

論文2001-38SD-10-1

RuO<sub>2</sub>/GaN 쇼트키 다이오드 형 紫外線 受光素子(A Schottky Type Ultraviolet Photo-detector using RuO<sub>2</sub>/GaN Contact)

申尙勳\*, 鄭炳權\*, 裴城範\*, 李龍鉉\*, 李正熙\*, 咸成鎬\*

(Sang-Hoon Shin, Byung-Kwon Jung, Sung-Bum Bae, Yong-Hyun Lee, Jung-Hee Lee, and Sung-Ho Hahm)

## 요 약

사파이어 기판 위에 성장된 GaN 위에 RuO<sub>2</sub>/GaN 쇼트키형 자외선 수광소자를 설계, 제작하였다. 자외선 빛의 흡수율을 높이기 위해, MOCVD 다층구조는 undoped GaN(0.5 μm)/n<sup>-</sup>GaN(0.1 μm)/n<sup>+</sup>GaN(1.5 μm)로 성장하였다. 성장층은 3.8×10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>의 캐리어 농도와 283 cm<sup>2</sup>/V·s의 이동도를 가진다. 500 μm내외의 직경을 가지는 메사구조를 형성하기 위해 ECR 식각한 후, n<sup>+</sup>-GaN층위에 Al으로 저항성 접촉을 하였다. 저항성 및 쇼트키 접촉 사이에 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 박막으로 절연한 이후 undoped GaN 층위에 RuO<sub>2</sub> 쇼트키 접촉을 하였다. 제작된 쇼트키 다이오드는 1.15×10<sup>-5</sup> [Ω·cm<sup>2</sup>]의 접촉비저항을 가졌다. 제작된 다이오드는 역전압인 -5V에서 305 pA의 낮은 누설전류를 확인하였는데, 이 값은 RuO<sub>2</sub> 쇼트키 금속증착에 의해 현저히 향상된 것이다. 광측정에서는 10<sup>5</sup>의 자외선대가시광선 제거비와 365nm 파장에서 0.23A/W로 높은 응답도를 보인다.

## Abstract

A RuO<sub>2</sub> Schottky photo-detector was designed and fabricated with GaN layers on the sapphire substrate. For good absorption of UV light, an epitaxial structure with undoped GaN(0.5 μm)/n<sup>-</sup>GaN(0.1 μm)/n<sup>+</sup>GaN(1.5 μm) was grown by MOCVD. The structure had the carrier concentrations of 3.8×10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>, the mobility of 283 cm<sup>2</sup>/V·s. After ECR etching process for mesa structure with the diameter of about 500 μm, Al ohmic contact was formed on GaN layer. After proper passivation between the contacts with Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, was formed on undoped GaN layer. The fabricated Schottky diode had a specific contact resistance of 1.15×10<sup>-5</sup> [Ω·cm<sup>2</sup>]. It has a low leakage current of 305 pA at -5 V, which was attributed by stable characteristics of RuO<sub>2</sub> Schottky contact. In optical measurement, it showed the high UV to visible extinction ratio of 10<sup>5</sup> and very high responsivity of 0.23 A/W at the wavelength of 365nm.

## I. 서 론

자외선 수광소자는 공업로나 제트엔진의 감지 등 산

업용, 혈액분석 등 의료용, 잠수함간의 통신, 미사일 추적장치의 군사용 등에서 광범위하게 사용되고 있다. 특히 화염감지를 위한 자외선 수광소자는 가정용 버너나 온수기등에 응용될 경우 민수용 시장이 크게 확대될 것으로 전망된다. 현재 출시되고 있는 반도체형 자외선 센서의 재료는 Si와 GaAs가 널리 사용되고 있다. 이들은 에너지 밴드갭(Si : 1.12 eV, GaAs : 1.42 eV)이 상대적으로 작기 때문에 태양광등에 대해서 응답할 뿐만 아니라 고온의 환경에서 동작시 잡음이 큰 단점이

\* 正會員, 慶北大學校 센서工學科

(Department of Sensor Engineering)

接受日字:2001年2月2日, 수정완료일:2001年8月13日

있다. 반면에, GaN계 화합물 반도체는 에너지 밴드갭 (GaN: 3.4 eV, AlN: 6.2 eV)이 크기 때문에 360nm 파장 이하의 자외선에만 주로 응답하며, 열에 의해 생성되는 캐리어의 영향을 무시할 수 있고, 신호에 대한 잡음이 낮아서 고온의 열악한 환경에서도 안정된 동작이 가능한 장점이 있다.<sup>[1,2]</sup> 더불어, 수광소자로 응용시 높은 양자 효율을 기대할 수 있을 뿐만 아니라, 3원계 화합물 조성비에 따라 200~620nm 범위의 가시광 및 자외선 검출이 가능하기 때문에, 그 응용 가능성은 매우 큰 것으로 인식되고 있다. 한편, 우수한 특성의 자외선 센서를 제조하기 위해서는 질화물 반도체에 대한 양질의 결정성장기술, 다층구조 성장기술, 저항성 및 쇼트키 금속 접합기술이 필요하며, 특히 잡음을 줄이기 위해서는 결함을 최소화하여 고품질(high purity)의 결정층을 얻는 것이 중요하다. 이러한 여러 가지의 단위기술은 자외선센서 제작 이외에도 전자소자나 발광소자의 제조에도 필수적이다.<sup>[3,4]</sup>

반도체 수광소자의 구조로는 이득이 큰 광전도형 (2000 A/W), 누설전류가 작은 MSM(metal-semiconductor-metal)형, intrinsic 영역을 조절할 수 있는 pin형, 간단한 금속-반도체 접촉으로 제작이 용이하고 응답속도가 빠른 쇼트키형 등 다양한 형태가 제안되고 있다.<sup>[5-8]</sup> GaN계 화합물 반도체를 이용한 자외선감지기 개발은 1990년대 초부터 미국의 Khan<sup>[5]</sup> 등에 의하여 연구되어 왔으며, 최근 들어 Chen<sup>[6]</sup>의 Pd 쇼트키형 광다이오드(응답도: 180 mA/W, response time: 118 nsec)가 보고되었으며, Ruden<sup>[7]</sup>은 GaN/AlGaN를 이용하여 0.2 A/W의 응답도를 가지고 1~10 V의 역 바이어스에서 2~5 pA의 매우 낮은 암전류를 가지는 pin 구조의 자외선 센서를 발표하였다. 또한, Walker<sup>[8]</sup>는 0.4 A/W의 매우 높은 응답도와 10 ns의 빠른 응답속도를 가지는 MSM형 자외선 센서를 발표하였다. 표 1은 질화물과 탄화물계 자외선 수광소자들의 주요한 특성을 정리한 것이다.

본 논문에서는 RuO<sub>2</sub>(Ruthenium oxide)를 쇼트키 전극으로 하는 GaN 자외선 수광소자를 제조하여, 그 전기적 특성과 광반응 특성을 측정하였다. RuO<sub>2</sub>는 산화 금속으로서 전기 전도도가 크고, 항복 전계가 매우 크며, 부착성이 우수할 뿐만 아니라, Cu등에 대한 확산 방지막으로서의 특성도 우수하다. 현재 GaN에서는 정류성 접합금속으로 Pt가 가장 많이 사용되고 있으며 여러 반도체 소자에 응용되고 있다. 하지만 Pt는 부착성이

나쁘고 산소의 확산을 방지하지 못하는 문제점을 가지고 있다. RuO<sub>2</sub>/GaN 쇼트키접촉의 전기적 특성은 매우 우수하며, 이를 이용한 쇼트키형 GaN 수광 다이오드는 누설전류가 매우 작고, 수광효율이 높으며, 자외선에 대한 선택감지 특성이 탁월함을 확인하였다.

표 1. AlGaN를 이용한 자외선 센서들의 구조에 따른 광특성

Table 1. Optical properties for various structures of AlGaN Ultraviolet photo-detectors.

Type Parameter	GaN			Al <sub>0.4</sub> Ga <sub>0.6</sub> N	SiC
	Schottky <sup>[9]</sup>	PIN <sup>[10]</sup>	MSM <sup>[11]</sup>		Photodiode
Spectral range[nm]	180~365	180~365	180~365	180~280	210~380
Responsivity [A/W]	0.18	0.2	0.4	0.02	0.16
Response time	118 ns	8.2 μs	10 ns	~μs	-
UV-visible ratio	~10 <sup>3</sup>	~10 <sup>3</sup>	-	~10 <sup>3</sup>	-

## II. 소자의 설계

GaN 박막의 구조는 각각 세 층으로 이루어져 있는데, n<sup>+</sup>-GaN층은 도핑농도를 높게 하여 저항성접촉 특성을 향상시키고, GaN 완충층(Buffer layer)에서의 결정 결함을 보완하고자 1.5μm의 두께로 성장하였고, n<sup>-</sup>-GaN층은 n<sup>+</sup>-GaN층에서 Si이 상층으로 확산되는 것을 최소화하고자 0.1μm의 두께로 하였다. undoped층은 수광영역을 최대화하고, 이동을 증가시키기 위해 도핑농도를 낮추었으며, 자외선 수광소자의 동작전압이 역전압 5V에서 충분히 공핍영역이 형성되도록 0.5μm 성장하였다. 그림 1은 설계된 센서의 평면도와 단면도이다.

소자 제작을 위해 각각 건식 식각용, 누설전류 방지를 위한 실리콘 질화막 형성용, 저항성 전극용, 쇼트키 전극용 그리고 본딩패드 형성용 마스크를 준비하였다. 한편, 자외선을 흡광 면적에 따라 수광특성을 알아보기 위해 건식 식각의 직경을 500, 700, 1000μm으로 설계했다. 쇼트키 전극을 둘러싼 저항성 전극은 80μm의 선폭을 가지는 원형띠 구조이며, 저항성 전극과 쇼트키 전극사이의 간극은 30μm로 설계하였다. 일반적으로 사파

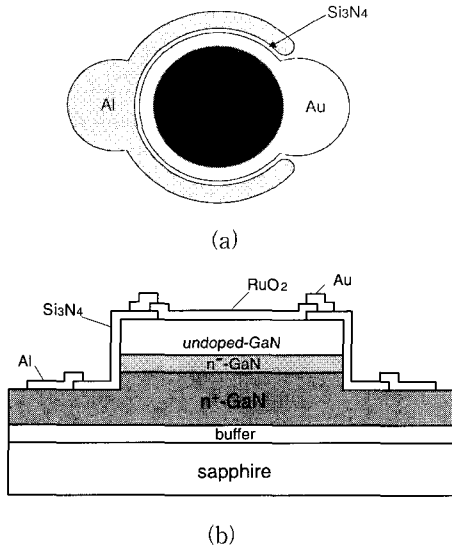


그림 1. (a) 설계된 센서의 평면도  
(b) 설계된 센서의 단면도  
Fig. 1. (a) Top view of the designed device.  
(b) Cross-sectional view of the designed device.

이어 기판을 통하여 광을 흡수하는 경우에는 사파이어 계면과 GaN박막 사이에 형성된 약  $10^8 \sim 10^{10} \text{cm}^2$  정도의 전위에 의해 광 생성된 캐리어를 포획하여 실제 공핍 영역까지 도달하는 광량이 감소하는 단점이 있으므로 전면에서 광이 입사되는 구조를 채택하였다.<sup>[5]</sup> 이에 따라, undoped GaN박막 위에 약 70 Å 두께의 투명한 RuO<sub>2</sub>를 쇼트키형 금속전극을 이용하여 입사된 자외선의 대부분이 투명한 금속전극을 통하여 공핍 영역에 이르도록 설계하였다. 70 Å 두께의 RuO<sub>2</sub>박막은 자외선 및 가시광 영역에서 68% 이상의 투과특성을 보였다. 한편, 저항성 전극의 경우 벌크 저항이 작은 n<sup>+</sup>-GaN상에 알루미늄을 증착한 후 600°C에서 10분간 열처리하였다.

### III. 소자의 제작

자외선 수광소자 제작을 위해 본 실험에서는 MOCVD 장비를 이용하여(0001) 방향의 2인치 사파이어

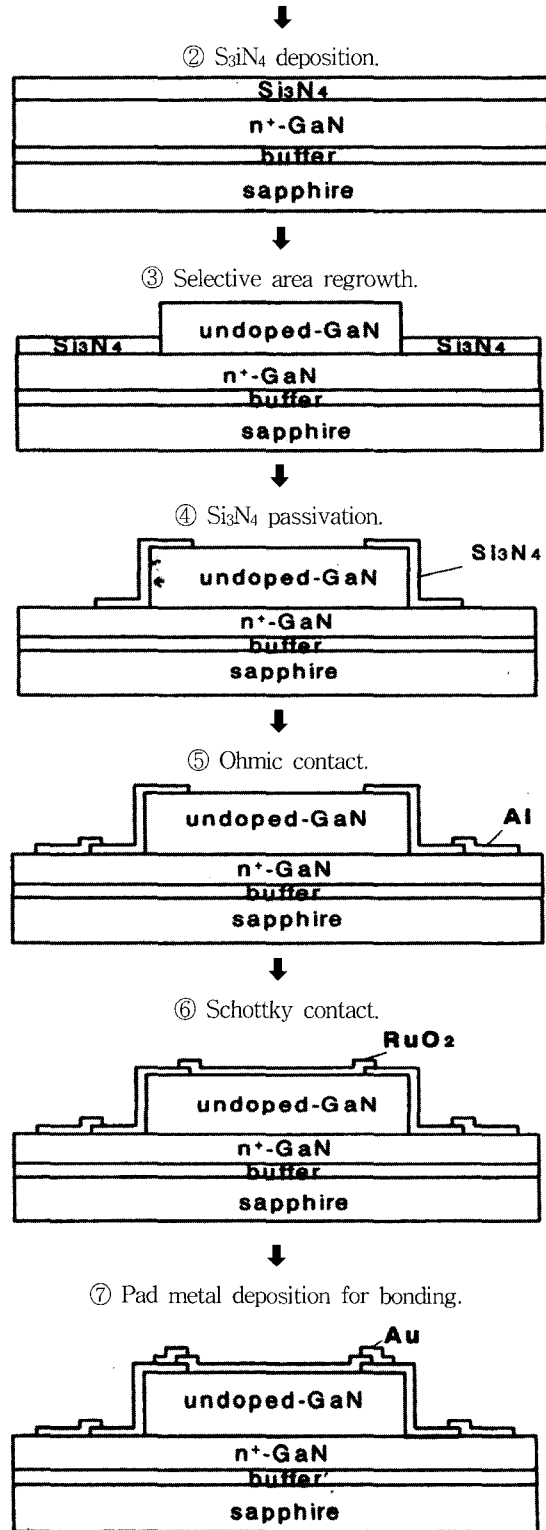
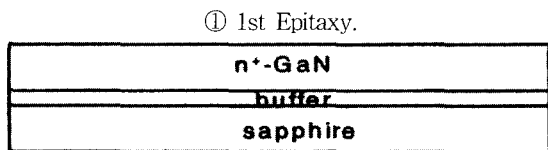


그림 2. GaN 자외선 수광소자의 제작도  
Fig. 2. Schematic process diagram for GaN UV detector fabrication.

어(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 기판 위에 GaN 완충막(300Å)을 저온에서 성장한 후 앞서, 설계한 undoped GaN(0.5 μm)/n<sup>-</sup>GaN(0.1 μm)/n<sup>+</sup>-GaN(1.5 μm) 구조를 결정 성장하였다.<sup>[9,10]</sup> 박막 성장 후 먼저 GaN를 세척한 다음 전식 식각 마스크를 형성하기 위해 5 μm 두께의 PR을 도포한 후, 1번 마스크로 패턴을 형성시키고, ECR etching 장비로 n<sup>+</sup>-GaN까지 식각하였다. 그리고 저항성 전극과 쇼트키 전극 사이의 표면 누설전류를 방지하기 위한 절연막을 형성하기 위해 PECVD를 이용하여 1000 Å의 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>를 증착한 후, BHF(NH<sub>4</sub>F:HF=6:1) 용액으로 실리콘 질화막을 선택적으로 식각하였다. 알루미늄을 증착하기 위해 lift-off PR을 이용하여 패턴을 형성시킨 후, 열증착기를 이용하여 5×10<sup>-6</sup> Torr의 진공 중에서 1500~2500 Å 두께의 알루미늄을 증착하였다. 그리고 고순도 질소 분위기에서 600°C 10분간 열처리 후, TLM 패턴을 이용하여 측정된 저항성 Al 전극의 접촉비저항은 약 1.15×10<sup>-5</sup>[Ω·cm]이었다. 쇼트키 금속 증착을 위한 패턴을 형성시킨 후, 2×10<sup>-6</sup> Torr의 진공에서 스퍼터링 방법으로 70 Å 두께의 투명한 쇼트키형 금속전극 RuO<sub>2</sub>를 증착하였다. 최종 공정으로 5번 마스크를 이용하여 패턴을 형성시킨 다음 열증착기를 이용하여 2000 Å 두께의 금을 증착하고, lift-off 공정으로 쇼트키 전극 본딩을 위한 패드를 형성시켰다. 그림 2는 쇼트키형 수광소자의 제작과정을 요약한 것이다.

#### IV. 결과 및 고찰

##### 4.1 소자의 전기적 특성

성장된 GaN 박막의 Hall 측정을 통해 성장된 GaN 박막은 3.86×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>의 n형 도핑농도와 283cm<sup>2</sup>/V·s의 이동도를 나타내었다. RuO<sub>2</sub>를 이용하여 쇼트키 다이오드를 제조한 후 I-V 및 C-V를 통해 쇼트키 전위장벽을 조사하고, 자외선 수광소자의 동작전압인 -5 V에서 안정된 동작을 보장하기 위해서 누설전류 값을 알아보았다. 그림 3은 제조된 다이오드의 I-V 특성곡선이며, 그림 4에는 1/C<sup>2</sup>-V 특성을 나타내었다. I-V 측정방법에서는 쇼트키 전위장벽과 이상계수를 구하기 위하여 log I-V 그래프로 나타내었으며, C-V 측정 방법에서는 이온화된 불순물 농도를 구하고자 1/C<sup>2</sup>-V 그래프로 나타내었다. 두가지 방법의 측정 결과 쇼트키 다이오드에서 가장 중요한 특성인 쇼트키 전위장벽은 0.93 eV로 다른 연구자에 의해 발표된 Pd의 0.92 eV 보다는 높고,

본 실험에서 비교한 Pt의 0.98 eV보다는 낮은 값을 나타내었다.<sup>[6]</sup>

I-V 및 C-V 방법을 통한 쇼트키 전위장벽과 이상계수 및 이온화된 불순물 농도를 표 2에 나타내었다. C-V방법을 통한 RuO<sub>2</sub> 쇼트키 다이오드의 이온화된 불순물 농도를 계산한 결과 동일 조건으로 Hall 측정에 의한 undoped 박막의 불순물농도 6×10<sup>16</sup>cm<sup>-3</sup> 보다 낮은 2.3×10<sup>16</sup>cm<sup>-3</sup>이 값을 보여주었다. 이는 RuO<sub>2</sub> 박막이 GaN 결정층의 표면 근처에 존재하는 산소관련 불순물을 감소시켜 유효 전자농도를 감소시키는 효과가 기인한 것으로 판단된다.<sup>[12]</sup>

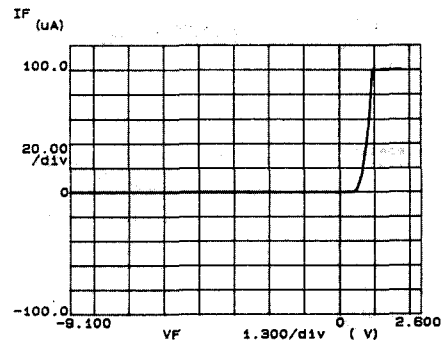


그림 3. 직경 500 μm 식각형 쇼트키 다이오드의 I-V 그래프

Fig. 3. I-V plot of the Schottky diode with diameter 500 μm and etching structure.

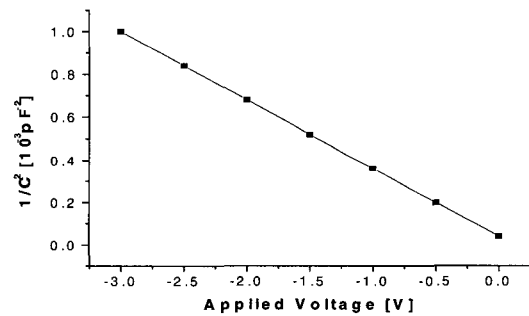


그림 4. 쇼트키 다이오드의 1/C<sup>2</sup>-V 특성

Fig. 4. 1/C<sup>2</sup>-V characteristics for fabricated Schottky diode.

제조된 다이오드의 누설전류를 관찰한 결과, RuO<sub>2</sub> 쇼트키 다이오드는 다른 쇼트키 금속보다 낮은 누설전류 값을 가지며, 항복 전압도 다른 쇼트키 다이오드보다 높았다. 이는 항복현상이 쇼트키 전위장벽에도 영향

표 2. I-V 및 C-V 방법을 통한 쇼트키 다이오드 변수들

Table 2. Schottky diode parameters extracted by I-V and C-V methods.

측정방법	변수	RuO <sub>2</sub>	Pt
I-V	$\Phi_B$ [eV]	0.93	0.98
	$\eta$	1.2	1.4
C-V	$N_A$ [cm <sup>-3</sup> ]	$2.3 \times 10^{16}$ cm <sup>-3</sup>	$6 \times 10^{16}$ cm <sup>-3</sup>

을 받지만, 이보다는 접촉 계면 상태에 더 큰 의존성을 가진다. 즉 쇼트키 계면의 결함이나 공공 등을 통해 쉽게 일어난다. 이러한 결과를 바탕으로 살펴볼 때, RuO<sub>2</sub>/GaN 쇼트키 접촉 계면이 다른 쇼트키 금속에 비해 우수한 것으로 판단된다. RuO<sub>2</sub> 쇼트키 다이오드의 전위장벽은 다른 쇼트키 다이오드보다 작음에도 불구하고 고전력 소자 응용시 높은 전압까지 안정된 동작을 할 수 있다는 가능성을 보여준다. 한편, 향후 RuO<sub>2</sub>의 증착 조건을 최적화한다면 보다 우수한 쇼트키 접촉특성을 갖는 소자를 구현할 수 있을 것으로 판단된다. 식각 직경 500~1000 μm에 대한 소자의 누설전류를 측정된 결과 역전압 5 V에서 0.3~10 nA의 안정된 낮은 누설전류를 가짐을 확인할 수 있었다. 이를 통해 수광소자로 활용하는 경우 높은 감도를 예상할 수 있다. 식각 직경이 클수록 누설전류 증가 현상은 공핍 영역의 체적이 커지면서 영상력 저하, 열전자 방출, 표면 누설전류 등에 의한 누설전류의 증가에 의한 것으로 판

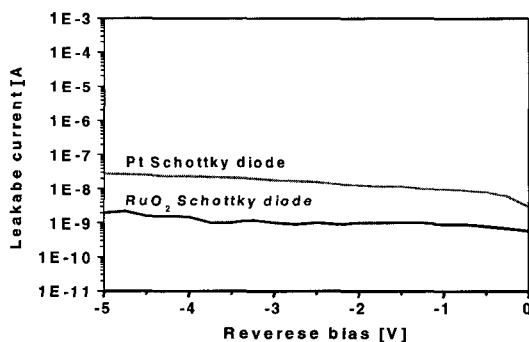


그림 5. Pt 및 RuO<sub>2</sub> 쇼트키 다이오드에 대한 누설전류 비교(직경 500 μm의 경우)

Fig. 5. Comparison of leakage currents for Pt and RuO<sub>2</sub> Schottky diodes(diameter 500 μm).

단된다.

그림 5는 직경 500 μm를 소자의 동작전압인 역전압 5 V에서 Pt 쇼트키전극과 RuO<sub>2</sub> 쇼트키 전극을 사용한 자외선 수광소자의 특성을 비교한 것으로 RuO<sub>2</sub> 쇼트키 전극이 Pt보다 우수함을 알 수 있었다.

4.2 자외선 수광소자의 광응답 특성

그림 6은 직경 1000 μm인 식각형 자외선 수광소자를 0 V에서 Xenon-Lamp를 광원으로 하여 320~480 nm 파장범위의 광을 조사하면서 파장에 대한 광전압 변화를 측정된 것이다. 최대 응답도가 광출력을 알고 있는 330 nm에서 0.23 A/W로 우수한 응답도를 나타내었다. 그림에서 나타나듯이 자외선대기광선 제거비가 10<sup>5</sup>로 아주 큰 값을 가지며 360 nm 파장에서 전압이 급격히 감소하는 특성을 나타내고 있다.<sup>[12]</sup>

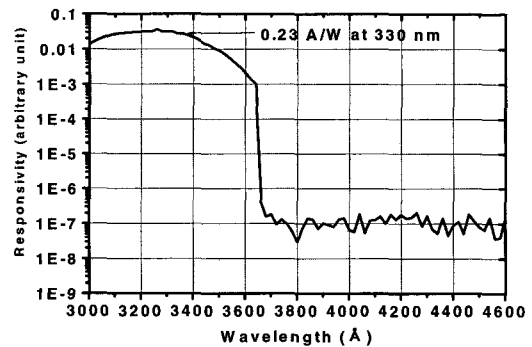


그림 6. 직경 1000 μm인 소자의 파장에 따른 광응답 특성

Fig. 6. Spectral responsivity of fabricated device with diameter 1000 μm.

V. 결 론

본 논문에서는 MOCVD를 이용하여 undoped GaN (0.5 μm)/n<sup>-</sup>GaN(0.1 μm)/n<sup>+</sup>-GaN(1.5 μm)의 다층 구조를 가지는 RuO<sub>2</sub>/GaN 쇼트키형 자외선 수광소자를 제작하여 이 다이오드가 우수한 전기적 특성 및 수광 특성을 확인하였다. GaN 박막은 3.86×10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>의 n형 도핑농도와 283 cm<sup>2</sup>/V·s의 이동도를 나타내었다. n<sup>-</sup>-GaN 상에 알루미늄을 증착하여 600℃에서 10분간 열처리했을 때 1.15×10<sup>-5</sup> Ω·cm<sup>2</sup>의 접촉 저항을 가지는 쇼트키 다이오드는 약 0.93 eV의 전위장벽과 1.2의 이상계수를 나타내었다. RuO<sub>2</sub>로 제작된 자외선 수광 다이오드의 광특성 측정은 320~480 nm의 빛에 대하여 365

nm 부근에서 광응답이 급격히 감소하는 이상적인 자외선 센서의 특성을 보였다. 이 때의 광응답도는 330 nm에서 0.23 A/W를 가지며, 자외선대가시광선 제거비는 10<sup>5</sup> 이상이었다. 본 실험에서 제작한 RuO<sub>2</sub> 전극을 이용한 자외선 수광소자는 이미 발표된 비슷한 구조의 Pt 전극을 이용한 소자와 비교했을 때 누설전류가 상당히 개선되었고, 응답도 부분에서도 높은 특성을 나타내었다. 이러한 결과는 선택성이 우수하고 효율이 높은 자외선 센서의 제작에 응용 가능하다고 판단된다. 또한, RuO<sub>2</sub>/GaN의 우수한 쇼트키 접촉 특성은 향후 MESFET, HFET등의 고속·고주파 AlGaN/GaN계 소자에 응용될 수 있을 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- [1] M. A. Khan, Q. Chen, C. J. Sun, M. Shur, and B. Gelmont, "Two-dimensional electron gas in GaN/AlGaN heterostructures deposited using trimethylamine-alane as the aluminum source in low pressure metalorganic chemical vapor deposition", *Appl. Phys. Lett.*, vol. 67, p. 1429, 1995.
- [2] S. N. Mohammad, A. A. Salvador, and H. Morkoc, "Emerging gallium nitride based devices", *Proceeding of the IEEE*, vol. 83, no. 10, p. 1306, 1995.
- [3] S. Nakamura, M. Senoh, S. Magahama, M. Iwasa, T. Yamada, "InGaN-based multi-quantum-well-structure laser diodes", *Jpn. J. Appl. Phys.* vol. 35, no. 1B, p. L74, 1996.
- [4] S. Yoshida, and J. Suzuki, "Reliability of metal semiconductor field effect transistor using GaN at high temperature", *J. Appl. Phys.*, vol. 84, no. 5, p. 2940, 1998.
- [5] Asif Khan, J. N. Kuzinia, D. T. Olsen, "High-responsivity photoconductive ultraviolet sensors based on insulating single-crystal GaN epilayers," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 60, no. 23, p. 2917, 1992.
- [6] Q. Chen, J. W. Yang, A. Osinsky, S. Gangopadhyay, B. Lim, M. Z. Anwar, M. A. Khan, D. Kuksenkov, H. Temkin, "Schottky barrier detectors on GaN for visible-blind ultraviolet detection", *Appl. Phys. Lett.*, vol. 70, no. 17, p. 2277, 1997.
- [7] J. M. Van Hove, R. Hickman, J. J. Klaassen, P. P. Chow, P. P. Ruden, "Ultraviolet-sensitive, visible-blind GaN photodiodes fabricated by molecular beam", *Appl. Phys. Lett.*, vol. 70, p. 2282, 1997.
- [8] D. Walker, E. Monroy, P. Kung, J. Wu, M. Hamilton, F. J. Sanchez, J. Diaz, and M. Razeghi, "High speed, low-noise metal-semiconductor-metal ultraviolet photodetectors based", *Appl. Phys. Lett.*, vol. 74, p. 762, 1999.
- [9] J. H. Edger, "Properties of group III nitrides", *EMIS data review series*, no. 11, p. 3, INSPC, United Kingdom, 1994.
- [10] 성익중, "메사구조를 갖는 GaN Schottky형 자외선 수광소자의 제조", 경북대학교 대학원 센서공학과 졸업논문, 2000. 3.
- [11] J. K. Chun, S. H. Hahm, Y. H. Lee, J. H. Lee, "RuO<sub>2</sub>/GaN Schottky contact formation with superior forward and reverse characteristics", *IEEE Electron Device Letters* vol. 21, 2000. 6.
- [12] 정병권, "RuO<sub>2</sub> 쇼트키전극을 이용한 GaN 자외선 수광소자의 구조 및 특성", 경북대학교 대학원 센서공학과 졸업논문, 2001. 2.

### 저 자 소 개



申尙勳(正會員)

2000년 2월 : 계명대학교 물리학과 졸업. 2000년 3월~현재 : 경북대학교 센서공학과(석사과정). <주관심분야> 선택적 성장을 이용한 광소자제작, 쇼트키금속을 이용한 자외선 수광소자 제작

鄭柄權(正會員)

1999년 : 경북대학교 전자공학과 졸업. 2001년 : 경북대학교 센서공학과 졸업 공학석사학위취득. 2000년~현재 : 한국전자통신연구원 스토리지팀 근무. <주관심분야> 선택적 성장을 이용한 광소자제작, 쇼트키금속을 이용한 자외선 수광소자제작, 광채널 기반으로 한 스토리지 개발

裴 城 範(正會員) 第35卷 D編 第 8號 參照

李 龍 鉉(正會員) 第37卷 SD編 第 2號 參照

李 正 熙(正會員) 第36卷 D編 第 9號 參照  
경북대학교 '반도체 공정교육센터' 소장

咸 成 鎬(正會員) 第34卷 D編 第 9號 參照  
현재 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 조교수  
경북대학교 '반도체 공정교육센터' 부소장