

CdTe 拉曼散射的温度淬灭

周咏东 方家熊 沈 杰 赵 军 陆慧庆 汤定元
(中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083)

摘 要 利用傅里叶变换拉曼散射技术研究了 CdTe 表面的拉曼散射信号与激发光功率的关系, 并对实验结果进行了分析和定性解释。

关键词 傅里叶变换, 拉曼散射, CdTe, 温度淬灭, 激光退火。

II-VI 族半导体材料 CdTe 由于其组份和晶格能很好地与 HgCdTe 匹配, 被人们希望用来作为 HgCdTe 材料外延生长的衬底或作为 HgCdTe 材料异质外延生长的缓冲层^[1]。近年来有许多实验工作都涉及如何获得高质量(表面无机械损伤、杂质沉积)的 CdTe 晶体表面^[2, 3]。与此相联, CdTe 表面的一些物理特性的研究也受到了人们的重视。拉曼散射技术是一种能有效探测闪锌矿结构晶体表面元素沉积、表面情况的无损实验手段^[4], 本文报道了利用傅里叶变换拉曼散射研究 CdTe 表面的初步研究结果。

所用 CdTe 为用布里奇曼方法生长的 P 型 CdTe 单晶片, 晶面为(111)。CdTe 晶片首先在 PM-4 型抛光机上用 3 μm Al₂O₃ 抛光粉进行机械抛光, 然后用 0.3 μm 的 Al₂O₃ 精抛粉配以 NaClO 溶液进行化学机械抛光, 抛光好的 CdTe 样品再在 5% 的 Br₂/乙醇溶液中腐蚀 1 分钟左右, 然后进行清洗、吹干。

拉曼散射实验是在 Nicolet Raman 950 系统中实现的。样品用 YAG 晶体的 1064 nm 连续激光激发, 采集到的散射光经傅里叶变换光谱仪解调, 光信号用高灵敏 LN2 型 Ge 探测器(77K 工作)探测, 数据最后输入计算机中进行数据处理, 光谱分辨率取 4 cm^{-1} 。散射配置采用背散射, 不考虑光的偏振。激发激光光束直径约为 1 mm。样品所有拉曼散射实验均在室温下进行。

图 1 为不同激光功率激发的 CdTe 表面室温拉曼散射谱。光谱的左半部分为 CdTe 表面斯托克斯散射光信号, 右半部分为对应的 CdTe 表面反斯托克斯散射光信号。无论斯托克斯线还是反斯托克斯线, 均可观察到 CdTe 的 LO 声子散射峰(168 cm^{-1})和 TO 声子散射峰

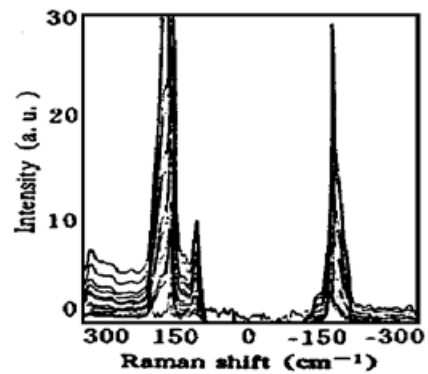


Fig. 1 The Raman scattering spectra of the CdTe crystalline surface with different excited laser power at room temperature

(136 cm^{-1}), 根据拉曼散射选择定则, 在 CdTe (111) 面上 TO 声子和 LO 声子散射均是拉曼激活的。光谱从下到上(散射信号从弱到强)所对应的激发光功率越来越大, 但最下面的一支拉曼散射光谱(散射信号最弱)对应的激发光功率最强。表 1 总结了图 1 中各拉曼散射谱的 168 cm^{-1} LO 声子散射斯托克斯线的强度、峰位及其对应的激发光功率之间的关系。从表中数据看不到拉曼散射峰峰值位置随激发光功率的变化。

Table 1. The measured one LO phonon Raman scattering intensity, peak position and the exciting laser power of the CdTe crystal surface

test ordinal number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
laser power (mW)	69	82.5	111	141	156	207	225	280	321	383.5	429	501	64.5
LO Raman intensity (a. u.)	9.24	11.63	16.97	22.56	26.81	37.27	41.49	51.87	57.22	73.02	78.42	2.90	12.08
LO peak position (cm^{-1})	167.8	167.8	167.8	167.8	167.8	167.7	167.8	167.7	167.7	167.8	167.8	167.8	167.7

图 2 描述了表 1 中 LO 声子散射峰强度随激发光功率变化的关系图。图中连线为按照测量先后顺序将各实验点直接串联曲线。从图中看出开始测量的 11 个实验点基本上表明在这一激发光功率范围内拉曼散射信号的强度与激发光功率呈简单的线性关系, 表明此时的拉曼散射为自发拉曼散射。当激光功率超过 429 mW 后, 再增加激发光功率, 拉曼散射信号不是增加, 而是很快下跌。当激光功率增加到 501 mW 时, 拉曼散射信号几乎跌至零。

图 3 示出了与图 1 对应的更宽范围内的实验所得光谱图。从图中看出, 在拉曼散射斯托克斯线的更远方向(实际在激发光 1064 nm 的长波方向), 随着激发光功率的增加出现了很强的宽谱带, 这一宽谱带应该来自 CdTe 样品表面的热发射光信号, 说明此时激发光除了对 CdTe 表面进行拉曼散射激发外, 还存在着很明显的表面加热情况。这一分析表明, 前面观测到的拉曼散射信号在激发光功率很强(510 mW)时的很快消失是由于 CdTe 样品表面温度增加的结果。

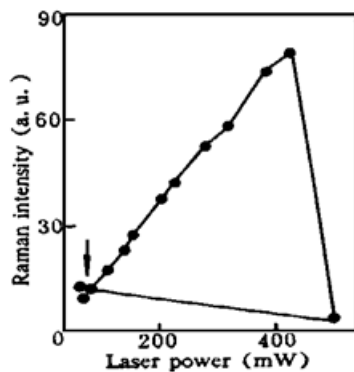


Fig. 2 The relationship diagram of the signal intensity of the one LO phonon Raman scattering peak of the CdTe crystal versus the excited laser powers

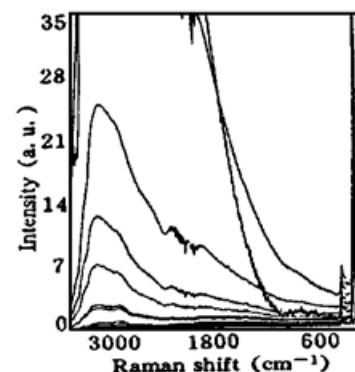


Fig. 3 The spectra of the thermal radiation of the CdTe crystal with different excited laser power

表中的第 13 实验点数据表明, 实验过程中的 CdTe 表面并没有因 501 mW 激光照射而损坏, 进一步说明了前面的拉曼散射信号的淬灭是由于表面温度升高造成的。借用发光学的一个名词, 称此现象为拉曼散射的温度淬灭。图 2 中箭头所示的第 13 实验点明显偏离其它 11 实验点的线性关系(这一偏差已超出了实验的误差范围)。分析表 1 中的第 1、2、13 实验点数据表明, 此时第 13 点对应的拉曼散射信号强度的增强可能起因于激光辐射对 CdTe 表面的改性。考虑到有关的实验结果(拉曼散射信号越强, CdTe 表面完整性越好), 这里应该已发生了激光对 CdTe 表面的退火过程。

总结上述实验结果: CdTe 表面拉曼散射信号强度与激发光功率的关系表明, 此时的拉曼散射为自发拉曼散射; 激光在对 CdTe 样品表面进行拉曼散射激发的同时, 也对 CdTe 表面进行了表面加热, 这种表面加热直接导致了 CdTe 表面拉曼散射信号的温度淬灭和表面退火现象的发生, 但在样品表面温度变化的范围内, 未观察到拉曼散射峰位的移动。

参 考 文 献

- [1] Paul M. Raccach, U. Lee, Comparative studies of mercury cadmium telluride single crystal and epitaxial. *J. Vac. Sci. & Technol. A*, 1983, **1**(3) : 1587~ 1592
- [2] J. P. Faurie, A. Million, R. Boch *et al.*, Latest developments in the growth of Cd_xHg_{1-x}Te and CdTe-HgTe superlattices by molecular beam epitaxy. *J. Vacc. Sci. & Technol. A*, 1983, **1**(3) : 1593~ 1597
- [3] T. H. Myers, J. F. Schetzina, T. J. Magee *et al.*, Growth of low dislocation density CdTe films on hydroplaned CdTe substrates by molecular beam epitaxy. *J. Vacc. Sci. & Technol. A*, 1983, **1**(3) : 1598~ 1603
- [4] M. 卡多纳主编, 糜正瑜, 毛佩芬译, 固体中的光散射. 北京, 科学出版社, 1986

Temperature Induced Quenching of the Raman Scattering on CdTe Crystal Surface

Zhou Yongdong Fang Jiexiong Sheng Jie
Zhao Jun Lu Huiqing Tang Dingyuan

(Shanghai Institute of Technical Physics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083)

(Received 3 February 1996; revised 9 May 1996)

Abstract The relationship of the Raman scattering signal intensity on the CdTe crystal surface and the exciting laser power was studied using the Fourier transform Raman scattering technique. The experiment results are analysed and interpreted.

Key words Fourier transform, Raman scattering, CdTe, temperature quenching, laser annealing.