

## 실리콘 (111) 기판 위에 저온 AlN 층을 이용한 crack-free AlGaN/GaN 이종접합구조 성장에 관한 연구

김동석, 박은환, 이성길, 김기원, 양충모, 이정희

경북대학교 대학원 전자전기컴퓨터학부

AlGaN/GaN 이종접합구조를 이용한 HEMT(high electron mobility transistor)는 계면에 존재하는 높은 전자농도 (2-DEG:2-dimensional electron gas) 때문에 차세대 고주파·고출력 소자로 각광을 받고 있다. 기존의 GaN는 사파이어 또는 SiC 기판 위에 주로 성장해왔으나, 최근 들어 저비용 및 대구경화가 가능한 실리콘 기판 위의 GaN 성장에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 두 물질 간의 격자상수(17%)와 열팽창계수(56%) 차이로 발생하는 tensile 스트레스로 인해 성장 후 GaN 표면에 crack이 발생하는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 우리는 저온 AlN 층을 이용하여 실리콘 기판 위에 crack이 발생하지 않은 AlGaN/GaN 이종접합구조를 성장하였다.

MOCVD(metal-organic chemical vapor deposition) 장비를 이용하여 실리콘 (111) 기판 위에 먼저 고온 (1100°C)의 AlN 층을 성장시킨 뒤, 그 위에 고온(1070°C)의 GaN 완충층을 성장하였다. 이때 저온 (600°C)의 AlN 층을 GaN 완충층 사이에 삽입하여 스트레스 이완에 미치는 영향을 알아보았다. 마지막으로 스트레스가 충분히 이완된 완충층 위에  $\text{Al}_{0.32}\text{Ga}_{0.68}\text{N}/\text{GaN}$  이종접합 구조를 성장하였다. 전기적인 특성을 평가하기 위해 Van der Pauw 방식의 Hall measurement를 이용하였으며, 성장된 막의 질을 평가하기 위해 optical microscope와 x-ray diffraction (XRD) 측정을 시행하였다.

Optical microscopic 이미지를 통해 고온의 GaN 완충층 사이에 삽입된 저온의 AlN 층의 두께가 증가할수록 표면의 crack density가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이때 최적화된 두께는 30nm 이며, 스트레스 이완정도를 평가하기 위해 GaN 완충층 사이에 삽입되는 저온 AlN 층의 개수를 증가시켜 보았다. 삽입된 저온의 AlN 층의 수가 증가할수록 표면의 형태가 flat해지며, crack density 및 dark pit 또한 크게 감소하였다. 특히, 다섯 개의 저온 AlN층을 삽입했을 경우 crack이 없고 mirror-like한 표면을 얻을 수 있었다. High resistivity 특성을 나타내는 이러한 완충층 위에  $\text{Al}_{0.32}\text{Ga}_{0.68}\text{N}/\text{GaN}$ (200 nm/1 um) 이종접합 구조를 성장하여  $962 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 의 이동도,  $1.54 \times 10^{13}/\text{cm}^2$ 의 전자농도를 얻었으며, (002)/(102) x-ray rocking curves 측정을 통해서도 각각 873/1818 arcsec의 반축폭(FWHM)을 얻었다.

우리는 저온 AlN층이 실리콘 위에 성장된 GaN층이 받는 tensile stress를 감소시켜 crack density가 크게 줄어드는 것을 실험적으로 확인하였다. 또한, 최적화된 저온의 AlN 층을 이용하여 HEMT 소자제작이 가능한 crack-free AlGaN/GaN 이종접합 구조를 성장하였다.

### [Acknowledgements]

본 연구는 지식경제부가 지원하는 전력계통기술개발사업인 “계통연계형 인버터 시스템을 위한 고효율 전력소자 기반기술개발”, 2008 Brain Korea 21 (BK 21), KETI, 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0063400).