

## [I~4] [초청]

### Growth characteristics of epitaxial GaN using precracked NH<sub>3</sub>

이철로, 이인환\*, 손성진\*\*, 노삼규

한국표준과학연구원, 소재특성평가센터부, 박막연구그룹

\* 고려대학교 재료공학과

\*\* 광전자반도체(주)

#### 1. 서론

MOCVD에 의한 GaN-based material의 에피층 성장에 있어서 가장 중요한 것중의 하나가 성장온도를 저하시키는 문제이다. 이러한 성장온도의 저하 문제가 해결된다면 현재 MOCVD에 의한 GaN 에피층의 일반적 성장온도인 1000 °C 이상의 고온에서 열적으로 안정한 sapphire, SiC 등만이 기판으로써 적합하다는 기판재료 선택의 제한을 탈피할 수 있다. 즉 GaN 성장에 있어서 기판재료의 선택시 격자부정합도(lattice mismatch)를 고려하기 이전에 높은 성장온도에서의 열적 안정성을 우선적으로 고려해야 하는 문제에서 탈피할 수 있다는 것이다. 그러나 이러한 점 이외에 또 하나의 더욱 더 중요한 점은 고품위 In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 에피층 성장의 용이함을 들 수 있다.

현재까지 알려진 바에 의하면 고품위 In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 에피층 성장의 문제점은 역시 성장온도 문제이다. 즉 일반적으로 MOCVD에 의한 In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 에피층 성장은 약 750 ~ 800 °C 정도에서 이루어지는데 성장온도가 높으면 In-incorporation이 어려워진다. 그러나 In-incorporation을 향상시키기 위하여 성장온도를 낮추면 상대적으로 NH<sub>3</sub>의 cracking efficiency가 저하되어 vacancy, dislocation, sub-grain boundary 등의 결함농도가 높은 저품질 In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N이 성장된다. 그러므로 기본적으로는 In-incorporation을 높이기 위하여 저온에서 성장을 하면서도 이러한 저온에서도 NH<sub>3</sub>의 충분한 cracking이 이루어질 수 있는 조건이 요구된다고 할 수 있다.

본 연구에서는 상기한 문제들을 개선하고자 NH<sub>3</sub>의 precracking에 의한 GaN-based material의 에피층 성장을 시도하였다. 즉 NH<sub>3</sub>를 기판 전에서 precracking시키므로써 현재보다도 좀 더 낮은 성장온도에서도 고품위 GaN-based material을 성장할 수 있는 방법을 모색하고자 하였다.

#### 2. 실험방법

본 실험의 GaN 에피층 성장에 이용된 MOCVD 시스템( EPIGRESS VP25CD )은 수평형의 quartz 반응기이다. 잘 알려진 바와 같이 NH<sub>3</sub>와 MO-source의 prereaction을 방지하기 위하여 NH<sub>3</sub>는 다른 모든 gas나 source들로 부터 분리하여 반응기에 주입된다. 이들이 만나기 직전까지 NH<sub>3</sub>는 precracking 되어진다.

기판 앞에서 사전에 QMS 등에 의해 ionized nitrogen을 검출하므로써 precracking 정도를 직접적으로 조사하기는 시스템 geometry상 매우 어려우므로 실제적인 효과를 조사하기 위하여 precracking 전후의 성장온도 변화에 따른 GaN 에피층의 특성을 평가하므로써 간접적으로 그 효과를 조사하고자 하였다. Precracking 효과를 조사하기 위해 성장되는 GaN 에피층에 대하여 optical microscope, XRD, DCX, Hall, PL 등을 이용하여 표면, 결정성, 전기적 및 분광학적 특성평가를 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 precracking 전후 600 °C에서 성장한 GaN의 XRD 특성을 나타낸다. 이들 2종류의 GaN는 NH<sub>3</sub> precracking 실행 여부 이외에는 모든 성장조건이 동일하다. 이 결과에서 나타나듯이 NH<sub>3</sub> precracking을 안할때에는 sapphire (0001) peak의 intensity가 지배적이며 GaN (0002) peak의 intensity는 상대적으로 매우 낮음을 알 수 있다. 그러나 NH<sub>3</sub> precracking을 하면서 성장한 GaN에서는 GaN (0002) peak의 intensity가 지배적이며 상대적으로 sapphire (0006) peak의 intensity는 낮아서 NH<sub>3</sub> precracking에 의하여 많은 ionized nitrogen이 만들어지고 이들과 Ga의 반응에 의하여 GaN 성장이 매우 잘 일어남을 알 수 있다.

이러한 결과를 근거로 NH<sub>3</sub> precracking을 하면서 800 °C, 900 °C, 1000 °C에서 GaN 에피층을 성장한 후 그 특성을 평가하였다. 900 °C에서 성장한 GaN 에피층과 1000 °C에서 성장한 GaN 에피층의 특성은 거의 유사하였다. 특히 결정성에 있어서는 1000 °C의 264 arcsec에 비하여 900 °C에서는 191 arcsec로 더욱 우수하였다.

### 4. 결론

GaN-based material 성장시 NH<sub>3</sub> precracking에 의하여 성장온도를 낮추면서도 NH<sub>3</sub> precracking efficiency를 높일 수 있어서 현재보다는 다소의 저온에서도 GaN 에피층을 성장시킬 수 있다고 사료된다. 이러한 NH<sub>3</sub> precracking 효과를 이용함으로써 실제적으로 GaN-based material를 이용한 발광소자 및 전자소자의 성공에 있어서 가장 중요한 부분인 고품위 In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 에피층 성장과 mole fraction값 x의 자유로운 조절이 다소 용이하리라고 사료된다.

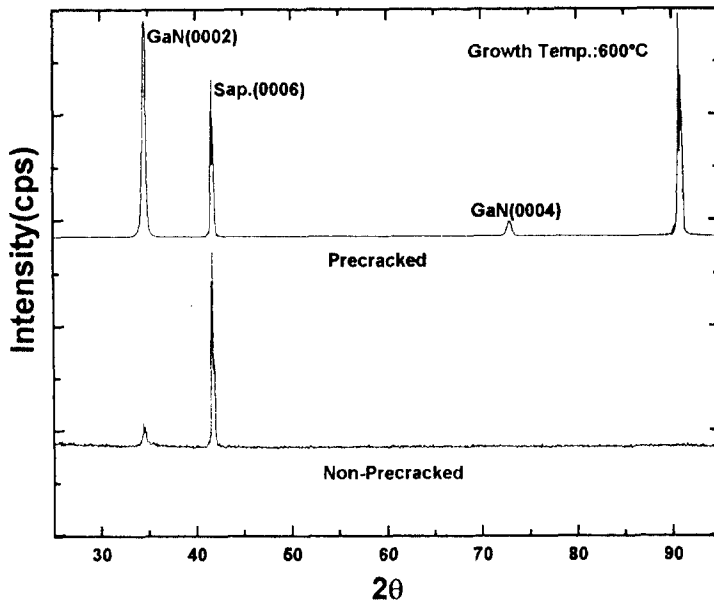


Fig1. XRD pattern of the GaN films using non-precracked NH<sub>3</sub> and precracked NH<sub>3</sub>