

半导体中的微微秒和亚微微秒光谱

徐 仲 英

(中国科学院半导体研究所)

当半导体材料受到超短光脉冲激发时,就产生大量非平衡态热载流子,这些载流子首先通过载流子-载流子散射、等离子元发射和 LO 声子散射至准平衡态,此时电子温度远高于晶格温度。这个弛豫过程极短,实验测量表明,在 GaAs 体材料和 GaAs 量子阱中分别为 35 fs 和 50 fs。此后的弛豫过程主要通过发射声子来完成,弛豫时间从几微微秒到几十微微秒,取决于晶格温度、激发强度和电子能态等,作者分别用亚微微秒和微微秒激光脉冲研究了 GaAs 体材料和 GaAs 量子阱结构中的过热电子弛豫过程,工作是在美国 Cornell 大学进修访问期间完成的。实验主要结果如下:

(1) 电子弛豫时间 τ_e 与激发水平有关,高激发下弛豫过程变慢。两种材料变化率不同,低激发时($\sim 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)两者趋向于一致。实验数据:激发水平 $5 \times 10^{17} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$;量子阱结构: $\tau_e \approx 10 \text{ ps} \sim 80 \text{ ps}$;体材料: $\tau_e \approx 5 \sim 13 \text{ ps}$ 。

(2) 在同样的激发强度下,量子阱结构中的弛豫时间长。这是由大量 LO 声子在量子阱中的陷阱作用所造成的。

(3) 不同能量位置的电子弛豫速率不同。

透射相关峰测量技术(TOP)基于吸收饱和效应。测量主要结果如下:

(1) 最初弛豫时间 $\tau_e = 35 \text{ fs}$ (GaAs 体材料), 50 fs (量子阱),这些值已远小于激光脉冲本身,实验所用激发光子能量 2.02 eV ,激发水平 $\sim 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 。

(2) 高激发下弛豫加快,这是因为载流子浓度增加,总的散射率增加的缘故。

(3) 观察到相关峰两旁的侧翼,时间常数 $\sim 1 \text{ ps}$ 。这是由于最初散射到并占据 L、X 能谷的大量过热电子向 Γ 能谷的泄漏造成的,由于大量过热电子进入 Γ 能谷、产生能带填充效应,使透射强度增加。

超程脉冲激光器在半导体其他研究领域中的应用也十分活跃,国外已在无定形硅、GaAs、InP 光电导探测器和半导体表面和介面复合速度等方面做了不少工作。