

非晶态 In-Sb 合金薄膜的光学性质

王 豪 范正修 干福熹
(中国科学院上海光学精密机械研究所)

提 要

本文报道了用分光光度仪对 In-Sb 膜薄的光学性质进行测量的结果, 并采用较严格的双层膜透射公式进行处理。获得了折射率 n 、消光系数 k 的数据, 并由此计算出吸收系数 α 和波长 λ 的关系及光学能隙和介电常数虚部 $2nk$ 。研究了 In-Sb 薄膜在相变过程中能隙的变化规律。
关键词: In-Sb 薄膜。

一、引 言

近年来, 由于非晶态 In-Sb 薄膜有可能成为可擦除式光盘的材料, 国际上十分重视这方面的研究。并已报道了一些研究结果^[1,2]。但是由于非晶态薄膜随制备方法不同或工艺条件变化而有不同的结构和性质。这给研究带来困难。对于溅射制备的非晶态 In-Sb 及其在相变过程中的光学性质的研究, 至今未见报道。本文用高频溅射仪制备了 In-Sb 系统的非晶薄膜。样品分热处理和不热处理二类。在 400 nm 到 1500 nm 的范围内测得反射率和透过率。然后计算出相应的光学常数。研究了吸收系数 α 与波长 λ 的关系, 介电常数与能隙变化的规律。

二、实验、结果和讨论

1. 测量原理

本工作采用 Lambda-9 分光光度计测量 In-Sb 系统薄膜的透射率 $T(\lambda)$ 和反射率 $R(\lambda)$ 。从而计算出复数折射率 $\tilde{n} = n(\lambda) + ik(\lambda)$ 。一般在计算时, 都不考虑基底的吸收和相干效应。这样不可避免的给计算结果增加了误差。因此本文在实际计算时, 根据薄膜光学的多层膜公式, 计入光线透过薄膜时的相干效应并且考虑到石英衬底的影响。采用优化法求解。用 IBM-BC/XT 微机解出 n 和 k 值。

2. 实验过程

In-Sb 非晶态薄膜的样品采用高频溅射法, 在 JG-PE-SB 型高频溅射仪上制备。使用 InSb 多晶靶。通过改变散布在靶上的 Sb 薄片的面积大小来改变 In-Sb 薄膜的组分。高频溅射仪的工作电压为 900~1000 V, 氩气为工作气体。工作室压强保持在 1×10^{-3} Torr。基板为石英玻璃。

样品的组分由电子能谱仪分析测定。经分析, 二组样品的组分分别为 $\text{In}_{45}\text{Sb}_{55}$ 和

$\text{In}_{45}\text{Sb}_{55}$

样品的热处理方法是将样品放入 10^{-2} Torr 真空的石英管中, 急剧加热到设定温度, 保温 2 至 5 分钟, 然后将石英管放入冷水中淬冷。

3. 实验结果与讨论

在求得了消光系数 k 之后, 薄膜的吸收系数 α 可由公式:

$$\alpha = \frac{4\pi k}{\lambda} \quad (1)$$

换算得来。采用量子力学方法, 对吸收系数 α 和波长 λ 关系进行变换, 可得吸收系数 α , 光子能量 $h\nu$ 和光学能隙 E_{0g} 的关系:

$$(\alpha h\nu)^{\frac{1}{2}} = B(h\nu - E_{0g}) \quad (2)$$

以 $(\alpha h\nu)^{\frac{1}{2}}$ 对 $h\nu$ 作图, 可得一近似直线。将直线外推, 其在横轴上的截距即光学能隙 E_{0g} 。

图 1 示出样品 $\text{In}_{45}\text{Sb}_{55}$ 在热处理过程中, 光学性质的变化过程。未经热处理的 $\text{In}_{45}\text{Sb}_{55}$ 薄膜的能隙为 0.53 eV, 经 240°C 热处理后, 其能隙向高能端移动至 0.85 eV。但是样品经 280°C 热处理后, 其能隙又向低能端移动至 0.73 eV。

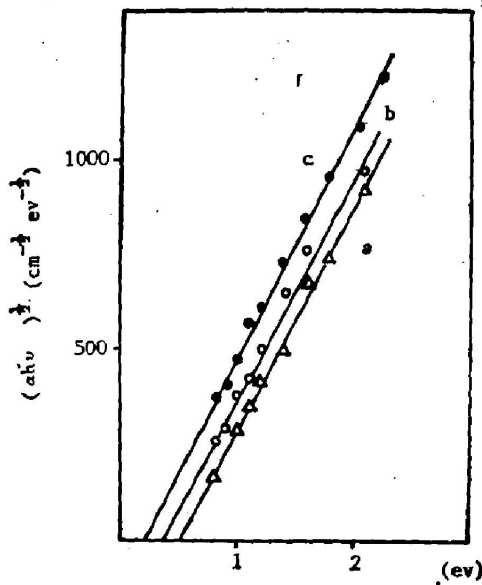


Fig. 1 The optical gaps of $\text{In}_{45}\text{Sb}_{55}$ film before and after heat treatment

(a) before heat treatment (b) after heat treatment at 240°C (c) after heat treatment at 280°C

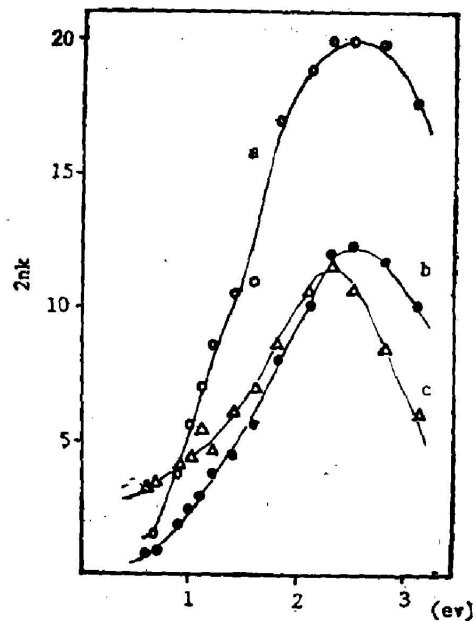


Fig. 2 $2nk-h\nu$ relations of $\text{In}_{45}\text{Sb}_{55}$ film before and after heat treatment

(a) before heat treatment (b) after heat treatment at 240°C (c) after heat treatment at 280°C

$\text{In}_{45}\text{Sb}_{55}$ 薄膜的介电常数虚部 $2nk$ 与能量 $h\nu$ 的关系及其随热处理而变化的过程见图 2。作为未经热处理对的非晶态薄膜, 其 $2nk \sim h\nu$ 曲线同 Zimmerer 的结果^[3] 非常相似。而经过 280°C 热处理, 已完全晶化的样品的 $2nk \sim h\nu$ 曲线与 Zimmerer 的结果并不一致。这是由于 Zimmerer 的结果是对单晶样品测量而作出的。本文的样品经热处理后形成多晶, 反映不出某些晶向的特征。

In₄₅Sb₅₅ 薄膜的 $\alpha \sim h\nu$ 曲线见图 3。从中可看出样品的吸收系数在热处理过程中, 开始先在高能端发生变化, 然后在低能端发生变化。

In₂₇Sb₇₃ 薄膜的光学性质在热处理过程中的变化与 In₄₅Sb₅₅ 薄膜完全不同。随着热处理温度的提高, 其光学能隙从 0.51 eV 逐渐降低到 0.21 eV (见图 4)。

比较 In₄₅Sb₅₅ 与 In₂₇Sb₇₃ 两种非晶薄膜的光学性质 (图 5), 发现虽然二种膜的成分差异很大, 但光学能隙却非常接近。这很可能是由于采用溅射法制成的这二种非晶薄膜的微观结构和电子状态非常相似而致。在热处理过程中, 这二种薄膜的能隙向相反方向变化, 分别向高能和低能端移动, 说明这二种非晶薄膜的析晶过程与析出的晶相是不同的。

在 In₄₅Sb₅₅ 薄膜中观察到的能隙在热处理过程中, 先移向高能端, 然后向低能端移动

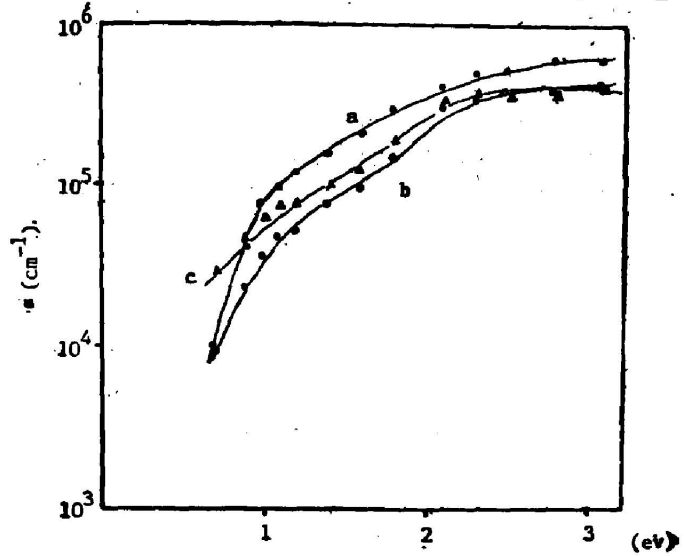


Fig. 3 $\alpha-h\nu$ relations of In₄₅Sb₅₅ film before and after heat treatment

(a) before heat treatment; (b) after heat treatment at 240°C; (c) after heat treatment at 280°C

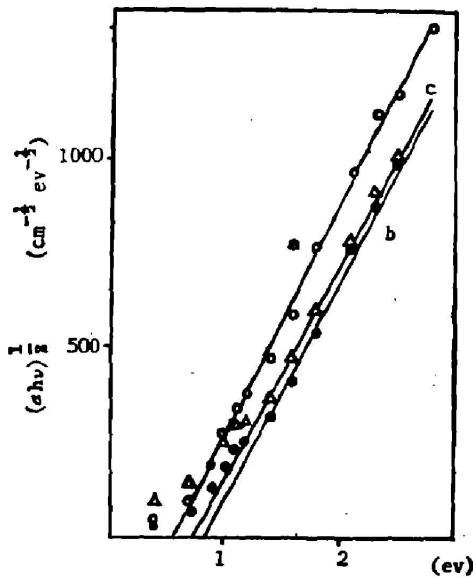


Fig. 4 The optical gaps of In₂₇Sb₇₃ film before and after heat treatment

(a) before heat treatment; (b) after heat treatment at 220°C; (c) after heat treatment at 260°C

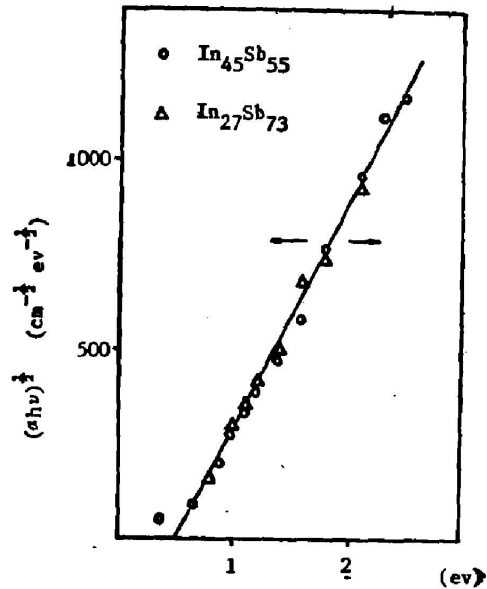


Fig. 5 The optical gaps of In₄₅Sb₅₅ and In₂₇Sb₇₃ films

的趋势,是一个重要的现象。这暗示着在 $\text{In}_{45}\text{Sb}_{55}$ 薄膜的结构变化过程中,经历过二个差异较大的结构状态。对此现象,将作进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Gan Fuxi, Wang Hao; *Proc. of SPIE.*, 1985, **529** (Jan), 51~54.
- [2] Nagaaki Koshino, Yasuyuki Goto *et al.*; *Fujitsu.*, 1987, **38**, No. 2 (Mar), 143~148.
- [3] J. Stuke; *J. Non-Cryst. Solids.*, 1970, **4** (Apr), 1~26.

Optical properties of amorphous In-Sb Films

WANG HAO, FAN ZHENGXIU, GAN FUXI

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics Academia Sinica, P.R.C.)

(Received 21 December 1987; revised 24 February 1988)

Abstract

The optical properties of amorphous In-Sb films have been measured. The formulae for transmission and reflection coefficients for two layer films with regard to the interference effect are deduced and used to analyse the measured data. The $n-\lambda$, $k-\lambda$ relations of In-Sb films have been obtained, and from them the optical gap and the dielectric constant have been calculated. The change of optical gap due to phase transition are discussed.

Key words: In-Sb films.