

로이 응용을 위한 비정질 In-Si-O 다층구조 특성 평가

이영선¹, 이상렬^{2,a}

¹ 청주대학교 전자공학과

² 청주대학교 반도체공학과

Characterization of Amorphous In-Si-O Multilayer for Low Emissivity Applications

Young Seon Lee¹ and Sang Yeol Lee^{2,a}

¹ Department of Electronic Engineering, Cheongju University, Cheongju 360-764, Korea

² Department of Semiconductor Engineering, Cheongju University, Cheongju 360-764, Korea

(Received June 19, 2014; Accepted June 30, 2014)

Abstract: Transparent amorphous In-Si-O (ISO)/Ag/In-Si-O (ISO) has been reported for low emissivity (low-e) applications. Effective Si doping into the In₂O₃ matrix led to a completely amorphous ISO film as well as a low resistivity and a high optical transmittance. The optical and electrical performances were examined by measuring transmittance with a UV-VIS spectrophotometer and resistivity with a Hall effect measurement. Consequently, low-e glass with ISO/Ag/ISO showed a high transparency in the visible region and low emissivity in the infrared region, indicating that ISO is a promising amorphous transparent electrode for low-e glass.

Keywords: Low emissivity, Multilayer, Transparent conductive oxide, Amorphous oxide semiconductor, Ag embedded

1. 서론

최근 지구온난화에 따른 기후 변화 및 환경적 문제가 심각해지고 있다. 이 문제에 대응하기 위하여 화석연료의 사용을 줄이고, 에너지 효율을 높이는 방안을 강구하고 있는데 건물의 에너지 손실을 줄이기 위해서 로이 유리 (low emissivity glass)의 이용이 확대되고 있다 [1,2]. 로이 유리는 산화물/금속/산화물

다층으로 이루어진 구조로서 가시광선 영역에서는 높은 투과율을 가지며 적외선 영역에서는 낮은 방사율 특성으로 인해 열을 차단하는 역할을 한다 [3,4]. 기존의 단일 구조로 이루어진 투명 전도막과는 달리 얇은 두께의 금속층이 투명 전도막 산화물 사이에 삽입된 구조로 적층되었을 때 반사 억제 (antireflection) 효과로 인하여 광투과 특성이 특정 파장 대역에서 투과도가 큰 현상을 보이는 보고가 있다 [5,6]. 뿐만 아니라 비저항이 매우 낮은 금속인 Ag를 삽입하였기 때문에 투명 전극 분야에 응용되고 있다. 기존에 연구되어진 로이 유리는 Al 또는 Ga이 도핑된 ZnO 박막을 이용하여 결정질에 따른 grain boundary, roughness, defect 등으로 Ag층 형성에 영향을 주었

a. Corresponding author; sylee@cju.ac.kr

Copyright ©2014 KIEEME. All rights reserved.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다. 하지만, 비정질 박막을 이용할 경우 기존의 결정질 박막일 때 보다 더 얇은 두께에서도 높은 전도성 및 저 방사율을 갖는 로이 유리를 제작할 수 있다.

본 연구에서는 비정질 In-Si-O (ISO) 박막을 이용하여 로이 유리의 특성에 대하여 확인하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 DC magnetron sputtering 방법을 사용하여 ISO 박막을 증착하였고, thermal evaporator를 이용하여 Ag(99.999%) 박막을 증착하였다. 기판은 $12 \times 12 \times 0.7$ mm 크기의 corning glass를 사용하였으며 기판 표면 위의 유기물을 제거하기 위해서 아세톤, 메탄올, DI water 순으로 각각 5분 동안 초음파 세척한 후 N_2 gas를 이용하여 건조하였다. 세척된 기판을 chamber에 장착한 후 로타리 펌프로 5.0×10^{-3} torr 이하까지 진공을 유지한 후 터보 펌프를 이용하여 초기 진공 2.0×10^{-6} torr 이하까지 진공 상태를 유지하였다. 플라즈마 활성화 가스로는 Ar를 사용하였으며 MFC (mass flow controller)로 가스 유입량을 30 sccm으로 유지시키며 작업 진공을 3.0×10^{-3} torr가 되도록 하였다. Pre-sputtering을 5분 동안 실시한 후 ISO 박막은 상, 하층 동일 조건으로 DC power 30 W으로 각각 30 nm의 두께를 증착하였다. ISO 박막의 사이의 metal층인 Ag 박막 증착 시에는 초기 진공 3.0×10^{-6} torr 이하까지 진공 상태를 유지하고 10분의 예열을 통하여 Ag를 충분히 녹인 후 진행하였다.

이와 같은 다층 박막 로이 유리를 분석하기 위해 UV/Vis-NIR spectrophotometer을 이용하여 광학적 특성을 평가하였으며 파장의 측정 범위는 200~1,400 nm로 하였다. 전기적 특성 평가와 구조적 특성 평가를 확인하기 위해서 Hall effect measurement와 XRD (X-ray diffraction)를 측정하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 ISO 단일 박막의 결정성 및 비정질 상을 관찰하기 위하여 XRD 분석을 하였다. 결정 peak들이 전혀 나타나지 않는 것을 보아, 이는 상온에서 sputtering으로 성장된 ISO 박막이 결정성이 없는 비정질 상태라는 것을 알 수 있다.

그림 2는 ISO/Ag/ISO 다층 박막에서 Ag의 두께가

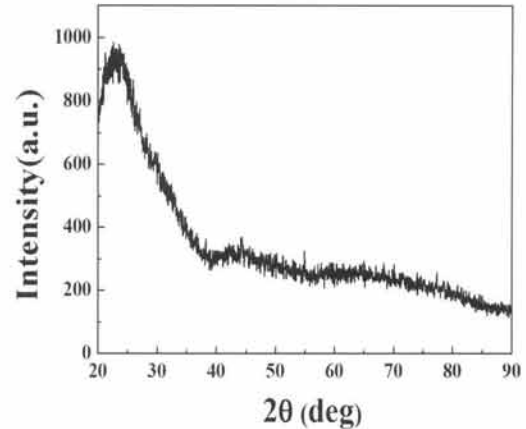


Fig. 1. The X-ray diffraction patterns of ISO single layer.

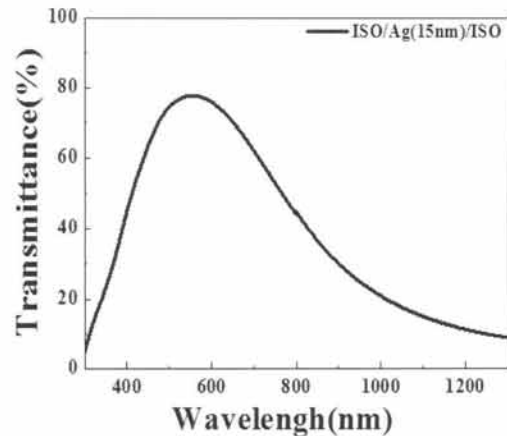


Fig. 2. Optical transmittance spectra of ISO/Ag/ISO multilayer.

Table 1. Electrical resistivity, carrier concentration, hall mobility of the ISO/Ag/ISO films.

Parameter	Value
resistivity ($\Omega \cdot \text{cm}$)	3.272×10^{-5}
carrier concentration ($/\text{cm}^3$)	-1.442×10^{22}
mobility ($\text{cm}^2/\text{v} \cdot \text{s}$)	13.23

15 nm일 때의 광학적 특성을 투과도 측정으로 분석하였다. 가시광선 영역인 380~780 nm 파장 범위에서 평균 투과율 63%, 근적외선 영역인 780~1,300 nm 파장 범위에서는 평균 투과율 26%로 로이 유리로서 만족하는 특성을 보였다.

표 1은 ISO/Ag/ISO 다층막의 전기적 특성을 확인하기 위하여 Hall measurement effect를 이용하여 분석하였다. Ag의 두께가 너무 얇을 경우 island와 같이 증착되어 전기적 특성이 좋지 않지만 두께가 증가함에 따라 Ag layer를 형성하여 낮은 저항을 갖는 다층 박막을 형성할 수 있다.

4. 결 론

본 연구는 비정질 산화물인 ISO를 이용하여 투명한 다층 박막을 증착하여 로이 유리로서 응용에 대한 연구를 진행하였다. 상온에서 증착한 ISO/Ag(15 nm)/ISO 다층 박막의 분석 결과 550 nm 파장대에서 약 78%의 높은 투과율을 나타냈으며 1,000 nm 파장대에서 약 22%의 낮은 투과율을 나타내었다. 이는 ISO/Ag/ISO 다층 박막이 낮은 방사율을 지니는 로이 유리의 활용가능성을 확인하였고, 전기적 특성 역시 뛰어난 것으로 보아 투명 전극으로 응용도 가능하다는 것을 의미한다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부 (교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. NRF-2013R1A2A2A03069155). 또한, 이 논문은 2014년도 청주대학교 연구 장학 지원에 의한 것임.

REFERENCES

- [1] E. Hammarberg and A. Roos, *Thin Solid Films*, 442, 222 (2003).
- [2] M. Del Re, R. Gouttebaron, J. P. Dauchot, and M. Hecq, *Surf. Coat. Technol.*, 180, 488 (2004).
- [3] J.C.C. Fan and F. J. Backner, *Appl. Opt.*, 15, 1012 (1976).
- [4] J. H. Lee, S. H. Lee, K. L. Yoo, N. Y. Kim, and C. K. Hwangbo, *Appl. Opt.*, 41, 3061 (2002).
- [5] J. J. Finley, 44th Annual Technical Conference Proceedings (Society of Vacuum Coaters, Philadelphia, USA, 2001) p. 193.
- [6] P. H. Berning, *Appl. Opt.*, 22, 4127 (1983).