

P 型锗中的非线性饱和吸收

王威礼 黄志军 曹树石 邢启江 朱印康 史守旭

(北京大学物理系、固体物理所)

本文研究主要是在 TEA CO₂ 激光器的 10.6 μm 波段, 利用窄脉冲激光峰值测量仪仔细地测量了 P 型锗的吸收随光强变化的非线性饱和现象。用非均匀展宽的二能级系统分析了 P 型锗轻、重空穴带之间的电子跃迁过程, 并和实验结果进行了比较。

由 P 型锗的能带结构可知, 红外吸收可以发生在轻、重空穴价带和自旋轨道分裂带之间。在忽略光子动量的竖直跃迁过程中, 吸收频率为 ν_0 的入射光子后, 处于基态 $E_1(k)$ 的电子(或空穴)跃迁到激发态 $E_2(k)$, 满足能量守恒关系 $h\nu_0 = E_2(k) - E_1(k)$, 由于能带的色散关系 $E(k)$ 和入射光束的非单色性, 因此谐振吸收频率具有连续分布的形式, 在分析中必须采用非均匀展宽的二能级系统。由于半导体介质内光强随距离 Z 变化, 可得在非均匀展宽时的吸收系数为

$$\alpha(\nu) = \frac{\alpha_0}{(1 + I/I_s)^{1/2}},$$

在样品厚度 L 上积分后得

$$\alpha_0 L = \left\{ \ln \left[\frac{\left(1 + \frac{I}{I_s}\right)^{1/2} - 1}{\left(1 + \frac{I}{I_s}\right)^{1/2} + 1} \right] + 2 \left(1 + \frac{I}{I_s}\right)^{1/2} \right\} \Bigg|_{I_{in}}^{I_{out}}$$

其中 I_{in} 和 I_{out} 分别为入射和透射样品前后的光强。

在低光强时, 我们可以得到和均匀展宽时类似的结果:

$$\ln(I_{in}/I_{out}) + (I_{in} - I_{out})/I_s = \alpha_0 L,$$

在高光强时, 可以得到

$$2 \left[\left(1 + \frac{I_{out}}{I_s}\right)^{1/2} - \left(1 + \frac{I_{in}}{I_s}\right)^{1/2} \right] = \alpha_0 L$$

的近似表达式。