

CuCl 微晶光透射谱实验研究 *

王德煌 王威礼 马季铭* 程虎民* 毛节泰**

(北京大学物理系, * 化学系, ** 地球物理系, 北京 100871)

提要 报道了 CuCl 微晶的近紫外和可见光透射谱的实验研究结果。同时给出了 He-Ne 激光辐照下的透射谱,发现 389.08 nm 波长处出现一个宽度为 0.64 nm 的透射尖峰。

关键词 CuCl 微晶,光透射,激光辐照

1 引 言

近年来由于具有优良线性和非线性光学性质的半导体微晶材料在光逻辑、光信息处理、光计算和非线性光学器件等高科技领域可能有广泛的应用前景,因而理论和实验研究半导体微晶是极活跃的课题。CuCl 微晶样品一般采用玻璃或 NaCl 晶体为载体,获得理想的 CuCl 微晶样品的工艺复杂和困难,因而多在低温和高强度紫外激光等条件下进行实验研究。另从应用角度看 CuCl 微晶材料制备工艺也是值得研究的课题^[1~7],本文报道用化学方法制备 CuCl 微晶样品,实验研究了它在室温近紫外和可见光波段的透射谱的结果。同时报道 He-Ne 激光辐照下 CuCl 微晶样品的光透射谱实验测定的结果。

2 实 验

实验用 CuCl 微晶样品是以 20 ml 5wt-% 和聚合度为 124 的聚乙烯醇(PVA)为载体,用化学方法制备的,并将 CuCl 微晶植入 PVA,获得含 CuCl 微晶的 PVA 复合膜(下称含 CuCl PVA 膜)。样品内的 CuCl 微晶平均尺寸用 STM 方法测定。为了对比研究,用同样工艺条件制备不含 CuCl 微晶的 PVA 膜(下称纯 PVA 膜)。样品的近紫外和可见光透射谱用美国的 EG&G OMA4 型多光谱测量系统测定。这是一种组合装置,包括分辨率 0.02 nm、测量波长范围 200~1100 nm 的多个可动光栅和一个 512×512 点阵的 CCD 探头。它具有波长和光度标定功能系统,以 30 Hz 频率快速自动采集和处理数据功能。透射光源是溴钨灯。激光源是 633 nm He-Ne 激光器,其光束直径为 2 mm,功率为 1.3 mW。它以 18°辐照样品。实验在室温上进行。

* 国家 863 计划新材料领域项目。

收稿日期: 1994 年 4 月 15 日; 收到修改稿日期: 1994 年 5 月 23 日

3 结果和讨论

图 1 是样品在 280~400 nm 波段的典型光透射谱〔简称 $T(\lambda)$ 谱〕。图中曲线 a 表示 50 μm 厚纯 PVA 膜的 $T(\lambda)$ 谱。曲线 b 是 50 μm 厚含 CuCl 微晶 PVA 膜的 $T(\lambda)$ 谱。该样品内 CuCl 微晶尺寸平均值为 40 nm。从图可见,两个样品的 $T(\lambda)$ 谱线都是台阶跃变线型,近紫外区光透射率明显大于在可见光区的值,在 330 nm 附近向 360 nm 端斜变下降。比较曲线 a 和 b ,可见含 CuCl

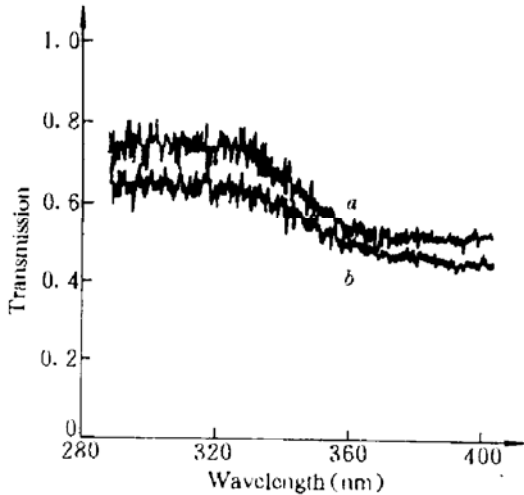


Fig. 1 Typical transmission spectra of two samples at room temperature

a : 50 μm PVA film without CuCl microcrystals; b : 50 μm PVA film with CuCl microcrystals of 40 nm in mean size

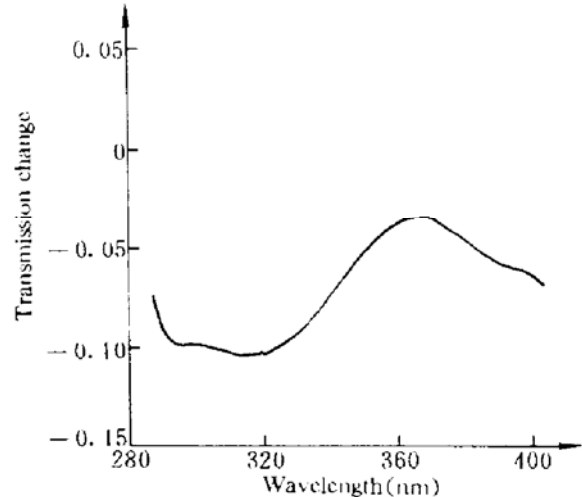


Fig. 2 Transmission change spectrum from curves b and a in Fig. 1

PVA 膜的光透射率显著减小。从含 CuCl PVA 膜的实验数据扣除纯 PVA 膜对应波长的值,得到如图 2 所示的光透射相对变化的谱线,是一条振荡线型曲线,且在近紫外区的变化值较大。这可能来源于膜内 CuCl 微晶的光散射或光吸收过程。根据光散射理论^[8],粒子尺寸远小于入射光波长时出现瑞利散射,散射光强与入射光波长的四次方成反比,故含 CuCl PVA 膜的光透射率减小的主要因素不是光散射而是光吸收过程。如图 2 所示,曲线的 364.20 nm 处有一极值,对应的光子能量为 3.4042 eV。已知 77 K 时 CuCl 的 $\Gamma_{7v} \sim \Gamma_{6c}$ 带间宽度是 3.3955 eV,而且 CuCl 带隙大小随温度升高而增大,因此,3.4042 eV 将是 CuCl 室温带隙值。它也表明含 CuCl PVA 膜的光透射率减小主要来源于 CuCl 微晶内的光吸收过程。实验结果证实以 PVA 为载体制备含一定尺寸 CuCl 微晶的 PVA 复合膜的工艺方法是成功的。此工艺简易和大面积化,有良好的重复性和可靠性,对半导体微晶材料的研究和广泛应用将是很重要的。我们还实验研究了 He-Ne 激光辐照状态下样品的 $T(\lambda)$ 谱。图 3 和图 4 分别是上述两个样品的激光辐照的 $T(\lambda)$ 谱。比较图 1、图 3 和图 4,可见 He-Ne 激光束辐照前后, $T(\lambda)$ 谱线线型基本相似,但在图 4 所示的 $T(\lambda)$ 曲线上,在 389.08 nm (3.1865 eV) 处明显出现一个透射尖峰,其宽度是 0.64 nm (0.79 meV)。已知 77 K 时 CuCl 内激发分子荧光峰位 E_M 是 3.218 eV, Z 激子荧光峰位是 $E_z = 3.177$ eV。它们的大小都随微晶尺寸减小和温度升高而增加,因此,上述 3.1865 eV 处的透射尖峰很可能是 CuCl 微晶内的一种激子峰位。我们的实验条件是室温和使用光子能量 1.959 eV 的 He-Ne 激光辐照,它明显不同于常规的泵浦光子能量大于或接近被研究材料的带隙或激子峰位和低温实验的条件。上述实验结果表明,CuCl 微晶内可能还存在不同于已有报道的微观物理机制。另外,这种激光辐照产生强而窄的透射尖峰现象,可能对光控全光学技术的研究开发

和半导体微晶材料的广泛应用前景有极重要的启迪意义,有必要继续进行详尽而深入的理论和实验研究。

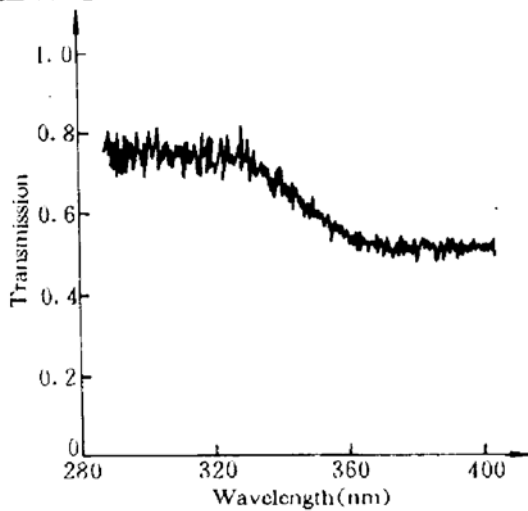


Fig. 3 Room temperature transmission spectrum of a 50 μm PVA film without CuCl microcrystals under 1.3 mW He-Ne laser irradiation

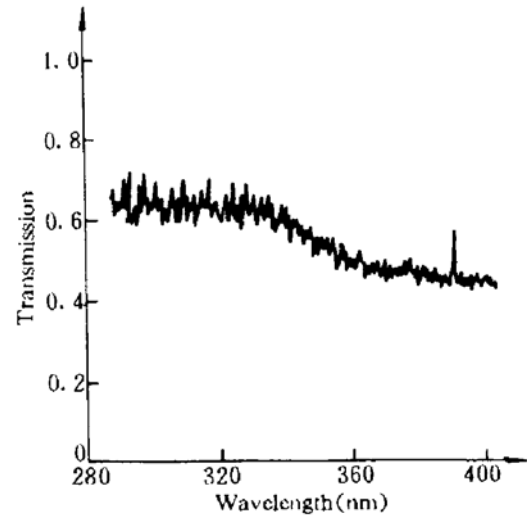


Fig. 4 Room temperature transmission spectrum of a 50 μm PVA film with CuCl microcrystals of 40 nm in mean size under 1.3 mW He-Ne laser irradiation

参 考 文 献

- 1 S. Lewonczuk, J. Ringessen, S. Nikitine. Spectre excitonique de CuBr comparaison avec CuCl. *J. Phys.*, 1971, 32: 941
- 2 A. Goldmann. Band structure and optical properties of tetrahedrally coordinated Cu- and Ag-halides. *Phys. Stat. Sol. B*, 1977, 81: 9
- 3 Y. Aoyagi, Y. Segawa, S. Namba. Determination of diffusion coefficients of an exciton and excitonic molecule in CuCl by picosecond transient grating spectroscopy. *Phys. Rev. B*, 1982, 25(2): 1453
- 4 T. Itoh, M. Furumiya, T. Ikehara *et al.*. Side-dependent radiative decay time of confined excitons in CuCl microcrystals. *Sol. Stat. Commun.*, 1990, 73(4): 271
- 5 T. Itoh. Optical properties of exciton systems and their optical nonlinearities. *J. NOL.*, 1991, 1(1): 61
- 6 T. Hiroshima, E. Hanamura. Quantum side effect and optical nonlinearity. *J. NOL.*, 1991, 1(1): 81
- 7 T. Itoh, M. Furumiya, Size-dependent homogenous broadening of confined excitons in CuCl microcrystals. *J. Lumin.*, 1991, 48&49: 704
- 8 M. Born, E. Wolf. Principles of Optics. 6th edit.. Oxford; Pergamon Press, 1989. 661

Experimental Study on Transmission Spectra of CuCl Microcrystals

Wang Dehuang Wang Weili Ma Jiming* Cheng Humin* Mao Jietai**

(Department of Physics, * Department of Chemistry, ** Department of Geophysics,
Peking University, Beijing 100871)

Abstract The experimental results on transmission spectra of CuCl microcrystals in the near ultraviolet and visible regions are reported. The transmission spectrum of CuCl microcrystals under He-Ne laser irradiation is also shown. A sharp peak with a width of 0.64 nm in the transmission spectrum at 389.08 nm is observed.

Key words CuCl microcrystal, transmission, laser irradiation