

GaN 박막의 활용을 위한 Metal/GaN 접촉과 GaN MESFET의 전기적 특성에 관한 연구

강이구, 강호철, 이정훈, 성만영, 박성희*
 고려대학교 전기공학과, 호서대학교 전자공학과*

Study on Electrical Characteristics of Metal/GaN Contact and GaN MESFET for Application of GaN Thin Film

Ey Goo Kang, Ho Cheol Kang, Jung Hoon Lee, Man Young Sung, Sung Hee Park*
 Dept. of Electrical Engineering, Korea University, Dept. of Electronic Engineering, Heseo University*

Abstract - This paper was described electrical characteristics of Metal/GaN contact for application of GaN thin films. The lowest contact resistivity was $1.7 \times 10^{-7} [\Omega \cdot \text{cm}^2]$ at Ti/AI Structure. Mean while, GaN MESFETs have been fabricated with a 250 nm thick channel on a high resistivity GaN layer grown by GAIVBE system. For a gate-source diode reverse bias of 35 V, the gate leakage current was 120 μA . From the data, we estimate the transconductance for our GaN MESFET to be 25 mS/mm .

본을 정밀 분석하기 위해 Ni 접촉에 대해 어닐링 (Annealing) 온도에 따른 장벽높이의 변화를 그림 4에 나타내었다.

1. 서 론

GaN를 기초로 한 재료는 블루 레이저를 포함하여 고온영역에서 동작하는 반도체 소자에 응용^[5]과 더불어 전력 반도체 소자에 활용성이 크게 부각되고 있다.^{[1][4]} 따라서 본 연구에서는 우수한 특성을 가진 GaN on Si 박막을 형성하여 그 활용성의 검토라는 차원에서 현재 연구 발표되고 있는 각종 금속과 GaN와의 접촉에 의한 오믹 접촉(Ohmic Contact)과 쇼트키 접촉(Schottky Contact)의 전기적 특성을 고찰하였으며, 이 결과를 LD, LED, GaN MESMET 등 반도체 제작에 활용하여 보고자 금속/GaN의 접촉에 있어서 나타나는 계면 특성을 측정하였다. 또한 N형 GaN on Si 박막을 이용하여 MESFET를 제작하고 전압, 전류 특성을 측정하였다.

2. 금속/GaN 접촉과 GaN MESFET의 형성 및 특성 분석

2.1 쇼트키 접촉의 형성과 특성분석

GAIVBE 시스템에 의해 GaN on Si 박막을 형성하고 GAIVBE 시스템의 Effusion Cell의 Ionized Cluster Beam을 형성하는 원리를 이용하여 Ni, Pt, Pd, Au, Ti의 5종류 금속을 각각 다른 시료에 프로세스 조건을 같이 하면서 GaN 층위에 금속박막을 형성하여 Metal / GaN 쇼트키 접촉을 형성하였다.

본 연구에서 실험한 쇼트키 접촉에서 Pt, Pd, Ni에 관한 I-V 특성을 그림 1에 나타내었다. 한편 쇼트키 접촉의 항복전압은 누설전류가 10^{-6}A 를 초과하는 전압으로 설정하여 측정하였다. 그림 2와 그림 3에는 3개의 금속 물질에 대해서 쇼트키 접촉의 J-T 특성과 C-V 특성을 나타내었다. J-T, C-V 특성 측정으로부터 산출된 장벽의 높이에 대해서는 일반적으로 Schottky Barrier Height는 금속과 GaN와의 Workfunction 차이의 관계가 서로 직접적인 비례 관계가 성립한다는 결과와 상이한 특성이 Ni 접촉에서 얻어졌다. Ni의 일함수는 Pd, Au, Pt의 일함수와 서로 근접한 값을 가지고 있으나 장벽높이는 Pt, Au, Pd보다 상당히 낮게 측정되고 있어 이 부

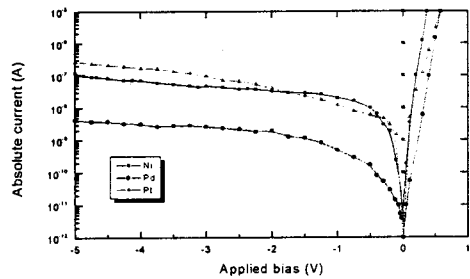


그림 1 금속/N형 GaN 쇼트키 접촉의 I-V 특성

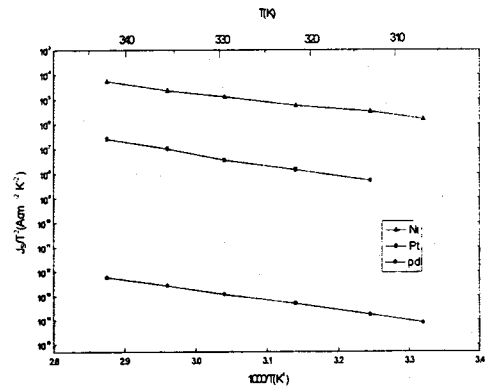


그림 2 I-V 특성에 의한 J/T²과 1/T

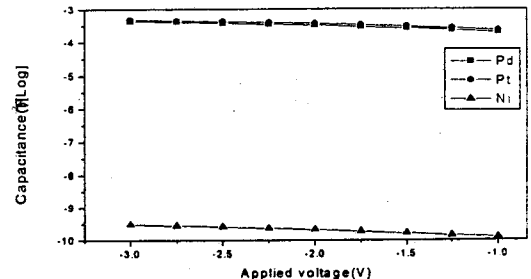


그림 3 금속/N형 GaN 쇼트키 접촉의 C-V 특성

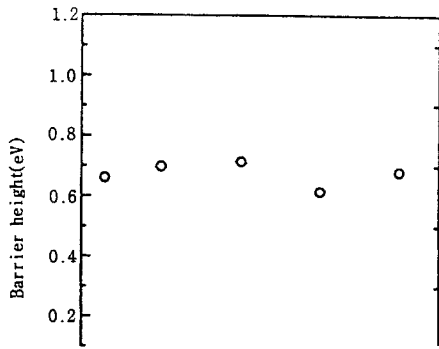


그림 4 열처리 온도에 따른 Ni/N형 GaN의 장벽높이

2.2 오믹 접촉의 형성과 특성분석

오믹접촉의 형성실험을 위해 금속/GaN 접착은 GaN 박막위에 퇴적(Deposition) 하기 위한 금속(Ti, Pd, Al, Au)을 Ionized Vapour화 시킨 후 GaN on Si 기판위에 적당한 가속전압으로 가속시켜 금속/GaN 접착을 형성하였다.

오믹접촉의 형성에 있어서 단일 금속으로 사용된 경우 Al과 Au의 두께는 1000Å으로 설정하였고, 금속/GaN 접착에서 금속이 2층구조로 설계된 경우에는 Ti(200Å)/Al(1000Å), Ti(200Å)/Au(1000Å), Pd(200Å)/Al(1000Å)로 설정하여 전기적 특성을 관찰하였다. 금속/GaN 접착에 있어서 가속전압에 따른 I-V 특성을 금속의 종류에 따라 그림 5, 그림 6과 같이 나타내고 있으며, 가속전압이 높아질수록 I-V 특성이 직선적으로 나타나면서 오믹접촉으로서의 우수한 특성을 보여주고 있다.

한편, 금속/GaN 접착에 있어서 접촉저항($\Omega\text{-cm}^2$)는 TLM (Standard Transmission Line Measurement)기법에 의해 산출하였으며, 금속에 따른 GaN와의 접착에서 가장 우수하게 관측되고 있는 시료에 대한 접촉저항은 표 1과 같다.

그림 5, 6과 표 1에서 가장 특성이 우수하게 관측되고 있는 Ti/Al 금속에 대한 GaN와의 접촉저항의 가속전압에 따른 변화양상을 파악하기 위해 가속전압을 가변시키면서 Ti/Al 금속을 이용해 금속/GaN 접착을 형성하였고, 각 조건에 따른 접촉저항의 변화를 그림 7에 나타내었다.

그림 7에서 알수 있는 바와 같이 GAIVBE기법에 의해 금속/GaN 접착을 형성하였을 경우에는 as deposited 상태에서 다른 기법에 의해 오믹접촉을 형성한 후 열처리한 경우보다 우수한 특성이 관측되고 있었다.

표1 GAIVBE법에 의해 형성된 금속/GaN 오믹 접촉의 접촉저항

금속	접촉저항($\Omega\text{-cm}^2$)
Al	3.5×10^{-4}
Au	2.7×10^{-4}
Ti/Al	1.7×10^{-1}
Ti/Au	3.3×10^{-3}
Pd/Al	1.2×10^{-3}

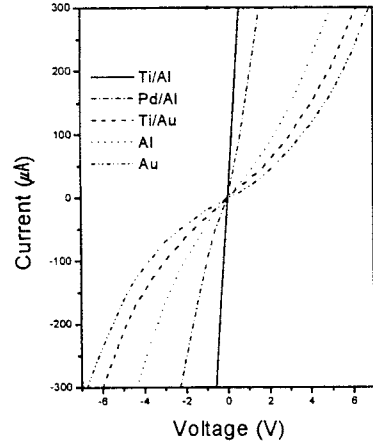


그림 5 GaN위에 금속을 퇴적하여 형성된 금속/N형 GaN 오믹접촉의 I-V특성 (가속전압 : 0.5kV)

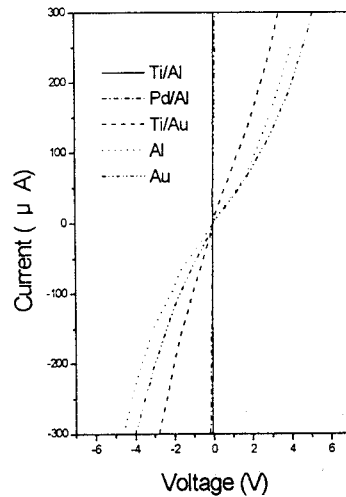


그림 6 GaN 위에 금속을 퇴적하여 형성한 금속/N형 GaN 오믹접촉의 I-V 특성 (가속전압 : 1kV)

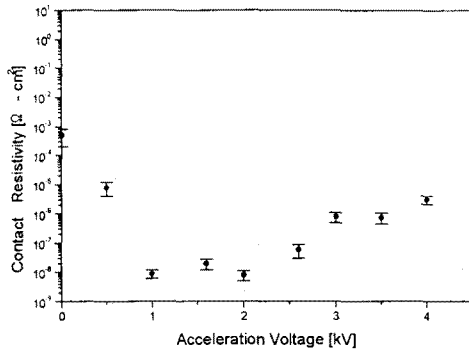
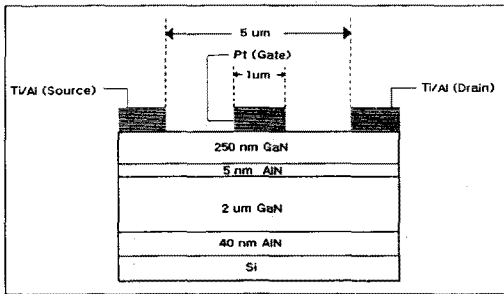


그림 7 가속전압에 따른 Ti/Al 구조의 접촉저항

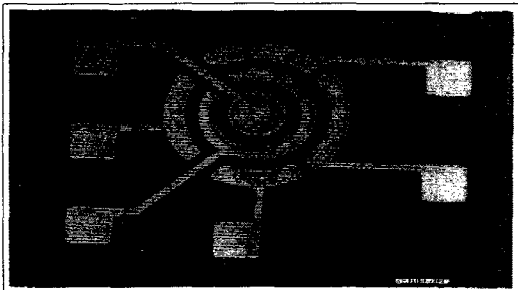
2.3 GaN on Si MESFET의 제작과 전기적 특성 고찰

본 절에서 반도체 소자 제작에의 활용 가능성 측면에서 N형 GaN on Si 박막을 이용하여 MESFET를 제작하고 전압, 전류 특성을 측정하였다. GaN on Si MESFET는 위에서와 같이 금속/GaN 접촉에 대한 특성 고찰 결과를 토대로 하여 그림 8과 같은 구조로 제작하였으며 게이트 길이(length) $1\mu\text{m}$, 소오스-드레인 스페이스(space) $5\mu\text{m}$ 및 게이트 폭(width) $150\mu\text{m}$ 로 설계하였고, Gate 전극을 Pt(2000Å) 쇼트키 접합으로 제작하였다. 그리고 Source와 Drain 전극은 Ti(200Å)/Al(1000Å)으로 오믹접촉을 제작하여 20초 동안 RTA처리하여 사용하였다.

그림 8과 같은 구조로 제작된 MESFET의 I-V 특성 곡선은 그림 9와 같으며 대체적으로 양호한 특성 곡선임을 판단할 수 있으며, 특성 곡선으로부터 전달 콘덕턴스 g_m 은 대략 20mS/mm을 얻을 수 있었다.



(a)



(b)

그림 8 GaN on Si MESFET의 단면도와 평면도
(a) 단면도 (b) 평면도

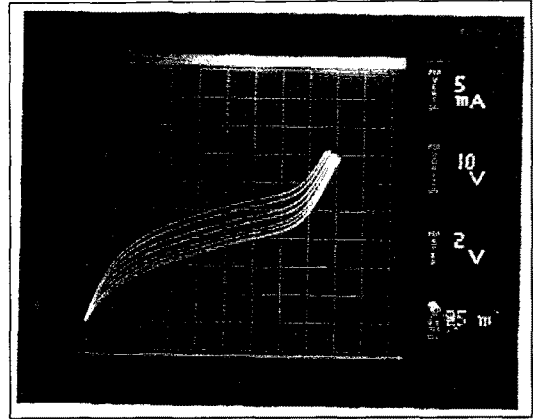


그림 9 GaN on Si MESFET의 출력 특성

3. 결 론

본 연구에서는 우수한 특성을 가진 GaN on Si 박막을 형성하여 그 활용성의 검토라는 차원에서 현재 연구 발표되고 있는 각종 금속과 GaN와의 접촉에 의한 Ohmic Contact과 Schottky Contact의 전기적 특성을 고찰하였으며, 이 결과를 LD, LED, GaN MESMET 등 반도체 제작에 활용하여 보고자 Metal/GaN의 접촉에 있어서 나타나는 계면 특성을 측정하였다. 또한 N형 GaN on Si 박막을 이용하여 MESFET를 제작하고 전압, 전류 특성을 측정하였다. 본 연구를 통해 얻어진 최소 접촉저항은 Ti/Al 구조에서 $1.7 \times 10^{-7} [\Omega \cdot \text{cm}^2]$ 이었으며, 제작한 MESFET의 I-V 특성을 측정하여 긍정적인 결과를 얻을 수 있었다. 아울러 Transconductance인 g_m 은 20mS/mm로 I-V 특성곡선을 통해 산출할 수 있었다.

본 연구는 과학기술부의 국제 공동 연구과제로 수행되었음

(참 고 문 헌)

- (1) S. Yoshida, and S. Misawa, "Improvements on the electrical and luminescent properties of reactive molecular beam epitaxially grown GaN films by using AlN-coated sapphire substrate", Appl. Phys. Lett., Vol. 42, pp427, 1983
- (2) H. Amano, N. Sawaki and I. Akasaki, "Metal organic vapor phase epitaxial growth of high quality GaN film using an AlN buffer Layer", Appl. Phys. Lett. Vol. 48, pp353, 1986
- (3) S. Nakamura and M. Senoh, "In Situ monitoring and Hall Measurements of GaN grown with GaN buffer Layer", J. Appl. Phys. Vol. 71, pp5543, 1992
- (4) R. J. Molnar, T. Lei and T. D. Moustakas, "Electron transport mechanism in gallium nitride", Appl. Phys. Lett., Vol. 62, pp72, 1993
- (5) D. B. Eason, Z. Yu, and W. C. Hughes, "High brightness blue and green light emitting diodes", Appl. Phys. Lett., Vol 66, pp115, 1995