

Hot Wall Epitaxy (HWE)법에 의해 성장된 ZnIn₂S₄ 에피레이어의 전기적 특성

이 상 열, 홍 광 준

조선대학교 물리학과, 광주, 501-759 (062) 230 - 6637

Electrical properties for ZnIn₂S₄ epilayers grown by Hot Wall Epitaxy

Sangyoul Lee, Kwangjoon Hong

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

Abstract : Single crystal ZnIn₂S₄ layers were grown on a thoroughly etched semi-insulating GaAs(100) substrate at 450 °C with the hot wall epitaxy (HWE) system by evaporating the polycrystal source of ZnIn₂S₄ at 610 °C prepared from horizontal electric furnace. 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 ZnIn₂S₄ thin films measured with Hall effect by van der Pauw method are 8.51×10^{17} electron/cm³, 291 cm²/v·s at 293 K, respectively.

Key Words : ZnIn₂S₄, carrier density, mobility, optimum growth condition

1. 서 론

ZnIn₂S₄는 II-III₂-VI₄족 화합물 반도체로서 상온에서 에너지 띠간격 E_g가 2.87 eV이고 직접 띠간격(direct band gap structure)을 갖는 민감한 광전도체이다.[1-3] 또한 Schottky-barrier photodetector, photoresistor, switch 소자 등에 다양하게 사용될 수 있어 지난 수년간에 걸쳐 연구가 진행되어 왔다.[4,5]

본 연구에서는 합성된 ZnIn₂S₄ 다결정을 HWE 방법을 이용하여 반절연성 GaAs(100)기판 위에 ZnIn₂S₄/GaAs epilayer를 성장시켰으며, 결정성은 photoluminescence(PL)의 exciton emission 스펙트럼과 이중 결정 X선 회절 곡선(double crystal X-ray diffraction rocking curve, DCXD)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

2.1 ZnIn₂S₄ 단결정 박막 성장 조건과 결정구조

HWE에 의한 ZnIn₂S₄ 단결정 박막 성장은 우선적으로 반절연성 GaAs(100) 기판의 불순물을 제거하기 위하여 기판을 chemical etching 하고, 증발원의 온도를 610 °C, 기판의 온도를 430 ~ 470 °C로 변화시키면서 성장시켰다. Fig. 1은 기판의 온도를 450 °C로 하여 성장한 ZnIn₂S₄ 단결정 박막 광발광(photoluminescence) 스펙트럼으로 10° K에서 433 nm(2.8633 eV)에서 exciton emission 스펙트럼이 가장 강하게 나타났다. 이때 exciton에 의한 발광 스펙트럼은 결함이 적은 결정이 저온에서 발광할 수 있는 것으로 성장된 단결정 박막의 질이 양호함을 뜻한다. 성장된 ZnIn₂S₄ 단결정 박막의 이중결정 X선 회절곡선(DCXD)의 반폭치(FWHM)를 측정된 결과, Fig. 2과 같이 기판의 온도가 450 °C 일

때 반폭치(FWHM) 값이 128 arcsec로 가장 작았다. 이러한 측정 결과로부터 ZnIn₂S₄ 단결정 박막의 최적 성장 조건은 기판의 온도가 450 °C, 증발원의 온도가 610 °C임을 알 수 있었다. 또한 증발원의 온도를 610 °C, 기판의 온도를 450 °C로 하여 성장한 ZnIn₂S₄ 단결정 박막의 두께는 α -step profilometer로 측정된 결과 2.9 μ m로 성장되었음을 알 수 있었다.

2.2 Hall 효과

성장된 ZnIn₂S₄ 단결정 박막을 van der Pauw 방법으로 Hall 효과를 293 K에서 30 K까지 온도 변화를 주면서 측정된 값들 중 이동도 μ 값을 Fig. 9에 나타내었다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 이동도가 상온에서는 291 cm²/V·sec였으며 Fujita[15] 결과와 같이 100 K에서 293 K까지는 격자 산란

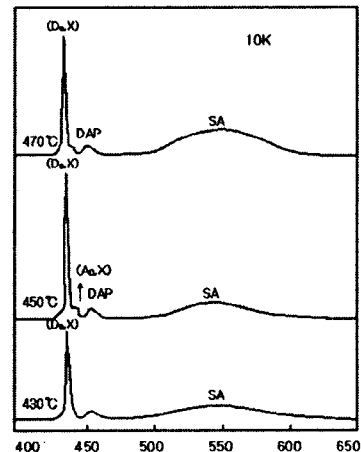


Fig. 1. PL spectra at 10 K according to t substrate temperature variation of ZnIn₂S₄ single crystal thin film.

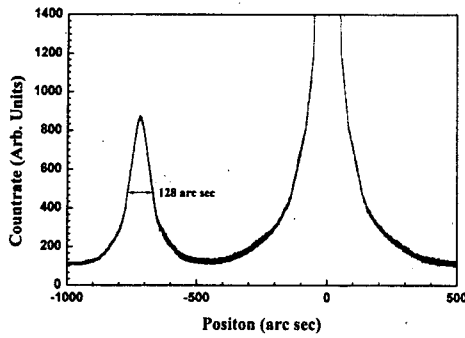


Fig. 2. Double crystal X-ray rocking curve of $ZnIn_2S_4$ single crystal thin film.

(lattice scattering), 30 K에서 100 K까지는 불순물 산란 (impurity scattering)에 기인한 것으로 생각된다. Carrier density (n)은 온도 $1/T$ 에 대한 음의 지수 형태에 따라 변하고 있었으며 이 때에 온도 역수($1/T$)에 대한 $\ln n$ 값은 Fig. 4와 같다. 활성화 에너지 E_d 는 $n \propto \exp(-E_d/kT)$ 로부터 Fig. 4의 기울기에서 구한 결과 138 meV였다. 또한 Hall 효과 측정값으로부터 Hall 계수들이 음의 값이어서 $ZnIn_2S_4$ 단결정 박막은 self activated(SA)에 기인하는 n형 반도체임을 알 수 있었다.

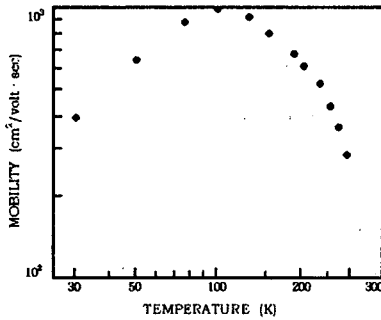


Fig. 3. Temperature dependence of mobility for $ZnIn_2S_4$ single crystal

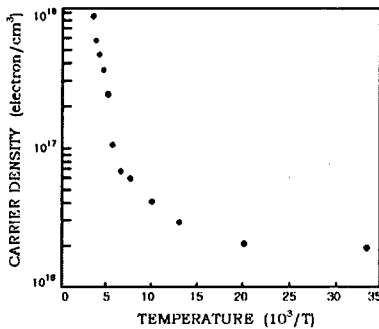


Fig. 4. Temperature dependence of carrier density for $ZnIn_2S_4$ single crystal thin film.

3. 결론

$ZnIn_2S_4$ 단결정 박막 박막을 HWE 방법으로 성장시켰다. X선 회절 측정 결과 Laue의 회절 무늬로부터 $ZnIn_2S_4$ 박막은 (112)면으로 성장된 단결정 박막임을 알 수 있었다. 최적 성장 조건은 기판의 온도가 450 °C, 증발원의 온도가 610 °C 일 때이었고, 이때 PL 스펙트럼에서 exciton emission 스펙트럼이 가장 강하게 나타났고 이중 결정 X선 요동곡선(DCRC)의 반치폭(FWHM) 값이 128 arcsec로 가장 작았다. 상온에서 Hall 효과를 측정 한 결과 운반자 농도와 이동도는 각각 8.51×10^{17} electron/cm³, 291 cm²/v·s인 n형의 단결정 박막이었다. 운반자 농도의 온도 의존성은 온도 역수에 대해 음의 지수 형태에 따라 변화하였으며, $\ln n$ 과 온도 $1/T$ 에서 구한 활성화 에너지는 138 meV 였다.

참고 문헌

- [1] Richard K. Ahrenkiel and T. R. Massopust, Appl. Phys. Lett., Vol. 43, No. 7, pp. 658-661, 1983.