

# 差频共振双光束耦合受激喇曼散射研究

赫光生 程与旦 周福新 余嵩鲲 刘颂豪

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

用两束波长与方向不同的 ns 量级脉冲激光同时聚焦辐照方解石或苯样品,当两入射光束频率之差与样品喇曼跃迁频率发生共振时,首次发现到由共振耦合作用导致的双光束受激喇曼散射(SRS)现象的同时出现。实验研究了该效应产生的阈值条件、共振调谐条件、相位匹配条件以及过程的光谱特性等。采用共振增强双光束耦合自聚焦的观点,对效应产生的物理机制进行了理论解释。

实验中采用的一束入射光为  $\lambda_1=5320 \text{ \AA}$ , 脉冲宽度约为 8~10ns, 谱线宽度约为  $0.13 \text{ cm}^{-1}$ ; 另一束入射光为在  $\lambda_2=5646 \text{ \AA}$  附近可调谐的染料脉冲激光, 脉冲宽度约为 5~6ns, 谱线宽度约为  $0.4 \text{ cm}^{-1}$ 。两光束可分别或者同时经过一个  $f=10 \text{ cm}$  的透镜, 聚焦入射到厚约 1cm 的样品中; 两光束在样品表面上的入射交角, 可在  $0.3 \sim 6^\circ$  范围内任意变化而不影响上述实验结果。

以方解石样品为例, 当两光束的脉冲能量超过一定水平而单独入射到样品中时, 可分别引起各自的受激喇曼散射(SRS); 当两光束单独产生 SRS 的阈值水平近似相同时, 入射光能  $E_0=0.5 \text{ mJ}$  左右, 对应于焦点处光功率密度约为  $W_0=0.5 \times 10^9 \text{ W/cm}^2$  左右。

当两光束的入射脉冲光能均取小于  $E_0$  而又大于  $E_0/2$  的水平同时入射, 并且通过调谐使两光束频率之差与样品喇曼振动模(方解石为  $1086 \text{ cm}^{-1}$ )发生共振的情况下, 可观察到分别以两光束为中心的 SRS 的同时出现; 光谱测量表明, 其中包括有以  $\lambda_1$  光束为中心的一级斯托克斯( $5646 \text{ \AA}$ )、二级斯托克斯( $6015 \text{ \AA}$ )、一级反斯托克斯( $5029 \text{ \AA}$ )辐射成分, 同时还包括有以  $\lambda_2$  光束为中心的一级斯托克斯( $6015 \text{ \AA}$ )成分。测量了两光束单独入射产生各自 SRS、以及两光束同时入射产生耦合 SRS 时, 不同频移组分受激散射光的持续时间特性, 证实了耦合 SRS 的持续时间由两入射光脉冲中时间较短者所决定。

由于上述耦合 SRS 的产生, 与两入射光束间的夹角变化( $0.3 \sim 6^\circ$ )无关, 说明效应的产生不要求满足相位匹配条件, 因此不能用 CARS 一类四波混频过程解释。又由于效应相对于两入射光束而言是对称地发生, 因此也不能用喇曼增益或反喇曼衰减过程来解释。相反, 采用双光子差频喇曼共振增强之双光束耦合自聚焦模型, 可很好地解释所观察到的所有现象的规律性。其中最重要的一点是: 耦合自聚焦的结果导致样品内公共作用区两光束截面的同时变小, 进而导致局部光强的增大和产生 SRS 表观阈值的降低。