

탄소주입 실리콘 산화막 위에 성장한 투명전극 ZnO 박막의 광학적 특성

오데레사[†]

[†]청주대학교 이공대학 반도체설계공학과

Optical Properties of Transparent Electrode ZnO Thin Film Grown on Carbon Doped Silicon Oxide Film

Teresa Oh[†]

[†]School of Electronic and Information Engineering, Cheongju University, 36 Naedok-dong Sangdang-gu, Cheongju, Chungbuk 360-764, Republic of Korea

ABSTRACT

Zinc oxide (ZnO) films were deposited by an RF magnetron sputtering system with the RF power of 200W and 300W and flow rate of oxygen gases of 20 and 30 sccm, in order to research the growth of ZnO on carbon doped silicon oxide (SiOC) thin film. The reflectance of SiOC film on Si film deposited by the sputtering decreased with increasing the oxygen flow rate in the range of long wavelength. In comparison between ZnO/Si and ZnO/SiOC/Si thin film, the reflectance of ZnO/SiOC/Si film was inversed that of ZnO/Si film in the rage of 200~1000 nm. The transmittance of ZnO film increased with increasing the oxygen gas flow rate because of the transition from conduction band to oxygen interstitial band due to the oxygen interstitial (Oi) sites. The low reflectance and the high transmittance of ZnO film was suitable properties to use for the front electrode in the display or solar cell.

Key Words : Contact angle, Si-O-C bond, Si-C bond, Si-O bond, leakage current

1. 서 론

박막형 디스플레이를 구현하기 위해서는 투명전극이 사용되며, 태양전지의 전면전극을 투명전극으로 사용할 경우 효율이 향상된다. 또한 산화물 반도체의 디스플레이 적용 가능성에 대한 기술이 발달하면 ZnO, ZTO, IZO 등의 산화물을 중심으로 한 연구들이 활발히 이루어지고 있고,

최근 들어 전세계적으로 다양한 산화물 소재를 개발하고 있고, 고 이동도와 고신뢰성 TFT 소자를 확보하기 위한 노력이 이어지고 있다[1-5]. 전극을 형성하는 박막은 높은 광투과율과 $\sim 10^{-4}\Omega\text{cm}$ 정도의 낮은 전기비저항을 가져야 하는데, 가장 널리 사용되는 투명전극으로 ITO (Indium Tin Oxide)는 인듐의 독성, 저온 증착의 어려움, 스퍼터링시 음이온 충격에 의한 막 손

상으로 저항의 증가 및 액정디스플레이의 투명전극으로 사용될 경우 400°C정도의 높은 온도와 수소 플라즈마 분위기에서 장시간 노출시 열화로 인한 광학적 특성변화가 문제로 지적된다. 이러한 문제 해결의 대안으로 ZnO 산화물 반도체가 있는데 내습성 향상과 전도성 향상을 위해서 3족 원소인 B, In, Al, Ga 등을 도핑한 ZnO 투명전도막의 연구가 진행되고 있다. 이러한 원소들 중에서 Al로 도핑했을 때 가장 낮은 비저항을 얻을 수 있다고 알려져 있다[6-9]. 투명 전도성 박막은 기관 물질의 특성에 따라서 결정성이 달라지며, 고이동도를 위해서는 계면에서의 결정성의 불일치를 최소화해야 한다. SiO₂ 산화막은 TFT 소자에서 게이트 산화막 뿐만 아니라 결정성 박막의 결정성을 향상시킬 수 있는 탄소성분의 기능성 때문에 차세대 절연막으로 연구 되어지고 있다. SiOC 박막은 CVD 방법, 스펀 코팅 뿐만이 아니라, 스퍼터에 의해서도 제작이 가능하며, 스퍼터의 타겟을 이용하면 안전하고 낮은 온도에서 공

[†]E-mail : Teresa@cju.ac.kr

정이 가능하다는 장점이 있다[10].

본 연구에서 SiOC 박막 위에 성장된 ZnO 박막의 계면특성을 조사하기 위하여, 우선 SiOC 박막은 RF 마크네트론 스퍼터링법을 이용하여 여러 가지 조건에서 박막을 성장시켰으며, 제작된 박막의 반사도를 측정하여, SiOC 박막 위에 성장된 ZnO 박막의 특성을 조사하여 소자 제작에 앞서 필요한 조건 별 광학적인 특성을 조사하였다.

2. 실험방법

탄소주입 실리코 산화막으로써 SiOC 박막은 rf 마크네트론 스퍼터 (KVC 2003) 방법에 의해서 증착 하였다. 타겟 소스로는 SiC(Si : 97 wt%, C : 3 wt%) 2 inch 을 이용하여 O₂의 유량은 30 sccm, 20 sccm 을 흘려 주면서 10분 동안 상온에서 SiOC 박막을 증착 하였다. SiOC 박막을 증착하기 위해서 $\sim 10^{-5}$ Torr 저진공을 뽑고, 공정압력은 1.2×10^{-2} Torr를 유지하였다. 또한 상대적인 비교를 조사하기 위해서 SiC 타겟 만을 이용하여 Ar가스를 사용하여 SiC 박막을 제작하였으며, 증착 시 RF파위는 13.56 Mhz에서 300 W이며, ZnO 박막을 증착하기 위해서 RF 마크네트론 스퍼터를 사용하였으며, 이때 rf power는 200 W이며, Ar가스의 유량은 10 sccm이다. 기판을 회전하면서 박막이 균일하게 증착되도록 하였다. SiOC 박막을 증착한 뒤 ZnO 박막은 rf 마크네트론 스퍼터 방법으로 증착하여 UV visible spectrometer (HITACHI, u-3501)를 이용하여 광학적 특성을 조사하였다. 박막의 화학적인 분석을 위하여 FTIR 분석기(VERTEX 70, Bruker)를 이용하여, SiOC 박막 위에 증착한 ZnO 박막의 특성에 대하여 조사하였으며, 전극으로서의 투명전극의 특성 혹은 TFT소자에서의 보호막으로써 SiOC 박막의 계면 특성에 대하여 조사하였다.

3. 결과 및 토론

Fig. 1은 SiOC박막의 FTIR 스펙트럼과 반사도를 나타낸다. Fig. 1(a)는 SiOC박막에 대하여 600 cm⁻¹에서 4000 cm⁻¹까지의 영역에 대한 FTIR 스펙트럼을 나타내고 있다.

950~1250 cm⁻¹ 영역에서 Si-O-C 결합이 존재하며, Si-C 어깨픽이 있으나, 1250 cm⁻¹ 근처의 Si-CH₃ 결합은 존재하지 않는다. CVD방법의 SiOC박막의 경우 1250 cm⁻¹ 근처의 Si-CH₃ 결합은 존재하는 것과는 대조적이다[8].

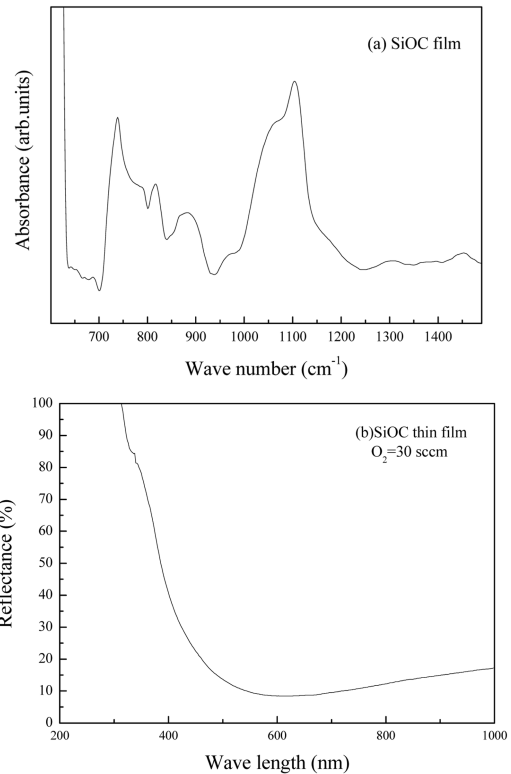


Fig. 1. SiOC film deposited by RF sputtering, (a) FTIR spectra from 600 cm⁻¹ to 1500 cm⁻¹, (b) reflectance.

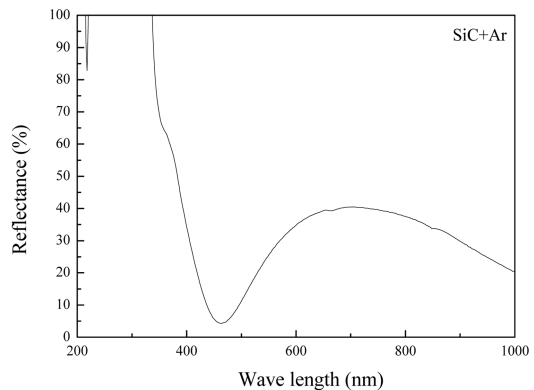


Fig. 2. Reflectance SiC film deposited by RF sputtering using Ar gas.

Fig. 1(b)는 스퍼터에 의한 SiOC 박막의 반사도인데, 500 nm 이상에서 10%~20% 정도의 반사도를 나타낸다.

Fig. 2는 산소를 사용하지 않고 Ar 개스만을 사용하여 SiC 타겟을 사용한 박막의 반사도이다.

Fig. 1(b)와 비교하면 500 nm 이상에서 반사도가 크

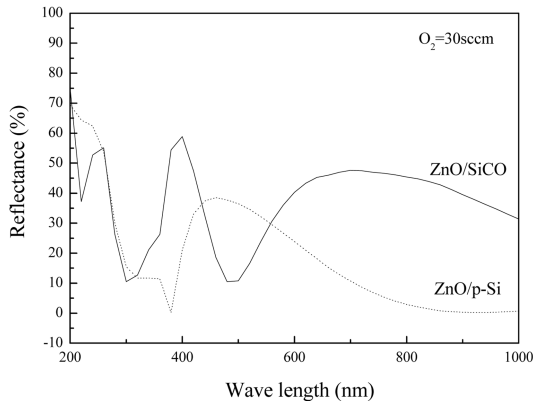


Fig. 3. Reflectance of ZnO thin film on SiOC thin film or p-type Si wafer using $O_2 = 30$ sccm.

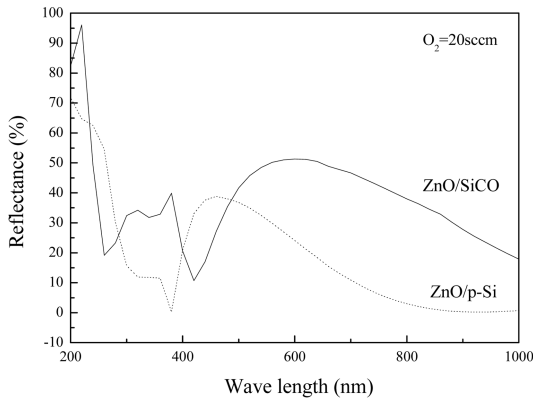


Fig. 4. Reflectance of ZnO thin film on SiOC thin film or p-type Si wafer using $O_2 = 20$ sccm.

게 증가하고 있는 것을 알 수 있다. Fig. 1(b)의 반사도 감소는 산소에 의한 SiC 박막의 분극의 감소효과에 의한 비정질성의 증가에 의한 결과라고 볼 수 있다.

Fig. 3은 SiOC 박막과 p형 실리콘 웨이퍼 위에 산소를 30 sccm을 사용하여 ZnO 박막을 증착한 후의 반사도를 나타낸다. 파장이 길어짐에 따라서 따라서 반사도가 서로 반대의 경향성을 나타내고 있다.

Fig. 4는 SiOC 박막과 p형 실리콘 웨이퍼 위에 산소의 유량이 20 sccm을 사용하여 증착된 ZnO 박막의 반사도이다. 그림 3과 유사한 경향성을 나타내면서, 특히 250 nm 근처에서 반사도가 감소한 것을 알 수 있다.

Fig. 5는 ZnO 박막을 증착하기 위해서 사용한 산소의 유량이 20 sccm과 30 sccm을 사용한 경우 반사도를 비교하고 있다. 반사도가 증가하는 영역과 감소하는 영역에 있어서 다소 차이가 있음을 알 수 있다.

Fig. 6은 RF 파워가 200W와 300W에서 증착한

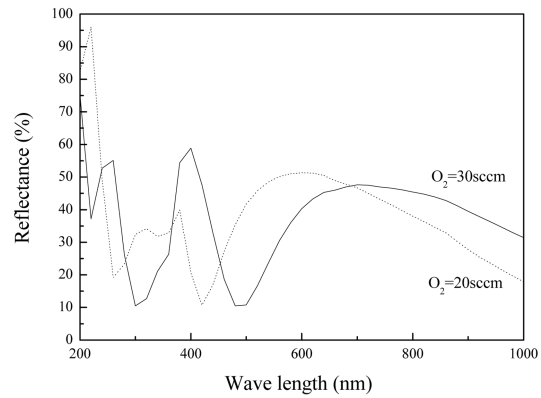


Fig. 5. Comparison with the reflectance of SiOC film deposited $O_2 = 20$ sccm and $O_2 = 30$ sccm used for ZnO film.

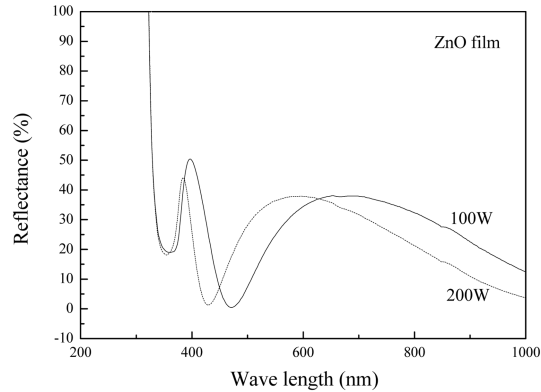


Fig. 6. Reflectance of ZnO thin film of various RF powers.

ZnO 박막의 반사도이다.

Fig. 5와 Fig. 6에서와 같이 산소의 유량이 많고 RF 파워가 큰 박막의 경우 짧은 파장에서의 반사가 작아지는 것을 알 수 있다.

Fig. 7은 산소 유량에 따른 투과도를 살펴보았다. 산소의 유량이 많은 경우 투과도가 증가하였으며, 이는 산소 이온에 의한 틈새결합이 많이 발생하면서 투과도가 증가 한다는 것을 알 수 있었다[11]. ZnO 박막에서 산소이온의 형성은 전도대에서 산소이온 결합준위의 천이를 발생시키며 이러한 결합준위는 박막의 투과도를 증가시켰다.

4. 결 론

투명 전도체로 사용되는 ZnO 박막은 디스플레이용 TFT 혹은 태양전지의 전면전극에서 사용할 수 있는데,

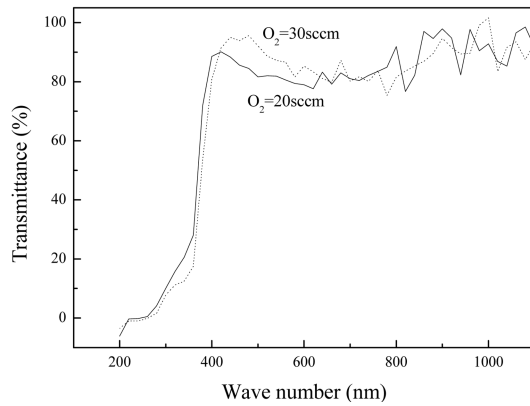


Fig. 7. Transmittance of ZnO thin film with various flow rate ratios.

ZnO 결정성이 기판물질의 특성에 의존하는 경향이 있다. 기판물질로 가장 많이 사용하는 SiO₂ 산화막 대신에 SiOC 박막을 사용하여 ZnO 박막을 증착하고 반사도를 측정 한 결과 장파장 영역에서의 반사도가 크게 감소하였다. SiC 타겟을 이용하여 스퍼터링에 의한 SiOC 박막은 산소의 유량이 많아짐에 따라서 장파장 대역에서 반사도가 감소하는 특징이 관찰되었다. ZnO 박막의 성장에 있어서 산소의 유량이 많고 RF 파워가 낮은 경우 투과도가 증가하였는데, 산소의 유량이 많으면, 산소이온에 의한 틈새결함이 증가하면서 투과도가 증가하였다.

참고문헌

1. H. J. Kim, Q. Shao and Y. H. Kim, "Characterizaion of low-dielectric-constant SiOC thin films deposited by PECVD for interlayer dielectrics of multilevel interconnection," *Surface and Coatings Technology*, vol. 171, pp. 39-45, 2003
2. Min Su Kim, Kwang Gug Yim, Gae Young Leem, Soaram Kim, Giwoong Nam, Do Yeob Kim, Sung O Kim, Dong Yul Lee, Jin Soo Kim and Jong Su Kim, "Nanocrystalline ZnO thin films Grown on Porous Silicon by Sol-gel Method and Effects of Post-annealing," *Journal of the Korean Physical Society*, vol. 59, pp. 346-352, 2011.
3. Kyoungchul Shin, K. Prabakar, Wean-Pil Tai, Jae Hee Oh, Chongmu Lee, Dong Wha Park and Wha Swung Ahn, "The structural and photoluminescence properties of Al:ZnO/porous silicon," *Journal of the Korean Physical Society*, vol. 45, pp.1288-1291, 2004.
4. H. J. Kim, Q. Shao and Y. H. Kim, Characterizaion of low-dielectric-constant SiOC thin films deposited by PECVD for interlayer dielectrics of multilevel interconnection, *Surface and Coatings Technology*, vol. 171, pp. 39-45, 2003.
5. Hideo Hosono "Ionic amorphous oxide semiconductors : Material design, carrier transport, and device application," *J. Noncrystalline Solids*, vol. 352, pp. 851-858, 2006.
6. S. Fernandez, A. Martinez-Steele, J.J. Gandia, F.B. Naranjo, "Radio frequency sputter deposition of high quality conductive and transparent ZnO:Al films on polymer substrates for thin film solar cells application," *Thin Solid Films*, vol. 517, pp. 3152-3156, 2009.
7. M. J. Kellicutt, I. S. Suzuki, C. R. Burr, M. Suzuki, M. Ohashi and M. S. Whittingham, "Variable-range-hopping conduction and the Pool-Frankel effect in a copper polyaniline vermiculite intercalation compound," *Physical Review B*. vol. 47, pp.13664-13673, 1993.
8. J. Frenkel, "On pre-breakdown phenomena in insulators and electronic semiconductors," *Phys. Rev.* vol.54, pp. 647-648, 1938.
9. M. J. Kellicutt, I. S. Suzuki, C. R. Burr, M. Suzuki, M. Ohashi and M. S. Whittingham, "Variable-range-hopping conduction and the Pool-Frankel effect in a copper polyaniline vermiculite intercalation compound," *Physical Review B*. vol. 47, pp.13664-13673, 1993.
10. T. Oh, "Generation of bonding structure due to organic carbon and organometallic carbon as a function of Gas source," *Jpn. J. Appl. Phys.* vol. 44, pp.4103-4107, 2005.
11. C. H Ahn, Y. Y K D. C. Kim, S. Mohanta ad Y. K.Cho, "A comparative analysis of deep level emission in ZnO layers deposited by various methods," *Journal of Applied Physics*, vol.105:01352, 2009.

접수일: 2012년 5월 16일, 심사일: 2012년 5월 30일,
게재확정일: 2012년 6월 15일