http://dx.doi.org/10.21186/IPR.2016.1.1.007

IGZO 박막 증착 후 진공과 대기 중에서 열처리한 후 결합구조와 전기적인 특성의 비교

안용덕*, 연제호**, 오데레사***
청주대학교 반도체공학과

Comparison between the Electrical Properties and Structures after Atmosphere Annealing and Vacuum Annealing of IGZO Thin Films

Young Deuk Ann*, Jae Ho Yeon, and Teresa Oh*****
Dept. of Semiconductor, Cheongju University

요 약 IGZO의 접합특성을 조사하기 위해서 진공 중에서와 대기 중에서 열처리를 하여, 전지적인 특성을 조사하였다. 진공 중에서 열처리를 한 IGZO는 비정질특성을 나타내었지만 대기 중에서 열처리를 하면 결정질 특성을 가졌다. 열처하는 방법에 따라서 산소공공의 함량이 달라지기 때문이다. 대기 중에서 열처리를 하면 IGZO의 산소공공이 증가하였다. 산소공공은 전류를 증가시키고 따라서 대기 중에서 열처리를 한 IGZO는 오믹 접합을 나타내었다. 그러나 진공 중에서 열처리를 한 IGZO는 쇼키접합을 나타냈다.

주제어 : IGZO, PL, XPS, 결합에너지, 쇼키 접합

Abstract It was the electrical properties of IGZO prepared by the annealing in a vaccum and an atmosphere conditions to research the current-voltage characteristics. The IGZO film annealed in a vaccum became an amorphous structure but films annealed in an atmosphere condition had a crystal structure. Because of the content of oxygen vacancies during the annealing processes was changed, and the annealing in an atmosphere condition increased the oxygen vacancy in IGZO. Oxygen vacancy in IGZO increased the current and then it was observed the Ohmic contact at IGZO annealed in an atmosphere conditions. However, the IGZO prepared in a vaccum showed the Schottky contact.

Key Words : IGZO, PL, XPS, Binding Energy, Schottky Contact

1. 서론

최근 전자 산업의 급속한 발전으로 대용량의 정보와 정보처리의 시각화에 필요한 정보저장 및 디스플레이 소자의 구현에 대한 관심이 고조되고 있다. 불과 몇 년 전 얇고 가벼운 장점을 가진 FPD (Flat Panel Display)가 개발 됨에 따라 과거 CRT (Cathode Ray Tube) 디스플레이 시장은 급속도로 잠식하였다. 그리고 최근에는 FPD 단계를 넘어 종이처럼 얇고 유연한 기판을 통해 편하게 휴대할 수 있는 플렉시블 (Flexible display) 전자기기 제품이나 장비에 대한 관심이 높아지고 있어 새로운 형태의 전자소자 개발 필요성이 증대되면서 차세대 디스플레

* 본 논문은 한국산업기술진흥원의 2014년 지역기술인재의 지역기업취업촉진을 위한 인력양성사업의 지원을 받아 수행되었습니다.
Received 28 December 2015, Revised 4 January 2016
Accepted 11 January 2016
Corresponding Author: Teresa Oh(Cheongju Unversity)
Email: teresa@cju.ac.kr

ISSN: 2466-1139

Ⓒ Industrial Promotion Institue. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이 개발에 대한 노력이 국내외에서 지속해서 진행되고 있다. 이런 플렉시블 (Flexible display) 전자기기의 구동을 위해서는 저온공정이 가능하면서 전기적인 기계적 특성이 우수해야 하며, 안정성을 갖는 백플레인 (Backplane) 기술이 필요하다.[1-4]

백플레인 (Backplane)에 들어가는 박막트랜지스터 (Thin Film Transistor, TFT)는 1962년 P. K. Weimer이 시작한 시점부터 다양한 재료를 채널에 적용하며 활발히 연구가 진행되어 왔다. 기존의 실리콘 기반의 물질들은 차세대 디스플레이로 주목 받고 있는 OLED를 구현하기에는 문제점이 있다. 투명성, 넓은 직접 형 밴드 갭 에너지 (3.3eV), 큰 엑시톤 결합 에너지 (60meV), 높은 온도, 화학적 안정성, 전기적 저항 조정가능을 가진 비정질 산화물 재료인 IGZO를 사용한 박막트랜지스터 제작이 활발히 연구되고 있다. 2족과 6족의 화합물 반도체 기반으로 이온결합을 이루고 비정질 구조에서 이동도가 높기 때문에 차세대 디스플레이에 매우 적합하다. 하지만 ZnO 계열의 산화물 반도체에 갈륨을 도핑하여 안정성을 높이고, 큰 반경을 갖는 인듐 이온을 첨가하여 이동도를 높인 사성분계 산화물 반도체이기 때문에 상당히 민감하다.[5-9] 비정질산화물반도체 기반의 박막트랜지스터는 비정질 규소 박막트랜지스터에 버금가는 근거리 균일성 및 낮은 제조원가를 가지고 있으며 다결정규소 박막트랜지스터의 특성에 근사하는 전류공급 능력을 보여주었다.[4-6] 따라서 양산에 널리 쓰이는 스퍼터링 증착의 경우 많은 공정변수가 존재 하고 영향이 크기 때문에 여러 조건에서의 특성을 연구해야 한다.[10-12]

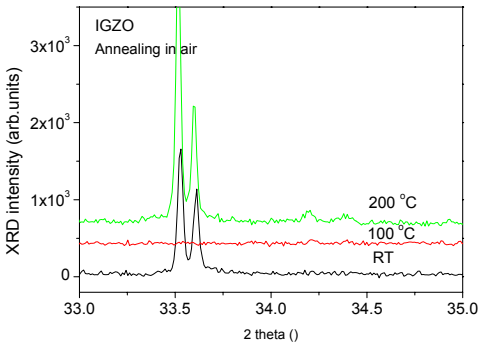
본 논문에서는 p형 실리콘 기판위에 a-IGZO를 증착해, 박막의 두께를 고정하고 어닐링 온도를 변화를 하여 a-IGZO의 단일 박막의 전기적, 구조적, 광학적 특성을 비교하였다.

2. 실험방법

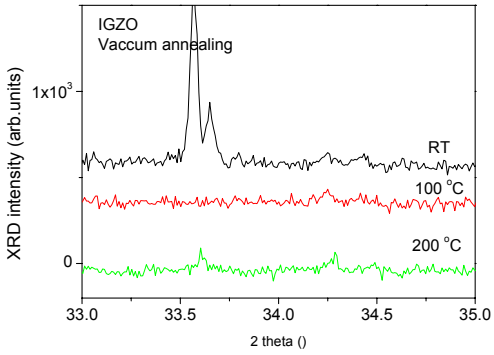
IGZO박막은 p형의 실리콘 위에 IGZO 타겟소스 를 사용하고 산소가스를 20 sccm을 주입하여 플라즈마를 형성하였으며, RF magnetron sputtering장비를 이용하여 10분동안 증착하였다. 증착이 된 IGZO박막은 대기압과 진공에서 각각 RT, 100℃, 200℃에서 열처리를 10분동안 실시하였으며, 각가의 박막들의 분석은 XRD, XPS, PL과 전기적인 분석을 하여 서로 비교하였다. 전기적인 특성을 조사하기 위해서 Al 전극을 이용하여 Al/ZnO/p-Si 구조를 구성하여, I-V 특성을 측정하여 반도체 계면특성에 대하여 조사하고 열처리 온도에 따른 결정구조와의 상관성을 조사하였다.

3. 결과 및 데이터 분석

[Fig. 1]은 대기 중에서 열처리한 IGZO박막의 XRD 패턴을 보여준다. 증착한 IGZO 박막은 결정질특성을 나타내고, 200도에서도 결정질특성을 나타냈다.

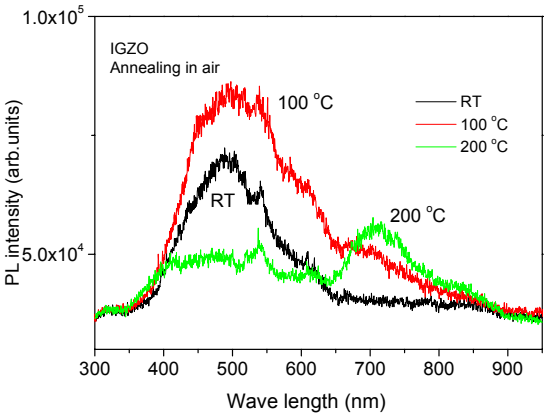


[Fig. 1] XRD patterns of IGZO thin films after annealing in an air condition



[Fig. 2] XRD patterns of IGZO thin films after annealing in a vaccum

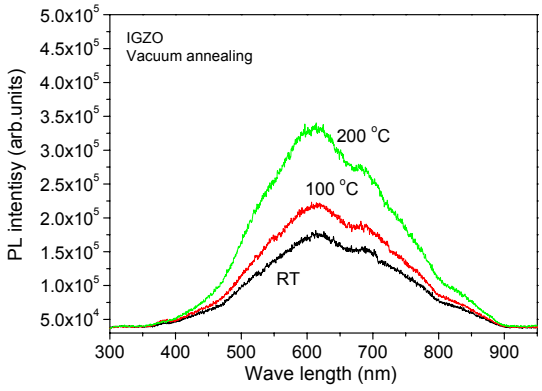
[Fig. 2]는 진공 중에서 열처리한 IGZO박막의 XRD 패턴을 보여준다. IGZTO 박막은 진공 중에서 열처리를 하면 비정질구조로 바뀌는 것을 알 수 있다.



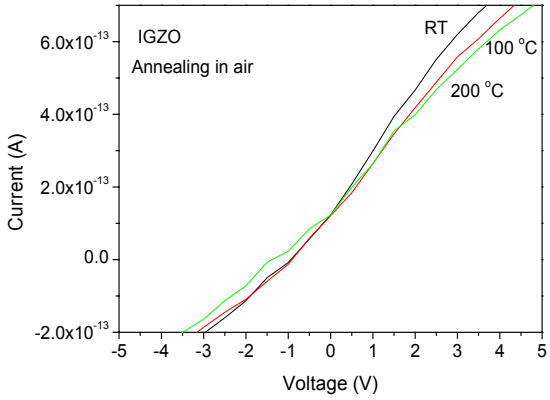
[Fig. 3] PL spectra of IGZO thin films after annealing in an air condition

[Fig. 3]은 대기 중에서 열처리한 IGZO박막의 PL 스펙트라를 보여준다. 480 nm와 730 nm근처에서 분광특성이 나타나고 있고 모양이 다양하게 나타났다. 특히 730 nm에 나타나는 특성은 대기 중에 산소와 반응하여 생긴 특징이다.

[Fig. 4]는 진공 중에서 열처리한 IGZO박막의 PL 스펙트라를 보여준다. 620 nm 근처에서 분광특성이 나타나며, 대체로 가우시안 분포의 비슷한 유형을 보여준다.



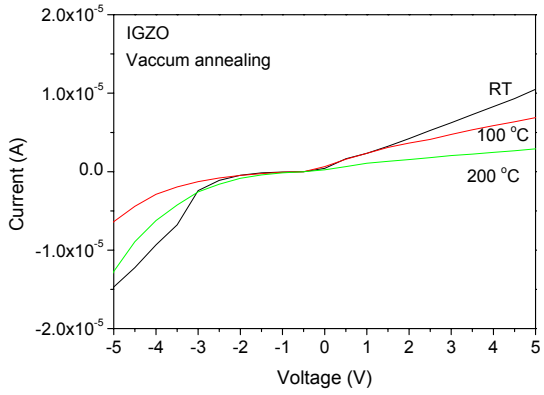
[Fig. 4] PL spectra of IGZO thin films after annealing in a vaccum



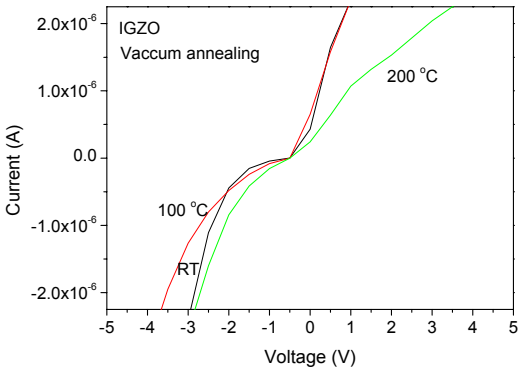
[Fig. 5] I-V characteristic of IGZO thin films after annealing in an air condition

[Fig. 5]는 대기 중에서 열처리한 IGZO박막의 전압전류 특성을 보여준다. XRD 데이타에서 결정성을 나타내는 IGZO 박막은 전형적으로 선형적인 오믹접합특성을 보여준다.

[Fig. 6]은 진공 중에서 열처리한 IGZO박막의 전기적인 특성을 보여준다. [Fig. 2]의 XRD 데이타에서 비정질 특성을 IGZO 박막은 전형적으로 비선형의 쇼키접합특성이 나타났다.



[Fig. 6(a)] I-V characteristic of IGZO thin films after annealing in a vaccum



[Fig. 6(b)] I-V characteristic of IGZO thin films after annealing in a vaccum

4. 결론

IGZO 박막은 비정질특성일 때 좋은 특성을 갖는 것으로 알려져 있으나, 열처리를 하는 방법에 따라서 비정질특성이 다르게 나타났다. 진공 중에서 열처리를 할 때 비정질특성이 만들어졌으나 대기중에서 열처리를 하면 결정성의 특성이 나타나면서 33.5도 근처의 XRD 픽이 강해지는 것을 확인하였다. 전기적인 특성 또한 진공 중에서 열처리를 한 IGZO박막의 경우에서 쇼키특성이 나타났으나, 대기중에서 열처리를 한 경우는 결정성의 IGZO 박막에서 오믹특성이 나타났다.

References

[1] Hong Woo Lee, Bong Seob Yang, Seungha Oh, Yoon Jang Kim, Hyeong Joon Kim. “The Properties of RF Sputtered Zinc Tin Oxide Thin Film Transistors at Different Sputtering Pressure”. 『Journal of the Semiconductor & Display Technology』,March 2014, Vol. 13, pp44-48 No. 1.

[2] Sung Hoon Oh, Sae Won Kang, Gun Hwan Lee, Woo Seok Jung, Pung Keun Song,“Effect of Annealing on the Electrical Property and Water Permeability of ZTO/GZO Double-layered TCO Films deposited by DC, RF Magnetron Co-sputtering″, The Korean Institute of Surface Engineering, Vol. 45, pp34-45, 2012.

[3] Jong-Wook Kim, Chang-Su Hwang and Hong-Bae Kim. ″The Transparent Semiconductor Characteristics of ZnO Thin Films Fabricated by the RF Magnetron Sputtering Method″, Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 9, pp. 43-50, 2010.

[4] B. K. Lee and K. M. Lee, “Structural and Electrical Characteristics of IZO Thin Films Deposited on Flexible Substrate”, The Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, 10, pp. 39-44, 2011.

[5] Meng Yu and Jungyol Jo″ Sputtering Growth of ZnO Thin-Film Transistor Using Zn Target″ The Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, September Vol. 13, pp. 35-38, 2014.

[6] Kyoungjin Kim and Joong-Youn Park″ Effects of Forced Self Driving Function in Silicon Wafer Polishing Head on the Planarization of Polished Wafer Surfaces ″ The Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, March 2014. Vol. 13,pp13-17 No. 1.

[7] Dukyean Yoo, Hyoungju Kim, Junyeong Kim and Jungyol Jo″ Current Variation in ZnO Thin-Film Transistor under Different Annealing Conditions ″ Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 13, pp.63-66, 2014.

[8] Chu, M.C., Meena, J.S., Liu, P.T., Shieh, H.D., You, H.C., Tu, Y.W., Chang, F.C., and Ko, F.H., “Oxygen Plasma Functioning of Charge Carrier Density in Zinc Oxide Thin-Film Transistors,” Applied Physics Express, Vol. 6, 076501, 2013.

[9] Nomura, K., Ohta, H., Takagi, A., Kamiya, T., Hirano, M., and Hosono, H., ″Room-Temperature Fabrication of Transparent Flexible Thin-Film Transistors Using Amorphous Oxide Semiconductors,″ Journal of the Semiconductor & Display Technology Nature, Vol. 432, 488, 2004.

[10] Su-Kyeong Kwon and Kyu-Mann Lee″ Electrical

and Optical Characteristics of IZO Thin Films Deposited in Different Oxygen Flow Rate " Journal of the Semiconductor & Display Technology December Vol. 12, pp49-54, 2013.

[11] D. H. Hwang, H. H. Ahn, K. N. Hui, K. S. Hui, and Y. G. Son, "Effect of Oxygen Partial Pressure Contents on the Properties of Al-doped ZnO Thin Films Prepared by Radio Frequency Sputtering," J. Ceram. Proc. Res., Vol. 12, pp. 150-154, 2011.

[12] H. M. Kim and J. J. kim, "Heat Treatment Effects on the Electrical Properties of In_2O_3-ZnO Flms Prepared by RF-Magnetron Sputtering Method," J. Korean Vacuum Society, Vol. 14, pp. 238-244, 2005.

안 용 덕(Young Duk Ann)

- 2016년 2월 : 청주대학교 반도체공학과(학부)
- 관심분야 : 신소재재료, 반도체
- E-Mail : poartmvpdl13@naver.com

연 제 호(Jae Ho Yeon)

- 2016년 2월 : 청주대학교 반도체공학과(학부)
- 관심분야 : 반도체공정
- E-Mail : duswpgh91@hanmail.net

오 데레사(Teresa Oh)

- 1996년 2월 : 제주대학교 공학석사
- 2000년 2월 : 제주대학교 공학박사
- 현재: 청주대학교 반도체공학과 교수
- 관심분야 : 반도체재료, 반도체장비, 플라즈마
- E-Mail : teresa@cju.ac.kr