บทที่ 4
ผลการวิจัย

บทนี้เป็นข้อมูลจากการทดลองตามแนวทางการศึกษาในบทที่ 3 เริ่มจากการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์โครงสร้างผลึกแบบอนาเทส ประกอบด้วยผลของตำแหน่งวางวัสดุรองรับ ผลของอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน และศึกษาสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์ม โดยศึกษาผลของอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนต่อสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์และผลของความหนาฟิล์มต่อสมบัติโฟโตคะตะไลติก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

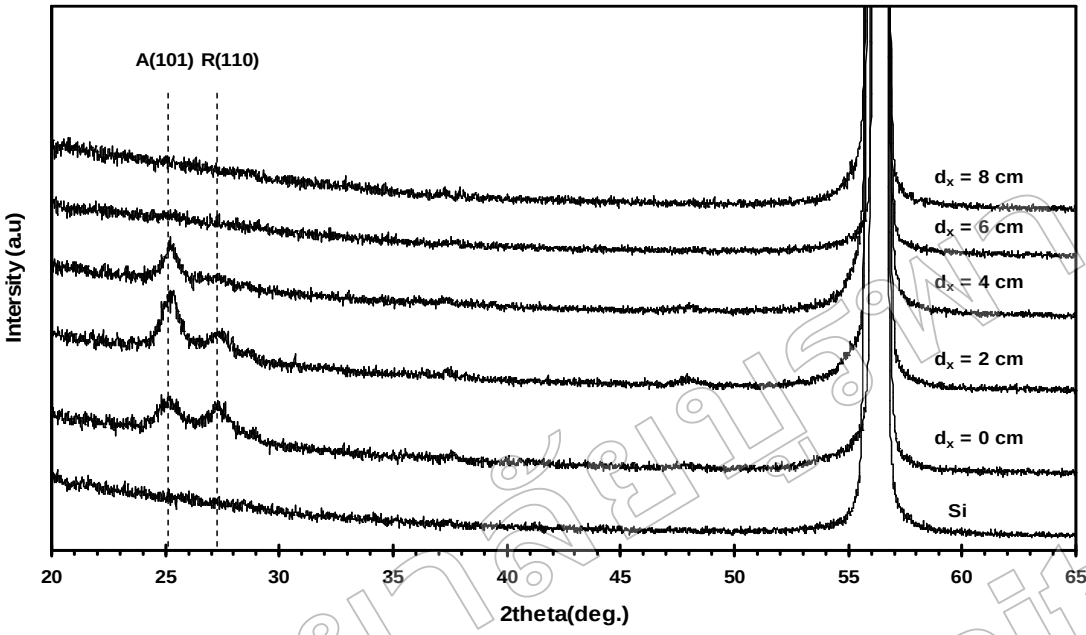
1. การเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์โครงสร้างผลึกแบบอนาเทส

ส่วนนี้เป็นการเสนอผลการศึกษาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี สปัตเตอริง ที่ตำแหน่งวางวัสดุรองรับในแนวรัศมีต่างกันและผลของอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนต่างกัน รายละเอียดการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย โครงสร้างผลึก ความหนา และความหยาบผิวของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ผลของตำแหน่งวางวัสดุรองรับ

การเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีรีแอกตีฟ สปัตเตอริง ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อฟิล์มที่เคลือบได้ คือ อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนและการเคลือบครั้งนี้ใช้เท่ากับอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:4 sccm (ธีระวิทย์ ดีเลิศ, 2550) เคลือบฟิล์มบนแผ่นซิลิกอน โดยแปรค่าตำแหน่งวางวัสดุรองรับในแนวรัศมี (d_x) มีผลดังต่อไปนี้

โครงสร้างผลึก ภาพที่ 4-1 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จากเทคนิค XRD ของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน 1:4 sccm ที่ตำแหน่งวางวัสดุรองรับในแนวรัศมีต่างกัน พบว่าฟิล์มบางเคลือบที่ d_x เท่ากับ 0 cm และ 2 cm มีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 2θ เท่ากับ 25.3 องศา และ 27.4 องศา เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารประกอบไททาเนียมไดออกไซด์ตามมาตรฐาน JCPDS

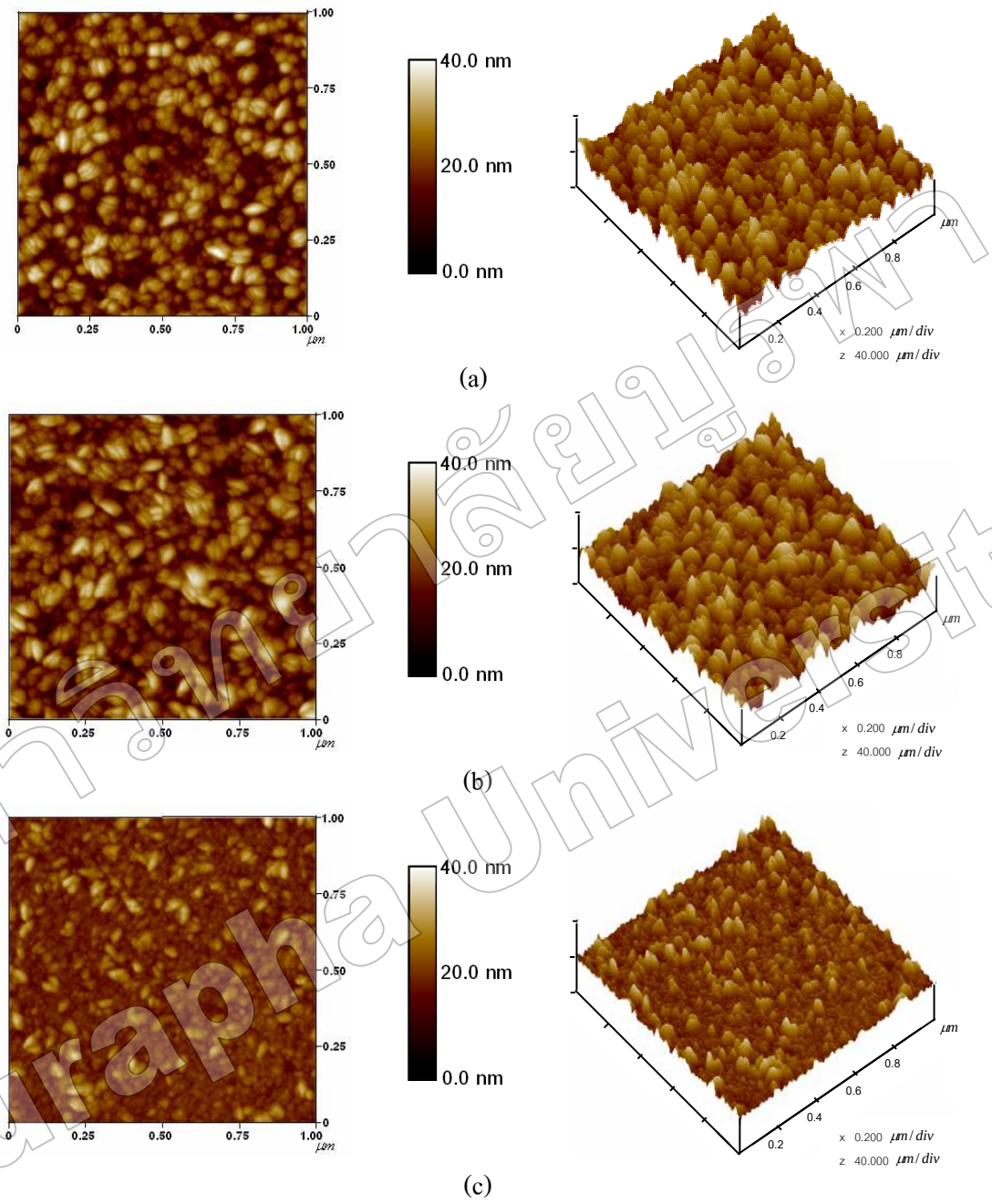


ภาพที่ 4-1 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้เมื่อแปรค่า d_x

พบว่าตรงกับไททาเนียมไดออกไซด์โครงสร้างผลึกแบบอนาเทสระนาบ (101) กับรูไทล์ระนาบ (110) และเมื่อ d_x เท่ากับ 4 cm พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 2θ เท่ากับ 25.3 องศา ตรงกับกราฟรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารประกอบไททาเนียมไดออกไซด์ตามมาตรฐาน JCPDS โครงสร้างผลึกแบบอนาเทสระนาบ (101) ขณะที่ d_x เท่ากับ 6 cm และ 8 cm ไม่พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของกับไททาเนียมไดออกไซด์

ลักษณะพื้นผิวและความหนา ฟิล์มที่เคลือบได้ในขั้นตอนนี้มีความหนาอยู่ในช่วง 82 nm - 156 nm และความหยาบผิวอยู่ในช่วง 1 nm - 5 nm รายละเอียดแสดงในตาราง 4-1 จากการศึกษาลักษณะพื้นผิวของฟิล์มด้วยเทคนิค AFM พบว่าฟิล์มเคลือบที่ตำแหน่ง d_x เท่ากับ 0 cm และ 2 cm พื้นผิวมีลักษณะขรุขระ เกรนมีขนาดเล็กใหญ่ปะปนกัน เป็นแท่งสูงปลายมน กระจายอยู่ทั่วพื้นผิวของฟิล์ม (ภาพที่ 4-4 (a) และภาพที่ 4-4 (b)) สำหรับฟิล์มบางเคลือบที่ตำแหน่ง d_x เท่ากับ 4 cm พื้นผิวฟิล์มมีลักษณะขรุขระ เกรนมีขนาดเล็กแหลมกระจายอยู่ทั่วผิวของฟิล์ม (ภาพที่ 4-5 (c)) ส่วนฟิล์มเคลือบที่ตำแหน่ง d_x เท่ากับ 6 cm และ 8 cm พื้นผิวมีลักษณะขรุขระลดลง เกรนมีขนาดเล็กมนกระจายอยู่ปะปรายบนผิวฟิล์ม (ภาพที่ 4-4 (d) และภาพที่ 4-4 (e))

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



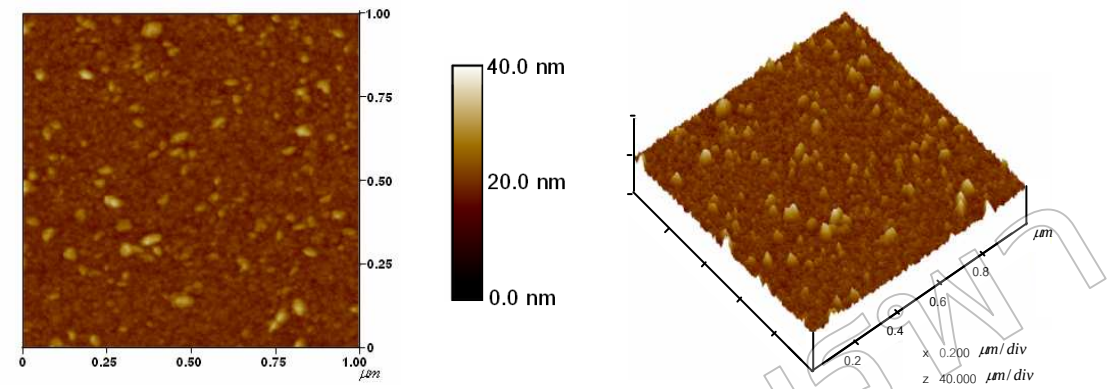
ภาพที่ 4-2 ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้ เมื่อแปรค่า d_x

(a) $d_x = 0$ cm

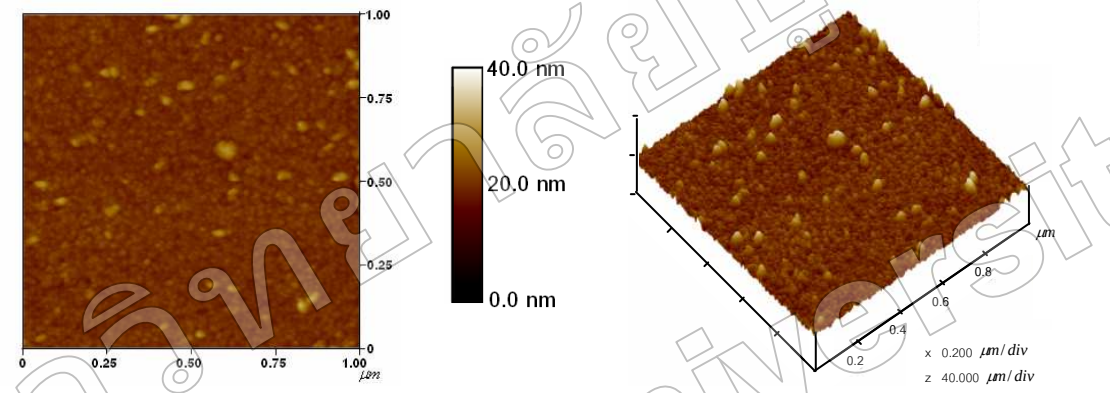
(b) $d_x = 2$ cm

(c) $d_x = 4$ cm

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



(d)



(e)

ภาพที่ 4-2 ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้ เมื่อแปรค่า d_x (ต่อ)

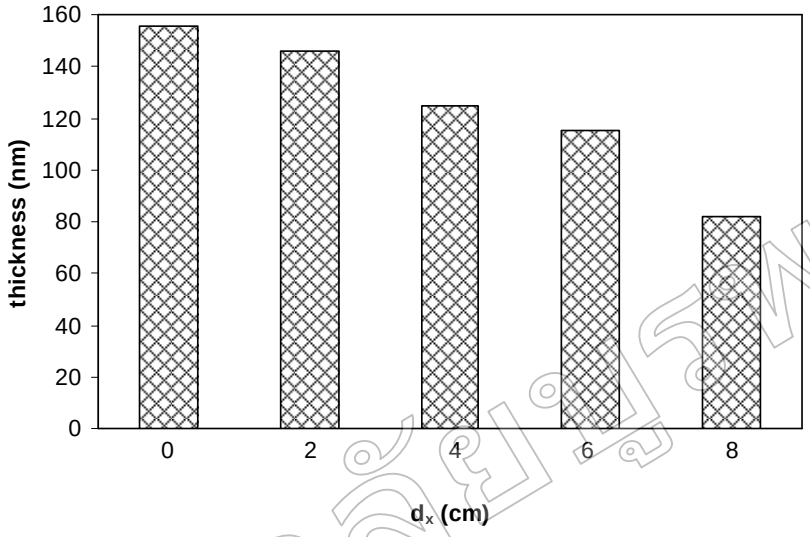
(d) $d_x = 6$ cm

(e) $d_x = 8$ cm

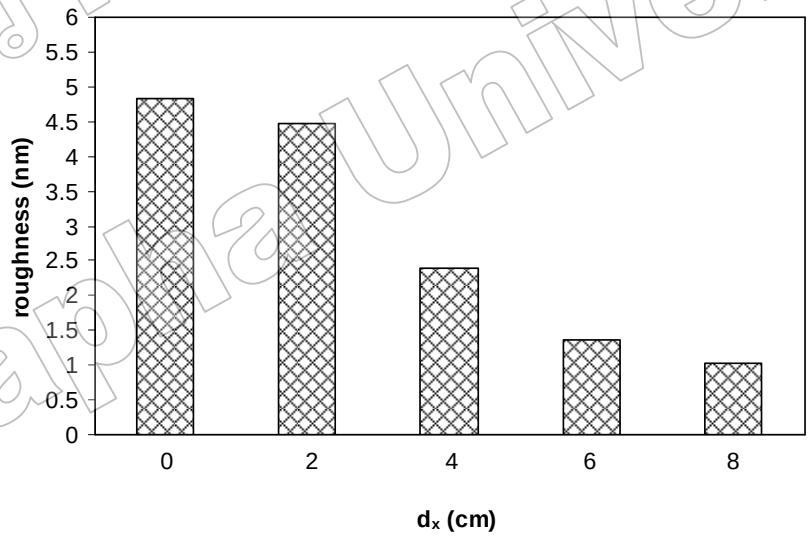
ตารางที่ 4-1 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้เคลือบเมื่อแปรค่า d_x

ตำแหน่ง d_x (cm)	ความหนา (nm)	ความหยาบผิว (nm)
0	156	4.8
2	146	4.5
4	125	2.4
6	115	1.4
8	82	1.0

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-3 เปรียบเทียบความหนาของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้ เมื่อแปรค่า d_x



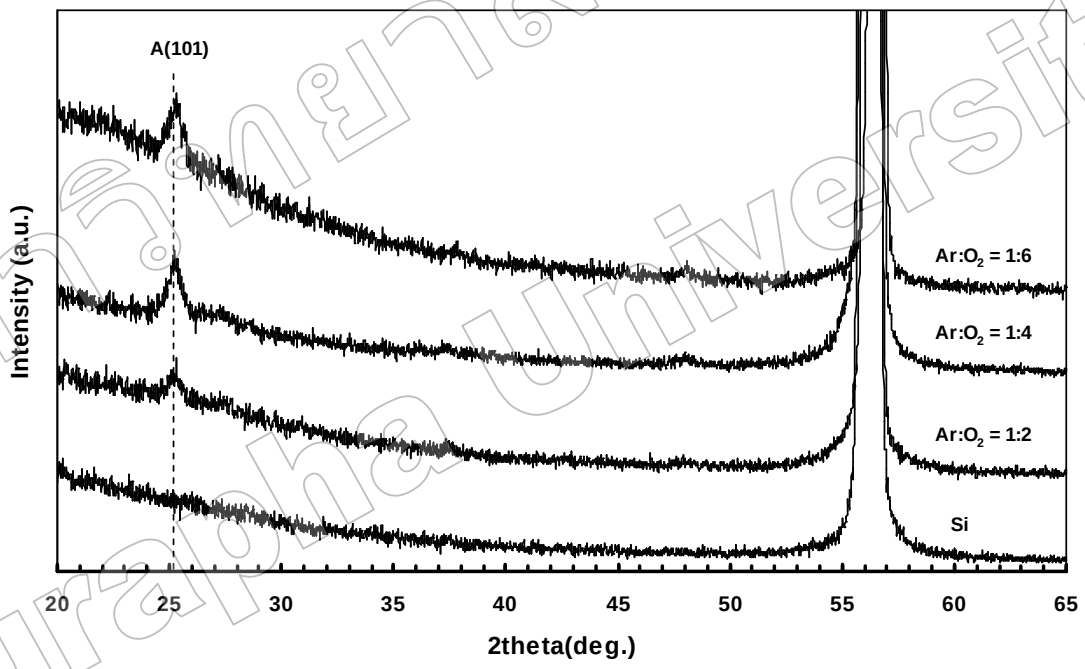
ภาพที่ 4-4 เปรียบเทียบความหยาบผิวของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้เมื่อแปรค่า d_x

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.2 ผลของอัตราไหลแก๊สต่อลักษณะเฉพาะของฟิล์ม

ขั้นตอนนี้เป็นผลของการเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นซิลิกอน ที่ตำแหน่ง d_x = 4 cm โดยแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน ซึ่งมีผลดังต่อไปนี้

โครงสร้างผลึก จากภาพที่ 4-5 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จากเทคนิค XRD ของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบที่ d_x = 4 cm โดยใช้อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน เท่ากับ 1:2 sccm 1:4 sccm และ 1:6 sccm จากการศึกษาพบว่าฟิล์มที่เคลือบได้มีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 2θ เท่ากับ 25.3 องศา สำหรับทุกค่าอัตราไหลแก๊ส เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารประกอบไททาเนียมไดออกไซด์ตามมาตรฐาน JCPDS พบว่าตรงกับไททาเนียมไดออกไซด์โครงสร้างผลึกแบบอนาเทสระนาบ (101)



ภาพที่ 4-5 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบที่ d_x = 4 cm เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน

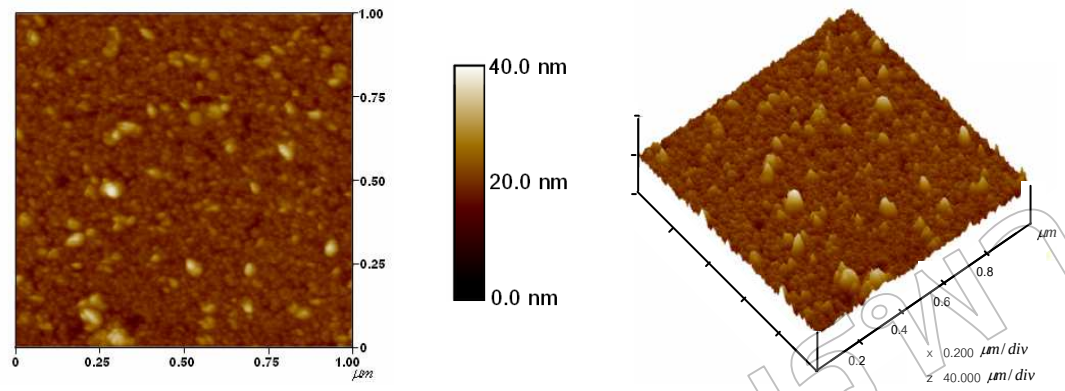
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ลักษณะพื้นผิวและความหนา ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้ในขั้นตอนนี้มีความหนาอยู่ในช่วง 117 nm - 137 nm และมีความหยาบผิวอยู่ในช่วง 1.6 nm- 3.3 nm ซึ่งค่าความหนาและความหยาบผิวแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4-2 จากการศึกษาลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิค AFM พบว่าฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:2 sccm พื้นผิวมีเกรนมีขนาดเล็กใหญ่ปะปนกันและปลายมีลักษณะมน กระจายอยู่บางบริเวณบนผิวฟิล์ม (ภาพที่ 4-6 (a)) สำหรับฟิล์มบางที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:4 sccm พื้นผิวฟิล์มมีลักษณะขรุขระ เกรนมีขนาดเล็กแหลมกระจายอยู่ทั่วผิวฟิล์ม (ภาพที่ 4-6 (b)) ส่วนฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:6 sccm พื้นผิวมีลักษณะขรุขระ เกรนมีลักษณะแหลมปนมนกระจายอยู่ทั่วบริเวณผิวฟิล์ม(ภาพที่ 4-6 (d) และภาพที่ 4-6 (c)) สำหรับค่าความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 4-2

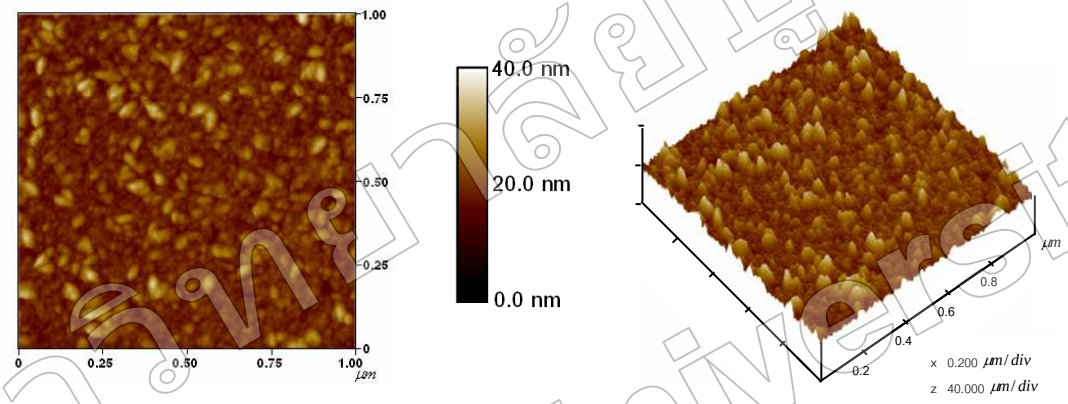
ตารางที่ 4-2 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน

อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน (sccm)	ความหนา (nm)	ความหยาบผิว (nm)
1:2	117	1.6
1:4	125	2.4
1:6	137	3.3

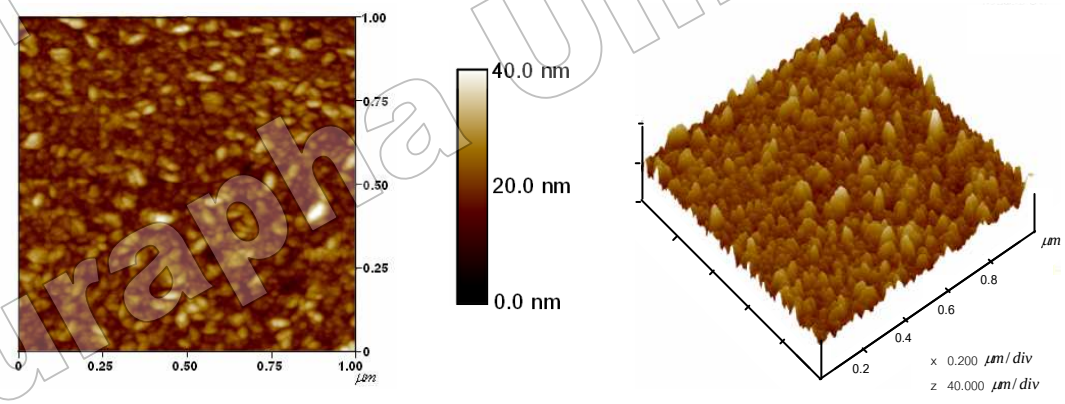
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



(a)



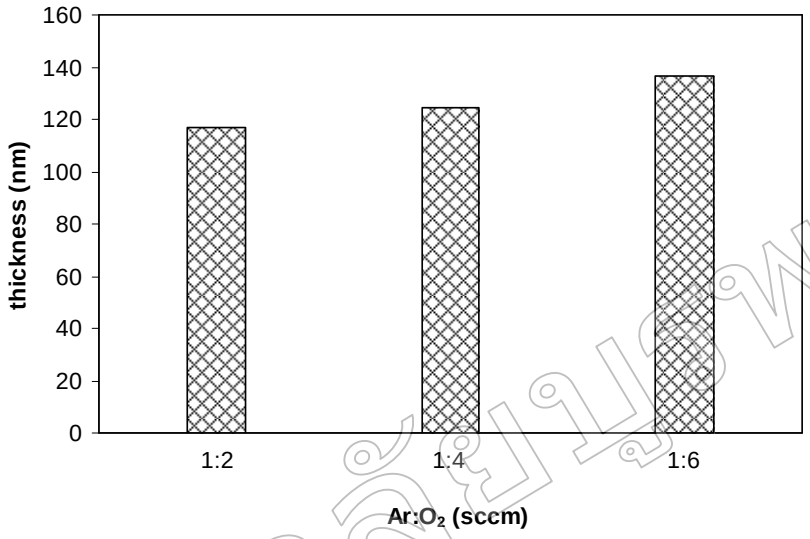
(b)



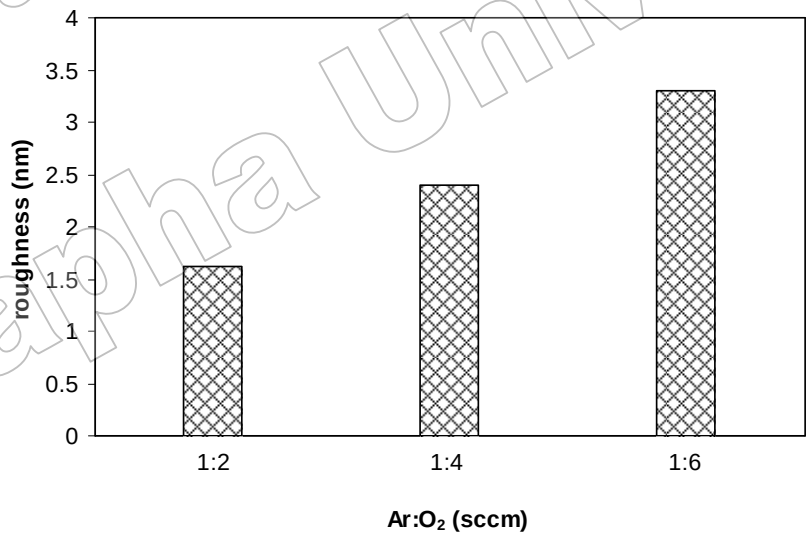
(c)

ภาพที่ 4-6 ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์
เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน
(a) อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:2 sccm
(b) อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:4 sccm
(c) อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:6 sccm

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-7 เปรียบเทียบความหนาของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบที่ $d_x = 4$ cm เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน



ภาพที่ 4-8 เปรียบเทียบความหยาบผิวของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบที่ $d_x = 4$ cm เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. สมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์

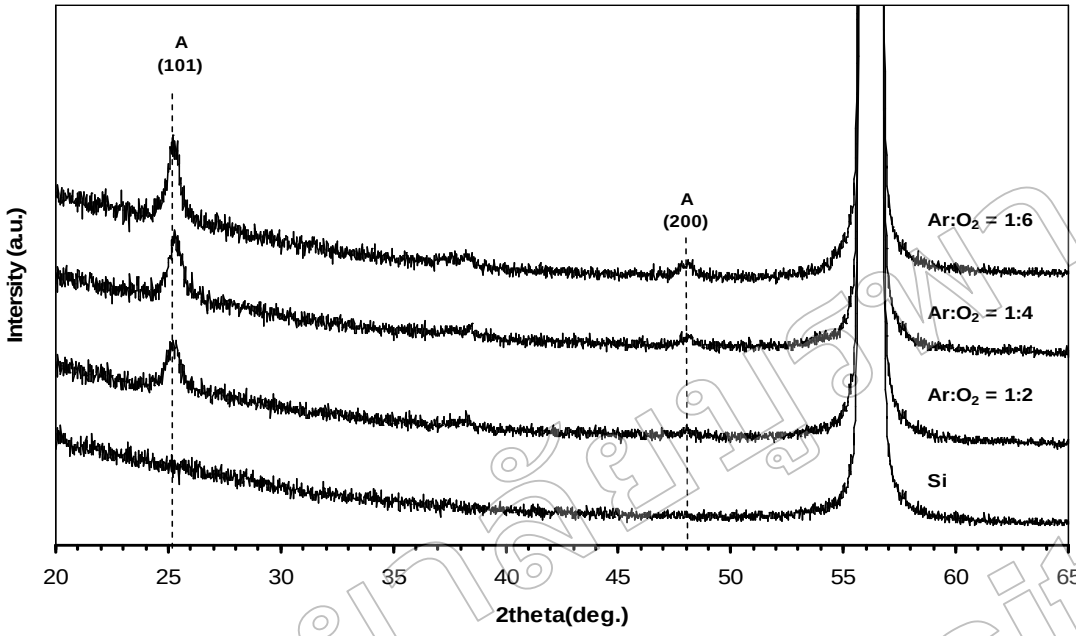
2.1 ผลของอัตราไหลแก๊สต่อลักษณะเฉพาะและสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์ม

ขั้นตอนนี้เป็นผลการศึกษาสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบบนแผ่นกระจกและแผ่นซิลิกอน ที่ตำแหน่ง d_x = 4 cm โดยแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน ฟิล์มที่เคลือบได้มีลักษณะเฉพาะและสมบัติโฟโตคะตะไลติกดังต่อไปนี้

ลักษณะเฉพาะของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ โครงสร้างผลึก ภาพที่ 4-9 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จากเทคนิค XRDของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่ตำแหน่ง d_x = 4 cm โดยแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:2 sccm 1:4 sccm และ1:6 sccm ผลการศึกษาพบว่าฟิล์มที่เคลือบได้มีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 2θ เท่ากับ 25.3 องศา สำหรับทุกค่าอัตราไหลแก๊ส เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารประกอบไททาเนียมไดออกไซด์ตามมาตรฐาน JCPDS ตรงกับไททาเนียมไดออกไซด์โครงสร้างผลึกแบบอนาเทสระนาบ (101)

ลักษณะพื้นผิวและความหนา ผลการศึกษาการเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบที่ตำแหน่ง d_x = 4 cm โดยแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน ฟิล์มที่เคลือบได้ในขั้นตอนนี้มีความหนาอยู่ในช่วง 119 nm - 140 nm และมีความหยาบผิวอยู่ในช่วง 2.6 nm- 3.6 nm ซึ่งค่าความหนาและความหยาบผิวแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4-3 จากการตรวจสอบด้วยเทคนิค AFM พบว่าสำหรับทุกค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน ฟิล์มที่ได้มีลักษณะพื้นผิวคล้ายกันมีขนาดเกรนใกล้เคียงกัน เกรนมีปลายแหลมกระจายอยู่ทั่วผิวฟิล์ม (ภาพที่ 4-10 - ภาพที่ 4-10 (c))

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

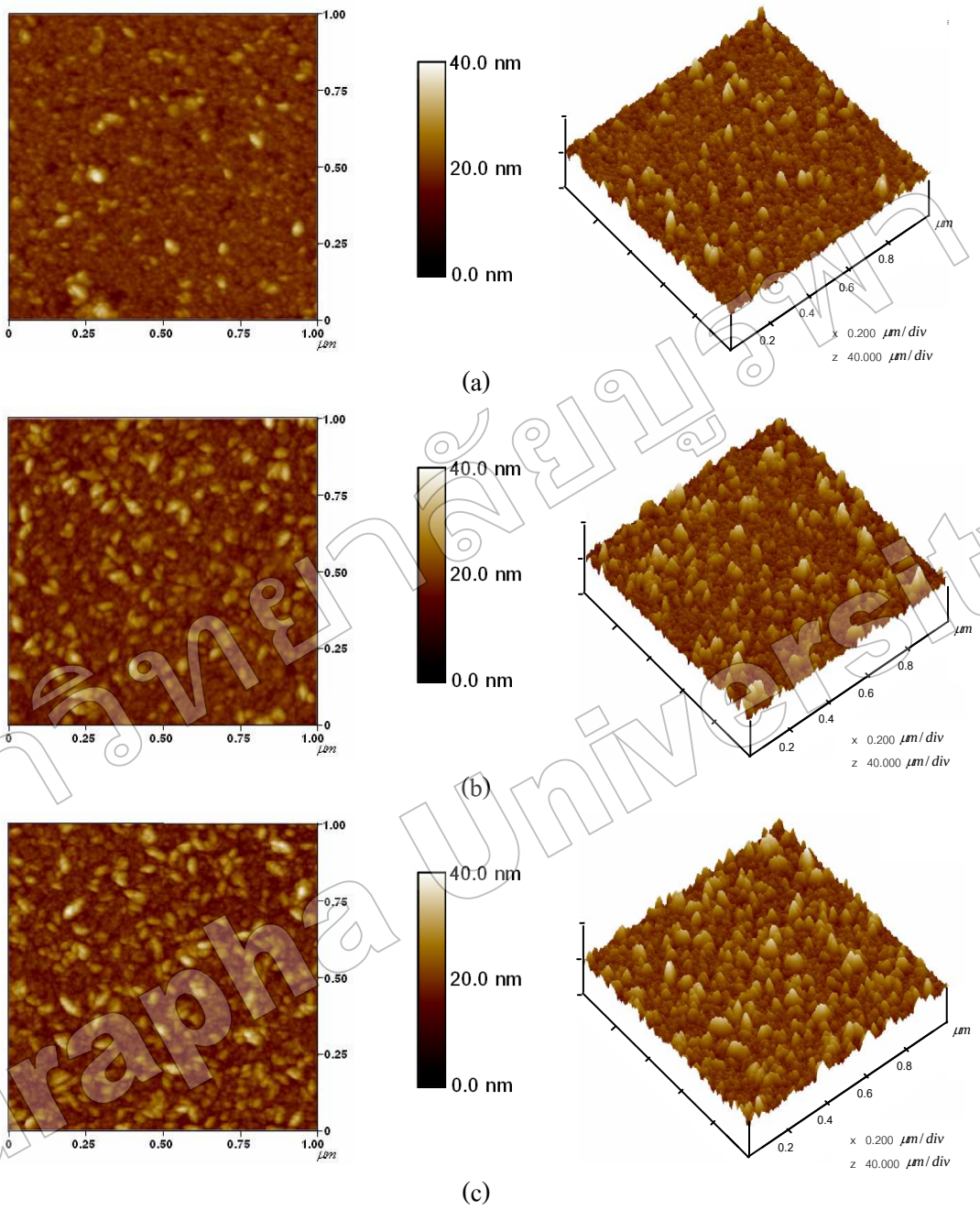


ภาพที่ 4-9 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน

ตารางที่ 4-3 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบบนกระจกเมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน

อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน (sccm)	ความหนา (nm)	ความหยาบผิว (nm)
1:2	140	2.6
1:4	123	3.4
1:6	119	3.6

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-10 ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มเคลือบเมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน

(a) อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:2 sccm

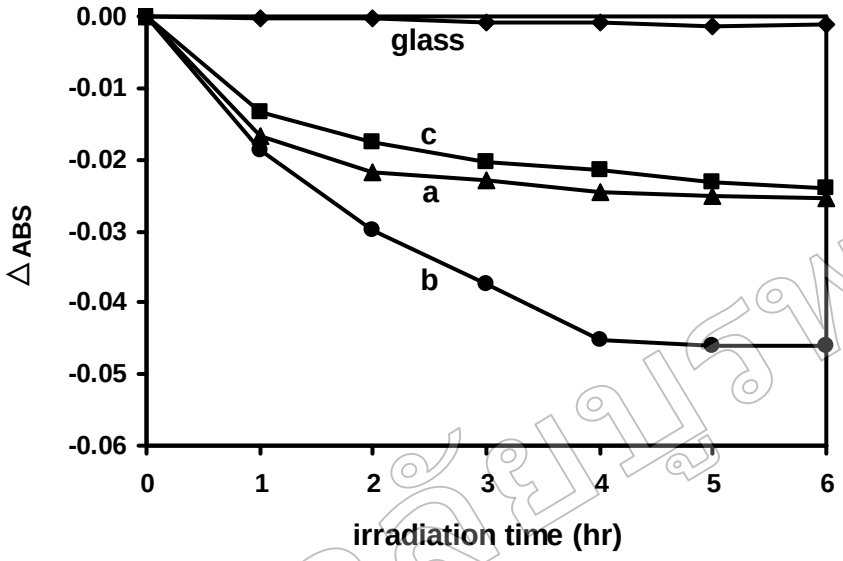
(b) อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:4 sccm

(c) อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:6 sccm

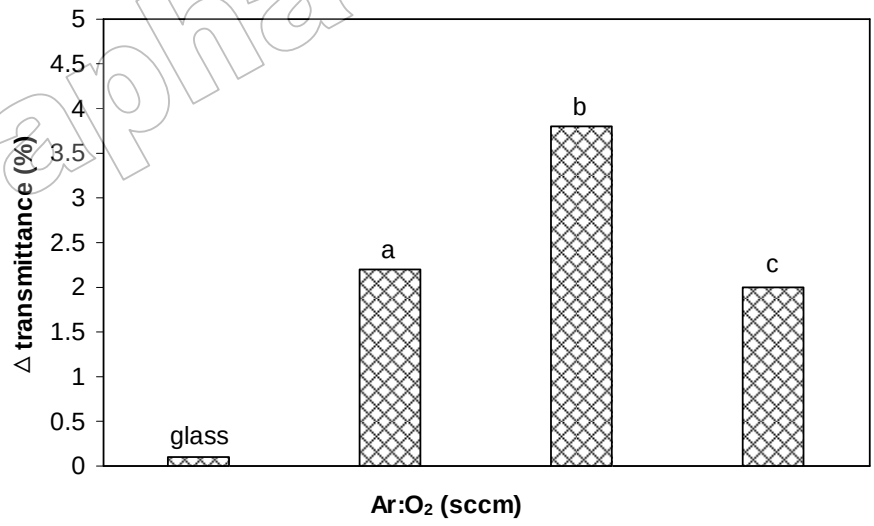
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ เมื่อนำฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้มาทดสอบสมบัติโฟโตคะตะไลติกโดยพิจารณาจากค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทีลีนบลู ซึ่งแสดงรายละเอียดค่าแอบซอร์แบนของสารเมทิลีนบลูที่ฉายแสงยูวีทุก ๆ ชั่วโมงไว้ในตาราง ก-1 และภาพที่ 4-11 แสดงค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทีลีนบลูเมื่อฉายแสงฉายยูวีที่เวลาต่าง ๆ กัน เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทิลีนบลูที่ได้จากการทดสอบสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มโดยใช้ค่าแอบซอร์แบนซ์บนกระจกเปล่าเคลือบฟิล์มเป็นตัวเปรียบเทียบ ซึ่งพบว่าฟิล์มที่เคลือบได้โดยแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนต่าง ๆ กันทุกค่า เกิดสมบัติโฟโตคะตะไลติกเมื่อฉายแสงยูวี (UV) เป็นเวลา6 ชั่วโมง ซึ่งค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทิลีนบลูบนฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:2 sccm มีค่าลดลง -0.025 ขณะที่ค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทิลีนบลูบนฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:4 sccm มีค่าลดลง -0.046 ขณะที่ค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทิลีนบลูบนฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:6 sccm มีค่าลดลง -0.024 และภาพที่ 4-12 แสดงการเปรียบเทียบค่าผลต่างของการส่งผ่านแสงก่อนฉายแสงยูวี ($\%T_0$) และค่าการส่งผ่านแสงหลังฉายแสงยูวี ($\%T_6$) เป็นเวลา 6 ชั่วโมงโดย $\Delta T\% = \%T_6 - \%T_0$ พบว่าหากเกิดการย่อยสลายสารเมทิลีนบลูในกระบวนการโฟโตคะตะไลติกแล้ว สารเมทิลีนบลูที่ย้อมบนผิวของฟิล์มจะจางลงและมีค่าการส่งผ่านแสงเพิ่มขึ้นและยังพบว่าค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทิลีนบลูบนฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:4 sccm มีค่าลดลงมากที่สุดและมีค่าผลต่างการส่งผ่านแสงหลังการฉายแสงยูวีสูงที่สุดด้วย รายละเอียดแสดงในตาราง ก-3

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-11 ค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทิลีนบลูจากการทดสอบสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มที่เคลือบเมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจน
(a) อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:2 sccm
(b) อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:4 sccm
(c) อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:6 sccm



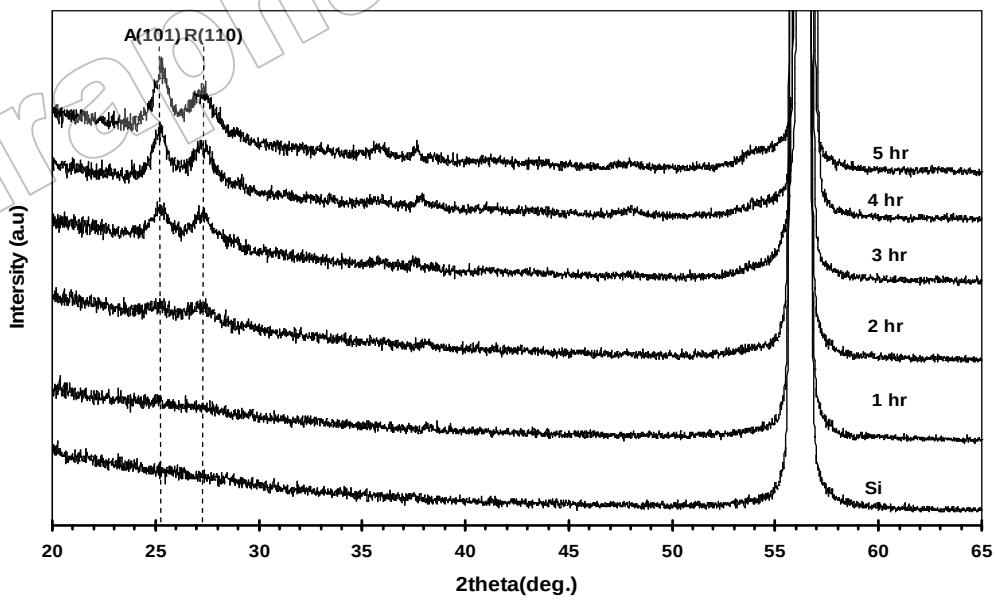
ภาพที่ 4-12 การส่งผ่านแสงเมื่อฉายแสงยูวี 6 ชั่วโมง จากการทดสอบสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนต่างกัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2 ผลของความหนาฟิล์มต่อสมบัติโฟโตคะตะไลติก

ขั้นตอนนี้เป็นผลการศึกษาสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบลงบนกระจกและแผ่นซิลิกอนโดยแปรค่าความหนาของฟิล์ม เมื่อใช้อัตราไหลแก๊สเท่ากับ 1:4 sccm ที่ตำแหน่ง d_x = 4 cm ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ฟิล์มมีโครงสร้างผลึกแบบอนาเทสและมีสมบัติโฟโตคะตะไลติกดีที่สุด การเตรียมฟิล์มชุดนี้ได้มีการเปลี่ยนอุปกรณ์การแปรค่าความต่างศักย์ที่จ่ายให้กับหัวคาโทด หลังการเปลี่ยนอุปกรณ์พบว่าความต่างศักย์ที่จ่ายให้หัวคาโทดขณะเคลือบเพิ่มขึ้นเป็น 445 V ที่กระแสคาโทดคงที่ 500 mA และตัวแปรเงื่อนไขอื่นยังคงควบคุมให้คงที่ รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ลักษณะเฉพาะของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ โครงสร้างผลึก จากภาพที่ 4-13 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จากเทคนิค XRD ของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบที่ตำแหน่ง d_x = 4 cm พบว่าเมื่อเคลือบฟิล์มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะไม่พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของไททาเนียมไดออกไซด์ แต่เมื่อเคลือบฟิล์มเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 2θ เท่ากับ 25.3 องศา และ 27.4 องศา เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารประกอบ ไททาเนียมไดออกไซด์ตามมาตรฐาน JCPDS พบว่าตรงกับไททาเนียมไดออกไซด์โครงสร้างผลึกแบบอนาเทสระนาบ (101) และรูไทล์ระนาบ (110) นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาของฟิล์มเพิ่มขึ้นตามลำดับ



ภาพที่ 4-13 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เวลาเคลือบต่าง ๆ

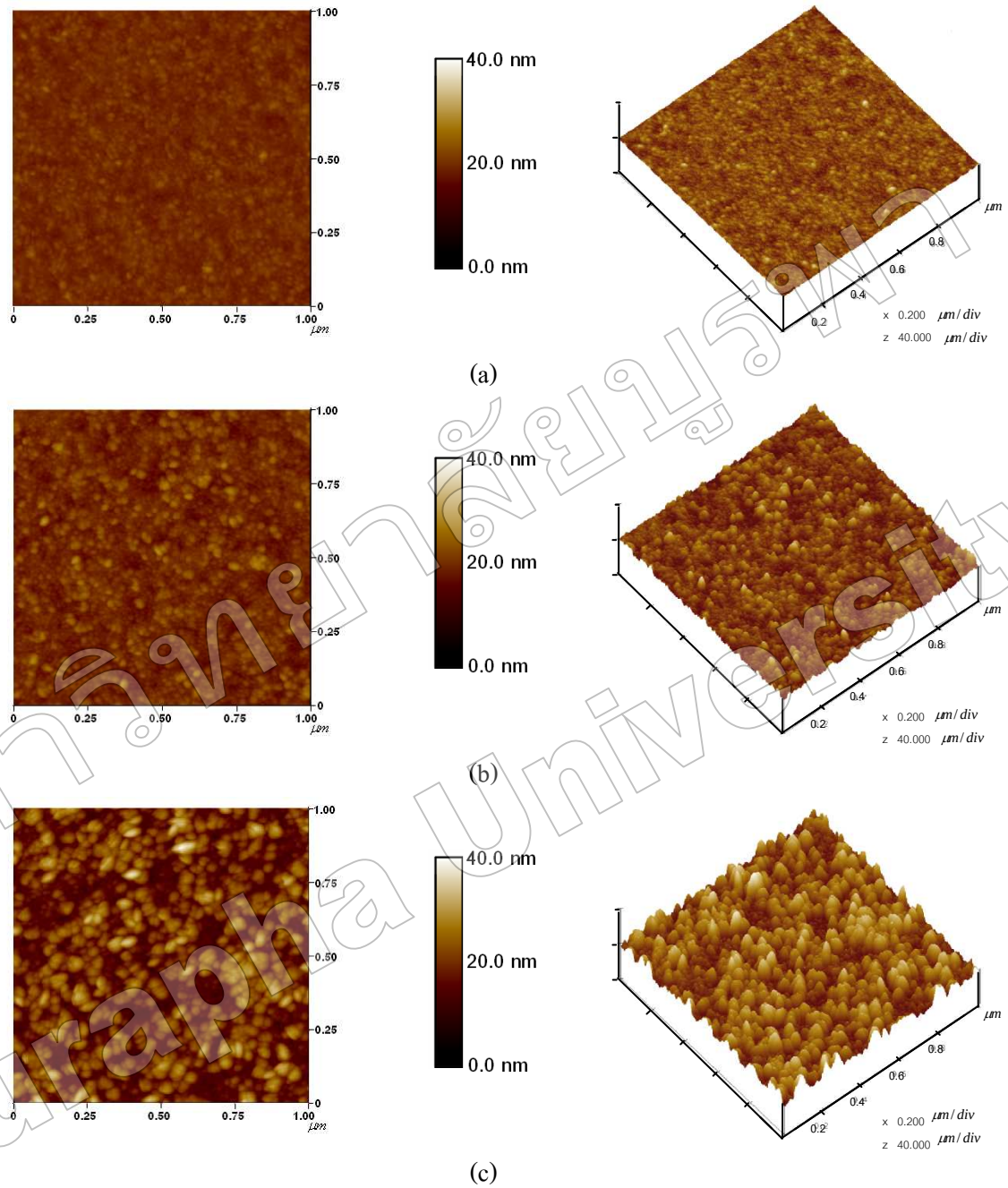
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ลักษณะพื้นผิวและความหนา ผลการศึกษาการเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบที่ตำแหน่ง d_x = 4 cm อัตราไหลแก๊สอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 1:4 sccm และแปรค่าเวลาการเคลือบ ฟิล์มที่เคลือบได้ในขั้นตอนนี้มีความหนาอยู่ในช่วง 51 nm - 220 nm และมีความหยาบผิวอยู่ในช่วง 0.8 nm- 7.0 nm ซึ่งค่าความหนาและความหยาบผิวแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4-4 จากการตรวจสอบด้วยเทคนิค AFM พบว่าเมื่อเคลือบฟิล์มเป็นเวลานานขึ้นฟิล์มที่ได้จะมีความหนาเพิ่มขึ้นและยังพบว่าเมื่อเคลือบฟิล์มเป็นเวลานานขึ้นจะพบลักษณะเกรนของฟิล์มโตขึ้นและมีลักษณะปลายมนขนาดเล็กใหญ่ปะปนกัน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเคลือบฟิล์มเป็นเวลานานขึ้นฟิล์มที่ได้จะมีความหยาบผิวเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มที่เคลือบได้ในขั้นตอนี้แสดงในภาพที่ 4-14 (a) - ภาพที่ 4-14 (e)

ตารางที่ 4-4 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์
เมื่อใช้เวลาการเคลือบฟิล์มต่าง ๆ กัน

เวลาการเคลือบ (ชั่วโมง)	ความหนา (nm)	ความหยาบผิว (nm)
1	51	0.8
2	73	1.4
3	133	3.7
4	184	4.6
5	220	7.0

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



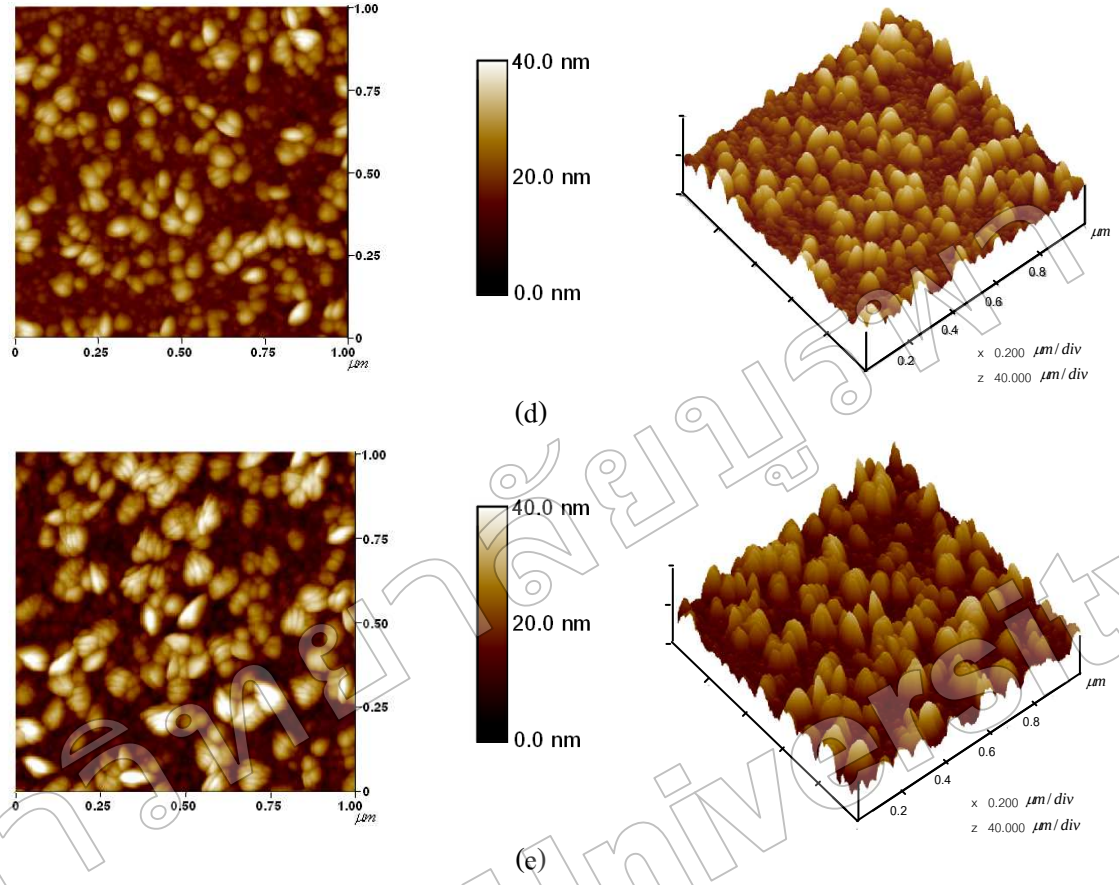
ภาพที่ 4-14 ลักษณะพื้นผิวและความหนาของฟิล์มที่เคลือบด้วยเวลาการเคลือบต่าง ๆ กัน

(a) เวลาการเคลือบ 1 ชั่วโมง ความหนาเท่ากับ 51 nm

(b) เวลาการเคลือบ 2 ชั่วโมง ความหนาเท่ากับ 73 nm

(c) เวลาการเคลือบ 3 ชั่วโมง ความหนาเท่ากับ 133 nm

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-14 ลักษณะพื้นผิวและความหนาของฟิล์มที่เคลือบด้วยเวลาการเคลือบต่าง ๆ กัน (ต่อ)

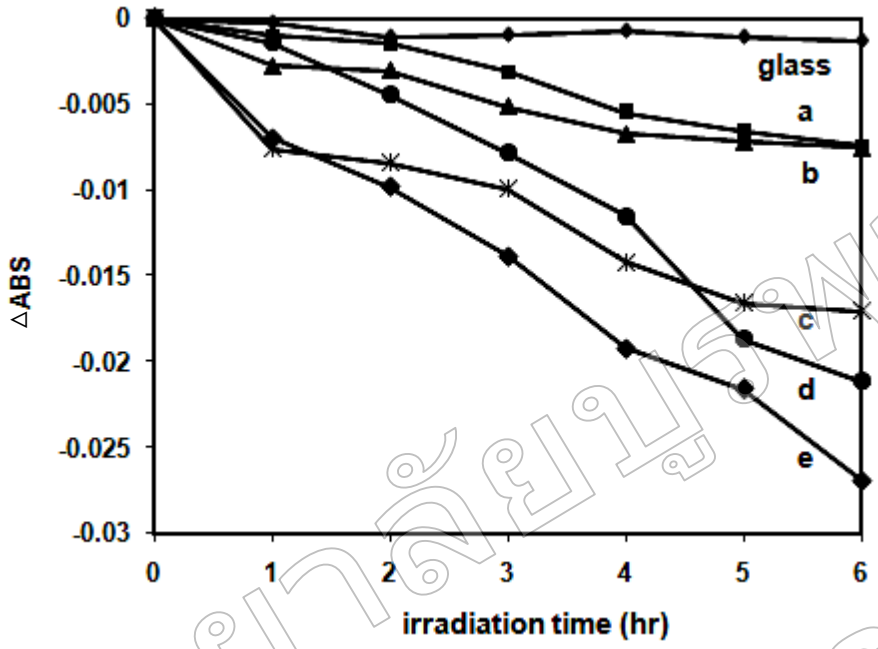
(d) เวลาการเคลือบ 4 ชั่วโมง ความหนาเท่ากับ 184 nm

(e) เวลาการเคลือบ 5 ชั่วโมง ความหนาเท่ากับ 220 nm

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ เมื่อนำฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบความหนาต่างกันไปทดสอบสมบัติ โฟโตคะตะไลติกโดยพิจารณาจากค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทีลีนบลูผลการทดสอบที่ได้แสดงรายละเอียดในตาราง ก-2 และจากภาพที่ 4-15 ได้แสดงการเปรียบเทียบค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทิลีนบลูบนฟิล์มเมื่อฉายแสงยูวีเวลาที่เวลาต่าง ๆ กัน การทดสอบสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มจะพิจารณาเปรียบเทียบค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทิลีนบลูบนกระจกเคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ โดยมีกระจกเปล่าไม่เคลือบฟิล์มเป็นตัวเปรียบเทียบ พบว่าฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีความหนาต่างกันทุกค่า สามารถเกิดสมบัติโฟโตคะตะไลติกได้เมื่อสัมผัสแสงยูวีและเมื่อฉายแสงยูวีเป็นเวลา 6 ชั่งโมง พบค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทิลีนบลูลดลงเป็นดังนี้ฟิล์มที่ความหนา 51 nm ค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทิลีนบลูลดลง -0.007 ฟิล์มที่มีความหนา 73 nm ค่าแอบซอร์แบนซ์ลดลง -0.007 ฟิล์มที่มีความหนา 133 nm ค่าแอบซอร์แบนซ์ลูลดลง -0.017 ฟิล์มที่มีความหนา184 nm ค่าแอบซอร์แบนซ์ลดลง -0.02 และฟิล์มที่มีความหนา 220 nm ค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทิลีนบลูลดลง -0.027
จากภาพที่ 4-16 แสดงค่าการส่งผ่านแสงที่เพิ่มขึ้นเมื่อการฉายแสงยูวี 6 ชั่วโมง หลังการทดสอบสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ เป็นการเปรียบเทียบผลต่างค่าการส่งผ่านแสงก่อนฉายแสงยูวี ($\%T_0$) และการส่งผ่านแสงหลังฉายแสงยูวี ($\%T_6$) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง $\Delta T\% = \%T_6 - \%T_0$ เมื่อเกิดการย่อยสลายสารเมทิลีนบลูในกระบวนการโฟโตคะตะไลติกแล้ว สารเมทิลีนบลูที่ติดอยู่บนผิวของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์จะมีสีจางลงและส่งผ่านแสงได้ดีขึ้น รายละเอียดแสดงในตาราง ก-4

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-15 ค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารเมทิลีนบลูจากการทดสอบสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มที่มีความหนาต่างกัน

(a) ความหนาเท่ากับ 51 nm

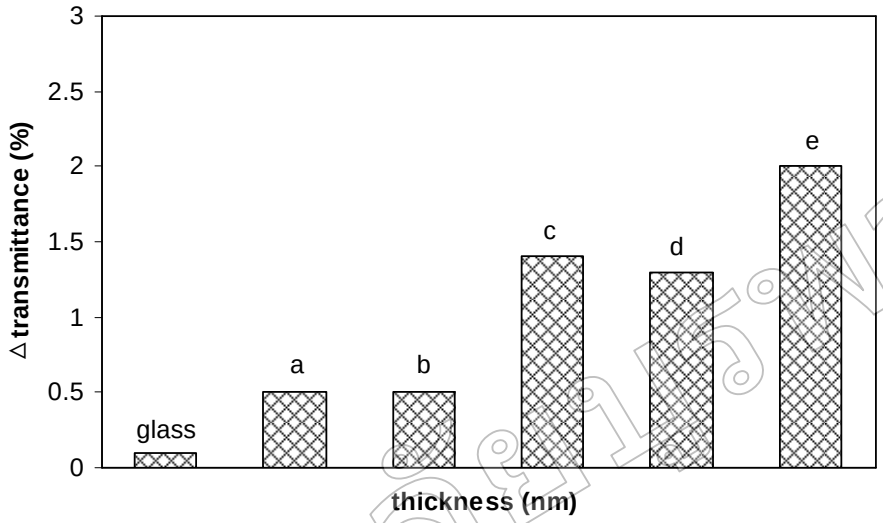
(b) ความหนาเท่ากับ 73 nm

(c) ความหนาเท่ากับ 133 nm

(d) ความหนาเท่ากับ 184 nm

(e) ความหนาเท่ากับ 220 nm

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-16 ค่าการส่งผ่านแสงของฟิล์มที่ย้อมเมทิลีนบลู เมื่อสัมผัสแสงยูวีเป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังการทดสอบสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีความหนาต่างกัน
(a) ความหนาเท่ากับ 51 nm
(b) ความหนาเท่ากับ 73 nm
(c) ความหนาเท่ากับ 133 nm
(d) ความหนาเท่ากับ 184 nm
(e) ความหนาเท่ากับ 220 nm

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University