

非线性光学开关的固有限制

T. J. Karr.

(美国洛克布德公司帕洛·阿耳托研究室量子光学组)

多稳态的全光学系统具有短至 10^{-12} s 的开关时间。光学双稳态, 伴随产生超短光脉冲, 已作为快速开关的非线性光学材料而重新加以研究。材料的响应时间 τ 、阈值强度 I_s 和开关功率 P_c 由热力学和诱发性基本约束相联系。光学开关和四波混频间有紧密的联系。在这两种情况下, 有非线性折射率的材料(吸收或色散), 提供强度/相位变化的非线性反馈。Krammers-Kronig 关系式连结 κ_R 和 κ_I 。近共振时, 饱和 κ_R 或 κ_I 的强度极限由 Planck 谱决定为:

$$I_s \sim \frac{\Delta\omega\tau_s\omega^3}{\tau} \cdot \left(\frac{\hbar}{2\pi c^2}\right)$$

式中, ω =频率, $\Delta\omega$ =跃迁宽度, τ_s =自发辐射寿命。光学开关或四波混频所需的功率至少是:

$$P_c \sim \frac{\Delta\omega^2\tau_s^2\omega^4}{N\tau} \cdot \left(\frac{2\hbar}{c^3}\right)$$

式中, N =密度。

大量具有许多不同相互作用的材料符合这一模型, 这表明光学开关工作在近热力学极限。最终的量子极限是:

$$P_c \sim \frac{h}{\tau^2}$$

但是热力学/诱发性极限主要出现在光学频率处, 还没有发现近量子极限的材料。

观察了速度高于 10^3 GHz、功率适当时光学开关材料的要求。对于 P_c , 系统应具有其自然线宽 $\tau \sim \tau_s$; 然而在 $\tau_s \sim 10^{-12}$ 时, 系统必须具有大的振子强度和低的有效质量。较长的波长具有较低的功率 P_c 和 I_s 。一种类似的候选者是共振激子, 最近关于室温激子和多量子势阱结构的实验支持这种假设。