多結晶 CdTe 薄膜의 空間電荷 制限電流에 關한 硏究

金 奎 用 · 崔 致 圭 · 朴 奎 殷

A Study on the Space-Charge-Limited-Current of Polycrystalline CdTe Thin Film.

Kyu-yong Kim · Chi-kyu Choi · Kyu-eun Park

Summary

Polycrystalline CdTe thin film was prepared on the slide glass by the evaporations method in a vacuum of about 10^{-6} torr and the transparent SnO_2 thin film was made by the modified C. V. D appratus.

One-carrier Space-Charge-Limited-Current characteristic was investigated in the SnO_2-CdTe-Au sandwich cell.

As a result, the trap density and mobility were observed in SCLC characteristic of the cells, and those values calculated by using I-V curve are about 8.1×10^{16} cm^{-3} and 5.2×10^{13} cm^2/v.sec.

緖 言

절연체의 Forbidden gap內에 구조적 결함상태가 存在한다는 것을 1955년 Rose에 의하여 규명되었으며, CdSe, ZnS, ZnTe, CdS等과같은 有機化合物 반도체의 電氣的 特性은 不純物에 의해서만이 아니고, 구조적 결함에 의해서도 많은 영향을 준다는 것이 여러학자들에 의하여 硏究가 이루어 졌다.

Energy band gap이 1.528 ev인 CdTe는 Carrier transport 현상이 우수한 물질로 電流一電壓 特性에서 임계전압에 도달되면 전류는 급격히 증가되거나 혹은 Break down 현상이 잘 일어나는 물질로 Luminescenee 물질로 활용되어지고 있는 ZnS와 함께 Switching effect를 나타낸다. 이러한 물질내에 단일 Carrier 또는 이중 Carrier를 注入할때 Space-charge-limited-current 특성 현상이 기대된다.

本硏究에서는 Polycrystalline CdTe Thin film을 C. V. D 方法에 의한 SnO_2膜을 투명전극으로 하여 S_nO_2-CdTe-Au diode를 製作하여 電流一電壓 特性曲線에서 Space-charge-limited-current Mode를 확인하고 Trap density, Mobility 등을 측정하였다.

實 驗

試 料 製 作

측정용 시료를 제작하기 위하여 먼저 유리기판 (SUPERIOR 76×26×1.2(㎜))을 묽은 황산, 중크롬산카리용액, 아세톤, 증류수의 순서로 세척하여 C. V. D 方法으로 SnO_2膜을 만들었다. 不純物 Sb는 0.7%, 기판온도가 ~500°C일때 최적조건으로 하여 Sheet저항이 20Ω/□ 정도인 투명전극막위에 순도 99.999%인 CdTe분말(高純度化學, 日本)을 진공증착기(Varian NRC 3115型)를 使用하여 $\sim10^{-6}$ torr의 진공도에서 증착하였다. CdTe는 가열되어 증착될때 증착조건에 따라 成分元素로 分解하여 Nonstoichiometric 성장이 잘 일어난다.

本實驗에서는 기판의 온도 T≒200°C로 일정하게

용지하여 좋은 Stoichiometric Polycrystalline CdTe thin film을 성장시켰으며, Fig.1에 보는 것과 같이 전극은 순도 99.999%의 Au(高純度化學, 日本)를 CdTe가 증착된 部分위에 반경 2.5㎜의 원형으로 증착하여 Sandwich cell을 만들었다.

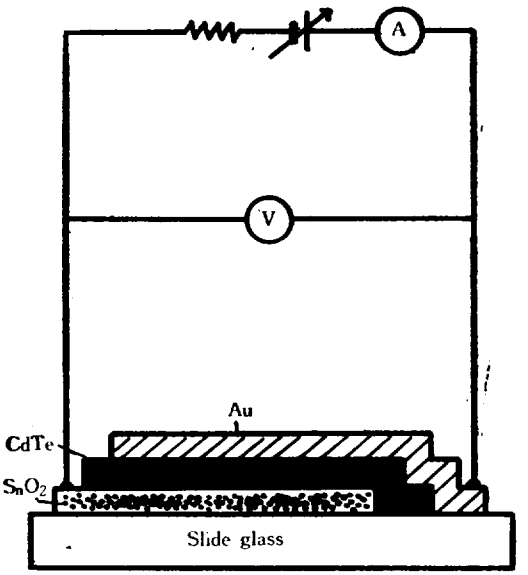

Fig.1. A schematic diagram of the Au-CdTe-SnO_2 junction.

測 定

시료의 두께는 Varian Angstorm Interferometer (Model 980—4600)에 의해 6000Å을 얻었으며, Fig. 2에 보인 바와 같이 모든 측정은 dark 상태이고, 실온에서 I—V 特性을 측정하기 위하여 암상자에 cell을 넣고 측정하였다. 使用된 voltmeter는 Digital voltmeter(Series Lx—2)를 使用하였고, 電流 측정은 Electrometer(Keithley 602)로 측정하였다. S_nO_2와 CdTe박의 결정구조는 x-ray diffractometer (Shimadzu VD—1)을 利用하여 확인하였다.

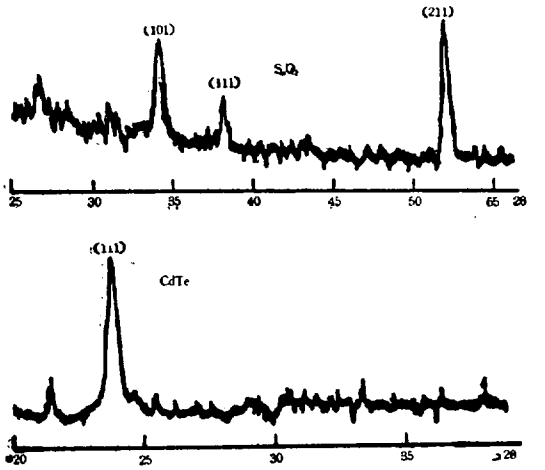

Fig 2. X-ray diffraction pattern of CdTe and SnO_2 thin film.

結 果 및 考 察

제작된 시료의 비저항은 $3\times10^{8}\Omega\cdot$㎝였으며, 電流

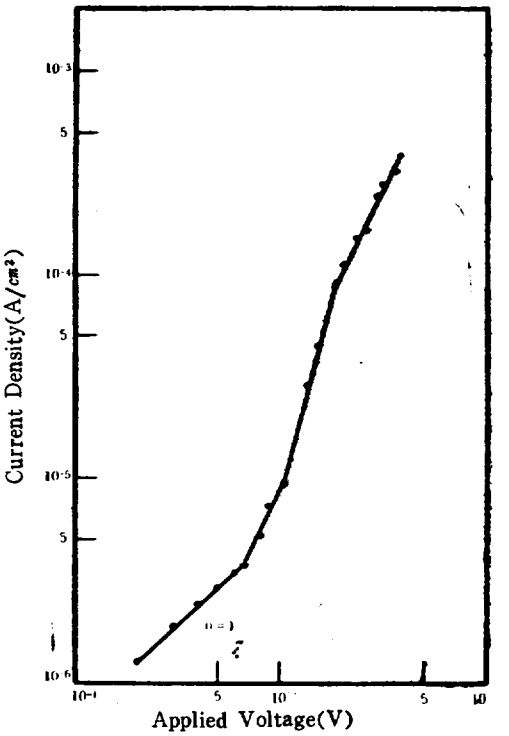

Fig.3. Current-voltage characteristics of CdTe thin film.

一電壓 特性은 Fig. 3과 같이 전형적인 단일 Carrier 注入에 의한 空間電荷制限電流特性曲線을 나타낸다.

이 특성곡선은 I∝V에 따라 Ohmic regime(1.1×10^6V/㎝까지), Quadratic regime(1.1×10^6~1.6×10^6V/㎝), Superquadratic regime(1.6×10^6~3.1×10^6V/㎝), Quadratic regime(3.1×10^6V/㎝ 이상)의 영역으로 구성되어 있다.

印加電場의 세기가 1.1×10^6V/㎝까지는 n=1로 電流一電壓은 비례하는 Ohmic 특성을 나타내는 영역이다. 전장의 세기가 1.1×10^6~1.6×10^6V/㎝인 n=2.4에서는 Trap free sguare law가 적용되는 경우로 Shallow trapping에 의한 특성이고, n=2.4에서 n=4로 급격히 증가하는 영역에서는 Deep trap에 의한 단일 Carrier의 Trapping이 끝난 Trap-filled-limited law가 적용되는 영역이다. 이것은 완전히 결정화가 되지 않은 증착막에는 대단히 많은 구조상의 결핍때문에 전자 Trap은 일정하지 않으므로 가능한 分布는 지수함수적으로 分布되어 있다고 사료되며, 注入된 Carrier가 충분히 많아서 Trap이 완전히 채워진 경우 電流一電壓 特性은

$$J=\frac{9}{8}\ \frac{\epsilon\mu V^2}{L^3}$$

이고, Ohmic에서 SCLC behavior로 전환하는 Transition voltage ; V_{tr}은

$$V_{tr}=\frac{8}{9}\ \frac{enL^2}{\epsilon\theta_s}$$

이며, Trap이 다 채워진 곳의 전압 V_{TFL}은 $n(x)=N_t$와 놓을 수 있으므로 $V_{TFL}=\frac{eN_tL^2}{3\epsilon}$으로 표시되며, 윗식에서 Trap density $N_t=8.1\times10^{15}$㎝$^{-3}$, Mobility $\mu=2.73\times10^6$㎝^{2}/v·sec, Carrier density n=5.2×10^{13}㎝$^{-3}$임을 계산할 수 있다.

여기서 J는 전류밀도, e는 Electron charge, V는 전압, L는 두께, θ_s는 Shallow trap이다. 3.1×10^6V/㎝ 이상 될 때는 시료내의 Trap에 의한 Carrier trapping이 완전히 끝난 뒤 Trap-free-square law가 적용되는 영역으로 Trap이 없는 완전 결정체의 電流一電壓 特性과 같다.

摘 要

Semi-insulating CdTe 박막을 단일 Carrier 注入으로 Space-charge-limited-current mode를 적용하여 Trap의 존재를 측정확인하였으며, CdTe-S_nO_2는 Ohmic Contact를 나타내었다. 비저항이 3×10^8Ω·㎝인 CdTe의 Trap density가 8.1×10^{15}㎝$^{-3}$, Carrier density는 5.2×10^{13}㎝$^{-3}$, Mobility는 2.73×10^6㎝^{2}/v·sec임을 평가할 수 있다.

引 用 文 獻

Baessler, H.G., Herrmann, N.Riehi, and G.Vaubel, 1969, J.Phys. Chem. Solids, vol. 30, 1579.

Denton, G.A., G.M.Friedman, and J.H.Schetzina, 1975. Switching effect in Polybrystalline CdTe films. J.App. Phys, vol. 46, No. 7, 3,044.

Hartke, J.I., 1962, Drift Mobilites of Electrons and Holes and Space-Charge-Limited-Currents in Amorphous Se Films, Phys. Rev, vol. 125, No. 4, 1177.

김화택. 1972, 진공증착 ZnS(Cu)막의 공간전하제한전류특성, 전남대 논문집, vol. 3, No. 1, 7.

Lampert, M.A., P.Mark, 1970. Current Injection in Solids, Academic Press, New York, 3~30.

Murray, A.Lampert, ①1956, Simplified Theory of Space-Charge-Limited-Currents in an Insulator with Traps, Phys. Rev, vol. 103, No. 6, 1648. ②1962, Double Injection in Insulators, Phys. Rev, vol. 125, No. 1, 126.

Rose, A., 1955. Space-Charge-Limited-Current in Solids. Phys. Rev, vol. 97, No. 6, 1538.

Smith, R.W., and A.Rose, 1955. Space-Charge-Limited-Currents in Single Crystals of Cadmium Sulfide, Phys. Rev, vol. 97, No. 6, 1531.

Sworakowski, J., K.Pigon, 1969. Trap Distribution and Space Charge Limited Current in Crganic Crystals, J.Phys. Chem. Solids, vol. 30, 491.