

在强激光下Ge平行板的动态F-P干涉效应

李元恒

(中国科学院力学研究所)

提 要

实验表明,在连续 CO₂ 激光辐照下, Ge 平行板透射光强度随时间呈准周期性的变化。基于平行平板的多光束干涉理论,并考虑激光引起的温升对 Ge 片折射率和厚度的影响,得到的计算结果与实验相符合。这说明平行平面 Ge 在高功率连续 CO₂ 激光作用下因折射率和厚度随温度的变化而具有一种动态的法布里-珀罗干涉效应。

Ge 常被用作 CO₂ 激光器的窗口材料,为了对光方便,一般采用平行度高的 Ge 片。然而 Ge 表面的高度平行会形成光的干涉,且随着激光强度的增加, Ge 吸收激光能量后温升将引起干涉现象的变化,这无疑影响 CO₂ 激光器功率、振荡频率和模式的稳定。本文针对这一问题进行了初步的实验研究和理论分析。

实验采用光斑直径 ~7 毫米、功率 40 瓦、稳定性优于 1% 的 CO₂ 激光器作为光源。样片是直径 3.5 厘米、厚 4.4 毫米、表面平行度 ~10 秒的 n 型 Ge。

激光入射角 $\theta = 5^\circ$, 透射光强度用热敏电阻红外探测器检测。Ge 片辐照区的温度的测定是用线径 0.2 毫米、响应时间 ≤ 0.1 秒的镍铬-镍铝热电偶,热电偶也用于复测透射光强的变化。测量结果均用带打印机的数字电压表记录,打印速度 1 次/秒。实验装置示于图 1。Ge 片光强透射率随辐照时间变化的实验数据示于图 2。Ge 片被辐照区的温度随时间的变化见图 3。测温时须避免热电偶探头受激光的直接照射,要求在截断激光束的同时进行测量。

根据平行平板的多光束干涉理论^[1], 考虑介质吸收光后可得到光强透射率 A 的公式

$$A = \frac{A_0 e^{-2\alpha \frac{z}{\cos \gamma}}}{1 + R^4 e^{-4\alpha \frac{z}{\cos \gamma}} - 2R^2 e^{-2\alpha \frac{z}{\cos \gamma}} \cdot \cos \delta} \quad (1)$$

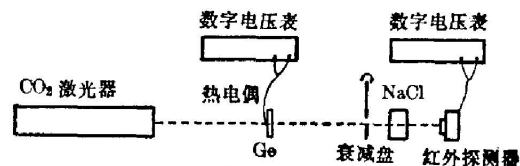


图 1 实验装置示意图

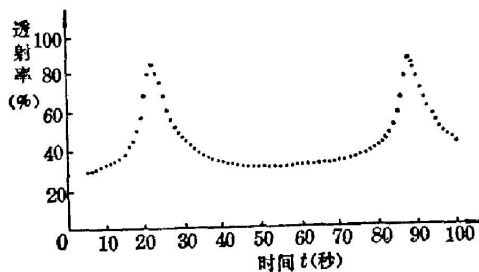


图 2 Ge 片透射率随激光辐照时间的变化

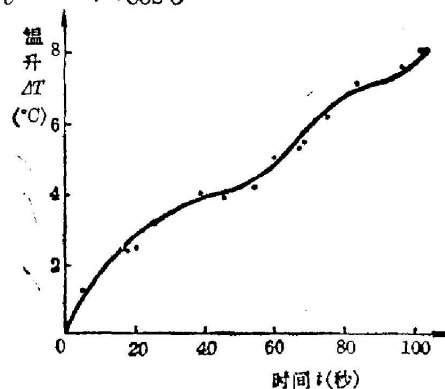


图 3 Ge 片辐照区温度随时间的变化

上式中 R 是费涅耳反射系数, A_0 是单次的光强透射率, 在吸收很小时 $A_0 \simeq (1-R^2)^2$ 。 n 是折射率, z 是样品厚度, α 是吸收系数, $\delta = 4\pi n z \cos \gamma / \lambda$ 是光在 Ge 中通过一次的相位差, λ 是入射光波长, γ 是折射角。 温度 T 升高到 $(T+dT)$ 时

$$\frac{d(nz)}{dT} = \frac{dn}{dT} \cdot z + n \cdot \frac{dz}{dT} \quad (2)$$

由于 $(dn/dT) \gg (dz/dT)$, 说明起主要作用的是光折射率的变化, 厚度随温度的变化仅起很小作用。 根据(1)式计算, 取初始温度时的 $n=4.002$, $z=0.44$ 厘米。 并取 $\alpha=0.032$ 厘米⁻¹, $\lambda=10.6$ 微米, $\gamma=1.25^\circ$, $dn/dT=2.68 \times 10^{-4}$ 度⁻¹, $\beta=6 \times 10^{-6}$ 度⁻¹[2]。 其结果绘于图 4,

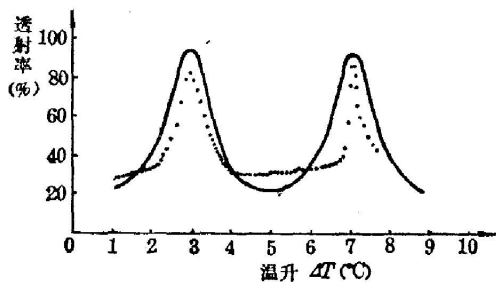


图 4 透射率随温度的变化(理论与实验)
理论——, 实验……

图 4 中还标出了由图 2、3 得出的透射率随温度的变化的实验数据。可以看出, 理论与实验是符合得比较好的。说明强激光辐照下 Ge 片升温引起了随辐照时间而改变的动态法布里-珀罗干涉效应。这种效应仅在激光器运转的初始阶段对激光输出带来影响。之后, Ge 片的升温因传导、辐射、对流以及窗口部分冷却措施等而很快趋于稳定。用本文(1)、(2)式的方法同样可对文献[3]所述的 Ge 窗干涉现象予以定量解释。

动态法布里-珀罗干涉效应使材料在激光辐照下的温度, 吸收系数、折射率等量之间建立起一种联系。这个方法除可定性判断 Ge 片平行度的优劣外, 还可测定材料的吸收系数。

作者感谢周光地先生的指导, 并对李春金同志实验上的帮助致以谢意。

参 考 文 献

- [1] M. Born, E. Wolf; «Principles of Optics», (5th ed. Oxford, Pergamon, 1975).
[2] Н. В. Карлов и др.; «Ван. Электр.», 1980, 7, No. 7 (Июн), 1531.
[3] 孙祉伟, 赵建荣; «激光», 1980, 7, No. 10 (Oct), 13.

Dynamic Fabry-Perot interference effect of parallel plane Ge by intense laser

LI YUANHENG

(Institute of Mechanics, Academia Sinica, Beijing)

(Received 2 January 1981)

Abstract

Experiments show that transmittance of parallel-plane Ge changes quasi-periodically with time under CW CO₂ laser radiation. Basing on multi-beam interference theory for parallel-plane and considering influence of laser-induced temperature change on refractivity and thick of Ge, calculated result is consistent with experimental data. It indicated that parallel-plane Ge has a dynamic Fabry-Perot interference effect as dependences of refractivity and thick on temperature by high power CW CO₂ laser heating.