

AZO/p-Si 자외선 수광소자의 전기적·광학적 특성

오상현, 정윤환, 진 호, 박춘배
원광대학교 전기전자 및 정보공학부

Realization and Electrical-Optical Properties of AZO/p-Si UV Photodetector

Sang-Hyun Oh, Yun-Hwan Jeong, Hao Chen, Choon-Bae Park
School of Electrical Electronic and Information Engineering, Wonkwang Univ.

Abstract : Investigation of improving the properties of UV photodetector which uses the wide bandgap of ZnO are under active progress. In this paper, transparent conducting aluminum-doped Zinc oxide films(AZO) were prepared by rf magnetron sputtering on glass(corning 1737) and p-Si substrate, were then annealed at temperature 400 °C for 2hr. The AZO thin films were deposited by RF sputtering system. RF power and work pressure is 120 W and 15 mTorr, respectively, and the purity of AZO target is 5N. The AZO thin films were deposited at 300, 400, 500 °C, and 650 °C. For sample deposited at 400 °C, we observed best V_r-I_{ph} of 0.94 mA and good transmittance.

Key Words : UV photodetector, AZO thin film, RF magnetron sputtering system, V_r-I_{ph} .

1. 서 론

최근, II-VI 족 화합물 반도체인 ZnO 가 단파장 영역의 LEDs 나 UV detector 의 광소자 응용 재료로 각광을 받고 있다. ZnO 는 상온에서 3.37 eV 의 직접 천이 band gap 을 가지고 있고 wide bandgap 영역에서 GaN 보다 우수한 특성을 가지고 있다. UV detector 는 상업용, 의학용, 우주 항공, 통신 및 군사용 등으로 광범위하게 사용이 가능하며 광통신에 응용될 경우 그 전송속도를 현재 사용하고 있는 적외선 레이저를 이용한 방법에 비해 수 배 이상 증진될 수 있을 것으로 예상된다[1].

현재 사용되고 있는 p-n 접합형 자외선 센서는 p층의 두께가 두꺼워 p/n접합면이 깊은 곳에서 형성됨으로써 자외선과 같이 파장이 짧은 빛의 도달에 문제가 발생하며 이로 인해 효율이 감소하는 문제를 갖고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 투과도가 우수한 투명전도막을 광소자에 적용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 광전변화 효율이 우수한 자외선 수광소자를 제작하기 위해, 선행연구를 바탕으로 RF magnetron sputtering법을 이용하여 AZO/p-Si 구조의 자외선 수광소자를 제작하였다. 또한 제작된 소자의 전기적·광학적 특성을 비교 분석하였다[2].

2. 실험

본 연구에서 AZO 박막은 RF magnetron sputtering법으로 AZO 5N 타겟을 사용하여 약 100 nm 두께로 증착하였다. 증착에 사용된 기판은 p-Si 기판과 유리기판(corning 1737)을 사용하였다. 초기 진공도는 8.0×10^{-6}

Torr, 작업진공도는 15 mTorr, RF power는 120 W로 하였다. 기판온도는 300, 400, 500, 650 °C로 변화를 주었으며, 분위기 가스는 Ar 40 sccm으로 1시간 동안 증착을 실시하였다. 증착된 AZO 박막을 전기적·광학적 특성 향상을 위해 챔버 내에서 in-situ 후열처리를 실시하였다. 표 1에 AZO 박막 증착을 위한 RF magnetron sputtering법의 조건을 정리하였으며, 제작된 소자는 그림 1과 같다.

증착된 AZO 박막의 표면분석은 FE-SEM 장비를 사용하였으며, 투과율은 Spectrophotometer를 사용하여 분석하였다. 또한, 제작된 소자의 빛 조사에 따른 전기적 특성의 변화를 확인하기 위해 자외선 광원으로는 peak파장 352~368 nm, 자외선 출력 1.5W의 Hg Lamp를 사용하였으며, 가시광 광원으로는 632.8 nm의 red 파장, 출력 5 mW의 He-Ne Laser를 사용하였다. 또한, 광전류는 Probe-Station과 Semiconductor Parameter Analyser (HP 4155A)를 사용하여 측정하였다.

표 1. ZnO/Si 박막의 RF magnetron sputtering 조건.

	파라미터	공정조건
증착	기판	p-Si, glass(corning 1737)
	초기 압력	8.0×10^{-6} Torr.
	작업 압력	15 mTorr
	RF power	120 W
	기판온도	300, 400, 500, 650 °C
	증착시간	1hr
후열처리	분위기	O ₂
	온도	400 °C
	시간	2 hr

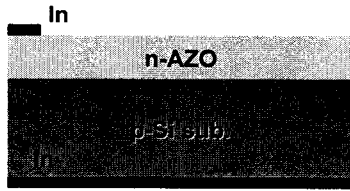


그림 1. 제작된 소자의 모식도.

3. 결과 및 검토

그림 2는 온도변화에 따라 증착된 AZO 박막의 표면 FE-SEM 사진이다. 모든 AZO 박막에서 mirror-like하고 평탄한 표면을 확인하였다. 또한, 증착온도가 증가할 수록 결정립이 작아지다가 500 °C부터 결정립의 치밀화가 발생하여 다시 결정립이 커지는 모습을 확인할 수 있었다.

그림 3은 glass 기판에 증착된 AZO 박막의 투과도를 나타낸 그림이다. 삽입된 그림은 300~400 nm파장 대역을 확대한 그림이다. 300, 400 °C에서 증착된 AZO 박막이 단파장 영역에서 우수한 투과도 특성을 보였으며, 500, 650 °C의 고온에서 증착된 AZO 박막은 단파장 투과도가 떨어짐을 확인할 수 있었다. 이 현상은 고온에서 성장된 AZO 박막의 결정립이 커지면서 단파장 영역의 빛 투과도가 떨어지고, AZO와 Si의 계면에 SiO₂층이 증가하여 나타난 현상으로 사료된다[2].

그림 4는 제작된 소자의 UV 조사 상태에서의 V_r-I_{ph} 특성을 나타내고 있다. 5 V reverse bias에서 측정한 광전류는 400 °C에서 증착된 소자에서 0.95 mA로 가장 크게 나타났고, 650 °C에서 증착된 소자에서 0.16 mA로 가장 작게 나타났다. 이 현상은 앞선 300 °C에서 증착된 AZO의 투과도가 가장 좋았지만, 저온성장으로 인한 AZO와 p-Si의 접합면 결함으로 인해 광전변환 효율이 떨어진 것으로 사료된다. 또한, 400 °C에 AZO 박막이 증착된 소자에서는 작은 결정립, 높은 투과도로 인해 많은 양의 UV 빛이 활성층 영역으로 투과되어 많은 양의 전도 캐리어를 생성하

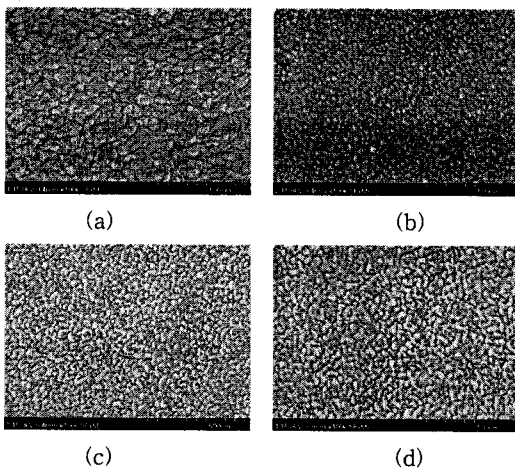


그림 2. 증착온도(°C)에 따른 AZO/p-Si의 FE-SEM 사진.
(a) 300, (b) 400, (c) 500, (d) 650

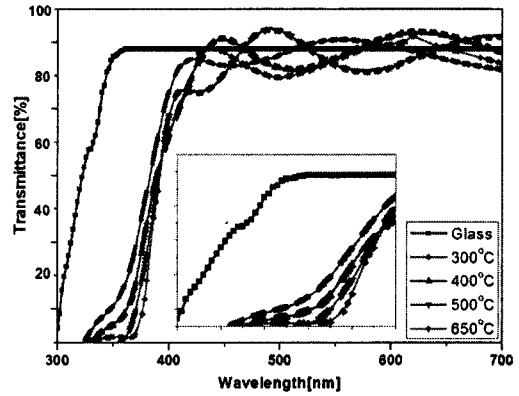


그림 3. 증착온도(°C)에 따른 AZO 박막의 투과도.

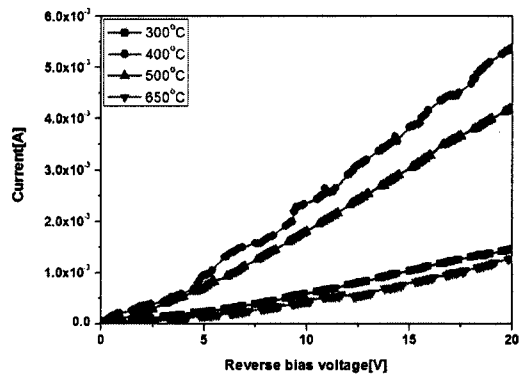


그림 4. AZO/p-Si 자외선 수광소자의 V_r-I_{ph} 특성.

여 가장 우수한 V_r-I_{ph} 특성이 나타난 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 광전변환 효율이 우수한 AZO/p-Si 구조의 자외선 수광소자를 제작하기 위하여, RF magnetron sputtering법을 이용하여 AZO 박막을 제조하였으며, 분위기 후열처리 공정을 실시하였다. 투과도 분석에서 300, 400 °C에서 증착된 AZO 박막이 가장 우수한 광학적 특성을 보였으며, 400 °C에서 AZO 박막이 증착된 소자에서 0.95 mA로 가장 우수한 특성을 나타냈다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 산학연협력 기업부설연구소설치지원사업의 연구결과로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Y. R. Ryu and T. S. Lee, J. A. Lubguban and H. W. White, Y. S. Park, C. J. Youn, "ZnO devices: Photodiodes and p-type field-effect transistors", Appl. Phys. Lett., Vol. 87, p. 153504. 2005.
- [2] 김경민, 진은미, 박춘배, "LED 효율 향상을 위한 Textured구조 AZO 박막의 제조와 광학적 특성분석", 전기전자재료학회논문지, 19권, 10호, p. 901, 2006.