

RGB laser 를 이용한 온도에 따른 a-IGZO photo-response 분석

Analysis of a-IGZO photoresponse using Red, Green and Blue Laser

김세윤*, 정연후, 조광민, Vu Xuan Hien, 김정주, 이준형, 허영우
 경북대학교 신소재공학부 전자재료공학전공 (ywheo@knu.ac.kr)

초 록: RGB laser 를 이용하여 rf-magnetron sputtering 법으로 합성한 a-IGZO 박막의 photoresponse 를 관찰하였다. Air 분위기에서 red 파장을 조사 할 경우 비교적 slow recovery 특성을 보였으며, green 과 blue 파장을 조사 할 경우 red 보다 fast recovery 특성을 나타내었다. 그러나 진공에서 측정할 경우, red 파장에서는 recovery 가 빨라졌으며, green 과 blue 파장의 경우 recovery 가 매우 느려짐을 확인하였다. 이는 passivation 을 하지 않은 소자의 oxygen gas 의 흡/탈착 때문으로 예상할 수 있었으며, red 파장이 gas 탈착에 기여하는 정도가 매우 작고, green 과 blue 파장이 gas 탈착에 기여하는 정도가 매우 크기 때문인 것으로 생각할 수 있었다. 온도를 증가시킬 경우, 모든 경우에서 recovery 가 빠르게 나타났는데 이는 흡/탈착에 필요한 barrier 및 V_0^{2+} 에서 V_0 로 돌아오기 위한 barrier 를 쉽게 넘어갈 수 있기 때문으로 이해 할 수 있었다. 이러한 결과를 stretched exponential equation 을 이용하여 해석하였으며 수치화 하였다.

1. 서론

디스플레이에서 발광체의 발광에 의해 소자가 항상 빛에 노출되게 되는데 이때 illumination stability 가 문제가 되며, 특히 recovery 가 느리게 일어나는 것이 문제가 된다. NBIS(negative bias illumination stability) 의 slow recovery 의 원인은 1) hole trap at interface, 2) oxygen gas desorption, 3) ionized oxygen vacancy, 4) defect creation 으로 분류할 수 있다. 본 실험에서는 2)과 3)의 영향을 보다 자세히 관찰하기 위해 RGB 파장에 따른 photoreponse 분석과 온도증가에 따른 recovery 특성변화를 관찰하였다. Red 파장의 경우 약 1.8eV photon energy 를 가짐으로 gas 탈착에 의한 변화가 green 이나 blue 에 비해 작은 반면, green 과 blue 파장의 경우 gas 흡/탈착의 영향이 클 것으로 예상된다. 또한 온도가 증가할 경우, V_0^{2+} 에서 V_0 로 돌아오기 위한 barrier 를 넘는 확률이 증가하기 때문에 보다 빨리 recovery 될 것으로 예상 할 수 있다. 따라서 파장에 따른, 온도에 따른 recovery 특성변화를 관찰하고 이를 stretched exponential equation 을 통해 타우, 베타 값을 해석하여 a-IGZO illumination stability 에 관해 수치화 하여 이해하고자 하였다.

2. 본론

a-IGZO 박막에 red 파장을 조사할 경우 gas 탈착을 일으키지 않을 것으로 예상되기 때문에, photocarrier 의 대부분은 V_0 (electron occupied oxygen vacancy)로부터 여기되어 생성된 것으로 예상할 수 있다. 생성된 photocarrier(electron) 는 표면에 추가적인 $O_2(h\nu)$ 를 형성시킬 수 있는 것으로 알려져 있는데 본 연구결과에서도 그러한 결과를 예측할 수 있었다. air 분위기와 vacuum 분위기에서 a-IGZO 소자에 각각 red 파장을 조사할 경우, vacuum 분위기에서 air 분위기보다 fast recovery 특성이 관찰되었다. 이는, laser 가 off 된 후 V_0^{2+} 에서 V_0 로 가기 위한 barrier 외에, 표면에 흡착된 $O_2(h\nu)$ 의 trapped electron 이 release 되기 위한 desorption barrier가 추가적으로 존재하기 때문으로 이해 할 수 있었다.

반면, a-IGZO 박막에 green 과 blue 파장을 조사할 경우 표면에 흡착되어 있던 $gas(O_2^-)$ 탈착을 일으키는 것으로 예상된다. 이는 green 및 blue laser on 시 표면에 존재하던 $gas(O_2^-)$ 가 탈착되면서 trapped electron 이 photocarrier 를 만드는데 기여하고, laser off 시 oxygen gas 가 다시 흡착되면서 표면에 electron trap(O_2^-)을 일으켜 photocarrier 를 비교적 빠르게 없애는 것으로 이해된다. 이러한 점은 760Torr air 분위기와, 10^{-2} Torr분위기에서 각각 green 과 blue 파장을 이용하여 recovery 특성을 관찰하였을 때, red 파장의 경우는 진공분위기에서 recovery 가 빨라진 반면, green 과 blue 파장의 경우 진공분위기에서 recovery 가 더 느려짐을 통해 예상할 수 있었다.

온도증가 시 base line 으로서 초기 current 가 증가하는, 열적여기에 의한 carrier 형성과 더불어 열적탈착에 의한 carrier 형성에 의한 것으로 예상된다. 또한 온도증가시 photo current 의 recovery time 이 빨라지는 이유는, 온도증가에 따라 흡탈착에 기여하는 barrier 뿐만 아니라 V_0^{2+} 에서 V_0 로 돌아오기 위한 barrier 를 보다 쉽게 극복하기 때문인 것으로 짐작 할 수 있었다.

Stretched exponential equation : $\sigma_{photo}(t) = \sigma_{ph0} \exp[-(\frac{t}{\tau})^\beta]$

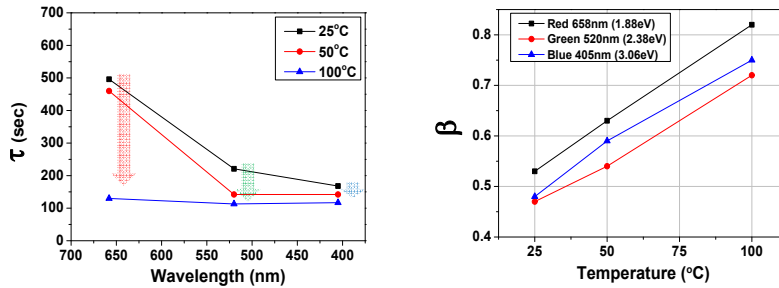


Fig. 1. 온도와 RGB파장에 따른 a-IGZO 박막의 recovery 특성 분석 (stretched exponential equation fitting 을 통해 도출된 a) 타우, b) 베타 변화)

3. 결론

본 실험을 통해서 a-IGZO의 광조사에 따른 persistent photocurrent(PPC)현상의 원인으로 예상되는 것들 중 2) oxygen gas adsorption, 3) ionized oxygen vacancy 에 대한 이해를 할 수 있었다. a-IGZO 박막에서 red 파장 조사를 통해서도 PPC 현상이 관찰되는 것으로 미루어 보아 전 파장영역을 통해 PPC 현상의 원인으로 지목되는 반응($V_o^{2+} + 2\text{electron}$)이 일어날 수 있는 것으로 예상이 된다. a-IGZO 박막에 red 파장을 조사하는 것보다 green 과 blue 파장을 조사할때 photon 을 통한 gas 탈착이 효과적으로 일어나는 것으로 예상할 수 있었다. 온도 증가시 RGB 파장을 조사한 모두의 경우에서 recovery 가 빠르게 나타나는데, 이는 V_o^{2+} 에서 V_o 로 돌아오기 위한 barrier 를 보다 쉽게 극복하기 때문인 것으로 짐작할 수 있었다. 온도증가에 따라 stretched exponential equation 으로 recovery 곡선을 fitting 하여 얻은 베타값이 증가하는 것을 미루어 보아, 온도증가에 따라 recovery process 의 다양성이 작아지는 것을 짐작할 수 있었다. a-IGZO 에서 NBIS 특성을 최소화 하기 위해서는 근본적으로 박막내부에 존재하는 V_o 의 양을 줄여야 하는 것으로 이해되며, gas의 흡탈착이 매우 영향을 크게 주기 때문에 보다 세밀한 특성분석을 위해서는 계면에서 일어나는 과정을 효과적으로 제어하는 것이 필수적임을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Dong Hee Lee, Ken-ichi Kawamura, Kenji Nomura, Toshio Kamiya, Hideo Hosono, Electrochemical and Solid -State Letters, 13(9) (2010) H324
2. Ho-Hyun Nahm, Yong-Sung Kim, Dae Hwan Kim, Phys. Status Solidi B 249 (2012)1277
3. Jae Kyeong Jeong, J. Mater. Res., 28 (2013) 2071