่เคลือบได้ในงานวิจัยนี้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน จากสีน้ำตาลอ่อน เป็นเหลืองทอง ทอง น้ำตาลเข้ม ม่วง และเขียว ซึ่ง Niyomsoan et al. (2002) ได้อธิบายการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มบางในกลุ่มไนไตรด์ไว้ดังนี้ สีของฟิล์มที่เคลือบได้จะเปลี่ยนไปตามอัตราส่วนของ N : Zr เนื่องจากเมื่อไนโตรเจนในเนื้อฟิล์มมากขึ้น อิเล็กตรอนอิสระในออบิตัล d ของเซอร์โคเนียมจะเข้าไปรวมกับอะตอมของไนโตรเจนเพื่อฟอร์มตัวเป็นเซอร์โคเนียมไนไตรด์ ทำให้ปริมาณอิเล็กตรอนอิสระในเนื้อฟิล์มที่จะมีอันตรกิริยา (interaction) กับแสงตกกระทบผิวหน้าฟิล์มลดลง เป็นผลให้สีของฟิล์มเปลี่ยนไปเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้น โดยในงานวิจัยนี้พบว่าค่า L*a*b ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ ที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 1.5 sccm มีค่า L* = 75.21, a * =5.34 และ b* = 25.87 ใกล้เคียงกับค่า L*a*b* ของทอง 24 กะรัต โดยที่ทอง 24 กะรัต มีค่า L* = 79.80, a * =7.83 และ b* = 27.93 (Li & Zhang,1994)

ภาพที่ 5-2 เปรียบเทียบค่า a* และ b* ของฟิล์มที่เคลือบได้กับค่า a* และ b* ของทอง 24 กะรัต พบว่าค่า a* และ b* ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 1.5 sccm เข้าใกล้ ค่า a* และ b* ของทอง 24 กะรัตมากที่สุด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 5-2 เปรียบเทียบค่า a* และ b* ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ กับค่า a* และ b* ของทอง 24 กะรัต

ผลของเวลาเคลือบ

ฟิล์มบางเซอร์เนียมไนไตรด์เคลือบบนสเตนเลสและซิลิกอน เมื่อแปรค่าเวลาเคลือบในช่วง 30 นาที – 150 นาที โดยสรุป พบว่า ฟิล์มที่เคลือบได้มีสีทองทุกเงื่อนไขการเคลือบ โดยโครงสร้างและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มที่เคลือบได้เปลี่ยนตามเวลาเคลือบดังนี้

1. โครงสร้างผลึกของฟิล์มบางเซอร์เนียมไนไตรด์

โครงสร้างผลึกของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ เมื่อใช้เวลาเคลือบต่าง ๆ พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 33.83^{O}, 39.10^{O} , 56.24^{O} และ 67.52^{O} ซึ่งตรงกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารประกอบเซอร์โคเนียมไนไตรด์ ตามฐานข้อมูล JCPDS เลขที่ 78-1420 ซึ่งมีโครงสร้างผลึกแบบเฟซเซนเตอร์คิวบิค (FCC) ที่ระนาบ (111), (200), (220) และ (311) ทุกเงื่อนไขการเคลือบ โดยฟิล์มบางที่เคลือบได้มีสีทองเหมือนกันทั้งหมดทุกเงื่อนไขการเคลือบ เมื่อพิจารณารวมกับผลจาก XRD พบว่า ฟิล์มทั้งหมดให้รูปแบบการเลี้ยวรังสีเอกซ์ที่ระนาบ (200) มีค่าสูงสุด ซึ่ง Lamni et al. (2004) และ Benia et al. (2004) รายงานว่าฟิล์มเซอร์โคเนียมไนไตรด์แบบ stoichiometric จะให้ความเข้มของรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ระนาบ (200) และมีสีทอง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

นอกจากนี้ยังพบว่าฟิล์มที่ใช้เวลาเคลือบนาน จากผลของ XRD พบว่าความเข้มของรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่ระนาบ (200) เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อใช้เวลาเคลือบนานขึ้น จะเกิดความร้อนสะสมที่ผิวหน้าฟิล์มเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เคลือบซึ่งเรียกว่า " plasma heating effect " เป็นผลให้ฟิล์มมีการจัดเรียงโครงสร้างผลึกดีขึ้น ฟิล์มที่เคลือบด้วยเวลานานจึงให้ผล XRD ที่มีความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สูงตามไปด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu et al. (2004) ซึ่งพบว่าเมื่อความหนาเพิ่มขึ้นฟิล์มที่เคลือบได้จะมีความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่ระนาบ (200) สูงขึ้น

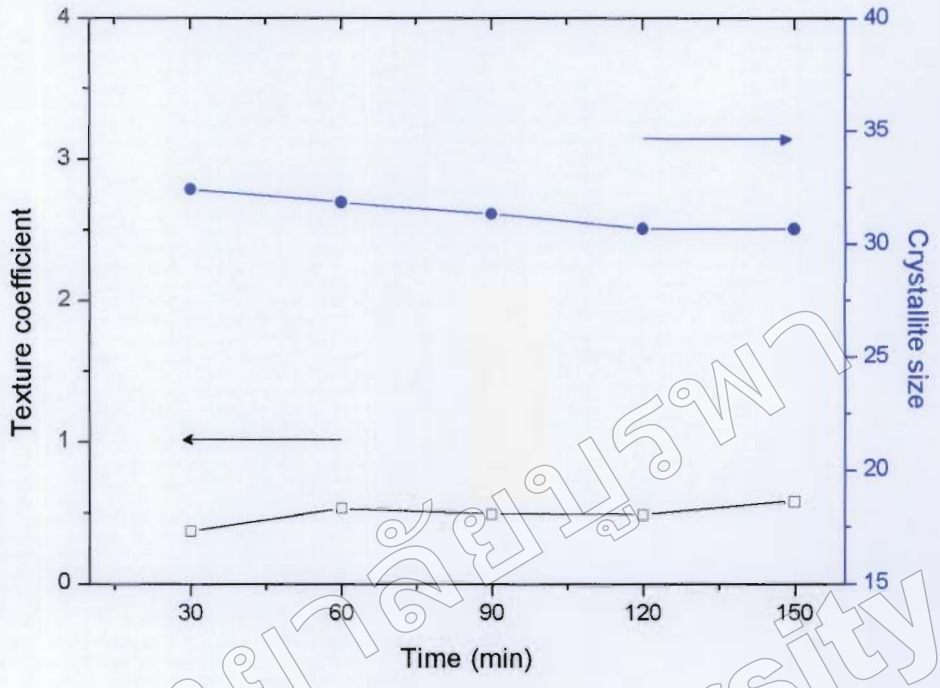
ทั้งนี้หากพิจารณาค่า Texture coefficient ของฟิล์มเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้ พบว่าที่ระนาบ (200) มีแนวโน้มของค่า Texture coefficient คงที่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu et al. (2004) พบว่าในขณะที่ความหนาเพิ่มขึ้นที่ระนาบ (200) มีค่า Texture coefficient คงที่

ส่วนค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้ พบว่าแปรค่าตามเวลาเคลือบ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.524 Å - 4.648 Å ใกล้เคียงกับค่ามาตราฐาน (4.585 Å) ตามฐานข้อมูล JCPDS เลขที่ 78-1420 ของสารประกอบเซอร์โคเนียมไนไตรด์

สำหรับขนาดผลึกของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ หาจากสมการของ Seherrer พบว่าที่เวลาเคลือบต่าง ๆ ขนาดของผลึกมีค่าอยู่ในช่วง 31 nm ถึง 32 nm ดังนั้นในงานวิจัยนี้พบว่าเวลาเคลือบทำให้ขนาดผลึกมีแนวโน้มคงที่

ฟิล์มที่เคลือบได้เมื่อแปรค่าเวลาเคลือบพบว่ามีสีทองเหมือนกันทั้งหมดทุกเงื่อนไข ภาพที่ 5-3 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Texture coefficient ระนาบ (200) และขนาดผลึกของฟิล์มที่เวลาเคลือบต่าง ๆ พบว่าเมื่อเวลาเคลือบเพิ่มขึ้นสีของฟิล์มไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับค่า Texture coefficient ระนาบ (200) และขนาดผลึกโดยมีค่าค่อนข้างคงที่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าสีของฟิล์มที่เคลือบได้สัมพันธ์กับ ค่า Texture coefficient ระนาบ (200) และขนาดผลึก โดยที่เวลาเคลือบต่าง ๆ ค่า Texture coefficient ระนาบ (200) ขนาดผลึก และสีของฟิล์มไม่เปลี่ยนแปลง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 5-3 Texture coefficient ระนาบ (200) และขนาดผลึกของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่เวลาเคลือบต่าง ๆ

2. ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์

ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ ที่เวลาเคลือบต่าง ๆ พบว่าที่เวลาเคลือบเท่ากับ 30 นาที สารเคลือบที่ฟอร์มตัวเป็นฟิล์มบนผิวหน้าวัสดุรองรับมีลักษณะเรียบเนียน ขณะที่เมื่อเวลาเคลือบเท่ากับ 60 นาที พบว่าสารเคลือบมีการรวมตัวกันเป็นกลุ่มหนาแน่นมากขึ้น มีลักษณะกลมมน และเมื่อเวลาเคลือบเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ พบว่าสารเคลือบมีการรวมตัวกันมากขึ้นเรื่อย ๆ สุดท้ายจึงเปลี่ยนเป็นกลุ่มที่มีขนาดใหญ่ทั่วบริเวณผิวหน้าฟิล์ม

สำหรับความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มเพิ่มขึ้นจาก 132 nm เป็น 599 nm และ 0.41 nm เป็น 0.85 nm ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการเกิดฟิล์ม คือเมื่อใช้เวลาในการเคลือบฟิล์มนานขึ้นทำให้อะตอมของสารเคลือบ (ZrN) ตกลงบนวัสดุรองรับเพิ่มมากขึ้น ทำให้ฟิล์มมีความหนามากขึ้น และเมื่อใช้เวลาเคลือบนานทำให้วัสดุรองรับมีความร้อนสะสม ส่งผลให้อะตอมมีการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนมากขึ้น ทำให้ฟิล์มที่เคลือบได้มีความหยาบผิวเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Huang, Yang, Guo, and Yu (2005) ที่พบว่าความหยาบผิวของฟิล์มที่เคลือบได้จะเพิ่มขึ้นตามความหนาของฟิล์ม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. องค์ประกอบธาตุทางเคมีของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์

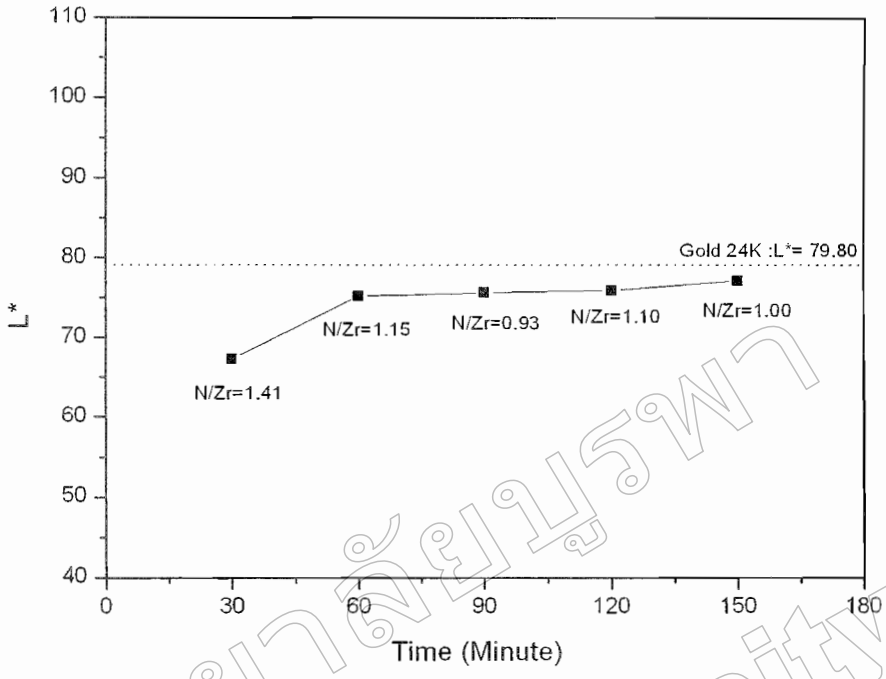
สำหรับการศึกษาองค์ประกอบธาตุทางเคมีของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์จากเทคนิค EDX พบว่าอัตราส่วน N : Zr ของฟิล์มที่เคลือบได้มีค่าใกล้เคียงกันทั้งหมด คือ ประมาณ 0.93 - 1.15 ยกเว้นที่เวลาเคลือบเท่ากับ 30 นาที ฟิล์มมีอัตราส่วน N : Zr เท่ากับ 1.41 เนื่องจากขณะที่เวลาเคลือบเพิ่มขึ้นแต่พารามิเตอร์อื่น ๆ คงที่ ทำให้ปริมาณของเซอร์โคเนียมและไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ส่งผลให้อัตราส่วนของ N : Zr มีค่าคงที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Daiane et al. (2011) ซึ่งเคลือบฟิล์มเซอร์โคเนียมไนไตรด์แบบ stoichiometric ที่เวลาเคลือบต่าง ๆ แล้วพบว่าอัตราส่วนของ N : Zr ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 1

4. สีของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์

สีของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่เวลาเคลือบต่าง ๆ ซึ่งอธิบายได้ด้วยระบบ CIE L*a*b* พบว่าสีของฟิล์มที่เคลือบได้ในงานวิจัยนี้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยฟิล์มที่เคลือบได้มีสีทองทุกเงื่อนไขการเคลือบ เนื่องจากองค์ประกอบธาตุทางเคมี N:Zr ที่เวลาเคลือบต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 1 ยกเว้นกรณีที่ฟิล์มมีความบางมาก ๆ เกี่ยวกับสีของฟิล์มในกลุ่มไนไตรด์ Niyomsoan et al. (2002) ได้อธิบายไว้ดังนี้คือสีของฟิล์มจะเปลี่ยนไปตามองค์ประกอบธาตุทางเคมี ดังนั้นเมื่อองค์ประกอบธาตุทางเคมีที่เวลาเคลือบต่าง ๆ มีค่าคงที่ สีของฟิล์มจึงไม่เปลี่ยนแปลง

ภาพที่ 5-4 แสดงความสัมพันธ์ค่า L* ของฟิล์มที่เวลาเคลือบต่าง ๆ กับความหนา ทั้งนี้เมื่อความหนาเพิ่มขึ้นความสว่างของฟิล์มมีแนวโน้มที่จะคงที่ สอดคล้องกับองค์ประกอบธาตุทางเคมีของฟิล์มเซอร์โคเนียมไนไตรด์ โดยค่า N/Zr ค่อนข้างคงที่เช่นกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าความหนาไม่มีผลโดยตรงต่อค่า L* ของฟิล์มที่เคลือบได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 5-4 กราฟเปรียบเทียบค่า L* และอัตราส่วน N:Zr ของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่เวลาเคลือบต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สรุปผลการทดลอง

1. ผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน

1.1 ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน พบว่ามีสีน้ำตาลอ่อน เหลือทอง ทอง น้ำตาลเข้ม ม่วง และเขียว

1.2 โครงสร้างผลึกของฟิล์มที่เคลือบได้เป็นแบบเฟซเซนเตอร์คิวบิค (fcc) ที่ระนาบ (111), (200), (220) และ (311) ตามลำดับ โดยที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 1.5 sccm ระนาบ (200) มีค่า texture coefficient สูงสุด

1.3 อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนมีผลต่อความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้ โดยเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นความหนาและความหยาบผิวลดลง จาก 326 nm เป็น 173 nm และ 0.8 nm เป็น 0.3 nm ตามลำดับ ยกเว้นที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 1.0 sccm ฟิล์มที่เคลือบได้มีความหยาบผิวสูงสุดเท่ากับ 1.9 nm

1.4 องค์ประกอบธาตุทางเคมีของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์พบว่าอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อเซอร์โคเนียมมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน

1.5 สีของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่ดูจากค่า L*a*b* พบว่าที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 1.5 sccm มีค่า L*a*b* เข้าใกล้กับ ค่า L*a*b* ของทอง 24 กะรัต มากที่สุด

2. ผลของเวลาเคลือบ

2.1 ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้เมื่อแปรค่าเวลาเคลือบพบว่าฟิล์มมีสีทองทุกเงื่อนไขการเคลือบ

2.2 โครงสร้างผลึกของฟิล์มที่เคลือบได้เป็นแบบเฟซเซนเตอร์คิวบิค (fcc) ที่ระนาบ (111), (200), (220) และ (311) ตามลำดับและมีความเข้มของรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์เพิ่มขึ้นด้วย โดยที่ค่า texture coefficient ระนาบ (200) มีแนวโน้มที่จะคงที่

2.3 เวลาเคลือบมีผลต่อความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์โดยเมื่อเวลาเคลือบเพิ่มขึ้นความหนาและความหยาบผิวเพิ่มขึ้น จาก 132 nm เป็น 599 nm และ 0.4 nm เป็น 0.8 nm ตามลำดับ

2.4 องค์ประกอบธาตุทางเคมีของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์พบว่าอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อเซอร์โคเนียมที่เวลาเคลือบต่าง ๆ มีค่าคงที่

2.5 สีของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมไนไตรด์ที่ดูจากค่า L*a*b* พบว่าเวลาเคลือบมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า L*a*b* น้อยมาก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University