

固体中自由载流子-声子间介电耦合作用 及其在反射光谱中的表现

张存洲 张万林 张光寅

(南开大学物理系)

本文根据介电函数的经典色散理论, 分析了自由载流子-声子间的介电耦合作用。导出了自由载流子的反射谱 $R(\omega)$ 随复介电常数实部 ϵ_r 和虚部 ϵ_i 变化的一般规律及其与晶格振动反射谱的相互影响。列式给出在垂直入射情况下, 反射率 $R(\omega)$ 与光学常数 n, k 和复介电常数实部 ϵ_r 、虚部 ϵ_i , 即可求得自由载流子反射率 $R(\omega)$ 与角频率 ω 的一般关系。通过计算可以求得 $\frac{\partial R}{\partial \epsilon_r}$ 和 $\frac{\partial R}{\partial \epsilon_i}$ 与角频率 ω 的一般关系。对 $\frac{\partial R}{\partial \epsilon_r}$ 和 $\frac{\partial R}{\partial \epsilon_i}$ 作典型条件下的数值计算得出, 它们具有以下特征:

- (1) 在 $\omega \doteq \omega_p$ 附近, $\left| \frac{\partial R}{\partial \epsilon_r} \right|$ 和 $\left| \frac{\partial R}{\partial \epsilon_i} \right|$ 都存在一个尖锐的极大值;
- (2) 当 ω 逐渐趋近于零时, $\frac{\partial R}{\partial \epsilon_r}$ 和 $\frac{\partial R}{\partial \epsilon_i}$ 也都趋于零值;
- (3) 在 $\omega \gg \omega_p$ 区域, $\left| \frac{\partial R}{\partial \epsilon_r} \right|$ 和 $\left| \frac{\partial R}{\partial \epsilon_i} \right|$ 的值都很小。

由以上特征可以看出, 自由载流子的反射谱由于介电耦合作用受到其它过程例如晶格振动等的影响(以 $\Delta \epsilon_r$ 和 $\Delta \epsilon_i$ 表示之)时, 在其反射光谱区中, 反射率的变化存在一定的灵敏区和不灵敏区。在 $\omega \doteq \omega_p$ 附近(即自由载流子反射带边)是一个异常灵敏的区域。这与单振子型晶格振动反射带短波边($\omega \doteq \omega_L$)存在灵敏区类似。自由载流子反射光谱的这些特性可以通过 $n-k$ 图上色散曲线的图解方法得到解释。

本文还计算了同时存在自由载流子吸收和晶格振动吸收时的反射光谱曲线的各种典型情况, 并与重掺杂半导体(n 型)的一些实验结果作了比较, 结果是符合一致的。这对利用反射光谱方法测定自由载流子浓度、测量分析弱晶格振动吸收具有实际的意义。