

Bridgman법에 의한 CdIn₂Te₄ 단결정 성장과 에너지 밴드갭의 온도 의존성

홍광준*, 박창선**

조선대학교 물리학과*, 조선대학교 금속재료공학과**

Growth and temperature dependence of energy band gap for CdIn₂Te₄ Single Crystal by Bridgman method

Kwangjoon Hong*, Changsun Park**

*Department of Physics, Chosun University

**Department of Metallurgical material Engineering, Chosun University

Abstract: A stoichiometric mixture for CdIn₂Te₄ single crystal was prepared from horizontal electric furnace. The CdIn₂Te₄ single crystal was grown in the three-stage vertical electric furnace by using Bridgman method. The quality of the grown crystal has been investigated by the x-ray diffraction and the photoluminescence measurements.. The (001) growth plane of oriented CdIn₂Te₄ single crystal was confirmed from back-reflection Laue patterns. The carrier density and mobility of CdIn₂Te₄ single crystal measured with Hall effect by van der Pauw method are $8.61 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ and $242 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ at 293 K, respectively. The temperature dependence of the energy band gap of the CdIn₂Te₄ single crystal obtained from the absorption spectra was well described by the Varshni's relation, $E_g(T) = 1.4750 \text{ eV} - (7.69 \times 10^{-3} \text{ eV})T^2/(T+2147)$.

1. 서 론

CdIn₂Te₄는 II-III₂-VI₄족 화합물 반도체로 상온에서 에너지 띠 간격이 1.2 eV[1-5]이고 space group S₄²-14에 속하는 tetragonal 구조의 반도체이다.[6-11].

본 연구에서는 수평 전기로에서 용융 성장법으로 6N의 Cd, In, Te 시료를 mole비로 칭량하여 다결정을 합성하여, 3 단 수직로에서 Bridgman 방법으로 CdIn₂Te₄ 단결정을 성장하였다. 성장된 CdIn₂Te₄ 단결정을 XRD(X-ray diffraction)을 측정하여 결정구조 및 격자상수를 구하였으며, Laue 배면 반사법을 이용하여 단결정임을 확인하였다. CdIn₂Te₄ 단결정의 c 축에 수직인 면의 광흡수 spectra로부터 온도에 의존하는 band gap E_g(T)를 연구하고자한다.

2. 실험

Bridgman 상단 수직 전기로에 합성된 다결정 CdIn₂Te₄ 시료를 ampoule 끝이 뾰족하게 세공된 부분에 넣고 2×10^{-6} torr로 진공 봉입하여 하단으로 향하게 하였다. 고온부의 시작점에 ampoule을 고정하고 수직로의 온도는 상,중,하 각각 700 ℃, 900 ℃, 350 ℃가 되도록 온도를 서서히 올린 후 48시간동안 시료를 용융시켜 용액이 균질하게 반응하도록 하였다. 이 ampoule을 0.75 mm/hr로 하강시켰으며 이 때 성장된 CdIn₂Te₄ 단결정은 그림1과

같이 높이 28 mm, 직경 10 mm인 원추형으로 성장되었다.



그림 1. CdIn₂Te₄ 단결정 사진

3. 실험 결과 및 고찰

CdIn₂Te₄ 단결정 박막의 온도에 따르는 광흡수 스펙트럼을 293 K에서 10 K까지 측정하여 그림 2에 보였다. 광흡수 스펙트럼으로부터 조사광의 에너지 (hv)에 대응하는 광흡수 계수 (α)를 구하고 (αhv) ~ (hv - E_g)의 관계로부터 에너지 갭을 구하여 표 1에 모았다.

그림 3은 CdIn₂Te₄ 단결정의 흡수 곡선에 의한 direct band gap의 온도 의존성을 나타내고 있다. Direct band gap의 온도 의존성은 varnish 공식

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

을 잘 만족하고 있으며, (1)식에서 E_g(0)는 0K에서의 에너지 갭, α과 β는 상수이다. 여기서 E_g(0)=

1.4750 eV, $\alpha = 7.69 \times 10^{-3} \text{ eV/K}$, $\beta = 2147\text{K}$ 로 주어진다.

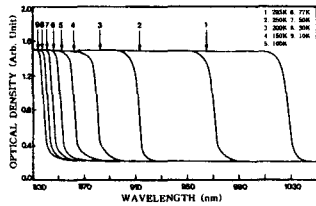


그림 2. CdIn₂Te₄ 단결정의 온도에 의존하는 광 흡수 스펙트럼

표1. CdIn₂Te₄ 단결정의 온도에 의존하는 광 흡수 스펙트럼 봉우리

Temp (K)	Wavelength h(nm)	Energy(eV)
293	1029.4	1.2044
250	972.8	1.2745
200	922.5	1.3440
150	885.8	1.3997
100	860.5	1.4408
77	852.4	1.4545
50	845.6	1.4662
30	842.4	1.4718
10	840.8	1.4746

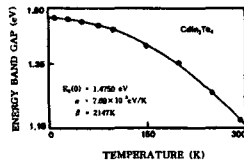


그림 3. CdIn₂Te₄ 단결정의 에너지갭 온도 의존성 (실선은 varshni 방정식을 나타냄)

4. 결 론

용융 성장법으로 합성한 CdIn₂Te₄ 다결정 분말을 발원체로 하여 Bridgman 방법으로 tetragonal structure의 CdIn₂Te₄ 단결정을 성장하였다. 다결정의 CdIn₂Te₄는 연구실에서 제작한 수평 전기로에서 6 N의 Cd, In, Te 시료를 mole비로 칭량하여 용융성장방법으로 성장한 것이다. c 축에 수직인 CdIn₂Te₄ 단결정 시료의 293K에서 10K까지 광 흡수 spectra로부터 varshni 공식에 따르는 E_g(T) 값을 E_g(T)=1.4750 eV-(7.69×10⁻³ eV/K)T²/(T+2147 K)와 같이 확인하였다. 그리고 이 E_g(T)는 가전자대 갈라짐으로 생긴 Γ_{7A} , Γ_{6B} , Γ_{7C} 가운데 Γ_{7A} 와 전도대 Γ_1 사이의 에너지 간격을 알았다.

참고문헌

1. S. A. Lopez-Rivera, L. Martinez, J. M. Briceno-Valero, R. Echeverria and G. Gonzalez de Armengol. Prog. Cryst. Growth Charact. 10, 297 (1985)
2. S. S. Ou, S. A. Eshraghi, O. M. Stafsudd and A. L. Gentile, J. Appl. Phys. 57, 2 (1985)
3. V. Riede, H. Neumann, V. Krämer and M. Kittel, Solid State Commun. 78, 211 (1991)
4. V. Riede, H. Neumann, V. Krämer, M. Kittel and H. Sobotta, Cryst. Res. Technol. 26, 639 (1991)
5. G. B. Abdullaev, V. G. Agaev, A. B. Antonov, R. Kh. Nani and E. Yu. Salaev, Sov. Phys. Semicond. 6, 1492 (1972)
6. L. I. Berger and V. D. Prochukham, "Ternary Diamond-like Semiconductor"(Consultant Bureau, New York, 1969)
7. A. Miller, D. J. Lockwood, A. Mackinnon and D. Weaire, J. Phys. C : Solid state phys. 9, 2997 (1976)
8. P. Manca, C. Muntoni, F. Raga and A. Spiga, Phys. Status Solidi(b), 44(1), 51 (1971)
9. K. W. Browall, J. S. Kasper and H. Wiedemeier, J. Solid State Chem. 10, 20 (1974)
10. F. S. Sinencio, J. G. Mendoza-alvarez and D. Zelaya, Thin Solid Films, 193 / 194, 382 (1990)
11. D. F. Edwards and D. F. O'kane, Bull.