

小型医用 CO₂ 波导激光器

贺耀坤 林良华 刘家光 左方华

一、前言

随着激光技术的发展,激光在国民经济、军事技术、科学研究和医疗卫生等方面得到了广泛的应用。而今激光在医学中的应用,包括从基础医学到临床医学的各个领域,展现出巨大的潜力与十分广阔的前景,而逐步形成了新的边缘学科——激光医学。

波导 CO₂ 激光器是一种很有用的光学器件,以其本身所具有的特点,在许多领域都有重要的应用价值,并得到迅速发展。鉴于这种激光器尺寸小,光斑小,较高的功率密度和小功率可调,作为激光医学的“冷激光”应用——激光穴位麻醉和激光穴位照射,是很有前途的[1]。

根据波导 CO₂ 激光器所具有的某些特点,结合医疗上的临床要求,已经研制出由硼硅玻璃为波导介质,小型紧凑的波导 CO₂ 激光器。输出基模,连续可调功率 20mW~100mW,最大功率 1W,连续运转寿命 1000h 以上。其最大尺寸为 12cm 左右,本身重量为 40g 左右。

这种激光器配制在医疗机上,经华西医科大学(四川医学院)口腔医院和附院神经科临床应用,器件性能完全符合要求。

二、结构设计

制作小型波导 CO₂ 激光器,许多波导介质均可满足要求。作为医用器件,选用 G-17* 玻璃介质,主要是因为这种介质便宜,制作简易等优点。

要制作结构小巧,低功率水平激光器是较易的,但在这样低功率水平上保持较好的稳定性和长期的使用寿命比较困难。因此在设计中特别要认真考虑激光器的结构和工艺。

由波导理论可知[2],最低阶波导模 EH₁₁ 有三个低损耗构形,其损耗均小于 2%。而在 $Z/b < 0.4$ 时,发现波导损耗一般随反射镜位置变化缓慢。这对于一个空心波导激光器共振腔的设计具有直接意义。

对于平-平耦合腔。在 $Z/b < 0.11$ 时,耦合损耗小于 2%。根据: $b = \pi \omega_0^2 / \lambda$, $\omega_0 = 0.6435a$, 式中, b 是近似高斯光束的共焦参量, ω_0 是高斯光束束腰半径, a 是圆形波导半径。

收稿日期: 1986年1月17日。

在波导半径给定的情况下。就可算出b, 从而算出反射镜距波导口的位置Z。如表1。

表1

a \ b, z	0.10	0.15	0.20	0.25
b	3.07	6.90	12.27	19.17
Z	0.34	0.76	1.35	2.11

单位: cm

在这种耦合腔中, 将平面镜直接紧靠波导口, 那末对于所有的波导模将得到100%的耦合, 若将平面镜从波导口处移远一个小距离时, 就会引入由

$$L = 57 \left(\frac{Z}{b} \right)^{3/2}, \quad \left(\frac{Z}{b} \leq 0.4 \right)$$

给出的EH₁₁模耦合损耗的大小[3], 如表2所示。

表2

a \ z, L	0.15			0.20			0.25		
Z	0.50	0.76	0.80	1	1.35	1.50	2.11	2.5	
L	1.11	2.07	2.25	1.32	2.07	2.40	0.68	2.08	2.68

单位: cm

这样, 在综合考虑各种因素之后, 设计制作的激光器简图如图1所示。

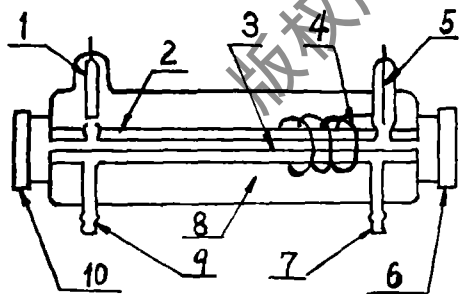


图1 激光器结构简图。1. 阴极; 2. 冷却套; 3. 放电管; 4. 回气管; 5. 阳极; 6. 输出窗; 7. 冷却水出口; 8. 储气管; 9. 冷却水入口; 10. 反射镜

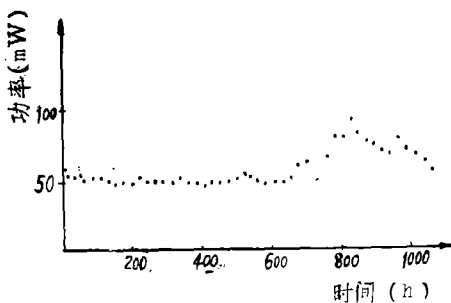


图2 时间——功率变化曲线

激光器采用平-平耦合, 循环水冷却 铊钨阳极, 银铜阴极。结构紧凑, 达到设计要求。

三. 功率调节与寿命

对上述激光器配气进行放电实验,由于制作过程中存在着某些工艺上的微小差别和放电管本身的千差万别。器件的输出功率是各不相同的,在放电激活区9.0cm,混合气体压力800~900MPa时,输出功率一般为数百毫瓦,最大超过1W。用于激光穴位麻醉和激光穴位照射时,要求输出功率数十毫瓦级,过高的功率会使病人难以忍受,重者还会造成灼伤。为了保证实际应用要求,一方面必须对激光器的输出功率进行腔内外调节,另一方面又必须使输出功率连续可调。经调节后的激光器,在混合气体压力500~700MPa,放电电压5~7kV,放电电流1~3mA时,连续可调输出功率为数十毫瓦。现场观察为单模输出,功率输出较稳定。用“ ω ”型功率计对840630*管和841020*管的功率测试表明,在大于1h的测试中,功率不稳定性小于10%。管子要求的另一个条件是应具有较长的使用寿命。用840914-2*管作连续放电实验,调节电流,保证所需的输出功率。如图2所示。可以看出。激光器开始工作时,功率不太稳定,工作几十小时以后,即处于一个最佳工作状态,在一定的恒定电流下。(保持冷却水的正常循环状态)功率变化小。这一段时间约400h,经过500h连续工作后,功率有上升或下降变化趋势,这时相应增加或降低工作电流,以保证所需的功率输出。该管在保证所需输出功率下,昼夜连续运转了1060h,后因冷却水控制失灵而停止。寿命试验表明,激光器寿命达1000h以上,能够维持长期使用状态,基本满足使用要求。

四、结语

此种小型波导CO₂激光器,作为医疗机主件使用近一年,激光器工作正常,经华西医科大学口腔医院周岳城临床使用认为,止痛麻醉效果比He-Ne激光器好。它既可作为麻醉拔牙和麻醉面部美容手术,又可作为治疗三叉神经痛、血管性神经痛、面部痉挛等疾病。1985年4月号“人民画报”和1985年4月15日“四川医学院报”都作了专题报导。

其它应用还在开发中。

参考文献

- [1] 周岳城, 激光医学的发展与动态。
- [2] IEEE, J. Q. E., 1972, QE-8, No. 11, P. 838~843.
- [3] APPL. Phys., 1976, Vol. 11, No. 1, P. 1~33.