

单椭圆柱玻璃聚光器的研制

王明秋 古鸿仁

本文报导单椭圆柱玻璃聚光器的研制,并进行了激光实验,与金属聚光器相比效率提高了50%。

一、前 言

椭圆柱型的聚光器是目前使用最广泛的一种,对这种聚光器国内外作过大量的研究。理论计算和实践都表明,在影响聚光效率的各种因素中反射率最为显著^[1,2]。因此,本工作仅就提高聚光器反射率问题进行了研究。

实际工作表明金属聚光器存在很多缺点。首先,金属聚光器镀层在椭圆柱内表面上,它直接与冷却液接触,容易被污染。因此,金属聚光器镀层的反射率开始较高,使用一段时间后会下降,甚至下降很严重,从而使激光器的输出性能很不稳定,甚至不能满足使用者的要求。这时就要拆卸激光器,清洗聚光器,因此给使用者带来了麻烦。另外,金属聚光器镀层较软,在清洗过程中难免要擦伤镀层,因而影响反射率。其次,金属聚光器反射率的提高受其器壁光洁度的影响,而光洁度的提高是受到一定限制的。在一般机械制造行业中,能达到的光洁度通常不超过 ∇_{12} 。实验表明,金属聚光器椭圆柱内表面的反射率在初始阶段,随着光洁度的改善而有所提高,但是进一步抛光时,反射率反而有下降的趋势。这是由于此时表面粗糙度已不是影响反射率的限制因素^[3]。同时,金属聚光器的基底软,在抛光过程中难免没有划痕,因此,光洁度不可能达到很高,器壁的反射率也就不可能很高。金属聚光器对加工要求很高,成本就高。另外,它的重量也较重。为了克服金属聚光器的上述缺点,我们研制了单椭圆柱玻璃聚光器。

二、玻璃聚光器的研制

1. 玻璃材料的选择

我们研制的单椭圆柱玻璃聚光器,它对椭圆柱外表面光洁度要求很高,同时对椭圆柱几何参数精度要求也较高,而我们采用的成型工艺是吹制的。因此,对玻璃材料要求应满足加工容易、有一定的机械强度,以及透光性好等。根据上述要求,我们选用成都玻璃仪器厂生产的红旗17号,2号玻璃做实验。实验表明,在Nd:YAG晶体的吸收光谱范围内,都有很高的透过率,如图1和图2所示。但是,从它们的化学性能和物理性能以及成本高低和加工难易等特点进行综合考虑,2号玻璃含 SiO_2 的量比17号的低。 SiO_2 的含量愈多,玻璃的粘

收稿日期:1982年11月29日。

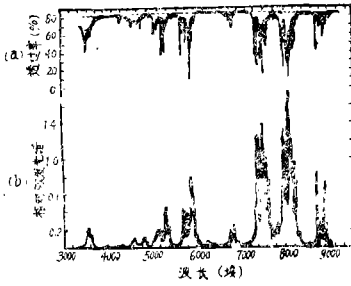


图1 (a) Nd:YAG 晶体的吸收光谱; (b) 相对激发光谱

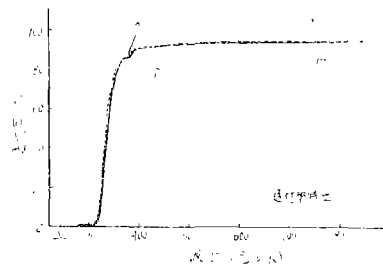


图2 17号和2号玻璃透过率特性

滞度愈高[4]。粘滞度愈高，玻璃愈硬。2号玻璃比17号的软，较容易加工。另外，2号玻璃的软化点比17号的低，它比17号玻璃容易熔化，使之在相同温度下的气线、气孔、砂粒就较少，就更满足表面光洁度高的要求，且成本较低。因此，我们选用2号玻璃。

2. 玻璃腔成型

根据需要设计石墨模具，选用优质石墨，进行加工。用吹制的方法制成单椭圆柱玻璃聚光器的初型，再经玻璃加工，就达到了镀膜前玻璃成型的要求。另外，我们对椭圆柱外表面进行抛光，经过试验，其表面光洁度有所改善，并且对真空镀膜前的清洗工作带来一些方便。

3. 镀层材料的确定

由图3我们可以看出银在可见光谱区和近红外区反射率都很高，这对泵浦 Nd:YAG 是有利的，但是银在紫外光谱区反射率也较高，这对 Nd:YAG 激光器来说是不利的[5]。然而，我们使用了掺铈石英灯。由图4可见，短于3400埃的紫外光谱的绝大部分被掺铈石英管壁所吸收。同时，我们通过实验观察到，只用去离子水作冷却液 Nd:YAG 棒不产生色心，对激光器的激光输出没有影响。这样就发挥了银层在 Nd:YAG 棒的吸收光谱区内反射率高的优点。为此，我们选用银作为镀层材料。

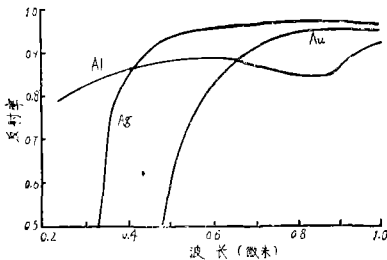


图3 银、金和铝的反射率曲线

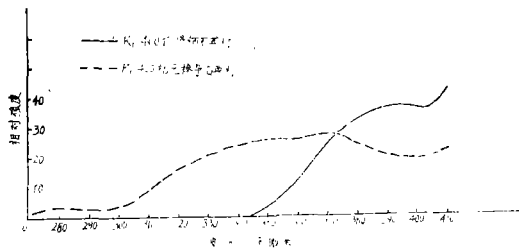


图4 普通石英灯和掺铈石英灯的光谱曲线

4. 银层的镀制

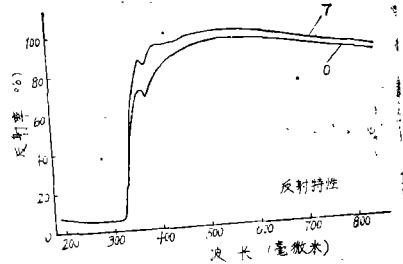
最初，我们用化学镀银的方法在玻璃聚光器椭圆柱外表面上镀银，在银层上涂上一层

漆，通过实验发现，以此种方法镀制的银层不均匀，不密致，有透光现象，影响镀层的反射率。为此，我们采用真空镀银的方法把银层在椭圆柱玻璃聚光器的外表面上。经过反复试验，终于在椭圆柱玻璃聚光器的外表面上镀制了银层，并在银层上镀一层铬，对银层进行保护。我们测试了化学镀银和真空镀银的比较片的反射率。测试结果如图5所示。下述的激光实验表明，真空镀银玻璃聚光器构成的Nd:YAG激光器的效率最高。

三、激光实验

在实验条件相同的情况下，我们对金属聚光器、化学镀银和真空镀银玻璃聚光器所构成的三种Nd:YAG激光器进行了激光对比实验。实验条件如下：

图5 化学镀银层和真空镀银层的反射特性。1.0号为化学镀银；2.7号为真空镀银



- (1) Nd:YAG 棒尺寸: $\phi 6 \times 75$ 毫米;
- (2) 氙灯: $\phi 5 \times 70$ 毫米, 400托, 掺铈石英灯;
- (3) 网络: 电容 $C = 36.4$ 微法, 电感 $L \approx 40$ 微亨;
- (4) 冷却液: 去离子水;
- (5) 输出膜: 透过率 $T = 70\%$;
- (6) 谐振腔长: $L = 400$ 毫米;
- (7) 椭圆柱几何参数: 长轴 $2a = 24$ 毫米, 短轴 $2b = 20.8$ 毫米, 椭圆柱长 $l = 70$ 毫米。

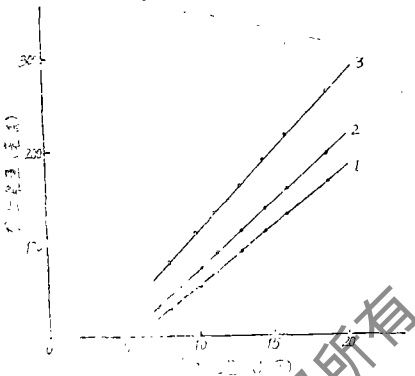


图6 由三种聚光器所构成的激光器的效率特性

实验结果如图6所示。

由图6可见，用真空镀银玻璃聚光器构成的激光器的效率最高，实验结果与我们测试比较片的反射率的结果是一致的。

我们还设计了椭圆柱几何参数为长轴 $2a = 16$ 毫米，短轴 $2b = 13.8$ 毫米，椭圆柱长 $l = 51$ 毫米的玻璃聚光器，在其椭圆柱外表面上用真空镀制的方法镀上一层银。我们把它和椭圆柱几何参数相近的金属聚光器进行激光对比实验。实验条件如下：

- (1) Nd:YAG 棒尺寸: $\phi 4 \times 57$ 毫米;
- (2) 闪光灯: $\phi 4 \times 50$ 毫米, 氙气 400托, 掺铈石英灯;
- (3) 网络: 电容 $C = 37.7$ 微法, 电感 $L \approx 55$ 微亨;
- (4) 输出膜: 透过率 $T = 80\%$;
- (5) 谐振腔长: $L = 150$ 毫米;
- (6) 金属聚光器椭圆柱几何参数: 长轴 $2a = 12$ 毫米, 短轴 $2b = 10.38$ 毫米, 椭圆柱长 $l = 50$ 毫米。

- (1) Nd:YAG 棒尺寸: $\phi 4 \times 57$ 毫米;
- (2) 闪光灯: $\phi 4 \times 50$ 毫米, 氙气 400托, 掺铈石英灯;
- (3) 网络: 电容 $C = 37.7$ 微法, 电感 $L \approx 55$ 微亨;

实验结果如图7所示，由图7可见，用玻璃聚光器构成的激光器比金属聚光器构成的激

光器的效率高，而且玻璃聚光器也可以做到小型化，不通冷却水也可在低重复频率下工作。

四、结 论

从上面的实验结果可以看出，在相同的实验条件下，当在20焦耳运转时，由化学镀银单椭圆柱玻璃聚光器与金属聚光器相比，激光器的效率提高了20%。真空镀银玻璃聚光器与化学镀银玻璃聚光器相比，激光器的效率提高了30%。因为真空镀银聚光器镀层比化学镀银的玻璃聚光器镀层更均匀，更密致，无透光现象。

玻璃聚光器镀层在其椭圆柱外表面上，镀层不直接与冷却液接触，就不会被污染。从而使激光器输出性能稳定，激光器性能大为改善。

玻璃聚光器具有加工容易，便于批量生产，成本低廉，重量较轻等优点。另外，单椭圆柱玻璃聚光器的研制成功，也为在椭圆柱外表面上镀制介质膜创造了条件。

在本项研制工作中玻璃成型工作是由成都市玻璃仪器厂完成的，在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] AD-722337.
- [2] 李一平等, $Nd^{3+}:YAG$ 脉冲激光器效率, 兵器激光, 1982年, 第3期, 第13~18页。
- [3] 江德全, 金属镜面加工, 兵器激光, 1979年, 第2期, 第37~40页。
- [4] 田志伟、田志仁编著, 玻璃吹制技术, 科学出版社, 1961年(第一版), 第57~59页。
- [5] 赫光生、雷任湛编著, 激光器设计基础, 上海科学技术出版社, 1979年(第一版), 第230~231页。

(上接第22页)

参 考 文 献

- [1] W.F.Krupke, IEEE.J.Q.E., 1971, No.7, P.153.
- [2] 激光与红外, 1977年, 第11期, 第10页; 1978年, 第1期, 第21页。
- [3] J.W.Strozyk, IEEE.J.Q.E., 1971, Vol.7, No.9, P.467~469.
- [4] R.R.Monchanp, J.Crystal Growth, 1971, No.11, P.310.
- [5] G.A.Slack et al, Phys.Rev., 1969, Vol.177, No.3, P.1308.
- [6] 顾浩、吴子合, 富稀土YAG的确定, 协作资料, 1981年。
- [7] R.A.劳迪斯著, 刘光照译, 晶体生长, 科学出版社, 1979年, 第124页。

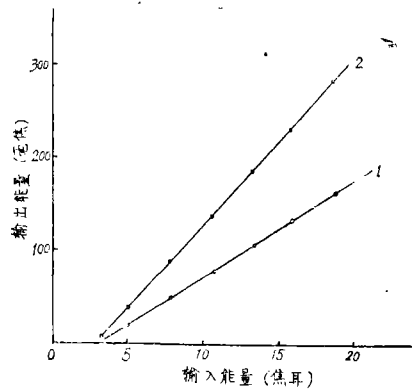


图7 两种小型激光器的效率特性
1.金属聚光器构成的激光器;
2.玻璃聚光器构成的激光器