

自动预电离的 XeCl 准分子激光器

Abstract: The effects of some parameters in XeCl excimer laser with automatic preionization on the laser output are described. The maximum output energy of 120 mJ per pulse has been obtained when the ratio of storage capacitor C_s and peaking capacitor C_p is equal to 2.

一、前言

由于准分子激光器在光化学、同位素分离、激光生物效应、微电子学、遥测及其他科技领域内日益广泛的应用的要求,准分子激光器的输出能量及效率的提高是大家普遍关心的一个问题^[1]。一般来讲,要提高激光器的输出能量,就要保证维持稳定的均匀放电;实现放电电流的快速上升;注入到等离子体中的能量密度要高。以上三者的实现都强烈地取决于放电条件,如激发电路、放电 E/p 值和放电电阻值等。所以,除要研究激光工作介质的动力学过程以外,还要进一步研究放电条件与激光输出特性的关系。我们在一台自动预电离的准分子激光器上对激励回路的各种参数,对激光器输出能量的影响作了初步探讨。

该激光器的工作原理图如图 1 所示,它与我们以前采用的快放电泵浦的激光器相比较^[2,3],差别主要在于激活介质的紫外预电离是由串联在储能电容器 C_s 上的轨道开关 (rail switch) S_2 提供的。当主开关 S_1 闭合时,在储能电容 C_s 和峰化电容 C_p 的串联回路中的轨道开关在一定的电压下击穿,储能电容 C_s 上的充电电荷就转移到峰化电容上去,在电荷转移的同时,在 S_2 上就产生了弧光放电,与此同时发出的紫外光使主电极之间的激光介质气体发生预电离。另一方面,随着 C_p 电位的上升,一旦达到了放电开始的电压,在主电极间就开始了均匀放电。在主电极与预电离之间大约有 100~200 ns 的延迟时间,可以将准分子激光器选择在最有效的工作状态^[4]。

我们这儿采用的“轨道开关”并不真正由轨道开关组成,而是由放电针与电极表面形成的一长排放电的“点”来代替真正的轨道开关中的“线”。另外,不采用独立的轨道开关气室^[5],而是将它置于激光器气室内,即起整形锐化作用;同时又可作为紫外预电离源,这样,激光器的结构就紧凑了。

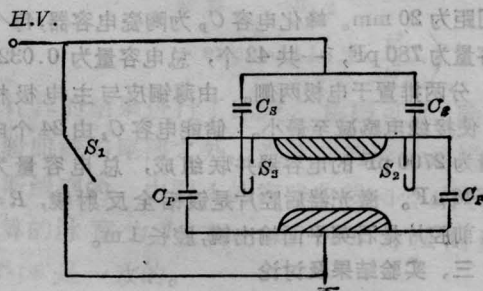


图 1 自动预电离原理图

C_s —储能电容; S_1 —主开关
 C_p —峰化电容; S_2 —轨道隙

通过轨道隙的电流大小与 C_p 有关。在同样的工作电压时, C_p 值增大, 电流也相应增加。这样, 我们可以认为上式中的预电离电子密度 Ne 是随着 C_p 值的增加而增大的。因此, 在不考虑主放电预电离的时间延迟等其他因素的前提下, 激光输出能量是与 C_p 的对数值成线性增长的^[6]。

峰化电容器也称整形电容, 它在自动预电离的准分子激光器中起重要作用。由于它的峰化作用, 使电压波形的的前沿明显变陡, 主放电波形得到改善。这样, 由于在放电的瞬间形成了高温电子而保证了放电的空间均匀性, 抑制了会影响放电的隋性气体原子的多阶电离, 从而使激光输出得到增加。目前, 已有实验证明 C_p 值要尽可能地大, 一般认为当比值 $C_p:C_s=0.5\sim 1$ 时, 激光输出可以达到最佳状态^[4,7]。

二、实验装置

我们采用的实验装置如图 2 所示。

主放电电极的阳极采用镀镍的铜电极, 全长 800 mm, 在铝电极上有两排 $\phi 3$ 的小孔, 每排 40 个, 排距 40 mm 对称排列于中心线两侧。由镍铬钨合金做的放电针穿过小孔 (孔壁有绝缘套管使针与电极绝缘), 针尖与电极面齐, 小孔间距 20 mm。这两排小孔和针组成了前面所说的“轨道开关”。电极的

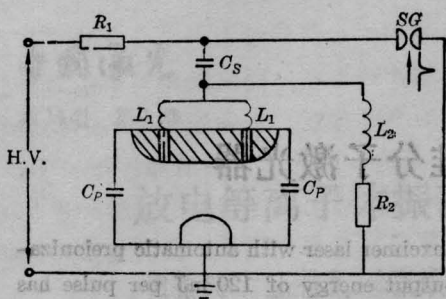


图2 实验装置图

极间距为 20 mm。峰化电容 C_p 为陶瓷电容器, 每个电容量为 780 pF, 一共 42 个, 总电容量为 0.0328 μF , 分两排置于电极两侧。由薄铜皮与主电极相联, 使接线电感减至最小。储能电容 C_s 由 24 个电容量为 2700 pF 的电容器并联组成, 总电容量为 0.0648 μF 。激光器后腔片是镀铝全反射镜, $R=3\text{m}$, 前腔片是石英平面输出镜, 腔长 1 m。

三、实验结果及讨论

1. C_s, C_p 值对输出能量的影响及它们的最佳值

由于某些安装上的具体原因, 我们无法增大 C_p 值, 只能尽可能地使它达最大值 $C_p=0.0328\mu\text{F}$ 。在固定 C_p 值时, 改变 C_s 值, 得到的结果示于图 3 及图 4。从图中可以知道当 $C_s=0.06\mu\text{F}$ 时, 即当 $C_p/C_s=1/2$ 时, 激光输出能量达到最佳值。当 $C_s \ll 0.06\mu\text{F}$ 时, 输出能量急剧地减少, 这主要是由于电容储能不够, 注入到放电等离子体中去的能量减小的缘故。另外, 由于 C_s 值小, C_s 对 C_p 充电回路的时间常数小, 在轨道隙上作为紫外预电离源的弧光持续时间缩短, 失去了与主放电的最佳时间匹配。当 $C_s \gg 0.06\mu\text{F}$ 时, 激光输出能量反而下降了, 这说明 C_s 储能过大, 注入到气体中的能量太大, 这就增加了放电的不均匀性, 从而使输出能量减小。

2. 电感 L_1 对输出能量的影响

我们在不改变其他条件的前提下, 在 C_s 与轨道隙之间做了有无串联电感 L_1 的对照实验 (图 2 所示)。电感由 $\phi 0.9\text{mm}$ 的漆包线绕成, 每个线圈的电感量约为 $2\mu\text{H}$, 串联在放电针与储能电容 C_s 之间。实验结果示于图 5。

加入电感后, 激光最大输出比不加电感时只减少了 20% 左右, 这说明在 C_s 对 C_p 的充电回路中, 即使有较大的电感, 尚能得到较高的输出能量, 表明在这种自动预电离的激光器中, 对 C_s 的电感量不必苛求。

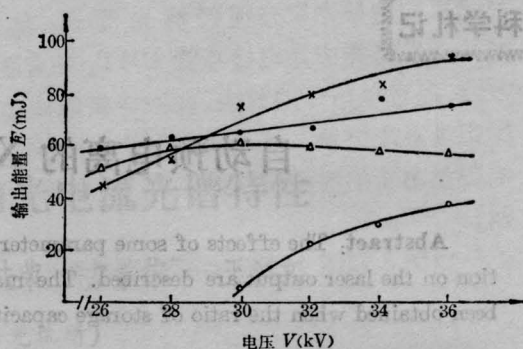


图3 不同的储能电容值时的激光输出特性曲线

实验条件均为:

配气比: $\text{Xe}:\text{HCl}:\text{Ar}=4\%:0.7\%:95.3\%$

$P_{\text{总}}=1.2\text{atm}$

○: $C_s=0.03\mu\text{F}$

×: $C_s=0.06\mu\text{F}$

●: $C_s=0.1\mu\text{F}$

▲: $C_s=0.2\mu\text{F}$

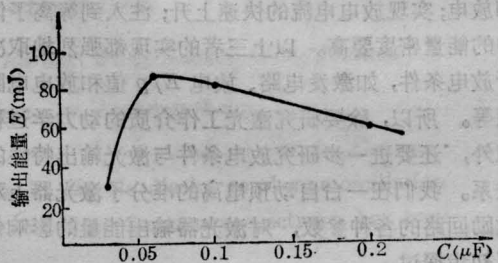


图4 储能电容 C_s 与输出能量的关系

(工作电压 $V=32\text{kV}$)

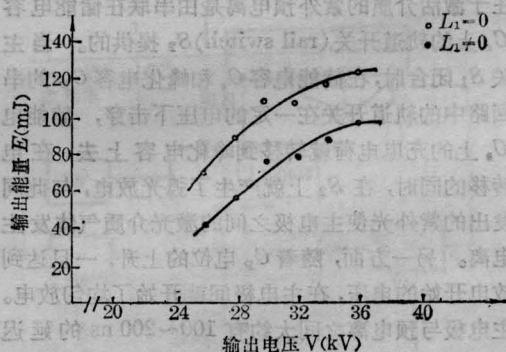


图5 C_p 充电回路的电感 L_1 对激光输出的影响

3. 预电离弧光位置对激光输出的影响

关于预电离弧光的位置, 目前一般由实验来确定^[4]。我们作了对照, 一种是针尖位置与电极面齐, 另一种是放电针伸出电极表面约 1 mm。从实验观察到, 在后一种情况下, 预电离的弧光暴露在电极外多一些时强度有所增加。

参 考 文 献

- [1] Terry Mckee, John A.Nilson; *Laser Focus*, June 1982.
 [2] 前田三男等;《レーザー研究》, 1983, 11, No. 5, p. 38~39.
 [3] 胡雪金等;《量子电子学》, 1984, 1, No. 1.
 [4] 户田裕雪等;《レーザー研究》, 1984, 12, No. 8, 426.
 [5] S.C. Lin, J. I. Lavatter; *Appl. Phys. Lett.*, 1979, 34, No. 7, 505.

- [6] E. Armandillo *et al.*; *Opt. Commun.*, 1982, 42, No. 1, p. 63.
 [7] A.N. Malov *et al.*; *Sov. J. Quant. Electr.*, 1984, 11, 219.

(中国科学院安徽光机所 李昭临 张凯*
 殷宝龙 赵震声 沈德立** 车明瑜
 曹洪如 陈永荣 胡雪金
 1985年9月25日收稿)

* 华中工学院实习生。

** 毕业论文实习生。

12 μm 带光泵 NH₃ 调频激光器

Abstract. 9.4 μm R (30) line from a TEA-CO₂ laser was used for pumping NH₃. Tunable NH₃ laser light in 12 μm band have been obtained. The output energy at 12.247 μm, 12.261 μm and 12.079 μm is 18.6, 23 and 26mJ respectively.

光泵 NH₃ 激光器已在 6~300 μm 范围获得近百条谱线的激光输出, 且具有较高的能量转换效率, 在部分波段的转换效率已达到 20~30% 左右。显然, 调频 NH₃ 激光器的研制对于激光光谱, 激光化学、激光分离同位素等均具有重要意义。特别是在 12 μm 和 16 μm 附近存在着与选择激发 U²³⁵F₆ 波长很接近的振荡谱线, 这对于激光分离铀同位素的研究工作是有意义的。我们在 12 μm 带进行了调频试验, 获得了一些结果。12 μm 带 NH₃ 激光谱图示于图 1。

实验方案和实验装置

实验装置如图 2 所示。

我们采用的 TEA CO₂ 激光器由三级组成, 第一

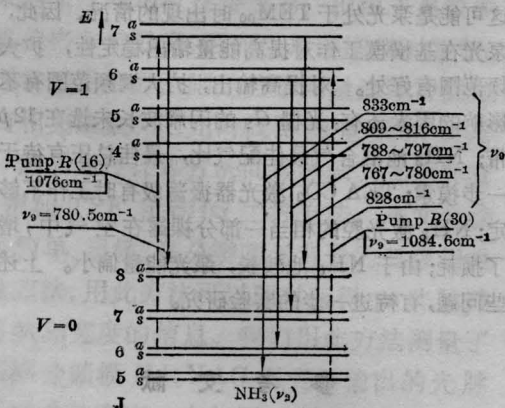


图 1

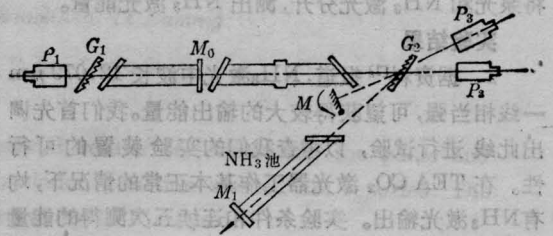


图 2

级为振荡级, 后两级为放大级。NH₃ 池为长 2.2 m 的不锈钢管, 通光孔 φ28 mm, 一端封 ZnSe 平面布氏窗口, 一端装有可微调镀膜反膜的平行平面镜 M₁, 其反射率为 85%, 管内充以 NH₃ 和 N₂ 的混合气。光栅 G₁、G₂(100 线/mm) 闪耀波长分别为 9.2 μm 和 10.6 μm, 金膜平面反射镜 M 均固定在经纬仪上, P₁, P₂, P₃ 为调整光路的可调焦平行光管。M₀ 为 TEA CO₂ 激光器振荡器输出镜。

9 μm 带 R(30) 线由 M₀ 输出, 经放大级放大, 经 G₂, 其一级衍射进入 NH₃ 池泵浦 NH₃ 分子, 部分泵光由 M₁ 射出。NH₃ 分子激光器的谐振腔由 M₁、G₂、M 组成, 振荡光波沿氨池轴线经光栅 G₂ 一级衍射后垂直入射到镀金铜镜 M 上, 再由 M 反射沿原光路返回并垂直入射到 M₁ 上。NH₃ 激光由 M₁ 输出。转动镀金铜镜 M 即可在 M₁ 得到调频 NH₃ 激光输出。图 3 给出与 NH₃ 调频激光有关的光路图。由光栅公式有: