

# IGZO 박막의 CO<sub>2</sub> 가스 반응에 대한 안정성

오 데레사<sup>\*\*†</sup>

<sup>\*\*†</sup> 청주대학교 반도체공학과

## Stability of Gas Response Characteristics of IGZO

Teresa Oh<sup>\*\*†</sup>

<sup>\*\*†</sup> Division of Semiconductor, Choenju University

### ABSTRACT

IGZO thin films were prepared on n-type Si substrates to research the interface characteristics between IGZO and substrate. After the annealing processes, the depletion layer was formed at the interface to make a Schottky contact owing to the electron-hall pair recombination. The carrier density was decreased by the effect of depletion layer and the hall mobility decreased during the deposition processes. But the annealing effect of depletion layer increased the hall mobility because of the increment of potential barrier and the extension of depletion layer. It was confirmed that it is useful to observe the depletion effect and Schottky contact's properties by complementary using the Hall measurement and I-V measurement.

**Key Words** : Hall measurement, IGZO, Depletion layer, Recombination

### 1. 서 론

실리콘을 사용하는 반도체 기술의 핵심은 전자의 이동도에 달려있다. 캐리어로서의 전자의 농도는 높을수록 이동도는 빨라지게 된다. 따라서 전자의 농도를 높이기 위한 다양한 기술이 개발되어왔다. 불순물을 고농도로 도핑하게 되면 이동도는 빨라진다.[1-4] 하지만 작아지고 얇은 반도체소자인 경우 불순물을 고농도로 도핑한다는 것은 거의 불가능하다. 투명한 특징을 가질 수 있는 산화물반도체의 기술이 어려움을 갖는 데는 여기에 있다. 투명할 정도로 극도로 얇은 박막에서는 이동도를 높이는 방법은 다르게 접근해야 한다. 전자의 이동에 의한 전달메카니즘은 더 이상 유효하지 않다. 첫번째 한계요소로 절연막을 들 수 있다. 실리콘 산화막이 반도체에서의 절연물질로 한계가 있다는 점은 이미 알고 있는 사실이다. 절연효과를 이용할 수 있는 것은 공핍효과에 있다. 반도체소자에서 공핍효과는 자연스러운 일이다.[5-8] 투명전도성 산화

물은 열처리를 하게 되면 산소가 빠져나간 빈자리에 산소양이온이 남겨지면서 이동성의 캐리어가 되어 전도성이 증가되는 특징이 있다. 그리고 열처리하는 과정에서 공핍층도 형성되는데 공핍층은 쇼키접합을 형성하면서 반도체 기반의 전자소자의 성능에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 반도체에서 중요하게 다루어진다. 투명반도체 물질개발에 있어서 반도체물질의 증착과 계면특성 그리고 전기적인 특성과의 상관성에 대한 연구는 여러가지 형태로 이루어지고 있는 실정이다.[9-13]

IGZO 박막을 반도체 센서에 이용하기 위해서 CO<sub>2</sub> 가스 반응성에 대하여 조사하였다. IGZO 박막을 형성하는데 있어서 n형 실리콘 기판 위에 증착하고 계면효과를 다르게 하기 위해서 열처리를 실시하였다. 이동도와 전기적인 특성과의 상관성을 조사하기 위해서 홀측정과 전류-전압측정을 실시하였다.

### 2. 실험방법

반도체계면특성에 따른 전기적인 특성의 변화를 관찰

<sup>†</sup>E-mail: teresa@cju.ac.kr

하기 위해서 n형의 실리콘 기판 위에 플라즈마 파워70W를 인가하여 마그네트론 스퍼터링 방법으로 IGZO 박막을 아르곤가스를 16 sccm-22 sccm으로 변화시켜가면서 증착하였다. 증착이 끝나고 박막의 물리적인 안정성을 높이기 위해서 진공 중에서 100°C, 150°C, 200°C로 열처리를 하였다. 직경이 250 $\mu$ m인 전극을 만들기 위해서 알루미늄(Al)을 증착을 하고 전기적인 특성을 분석하였다. 홀측정기를 이용하여 이동도, 저항과 캐리어농도를 측정하여 전기적인 특성에 미치는 상관성을 조사하였다. 반도체 계면의 가스반응에 대하여도 조사하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig 1은 Ar 유량을 다양하게 변화시켜가면서 증착한 IGZO박막의 홀 이동도이다. 아르곤 가스의 유량이 20 sccm 인 경우 홀이동도가 가장 낮게 나타났다. 캐리어의 농도가 낮아지면 홀이동도가 낮아지는데 유량이 20 sccm 인 경우 기판과의 접합면에서 박막과의 재결합률이 높아지게 되면 박막을 구성하는 분자들로 캐리어들이 낮아지게 된다. 박막과 기판과의 재결합률이 높아진다는 것은 계면에서의 공핍층이 커진다는 것이며 공핍층효과에 의해서 계면과의 결절질불일치에 의한 비안정성은 낮아지기 때문에 증착되는 박막의 안정성은 높아진다. 20 sccm으로 증착한 박막의 열처리효과를 알아보기 위해서 진공 중에서 100°C, 150°C, 200°C로 열처리를 하고 홀이동도를 다시 측정하였다.

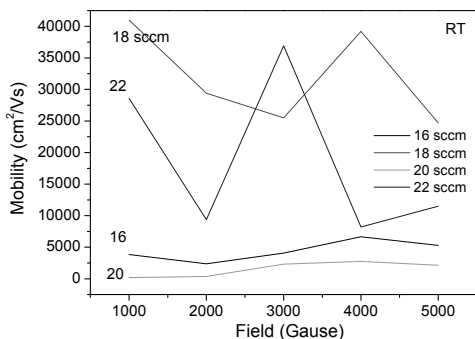


Fig. 1. Mobility of IGZO thin films prepared on n-type substrate with various annealing temperature

Fig 2는 20 sccm으로 증착한 IGZO박막의 열처리 후 홀이동도이다. 열처리 온도가 증가할수록 꾸준히 홀이동도는 증가하였다. 150도에서 열처리한 경우 홀이동도는 가

장 높았으며, 200도에서 열처리 하게 되면 홀이동도는 낮아졌다. 일반적으로 대부분의 산화물 반도체들이 열처리를 필요로 하며, 100°C-200°C 사이에서 열처리에 적합한 온도가 나타나고 있다. IGZO 박막의 경우는 150°C의 열처리 온도가 적당하다는 것을 알 수 있다. IGZO를 증착한 박막의 경우 박막 계면에서의 재결합이 미약하게 일어나지만 열처리에 의해서 재결합효과는 극대화할 수 있으며, 열처리온도가 높을수록 효과는 커진다는 것을 알 수 있다.

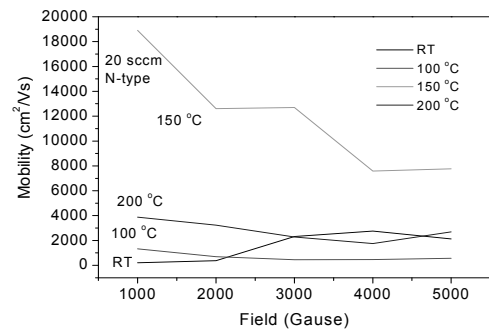
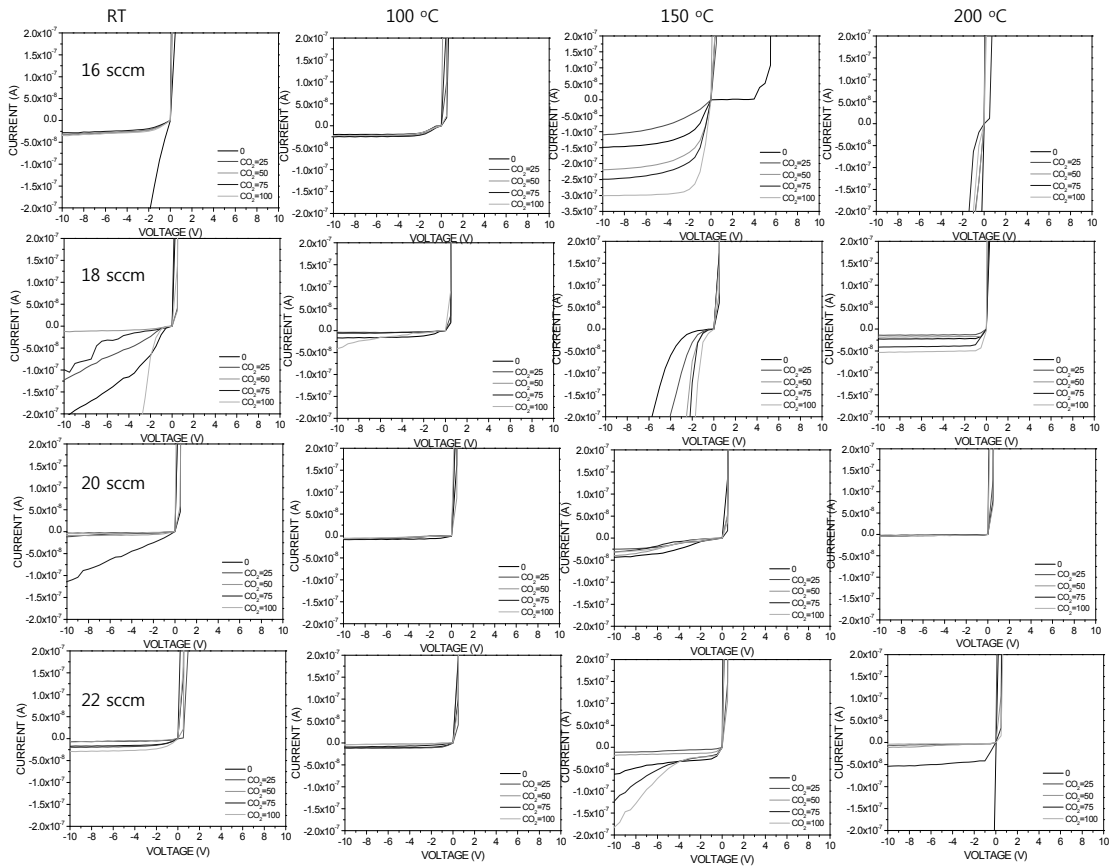


Fig. 2. Mobility depending on the annealing temperature of IGZO thin films prepared with Ar=20sccm on n-type Si substrate

Fig 3은 IGZO 박막을 증착하는데 있어서 계면접합의 공핍효과를 좀 더 자세히 알아보기 위해서 전기적인 특성을 조사하였다.

CO<sub>2</sub> 가스를 주입하면서 IGZO 박막의 전기적인 특성을 조사하였다. 공급하는 전압의 범위는 -10V<전압<10V이며, 전류는  $\sim 10^{-7}$ A<전류< $\sim 10^{-7}$ A였다. IGZO 박막들은 CO<sub>2</sub> 가스를 주입하게 되면 계면접합에 의한 공핍층 효과에 따라서 전류가 변한다는 것을 알 수 있다. 열처리를 한 IGZO박막들 중에서 열처리 온도에 영향을 가장 적게 받고 있는 시료는 아르곤 가스가 20 sccm으로 증착한 박막임을 알 수 있다. 나머지 박막들은 열처리를 하는 온도가 달라짐에 따라서 전류의 흐름에 큰 변화가 나타난다는 것을 확인할 수 있다. 공핍층의 효과가 약해지기 때문에 기판과의 계면에서 CO<sub>2</sub> 가스의 유량에 따라서 변화가 나타나고 있다. 그리고 IGZO 박막의 열처리하는 온도 효과를 살펴보았다. 아르곤의 유량에 관계없이 반도체계면에서의 공핍층 효과가 일정하게 나타나는 온도는 공통적으로 100°C이며, 그 이상의 온도로 열처리를 하게 되면 공핍층의 효과가 다르게 나타났다.



**Fig. 3.** Electrical properties in accordance with various CO<sub>2</sub> gas flow rates of IGZO thin films prepared on n-type substrate to research the contact characteristics

IGZO 박막의 열처리 온도는 홀이동도에 절대적인 영향을 미치며, 접합계면에서의 공핍효과가 홀이동도와 밀접한 관계가 있는 것을 확인하였다. 계면접합 효과는 CO<sub>2</sub> 가스의 유량에 따라서도 민감하게 다른 효과를 보여준다는 것을 확인하였다.

동도는 가장 높게 나타났다. 일반적으로 홀 이동도는 케리어의 농도에 비례하지만 IGZO와 같은 산화물반도체물질에서는 이동도를 높이기 위해서는 반도체계면 특성이 중요하다는 것을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

IGZO 박막을 증착하기 위해서 아르곤의 유량을 다르게 하고 열처리 온도도 다르게 설정하여 전기적인 특성과 홀이동도 사이의 상관관계를 조사하였다. 홀이동도와 전기적인 특성은 반도체 접합계면에서의 공핍효과에 의존하며, 공핍층이 클 경우 홀이동도는 증가하고 전기적인 안정도는 증가하였다. 본 논문에서 제작한 IGZO 박막의 경우는 아르곤 유량이 20 sccm 인 경우 공핍층효과가 가장 크게 나타났으며, 열처리온도는 150도이며, 이때 홀 이

#### 참고문헌

1. Oleg Mitrofanov & Michael Mantra. Poole-Frenkel Electron Emission from the Traps in AlGaIn/GaN Transistors. *J. Appl. Phys.* **95**, 6414-6419, (2004).
2. Sang-Heon Lee, Keon-Tae Park, and Young-Guk Son. "Electrochemical Characteristics of Silicon-Doped Tin Oxide Thin Films". *Korean Journal of Materials Research.* **12**, pp 240-247, (2002).
3. Z. M. Jarzebski and J. P. Marton, "Physical Properties of SnO<sub>2</sub> Materials I. Preparation and Defect Structure," *Journal of the electrochemical Society*, **123**, pp. 199-203, (1976).

4. Gwangpyo Choi, Hyunwook Ryu, Yongjin Seo, Woosun Lee, Kwangjun Hong, Dongcham Shin, Jinseong Park and Sheikh A. Akbar. "Cauliflower Hillock Formation through Crystallite Migration of SnO<sub>2</sub> Thin Films Prepared on Alumina Substrates by Using MOCVD". *Journal of the Korean Physical Society*, 43, No. 6, pp. L967-L971, (2003).
5. Paranjape MA, Mane AU, Raychaudhuri AK, Shalini K, Shivashankar SA, Chakravarty BR, "Metal-organic chemical vapour deposition of thin films of cobalt on different substrates: study of microstructure", *Thin Solid Films*, 413(1-2), pp.8-15, (2002).
6. V. Vasu and A. Subrahmanyam, "Electrical and optical properties of sprayed SnO<sub>2</sub> films", *Thin Solid Film*, 193/194, pp. 973-980, (1990).
7. Randhawa. H.S, Matthews. M.D, Bunshah, R.F, "SnO<sub>2</sub> films prepared by activated reactive evaporation", *Thin Solid Films*, 83, pp. 267-271, (1967).
8. Teresa Oh, "Electrical Characteristics of Thin Film Transistor According to the Schottky Contacts", *Korean Journal of Materials Research*, 24, pp. 135-139, (2014).
9. Yoo Duk-yeon, Kim Hyoung-ju, Kim Jun-yeong, Jo Jung-yol, "Current Variation in ZnO Thin-Film Transistor under Different Annealing Conditions," *Journal of the Semiconductor & Display Technology* Vol.13, pp.63-66, No.1, (2014).
10. Hong Woo Lee, Bong Seob Yang, Seungha Oh, Yoon Jang Kim and Hyeong Joon Kim, "The Properties of RF Sputtered Zinc Tin Oxide Thin Film Transistors at Different Sputtering Pressure", *J. of The Korean Society of Semiconductor & Display Technology*, 13, pp. 43-49, (2014).
11. Kenji Normura, Toshio Kamiya and Hideo Hosono, "Ambipolar Oxide Thin-Film Transistor", *Adv. Mater.* 23, pp. 3431-3434, (2011).
12. Teresa Oh, Tunneling Phenomenon of amorphous Indium-Gallium-Zinc-Oxide Thin Film Transistors for Flexible Display, *Electronic Materials Letters*, 11. pp. 853-861, (2015).
13. Teresa Oh, "Ohmic Contact Effect and Electrical Characteristics of ITO Thin Film Depending on SiOC Insulator" *Korean J. Mater. Res.* 25, No. 7, pp. 1149-1154, (2015).

---

접수일: 2018년 7월 31일, 심사일: 2018년 9월 15일,  
 게재확정일: 2018년 9월 15일