

การเตรียมกระจกทำความสะอาดด้วยเทคนิคสปัตเตอร์ริงสำหรับกระจกเงาส่องหลังรถยนต์ Preparation of Self Cleaning Glass by Sputtering Technique for Car Rear View Mirror

นิรันดร์ วิทิตอนันต์^{1,3*}, ก. พึ่งบุญ ปานสิลา^{2,3}, อติสร บุณยวงศ์^{1,3}, สุรสิงห์ ไชยคุณ^{1,3} และ สยาม วีรวิศกุล⁴
Nirun Witit-anun^{1,3*}, P. Pungboon Pansila^{2,3}, Adisorn Buranawong^{1,3}, Surasing Chaiyakun^{1,3} and Siam Weerawitkul⁴

บทคัดย่อ

ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เคลือบด้วยวิธี ดีซี รีแอคทีฟ แมกนีตรอน สปัตเตอร์ริง เพื่อศึกษาสมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิก สำหรับทำกระจกทำความสะอาดตัวเอง โดยเคลือบฟิล์มที่อัตราไหลแก๊สออกซิเจนต่างกัน ศึกษาโครงสร้างผลึกของฟิล์มด้วยเทคนิค XRD ความหนาและลักษณะพื้นผิวด้วยเทคนิค AFM สมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิกประเมินจากการสลายไปของสารละลายเมทิลีนบลูและมุมสัมผัสของหยดน้ำบนกระจกตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าฟิล์มที่ได้มีโครงสร้างผลึกแบบอนาเทส อัตราไหลแก๊สออกซิเจนมีผลต่อความหนาและความขรุขระของผิวฟิล์ม ฟิล์มที่เคลือบได้สามารถแสดงสมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิกได้เมื่อได้รับแสงอัลตราไวโอเลต

คำสำคัญ : ฟิล์มบาง รีแอคทีฟ สปัตเตอร์ริง ไททาเนียมไดออกไซด์ โฟโตคะตะไลติก ไฮโดรฟิลิก

¹ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี 20131

Department of Physics, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131.

² สาขาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและพลศึกษา คณะทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จ.ชลบุรี 20230

Department of Fundamental Science and Physical Education, Faculty of Resources and Environment, Kasetsart University Sriracha Campus, Chonburi 20230.

³ ห้องปฏิบัติการวิจัยพลาสมาสำหรับวิทยาศาสตร์พื้นผิว ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

Plasma for Surface Sciences Research Laboratory, Thailand Center of Excellence in Physics (ThEP), OHEC.

⁴ บริษัท นาโน มิรอร์ อินดัสทรี จำกัด 128/776 ซ.ไทยประกัน 1 ถ.เทพารักษ์ ต.บางเสาธง กิ่ง อ.บางเสาธง จ.สมุทรปราการ 10540

NANO MIRROR INDUSTRY CO., LTD, 128/776 Soi Thaiprakan 1, Theparak Rd. Bangsaothong Samutprakarn 10540. Thailand.

* Corresponding author: โทรศัพท์/โทรสาร 038-103-084 Email: nirun@buu.ac.th.

Abstract

Titanium dioxide thin films (TiO_2) have been deposited by reactive magnetron sputtering technique to study photocatalytic and hydrophilic property, for make a self cleaning glass. The films were deposited under different oxygen flow rate. The crystal structure was characterized by XRD, thickness and surface morphology were evaluated by AFM. The photocatalytic and hydrophilic property was evaluated by the measurement of the decomposition of methylene blue and contact angle, respectively. The results showed that the deposited films have anatase phase. The films' thickness and roughness were influenced by the oxygen flow rate. The deposited films showed the photocatalytic and hydrophilic property when expose to the UV light.

Keywords : Thin Film, Reactive Sputtering, Titanium Dioxide, Photocatalytic, Hydrophilic

คำนำ

ช่วงที่ผ่านมาฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ได้รับความสนใจจากทุกกลุ่มวิจัย เนื่องจากมีสมบัติที่น่าสนใจ เช่น มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านแสงสูงทั้งในช่วงที่ตามองเห็น (visible) และช่วงใกล้อินฟราเรด (near infrared) มีความแข็งแรง ทนการขีดข่วนและการกัดกร่อนจากสารเคมีมีค่าดัชนีหักเหสูง แอปปพลิเคชันกว้าง [1,2] นอกจากนี้ยังมีสมบัติสำคัญอีกประการหนึ่งคือ สมบัติไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) ซึ่ง ฟุจิซิม่าและฮอนด้า [3] เป็นกลุ่มวิจัยแรกที่พบสมบัตินี้ในเวลาต่อมา ฟุจิซิม่าและคณะ [4] ยังพบสมบัติโฟโตคะตะไลติก สเตอริไลเซชัน (photocatalytic sterilization) และ สมบัติไฮโดรฟิลิกยิ่งยวด (super-hydrophilic) ของไททาเนียมไดออกไซด์เมื่อได้รับแสงทำให้เริ่มมีการนำสมบัติทำความสะอาดตัวเองของไททาเนียมไดออกไซด์มาใช้งานด้านต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำกระจกทำความสะอาดตัวเอง (self cleaning glass)

ปกติไททาเนียมไดออกไซด์ในธรรมชาติมีโครงสร้างผลึก 3 แบบ คือ อนาเทส (anatase) รูไทล์ (rutile) และบรูไกท์ (brookite) [5] โดยผลึกที่เหมาะสมสำหรับใช้ทำกระจกทำความสะอาดตัวเองคือ อนาเทส [6] ซึ่งเตรียมได้หลายวิธี เช่น วิธีระเหยสาร (evaporation) วิธีดีซี สเปตเตอริง (DC sputtering) วิธีอาร์เอฟ สเปตเตอริง (RF sputtering) หรือ วิธีโซลเจล (sol gel) อย่างไรก็ตามการ

เตรียมฟิล์มด้วยวิธีสเปตเตอริงมีข้อดีคือควบคุมอัตราเคลือบและสมบัติของฟิล์มได้ง่าย [7] ฟิล์มที่เคลือบได้มีคุณภาพและการยึดเกาะดี อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้เคลือบชิ้นงานขนาดใหญ่ระดับอุตสาหกรรมได้ง่าย [8]

การประยุกต์ใช้ไททาเนียมไดออกไซด์สำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์แนวทางหนึ่งคือการเคลือบบนผิวหน้าของกระจกเงาส่องหลังรถยนต์เพื่อให้เป็นกระจกทำความสะอาดตัวเอง ซึ่งทำให้อัตราการใช้น้ำมันที่ไม่มีปัญหาการจับตัวเป็นหยดของน้ำฝนที่ผิวหน้าของกระจกเงาส่องหลังจนลดทัศนวิสัยการมองของผู้ขับขี่รถยนต์ในฤดูฝน ทั้งนี้ จากความน่าสนใจของกระจกชนิดนี้ บริษัท นาโน มิเรอร์ อินดัสทรี จำกัด ผู้ผลิตกระจกเงาสำหรับยานยนต์ และ ห้องปฏิบัติการวิจัยพลาสมาสำหรับวิทยาศาสตร์พื้นผิว ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จึงร่วมกันทำการศึกษาวิจัยและพัฒนากระจกเงาส่องหลังรถยนต์ชนิดพิเศษนี้ เพื่อเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ บทความนี้เป็นรายงานผลการวิจัยและพัฒนาการเตรียมกระจกเงาส่องหลังรถยนต์ที่มีสมบัติทำความสะอาดตัวเอง ตั้งแต่การเตรียมฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ การศึกษาโครงสร้างผลึก ความหนาและลักษณะพื้นผิวตลอดจนสมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิก ตอนที่ 1 ได้เคลือบ

ฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์บนกระจกเงาส่องหลังรถยนต์ และทดสอบความสามารถในการเป็นกระจกทำความสะอาดตัวเอง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการประยุกต์ในภาคอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบด้วยระบบแมกนีตรอนสปัตเตอร์ ภาพที่ 1 แสดงลักษณะและไดอะแกรม ของเครื่องเคลือบ เป้าสารเคลือบทำจากไททาเนียมความบริสุทธิ์สูง (99.97%) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 54 mm พร้อมภาคจ่ายไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง ใช้แก๊สอาร์กอนความบริสุทธิ์สูง (99.999%) เป็นแก๊สสปัตเตอร์ และแก๊สออกซิเจนความบริสุทธิ์สูง (99.999%) เป็นแก๊สไอพฏิกิริยา ระบบเครื่องสุญญากาศประกอบด้วย เครื่องสูบบางเพอร์โลและมิเครื่องสูบลูกโรตารีเป็นเครื่องสูบล้าง วัดความดันภายในห้องเคลือบด้วยมาตรวัดความดัน ของ Balzers ซึ่งประกอบด้วยชุดแสดงผลรุ่น TPG300 พร้อมหัววัดพิรานีรุ่น TPR010 และหัววัดเพนนิ่งรุ่น IKR050

การเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ทำตาม

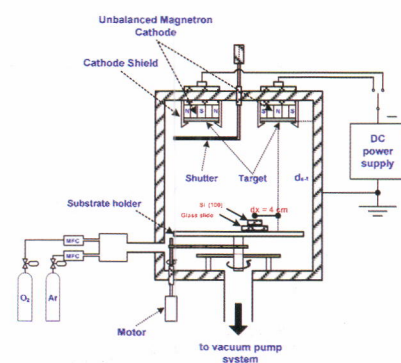
แนวทางการศึกษาของ ฟิงบุญและคณะ [9] เริ่มจากนำกระจกสไลด์และแผ่นซิลิกอนเข้าห้องเคลือบ แล้วลดความดันให้ได้ความดันพื้น (P_0) เท่ากับ 5×10^{-5} mbar จากนั้นปล่อยแก๊สเข้าห้องเคลือบ โดยกำหนดให้อัตราไหลแก๊สอาร์กอนคงที่เท่ากับ 1 sccm และแปรค่าอัตราไหลแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 2 sccm 4 sccm และ 6 sccm โดยคุมความดันขณะเคลือบ (P_t) ให้คงที่เท่ากับ 5×10^{-3} mbar ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับแท่นวางวัสดุรองรับ (d_s) เท่ากับ 120 mm และวางวัสดุรองรับที่ตำแหน่งในแนวนอน (d_x) เท่ากับ 40 mm ใช้กำลังไฟฟ้า (P) เท่ากับ 210 W คงที่ตลอดการเคลือบ โดยฟิล์มแต่ละชุดเคลือบนาน 180 นาที

นำฟิล์มที่เคลือบได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเครื่องเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray Diffractometer; XRD) ของ Rigaku รุ่น Rint 2000 ตรวจวัดแบบ 2θ -scan ด้วยมุมตกกระทบเฉียง (glazing incident angle) เท่ากับ 3° และกราดด้วยมุม 2θ จาก 20° - 65° ด้วยอัตรา 2° ต่อนาที ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มตรวจวัดด้วยเครื่องอะตอมมิกฟอซไมโครสโคป (Atomic Force Microscope; AFM) ของ Veeco Instrument Inc. รุ่น Nano Scope IV

สมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มพิจารณาจากการ



(a)



(b)

ภาพที่ 1 เครื่องเคลือบในสุญญากาศระบบ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอร์ ที่ใช้ในงานวิจัย

(a) ลักษณะของเครื่องเคลือบ

(b) ไดอะแกรมของเครื่องเคลือบ

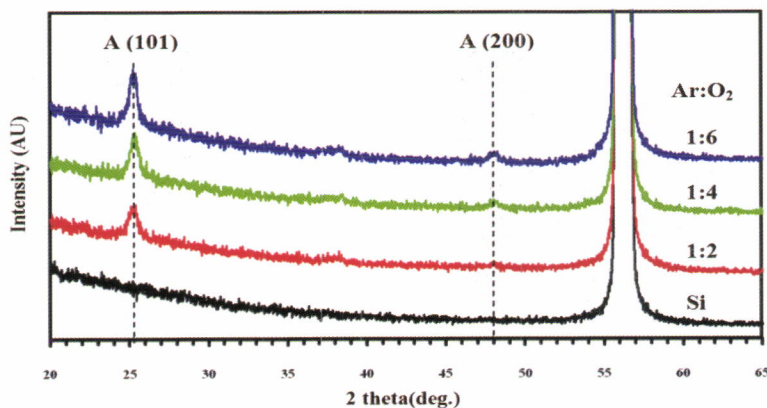
สลายไปของสารละลายเมทิลีนบลูซึ่งใช้เป็นตัวแทนสารอินทรีย์ โดยแช่กระจกเคลือบฟิล์มในสารละลายเมทิลีนบลูความเข้มข้นเท่ากับ 1 mmol/l แล้วทำให้แห้งในที่มืด จากนั้นวัดค่าการส่งผ่านแสงที่ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 650 nm ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ให้เป็นค่า T_o แล้วนำไปปรับแสงอัลตราไวโอเลต จากหลอดอัลตราไวโอเลต โดยทุก 1 ชั่วโมงจะนำออกมาวัดค่าการส่งผ่านแสงให้เป็นค่า T_i สมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มบอกได้ด้วย ค่าแอมซอร์บแนนซ์ (absorbance; ΔABS) จากสมการ $\Delta ABS = \ln T_o / T_i$ [10] ส่วนสมบัติไฮโดรฟิลิกพิจารณาจากค่ามุมสัมผัสของน้ำกลั่นที่หยดบนผิวหน้าฟิล์มด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัส (contact angle meter) โดยนำกระจกสไลด์ที่เคลือบฟิล์มแล้วไปวัดค่ามุมสัมผัสก่อนรับแสงอัลตราไวโอเลต จากนั้นนำไปฉายรับแสงอัลตราไวโอเลตและนำมาวัดค่ามุมสัมผัสทุก 1 ชั่วโมง ตอนท้ายทดลองเตรียมกระจกเงาส่องหลังรถยนต์ที่มีสมบัติทำความสะอาดตัวเอง โดยเคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบอนาเทกสบนผิวหน้าของกระจกเงาส่องหลังรถยนต์ของ บริษัท นาโน มิเรอร์ อินดัสทรี จำกัด ชนิดเคลือบด้วยโครเมียมจากวิธีสปีดเทอริง กระจกชนิดนี้ให้แสงสะท้อนที่นวลตามากกว่ากระจกเงาส่องหลังชนิดเคลือบอะลูมิเนียม [11] แล้วนำไปปรับแสงอัลตราไวโอเลต

นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นทดสอบสมบัติทำความสะอาดตัวเองโดยฉีดละอองน้ำไปบนผิวหน้ากระจกที่เคลือบฟิล์มสังเกตการณ์จับตัวของหยดน้ำเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการเป็นกระจกทำความสะอาดตัวเองต่อไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

โครงสร้างผลึกของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์

เมื่อนำฟิล์มที่เคลือบได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค XRD ได้ผลดังภาพที่ 2 โดยฟิล์มเคลือบที่อัตราไหลแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 2 sccm และ 4 sccm พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 2θ เท่ากับ 25.3° ซึ่งตรงกับไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบอนาเทกสระนาบ (101) เมื่ออัตราไหลแก๊สออกซิเจนเพิ่มเป็น 6 sccm พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 2θ เท่ากับ 25.3° และมีลักษณะเป็นโดมเล็ก ๆ ที่มุม 48.1° ซึ่งตรงกับไททาเนียมไดออกไซด์โครงสร้างผลึกแบบอนาเทกสระนาบ (101) และ (200) ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zeman and Takabayashi [11] ซึ่งพบว่าความเข้มข้นรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์เพิ่มตามอัตราไหลแก๊สออกซิเจน เนื่องจากเมื่อปริมาณออกซิเจนในกระบวนการเคลือบเพิ่มขึ้นทำให้โอกาสในการรวมตัวกันของออกซิเจนและไททาเนียมเกิดเป็นฟิล์ม



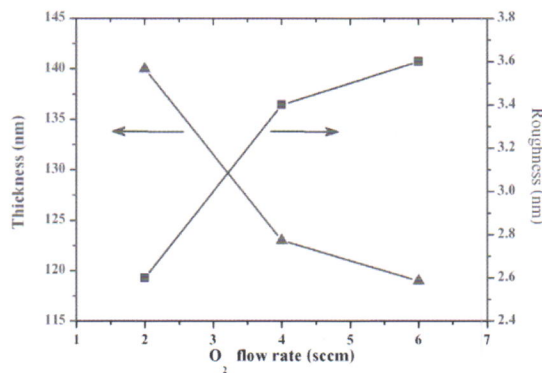
ภาพที่ 2 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สออกซิเจนต่างกัน

ไททาเนียมไดออกไซด์ที่เป็นผลึกมากขึ้น

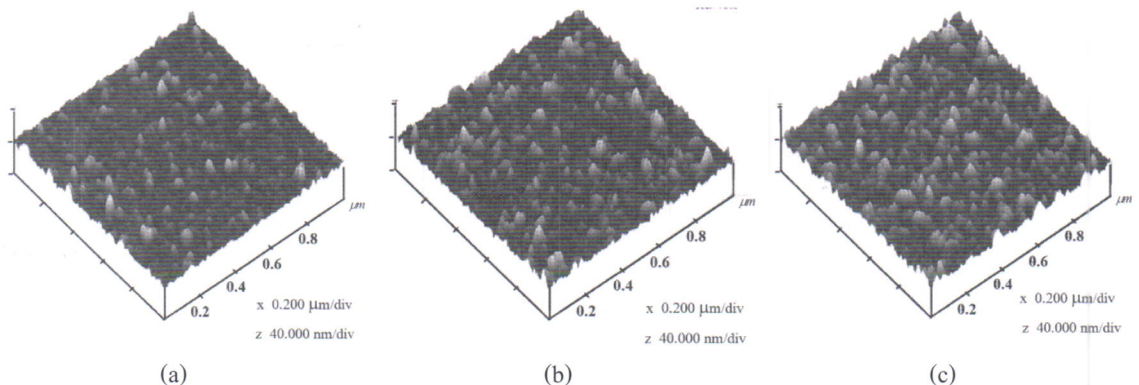
ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์

ผลการวิเคราะห์ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มที่เคลือบได้ด้วยเทคนิค AFM พบว่า ความหนาและความขรุขระของผิวฟิล์มเปลี่ยนตามอัตราไหลแก๊สเมื่ออัตราไหลแก๊สออกซิเจนเพิ่มขึ้นจาก 2 sccm เป็น 6 sccm ความหนาลดลงจาก 140 nm เป็น 119 nm ส่วนความขรุขระของผิวฟิล์มเพิ่มขึ้นจาก 2.6 nm เป็น 3.6 nm

(ภาพที่ 3) ภาพที่ 4 แสดงลักษณะพื้นผิวของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ซึ่งเปลี่ยนไปตามอัตราไหลแก๊สโดยฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 2 sccm พบเกรนขนาดเล็กใหญ่ปลายแหลมมนปะปนกันในบางบริเวณ (ภาพที่ 4(a)) เมื่ออัตราไหลแก๊สเพิ่มเป็น 4 sccm เกรนมีขนาดโตขึ้น (ภาพที่ 4(b)) สุดท้ายเมื่ออัตราไหลแก๊สเท่ากับ 6 sccm พบว่า พื้นผิวมีลักษณะขรุขระเกรนมีการเกาะกลุ่มกันมากขึ้น (ภาพที่ 4(c)) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Syarif *et al.* [12] ซึ่งรายงานว่าความหนาและความขรุขระของผิวฟิล์มจะเปลี่ยนไปตามอัตราไหล



ภาพที่ 3 ความหนาและความขรุขระผิวของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สออกซิเจนต่างกัน



ภาพที่ 4 ลักษณะพื้นผิวที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM ของฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สออกซิเจนต่างกัน

(a) 2 sccm (b) 4 sccm (c) 6 sccm

แก๊ส เนื่องจากเมื่อแก๊สออกซิเจนในระบบเพิ่มขึ้น ออกซิเจนมีโอกาสรวมตัวกับไททาเนียมที่ผิวหน้าเป่าสาร เคลือบเกิดเป็นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ทำให้อัตราการสปีดเทอริงเป่าสารเคลือบ (Ti) ลดลงเพราะอัตราการสปีดเทอริงสารประกอบ (TiO_2) มีค่าต่ำกว่าโลหะ (Ti) นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นยังทำให้ระยะปลอดการชนเฉลี่ย (mean free path) สั้นลง อะตอมของธาตุในกระบวนการเคลือบมีโอกาสชนกันมากขึ้น ทำให้พลังงานของสารเคลือบมีค่าต่ำ ทำให้อะตอมสารเคลือบเกิดการควบแน่นเป็นชั้นของฟิล์มทันทีที่กระทบผิวหน้าของวัสดุรองรับทำให้ความขรุขระของผิวฟิล์มเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราไหลแก๊สสูงขึ้น

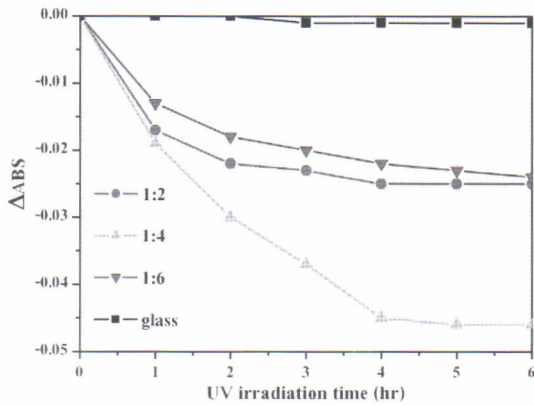
สมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์

งานวิจัยนี้พิจารณาสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์จากการสลายไปของสารละลายเมทีลีนบลูซึ่งใช้เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์จากค่าแอมบอรับแบนซ์ ภาพที่ 5 แสดงค่าแอมบอรับแบนซ์ของฟิล์ม เมื่อรับแสงอัลตราไวโอเลต สำหรับกระจกเปล่าที่ไม่เคลือบฟิล์มพบว่าค่าแอมบอรับแบนซ์มีค่าเท่ากับ 0.000 คงที่ตลอดการทดลอง ส่วนกระจกเคลือบฟิล์มพบว่าค่าแอมบอรับแบนซ์ก่อนรับแสงอัลตราไวโอเลตมีค่าเท่ากับ 0.000 และลดลงตามเวลาเมื่อนำไปรับแสงอัลตราไวโอเลตนาน 6 ชั่วโมง (ทุกชิ้นงานที่ทดลอง) โดยฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 2 sccm และ 6 sccm ค่าแอมบอรับแบนซ์ลดลงจาก 0.000 เป็น -0.025 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Syarif *et al.* [12] และ Liu *et al.* [13] ที่รายงานว่าสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์เพิ่มขึ้นตามอัตราไหลแก๊สออกซิเจน อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้พบว่าฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 4 sccm แสดงสมบัติโฟโตคะตะไลติกดีที่สุด (มีค่าแอมบอรับแบนซ์ต่ำสุดเท่ากับ -0.046) เนื่องจากฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้มีเฉพาะเฟสอนาเทรไรต์ (101) ซึ่งมีสมบัติโฟโตคะตะไลติกดีที่สุด ต่างจากฟิล์มที่เคลือบด้วย

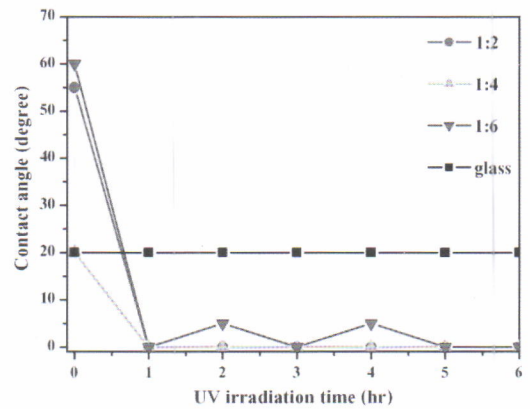
อัตราไหลแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 6 sccm ซึ่งมีเฟสผสมของอนาเทรไรต์ (101) และ (200) ส่วนฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 2 sccm แม้มีเฉพาะเฟสอนาเทรไรต์ (101) แต่ความขรุขระของผิวฟิล์มมีค่าน้อยกว่ากรณีฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 4 sccm จึงทำให้สมบัติโฟโตคะตะไลติกเกิดขึ้นน้อยกว่าด้วย

สมบัติไฮโดรฟิลิกของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์

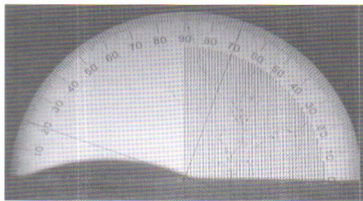
สมบัติไฮโดรฟิลิกของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ในงานวิจัยนี้ พิจารณาจากค่ามุมสัมผัสของน้ำกลั่นบนผิวหน้าของฟิล์ม ภาพที่ 6 แสดงค่ามุมสัมผัสของกระจกที่ไม่เคลือบและเคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ก่อนและหลังรับแสงอัลตราไวโอเลตเป็นรายชั่วโมง พบว่ามุมสัมผัสของน้ำกลั่นบนผิวหน้ากระจกที่ไม่เคลือบก่อนนำไปรับแสงอัลตราไวโอเลตมีค่าเท่ากับ 20° เมื่อนำไปรับแสงอัลตราไวโอเลตนาน 6 ชั่วโมง พบว่ามุมสัมผัสมีค่าเท่าเดิมแสดงว่ากระจกธรรมดาที่ไม่เคลือบฟิล์มไม่มีสมบัติไฮโดรฟิลิก ส่วนกระจกเคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่อัตราไหลแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 2 sccm 4 sccm และ 6 sccm พบว่ามุมสัมผัสก่อนรับแสงอัลตราไวโอเลตมีค่าเท่ากับ 55° , 20° และ 60° ตามลำดับ และเมื่อนำไปรับแสงอัลตราไวโอเลตพบว่ามุมสัมผัสมีค่าลดลงเป็น 0° ในเวลาเพียง 1 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่ากระจกเคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ในงานวิจัยนี้สามารถแสดงสมบัติสมบัติไฮโดรฟิลิกยิ่งยวดได้ทั้งหมดที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากฟิล์มทั้งหมดที่เคลือบได้ในงานวิจัยนี้มีโครงสร้างผลึกแบบอนาเทรไรต์ ซึ่งเป็นโครงสร้างผลึกของไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีค่าแถบพลังงานสูงถึง 3.2 eV จึงมีความสามารถในการรีดิวซ์ (reducing power) มากกว่าโครงสร้างผลึกแบบอื่น ทำให้เกิด oxygen vacancy บนพื้นผิวของฟิล์มบางได้ง่าย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเกิดสมบัติไฮโดรฟิลิกยิ่งยวดของฟิล์มด้วย [14]



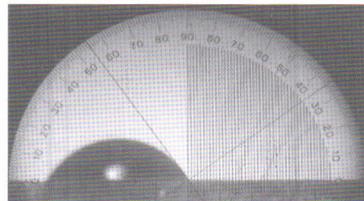
ภาพที่ 5 ค่าแอมซอร์บแนนซ์ของกระจกที่ไม่เคลือบ และเคลือบฟิล์มที่อัตราไหลแก๊สออกซิเจนต่างกัน



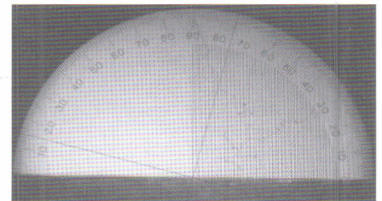
ภาพที่ 6 ค่ามุมสัมผัสของกระจกที่ไม่เคลือบและเคลือบฟิล์มที่อัตราไหลแก๊สออกซิเจนต่างกัน



(a)

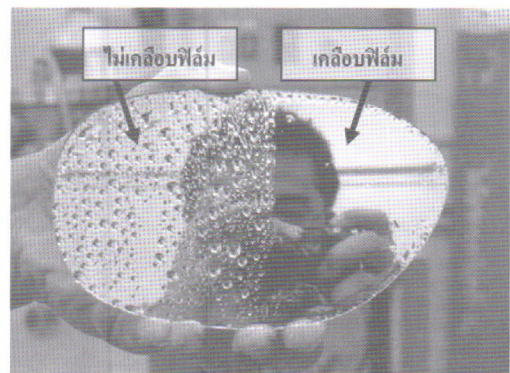
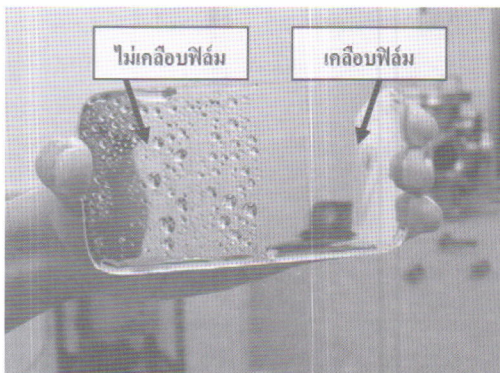


(b)



(c)

ภาพที่ 7 ตัวอย่างการวัดค่ามุมสัมผัสของกระจกที่ไม่เคลือบและเคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ในงานวิจัยนี้
(a) กระจกธรรมดาไม่เคลือบฟิล์มก่อนและหลังรับแสงอัลตราไวโอเลต มุมสัมผัสมีค่าเท่ากับ 20°
(b) กระจกเคลือบฟิล์มก่อนรับแสงอัลตราไวโอเลต มุมสัมผัสมีค่าประมาณ 55°
(c) กระจกเคลือบฟิล์มหลังรับแสงอัลตราไวโอเลตนาน 1 ชั่วโมง มุมสัมผัสมีค่าเท่ากับ 0°



ภาพที่ 8 ผลการทดสอบความสามารถในการเป็นกระจกทำความสะอาดตัวเองของกระจกเงาส่องหลังรถยนต์ที่ไม่ได้เคลือบและเคลือบด้วยฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์

กระจกเงาส่องหลังรถยนต์ที่มีสมบัติทำความสะอาดตัวเอง

ภาพที่ 8 เป็นผลการทดสอบความสามารถในการทำความสะอาดตัวเองของกระจกเงาส่องหลังรถยนต์ที่มีการเคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ไว้ครึ่งแผ่นทางด้านขวา ส่วนด้านซ้ายเป็นบริเวณที่ไม่มีการเคลือบฟิล์ม เมื่อทดสอบโดยการฉีดละอองน้ำไปที่ผิวหน้าของกระจกเงาส่องหลังรถยนต์ทั้งแผ่นพบว่าผิวหน้ากระจกบริเวณที่ไม่เคลือบฟิล์ม (ด้านซ้ายของกระจก) ละอองน้ำมีการจับตัวเป็นหยด ครอบคลุมการสะท้อนแสงอีกทั้งภาพสะท้อนที่ได้ยังไม่ชัดเจนอีกด้วย ต่างจากบริเวณผิวหน้ากระจกด้านที่มีฟิล์มเคลือบ (ด้านขวาของกระจก) พบว่าละอองน้ำที่ฉีดไปบนผิวหน้ากระจกไม่จับตัวเป็นหยดแต่แผ่กระจายออก (สมบัติไฮโดรฟิลิก) แล้วไหลลงมารวมกันที่ด้านล่างของกระจกด้วยแรงโน้มถ่วงโลก ทำให้ผิวหน้ากระจกบริเวณที่มีฟิล์มสะอาดไม่มีละอองน้ำหรือฝุ่นจับที่ผิวหน้ากระจก (สมบัติโฟโตคะตะไลติก) ทำให้กระจกด้านที่มีฟิล์มเคลือบอยู่ไม่นับมีการสะท้อนภาพที่ดีกว่าอย่างชัดเจน

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีดีซีรีแอคทีฟแมกนีตรอนสเป็คเตอรืง ผลการศึกษาพบว่า ฟิล์มที่ได้มีโครงสร้างผลึกแบบอนาเทส อัตราไหลของแก๊สออกซิเจนมีผลต่อโครงสร้างผลึก ความหนา ลักษณะพื้นผิวและความขรุขระของผิวฟิล์มที่เคลือบได้ ฟิล์มทั้งหมดสามารถแสดงสมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิกได้ กระจกเงาที่มีการเคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์แล้วทั้งไว้ในสภาพอากาศปกติ หลังจากได้รับแสงอัลตราไวโอเลตนาน 1 ชั่วโมงสามารถแสดงสมบัติการเป็นกระจกทำความสะอาดตัวเองได้

คำขอบคุณ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย “การวิจัยและพัฒนาฟิล์มบางนาโนของไททาเนียม

ไดออกไซด์สำหรับกระจกไร้คราบสกปรก” ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ รหัสโครงการ NN-B-22-m34-100-49-51

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ritter, E. (1975). Dielectric film materials for optical applications. **Physics of thin films**. 1-49
- [2] Pulker, H.K. (1984). **Coatings on Glass**. Elsevier Science Publishers B.V. 311.
- [3] Fujishima, A. and Honda, K. (1972). “Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode,” **Nature**. **238**, 37-38.
- [4] Fujishima, A., Rao, T.N and Tryk, D.A. (2000). TiO_2 photocatalysts and diamond electrode. **Electrochimica Acta**. **45**, 4683-4690.
- [5] Löbl, P., Huppertz, M. and Mergel, D. (1994). Nucleation and growth in TiO_2 films prepared by sputtering and evaporation. **Thin Solid Films**. **251**, 72-79.
- [6] Takeda, S., Suzuki, S., Odaka, H. and Hosono, H. (2001). Photocatalytic TiO_2 thin film deposited onto glass by DC magnetron sputtering. **Thin Solid Film**. **392**, 338-344.
- [7] Zhao, X.T., Sakka, K., Kihara, N., Takada, Y., Arita, M. and Masuda, M. (2005). Structure and Photo-Induced Features of TiO_2 Thin Films Prepared by RF Magnetron Sputtering. **Microelectronics Journal**. **36**, 549-551.
- [8] Wu, K.R., Wang, J.J., Liu, W.C., Chen, Z.S. and Wu, J.K. (2006). Deposition of graded TiO_2 films featured both hydrophobic and photo-induced hydrophilic properties. **Applied Surface Science**. **255**, 5829-5838.

- [9] พึงบุญ ปานศิลา นรินทร์ วิทอนันต์ และ สุรสิงห์ ไซยคุณ. (2552). ผลของตำแหน่งวัสดุรองรับในแนวรัศมีต่อโครงสร้างของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบด้วยวิธีดีซีรีแอคทีฟแมกนีตรอนสปีดเตอริง. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**. 12(3).73-79.
- [11] นรินทร์ วิทอนันต์ วุฒิพงศ์ ศาสนสุพิน และ สยาม วีรวิศกุล. (2552). กระจกเงาโครเมียมเคลือบด้วยเทคนิคสปีดเตอริงสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**. 12(3). 52-63.
- [10] Zeman, P. and Takabayashi, S. (2002). Effect of total and oxygen partial pressures on structure of photocatalytic TiO_2 films sputtered on unheated substrate. **Surface and Coatings Technology**. 153, 93-99.
- [12] Syarif, D.G., Miyashita, A., Yamaki, T., Sumita, T., Choi, Y., and Itoh, H. (2002). Preparatin of anatase and rutile thin film by controlling oxygen partial pressure. **Applied Surface Science**. 193, 287-292.
- [13] Baoshun, L., Zhou, X., Zhou, Q., Chunling, L. and He, X. (2005). The Effect of partial pressure on the structure and photocatalytic property of TiO_2 films prepared by sputtering. **Materials Chemistry and Physics**. 90, 207-212.
- [14] Franch, P., Glöß, D., Metzner, Chr., Modes, T., Scheffel, B. and Zywitzki, O. (2006). Deposition of Photocatalytic TiO_2 Layers by Pulse Magnetron Sputtering and Plasma-Activated Evaporation. **Vacuum**. 80, 679-683.