

# Hot Wall Epitaxy(HWE)법에 의한 AgGaSe<sub>2</sub> 단결정 박막 성장과 전기적 특성

박창선, 홍광준\*

조선대학교 금속재료공학과, \*조선대학교 물리학과

## Growth and electrical properties for AgGaSe<sub>2</sub> epilayers by hot wall epitaxy

Kwangjoon Hong\*

Department of Metal Material Engineering, Chosun University, Kwangju 501-759, Korea

\*Department of Physics, Chosun University, Kwangju 501-759, Korea

**Abstract :** Single crystal AgGaSe<sub>2</sub> layers were grown on thoroughly etched semi-insulating GaAs(100) substrate at 420 °C with hot wall epitaxy (HWE) system by evaporating AgGaSe<sub>2</sub> source at 630 °C. The crystalline structure of the single crystal thin films was investigated by the photoluminescence and double crystal X-ray diffraction (DCXD). The carrier density and mobility of single crystal AgGaSe<sub>2</sub> thin films measured with Hall effect by van der Pauw method are  $9.24 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  and  $295 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$  at 293 K, respectively.

**Key words :** hot wall epitaxy, single crystal thin film, carrier density, mobility

### 1. 서론

AgGaSe<sub>2</sub>는 I-III-VI<sub>2</sub>족 화합물 반도체로서 상온에서 에너지 띠간격이 1.81 eV 인 직접 천이형 반도체이어서 비선형 광학 소자<sup>1)</sup> IR detector등<sup>2)</sup>에 응용성이 기대되고 있어 주목되고 있는 물질이다. 특히 AgGaSe<sub>2</sub>는 원격외선 복사파의 주파수 감지장치, 적외선 복사파의 주파수의 증폭, 변조 전환 (conversion)장치에 이용할 수 있는 비선형 광학 소자로의 응용성 때문에 양질의 결정 성장과 물성에 관한 연구가 진행되고 있다<sup>3,5)</sup>.

본 연구에서는 AgGaSe<sub>2</sub> 다결정을 증발원으로 하여 HWE 방법을 이용하여 반절연성(semi-insulate:SI) GaAs (100) 기판 위에 AgGaSe<sub>2</sub> 단결정 박막을 성장시켰으며, 결정성은 photoluminescence(PL)의 exciton emission 스펙트럼과 이중 결정 X선 요동 곡선(double crystal X-ray rocking curve, DCRC)의 반폭치(FWHM)를 측정하여 알아보았다. 또한 온도 의존성 하는 Hall 효과를 측정하여 운반자 농도와 이동도를 측정하여 광전소자로서의 가능성을 알아보았다.

### 2. 실험 결과 및 고찰

#### 2-1. AgGaSe<sub>2</sub> 박막 성장 조건과 결정구조

HWE에 의한 AgGaSe<sub>2</sub> 단결정 박막 성장은 우선적으로 반절연성 GaAs(100) 기판의 불순물을 제거하기 위하여 기판을 chemical etching 하고, 증발원의 온도를 630 °C, 기판의 온도를 400 ~ 460 °C로 변화시키면서 성장하였다. Fig.1은 기판의 온도를 420 °C로 하여 성장한 단결정 박막으로 10K에서 측정된 광발광(photoluminescence) 스펙트럼으로서 688.5nm(1.8008eV)에서 exciton emission 스펙트럼이 가장 강하게 나타났다. 이때 exciton에 의한 발광 스펙트럼은 결함이 적은 결정이 저온에서 발광할 수 있는 것으로서 성장

된 단결정 박막의 질이 양호함을 뜻한다. 성장된 박막들의 이중결정 X선 요동곡선(DCRC)의 반치폭(FWHM)를 측정 한 결과, Fig.2와 같이 기판의 온도가 420 °C일 때 반치폭(FWHM) 값이 136 arcsec로 가장 작았다. 이러한 측정 결과로부터 증발원의 온도가 630 °C, 기판의 온도가 420 °C일 때 열역학적인 평행 상태가 되어 단결정 박막의 결정성이 가장 좋아 최적의 성장 조건임을 알 수 있었다.

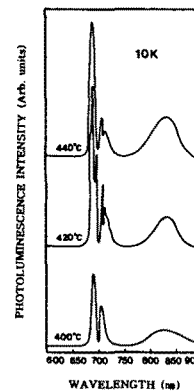


Fig. 1. PL spectra at 10K according to the substrate temperature variation.

#### 2.2 Hall 효과

성장된 AgGaSe<sub>2</sub> 단결정 박막을 van der Pauw 방법으로 Hall 효과를 293 K에서 30 K까지 온도 변화를 주면서 측정한 값들 중 이동도  $\mu$  값을 그림 2에 나타내었다. 그림 2에서 보는바와 같이 이동도가 상온에서는  $296 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 였으며 Fujita[6]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  $1/T$ 에 대한 음의 지수 형태에 따라 변하고 있었으며 이 때에 온도 역수( $1/T$ )에 대한  $\ln n$  값

은 그림 3과 같다. 활성화에너지  $E_a$ 는  $n \propto \exp(-E_a/kT)$ 로부터 그림 3의 기울기에서 구한 결과 61 meV였다. 또한 Hall 효과 측정값으로부터 Hall 계수들이 양의 값이어서 AgGaSe<sub>2</sub> 단결정 박막은 self activated(SA)에 기인하는 p형 반도체임을 알 수 있었다.

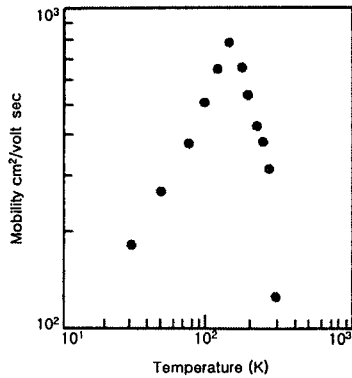


Fig. 2. Temperature dependence of mobility for AgGaSe<sub>2</sub> single crystal thin film.

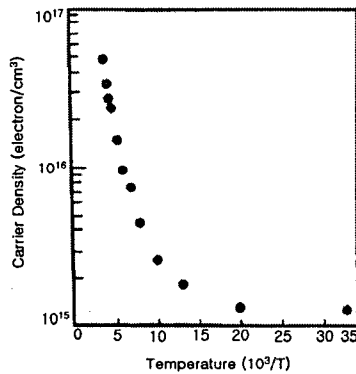


Fig. 3. Temperature dependence of carrier density for AgGaSe<sub>2</sub> single crystal thin film.

### 3. 결 론

AgGaSe<sub>2</sub> 단결정 박막 박막을 HWE 방법으로 성장시켰다. X-선 회절 측정 결과 Laue의 회절 무늬로부터 AgGaSe<sub>2</sub> 박막은 (001)면으로 성장된 단결정 박막임을 알 수 있었다. 최적 성장 조건은 기판의 온도가 420 °C, 증발원의 온도가 630 °C 일 때이었고, 이때 PL 스펙트럼에서 exciton emission 스펙트럼이 가장 강하게 나타났고 이중 결정 X선 요동곡선(DCRC)의 반치폭(FWHM) 값이 127 arcsec로 가장 작았다. 상온에서 Hall 효과를 측정한 결과 운반자 농도와 이동도는 각각  $9.24 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 과  $295 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 인 p형의 단결정 박막이었다. 운반자 농도의 온도의존성은 온도 역수에 대해 음의 지수 형태에 따라 변화하였으며,  $\ln n$  과 온도  $1/T$ 에서 구한 활성화 에너지는 124 meV였다.

### 참고 문헌

- [1] L. Roa, J. C. Chervin, A. Chevy, M. Davila, P. grima, and J. Gonzalez, Phys. Stat. Sol., 198, 99 (1996)
- [2] Nobuyuki Yamamoto, Jpns. J. of Applied Phys., 15, 1909 (1976)
- [3] V. A. Savchuk, B. V. Korzoun, D. I. Zhigunov, J. Crys. Growth, 158, 385 (1996)
- [4] A. M. Andriesh, N. N. Syrбу, M. S. Iovu, and V. E. Tazlavan, Phys. Stat. Sol. 187, 83 (1995)