

Hot Wall Epitaxy(HWE)법에 의해 성장된 AgGaS₂ 단결정 박막의 특성

이 관 교*, 홍 광 준**

*조선대학교 물리교육과, **조선대학교 물리학과

Characterization for AgGaS₂ single crystal thin film grown by hot wall epitaxy

Gyoungyo Lee*, Kwangjoon Hong**

*Department of Physical Education, Chosun University,

**Department of Physics, Chosun University

Abstract : A stoichiometric mixture of evaporating materials for AgGaS₂ single crystal thin films was prepared from horizontal electric furnace. To obtain the single crystal thin films, AgGaS₂ 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 590 °C and 440 °C, respectively. The temperature dependence of the energy band gap of the AgGaS₂ obtained from the absorption spectra was well described by the Varshni's relation, $E_g(T) = 2.7284 \text{ eV} - (8.695 \times 10^{-4} \text{ eV/K})T^2/(T + 332 \text{ K})$. After the as-grown AgGaS₂ single crystal thin films was annealed in Ag-, S-, and Ga-atmospheres, the origin of point defects of AgGaS₂ single crystal thin films has been investigated by the photoluminescence(PL) at 10 K.

Key words : AgGaS₂ single crystal thin films, hot wall epitaxy, energy band gap

1. 서 론

AgGaS₂는 I-III-VI₂족 화합물 반도체로서 상온에서 에너지 띠간격이 2.61 eV인 직접 천이형 반도체이어서 비선형 광학 소자[1], 발광 다이오드[2], 태양 전지[3-5] 등에 응용성이 기대되고 있어 주목되고 있는 물질이다. 본 연구에서는 수평 전기로를 제작하여 6N의 Ag, Ga, S 시료를 mole 비로 칭량하여 starting element로 하여 수평로에서 용융 성장법으로 AgGaS₂ 다결정을 합성하였다. 합성된 다결정은 XRD(X-ray diffraction)을 측정하여 결정구조 및 격자 상수를 구하였으며, EDS(energy dispersive X-ray spectrometer)를 이용하여 성분 및 조성비를 확인하였다. 합성된 AgGaS₂ 다결정을 이용하여 HWE 방법으로 반질연성 GaAs(100) 위에 AgGaS₂ 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.

2. 실험 결과 및 고찰

2.1. Hall 효과

선작된 AgGaS₂ 단결정 박막을 van der Pauw 방법으로 Hall 효과를 293 K에서 30 K까지 온도 변화를 주면서 측정된 값들 중 이동도 μ 값을 그림 1에 나타내었다. 그림 1에서 보는바와 같이 이동도가 상온에서는 296 cm²/V-sec였으며 Fujita[3]의 결과와 같이 100 K에서 293 K까지는 격자 산란(lattice scattering), 30 K에서 100 K까지는 불순물 산란(impurity scattering)에 기인한 것으로 생각된다. Carrier density는 온도 1/T에 대한 음의 지수 형태에 따라 변하고 있었으며 이 때에 온도 역수(1/T)에 대한 $\ln n$ 값이다. 활성화에너지 E_a 는 $n \propto \exp(-E_a/kT)$ 의 기울기에서 구한 결과 57 meV였다.

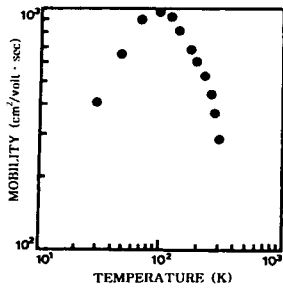


Fig. 1. Temperature dependence of mobility for AgGaS₂ single crystal thin film

2.2 AgGaS₂ 단결정 박막의 광흡수 스펙트럼

AgGaS₂ 단결정 박막의 온도에 따른 광흡수 스펙트럼을 293 K에서 10 K까지 온도를 변화시키면서 측정하여 그림 3에 보였다. 광흡수 스펙트럼으로 부터 조사광의 에너지 (hv)에 대응하는 광흡수 계수 (α)를 구하고 $(\alpha hv) \sim (hv - E_g)$ 의 관계로부터 에너지 갭을 구하였다.

그림 3은 AgGaS₂ 단결정 박막의 흡수 곡선에 의한 direct band gap의 온도 의존성을 나타내고 있다. Direct band gap의 온도 의존성은 Varshni식 [11]인

$$E_g(T) = E_g(0) - \frac{\alpha T^2}{T + \beta} \quad (1)$$

을 잘 만족하고 있다. 여기서, $E_g(0)$ 는 0 K에서의 에너지 갭, α 와 β 는 상수이며, $E_g(0)$ 는 2.7284 eV이고 α 는 8.695×10^{-4} eV/K, β 는 332 K이다.

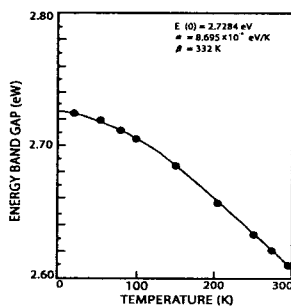


Fig. 2. Temperature dependence of energy gap in AgGaS₂ single crystal thin film. (The solid line represents the fit to the Varshni equation)

3. 결론

AgGaS₂ 단결정 박막을 HWE 방법으로 성장시켰다. X-선 회절 측정 결과 Laue의 회절 무늬로 부터 AgGaS₂ 박막은

(112)면으로 성장된 단결정 박막임을 알 수 있었다. AgGaS₂ 단결정 박막의 최적 성장 조건은 기판의 온도가 440 °C, 증발원의 온도가 590 °C 일때였고, 이때 PL 스펙트럼의 exciton emission 스펙트럼이 가장 강하게 나타났고, 이중결정 X선 요동곡선(DCRC)의 반치폭(FWHM) 값은 124 arcsec로 가장 작았다. 상온에서 Hall 효과를 측정한 결과 운반자 농도와 이동도는 각각 $9.47 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 과 $296 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 인 p형 단결정 박막이었다.

Reference

- [1] S.Wagner, J.L. Shay, P. Migliorato and H.M. Kasper, "Study of the Band Edge in AgGaS₂ by Photovoltaic effect", Appl. Phys. Lett. 25 (1974) 434.