

# 苯的高阶受激拉曼散射\*

郑顺旋 梁振斌 马莹莹 黄振望 谢 沧  
(中山大学物理系)

## 一、引 言

1928年,印度物理学家 C. V. 拉曼(Raman)等人在实验中发现,以一定频率的单色光入射透明光学介质时,在其散射光谱中,除出现与入射光频率相同的谱线外,在其两侧还出现一些新的谱线。在低频一侧的,称为斯托克斯线,在高频一侧的,则称为反斯托克斯线,这些谱线相对于入射光的频率差不依赖于入射光的频率,只与组成散射介质的分子结构和运动状态有关。这种效应,以后就被称为拉曼效应。

具有受激发射性质的拉曼效应叫受激拉曼散射,其特点之一是存在高阶的拉曼散射线,在其光谱中,与物质分子中一对分子能级的拉曼跃迁对应的是一系列的斯托克斯线  $A_{s_1}, A_{s_2}, \dots$

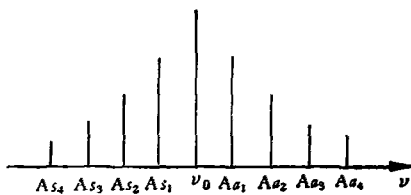


图1 斯托克斯线系

$\dots$ , 和一系列的反斯托克斯线  $A_{a_1}, A_{a_2}, \dots$  (见图1), 这些线在频率上是等间隔的。通常,把  $A_{s_1}, A_{s_2}, \dots$  分别称为一阶、二阶、 $\dots$  斯托克斯线,  $A_{a_1}, A_{a_2}, \dots$  分别称为一阶、二阶、 $\dots$  反斯托克斯线。多阶受激拉曼线的存在是一种非线性光学现象<sup>[1]</sup>。

本工作采用被动锁模的红宝石激光器和长拉曼池在国内首次观察到苯的五阶受激拉曼散射。用类似装置,还观察到  $CS_2$  的一至六阶受激拉曼散射线,以及串级受激拉曼效应。

## 二、实验装置及结果

我们用图2的装置进行苯的受激拉曼散射实验。

在红宝石激光器腔内,靠近全反射镜  $M_1$  处放置一可饱和染料池  $D$  (厚 3mm), 内盛隐花菁丙酮溶液(对 6943 Å 的透过率为 37%) 用作被动锁模。红宝石棒  $R$ , 长 200mm, 直径 10mm, 输出镜  $M_2$ , 透过率约 40%。

从红宝石激光器输出的 6943 Å 激光(峰功率约为十兆瓦量级), 用透镜  $L_1$  (焦距为 450 mm) 聚焦于盛满 AR 纯的苯液体拉曼池  $C$  中央。从拉曼池出来的苯的受激拉曼散射光再由透镜  $L_2$  (焦距为 150mm) 会聚于摄谱仪  $S$  的狭缝上, 通过摄谱仪, 用照相机记录拉曼光谱, 光谱底采用英国依尔福  $HP_3$  感光片。一个脉冲即可拍得苯的受激拉曼散射光谱(图3)。

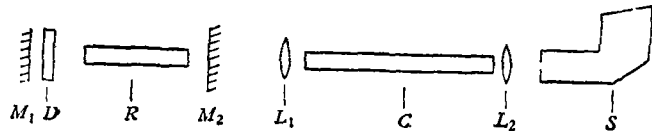


图2 实验装置图

\* 1978年9月20日收到。

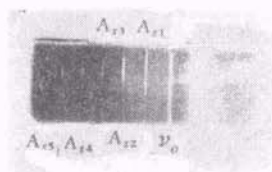


图3 苯的受激拉曼散射谱

从图3的照片可见,在激发线 $\nu_0$ 的低频侧出现了很清晰的苯的五条受激拉曼散射线

$$A_{s1}, A_{s2}, \dots, A_{s5}$$

它们对激发线的频移,在测量误差范围内分别等于 $992\text{ cm}^{-1}$ ,  $2 \times 992\text{ cm}^{-1}$ ,  $\dots, 5 \times 992\text{ cm}^{-1}$ ,应为苯C—C键 $A_{1g}$ 对称型振动的分子跃迁相应的一至五阶斯托克斯线。这些谱线十分强,特别 $A_{s1}$ 、 $A_{s2}$ ,透过摄谱仪仍能烧焦黑纸(见图4)。同时,我们还观察到一阶反斯托克斯线,这同时出现的斯托克斯线往往只有第一、二阶(图5)。

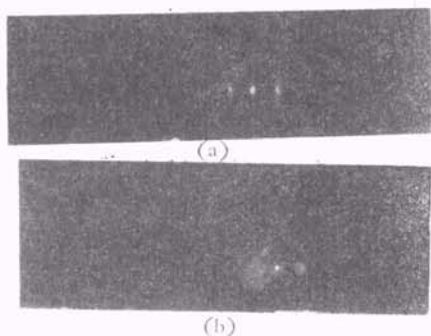


图4 烧纸情况对比图  
(a) 有狭缝时的烧纸情况  
(b) 无狭缝时的烧纸情况

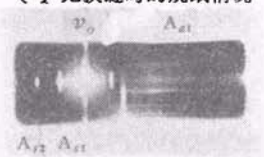


图5 斯托克斯线图

还拍摄了散射光的远场及近场花样。远场花样由同心圆组成(图6)。近场花样是一个大斑,大斑中可看到三个亮点,其直径小于 $0.5\text{ mm}$ ,可能是光束自聚焦形成的丝状高强度细光束所引起。

我们也作了转换效率的测量。把输入拉



图6 远场花样图

曼管的能量与拉曼散射的各阶总能量作了比较。其能量转换效率为 $25\%$ ,显见转换效率尚好。

### 三、讨 论

以上结果比较稳定,重复性很好。在实验中也发现了一些现象和问题。

1. “阶跳”现象:用本文锁模红宝石实验装置激发苯液体时,一至五阶斯托克斯线强度分布经常出现如图7所示的情况。必须指出,由

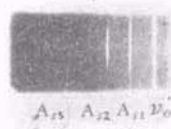


图7 斯托克斯线强度分布的阶跳现象

于对超短光脉冲,互易定律失效(它导致照相底片的灵敏度十分低)以及拉曼散射光在狭缝上的非均匀分布等,因此,谱线强度无法用照相法确定。但按理论其相对强度应随序数增加而减弱,而我们大量照片得到的第五阶往往强于第四阶(如图3)或强于第三、四阶(如图7)我们称之为“阶跳”,这种现象与理论不符<sup>[2,3]</sup>。

2. 高阶反斯托克斯线的问题:以本实验装置拍得苯的大量照片,均能出现一至五阶斯托克斯线和一阶反斯托克斯线,但二阶以上的反斯托克斯线用一米池却未记录到。根据高阶受激拉曼理论,第二阶斯托克斯线、激发线与散射介质相互作用便可产生二阶反斯托克斯线,并且反斯托克斯线不存在阈值问题,现在我们的实验记录到高达五阶的斯托克斯线,且在高阶反斯托克斯线所在的波长处,底片的灵敏度很

高,然而,却观察不到二阶以上的反斯托克斯线,所以这也是难以解释的现象.很多现象尚待继续探索.

作者们感谢高兆兰教授、黄旭副教授的指导和关怀.

### 参 考 文 献

- [1] “激光物理学”编写小组,《激光物理学》,上海人民出版社,(1975),301.
- [2] Y. R. Shen, N. Bloembergen, *Phys. Rev.*, **137-6A**(1965), 1787.
- [3] D. Von, Der Linde, M. Maier, W. Kaiser, *Phys. Rev.*, **178**(1969), 11.

## 金属结构封离型CO<sub>2</sub>激光器\*

赵 进 赵润乔 叶桂木 董桂珍 戴立盛

(中国科学院电子学研究所)

### 一、设计考虑

中小功率CO<sub>2</sub>激光器一般有直管型和折迭型两种类型.这类封离型器件单位放电长度的输出功率一般只达到50瓦/米左右.为了获得较高的输出功率,通常采用增加管长来实现.但是,提高激光器单位放电长度的输出功率还有相当大的潜力.

大家知道,腔失谐会使输出功率大大降低,输出模式变坏.我们发现,内腔式封离型器件(如图1)一般都不可能运转在最佳对准状态,它受到制管工艺对准精度的限制和运转时引起的热变形的影响,一旦谐振腔固定之后,就不可能进行调节.即使冷状态达到较佳的对准状态,热状态的失谐也无法克服.如果采用外腔式结构(如图2),虽然能做到器件在热状态下完全对准,但是由于外腔式结构需要有二个布鲁斯

特角窗,窗片一般采用NaCl或GaAs晶体,这就引入了附加损耗,降低了增益,使得单位长度的功率输出降低,甚至还不如内腔式的输出功率高.而且,窗片的保护也比较麻烦.因此,除特殊需要外,多数器件都不采用外腔式结构.但外腔式结构具有在热状态下精确对准谐振腔的突出优点.

我们正是把外腔式的可调节性和内腔式的高增益,低损耗和简便性结合起来,使器件既有较高的增益又能在热状态下达到完全对准,达到了既提高了输出功率,又改善了输出模式特性.我们所采用的方案如图3简图所示.我们选用了“口”字形铝合金型材作为刚性底座.先将放电管置于金属水冷套中,然后将它们一起通过支架固定在金属底座上,同时把一个可微调锁紧的调节装置也固定在底座的一端.它可以对具有微量弹性形变的放电管进行微调(弹性形变是由于金属水冷套和放电管之间用橡皮

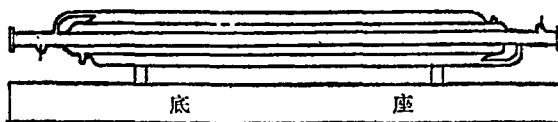


图1 内腔式结构

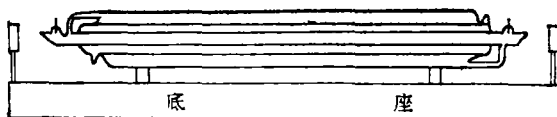


图2 外腔式结构



图3 金属结构型

软接触而形成的.微调前谐振腔应当先基本对准,在器件工作时再利用微调装置精细调整到最佳工作状态.

\* 1978年8月14日收到.