

# XeCl 激光泵浦 S<sub>2</sub> 分子获得紫外激光振荡\*

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教研室, 哈尔滨 150006)

**摘 要** 本文报道利用 XeCl 准分子激光(308.1 nm)横向泵浦硫双原子分子激光器,在近紫外谱区(330.9~390.0 nm)的六条谱带上获得激光振荡. 计算并测量了 S<sub>2</sub> 分子的吸收系数及小信号增益系数,从而确定了最佳泵浦波长.

**关键词** 硫双原子分子, 激光光谱, 吸收系数, 小信号增益系数.

## 1 引 言

硫双原子分子是一种高效率、高增益、低阈值、宽谱区可调谐激光介质<sup>[1,2]</sup>. 从 70 年代开始,人们利用激光作泵浦源,对硫双原子分子在 ( $B^3\Sigma_g^- - X^3\Sigma_g^-$ ) 之间产生激光振荡作了较深入的研究,获得了从 365.0~570.0 nm 光谱范围内的激光辐射<sup>[3]</sup>. 由于不同频率激光泵浦效率不同,选择合适波长激光泵浦,有着重要的意义. 本文对 S<sub>2</sub> 分子的吸收谱进行了计算和测量,并测量了小信号增益系数,确定了最佳泵浦波长及有可能产生激光的谱区. 利用较理想的波长为 308.1 nm 的 XeCl 准分子激光横向泵浦 S<sub>2</sub> 分子激光器,首次获得最短波长延伸到 330.9 nm 的六条谱带激光振荡.

## 2 实验与结果分析

### 2.1 吸收系数的测量

以波长在 190.0~500.0 nm 的连续氙灯作为光源,用光学多通道分析仪(OMA I)接收并处理信号,对 S<sub>2</sub> 吸收系数进行了测量,获得了不同温度条件下的吸收系数曲线. 图 1 是测量装置图. “T”型硫蒸汽管由高温区 T<sub>H</sub> 和低温区 T<sub>L</sub> 两部分组成. 均匀高温区用于控制 S<sub>8</sub>, S<sub>7</sub>, …… S<sub>3</sub> 大分子解离成 S<sub>2</sub> 分子所需温度,它也是光均匀吸收区,长 30 cm; 低温区用于控制硫饱和蒸汽压大小. 饱和蒸汽压与温度的关系由经验公式给出<sup>[4]</sup>

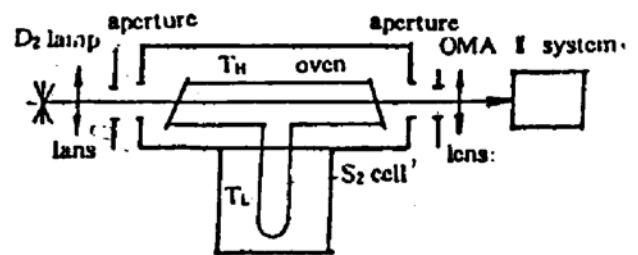


Fig. 1 Experimental apparatus for measuring absorption coefficients

收稿日期: 1992年12月9日; 收到修改稿日期: 1993年2月11日.

\* 本课题得到国家自然科学基金资助.

$$\lg P_{\text{th}}(T) = 133.32(A - B/T + CT + D \lg T) \quad (1)$$

式中,  $A = 109.05777$ ,  $B = 8756.69$ ,  $C = 0.01105787$ ,  $D = -35.68404$ . 计算结果如表 1 所列.

Table 1

Temperature (K)	453	463	473	483	493	503	513	523
Pressure (Pa)	121.3	188.0	285.3	421.2	609.2	879.8	1215.7	1678.2

首先, 将高温  $T_H$  控制在  $620^\circ\text{C}$ , 低温  $T_L$  取  $260^\circ\text{C}$  到  $180^\circ\text{C}$  的不同温度值, 测到一组吸收系数随波长变化的曲线, 如图 2 所示. 然后, 将低温区控制在  $230^\circ\text{C}$ , 高温区取  $400^\circ\text{C}$  到  $680^\circ\text{C}$  的不同值, 也得到一组吸收系数随波长变化的曲线, 如图 3 所示.

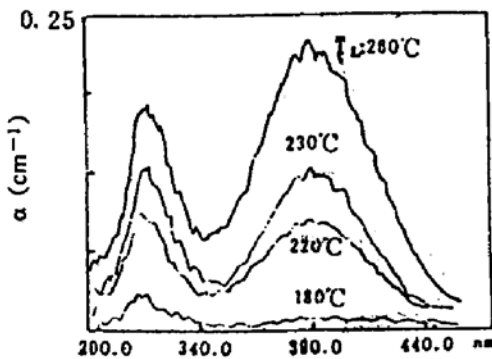


Fig. 2 Absorption coefficients as a function of wavelength when high temperature  $T_H$  is  $620^\circ\text{C}$  and low temperature  $T_L$  is different values

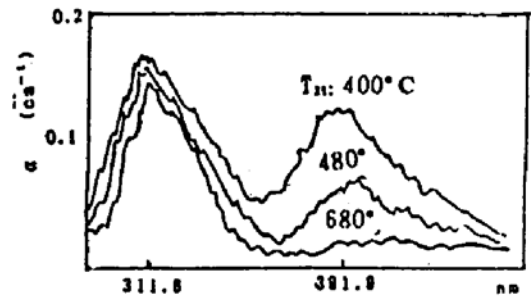


Fig. 3 Absorption coefficients as a function of wavelength when low temperature  $T_L$  is controlled at  $230^\circ\text{C}$  and high temperature  $T_H$  is different values

由图 2, 图 3 可知, 在波长  $311.6 \text{ nm}$  附近和  $391.9 \text{ nm}$  附近存在两个吸收峰. 下面对这两个吸收峰的归属进行分析. 吸收系数公式<sup>[3]</sup>

$$\alpha_\lambda = n_p \sigma_\lambda \quad (2)$$

式中  $n_p$  为基态  $S_2$  分子密度;  $\sigma_\lambda$  为  $S_2$  受激吸收截面. 利用 (2) 式进行计算, 得到  $S_2$  分子吸收系数曲线, 如图 4 所示. 图 4 说明  $S_2$  分子仅在  $310.3 \text{ nm}$  处出现一个吸收峰. 又根据 Meyer 的报道<sup>[6]</sup>,  $\lambda = 391.9 \text{ nm}$  处的吸收峰是由  $S_3$  吸收所致, 因此可以判定,  $S_2$  分子在  $190.0 \sim 500.0 \text{ nm}$  范围内仅有一个吸收峰.

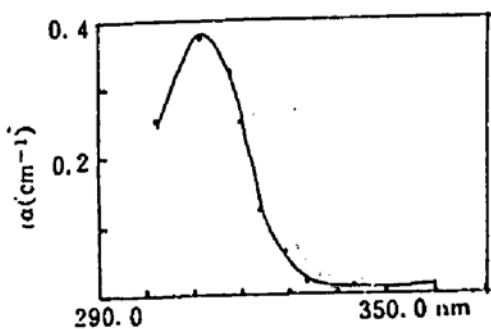


Fig. 4 Calculated absorption coefficient curve

作为光泵  $S_2$  激光器泵浦源选择, 波长最接近  $S_2$  分子吸收峰的泵浦激光是 XeCl 准分子激光 ( $308.1 \text{ nm}$ ), 而  $N_2$  分子激光 ( $337.1 \text{ nm}$ )、氩离子激光 ( $363.8 \text{ nm}$ ) 波长都相差较远. 因此, 为了提高泵浦效率, 本文采用 XeCl 准分子激光作为  $S_2$  分子激光器的泵浦光源.

## 2.2 小信号增益系数的测量

根据  $S_2$  分子激光介质高增益特性, 本文采用反射镜式放大自发辐射法测小信号增益系

数. 实验装置如图 5 所示. 小信号增益系数的测量方程为

$$G_0(\lambda) = \frac{1}{l} \left[ \frac{(I_{2l}/I_1) - 1}{r} \right]$$

式中  $l$  为增益长度;  $I_{2l}, I_1$  分别为加反射镜 M 与不加反射镜 M 时 OMA I 探测到的光强,  $r$  为反射镜 M 的反射率. 利用上述方法测得的高温为 620°C, 低温为 220°C 条件下的  $S_2$  分子 B-X 态跃迁小信号增益系数  $G_0(\lambda)$ , 列入表 2.

Table 2

$\lambda$ (nm)	300.6	304.6	309.1	313.1	317.6	324.2	328.2	334.8
$G_0$ (cm <sup>-1</sup> )	0.283	0.376	0.324	0.355	0.386	0.284	0.310	0.458
$\lambda$ (nm)	338.8	339.8	348.9	355.6	375.5	382.2	393.0	401.3
$G_0$ (cm <sup>-1</sup> )	0.330	0.415	0.429	0.325	0.379	0.178	0.214	0.359

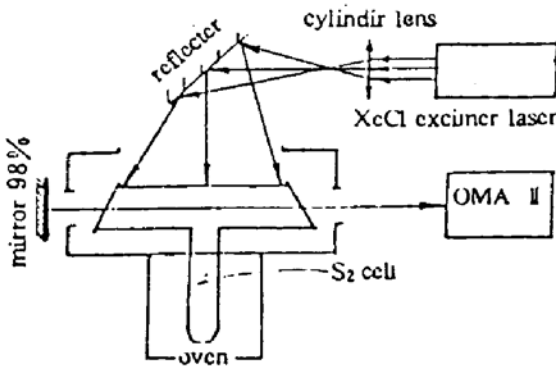


Fig. 5 Experimental setup for measuring small signal gain coefficients

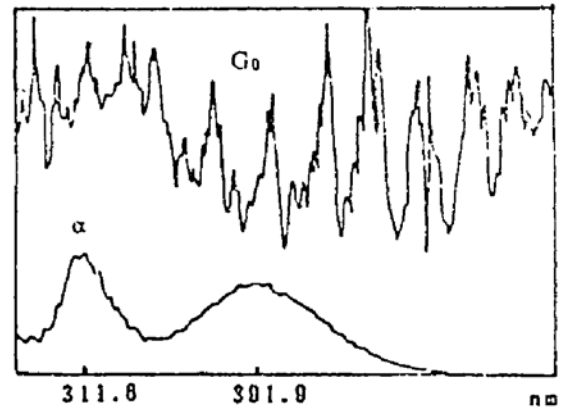


Fig. 6 Curves of small signal gain coefficients and absorption coefficients

为了比较, 图 6 同时给出了实验测得在相同温度条件下的增益系数与吸收系数. 显然在 300.0~400.0 nm 范围内  $S_2$  的小信号增益系数比吸收系数大很多. 这说明了在这一谱区范围内实现激光振荡的可能性\*

### 2.3 $S_2$ 分子近紫外激光谱的测量

利用 XeCl 激光为泵浦光源, 横向近共振泵浦“T”形结构的硫蒸汽激光管, 获得了至少 6 条近紫外谱带激光输出. 实验装置与图 5 基本相同, 只是在  $S_2$  激光输出端加一半反半透的腔镜, 与全反镜 M 构成平行平面腔;  $S_2$  激光输出不用 OMA I 而改用 Spex 单色仪加光电倍增管接收, 经 Boxcar 积分平均器处理后由 X-Y 记录仪记录. 图 7 是所测的  $S_2$  分子 B-X 态跃迁近紫外激光谱. 最短波长是 330.9 nm, 比目前国外已获得的  $S_2$  分子近紫外激光最短波长短 34.1 nm<sup>[3]</sup>.

以往  $S_2$  分子激光器都采用纵向泵浦<sup>[6,7]</sup>, 泵浦光从图 5 中全反镜 M 端入射进入  $S_2$  激光管. 这就要求反射镜 M 即要对

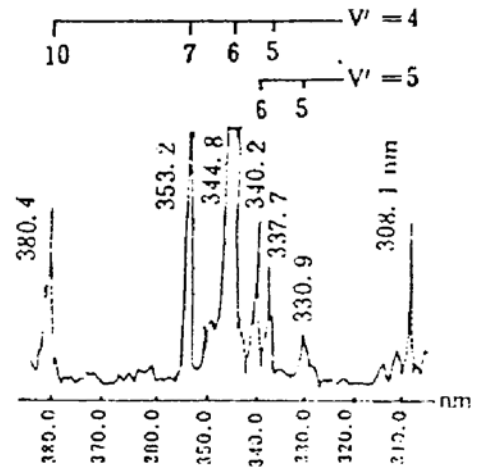


Fig. 7 Near ultraviolet laser spectra of  $S_2$ (B-X) band emission

\* 由于 OMA I 系统光谱分辨率为 0.5 nm, 无法分辨转动谱, 因此得到的增益系数随波长连续变化.

泵浦光高透过,又要对 S<sub>2</sub> 激光高反射. 由于镀膜的限制,使得利用横向泵浦比纵向泵浦有可能获得更短波长的激光输出.

### 3 结 论

- 1) 采用 XeCl 准分子激光作 S<sub>2</sub> 分子激光器的泵浦源,最接近吸收峰,可获得最佳泵浦效率;
- 2) 300.0~400.0 nm 范围内增益大于吸收,可获得宽谱区内的近紫外激光增益;
- 3) 采用横向泵浦可获得比纵向泵浦更短波长的激光.

### 参 考 文 献

- [1] K. P. Killeen, J. E. Epler, J. T. Verdeyen, Low temperature operation of an S<sub>2</sub> laser using radio frequency sinner discharges; *IEEE J. Quant. Electron.*, 1983, OE-19(7): 1203~1209
- [2] D. A. Peterson, L. A. Schlie, Stable pure sulfur discharges and associated spectra, *J. Chem. Phys.*, 1980, 73(4):
- [3] S. R. Leone, K. G. Kosnik, A tunable visible and ultraviolet laser on S<sub>2</sub> ( $B^3\Sigma_u^- - X^3\Sigma_g^-$ ), *Appl. Phys. Lett.*, 1977, 30(7): 346~348
- [4] Ан. Н, Несмелянов давление пара химических, спектроскопических, с. 367
- [5] B. Meyer, The visible spectrum of S<sub>3</sub> and S<sub>4</sub>, *J. Molec. Spectros.*, 1972, 42: 335~343
- [6] B. Wellegehausen, Optically pumped CW dimer lasers, *IEEE J. Quant. Electron.*, 1979, QE-15(10): 1108~1130
- [7] J. E. Epler, J. T. Verdeyen, Broad-band gain in optically pumped S<sub>2</sub>, *IEEE J. Quant. Electron.*, 1983, QE-19(11): 1686~1691
- [8] 周炳琨, 高以智, 陈家骅等 激光原理, 北京, 1984年11月, 国防工业出版社, 171

## A Near-Ultraviolet Laser with XeCl Laser Pumped S<sub>2</sub>

Zhang Zhonghua    Tang Chen    Zhang Hua    Yu Junhua    Ma Zuguang

(Institute of Opto-Electronics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006)

(Received 9 December 1992; revised 11 February 1993)

**Abstract** The laser oscillation on six spectrum bands of S<sub>2</sub> molecules in near-ultraviolet (330.9~390.0 nm) was obtained. The pumping XeCl excimer laser (308.1 nm) acted on sulfur vapor cell transversely. The absorption coefficients and small signal gain coefficients of S<sub>2</sub> molecules were calculated and measured. The optimum wavelength for pumping S<sub>2</sub> was discussed.

**Key words** dimer sulfur, laser spectrum, absorption coefficient, small signal gain coefficient