

连续的电激励水激光器

Abstract: A discharge excited CW H₂O laser has been developed and output power at three wavelengths (27.971 μ m, 78.443 μ m, 118.59 μ m) obtained. The maximum output power is about 40mW and 20mW at 27.971 μ m and 118.59 μ m respectively.

对于光泵的近红外激光器，目前国内外已作了广泛的研究，这类激光器几乎都能连续可调谐，而对于等离子体诊断来讲，只需要某单一波长的激光，因此用放电激励的激光器更方便一些。目前已用连续电激励的 HCN 激光、DCN 激光测等离子体的电子密度^[1,2]。远红外激光也被用来测量托卡马克中的磁场，得到等离子体中的电流分布^[3,4]。这里介绍的连续电激励水激光器就是为此目的而研制的。有关电激励的水激光器已有若干报道^[5~7]。

实验装置

激光器由一个带水套的石英玻璃管和两个反射镜组成，其结构如图 1 所示。石英管长 2.5m，内径 4.8cm，水套长 2m，外径为 6.8cm，工作时水套内通以自来水进行冷却。电极间距为 2.2m，阴极为圆筒形，以不锈钢片卷成，阳极用黄铜做成。共振腔的两块反射镜由抛光的玻璃镀铝制成。在输出激光的一端称为前腔，而另一端称之为后腔。后腔镜是凹面镜，并可以用微调螺杆前后平行地移动其位置，以达到腔的谐振。我们使用过两种曲率半径的凹面镜： $R=6m$ 、 $R=10m$ 。从输出功率上来看， $R=6m$ 的效果好一些。

前腔镜是平面反射镜，镜中心有一个直径为 2.5mm 的透孔，供激光功率输出。实验中发现，当输出孔较大时（如孔径为 4mm），得不到功率输出。输出窗口采用硅片（0.58mm 厚）或聚乙烯片（1

mm 厚）。

用高压直流电源激励，电压在 2000V 至 5000V 连续可调，电流可到 2A。在输出回路中，串有一个 800 Ω 的电阻进行稳流。

水蒸气的充入是靠玻璃管中气压变低时，达到水的饱和蒸气压来进行气化，然后通过微调阀、微型流量计进入系统。水管要浸在一个和环境温度相同的恒温水容器中，以便补充水管中水气化时所需要的热量，这样可使水管中的水在气化时温度基本不变。

实验结果

水分子的激光线约近百条^[8]，但在电激励的条件下，输出功率较大的有三条，其波长为 27.971 μ m、78.443 μ m 和 118.59 μ m。

27.971 μ m 这个波长，是水激光器输出功率最高的波长，在最佳运行条件下，不管腔调到什么样的位置，都可以看到这个波长的功率输出，但调腔时可以看到最大输出功率的位置间隔约为 27.971 μ m 的半波长 14 μ m。在适当的运行条件下，可以得到只有 27.971 μ m 单一波长的激光输出。其输出功率与放电电流的关系如图 2 所示；输出功率与管壁温度的关系如图 3 所示。当工作气压为 0.9 Torr，气体比例为 H₂O:H₂=1:1.5，放电电流为 0.5 A 时，这个波长的激光输出功率最大，约 40 mW。

波长 78.443 μ m 的输出功率远小于 27.971 μ m 的，而且总是与 27.971 μ m 同时存在，即得不到 78.443 μ m 单一波长的激光输出，其输出功率与放电电流的关系如图 4 所示。在工作气压 $P=0.9$ Torr，气体比例 H₂O:H₂:He=1:1.5:0，放电电流为 0.6 A 时，78.443 μ m 的输出功率为 5mW 左右。在实验上用水晶片可以将 27.971 μ m 的成份隔去，而得到 78.443 μ m 的输出，也可用 KRS-5 晶体将 78.443 μ m 的成份隔去，而只得到 27.971 μ m 的输出。

当工作气压增高，放电电流增大时，可以得到 118.59 μ m 的激光输出。在这种条件下，得到的是

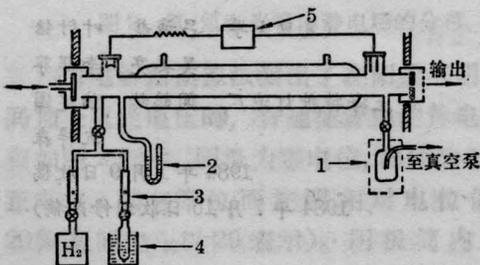


图 1 水激光器示意图

- 1—液氮冷阱； 2—麦克劳真空计； 3—流量计；
4—恒温器； 5—直流高压电源

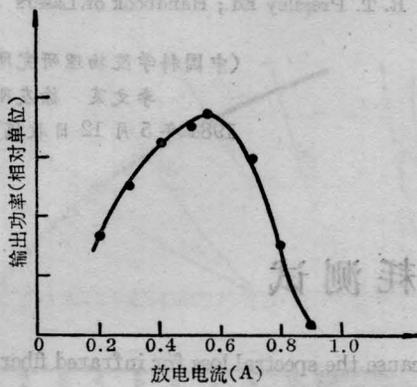


图2 波长为 $27.971 \mu\text{m}$ 的输出功率与放电电流的关系
工作气压 0.9 Torr ; 管壁温度 15°C ;
 $\text{H}_2\text{O}:\text{H}_2=1:1.5$

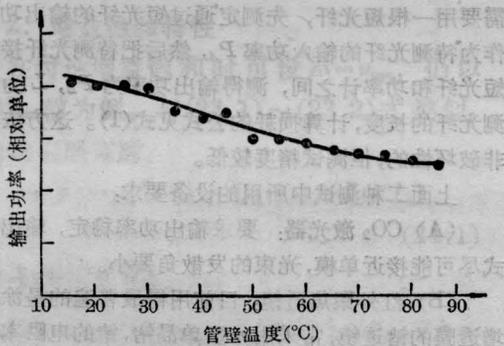


图3 波长为 $27.971 \mu\text{m}$ 的输出功率与管壁温度的关系
工作气压 0.9 Torr ; 放电电流 0.5 A ;
 $\text{H}_2\text{O}:\text{H}_2=1:1.5$

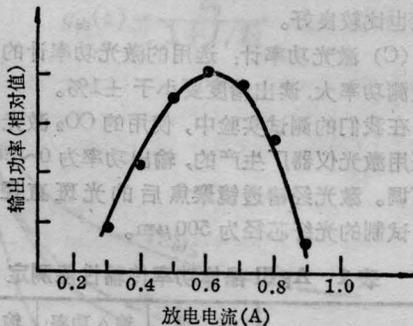


图4 $78.443 \mu\text{m}$ 波长的输出功率与放电电流的关系
工作气压 0.9 Torr ; 管壁温度 15°C ;
 $\text{H}_2\text{O}:\text{H}_2=1:1.5$

只有 $118.59 \mu\text{m}$ 的单一波长的激光输出。在
 $\text{H}_2\text{O}:\text{H}_2:\text{He}=1:1.25:1.25$,
工作气压 $P=1.3 \text{ Torr}$, 放电电流 1.5 A 时, 最大输

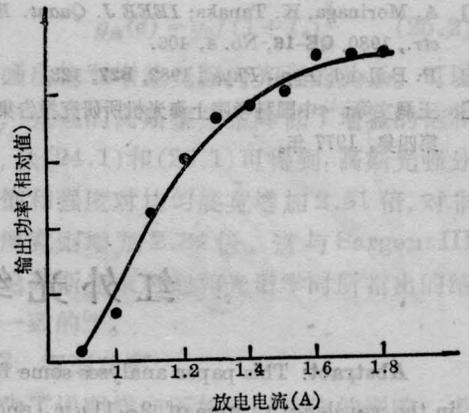


图5 $118.59 \mu\text{m}$ 波长的输出功率与放电电流的关系
工作气压 1.3 Torr ; 管壁温度 15°C ;
 $\text{H}_2\text{O}:\text{H}_2:\text{He}=1:1.25:1.25$

输出功率约 20 mW 。其输出功率与放电电流的关系如图5所示。至于输出功率与管壁温度的关系与波长 $27.971 \mu\text{m}$ 的类似, 不再绘出。

电激励的水激光器的 $27.971 \mu\text{m}$ 和 $118.59 \mu\text{m}$ 这两个波长的输出功率较大, 在等离子体诊断测量中有使用价值。但目前还没找到既对 $27.971 \mu\text{m}$ 和 $118.59 \mu\text{m}$ 吸收很小而又对可见光透明的合适材料。因为对可见光不透明的窗口, 对等离子体诊断测量的光路校准带来困难。KRS-5 对 $27.971 \mu\text{m}$ 吸收很小对可见光又透明(尽管带有发红的底色)。本实验表明, 一块 2.9 mm 厚的 KRS-5 晶体, 按布鲁斯特角安装时, 对于 $27.971 \mu\text{m}$ 的波长可透过 80% 的功率; 晶体石英片对于 $118.59 \mu\text{m}$ 的光吸收很小, 对可见光也透明, 4 mm 的石英片按布鲁斯特角安装时, 对于 $118.59 \mu\text{m}$ 的波长可透射过 85% 的功率。所以要使用 $27.971 \mu\text{m}$ 这个波长时可用 KRS-5 作窗口, 若使用 $118.59 \mu\text{m}$ 这个波长时, 就选用晶体石英作窗口。

此工作得到唐继辉、钟权德同志的大力支持, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 郭其良等;《核聚变与等离子体物理》, 1982, 2, No. 4, 243.
- [2] Li Wenlai, Xu Yougang; *International Journal of Infrared and Millimeter Waves*, 1984, 5, No. 6.
- [3] C. H. Ma et al.; *International Journal of Infrared and Millimeter Waves*, 1982, 3, No. 2, 263.
- [4] H. Soltwisch; *Nuclear Fusion*, 1983, 23, No. 12, 1681.

[5] A. Morinaga, K. Tanaka; *IEEE J. Quant. Electron.*, 1980, **QE-16**, No. 4, 406.

[6] P. Belland; *Appl. Phys.*, 1982, **B27**, 123.

[7] 王润文等; 《中国科学院上海光机所研究报告集》, 第四集, 1977年。

[8] R. T. Pressley Ed.; *Handbook of Lasers*. 336.

(中国科学院物理研究所

李文莱 徐友刚

1984年5月12日收稿)

红外光纤的损耗测试

Abstract: This paper analyses some factors which cause the spectral loss for infrared fibers in the wavelength range of $2\sim 11\mu\text{m}$, and describes the methods for measuring the spectral loss for infrared fibers at $2\sim 11\mu\text{m}$.

一、引言

近年来国际上开展了红外光纤的研制,并取得了进展。红外光纤在近期内可用于激光手术刀、红外传感器、红外摄像等。从远期看可望获得比目前石英光纤更低损耗的光纤而用于光通信。因此,正确测量和分析红外光纤损耗的工作是很必要的。

二、固定波长的损耗测定

我们第一步是针对二氧化碳激光治疗的应用,目前首先测定光纤在 $10.6\mu\text{m}$ 波长的损耗,一般用切断法和插入法二种。

(1) 切断法: 图1是用切断法测 $10.6\mu\text{m}$ 波长损耗的示意图。

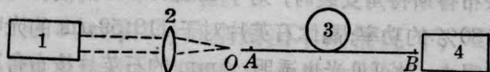


图1 测定 $10.6\mu\text{m}$ 处光纤损耗的示意图

1—CO₂激光器; 2—锗透镜; 3—红外光纤;
4—CO₂激光功率计

先在待测光纤的输出端B处测出光纤的输出功率 P_B , 再在离输入端面不远处A切断光纤, 并使光脉冲的注入条件不变。在A处输出功率记为 P_A , 它作为整根光纤OB的输入功率。光纤全长为L, 则损耗值的计算公式为:^[1]

$$\frac{\text{dB}}{\text{km}} = \frac{10}{L} \lg \frac{P_B}{P_A} \quad (1)$$

式(1)中, L以公里计算的损耗值为dB/km, 如L以米计算, 则损耗值为dB/m。

这种测试方法的设备和操作都很简便, 测试精度取决于激光器稳定度和功率计精度。这是一种破坏性的测试方法, 但简便而又精确, 因此还被广泛应用。

(2) 插入法: 其设备和切断法相同, 不同的是需要用一根短光纤, 先测定通过短光纤的输出功率作为待测光纤的输入功率 P_A , 然后把待测光纤接到短光纤和功率计之间, 测得输出功率为 P_B , L为待测光纤的长度, 计算损耗的公式见式(1)。这方法是非破坏性的, 但测试精度较低。

上面二种测试中所用的设备要求:

(A) CO₂激光器: 要求输出功率稳定, 输出模式尽可能接近单模, 光束的发散角要小。

(B) 红外聚焦透镜: 目前用得最普遍的是涂有增透膜的锗透镜, 常采用n型单晶锗, 锗的电阻率在 $10\Omega\cdot\text{cm}$ 左右为好。由于锗的折射率高, 反射损失大, 锗透镜二表面需镀硫化锌增透膜。1mm厚锗透镜二表面蒸上硫化锌膜后, 在 $8.0\sim 11\mu\text{m}$ 波长范围内的透光率可达98%左右, 锗透镜透光率的温度稳定性也比较良好。

(C) 激光功率计: 选用的激光功率计的量程要比欲测功率大, 读出精度要小于 $\pm 1\%$ 。

在我们的测试实验中, 使用的CO₂激光器是上海医用激光仪器厂生产的, 输出功率为 $0\sim 30\text{W}$ 连续可调。激光经锗透镜聚焦后的光斑直径为 $200\mu\text{m}$, 试制的光纤芯径为 $500\mu\text{m}$ 。

表1 AgCl 晶体功率传输性能测定

AgCl 晶体试样编号	长度 (mm)	输入功率 (W)	输出功率 (W)
No. 1	1.7	10	8.2
No. 1	34	10	6.0
No. 2	10	20	18.0
No. 2	430	20	2.0