

Au 금속을 이용한 쇼트키 접촉형 ZnO UV-Detector 제작

김종빈 학생연구원 (한국과학기술연구원 재료연구부) | 박동희 연구원 (한국과학기술연구원 재료기술연구본부) | 이상엽 연구원 (한국과학기술연구원 재료연구부)
최지원 선임연구원 (한국과학기술연구원 박막재료연구센터) | 최원국 책임연구원 (한국과학기술연구원 재료연구부)

플라즈마 보조 분자선 증착을 이용하여, c-plane 사파이어 단결정 기판에 ZnO 에피 레이어를 성장시켰다. 성장된 박막의 표면상 결함을 감소시키기 위하여, ZnO 에피 레이어는 증착 후, 산소 20% 아르곤 80%의 혼합 플라즈마 처리를 하였는데, 10 mTorr 진공 하에서 30 W의 RF 파워를 인가해서 0~30분간 처리하였다. 원자 척력간 현미경 관찰로부터, ZnO 에피 레이어의 표면 형상은 혼합가스 플라즈마 처리에 크게 영향을 받지 않으며, 표면 거칠기의 입방 제곱근 값은 플라즈마 처리 전 2 nm에서 처리 후 3 nm로 변한 것으로 확인되었다. 한편 플라즈마 노출 시간이 증가할수록, ZnO 표면에 흡착된 수산화물의 정량적 감소가 있었으며, 이는 X선 광전자 분광 분석으로 관찰한 O1s Core-level 변화를 통해서 확인했다. 결론적으로 산소 혼합형 플라즈마로 처리된 ZnO 에피 레이어는, 금-ZnO 에피레이어-인듐 접합형 소자에 적용되었을 때, 전류-전압 특성에 있어 정류 특성을 갖는 것을 보였다. 또한 금속-반도체-금속 접합형 자외선 광감지 소자로서 금-ZnO 에피레이어-금 구조의 폭 10 μm , 길이 180 μm , 간격 10 μm 형태의 맞물림형 (IDT : Interdigitated) 패턴 형태로 소자 구현하였다. 제작된 자외선 감지 쇼트키 소자의 광응답성은 254 nm와 356 nm 파장에서 측정되었으며, 이로부터 소자의 양자 효율값이 예측되었다.

1. 서론

ZnO는 GaN ($E_g = 3.4 \text{ eV}$)와 비슷한 에너지 밴드

갭 ($E_g = 3.37 \text{ eV}$)을 가지고 있으며 그 결정구조가 Wurtzite 구조로 동일한 구조를 가지고 있다. 엑시톤 결합에너지는 상온에서 60 meV로 GaN (29 meV)와 ZnSe (21 meV) 등과 비교하여 3 배 정도 높은 특성을 보이고 있다. 또한 고온에서 매우 안정한 구조를 나타내며, Zn-O의 결합에너지가 강해 향후 새로운 발광 및 수광소자로 주목 받고 있는 물질이다[1,2]. Coppa[3]에 의하면 반도체의 ZnO는 일함수가 큰 금속과 접촉하더라도 쇼트키 접촉이 어려우며, 그 이유로는 ZnO 표면에 존재하는 결함과 오염 때문으로 알려졌다. 지금까지 ZnO에 대한 표면 처리를 통해 오믹 접촉에서 쇼트키 접촉으로 변화시키는 특성에 대한 연구 발표는 Coppa[3]나 Ip[4], Mosbacher[5] 등이 있었다[6, 7]. 특히 산소 플라즈마 처리를 하면 ZnO 표면에 존재하는 결함과 오염을 제거함으로써 쇼트키 접촉을 형성하기가 좋아진다고 보고되고 있다. 본 논문에서도 ZnO 표면에 산소 플라즈마 처리 후 쇼트키 접촉을 얻을 수 있었으며 이를 이용하여 UV-detector 개발에 대해서 실험을 하였다. ZnO 오믹 접촉을 이용한 자외선 검출기에 대한 연구는 Liu[8]와 Liu[9]가 발표하였다. 표면 처리 없이 Ag 금속을 이용한 ZnO 쇼트키 접촉을 이용한 자외선 검출기에 대한 연구 발표는 Liang[10]가 발표하였으나, ZnO를 표면처리 후 쇼트키 접촉 특성을 이용한 자외선 검출기에 대한 발표는 이루어지고 있지 않다.

본 논문에서는 Plasma-assisted Molecular Beam Epitaxy (PA-MBE)을 이용하여 고품질의 ZnO의 박막을 성장시킨 후 산소 플라즈마를 표면처리를 통하

여 오믹 접촉에서 쇼트키 접촉으로 변화시킨 후 Lift-off 방식을 이용하여 IDT 모양을 가지도록 패턴을 형성하고 금속 증착 한 후 자외선 수광 소자로서의 특성을 연구하였다.

2. 실험 방법

2.1 ZnO 박막 성장

Sapphire 단결정 (0001)기판 (Mateck $\phi=2$ -in, $t=0.2$ mm 두께)을 세척공정으로 일반적으로 행하여지는 TCE, Acetone, Methanol, Ethanol에서 각각 10분씩 초음파세척기를 통하여 유기 세척한 후 황산과 인산을 각각 3:1로 섞은 용액 안에 120 °C를 유지하며 10 분간 세척한 후 D.I. Water를 통하여 헹구어 내고, 질소 가스를 불어 표면에 묻어있는 물기를 제거한 후 RA-MBE (Radical-assisted Molecular Beam Epitaxy) 챔버 시료를 장착한 후 ZnO 박막을 성장시켰다. 성장조건은 먼저 격자불일치를 줄이기 위해서 동종 버퍼층을 이용하였다. ZnO 버퍼층 성장 조건은 500 °C 온도에서 산소를 0.6 sccm의 유량으로 rf Plasma소스에 유입시켜 약15분 동안 15 nm 성장시킨 후, 720 °C에서 산소의 유량을 같은 0.6 sccm으로 고정시킨 후 총 두께가 650 nm로 ZnO 박막을 성장시켰다[11, 12]. 그림 1에서는 성장 조건 및 각 성장온도에 따른 고에너지 전자반사회절 (Reflection of

High Energy Electron Diffraction : RHEED) 패턴을 ZnO를 성장시킨 후 결정학적 특성은 $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$, 40 kV, 20 mA, DMax-3000 Rigaku Co.) X-선을 사용하여 θ -2 θ XRD를 측정하였으며 표면 상태를 Atomic Force Microscope (AFM ; DI-3000 Nanoscope)을 통해 확인하였으며, 광학적 특성을 확인하기 위하여 He-Cd 레이저 ($\lambda = 325 \text{ nm}$, 25 mW, 1K3202R-D Kimmon Elec Co.)을 사용하여 PL 을 측정하였다.

2.2 산소 플라즈마 표면 처리

MBE에 의해 성장시킨 ZnO 박막의 결함을 제거 하고 쇼트키 접합을 가능하게 하기 위해 RF(@13.56 MHz) Discharge를 이용하여 산소 플라즈마를 발생하였고, 이 때 산소 플라즈마의 안정적 생성을 위해 아르곤을 일정량 섞어서 플라즈마를 생성하였다. 인가 RF전력은 표면의 손상을 줄이기 위해 3-inch 크기의 전극에 30 W의 저전력을 사용하였으며, 조사 시간은 5분~30분으로 실시하였다.

2.3 UV-Detector 제작

산소 플라즈마 처리 후 ZnO 박막 위에 IDT 구조를 가지는 자외선 수광 소자를 제작하기 위해서 포토리소그래피 공정을 시행하였다. Negative 감광제를 사용하여 박막 위에 스핀 코팅법으로 1000 rpm 속도로 10초 실시한 후, 7000 rpm으로 30초 동안 스핀코팅을 연속적으로 실시하여 약 4 μm 정도 두께의 감광제를 코팅하였다. 감광제를 도포한 후 감광제를 안정하고 단단하게 하기 위해서 95 °C에서 2분 30초 동안 열처리를 실시하였다. 소프트 베이킹 후 ZnO 박막위에 IDT구조를 가지는 마스크를 놓고 노광 장치에서 280 nm 파장을 가진 수은 램프를 사용해서 30초 동안 노광하였다. 노광 후 노광 과정에서 IDT 구조의 모서리 부분이 램프에서 발생하는 자외선의 상쇄 때문에 약화될 수 있어서 100 °C에서 30초 동안 열처리를 실시한다. 열처리 실시 후 노광 과정에서 상대적으로 약한 결합력을 가지고 있는 감광제 부분을 제거 하는 현상 공정을 실시하였다. 포토리소그래피 공정이 끝난 후 IDT 구조가 현상된 ZnO 박막 위에 전극을 증착시키기 위해서 전자빔을 이용

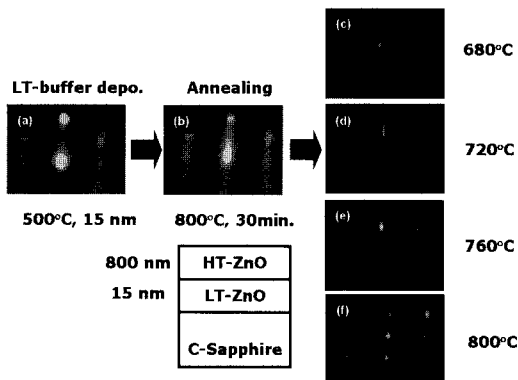


그림 1. ZnO 에피층의 성장조건 및 RHEED 패턴.

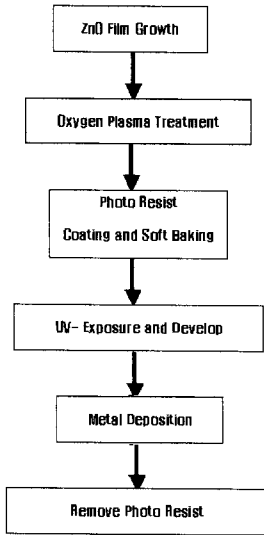


그림 2. IDT 제작 과정.

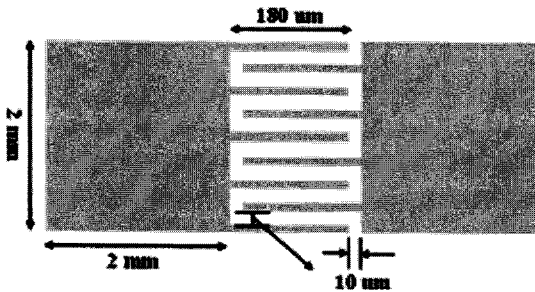


그림 3. 제작된 구조 및 크기.

하여 금(Au)을 1.5 Å/sec 속도로 증착하였다. 증착 후 감광제를 제거하기 위해서 Negative 감광제 제거액을 65 °C에서 5분 정도 담근 후 아세톤으로 세척 후 ZnO과 금 전극 사이의 결합력을 좋게 하기 위해서 300 °C에서 시간은 1분, 분위기 가스는 N₂ 가스압력은 1 torr로 급속열처리를 실시하였다. 위와 같은 방법으로 그림 3과 같이 IDT 구조를 산화아연 박막 위에 얻을 수 있었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 X-선 회절 및 AFM

PA-MBE를 통해 성장시킨 ZnO 박막의 결정성 및 표면 거칠기 변화 특성을 알아보기 위해서 x-ray 회절 (XRD ; x-ray Diffraction)과 원자척력간 현미경 (AFM ; Atomic Force Microscope) 분석을 시행하였다. 그림 4에서 보는 바와 같이 회절각 $2\theta=34.5^\circ$ 에서 ZnO (0002) 회절면과 $2\theta=41.7^\circ$ 사파이어 기판 피크인 (0006)면 만이 나타나는 것을 알 수 있었다. 이 결과로 성장된 ZnO 박막은 c-축으로 적층 성장된 구조임을 알 수 있으며, ZnO (0002) 박막의 ω -rocking 곡선으로 부터 얻은 최소 반폭치 값이 85 arcsec 정도로

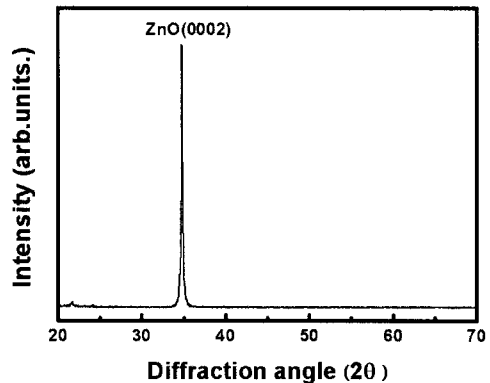
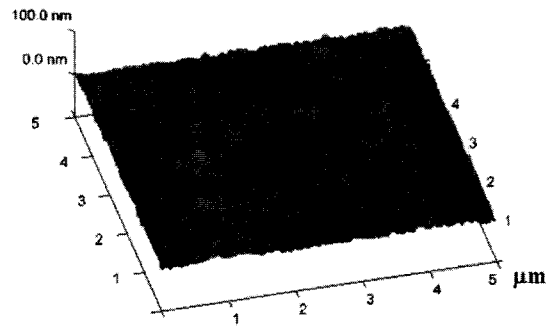


그림 4. ZnO박막의 XRD 회절곡선.



(a)

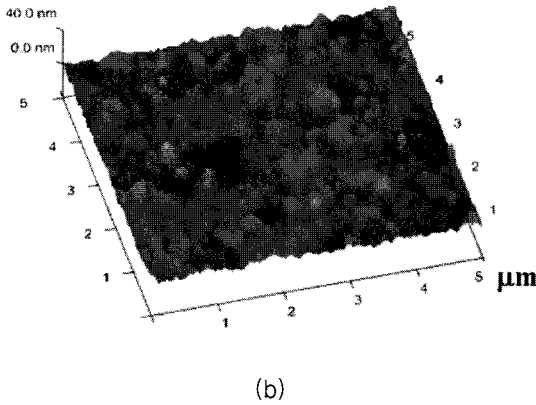


그림 5 PA-MBE법으로 성장된 ZnO/Al₂O₃(1000) 표면의 (a)와 산소 플라즈마로 30분간 처리된 표면(b)의 3차원 원자 척력간 현미경 이미지.

매우 우수한 결정성을 가지는 육방정계 (Hexagonal) 구조임을 알 수 있다[12].

ZnO박막의 표면 형성과 거칠기의 변화를 분석하기 위해서 AFM를 측정하였다. AFM 측정 결과 그림 5(a)와 같이 플라즈마 처리하기 전의 ZnO박막 표면 거칠기는 1.9 nm로 매우 평탄하였고, 30분 정도 산소 플라즈마로 처리된 후 (그림 5(b))에도, 거칠기는 3 nm정도 수준까지만 증가하였으며, 이러한 정도의 표면 조도는 마이크로 크기의 IDT 형성을 위한 노광 공정에는 큰 영향을 미치지 않는다.

3.2 PL (Photoluminescence) 측정

그림 6의 경우는 PA-MBE로 성장시킨 ZnO 박막과 플라즈마 표면 처리 시간에 따른 ZnO박막의 광특성의 변화를 알아 보기 위하여 발광 특성을 상온에서 조사하였다. 그림 6의 경우는 플라즈마 처리하지 않은 ZnO박막의 PL곡선으로, 380 nm (3.26 eV) 밴드갭 근처에서의 강한 광방출과 510 nm (2.43 eV) 에 중심을 두고 있는 결합에 기인한 약한 방출이 조금 관찰이 되었고, 전자의 경우는 전도대의 전자와 가전자대의 공공의 재결합에 기인한 근자외선 NBE (Near Band Edge Emission)이고, 후자의 경우는 주원인으로는 성장과정에서 ZnO 박막에 공공을 형성

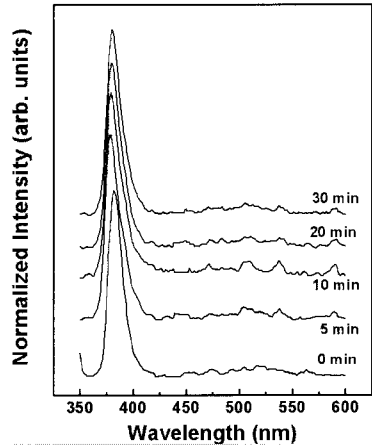


그림 6. ZnO 박막의 산소 플라즈마 처리 시간에 따른 발광 특성 곡선.

함으로써 발생되는 피크라고 잘 알려져 있다[6]. ZnO박막의 표면처리 시간에 따른 DLE(Dep Level Emission) 피크의 변화를 관찰하기 위해서 NBE 피크를 1로 규격화(Normalized) 시킨 후 그림 6과 같이 나타내었다. 그림 6에서 알 수 있듯이 표면 처리시간이 증가해도 ZnO 박막의 DLE 피크 강도가 뚜렷하게 증가하지 않는 것을 확인할 수 있었다. 이는 플라즈마 생성시 낮은 인가전력 (30 W)을 사용하였기 때문에 표면에 손상 없이 표면 결함과 불순물만이 제거된 것으로 생각되어 진다.

3.3 플라즈마 처리에 따른 표면의 화학적 변화 : XPS

산소 플라즈마 처리에 따른 ZnO 박막의 O 1s 코어 준위의 화학적 결합 상태를 알아보기 위해 XPS 분석을 시행 하여 그림 7에 나타내었다. 산소 플라즈마 처리 시간이 증가 할수록 530~530.2 eV에서 나타나는 Zn-O 결합에 의한 피크의 세기가 증가하는 반면, 531.6 eV 근처의 결합에너지에서 나타나는 흡착된 수산화기(OH)와의 결합에 기인한 피크의 세기가 점점 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 OH-는 ZnO 주개(Donor)로 작용하여 전자농도를 증가시키며 표면 전도도를 증가시킨다고 Coppa[3]와 Mosbacker[5] 등이 보고하였다. 따라서 그림 7에

서 나타나는 바와 같이 ZnO 박막 표면에 흡착된 수산화기인 OH는 아르곤과 산소가 혼합된 플라즈마와의 상호 작용 시 운동에너지를 가진 플라즈마를 형성하고 있는 입자들과의 충돌에 의해 쉽게 탈착되는 것은 잘 알려져 있다. 또한 플라즈마와의 화학적인 상호작용 측면에서 고려하면 ZnO의 내부 결함인 산소 공공(Vacancy) 등에 의해 과다 Zn원자가 산소 플라즈마에서 발생된 활성화된 산소 원자 또는 라디칼들, 즉 높은 전자친화력(Electron Affinity)을 가진 산소 원자들과 결합하게 되어 상대적으로 Zn-O결합이 많아지게 되는 반면, OH가 줄어들게 되면서 ZnO 주개의 원인이 제거되면서 전자농도가 낮아지게 된다. 공핍층의 두께 (ω)와 공간 전하 농도 (N_d)와의 관련식은 아래 식(1)과 같이 표현된다.

$$\omega = \left(\frac{2\epsilon_0\epsilon_r V_b}{qN_d} \right)^{1/2} \quad (1)$$

V_b 는 내장 포텐셜 (Built-in Potential)이고 ϵ_0 , ϵ_r 은 각각, 진공 및 정전 유전 상수이다. 식(1)은 Poisson 식(2)로부터 유도될 수 있다.

$$\nabla^2\phi = -\frac{\rho}{\epsilon_0\epsilon_r} \quad (2)$$

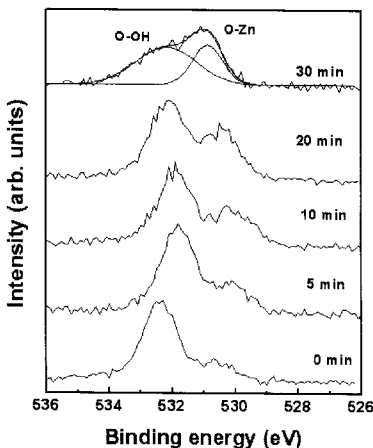


그림 7. 산소 플라즈마 처리시간에 따른 XPS 분석.

식(2)에서 전하 밀도는 식(1)의 qN_d 에 해당한다.

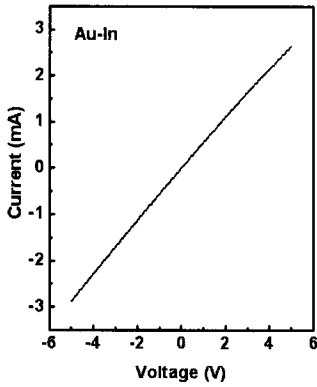
식(1)에서 보는 바와 같이 전자농도의 감소는 표면 전도도를 떨어지게 하고, 전하 공핍층의 두께를 증가시키게 되는데, 이렇게 생성되는 전하 공핍층은 산소 플라즈마 처리 시간이 증가할수록 두꺼워 지게 되며, 쇼트키 접촉을 형성하는 직접적인 원인으로 작용함을 알 수 있다. 플라즈마 처리 시간이 증가함에 따라 O-OH, O-Zn의 결합에너지가 낮은 에너지 쪽으로 0.4 eV 이동한 것은 밴드 휘어짐(Band Bending)에 기인한 것으로 알려지고 있다[3].

3.4 쇼트키 접합 (Schottky Contact)

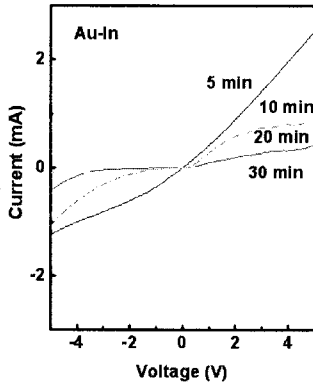
홀 측정을 통하여 성장시킨 ZnO 박막의 전기적 특성을 측정하였다. 측정 결과 저항이 $\rho = 3.8 \times 10^2 \Omega \cdot \text{cm}$, 전도도 $\sigma = 2.62 \times 10^1 1/\Omega \cdot \text{cm}$, 전기 이동도 $\mu = 80 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, 캐리어 농도는 $n = 2.1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 정도인 도우핑하지 않은 ZnO박막으로는 낮은 n형 캐리어 농도 및 높은 전기 이동도를 가지는 양질의 박막으로서의 전기적인 특성을 나타내었다. 전극의 오믹 및 쇼트키 특성을 조사하기 위하여, 일함수가 큰 금 ($\phi = 5.1 \text{ eV}$)과 일함수가 작아 ZnO와 오믹 접촉 형성 시 흔히 사용하는 인듐($\phi = 4.12 \text{ eV}$)을 ZnO박막 위에 전자선 증착법으로 각각 100 nm로 증착하여, 두 금속 전극 사이의 전기적 접촉 특성을 I-V곡선을 측정하여 조사하였다.

ZnO박막을 플라즈마로 처리하지 않은 상태에서는 그림 8(a)에서 보는 바와 같이 오믹 접촉 특성을 보여주고 있다. 이론적으로 ZnO 반도체와 쇼트키 장벽을 유지하여야 하는 금과 ZnO(Au/ZnO) 사이의 전기적 접촉이 오믹 접촉 특성을 보이는 이유는 표면 불순물과 결합으로 예측되며, 이는 Liang[10]이 제시한 결과와 일치하고 있음을 알 수 있다. 이는 그림 7에서 표면에 존재하는 OH와 같은 흡착된 불순물들에 기인하며 또한 표면의 산소 공공 등과 관련한 결합등과 직접적인 연관을 가지고 있는 것으로 예상된다.

한편, 플라즈마 처리 시간에 따른 I-V 특성을 관찰하기 위해서 표면 처리 시간을 5~30분 동안으로 늘리면서 동일한 방식으로 In-Au전극 사이의 I-V특성을 조사하였다. 그림 8(b)에서 보는 바와 같이, 측정



(a)



(b)

그림 8 산소 플라즈마 표면 처리 전(a) 및 처리 후(b) Au/ZnO의 I-V 특성.

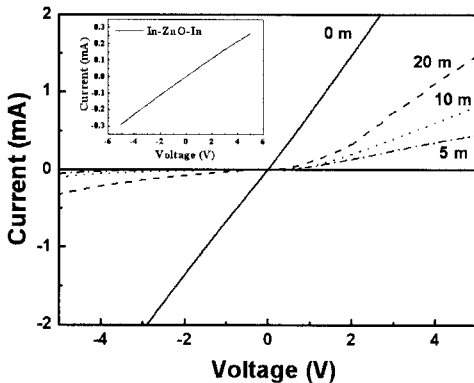


그림 9. 저전압 부분에서 그림 8(b)의 결과를 확대한 I-V 특성 곡선. 삽입한 그림은 In-ZnO-In 오믹 접합을 보여주는 I-V 특성 곡선.

결과 표면처리를 5분간 실시한 경우 오믹 접촉 가까운 특성을 나타내었고, 처리시간이 20분 이상으로 길어질수록 역방향 전압 인가시의 누설전류의 양이 줄어들면서 쇼트키 접촉으로 변화하는 것을 관찰 할 수 있었고, 표면처리 후 I-V 특성 분석 결과 30분 정도 표면 처리한 경우 -5 V에서 누설 전류가 80.16 μ A 정도인 쇼트키 접촉 특성을 나타내었다.

그림 9는 그림 8(b)에서 얻은 결과로부터 일반적인 다이오드 수식(3)[13]에 맞추어 피팅하고, 접합 장벽 높이, ϕ_B 을 수식 (4)로 부터 예상할 수 있도록, 저 전압 부분의 I-V 결과를 보여주고 있다.

$$J = J_0 \exp\left(\frac{qV}{nkT} - 1\right) \quad (3)$$

$$J_0 = A^* T^2 \exp\left(\frac{-\phi_B}{kT}\right) \quad (4)$$

위의 수식 (3)과 (4)에서 각각 n은 Ideality Factor, J는 전류 밀도, J_0 는 포화 전류 밀도, q는 전자 전하량, V와 I는 인가 전압 및 다이오드에 흐르는 전류 값을 나타낸다. k와 A^* 는 각각 Boltzman 상수와 Richardsons 상수 ($A^* (32 \text{ A/cm}^2 \text{ K}^2)$), 그리고 T는 절대 온도를 의미한다. 플라즈마 처리 시간이 5에서 20분으로 증가함에 따라 Ideality Factor는 $n=1.8$ 에서 $n=2.0$ 으로 증가하였으며, ψ_B 는 0.63에서 0.68 eV로 역시 증가하였다. 이와 같이 얻어진 높은 n값은 n형 ZnO에서 이미 보고된 값들과 아주 유사한 크기를 보이고 있으며[10], 터널링 효과가 주 원인으로 알려져 있다[13].

3.5 쇼트키형 자외선 검출기 (Schottky-type UV Detector)

그림 8(b)에서의 결과와 같이 가장 우수한 쇼트키 특성을 보이는, 30분 동안 플라즈마를 이용하여 표면 처리한 ZnO박막을 사용하여 쇼트키형 ZnO 자외선용 수광 소자를 제작 하였다. UV를 조사하지 않고 어둡게 유지한 후 I-V를 측정된 결과, 산소 플라즈마 처리 통하여 만들어진 금속전극인 금과의 쇼트키 접촉 특성이 그대로 나타났으며 이때의 누설전류는 -5

V에서 $-81.6 \mu\text{A}$ 로 비교적 높은 값을 나타내었으며, 순방향 전압 10 V에서의 전류 값은 2.94 mA로 ZnO 쇼트키 접촉을 이용하여 자외선 수광소자를 만든 Liang[3]이 발표한 10 V일대의 전류값인 $1 \mu\text{A}$ 보다 훨씬 좋은 전기적 특성을 나타내었다. 한편 ZnO의 밴드갭으로 알려진 $\lambda = 367 \text{ nm}$ 보다 약간 짧은 파장인 $\lambda = 356 \text{ nm}$ 의 파장을 UV-Detector에 조사하였을 때 UV 에너지를 받아서 가전자대에 있는 전자가 여기되어 보다 많은 전자들이 쇼트키 장벽을 넘어가 누설전류가 -5 V에서 $-26 \mu\text{A}$ 로 약간 증가하는 것을 알 수 있었으며, 10 V에서의 전류값 역시 3.93 mA로 증가하였다. 더 짧은 파장인 $\lambda = 254 \text{ nm}$ 을 UV-Detector 표면에 조사하였을 때 누설전류가 -5 V에서 $-133 \mu\text{A}$ 로 증가하는 현상을 보였다. 순방향의 경우 약 3 V 정도의 인가 전압시는 유사한 정도의 전류가 흐르는 것을 알 수 있으나 그 이상의 전압에서는 $\lambda = 356 \text{ nm}$ 에 비하여 증가하는 것을 알 수 있었고, 10 V에서는 5.65 mA로 $\lambda = 356 \text{ nm}$ 의 파장을 조사하였을 때 보다 누설전류와 순방향 전류값 역시 증가하는 것을 볼 수 있다. 순방향에서의 전류 증가는 $\lambda = 356 \text{ nm}$ 가 UV-Detector에 가하는 에너지보다 더 큰 에너지를 가하기 때문에 가전자대의 에너지를 더 많이 여기시켜 흐르는 전자의 수의 증가 때문이라고 쉽게 이해할 수 있다. 또한 두 개의 일정한 파장, $\lambda =$

254 nm와 356 nm에서 각각 다른 광량밀도 $420 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 와 $350 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 을 가지는 광원으로 조사하였을 때 각각의 광응답도 (Photoresponsivity)가 10 V일 때 160 A/W와 128.9 A/W로 나타났다. 이는 옴 접촉을 이용하여 UV-Detector를 개발한 Liu [8]의 광응답도인 400 A/W 보다는 낮은 값이지만 쇼트키 접촉을 이용하여 UV-Detector를 개발한 Liang[10]의 광응답도 1.5 A/W 보다는 좋은 UV-Detector 특성을 나타내었다.

4. 결론

본 연구는 PA-MBE법을 통하여 고품격의 n형 ZnO 박막을 성장시킨 다음, n형 전기 전도도에 기여하는 수산화기 흡착물과 산소 공공등을 제거하기 위하여 RF방식으로 생성된 산소 플라즈마를 사용하여 ZnO 박막의 표면 개질을 시행하였다. 5-30분 동안 시간별로 30 W에서 표면 처리를 실시한 후, AFM 측정결과 표면 손상이 거의 없음을 확인하였고, 표면의 결함과 오염원을 제거하는 것을 확인 할 수 있었으며 PL측정 결과 산소 플라즈마의 표면 처리 시간에 따른 산소 공공에 의해 발생하게 되는 DLE의 증가 없이 NBE에 관계된 피크만이 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. XPS분석을 통하여 표면처리 시간이 증가할수록 주개 (Donor)에 관계된 OH가 감소하게 되고 Zn-O 결합이 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 플라즈마 표면처리를 통하여 얻어진 쇼트키 접촉을 이용하여 ZnO UV-Detector를 만들기 위해서 포토리소그라피 (Photolithography)공정을 이용하여 IDT 패턴을 가진 ZnO 쇼트키 접촉을 가지는 자외선 수광소자를 개발하였고, 두 개의 일정한 파장, $\lambda = 254 \text{ nm}$ 와 356 nm 에서 각각 다른 광량밀도 $420 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 와 $350 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 으로 조사하였을 때 각각의 광응답도가 10 V일 때 160 A/W와 128.9 A/W로 좋은 쇼트키형 ZnO UV-Detector의 특성을 얻을 수 있었다.

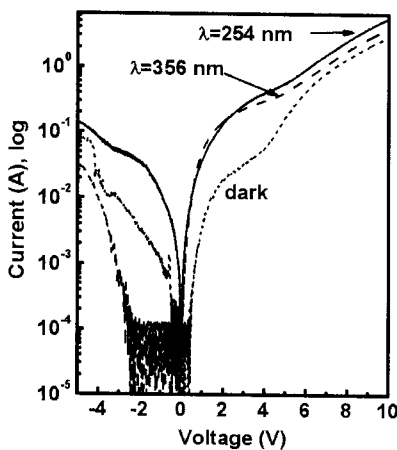


그림 10. UV 조사에 따른 Au-ZnO-Au 쇼트키 자외선 수광소자의 I-V 특성.

감사의 글

본 연구는 KIST의 기관고유사업(차세대 전자 소재 개발 과제, 2008)의 지원 하에 이루어졌음에 감사 합니다.

참고 문헌

[1] D.M. Bagnall, Y.F. Chen, Z. Zhu Z, T. Yao, S. Koyama, M.Y. Shen and T. Goto, "Optically pumped lasing of ZnO at room temperature", Appl. Phys. Lett., vol. 70, pp.2230-2232, 1997.

[2] D.C.Reynolds, D.C. Look, and B. Jogai, "Optically pumped ultraviolet lasing from ZnO", Solid State Commun., vol. 99, pp. 873-875, 1996.

[3] B. J. Coppa, C. C. Fulton, S. M. Kiesel, and R. F. Davis, C. Pandarinath, J. E. Burnette and R. J. Nemanich, D. J. Smith, "Structural, microstructural, and electrical properties of gold films and Schottky contacts on remote plasma-cleaned, n-type ZnO{0001} surfaces", J. Appl. Phys., Vol. 97, pp.103517-103529, 2005.

[4] K. Ip, Y. W. Heo, K. H. Baik, D. P. Norton and S. J. Pearton "Temperature-dependent characteristics of Pt Schottky contacts on n-type ZnO", Appl. Phys. Lett., Vol. 84, pp.2835-2837, 2004.

[5] H. L. Mosbacker, Y. M. Strzhemechny, B. D. White, P. E. Smith, D. C. Look, D. C. Reynolds, C. W. Litton and L. J. Brillson, "Role of near-surface states in ohmic-Schottky conversion of Au contacts to ZnO", Appl. Phys. Lett., vol. 84, pp.012102-012104, 2005.

[6] A. Y. Polyakov, N. B. Smirnov, E. A. Kozhukhova and V. I. Vdovin, "Electrical characteristics of Au and Ag Schottky contacts on n-ZnO", Appl. Phys. Lett., vol. 83, pp.1575-1577, 2003.

[7] S.H. Kim, H. K. Kim and T. Y. Seong, "Effect of hydrogen peroxide treatment on the characteristics of Pt Schottky contact on n-type ZnO", Appl. Phys. Lett., vol. 86, pp.112101-112103, 2005.

[8] Y. Liu, "Ultraviolet Detectors Based on Epitaxial ZnO Films Growth by MOCVD", J. Elect. Mat., vol. 29, pp.69, 2000.

[9] M. Liu and H. K. Kim, "Ultraviolet detection with ultrathin ZnO epitaxial films treated with oxygen plasma", Appl. Phys. Lett., vol. 84, pp.173-175, (2004)

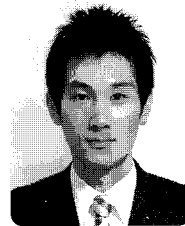
[10] S. Liang, H. Sheng, Y. Liu, Z. Huo, Y. Lu and H. Shen, "ZnO Schottky ultraviolet photodetectors" J. Crys. Growth, vol.225, pp.110-113, 2001.

[11] Y.S. Jung, J.S. Kim and W.K. Choi, "The effect of ZnO homo-buffer layer on ZnO thin films grown on c-Al2O3(0 0 0 1) by plasma assisted molecular beam epitaxy", J. Crys.Growth, vol. 267, pp.85-91, 2004.

[12] Y.S. Jung, O. Kononenko, and W.K. Choi, "Two-dimensional growth of ZnO epitaxial films on c-Al2O3 (0 0 0 1) substrates with optimized growth temperature and low-temperature buffer layer by plasma-assisted molecular beam epitaxy", J. Crys. Growth, vol. 274, pp.418-424, 2005.

[13] S.M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, John Wiley & Sons, New York, pp 259-263, 198.

저|자|약|력



성 명 : 김종빈

◆ 학 력

- 2007년
경원대 화학생명공학과 공학사
- 현재
고려대 대학원 신소재공학과
공학석사과정

◆ 경 력

- 현재

한국과학기술연구원 재료연구부 학생
연구원



성 명 : 박동희

◆ 학 력

- 2006년
서울대 대학원 원자핵공학과 공학석사

◆ 경 력

- 현재

한국과학기술연구원 재료기술연구본부
연구원

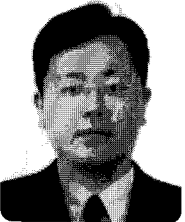


성 명 : 이상엽

- ◆ 학 력
 - 2007년 연세대 대학원 물리학과 이학박사

- ◆ 경 력
 - 현재

한국과학기술연구원 재료연구부 연구원

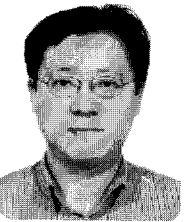


성 명 : 최지원

- ◆ 학 력
 - 2002년 연세대 대학원 세라믹공학과 공학박사

- ◆ 경 력
 - 1994년 - 현재
 - 2004년 - 2005년

한국과학기술연구원 박막재료연구센터
선임연구원
미국 Cornell Univ., Visiting
Scientist



성 명 : 최원국

- ◆ 학 력
 - 1993년 연세대 대학원 물리학과 이학박사

- ◆ 경 력
 - 1993년 - 1994년
 - 1996년 - 현재

Univ. of Oregon 박사 후 연구원
한국과학기술연구원 재료연구부 책임
연구원

