

# CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> 광도전 박막의 전기-광학적 특성연구\*

양동익\*, 신영진\*, 임수영\*\*, 박성문\*\*, 최용대\*\*\*

## Study on the Electro-Optic Characteristics of CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> Photoconductive Thin Films

D.I. Yang, Y.J. Shin, S.Y. Lim, S.M. Park, and Y.D. Choi

### 요 약

본 연구는 CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub>의 박막을 제작하고 그 전기-광학적인 특성을 조사한 것이다. 전자선 가열증착법을 이용하여 CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub>을 알루미나 기판위에 1.5×10<sup>-7</sup> torr의 압력, 4kV의 전압, 2.5 mA의 전류 그리고 기판온도를 300°C로 유지하여 증착하였다. 증착된 CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> 박막은 X-ray 회절 실험을 통하여 볼 때, 육방정계의 결정구조를 가지며 성장되었다. CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> 도전막은 특정분위기에서 550°C, 30분간 열처리함으로써 높은 광도전성을 나타내게 되었다. 또한 Hall 효과, 광전류 스펙트럼, 감도, 최대 허용 전력과 응답시간 등을 조사하였다.

### Abstract

We report the crystal growth and the electro-optic characteristics of CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> thin films. CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> thin films were deposited on the alumina plate by electron beam evaporation technique in pressure of 1.5×10<sup>-7</sup> torr, voltage of 4kV, current of 2.5mA and substrate temperature of 300°C. The deposited CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> thin films were proved to be a polycrystal with hexagonal structure through X-ray diffraction patterns. CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> photoconductive films showed high photoconductivity after annealing at 550°C for 30 minutes. And the films have been investigated the Hall effect, photocurrent spectra, sensitivity, maximum allowable power dissipation and response time.

### I. 서 론

CdS와 CdSe는 고감도의 광도전체인 II-VI족 화합물반도체<sup>[1]</sup>이며, 광센서로의 응용이 가장 유망하며,<sup>[2]</sup> 특히 CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub>는 화합물반도체 중에서 발광소자로서의 장점을 고루 구비하고 있음이 입증되어, 이의 개발에 따라서는 다방면으로 이용 가능한 우수한 반도체 재료로 주목되고 있다.<sup>[3]</sup> 일반적으로 광소자

에는 광도전 박막이 주로 이용되고 있어, 종래의 가열진공증착법에 의하여 제작된 박막의 단점을 개선하기 위하여 전자선 가열증착(electron beam evaporation : EBE)방법<sup>[4]</sup>이나 분자선 에피탁시(molecular beam epitaxy : MBE) 방법 등을 통하여 그 광학적 특성을 향상시키려 하고 있다. 본 연구에서는 X=0.2, 0.3에 대하여 CdS와 CdSe의 혼합결정을 EBE 방법으로 양질의 광도전막을 제작하여 적절히 열처리하고, 정선된 CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> 광도전막의 X-선 회절, Hall 효과, 광전류 스펙트럼, 감도, 최대허용전력 및 응답시간 등을 측정함으로써 광센서로서의 가능성을 타진하였다.<sup>[5,6]</sup>

### II. 실험

#### 1. 표적(target) 준비

5N CdS, CdSe를 mole 비 8 : 2, 7 : 3으로 혼합한

\* 正會員 : 全北大學校 物理學科 (Dept. of Physics Education, Chonbuk Nat'l Univ.)

\*\* 學生會員 : 全北大學校 物理教育科 (Dept. of Physics Education, Chonbuk Nat'l Univ.)

\*\*\* 牧園大學校 物理學科 (Dept. of Physics Mokwon Univ.)

<접수일자 : 1992년 6월 15일>

\* 본 논문은 1992년도 상공부 지원 생산기술 연구원의 보조금에 의하여 연구되었음.

분말을 1기압의  $N_2$  gas 분위기에서  $850^\circ C$ 로 1시간 소성한 후 지름 12mm, 높이 5mm가 되도록 압착하여 pellet형의 표적을 만들었다.

## 2. 박막 증착

$CdS_{1-x}Se_x$  표적을 EBE 방법으로 알루미늄 기판  $10 \times 10 \times 1$ (mm)위에 증착하였다. 증착조건은 진공도  $5 \times 10^{-7}$  torr하에 전자선의 전압은 4kV, 전류는 2.5 mA으로 하고, 기판의 온도는 할로겐 전구를 사용하여  $300^\circ C$ 로 유지하였다.

## 3. 열 처리

특정한 조건에서 열처리하므로써 발광효율이 증가된 광도전 박막을 얻을 수 있게 되었다.

## 4. 결정구조

X-선 회절무늬에 의해 성장된 결정의 구조(상, 격자상수)를 조사하였다. 박막의 회절 무늬를 얻기 위해  $1.542 \text{ \AA}$  Cu K $\alpha$ 선을 사용해서 회절각  $2\theta$ 를  $20^\circ$ 에서  $110^\circ$ 까지 주사하면서 관찰하였다.

## 5. Hall 효과

준비된 광도전체의 전자농도, 이동도, Hall 계수를 조사하기 위하여 상온에서 Van der Pauw방법으로 Hall 효과를 측정하였다.<sup>[7]</sup>

## 6. 광전류 스펙트럼

$CdS_{1-x}Se_x$  박막에 5N In으로 전극을 붙이고, 수소 ( $H_2$ )를 흐르게 하여 ohmic 접촉이 되게 하였다. 이 광센서를 finger에 부착시키고 광원과 monochromator에 의한 단색광을 쬐어 광전류를 lock-in-amp.로 증폭하여 X-Y 기록계에 의해 기록하였다.

## 7. 감도

$CdS_{1-x}Se_x$  박막의 감도를 조사하기 위하여 조도에 따른 저항값을 측정하여 감도( $\gamma$ )값을 조사했다.

## 8. 최대허용전력

성장된 반도체에 직류 전압에 따른 전류를 조사하여

선형성이 파괴되지 않는 최대허용전력을 조사했다.

## 9. 응답시간

시료의 응답시간은 시료에 빛이 조사된 후 피크값의 63%가 될 때까지 요구되는 시간(상승시간)과 빛이 제거된 후 피크값의 37%가 될 때까지 요구되는 시간(하강시간)으로 표시된다.

## III. 결과 및 토의

### 1. X-선 회절무늬

측정된 박막의 X-선 회절무늬와 Miller 지수가 육방정계의 ASTM표와 일치하였으며, 이 값들을 이용해 외삽법으로 구한  $CdS_{0.7}Se_{0.3}$  증착막의 격자상수가  $a_0 = 4.190 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = .832 \text{ \AA}$ 이고  $CdS_{0.8}Se_{0.2}$ 는  $a_0 = 4.184 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 6.800 \text{ \AA}$ 이었다. 이것으로 보아 증착된 박막의 CdSe와 CdS의 몰비가 표적의 mole비와 다소 차이가 있음을 알 수 있었다.

### 2. Hall 효과

Hall 효과를 측정하기 위해 시료를 고정하고 인가되는 전기장에 수직으로 2kG의 전자석을 놓고 상온에서 Van der Pauw 방법으로 측정하였다.  $CdS_{1-x}Se_x$  ( $x=0.2, 0.3$ )의 Hall 효과 측정 결과를 표 1에 나타냈다. Hall 계수로부터 n형 반도체임을 알 수 있으며, 열처리한  $CdS_{0.7}Se_{0.3}$  시료의 전자농도는 약  $1.98 \times 10^{13} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ , 이동도는 약  $3.6 \times 10^4 \text{ (cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec)}$ 이었다.

표 1.  $CdS_{1-x}Se_x$  ( $x=0.2, 0.3$ ) 박막의 Hall 측정치

Table 1. Hall data of  $CdS_{1-x}Se_x$  ( $x=0.2, 0.3$ ) thin films

samples	carrier concentration ( $\text{cm}^{-3}$ )	Hall coefficient ( $\text{cm}^3\text{C}^{-1}$ )	conductivity ( $\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ )	mobility ( $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ )
920401	$1.15 \times 10^{13}$	$-5.45 \times 10^5$	$9.61 \times 10^{-6}$	$5.27 \times 10^9$
920402	$5.58 \times 10^{12}$	$-1.12 \times 10^6$	$1.35 \times 10^{-5}$	$1.52 \times 10^4$
920404	$1.98 \times 10^{13}$	$-5.45 \times 10^5$	$9.61 \times 10^{-6}$	$3.60 \times 10^4$

3. 광전류 스펙트럼

광전류를 측정하기 위해 광원으로 할로젠 전구를 사용하였고, 광전류를 lick-in-amp로 증폭하여 X-Y 기록계에 기록하였다. 그림 1에서는 각각 다른 조건에서 네가지 시료의 광전류 스펙트럼을 나타냈다.<sup>[8]</sup>

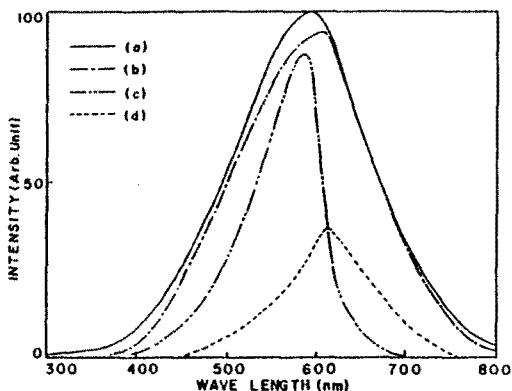


그림 1. CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> 박막의 광전류 스펙트럼

Fig. 1. Photocurrent spectra of CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> thin films.

- (a) 920401; (b) 920402; (c) 920403;
- (d) 92040.

4. 감 도

광전도 박막의 감도는 표면에 입사하는 빛의 강도와 회로에서 박막의 저항 사이의 관계로, 광원으로는 텅스텐 필라멘트 전구를 사용하고, 빛의 강도를 10 lux에서 2500 lux까지 변화시키면서 박막의 저항을 측정했다. 그림 2의 기울기에서 얻어지는 직선의 기울기  $\gamma_a^b$ 는 감도를 결정하는 요소로

$$\gamma_a^b = \tan\theta = \frac{\log R_b - \log R_a}{\log b - \log a} = \frac{\log(R_b/R_a)}{\log(b/a)}$$

와 같이 정의되고,<sup>[8]</sup> 이 때  $R_a$ 와  $R_b$ 는 각각 a lux와 b lux에서의 시료저항이다. 그림에서 열처리한 CdS<sub>0.8</sub>Se<sub>0.2</sub>의 감도  $\gamma$ 의 값은 약 0.46 정도이었다.

5. 최대허용전력

그림 3에서 그림 6까지는 CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> (x=0.2, 0.3) 박막의 공급전압에 대한 illumination 전류의 관계를 나타내었다. 광원은 텅스텐 필라멘트 전구를 사용하면서 300 lux, 800 lux 및 1500 lux로 고정하고 공급전압을 1 volt에서부터 120 volt까지 점점 증가시켰다.

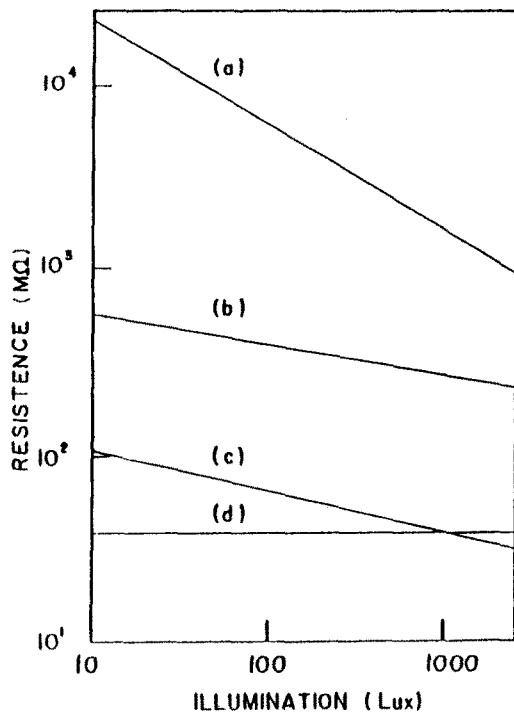


그림 2. 시편 저항대 광세기 특성

Fig. 2. Cell resistance vs. illumination characteristics : (a) 920401; (b) 920402; (c) 920403; and (d) 920404

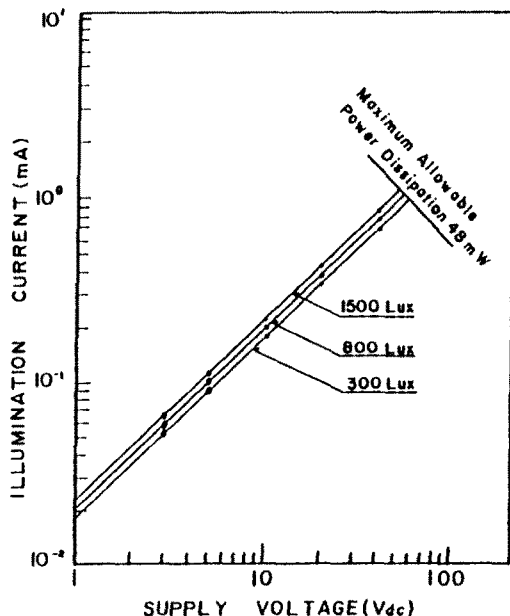


그림 3. 증착된 CdS<sub>0.8</sub>Se<sub>0.2</sub> 박막의 발광 전류대 전압 특성

Fig. 3. Illumination current vs. voltage characteristics of as-deposited CdS<sub>0.8</sub>Se<sub>0.2</sub> thin film.

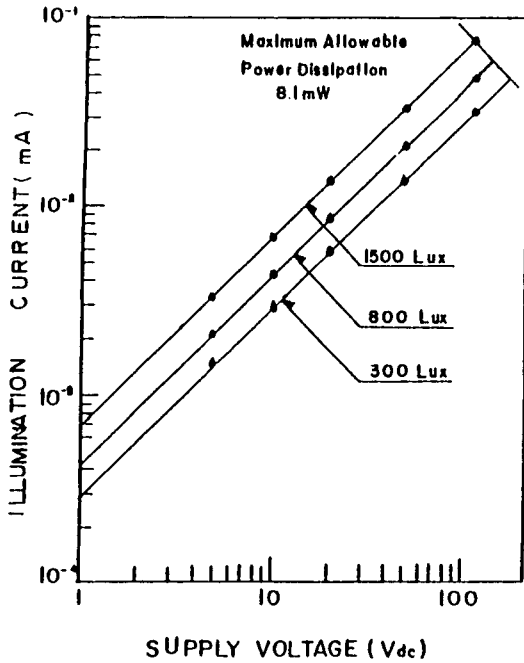


그림 4. 열처리된 CdS<sub>0.8</sub>Se<sub>0.2</sub> 박막의 발광 전류대 전압 특성  
 Fig. 4. Illumination current vs. voltage characteristics of annealed CdS<sub>0.8</sub>Se<sub>0.2</sub> thin film.

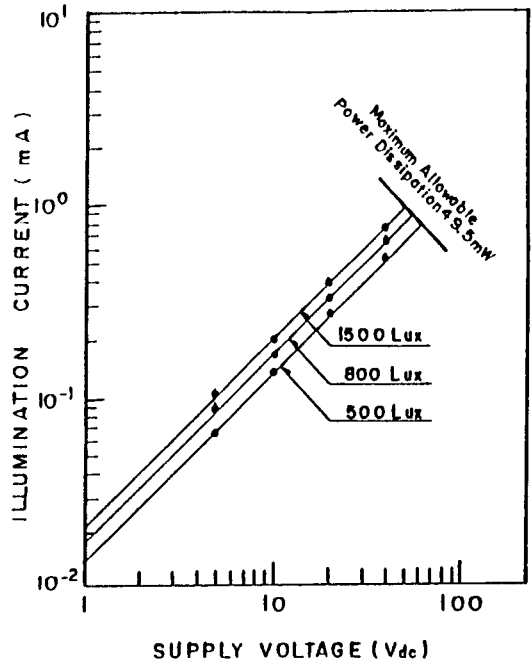


그림 6. 열처리된 CdS<sub>0.7</sub>Se<sub>0.3</sub> 박막의 발광 전류대 전압 특성  
 Fig. 6. Illumination current vs. voltage characteristics of annealed CdS<sub>0.7</sub>Se<sub>0.3</sub> thin film.

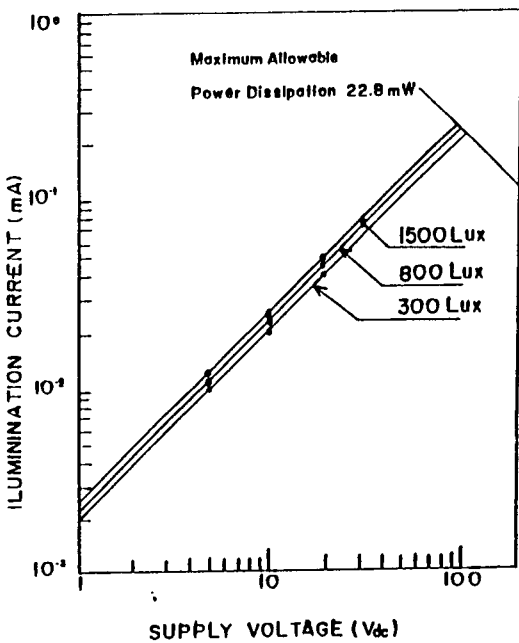


그림 5. 증착된 CdS<sub>0.7</sub>Se<sub>0.3</sub> 박막의 발광 전류대 전압 특성  
 Fig. 5. Illumination current vs. voltage characteristics of as-deposited CdS<sub>0.7</sub>Se<sub>0.3</sub> thin film.

6. 응답시간

CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> (x=0.2, 0.3) 박막의 응답시간을 측정하여 표 2에 보였다.

표 2. 열처리된 CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> (x=0.2, 0.3) 시료의 응답시간

Table 2. Response time of annealed CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> (x=0.2, 0.3) samples

sample	Response time (3000 Lux)	
	Rise time (ms)	Decay time (ms)
920401	7	5
920402	6	3
920403	5	4
920404	2.5	1

IV. 결 론

1. CdS<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub> 박막은 육방정계로 성장되었으며, 격자 상수가 CdS<sub>0.7</sub>Se<sub>0.3</sub>는 a<sub>0</sub>=4.190Å, c<sub>0</sub>=6.832Å이고,

- CdS<sub>0.8</sub>Se<sub>0.2</sub>는  $a_0=4.184\text{\AA}$ ,  $c_0=6.800\text{\AA}$ 이었다.
- Hall 효과 측정결과 열처리한 CdS<sub>0.7</sub>Se<sub>0.3</sub> 시료의 전자농도는 약  $1.98 \times 10^{19}(\text{cm}^{-3})$ , mobility는 약  $3.6 \times 10^4(\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec})$ 이었다.
  - $x=0.3$ 인 광전류 스펙트럼의 주 봉우리는 600nm 부근에 있고, 폭이 넓은 파장대가 분포함을 알았고, 열처리한 시료의 주 봉우리가 단파장대로 이동함을 알 수 있었다.
  - $x=0.2$ 로 제작된 시료의 감도  $\gamma$ 는 0.46이었다.
  - 열처리한 CdS<sub>0.7</sub>Se<sub>0.3</sub>의 최대허용전력은 49.5mW로 나타났다.

참 고 문 헌

[1] R.H. Bube, "Photoconductivity of solids," Wiley New-York, p.161, 1960.

[2] W. Gopel, J. Hesse, and J.N. Zemel, *Sensors*, vol.86, VCH Pulishers, 1989.

[3] 片岡照榮, 紫田幸男, *Sensor Handbook*, 培風館, pp.242-246, 1986.

[4] S. Shiller, U. Heisig, and S. Panzer, *Electron Beam Technology*, John Wiley & Sond, Chap 3, p.150, 1982.

[5] S. Ignatowicz and A. Kobondza, *Semiconducting AII BV compounds*, John Wiley & Sons, Chap 6, 1990.

[6] S. Ray, R. Banerjee, and A.K. Barua, *Thin Solid films*, vol.87, no.63, 1982.

[7] L.J. Van der Pauw, *Philips Research Reports*, vol.13, no.1, Feb. 1958.

[8] R.H. Bube, "Photoconductivity of Solids," Wiley New-York, p.242, 1960.

著 者 紹 介



양 동 익

1935년 9월 5일생. 1960년 3월 중앙대학교 물리학과 졸업(이학사). 1962년 8월 중앙대학교 대학원 고체물리학 졸업(이학석사). 1981년 8월 중앙대학교 대학원 고체물리학 졸업(이학박사). 1980년 4월~7월 ICPT초청 Spring callege on physics of condensed matters 연구원. 1986년 12월~1987년 8월 제6차 IBRD과전 해외연수(Maryland 주립대). 1963년 6월~현재 전북대학교 공과대학 사범대학 전임강사~교수. ※주관심분야: I-IV족 화합물 반도체물성(광센서).



신 영 진

1953년 4월~1957년 3월 전북대학교 물리학과 졸업(이학사). 1957년 4월~1961년 3월 전북대학교 대학원 물리학과 졸업(이학석사). 1977년 9월~1981년 8월 중앙대학교 대학원 물리학과 졸업(이학박사). 1960년 6월~1965년 2월 전북대학교 문리과대학 조교. 1965년 3월~1980년 2월 전북대학교 문리과대학 전임강사, 조교수, 부교수, 교수. 1980년 3월~1983년 2월 전북대학교 이과대학 교수. 1984년 7월~1985년 7월 Missori-columbia Univ. 해외연수.

1983년 3월~1992년 1월 전북대학교 자연과학대학 교수. ※주관심분야: 고체물리(반도체, 광센서).



최 용 대

1972년 3월~1976년 2월 전북대학교 사범대학 물리학과 졸업(이학사). 1981년 9월~1984년 2월 중앙대학교 대학원 물리학과 졸업(이학석사). 1984년 9월~1988년 8월 중앙대학교 대학교 물리학과 졸업(이학박사). 1982년 7월~1986년 2월 전북대학교 사범대학 조교. 1986년 3월~1992년(현재) 목원대학교 조교수. 1992년 7월~1993년 6월 일본 SHIZUOKA대학 POST. Dr. 조교수. 해외연수. ※주관심분야: 반도체 물리학(I-IV족 화합물) 광센서

임 수 영

1992년 현재 전북대학교 교육대학원 물리전공 석사과정.

박 성 문

1992년 현재 전북대학교 교육대학원 물리전공 석사과정.