

AlGaIn/GaN HEMT의 광화학적 산화

문성훈, 홍성기, 안효준, 이정수, 심규환, 양전욱
전북대학교

Photoelectrochemical oxidation of AlGaIn-GaN HEMT

S. H. Moon, S. K. Hong, H. J. Ahn, J. S. Lee, K. H. Shim, J. W. Yang
Chonbuk National University

Abstract : An AlGaIn/GaN high electron mobility transistor(HEMT) was fabricated and the effect of photoelectrochemical oxidation of AlGaIn/GaN surface was investigated. The oxidation of AlGaIn surface was done in water at the bias of 10 V under the deep UV light illumination. The sheet resistance of the AlGaIn/GaN structure was increased and gate leakage current of the HEMT was decreased by the oxidation. However, the transconductance of the HEMT was not degraded by the oxidation.

Key Words : PEC oxidation, AlGaIn/GaN, HEMT

1. 서론

직접천이형의 에너지대구조를 갖는 GaN는 3.2 eV의 넓은 밴드 갭을 가질 뿐 아니라 물리적, 화학적으로 매우 안정하여 이종접합구조의 형성을 통해 광소자와 전자소자에 널리 응용되고 있으며 특히 AlGaIn/GaN의 이종접합은 매우 높은 전자밀도와 이동도 특성을 갖는 이차원전자층을 형성할 수 있어 고전력, 고주파에서 동작하는 HEMT 제작에 많이 이용된다.[1] 그러나, AlGaIn/GaN 구조는 표면 상태에 의한 누설전류와 기생효과로 안정한 특성을 나타내기 어려워 이에 대한 많은 연구가 수행되고 있다. Si₃N₄, SiO₂ 보호막 증착은 누설전류 뿐 아니라 표면 trap으로 인한 효과를 개선해 나타내는 것으로 보고되고 있으며 Sc₂O₃, MgO 등의 박막에 대한 연구도 특성의 개선을 위해 적용된 바 있다.[2~4] 그러나 이러한 박막의 증착보다 AlGaIn, 또는 GaN의 직접 산화막 성장이 더욱 효과적일 수 있어 이에 대한 연구도 수행하고 있다.[5] AlGaIn과 GaN의 산화막은 광화학적 방법으로 성장이 가능한 대 상온에서 성장이 가능할 뿐 아니라 우수한 계면 특성을 갖는 것으로 보고된 바 있다.

본 연구에서는 AlGaIn/GaN 구조의 HEMT를 제작하고 AlGaIn 표면을 광화학적 방법으로 산화하여 특성의 변화를 관찰하였다.

2. 실험

본 연구는 광화학적 산화의 효과를 관찰하기 위하여 사파이어 위에 성장된 25%의 Al 조성을 갖는 AlGaIn/GaN 구조의 HEMT를 그림 1과 같이 제작하여 실험하였다. MOCVD 방법으로 성장된 AlGaIn/GaN의 이종접합은 Hall 측정 결과 1.16x10¹³/cm²의 이차원 전자층 농도와 700 cm²/Vs의 이동도를 나타냈다. HEMT의 제작을 위하여 먼저 리소그래피와 유도결합플라즈마를 이용한 건식식각 방법으로 트랜지스터의 활성영역을 정의하고 소스와 드레인 영역에 Ti/Al/Ni/Au의 다층구조 금속을 형성한 뒤 900 °C의 온도에서 30초 동안 열처리 하여 소스와 드레인의 저항성 접촉을 형성하였다. 이어서 Ni/Au를 이용하여 100 μm의 폭과 2 μm의 길이의 게이트를 형성하였다. 트랜지스터 제작 후 파라미터 분석기를 이용하여 특성을 측정한다.

뒤 노출된 소스와 드레인 영역의 AlGaIn 표면에 산화막이 형성되도록 보고된 것과 동일한 방법으로 기판을 H₂O에 담가 150 W의 Deuterium lamp를 조사하면서 트랜지스터의 소스와 드레인 영역에 10 V의 전압을 가하여 광화학적인 방법으로 공정을 수행하였다. 이어서 TLM(Transmission Line Model) 방법으로 AlGaIn/GaN 채널 층의 면저항의 변화를 측정하고 HEMT의 DC 특성을 측정하여 광화학적 산화에 의한 변화를 관찰하였다.

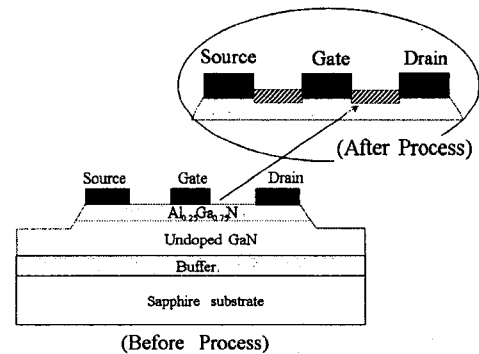


그림 1. 제작된 HEMT의 구조와 광화학 산화공정 후 HEMT

3. 결과 및 고찰

H₂O 내에서 AlGaIn/GaN의 산화는 소스와 드레인의 저항성 금속과 게이트 금속의 형성이 끝난 후 공정을 수행하여도 KOH, H₃PO₄ 등과 같은 알칼리, 또는 산이 포함된 용액에서와 달리 금속이 손상되지 않는 상태에서 노출된 소스와 드레인 영역을 산화시킬 수 있다. 즉, 산화막의 형성은 UV가 조사되는 영역이 게이트와 소스 사이의 노출된 AlGaIn 영역에 국한된다. 따라서 채널 특성은 변화하지 않고 그림 1의 우측 그림과 같이 소스와 드레인 영역의 노출된 AlGaIn 표면에 산화막을 형성할 수 있다. 따라서 이들 영역에서 산화막의 형성에 따른 소스의 저항 감소와 함께 표면의 누설전류 감소를 예상할 수 있다.

HEMT의 제작과 함께 기판에 형성된 TLM 패턴으로 측정

된 AlGaIn/GaN 이중접합의 면저항은 495 Ω/\square 이었다. 이 면저항 값은 광화학적 산화과정을 거치면서 점차 증가하여 10분 동안 처리된 경우 그림 2에 보인바와 같이 600 Ω/\square 를 나타냈다. 채널층의 면저항 증가는 AlGaIn 박막이 산화됨에 따른 것으로 AlGaIn/GaN 박막의 이중접합이 갖는 이차원전자층이 다소 손실되었다는 것을 뜻한다.

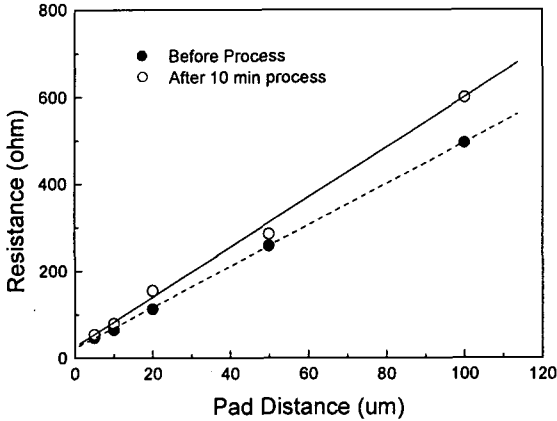


그림 2. 100 μm TLM 패턴을 이용하여 측정된 AlGaIn/GaN 채널층의 저항 특성

그림 3은 광화학적인 공정이 수행되기 전과 3분, 9분 동안 처리된 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 1.2×10^{-6} A의 게이트 누설전류는 5×10^{-7} A로 감소하여 광화학적 처리가 누설전류의 감소를 꾀하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 이러한 누설 전류의 감소에도 불구하고 트랜지스터의 특성은 크게 저하되지 않았다.

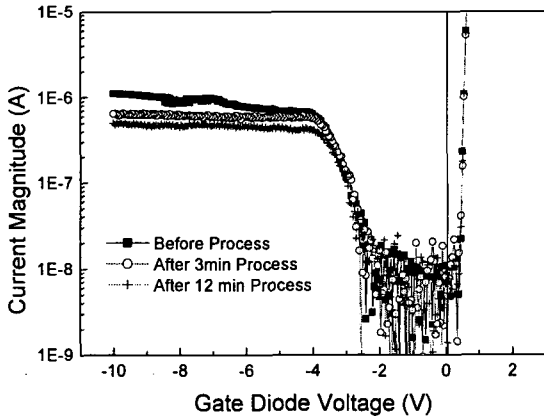


그림 3. 광화학적으로 처리되기 전과 처리된 후의 게이트 누설전류 특성

그림 4는 광화학처리 전, 후의 HEMT 트랜스컨덕턴스 특성을 5 V의 드레인-소스 전압에서 측정하는 것으로 나타내고 있으나 고려할 만한 특성의 변화를 보이지 않았다. 이것은 채널층의 특성에는 영향을 주지 않으며 개방된 소스와 드레인 영역

만 광화학적 처리가 이루어진 때문이다.

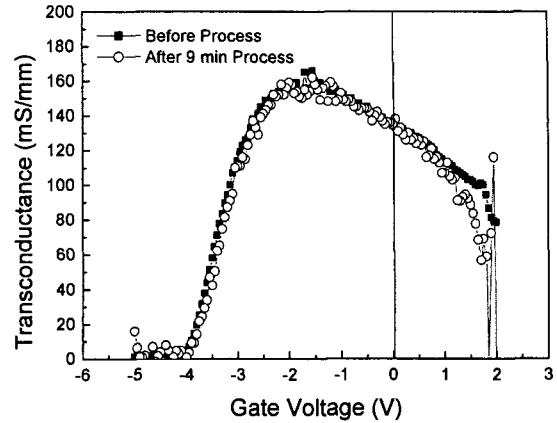


그림 4. 5 V의 드레인-소스 전압에서 측정된 광화학적 처리 전, 후의 HEMT 트랜스컨덕턴스 특성

4. 결 론

본 연구에서는 H_2O 내에서 AlGaIn/GaN을 광화학적으로 산화하여 특성의 변화를 관찰하였다. 150 W의 Deuterium 광원을 조사하는 조건에서 기판에 10 V의 전압을 인가하여 실험한 결과 산화가 진행되면서 AlGaIn/GaN의 이중접합에 의한 도전층의 면저항이 다소 감소하였으며 트랜지스터의 게이트와 누설전류가 반 이하로 감소하였다. 그러나 게이트 영역의 채널 특성은 변화하지 않아 트랜지스터의 트랜스컨덕턴스 특성은 크게 저하되지 않았다.

참고 문헌

- [1] T. Palacios, A. Chakraborty, S. Rajan, C. Poblenz, S. Keller, S. P. Denbaars, J. S. Speck, and U. K. Mishra, "High-power AlGaIn/GaN HEMTs for Ka-band applications," IEEE Electron Device Lett., Vol. 26, no. 11, p. 781 (2005)
- [2] Y. Z. Chiou, S. J. Chang, Y. K. Su, et. al., "Photo-CVD SiO_2 Layers on AlGaIn and AlGaIn-GaN MOSHFET," IEEE Trans. on Electron Devices, Vol. 50, p.1748 (2003)
- [3] R. Mehandru, B. Luo, J. Kim et. al., "AlGaIn/GaN metal-oxide semiconductor high electron mobility transistors using Sc_2O_3 as the gate oxide and surface passivation," Appl. Phys. Lett., Vol. 82, No. 15, p. 1530 (2003)
- [4] B. P. Gila, M. Hlad, A. H. Onstine., et. al., "Improved oxide passivation of AlGaIn/GaN high electron mobility transistors," Appl. Phys. Lett., Vol. 87, p.163503 (2005)
- [5] J. W. Seo, C. S. Oh, H. S. Jeong, J. W. Yang, K. Y. Lim, C. J. Youn, and H. J. Lee, "Bias-Assisted Photoelectrochemical Oxidation of n-GaN in H_2O ", Applied Phys. Letters, V.81, 6, 1029-1031 (2002)