

室温 HgCdTe 双光子光学双稳性及不稳定性

刘玉东 孙万钧 金恩培 李淳飞

(哈尔滨工业大学应用物理系)

Optical bistability and instability experiment of HgCdTe at room temperatures

Liu Yudong, Sun Wanjun, Jin Enpei, Li Chunfei

(Department of Applied Physics, Harbin Institute of Technology, Harbin)

Abstract: We report the experimental research of optical bistability and instability at room temperatures in 200 micron thick $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ FP etalons with $x=0.234$ and $x=0.223$ using 100 ns TEA CO_2 laser pulses.

1. HgCdTe 的带隙可以通过改变组分和工作温度来改变,因此在半导体光学双稳性的研究中它是一种具有吸引力的材料。A. Miller 等人曾报道了分别用 30 ns^[1] 脉宽和 1.75 μs ^[2] 脉宽的 CO_2 激光脉冲在组分配比参数为 $x=0.23$ 的 HgCdTe 中实现的光学双稳现象。由于 HgCdTe 的载流子复合寿命约为 90 ns,用 30 ns 的窄脉冲较难实现双稳性;而用 1.75 μs 的脉冲,在 10.6 μm 的红外光作用下有可能引起较大的温度变化,从而导致带隙的较大改变。我们采用脉宽介于两者之间的 100 ns CO_2 激光脉冲射入 HgCdTe 标准具,实现了室温双光子光学双稳性。在 $x=0.223$ 和 $x=0.234$ 两种样品中观察到明显的开关转换,开启时间约为 10 ns,开启功率密度为 400 kW/cm^2 。当入射功率密度达到 500 kW/cm^2 时,两种样品都观察到了输出光强的不稳定现象。

2. 实验所用两种组分配比的材料厚度皆为 200 μm ,两面抛光,单面反射率为 32%,采用可调谐 TEA CO_2 激光器,输出单脉冲平均能量为 2J,脉宽为 100 ns。入射和透射光脉冲信号用光子牵引探测器探测。

实验中我们用光阑只选取光斑中央比较均匀的部分来照射样品,以避免引起折射率变化的不均匀性^[3]。另外,我们采用了一个特制的锥形片托,把光子探测器的探测面紧贴锥底,样品固定在开有直径

为 500 μm 的小孔的锥顶上,该孔直径为文献[2]的 5 倍,可减弱光的衍射效应,并可减少晶体组分的不均匀性对透射光束质量的影响,锥形孔片托可使透射光大部分被探测器接收。

为改变初始相位失谐量,我们在固定入射角的情况下,采取改变入射光功率的办法来实现这一调节,直到出现光双稳现象为止。

3. 对于配比参数 $x=0.234$ 的 HgCdTe 样品,温度为 295K 时其带隙能量为 $E_g=0.20\text{eV}$ 。调节激光器的光栅角度,以获得与双光子吸收匹配的激光波长,入射激光脉冲波形如图 1(a)。固定入射光束的入射角,将入射脉冲的峰值功率 I_p 由小到大地

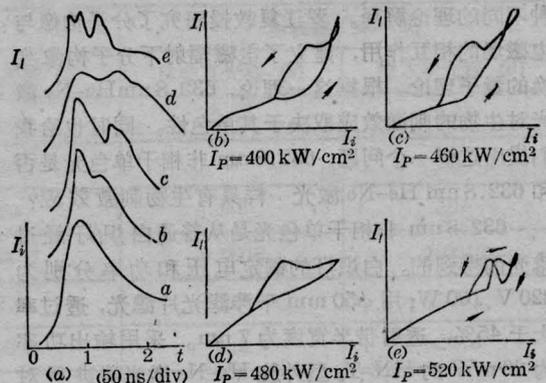


图 1 $x=0.234$ 时的 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 样品的入射和透射脉冲波形及相应的双稳回线

改变, 分别为 $I=400 \text{ kW/cm}^2$ 、 460 kW/cm^2 、 480 kW/cm^2 和 520 kW/cm^2 , 则相应的透射光脉冲波形示于图 1(b)~(e)。相应于(b)和(c)的双稳回线开启速度比较快, 开启时间约为 10 ns。但关闭速度较慢。再增加入射脉冲的峰值功率, 透射曲线(d)所对应的双稳回线出现开启速度比关闭速度慢的现象。功率再进一步增大, 可以观察到输入-输出特性曲线出现不稳定的畸变(曲线(e))。

对于配比参数 $x=0.223$, 温度为 295K 的 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 样品, 其带隙为 $E_g=0.19 \text{ eV}$ 。调节入射波长使之与双光子吸收匹配, 保持入射角不变, 逐渐增加入射脉冲峰值功率, 所得结果见图 2。(a) 为入射脉冲波形, (b)~(e) 为相应于入射峰值功率为 $I_P=440 \text{ kW/cm}^2$ 、 480 kW/cm^2 、 520 kW/cm^2 和 540 kW/cm^2 的透射脉冲波形。右边为相应的输入-输出特性曲线。(b) 所对应的双稳回线开启速度比关闭速度快, 但(c) 所对应的双稳回线关闭速度却高于开启速度。入射功率增大到(d)和(e)情形时, 高态发生不稳定现象。

两种样品出现的双稳回线的阈值入射功率相近, 约为 400 kW/cm^2 。两者随入射功率的增加出现同样的规律: 入射功率较低时出现开启速度较关闭速度快的双稳特性; 入射功率较高时出现关闭速度较开启速度快的双稳特性; 当入射功率足够高时($I_P=520 \text{ kW/cm}^2$), 出现不稳定现象。这种不稳定性出现的原因尚不能断定, 可能是由于较强的双光子吸收和载流子复合两种机制的竞争所引起, 也可能

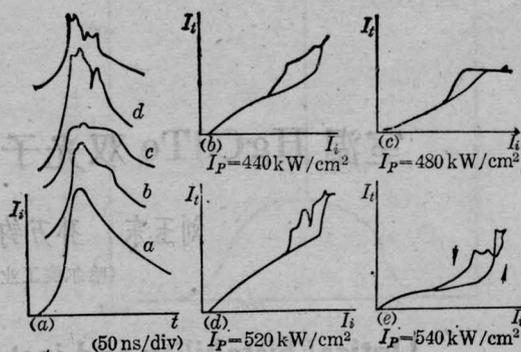


图 2 $x=0.223$ 时的 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 样品的入射和透射脉冲波形及相应的双稳回线

是自聚焦效应所致。

我们曾用同一个动态模型来模拟双稳性和不稳定性^[4], 得到与实验基本一致的结论。进一步的理论和实验研究正在进行之中。

参 考 文 献

- 1 Mathew J G H, Craig D, Miller A. *Appl. Phys. Lett.*, 1985; **46**: 128
- 2 Craig D, Miller A et al. *Infrared Phys.*, 1985; **25**: 289
- 3 Mathew J G H. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1985; **QE-21**: 94
- 4 刘玉东, 孙万钧, 金恩培 et al. 哈尔滨工业大学学报, 1987: (1); 130

(收稿日期: 1986 年 10 月 27 日)

632.8nm 非相干单色光对枯草芽孢杆菌的作用

目前关于 He-Ne 激光对生物的刺激效应有多种不同的理论解释。罗辽复教授研究了分子构像与电磁场的相互作用, 建立了电磁辐射下分子构像变换的量子理论。根据这一理论, 632.8nm He-Ne 激光对生物的刺激效应取决于其单色性。同时也给我们提出这样一个问题, 632.8nm 非相干单色光是否和 632.8nm He-Ne 激光一样具有生物刺激效应?

632.8nm 非相干单色光是从普通白炽灯经过滤光而得到的。白炽灯的额定电压和功率分别为 220 V、100 W; 用 $\phi 50 \text{ mm}$ 干涉滤光片滤光, 透过率大于 45%, 透射带半宽度为 7 nm。采用输出功率为 20 mW 的 HN-T₃ 型外腔 He-Ne 激光器进行对照比较。为了减少实验误差, 可利用扩束透镜调节激光在待照样品处的功率密度, 使激光和非相干光

的功率密度相等, 均为 0.35 mW/cm^2 。

实验菌种采用在液体肉汤蛋白胨培养基内一次性培养的枯草芽孢杆菌, 在其对数生长期用 632.8nm 非相干单色光和 632.8nm He-Ne 激光照射, 并培养一定时间后再用显微镜观察计数, 换算出菌液浓度, 然后与自然生长状态的枯草芽孢杆菌的繁殖情况对照比较。

实验结果表明, 光谱半宽度为 7 nm 的 632.8nm 非相干单色光和 632.8nm He-Ne 激光产生的效应定性地相同。在照射剂量为 $3 \times 10^{-2} (\text{J/cm}^2)$ 时, 632.8nm 非相干单色光对枯草芽孢杆菌同样有明显的促进繁殖作用。

(内蒙古大学物理系 杨性愉 冯启元

1987 年 9 月 3 日收稿)