

CdIn₂Te₄ 결정의 띠틈격 에너지의 온도 의존성과 가전자대 갈라짐에 대한 연구

홍 광준^a, 김 도선
 조선대학교 물리학과

Band gap energy and photocurrent splitting for CdIn₂Te₄ crystal by photocurrent spectroscopy

Kwangjoon Hong^a, Dosun Kima
^aDepartment of Physics, Chosun University

Abstract

Single crystal of CdIn₂Te₄ were grown by the Bridgman method without using seed crystals. From photocurrent measurements, its was found that three peaks, A, B, and C, correspond to the instrinsic transition from the valence band states of $\Gamma_7(A)$, $\Gamma_6(B)$, and $\Gamma_7(C)$ to the conduction band states of Γ_6 , respectively. Crystal field splitting and spin orbit splitting were found to be at 0.2360 eV and 0.1119 eV, respectively, from found to be photocurrent spectroscopy.

key words: CdIn₂Te₄ single crystal, photocurrent spectrum, valence band splitting

1. 서 론

S²₄-I₄-를 갖는 황동광(chalcopyrite)구조[1]가 없는 CdIn₂Te₄는, 전기광학에 적용할수 있는 기대되는 매우 매력적인 물질이다[2-5]. 그러므로 만들어진 CdIn₂Te₄는 고품질의 결정을 만들고, 띠틈격과 온도에 의존하는 띠틈격의 기초적인 물질기준을 결정하는데 아주 중요하다. 그러나 CdIn₂Te₄를 사용한 띠틈격의 온도 의존성에 대한 연구는 이미 몇 편의 논문으로 발표되어졌다. 일반적으로 에너지 띠틈격을 측정하는데 흡수실험기구를 사용하였다.[6] 그러나 이 방법은 흡수 edge를 정하는데 어려움이 있어 띠틈격 에너지를 결정하는데 정확하지 않다고 알려져 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서 광전류(PC)를 측정하게 되었다. 이 PC 측정법은 직접천이에 상응하는 PC 봉우리를 찾아 내는 것이다. 이 연구에서 p-CdIn₂Te₄ 단결정은 Bridgman 법으로 성장시켰다. 또한 p-CdIn₂Te₄의 에너지 띠틈격의 온도 의존성을 PC 분광기 측정하였다. 가전자대 갈라짐은 앞서 언급한 전기적 전이로 조절했다.

II. 실험

p-CdIn₂Te₄ 단결정을 Bridgman 법으로 그림1과 같은 상단 수직 전기로에서 성장시켰다. 그림2와 같은 p-CdIn₂Te₄ 단결정은 다결정 CdIn₂Te₄을 원소물질로 사용했다. 핵 결정없이 다결정 CdIn₂Te₄로 채우고 봉합한 앵플은 상단 수직 전기로의 중앙에 위치시킨다음 온도는 900℃로 유지 시켰다. 앵플의 뾰족한 끝은 속도 조정모터를 이용해 0.75mm/h의 속도로 잡아 당겼다. 자세한 성장 과정은 다른 문헌에 소개되어있다[9]. PC분광은 10에서 300K까지 온도가 변하는 동안 chopper를 통해서 halogen

lamp로부터 나온 단색광선이 방출되면서 측정된다. 단색광선은 (110)면의 c축을 따라 극성화 된다.

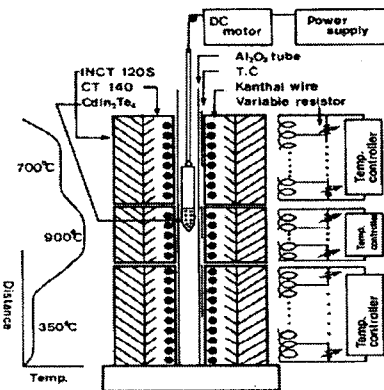


Fig.1 Diagram of vertical Bridgman electrical furnace

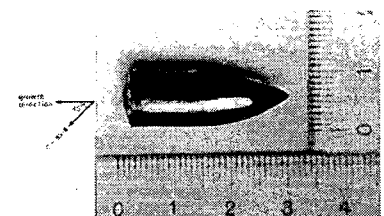


Fig.2 Photograph of the grown CdIn₂Te₄ crystal.(The c-axis of crystal tilted an angle of 45 degrees on the growth direction)

III. 실험결과 및 고찰

그림3은 10에서 300K에서 온도범위에서의 p-CdIn₂Te₄ 단

결정의 분광을 보여준다. PC 봉우리는 띠간 전이 때문에 발생한다.

가전자대의 전자는 흡수된 빛에 의해 흥분하고, 흥분된 전자는 가전자대로부터 전도대로 천이 한다. 전이된 전자는 즉시 양극으로 이동한다. 마지막으로 띠간격에 상응하는 PC 봉우리만이 전극으로 이동한다. PC 봉우리의 띠간 천이는 본질적이 천이로 알려져 왔다.[10,11] 그림1에서 보여진것처럼 300K에서 PC 분광은 1033.4nm(1.1998eV)와 863.4nm(1.4360eV) 두 봉우리를 보여준다. A 봉우리에 상응하는 1.1998eV의 봉우리는 가전자대 $\Gamma_7(A)$ 로부터 전도대 Γ_6 으로 전이된 전자들로 이루어져 있다. 또한, 1.4360eV의 봉우리는 가전자대 $\Gamma_6(B)$ 로부터 전도대 Γ_6 로 전이 되었다. 이것을 B 봉우리라 한다. 그러나 10~250K 온도 범위에서 PC 분광은 3개 봉우리가 관찰된다. 특히 10K에서 PC 봉우리는 842.8nm(1.4711eV), 726.3nm(1.7071eV), 681.6nm(1.8190eV) 세 개의 봉우리가 보여진다. 1.4711eV의 봉우리는 가전자대 $\Gamma_7(C)$ 로부터 전도대 Γ_6 으로 전이한 전자이다. 그러나 300K에서는 두 개의 봉우리만이 관찰된다. 이것은 가전자대에서 산란하는 전자들 때문이다. 시료의 캐리어 농도가 높을 때 전자들 사이에서 중성적 반응들을 일으켜 가전자대 전자들이 산란하게 된다고 알려져 있다.[12] 흡 효과로부터 300K에서 캐리어 농도는 10^{17}cm^{-3} 이었다. 그러므로 우리의 시료가 산란될 가능성이 높기 때문에 전자들이 $\Gamma_7(A)$, $\Gamma_6(B)$, $\Gamma_7(C)$ 와 같은 가전자대 갈라짐 준위 사이에 존재할 수 있다. 그러나 온도가 낮을때는 가전자대의 캐리어가 얼어있는 상태이기 때문에 캐리어의 산란 밀도가 낮다. 결과적으로 A, B, C 봉우리는 낮은 온도에서만 보인다. 또한 그림 3에서 보여지는 완만한 경사는 구성이 균일하다는 증거이다.

봉우리들은 300K을 제외한 10~250K의 온도범위에서 측정되었다. 이러한 결관은 가전자대에서 높은 캐리어 농도 때문에 전자간에 중성적 반응이 일어나 전자들이 산란되었음을 의미한다. A, B, C 봉우리는 $\Gamma_7(A)$, $\Gamma_6(B)$, $\Gamma_7(C)$ 의 가전자대에서 Γ_6 의 전도대 상태로 각각 천이 된 것이다.

참고문헌

- [1]. Elizabeth A. wood, Crystal Orientation manual, Columbia university press, 1963

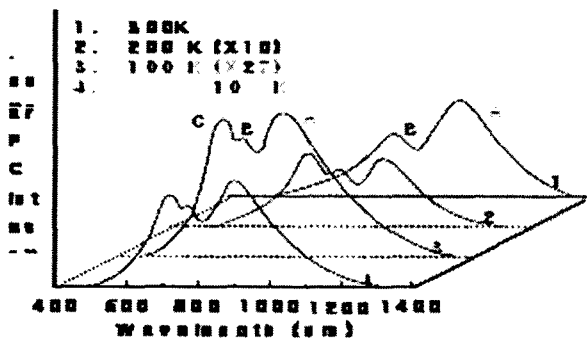


Fig.3 PC spectra of the p-CdIn₂Te₄ single crystal obtained at temperatures ranging from 10 to 300 K.

IV. 결론

p-CdIn₂Te₄ 단결정은 핵(seed) 결정을 사용하지 않고 Bridgman 방법에 의해 삼단 수직로에서 성장 시켰다. p-CdIn₂Te₄ 단결정의 캐리어 밀도와 홀 이동도는 300K에서 흡 효과 측정에 의해 각각 $8.61 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$, $2.42 \times 10^2 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 로 결정되었다. PC측정으로부터 3개의