

전압 변화에 따른 양극 산화알루미나 나노구조의 패턴 형성 및 광결정 응용

최재호, 조성남, 김근주
전북대학교

Voltage-dependent Fabrication of Anodic Alumina Nanostructures and the Application to Photonic Crystals

Jaeho Choi, Sung Nam Cho and Keunjoo Kim
Chonbuk National University

Abstract : Photonic crystals were fabricated using an anodic aluminum oxide(AAO) mask on GaN diode. The Photonic crystal structure has been investigated from Atomic Force Microscope(AFM). The hole diameter and lattice constant of photonic crystal are 60nm and 105nm, respectively. Photoluminescence of photonic crystal was enhanced and optical interference was increased by photonic crystal effect.

Key Words : Photonic Crystal(PC), Anodic Aluminum Oxide(AAO), Photoluminescence

1. 서론

발광다이오드(Light Emitting Diode: LED)의 광 효율을 향상시키기 위하여 지금까지 많은 연구가 되어 왔으며, 이중 발광다이오드 내부에서 생성되어진 광자가 외부공기와 반도체 내부의 굴절률 차이에 의하여 외부로 나오지 못하는 현상을 줄여주기 위한 연구도 진행되어졌으며 그 중 하나가 광결정 (Photonic Crystal) 이다. 광결정이란 결정이 빛을 완전히 반사하는데서 유래하였는데 두 가지 이상의 유전체가 서로 주기적으로 배열되어 있는 구조를 가지고 있으며 이러한 구조를 통하여 광자가 주기적인 물질을 통과할 때 결정을 통과하는 것과 같은 특성을 나타낸다. 이러한 특징이 빛을 간섭하여 빛의 세기와 특성을 달라지게 한다[1-2].

광결정을 제작하기 위해서도 많은 연구가 되어져왔고 최근 들어 많이 사용하고 있는 기술이 Electro-beam이나 Atomic Force Microscope (AFM)을 이용한 리소그래피 패턴기술과 전기산화기술을 이용한 다공성 알루미늄 (Anodized Aluminium Oxide: AAO)을 마스크로 사용하는 기술이다[3-4].

본 연구에서는 마스크로 사용하기 위하여 양극산화 과정에서 알루미늄의 전압 의존성과 만들어진 AAO를 마스크로 사용하여 광결정을 형성하였고 발광특성을 파악하였다.

2. 실험

본 실험에서는 100 μm 두께의 알루미늄 박막을 양극산화하여 AAO 마스크로 사용하였다. AAO 공정은 먼저 고순도 (99.99% 이상)의 알루미늄을 양극으로 하여 에탄올

(EtOH)과 과염소산 (HClO₄)이 4:1인 용액에서 전기 산화를 시켜 광 휘면을 만들어 준다.

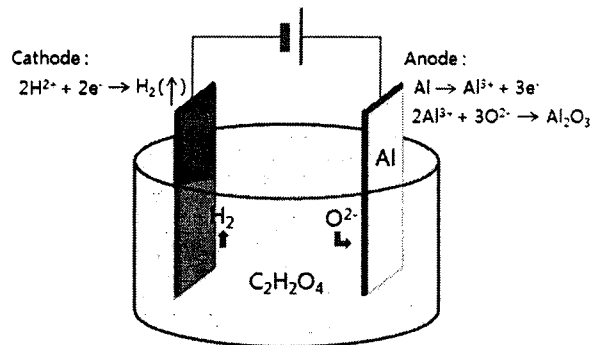


그림 1. AAO를 제작하기 위한 양극산화공정

다음으로 3℃, 40V, 0.3M의 옥살산(C₂H₂O₄)용액에서 그림 1과 같이 양극산화를 시켜 원하고자 하는 다공형의 알루미늄 박막을 만들어 준다. 이 다공형의 알루미늄 박막의 주기성을 좋게 만들어 주기 위하여 60℃의 크롬산 (CrO₃) 용액에서 에칭을 시킨 후 다시 한번의 양극산화 공정을 수행해 준다. 최종적으로 마스크로 사용될 채널(channel)을 만들어 주기 위하여 염화제이수은(HgCl₂) 포화용액을 이용하여 장벽형의 AAO를 제거하고 채널의 크기를 30℃의 0.1몰 인산(H₃PO₄)용액에서 에칭하여 원하는 형태로 만들어 주었다.

3. 결과 및 고찰

광결정의 특성을 살펴보기 위하여 구멍과 구멍 사이의 거리인 격자상수를 변화시켜 주는 것이 필요하다. 양극산화에서 격자상수를 변화시켜 주는 요인으로는 전압이 있다. 전압이 높아질수록 격자상수가 커져 구멍간 간격이

커지게 된다. 전압은 30V, 40V, 50V로 변화를 주었다. 다음은 이중 40V에서 형성한 AAO를 가지고 광특성을 살펴 보았다.

그림 2는 이렇게 제작되어진 AAO를 GaN 표면에 부착한 시료의 AFM의 사진이다. AAO층이 GaN의 표면 층위에 안정적으로 부착되어 올려진 것을 볼 수 있다.

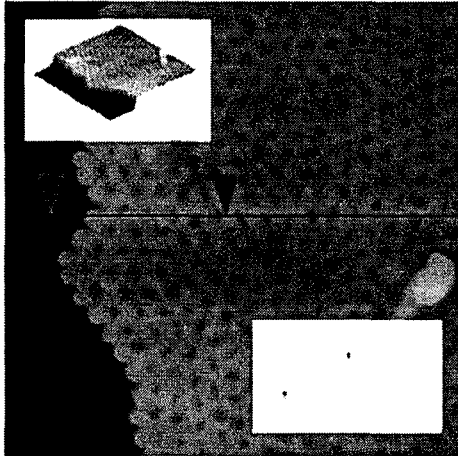


그림 2. GaN 층 위에 놓여진 AAO의 AFM 사진

그림 3은 ICP 건식 식각을 사용하여 AAO의 패턴을 GaN의 표면에 전사한 것의 AFM 사진이다. AAO의 모양이 그대로 전사된 것을 볼 수 있으며 전사 후 AAO도 모두 제거되어 단차가 없는 것을 볼 수 있다. 이때 격자상수는 105nm이고 구멍의 직경은 60nm이다.

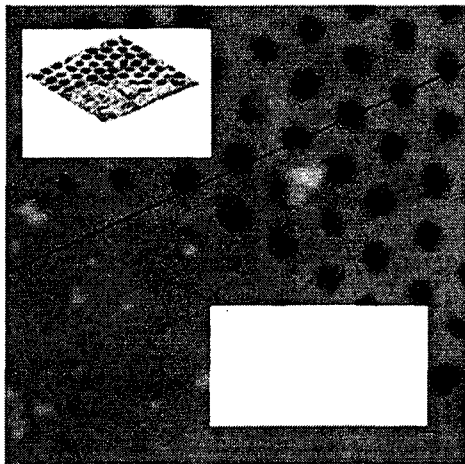


그림 3. GaN 층 위에 형성된 AAO의 AFM 사진

그림 4는 GaN 광결정 구조의 PL spectra를 측정한 것이다. GaN 표면에 아무런 구조가 없는 기준시료보다 상부에 AAO 패턴이 형성되어진 시료와 AAO가 남아 있는 시료가 광의 세기가 증가되어진 것을 볼 수 있다. 또한 AAO층의 제거되지 않은 시료가 제거한 시료보다 광의 세기가 더 증가한 것 또한 볼 수 있다. 그리고 AAO에 의한

광결정 시료에서 PL 세기의 요동 폭이 기준 시료의 요동 폭보다 커진 것을 볼 수 있는데 이것은 광결정에 의한 광간섭 현상에 의하여 요동 폭이 증가되어진 것으로 예상되어진다.

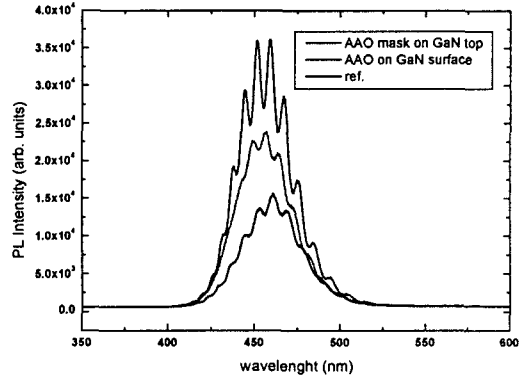


그림 4. GaN 광결정 구조의 PL spectra

4. 결론

본 연구에서는 알루미늄 금속박막의 전기화학적 양극산화 알루미늄을 마스크로 사용하여 GaN에 격자 간격이 105 nm이고, 구멍의 지름이 60 nm인 다공성 구멍을 형성하였다. 국소적인 광결정의 주기성을 형성하며 빛의 파장이 450 nm인 청색광의 경우 보강간섭에 의하여 PL이 증가됨을 확인하였다. 또한 광결정 영향을 받아 PL 세기의 요동 폭이 기준시료의 요동 폭보다 커진 것을 볼 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단 (KRF-2006-511-D00166), (KRF-2007-521-D00188) 연구비 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] I. G. Lee, K. Kim, S. C. Jeon, K. S. Kim and K. M. Lee, Intern. J. of Prec. Eng. and Manufac. Vol. 7, No. 4, p. 14, 2006.
- [2] M. Fujita, S. Takahashi, Y. Tanaka, T. Asano and S. Noda, Science Vol. 308, p. 1296, 2005.
- [3] D. Routkevitch, A. A. Tager, J. Haruyama, D. Almawlawi, M. Moskovits and J. M. Xu, IEEE Trans. Electron Devices Vol. 43, p. 1646, 1996.
- [4] R. M. Metzger, V. V. Kononov, M. Sun, R. Xu, G. Zanari, B. Xu, M. Benakli and W. D. Doyle, IEEE Trans. Magnetics Vol. 36, Pt 1, p. 30, 2000.