

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทาง Optical ของหน้าต่างกระจกและหน้าต่างกระจกติดฟิล์ม

ในบทนี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนการเตรียมและศึกษาข้อมูลทาง Optical ของชุดหน้าต่างกระจกที่จะนำมาติดฟิล์มกรองแสง ชนิดของฟิล์ม ที่แปรตามความยาวคลื่น และเป็นค่าเฉลี่ยรวม ที่ใช้ในงานวิจัย ค่าคุณสมบัติของหน้าต่างกระจกชนิดต่าง ๆ กันที่แปรตามความยาวคลื่นจะแสดงถึงคุณลักษณะของการส่งผ่านแสงและความร้อนและการสะท้อนรังสีที่แตกต่างกันไป รวมทั้งเมื่อพิจารณาถึงค่าคุณสมบัติที่แปรตามความยาวคลื่นของฟิล์มและเมื่อนำมาติดกับหน้าต่างกระจกแบบต่าง ๆ จะให้ค่าคุณลักษณะของการส่งผ่านรังสี และการสะท้อนรังสีที่แตกต่างกันไป นอกจากนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงการกำหนดสภาวะอากาศภายนอกและภายใน ลักษณะของห้องและตำแหน่งของผู้อยู่อาศัย ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนและการส่งผ่านความร้อนของชุดหน้าต่างกระจก

4.1.1 ข้อมูลชุดหน้าต่างกระจก

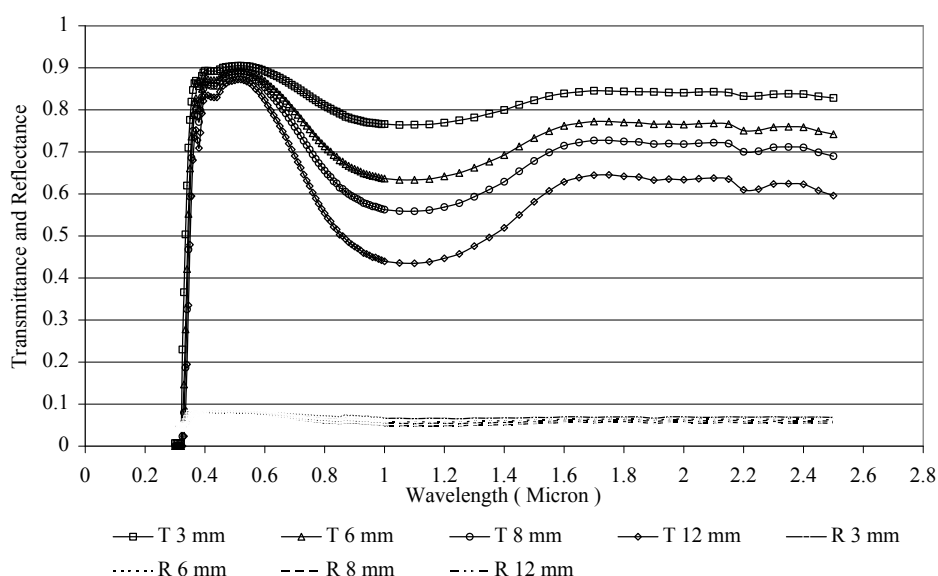
หน้าต่างกระจกที่จะทำการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ อาจแบ่งออกเป็น หน้าต่างกระจกใส หน้าต่างกระจกสี หน้าต่างกระจกสะท้อนแสง และหน้าต่างกระจกสองชั้น (Double glazing) หรือบางครั้งจะเรียกว่า กระจกฉนวน (Insulating glass) ในหน้าต่างกระจกสองชั้นยังแบ่งเป็น หน้าต่างที่ใช้กระจกใส เป็นกระจกแผ่นนอก หน้าต่างที่ใช้กระจกสีเป็นกระจกแผ่นนอก หน้าต่างที่ใช้กระจกสะท้อนแสงเป็นกระจกแผ่นนอก และหน้าต่างที่ใช้กระจกใส กระจกสี กระจกสะท้อนแสงที่เคลือบสาร low-e เป็นกระจกแผ่นนอก ทำให้จำนวนกระจกที่จะทำการวิเคราะห์ทั้งกระจกชั้นเดียวและกระจกสองชั้นมีจำนวนรวมไม่น้อยกว่า 400 ตัวอย่าง กระจกที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน สำหรับฟิล์มกรองแสงที่จะทำการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้มีจำนวน 47 ชนิด และเมื่อนำมาปะติดกับกระจกใสและกระจกสีชั้นเดียว และกระจกสองชั้นที่เป็นกระจกใสจะมีจำนวนกระจกติดฟิล์มที่มีคุณสมบัติต่างกันที่จะต้องทำการวิเคราะห์เป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 920 ตัวอย่างกระจกติดฟิล์มที่มีคุณสมบัติต่างกัน

สำหรับข้อมูลของชุดหน้าต่างกระจกที่จะนำมาติดฟิล์มกรองแสง ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะเลือกตามชนิดของหน้าต่างกระจกที่มีขายในท้องตลาด และชนิดที่นิยมนำมาใช้งานเป็นกรอบอาคาร หน้าต่างกระจกที่มีขายในท้องตลาดมีหลายชนิดด้วยกัน โดยชนิดของหน้าต่างกระจกที่นิยมนำมาติดฟิล์มกรองแสงส่วนใหญ่จะแบ่งออกเป็น 3 แบบด้วยกันคือ กระจกใส กระจกสี (Tinted glass) และกระจกสองชั้น (Double glazing) ที่เป็นกระจกใสทั้งสอง สำหรับข้อมูลที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลของ

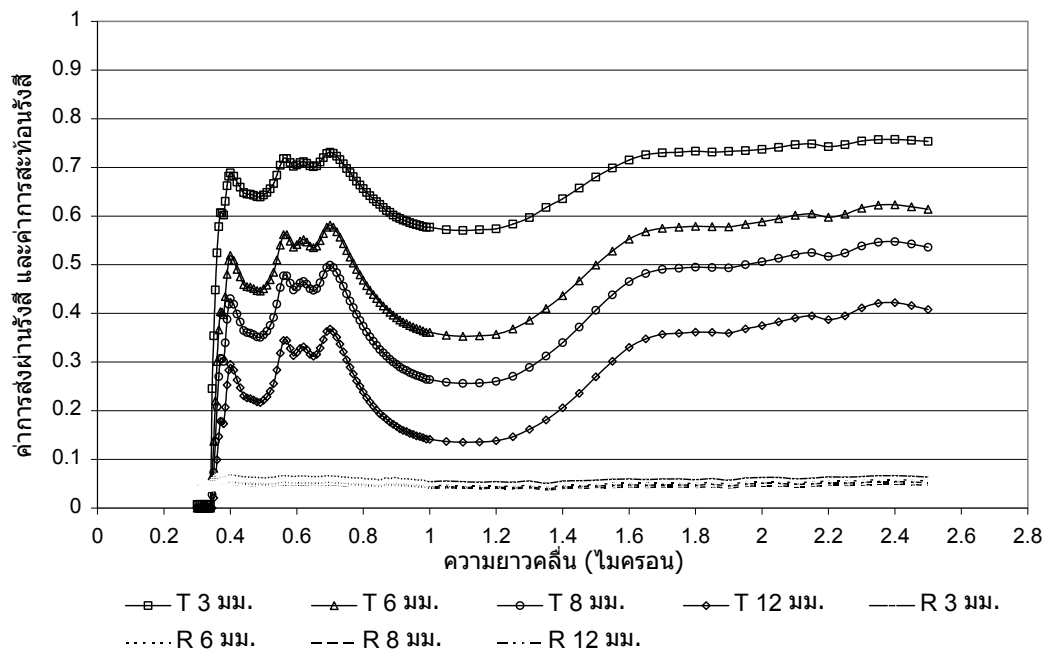
หน้าต่างกระจกพื้นฐานจากเพิ่มข้อมูลของโปรแกรม optic 5.02 ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลที่แปรตามความยาวคลื่น และข้อมูลของหน้าต่างกระจกที่ผลิตในประเทศไทย

สำหรับข้อมูลทาง optical ของหน้าต่างกระจก 2 ชั้นจะสามารถหาได้โดยการนำข้อมูลทาง optical ของหน้าต่างกระจกแต่ละชั้นที่ได้จากข้อมูลของกระจก 1 ชั้น มาทำการคำนวณหาคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจก 2 ชั้นได้โดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

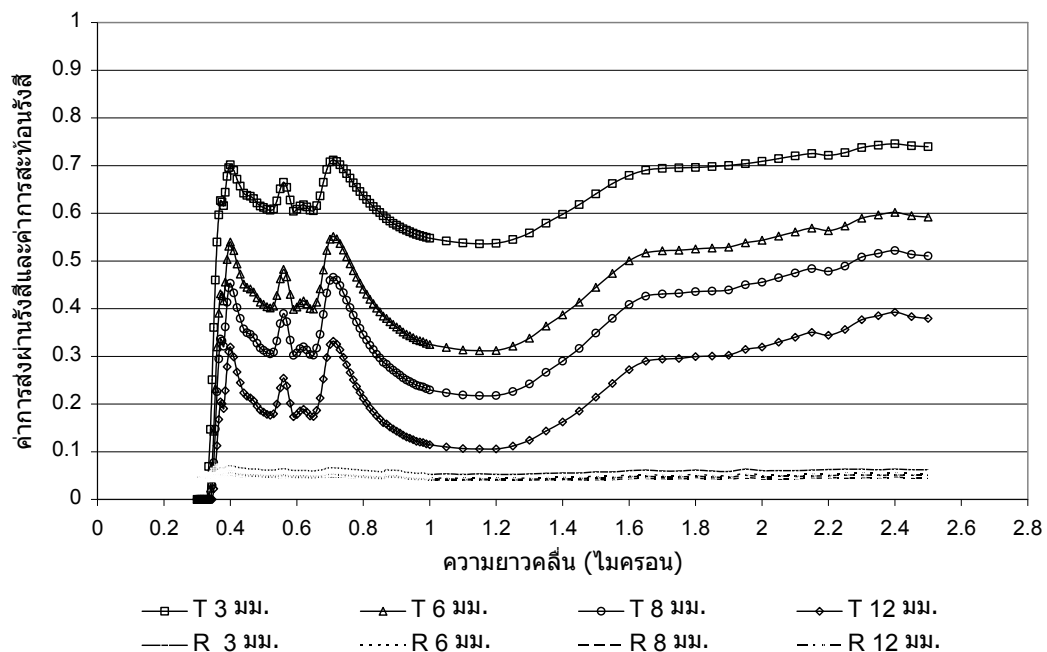
ตัวอย่างของคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจกใสและกระจกสีที่แปรตามความยาวคลื่นแสง อันได้แก่ ค่าการส่งผ่านรังสี (Transmittance) และค่าการสะท้อนรังสี (Reflectance) จะถูกแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ถึง 4.4



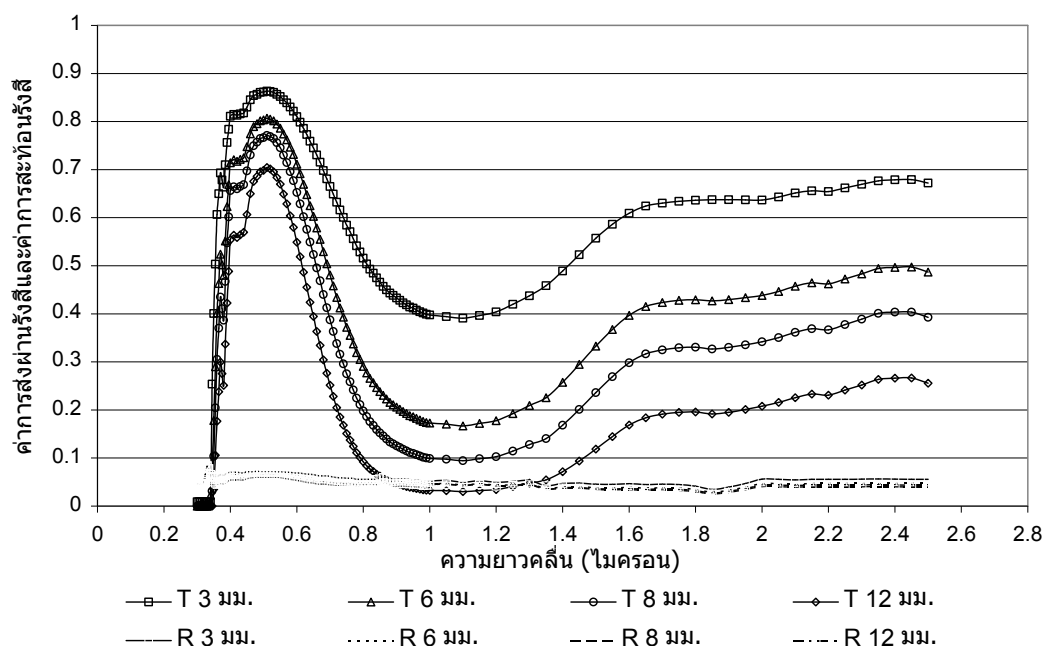
รูปที่ 4.1 ค่าคุณสมบัติการส่งผ่านรังสีและค่าการสะท้อนรังสีที่แปรตามความยาวคลื่นของหน้าต่างกระจกใสที่มีความหนาต่างกัน T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี R คือค่าการสะท้อนรังสี



รูปที่ 4.2 ค่าการส่งผ่านรังสีและค่าการสะท้อนรังสีที่แปรตามความยาวคลื่นของหน้าต่างกระจกสี
บรอนซ์ที่ความหนาต่างกัน T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี R คือค่าการสะท้อนรังสี



รูปที่ 4.3 ค่าการส่งผ่านรังสีและค่าการสะท้อนรังสีที่แปรตามความยาวคลื่นของหน้าต่างกระจกสีเทาที่
ความหนาต่างกัน T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี R คือค่าการสะท้อนรังสี



รูปที่ 4.4 ค่าการส่งผ่านรังสีและค่าการสะท้อนรังสีที่แปรตามความยาวคลื่นของหน้าต่างกระจกสีเขียว ที่ความหนาต่างกัน T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี R คือค่าการสะท้อนรังสี

4.1.2 หน้าต่างกระจก 1 ชั้น ที่ติดฟิล์ม

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติของหน้าต่างกระจกแบบต่าง ๆ ที่มีการติดฟิล์มกรองแสงชนิดต่าง ๆ กัน โดยจะเริ่มต้นพิจารณาคุณสมบัติทาง Optical ของฟิล์มก่อน แล้วจึงพิจารณาผลลัพธ์ของคุณสมบัติทาง Optical ของกระจกชนิดต่าง ๆ ที่นำฟิล์มดังกล่าวไปติด

สำหรับฟิล์มติดกระจกที่มีขายตามท้องตลาดจะระบุคุณสมบัติทาง Optical ของฟิล์มโดยอ้างอิงกับกระจกที่ใช้ติดแบบต่างๆ กัน โดยคุณสมบัติของฟิล์มที่ติดกระจกจะบอกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของแสงส่งผ่าน (Visible Transmittance) และค่าสัมประสิทธิ์บังเงา (Shading Coefficient, SC) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่สามารถบอกได้ถึงคุณสมบัติของหน้าต่างกระจกในแง่ของความร้อนในรายละเอียดได้มากนัก เพราะว่าค่า SC เป็นค่าที่เกิดจากผลรวมของการส่งผ่านความร้อนและค่าการดูดกลืนรังสี แต่การที่จะวิเคราะห์คุณสมบัติของฟิล์มและหน้าต่างกระจกติดฟิล์มจำเป็นต้องวิเคราะห์ค่าการส่งผ่านและค่าการดูดกลืนรังสีแยกกันไป ปัญหาของการวิเคราะห์มีอยู่ว่าผู้ผลิตฟิล์มหลายบริษัทไม่ได้ให้ข้อมูลทาง Optical ของฟิล์มตัวเปล่าที่แปรตามความยาวคลื่นมา จะให้ข้อมูลเฉพาะชื่อทางการค้าและค่าคุณสมบัติเป็นเปอร์เซ็นต์ของแสงส่งผ่าน เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านความร้อน และค่าสัมประสิทธิ์บังเงา ซึ่งเป็นค่ารวมไม่มีข้อมูลในแต่ละความยาวคลื่น แต่ในการวิเคราะห์ฟิล์มกรองแสงและหน้าต่างกระจกฟิล์มกรองแสงในการวิจัยนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลฟิล์มที่มีค่าคุณสมบัติที่แปรตามความยาวคลื่น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ฟิล์มของ

บริษัท 3M และบริษัท CPF ที่ให้ข้อมูลทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่น โดยนำมาจากแฟ้มข้อมูลของโปรแกรม OPTIC 5.02 และจากข้อมูลฟิล์มที่ผลิตโดยบริษัท 3M และบริษัท CPF ซึ่งมีจำนวนมาก

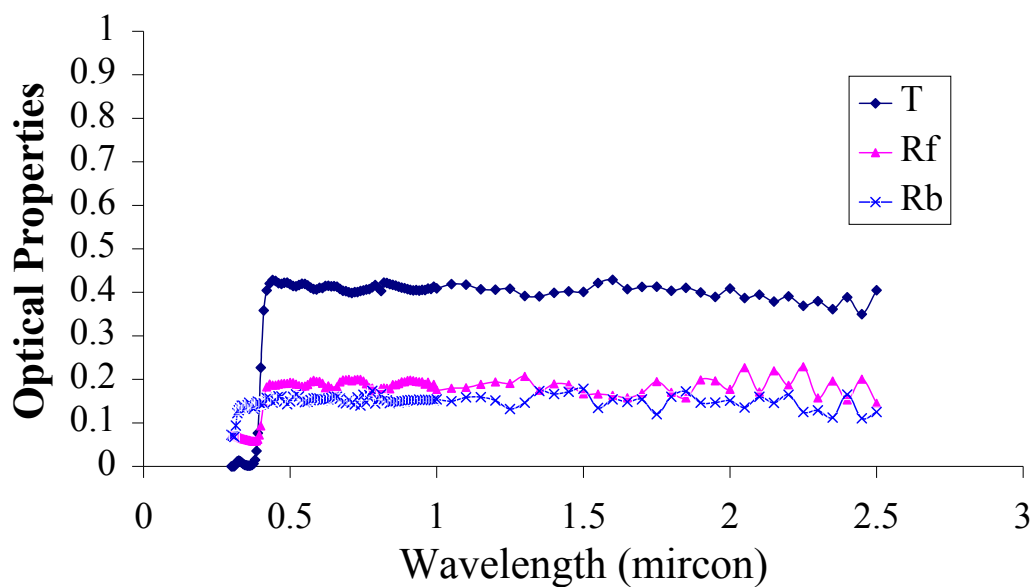
ในการวิจัยนี้จึงเลือกฟิล์มมาวิเคราะห์โดยพิจารณาจากรูปแบบของค่าคุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นที่คล้ายกันและจัดกลุ่มได้เป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 จำนวน 17 ชนิด
- กลุ่มที่ 2 จำนวน 13 ชนิด
- กลุ่มที่ 3 จำนวน 3 ชนิด
- กลุ่มที่ 4 จำนวน 3 ชนิด
- กลุ่มที่ 5 จำนวน 6 ชนิด
- กลุ่มที่ 6 จำนวน 5 ชนิด

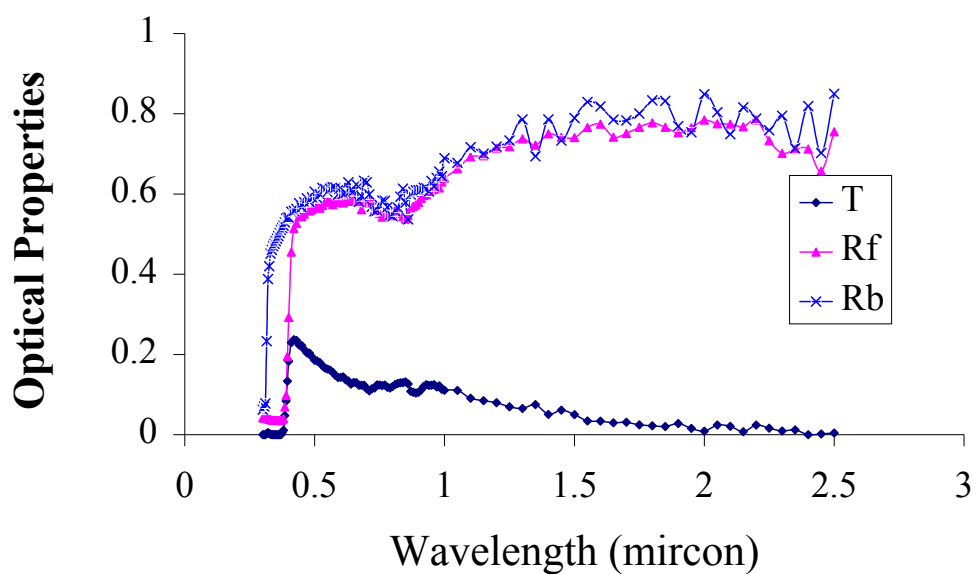
ข้อมูลของฟิล์มในแต่ละกลุ่มแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยฟิล์มที่มีชื่อต่อท้าย “ MMM ” จะเป็นฟิล์มของบริษัท 3M ส่วนฟิล์มที่มีชื่อต่อท้าย “ CPF ” จะเป็นฟิล์มของบริษัท CPF ตัวอย่างของค่าคุณสมบัติทาง Optical อันได้แก่ค่าการส่งผ่านรังสี ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าของฟิล์ม และค่าการสะท้อนรังสีด้านหลังของฟิล์มที่แปรตามความยาวคลื่นของฟิล์มแต่ละกลุ่ม จะถูกนำมาแสดงเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบในรูปที่ 4.5 ถึง 4.10

ตารางที่ 4.1 การแบ่งกลุ่มของฟิล์มตามคุณสมบัติทาง optical ที่คล้ายกัน

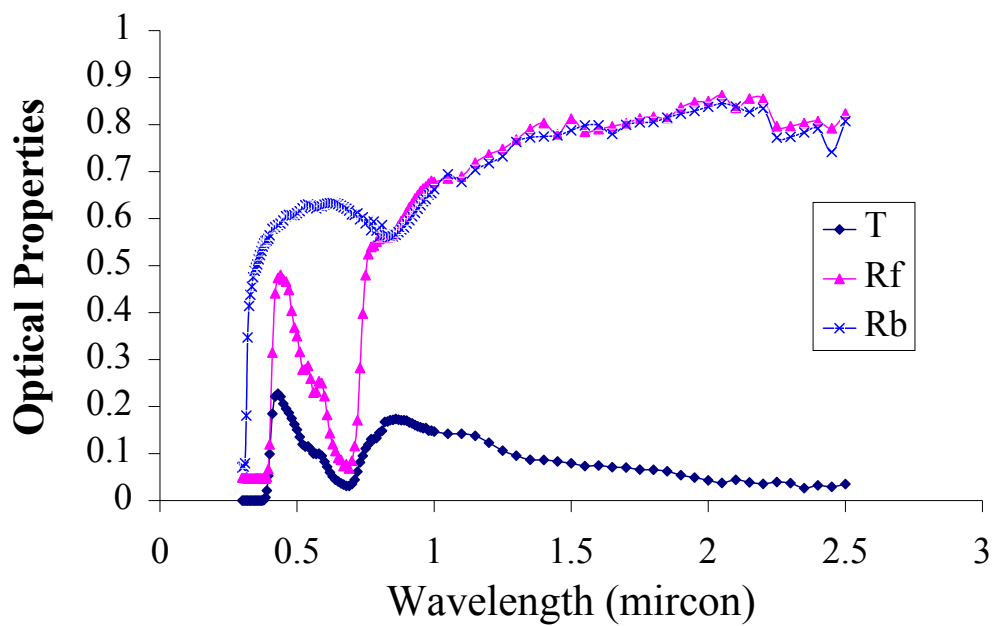
กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 6
RE20NEAR_MMM RE35NEAR_MMM RE50NEAR_MMM RE70NEAR_MMM S35NEAR_MMM N1020G_CPF N1035G_CPF N1050G_CPF NRM_CPF V58_CPF V33_CPF V45_CPF SCLAR150_MMM SCLAR400_MMM SCL_PS11_CPF SCL_PS4_CPF SCL_PS7_CPF	P18AR_MMM P19AR_MMM RE15SIX_MMM NRMS_CPF R20_CPF R50_CPF V28_CPF V38_CPF N1020B_CPF N1035B_CPF N1050B_CPF R15GO_CPF RE20SLAR_MMM	R15B_CPF R15BL_CPF R15G_CPF	LE30CUAR_MMM LE35AMAR_MMM LE50AMAR_MMM	RE20BRAR_MMM RE35BRAR_MMM RE50BRAR_MMM RE25SLAR_MMM RE35SLAR_MMM RE50SLAR_MMM	PNTHR5_MMM PNTHR20_MMM PNTHR35_MMM PNTHR50_MMM NRMB_CPF



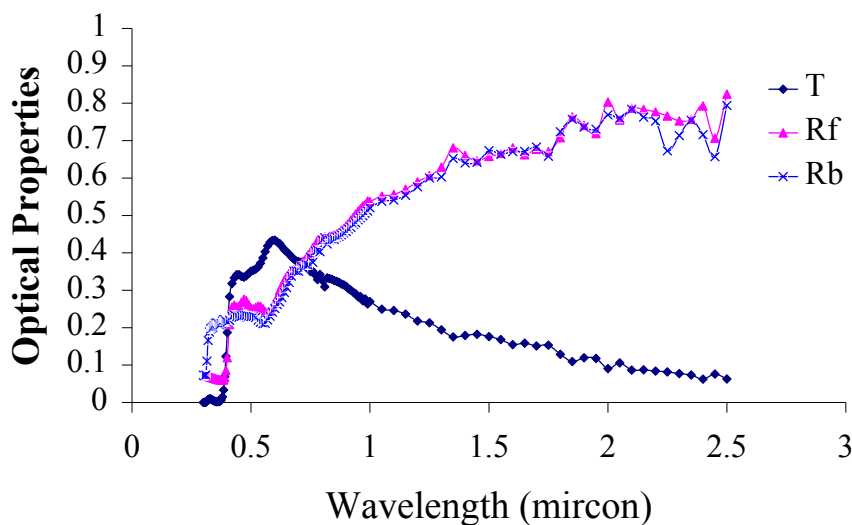
รูปที่ 4.5 ค่าการส่งผ่านรังสีและค่าการสะท้อนรังสีที่แปรตามความยาวคลื่นของฟิล์มชนิด N1035G_CPF ซึ่งใช้เป็นตัวแทนกลุ่มที่ 1 T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี Rf คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้า Rb คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหลัง



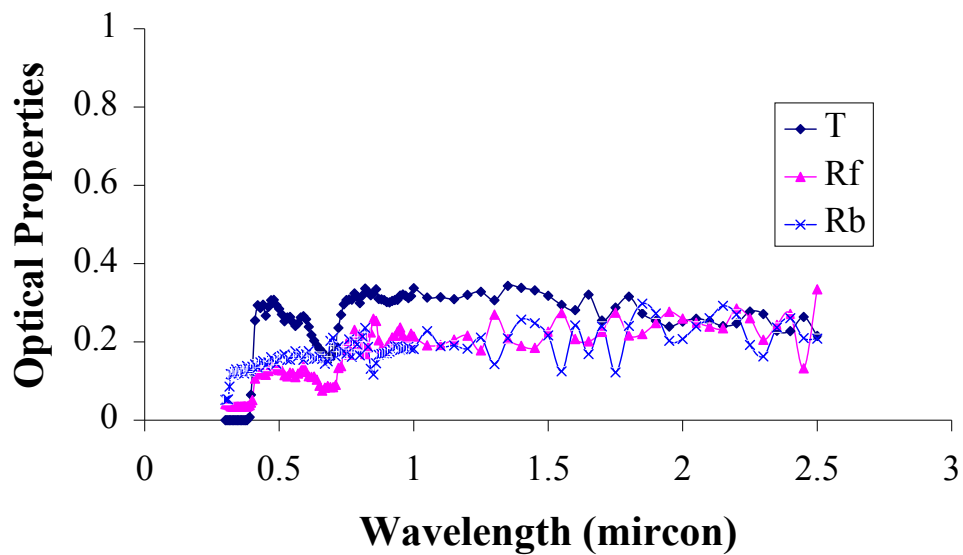
รูปที่ 4.6 ค่าการส่งผ่านรังสีและค่าการสะท้อนรังสีที่แปรตามความยาวคลื่นของฟิล์มชนิด P18AR_MMM ซึ่งใช้เป็นตัวแทนกลุ่มที่ 2 T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี Rf คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้า Rb คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหลัง



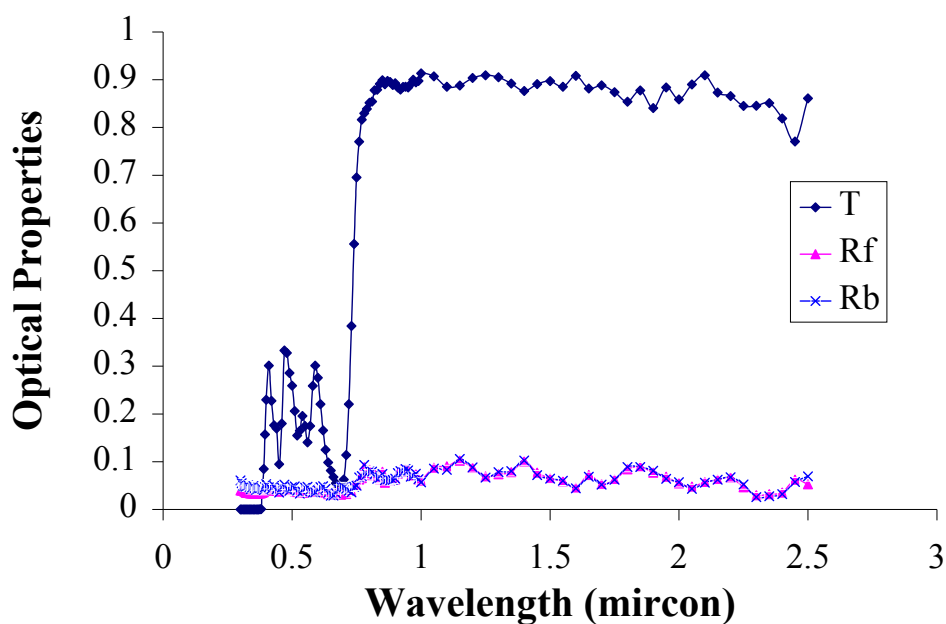
รูปที่ 4.7 ค่าการส่งผ่านรังสีและค่าการสะท้อนรังสีที่แปรตามความยาวคลื่นของฟิล์มชนิด R15BL_CPF ซึ่งใช้เป็นตัวแทนกลุ่มที่ 3 T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี Rf คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้า Rb คือ ค่าการสะท้อนรังสีด้านหลัง



รูปที่ 4.8 ค่าการส่งผ่านรังสีและค่าการสะท้อนรังสีที่แปรตามความยาวคลื่นของฟิล์มชนิด N1035B_CPF ซึ่งใช้เป็นตัวแทนกลุ่มที่ 4 T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี Rf คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้า Rb คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหลัง



รูปที่ 4.9 ค่าการส่งผ่านรังสีและค่าการสะท้อนรังสีที่แปรตามความยาวคลื่นของฟิล์มชนิด RE25SLAR_MMM ซึ่งใช้เป็นตัวแทนกลุ่มที่ 5 T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี Rf คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้า Rb คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหลัง



รูปที่ 4.10 ค่าการส่งผ่านรังสีและค่าการสะท้อนรังสีที่แปรตามความยาวคลื่นของฟิล์มชนิด PNTHR20_MMM ซึ่งใช้เป็นตัวแทนกลุ่มที่ 6 T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี Rf คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้า Rb คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหลัง

รูปที่ 4.5 จะแสดงถึงค่าการส่งผ่านรังสี ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าและด้านหลังของฟิล์มกลุ่มที่ 1 ซึ่งใช้ฟิล์มชนิด N1035G ของบริษัท CPF เป็นตัวแทนกลุ่ม ในกลุ่มที่ 1 นี้จะมีฟิล์มอยู่ 17 ชนิด จากรูปจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของฟิล์มกลุ่มที่ 1 จะมีลักษณะเป็นค่าคงที่ตลอดช่วงความยาวคลื่น โดยจะมีลักษณะของการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็น (visible transmittance) คล้ายคลึงกับลักษณะการส่งผ่านรังสีในช่วงอินฟราเรดใกล้ และค่าการสะท้อนรังสีจะมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงความยาวคลื่น ซึ่งจะมีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นสำหรับฟิล์มกลุ่มนี้ จะยอมให้ทั้งแสงสว่าง และความร้อนส่งผ่านเข้ามาในอัตรานี้ใกล้เคียงกัน

รูปที่ 4.6 จะแสดงถึงค่าการส่งผ่านรังสี ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าและด้านหลังของฟิล์ม กลุ่มที่ 2 ซึ่งใช้ฟิล์มชนิด P18AR ของบริษัท 3M เป็นตัวแทนกลุ่ม ในกลุ่มที่ 2 นี้จะมีฟิล์มอยู่ 13 ชนิด จากรูปจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของฟิล์มกลุ่มที่ 2 จะมีขนาดของการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นมากกว่าขนาดของการส่งผ่านรังสีในช่วงอินฟราเรดใกล้ แต่ค่าการส่งผ่านรังสีของฟิล์มกลุ่มนี้ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ โดยจะมีค่าการส่งผ่านรังสีมากและมีค่าลดลงเมื่อความยาวคลื่นเพิ่มมากขึ้น และค่าการสะท้อนรังสีจะมีค่าค่อนข้างสูงในช่วงของการมองเห็น และช่วงของรังสีอินฟราเรดใกล้ ดังนั้นสำหรับฟิล์มกลุ่มนี้ จะยอมให้ทั้งแสง และความร้อนส่งผ่านเข้ามาน้อย แต่จะมีการสะท้อนรังสีค่อนข้างสูง

รูปที่ 4.7 จะแสดงถึงค่าการส่งผ่านรังสี ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าและด้านหลังของฟิล์มกลุ่มที่ 3 ซึ่งใช้ฟิล์มชนิด R15BL ของบริษัท CPF เป็นตัวแทนกลุ่ม ในกลุ่มที่ 3 นี้จะมีฟิล์มอยู่ 3 ชนิด จากรูปจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของฟิล์มกลุ่มที่ 3 จะมีลักษณะคล้ายกับฟิล์มกลุ่มที่ 2 แต่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 0.7 ไมครอน ค่าการส่งผ่านรังสีจะมีค่าลดลง และขนาดของการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นมากกว่าขนาดของการส่งผ่านรังสีในช่วงอินฟราเรดใกล้ แต่ค่าการส่งผ่านรังสีของฟิล์มกลุ่มนี้ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ โดยจะมีค่าการส่งผ่านรังสีมากและมีค่าลดลงเมื่อความยาวคลื่นเพิ่มมากขึ้น และค่าการสะท้อนรังสีด้านหลังจะมีค่าค่อนข้างสูงในช่วงของการมองเห็น และช่วงของรังสีอินฟราเรดใกล้ แต่ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าจะมีค่าต่ำในช่วงของการมองเห็น ดังนั้นสำหรับฟิล์มกลุ่มนี้ จะยอมให้ทั้งแสง และความร้อนส่งผ่านเข้ามาน้อย แต่จะมีการสะท้อนรังสีด้านหลังค่อนข้างสูง แต่จะสะท้อนรังสีออกด้านนอกในช่วงของการมองเห็นค่อนข้างต่ำ

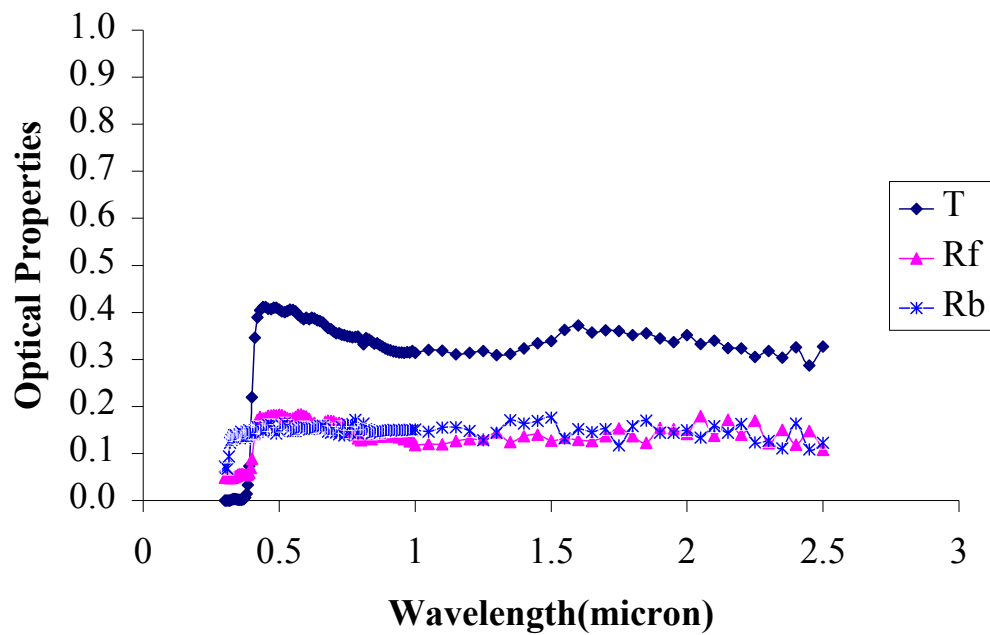
รูปที่ 4.8 จะแสดงถึงค่าการส่งผ่านรังสี ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าและด้านหลังของฟิล์มกลุ่มที่ 4 ซึ่งใช้ฟิล์มชนิด N1035B ของบริษัท CPF เป็นตัวแทนกลุ่ม ในกลุ่มที่ 4 นี้จะมีฟิล์มอยู่ 3 ชนิด จากรูปจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของฟิล์มกลุ่มที่ 4 จะมีขนาดของการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นมากกว่าขนาดของการส่งผ่านรังสีในช่วงอินฟราเรดใกล้ แต่จะมีค่าลดลงเมื่อความยาวคลื่นแสงเพิ่มมากขึ้น

แต่ค่าการส่งผ่านรังสีของฟิล์มกลุ่มนี้ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ และค่าการสะท้อนรังสีจะมีค่าค่อนข้างต่ำในช่วงของการมองเห็น และจะเริ่มมีค่าสูงขึ้นเมื่อความยาวคลื่นแสงเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นสำหรับฟิล์มกลุ่มนี้ จะยอมให้ทั้งแสง และความร้อนส่งผ่านเข้ามาน้อย แต่จะมีการสะท้อนรังสีในช่วงอินฟราเรดใกล้ค่อนข้างสูง

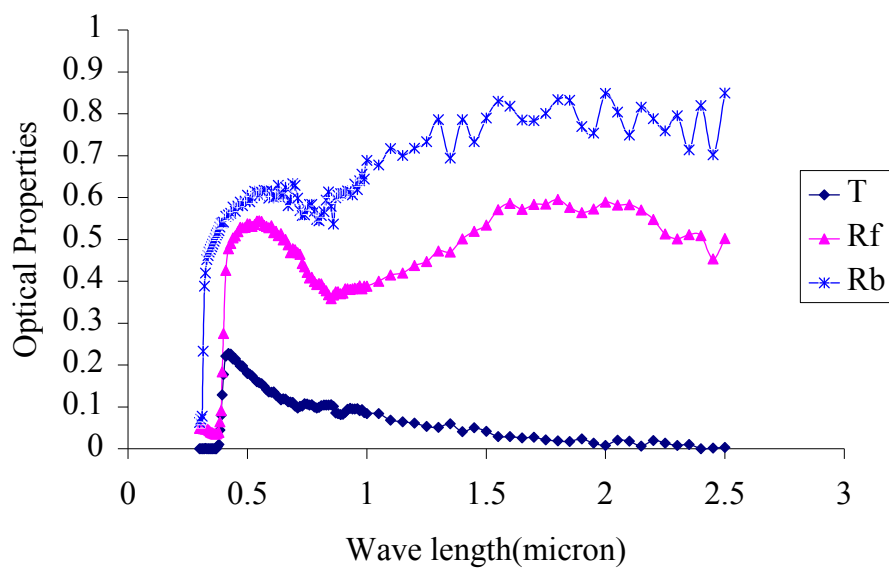
รูปที่ 4.9 จะแสดงถึงค่าการส่งผ่านรังสี ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าและด้านหลังของฟิล์ม กลุ่มที่ 5 ซึ่งใช้ฟิล์มชนิด RE25SLAR ของบริษัท 3M เป็นตัวแทนกลุ่ม ในกลุ่มที่ 5 นี้จะมีฟิล์มอยู่ 6 ชนิด จากรูปจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสี และค่าการสะท้อนรังสีของฟิล์มกลุ่มที่ 5 จะมีลักษณะคล้ายกับฟิล์ม กลุ่มที่ 2 แต่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 0.7 ไมครอน ค่าการส่งผ่านรังสีต่ำกว่ากรณีของฟิล์มกลุ่มที่ 2

รูปที่ 4.10 จะแสดงถึงค่าการส่งผ่านรังสี ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าและด้านหลังของฟิล์ม กลุ่ม ที่ 6 ซึ่งใช้ฟิล์มชนิด PNTHR20 ของบริษัท 3M เป็นตัวแทนกลุ่ม ในกลุ่มที่ 6 นี้จะมีฟิล์มอยู่ 5 ชนิด จากรูปจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีจะมีลักษณะเฉพาะคือในช่วงของการมองเห็น (Visible) จะมีค่าค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงอินฟราเรด และค่าการสะท้อนรังสีทั้งทางด้านหน้าและด้านหลังของ ฟิล์มก็มีค่าต่ำตลอดช่วงความยาวคลื่นและมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าฟิล์มชนิดนี้จะกรองส่วนของแสงสว่างค่อนข้างมาก ในขณะที่ยังยอมให้มีการส่งผ่านรังสีในย่านอินฟราเรดใกล้สูง

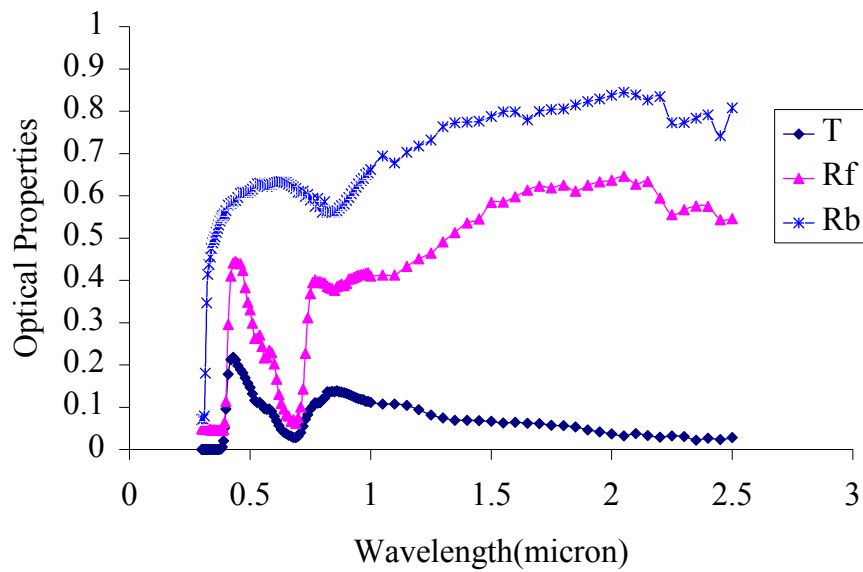
เมื่อทราบคุณลักษณะของฟิล์มกรองแสงชนิดต่าง ๆ ที่คัดเลือกมาแล้ว ต่อไปการวิเคราะห์จะ ดำเนินการโดยนำฟิล์มกรองแสงติดไปที่ด้านหลังของกระจกใส และกระจกสีที่มีชนิดและความหนาต่าง ๆ กันเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะของกระจกที่เปลี่ยนไปเมื่อนำฟิล์มกรองแสงไปติด และเนื่องจากกระจก และฟิล์มที่ใช้การวิจัยนี้มีจำนวนค่อนข้างมาก ดังนั้นในรายงานนี้จะแสดงผลการหาคุณสมบัติของกระจก ติดฟิล์มเป็นเฉพาะตัวอย่างในแต่ละกลุ่มฟิล์มโดยกำหนดความหนาของกระจกเพียงค่าเดียวที่ 6 มม. สำหรับการวิเคราะห์ลำดับแรกจะทำการวิเคราะห์โดยนำกระจกใสขนาด 6 มม. มาติดฟิล์มกรองที่ได้ กำหนดไว้ข้างต้นทั้ง 6 ชนิด โดยผลของคุณสมบัติของกระจกหลังติดฟิล์มสามารถแสดงได้ไว้ดังในรูปที่ 4.11 ถึง 4.19



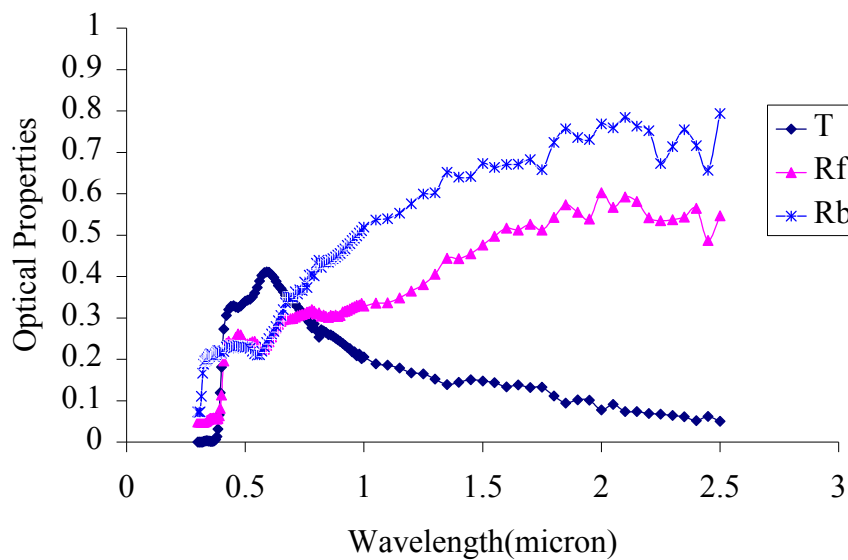
รูปที่ 4.11 คุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจกใส ขนาด 6 มม. ดัดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 ที่ด้านหลังของกระจก T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี Rf คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้า Rb คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหลัง



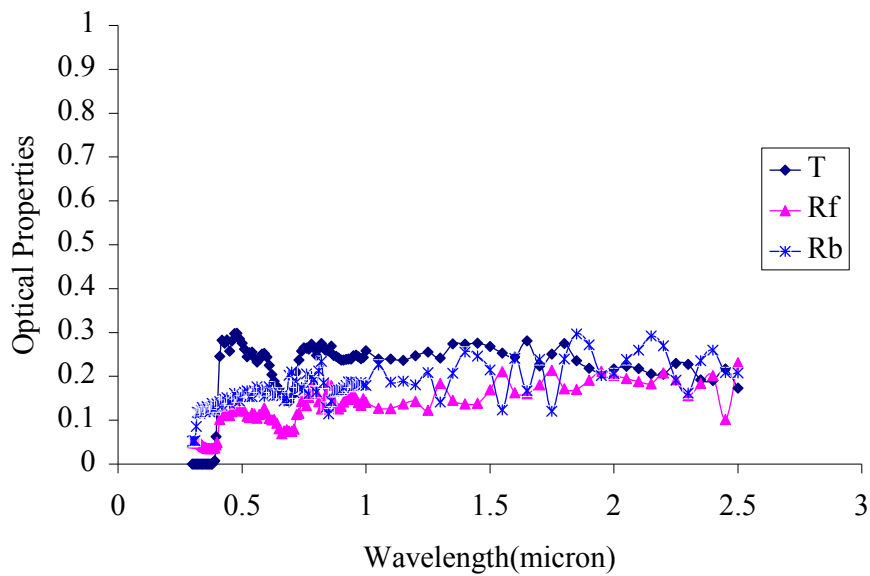
รูปที่ 4.12 คุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจกใส ขนาด 6 มม. ดัดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 2 ที่ด้านหลังของกระจก T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี Rf คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้า Rb คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหลัง



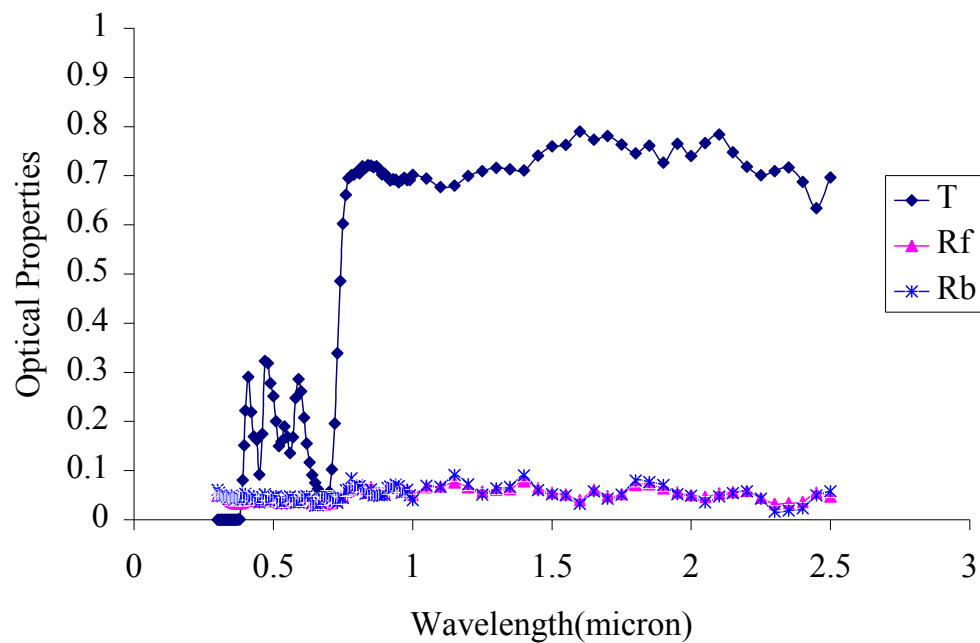
รูปที่ 4.13 คุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจกใส ขนาด 6 มม. ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 3 ที่ด้านหลังของกระจก T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี Rf คือค่าการสะท้อนรังสี ด้านหน้า Rb คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหลัง



รูปที่ 4.14 คุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจกใส ขนาด 6 มม. ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 4 ที่ด้านหลังของกระจก T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี Rf คือค่าการสะท้อนรังสี ด้านหน้า Rb คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหลัง



รูปที่ 4.15 คุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจกใส ขนาด 6 มม. ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 5 ที่ด้านหลังของกระจก T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี Rf คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้า Rb คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหลัง



รูปที่ 4.16 คุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจกใส ขนาด 6 มม. ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 6 ที่ด้านหลังของกระจก T คือ ค่าการส่งผ่านรังสี Rf คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้า Rb คือค่าการสะท้อนรังสีด้านหลัง

จากรูปที่ 4.11 แสดงถึงคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจกใสที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 จากรูปดังกล่าว รวมทั้งการพิจารณารูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.5 ประกอบไปด้วยจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของหน้าต่างกระจกใสเมื่อติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 ไปแล้วจะมีค่าลดลง เนื่องจากคุณสมบัติของฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 จะมีค่าการส่งผ่านรังสีที่ค่อนข้างต่ำ และจะสังเกตได้ว่าลักษณะของกราฟจะมีลักษณะคล้ายกับลักษณะของฟิล์มและกระจกใสผสมกัน ซึ่งจากรูปจะพบว่า ค่าการส่งผ่านรังสีจะมีค่าสูงที่สุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 0.3 ถึง 0.7 ไมครอน และจะมีค่าลดลงในช่วง 0.8 ถึง 1.4 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกระจกใส แต่จะมีค่าต่ำกว่า และสำหรับช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 1.4 ถึง 2.5 ไมครอน จะมีค่าการส่งผ่านรังสีค่อนข้างคงที่ ซึ่งมีลักษณะของกราฟที่คล้ายกับฟิล์มกลุ่มที่ 1 ดังนั้นเมื่อติดฟิล์มชนิดนี้เข้ากับกระจกใสจะทำให้ค่าการส่งผ่านรังสีลดลงตลอดช่วงความยาวคลื่น และค่าการสะท้อนรังสีจะมีค่าสูงขึ้นกว่ากรณีของกระจกใสเล็กน้อย แต่จะทำให้ค่าการดูดกลืนรังสีกลับมีค่าสูงขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้อุณหภูมิกระจกมีค่าสูงขึ้นด้วย สุดท้ายก็อาจส่งผลต่อความสบายของผู้อยู่อาศัยที่นั่งใกล้กระจกเนื่องจากความร้อนที่แผ่ออกมาจากผนังกระจก

จากรูปที่ 4.12 แสดงถึงคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจกใสที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 2 จากรูปดังกล่าว รวมทั้งการพิจารณารูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.6 ประกอบไปด้วยจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของหน้าต่างกระจกใสเมื่อติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 2 ไปแล้วจะมีค่าลดลงซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับฟิล์มตัวเปล่า แต่ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าจะสังเกตได้ว่ามีลักษณะของกราฟจะมีลักษณะคล้ายกับค่าการส่งผ่านรังสีของกระจกใสผสมกับลักษณะของฟิล์ม ซึ่งจากรูปจะพบว่า ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าจะมีค่าสูงที่สุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 0.3 ถึง 0.7 ไมครอน และจะมีค่าลดลงในช่วง 0.8 ถึง 1.4 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับค่าการส่งผ่านรังสีของกระจกใส และจะมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 1.4 ถึง 2.5 ไมครอน ซึ่งมีลักษณะของกราฟที่คล้ายกับฟิล์มกลุ่มที่ 2 ดังนั้นเมื่อติดฟิล์มชนิดนี้เข้ากับกระจกใสจะทำให้ค่าการส่งผ่านรังสีลดลงตลอดช่วงความยาวคลื่น และค่าการสะท้อนรังสีจะมีค่าสูงขึ้นกว่ากรณีของกระจกใสเล็กน้อย แต่จะทำให้ค่าการดูดกลืนรังสีกลับมีค่าสูงขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้อุณหภูมิกระจกมีค่าสูงขึ้นด้วย สุดท้ายก็อาจส่งผลต่อความสบายของผู้อยู่อาศัยที่นั่งใกล้กระจกเนื่องจากความร้อนที่แผ่ออกมาจากผนังกระจก

จากรูปที่ 4.13 แสดงถึงคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจกใสที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 3 จากรูปดังกล่าว รวมทั้งการพิจารณารูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.7 ประกอบไปด้วยจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของหน้าต่างกระจกใสเมื่อติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 3 ไปแล้วจะมีค่าลดลงซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับฟิล์มตัวเปล่า แต่ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าจะสังเกตได้ว่ามีลักษณะของกราฟจะมีลักษณะคล้ายกับค่าการส่งผ่านรังสีของกระจกใสผสมกับลักษณะของฟิล์ม ซึ่งจากรูปจะพบว่า ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าคล้ายกับหน้าต่างกระจกใสติดฟิล์มกลุ่มที่ 2 แต่จะมีค่าสูงกว่า โดยจะมีค่าสูงที่สุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 0.3

ถึง 0.7 ไมครอน และจะมีค่าลดลงในช่วง 0.8 ถึง 1.4 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการส่งผ่านรังสีของกระจกใส และจะมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 1.4 ถึง 2.5 ไมครอน ซึ่งมีลักษณะของกราฟที่คล้ายกับฟิล์มกลุ่มที่ 3 ดังนั้นเมื่อติดฟิล์มชนิดนี้เข้ากับกระจกใสจะทำให้ค่าการส่งผ่านรังสีลดลงตลอดช่วงความยาวคลื่น และค่าการสะท้อนรังสีจะมีค่าสูงขึ้นกว่ากรณีของกระจกใสเล็กน้อย แต่จะทำให้ค่าการดูดกลืนรังสีกลับมีค่าสูงขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้อุณหภูมิกระจกมีค่าสูงขึ้นด้วย สุดท้ายก็อาจส่งผลต่อความสบายของผู้อยู่อาศัยที่นั่งใกล้กระจกเนื่องจากความร้อนที่แผ่ออกมาจากผนังกระจก

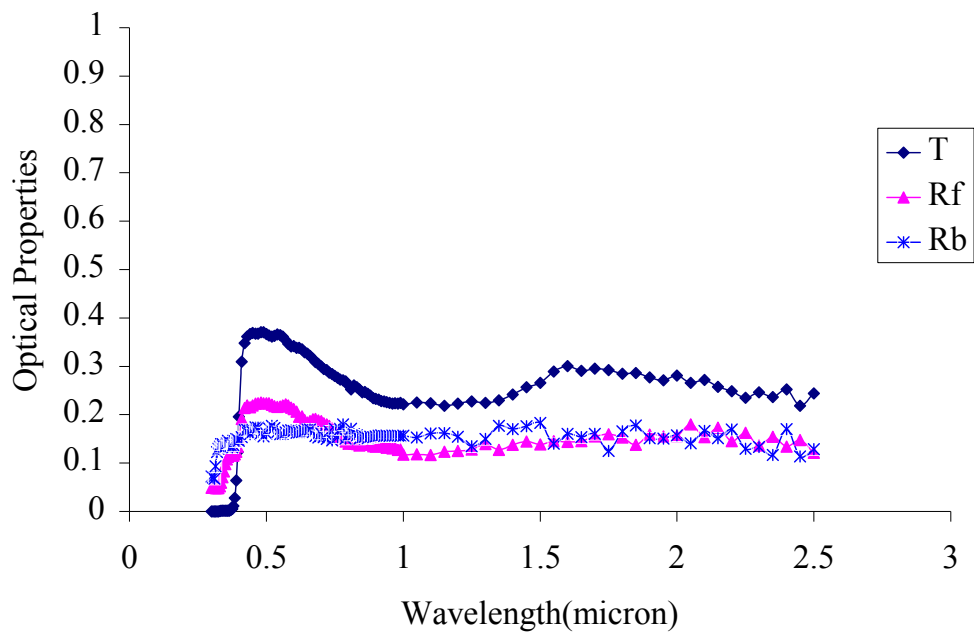
จากรูปที่ 4.14 แสดงถึงคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจกใสที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 4 จากรูปดังกล่าว รวมทั้งการพิจารณารูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.8 ประกอบไปด้วยจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของหน้าต่างกระจกใสเมื่อติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 4 ไปแล้วจะมีค่าลดลงเหมือนกับฟิล์มตัวเปล่า แต่ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าจะสังเกตได้ว่ามีลักษณะของกราฟจะมีลักษณะคล้ายกับการส่งผ่านรังสีของกระจกใสผสมกับลักษณะของฟิล์ม ซึ่งจากรูปจะพบว่า ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าจะมีค่าสูงที่สุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 0.3 ถึง 0.7 ไมครอน และจะมีค่าลดลงในช่วง 0.8 ถึง 1.4 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการส่งผ่านรังสีของกระจกใส และจะมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 1.4 ถึง 2.5 ไมครอน ซึ่งมีลักษณะของกราฟที่คล้ายกับฟิล์มกลุ่มที่ 4

จากรูปที่ 4.15 แสดงถึงคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจกใสที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 5 จากรูปดังกล่าว รวมทั้งการพิจารณารูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.9 ประกอบไปด้วยจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของหน้าต่างกระจกใสเมื่อติดฟิล์มกรองแสงแบบกลุ่มที่ 5 ไปแล้วจะมีค่าลดลง และจะสังเกตได้ว่าลักษณะของกราฟจะมีลักษณะคล้ายกับลักษณะของฟิล์มและกระจกใสผสมกัน ซึ่งจากรูปจะพบว่า ค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงความยาวคลื่น 0.3 ถึง 0.7 ไมครอน ซึ่งจะมีค่าต่ำกว่าในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 1.4 ถึง 2.5 โดยลักษณะของกราฟในช่วงความยาวคลื่นนี้จะมีลักษณะคล้ายกับฟิล์มกลุ่มที่ 5 และจะมีค่าการส่งผ่านรังสีลดลงในช่วง 0.8 ถึง 1.4 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกระจกใส และสำหรับความยาวคลื่นประมาณ 0.7 ไมครอน ค่าการส่งผ่านรังสีจะมีค่าลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งคล้ายกับลักษณะของฟิล์มกลุ่มที่ 5 และสำหรับช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 1.4 ถึง 2.5 ไมครอน จะมีค่าการส่งผ่านรังสีเพิ่มขึ้น ซึ่งมีลักษณะของกราฟที่คล้ายกับกระจกใส ดังนั้นเมื่อติดฟิล์มชนิดนี้เข้ากับกระจกใสจะทำให้ค่าการส่งผ่านรังสีลดลงในช่วง Visible ซึ่งจะมีผลต่อการลดปริมาณของแสงสว่างที่ผ่านกระจก และค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าและด้านหลังจะมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดความยาวคลื่นประมาณ 0.15 ดังนั้นเมื่อค่าการส่งผ่านรังสีมีค่าลดลงก็จะส่งผลทำให้ค่าการดูดกลืนรังสีมีค่าสูงขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้อุณหภูมิกระจกมีค่าสูงขึ้นด้วย สุดท้ายก็อาจส่งผลต่อความสบายของผู้อยู่อาศัยที่นั่งใกล้กระจกเนื่องจากความร้อนที่แผ่ออกมาจากผนังกระจก

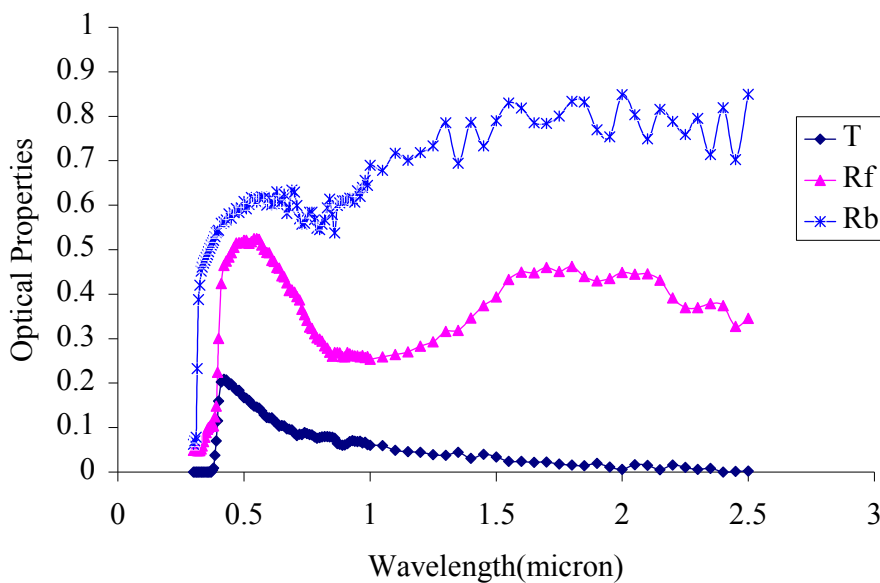
จากรูปที่ 4.16 แสดงถึงคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจกใสที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 5 จากรูปดังกล่าว รวมทั้งการพิจารณารูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.10 ประกอบไปด้วยจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของหน้าต่างกระจกใสเมื่อติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 6 ไปแล้วจะมีค่าลดลง และจะสังเกตได้ว่าลักษณะของกราฟจะมีลักษณะคล้ายกับลักษณะของฟิล์มและกระจกใสผสมกัน ซึ่งจากรูปจะพบว่า ค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงความยาวคลื่น 0.3 ถึง 0.7 ไมครอน ซึ่งจะมีค่าต่ำกว่าในช่วงความยาวคลื่นอื่น โดยจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.20 โดยลักษณะของกราฟจะมีค่าการส่งผ่านรังสีลดลงในช่วง 0.8 ถึง 1.4 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกระจกใส และสำหรับความยาวคลื่นประมาณ 0.7 ไมครอน ค่าการส่งผ่านรังสีจะมีค่าลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งคล้ายกับลักษณะของฟิล์มกลุ่มที่ 6 และสำหรับช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 1.4 ถึง 2.5 ไมครอน จะมีค่าการส่งผ่านรังสีเพิ่มขึ้น ซึ่งมีลักษณะของกราฟที่คล้ายกับกระจกใส ดังนั้นเมื่อติดฟิล์มชนิดนี้เข้ากับกระจกใสจะทำให้ค่าการส่งผ่านรังสีลดลงในช่วง Visible ซึ่งจะมีผลต่อการลดปริมาณของแสงสว่างที่ผ่านกระจก และค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าและด้านหลังจะมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าค่อนข้างคงที่

4.1.3 หน้าต่างกระจก 2 ชั้น ติดฟิล์ม

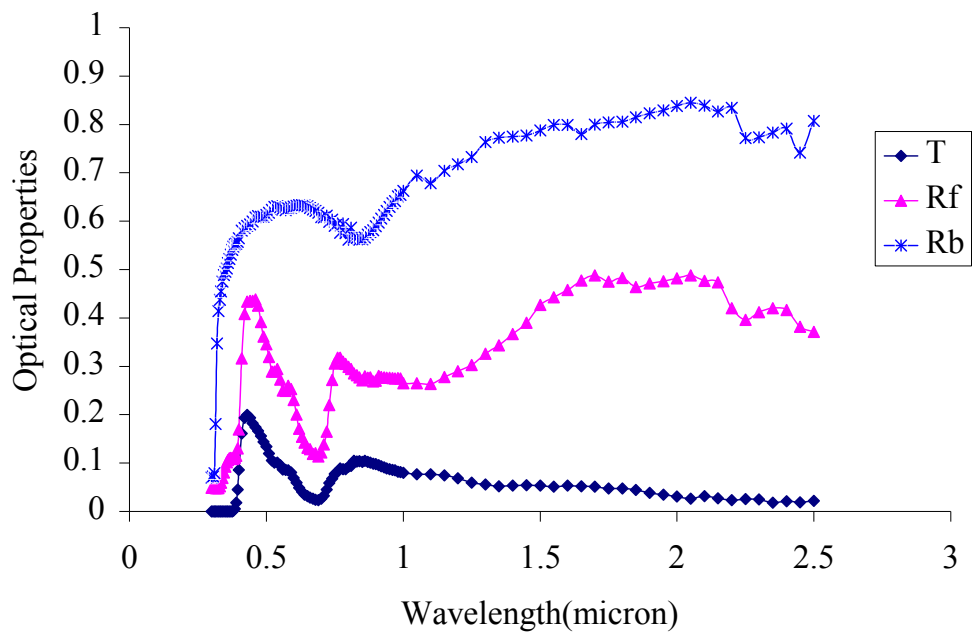
การวิเคราะห์ดำเนินการต่อโดยการนำเอาหน้าต่างกระจกใส 2 ชั้นมาทำการติดฟิล์ม ในการวิเคราะห์ได้ทำการหาค่าคุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจก 2 ชั้นที่มีช่องว่างระหว่างกระจก 12 มม.บรรจุอากาศอยู่ โดยเลือกใช้กระจกใสที่มีความหนาต่าง ๆ กัน ในรายงานนี้จะแสดงเฉพาะรูปที่ 4.17 ถึงรูปที่ 4.22 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจก 2 ชั้นที่มีกระจกใสขนาด 6 มม. เป็นกระจกชั้นนอก และกระจกชั้นในขนาด 6 มม. เป็นตัวอย่างเท่านั้น



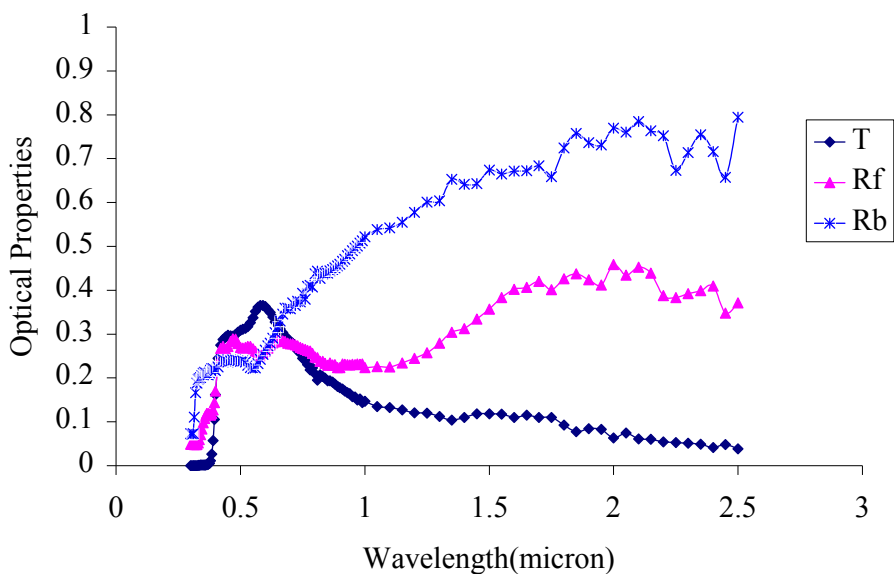
รูปที่ 4.17 คุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจก 2 ชั้น ดัดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 ที่ด้านหลังของกระจกชั้นใน โดยมีกระจกใสขนาด 6 มม. เป็นกระจกชั้นนอก และชั้นใน โดยคั่นกลางด้วยช่องว่างอากาศ 12 มม.



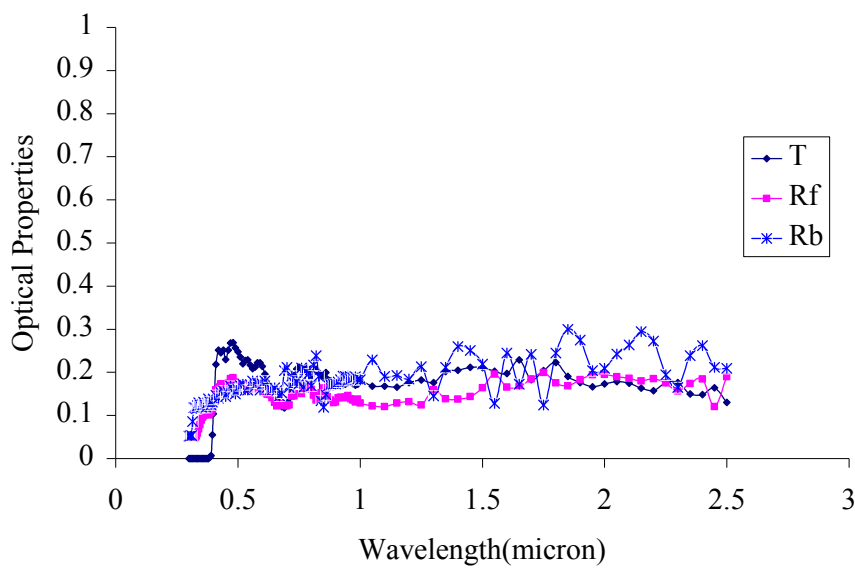
รูปที่ 4.18 คุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจก 2 ชั้น ดัดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 2 ที่ด้านหลังของกระจกชั้นใน โดยมีกระจกใสขนาด 6 มม. เป็นกระจกชั้นนอก และชั้นใน โดยคั่นกลางด้วยช่องว่างอากาศ 12 มม.



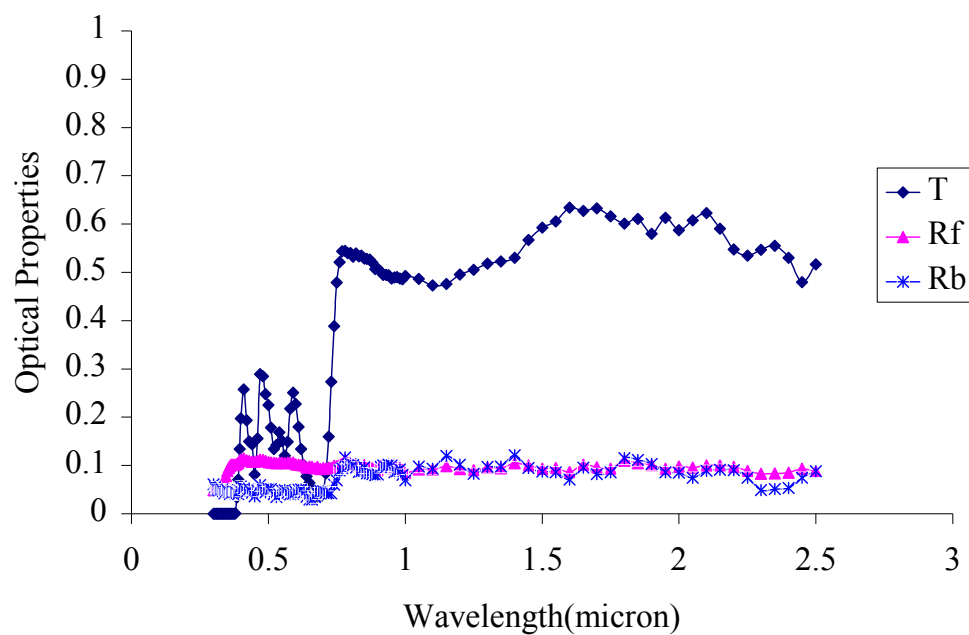
รูปที่ 4.19 คุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจก 2 ชั้น ดัดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 3 ที่ด้านหลังของกระจกชั้นใน โดยมีกระจกใสขนาด 6 มม. เป็นกระจกชั้นนอก และชั้นใน โดยคั่นกลางด้วยช่องว่างอากาศ 12 มม.



รูปที่ 4.20 คุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจก 2 ชั้น ดัดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 4 ที่ด้านหลังของกระจกชั้นใน โดยมีกระจกใสขนาด 6 มม. เป็นกระจกชั้นนอก และชั้นใน โดยคั่นกลางด้วยช่องว่างอากาศ 12 มม.



รูปที่ 4.21 คุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจก 2 ชั้น ดัดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 5 ที่ด้านหลังของกระจกชั้นใน โดยมีกระจกใสขนาด 6 มม. เป็นกระจกชั้นนอก และชั้นใน โดยคั่นกลางด้วยช่องว่างอากาศ 12 มม.



รูปที่ 4.22 คุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นของกระจก 2 ชั้น ดัดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 6 ที่ด้านหลังของกระจกชั้นใน โดยมีกระจกใสขนาด 6 มม. เป็นกระจกชั้นนอก และชั้นใน โดยคั่นกลางด้วยช่องว่างอากาศ 12 มม.

จากรูปที่ 4.17 แสดงถึงคุณสมบัติทาง Optical ที่แปรตามความยาวคลื่นแสงของหน้าต่างกระจกใส 2 ชั้นติดฟิล์ม โดยมีกระจกใสขนาด 6 มม. เป็นกระจกชั้นนอก และกระจกชั้นในขนาด 6 มม. ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 จากรูปดังกล่าว รวมทั้งการพิจารณารูปที่ 4.1 รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.11 ประกอบไปด้วยจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของหน้าต่างกระจกใส 2 ชั้น เมื่อติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 ไปแล้วจะมีค่าลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกระจกใส 1 ชั้น ที่ติดฟิล์มชนิดเดียวกันจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของกระจก 2 ชั้นติดฟิล์มจะมีค่าลดลงเล็กน้อยตลอดความยาวคลื่น แต่ลักษณะของกราฟของกระจก 1 ชั้นติดฟิล์มกับกระจก 2 ชั้นติดฟิล์มจะมีลักษณะของกราฟเป็นแนวโน้มเดียวกัน เนื่องจากคุณสมบัติของฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 จะมีค่าการส่งผ่านรังสีที่ค่อนข้างต่ำ และจะสังเกตได้ว่าลักษณะของกราฟจะมีลักษณะคล้ายกับลักษณะของฟิล์มและกระจกใสผสมกัน ซึ่งจากรูปจะพบว่า ค่าการส่งผ่านรังสีจะมีค่าสูงที่สุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 0.3 ถึง 0.7 ไมครอน และจะมีค่าลดลงในช่วง 0.8 ถึง 1.4 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกระจกใส 1 ชั้นติดฟิล์ม แต่จะมีค่าต่ำกว่า ซึ่งจะมีค่าต่ำสุดประมาณ 0.25 และสำหรับช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 1.4 ถึง 2.5 ไมครอน จะมีค่าการส่งผ่านรังสีค่อนข้างคงที่ และลักษณะของกราฟในช่วงนี้จะคล้ายกับฟิล์มกลุ่มที่ 1 ดังนั้นเมื่อติดฟิล์มชนิดนี้เข้ากับกระจกใสจะทำให้ค่าการส่งผ่านรังสีลดลงตลอดช่วงความยาวคลื่น และค่าการสะท้อนรังสีจะมีค่าสูงขึ้นกว่ากรณีของกระจกใสเล็กน้อย แต่จะทำให้ค่าการดูดกลืนรังสีกลับมีค่าสูงขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้อุณหภูมิกระจกมีค่าสูงขึ้นด้วย สุดท้ายก็อาจส่งผลต่อความสบายของผู้อยู่อาศัยที่นั่งใกล้กระจกเนื่องจากความร้อนที่แผ่ออกมาจากผนังกระจก

จากรูปที่ 4.18 แสดงถึงคุณสมบัติทาง Optical ของหน้าต่างกระจกใส 2 ชั้นติดฟิล์ม โดยมีกระจกใสขนาด 6 มม. เป็นกระจกชั้นนอก และกระจกชั้นในขนาด 6 มม. ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 2 จากรูปดังกล่าว รวมทั้งการพิจารณารูปที่ 4.1 รูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.12 ประกอบไปด้วยจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของหน้าต่างกระจกใส 2 ชั้น เมื่อติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 2 ไปแล้วจะมีค่าลดลงซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับฟิล์มตัวเปล่า แต่ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าจะสังเกตได้ว่ามีลักษณะของกราฟจะมีลักษณะคล้ายกับค่าการส่งผ่านรังสีของกระจกใสผสมกับลักษณะของฟิล์ม ซึ่งจากรูปจะพบว่า ค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าจะมีค่าสูงที่สุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 0.3 ถึง 0.7 ไมครอน และจะมีค่าลดลงในช่วง 0.8 ถึง 1.4 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับค่าการส่งผ่านรังสีของกระจกใส และจะมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 1.4 ถึง 2.5 ไมครอน นอกจากนี้ลักษณะของกราฟจะมีลักษณะคล้ายกับกรณีของกระจกใส 1 ชั้น ที่ติดฟิล์มกรองแสงชนิดเดียวกัน แต่มีค่าต่ำกว่า

จากรูปที่ 4.19 แสดงถึงคุณสมบัติทาง Optical ของหน้าต่างกระจกใส 2 ชั้นติดฟิล์ม โดยมีกระจกใสขนาด 6 มม. เป็นกระจกชั้นนอก และกระจกชั้นในขนาด 6 มม. ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 3 จากรูปดังกล่าว รวมทั้งการพิจารณารูปที่ 4.1 รูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.13 ประกอบไปด้วยจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของหน้าต่างกระจกใส 2 ชั้น เมื่อติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 3 ไปแล้วจะมีค่าลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับ

กระจกใส 1 ชั้น ดัดฟิล์มชนิดเดียวกันจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของกระจกใส 2 ชั้นดัดฟิล์ม จะมีค่าต่ำกว่าอยู่เล็กน้อย ดังนั้นเมื่อดัดฟิล์มชนิดนี้เข้ากับกระจกใส 2 ชั้น จะทำให้ค่าการส่งผ่านรังสีลดลงในช่วง Visible ซึ่งจะมีผลต่อการลดปริมาณของแสงสว่างที่ผ่านกระจก และค่าการสะท้อนรังสีด้านหลังจะมีค่าสูงกว่าค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าอยู่เล็กน้อยในช่วง Visible ดังนั้นเมื่อค่าการส่งผ่านรังสีมีค่าลดลงก็จะส่งผลทำให้ค่าการดูดกลืนรังสีมีค่าสูงขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้อุณหภูมิกระจกมีค่าสูงขึ้นด้วย สุดท้ายก็อาจส่งผลต่อความสบายของผู้อยู่อาศัยที่นั่งใกล้กระจกเนื่องจากความร้อนที่แผ่ออกมาจากผนังกระจก

จากรูปที่ 4.20 แสดงถึงคุณสมบัติทาง Optical ของหน้าต่างกระจกใส 2 ชั้นดัดฟิล์ม โดยมีกระจกใสขนาด 6 มม. เป็นกระจกชั้นนอก และกระจกชั้นในขนาด 6 มม. ดัดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 4 จากรูปดังกล่าว รวมทั้งการพิจารณารูปที่ 4.1 รูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.14 ประกอบไปด้วยจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของหน้าต่างกระจกใส 2 ชั้น เมื่อดัดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 4 ไปแล้วจะมีค่าลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับกระจกใส 1 ชั้น ดัดฟิล์มชนิดเดียวกันจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของกระจกใส 2 ชั้น ดัดฟิล์ม จะมีค่าต่ำกว่าอยู่เล็กน้อย ดังนั้นเมื่อดัดฟิล์มชนิดนี้เข้ากับกระจกใส 2 ชั้น จะทำให้ค่าการส่งผ่านรังสีลดลงในช่วง Visible ซึ่งจะมีผลต่อการลดปริมาณของแสงสว่างที่ผ่านกระจก และค่าการสะท้อนรังสีด้านหลังจะมีค่าสูงกว่าค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าอยู่เล็กน้อยในช่วง Visible ดังนั้นเมื่อค่าการส่งผ่านรังสีมีค่าลดลงก็จะส่งผลทำให้ค่าการดูดกลืนรังสีมีค่าสูงขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้อุณหภูมิกระจกมีค่าสูงขึ้นด้วย สุดท้ายก็อาจส่งผลต่อความสบายของผู้อยู่อาศัยที่นั่งใกล้กระจกเนื่องจากความร้อนที่แผ่ออกมาจากผนังกระจก

จากรูปที่ 4.21 แสดงถึงคุณสมบัติทาง Optical ของหน้าต่างกระจกใส 2 ชั้นดัดฟิล์ม โดยมีกระจกใสขนาด 6 มม. เป็นกระจกชั้นนอก และกระจกชั้นในขนาด 6 มม. ดัดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 5 จากรูปดังกล่าว รวมทั้งการพิจารณารูปที่ 4.1 รูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.15 ประกอบไปด้วยจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของหน้าต่างกระจกใส 2 ชั้น เมื่อดัดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 5 ไปแล้วจะมีค่าลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับกระจกใส 1 ชั้น ดัดฟิล์มชนิดเดียวกันจะพบว่าค่าการส่งผ่านรังสีของกระจกใส 2 ชั้นดัดฟิล์ม จะมีค่าต่ำกว่าอยู่เล็กน้อย ดังนั้นเมื่อดัดฟิล์มชนิดนี้เข้ากับกระจกใส 2 ชั้น จะทำให้ค่าการส่งผ่านรังสีลดลงในช่วง Visible ซึ่งจะมีผลต่อการลดปริมาณของแสงสว่างที่ผ่านกระจก และค่าการสะท้อนรังสีด้านหลังจะมีค่าสูงกว่าค่าการสะท้อนรังสีด้านหน้าอยู่เล็กน้อยในช่วง Visible ดังนั้นเมื่อค่าการส่งผ่านรังสีมีค่าลดลงก็จะส่งผลทำให้ค่าการดูดกลืนรังสีมีค่าสูงขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้อุณหภูมิกระจกมีค่าสูงขึ้นด้วย สุดท้ายก็อาจส่งผลต่อความสบายของผู้อยู่อาศัยที่นั่งใกล้กระจกเนื่องจากความร้อนที่แผ่ออกมาจากผนังกระจก

จากรูปที่ 4.21 แสดงถึงคุณสมบัติทาง Optical ของหน้าต่างกระจกใส 2 ชั้นดัดฟิล์ม โดยมีกระจกใสขนาด 6 มม. เป็นกระจกชั้นนอก และกระจกชั้นในขนาด 6 มม. ดัดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 6 จากรูปดังกล่าว รวมทั้งการพิจารณารูปที่ 4.1 รูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.16 ประกอบไปด้วยจะพบว่าค่าการส่งผ่าน

รังสีของหน้าต่างกระจกใส 2 ชั้น เมื่อติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 6 ไปแล้วจะมีค่าลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับกระจกใส 1 ชั้น ติดฟิล์มชนิดเดียวกันจะพบว่ากราฟมีลักษณะที่คล้ายกัน แต่ค่าการส่งผ่านรังสีของกระจกใส 2 ชั้นติดฟิล์ม จะมีค่าต่ำกว่าอยู่เล็กน้อย

4.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้วิเคราะห์สมรรถนะของหน้าต่างกระจกติดฟิล์ม

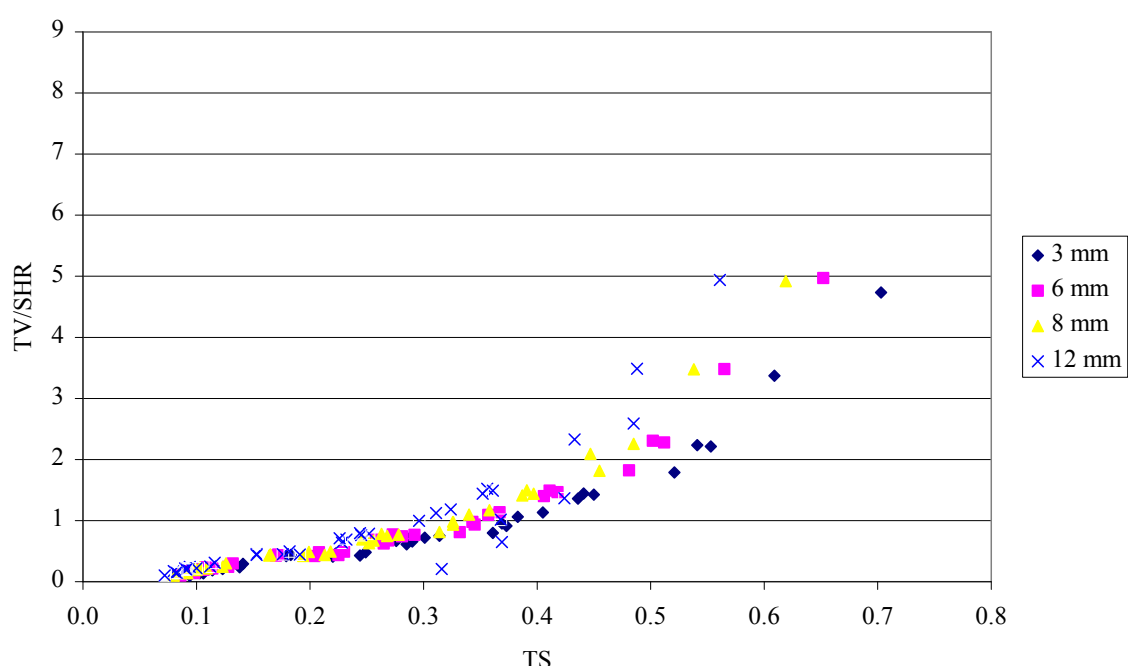
จากรูปที่ 4.5 ถึง 4.22 ซึ่งแสดงถึงคุณสมบัติทาง Optical ของฟิล์มชนิดต่าง ๆ และของหน้าต่างกระจกที่ติดฟิล์มชนิดต่าง ๆ ที่แปรตามความยาวคลื่น ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้วิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติรวมเช่น ค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็น ค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance, T_s) และค่าการดูดกลืนรังสีรวม (Absorptance, A) ต่อเพื่อหาค่าดัชนีบ่งบอกถึงการส่งผ่านความร้อนได้ แต่เนื่องจากในความเป็นจริง ในหลาย ๆ โอกาส โดยเฉพาะฟิล์มที่มีจำหน่ายในประเทศไทย เรามักจะพบกับฟิล์มที่ไม่มีข้อมูลคุณสมบัติทาง Optical ในแต่ละช่วงความยาวคลื่น แต่กลับรู้ค่าคุณสมบัติรวมบางตัวอันได้แก่ ค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็น (Visible Transmittance, T_v) และ ค่าสัมประสิทธิ์บังเงา (Shading coefficient, SC) ของหน้าต่างกระจกติดฟิล์ม และค่า SC นี้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าการลดลงของความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Heat Reduction, SHR) ซึ่งนิยามเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าสัมประสิทธิ์บังเงาของกระจกก่อนติดฟิล์มกับกระจกหลังติดฟิล์ม ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงพยายามหาวิธีที่จะนำข้อมูลคุณสมบัติการรวมอาทิเช่น ค่า Visible Transmittance และค่า Shading coefficient ของหน้าต่างกระจกติดฟิล์มที่ได้จากการวิเคราะห์จากข้อมูลคุณสมบัติทาง Optical ในแต่ละช่วงความยาวคลื่นไปกำหนดค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการหาค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ และค่าการดูดกลืนรังสีรวมของกระจกติดฟิล์ม

จากการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูลของกระจกติดฟิล์มทั้งหมด พารามิเตอร์ที่ได้จากค่าที่สามารถหาได้ง่ายของกระจกติดฟิล์มจากผู้ผลิต จะเป็นค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์ที่แสดงเป็นค่าสัดส่วนของตัวเลขหนึ่ง (T_v/SHR) (SHR ในพารามิเตอร์นี้ถูกกำหนดเป็นค่าอัตราส่วนการลดลงของสัมประสิทธิ์บังเงาของกระจกหลังติดฟิล์มกับกระจกก่อนติดฟิล์มต่อค่าสัมประสิทธิ์บังเงาของกระจกก่อนติดฟิล์ม) และค่าอัตราส่วนของการดูดกลืนรังสีรวมกับค่าสัมประสิทธิ์บังเงากำลังสอง (A/SC^2) ซึ่งพารามิเตอร์ทั้งสองค่าจะสามารถนำไปหาค่าการดูดกลืนรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ และค่าการดูดกลืนรังสีรวมได้

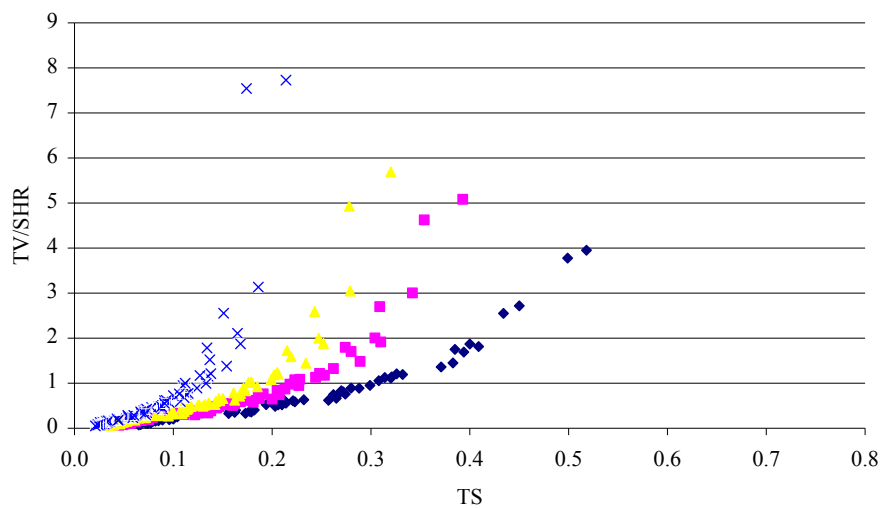
จากการวิเคราะห์ได้พบว่าฟิล์ม 5 กลุ่มแรกเมื่อนำไปติดกระจกแล้วจะส่งผลให้สมรรถนะกระจกที่แสดงอยู่ในรูปค่าคุณสมบัติการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ และค่าการดูดกลืนรังสีรวมอยู่ในรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน ในขณะที่ฟิล์มกลุ่มที่ 6 จะให้ค่าคุณสมบัติดังกล่าวแตกต่างกับ 5 กลุ่มแรกมาก ดังนั้นในการวิจัยจึงแยกกระจกติดฟิล์มออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ โดยที่กระจกติดฟิล์ม 5 กลุ่มแรกรวมกันเป็นกลุ่มใหญ่

กลุ่มหนึ่ง ในขณะที่กระจกติดฟิล์มกลุ่มที่ 6 แยกออกไปเป็นกลุ่มใหญ่กลุ่มที่ 2 สาเหตุที่เกิดความแตกต่างของกระจกติดฟิล์มกลุ่มที่ 6 จาก 5 กลุ่มแรก อาจสามารถอธิบายได้จากคุณสมบัติของกระจกติดฟิล์มที่แปรตามความยาวคลื่น ซึ่งฟิล์มกลุ่มที่ 6 เป็นฟิล์มชนิดที่ตัดแสงสว่างมากแต่ยอมให้ความร้อนในช่วงรังสีอินฟราเรดใกล้ผ่านกระจกติดฟิล์มดังกล่าวมาก ซึ่งต่างกับฟิล์ม 5 กลุ่มแรกอย่างมาก การใช้ฟิล์มกลุ่มที่ 6 นี้จึงน่าจะเหมาะสำหรับประเทศที่อยู่ในเขตนานที่ที่ต้องการรับความร้อนจากแสงอาทิตย์จำนวนมาก แต่ไม่ต้องการแสงสว่าง ซึ่งฟิล์มดังกล่าวคงไม่เหมาะสำหรับการใช้งานในประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนเหมือนประเทศไทย

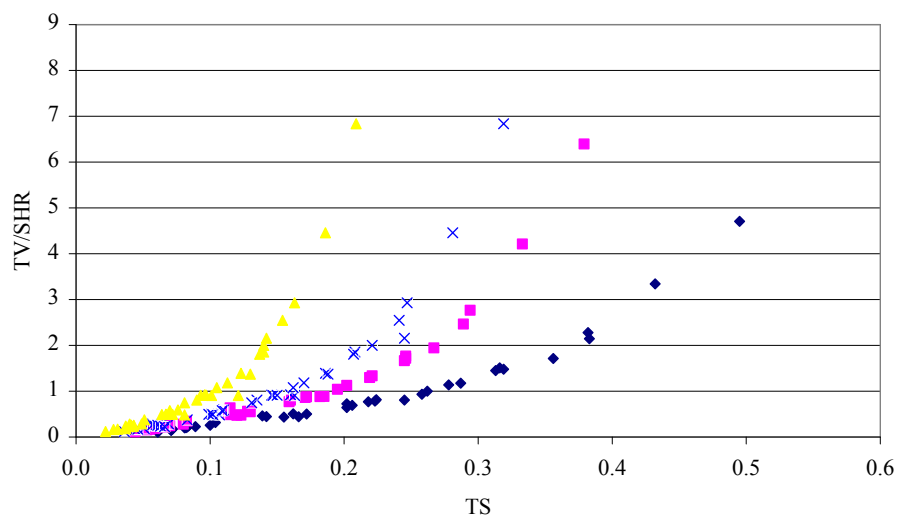
รูปที่ 4.23 ถึงรูปที่ 4.26 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงรังสีแสงอาทิตย์ของหน้าต่างกระจกชนิดต่าง ๆ ที่ติดฟิล์มกรองแสงทั้ง 5 กลุ่ม



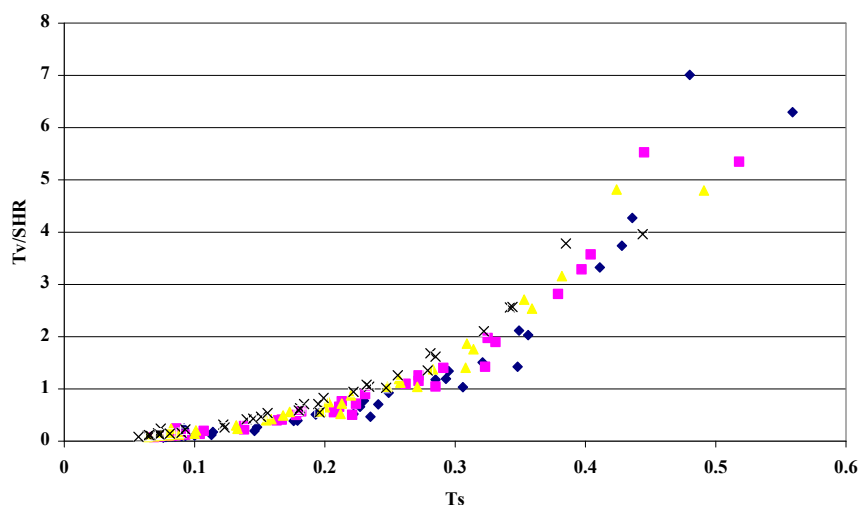
รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าการส่งผ่านรังสีแบบรวม(ในช่วงรังสีแสงอาทิตย์) ของกระจกใส 1 ชั้น ที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 ถึง 5 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, และ 12 มม.



รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงรังสีแสงอาทิตย์ ของกระจก 1 ชั้น ชนิดกระจกสีบรอนซ์และสีเทาที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 ถึง 5 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, และ 12 มม.



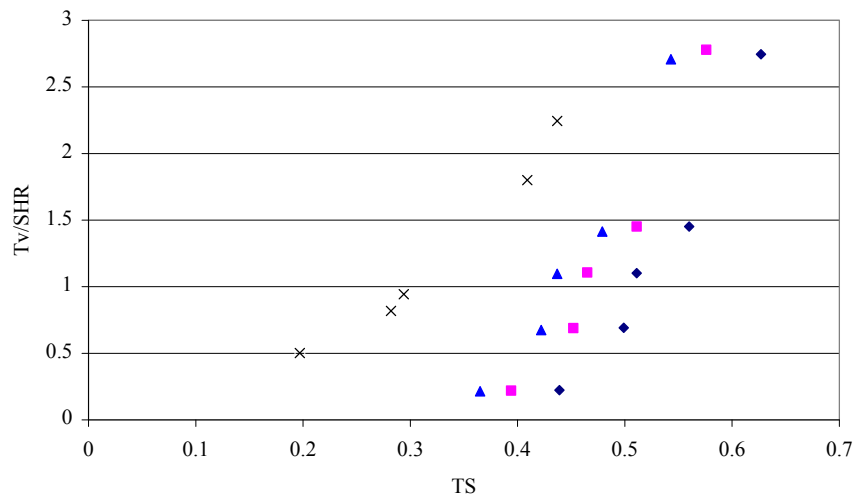
รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าการส่งผ่านรังสีแบบรวม(ในช่วงรังสีแสงอาทิตย์) ของกระจก 1 ชั้น ชนิดกระจกสีเขียวที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 ถึง 5 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, และ 12 มม.



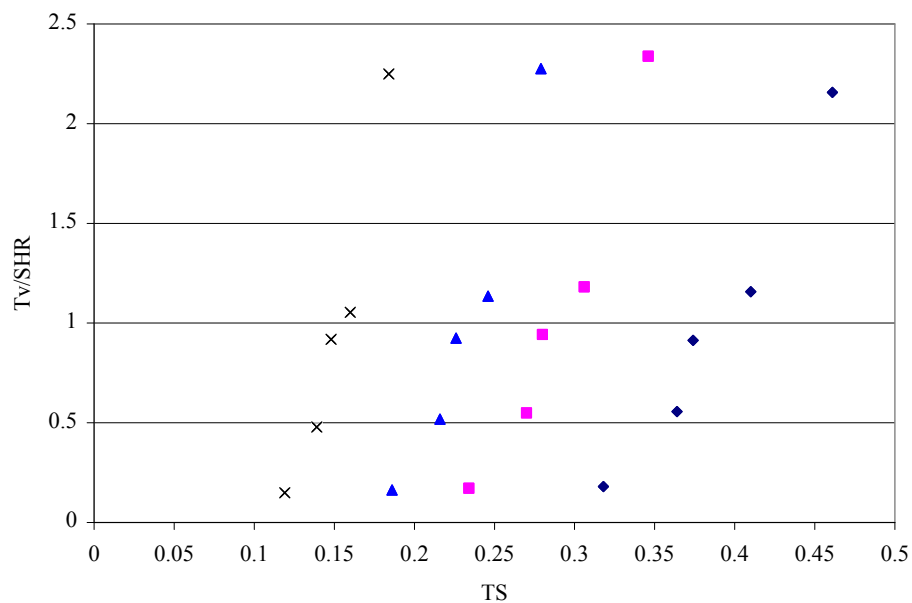
รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าการส่งผ่านรังสี ในช่วงรังสีแสงอาทิตย์ของกระจกใส 2 ชั้น ที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 ถึง 5 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, และ 12 มม. และมีช่องอากาศ 12 มม.

รูปที่ 4.23 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงรังสีแสงอาทิตย์ของกระจกใส 1 ชั้น ที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 ถึง 5 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, และ 12 มม. จะเห็นได้ว่าค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์แปรตามค่าพารามิเตอร์ที่เลือก (ค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์) เป็นเส้นโค้ง และแปรตามความหนาของกระจก โดยที่เมื่อค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่าต่ำ (0-1) ความหนาของกระจกจะไม่มีผลต่อค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ แต่เมื่อค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่าสูงขึ้นผลของความหนาของกระจกจะมีค่าเด่นชัด ในขณะที่กระจกสีบรอนซ์ สีเทาและกระจกสีเขียวค่าความหนาของกระจกจะมีผลต่อค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ของกระจกติดฟิล์มทั้ง 5 กลุ่มอย่างชัดเจนดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.24 ถึง 4.25 สำหรับกระจกใส 2 ชั้นติดฟิล์มทั้ง 5 กลุ่มที่แสดงในรูปที่ 4.26 จะมีลักษณะคล้ายกับกระจกใส 1 ชั้นติดฟิล์ม แต่จะเห็นได้ว่าที่ค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์ในค่าการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์เดียวกันของกระจกใส 2 ชั้นติดฟิล์มจะมีค่าสูงกว่าของกระจกใส 1 ชั้นติดฟิล์ม นั่นคือกระจกใส 2 ชั้นติดฟิล์มที่การส่องสว่างเดียวกันจะมีค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์มากกว่ากระจกติดฟิล์ม 1 ชั้น

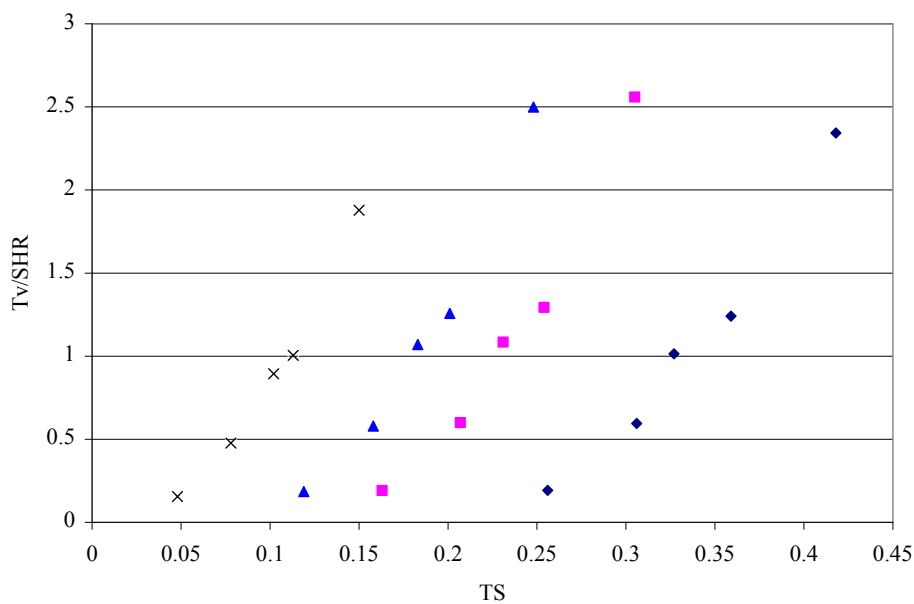
ฟิล์มกลุ่มที่ 6 ถูกนำมาติดกับกระจกทั้ง 1 ชั้นและ 2 ชั้น และทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เช่นเดียวกับฟิล์ม 5 กลุ่มแรกโดยแสดงผลไว้ในรูปที่ 4.27 ถึง รูปที่ 4.30



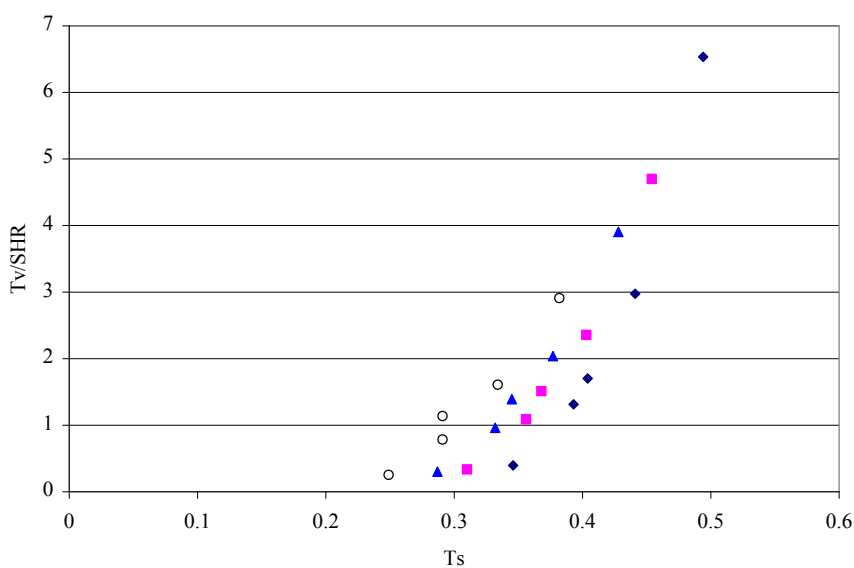
รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงรังสีแสงอาทิตย์ ของกระจกใส 1 ชั้นที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 6 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, และ 12 มม.



รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงรังสีแสงอาทิตย์ ของกระจก 1 ชั้น ชนิดกระจกสีบรอนซ์และสีเทาที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 6 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, และ 12 มม.



รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงรังสีแสงอาทิตย์ ของกระจก 1 ชั้น ชนิดกระจกสีเขียว ที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 6 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, และ 12 มม.

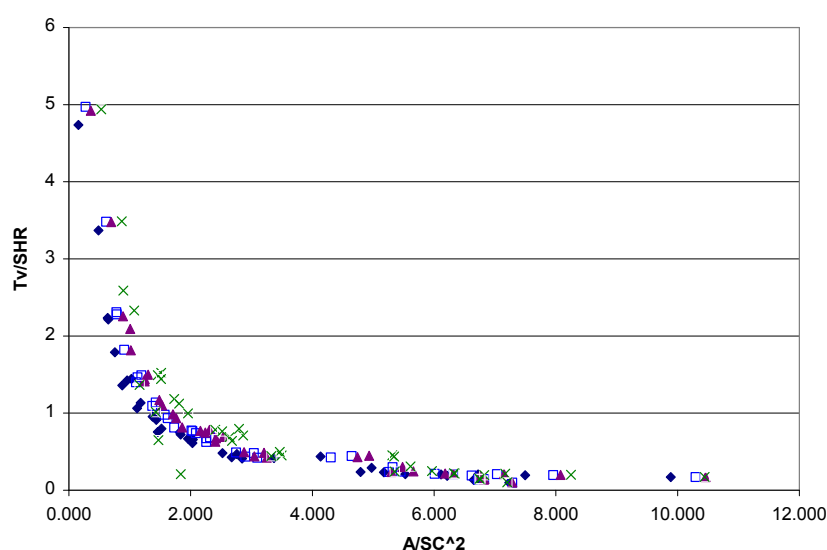


รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงรังสีแสงอาทิตย์ ของกระจกใส 2 ชั้น ที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 6 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, และ 12 มม. และมีช่องอากาศ 12 มม.

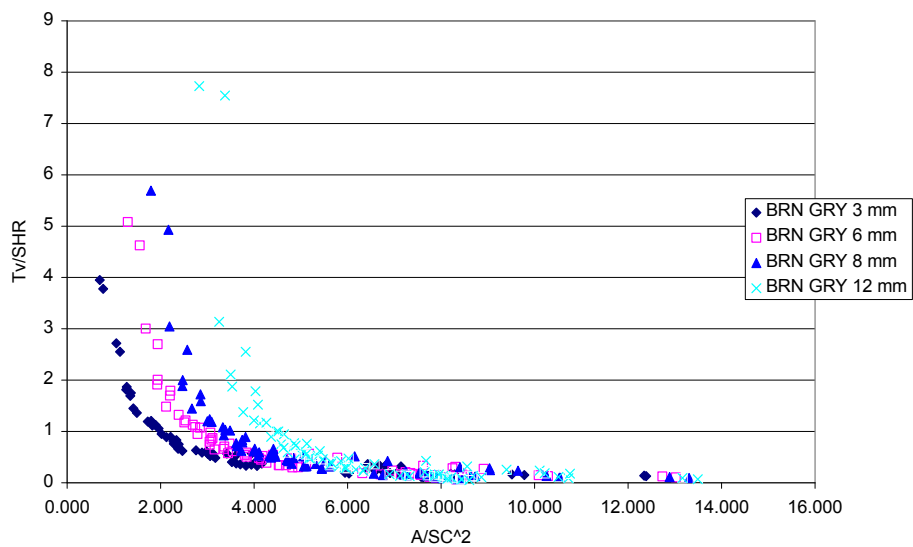
รูปที่ 4.27 ถึง 4.30 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงรังสีแสงอาทิตย์ของกระจกใส กระจกสี 1 ชั้น และกระจกใส 2 ชั้นที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 6 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, และ 12 มม. จะเห็นได้ว่า

ค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์แปรตามค่าพารามิเตอร์ที่เลือก (ค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์) เป็นเส้นโค้ง และแปรตามความหนาของกระจก โดยค่าความสัมพันธ์ของกระจกติดฟิล์มดังกล่าวต่างแยกจากกันแปรตามความหนาอย่างชัดเจน

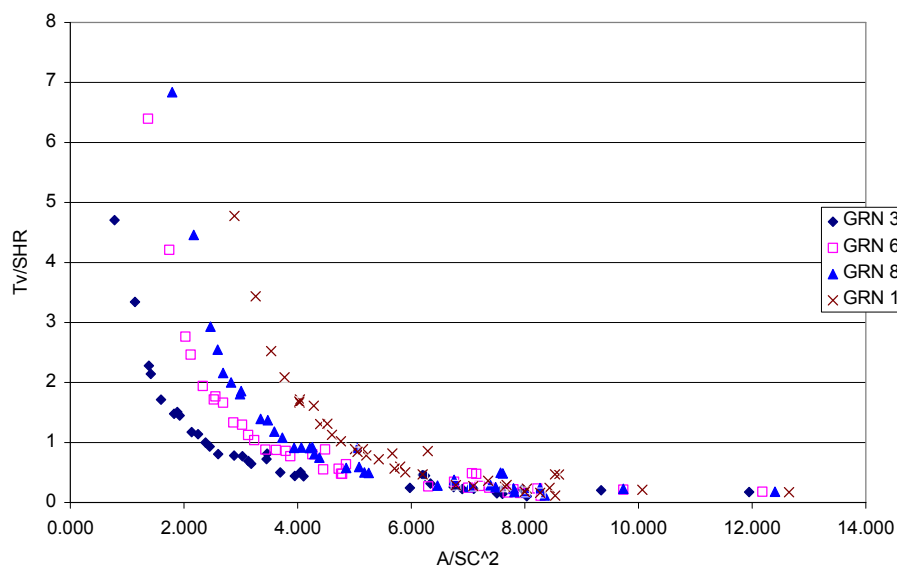
พารามิเตอร์ที่เป็นค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์ ถูกนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนรังสีรวมโดยตรงด้วย แต่ความสัมพันธ์ดังกล่าวอยู่ในรูปที่กระจัดกระจาย ไม่มีความสัมพันธ์ที่เด่นชัด ดังนั้นการวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องแสวงหาค่าพารามิเตอร์ตัวใหม่ที่จะนำไปสู่ค่าการดูดกลืนรังสีรวมของกระจกติดฟิล์มที่เกี่ยวข้องกับค่าข้อมูลทั้งไปที่ถูกกำหนดโดยผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายฟิล์ม ซึ่งค่าดังกล่าวอาจไม่สะท้อนถึงคุณสมบัติทางกายภาพโดยตรง จากการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูลของตัวอย่างกระจกติดฟิล์มจำนวนมาก ค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าอัตราส่วนของการดูดกลืนรังสีรวมกับค่าสัมประสิทธิ์บังเงากำลังสอง (A/SC^2) ถูกเลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้ รูปที่ 4.31 ถึงรูปที่ 4.34 แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ทั้งสองตัวของกระจกติดฟิล์มชนิดต่าง ๆ



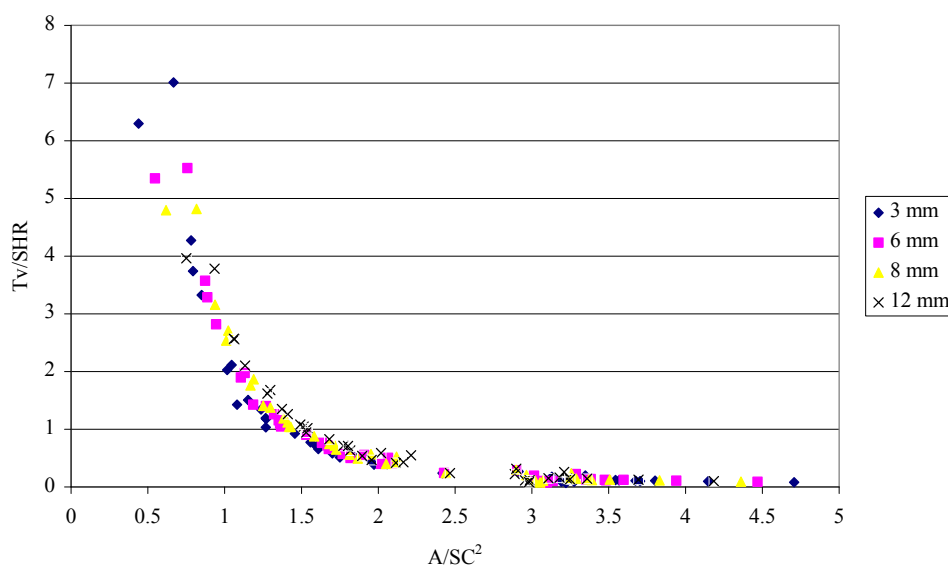
รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าอัตราส่วนของการดูดกลืนรังสีรวมกับค่าสัมประสิทธิ์บังเงากำลังสองของกระจกใส 1 ชั้น ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 ถึง 5 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, 12 มม.



รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสี
แสงอาทิตย์กับค่าอัตราส่วนของค่าการดูดกลืนรังสีรวมกับค่าสัมประสิทธิ์บังเงากำลังสอง
ของกระจกสีบรอนซ์และสีเทา 1 ชั้น ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 ถึง 5 ที่ความหนากระจก 3, 6,
8, 12 มม.



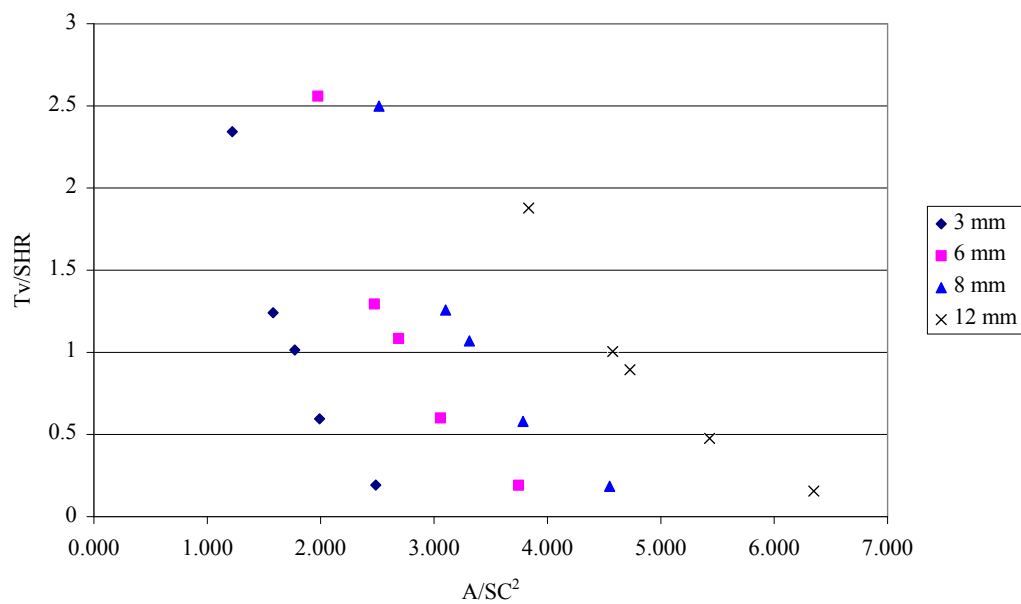
รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสี
แสงอาทิตย์กับค่าอัตราส่วนของค่าการดูดกลืนรังสีรวมกับค่าสัมประสิทธิ์บังเงากำลังสอง
ของกระจกสีเขียว 1 ชั้น ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 ถึง 5 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, 12 มม.



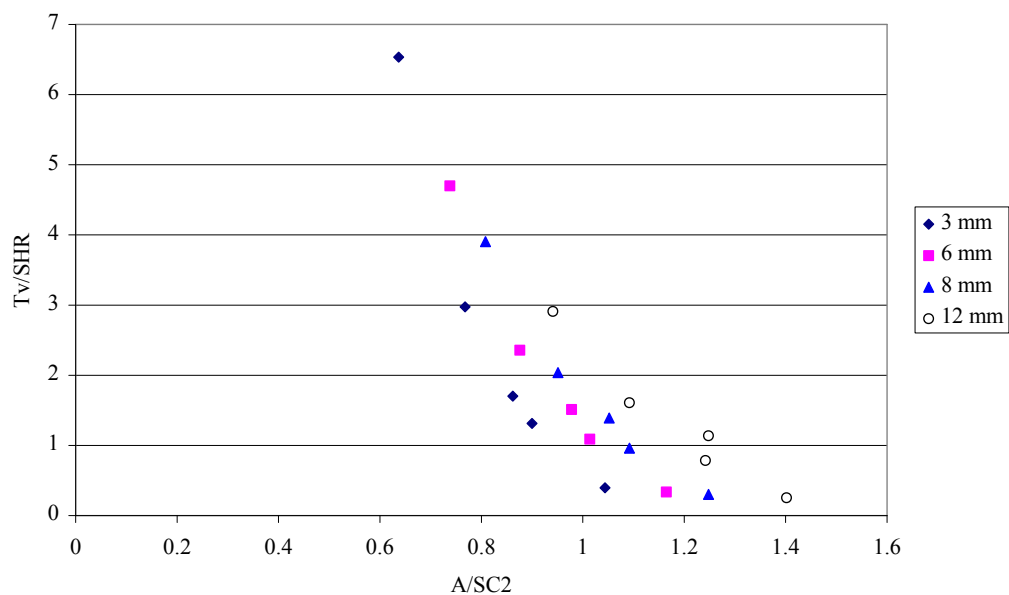
รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าอัตราส่วนของค่าการดูดกลืนรังสีรวมกับค่าสัมประสิทธิ์บังเงากำลังสองของกระจกใส 2 ชั้น ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 1 ถึง 5 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, 12 มม. และมีช่องอากาศ 12 มม.

จากรูปที่ 4.31 ถึง 4.34 จะเห็นได้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับค่าการดูดกลืนรังสีรวม (A/SC^2) แปรผกผันกับค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็น (Tv/SHR) เป็นเส้นโค้ง โดยที่สำหรับกระจกใส 1 ชั้น และกระจกใส 2 ชั้นติดฟิล์มนั้น ค่าความหนาจะมีผลต่อค่าการดูดกลืนรวมของค่อนข้างน้อย ในขณะที่กระจกสีบรอนซ์ สีเทา และสีเขียวติดฟิล์มนั้น ความหนาของกระจกจะมีผลต่อค่าการดูดกลืนรังสีรวมอย่างเด่นชัดเมื่อค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าอัตราส่วนของค่าการดูดกลืนรังสีรวมกับค่าสัมประสิทธิ์บังเงากำลังสอง (A/SC^2) มีค่าต่ำกว่า 6 ลงมา

นอกจากนั้นกระจกติดฟิล์มกลุ่มที่ 6 ถูกนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทั้งสองตัวที่ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อนำไปหาค่าการดูดกลืนรังสีรวมเช่นเดียวกับกระจกติดฟิล์ม 5 กลุ่มแรก รูปที่ 4.35 ถึงรูปที่ 4.38 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าอัตราส่วนของค่าการดูดกลืนรังสีรวมกับค่าสัมประสิทธิ์บังเงากำลังสองของกระจกติดฟิล์มกลุ่มที่ 6



รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าอัตราส่วนของค่าการดูดกลืนรังสีรวมกับค่าสัมประสิทธิ์บังเงากำลังสองของกระจกสีเขียว 1 ชั้น ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 6 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, 12 มม.



รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์กับค่าอัตราส่วนของค่าการดูดกลืนรังสีรวมกับค่าสัมประสิทธิ์บังเงากำลังสองของกระจกใส 2 ชั้น ที่ติดฟิล์มกรองแสงกลุ่มที่ 6 ที่ความหนากระจก 3, 6, 8, 12 มม. และมีช่องอากาศ 12 มม.

จากรูปที่ 4.35 ถึงรูปที่ 4.38 จะแสดงให้เห็นว่าสำหรับกระจกติดฟิล์มกลุ่มที่ 6 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทั้งสองแปรตามชนิดของหนาของกระจกอย่างชัดเจน ไม่เหมือนกับกรณีของกระจกติดฟิล์มกลุ่มที่ 1 ถึง 5

จะเห็นได้ว่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ อันได้แก่ ค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์ (T_v/SHR) กับค่าอัตราส่วนของค่าการดูดกลืนรังสีรวมกับค่าสัมประสิทธิ์บังเงากำลังสอง (A/SC^2) นั้นสามารถนำไปใช้กับกระจกติดฟิล์มกลุ่มที่ 1 ถึงกลุ่มที่ 5 (ซึ่งได้ครอบคลุมฟิล์มทั่วไปที่ใช้ในประเทศเขตร้อนทั้งหมด) เพื่อหาค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ และค่าการดูดกลืนรังสีรวมได้ดี โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวขึ้นกับชนิดของกระจก และความหนาของกระจก และเมื่อได้ค่าดังกล่าวก็จะสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อหาค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อน และดัชนีการส่งผ่านความร้อนต่อไปได้ สำหรับฟิล์มกลุ่มที่ 6 นั้นค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะกระจายออกจากรันในแต่ละชนิดกระจก และแต่ละความหนา แต่เนื่องจากฟิล์มกลุ่มที่ 6 นั้นเป็นฟิล์มกลุ่มพิเศษมีการใช้งานเฉพาะ ไม่ใช่ฟิล์มที่นิยมใช้ในประเทศเขตร้อนทั่วไป พารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์จึงถือว่าน่าจะใช้งานของกระจกติดฟิล์มทั่วไปได้ดี

ดังนั้นจากรูปที่ 4.23 ถึง 4.26 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์ (T_v/SHR) กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ ของกระจกใส กระจกสี และกระจกใสสองชั้นติดฟิล์มทั้ง 5 กลุ่มแรกจะสามารถเขียนได้เป็นกรณีกระจกใส

$$\text{สำหรับ 3 มม.} \quad \frac{T_v}{SHR} = 0.1092e^{5.7138T_s} \quad (4.1)$$

$$\text{สำหรับ 6 มม.} \quad \frac{T_v}{SHR} = 0.11e^{6.2126T_s} \quad (4.2)$$

$$\text{สำหรับ 8 มม.} \quad \frac{T_v}{SHR} = 0.11e^{6.5462T_s} \quad (4.3)$$

$$\text{สำหรับ 12 มม.} \quad \frac{T_v}{SHR} = 0.1182e^{6.5565T_s} \quad (4.4)$$

กรณีกระจกสีบรอนซ์และสีเทา

$$\text{สำหรับ 3 มม.} \quad \frac{T_v}{SHR} = 0.0911e^{7.7847T_s} \quad (4.5)$$

$$\text{สำหรับ 6 มม.} \quad \frac{T_v}{SHR} = 0.0789e^{11.189T_s} \quad (4.6)$$

$$\text{สำหรับ 8 มม.} \quad \frac{T_v}{SHR} = 0.0723e^{14.242T_s} \quad (4.7)$$

สำหรับ 12 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 0.0607e^{23.184T_s} \quad (4.8)$$

กรณีกระจกสีเขียว

สำหรับ 3 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 0.1146e^{8.0277T_s} \quad (4.9)$$

สำหรับ 6 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 0.1162e^{11.019T_s} \quad (4.10)$$

สำหรับ 8 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 0.1133e^{13.27T_s} \quad (4.11)$$

สำหรับ 12 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 0.1091e^{20.554T_s} \quad (4.12)$$

กรณีกระจกใส 2 ชั้น

สำหรับ 3 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 0.0513e^{10.168T_s} \quad (4.13)$$

สำหรับ 6 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 0.0605e^{10.227T_s} \quad (4.14)$$

สำหรับ 8 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 0.0655e^{10.352T_s} \quad (4.15)$$

สำหรับ 12 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 0.0752e^{10.535T_s} \quad (4.16)$$

จากรูปที่ 4.31 ถึง 4.34 ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าอัตราการส่งผ่านรังสีในช่วงการมองเห็นกับค่าการลดลงของรังสีแสงอาทิตย์ (T_v/SHR) กับค่าอัตราส่วนของค่าการดูดกลืนรังสีรวมกับค่าสัมประสิทธิ์บังเงากำลังสอง (A/SC^2) ของกระจกใส กระจกสี และกระจกใสสองชั้นติดฟิล์มทั้ง 5 กลุ่มแรกจะสามารถเขียนได้เป็น

กรณีกระจกใส

สำหรับ 3 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 1.2559 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-1.0038} \quad (4.17)$$

สำหรับ 6 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 1.6212 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-1.1092} \quad (4.18)$$

สำหรับ 8 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 1.8689 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-1.1691} \quad (4.19)$$

สำหรับ 12 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 2.0159 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-1.1866} \quad (4.20)$$

กรณีกระจกสีบรอนซ์และสีเทา

สำหรับ 3 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 2.4654 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-1.3213} \quad (4.21)$$

สำหรับ 6 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 6.3178 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-1.7701} \quad (4.22)$$

สำหรับ 8 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 13.037 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-2.1129} \quad (4.23)$$

สำหรับ 12 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 73.857 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-2.9236} \quad (4.24)$$

กรณีกระจกสีเขียว

สำหรับ 3 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 3.4059 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-1.3668} \quad (4.25)$$

สำหรับ 6 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 9.3235 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-1.7855} \quad (4.26)$$

สำหรับ 8 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 17.256 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-2.0477} \quad (4.27)$$

สำหรับ 12 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 58.822 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-2.5665} \quad (4.28)$$

กรณีกระจกใส 2 ชั้น

สำหรับ 3 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 1.9665 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-2.2305} \quad (4.29)$$

สำหรับ 6 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 2.2613 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-2.3285} \quad (4.30)$$

สำหรับ 8 มม.
$$\frac{T_v}{SHR} = 2.4612 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-2.393} \quad (4.31)$$

สำหรับ 12 มม.

$$\frac{T_v}{SHR} = 2.846 \left(\frac{A}{SC^2} \right)^{-2.5037} \quad (4.32)$$

และจากที่ฟิล์มกลุ่มที่ 6 นั้นมีลักษณะพิเศษ ที่มีคุณสมบัติการส่งผ่านรังสี การสะท้อนรังสี และการดูดกลืนรังสีที่แตกต่างจากฟิล์ม 5 กลุ่มแรกอย่างชัดเจน ดังนั้นโอกาสที่จะใช้ฟิล์มประเภทนี้ในงานอาคารทั่วไปที่ตั้งอยู่ในประเทศเขตร้อนจะมีค่อนข้างน้อยมาก และความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์เหล่านี้ก็กระจายตัวอย่างเด่นชัด ในรายงานนี้จึงจะไม่แสดงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์เพื่อนำไปเลือกกระจกติดฟิล์มไว้ในที่นี้

ความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ที่หาได้จากรูปที่ 4.23 ถึง 4.26 และรูปที่ 4.31 ถึง 4.34 ซึ่งแสดงไว้ในสมการที่ 4.1 ถึงสมการที่ 4.32 นั้นสามารถนำมาจัดรูปใหม่เพื่อสะดวกต่อการใช้งานโดยแปลงสมการให้ค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์และค่าการดูดกลืนรังสีย้ายมาอยู่ทางซ้ายมือของสมการ ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้แสดงไว้ในสมการที่ 4.33 ถึง 4.64

กระจกใส 3 มม

$$T_s = 0.388 + 0.175 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.33)$$

กระจกใส 6 มม

$$T_s = 0.3553 + 0.161 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.34)$$

กระจกใส 8 มม

$$T_s = 0.337 + 0.1528 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.35)$$

กระจกใส 12 มม

$$T_s = 0.326 + 0.1525 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.36)$$

กระจกสีบรอนซ์และสีเทา 3 มม

$$T_s = 0.3077 + 0.1285 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.37)$$

กระจกสีบรอนซ์และสีเทา 6 มม

$$T_s = 0.227 + 0.089 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.38)$$

กระจกสีบรอนซ์และสีเทา 8 มม

$$T_s = 0.1844 + 0.07 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.39)$$

กระจกสี่บรอนซ์และตีเทา 12 มม

$$T_s = 0.1208 + 0.043 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.40)$$

กระจกสี่เขียว 3 มม

$$T_s = 0.270 + 0.1246 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.41)$$

กระจกสี่เขียว 6 มม

$$T_s = 0.1953 + 0.0907 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.42)$$

กระจกสี่เขียว 8 มม

$$T_s = 0.1641 + 0.0754 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.43)$$

กระจกสี่เขียว 12 มม

$$T_s = 0.1078 + 0.0486 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.44)$$

กระจกใส 2 ชั้น 3 มม

$$T_s = 0.292 + 0.0983 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.45)$$

กระจกใส 2 ชั้น 6 มม

$$T_s = 0.2743 + 0.0978 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.46)$$

กระจกใส 2 ชั้น 8 มม

$$T_s = 0.2633 + 0.0966 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.47)$$

กระจกใส 2 ชั้น 12 มม

$$T_s = 0.2456 + 0.0949 \ln \left(\frac{T_v}{SHR} \right) \quad (4.48)$$

กระจกใส 3 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 1.2536 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.992} \quad (4.49)$$

กระจกใต้ 6 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 1.546 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.9015} \quad (4.50)$$

กระจกใต้ 8 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 1.7073 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.8554} \quad (4.51)$$

กระจกใต้ 12 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 1.8055 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.8427} \quad (4.52)$$

กระจกสี่บรอนซ์และสีเทา 3 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 1.9797 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.7568} \quad (4.53)$$

กระจกสี่บรอนซ์และสีเทา 6 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 2.833 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.565} \quad (4.54)$$

กระจกสี่บรอนซ์และสีเทา 8 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 3.371 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.4733} \quad (4.55)$$

กระจกสี่บรอนซ์และสีเทา 12 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 4.356 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.3420} \quad (4.56)$$

กระจกสีเขียว 3 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 2.451 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.7316} \quad (4.57)$$

กระจกสีเขียว 6 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 3.4916 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.560} \quad (4.58)$$

กระจกสีเขียว 8 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 4.018 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.4883} \quad (4.59)$$

กระจกสีเขียว 12 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 4.892 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.3896} \quad (4.60)$$

กระจกใส 2 ชั้น 3 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 1.3541 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.4483} \quad (4.61)$$

กระจกใส 2 ชั้น 6 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 1.4196 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.4295} \quad (4.62)$$

กระจกใส 2 ชั้น 8 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 1.457 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.4180} \quad (4.63)$$

กระจกใส 2 ชั้น 12 มม

$$\frac{A}{SC^2} = 1.5185 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)^{-0.3994} \quad (4.64)$$

นอกจากนั้นในทางปฏิบัติ บ่อยครั้งที่ข้อมูลของค่าพารามิเตอร์ (T_v/SHR) และค่า SC ของกระจกติดฟิล์มจากบริษัทผู้ผลิตฟิล์มอาจมีเฉพาะแต่ความหนาเดียว (อาจเป็นค่าที่ความหนา 3 หรือ 6 มม.) ใน การศึกษานี้จึงได้พัฒนาความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการเลือกฟิล์มที่แปรตามความหนา ดังแสดงในสมการที่ 4.65 ถึง 4.88

กระจกใส

$$\left(\frac{T_v}{SHR} \right)_{6mm} = 1.0419 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)_{3mm} - 0.0117 \quad (4.65)$$

$$\left(\frac{T_v}{SHR} \right)_{8mm} = 1.0254 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)_{3mm} - 0.0021 \quad (4.66)$$

$$\left(\frac{T_v}{SHR} \right)_{12mm} = 1.0363 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)_{3mm} + 0.0048 \quad (4.67)$$

กระจกสีบรอนซ์และสีเทา

$$\left(\frac{T_v}{SHR} \right)_{6mm} = 0.1039 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)_{3mm}^2 + 0.8412 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)_{3mm} + 0.0154 \quad (4.68)$$

$$\left(\frac{T_v}{SHR} \right)_{8mm} = 0.1721 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)_{3mm}^2 + 0.6773 \left(\frac{T_v}{SHR} \right)_{3mm} + 0.0417 \quad (4.69)$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{6mm} = & 0.1532\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{3mm}^3 + 0.3853\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{3mm}^2 \\ & + 1.1748\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{3mm} + 0.0797 \end{aligned} \quad (4.70)$$

กระจกสี่เหลี่ยม

$$\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{6mm} = 0.0745\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{3mm}^2 + 1.007\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{3mm} + 0.0186 \quad (4.71)$$

$$\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{6mm} = 0.0858\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{3mm}^2 + 1.0339\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{3mm} + 0.0257 \quad (4.72)$$

$$\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{6mm} = -0.0002\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{3mm}^2 + 1.0007\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{3mm} + 0.0375 \quad (4.73)$$

กระจกใต 2 ชั้น

$$\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{6mm} = 1.047\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{3mm} + 0.0039 \quad (4.74)$$

$$\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{8mm} = 1.0365\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{3mm} + 0.0108 \quad (4.75)$$

$$\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{12mm} = 1.0418\left(\frac{T_v}{SHR}\right)_{3mm} + 0.0262 \quad (4.76)$$

กระจกใต

$$SC_{6mm} = 0.9066SC_{3mm} + 0.0405 \quad (4.77)$$

$$SC_{8mm} = 0.8458SC_{3mm} + 0.0659 \quad (4.78)$$

$$SC_{12mm} = 0.7491SC_{3mm} + 0.1067 \quad (4.79)$$

กระจกสี่บรอนซ์และสี่เทา

$$SC_{6mm} = 0.7279SC_{3mm} + 0.0964 \quad (4.80)$$

$$SC_{8mm} = 0.5891SC_{3mm} + 0.1428 \quad (4.81)$$

$$SC_{12mm} = 0.4049SC_{3mm} + 0.2031 \quad (4.82)$$

กระจกสี่เหลี่ยม

$$SC_{6mm} = 0.734SC_{3mm} + 0.0895 \quad (4.83)$$

$$SC_{8mm} = 0.6274SC_{3mm} + 0.1294 \quad (4.84)$$

$$SC_{12mm} = 0.4168SC_{3mm} + 0.1988 \quad (4.85)$$

กระจกใส 2 ชั้น

$$SC_{6mm} = 0.9122SC_{3mm} + 0.0396 \quad (4.86)$$

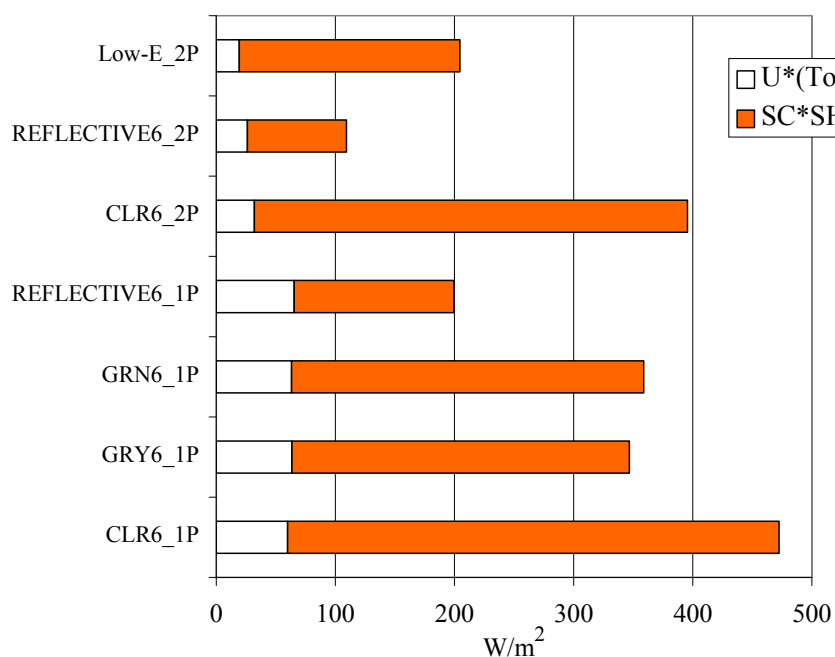
$$SC_{8mm} = 0.8515SC_{3mm} + 0.065 \quad (4.87)$$

$$SC_{12mm} = 0.761SC_{3mm} + 0.1044 \quad (4.88)$$

4.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของหน้าต่างกระจกที่มีผลต่อค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อน

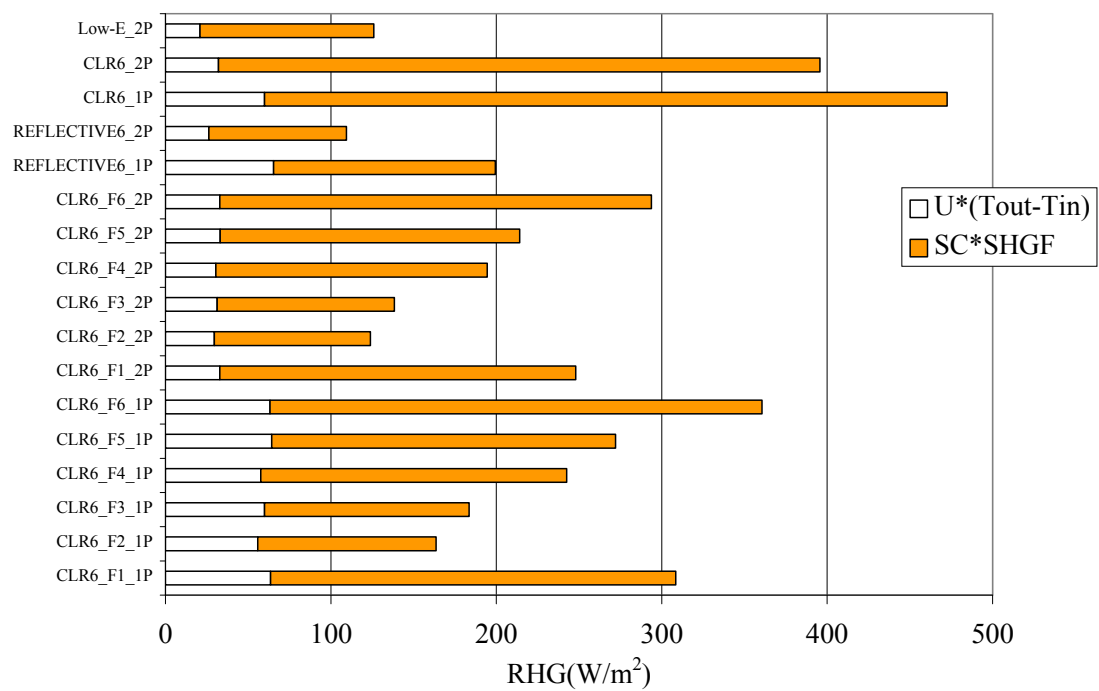
ในหัวข้อนี้เป็นการวิเคราะห์ชุดหน้าต่างกระจกชนิดต่าง ๆ เพื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของชุดหน้าต่างกระจกที่ใช้ในงานวิจัย ในแง่ของความร้อนที่ส่งผ่านกระจกภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยจะทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของหน้าต่างกระจกซึ่งประกอบด้วยความหนากระจก และคุณสมบัติทาง optical ของหน้าต่างกระจก ซึ่งพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านพลังงานความร้อน คือ ค่าผลคูณระหว่างค่า U กับ ค่าอุณหภูมิแตกต่างระหว่างอากาศภายนอกและภายใน และค่าผลคูณระหว่างค่า SC กับค่า SHGF (Solar Heat Gain Factor) ที่ได้จากการวิเคราะห์ภายใต้เงื่อนไขการออกแบบ

รูปที่ 4.39 แสดงถึงค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของตัวอย่างกระจกชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีความหนา 6 มม.ที่ได้จากการวิเคราะห์ ผลแสดงให้เห็นว่ากระจกใส 1 ชั้นจะมีค่าการส่งผ่านความร้อนสูงสุดในกระจกชนิดต่าง ๆ โดยมีส่วนการส่งผ่านความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์สูงกว่าการส่งผ่านความร้อนจากการนำความร้อนมาก กระจกสีจะมีค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อนน้อยกว่ากระจกใส กระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นจะมีค่าการส่งผ่านความร้อนต่ำสุดในบรรดากระจก 1 ชั้น สำหรับกระจกใส 2 ชั้นจะมีค่าการส่งผ่านความร้อนต่ำกว่ากระจกใส 1 ชั้นแต่ก็ยังมีความสูงกว่ากระจก 2 ชั้นชนิดอื่น ๆ กระจกสะท้อนแสง 2 ชั้นมีค่าการส่งผ่านความร้อนต่ำสุด ในขณะที่กระจก 2 ชั้นเคลือบสาร Low-E ให้ค่าการส่งผ่านความร้อนต่ำกว่ากระจกใส 2 ชั้น แต่มีความสูงกว่ากระจกสะท้อนแสง 2 ชั้น สิ่งที่น่าสังเกตสำหรับกระจก 2 ชั้นเคลือบสาร Low-E คือมีการส่งผ่านความร้อนจากการนำความร้อนต่ำกว่ากระจกชนิดอื่น ๆ

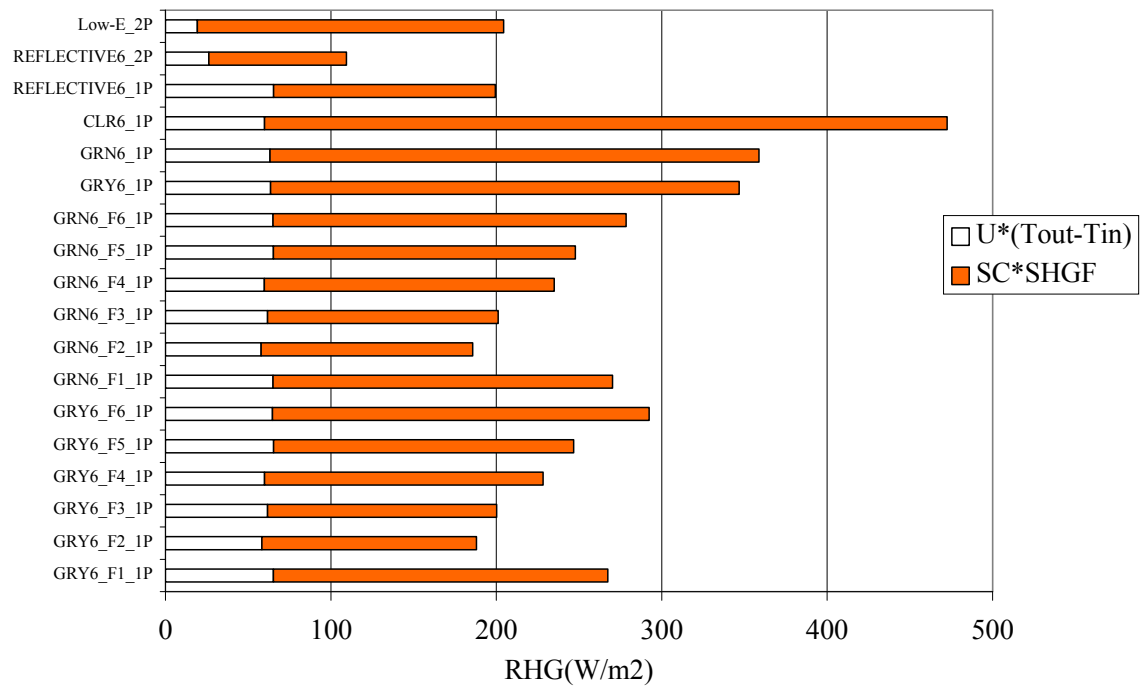


รูปที่ 4.39 ค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของกระจกชนิดต่าง ๆ

รูปที่ 4.40 และ 4.41 แสดงถึงค่าการส่งผ่านความร้อนของตัวอย่างกระจกหนา 6 มม. ที่ติดฟิล์มทั้ง 6 กลุ่ม ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระจกติดฟิล์มทุกตัวมีค่าการส่งผ่านความร้อนรวม (RHG) ลดลงเมื่อเทียบกับกระจกตัวเปล่าทุกตัว การจะลดความไม่สบายลงมากหรือน้อยขึ้นกับคุณสมบัติของฟิล์มดังที่แสดงไว้ในบทที่ 6 กระจกติดฟิล์มทุกตัวจะมีค่า RHG จากรังสีแสงอาทิตย์ลดลง แต่กระจกติดฟิล์มทุกตัวจะมีค่า RHG จากการนำความร้อนเพิ่มขึ้น นั่นคือถึงแม้ว่าการติดฟิล์มจะลดความร้อนจากการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ได้แต่มันจะเพิ่มการส่งผ่านความร้อนจากการนำความร้อนมากขึ้น



รูปที่ 4.40 ค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของกระจกชนิดต่าง ๆ



รูปที่ 4.41 ค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของกระจกชนิดต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์ที่แสดงตัวอย่างของสมรรถนะกระจกแต่ละชนิดในแง่การส่งผ่านความร้อนในรูปที่ 4.40 ถึง 4.41 แล้ว ข้อมูลกระจกและกระจกติดฟิล์มทุกชนิดที่ความหนาต่าง ๆ กันถูกนำมาวิเคราะห์หาค่า RHG ทั้งหมด แล้วนำมาหาความสัมพันธ์กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ และค่าการดูดกลืนรังสี

รูปที่ 4.42 แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance) ของกระจก 1 ชั้น ได้แก่ กระจกใส กระจกสีบรอนซ์ กระจกสีเทา และกระจกสีเขียว รูปที่ 4.34 แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการดูดกลืนรังสี (Absorptance) ของกระจก 1 ชั้น ได้แก่ กระจกใส กระจกสีบรอนซ์ กระจกสีเทา และกระจกสีเขียว

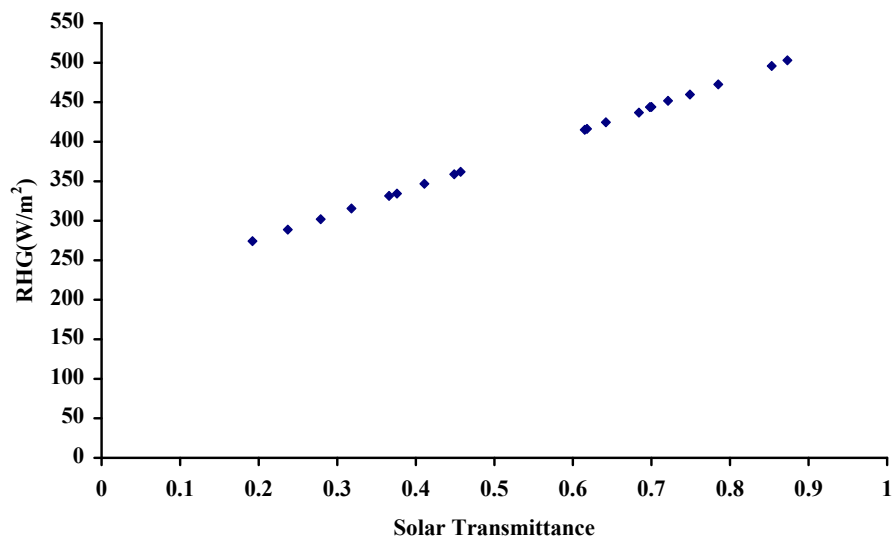
รูปที่ 4.44 แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance) ของกระจก 1 ชั้นติดฟิล์ม ในขณะที่รูปที่ 4.45 แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการดูดกลืนรังสี (Absorptance) ของกระจก 1 ชั้นติดฟิล์ม โดยแบ่งเป็นกระจกติดฟิล์ม 3 กลุ่มตามค่าการเพิ่มและลดลงของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

รูปที่ 4.46 แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance) ของกระจก 2 ชั้นติดฟิล์ม ในขณะที่รูปที่ 4.47 แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการดูดกลืนรังสี (Absorptance) ของกระจก 2 ชั้นติดฟิล์ม โดยแบ่งเป็นกระจกติดฟิล์ม 3 กลุ่มตามค่าการเพิ่มและลดลงของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

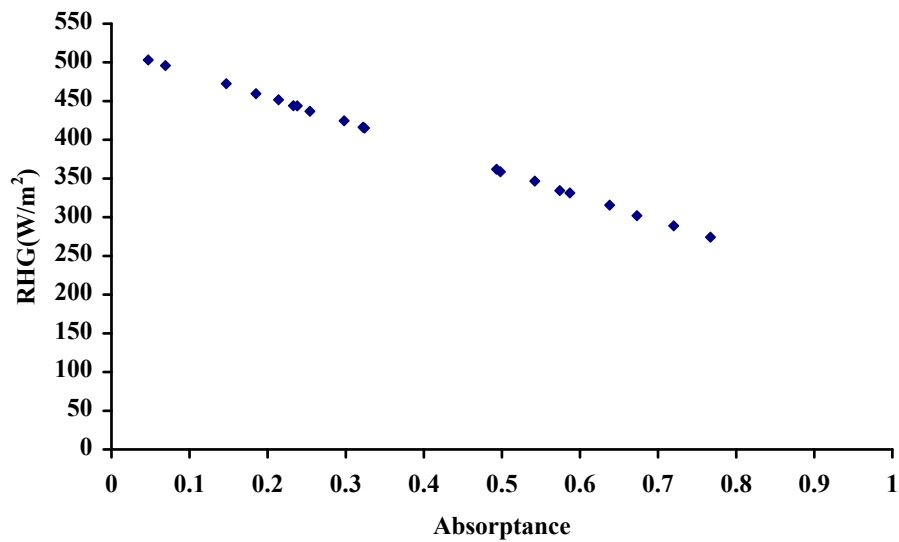
รูปที่ 4.48 แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance) ของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้น ในขณะที่รูปที่ 4.49 แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการดูดกลืนรังสี (Absorptance) ของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้น โดยแบ่งเป็นกระจกสะท้อนแสงเป็น 3 ช่วงตามค่าการเพิ่มและลดลงของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

รูปที่ 4.50 แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance) ของกระจกสะท้อนแสง 2 ชั้น ในขณะที่รูปที่ 4.51 แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการดูดกลืนรังสี (Absorptance) ของกระจกสะท้อนแสง 2 ชั้น โดยแบ่งเป็นกระจกสะท้อนแสงเป็น 3 ช่วงตามค่าการเพิ่มและลดลงของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

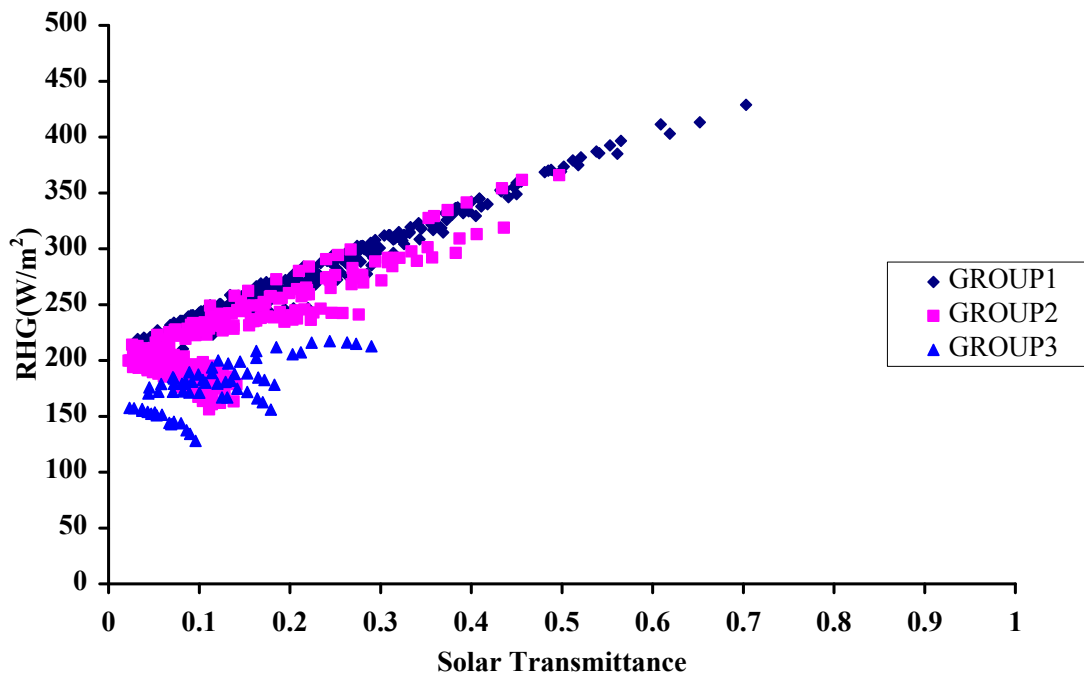
รูปที่ 4.52 แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ (Solar Transmittance) ของกระจก low-E 2 ชั้น ในขณะที่รูปที่ 4.53 แสดงถึงความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการดูดกลืนรังสี (Absorptance) ของกระจก low-E 2 ชั้น โดยแบ่งเป็นกระจก low-E ตามบริษัทผู้ผลิต



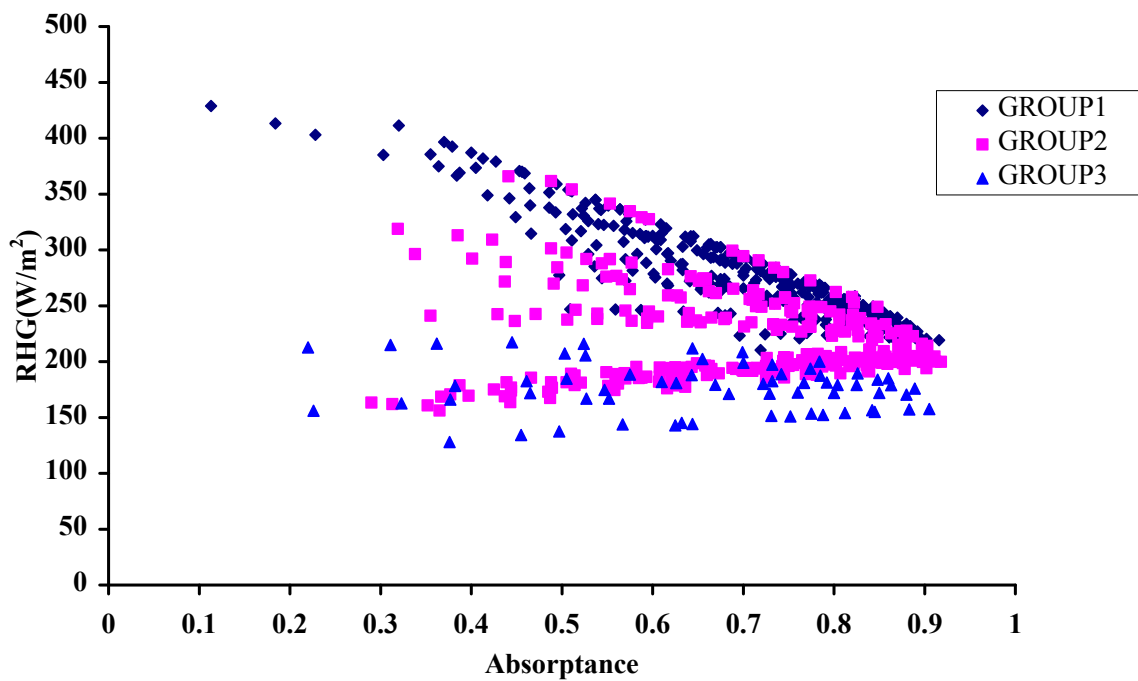
รูปที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านรังสีและค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของกระจก 1 ชั้น ได้แก่ กระจกใส กระจกสีบรอนซ์ กระจกสีเทา กระจกสีเขียว



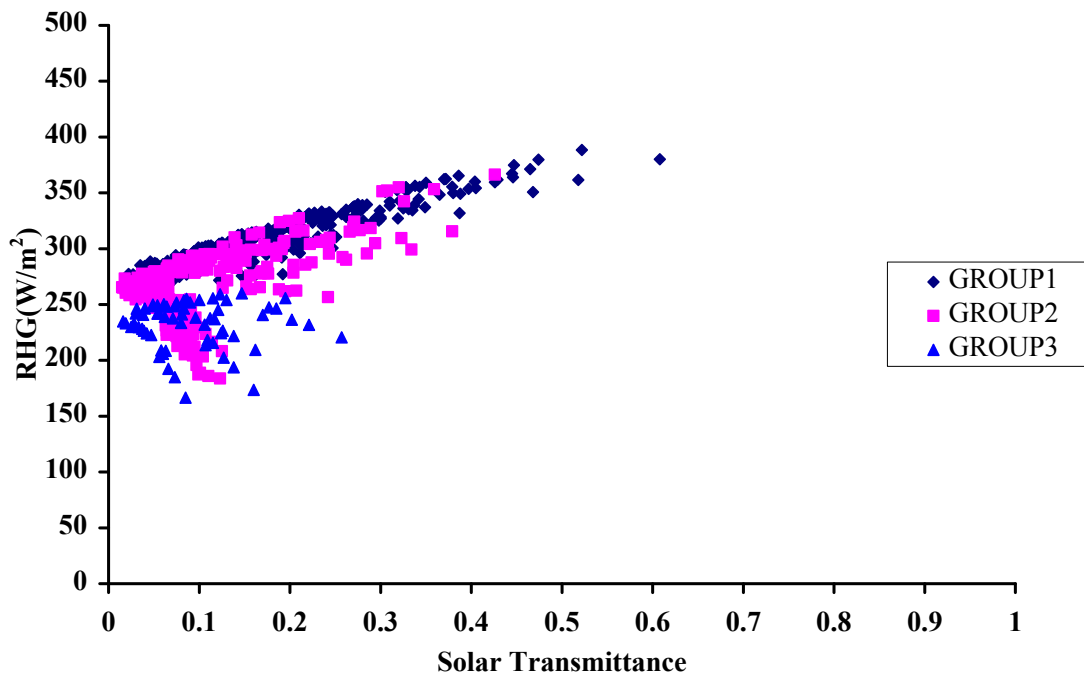
รูปที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนรังสีและค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของกระจก 1 ชั้น ได้แก่ กระจกใส กระจกสีบรอนซ์ กระจกสีเทา กระจกสีเขียว



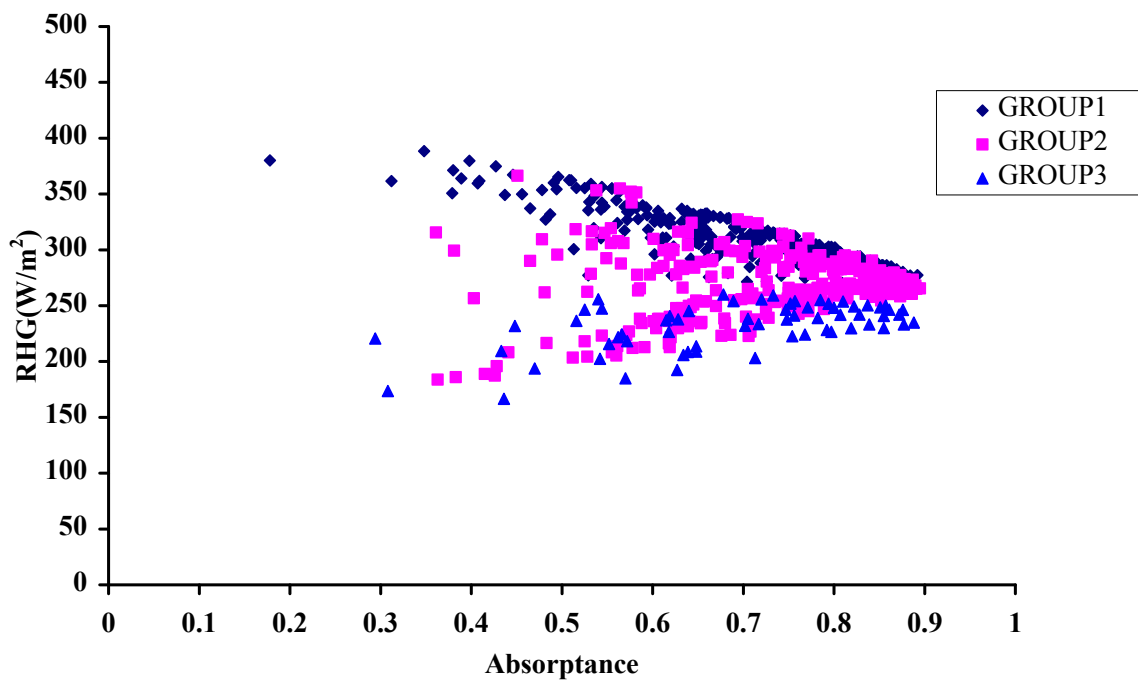
รูปที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านรังสีและค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของกระจก 1 ชั้นติดฟิล์มกรองแสง 3 กลุ่ม



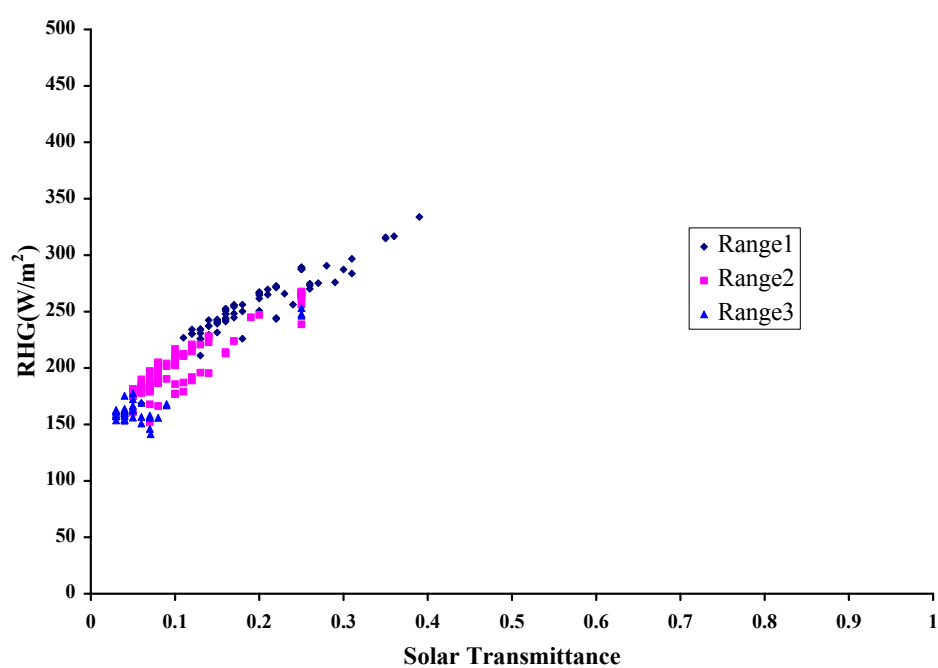
รูปที่ 4.45 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนรังสีและค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของกระจก 1 ชั้นติดฟิล์มกรองแสง 3 กลุ่ม



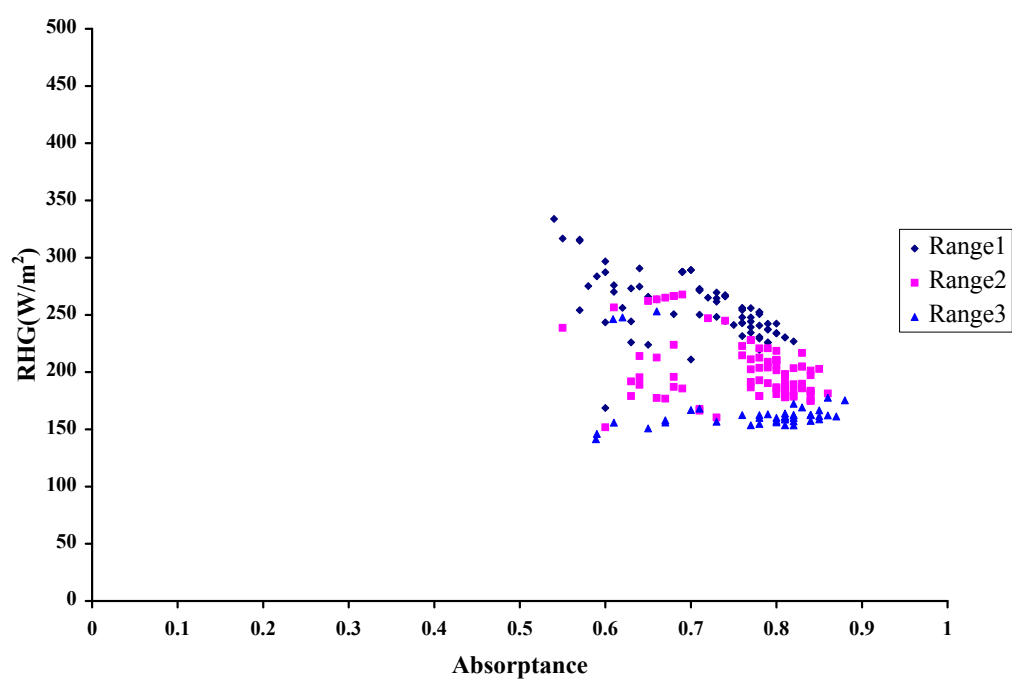
รูปที่ 4.46 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านรังสีและค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของ
กระจก 2 ชั้นติดฟิล์มกรองแสง 3 กลุ่ม



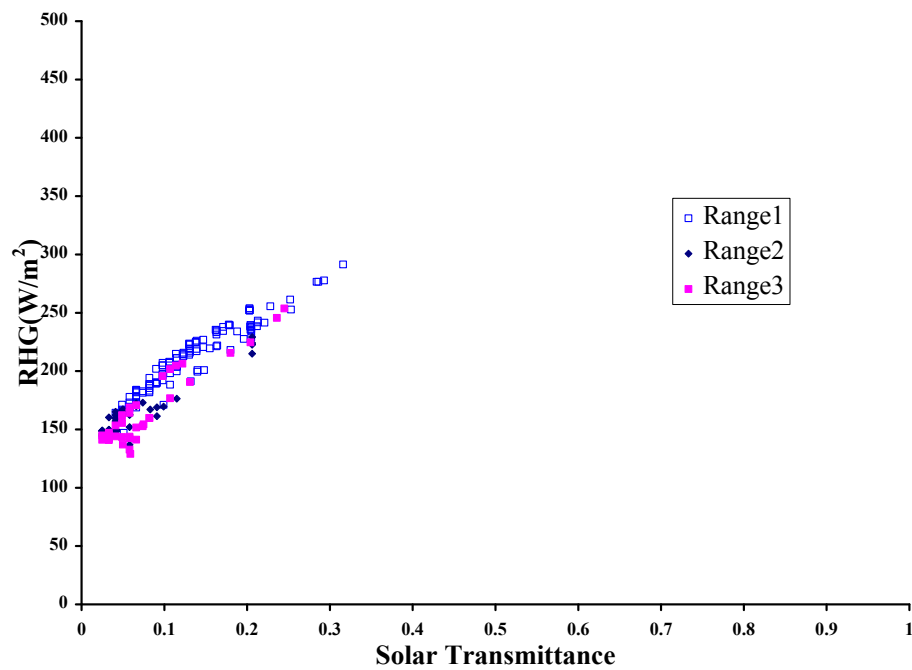
รูปที่ 4.47 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนรังสีและค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของ
กระจก 2 ชั้นติดฟิล์มกรองแสง 3 กลุ่ม



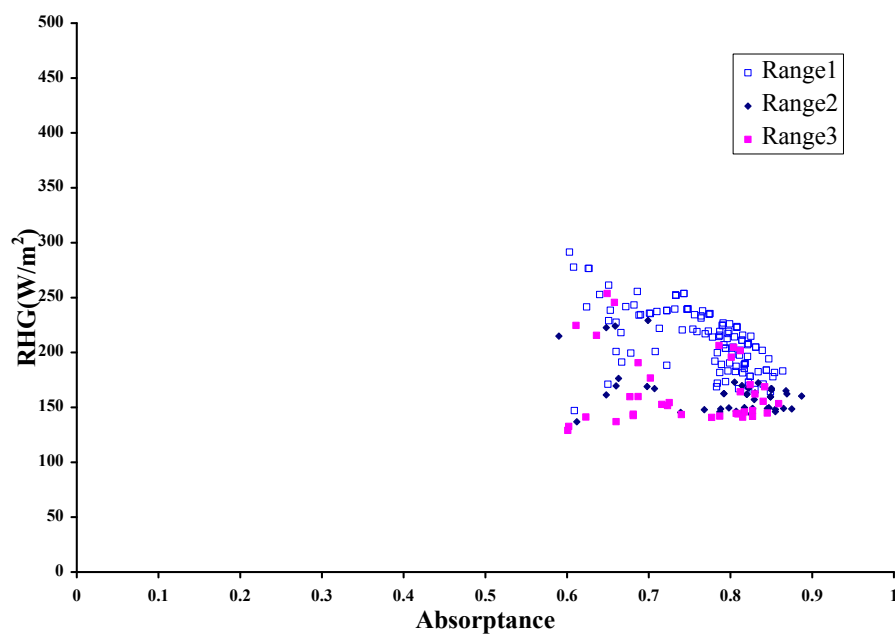
รูปที่ 4.48 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านรังสีและค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้น



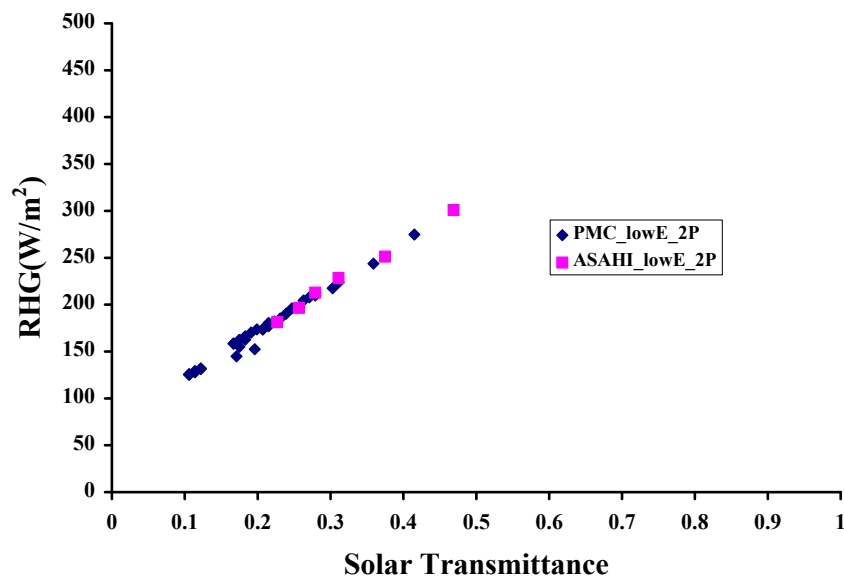
รูปที่ 4.49 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนรังสีและค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้น



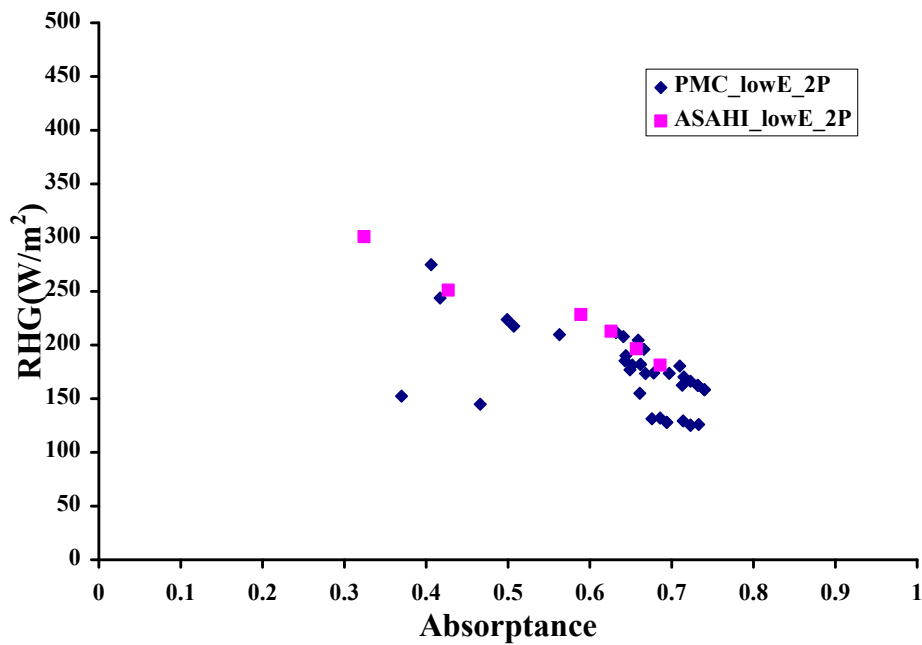
รูปที่ 4.50 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านรังสีและค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของกระจกสะท้อนแสง 2 ชั้น



รูปที่ 4.51 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนรังสีและค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของกระจกสะท้อนแสง 2 ชั้น



รูปที่ 4.52 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านรังสีและค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของกระจก low-E 2 ชั้น



รูปที่ 4.53 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนรังสีและค่าดัชนีการส่งผ่านความร้อน (RHG) ของกระจก low-E 2 ชั้น

จากรูปที่ 4.42 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ของกระจกใสและสี 1 ชั้นจะแปรตามกันเป็นเชิงเส้น ในขณะที่ความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการดูดกลืนรังสีของกระจกใส 1 ชั้นจะแปรผกผันกันเป็นเชิงเส้นตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.43 ในขณะที่ความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ของกระจกติดฟิล์ม 1 ชั้นนั้นกระจายเป็นชุดของเส้นต่างกัณดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.44 และจากรูปที่ 4.45 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการดูดกลืนรังสีของกระจกติดฟิล์ม 1 ชั้นจะแปรเป็นกลุ่มกระจายไม่สามารถเขียนเป็นสมการที่ทำนายความสัมพันธ์ที่แม่นยำได้ สำหรับกระจก 2 ชั้นติดฟิล์มนั้น ความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ และความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการดูดกลืนรังสีจะมีลักษณะใกล้เคียงกับของกระจกติดฟิล์ม 1 ชั้นดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.46 และ 4.47

สำหรับความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ และค่าการดูดกลืนรังสีของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นนั้นจะกระจายเป็นกลุ่มดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.48 และ 4.49 และความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ และค่าการดูดกลืนรังสีของกระจกสะท้อนแสง 2 ชั้นนั้นก็จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับของกระจกสะท้อนแสง 2 ชั้น ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.50 และ 4.51

ในขณะที่ความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์ของกระจก low-E นั้นจะมีความสัมพันธ์กันเป็นเชิงเส้นที่ดีดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.54 แต่สำหรับความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าการดูดกลืนรังสีของกระจกใส 2 ชั้น จะแปรผกผันกันกระจายเป็นกลุ่มดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.53

จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ของค่า RHG กับค่าคุณสมบัติของกระจกที่พิจารณา (ในที่นี้คือค่า การส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์และค่าการดูดกลืนรังสี) มีลักษณะเด่นเป็นเชิงเส้นเฉพาะกระจกใสและสี 1 ชั้น ส่วนกระจกติดฟิล์ม กระจกสะท้อนแสง 1 ชั้น กระจกสะท้อนแสง 2 ชั้นและกระจก low_E ความสัมพันธ์ยังกระจายจนไม่สามารถเขียนสมการที่ใช้ทำนายความสัมพันธ์ที่แม่นยำสำหรับกระจกแต่ละชนิดได้ ไม่เหมือนกับกรณีของค่าความสัมพันธ์ของดัชนีความสบายเชิงความร้อนกับ ค่าคุณสมบัติของกระจกที่พิจารณา (ในที่นี้คือค่า การส่งผ่านรังสีในช่วงแสงอาทิตย์และค่าการดูดกลืนรังสี)

ดังนั้นในส่วนการส่งผ่านความร้อนยังต้องมีการศึกษาในรายละเอียดมากกว่านี้เพื่อจะหาพารามิเตอร์ที่จำเป็นในการแยกแยะหาค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวกับคุณสมบัติของกระจกต่อไป