

HgCdTe 法布里-珀罗腔透射 光学双稳态现象*

张建国 陈继述

(山东大学光学系)

郑康立 胡全意

(华北光电技术研究所)

摘要——报道了在快速调制形成的准连续波激光照射下，观察到的P型HgCdTe电子非线性引起的光学双稳现象及其“开”、“关”特性。从低透射支到高透射支的“开启”时间和功率密度分别为10μs和1.5kW/cm²。改变调制频率与调制器齿宽与齿间间隔的比率没有观察到热效应引起的入射-透射曲线变化。

一、引 言

合金半导体 Hg_{1-x}Cd_xTe 由于组分的不同，其禁带宽度从 0 到 1.5 eV 范围内可调。低

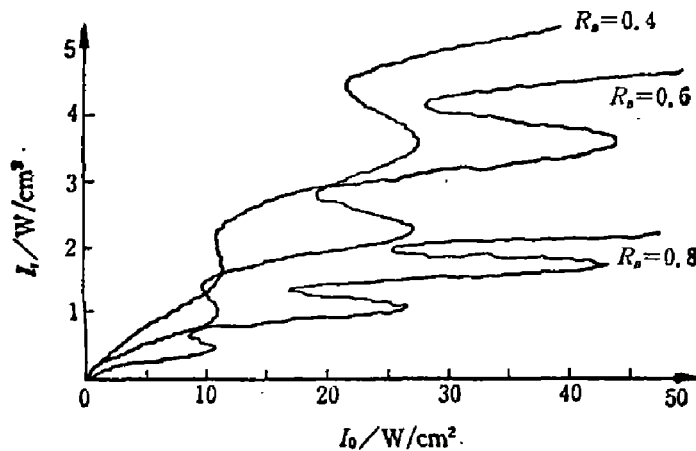


图1 $R_F=0.3, L=130\mu\text{m}$ 、 R_B 取不同值时数字模拟入射-透射光强曲线

Fig. 1 Simulated computer input-output curves with:
 $R_F=0.3, L=130\mu\text{m}$ and different R_B .

本文 1986 年 3 月 29 日收到。修改稿 1986 年 8 月 20 日收到。

* 中国科学院科学基金资助课题。

温 (77 K) $\text{Hg}_{0.77}\text{Cd}_{0.23}\text{Te}$ ($E_g \sim 9 \mu\text{m}$) 在 $10.6 \mu\text{m}$ 光波照射下显示大的光学非线性^[1], 可以作为光学双稳器件材料。然而, 在连续波激光照射下, 由于 N 型或本征型 HgCdTe 为俄歇复合以及热效应的存在, 实验上难以获得 HgCdTe 材料电子非线性引起的光学双稳态^[2]。这里我们报道了用快速调制形成的准连续波激光, 观察到的 P 型 HgCdTe 电子非线性引起的光学双稳态现象及其明显的“开”、“关”特性。由于 P 型 HgCdTe 为 Shockley-Read 陷阱中心^[2], 忽略禁带共振饱和效应后, 其法布里-珀罗 (F-P) 腔光学双稳器件的定态方程应与 InSb 类同^[3]。

二、实 验

实验所用材料为 $\text{Hg}_{0.779}\text{Cd}_{0.221}\text{Te}$ 。将材料两面磨、抛处理后, 制成厚度约为 $400 \mu\text{m}$ 、两表面反射率为 30.2% (室温测量结果) 的 F-P 标准具。将样品用导热胶粘在紫铜框架上并放入低温杜瓦瓶中, 框架及样品周围空间同时用液氮 (77 K) 冷却。经测量知, 77 K 时, 样品禁带宽度及载流子浓度分别为 $E_g = 9.76 \mu\text{m}$, $N_A - N_D = 1.9 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 。将波长为 $10.22 \mu\text{m}$ 的 8 W 可调谐连续 CO_2 激光器的输出光束通过衰减器、调制器 (调制频率 1100 Hz)、分束镜, 形成准连续激光, 然后用焦距为 10 cm 的 Ge 透镜将其聚焦在样品上, 光斑直径约 $100 \mu\text{m}$ ($1/e$)。分束镜分出并经 CaF_2 衰减片衰减的入射参考光束与透过样品的透射光束分别由两个放在光束中央的液氮制冷小探测面元高频 HgCdTe 光伏探测器接收, 探测器输出的电信号在 475 型 100 M 示波器上观察。

三、结果和讨论

图 2 表示与入射光强和透射光强成比例的探测器输出电信号随时间变化的波形, 上方为入射波形, 下方为透射波形。从图 2 可看出: 入射光随时间变化接近三角波形, 透射光的前后沿显示出明显的“开”、“关”特性。对透射波形展宽 ($50 \mu\text{s}/\text{div}$) 并由图 3 确定开启位置后, 测得开启时间约为 $10 \mu\text{s}$, 用功率计测得入射光峰值功率约为 300mW 。

图 3 为入射-透射特性曲线 (任意单位), 它明显地显示了带有滞后回线的光学双稳态现

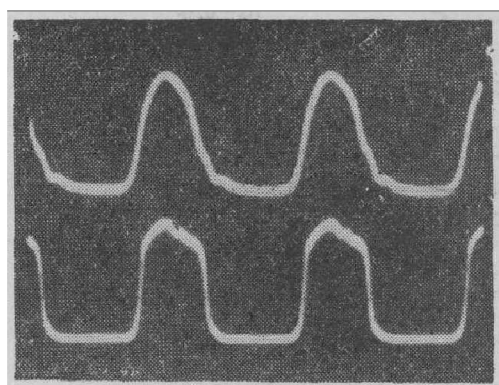


图 2 入射光信号 ($20 \text{mV}/\text{div}$) 和透射光信号 ($20 \text{mV}/\text{div}$) 随时间 ($100 \mu\text{s}/\text{div}$) 变化波形

Fig. 2 Input detector signal ($20 \text{mV}/\text{div}$) and output detector signal ($20 \text{mV}/\text{div}$) vs time ($100 \mu\text{s}/\text{div}$).

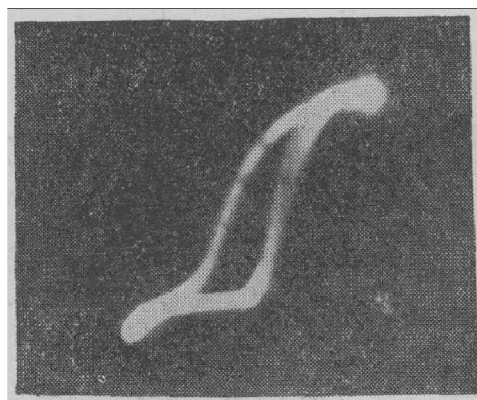


图 3 显示出光学双稳态的入射-透射光特性曲线

Fig. 3 Input-output characteristic showing optical bistability.

象和“开”、“关”特性。经测量估算可知其开启的功率密度约为 1.5 kW/cm^2 。该器件在调制频率 1100 Hz 及调制器齿宽与齿间间隔的比率为 $1:6$ 时能稳定运转 1 h 以上。

电子非线性诱导的光学双稳态开关依赖于入射到器件的光强,而热致非线性开关依赖于入射光能流^[6]。我们曾经改变调制频率(从 500 到 1100 Hz)和调制器齿宽与齿间间隔的比率($1:12$ 、 $1:6$ 及 $1:3$)以改变光能流,都没有观察到热效应对入射-透射特性曲线可能引起的变化。由此可以认为实验中观察到的双稳态现象与开关特性起源于 HgCdTe 的电子非线性,而不是热非线性。

半导体吸收光子导致带间共振跃迁并产生自由电子-空穴对,处于导带边准平衡态的跃迁自由电子调制了介电函数,由此引起光学共振非线性^[7]。 N 型或本征型 HgCdTe 带间为俄歇复合,当光泵产生大量非平衡载流子时,其复合时间将快速减小^[8],因此,光学非线性在泵浦光强大于 10 W/cm^2 时就受到快速限制^[4]。这种俄歇复合导致的非线性饱和与热效应的共同作用,使得在连续光照射下很难获得 HgCdTe 电子非线性光学双稳态^[4],但这种模为型不适用于我们所做的实验。首先是因为 P 型 HgCdTe 以Shookley-Read陷阱中心复合为主^[9],其复合时间在相当大的非平衡载流子浓度(即很大泵浦光强)范围内不变,Shookley-Read复合时间与材料受主浓度成反比,这类材料的共振光学非线性效应称为动态Burstein-Moss位移^[2];其次,我们实验采用的是准连续激光,加之对材料进行散热冷却措施,从而没有显示出热效应。

我们观察到的 HgCdTe 双稳开关时间为 $10\text{ }\mu\text{s}$,不算快,但比室温下 HgCdTe 热非线性双稳开关时间(1 ms)^[5]快得多。若采用更大功率密度和快速上升的脉冲光,并对双稳器件的结构进行优化,有可能进一步提高开关速度。

四、结 论

实验上可以获得在准连续激光照射下的 P 型 HgCdTe 电子非线性引起的光学双稳态现象。用该材料制作的双稳器件可以在较长时间内稳定运转,很有希望作为长波红外光信息处理的逻辑门。

致谢——实验中得到了华北光电技术研究所林钧挺副总工程师及红外部同志的大力支持和协助,杨焕文同志提供了 HgCdTe 材料,在此谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] Milker A. et al., *IEEE J. Quantum Electron*, **QE-20**(1984), 710.
- [2] Yuen S. Y. and Becla P., *Opt. Lett.*, **8**(1983), 356.
- [3] 陈继述,中国光学学会 1985 年年会论文摘要汇编, p. 192.
- [4] Walker A. C. et al., *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **A313**(1984), 249.
- [5] Craig D. et al., *Opt. Commun.*, **54**(1985), 383.
- [6] Tooley F. A. P. et al., *IEEE J. Quantum Electron*, **QE-21**(1985), 1340.
- [7] Miller, D. A. B. et al., *Phys. Rev. Lett.*, **47**(1981), 197.
- [8] Bartoli F. et al., *J. Appl. Phys.*, **45**(1974), 2150.
- [9] Polla D. L. et al., *J. Appl. Phys.*, **52**(1981), 5182.

TRANSMISSIVE OPTICAL BISTABILITY OF FABRY-PEROT ETALON OF HgCdTe*

ZHANG JIANGUO, CHEN JISHU,
(*Department of Optics, Shandong University*)

ZHEN KANGLI, HU QUANYI
(*North China Research Institute of Electro-optics*)

ABSTRACT

Using fast-modulated quasi-CW laser light, the optical bistability and switching characteristic due to electronic nonlinearity in P-type HgCdTe are observed. The up-switching time and intensity are about $10\mu\text{s}$ and $1.5\text{kW}/\text{cm}^2$ respectively. No changes in the input-output characteristic due to thermal effect were observed when the modulation frequency and space-ratio of the modulator altered.

* Project supported by the science fund of Chinese Academy of Sciences