

# XeF 激光器辐射谱研究

王 正 平

(美国加利福尼亚大学圣地亚哥分校应用力学和工程科学系)

傅淑芬 陈建文

(中国科学院上海光机所)

## Investigation of XeF laser radiation spectra

C. P. Wang

(Department of Applied Mechanics and Engineering Science,  
University of California, San Diego)

*Fu Shufen Chen Jianwen*

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

The spectral distribution of XeF laser light was investigated with second order spectra of a 2M grating spectroscope, 90 laser lines were obtained, and 57 of them were observed for the first time.

在稀有气体单卤化物准分子体系中, XeF 的基态是束缚态。尽管这一束缚态的键能仅为 0.15 电子伏, 但已经足以包含许多振动-转动能级。正是这一特性, 使得 XeF 的辐射谱具有丰富的振动-转动结构, 这一特性已为荧光谱的研究所证实<sup>[1, 2]</sup>。

对 XeF 激光光谱的研究工作已有很多报导。最早的是 1975 年 Brau 和 Ewing<sup>[3]</sup> 用强流电子束泵浦 Ar-Xe-F<sub>2</sub> 混合气体获得了 351 毫微米和 353 毫微米两条激光谱线。1976 年, C. P. Wang 用快放电方式又获得了 349 毫微米激光跃迁<sup>[4]</sup>。对这些谱带的详细研究, 首先由苏联科学院光谱学研究所的 Ю.А. Кудрявцев 等做出<sup>[5]</sup>, 他们发现 351 毫微米线由三条线组成, 353 毫微米线由两条线组成, 共测得 6 条激光谱线。1978 年日本

东京 Kyoiku 大学光学研究所的 Midori Shimauchi 等人用 6.5 米光栅光谱仪拍 XeF 激光二级谱, 获得 40 条激光谱线, 并详细测量了各谱线的相对强度<sup>[6]</sup>。

本文报导了用上海光学仪器厂生产的 31WII 2 米光栅光谱仪对 XeF 激光器辐射谱的研究结果, 共得到 90 条激光谱线, 它们均属 XeF  $B^2\Sigma - X^2\Sigma$  带跃迁, 其中 57 条是本实验获得的激光新谱线。

实验选用了紧凑结构的紫外预电离放电泵浦的准分子激光器。放电室为一直径 10 厘米的圆筒, 长 100 厘米, 一对长 80 厘米的黄铜电极用树脂胶固定在放电室内, 间距 2 厘米。Blumlein 电路由两个卷筒式电容器组成,  $C_1 = 10$  毫微法, 直接绕在圆筒型放电室

收稿日期: 1979 年 1 月 17 日。

上,它的两层铜箔的一端,分别焊在两个电极上; $C_2=20$ 毫微法,绕在一根直径5厘米的有机玻璃棒上,绕好后用带有开口的有机玻璃环固定,两个卷筒电容平行地紧靠放置。预电离火花板共计38个火花隙,用长2厘米、厚0.1厘米的不锈钢片胶在玻璃板上制成,火花隙间距0.1厘米,充电电容 $C_3$ 是一商品瓷介质电容器, $C_3=10$ 毫微法。主放电和预电离由两个分开的直流高压电源充电,两路延时触发器相对延时在0.1~1微秒内连续可调,整个系统的等效电路示于图1。

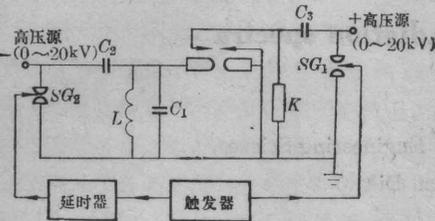


图1 紫外预电离放电装置等效电路

光学谐振腔由 $R=4$ 米的凹面全反射铝镜和波长3500埃反射率50%的平板介质膜组成。按气分比 $NF_3:Xe:He=1:3:96$ 充入500托的混合气体,主放电充到15千伏,不加预电离弧光很严重,放电集中在电极面的局部区域,激光输出很弱。加上预电离, $C_3$ 充电到15千伏,延时~500毫微秒,放电呈一片均匀辉光,获得强的XeF激光。

摄谱仪光栅是一块1200条/毫米的全息光栅,闪耀波长7000埃,对应3500埃的二级谱。二级谱线色散率2埃/毫米,拍谱光路如图2所示。

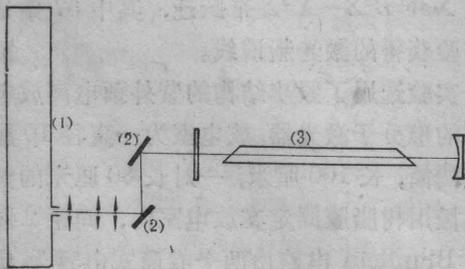


图2 摄谱光路示意图

(1)—光栅摄谱仪;(2)—全反铝镜;(3)—XeF激光器



图3 XeF激光光谱

表1 XeF激光波长表

组别	波长(埃)	相对强度	组别	波长(埃)	相对强度
349毫微米	3488.00	0.21		3519.31*	
	3488.80	2.60		3519.59*	
	3489.63	1.39		3519.86*	
350毫微米	3502.50		352毫微米	3520.94*	
351毫微米	3510.48	64.58		3521.24*	
	3510.84	5.62		3521.58*	
	3511.19	100.00	3522.82		
	3511.52*	5.62	3523.51		
	3511.68*	5.26	3523.87		
	3511.76*	5.24	353毫微米	3531.24*	
	3511.87*	5.41		3531.52	
	3511.94*	5.00		3531.87	
	3512.06*	5.39		3531.94	
	3512.16*	5.59		3532.27	
	3512.44	91.67		3532.34	
	3512.59*	2.80		3532.44	
	3512.70	1.35		3532.60	
	3512.97*	1.55		3532.84*	4.68
	3513.09*	1.21		3532.93	4.54
	3513.17*	2.09		3533.02*	4.47
	3513.30*	4.78		3533.22	4.30
3513.40*	3.37	3533.43*		3.54	
3513.59*	1.13	3533.55*		1.87	
3513.79*	2.43	3533.69		3.2	
3513.92*	4.99	3533.85*		0.67	
3514.10*	0.67	3533.99		3.57	
3514.20*	1.60	3534.13*	0.90		
3514.30*	3.17	3534.29	3.57		
3514.47*	0.30	3534.45*	3.27		
3514.56*	0.80	3534.53			
3514.70*	1.17	3534.67*			
3514.94*	0.94	3534.85			
3515.07	5.19	3534.99*	0.27		
3515.29*		3535.07	0.91		
3515.49*		3535.21	2.21		
3515.69*		3535.37	2.76		
3515.94*		3535.46	1.12		
3516.16*		3535.53*	1.00		
3516.66*		3535.64			
3516.90*		3535.84*	0.97		
3517.39*		3536.04*			
3517.67*		3536.22*			
3517.92*		3536.27*			
3518.20*		3536.54	2.73		
3518.46*					
3518.73*					

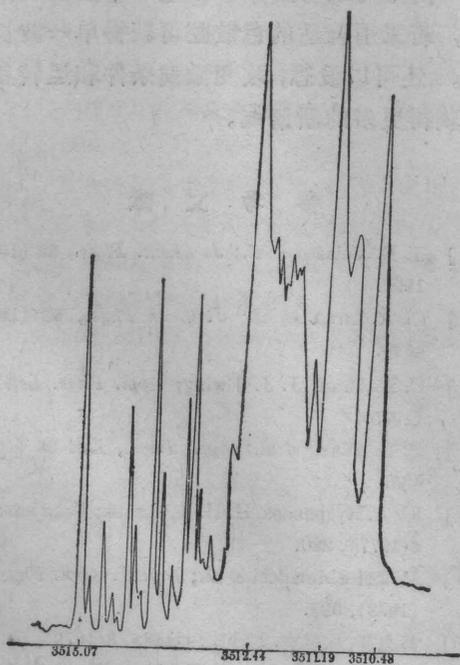
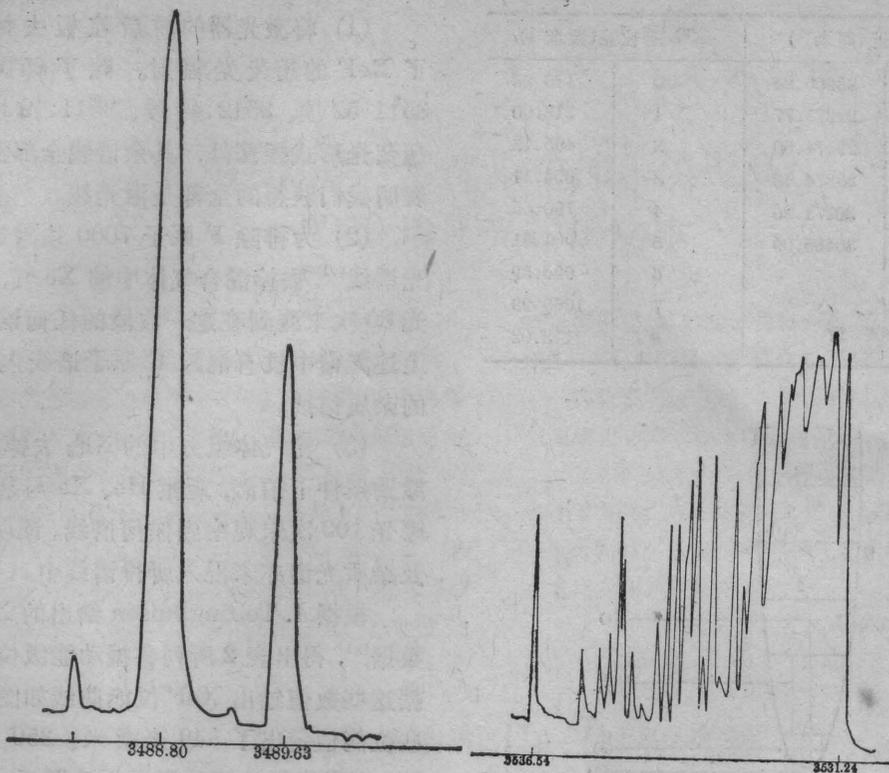


图4 XeF激光黑度曲线

器件输出端距光谱仪三透镜组约4米。用上述系统对XeF激光器的辐射谱进行了研究，摄得二级光谱如图3所示。测得的谱线波长和相对强度列在表1中。

波长测量精度 $\pm 0.01$ 埃，其中标有“\*”者为本实验观测到的激光新谱线。最强的3511.19埃线的强度定为100，其余谱线标出相对这一最强线的强度，小于0.2的线文中未标出相对强度值。图4是各谱线的黑度曲线。

为从光谱中排除荧光和杂质谱线，做了

表2 XeF B<sup>2</sup>Σ<sup>-</sup>, X<sup>2</sup>Σ<sup>-</sup> 能级各振动带位能

B <sup>2</sup> Σ 态位能(厘米 <sup>-1</sup> )		X <sup>2</sup> Σ 态位能(厘米 <sup>-1</sup> )	
v'=0	28965.94	v''=0	110.23
1	29271.77	1	313.90
2	29574.60	2	495.13
3	29874.43	3	654.11
4	30171.26	4	790.65
5	30465.09	5	904.81
		6	996.59
		7	1065.99
		8	1113.02

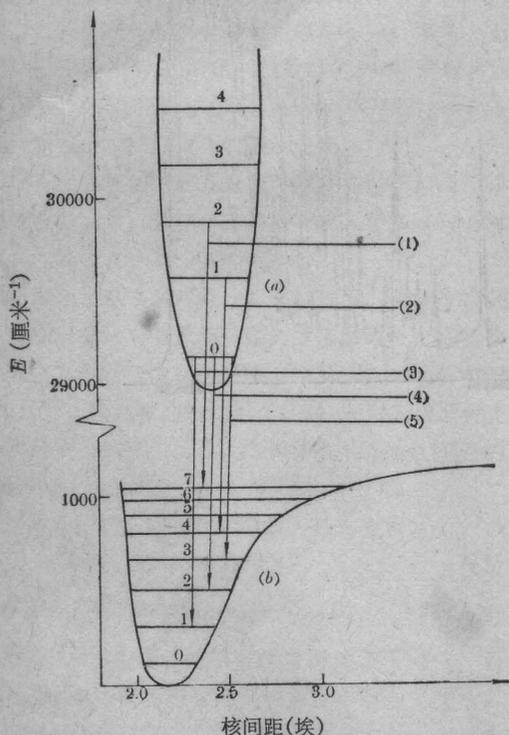


图5 XeF 位能曲线

(1)—350 毫微米; (2)—351 毫微米; (3)—349 毫微米;  
 (4)—351 毫微米; (5)—353 毫微米;  
 (a)—XeF\*(B<sup>2</sup>Σ); (b)—XeF(X<sup>2</sup>Σ)

表3 各谱线组所属振动跃迁 (v' → v'')

辐射波长(毫微米)	所属振动带
349	0~1
	2~5
350	2~7
	0~2
351	1~4
	2~8
	0~3
353	0~3

以下鉴别工作:

(1) 将激光器的前后腔板去掉, 得到了 XeF 的超荧光辐射。除了 3510.48 埃、3511.52 埃、3512.44 埃、3511.19 埃谱线以超荧光形式振荡外, 其余谱线全部消失。这表明我们获得的全部是激光线。

(2) 为排除 F 原子 7000 埃附近的超荧光谱线<sup>[7]</sup>, 去掉混合气体中的 Xe 气, 拍谱、曝光 30 次未测到在这一波段的任何谱线, 证明上述光谱中没有混入 F 原子谱线与 NF<sub>3</sub> 中的杂质谱线。

(3) 将气体组分中的 NF<sub>3</sub> 去掉, 在同样激励条件下拍谱, 观察 He、Xe 与杂质光谱, 曝光 100 次未观察到任何谱线。证明 Xe、He 及杂质光谱亦未混入所得谱线中。

根据 J. Tellinghuisen 给出的 XeF 光谱数据<sup>[8]</sup>, 得出表 2 所列各振动能级位能值, 根据这些数值绘出 XeF 位能曲线如图 5。由这些位能值定出了 349 毫微米、350 毫微米、353 毫微米组中谱线所属振动跃迁, 列于表 3。

由上可以看出, XeF 是一个多波长激光器, 若采用合适的色散腔可获得单一波长输出。还可以设想, 改变激发条件和运转参数可获得更多的新谱线。

### 参 考 文 献

- [1] J. E. Velazco et al.; *J. Chem. Phys.*, **62** (1975), 1990.
- [2] C. A. Brau et al.; *J. Chem Phys.*, **63** (1975), 4640.
- [3] C. A. Brau, J. J. Ewing; *Appl. Phys. Lett.*, **27** (1975).
- [4] C. P. Wang et al.; *Appl. Phys., Lett* **28** (1976), 435.
- [5] Ю. А. Кудрявцев, Н. П. Кузьмина; *Кван электр.*, **4**(1977), 220.
- [6] Midori Shimauchi et al.; *Jap. J. Appl. Phys.*, **17** (1978), 523.
- [7] 傅淑芬, 陈建文, 刘妙宏; 《物理》, **8**(1979), 68.
- [8] J. Tellinghuisen et al.; *J. Chem Phys.*, **64**(1976), 4796.