บทคัดย่อ

181216

การเสื่อมสภาพของระบบฟิล์มที่ให้ค่าการปลดปล่อยรังสีต่ำโดยมีชั้นเงินเป็นชั้นหลักมีสาเหตุสำคัญมาจากความชื้นซึ่งแทรกซึมผ่านชั้นฟิล์มเคลือบทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนของชั้นฟิล์มเงิน การค้นหาชั้นป้องกันซึ่งมีความแข็งสูงเพื่อป้องกันการขีดข่วนบนผิวฟิล์มและผิวฟิล์มที่แน่นช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งทำให้ฟิล์มเงินมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ในการวิจัยนี้เลือกศึกษาฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์ ซึ่งเคลือบโดยวิธี ดีซี พัลส์ แมกนีตรอนสปัตเตอร์ริง การศึกษาจะมีการเปลี่ยนตัวแปรในการเคลือบต่างๆ คือกำลังไฟฟ้า ความกว้างพัลส์ไฟฟ้า ความถี่พัลส์ไฟฟ้า ความหนาฟิล์ม และอัตราการป้อนก๊าซอาร์กอนและไนโตรเจนในระหว่างกระบวนการเคลือบเพื่อที่จะได้ฟิล์มป้องกันของซิลิกอนไนไตรด์ ที่มีสัดส่วนระหว่างซิลิกอนและไนโตรเจนที่เหมาะสม ก๊าซไนโตรเจนที่ป้อนต้องมีค่าสูงกว่าค่าวิกฤติ ถ้าอัตราการป้อนก๊าซไนโตรเจนต่ำกว่าค่าวิกฤตจะมีอะตอมของซิลิกอนบางส่วนซึ่งไม่ถูกทำปฏิกิริยาเป็นไนไตรด์และพร้อมจะฟอร์มตัวเป็นซิลิกอนไดออกไซด์เมื่อฟิล์มถูกเปิดสัมผัสกับอากาศทันที ปริมาตรของซิลิกอนไดออกไซด์ที่สูงกว่า 2 เท่าของปริมาตรซิลิกอนจะทำให้เกิดความเค้นอัดบนเนื้อฟิล์มและเกิดการลอกตัวออกจากผิวกระจกฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์ ที่ดีจะมีความโปร่งใส และมีค่าการส่งผ่านสูงถึง 80 % ตั้งแต่ส่งผ่านความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร ถึงช่วงอินฟราเรด และมีค่าดัชนีหักเหที่ความยาวคลื่น(λ) 550 นาโนเมตร เท่ากับ 2.033 สภาวะการเคลือบที่ให้ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและความแข็งสูงสุดมีค่า 200 GPa และ 12.4 GPa ตามลำดับ โดยผลที่ได้นี้เกิดที่สภาวะการเคลือบกำลังไฟฟ้า 160 วัตต์ ความกว้างพัลส์ไฟฟ้า 3696 นาโนเมตร ความถี่พัลส์ไฟฟ้า100 กิโลเฮิร์ต และป้อนก๊าซอาร์กอนต่อไนโตรเจนอัตราส่วน 45 ต่อ 13 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาทีที่ความดันก๊าซรวมขณะเคลือบ 7.18×10^{-3} มิลลิบาร์ ฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์ ที่ทดลองเคลือบลงบนกระจกมีค่าความหนา 4 ค่า 5.0 7.6 12.6 และ 25.2 นาโนเมตร สีของฟิล์มจะเป็นสีเหลืองเข้มขึ้นเมื่อความหนาของฟิล์มสูงขึ้น และเมื่อเคลือบฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์เป็นชั้นป้องกันบนฟิล์มที่มีค่าการปลดปล่อยรังสีต่ำที่มีเงินเป็นชั้นหลักทำให้ค่าการปลดปล่อยเพิ่มจาก 0.07 (ที่ ฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์หนา 5.0 นาโนเมตร) เป็น0.095 (ที่ฟิล์มซิลิกอนไนไตรด์หนา 25.2 นาโนเมตร) การเคลือบฟิล์มป้องกันนี้ทำให้เกิดผลทางลบกับฟิล์มที่มีค่าการปลดปล่อยรังสีต่ำของ $TiO_2/Ag/Ti/TiO_2$ เนื่องจากช่วยเพิ่มค่าการส่งผ่านของรังสีอินฟราเรดจาก 20% เป็น 40% เมื่อเทียบกับขณะไม่มีชั้นป้องกัน และลดค่าดัชนีการสะท้อนความร้อนจาก 3.57 เหลือเพียงประมาณ 2.00 เท่านั้น ยิ่งกว่านั้นการศึกษานี้ได้ทดลองการเคลือบชั้นป้องกันซิลิกอนไนไตรด์ที่ความหนา 12.6 นาโนเมตร ลงบนระบบฟิล์มซึ่งมีเงินเป็นชั้นหลักดังกล่าวเพื่อศึกษาการเกิดการรวมตัวเป็นก้อนของชั้นเงินเปรียบเทียบกับเมื่อไม่มีชั้นป้องกันตลอดเวลา 1 ปี ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจมาก ฟิล์มที่มีชั้นป้องกันไม่เกิดการรวมตัวของชั้นเงินที่ชัดเจนเหมือนฟิล์มที่ไม่มีชั้นป้องกัน

ABSTRACT

181216

Humidity-induced degradation caused by physical agglomeration is a major problem in typical Ag-based low-emissivity films. Searching for hard protective layer to prevent the films from scratching and chemical reaction is necessary for long life operation. Silicon nitride(Si_3N_4) films deposited by D.C. pulse magnetron sputtering was chosen in this study. The study involved variable parameters of electrical power, pulse widths, pulse frequencies, film thickness, and gas flow rates of argon (Ar) and nitrogen (N_2). In order to obtain stoichiometric Si_3N_4 protective film the nitrogen flow rate should not less than critical value. If nitrogen flow rate is less than critical value there will be non-reacted silicon atoms in the film of Si_3N_4 and tend to form SiO_2 immediately when the film is exposed to atmosphere .SiO_2 has more than twice the volume of silicon and provided the peeled off result caused by compressive stress in the film. Good Si_3N_4 film is transparent with transmission of 80 percents in the region from λ =400 nm to near infrared. Index of refraction n (λ=550 nm) =2.033. The best condition for highest Young modulus and hardness were 200 GPa and 12.4 GPa respectively. This was secured under deposition condition of 160 watts electrical power ,3696 ns pulse width ,100 kHz pulse frequency ,and gas flow rate of $Ar:N_2$ =45:13 sccm at coating pressure of 7.18×10^{-3} mbar. The thickness of Si_3N_4 had been tried at 5.0,7.6 ,12.6,and 25.2 nm on glass the color of films become more yellow like when the thickness increases. The emissivity of Ag-based films width protective layer change from 0.07 (at 5.0 nm thick) to 0.095 (at 25.2 nm thick).A negative result occurred when Si_3N_4 was deposited on top of TiO_2/Ag/Ti/TiO_2 films. It was the increasing of near infrared transmission from 20% to 40% and the decreasing of heat mirror index (HMI) from 3.57 to about 2.00. Moreover the best coating condition of Si_3N_4 of thickness 12.6 nm on silver-based film system was provided to observe silver agglomeration during one year long compare to the non protective film, the result was quite appreciated. We could not observe silver agglomeration under protective film compared to the unprotective one.