

TFT 채널 층 IGZO박막의 Yttrium 도핑에 따른 전기적 특성 개선

Enhanced electrical property of Y doped IGZO thin film for TFT channel layer

김도영*, 송풍근

*부산대학교 재료공학과 (E-mail:abecedaire@pusan.ac.kr)

초 록 : 빠른 응답속도를 요구하는 고품질 대면적 디스플레이의 박막형 트랜지스터 적용에 있어서 비정질 IGZO 박막에 대한 많은 연구가 진행되어왔으나, 불순물 도입에 의한 5성분계 IGZO 박막의 전기적 특성 향상에 대한 연구는 거의 보고 되지 않고 있다. 따라서 이번 연구에서는 magnetron co-sputtering 법으로 50 nm 두께를 가지는 yttrium이 도핑된 5성분계 Y-IGZO박막과 Y-IGZO/IGZO 하이브리드박막을 제조하여 그 전기적, 광학적 특성 및 표면 조도를 관찰 하였다.

1. 서론

높은 이동도(약 $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$)를 가지는 비정질 indium-gallium-zinc oxide(IGZO)는 Thin-film transistors(TFTs)의 채널 층으로 널리 쓰이며, 유기 발광 다이오드디스플레이(OLED)와 대면적 액정 디스플레이(LCD)의 필수적으로 사용되고 있다. 하지만, 우수한 전기적 특성을 보이는 반면, ZnO 기반 재료이기 때문에 소자 구동에서의 안정성은 가장 큰 문제로 남아있다. 따라서 최근, IGZO layer의 특성을 향상시키기 위한 연구가 다양한 방법으로 시도되고 있다. IGZO의 조성비를 조절하여 전기적 특성을 최적화거나 IGZO의 특성은 증착 조건에 따라 매우 민감하므로 증착 조건을 다양화 하는 연구가 진행되고 있다. 또한 IGZO layer의 조성 중 Ga를 다른 금속 메탈로 대체하는 연구도 이루어지고 있다. 그러나 IGZO에 미량의 도펀트를 첨가하여 5성분계 amorphous oxide semiconductors(AOS)에 대한 연구는 거의 진행되지 않고 있다. 산화물 TFTs의 전기적 특성과 안정성은 산소 함량에 영향을 많이 받는다. 더욱이 TFT 채널 층으로 사용되는 IGZO 박막의 고유한 결합인 산소 공공이 디바이스 작동 중 열적으로 활성화 되어 이온화 상태가 될 때 소자의 안정성을 저하시킨다고 보고되어진다. 그러므로 본 연구에서는 낮은 전기음성도(1.22)와 표준전극전위(-2.372 V)를 가지며 산소와의 높은 분드 엔탈피 값(719.6 kJ/mol)을 가짐으로써 산소 공공의 생성을 억제하는 역할로 yttrium(Y)을 IGZO의 도펀트로 선정하였다. 그리고 그 함량에 따른 전기적 특성 및 광학적 특성을 살펴보았으며 나아가 Y-IGZO/IGZO 하이브리드 레이어를 제조하여 전기적 특성 및 광학적 특성 및 표면조도 변화를 관찰 하였다.

2. 본론

본 연구에서는 magnetron co-sputtering법으로 IGZO 타깃(DC)과 Y_2O_3 타깃(RF)를 이용하여 기판 가열 없이 동시 방전을 이용해 non-alkali glass (삼성코닝 E2000) 기판 위에 증착 하였다. IGZO 타깃은 DC power 110 W으로 고정하였으며 Y_2O_3 타깃에는 RF Power를 50W에서 110W까지 증가시키면서 Y 도핑량을 조절하였다. Working pressure는 고 순도 Ar을 20 sccm 주입하여 0.7 Pa로 고정하였다. 모든 실험은 50 x 50 mm 기판 위에 총 두께 $50 \text{ nm} \pm 2$ 박막을 증착하였으며, Y_2O_3 타깃의 RF Power에 따른 Y-IGZO 박막 (50 nm)의 전기적 특성과 Y-IGZO(20 nm)/IGZO(30 nm)의 구조를 가지는 하이브리드 레이어 박막의 전기적 특성을 비교하였다. 또한, IGZO 박막 제조 시 박막의 안정화를 위해 열처리과정은 필수적이다. 하지만 본 연구에서는 열처리를 진행하지 않고 Y-IGZO의 안정성 개선 여부를 보기 위하여 20일 동안 상온에서 방치하여 그 전기적 특성변화를 관찰하였다. Y_2O_3 타깃에 가해지는 RF Power가 증가함에 따라 IGZO 박막의 캐리어는 감소하였고 이동도 또한 감소하였다. Y_2O_3 타깃에 가해지는 RF Power가 70W 일 때 캐리어 밀도는 낮고 이동도는 높은 최적 특성을 얻을 수 있었다. Y-IGZO/IGZO 하이브리드 레이어 박막 또한 Y 첨가에 따른 전기적 특성 변화가 비슷하였지만 도핑 층 두께 감소로 인해 캐리어의 과다 생성을 억제하면서 이동도는 개선되는 결과를 얻을 수 있었다. 나아가, 박막의 상온 방치 과정에서 Y이 도핑되지 않은 박막의 이동도 저하 폭이 상대적으로 큰데 반해, Y을 도핑한 박막은 이동도 저하 폭이 적은 것을 관찰할 수 있었다. 또한 Y 도핑에 의해 약 1.6 % 정도 상승하였으며 표면조도 역시 비정질상의 매끄러운 특성을 나타내었다.

3. 결론

Y_2O_3 타깃에 가해지는 RF Power가 70W 일 때 Y-IGZO박막은 IGZO박막과 비교하여 비저항은 낮고 상대적으로 캐리어 밀도는 낮은 반면이동도는 높은 최적 특성을 얻을 수 있었다. 이것은 Y의 낮은 표준전극전위로 인해 쉽게 이온화 되어 O^{2-} 와 강한 결합을 함으로써 산소공공 형성을 억제하여 캐리어 밀도의 감소에 기인하는 것으로 생각된다. Y-IGZO(20nm)/IGZO(30nm) 하이브리드 구조 박막은 Y-IGZO(50nm)와 비교하여 도핑 층 두께 감소로 인해 캐리어의 과다 생성을 억제하면서 이동도는 개선된 결과를 얻을 수 있었다. 투과도는 Y 도핑에 의하여 약 1.6 % 정도 상승하였으며 이는 밴드 갭 내에서 결합 준위로 작용하는 산소공공의 억제로 인한 결과로 판단되어진다.

참고문헌

1. T. Kamiya, K. Nomura and H. Hosono, *Sci. Technol. Adv. Mater.*, 11 (2010) 044305.
2. C. Ting, S. P. Chang, W. Y. Li and C. H. Wang, *Applied Surface Science.*, 284 (2013) 397.
3. C. J. Kim, S. W. Kim, J. H. Lee, J. S. Park and S. Kim, *Applied Physics Letters* 95 (2009) 252103.
4. H. C. Wu, T. S. Liu and C. H. Chien. *Journal of Solid State Science and Technology*, 3 (2014) Q24.