

MOCVD를 이용해 성장한 n-ZnO/p-Si 이종접합 다이오드의 전기적 특성 평가 Electrical characterization of n-ZnO/p-Si heterojunction diode grown by MOCVD

한원석, 공보현, 김동찬, 조형균
성균관대학교 / 신소재공학부

초 록 : 저온 성장이 가능한 MOCVD를 이용하여 단결정 p-Si 기판위에 n-ZnO를 산소분압을 달리하여 성장하였다.

산소유량에 따른 이종접합 다이오드의 전기적 특성을 평가하기 위하여 n-ZnO의 전기전도도, 이동도, 캐리어 농도를 측정하였으며, 소자에 저항성 접촉(ohmic contact) 전극을 형성하여 전류-전압 특성을 파악하였다.

1. 서 론

ZnO는 상온에서 약 3.37eV의 밴드갭을 갖는 wurzite 구조의 II-VI족 화합물 반도체이다. 또한, ZnO의 자유 엑시톤 결합에너지는 60meV로써 경쟁 물질인 GaN의 결합에너지(21~25meV) 보다 월등히 높을 뿐만 아니라, 동종의 기판이 존재하고, 습식 식각이 가능하며, 방사선 노출에 강하다는 장점을 가지고 있다. 그러나 ZnO계 p-n 접합 소자 구현에서 가장 핵심적으로 제시되는 문제는 p-ZnO의 재연성 및 안정성이 미흡하다는 점이다. 이러한 문제의 해결방안으로 다양한 이종접합 다이오드가 제시되었으며, 그 중 Si를 이용한 소자는 낮은 전압에서의 구동과 함께 제조 단가가 저렴하다는 장점을 가지고 있다[1].

본 연구에서는 MOCVD 방법을 이용하여 n-ZnO/p-Si 이종접합 다이오드 제작 시 산소 유량에 따른 소자의 전기적 특성을 분석하고, 고효율의 소자구현을 위한 성장 조건을 제시하고자한다.

2. 본 론

2.1 실험방법

본 실험에서는 p-Si (001) 기판 위에 MOCVD를 이용하여 ZnO 박막을 성장하였다. Zn의 source로는 DEZn를 사용하였으며, 산소의 source로는 O₂를 사용하였다. 산소분압에 따른 소자의 전기적 특성변화를 살펴보기 위하여 성장 온도(240°C)를 고정시키고 II/VI족 비율만을 변화시켜가며 ZnO박막을 성장시켰다. 산소 유량은 10-90sccm의 범위 내에서 변화시켰으며, 실험조건은 표 1에 나타나있다.

성장된 n-ZnO박막의 전기전도도, 이동도, 캐리어 농도를 측정하기 위하여 c-sapphire 기판위에 동일한 조건으로 n-ZnO를 성장시킨 시편을 이용하였다. n-ZnO의 전기적 특성을 관찰하기위하여 In 전극을 형성하였으며, Hall Effect Measurement로 그 특성을 조사하였다. 또한 Si 기판 후면에 Al/Ag 전극을 형성 시키고 n-ZnO/p-Si 이종접합 다이오드의 전류-전압 특성을 -20V에서 10V의 범위에서 측정하였다.

표 1. 실험조건

Sample ID	Growth conditions				
	Growth Temp.	Growth Time	Ar Flow (sccm)	O ₂ Flow (sccm)	W.P (torr)
A	240	30min	10	10	5
B				50	
C				70	
D				90	

2.2 ZnO 박막의 전기적 특성

c-sapphire 기판위에 성장시킨 n-ZnO 박막의 전기전도도, 이동도, 캐리어 농도는 표 2에 나타나 있다. 전기전도도는 산소유량이 늘어남에 따라 그 값이 증가하였다. 그러나 70sccm을 기점으로 산소유량이 더욱 증가하면 전기전도도도 값은 감소하였다. 캐리어농도는 산소유량이 50sccm일 때 가장 우수한 것으로 나타났으며, 박막은 모두 다수 캐리어가 전자인 n-type의 특성을 나타냈다.

이러한 특성의 변화는 산소유량에 따른 ZnO 박막의 성장 시 산소 공공 및 침입형 아연과 같은 결함에 의한 것으로 판단된다[2].

표 2. n-ZnO 박막의 산소유량에 따른 전기적 특성

Sample ID	Conductivity (Ω ⁻¹ ·cm ⁻¹)	Mobility (cm ² / V·s)	Carrier density (cm ⁻³)	Conduction type
A	3.11	9.92	1.96 × 10 ¹⁸	n
B	6.82	11.64	3.66 × 10 ¹⁸	n
C	6.89	8.69	4.95 × 10 ¹⁸	n
D	6.07	15.74	2.41 × 10 ¹⁸	n

2.3 이종접합 다이오드의 전류-전압 특성

n-ZnO/p-Si의 전류-전압 특성을 파악하기 전에, ZnO 박막에는 In 전극을, Si 기판에는 Al/Ag 전극을 형성시키고 저항성 접촉임을 확인하였다. 이종접합 다이오드의 전류-전압 특성을 파악하기 위하여 -20V의 역방향 전압에서부터 7V의 순방향 전압을 인가하였다. 그림 1은 산소유량에 따른 소자의 전류-전압 특성 결과를 나타내고 있다. 각각의 소자는 대략 2V 미만의 문턱전압(turn on voltage)을 보이고 있으며, -20V의 비교적 높은 역방향 전압에도 불구하고 소자는 항복(breakdown)현상을 보이지 않았다. 특히, 70sccm의 산소유량이 공급되는 조건에서 성장한 이종접합 다이오드의 문턱 전압이 가장 낮았다.

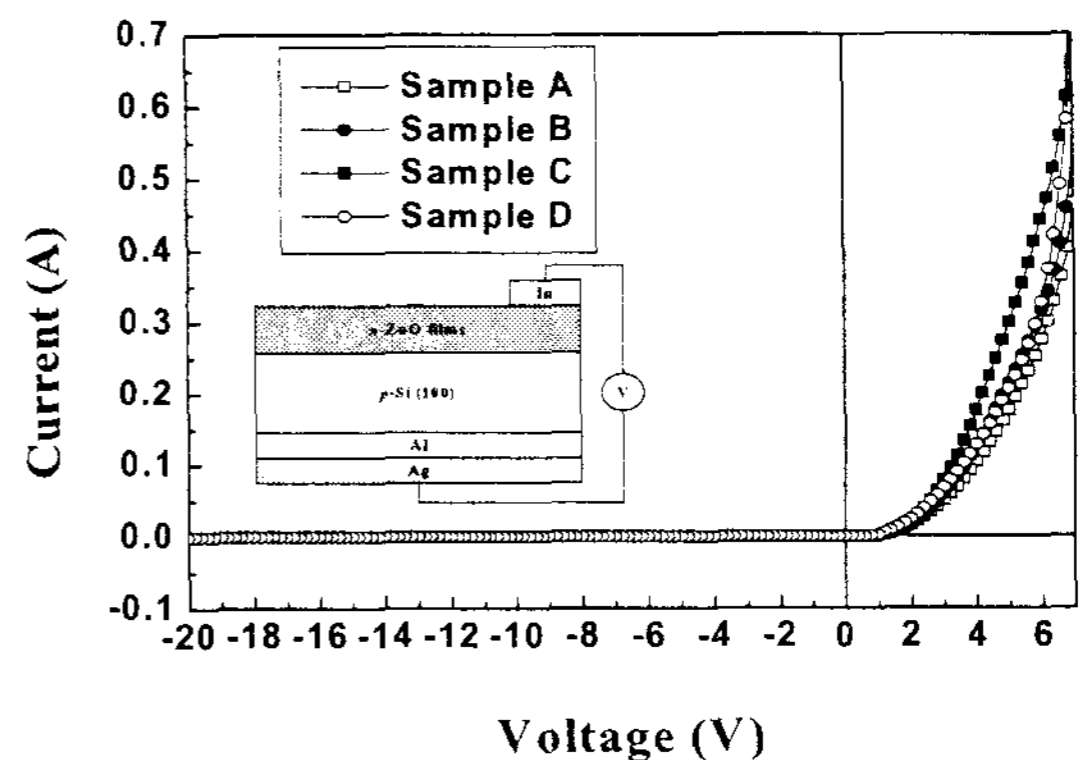


그림 1. 산소유량에 따른 n-ZnO/p-Si 이종접합 다이오드의 전류-전압 특성

3. 결 론

p -ZnO의 재연성 및 안정성이 미흡한 관계로 Si를 이용하여 n -ZnO/ p -Si 이종접합 다이오드를 제작하였다. 또한 ZnO를 MOCVD로 성장 시 산소유량의 영향을 알아보려고 하였다. 본 연구를 통해 공급되는 산소유량이 증가할수록 이종접합 다이오드의 전기적 특성이 향상됨을 알 수 있었다. 그러나 70sccm 이상의 산소유량이 공급되면 소자의 전기적 특성은 저하되었으며, 이러한 결과는 산소 공공 및 침입형 아연의 생성에 따른 결함 발생 비율에 의한 것으로 생각된다.

감 사 의 글

이 논문은 2006년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국 과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2006-000-10027-0)

참 고 문 헌

- [1] J. D. Ye, S. M. Zhu, W. Siu, S.M. Liu, R. Zhang, Y. Shi, and Y. D. Zheng, "Electroluminescent and transport mechanisms of n -ZnO/ p -Si heterojunctions", Appl. Phys. Lett. 88, 182112, 2006.
- [2] Y. Ma, G. T. Du, S. R. Yang, Z. T. Li, B. J. Zhao, X. T. Yang, T. P. Yang, Y. T. Zhang, and D. L. Liu, "Control of conductivity type in undoped ZnO thin film grown by metalorganic vapor phase epitaxy", J. Appl. Phys. 95, 6268, 2004.