

Cd_{1-x}Mn_xTe 基本吸收边的研究

陈辰嘉 王学忠 刘继周 刘彩霞

(北京大学物理系)

R. R. GAŁAZKA

(波兰科学院物理研究所)

摘要——报道了用透射法在 10~300 K 温度范围内测量不同组分 ($x=0.007$ 、 0.20 、 0.30 和 0.45) Cd_{1-x}Mn_xTe 的基本吸收边, 结果表明, 能隙随温度线性变化, 能隙的温度系数为负并显著地随 Cd_{1-x}Mn_xTe 混晶的组分变化。

在宽带半磁半导体中, Cd_{1-x}Mn_xTe 是被广泛研究的一种材料。在很宽的 Mn 组分范围内, 都可结晶成具有闪锌矿结构的均匀混晶, 在光学和磁光性质方面显示出一些十分有趣而显著的效应。

本文实验使用改进的 Bridgman 方法生长 Cd_{1-x}Mn_xTe 单晶, 由波兰科学院物理研究所提供, Cd_{1-x}Mn_xTe 样品组分分别为 $x=0.007$ 、 0.20 、 0.30 、 0.45 。样品表面为解理面或机械抛光后在 1% Br 的甲醇溶液中腐蚀, 样品厚度约为 0.5~0.8 mm。实验在 10~300 K 温度范围内进行。透射测量用双光束光学系统。用卤钨灯作光源, HRD-1 型双光栅单色仪 (Yobin Yvon, France) 分光, 样品置于温度可变的低温杜瓦瓶内, 用一对 Rq P-546 硅探测器和 Rk-5200 功率比计作为检测系统。实验装置简图如图 1 所示。

实验结果表明, 对于 $x \leq 0.45$ 的样品, 其基本吸收边的位置随锰的克分子组分线性变化。在液氮和室温下, 能隙 E 随组分 x 的线性变化如图 2 所示。在布里渊区中心 Γ 点的直接带隙随组分 x 快速上升, 在 77K, 当 x 从 0 变到 0.45 时, 带隙由 1.57 eV 升至 2.23 eV, 在 300K 时, 由 1.47 eV 升至 2.06 eV。

这一结果可用下列表达式描述:

$$E = 1.572 \text{ eV} + x \cdot 1.45 \text{ eV}, \quad (77 \text{ K})$$

$$E = 1.466 \text{ eV} + x \cdot 1.31 \text{ eV}. \quad (300 \text{ K})$$

我们的结果与 Khoi 等^[1]由透射谱获得的结果一致。在液氮温度下, 由反射谱确定的激子能量^[2]如下式所示:

$$E_{ex} = 1.585 \text{ eV} + x \cdot 1.51 \text{ eV}, \quad (77 \text{ K})$$

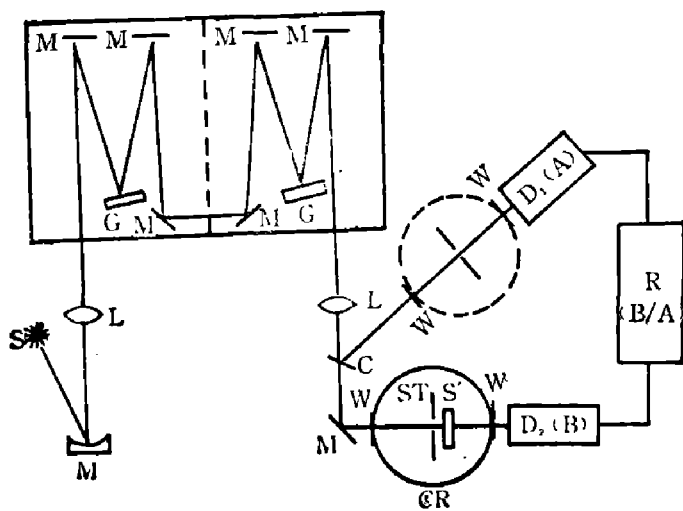


图1 透射测量双光路光学系统实验装置

S—光源, M—反射镜, G—光栅, L—透镜, C—斩波器, W—窗口, S'—样品, ST—光栏, D—探测器, R—Rk5200 功率比计, CR—低温杜瓦瓶。

Fig. 1 Experimental set-up of the double-beam optical system for transmission measurements.

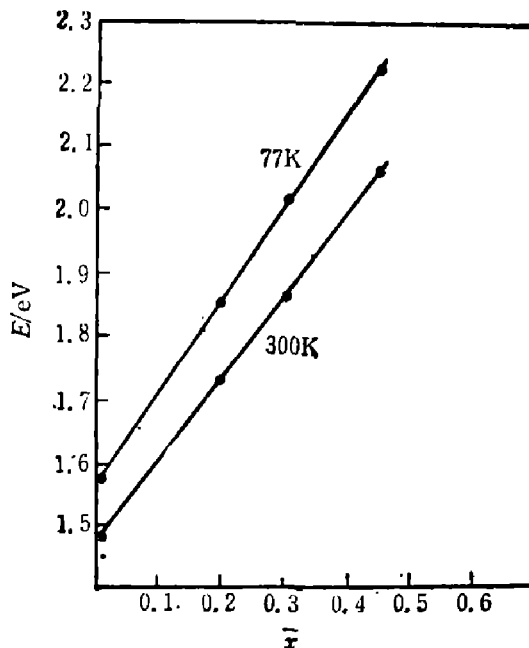


图2 吸收边位置与 Mn 克分子组分的关系

a: 液氮温度, b: 室温

Fig. 2 Position of the absorption edge versus manganese mole fraction at liquid nitrogen temperature(a) and room temperature(b)

用透射法在 10~300 K 范围内测量了 $x=0.007$ 、0.20、0.30 和 0.45 的 $Cd_{1-x}Mn_xTe$ 晶体的基本吸收边。对于锰克分子组分为 0.20 的晶体其透射率 τ 与吸收边的典型结果如

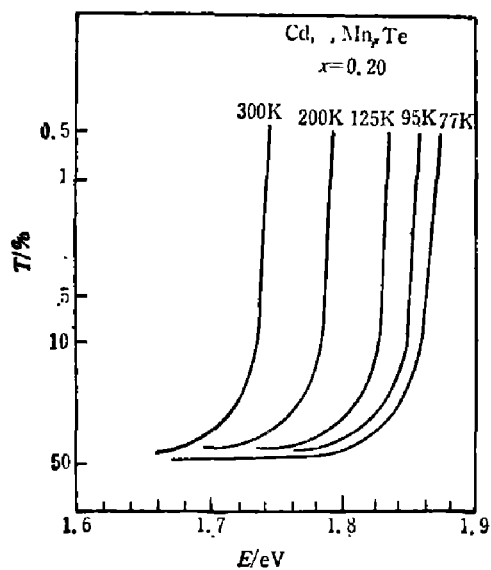


图3 不同温度下 $Cd_{0.8}Mn_{0.2}Te$ 的吸收边
Fig. 3 Absorption edge of $Cd_{0.8}Mn_{0.2}Te$ at different temperatures.

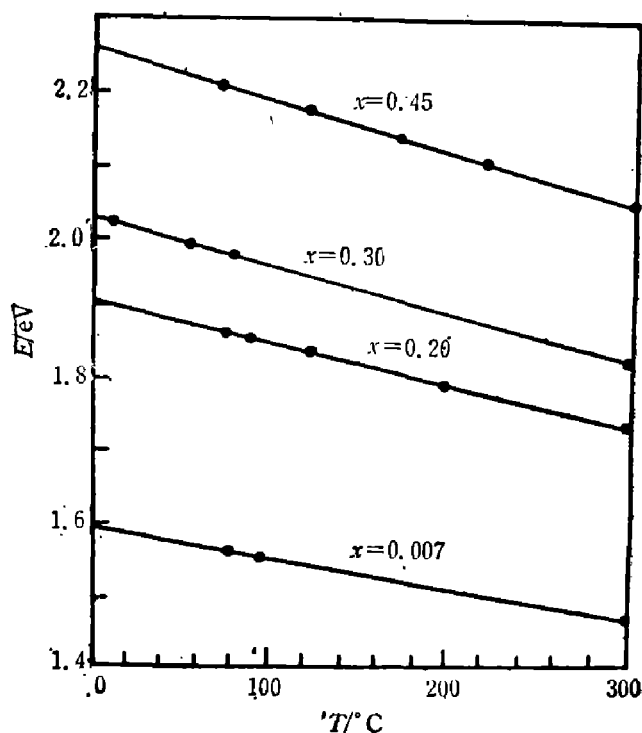


图4 能隙随温度的变化
Fig. 4 Variation of the energy gap with temperature.

图 3 所示。

$\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ 晶体的吸收边随温度 T 的增加向低能移动, 带隙 E 与温度的关系如图 4 所示。

在 $10\sim 300\text{ K}$ 温度范围内, 观察到带隙 E 随温度和组分的线性变化, 带隙的温度系数 dE/dT 为负值, 并显著地依赖于组分 x , 如表 1 所示。

我们定义

$$\alpha = -(dE/dT)10^{-4}\text{eV/K},$$

表 1 表明 α 值显著地依赖组分, 当 x 值由 0 增加到 0.45 时, α 改变约 2.5 倍。

J. Slankiewicz 等^[4]在 $100\sim 300\text{ K}$ 范围由电反射(ER)谱获得的带隙温度系数如表 2 所示。我们实验的结论与由 ER 谱所获得的结果一致。带隙温度系数 α 随组分 x 变化趋势与 ER 谱结果相同, 但数值大于 ER 谱的结果, 这两者的差别也许是由于: 由 ER 谱确定的带隙变化是被激子结合能改变了的带隙值, 并在 100 K 以下, 显示出分立的激子结构的调制, 而我们由透射谱获得的结果相应于 $\Gamma_8\sim\Gamma_6$ 带间跃迁的基本吸收边。

表 1 $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ 带隙温度系数 $\alpha = -dE/dT(10^{-4}\text{eV/K})$ 与组分 x 关系

Table 1. Dependence of $\alpha = -dE/dT(10^{-4}\text{eV/K})$ on Composition x for $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$

x	0	0.007	0.20	0.30	0.45
α	3*	4.1	5.7	6.6	7.2

* 数据取自文献[3]

表 2 $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ 带隙温度系数 α 与组分 x 的关系^[4]

Table 2. Dependence of α on x for $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ from Ref. [4]

x	0.001	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60
α	3.7	4.6	5.8	6.6	7.3	8.9

参 考 文 献

- [1] Khoi N. T. and Gaj, J. A. *Pnys. stat. Sol.*, (b) **83**(1977), K133.
- [2] Gaj J. A., Galazka R. R. and Nawrbeki M., *Solid State Commun.*, **25**(1978), 193.
- [3] Camassel J. et al, *Solid State Commun.*, **13**(1973), 63.
- [4] Stankiewicz J., Bottka N. and Giriat W., *J. Pnys. Soc. Japan*, **49**(1980), Suppl. A. 827.

STUDY OF THE FUNDAMENTAL ABSORPTION EDGE OF $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$

CHEN CHENJIA, WANG XUEZHONG

LIU JIZHOU, LIU CAIXIA

(Department of Physics, Peking University)

R. R. Gałazka

(Institute of Physics, Polish Academy of Sciences)

ABSTRACT

The measurements of the fundamental absorption edge in $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ for $x = 0.007, 0.20, 0.30, 0.45$ in the temperature range 10 to 300K by transmission are reported and discussed. It is shown that the variation of energy gap with temperature is linear, and the temperature coefficient of the energy gap is negative and strongly depends on the composition of the $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ mixed crystals.