

## 行波泵浦喇曼激光器的脉宽压缩

**Abstract:** Experiments of Raman frequency conversion and compression have been conducted. Raman laser light at 6303 Å is obtained from the main pulse at 1.06 μm with a compression ratio of about 2 in pulse duration.

实验装置如图 1, Nd: YAG 主被动锁模激光器输出脉冲序列, 经过前置放大后用激光触发火花隙电光开关系统选出单一脉冲, 然后经过多级放大。末级输出光束口径为 φ35 毫米, 用倒置望远镜缩束变为 φ14 毫米。倍频晶体采用 I 型匹配, 倍频后输出 5321 埃的绿光脉冲, 然后用  $f=500$  毫米透镜聚焦于 20 厘米长的喇曼盒中, 喇曼介质是乙醇。由喇曼盒出来的光, 用  $f=200$  毫米透镜补偿为平行光, 我们对 5321 埃的泵浦光和 6303 埃的喇曼光的脉冲宽度进行了测量。

用炭斗检流计测量了 1.064 微米光的能量为 1 焦耳, 倍频后绿光脉冲能量为 70 毫焦耳, 喇曼光脉冲能量为 6 毫焦耳。用脉冲时间分析器测量了泵浦脉冲和所产生的喇曼脉冲的波形。5321 埃泵浦光脉冲的平均脉宽为 122.5 微微秒。6303 埃喇曼光脉冲

的平均宽度为 88.25 微微秒。

下面就我们的实验结果加以讨论。首先感兴趣的是 1.064 微米的光经过倍频、喇曼系统总体压缩的倍率。按照理论分析若非线性晶体长度小于晶体特征群速度长度

$$L_{群} = t_p / (v_{群波} - v_{基波}) \quad (1)$$

时, 即

$$L_{晶} < L_{群} \quad (2)$$

时, 则谐波宽度比泵浦脉冲宽度小  $\sqrt{2}$  倍。我们采用 4 厘米厚的 KDP 晶体, 满足条件(2), 因此可根据 5321 埃绿光脉冲宽度 122.5 微微秒求出 1.064 微米光脉冲宽度为 173.2 微微秒, 因而得出系统总压缩为 1.96。

从我们的实验看出, 由绿光脉冲变为喇曼光脉冲压缩率不高, 为了提高其压缩率可望用不同喇曼介质盒长和提高泵浦光功率密度来达到。从我们实验看出泵浦绿光脉冲是对称的, 而喇曼光脉冲是不对称的, 前沿缓慢, 后沿陡, 这是由于在泵浦激光脉冲前沿, 分子振动逐渐被激励, 斯托克斯场和分子振动场准指数增加而激光脉冲后沿, 斯托克斯场随泵浦脉冲突然减弱, 分子振动随它的解相时间按指数衰减, 乙醇解相时间 0.26 微微秒, 故斯托克斯场后沿很陡。为了获得更大的压缩可以利用后向喇曼散射方式。

(中国科学院上海光机所 孟绍贤 张伟清  
陈时胜 王笑琴 1982 年 5 月 5 日收稿)

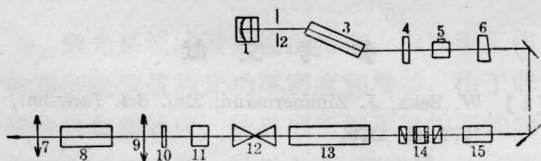


图 1 喇曼压缩系统装置图

- 1—流动染料盒; 2—光闸; 3—棒; 4—标准具;  
5—声光调制器; 6—输出镜; 7、9—透镜; 8—喇曼盒;  
10—1.06 微米全反; 11—倍频晶体; 12—缩孔望远镜;  
13—多级放大器; 14—电光开关;  
15—前置放大器

## 应用压缩氢的受激喇曼散射实现激光频率宽带调谐

**Abstract:** Multi-orders of SRS in hydrogen of tens of atm have been realized, for the first time in China. The frequency conversion is in the range from VUV to the infrared. Two orders

of Stokes and six orders of anti-Stokes lines excited by  $0.53\mu\text{m}$  laser light, as well as eight orders of anti-Stokes line excited by  $1.06\mu\text{m}$  laser light were obtained in the same device. So the number of wavelengths in a YAG laser is more than fifteen. The overall efficiency of SRS from the pump light is about 30%. The intensity of the first order Stokes line is as high as several hundreds of kilowatts.

受激喇曼散射 (SRS) 是高功率激光频率转换的重要途径, 特别是在近真空紫外波段、近红外、中红外波段更因其具有简便性和高效率而引人注目。由于固体或多数液体对光的吸收和色散, 限制了入射光的强度, 从而限制了输出的 Stokes 线及反 Stokes 线的强度和级数。此外, 某些非线性效应较显著的液、固体分子的复杂性, 增宽了输出 Stokes 及反 Stokes 线的谱线宽度; 许多固体和液体的喇曼频移也比较窄, 不适合用于频率转换。因此, 要利用受激喇曼效应的频移来获得宽范围新波段上的可调谐激光源, 往往利用气体中的 SRS 效应。高压  $\text{H}_2$  气是有大的喇曼频移, 小的色散, 较高的喇曼散射截面, 而且是最简单分子, 是较理想的喇曼频移介质。

我们在国内首次实现了数十个大气压的压缩氢气中的多级受激喇曼散射, 初步实现了从近真空紫外  $2200\text{ \AA}$  到近红外  $1\text{ 微米}$  波段范围内激光频率的转换。高于  $1\text{ 微米}$  的输出, 由于手段所限, 未能记录下来。

当输入喇曼室中的泵浦光频率为  $\nu_L$  时, 由于光和物质的相互作用将产生  $\nu_L - \Delta\nu = \nu_{S_1}$ 、 $\nu_L + \Delta\nu = \nu_{AS_1}$  以及  $\nu_L - 2\Delta\nu = \nu_{S_2}$ 、 $\nu_L + 2\Delta\nu = \nu_{AS_2}$ ... 等频率的光,  $\nu_{S_1}$ 、 $\nu_{S_2}$ ... 等分别称为一级、二级... 等斯托克斯 (Stokes) 线,  $\nu_{AS_1}$ 、 $\nu_{AS_2}$ ... 等分别称为一级、二级... 等反斯托克斯 (Anti-Stokes) 线。  $\Delta\nu$  是介质的喇曼频移, 它相应于介质的一对振动能级差  $E_a - E_b = h\nu_{ab}$ ,  $\nu_{ab} = \Delta\nu$ 。对于  $\text{H}_2$  气分子  $\Delta\nu = 4155\text{ 厘米}^{-1}$  (它相当于在可见光波长上位移约  $1000\text{ \AA}$  左右), 如此大的频移, 如果用绿光泵浦, 则只需三级 Stokes 和七级 Anti-Stokes, 就可以得到  $0.2\sim 1.5\text{ 微米}$  范围内的各级谱线。如果泵浦光的频率可以在  $1000\text{ \AA}$  左右的

范围内调谐, 则可以得到从近真空紫外  $0.2\text{ 微米}$ , 到近红外  $1.5\text{ 微米}$  甚至  $2\text{ 微米}$  的宽带可调谐光源, 既有较高的峰值功率, 又有较高的谱线亮度。

我们用充以约  $20$  大气压的  $\text{H}_2$  气作介质, 以重复频率  $1\text{ 次/秒}$  的 Nd:YAG 激光器作泵源, 用其输出的基频  $1.06\text{ 微米}$  及倍频  $0.53\text{ 微米}$  作泵浦 (脉宽  $8\text{ 毫微秒}$ ), 记录下  $1.06\text{ 微米}$  的 8 级反 Stokes 及  $0.532\text{ 微米}$  2 级 Stokes 及 6 级反斯托克斯。  $1.06\text{ 微米}$  泵浦的 Stokes 线, 因其波长已位于红外,  $\lambda_{S_1} \approx 1.9\text{ 微米}$ ,  $\lambda_{S_2} \approx 9.2\text{ 微米}$ , 用感光胶片已无法记录。而反 Stokes 线,  $\lambda_{AS_1} = 738\text{ 毫微米}$ ,  $\lambda_{AS_2} = 565\text{ 毫微米}$ ,  $\lambda_{AS_3} = 457\text{ 毫微米}$ ,  $\lambda_{AS_4} \approx 384\text{ 毫微米}$ ,  $\lambda_{AS_5} \approx 331\text{ 毫微米}$ ,  $\lambda_{AS_6} = 291\text{ 毫微米}$ ,  $\lambda_{AS_7} = 260\text{ 毫微米}$ ,  $\lambda_{AS_8} = 235\text{ 毫微米}$  在谱片上清晰可见。对于倍频光  $0.53\text{ 微米}$  作泵浦, 其 Stokes 线有两级,  $\lambda_{S_1} = 683\text{ 毫微米}$ ,  $\lambda_{S_2} = 954\text{ 毫微米}$ ; 反 Stokes 线有 6 级,  $\lambda_{AS_1} = 436\text{ 毫微米}$ ,  $\lambda_{AS_2} = 369\text{ 毫微米}$ ,  $\lambda_{AS_3} = 320\text{ 毫微米}$ ,  $\lambda_{AS_4} = 282\text{ 毫微米}$ ,  $\lambda_{AS_5} = 253\text{ 毫微米}$ ,  $\lambda_{AS_6} = 229\text{ 毫微米}$ 。

我们测量了几级反 Stokes 的能量。估计总能量转换效率约  $30\%$ , 一级 Stokes 的效率约为  $18\%$ , 在用  $20\text{ 毫焦耳}$  绿光泵浦时, 获得  $S_1$  输出约  $3.4\text{ 毫焦耳}$ ,  $AS_1$  输出约  $0.26\text{ 毫焦耳}$ 。也测量了剩余泵浦, 估计泵浦倒空约为  $70\%$ 。我们还测量了不同气压下  $S_1$  的输出, 发现  $11$  个大气压时  $S_1$  能量较强。我们也改变了输入光束截面及聚焦情况, 发现对 SRS 的输出均有影响。

(清华大学无线电电子学系 郭奕理 丁海曙  
姚敏言 姜采云 龚信 周寿桓 金芬年 李港  
1982 年 11 月 3 日收稿)

## 分布反馈染料激光器

Abstract: Pumping the dye with the interferential field of two  $\text{N}_2$  laser beams, we have obtained continuously tunable distributed feedback dye lasing without mode hopping.