

# 高功率、高效率放电激励 XeBr 激光器\*

陈建文 傅淑芬 刘妙宏

## 提 要

本文报道了 XeBr 激光器输出特性的研究结果。其中含溴化合物为 HBr, BBr<sub>3</sub> 和 C<sub>2</sub>F<sub>4</sub>Br<sub>2</sub>, 获得最大能量 6mJ, 体能密度约 0.4J/L, 效率 0.14%。比较了 HBr, BBr<sub>3</sub> 对放电的影响, 指出进一步提高输出水平的途径。

自从 1975 年 Velazco 等提出在稀有气体单卤化物准分子体系中获得激光振荡的建议以来<sup>[1]</sup>, 只经过短短几年的时间, 稀有气体单卤化物已有八个体系实现了激光振荡, 成为紫外波段功率最大、效率最高的激光源, 并已在许多方面得到了成功的应用, 引起了各方面的关注。

XeBr 曾是第一个实现激光振荡的稀有气体单卤化物准分子<sup>[2]</sup>, 然而与氟化物相比, 它的发展却是缓慢的。其主要原因是最初的 XeBr 激光器效率极低, 运转在阈值附近, 许多人认为它不能做成高效率器件而忽视了对它的研究。

1978 年, 文献 [3] 和 [4] 的作者曾彼此独立地、分别采用 HBr 和 BBr<sub>3</sub> 在紫外预电离放电激光器和 Blumlein 型放电激光器中获得了 XeBr 激光振荡, 演示了 XeBr 实现高功率、高效率运转的可能性, 使 XeBr 激光器的发展有了新的突破。

本文继文献 [4] 的工作之后, 进一步研究了 XeBr 激光器的输出特性, 并比较了两种含溴化合物——HBr, BBr<sub>3</sub> 对放电的影响。

器件结构及等效电路示于图 1。激光气室用尼龙筒做成, 内径 76mm, 长 1m。用铝制薄壳法蓝将两块腔片直接密封在尼龙筒的两端, 构成内腔结构, 腔的精调通过薄壳法蓝

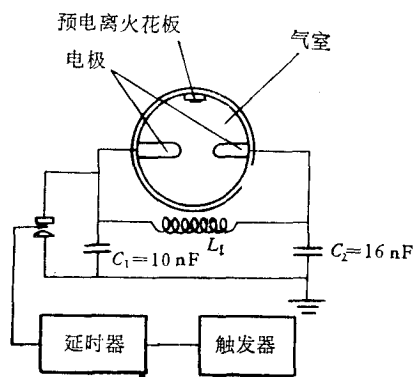


图 1 XeBr 激光器及等效电路简图

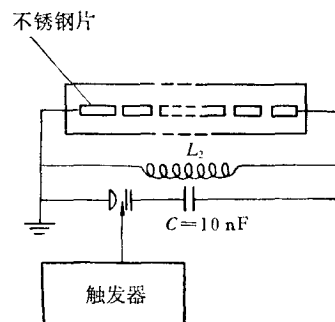


图 2 预电离火花板等效电路

\* 1979 年 9 月 21 日收到。

的弹性形变实现。一对黄铜电极端面成圆滑外形,长 70cm,间距 2cm,分别用 17 根接线柱固定在尼龙筒两侧。在两电极中心线上方尼龙筒上装一预电离火花板,距该中心线 3.5cm,火花板的结构及有关电路示于图 2。光学谐振腔由一块曲率半径 3m 的全反射铝钹和一块不镀膜石英平板构成,腔长 1.2m。

图 3 是以 HBr 做含溴化合物时,激光输出随 HBr 分压的变化,混合气体总气压为两个大气压。我们看到,随 HBr 分压的增加, XeBr 激光输出亦增大,到某一最佳值 (3 torr, 气分比 0.2%) 后,再增加 HBr 含量,激光输出随之下降。其原因是: 1) HBr 增加引起放电不均匀; 2) HBr 对 XeBr 波长的吸收增加,从而降低了激光效率。

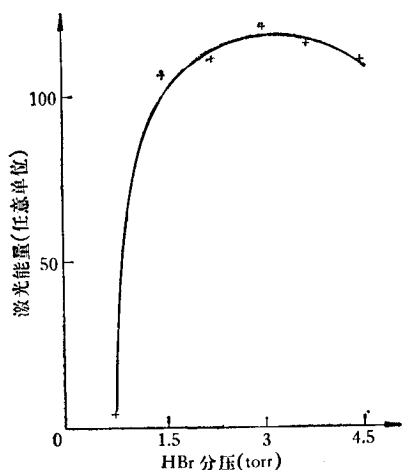


图 3 XeBr 激光输出随 HBr 分压的变化

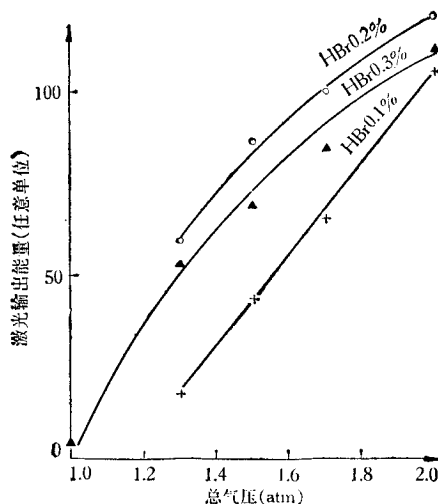


图 4 XeBr 激光输出随总气压的变化

+——HBr 0.1%; O——HBr 0.2%; ▲——HBr 0.3%

图 4 给出对不同的 HBr 气分比, XeBr 激光输出随总气压的变化。激光能量随气压升高而增加,对小的 HBr 气分比 (0.1% HBr 含量) 近于线性关系,而在 HBr 气分比较高时 (0.2% 和 0.3%) 增加慢于线性。在我们的实验条件下,没有观察到饱和效应。

图 5 示出 XeBr 激光输出能量随激励脉冲数目的变化。在我们的器件中,采用最佳 HBr 气分比,经 200 个脉冲之后,能量降到初始值的一半。但停止激励后,将混合气体放置一段时间 (约 5 分钟) 后,重新激励,激光能量仍可接近初始值。这是气室中气体进行交换的结果: 未经激励的激活区之外的气体与激活区气体发生了交换,从而改变了激活区的气体成分。

XeBr 激光输出与输入能量亦成线性关系,在我们的实验条件下,未观察到饱和效应。由此可以预料,进一步升高气压和增加输入能量将得到更高的输出能量。

用两米光栅光谱仪的一级谱,研究了 XeBr 辐射谱,发现激光谱的形状与含溴化合物无关,与 XeF, XeCl 不同,由于 XeBr 的激光下能级是一排斥态,它的激光谱没有振动-转动结构,是一连续带,如图 6 所示。

使用 BBr<sub>3</sub> 做含溴化合物,得到 XeBr 激光输出 3mJ, 没有企图使条件最佳化。我们

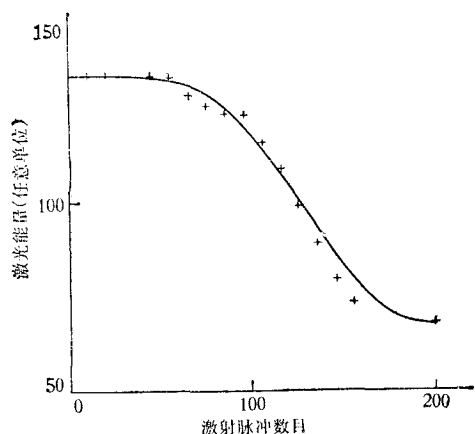


图5 XeBr 激光输出随激光脉冲数目的变化

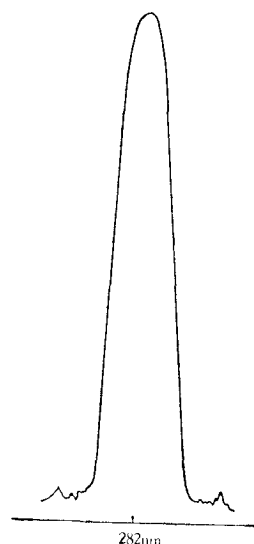


图6 XeBr 激光光谱

的目的是观察 HBr 和  $\text{BBr}_3$  对放电的影响. 实验表明, HBr 和  $\text{BBr}_3$  对预电离的要求有很显著的差别, 使用  $\text{BBr}_3$ , 在一个大气压左右, 采用 Blumlein 线路, 不加任何预电离措施便可得到激光振荡; 而用 HBr 代替  $\text{BBr}_3$ , 放电呈严重弧光, 改用各种气分比, 均无激光输出. 显然, 这是 HBr 比  $\text{BBr}_3$  具有更强的电负性所致.

在上述器件上, 用  $\text{C}_2\text{F}_2\text{Br}_4$  做含溴化合物, 同样得到强的激光输出, 亦没有使条件最佳化. 用不同含溴化合物时的激光器参量列于表 1.

表 1 XeBr 激光器参量表

溴化物	气分比(总气压 2atm)	输出能量 (mJ)	体能密度 (J/L)	效率 (%)
HBr	HBr:Xe:He= 0.2:3:96.8	6	0.4	0.14
$\text{BBr}_3$	$\text{BBr}_3$ :Xe:He= 0.2:2:97.8	3	0.2	0.08
$\text{C}_2\text{F}_2\text{Br}_4$	$\text{C}_2\text{F}_2\text{Br}_4$ :Xe:He= 0.1:2:97.9	1	0.07	0.03

与 XeF, KrF 等不同, 在 XeBr 激光器中, 自吸收是一个很重要的损耗机构. 图 7 是 XeBr 的位能曲线. 282nm 光子刚好处于  $\text{XeBr}^* \rightarrow$  离解上能态  $\text{Xe}^* + \text{Br}$ ,  $\text{Xe} + \text{Br}^*$  的共振吸收波段, 这不仅造成  $\text{XeBr} \text{ B} \rightarrow \text{X}$  跃迁 282nm 光子的损耗, 而且减少了激光上能级的粒子数. 因此, 在 XeBr 激光器中, 应尽可能采用低反馈的谐振腔结构, 以降低腔内光子密度.

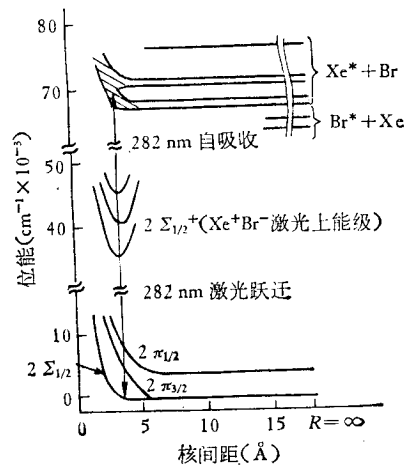


图7 XeBr 位能曲线

## 参 考 文 献

- [1] J. E. Velazco, *et al.*, *J. Chem. Phys.*, **62**(1975), 1990.  
 [2] S. K. Searles *et al.*, *A. P. L.*, **27**(1975), 243.  
 [3] T. Y. Hsu *et al.*, *A. P. L.*, **32**(1978), 479.  
 [4] 傅淑芬、陈建文、刘妙宏, *科学通报*, **23** (1978), 727.

## ELECTRIC DISCHARGE PUMPED XeBr LASER WITH HIGH POWER AND HIGH EFFICIENCY

CHEN JIAN-WEN FU SHU-FEN LIU MIAO-HONG

### ABSTRACT

The results of studies on XeBr laser output behaviour are reported; in this laser, HBr, BBr<sub>3</sub> and C<sub>2</sub>F<sub>4</sub>Br<sub>2</sub> are used as bromine donor. The maximum energy obtained is 6 mJ. Volume energy density and efficiency are 0.4J/L, 0.14% respectively. Finally, we propose a way for improving the lasing output level.