

AlGaIn/GaN 이중접합구조의 표면누설전류에 관한 연구

석오균, 최영환, 임지용, 김영실, 김민기, 한민구
서울대학교

A Study of Surface leakage current of AlGaIn/GaN Heterostructures

Ogyun Seok, Young-Hwan Choi, Jiyong Lim, Young-Shil Kim, Min-ki Kim and Min-Koo Han
Seoul National Univ.

Abstract : Three kind of surface-leakage-test-patterns were fabricated and measured in order to investigate the surface leakage current of AlGaIn/GaN heterostructures through etched GaN buffer surface and mesa wall. The pattern which contain the mesa wall has the largest surface leakage current among them. The leakage current due to the mesa wall is predominant source of the leakage current of AlGaIn/GaN devices.

Key Words : GaN, AlGaIn, Schottky, Surface leakage

1. 서론

AlGaIn/GaN 이중접합구조는 넓은 밴드갭, 낮은 진성캐리어 농도, 큰 전자 이동도, 높은 포화 속도 등의 특성을 가진다. 따라서 AlGaIn/GaN 기반소자는 실리콘 대비 높은 항복전압을 가지며, 고속 스위칭 동작이 가능하여 차세대 RF, 고전압 소자로 주목받고 있다 [1-2].

AlGaIn/GaN 기반 소자는 이중접합의 계면의 2DEG (2Dimensional Electron Gas)를 채널로 이용하므로 소자 사이의 isolation은 소자 사이의 2DEG를 물리적으로 끊는 방식을 사용한다. 소자 isolation은 주로 플라즈마를 이용한 건식식각으로 mesa 구조를 제작하며 이때 플라즈마 식각 데미지를 받은 GaN 버퍼표면과 mesa 경사면 위에 형성된 열약한 쇼트키컨택은 off-상태에서의 전류차단 능력을 약화시키는 누설전류를 유발한다. 또한, 누설전류는 GaN 기반 소자의 불안정성을 유발할 뿐만 아니라 항복전압을 크게 감소시킨다. 이와 관련하여 AlGaIn/GaN HEMTs 제작시 발생하는 식각된 GaN 버퍼표면에서의 쇼트키컨택을 제거하여 누설전류 및 항복전압을 개선한 논문이 보고되었다 [3].

AlGaIn/GaN 소자 제작시 쇼트키 및 오믹컨택은 mesa 경사면, GaN 버퍼표면, 활성 영역에 제작된다. 쇼트키컨택은 소자의 게이트 및 애노드로 사용되므로 소자의 누설전류 및 항복전압에 큰 영향을 미친다. 본 논문에서는 AlGaIn/GaN 소자에서 쇼트키컨택이 형성되는 각 영역에서의 표면누설전류를 분석하기 위해 3가지 종류의 패턴을 제작하고 측정하였다. 실험 결과 mesa 경사면을 포함한 패턴에서 가장 큰 누설전류가 측정되었다.

2. 실험

실험을 위해 그림 1, 그림 2, 그림 3과 같이 세 가지 패턴을 제작하였다. 세 패턴은 mesa isolation, 오믹컨택 (Ti/Al/Ni/Au), 쇼트키컨택(Ni/Au)의 순서로 제작되었으며,

mesa isolation은 플라즈마 건식식각, 쇼트키 및 오믹컨택은 E-gun evaporator를 이용하였다. 그리고 오믹컨택 형성은 금속증착 후 N₂ 분위기, 870 °C, 30 초의 어닐링 공정을 수행하였다. 그림 1의 패턴은 식각되지 않은 영역에서만 쇼트키컨택과 오믹컨택이 존재하여 활성 영역의 표면을 통해 누설전류가 흐른다. 그림 2의 패턴은 쇼트키컨택과 오믹컨택이 플라즈마 건식식각 데미지를 받은 GaN 버퍼 표면 증착되어 누설전류가 GaN 버퍼표면을 통해 흐른다. 그리고, 그림 3의 패턴은 mesa 경사면의 영향을 파악하기 위하여 그림 3-(b)와 같은 형태로 제작하였다. 패턴 3의 누설 전류는 GaN 버퍼표면뿐만 아니라 mesa 경사면을 통해서도 흐른다. 쇼트키컨택과 오믹컨택의 길이와 너비는 100 μm, 두 컨택 사이의 거리는 20 μm로 동일하다. 오믹컨택과 쇼트키컨택 사이에 0 V ~ 100 V 전압을 가하여 양단 사이에 흐르는 누설전류를 측정하였다.

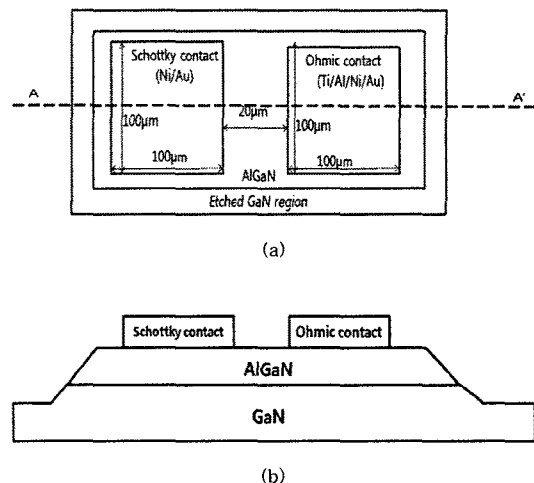


그림 1. 식각되지 않은 영역에서만 쇼트키컨택과 오믹컨택이 형성된 패턴 - 패턴 1 (a)패턴 1의 평면도 (b) 패턴 1의 A-A' 단면도

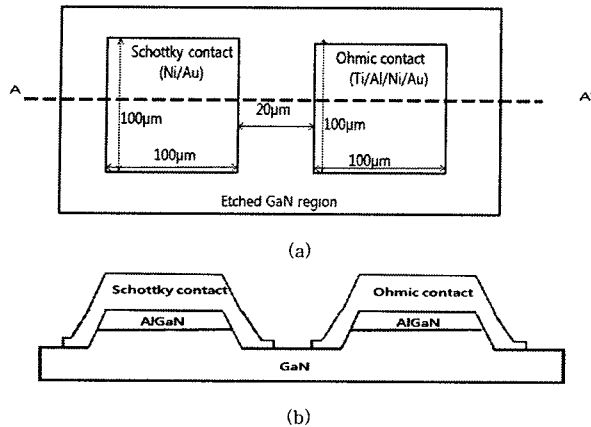


그림 2. 식각된 영역 위에 쇼트키컨택과 오믹컨택이 형성된 패턴 - 패턴 2 (a) 패턴 2의 평면도 (b) 패턴 2 A-A' 단면도

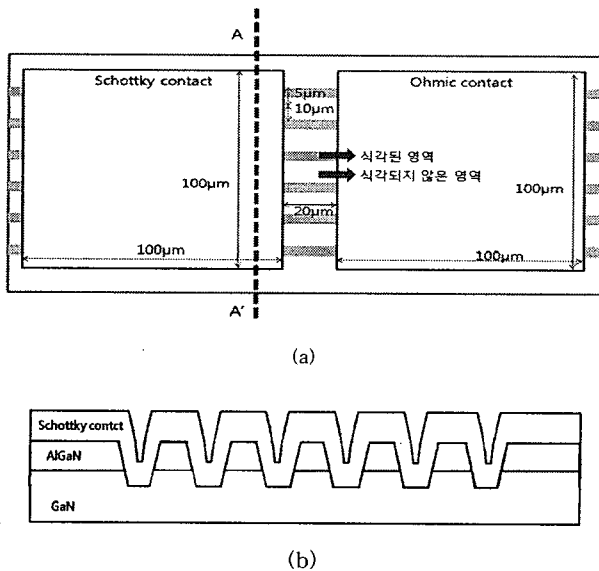


그림 3. 활성 영역, GaN 버퍼표면, mesa 경사면의 모든 표면영역 - 패턴 3 (a) 패턴 3의 평면도 (b) 패턴 3의 A-A' 단면도

3. 결과 및 검토

그림 4은 본 논문에서 제시된 세 패턴에서 쇼트키컨택과 오믹컨택 사이의 누설전류를 측정하였다. 100 V에서의 패턴 1, 패턴 2, 패턴 3의 누설전류는 각각 4.24 μ A, 10.03 μ A, 46.00 μ A로 측정되었다.

패턴 2의 누설전류는 패턴 1의 약 2배로 측정되었다. 이것은 패턴 1에서는 활성 영역의 표면의 트랩에 의한 표면누설전류만 흐르지만, 패턴 2에서 식각 데미지를 받은 GaN 버퍼표면에 쇼트키컨택이 형성되어 GaN 버퍼표면을 통한 누설전류가 발생했기 때문이다. 패턴 3은 패턴 1 대비 누설전류가 약 10 배로 측정되었다. 패턴 3에서의 쇼트키컨택은 활성 영역, GaN 버퍼표면, mesa 경사면의 모든 영역에서 형성되어있으며 각 영역에서 누설전류가 발생한다. 패턴 3의 누설전류는 패턴 2의 누설전류의 약 4 배로 측정되었다. 이것은 AlGaIn/GaN 이종접합구조에서의 누설전류 성분 중에서 mesa 경사면에 의한 누설 전류가 가장 큰 것을 의미한다.

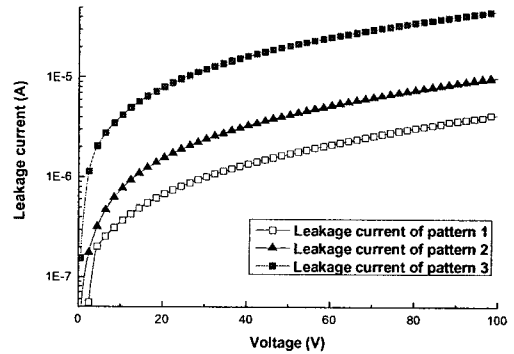


그림 4. 패턴 1, 패턴 2, 패턴 3의 각각의 누설전류 측정

4. 결론

본 연구에서는 세 종류의 누설전류측정패턴을 제작하여 비교 분석하였다. 그 결과 플라즈마 식각 데미지를 받은 mesa 경사면과 GaN 버퍼표면에 증착된 쇼트키컨택이 형성된 패턴은 GaN 버퍼표면에 쇼트키컨택이 형성된 패턴과 식각되지 않은 영역에서만 형성된 쇼트키컨택을 갖는 패턴보다 큰 누설전류가 측정되었다. 이 결과를 바탕으로 AlGaIn/GaN의 이종접합구조에서 식각된 GaN 버퍼표면과 mesa 경사면 위의 쇼트키컨택이 누설전류를 유발하며 그 중에서 mesa 경사면 위의 쇼트키컨택을 통한 누설전류가 가장 크다고 할 수 있다. 식각되지 않은 영역에서만 쇼트키컨택이 형성된 패턴, GaN 버퍼표면에 쇼트키컨택이 형성된 패턴, GaN 버퍼표면과 mesa 경사면 위에 쇼트키컨택이 형성된 패턴 각각의 경우 누설전류는 100 V에서 각각 4.24 μ A, 10.03 μ A, 46.00 μ A로 측정되었다.

감사의 글

본 연구는 전력IT사업단을 통해 지식경제부의 전력산업 기술개발사업으로부터 지원받아 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] D. Ueda, T. Murata, M. Hikita, S. Nakazawa, M. Kuroda, H. Ishida, M. Tanagihara, K. Inoue, T. Ueda, Y. Uemoto, T. Tanaka, and T. Egawa, "AlGaIn/GaN Devices for Future Power Switching Systems", Int. Electron Device Meeting Tech. Dig., pp 389-392, 2005.
- [2] S. J. Pearton, J.C. Zolper, R. J. Shul, and F. Ren, "GaIn: Processing, defects, and devices", J. Appl. Phys., vol. 86, pp 1-78, July, 1999.
- [3] 석오균, 최영환, 임지용, 김선재, 김영실, 김민기, 한민구, "식각되지 않은 영역에서의 쇼트키컨택을 이용한 AlGaIn/GaN High-electron-mobility Transistors(HEMTs)", 16회 반도체 학술대회, 2009