

Hot Wall Epitaxy (HWE)법에 의해 성장된 AgGaSe₂ 에피레이어의 점결함 연구

홍명석, 홍광준*

조선대학교 기계공학과, 조선대학교 물리학과*

Point defect for AgGaSe₂ epilayers grown by hot wall epitaxy

Myungseok Hong, Kwangjoon Hong*

Department of Mechanical Engineering, Chosun University

* Department of Physics, Chosun University

Abstract: To obtain the single crystal thin films, AgGaSe₂ mixed crystal was deposited on thoroughly etched semi-insulating GaAs(100) substrate by the hot wall epitaxy (HWE) system. The source and substrate temperatures were 630°C and 420°C, respectively. The temperature dependence of the energy band gap of the AgGaSe₂ obtained from the absorption spectra was well described by the Varshni's relation, $E_g(T) = 1.9501 \text{ eV} - (8.79 \times 10^{-4} \text{ eV/K})T^2/(T + 250 \text{ K})$. After the as-grown AgGaSe₂ single crystal thin films was annealed in Ag-, Se-, and Ga-atmospheres, the origin of point defects of AgGaSe₂ single crystal thin films has been investigated by the photoluminescence(PL) at 10 K. The native defects of V_{Ag} , V_{Se} , Ag_{int} , and Se_{int} obtained by PL measurements were classified as a donors or acceptors type. And we concluded that the heat-treatment in the Ag-atmosphere converted AgGaSe₂ single crystal thin films to an optical p-type. Also, we confirmed that Ga in AgGaSe₂/GaAs did not form the native defects because Ga in AgGaSe₂ single crystal thin films existed in the form of stable bonds.

Key words : point defect, hot wall epitaxy, single crystal thin film, thermal annealing, photoluminescence

1. 서론

AgGaSe₂는 I-III-VI₂족 화합물 반도체로서 상온에서 에너지 띠틈간격이 1.81 eV 인 직접 천이형 반도체이어서 비선형 광학 소자[1] IR detector등[2]에 응용성이 기대되고 있어 주목되고 있는 물질이다. 본 연구에서는 합성된 AgGaSe₂ 단결정을 이용하여 HWE 방법으로 반질연성 GaAs(100) 위에 AgGaSe₂ 단결정 박막을 성장시켰으며, 결정성은 광발광의 exciton emission 스펙트럼과 이중 결정 X선 요동 곡선(double crystal X-ray rocking curve, DCRC)의 반폭치(FWHM)를 측정하여 알아보았다. Van der Pauw 방법으로 Hall 효과를 측정하여 운반자 농도(carrier density)와 이동도(mobility)의 온도 의존성을 연구하였다. 또한 성장된 AgGaSe₂ 단결정 박막을 Ag, Ga 및 Se 증기 분위기에서 각각 열처리한 후 광발광 스펙트럼을 측정하고 분석하여 이러한 열처리 결과가 중성 주개에 구속된 exciton (D_0, X)과 중성 받개에 구속된 exciton (A_0, X)에 의한 복사 발광 봉우리 I_2 와 I_1 및 SA emission에 의한 PL 봉우리에 어떤 영향을 미치는가를 연구하였다. 막 성장(as-grown)된 AgGaSe₂ 단결정 박막과 여러 분위기에서 열처리한 결정들에 대한 지배적인 point defect들이 광발광 측정에 의해 연구하여 이러한 결과들로부터 AgGaSe₂ 단결정 박막내에 내재된 결함들의 기원에 대하여 논의할 것이다

2. 결과 및 고찰

2.1. 열처리한 AgGaSe₂ 단결정 박막의 광발광 스펙트럼

AgGaSe₂ 단결정 박막을 960 °C의 Ag 분위기에서 1시간 동안 열처리하여, 10 K에서 측정한 PL spectrum을 Fig. 1에 보였다. 열처리 이전의 10 K때의 PL spectrum과 비교하면 Fig. 1에서는 I_1 봉우리와 SA emission에 의한 것으로 보이는 broad한 PL 봉우리가 아예 나타나지 않고 있다.

Ag 분위기에서 열처리하면 V_{Ag}^{-2} site가 Ag로 채워지고, $(V_{Ag}-I_{Se})^{-1}$ 형태의 SA center가 없어져 complex acceptor가 생기지 아니하고 SA emission에 의한 broad한 PL peak도 나타나지 않는다고 본다. Ag 분위기의 열처리로 그 이전보다 donor-acceptor pair(DAP)재결합에 의한 발광 봉우리의 세기가 더 증가한 것처럼 보인다.

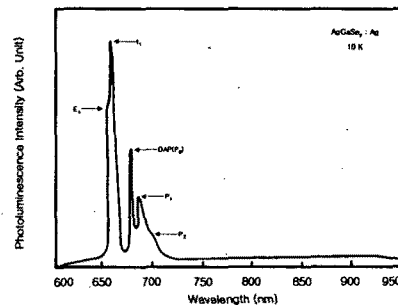


Fig. 1. Photoluminescence spectrum at 10 K of undoped AgGaSe₂ single crystal thin film annealed in Ag vapour.

AgGaSe₂ 단결정 박막을 Se 분위기에서 1시간 동안 480 °C에서 열처리하여 10 K에서 측정한 PL spectrum을 Fig. 2에 보였다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 I_2 봉우리가 나타나지 아니하였다. Neutral selenium vacancy V_{Se}^0 인 donor에 구

속된 exciton(D_0, X)에 의한 PL 발광봉우리 I_2 가 없어진 것은 Se 분위기에서 열처리하여 V_{Se}^0 에 Se 원자가 채워지고 V_{Se}^0 가 없어져 V_{Se}^0 에 구속될 exciton(D_0, X)가 없기에 I_2 가 나타나지 않는다고 고찰된다.

그리고 $AgGaSe_2$ 단결정 박막을 1015 °C로 Ga 분위기에서 1시간 동안 열처리한 $AgGaSe_2$ 단결정 박막을 10 K에서 측정된 PL spectrum을 Fig. 3에 보였다. Ga 분위기에서 열처리하면 그 이전의 PL spectra와 거의 같은 모양을 하고 있다. Ga의 영향을 거의 받지 않고 $AgGaSe_2$ 단결정 박막이 제작되었다고 본다.

Se 원자에 의해 채워지고 neutral donor V_{Se}^0 가 없어져 구속될 exciton(D^0, X)가 생기지 아니하여 I_2 봉우리가 관측되지 않는다고 본다. Ga 분위기에서 $AgGaSe_2$ 단결정 박막을 열처리하여 10 K에서 PL spectrum을 측정된 결과 Ga 분위기에서 열처리하면 그 이전의 PL spectra와 거의 같은 모양을 하고 있다. 이것은 Ga의 영향을 거의 받지 않고 $AgGaSe_2$ 단결정 박막이 제작되었다고 본다.

참고 문헌

- [1] S.Wagner, J.L. Shay, P. Migliorato and H.M. Kasper, Appl. Phys. Lett. 25 (1974) 434.

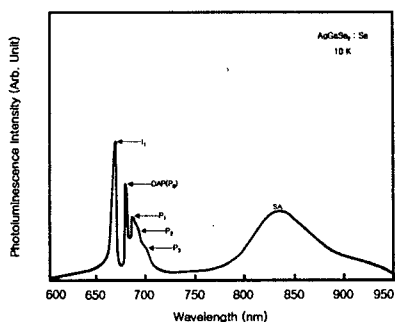


Fig. 2. Photoluminescence spectrum at 10 K of undoped $AgGaSe_2$ single crystal thin film annealed in Se vapour.

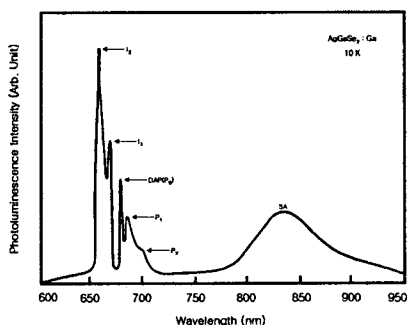


Fig. 3. Photoluminescence spectrum at 10 K of undoped $AgGaSe_2$ single crystal thin film annealed in Ga vapour

3. 결론

$AgGaSe_2$ 단결정 박막을 HWE 방법으로 성장시켰다. Ag 분위기에서 $AgGaSe_2$ 단결정 박막을 열처리하여 10 K에서 PL spectrum을 측정된 결과 I_1 봉우리와 SA emission에 의한 것으로 보이는 broad한 PL 봉우리가 나타나지 않았다. 중성 발개 V_{Ag}^0 에 구속된 exciton(A_0, X)에 의해 발광된 봉우리 I_1 이 나타나지 않는 것은 Ag분위기에서의 열처리로 Ag의 vacancy V_{Ag}^0 가 Ag로 채워지고 V_{Ag}^0 가 없어져, V_{Ag}^0 에 구속된 exciton(A_0, X)가 없기에 I_1 이 나타나지 않는다고 고찰된다. Se 분위기에서 $AgGaSe_2$ 단결정 박막을 열처리하고, 10 K에서 측정된 PL spectrum에는 SA emission에 의한 PL 봉우리는 broad하게 그대로 있는데 I_2 봉우리가 관측되지 아니하였다. 중성 donor V_{Se}^0 가 Se 분위기에서 열처리로