

半导体预电离器的 SiC 片是由 SiC 晶粒与少许结合剂混合、压模、烧制而成的。片中所含 SiC 晶粒密度 ρ 对紫外光强及输出的影响是最主要的。图 4 是不同 ρ 值、不同工作电压下的输出能量值。该图表明,对应于较大的 ρ 值,输出能量也较大。这是由于随密度 ρ 值增加,预电离强度增大的缘故。由于压模工艺的限制,密度最大只能达到 2.0 g/cm^3 。

四、激光性能

在实验中,还研究了不同工作气体混合比例、气压、不同电压下的输出特性。结果表明,气体混合比例为 $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}=1:1:4$ 、气压 1 atm 、工作电压 32 kV 条件下,单脉冲输出能量为最大,其值为 274 mJ ,峰值功率为最大,其值为 9 MW ;输出最大能量密度 24 J/L ;峰值功率密度 780 MW/L ;效率 4.5% 。

对器件运行的寿命及脉冲重复频率也进行了实

验研究。结果表明,在电压 32 kV 、重复频率 0.5 Hz 条件下,器件运行寿命 $>10^6$ 脉冲;重复频率为 3 Hz 时,连续无弧运行约 10^4 脉冲。由于在无催化剂、无气体流动的运行条件下,重复频率高,则气体热效应严重,且 CO_2 离解甚多,这可能是导致寿命明显缩短的原因之一。

本实验研究工作受到了曹秋生、蹇庄华研究员的精心指导与帮助,在此深表谢意。感谢中国科学院电子所 5034 组的同志和浦伯伟工程师的大力支持。

参 考 文 献

- 1 R. V. Babcock *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-12** (1), 29 (1976)
- 2 A. M. Robinson, *Canad. J. Phys.*, **50**, 2138 (1972)

(收稿日期: 1987 年 10 月 12 日)

螺旋形空心阴极 IR Cu^+ 激光器

陈钰清

(浙江大学光仪系)

H. J. Eichler, R. MacDonald

(西柏林工业大学光学研究所)

Helical hollow cathode IR copper ion laser

Chen Yuqing

(Department of Optical Instrument, Engineering, Zhejiang University, Hangzhou)

H. J. Eichler, R. MacDonald

(Technische Universität Berlin, Optisches Institut Strasse Des 17, Juni 135, 1000 Berlin 12, Germany)

提要:研究了螺旋形空心阴极 IRCu^+ 激光器的性能,测量了不同螺旋结构激光器的输出功率。在放电长度 1.2 m 的分段放电管中,在 780 nm 波长时获得最大输出功率为 1.3 W 。

关键词:空心阴极,铜

螺旋形空心阴极已在红外区获得铜离子激光谱线振荡^[1],最强的谱线 780.8 nm ,所有铜离子谱线的振荡都能够在 He 和 He-Ar 放电中获得。在这篇文章中,我们报道了螺旋形空心阴极铜离子激光四阴极结构对放电特性和输出特性的影响,并获得合理的结构尺寸,实验使用 He 作为缓冲气体,放电长度 120 cm ,在 780.8 nm 获得峰值输出功率 1.3 W 铜离子谱线。

一、实验装置

实验装置的阴极由螺旋形水冷却铜管构成,每一个螺旋阴极的长度为 100 mm 、内径为 6 mm ,螺距分别是 $S=5 \text{ mm}$ 、 7 mm 和 9 mm ,阴极是外径为 4 mm 的铜管绕成的,共轴阳极亦构成真空室且水冷。螺旋形空心阴极的放电激励由半波整流的电源供电,脉冲重复率为 50 Hz ,占空系数约 $5\sim 12$ 。

螺旋形空心阴极是径向对称结构, 铜的溅射蒸发是微量(处于 0.01 mm/hr)且是对称变化, 和槽形空心阴极相比, 这种阴极的变形很小, 能在轴向产生均匀的负辉, 故这种对称结构螺旋形空心阴极放电稳定性相当好^[2], 同时这种断续阴极表面也可增加放电稳定性^[3]。共振腔反射镜的曲率半径均为 3 m , 全反射镜的中心波长为 780 nm , 反射率为 99% , 透过率 0.6% , 输出耦合镜的透过率为 1.25% 。放电总长为 120 cm 。放电电压和放电电流的峰值以及平均输出功率同时记录在双通道记录仪上, 平均输出功率用激光仪器公司出品的 17A 型电热功率计测量。

二、实验结果

(1) 电流-电压特性曲线

图1、2表示不同充气种类和充气气压时的特性曲线。从图上可以看到具有大的螺距的空心阴极, 工作电压随电流的增加变化较快, 而且对充气气压的影响也较大。增大阴极内径也能稍增加放电电压。

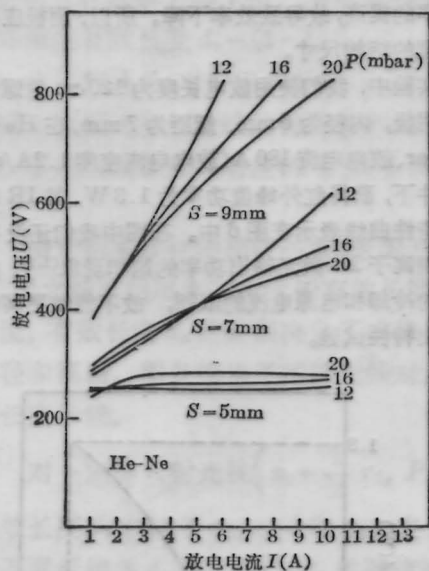


图1 螺旋形空心阴极($d_c=6 \text{ mm}$, $l=10 \text{ cm}$)电流-电压特性曲线。Ne的分压为 1 mbar

我们知道, 螺旋形空心阴极放电中, 电荷的损失是比较大的, 因为部分离子和电子能够通过阴极螺距缝隙扩散出去并复合^[3], 为了补偿离子、电子的损失, 必须要提高放电电压, 亦即电子必须要有高的能量, 产生一定数量的离子轰击阴极表面。所以, 阴极的螺距增加, 工作电压必然增加^[1]。

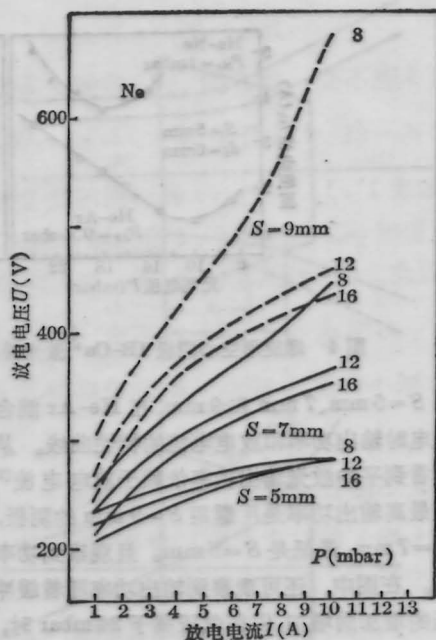


图2 螺旋形空心阴极($d_c=6 \text{ mm}$, $l=10 \text{ cm}$)电流-电压特性曲线

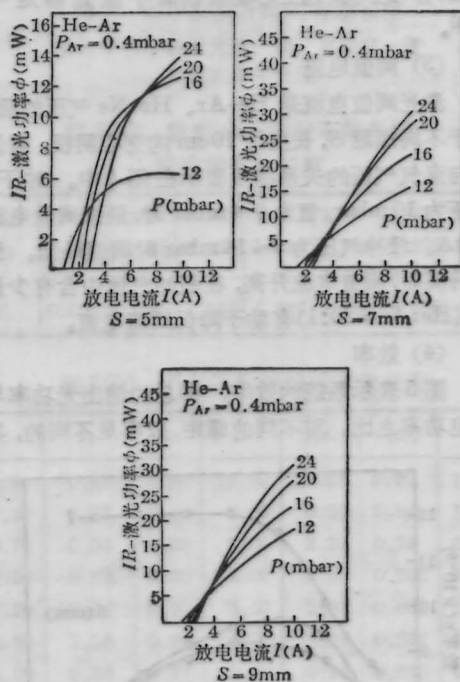


图3 螺旋形空心阴极铜离子激光器的电流-输出功率特性曲线。对不同的螺距 S , $d_c=6 \text{ mm}$, $l=10 \text{ cm}$, 参数是充气气压

(2) 输出功率随几何结构的变化

图3表示在红外区 $\lambda=780.8 \text{ nm}$ 对三种不同的

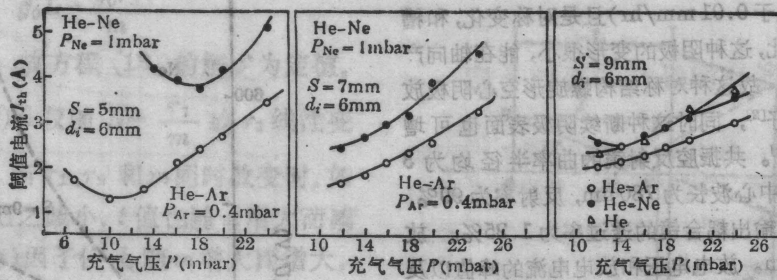


图4 螺旋形空心阴极 IR-Cu⁺ 激光器在不同螺距 S 时, 阈值电流与充气气压的关系曲线, $l=10\text{cm}$

螺距 $S=5\text{mm}$ 、 7mm 和 9mm , 在 He-Ar 混合气体中放电时输出功率和放电电流的特性曲线。从图上可以看到平均激光输出功率依赖于放电电流^[1], 获得的最高输出功率是用螺距 $S=9\text{mm}$ 的阴极, 其次是 $S=7\text{mm}$, 最低是 $S=5\text{mm}$ 。且观察到功率饱和效应。在图中, 还可观察到输出功率随着缓冲气体气压的增加而增加, 但在气压高于 24mbar 时, 放电开始出现不稳定。通常在 He 气中, 还附加少量的 Ar, 最大输出功率是在 Ar 的分压为 $0.5\sim 0.7\text{mbar}$ 范围内, 这与其他空心阴极铜离子激光器是一致的^[4]。

(3) 阈值电流

激光阈值电流是 He-Ar、He-Ne 气压的函数, 对于不同螺距 S , 长度为 10cm 的空心阴极, 阈值电流与充气气压的关系曲线表示在图 4 中。对于 He 气压为 10mbar , 氩为 0.4mbar 时, 最低阈值电流为 1.2A 。缓冲气压为 $9\sim 14\text{mbar}$ 时阈值最低。当气压升高时, 阈值电流升高, 在缓冲气体中含有少量的 Ar (He:Ar=20:1) 有助于降低阈值电流。

(4) 效率

图 5 表示系统的效率, 即总的输出光功率与入射电功率之比。对不同的螺距, 效率是不同的, 其中

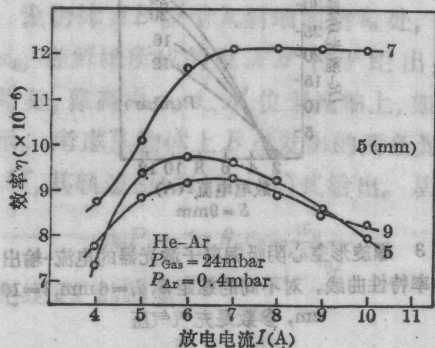


图5 螺旋形空心阴极 IR-Cu⁺ 激光器的效率和放电电流的关系曲线, 参数是阴极螺距。 $d_i=6\text{mm}$, $l=10\text{cm}$

螺距 $S=7\text{mm}$ 具有最高的效率, 而 $S=5\text{mm}$ 和 9mm 的效率稍低。

我们知道, 螺距增大时, 放电电压升高, 使 He⁺ 离子和铜离子具有更高的能量, 由于溅射产生更多的铜原子, 同时二次电子的能量也增加, 所以产生更多的情性气体离子, 通过电荷转移反应产生更多的 Cu⁺ 离子, 所以放电电压升高, 离子密度亦升高, 有利于提高输出功率。但螺距 S 再增加时, 离子和电子的扩散损失也增加, Cu⁺ 密度增加不多, 不利于输出功率的提高, 故导致效率下降。所以, 阴极应有一个合理的结构尺寸。

实验中, 我们使用放电长度为 120cm 的螺旋形空心阴极, 内径为 6mm , 螺距为 7mm , 在 He 气压 24mbar 、放电电流 180A (放电电流密度 $1.2\text{A}/\text{cm}^2$) 的条件下, 获得红外峰值功率为 1.3W , 其 IR 输出功率特性曲线表示在图 6 中。在图中我们还没有观察到铜离子 IR 激光输出功率的饱和现象^[1,2]。由于阴极的冷却和电源电流的限制, 故不能做更高电流的输出特性试验。

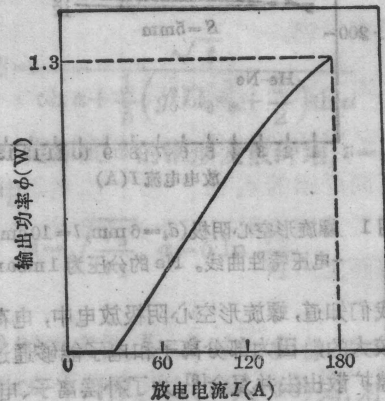


图6 IR-输出功率和放电电流的关系曲线阴极 $d_i=6\text{mm}$, $S=7\text{mm}$, $L=120\text{cm}$, 缓冲气体 He 24mbar

参 考 文 献

- 1 M. Grozeva *et al.*, *Opt. Commun.*, **51**(6), 417(1984)
- 2 H. J. Koch, *J. Phys. E: Sci Instrum.*, **16**, 122 (1983)

- 3 K. Rozsa, *Z. Naturf.*, **35A**, 647(1980)
- 4 H. J. Eicher *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-15**(9), 908(1979)
- 5 B. E. Warner *et al.*, *J. Appl. Phys.* **50**, 5694(1979)

(收稿日期: 1987年11月27日)

用于大体积短脉冲准分子激光器的预电离 X 光源*

欧阳斌

(中国科学院上海光机所)

M. Steyer

(西德马普生化所)

An X-ray preionizator for big volume and high pressure excimer lasers

Ouyang Bin

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

M. Steyer

(Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie, Abteilung Laserphysik)

提要: 报道了适用于大体积高压短脉冲的准分子预电离脉冲 X 光源,着重对获得高强度快上升 X 光源的技术作了介绍,并给出其它性能的实验结果。

关键词: 准分子激光器, X 光源

一、引 言

发展准分子激光器的关键之一是预电离技术。预电离方法有简单的紫外光预电离、电子束预电离等,它们都存在一些比较难克服的缺点。X 光预电离可以做成独立的装置,使用灵活方便。关于 X 光预电离的准分子激光器已有报道^[1~3],但着重介绍的是较长脉冲 X 光预电离源的研究。要得到短脉冲高输出的准分子激光器件,固然要认真研究主放电回路和放电技术,但预电离技术也是重要的先决条件。在此介绍了压缩 X 光脉冲技术和获得上升前沿远小于 50 ns 的实验结果,最后也给出其他性能。

二、结构和简单原理

用于预电离的 X 光光源,可以是热阴极 X 光管产生输出连续的 X 光,也可以用冷阴极二极管。对于脉冲准分子激光器,要求脉冲 X 光光源采用冷阴极的比较多。图 1 是我们实验用 X 光光源。阳极是钼箔做的, X 光辐射在电子束飞行方向最强,透过

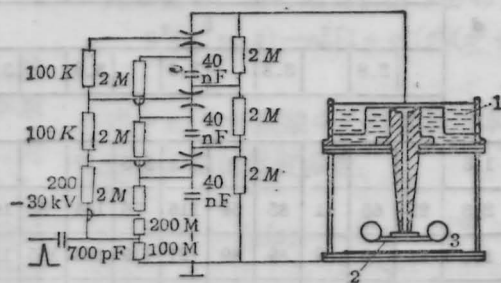


图 1 冷阴极脉冲 X 光源

1—加速电容; 2—碳纤维阴极, 3—钼阳极

10 μm 钼箔(用导电胶贴在真空器地板上),由底部窗口输出。碳纤维阴极其面积大小可以改变。二极管器壁是用 6 mm 的不锈钢制成,底板是铝材料厚 6 mm,中间位置在 $10 \times 40 \text{ cm}^2$ 范围减薄到 2 mm,是 X 光的输出窗口。阴极和阳极间的距离可以调整。

图 1 左边是用于激励 X 光二极管的高压发生

* 这一工作是在马普生化所做的。