

圆偏振氟化氩激光在氢气中的 前向受激喇曼散射

张 富 根

(上海市激光技术研究所)

1982年9月9日收到

提 要

本文研究了圆偏振氟化氩激光在氢气中的前向受激喇曼散射, 第一级斯托克斯线的转换效率已达44%。

一、引 言

早先发展起来的准分子激光产生了若干条强紫外激光线^[1], 近年来准分子激光的受激喇曼散射又大大地增加了强紫外激光线的数目^[2], 从而为光化学研究创造了良好的条件。

受激喇曼散射分为前向和后向两种^[3], 理论计算^[4]和实验结果^[5,6]表明: 前向散射的增益系数与泵浦线宽无关;而后向散射的增益系数反比于泵浦线宽。由此可知,宽线泵浦的前向散射阈值一定远低于后向散射。此外,不带压缩线宽的装置还可以简化泵浦光源的结构。这些就是一些作者热衷于研究前向散射的原因。

近共振喇曼散射的截面远大于非共振的。氟化氩激光泵浦氢的受激喇曼散射属于非共振型的^[7], 它的微分散射截面强烈地依赖于泵浦光束的偏振状态。借助于准分子激光光束质量的改善和泵浦方式的改进,已在第一级斯托克斯线上取得了50%的转换效率^[8,9]。但在这些工作中,由于泵浦光源带有布鲁斯特窗,所以它的输出是线偏振的。布鲁斯特窗的使用,固然会改善泵浦光的偏振状态,增加分子散射截面,但也要降低泵浦光源的输出功率^[10],因此对总转换效率未必有利。为此,本文研究了圆偏振氟化氩激光泵浦氢的前向受激喇曼散射。

二、实验装置和结果

1. 泵浦光源

准分子体系是高增益介质,它的受激态寿命又相当短。当在稳定腔内运转时,它的激光输出含有成分相当高的超辐射,所以不能把它聚焦到高于受激喇曼散射阈值的功率密度。为了改善光束质量,把EMG-501型准分子激光器改装成非稳腔结构。该激光器的放电长度为1m。非稳腔由一块平面全反射镜和一块平凸透镜组成,腔长为145cm。平面

全反射介质膜 紧贴在激光头后端的氟化钙窗口上,并与激光头轴线垂直.前端为经过精确调准焦距为 50cm 的氟化钙平凸透镜.当工作气体为氟化氦时,器件的输出能量为 140mJ,但其中超辐射仍占 37%.这时的脉宽为 15ns,线宽为 77cm^{-1} .在输出透镜前 55cm 处为光束焦点,焦斑尺寸为 $0.8 \times 0.2\text{mm}$.为进一步抑制泵浦光束中的超辐射,采用了空间滤波器,即在焦点处放置一小孔光阑.实验表明:直径为 0.8mm 的小孔既能有效地抑制超辐射,又不降低激光能量.

2. 前向受激喇曼散射

实验装置如图 1 所示.喇曼池长为 1.4m,由内径为 4cm,壁厚为 5mm 的不锈钢管和两块厚为 1.5cm,直径为 5cm 的石英窗通过法兰和“O”形圈连结而成.泵浦光束经 90° 转向后,由透镜 4“软聚焦”喇曼池中间,有效焦距为 135cm.被散射后的各级斯托克斯组分和剩余泵浦光束经棱镜色散和透镜 6 会聚后,在焦平面处收集.

1) 转换效率 图 2 和图 3 分别显示了剩余泵浦能,第一和第二级斯托克斯线的转换效率随氢气压力和泵浦能量的变化曲线(其他各级斯托克斯线未列入).由图可见,与线偏振光泵浦不同^[2],这些曲线在相当宽的范围内显得平坦而无明显变化.

第一级斯托克斯线的线宽为 78cm^{-1} ; 第二级为 76cm^{-1} .

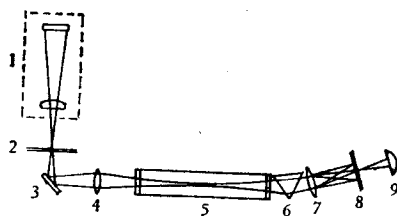


图 1

1 为带非稳腔的准分子激光器; 2 为空间滤波器;
3 为反射镜; 4 为透镜; 5 为喇曼池; 6 为色散棱
镜; 7 为透镜; 8 为光阑; 9 为光电二极管

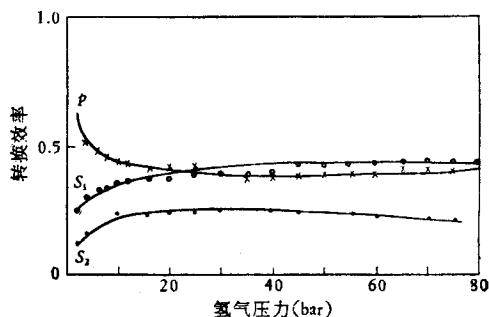


图 2

P 为剩余泵浦光; S_1 为第一斯托克斯
线; S_2 为第二斯托克斯线;
 $E_{\text{泵浦}} = 56.6\text{mJ}$

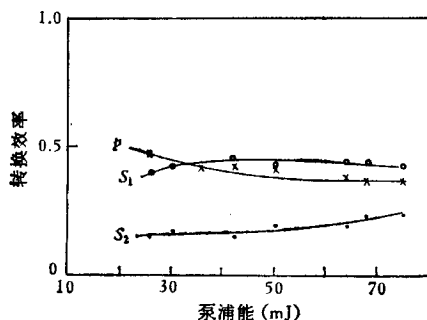


图 3

$P_{\text{氢气}} = 80\text{bar}$

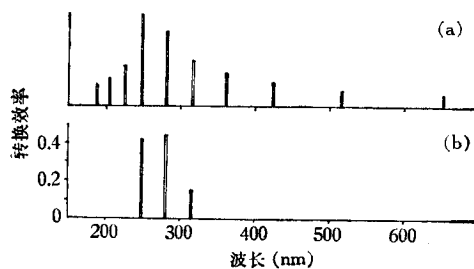


图 4

图 4(a) 是 $P_{\text{氟化氮}} = 2\text{bar}$ 时的氟化氮激光的受激喇曼光谱。从第三级反斯托克斯线到第六级斯托克斯线, 包括泵浦光在内共十条谱线。它们的波长跨越自 189.7 至 652.4nm 的宽广光谱区域。

图 4(b) 显示了 $P_{\text{氟化氮}} = 80\text{bar}$ 时所出现的最高转换效率, 在第一级斯托克斯线上为 44%, 第二级线上为 14%。

2) 时间特性 用光电二极管 (ITTFW114A) 接收经滤光片衰减的讯号, 然后经 50Ω 终端电阻输入带有 7A19 插件的 Tektronix 7104 示波器记录。

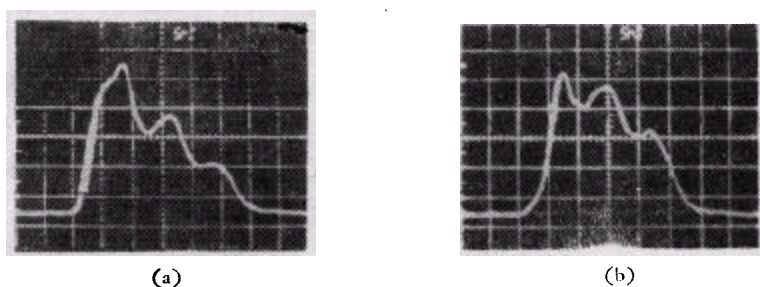


图 5

图 5 显示出来自非稳腔的泵浦脉冲在空间滤波前 (a) 和滤波后 (b) 的波形。滤波后, 波的前沿明显地减弱说明了超辐射受到了抑制。

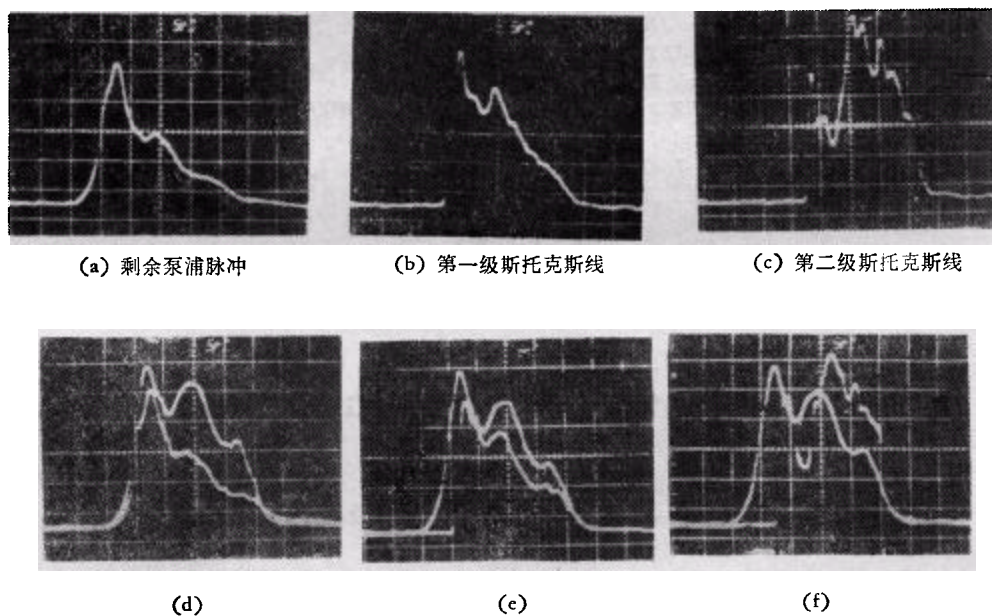


图 6

为比较时间延迟, (d)~(f) 三图均同时摄下了泵浦脉冲的波形
各图中横坐标每格均为 5ns

图 6(a), (b), (c) 分别显示了剩余泵浦脉冲、第一和第二级斯托克斯脉冲以及它们和泵浦脉冲的时间延迟关系。由图 6 可知, 泵浦脉冲的后沿部分较多地转换成斯托克

斯能. 第一级斯托克斯线的脉宽为 11ns, 波的前沿上升极陡, 它的极大与泵浦脉冲的极大无明显时间延迟. 第二级斯托克斯线的脉宽为 18ns, 脉冲波形有两个极大, 第一个极大比泵浦脉冲极大延迟约 2ns.

三、讨 论

从能量转换观点出发, 第一级斯托克斯线的最高转换效率应为 ν_s/ν_p , 其中 ν_s 为第一级斯托克斯线的频率, ν_p 为泵浦光的频率. 但由于散射过程的非共振性, 串级过程比较严重, 因此, 当第一级斯托克斯线达到一定强度后, 它就会部分地向第二级转换. 此外, 由于四波混频过程的存在, 在泵浦光束与第一级斯托克斯光束同向共轴行进时会引起第一级斯托克斯线向第二级斯托克斯线的转换, 或向泵浦光的反转换. 基于这些原因, 转换效率要达到 ν_s/ν_p 实际上是不可能的. 在圆偏振光泵浦的条件下, 转换效率应该更低一些.

感谢西德麦克斯-普朗克生物物理化学研究所舍爱弗尔教授对本工作的支持.

参 考 文 献

- [1] I. I. Ewig, C. A. Brau, *Phys. Rev., A*, **12**(1975), 129.
- [2] T. R. Loree, R. C. Sze, *IEEE J. Quantum Electron.*, **QE-15**(1979), 337.
- [3] W. Kaiser, M. Maier, *Laser Handbook*, **2**(1972), 1079.
- [4] S. A. Akhmanov, *Sov. Phys. JETP*, **39**(1974), 249.
- [5] V. V. Bochrov, *Sov. Phys. JETP*, **29**(1969), 235.
- [6] J. R. Murrag, A. Szöke, *Appl. Phys. Lett.*, **32**(1978), 551.
- [7] J. R. Murray, A. Szöke, *IEEE J. Quantum Electron.*, **QE-15**(1979), 342.
- [8] T. R. Loree, R. C. Sze, *Appl. Phys. Lett.*, **31**(1977), 37.
- [9] V. S. Bytylkin *et al.*, *Sov. J. Quantum Electron.*, **7**(1977), 867.
- [10] 朱如曾、封开印编译, 激光物理, 国防工业出版社, 368 页 (1975).

THE FORWARD RAMAN SCATTERING OF CIRCULARLY POLARIZED KrF EXCIMER LASER BEAM IN HYDROGEN GAS

ZHANG FU-GENG

(Shanghai Institute of Laser Technology)

ABSTRACT

In this work, we have studied the forward Raman scattering of circularly polarized KrF excimer laser beam in hydrogen gas. The conversion efficiency of the first Stokes line has reached about 44%.