

원자층 증착법의 투명 박막 트랜지스터에의 응용  
The application of Atomic Layer Deposition for Transparent Thin Film Transistor

김형준, 임성준, 권순주  
포항공과 대학, 신소재 공학과

초 록 : ALD는 저온 증착과 대면적에의 증착 균일도에 있어 디스플레이 소자의 제조에 유용한 특성을 지니고 있다. ZnO TFT는 차세대 디스플레이의 구동 소자의 한 후보로, 본 연구에서는 기존의 다른 연구와는 달리 ALD를 이용한 ZnO TFT의 제조에 관해 연구하였다. ZnO를 sputtering과 ALD 두가지 방법으로 증착하여 각각의 물성 및 전기적 특성 연구를 진행하였다. ALD ZnO의 경우 TEZ와 물을 이용한 증착방법으로는 높은 캐리어 농도로 인해 TFT에의 적용이 어려웠으므로 질소 도핑을 통해 캐리어 농도를 조절하여 소자 특성을 확보할 수 있었다. 이 경우  $I_{off}$ ,  $I_{on}/I_{off}$ , mobility, sub-threshold swing 등과 같은 특성이 매우 향상됨을 확인하였다.

1. 서 론

ZnO TFT는 가시광 투과성과 저온 증착이 가능하다는 점으로 인해 차세대 디스플레이인 flexible 하거나 투명한 디스플레이에의 사용 시간에 따른 전기적 특성의 변화나, 광학적 불투명성으로 인한 단점이 있는 비정질 실리콘 혹은 다결정 실리콘을 대체할 수 있는 후보물질이다. 현재까지는 TFT의 응용을 위한 ZnO는 스퍼터링과 같은 물리증착법이나, 화학액상증착법 등과 같은 방법으로 증착된 ZnO를 사용하였다. 하지만, 기존의 연구들에서는 실제 응용을 위해서는  $I_{off}$  나 mobility의 향상이 필요하였다. 따라서 박막의 물성을 향상시키기 위해 저온 증착 과 대면적에서의 균일도에 있어 타 증착 방법에 비해 우수한 특성을 가지는 원자층 증착법(ALD)을 이용하였다. ALD ZnO의 여러 물성을 sputtering 과 비교 연구하였으며 전기적 특성 향상을 위해 질소 도핑을 포함한 다양한 공정 연구를 진행하였으며, 그에 따른 소자 특성을 연구하였다.

2. 본 론

2.1 ZnO 박막 증착 및 전기적 특성

ZnO를 증착하기 위해 본 실험에서는 Diethyl Zn를 Zn source로 사용하였고, reactant로는 물 혹은 산소 플라즈마를 사용하였다. 비교 연구를 위해 DC 마그네트론 sputtering 으로 ZnO 박막을 증착하였다. ALD ZnO의 경우 물을 이용해 증착하였을 때, 캐리어 농도가  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$  정도고 높아서 높은  $I_{off}$  가 예상되었다. (그림 1. (a)) 또한 물을 사용한 경우 100 °C에서는 낮은 이동도를 보이나 150 °C 이상에서는  $15 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 이동도를 나타내었다. 이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 방법으로 질소 도핑을 하였으며, 이 결과 소자로서 사용될 수 있는 특성을 얻을 수 있었다. (그림 1.(b))

2.2 소자 제작 방법 및 형태

ZnO를 물로 증착하였을 경우 높은  $15 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 의 높은 이동도와  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  대의 낮은 carrier concentration을 나타내어서 이 온도에서 증착 암모니아수 농도별로 증착하여 TFT를 제작하였다. TFT의 전극으로는 Ti를 사용하였고, 원자층 증착법을 이용한  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 를 gate insulator로 사용하였

다. 그림 2. 에서와 같은 staggered inverted type TFT를 제작하였다.

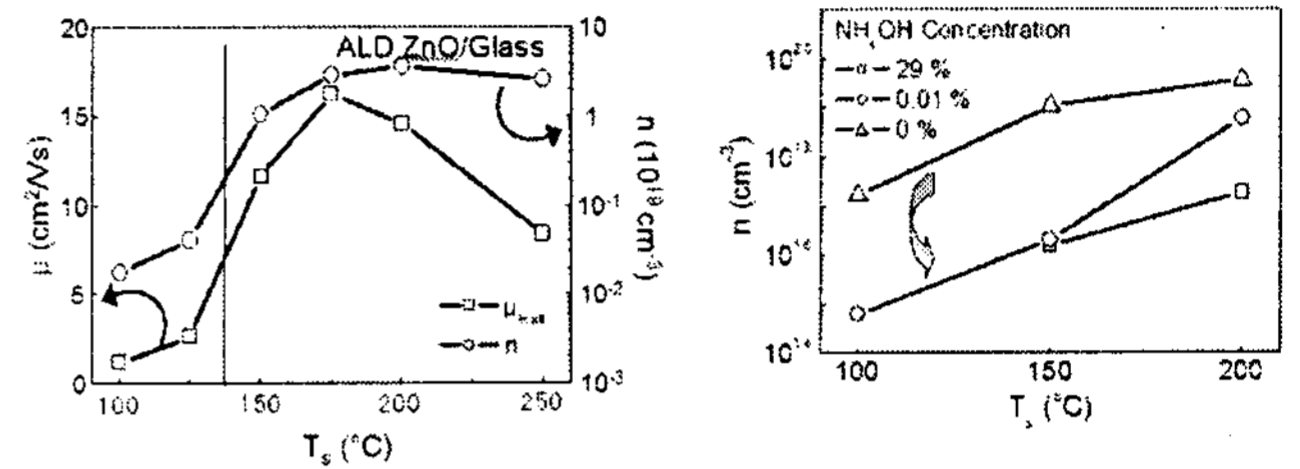


그림 1. ALD ZnO의 전기적 특성 (a) 물을 이용한 경우 (b) 질소 도핑된 ALD ZnO

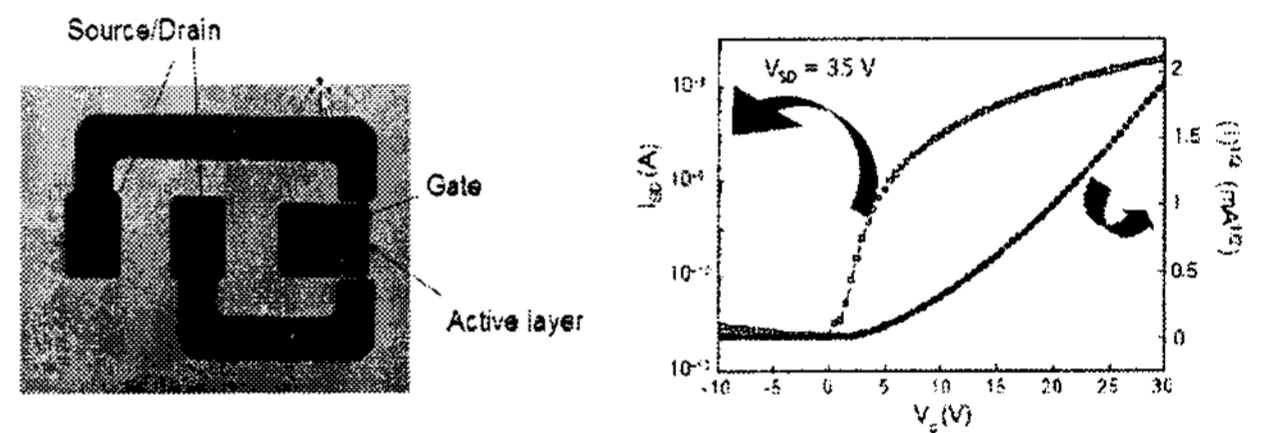


그림 2. 제작된 ALD ZnO TFT 및 대표적인 소자 특성

2.3 ZnO 박막을 이용한 소자의 특성

물로 증착된 ZnO의 경우 예측한 바와 같이  $I_{off}$  가 크고, output curve에서도 높은  $V_G$ 에서도 saturation 되지 않는다. 또한 29%의 사용한 경우에는, output curve의 saturation이나, transfer curve에서의 saturation이 관찰되고, 또한  $I_{off}$ 가 수  $10^{-12} \text{ A}$  수준으로 낮았고, 또한  $I_{on}/I_{off}$ 도 수  $10^5$  정도 였다. 하지만 saturation mobility가  $0.4 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 로 물로 증착된 ZnO로 제작된 TFT에서의  $0.8 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 보다 낮게 나타났다. 하지만 질소 도핑된 ZnO를 이용한 경우  $I_{off}$ ,  $I_{on}/I_{off}$ , 및 sub-threshold swing이 우수한 특성의 TFT를 얻을 수 있었다.

3. 결 론

질소를 도핑한 원자층 증착법 ZnO를 이용하여 TFT에 적용 가능한 물성을 얻을 수 있었다. TFT 소자를 제작하여 특성을 평가한 결과  $I_{off}$ ,  $I_{on}/I_{off}$ , saturation mobility, sub-threshold swing과 같은 특성이 우수한 소자를 제작할 수 있었으며, 이로서 ALD의 특성인 대면적 및 저온 증착 특성을 바탕으로 실제 TFT 소자 제작에 ALD의 적용 가능성을 확인하였다.

감 사 의 글

본 연구는 중점연구과제, 중점연구소과제 (KRF-2005-J13102, KRF-2005-003-D00144) 및 포항공과대 신소재 공학과의 지원으로 이루어졌습니다.