

## [I~2] [초청]

### GaN 전용 III-V MBE 장비의 제작 및 고품위 에피택셜 GaN 박막 성장 (Fabrication of III-V MBE System and Growth of High-quality Epitaxial GaN Films)

유명철, 박명원, 강상규, 이재원

삼성종합기술원 신소재응용연구소 광반도체연구실

#### I. 서론

최근 청색 발광 다이오드 및 레이저 다이오드의 핵심 소재로 각광을 받고 있는 GaN를 중심으로한 III-V족 wide bandgap 질화물 반도체의 에피택시를 위한 MBE (Molecular Beam Epitaxy) 장비의 설계, 제작 및 제작된 MBE 장비를 사용하여 성장한 고품위 에피택셜 GaN 박막의 특성에 관하여 기술하였다.

#### II. 장비의 설계 및 제작

III-V족 질화물반도체 박막 성장을 위한 GaN 전용 MBE 장비는 자체 기술에 의해 설계, 제작되었다. MBE 장비는 시료 장입실, 시료처리실, 박막성장실등 3개의 독립 진공용기를 사용하여 직경 3인치 크기 웨이퍼 12매의 연속 처리가 가능하고, Ga, Al, In 등 3족 원소 및 Si, Mg 등 doping 원소의 고체증발원을 부착하고 있다 (그림 1). 특히, 초고주파 플라즈마 질소공급원으로 질소 원자 래디칼을 공급함으로써 기판에서 3족 원소들과의 원활한 표면반응이 가능할 뿐아니라, 배기 속도 2,200 l/s의 turbo molecular pump 및 400 l/s의 ion pump와 성장실내에 2개의 독립 cryoshroud를 사용하여 최고 도달 진공도  $3 \times 10^{-11}$  torr를 얻음으로서 결정성장시 진공용기내의 압력을 최소화 하여 고품위 III-V 질화물반도체 단결정 박막을 형성할 수 있도록 설계되어 있다. 또한, Unix system을 기초로한 전공정의 컴퓨터 자동제어 및 고속 직선운동의 분자선 차단 셔터를 채용하여 원자레벨의 정확한 두께, 조성제어가 요구되는 다층 양자 우물(Multi-quantum Well:MQW) 구조의 제조에 적합한 특징을 갖고 있다

#### III. 실험방법

Epi성장에 앞서 c-plane sapphire 기판을 유기용매에 탈지후 황산과 인산의 비율이 3:1인 용액에서 etching하여 기판을 세정하였다. 기판을 MBE 용기에 장입후 850℃에서 30분간 thermal desorption하였으며, 20분간 질소 rf plasma에 노출하여 얇은 AlN층을 형성한후 550℃에서 30분간 AlN buffer층을 성장하였다. GaN층은 질소 rf plasma 출력을 200~450W, Ga cell의 온도를 910~940℃로 변화하며 성장시켰으며, 이때 진공도는 질소 유입량을 2 sccm으로 유지시켰을 때  $5 \times 10^{-6}$  torr 였다. 성장을 완료한 시료들은 double crystal x-ray 회절 (DXRD)로 결정성을 조사하였으며, 전기적, 광학적 특성을 측정하기 위하여 van der Paw Hall 측정 및 Photoluminescence (PL) 측정을 실시하였다.

#### IV. 결과 및 고찰

제작된 III-V MBE 장비를 사용하여 GaN 단결정 박막을 성장한 결과 최고 시간당 0.5  $\mu\text{m}$ 의 결정 성장률을 얻었다. 상온 PL 측정 결과 3.47eV에서 반치폭 (Full Width Half Maxima) 70meV이며, 강한 강도의 exciton peak를 얻었으며, 특히 yellow emission이 측정되지 않음으로서 성장된 GaN epi층의 광학적 특성이 우수함을 알 수 있었다 (그림 2). MBE 성장중 반사 전자회절 (Reflective high energy electron beam diffraction:RHEED) 측정 결과, 그림 3에서 볼 수있듯이 1  $\mu\text{m}$  두께의 GaN epi층에서 매우 streaky한 회절 패턴을 얻음과 동시에 p형으로 doping한 1  $\mu\text{m}$  두께의 GaN 시료를 DXRD로 측정하여 12 arc min의 반치폭을 얻음으로서 결정성이 우수한 GaN 단결정을 성장할 수 있었다 (그림 4). 특히, Mg를 사용한 p형 doping 결과  $4.8 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 의 doping 농도를 얻음으로서 p-n homojunction LED를 제작하여 청색 발광을 관찰하였다.

#### V. 결론

본 GaN 전용 MBE를 사용하여 청색 LED의 제조가 가능하여짐에 따라 향후 빛의 삼원색인 적,녹,청색의 full color display가 가능한 LED의 연구개발과 나아가 DVDP/DVDR, CD-rom, laser printer등 정보처리용 광원의 제조에 필수인 청색, 자외선영역의 LD의 개발에 활용할 계획이다.

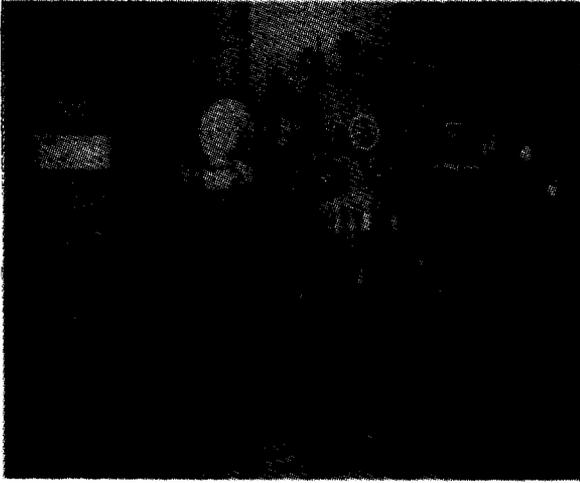


Fig 1. GaN 전용 III-V MBE 장비

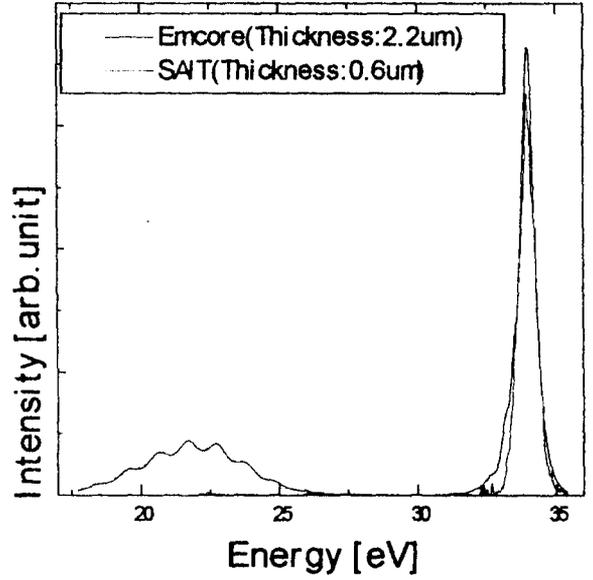


Fig 2. Undoped GaN 시료의 PL spectrum

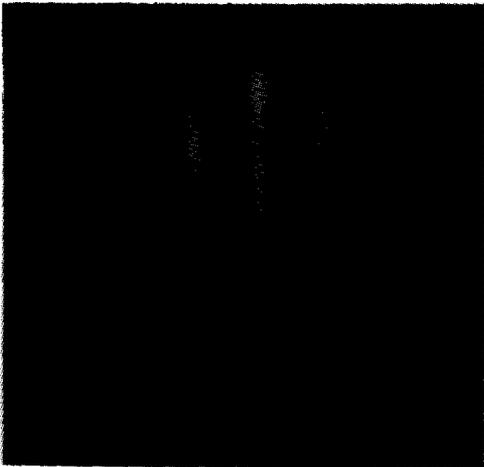


Fig 3. GaN Epilayer의 (1120) RHEED Pattern

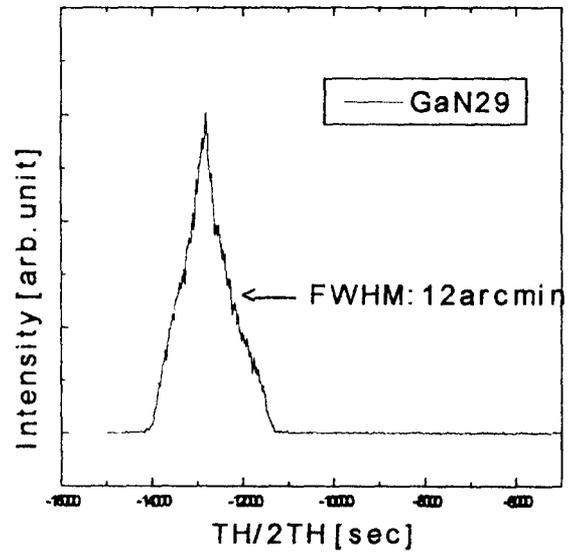


Fig 4. p형 GaN의 Double Crystal X-ray Diffraction