

1.15 微米红外氦-氖激光器的研制

上海海光玻璃制品厂激光组

一、概 述

氦-氖激光器输出的波长有许多条,其中比较重要的有三条:6328埃、1.15微米和3.39微米。这三条激光波长中又以6328埃的器件研究最多,应用最广,也是为人们普遍所熟悉的。输出1.15微米的器件研究得比较少,国内到目前为止,还没有这个波长的器件产品。1.15微米发光谱为近红外区,在一些应用场合,它有着重要意义,例如在光通讯方面,就有可能比6328埃更为优越;再如晶体材料和半导体材料性质的检查和暗室中电影胶片的检查等方面也有着广泛的应用前景。并且1.15微米激光波长的增益比较大,容易获得振荡。事实上,第一台气体激光器首先是在这个波长上实现振荡的^[1]。

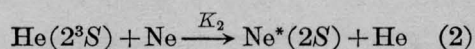
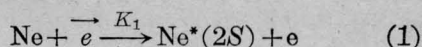
本文所介绍的是我厂与复旦大学协作研制的直流激发的1.15微米氦-氖激光器以及关于它的一些输出特性的实验结果。

二、原 理

图1是氦-氖气体原子部分能级图。1.15微米是从氖的 $2S_2 \rightarrow 2P_4$ 跃迁发射的。从 $2S$ 到 $2P$ 的跃迁有13条谱线,1.15微米是其中输出功率最高的一条。

激发上激光能级 $2S$ 的主要过程是靠电子直接碰撞基态Ne原子和通过 $\text{He}(2^3S)$ 与Ne的第二类非弹性碰撞,由激发态He原子

选择激发氖 $2S$ 能态,即



式中, $\text{Ne}^*(2S)$ 表示处于激发态 $2S$ 的氖原子。

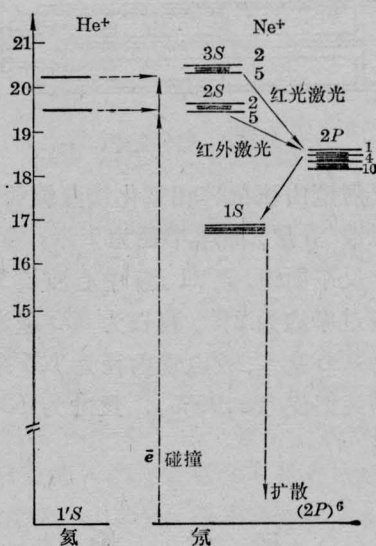


图1 氦-氖气体原子部分能级图

上面过程(1)和过程(2)的速率常数很大。过程(1)的激发截面估计为 3.7×10^{-17} 厘米²;过程(2)的截面达 4.1×10^{-16} 厘米²,所以在氦-氖混合气体放电中,在 $2S$ 能级是积累了相当数量的粒子数的。此外,从能级寿命来看, $2S$ 能级比 $2P$ 能级约长一个数量级,这对于获得连续振荡是非常有利的条件。表1列出了 $\text{Ne}(2S)$ 和 $(2P)$ 的寿命^[2]。

收稿日期:1978年4月17日。

表 1 Ne(2S)和(2P)的寿命(毫微秒)

2S ₂	2S ₃	2S ₄	2S ₅	2P ₁	2P ₂	2P ₃	2P ₄	2P ₅	2P ₆	2P ₇	2P ₈	2P ₉	2P ₁₀
96	160	98	110	<8	<10	<13	12	<11	13	<13	16	17	<20

三、结 构

图 2 是器件结构。图 2(甲)为半内腔结构,它的一端是可以调节的;图 2(乙)为全内腔结构。

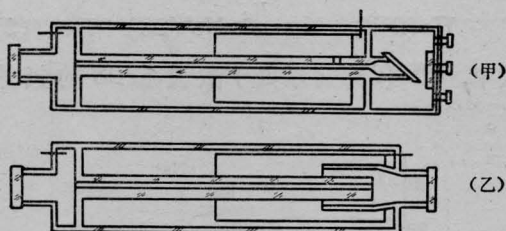


图 2 器件结构

反射镜由硫化锌和氟化镁蒸镀而成,全反射镜镀 15 层,曲率半径为 1 米;输出反射镜是半反平面镜,镀 11 层;中心波长 1.15 微米的透过率约为 2%。腔长为 350 毫米,放电长度为 320 毫米,放电管内径为 1.5 毫米。电极用高纯铝皮(99.99%),尺寸为 $\phi 30 \times 110$ 毫米。

四、讨 论

我们首先测量了激光器的增益特性,找出最佳氦、氖混合气体比例,结果列于图 3。从图 3 我们可以看出,在氖气中加入了氦气之后的 1.15 微米的增益提高了 4~5 倍。这也表明,激发过程(2)在建立原子的粒子数反转上起着主要作用。氦和氖的混合比例为 10:1,总气压在 7.5 托时增益达到最佳值。

典型的输出功率与放电电流关系绘于图 4。经中国计量科学院和上海计量局测定,器件输出功率可达 1~1.5 毫瓦。输出光强相当稳定。

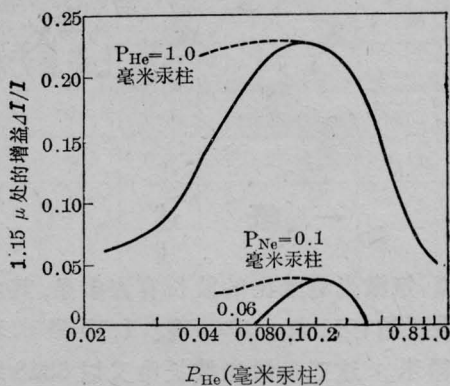


图 3 氖在 1.15 微米处的增益曲线最佳值(图中虚线)接近于氦为 1.0 毫米汞柱,而氖为 0.1 毫米汞柱

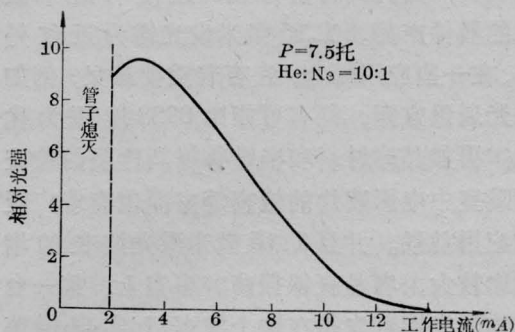
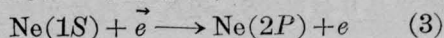
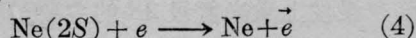


图 4 1.15 微米输出光强与电流的关系

从图中我们也可以看到: 1.15 微米的工作总气压比 6328 埃的工作总气压要高,而放电电流则比 6328 埃的要低, 1.15 微米的最佳放电电流约为 3~4 毫安左右。气体放电中的电子一方面激发 He 和 Ne 分别到 2³S 能级和 2S 能级,另一方面电子与 Ne(1S) 能级碰撞也使 2P 能级激发,即



以及电子与激发态 Ne(2S) 原子碰撞发生消激发过程:



因此,气体放电电流存在最佳值。而 2S 能级比 3S 能级低,在 1.15 微米的气体放电

管中, 电子温度低的电子密度高, 放电电流强度对过程(4)的影响比 6328 埃更为明显, 因而它的最佳放电电流强度比 6328 埃的低。我们还注意到 1.15 微米和 6328 埃有共同的下激光能级 $2P$, 由于 6328 埃的跃迁必然增加 $2P$ 的粒子数, 从而降低 $2S$ 和 $2P$ 之间能级粒子数的反转密度。要提高 1.15 微米的输出功率, 需要设法抑制 6328 埃的跃迁。

五、小 结

我们测定了几根管子的输出激光波长, 测定的结果表明: 几乎每根管子的振荡波长

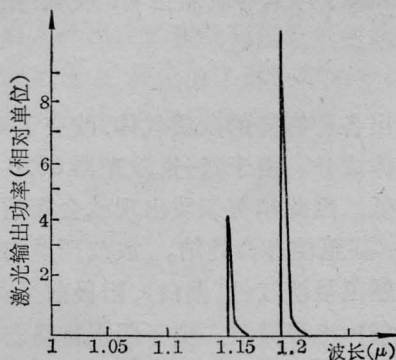


图 5

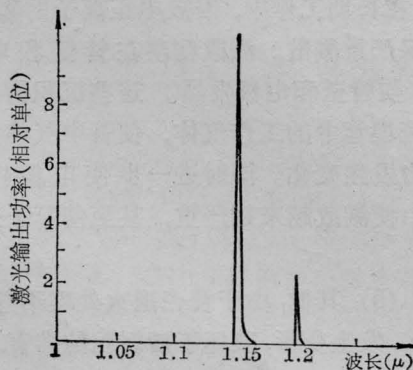


图 6

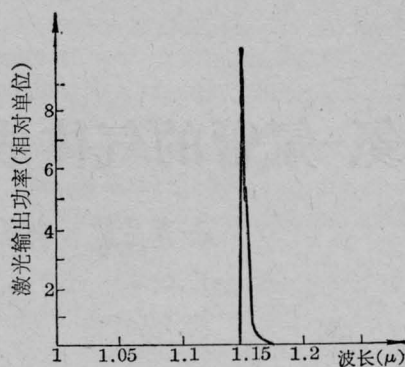


图 7

都不是单一的。除了 1.15 微米外还有 1.160 微米 ($2S_2 \rightarrow 2P_3$) 和 1.199 微米 ($2S_3 \rightarrow 2P_2$)。图 5~7 给出了在 He : Ne = 10:1 的条件下, 改变它们的总气压时, 1.15 微米和 1.160 微米以及 1.15 微米和 1.199 微米的相对强度的变化。图 5 是总气压小于 5 托的情形, 此时 1.199 微米的强度比 1.15 微米的强。图 6 和图 7 的总气压均为 7.5 托, 它们分别代表不同管子的输出情况, 有的是出现 1.15 微米和 1.160 微米, 有的是出现 1.15 微米和 1.199 微米, 总的说来, 1.15 微米的强度比 1.160 微米和 1.199 微米的强度要高得多。

目前, 我们正在试验 1.15 微米单一波长的振荡输出, 并且努力提高输出功率和改善激光模式, 以利于推广使用。

参 考 文 献

- [1] A. Javan; Quantum Electronics, ed. L. H. Tomns «Columbia University Press, New York, 1960», p. 564
- [2] W. R. Benntl; *Appl. Opt.*, Supplement. 1, p. 24, 1962.