

안정성이 확보된 무기 전계발광 표시소자용 절연막의 특성

임정욱, 윤선진

한국전자통신연구원 정보표시소자팀

Characteristics of insulators for inorganic electroluminescent display with high stability

Jung-Wook Lim, Sun Jin Yun

ETRI Information Display Team

Abstract

Compared to a conventional atomic layer deposition (ALD) grown Al_2O_3 film, Plasma enhanced ALD (PEALD) grown AION film was revealed to possess a large breakdown field, which is necessary for stable operation of thin film electroluminescent (TFEL) device. Also, AION is more stable than Al_2O_3 films grown by PEALD or by ALD after post-annealing process, which is inevitably required to improve luminance property of phosphor. Furthermore, AION films were applied to insulators of ZnS:Tb TFEL device. Resultantly, they show better stability than ALD grown insulators under high electric field.

1. 서 론

무기 전계발광 표시기 (무기 EL : Inorganic Electroluminescent Display)는 형광체, 상하부 절연체, 상하부 전극으로 구성되어 있으며 무기물의 형광체에 전계가 가해졌을 때 전자의 에너지가 빛 에너지로 전환되어 빛을 발생하는 전계발광 (Electroluminescence) 현상을 이용하는 표시기이다. 특히 이 중에서 ac 구동형 박막 ELD (ac TFELD: ac-thin film ELD)는 광시야각, 경량, 박형, 장수명, 고신뢰성, 내충격성, 내진동성, 내열성의 장점을 갖는다.

TFELD의 경우 형광체 상하부에 절연층이 위치하는데 이 층의 주된 역할은 박막에 걸리는 수 MV/cm 정도의 고전계로부터 형광층의 전기절연파괴를 막는데 있다. 또한, 습기나 이온의 침투를 막고 형광체와의 계면에서 전자를 공급하는 역할을 하기도 한다. 따라서 절연층이 갖추어야 할 중요한 조건은 고유전율과 고절연파괴전계인데 이 중 절연파괴에 대한 저항력이 가장 중요한 인자이다.

절연층의 연구 방향은 절연파괴 저항을 일정치 이상으로 유지하면서 유전율을 향상시키는 방법으로 전개되어 왔다. 초기에 저유전율을 갖는 SiO_2 , SiON 등의 박막들이 TFEL 소자의 절연체

로 사용되었고 이후에 Y_2O_3 나 Ta_2O_5 와 같은 고유전막이 연구되었으나, 단독으로 쓰이지 못하고 SiON이나 Si_3N_4 와 같은 삽입층이 요구되어 한계를 보였다[1-2]. 또한, $BaTiO_3$ 와 같은 고유전막이 사용되기도 하였으나[3], 역시 SiON 층의 삽입이 요구되었다[4]. 현재는 Al_2O_3 나 $Al_2O_3-TiO_2$ 다층이 사용되고 있는데, 유전율과 절연파괴 특성의 절충점을 찾기 위해 노력 중이다. Al_2O_3 박막은 ALD 방식으로 증착하는 경우 그 특성이 우수하다고 보고되어 있다[5].

본 연구그룹에서는 기존의 Al_2O_3 박막의 절연특성 향상을 위하여 plasma를 인가하여 막질의 특성 개선을 꾀하였으며, 더 나아가 질소를 미량 첨가하여 보다 안정적인 절연체를 구현하였다. 질소가 첨가된 AION 박막의 경우 질소의 함량이 1 at% 미만이면서도 ALD나 Plasma Enhanced ALD (PEALD)로 성장된 Al_2O_3 박막보다 절연파괴전계가 더 높으며 열처리 이후에 절연성이 저하되는 현상이 훨씬 덜하였다.

이를 ZnS:Tb 소자의 절연체로 응용하였을 때 안정된 소자 동작을 보여주어 절연체의 새로운 가능성을 열어 주었다.

2. 실험

절연막의 성장은 (주) 지니텍에서 제작한 PEALD 장비를 이용하였으며, ALD와 PEALD의 증착이 모두 가능하다. 웨이퍼는 2 inch × 2 inch, 5, 8, 12 inch의 기판 증착이 모두 가능하도록 설계되어 있다. PEALD 법으로 Al_2O_3 , AION의 증착한 경우 TMA를 Al source로 사용하였으며, O_2 와 N_2 를 반응가스로 사용하였다.

플라즈마의 power는 500 W 까지 가능하며 최적의 power를 결정하는 선행실험을 통하여 본 실험에서는 300 W의 power로 절연막을 증착하였다. 기판온도는 300°C로 하였고, 증착 압력은 3 torr 였다.

절연파괴 특성의 측정을 위한 금속-절연막-금속의 구조를 만들기 위하여 glass 기판위에 ITO 전극을 증착하고 절연막을 45 nm 정도 증착하고, thermal evaporator를 이용하여 Al 전극을 증착하여 I-V 특성을 측정하였다. 또한, EL 소자 제작 시에는 rf-magnetron sputtering 법으로

ZnS:Tb 형광체를 650 nm의 두께로 증착하였다.

3. 결과 및 고찰

TFEL 소자에 사용되는 절연막은 sputtering 법과 ALD 방법이 주로 사용되고 있으며 일반적으로 ALD 방식이 절연파괴전계가 높은 것으로 알려져 있다[5]. ALD 방식은 소스 물질과 반응가스를 분리하여 주입하여 표면에 흡착된 분자 사이의 반응을 이용하여 증착하는 방법으로 기존의 화학기상증착법(Cheical Vapor Deposition: CVD)보다 공정온도가 낮고 치밀하며 박막의 균일도와 step coverage가 우수하다.

이러한 ALD 방식에 플라즈마를 인가한 PEALD 방식은 증착속도가 ALD에 비하여 높고 보다 치밀하고 우수한 특성의 박막을 얻을 수 있는 방법이다. 본 연구그룹에서는 TFEL 절연체로 현재 사용되는 ALD 방식의 Al_2O_3 박막을 대체하기 위한 PEALD Al_2O_3 와 질소를 미량 첨가하는 AION 박막의 기본 공정 조건을 확립하고 전기절연 특성을 조사하였다.

200°C에서 350°C까지의 공정온도를 변화한 결과 200°C의 저온에서는 ALD Al_2O_3 박막의 증착속도가 1.0 A/cycle인데 반하여 PEALD Al_2O_3 및 AION 박막의 경우 1.5 A/cycle로 높았다. 온도가 상승하게 됨에 따라 이러한 증착속도의 차이도 줄어들어 300°C의 경우 1.0-1.2 A/cycle의 증착속도를 보였다. 또한, AION의 경우 질소의 함량은 AES, SIMS로 분석한 결과 1 at% 미만으로 조사되었다.

전기절연특성을 확인하기 위하여 AION 박막과 ALD와 PEALD 법으로 각각의 Al_2O_3 박막을 45-47 nm로 ITO 박막위에 성장시키고 Al 전극을 도포하여 I-V를 측정하였고, 그 결과를 그림 1에 나타내었다. ALD로 성장한 Al_2O_3 박막의 경우 점진적인 파괴가 관찰되었으며, 3-4 MV/cm의 파괴전계를 나타내었다. 이에 반하여 PEALD로 성장시킨 Al_2O_3 박막은 8.5 MV/cm, AION 박막은 9.0-9.5 MV/cm의 절연파괴전계를 보여서 플라즈마를 인가하여 보다 치밀한 박막을 얻었음을 알 수 있다. 또한, 플라즈마를 인가하여 얻은 박막의 경우 급격한 전계파괴 양상을 보여주었다. 이 결과로 AION 박막의 TFELD의 절연체로 응용 가능성이 제시되었다.

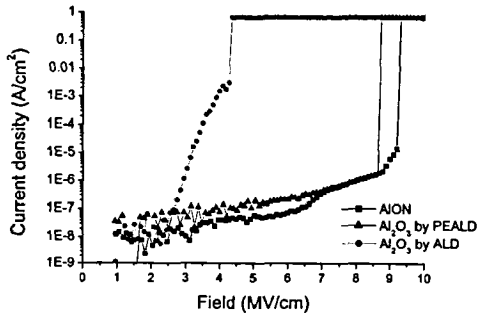


그림 1. AION, ALD와 PEALD로 성장시킨 Al₂O₃ 박막의 전계에 대한 전류밀도의 관계

실제로 TFEL 소자에 적용할 경우 형광체의 결정성에 따라서 발광 휘도가 결정되는데, 이러한 결정성의 향상을 위하여 박막의 성장 후 후속 열처리를 하게된다. 특히 녹색 형광체인 ZnS:Tb 막의 경우 열처리 이후에 절연막의 절연과피 특성이 현저하게 저하되고 소자의 안정성을 상실하게 된다. 따라서 열처리 이후에 절연과피 특성이 어떻게 변화하는지 관찰하는 과정이 중요하다. Rf sputtering 방법으로 ZnS:Tb 형광체를 증착하는 경우 본 그룹의 경우 600 °C에서 급속 열처리 방식으로 5분 동안 산소분위기에서 열처리 한다. 이 과정에서 절연과피특성의 저하가 발생하므로 같은 조건으로 AION과 PEALD로 성장시킨 Al₂O₃ 박막을 열처리하여 절연과피전계를 측정하였다. 그림 2는 열처리 이후에 절연과피전계를 보여준다.

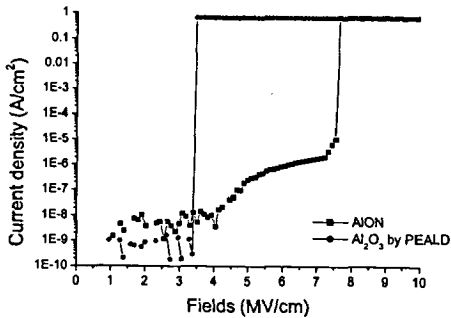


그림 2. 600 °C 산소 분위기에서 5분 동안 급속 열처리한 이후의 AION과 PEALD로 성장시킨

Al₂O₃ 박막의 전계에 대한 전류밀도의 관계

열처리 이전에 절연과피전계에 근소한 차이를 보였던 PEALD 방식의 Al₂O₃와 AION 박막은 열처리 이후에는 극명한 차이를 보였다. Al₂O₃ 박막이 3.5 MV/cm로 급격히 저하되는데 반하여 AION은 7.5 MV/cm 정도로 비교적 좋은 특성을 유지하였다. 따라서 TFELD 절연체, 특히 ZnS:Tb 형광체 기반의 녹색 TFEL에서는 AION 이 절연막으로서 최적의 특성을 보일 수 있는 가능성을 열어 주었다.

녹색 형광체인 ZnS:Tb의 절연막에 AION을 적용하여 기존의 ALD 방식의 Al₂O₃와 비교하였다. 하부절연막은 AION을 사용하고, 상부 절연막은 각각 AION막과 ALD 방식의 Al₂O₃ 박막을 사용하여 전압인가에 대한 휘도의 곡선을 얻었다. 인가전압의 파형은 500 Hz의 구형파였고, 그 결과는 그림 3에 나타내었다.

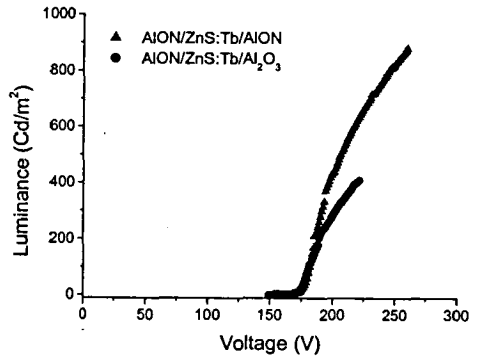


그림 3. 500 Hz 구형파를 인가한 ZnS:Tb TFEL 소자의 휘도-전압의 관계

휘도-전압 곡선에서 두 소자는 문턱전압이 비슷하였으나, 곡선의 기울기는 오히려 AION 박막을 사용한 소자에서 다소 크게 나타났다. 이는 최소한 AION 박막의 유전율이 Al₂O₃보다 작지 않다는 것을 보여준다. 또한 안정성면에서는 커다란 차이를 보였는데, Al₂O₃ 절연막 소자는 L₅₀까지 유지되었는데 반하여 AION의 경우 L₉₀까지 유지되었다. 이 결과로 소자의 안정성은 AION이 기존의 Al₂O₃ 박

막에 비하여 월등히 우수하다는 것이 입증되었고, 만일 양쪽 절연막이 Al_2O_3 인 경우는 이 보다 더욱 안정성이 저하될 것으로 판단된다. 위의 소자의 경우 절연막의 두께는 160 nm 정도로 기존의 200 nm보다 얇다. 따라서 안정성의 확보는 절연막 두께의 감소로 이어지며 문턱전압의 감소로 이어진다.

4. 결 론

이상에서 PEALD 방식으로 성장시킨 AION 박막의 우수한 전기 절연 특성을 이용하여 열처리 전후의 절연파괴특성을 기존의 Al_2O_3 와 비교하고 이를 실제 ZnS:Tb 소자의 절연막에 적용하여 우수한 안정성을 확보할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] A. N. Kasanov, R. C. Bajcar and P. G. Hofstra, Journal of Vac. Sci. Technol. A, Vol 16, pp. 906-909, 1998
- [2] Y. H. Lee, I. J. Chung and M. H. Oh, Appl. Phys. Lett., Vol 58, pp. 962-964, 1991
- [3] M. H. Song, Y. H. Lee, T. S. Hahn and M. H. Oh, Journal of Appl. Phys., Vol 79, pp. 3744-3748, 1996
- [4] M. H. Song, Y. H. Lee, T. S. Hahn, M. H. Oh and K. H. Yoon, Journal of Crystal Growth, Vol 167, pp. 157-164, 1996
- [5] Y. A. Ono, Electroluminescent displays (World Scientific Publishing Co.), 1995