

# 用激光激励的 Xe 等离子体复合激光器

李兰英 陆载通 庄斗南 王泽民

(中国科学院上海光机所)

**提要:** 本文报导了以波长 10.6 微米的 CO<sub>2</sub> 激光脉冲, 在 He 与 Xe 的混合气体中产生 Xe 等离子体复合激光器。

## Recombination laser by laser-produced xenon plasmas

Li Lanying, Lu Zaitong, Zhang Dounan, Wang Zemin

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

**Abstract.** This paper reports a recombination laser of xenon plasmas produced by CO<sub>2</sub> laser excitation of gas mixtures of xenon and helium.

本文报导以波长 10.6 微米的 CO<sub>2</sub> 激光脉冲, 在 He 与 Xe 的混合气体中产生 Xe 等离子体的复合激光, 粒子数反转是电子与离子复合的结果。实验获得的 Xe 等离子体复合激光波长为 2.03 微米, 输出功率为 80 瓦以上, 脉冲宽度为 2 微秒。

实验装置如图 1 所示。输入的 CO<sub>2</sub> 激光能量由冷阴极电子束控制放电的 CO<sub>2</sub> 激光器提供, 每个脉冲 30 焦耳以上(脉冲宽度 1~2 微秒), 靶室内经过一焦距为 6 厘米的柱面反射镜, 使 CO<sub>2</sub> 激光束刚好聚焦在长 8 厘米、宽 3 毫米的金属靶上。靶室的两端用石英片装成对 2.03 微米成布儒斯特角的窗口。用两面曲率半径  $R$  等于 6 米的凹面反射镜, 组成 1 米长的激光谐振腔。输出腔片的耦合孔为  $\phi 4$ 。激光通过一表面镀有 SiO 的 Si 滤光片(透过波长范围 1.2~8 微米), 被微能量卡计接收, 由数字电压表读出复合激光器输出的能量值。

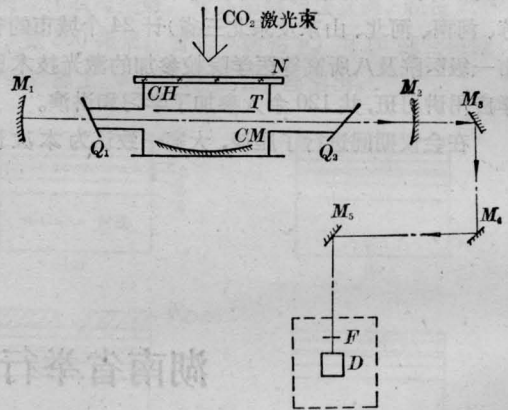


图 1 实验装置

CH—靶室; N—NaCl 透镜; CM—柱面反射镜;  
Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>—石英片; M<sub>1</sub>~M<sub>5</sub>—凹面反射镜, M<sub>2</sub> 带  
 $\phi 4$  孔; F—Si 滤光片; D—探测器

激光波形用带有锗透镜的 InSb 红外探测器接收(响应波段为 2~7 微米), 用 200 兆周的 SS-6200 示波器显示。探测系统的总响应时间小于 1 微秒。图 2 中照片是 Xe 等离子体激光波形, 激光脉冲宽度为 2 微秒。图

收稿日期: 1981 年 4 月 1 日。

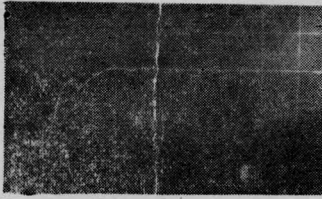
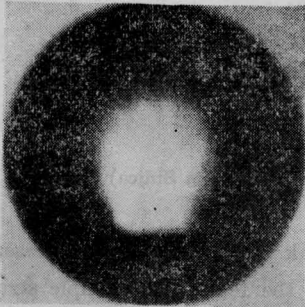
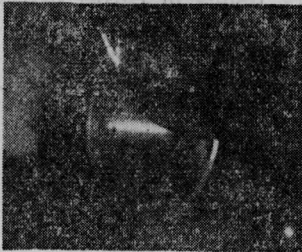


图2 Xe等离子体复合激光器的激光波形  
(横坐标: 2微米/格)

3照片是Xe等离子体与金属靶的照片。从等离子体的照片看出, CO<sub>2</sub>激光束经柱面反射镜聚焦在金属靶上。当击穿以后, 从焦点区域开始, 形成一迅速向外扩展的圆柱形等离子体。圆柱形长为8~9厘米, 直径为5~7毫米。



(a) 轴向观察



(b) 横向观察

图3 Xe等离子体与靶  
(可见光下摄)

靶室内充入氦与氙的混合气体, 室内总气压变化对Xe等离子体复合激光强度有较大影响。我们在实验中, 保持其他条件不变, 只改变室内的总气压, 结果总气压为700托时, 激光输出能量高于总气压为660托时的输出能量。

输出激光能量和Xe与He的比例有关。经过多次实验, 总气压700托, Xe:He=1:1000时, 激光输出最强, 平均输出能量为36微焦耳。

因为Xe的离化势能比He低, 且Xe的密度比He低得多, 所以, Xe几乎充分地电离化。在此情况下产生的激光振荡谱线是Xe而不是He或其他。在氙气中, 相应于 $5d\left[\frac{3}{2}\right]_1^0 - 6p\left[\frac{3}{2}\right]_1$ 的跃迁波长为2.03微米; 相应于 $7p\left[\frac{5}{2}\right]_0 - 7s\left[\frac{3}{2}\right]_1^0$ 的跃迁波长为3.43微米; 相应于 $5d\left[\frac{3}{2}\right]_1^0 - 6p\left[\frac{1}{2}\right]_0$ 的跃迁波长为2.65微米; 相应于 $7p\left[\frac{1}{2}\right]_1 - 7s\left[\frac{3}{2}\right]_2^0$ 的跃迁波长为3.65微米。对于用CO<sub>2</sub>激光束泵浦的Xe等离子体复合激光器, 以2.03微米的线最强, 比其他三条线强10倍以上。对电激励放电的Xe激光器, 则以3.5微米线最强<sup>[1]</sup>。

靶室内安装金属靶是为了降低击穿阈值。靶的材料和形状对形成等离子体有直接影响。我们做过三种不同靶材料的实验, 如表1所示, 其中以铅靶最好, 激光输出最高。

表1 不同靶材料及激光输出

靶材料	激光输出平均值 (微焦耳)	激光输出最高值 (微焦耳)
铝	33	49
锡	36	52
铅	192	235

从实验知道, 等离子体开始激发到激光振荡的出现其间有一个延迟时间。最大的激光输出其激光器的光轴具有特定的空间位置, 为等离子体扩展到较冷的外部区域, 所以激光器是以余辉占优势的发射源。因此复合激光器的发射机理主要是离子与电子复合的结果。当击穿后, 产生了高电子密度, 在氙离子与自由电子复合过程中, 处在中性氙原子较高能级上的电子向低能级跃迁, 在一些特定的能级之间形成粒子数反转。

## 参 考 文 献

- [1] W. T. Silfvast et al.; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **31**, No. 5.