

InGaN/GaN 다중양자우물구조 위에 제작되어진 산화된 GaN 나노구멍

최재호, 김근주, 정 미*, 우덕하*
 전북대학교 기계공학과, KIST 광기술연구센터*

Formation of Anodized GaN Nanopores on InGaN/GaN Multi-quantum Well Structures

Jae Ho Choi, Keunjoo Kim, Mi Jung*, and Deok Ha Woo*
 Chonbuk National University, Photonics Research Center KIST*

Abstract : We fabricated GaN nanopores in the etching process of anodic oxidation of aluminum. The aluminum was deposited by using E-beam evaporator on p-type GaN. After the aluminum was anodized, GaN structure was exposed to the electric field with the oxidat species. The fabricated nanopore structure provides the enhanced intensity of light emission at the wavelengths 470 nm. We investigated the structure of the GaN nanopores from FE-SEM and EDS measurements.

Key Words : Photonic crystals, GaN Compound Semiconductors, Anodic Aluminium Oxide

1. 서 론

최근에 반도체 발광소자의 발광효율을 높이기 위해서 많은 연구가 진행되어지고 있으며, 이중 외부양자효율은 반도체 내부에서 형성된 광자를 공기중으로 추출될 때 감소되는 율을 줄임으로 높일 수 있고 광결정을 이용하면 이러한 광추출 효율을 높일 수 있다.[1] 광결정이란 서로 주기적으로 두 가지 이상의 유전체가 격자구조를 이루고 있는 것으로서, 빛이 광결정을 지나면서 회절현상을 일으켜 보강간섭이나 상쇄간섭하여 빛의 세기가 달라진다.[2] 이러한 광결정을 제작하기 위해 많은 제조기술이 개발되어졌으며, 대표적으로 E-beam이나 AFM을 이용한 리소그래피 패턴기술과 전기화학적 다공성의 양극산화 알루미늄(Anodized aluminium oxide : AAO)의 형성기술이 활용되고 있다.[3] 이 AAO 형성기술은 전해질의 종류, 온도, 농도 등의 전기화학적 조건에 따라 여러 종류의 nano-hole을 제작할 수 있다.[4]

본 연구에서는 AAO 형성기술을 이용하여 GaN표면에 전압을 인가함으로써 방사형 GaN nanopore를 제작하였다.

2. 실험

본 실험에서는 GaN 위에 알루미늄을 E-beam 증착장비를 이용하여 증착하고 이 알루미늄을 양극산화하여 p-type GaN에 나노구조를 형성하였다.

질화물계 청색 LED구조의 표면층인 p-type GaN 위에 알루미늄을 E-beam 증착장비를 이용하여 0.9 μ m 증착시키고 알루미늄 표면을 열처리하여 결정질화한 다음 산화층과 압연자극 등의 표면의 불순물과 거칠을 제거하기 위하여 전해연마를 실시하였다. 이때 전해액은 HClO₄ :

EtOH를 1 : 4 로 하는 용액이며 전압은 20V, 온도는 3 $^{\circ}$ C 로 약 60초 동안 실시하였다.

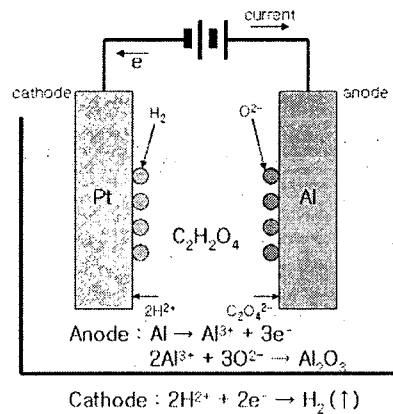


그림 1. AAO를 제작하기 위한 양극산화공정

이어서 그림 1과 같이 알루미늄을 양극으로, 백금전극을 음극으로 사용하여 양극산화를 시켰다. 이때의 조건은 전해질을 0.3몰 C₂H₂O₄로하여 40V에서 20분간이다. 그리고 양극산화된 알루미늄층을 식각시켰다. 식각조건은 0.2몰 CrO₃와 0.4몰 H₃PO₄를 1 : 1로 하여 60 $^{\circ}$ C에서 60분간 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 양극산화로 형성된 알루미늄층을 제거한 GaN 표면의 FE-SEM 사진이다. 전면적에 걸쳐 나노구조가 형성되어 지지 않고 부분적으로 GaN표면이 양극산화되어진 형상이 관찰되었다.

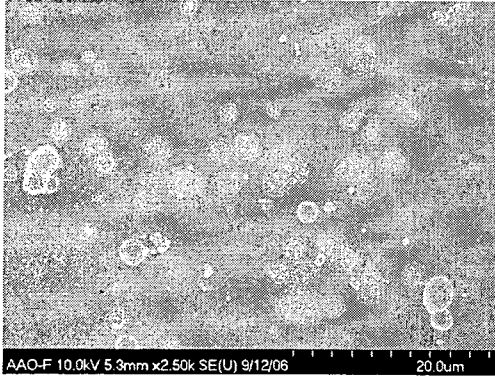


그림 2. 양극산화 후의 p-type GaN 표면의 FE-SEM 사진

이 표면의 나노구조가 형성되어진 부분을 확대해 보면 그림 3과 같은 형태의 구조를 볼 수 있다. 구조의 형상은 반구형의 nano-hole구조 또는 nano-rod가 방사형(radial)으로 표면에 구중심점을 형성함을 알 수 있다.

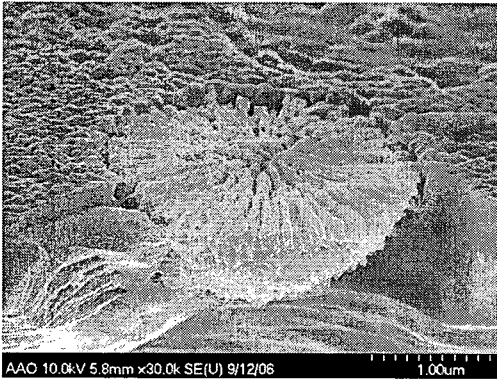


그림 3. 방사형 GaN nanopore의 FE-SEM 사진

그림 4는 에너지 분산형 분광계(Energy Dispersive X-ray Spectrometer ; EDS)를 이용하여 나노구조가 형성되어진 부분의 성분을 분석한 것이다. 알루미늄의 성분은 거의 없으며 대부분이 Ga와 N의 성분으로 구성되어져 있다. 즉, 이 부분이 p-type GaN표면의 nanopore 임을 알 수 있다.

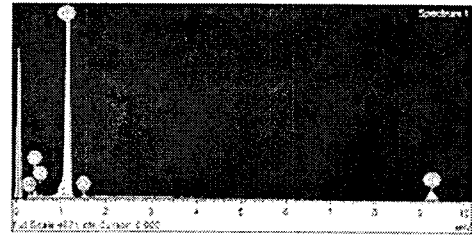
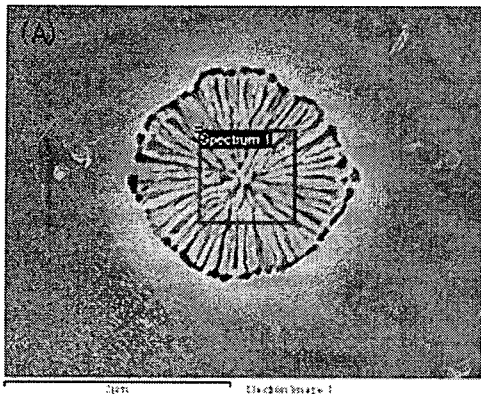


그림 4. p-type GaN 표면 나노구조의 EDS 성분분석

그림 5는 epi층을 형성한 기준시료와 nanopore가 형성된 시료의 photoluminescence (PL) spectra 이다. 빛의 파장은 470nm이며 이때 nanopore시료가 기준시료보다 PL의 세기가 증가되어짐을 볼 수 있다.

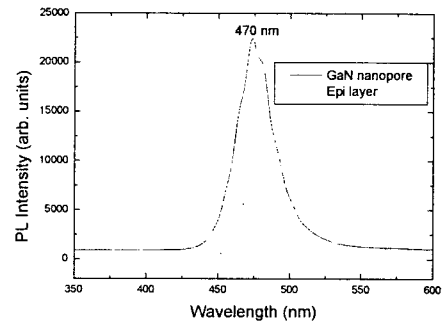


그림 5. 나노구조의 PL spectra

4. 결 론

본 연구에서는 알루미늄을 GaN 에피표면 위에 E-beam을 이용하여 증착하고 양극산화 공정을 수행하여 방사형 nanopore 구조를 형성하였다. 이 나노구조는 nano-rod가 반구의 중심점에서 방사형 cluster를 형성함을 확인하였다. 또한 PL의 세기가 크게 되어졌다. 이 구조는 양극산화시 전기식각 공정을 통하여 형성되어진 구조로 추정된다.

감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단(KRF-2004-041-D00296) 연구비 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] N. Kawai, K. Inoue, N. Carlson, N. Ikeda, Y. Sugimoto, Asakawa and T. Takemori, Phys. Rev. Lett. Vol. 86, No. 11, p. 2289, 2001.
- [2] E.Yablonovitch, Phys. Rev. Lett. Vol. 58, pp. 2059-2061, 1987.
- [3] M. Nakao, S. Oku, T. Tamamura, K.Yasui, H. Masuda, Jpn. J. Appl. Phys. vol. 38, pp. 1052-1055, 1999.
- [4] 정 미, 박사학위논문(2005): 나노다공성 알루미늄을 이용한 균일한 탄소 나노튜브 및 CdTe 양자점 배열의 성장과 그 특성연구.