บทคัดย่อ

T 160607

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าของฟิล์มชั้นเดียวได้แก่ ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ไททาเนียม (Ti) เงิน (Ag) และระบบฟิล์มได้แก่ TiO_2/Ag/TiO_2, ZnO/Ag/Ti/ZnO, $[TiO_2/Ag/Ti/TiO_2]^x$ (x=1,2,3) ชั้นฟิล์มที่ศึกษาทั้งหมดจะเคลือบด้วยระบบ ดีซี พัลส์ แมกนีตรอนสปัตเตอริง ซึ่งมีความดันก่อนเคลือบต่ำกว่า 1×10^{-6} มิลลิบาร์ ใช้กำลังไฟฟ้าที่ให้แก่เป้า ไททาเนียม (สำหรับเคลือบฟิล์ม TiO_2) เป้าเงิน และเป้าไททาเนียม (สำหรับเคลือบชั้นป้องกันออกไซด์) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว เป็น 160, 100 และ 120 วัตต์ ป้อนก๊าซอาร์กอนต่อออกซิเจนเท่ากับ 40:5, 50:0 และ 50:0 sccm ตามลำดับ โดยในรายละเอียดจะทำการพิจารณาความหนาของฟิล์มแต่ละชนิด พิจารณาฟิล์มชั้นเดียวของไททาเนียมไดออกไซด์ จะให้ค่าการส่องผ่านทางแสงที่สูง มีค่าดัชนีหักเหประมาณ 2.5 และมีค่าสัมประสิทธิ์การดับสูญต่ำกว่า 0.025 ในคลื่นแสงช่วงตามองเห็น การเคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์โดยไม่มีการให้ความร้อนแก่แผ่นกระจกรองรับฟิล์มที่ได้จะมีความเป็นอสัณฐาน และหลังจากอบฟิล์มที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ฟิล์มจะมีความเป็นผลึกโดยปรากฏเฟสอนาทาสขึ้น พิจารณาฟิล์มชั้นเดียวของไททาเนียมฟิล์มจะมีค่าการดูดกลืนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในคลื่นช่วงตามองเห็นและอินฟราเรดเมื่อความหนาของฟิล์มเพิ่มมากกว่า 3 นาโนเมตร ส่วนฟิล์มชั้นเดียวของเงินจะมีค่าการสะท้อนสูงขึ้นในคลื่นช่วงอินฟราเรดโดยมีค่าความคล่องตัวของอิเล็กตรอนสูงขึ้น และมีค่าการปลดปล่อยรังสีลดลงเมื่อความหนาของฟิล์มเงินเพิ่มขึ้น พิจารณาระบบฟิล์ม TiO_2/Ag/TiO_2 จะมีสมบัติทางแสงที่ไม่น่าพอใจและมีค่าการปลดปล่อยรังสีสูง 0.87 ใกล้เคียงกับแผ่นกระจก เนื่องจากเกิดการแพร่ของออกซิเจน

และการปล่อยรังสีของพลาสมาซึ่งทำให้เกิดออกไซด์บนฟิล์มเงินและทำให้ระบบฟิล์มนั้นเสื่อมคุณภาพลง สำหรับระบบฟิล์มโครงสร้าง $TiO_2/Ag/Ti/TiO_2$ ความหนาของชั้นฟิล์มเงินที่เพิ่มขึ้นจาก 8.8 ถึง 33 นาโนเมตร จะให้ค่าการส่องผ่านในช่วงตามองเห็นลดลง ในขณะที่ค่าการสะท้อนคลื่นช่วงอินฟราเรดมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งความหนาของชั้นฟิล์มเงินอยู่ในช่วงประมาณ 8 ถึง 15 นาโนเมตร ระบบฟิล์มจะให้ค่าการส่องผ่านทางแสงที่สูงในช่วงตามองเห็นและมีค่าการส่องผ่านที่ต่ำในช่วงอินฟราเรด อิทธิพลของความหนาฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์และเงินจะทำให้ค่าสูงสุดของกราฟการส่องผ่านเลื่อนไปมาบริเวณคลื่นแสงช่วงตามองเห็น ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของระบบฟิล์ม ความหนาของชั้นฟิล์มไททาเนียมในระบบฟิล์มที่น้อยที่สุดที่สามารถป้องกันออกไซด์แก่ชั้นเงินได้คือ 1.2 นาโนเมตร พิจารณาระบบฟิล์มที่มีโครงสร้างเป็น $[TiO_2/Ag/Ti/TiO_2]^x$ เมื่อ x เท่ากับ 1, 2 และ 3 ความหนาที่เหมาะสมของแต่ละชั้นฟิล์มได้แก่ ไททาเนียมไดออกไซด์ เงิน และไททาเนียม มีค่าประมาณ 32.13, 15.4 และ 2 นาโนเมตร ตามลำดับ ซึ่งจำนวนโครงสร้าง x ที่เพิ่มขึ้นจาก 1 เป็น 2 และ 3 จะทำให้ค่าการปลดปล่อยรังสีลดลงจาก 0.06 เป็น 0.04 และ 0.03 ตามลำดับ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความหนาของชั้นฟิล์มเงิน ส่วนระบบฟิล์มที่มีโครงสร้างเป็น $TiO_2/Ag/Ti/TiO_2$ และ ZnO/Ag/Ti/ZnO จะมีค่าการส่องผ่านทางแสงสูงสุดเท่ากับ 89.49% และ 83.23% ตามลำดับ โดยระบบฟิล์มทั้งสองโครงสร้างจะมีค่าการปลดปล่อยรังสีประมาณ 0.06 ระบบฟิล์มที่ใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นชั้นโปร่งแสงซึ่งมีค่าดัชนีหักเหสูงกว่านั้นจะสามารถช่วยให้เพิ่มการต้านการสะท้อนคลื่นของชั้นฟิล์มเงิน ทำให้มีค่าการส่องผ่านทางแสงที่สูงกว่าของระบบฟิล์มที่ใช้ชั้นโปร่งแสงเป็นซิงค์ออกไซด์

ABSTRACT

TE 160607

The objectives of this study are the optical and electrical properties of single layers (TiO_2, Ti, Ag) and multilayer systems (TiO_2/Ag/TiO_2, ZnO/Ag/Ti/ZnO, $[TiO_2/Ag/Ti/TiO_2]^x$ (x=1,2,3)). All individual layers are deposited by dc pulse magnetron sputtering system with base pressure less than 1×10^{-6} mbar. The dc power use for Ti (for TiO_2), Ag and Ti (primer) targets of three inch diameters were 160, 100 and 120 watt, and the gas flow rate Ar:O_2 were 40:5, 50:0 and 50:0 sccm, respectively. Specifically, detailed comparisons of film thickness of each type are considered. The single layer of TiO_2 has high transmittance, high refractive index about 2.5, and has extinction coefficient lower than 0.025 in the visible range. The as-deposited (unheated glass substrate) TiO_2 films are amorphous, and they are the anatase phase after annealed at 400^{o}c for 1 hour. The single layer of Ti will rapidly increase absorption in the visible and the infrared range when the film thicknesses are increase more than 3 nm. The single layer of Ag has higher reflectance in the infrared range, higher electron mobility and lower emittance, for which the increasing of the film thickness. The multilayer system of TiO_2/Ag/TiO_2 showed unsatisfactory optical properties with high emittance (0.87) due to the oxygen diffusion and plasma radiation so that the silver film is oxidized and the performance of low-e filter can be drastically degraded. For the structure of TiO_2/Ag/Ti/TiO_2, the increasing thickness of Ag film from 8.8 to 33 nm showed the decreasing transmittance in the visible range, while the increasing reflectance in the infrared range. The thickness of Ag layer about 8-15 nm show high transmittance in the visible range and low transmittance in the infrared range. The influence of film thickness of TiO_2 and Ag make the shift of extreme peak of transmittance and change the color of film systems. The minimum protective Ti layer that prevents Ag film from oxidation is about 1.2 nm. The system of $[TiO_2/Ag/Ti/TiO_2]^x$ (x=1,2,3) have optimum thickness for good optical properties that TiO_2, Ag and Ti film have the thickness about 32.13, 15.4 and 2nm, respectively. As the number of the repeated structure, $[TiO_2/Ag/Ti/TiO_2]^x$ (x=1,2,3), are 1, 2 and 3, the value of emissivity are 0.06, 0.04 and 0.03, respectively, due to an increasing of the effective thickness of Ag films. The systems of TiO_2/Ag/Ti/TiO_2 and ZnO/Ag/Ti/ZnO show maximum visible transmittance of 89.49% and 83.23%, respectively, and low emittance about 0.06 for both systems. The higher level of optical transmittance using TiO_2 as transparent oxide can be attributed to its higher refractive index which leads to an increasing of de-reflection of the silver layer and higher optical transmittance.