

GaN 기판 위에 성장된 녹색발광-InGaN/GaN MQWs 의 근접장 발광특성연구

Photoluminescence investigation of green emission- InGaN/GaN MQWs grown on freestanding GaN by UV-NSOM

차옥환, 한성익, 정문석, 변지수, 고도경, 이종민, 홍창희¹⁾, 서은경¹⁾

광주과학기술원 고등광기술연구소, ¹⁾전북대학교 반도체과학기술학과/반도체물성연구소
mjeong@apri.gist.ac.kr

InGaN/GaN quantum-well(QW) 구조를 이용하여 만들어진 LED 소자는 InN 와 GaN 사이의 격자 불일치 현상이 상당히 크기 때문에 InGaN 층이 성장되어질 때 보통 indium-rich aggregation 이나 phase separation 이 발생하여 quantum-dot like nanometer-scale cluster 구조가 형성된다. 이러한 cluster 구조는 potential fluctuation 과 localized energy state 를 형성하여 운반자들을 trapping 하게 되며, 이런 cluster 구조는 efficient emission 의 중요한 역할을 하게 된다.⁽¹⁻³⁾

게다가, sapphire 기판과 GaN 층 사이의 격자불일치로 인해 계면에서 발생하는 결함들이 LED 소자의 효율을 떨어뜨리는 주된 역할을 하고 있다. 이런 이유때문에 최근에는 sapphire 기판 대신에 GaN 후막을 성장하여 기판으로 사용하고자 하는 연구가 집중적으로 시도 되어지고 있다.

본 연구에서는 GaN 기판 위에 성장된 InGaN/GaN 다중양자우물구조(MQW)의 발광특성을 UV 근접장 나노광학현미경(NSOM)을 사용하여 조사하였고, sapphire 기판 위에 성장된 InGaN/GaN 양자우물구조의 발광특성과의 차이점을 알아보았다.

실험에 사용되어진 InGaN/GaN MQW 은 LP-MOCVD 에 의해서 GaN 기판 위에 성장되었다. 그리고 근접장 발광특성 측정을 위해서는 cantilever 탐침을 사용하는 Witec 사의 Alpha SNOM 장비를 광섬유 탐침을 사용할 수 있도록 개조하였는데, 약 100 nm 크기의 개구를 가지는 UV 용 silica fiber 탐침을 사용하였고, tuning fork 를 이용한 shear-force 검출 방법으로 feedback 하였다. excitation source 로 325 nm 파장의 He-Cd laser 를 사용하였고, 이때 광섬유 탐침의 개구를 통한 optical power 는 약 10 μ W 였다. 또한 Photoluminescence(PL) 스펙트럼은 30 cm-monochromator 와 CCD-detector를 사용하여 검출하였다.

Fig. 1. 은 UV-NSOM 의 optical image 를 나타낸 것이다. $25 \times 25 \mu\text{m}^2$ 와 $5 \times 5 \mu\text{m}^2$ 크기로 시료 scan 을 하였으며, 최소 크기가 100 nm 정도인 발광인자들을 관찰할 수 있었고, 전체적으로 균일하지 않은 발광특성이 보여짐을 알 수 있었다.

Fig. 2. 는 optical image 에서의 위치에 따른 PL 스펙트럼을 나타낸 것이다. 위치를 등 간격(150nm)으로 이동해가며 어두운 부분과 밝은 부분에 대한 스펙트럼을 관찰하였다. 어두운 부분으로 갈수록 중심 peak 의 위치가 장파장 쪽으로 red-shift 하며, 동시에 또다른 위치의 peak 가 나타났다. 밝은 부분에서는 주로 560 nm 에서 발광특성을 보이며, 어두운 부분에서는 560 nm 의 peak 가 580 nm 쪽으로 이동하였고, 450 nm 와 650 nm 부근에서 새로운 peak 가 나타남을 볼 수 있었다. 이러한 스펙트럼의 peak 분리 현상은 sapphire 기판 위에 성장되어진 시료 특성과 큰 차이를 보이고 있는 현상인데, 원인으

로는 InGaN 층 성장시 일반적으로 나타나는 indium-rich aggregation 이나 phase separation 이 발생하여 quantum-dot like nanometer-scale cluster 구조가 형성되어 potential fluctuation 과 localized energy state 를 형성시키기 때문에 발생하는 것으로 여겨진다. 또한 이것으로 야기되는 defect 나 dislocation 의 nonuniform distribution 때문에 발생하는 것으로 보고된 바도 있다.⁽⁴⁾

본 연구에서는 GaN 기판 위에 성장된 InGaN/GaN 다중양자우물구조(MQW)의 공간적 발광분포특성을 UV 근접장 나노광학현미경(NSOM)을 이용하여 관찰하였고, 분광분석(PL)을 통하여 균일하지 않은 발광분포의 원인에 대해 조사하였다.

참고문헌

[1] S. W. Feng, Y. C. Cheng, H. C. Wang, C. C. Yang, C. H. Shen, L. C. Chen, K. J. Ma, J. Y. Lin, and H. X. Jiang, Appl. Phys. Lett. 83, 3906(2003).
 [2] Y. Narukawa, Y. Kawakami, Sz. Fujita, Sg. Fujita, and S. Nakamura, Phys. Rev. B 55, R1938(1997).
 [3] T. Hino, S. Tomiya, T. Miyajima, K. Yanashima, S. Hashimoto, and M. Ikeda, Appl. Phys. Lett. 76, 3421(2000).
 [4] M. S. Jeong, J. Y. Kim, Y.-W. Kim, J. O. White, E.-K. Suh, C.-H. Hong and H. J. Lee, Appl. Phys. Lett. 79, 976(2001).

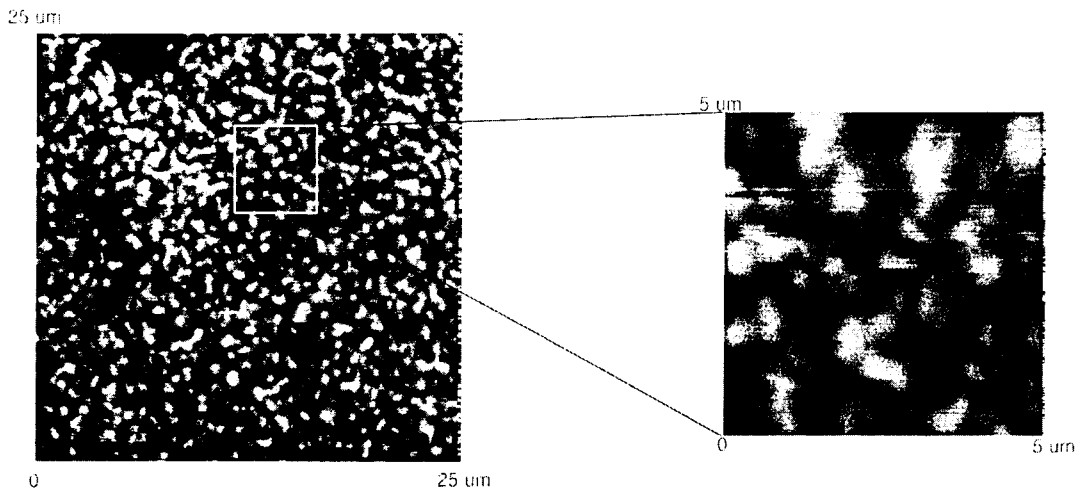


Fig. 1. GaN 기판 위에 성장된 InGaN/GaN MQW 의 발광분포

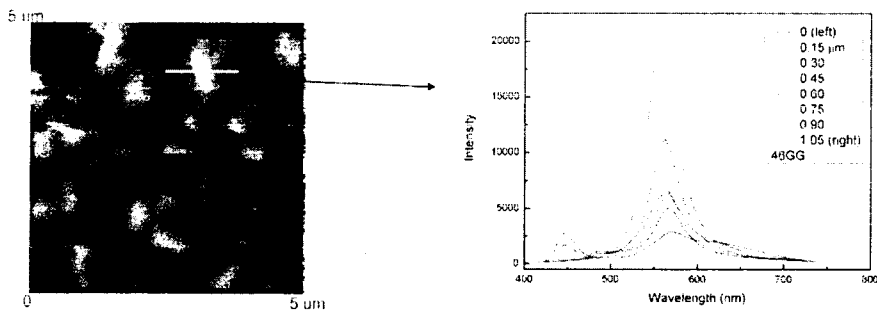


Fig. 2. GaN 기판 위에 성장된 InGaN/GaN MQW 에서 보여지는 발광특성의 나노분광분석.

T
F