

高级受激喇曼散射功率、脉宽 及光混频观察

路扶群 季汉庭 汪晨熙 荀克用 廖常焕

(中国科学院安徽光机所)

提要: 本文用 Q 开关红宝石激光器, 对受激喇曼散射功率、脉冲宽度和光混频进行了观察。在本实验中, 把受激喇曼光输出到 KDP 晶体进行了和频和差频实验。

Observation on power, pulse width and frequency-mixing for high-order stimulated Raman scattering

Lu Yiqun Ji Hanting Wang Chenxi Xun Keyong Liao Changhuan

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

Abstract: In this paper we describe the observation on Raman scattering power, pulse width and frequency-mixing with a Q-switched pulsed ruby laser. In the experiment, the output of stimulated Raman light passes through a KDP crystal and sum and difference frequencies are produced.

受激喇曼散射功率及脉宽的研究国内外报道较多^[1~4]。而对于受激喇曼散射各阶功率及脉宽的测量报道则比较少。我们利用图 1 所示的装置进行了受激喇曼散射的研究。在实验中观察到苯的五级斯托克斯及一级反斯托克斯散射。观察到三氯甲烷五级反斯托克斯与三级斯托克斯散射, 如图 2 所示。在苯的受激喇曼散射实验中只有一次观察到“阶跳”现象, 如图 2(b)所示, 第四级散射没有观察到。利用图 1 装置严格控制输入能量转动棱镜, 多次实验可以测量出各级散射光的能量及脉宽。各级散射光的能量及脉宽不是一次实验得到, 而是一次只能得到一级散射光的数据, 四级斯托克斯散射要多次实验

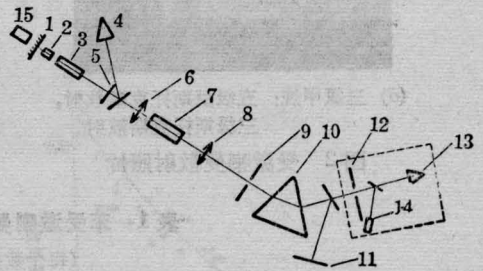
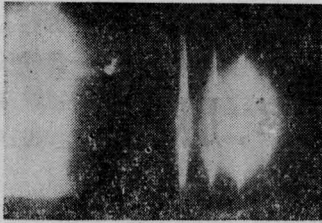


图 1 喇曼散射实验装置

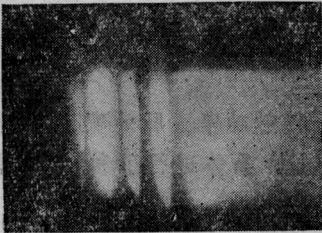
1—后腔片; 2—调 Q 染料盒; 3—红宝石; 4—炭斗; 5—前腔片; 6—透镜; 7—喇曼盒; 8—柱面镜; 9—入射狭缝; 10—棱镜; 11—底片; 12—出射狭缝; 13—炭斗; 14—光电管; 15—光电倍增管

得到, 结果如表 1 所示。可以看到散射级数越高脉宽愈窄。一般认为只有后向散射有压缩

收稿日期: 1979 年 7 月 27 日。



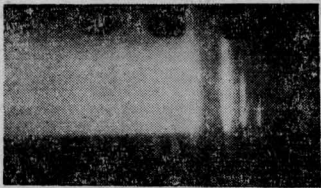
(a) 苯: 一级反斯托克斯散射, 五级斯托克斯散射(无阶跳)



(b) 苯: 五级斯托克斯散射, 缺四级散射(有阶跳)



(c) 硝基苯: 二级斯托克斯散射(第三级很弱)



(d) 三氯甲烷: 五级反斯托克斯散射, 三级斯托克斯散射

图2 受激喇曼散射照片

脉宽的作用, 从本实验来看只要选择适当激励能量, 前向散射也有压缩脉宽的作用, 而且级数愈高脉宽愈窄。激励功率低产生的级数减少, 但脉宽的压缩作用也显著, 这可能是获得超短脉冲的一种方法。

当红宝石激光功率达 250 兆瓦时可以获得很强的受激喇曼散射光, 它们的波长以及功率如下:

$$V_0 = 6943 \text{ 埃} \quad W_0 = 40 \text{ 兆瓦}$$

$$V_1 = 7459 \text{ 埃} \quad W_1 = 40 \text{ 兆瓦}$$

$$V_2 = 8054 \text{ 埃} \quad W_2 = 40 \text{ 兆瓦}$$

$$V_3 = 8754 \text{ 埃} \quad W_3 = 20 \text{ 兆瓦}$$

$$V_4 = 9586 \text{ 埃} \quad W_4 = 18 \text{ 兆瓦}$$

将这些散射光用柱面镜汇聚到 KDP 晶体上进行倍频-混频就可以得到一系列谱线。只要改变调 Q 染料浓度或改用薄型染料盒, 就可以获得 100 微微秒量级的散射混频光, 可以作为粗略可调的微微秒光谱光源之一。

我们知道, 一个匹配角只对应于一个混频过程。要实现多个波长混频, 单靠调整晶体的匹配角是不可能同时实现的, 为此我们加入了一个混频扩展器。即放进两块平行平板, 彼此不平行。一块镀全反铝膜(留一个孔输入激光), 另一块镀 $R=65\%$ 半反膜, 如图 3 所示。只要调整 α 角到某一角度时, 入射在晶体里的光由于两块平板而往返反射, 每次反射光与晶轴的夹角不一样, 就可以发生上述过程。 α 角的正确值很难预先预测, 只能由实验确定, 一般在 $30' \sim 5^\circ$ 之间调整。在

表1 苯受激喇曼散射各级功率脉宽测量结果

(每个数据是多次实验平均值)

输入脉冲		S_1		S_2		S_3		S_4	
W_0 (兆瓦)	t_0 (毫微秒)	W_1 (兆瓦)	t_1 (毫微秒)	W_2 (兆瓦)	t_2 (毫微秒)	W_3 (兆瓦)	t_3 (毫微秒)	W_4 (兆瓦)	t_4 (毫微秒)
250	30	40	25	40	21	20	18	10	10
150	30	20	22	15	20	11	16	6	8
50	30	10	10	5	7	—	—	—	—

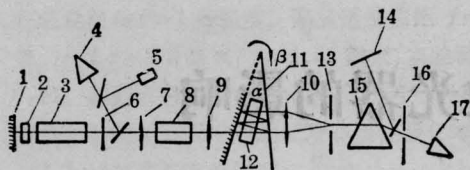


图3 喇曼散射混频实验装置

1—后腔片；2—调Q染料盒；3—红宝石；4、17—炭斗；5—光电管；6—前腔片；7—透镜；8—喇曼散射盒；9、10—透镜（柱面）；11—混频扩展器；12—KDP晶体；13—入射狭缝；14—照相底片；15—分光棱镜（同盘单色仪中）；16—出射狭缝

实验中 KDP 采用 42° 切割。l=1.8 厘米。图4是所得到的混频谱线照片，它是去掉出射狭缝，在狭缝平面上拍摄得到的。



图4 混频照片

参 考 文 献

- [1] Woodbury E. J. et al.; Proc. IRE, 1962, 50, 2367.
- [2] American Journal of Physics, 1967, 35, No. 11, 988.
- [3] Y. R. Shen; "Stimulated Raman Scattering" Light Scattering in Solids, edited by M. Cardona, 1975, p. 278.
- [4] 梁振斌等;《激光》,1978, 5, No. 5~6, 22.

简 通

激光染料—若丹明 6G

作为可调谐染料激光器的工作物质，激光染料若丹明 6G，在可见光波段和紫外波段较其它激光染料具有转换效率高、调频范围宽、寿命长、稳定性好等优点。

天津市染料工业研究所研制成功的若丹明 6G 纯品染料，已获得了普遍应用。当泵浦功率为 5 瓦左右的氩离子激光泵浦时，连续波染料激光的输出功率（自由运转条件下，在峰值处）已大于 1 瓦，转换效率超过 20%（国际水平 20%~30%），比商品染料效率提高 3~4 倍。除用氩离子激光泵浦外，还用了闪光灯、钷铝石榴石倍频激光和氮分子激光等泵浦。经国内外 20 多个单位试用，该染料的激光特性基本上达到了国际同类产品的水平。

▲ 闪光灯泵浦（中国科学院物理研究所 303 组测试）：

- 电光转换效率~1.3%（国际水平 1%~2%）；
- 最大输出能量~10 焦耳；
- 激光脉冲半宽度~2 微秒；
- 调谐范围：中心波长 5900 埃，可调范围大于

300 埃。

▲ 氩离子激光单频单线（5140 埃）泵浦（美国福特汽车公司高级研究员王正鼎博士携回样品在美国测试，1980 年 1 月）：

- 转换效率~28%；
- 输出功率（在 2.5 瓦泵浦功率下）染料激光的峰值（在 5900 埃附近）为 700 毫瓦；
- 调频范围：5600~6300 埃。

结论：“你们的染料在功率、寿命及调频范围等各方面都和美国的若丹明 6G 完全没有分别。”

▲ N₂ 激光器泵浦（南开大学物理系现代光学研究室测试）：

- 溶剂：无水乙醇；
- 克分子浓度：1×10⁻³ 5×10⁻³ 1×10⁻²
- 转换效率：28% 36% 44%

▲ Q 开关 Nd³⁺:YAG 激光泵浦（中国科学院物理研究所 303 组试）：

- 浓度：1×10⁻⁴ 克分子，
- 泵浦光波长：0.53 微米，
- 转换效率：37.7%

（天津市染料工业研究所 尹秀玉）