

采用半导体片式预电离装置的小型TEA-CO₂激光器的设计及实验研究

石立深

摘要: 设计并制做了一种小型TEA-CO₂激光器。该器件采用片状半导体材料构成的预电离装置。应用单路脉冲触发的脉冲放电系统简化了TEA-CO₂激光器的复杂性。本文详细叙述了这种激光器的结构设计, 提供了对运转特性进行研究的结果。利用此器件获得脉冲激光输出达25J/L, 峰值功率超过6MW。

一、引言

自从横向激励大气压CO₂激光器出现以来^[1-3], 这种器件的激励系统和预电离技术得到了迅速的发展^[3, 4, 5, 6, 7, 8]。有多种预电离技术均可使得TEA-CO₂激光器放电空间获得一定密度分布的预电离电子, 使得放电特性明显地改善。本文中介绍的激光器采用了Rickwood首先使用的片状半导体构成的预电离装置^[9], 利用RC充放电电路直接激励, 单路脉冲发生器控制触发。该器件具有结构紧凑、运转稳定的特点, 而且在气体流动的情况下特别适合于高重复率、长寿命运转^[10]。

二、基本结构

激光管的基本结构如图1。两块圆弧过渡的平板型电极相距约10mm, 构成的有效放电体积为10×9×140mm³, 预电离装置由两排1mm厚的硅片构成。两排硅片相距约3mm, 硅片与电极间可直接接触。硅片所用的材料电阻率为400Ωcm的N型硅。两块电极及硅片固定在有机玻璃制成的框架上, 框架安放在内径约85mm的玻璃管内。两根电极引线从玻璃管侧壁引出。

激励电路如图2, 负高压源通过限流电阻R和二极管D给储能电容器C_s充电。触发

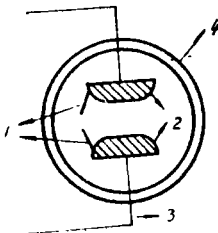


图1 1. 硅片 2. 电极 3. 引线 4. 管壳

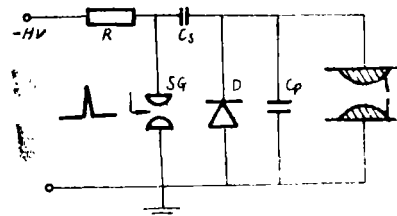


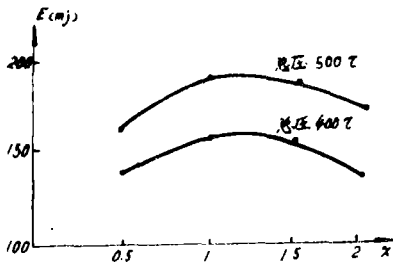
图2

注: 本文作者的导师为牛振亚。

器SG的两端有与 C_s 两端相同的电位差。由脉冲发生器产生的高压尖脉冲使SG被触发而接通， C_s 的两端被连到峰化电容器 C_p 和放电电极的两端上。初始时，半导体片构成的旁路的阻抗要小于放电电极间隙的阻抗，半导体片之间的间隙被击穿，有电流从半导体片上流过，在半导体片之间的间隙处形成一条平行于激光管轴线方向的线状辐射源。该辐射源产生的紫外辐射在电极间隙的工作气体中产生带电粒子。这就是半导体片式预电离装置的预电离作用。大约经过50ns后，电极间气体中的带电粒子密度已足够大，这时电极间的阻抗已小于旁路阻抗，导致在整个电极间产生均匀的辉光放电。

三、激光器的运转特性研究

实验中激光器采用平-凹谐振腔。全反端用曲率半径为4m的镀金全反镜，输出端起初用镀增反膜的锗平板，但由于功率密度高，膜层很快被破坏，后改用不镀膜的锗平板。首先，为便于调节，激光管采用半外腔结构，在锗平板内侧装有NaCl布鲁斯特窗，最后制成内腔式结构。图3给出了在一定条件下，脉冲激光输出能量随氮气在混合气体中所占比例变化而发生变化的趋势。氮气太少时，它的共振转移效应的作用小，氮气过多时，工作气体二氧化碳的密度低。这两种情形都对能量输出不利。从曲线上大致看出二氧化碳与氮气的比例值 $N_2:CO_2 = 1 \sim 1.5$ 这一区间内能量是较大的。



气体混合比 $CO_2:N_2:He = 1:x:1$
 $V = 20kV$ $C_s = 10nF$

图3

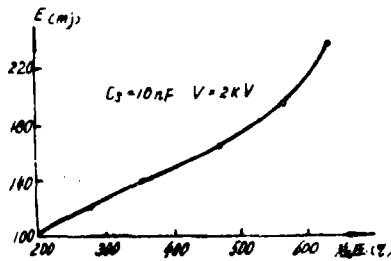


图4 $CO_2:N_2:He = 1:1:1$

图4给出了脉冲激光能量输出随工作气体的总气压变化的趋势。在所测试的气压范围内，能量输出随气压提高而单调增加。

图5给出了脉冲激光输出能量随工作电压变化的曲线。

图6是在气体混合比例 $CO_2:N_2:He = 1:1:1$ 时摄下的输出激光脉冲的波形。尖脉冲上迭

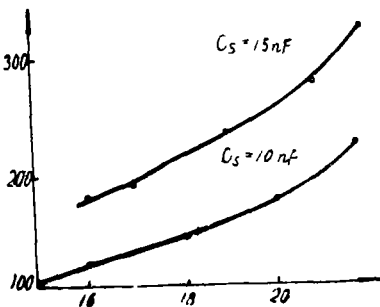


图5 总压550torr, 比例 $CO_2:N_2:He = 1:1:1$

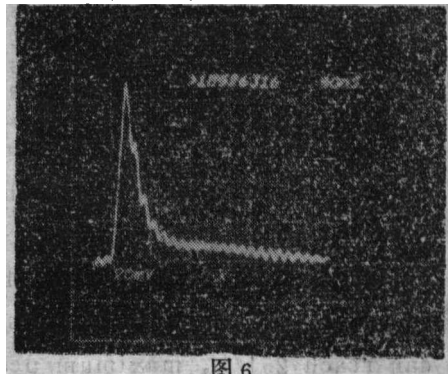


图6

加的小波动是其它信号干扰的结果。这一点可用示波器观察从触发、放电到形成激光振荡的全过程清楚地看到。这张照片显示出光脉冲宽度约为50ns。

四、理论计算与实验结果的比较

对CO₂-N₂-He混合气体利用四能级模型建立了描述各能级粒子分布及腔内光场变化的微分方程组^[1]。利用计算机进行数值计算求解此微分方程组，直接绘制了输出激光脉冲的波形。数值计算绘制的波形与实验测得波形的基本特征是一致的。当氮气的比例加大时，光脉冲的尾部抬高，集中在尾部的能量比例加大。图7给出了计算机绘出的光脉冲的波形。上下两波形分别对应CO₂:N₂:He=1:1:1和1:3:1情形。

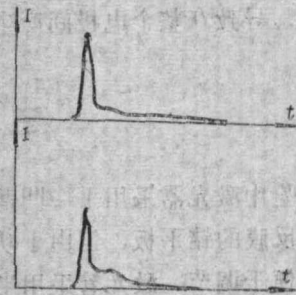


图7 CO₂:N₂:He=1:1:1(上)
CO₂:N₂:He=1:3:1(下)

参 考 文 献

- [1] R.Dumanchin and J.Roca-Serra, C.R. Acad. Sci., 269, 916(1969)
- [2] A.J.Beaulieu, Appl. phys. Lett., 16, 504(1970)
- [3] T.Y.Chang, IEEE. J., Quantum Electron QE-8 721(1972)
- [4] B.Norris, Appl. phys. Lett., 34, 385(1979)
- [5] S.Howells, J. phys. E., 14, 293(1981)
- [6] N.W.Harris, F, O' NeiN and W.T. Whitney, Appl. phys. Lett., 45, 148(1974)
- [7] H.M.Lamberton and P.R. Pearson, Electron. Lett., 7, 141(1971)
- [8] H.Seguin and J. Tulip, Appl. phys. Lett., 21, 414(1972)
- [9] K.R.Rickwood, J. Appl. phys., 53, 2840(1982)
- [10] K.R.Rickwood and J. McInnes, Rev. sci. Instrum., 53, 1667(1982)
- [11] K.J. Andrews, P.E.Dyer and D.J. James, J. Phys. E. Sci. Instrum, 8(1975), 493

A Design and Experiment Study of a Compact TEA-CO₂ Laser with a Semiconductor plate preionizer

Shi Lishen

Abstract

A compact TEA-CO₂ laser with a semiconductor plate preionizer has been designed. Single-way plus trigger control plus discharge system simplifys the TEA-CO₂ laser. The constructure design details and operation characteristic study results are presented in this paper. With this laser, maximum laser plus output can reach 25J/L, maximum peak power exceeds 6MW.