

横向光泵获得 S₂ 紫外激光*

张中华 唐 晨 张 华 于俊华 马祖光

(哈尔滨工业大学光电子技术研究所, 哈尔滨 150001)

提要 用 XeCl 准分子激光器(308.1 nm)横向泵浦 S₂ 激光器,又成功地实现了 S₂ B-X 态近 UV 波段的激光振荡。在波长 330.9~390.0 nm 范围内观测到 6 条近 UV 激光输出。测量了有关的激光参数。

关键词 硫双原子分子, 横向光泵, 激光光谱

1 引 言

利用激光泵浦硫双原子分子 $B^3\Sigma_u^- - X^3\Sigma_g^-$ 态可产生从近紫外到可见光的大量激光谱线^[1]。利用这些丰富的谱线可在宽谱区内进行线性调谐^[2],这种宽谱区内的可调谐性使得硫双原子分子激光在通讯、遥感,激光雷达等方面有着广阔的应用前景,并可作为气相染料激光进行有价值的研究^[3]。

以往 S₂ 分子激光器都采用纵向泵浦方式^[3,4]。泵浦光从 S₂ 激光管的一端入射,这就要求 S₂ 激光器全反镜不但对 S₂ 激光具有高反射率,还要对泵浦光具有高透过特性。由于目前镀膜技术的限制,还做不到具有这种二色性的膜片使得波长在接近泵浦光时仍有 S₂ 激光输出。本文报道了利用 XeCl 准分子激光(308.1 nm)横向泵浦 S₂ 激光管,获得了在近紫外谱区(330.9~390.0 nm)的 6 条谱带激光振荡,比目前国外已获得的 S₂ 分子近紫外激光最短波长还短 34.1 nm^[5]。

2 实验装置

实验装置如图 1 所示,“T”形石英管内装有纯度为 0.99999 的硫(不加缓冲气体),由高温区(T_H)和低温区(T_L)组成。高温区用于控制 S₈, S₇...S₃ 大分子解离为 S₂ 分子所需温度,它是 S₂ 激光器的激活区,长 30 cm;低温区用于控制硫饱和蒸气压的大小。泵浦采用波长为 308.1 nm 的 XeCl 准分子激光,经柱面透镜扩束,均匀地照射在高温区的硫管侧壁上。

泵浦光线宽为 3.0 nm,脉宽为 28 ns。S₂ 激光器采用平-平腔结构,反射端采用高反铝镜,对近紫外光(728 nm)反射率为 >92%;输出端为介质膜片,在宽谱带(270~390 nm)内透过率为 30%。输出激光能量由 ED200 能量计探测;激光谱由 spex 单色仪加光电倍增管(RCA8852 型)探测,经 Boxcar 积分平均器处理后由 x-y 记录仪记录。

* 本课题得到国家自然科学基金资助。

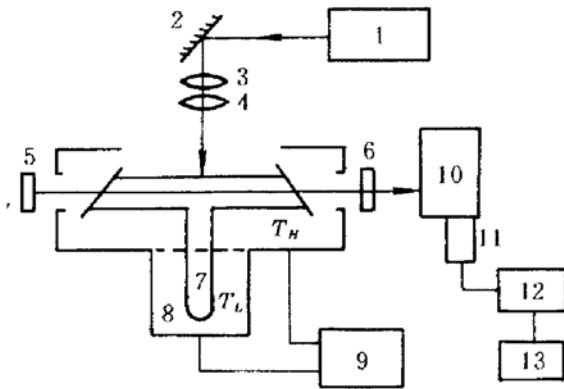


Fig. 1 Experimental apparatus of a S_2 laser

1: EMG201 XeCl eximer laser; 2: folding mirror; 3, 4: cylindric lenses; 5: high reflector ($R > 92\%$); 6: output mirror ($T \sim 30\%$); 7: T-shaped quartz cell containing sulfur; 8: oven; 9: temperature controller; 10: monochromator; 11: PMT (RCA8852); 12: Boxcar averager; 13: x-y recorder

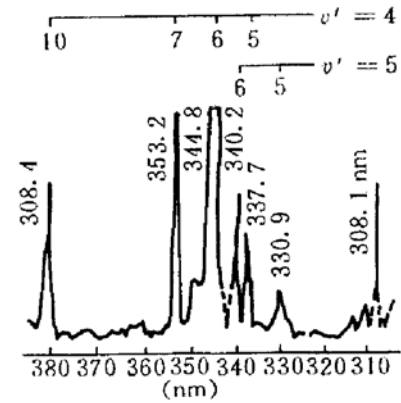


Fig. 2 Near ultraviolet laser spectrum of S_2 ($B-X$) emission

3 实验结果

3.1 S_2 激光谱

根据 S_2 分子势能曲线^[6]可知,在波长为 308.1 nm 的 XeCl 准分子激光泵浦下, S_2 分子分别从基电子态 $X^3\Sigma_g^-$ 的 $v'' = 1, v'' = 2$ 振动能级跃迁到 $B^3\Sigma_u^-$ 电子态 $v' = 4, v' = 5$ 振动能级,激光在 $B-X$ 态之间产生。图 2 是 T_H 为 620 $^\circ\text{C}$, T_L 为 220 $^\circ\text{C}$ 时测量的 S_2 近紫外激光谱,最短激光谱带峰值波长为 330.9 nm。

由 S_2 $B-X$ 态跃迁德斯拉表^[2]我们可以找出 S_2 6 条近紫外激光谱带所对应的跃迁振动能级,如图 2。而且可知这 6 条激光谱带所对应的 F-C 因子都很大。由图 2 可知,来自 $v' = 4 \rightarrow v'' = 10, 7, 6, 5$ 跃迁的激光输出一般来讲比来自 $v' = 5 \rightarrow v'' = 6, 5$ 跃迁的强。从发射光谱的谱带强度分布及量子态热分布知识可知这主要是因为 $v' = 4$ 能级上的粒子数积累大于 $v' = 5$ 能级上的粒子数积累;而相应跃迁的 v'' 较大的激光下能级比 v'' 较小的激光下能级上粒子数要成数量级的减小,这就使得 $v' = 4 \rightarrow v'' = 10, 7, 6, 5$ 能级之间的反转粒子数大于 $v' = 5 \rightarrow v'' = 6, 5$ 的,因此前者的辐射强度大于后者。其中波长为 344.8 nm 的激光最强,它来源于 $v' = 4$ 至 $v'' = 6$ 振动能级间跃迁,其 F-C 因子可高达 0.061,实验中测到的小信号增益在 344.8 nm 附近为最大,另外 S_2 激光输出反射镜的透过率在 344.8 附近有一最佳值,这使得它的输出最强。

3.2 泵浦光的影响

由理论计算及硫蒸气吸收谱测试可知,作为光泵 S_2 激光器泵浦源的选择,波长最接近 S_2 分子吸收峰 ($\lambda_p = 311.6$ nm) 的泵浦激光是 XeCl 准分子激光 (308.1 nm),而 N_2 分子激光 (337.1 nm),氙离子激光 (363.8 nm) 波长都相差较远,因此为了提高泵浦效率,本文采用 XeCl 激光作为 S_2 分子激光器的泵浦源。图 3 和图 4 分别是测得的 S_2 紫外激光输出能量及光转换效率与泵浦激光能量关系曲线。当 $T_H = 600$ $^\circ\text{C}$, $T_L = 185$ $^\circ\text{C}$,在非最佳耦合条件下测得激光泵浦阈值能量为 0.5 mJ;泵浦激光为 75 mJ 时测得 S_2 激光输出能量为 240 μJ ,光转换效率为 0.31%。

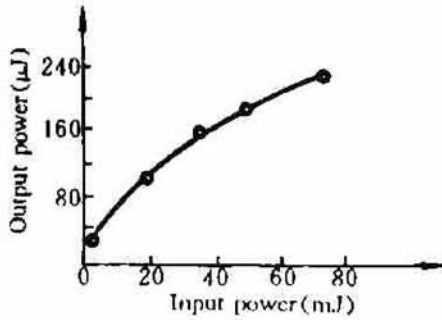


Fig. 3 The S₂ laser energy versus the pumping laser energy

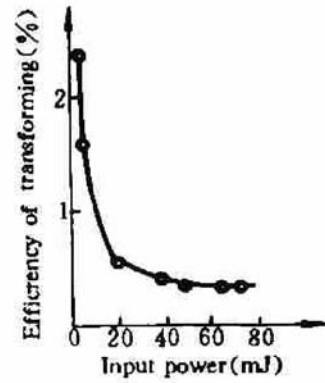


Fig. 4 The efficiency of transforming pumping laser energy into S₂ laser energy

3.3 激光参量测量

用示波器对 S₂ 激光脉宽进行了测量,结果如图 5。测试条件是泵浦脉冲激光能量为 35 mJ,脉宽为 28 ns(FWHM),硫温度控制在 $T_H = 620$ °C, $T_L = 220$ °C,测得 S₂ 激光脉宽为 55 ns(FWHM),上升前沿为 3 ns,初步估算出激光单脉冲峰值输出功率为 4.4 kW。

利用截面法测量了 S₂ 激光远场束散角,测量距离是 11.4 m。当采用平-平腔时束散角 $2\theta = 3.5 \times 10^{-3}$ rad,当采用近半共焦腔时 $2\theta = 1 \times 10^{-2}$ rad。

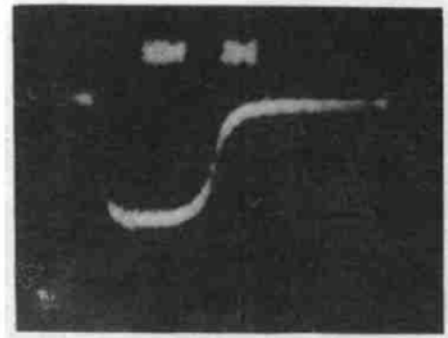


Fig. 5 A typical S₂ laser pulse

参 考 文 献

- 1 K. P. Killeen, J. E. Epler, J. T. Verdeyen. Low temperature operation of an S₂ laser using radio frequency simmer discharges. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1983, QE-19(7): 1203~1209
- 2 D. A. Peterson, L. A. Schlie. Stable pure sulfur discharges and associated spectra. *J. Chem. Phys.*, 1980, 73(4): 1551~1566
- 3 J. E. Epler, J. T. Verdeyen. Broad-band gain in optically pumped S₂. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1983, QE-19(11): 1686~1691
- 4 B. Wellegehausen. Optically pumped CW dimer laser. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1979, QE-15(10): 1108~1130
- 5 S. R. Leone, K. G. Kosnik. A tunable visible and ultraviolet laser on S₂ ($B^3\Sigma_u^- \rightarrow X^3\Sigma_g^-$). *Appl. Phys. Lett.*, 1977, 30(7): 346~348
- 6 Allan L. Smith. Fluorescence of S₂ (B - X) excited by fixed frequency ultraviolet laser. *J. Chem. Phys.*, 1981, 75: 2080

A Transversely Optically Pumped Near Ultraviolet S₂ Laser

Zhang Zhonghua Tang Chen Zhang Hua Yu Junhua Ma Zuguang

(Institute of Opto-Electronics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Abstract A sulfur vapor cell was transversely pumped by a 308 nm XeCl excimer laser. The laser oscillations associated with six spectrum bands of S₂ B-X transition in the near ultraviolet region (330.9 ~ 390.0 nm) were realized and the laser parameters were measured.

Key words Sulfur dimer, transversely optically pump, laser spectra