สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
2.1	ระนาบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตั้งฉากตามเวกเตอร์ k……	6
2.2	แสงตกกระทบที่พื้นผิวรอยต่อของตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเห $\tilde{N}_1$ และตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเห $\tilde{N}_2$ เมื่อ θ_i คือ มุมตกกระทบ θ_r คือ มุมสะท้อน θ_t คือ มุมส่งผ่าน	10
2.3	การเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายใน a.) ตัวกลางโปร่งแสง $k = 0$ และ b.) ตัวกลางที่มีการดูดกลืนแสง $k > 0$ ……	12
2.4	การโพลาไรซ์ของแสง a.) แสงโพลาไรซ์เชิงแส้น และ b.) แสงโพลาไรซ์วงรี……..	15
2.5	ไดโพลไฟฟ้า a.) ทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้า และ b.) เกิดแรงกระทำต่อไดโพล…	16
2.6	แสดงระนาบตกกระทบซึ่งประกอบด้วยแอมปลิจูดของสนามไฟฟ้าที่เคลื่อนที่เข้าและตั้งฉากกับพื้นผิวตัวอย่าง โดยมีแอมปลิจูดของสนามไฟฟ้าในแนวขนาน (E_p) และสนามไฟฟ้าในแนวตั้งฉาก (E_s) กับระนาบตกกระทบ……...	18
2.7	การส่งผ่านแสงผ่านฟิล์มหนา d ที่เคลือบบนกระจกโปร่งแสง…….	20
2.8	เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของฟิล์มที่ความหนาค่าต่าง ๆ……	20
2.9	การจำลองสเปกตรัมการส่งผ่านแสงของฟิล์มที่เคลือบลงบนกระจกที่มีค่าการส่งผ่านเป็น T_s พีคการส่งผ่านสูงสุด T_M และพีคการส่งผ่านต่ำสุด T_m ……..	21

2.10 กราฟระหว่าง $l/2$ กับ n/λ ซึ่งใช้กำหนดตัวเลขลำดับที่ของพีคการแทรกสอด และความหนาฟิล์ม……. 26

3.1 Variable Angle Spectroscopic Ellipsometer (VASE) ที่มีตัวรับแสงเพื่อวิเคราะห์แบบหมุนรอบแกน (Rotating Analyzer Ellipsometer,RAE)……. 28

3.2 แผนภาพขั้นตอนการหาค่าความหนาและค่าคงที่ทางแสงของฟิล์มที่วัดได้จากเครื่อง VASE ด้วยโปรแกรม WVASE32…….. 28

3.3 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แบบ Dual Beam รุ่น λ-900 UV/Vis…… 31

3.4 แผนภาพประกอบวิธีการวิเคราะห์ค่าดัชนีหักเหและความหนาของฟิล์ม……. 35

3.5 เครื่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบเลื่อนกราด รุ่น S4700…….. 37

3.6 เครื่อง X-ray diffractometer รุ่น D8 Advance…… 38

3.7 เครื่องสปัตเตอริง รุ่น ATC 2000F…… 39

3.8 a.) Sputtering gun ภายใน Main champber และ b.)การประกอบชิ้นส่วนตำแหน่ง Sputtering gun…… 40

3.9 Main champber…….. 41

3.10 การนำแผ่นวัสดุรองรับวางไว้บน Substrate holder…… 41

3.11 Load lock champber…… 41

3.12 ขั้นตอนการทำความสะอาดแผ่นรองรับ……... 43

4.1 แบบจำลองทางกายภาพของฟิล์ม a.) แบบจำลองชั้นเดียว (Single Layer Model:

SLM) b.) แบบจำลองสองชั้น (Double Layer Model: DLM)..... 46

4.2 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ)และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงระหว่างพลังงานโฟตอน 0.75-3 eV จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรสโคร-ปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของฟิล์ม ZrO_2 ทำการเคลือบบน C-Si เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ผลการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองทางกายภาพหนึ่งชั้น และสองชั้น กับผลการทดลอง..... 47

4.3 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ)และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงระหว่างพลังงานโฟตอน 0.75-3 eV จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรสโคร-ปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของฟิล์ม ZrO_2 ทำการเคลือบบน C-Si เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงความแตกต่างระหว่างแบบจำลองทางแสงของคอร์ซี และสมการของทาวน์ลอเรนซ์ 1 และ 2 ออสซิเลเตอร์..... 50

4.4 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ)และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงระหว่างพลังงานโฟตอน 0.75-3 eV จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรสโคร-ปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของฟิล์ม ZrO_2 ทำการเคลือบบน C-Si เป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยใช้แบบจำลองทางกายภาพสองชั้นและแบบจำลองทางแสงจากสมการทาวน์ลอเรนซ์ 2 ออสซิเลเตอร์..... 53

4.5 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ) และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ)

ของแสงระหว่างพลังงานโฟตอน 0.75-3 eV จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรสโคร-ปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของฟิล์ม ZrO_2 ทำการเคลือบบน C-Si เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยใช้แบบจำลองทางกายภาพสองชั้นและแบบจำลองทางแสงจากสมการทาวน์ลอเรนซ์ 2 ออสซิเลเตอร์…….. 54

4.6 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ)และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงระหว่างพลังงานโฟตอน 0.75-3 eV จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรสโคร-ปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของฟิล์ม ZrO_2 ทำการเคลือบบน C-Si เป็นเวลา 7 ชั่วโมง โดยใช้แบบจำลองทางกายภาพสองชั้นและแบบจำลองทางแสงจากสมการทาวน์ลอเรนซ์ 2 ออสซิเลเตอร์…….. 55

4.7 ค่าดัชนีหักเหของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ S4H S5H S6H และ S7H ที่ใช้เวลาในการเคลือบ 4 5 6 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ…… 57

4.8 ค่าสัมประสิทธิ์การดับสูญของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ S4H S5H S6H และ S7H ที่ใช้เวลาในการเคลือบ 4 5 6 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ…… 58

4.9 ค่าช่องว่างพลังงานของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ S4H S5H S6H และ S7H ที่ใช้เวลาในการเคลือบ 4 5 6 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ…….. 59

4.10 เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านแสงของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบด้วยเวลาต่างกัน 61

4.11 เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านแสงที่ความยาวคลื่นแสง 550 nm และเปอร์เซ็นต์การส่งผ่าน

แสงเฉลี่ยในช่วงตามองเห็นของฟิล์ม ZrO_2 ที่เคลือบด้วยเวลาต่างกัน…….....…….. 61

4.12 เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านแสงของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ทำการเคลือบเป็นเวลา 4 ชั่วโมง เคลือบลงบนกระจกที่มีการส่งผ่านแสงเป็น T_s พีคการส่งผ่านแสงสูงสุด T_M และพีคการส่งผ่านแสงต่ำสุดเป็น T_m ……. 63

4.13 เปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการ Swanepole เทคนิค SE และจากรายงานอ้างอิง…….....…… 64

4.14 กราฟระหว่าง l/2 กับ n/λ ของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบเป็นเวลา 4 5 6 และ 7 ชั่วโมง……... 65

4.15 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ทำการเคลือบฟิล์มด้วยเวลา 4 5 6 และ 7 ชั่วโมง…… 66

4.16 เปรียบเทียบความหนาของฟิล์มจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FE-SEM เทคนิค SE และวิธีการแทรกสอดของคลื่นแสง…… 67

4.17 a.) ภาพถ่ายของฟิล์ม b.) เปอร์เซ็นต์ค่าการส่งผ่านแสงของฟิล์มเซอร์โคเนียมที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 200 300 400 และ 500°C เป็นเวลา 60 นาที…….. 69

4.18 พีคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มเซอร์โคเนียมและฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 200 300 400 และ 500 °C เป็นเวลา 60 นาที…… 70

4.19 a.) ภาพถ่ายของฟิล์ม b.) เปอร์เซ็นต์ค่าการส่งผ่านแสงของฟิล์มเซอร์โคเนียม

ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 5 15 30 และ 60 นาที..... 72

4.20 เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านแสงที่ความยาวคลื่นแสง 550 นาโนเมตร และเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านแสงเฉลี่ยในช่วงตามองเห็นของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 5 15 30 และ 60 นาที..... 72

4.21 พีคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 500 °C เป็นเวลา 5 15 30 และ 60 นาที..... 73

4.22 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ) และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงระหว่างพลังงานโฟตอน 0.75-6 eV จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรสโครปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของฟิล์ม ZrO_2 ที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 5 นาที โดยใช้แบบจำลองทางกายภาพสองชั้นและแบบจำลองทางแสงจากสมการทาวน์ลอเรนซ์ด้วย 2 ออสซิเลเตอร์..... 75

4.23 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ) และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงระหว่างพลังงานโฟตอน 0.75-6 eV จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรสโครปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของฟิล์ม ZrO_2 ที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 15 นาที โดยใช้แบบจำลองทางกายภาพสองชั้นและแบบจำลองทางแสงจากสมการทาวน์ลอเรนซ์ด้วย 2 ออสซิเลเตอร์..... 76

4.24 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ) และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงระหว่างพลังงานโฟตอน 0.75-6 eV จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรสโครปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของฟิล์ม ZrO_2 ที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้แบบจำลองทางกายภาพสองชั้นและแบบจำลองทางแสงจากสมการทาวน์ลอเรนซ์ด้วย 2 ออสซิเลเตอร์..... 77

4.25 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ) และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงระหว่างพลังงานโฟตอน 0.75-6 eV จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรสโครปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของฟิล์ม ZrO_2 ที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้แบบจำลองทางกายภาพสองชั้นและแบบจำลองทางแสงจากสมการทาวน์ลอเรนซ์ด้วย 2 ออสซิเลเตอร์..... 78

4.26 ค่าดัชนีหักเหของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 5 15 30 และ 60 นาที..... 80

4.27 ค่าสัมประสิทธิ์การดับสูญของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 5 15 30 และ 60 นาที..... 81

4.28 ค่าช่องว่างพลังงานของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา a.) 5 b.) 15 c.) 30 และ d.) 60 นาที..... 82

4.29 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ผ่าน

การอบด้วยอุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา a.) 5 b.) 15 c.) 30 และ d.) 60 นาที… 83

4.30 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ) และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงระหว่างความยาวคลื่น 400 -1200 nm จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตร-สโครปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ที่ทำการเคลือบบน Monitor glass โดยใช้แบบจำลองทางกายภาพสองชั้นและแบบจำลองทางแสงจากสมการเซลล์มายด์ …….. 86

4.31 เปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ที่เคลือบ 1 ชั้น กับค่าดัชนีหักเหของ Bulk material ที่ทำการวิเคราะห์โดย Palik…….. 87

4.32 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ) และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงระหว่างความยาวคลื่น 400 -1200 nm จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตร-สโครปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ทำการเคลือบบน Monitor glass โดยใช้แบบจำลองทางกายภาพสองชั้นและแบบจำลองทางแสงจากสมการคอร์ชี ……. 88

4.33 เปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่ทำการเคลือบ 1 ชั้น กับค่าดัชนีหักเหของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์จากรายงานอ้างอิงที่เตรียมด้วยวิธีระเหยสารและวิธีสปัตเตอริง…….. 90

4.34 เปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหของฟิล์มจากเครื่องเคลือบฟิล์มทั้งสามเครื่อง

a.) ฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ b.) ฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์..... 90

4.35 แบบจำลองฟิล์มบาง 5 ชั้น สำหรับเคลือบป้องกันการสะท้อนแสง..... 91

4.36 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ) และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงในช่วงความยาวคลื่น 400 -1200 nm จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรสโครปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของตัวอย่างฟิล์มบาง 5 ชั้น ที่เคลือบจากเครื่องเคลือบที่หนึ่ง โดยทำการสร้างแบบจำลองด้วยการ Couple ค่าดัชนีหักเหของชั้นฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์และฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์..... 92

4.37 เปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหแต่ละชั้นฟิล์มของฟิล์มบาง 5 ชั้นกับฟิล์มที่เคลือบ 1 ชั้น โดยทำการ Couple ทั้งค่าดัชนีหักเหของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์และฟิล์มเซอร์โค-เนียมไดออกไซด์ a.) ฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ b.) ฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์.... 93

4.38 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ) และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงในช่วงความยาวคลื่น 400 -1200 nm จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรสโครปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของตัวอย่างฟิล์มบาง 5 ชั้น ที่เคลือบจากเครื่องเคลือบที่หนึ่ง โดยทำการสร้างแบบจำลองด้วยการ Couple เฉพาะค่าดัชนีหักเหของชั้นฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์..... 94

4.39 เปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหแต่ละชั้นฟิล์มของฟิล์มบาง 5 ชั้นกับฟิล์มที่เคลือบ 1 ชั้น โดยทำการ Couple เฉพาะค่าดัชนีหักเหของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ a.) ฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ b.) ฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์..... 95

4.40 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ) และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงในช่วงความยาวคลื่น 400 -1200 nm จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรสโครปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของตัวอย่างฟิล์มบาง 5 ชั้น ที่เคลือบจากเครื่องเคลือบที่หนึ่ง โดยทำการสร้างแบบจำลองด้วยการ Couple เฉพาะค่าดัชนีหักเหของชั้นฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์..... 96

4.41 เปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหแต่ละชั้นฟิล์มของฟิล์มบาง 5 ชั้นกับฟิล์มที่เคลือบ 1 ชั้น โดยทำการ Couple เฉพาะค่าดัชนีหักเหของฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ a.) ฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ b.) ฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์..... 97

4.42 เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด (Ψ) และการเปลี่ยนแปลงเฟส (Δ) ของแสงในช่วงความยาวคลื่น 400 -1200 nm จากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรสโครปิกอีลิปโซมิเตอร์ มุมตกกระทบ 70 องศา ของตัวอย่างฟิล์มบาง 5 ชั้น ที่เคลือบจากเครื่องเคลือบที่หนึ่ง โดยทำการสร้างแบบจำลองด้วยการ ไม่ Couple ค่าดัชนีหักเหของชั้นฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์และฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์..... 98

4.43 เปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหแต่ละชั้นฟิล์มของฟิล์มบาง 5 ชั้นกับฟิล์มที่เคลือบ 1 ชั้น

โดยทำการ ไม่ Couple ทั้งค่าดัชนีหักเหของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์และฟิล์มเซอร์โค-เนียมไดออกไซด์ a.) ฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ b.) ฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์..... 99

4.44 เปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์และฟิล์มเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ในระบบฟิล์มบาง 5 ชั้น จากการสร้างแบบจำลองทั้ง 4 แบบ..... 100

4.45 เปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหของฟิล์มที่ทำการ Couple เฉพาะค่าดัชนีหักเหของฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์จากเครื่องเคลือบที่ 1 (AR_01) เครื่องเคลือบที่ 2 (AR_02) และเครื่องเคลือบที่ 3 (AR_03) โดย a.) ฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์ b.) ฟิล์มเซอร์โคเนียมชั้นที่สอง (L2) และชั้นที่สี่ (L4)..... 101

4.46 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความหนาของฟิล์ม 5 ชั้นที่ทำการเคลือบจากเครื่องที่ 1 (AR_01) เครื่องที่ 2 (AR_02) และเครื่องที่ 3 (AR_03)..... 102

4.47 เปรียบเทียบการส่งผ่านแสงของฟิล์มบาง 5 ชั้น จากเครื่องเคลือบที่ 1 (AR_01) เครื่องเคลือบที่ 2 (AR_02) และเครื่องเคลือบที่ 3 (AR_03) a.) สเปกตรัมเปอร์เซ็นต์ค่าการส่งผ่านแสง b.) เปอร์เซ็นต์ค่าการส่งผ่านเฉลี่ยในช่วงตามองเห็นและเปอร์เซ็นต์ค่าการส่งผ่านแสงที่ความยาวคลื่นแสง 550 นาโนเมตร..... 103