

新 型 装 置

高效率钹玻璃激光器

提要： 本文列举了小辐射发散角大能量钹玻璃激光器的试制数据（强度为 0.5 时辐射角不大于 2 分*）。样品的直径为 45 毫米，长为 300 毫米，采用四灯光泵系统。振荡的辐射能量为 1000 焦耳时，效率最大达 4%。

通常采用强光泵激活介质的方法以获得固体激光器的高效率。但这导致了共振腔的热形变，因而使振荡辐射的角度特性变坏。如在资料(1)中报导的：效率等于 3%，光泵达 7.5 焦耳/[厘米]³ 的钹玻璃激光器，它的角发散为 1 度** 左右。

为了既能获得高的效率又保证具有小的角发散，必须用损耗系数小的激活介质来降低阈值，同时，还要降低介质的单位负载。还必须采用能保证激活介质的截面泵浦足够均匀的高效率的聚光系统。

本文报导了与上述讨论相类似的钹玻璃器件，其输出的脉冲能量为 1000 焦耳。工作物质长 300~600 毫米，根据上述的讨论，棒的直径选择得比较大，为 45 毫米。

为了泵浦这种大直径的玻璃棒，可采用多灯系统，也可用单根直管脉冲灯。用单灯泵浦时，灯的直径应接近棒的直径，高效率的聚光器可采用圆柱形的系统^[2]。实际上，长 600 毫米的 KΓCC-3 型玻璃棒可用资料(2)得出的 150 毫米直径的镀银玻璃柱体作为聚光器，再配上发光效率与资料(3)相符的 45 毫米大直径脉冲氙灯来泵浦，在脉冲能量为 ~1300 焦耳时，激光器的效率可高于 3%。这样，具有单灯聚光系统的大能量激光器及小

能量激光器都具有良好的能量特性。但是对于较长的棒来说，由于单灯系统的光泵分布轴向不均匀性是不可避免的，因而导致了很大的热“尖劈”发生(对长为 600 毫米的棒为 1~2 分)，从而使辐射角相应恶化。

多灯系统避免了这一缺点，而且要是基本参数选择得好，它的效率也不亚于好的单灯系统。按照资料(4)提出的方案，最佳灯数 N 很容易从下式求得：

$$N \approx \frac{D}{d} \quad (1)$$

式中 D 为样品目视直径， d 为灯发光体。应注意到，将折射率为 n' 的棒，放置在折射率为 n ($n \leq n'$) 的液套中时，棒的目视直径比棒的真实直径 D_0 大 n 倍***。而对于灯来说，因为等离子区是具有折射率接近 1 的辐射源(图 1, a)，所以将灯放入液套中时并不增加它的目视直径，仍然是等于发光体的真实直径 d_0 。最后，当灯和棒都放入充满液体介质的聚光器中时， $D = D_0$ ， $d = \frac{d_0}{n}$ (图

* 相当于 0.583 毫弧度——译者注。

** 相当于 17 毫弧度——译者注。

*** 一般说来，当光入射到垂直于样品轴的平面时就会产生这种目视直径增大的现象，对于倾斜光束来说，这种增大要明显一些，但在计算时可以忽略不计。

1,6)。当样品整个被液体包围时,入射到棒上的光通量增加了,最佳灯数的相应增加和液体是否包围了泵浦灯或是否充满整个聚光器无关。这时,棒对泵浦辐射光的聚焦作用减弱了。利用有效折射率 $n_{\text{有效}}$ 等于 n'/n 时,泵浦光在棒的截面上的一级近似分布可按资料 5 中的方法进行计算。

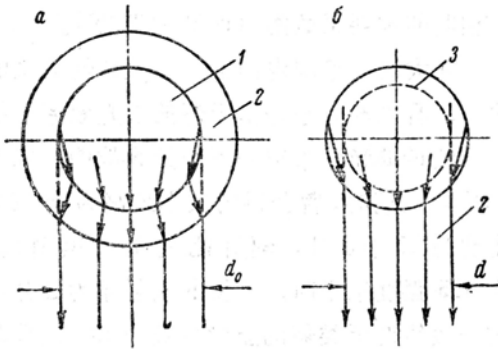


图 1 泵浦光线图。

a. 带有液套的灯; б. 充满液体的聚光器。

1. 发光灯 2. 浸没介质 3. 可见发光体的轮廓。

$\phi 45$ 的 KГСС-3 型棒上的泵浦分布计算结果示于图 2。当 $n_{\text{有效}}=1$ 时, 光入射到垂直于棒轴的平面上*。

这种近似是合适的, 因为当 $n>1$ 时, 对棒轴以小的角度入射到样品上的光线是没有的。

$n_{\text{有效}}$ 的平均值用内插法求取。必须注意到, 为了内插及按样品的吸收光谱求和方便起见, 资料 (5) 中按 $u=u(\rho)$ 画的曲线(这时, $n_{\text{有效}}$ 和 kr_0 是定量) 变换成按 $u=u(kr_0)$ 画的曲线(这时, ρ 和 $n_{\text{有效}}$ 是定量), 这就构成了一个典线族, 其中的每一条曲线相应于 $\frac{\rho}{r_0}$ 的一个确定值。

从图 2 可以看出, 当充水的厚外套的折射率 $n=1.33$ 时, 棒的目视直径为 60 毫米, 接近它的极限值, 此时光泵按棒的截面均匀分布是满意的。因此, 棒可以放在 4% 浓度

的硝酸钠(为了滤去紫外辐射)水溶液中。当灯的发光体直径为 16~17 (ИЦКХ-240/20、ИПФ-8000、ИПКХ-600/20、ИПФ-20000) 毫米时, 从 (1) 式可以得到, 灯的最佳数为 4。

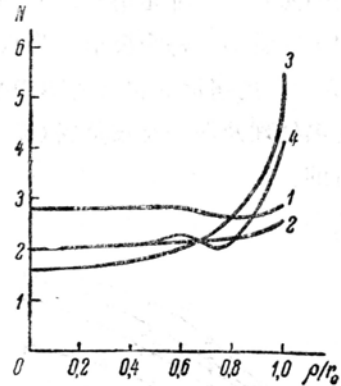


图 2 KГСС-3 型钨玻璃样品截面的光泵分布。

1. 放置在空气中的样品($\phi 45$ 毫米);
2. 放置在空气中的样品($\phi 60$ 毫米);
3. 放置在折射率 $n=n'=1.54$ 液体中的样品($\phi 45$ 毫米);
4. 放置在折射率 $n=1.33$ 的水中的样品($\phi 45$ 毫米)。

我们采用的四灯泵浦结构示于图 3。为

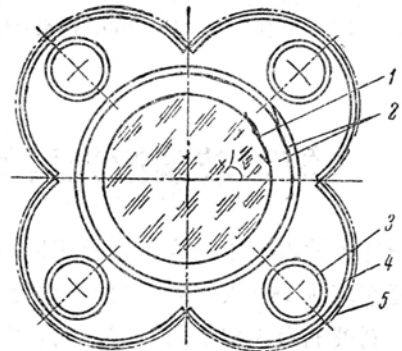


图 3 四灯照明结构图。

1. 样品;
2. 样品的浸没套(硝酸钠水溶液);
3. 光泵脉冲灯; 4. 银层。

* 参考资料(5)中的计算公式这时为:

$$u(\rho) = \frac{2}{\pi} \frac{E_n}{C} \int_0^{2\pi} \exp[-k(\sqrt{r_0^2 - \rho^2 \sin^2 \alpha} - \rho \cos \alpha)] d\alpha,$$

式中, $\alpha = \varphi + \psi$ —— 被照明点引出的半径与光束方向间的夹角。

了制备方便起见,这里采用的是圆截面的反射腔,而不是椭圆形的(在灯和棒的直径相对地增大时都是许可的)。

在选择反射腔的尺寸和安排它们的位置时,它们的照明效率都是用标准图解法进行的。从图3中看出,每个反射腔都从直径处切开,成为一个内壁涂有银层的薄壁半圆筒。反射层的热处理及保护是按资料(6)推荐的方法进行的。

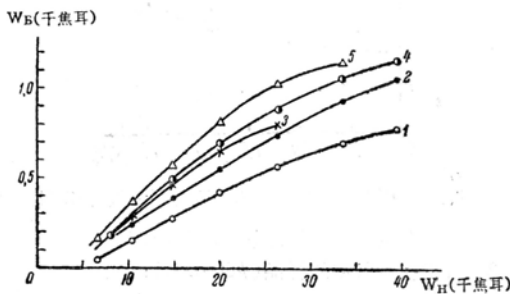


图4 振荡器辐射能量与电容器组储能的关系。

- 1. 第226号玻璃 $k=0.006(\text{厘米})^{-1}$;
- 2. КГСС-3型玻璃 $k=0.003(\text{厘米})^{-1}$;
- 3. 第32号玻璃 $k=0.0016(\text{厘米})^{-1}$;
- 4. 第29号玻璃 $k=0.001(\text{厘米})^{-1}$;
- 5. 第28号玻璃 $k=0.001(\text{厘米})^{-1}$ 。

图4可以说明在应用这种照明系统对长为300毫米的棒进行泵浦时(灯用ИПКХ-240/20,输出端反射镜的反射率为65%),振荡器辐射能 $P_{\text{振荡}}$ 与储存在电容器组的电能 $P_{\text{储能}}$ 间的相互关系。正如所预料到的那样,振荡器的效率一般是随着激活介质中损耗系数 k 的减少而平滑地上升,同时看到,效率还和玻璃的荧光特性有明显的关系(例如具有相同的损耗系数的ЛТС28-ЛТС29)。

在大能量范围内, $P_{\text{振荡}}$ ($P_{\text{储能}}$) 线性关系的偏差,看来部分地是由于灯的发光效率在相应于钎玻璃光泵带部分下降的缘故^[3]。应用ЛТС28玻璃时,曾获得的效率最高为4%(泵浦能为25千焦耳,辐射能为1千焦耳)。在0.5强度水平时,测得的辐射角为2分,这一数值对于类似的能量参数来说并不算大。

参 考 资 料 (略)

取自 *Опτικο-механическая промышленность*,
1968(Сент.), №9, 26~28

矩形玻璃激光器的运转重复率高达140次/秒

一种掺钎玻璃激光实验系统使用矩形棒使重复率高达140次/秒。这种结构大大减轻了限制玻璃激光器的重复速率的热问题。

这种装置由美帝光学公司研制出,其激光棒的宽为6毫米,厚2毫米,长7.62厘米。

此棒的优点是,供冷却的有效厚度对应于棒的较短的边。横截面的纵横比为3:1的矩形棒的横截面等于直径为矩形棒的短边的1.95倍的圆棒的横截面。

矩形激光棒中的热梯度不沿径向,而是沿一条边的方向。热感应的透镜能力——在

高重复率下使束散增大的一种因素——在矩形的长边方向可以忽略。由于减小了厚度,另一个面的透镜能力也低于等效圆棒。

另外,双折射梯度在矩形棒中是线性的。因此,若选一适当位置,将一块偏振片插入共振腔,所引起的输出的下降极微。此特性允许在高重复率下用克尔或普克耳盒作Q开关。

用内面涂银的非聚焦椭圆圆筒完成对称泵浦。使蒸馏水流过腔来实现冷却。闪光灯输出用插到椭圆圆筒内面的凹槽中的滤光玻璃来过滤。(下转第34页)