

### III족 질화물반도체의 분광학적 성질

#### Optical Properties of Column-III Nitride Semiconductors.

김선태, 문동찬\*

대전산업대학교 재료공학과

\* 광운대학교 전자재료공학과

S. T. Kim and D. C. Moon\*

Department of Materials Engineering, Taejeon National University of Technology

\* Department of Electronic Materials Engineering, Kwangjuwon University

#### Abstract

We report the spectroscopic properties of column-III nitrides of GaN, GaInN, and AlGaN. The column-III nitride semiconductors are promising materials to realize the current-injection type blue- and ultraviolet (UV)-light emitting devices with high performance. To acheive the lasing with low threshold, the devices are must constructed to double heterostructure by successive epitaxial growth technique, and we must confine the carriers in the potential barrier and optical confinement in wave guide between clad and active layers has different refractive index. The refractive index of column-III nitride semiconductors, however, are rarely reported. The measured refractive index was 2.9, and the observed characteristic peak near the enrgy gap was analysed using a dielectric function and may due to excitonic contribution.

#### 1. 서 론

최근 청색 반도체레이저의 실현을 위하여 GaN를 비롯한 III족 질화물반도체에 대하여 집중적인 연구가

이루어지고 있으며, 아직까지 실용화 되지 않고 있는 청색 반도체레이저의 출현에 대하여 많은 관심이 모아지고 있다. GaN를 중심으로 하는 III족 질화물반도체 AlN, GaN, InN 및 이들의 혼성은 육방정구조일 때 직접천이형 에너지대 구조를 갖으며, 에너지갭은 1.9 eV부터 6.2 eV까지로서 가시영역으로부터 자외영역까지 광범위하므로 특히 청색과 자외파장영역에서 동작하는 발광소자와 수광소자에의 응용이 기대되고 있다. 이들 소자들은 에피택시법에 의한 이중 이종접합구조 (double heterostructure)로 제작되어지며, 소자의 설계에 있어 각 층의 광학적 성질과 굴절지수를 알 필요가 있다.

따라서 이 연구에서는 대기압 metalorganic vapor phase epitaxy (MOVPE) 법으로 성장된 GaN 및 관련 III족 질화물반도체 3원 혼정의 파장에 따른 굴절지수 (refractive index)를 분광 엘립소미터 (spectroscopic ellipsometer)로 측정하여 조사하였다.

#### 2. 실험방법

III족 질화물 반도체 GaN, GaInN 및 AlGaN는 Trimethylaluminum (TMA), trimethylgallium (TMG), trimethylindium(TMI) 와 암모니아 (NH<sub>3</sub>)를 각각 III족과

V족의 원료가스로 사용하여 수평형 MOVPE장치로 연마된 C면의 사파이어 기판위에 성장하였다. III족 질화물 반도체의 성장에 앞서 사파이어기판과 III족 질화물 반도체 사이의 커다란 격자부정합을 완화시킬 목적으로 600°C의 온도에서 약 50nm 두께의 AlN 완충층 (buffer layer)을 성장한 후 연속적으로 GaN, GaInN 및 AlGaIn를 성장하였다.

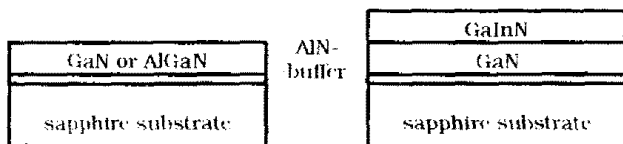
spectroscopic ellipsometer를 이용하여 시료의 표면에 45° 편광된 광을 70°의 각도로 입사시키고, 시료로부터 반사되는 광을 회전 analyzer를 통과시킨 후 monochromator로 분광하였다. 회전 analyzer의 1회전 동안 반사광의 위상변화를 검출하여 ellipso-parameter를 측정하고, 이로부터 시료의 굴절지수와 소광계수를 결정하였다.

실험에 사용된 시료의 단면구조와 각층의 두께 및 조성을 각각 그림 1과 표 1에 나타내었다.

Table 1. The crystal composition and thickness of specimens used in this work.

samples	AlN-buffer	GaN	AlGaIn	GaInN
GaN		1.1 $\mu$ m		
Al <sub>0.09</sub> Ga <sub>0.91</sub> N			1.2 $\mu$ m	
Al <sub>0.13</sub> Ga <sub>0.87</sub> N	0.03 $\mu$ m		1.2 $\mu$ m	
Ga <sub>0.01</sub> In <sub>0.99</sub> N		1.7 $\mu$ m		0.2 $\mu$ m
Ga <sub>0.03</sub> In <sub>0.97</sub> N		1.7 $\mu$ m		0.2 $\mu$ m

Figure 1. Structure of specimens grown by MOVPE method.



각 성장층의 조성은 이중결정 X선 회절장치를 이용하여 측정하였고, 두께는 spectroscopic ellipsometer로 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 GaN의 파장에 따른 굴절지수를 나타낸 것이다. 에너지 갭보다 큰 파장영역에서 광은 GaN에 흡수되며, 에너지 갭보다 적은 파장영역에서는 GaN의

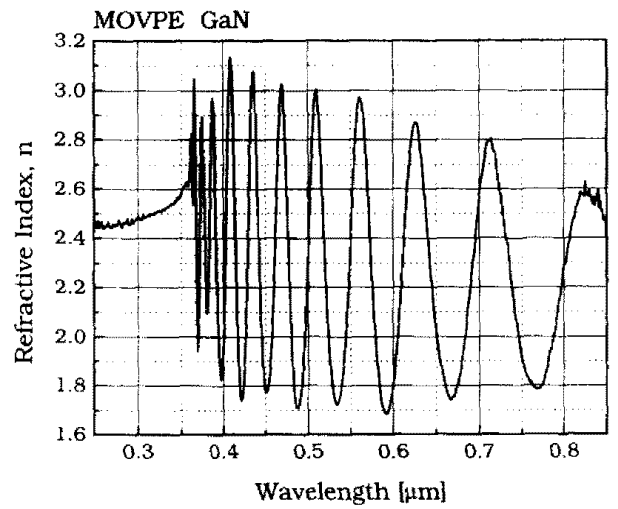


Figure 2. Measured refractive index of GaN.

표면에서 반사하는 반사광과 GaN를 투과한 후 사파이어 기판에서 반사하는 광 사이의 간섭현상에 의하여 그림에서와 같이 damping이 나타나게 된다. 그림 2에서 damping이 일어나고 있는 영역에 대하여 Cauchy의 공식을 사용하여 파장에 따른 굴절지수를 계산하였다.<sup>2)</sup> 그림 3은 GaN의 파장에 따른 굴절지수의 변화를 나타낸 것으로서 GaN의 굴절지수는 에너지 갭 부근에서 약 2.9이었으며, 이는 선행 연구자들의 결과와 잘 일치하는 것이다.<sup>3)</sup> 한편, 조성이 서로 다르게 성장된 AlGaIn의 굴절지수는 같은 파장에서 Ga의 몰분율이 증가함에 따라 감소하였고, GaInN의 굴절지수는 In의 몰분율이 증가함에 따라 증가하였다.

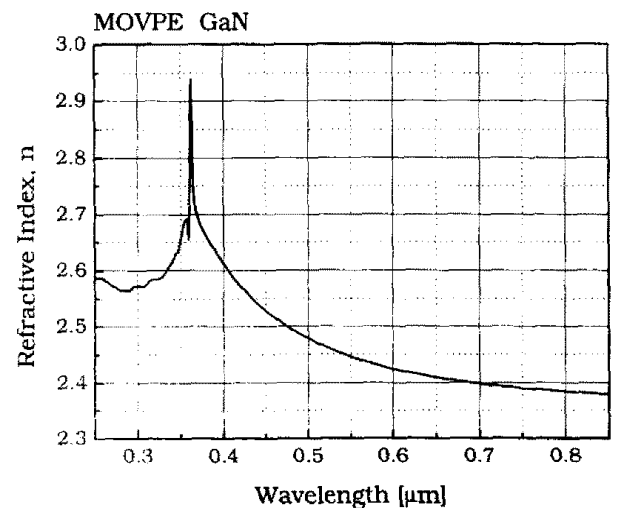


Figure 3. Parameter fitted refractive index of GaN using Cauchy's dispersion formula on the figure 2.

그림 3에서와 같이 굴절지수 스펙트럼의 에너지갭 부근에서 강도가 크고 날카로운 피크가 관찰되었다.

이의 근원을 에너지갭 부근에 존재하는 exciton의 기여로 추정하고, 잘 알려져 있는 관계식을<sup>4)</sup> 도입하여 이론적으로 해석하여 본 결과 계산에 의한 굴절지수와 측정값이 그림 4에 보인 것과 같이 잘 일치하는 경향을 보였다.

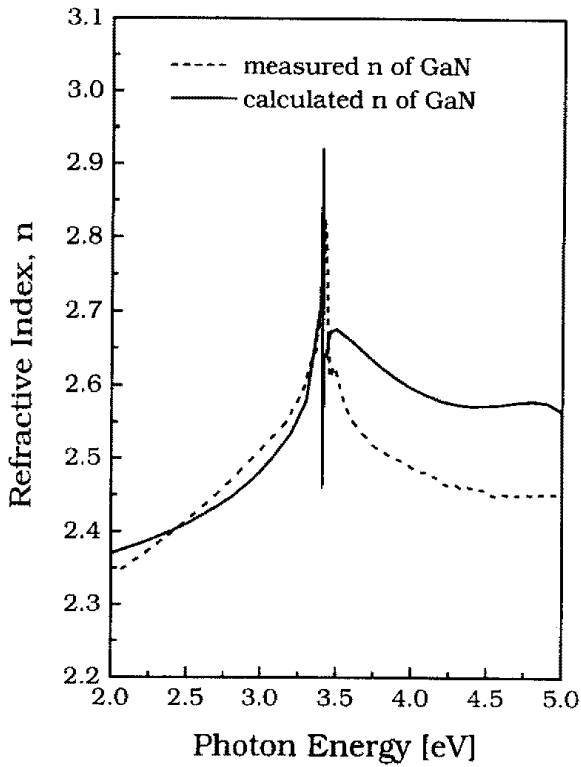


Figure 4. Comparison of measured and calculated refractive index of GaN.

따라서 굴절지수 스펙트럼의 에너지갭 부근에서 나타나는 날카로운 피크의 근원은 exciton에 의한 것으로 여길 수 있으나, 이에 대하여는 보다 상세한 연구가 더욱 진행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 4. 요약

이 논문에서는 MOVPE법으로 사파이어 기판위에 성장된 III족 질화물 반도체의 파장에 따른 굴절지수를 조사하였다. GaN의 굴절지수는 에너지 갭부근에서 약 2.9이었고, AlGaIn의 굴절지수는 같은 파장에서 Ga의 몰분율이 증가함에 따라 감소하였고, GaInN의 굴절지수는 In의 몰분율이 증가함에 따라 증가하였다. 굴절지수 스펙트럼의 에너지갭부근에서 나타난 피크의 근원을 exciton의 기여에 의한 것으로 추정하여 이론적으로 해석하였으나, 보다 정확한 해석이 필요하다.

#### 참고문헌

- 1) H. Morkoc, S. Strite, G. B. Gao, M. E. Lin, B. Sverdlov, and M. Burns, *J. Appl. Phys.*, 76, 1363 (1994)
- 2) M. Born and E. Wolf, *Principles of Optics*, (Pergamon Press, Oxford, 1983) p. 95
- 3) M. E. Lin, B. N. Sverdlov, S. Strite, H. Morkoc, and A. E. Drakin, *Electronics Lett.*, 29, 1759 (1993)
- 4) S. Adachi and T. Taguchi, *Optical properties of ZnSe*, *Phys. Rev. B*, 43, 9569 (1991)