

1.5K 近毫米波段 InSb 复光学常数的测量

龚雅谦* J. R. Birch E. A. M. Baker A. E. Costley

(英国国家物理实验室、电气科学部)

工作于液氮温度的 InSb 过热电子探测器是在亚毫米波和短毫米波段最有用的直接探测器之一。为改善该探测器的性能,以适应等离子体电子回旋辐射测量的要求,我们需要知道液氮温度下 $4\sim 40\text{ cm}^{-1}$ 波数范围 InSb 复光学常数,至今为止文献上还没报道过这些数据。

InSb 对上述频率范围电磁波的吸收是很强的。色散傅里叶光谱方法可能是测量这种材料光学系数最合适的方法。由于我们没有色散傅里叶光谱仪,因此采用了另一种方法。

入射光束在穿过平行表面样品时如果吸收不太强、因样品上下表面间的反射而产生多光束干涉,在透射谱中将出现干涉“条纹”。对于厚度为 d 的样品, m 阶极大值位于波数 $\tilde{\nu}$ 处,材料的折射率 n 为

$$n = \frac{m}{2d\tilde{\nu}} \quad (1)$$

如果样品的吸收很强,以致于可以忽略上述多光束干涉效应,可近似地把透射光谱看成是入射光束一次穿过样品的结果。在这种情况下,吸收系数 α 为

$$\alpha = \frac{1}{d_2 - d_1} \ln \frac{T_1}{T_2} \quad (2)$$

其中 d_1, d_2, T_1, T_2 分别为两个完全相同材料的样品的厚度和透射率。这种方法简称为双厚度法。将此方法进一步延伸可以算出折射率。

$$n = \frac{(1+R) + \sqrt{(1+R)^2 - (1-R)^2(1+K^2)}}{1-R} \quad (3)$$

我们使用傅里叶光谱仪,用汞灯为源,并用 Putley 探测器来测量处于液氮温度下两个不同厚度 InSb 样品的透射谱。由于汞灯发射谱中低频含量很弱,而样品吸收很强,因此透射谱的信噪比很小。我们用 IMPATT 振荡器作为源,在 4.3 cm^{-1} 进行透射率测量,作为对傅里叶光谱测量的补充。

由方程(1)计算得到的折射率 n ,在 $55\sim 15\text{ cm}^{-1}$ 内曲线十分平坦。随波数减小 n 值略有增加,其平均值为 3.8。在波数低于 15 cm^{-1} 处,由于自由载流子吸收太强,透射谱中的干涉“条纹”已不易辨认。

由方程(2)计算出吸收系数 α 。随波数减小, α 值从 3 cm^{-1} 增加到 30 cm^{-1} 。在波数 $20\sim 30\text{ cm}^{-1}$ 范围,吸收不太强,因此一次穿过样品的近似与实际情况偏差较远。在 $20\sim 10\text{ cm}^{-1}$ 波数范围,透射谱信噪比较小,因此测量误差较大。由方程(3)所计算的低频端折射率 n 在实验精度范围内与用干涉条纹法所得结果是一致的。本文还讨论了 n 的计算误差。

* 中国科学院上海技术物理研究所访问学者。