

CBE로 성장한 GaInP 박막의 구조적, 광학적 성질

K-JIST : 양전자, 성태연, 송종인<sup>a)</sup>, 유필원<sup>a)</sup>

광주과학기술원 신소재공학과 반도체 박막 연구실

<sup>a)</sup>정보통신공학과

1. 서론

GaAs 기판 위에 성장된 GaInP는 visible light-emitting diodes, lasers와 같은 광전 소자의 응용에 많은 관심을 끌고 있다. GaInP는 주로 organometallic vapour phase epitaxy (OMVPE)로 성장되어 왔지만, 최근에 cladding layers로서 GaInP를 이용한 0.98 $\mu$ m lasers 성장이 CBE에 의해 이루어졌다. OMVPE로 성장된 GaInP(001) 층에서 일반적으로 CuPt-type ordering이 발생되고 있으며, TEM (transmission electron microscopy)을 통해 널리 연구되어 왔다. 그러나, CBE로 성장한 GaInP 층의 미세구조는 아직까지 광범위하게 연구되지 않고 있다. 따라서, 본 연구에서는 CBE로 GaAs(001) 기판 위에 성장된 GaInP 층의 구조적 특성과 광학적 성질의 상관 관계를 비교하기 위해 TEM과 TED (diffraction) 그리고 PL (photoluminescence)연구를 수행하였다.

2. 실험 방법

Ga<sub>x</sub>In<sub>1-x</sub>P는 TEIn, TEGa 그리고 PH<sub>3</sub>를 사용하여, (001) GaAs 기판 위에 490에서부터 580 $^{\circ}$ C 범위의 성장 온도와 0.23nm/s의 성장속도에서 CBE로 성장시켰다. TEM과 TED 연구를 위한 cross section 시편은, [110]과 [-110], mechanical polishing을 한 후 Ar<sup>+</sup> ion milling을 이용해서 준비했으며, plan view 시편은 chemical etching으로 준비하였다. [110]과 [-110] 방향 측정을 위해서 convergent beam electron diffraction technique이 사용되었다.

3. 결과 및 고찰

TED 연구 결과, 490에서 550 $^{\circ}$ C의 온도에서 성장한 GaInP 에피 박막에서 zinc-blende 구조와 관련된 spots 이외에 [001] 방향을 따라 늘어난 diffuse scattering이 관찰되었다. Diffuse scattering은 정확하게 1/2(-110)가 아닌 1/2(-1- $\delta$ , 1- $\delta$ , 0)위치에서 나타났다. Diffuse scattering의 강도(intensity)는 온도에 의존하는데, 온도가 증가할수록 더 강해졌다. 그리고, 그 위치도 또한 1/2(-110) 위치로 점점 접근해갔다. 이것은 기존에 보고된 CuPt-type ordering과는 다른 형태로 short-range order에 기인된 것으로 보인다. 580 $^{\circ}$ C에서 성장한 GaInP에서는 CuPt-type ordering과 관련된 약한 1/2{111} extra spots을 보였다. Extra spots은 [001] 방향으로 늘어났으며 약 14 $^{\circ}$ 정도 기울어져 있다. 이는 sharp한 planar defect가 존재하거나 ordered domains이 작고 좁기 때문이다. 580 $^{\circ}$ C의 경우에는 diffuse scattering이 나타나지 않는다. 따라서, short-range order에서 long-range order로 가는 임계 온도가 존재할 것으로 생각된다. PL 측정 결과 580 $^{\circ}$ C에서 성장한 GaInP의 bandgap은 1.9548eV로 완전히 random한 bulk 경우의 1.976eV 보다 약 20meV정도 감소하였다. 이러한 작은 감소는 ordering 정도가 낮거나 ordered된 영역의 부피가 작기 때문이며, TED 결과와도 잘 일치한다. 또한 550 $^{\circ}$ C에서 성장한 GaInP의 경우 bandgap은 1.9046eV로 약 70meV정도 감소했다.