

苯的二级相干反斯托克斯喇曼散射 (CARS)

邬承就 王乃光 李光晓 许玲

(中国科学院安徽光机所)

提要: 设计了一套光路布置使用受激喇曼散射为相干光源, 泵浦光子同受激光子之间混频, 观测到苯的相干反斯托克斯喇曼散射共振现象, 并获得很强的二级相干反斯托克斯喇曼线。

Second order CARS of benzene

Wu Chengjiu Wang Naiguang Li Guangxiao Xu Ling

(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: An optical arrangement was designed using stimulated Raman scattering (SRS) as the coherent light source and many kinds of frequency mixing between the pumping laser beam and different orders of Stokes and anti-Stokes lines were obtained. The resonance phenomenon of coherent anti-Stokes Raman scattering in benzene has been observed and very intense second-order CARS has been obtained.

CARS 过程有一共同点, 既要实现共振 (满足频率差 $\omega_p - \omega_{s1} = 4\omega$ 相当于一个喇曼频移) 又要满足相位匹配。有两种实验方法可实现, 一种用可调谐的染料激光器, 调谐一个或两个频率满足上面的条件; 另一种用受激喇曼散射作相干光源, 由产生的受激线 (Stokes 线或反 Stokes 线) 同泵浦光束进行混频^[1], 后者能量关系是满足的。但是由于两束光的夹角是固定的, 所以相位匹配的要求不易满足, 一般只用于气体 CARS, 而用于液体较少。

我们考虑用分光的办法, 把 ω_p 和 ω_{s1} 两束光分开, 再经反射镜把 ω_p 反射并和 ω_{s1} 相交, 调节夹角使满足相位匹配。这样就能实现各种混频, 尤其是有可能观测到高级的混

频现象, 为此我们设计如图 1 的方案。

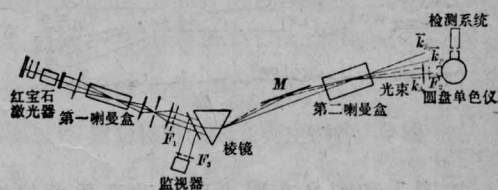


图 1 CARS 装置示意图

整个装置由一高功率红宝石激光器作泵浦光源。在第一个喇曼盒中产生的受激喇曼线连同 6943 埃——泵浦光束经过小孔选模, 再经过宽带选通滤光片 F_1 进行选择, 然后通过分光棱镜分开, 使 6943 埃频率的光经反射镜反射后进入第二个喇曼盒 (称 CARS 盒)。而第一级 Stokes——7457 埃光不经反射镜直

收稿日期: 1980 年 1 月 14 日。

接进入 CARS 盒与 6943 埃的光束相交, 并且调节两束光夹角进行混频。接收装置包括聚焦用的柱面透镜、窄带滤光片 F_2 、单色仪、光电倍增管和检流计(或放大记录系统)。在棱镜分光之前, 用一个部分反射镜分出一束光, 经滤光片 F_3 射入光电池进行监视。替换滤光片 F_1 使之透过波段改变, 转动反射镜 M 的方向, 移动其位置, 满足角度匹配, 可以实现许多种光子混频。

我们以苯作为喇曼介质, 对于大多数液体和固体, 实现 CARS 的 k_p 和 k_{s1} 的匹配角为 1° ^[2]。苯的折射率为 $n=1.5017$, k_p 和 k_{s1} 在 CARS 盒外空气中的夹角为 1.5° 。选用 500 毫米长的 CARS 盒, 按图 2 布置, 在离棱镜 2000 毫米光程处 k_{A1} 离开 k_p 距离 27.5 毫米, 而 6328 埃离开 k_p 是 4.3 毫米, k_{A1} 离参考光束 6328 埃的位置是 23.2 毫米, 这样, CARS 光就远离很强的 6943 埃泵浦光束, 大大地提高了信噪比, 而且对有可能漏过滤光片 F_1 的一级受激反斯托克斯线 λ_{A1} , 在谱线位置上进行很好地隔离, 避免混淆。此外, 我们用实验证明了泵浦光束经过第一级喇曼盒后由于功率的损耗不能在第二级喇曼盒引起受激喇曼线。

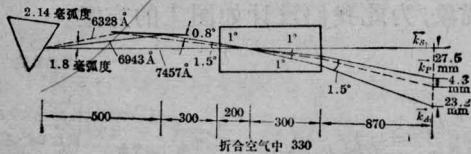


图 2 各路主要光线的相对位置

按图 1 和图 2 布置光路, 改变单色仪波长鼓轮, 逐点测量讯号的“强度~波长”分布。结果在 6496 埃处出现峰值, 图 3 是三次测量的平均结果。

用同一装置, 改变匹配角, 实现高级 CARS, 选 $\lambda_p=6943$ 埃, $\lambda_{s1}=7457$ 埃, 按

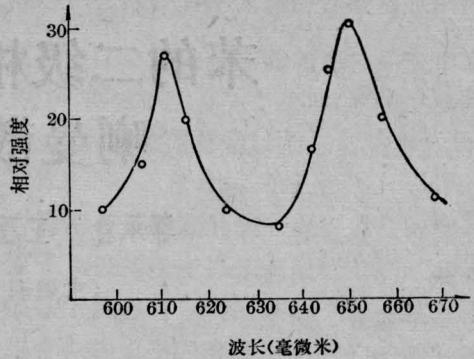


图 3 苯的一级和二级 CARS 峰值位置

$$3\omega_p - 2\omega_{s1} = \omega_{A2}$$

$$3k_p - 2k_{s1} = k_{A2}$$

条件混频, 将产生第二级的反 Stokes 线, 其波长 $\lambda_{A2}=6102$ 埃。我们把 k_p 和 k_{s1} 之间的夹角从第一级 CARS 时的 $\theta=1^\circ$, 调节到 $\theta=1.5^\circ$ (按在液体内的夹角) 从而实现第一级和第二级 CARS。第二级 CARS 峰值在 6102 埃处, 强度也很高。

为了更直接地证实上述观察到的 CARS 现象, 我们更换混频介质, 把第二级喇曼盒分别改充石油醚和甲苯, 均未观测到讯号, 这表明, 相干反斯托克斯喇曼散射是一个非常严格的共振现象。(甲苯的喇曼频移 $\Delta\nu=1003$ 厘米⁻¹, 同苯的频移 $\Delta\nu=992$ 厘米⁻¹ 相差仅 11 厘米⁻¹)。

本实验得到杨维纲, 路铁群二同志有益的讨论和宝贵建议, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] P. R. Regnier et al.; *AIAA J.*, 1974, **12**, No. 6, 826~831.
- [2] R. F. Begley et al.; *J. Chem. Phys.*, 1974, **61**, No. 6, 2466.