

苯的受激喇曼散射频移及位相匹配

Abstract. Frequency shift of Stokes radiation for cells of various lengths were measured. Also measured were light of various intensity generated at 992 cm^{-1} and 3064 cm^{-1} for different cell lengths.

我们知道, 激光平面波通过具有瞬时非线性的介质时, 它的位相变化为:

$$\phi(z, t) = \frac{\omega_L}{c} [n_0 + n_2 I_L(t)] z \quad (1)$$

其中 ω_L 为激光频率; n_0 为介质折射率; n_2 为介质非线性折射系数; $I_L(t)$ 为激光强度; z 为介质长度; c 为光速。

相应引起瞬时激光频率变化为:

$$\begin{aligned} \omega_L(t) - \omega_L(0) &= -\frac{\partial \phi(z, t)}{\partial t} \\ &= -\frac{\omega_L z}{c} n_2 \frac{\partial}{\partial t} I_L(t) \end{aligned} \quad (2)$$

对于泵浦激光来说, 在光强最大值处 $\left. \frac{\partial \phi}{\partial t} \right|_{I_L=0} = 0$ 即没有频率变化。在激光脉冲前沿频率移动为负, 而在脉冲后沿频率移动为正。即激光在非线性介质中传播时, 只存在位相调制, 而最大值处频率没有移动。这种情况对于稳态和瞬态都是一样的。然而, 斯托克斯场则不同, 在稳态情况其最大值处没有频移, 而脉冲前、后沿的频率移动大于激光瞬时频移的 1.67 倍。在瞬态情况, 由于斯托克斯光峰值相对于激光峰值延迟约 $t_D = t_P/2$ 。根据瞬态受激喇曼散射理论可求出斯托克斯光的瞬时频率为:

$$\Delta \tilde{\nu}_{S\max} = 4 \times 10^{-13} \frac{\tilde{\nu}_S n_2 I_2 z}{n_s t_S} \quad (3)$$

其中, $\tilde{\nu}_S$ 为用波数表示的斯托克斯频率; n_s 为介质对斯托克斯光的折射系数; t_S 为斯托克斯脉冲宽度。由于斯托克斯光脉冲的峰值在激光脉冲的后沿, 故其频率移向高频。

在激光向斯托克斯光转换过程中, 由于两者之间存在着色散, 因而, 它们的相互作用长度需要匹配, 这样才能获得强的斯托克斯光。在匹配长度之内, 斯托克斯光不断增长, 而当作用长度超过匹配长度时, 斯托克斯光达到饱和, 甚至减弱, 因而, 对不同斯托克斯光需选不同的盒长。最佳匹配长度由下式决定^[1]:

$$L_{\max} = t_P v_L v_S / 2(v_S - v_L) \quad (4)$$

其中 t_P 为泵浦光脉冲宽度, v_L 和 v_S 分别为激光和斯托克斯光在介质中的群速度。

为了研究激光和斯托克斯光通过喇曼介质的频移, 我们采用如图 1 的装置。

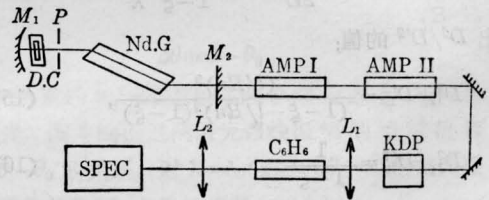


图 1 喇曼频移实验装置

$M_1-R=1.5$ 米的凹面反射镜; M_2 —半反射镜; D, C —染料盒; P —选模小孔; AMP—放大器; KDP—倍频晶体; L_1, L_2 —透镜; SPEC—光谱仪

钕玻璃锁模脉冲经过二级 $\phi 20 \times 500$ 毫米的钕玻璃棒放大, 再用 KDP 晶体倍频为 5304 埃的微微秒脉冲序列。将该激光脉冲聚焦到液体介质(苯)盒内, 产生的斯托克斯脉冲, 用 1.3 米光栅光谱仪摄谱。

首先不加喇曼介质盒, 用汞灯 5460.74 埃和 5789.66 埃的三级谱, 精确确定激光波长为 5304 埃。然后将喇曼介质盒放入。我们采用 2.5 厘米、4 厘米和 10 厘米长三种样品盒, 利用三级光谱拍照, 色散为 9.4 埃/毫米, 只能测苯的 992 cm^{-1} 振动。对 2.5 厘米盒长, 拍不到 992 cm^{-1} 的振动。对 4 厘米和 10 厘米长的两种盒三级谱如图 2。

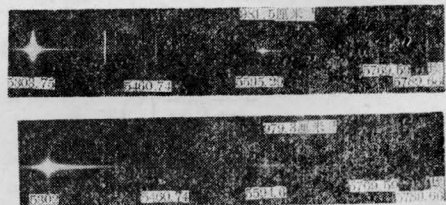


图 2 苯的 992 cm^{-1} 振动的三级谱
上图为 $l=4$ 厘米盒; 下图为 $l=10$ 厘米盒

对于激光和斯托克斯光群速度匹配问题,我们采用一级谱拍照,其光谱色散 29.4 埃/毫米。对此没进行频移计算,因为其误差较大。

在我们实验中,激光为方向性 0.5 毫弧度的单模高斯光束,采用焦距 $f=30$ 厘米的长焦距透镜聚焦,样品盒放在透镜焦点的光腰附近,因而,上述由平面波推出的公式是适用的。

由测微光度计描迹计算苯的 992 厘米⁻¹ 振动产生的斯托克斯分量的结果列于表 1。

表 1

盒长(厘米)	次 数	斯托克斯光波长(埃)
4	1	5597.19
	2	5597.59
	3	5595.29
	平均	5596.69
10	1	5595.56
	2	5593.65
	3	5594.60
	平均	5594.64

由表 1 求出斯托克斯光的频率移动:

$$L=4 \text{ 厘米时, } \Delta\nu_s=6.1 \text{ 厘米}^{-1}$$

$$L=10 \text{ 厘米时, } \Delta\nu_s=12.77 \text{ 厘米}^{-1}.$$

它与(3)式中的频移与距离的关系基本一致。

为了解释 992 厘米⁻¹ 和 3064 厘米⁻¹ 振动的斯托克斯光强变化,我们求出对脉宽 $t_p=10$ 微微秒的最佳匹配长度:

$$L_{\max}^{992}=14.395 \text{ 厘米}$$

$$L_{\max}^{3064}=4.93 \text{ 厘米}$$

对于 4 厘米长的盒,3064 厘米⁻¹ 振动强度大于 992 厘米⁻¹ 振动,而对于 10 厘米长的盒,则由于远超过匹配长度,激光不能有效地转变为斯托克斯光,因而其强度小于 992 厘米⁻¹ 振动产生的斯托克斯光,而 992 厘米⁻¹ 振动的斯托克斯光得到有效地放大,斯托克斯光和激光进一步耦合,产生了 992 厘米⁻¹ 二级斯托克斯振动。

参 考 文 献

- [1] D. B. McDonald; *Opt. Commun.*, 1980, **32**, No. 3, 416.

(中国科学院上海光机所 孟绍贤

张伟清 康玉英

浙江大学应届毕业生 汪 宏

1981 年 12 月 15 日收稿)

激光显微光谱分析中的辅助激励延时技术

Abstract: The discharge delay technique of cross-excitation in laser microspectroscopy and its main advantages are introduced.

在激光显微光谱分析中,要想进一步缩小分析孔径,提高分析灵敏度,其关键之一就在于如何最大限度地充分利用试样被激光束蒸发所产生的蒸气云。国内外的应用实践表明,采取辅助电极延时激发技术,能够得到较高的分析灵敏度。所谓辅助电极延时激发,就是待蒸气云浓度最大的部分上升进入辅助电极间隙时,辅助电极才加压放电。这样既充分利用了蒸气云,又使辅助激励能量得到了最合理的利用。我们参考了东德 LMA-10 型激光探针的辅助激励延时方式,结合国内的具体情况,在我厂生产的 WJX-II 型激光显微光谱分析仪(1980 年 3 月鉴定投产)上设计出一种辅助激励延时电路,其电路原理如图 1 所示。辅助激励延时时间从 0~1000 微

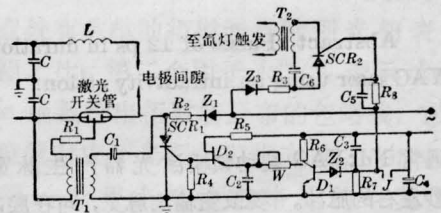


图 1 辅助激励延时电路原理简图

秒分级可调。

在辅助电极延时激发中,如何按照实际情况选择最佳延时时间,是十分重要的。设实际最佳延时时间为 Δt ,则 Δt 的选择与以下因素有关。

- (1) 从氙灯触发到输出激光,设这段时间为