

# 掺钕氟化钇锂激光器用的光泵

北京工业学院 李迺吉 马春荣

为了提高掺钕氟化钇锂及掺钕钇铝石榴石激光器的性能,美国 I. L. C 公司在光泵方面作了不少工作,在此作一综述。

## 一、提高效率

### 1. 采用掺萤光材料的外壳

铈就可作为这种萤光材料,铈可对光泵发出的光进行下转换,即吸收灯的紫外线而发射可见光。因此,估计在灯的外壳材料中掺入铈可以达到两个目的:

第一、由于紫外线的照射会使有机冷却剂很快变质,并对激光棒和腔的反射面造成损伤,故滤掉紫外线即可延长这些材料及器件的寿命。

第二、比较图 1 和图 2,可见由于掺铈,灯的短于 0.3 微米的紫外部分被去掉,而 0.4

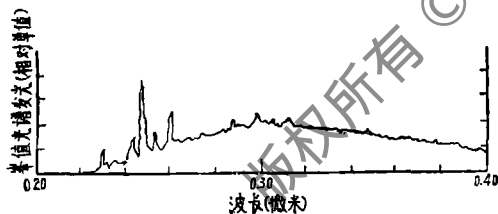


图 1

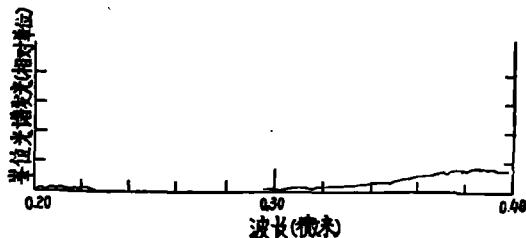


图 2

~0.65 微米的可见部分有所增加。众所周知掺钕钇铝石榴石(Nd:YAG)的主要泵浦波段在 0.58 微米附近,故掺铈可提高对 Nd:YAG 的泵浦效率。但对多掺铈 YLF 正好相反,使用外壳掺铈的氙灯泵浦,其萤光输出反而下降,如图 3 所示。

最初,估计到这种材料可能在紫外区有比较重要的泵浦带,后经测出 Ho:YLF 的激发光谱,完全证实了如上结论。

对双掺(铈,铈)YAG 也和 Ho:YLF 一样,灯的外壳含铈也会使输出下降。

但无论如何,采用外壳含铈的灯,对延长器件的寿命总是有益的。

收稿日期:1979年12月7日。

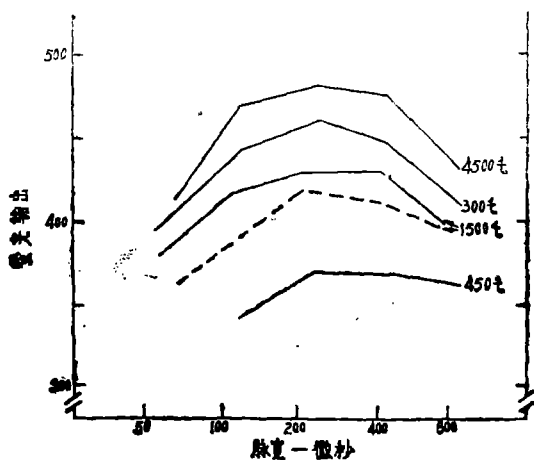


图 3

虽掺钛也能起到同样作用，但不及铈。

## 2. 采用荧光染料

有些荧光染料，如若丹明 6G (R6G)，吸收 0.4~0.5 微米之间的光，在 0.53~0.68 微米波段发荧光。故用一个装有这种染料的容器套在灯的外面，同样可滤去紫外而提高灯对 Nd:YAG 的泵浦能力。见图 4。

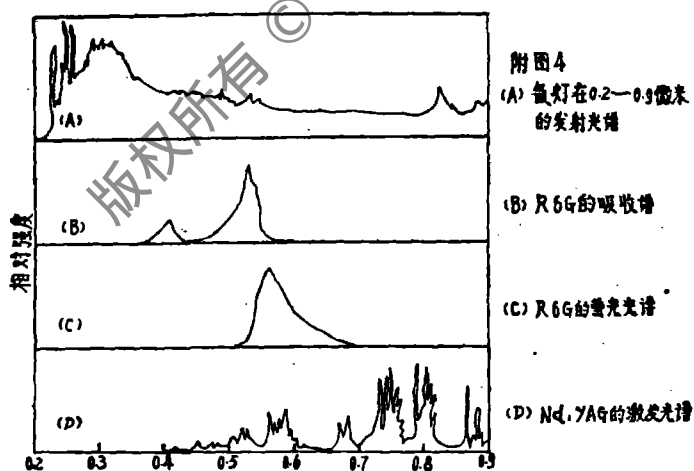


图 4

用这种方法得到的有效光输出比外壳不掺铈的灯提高 15%。

不过，目前染料的生命不长。例如，用 10 焦耳的能量点了 50 次以后染料即失效。

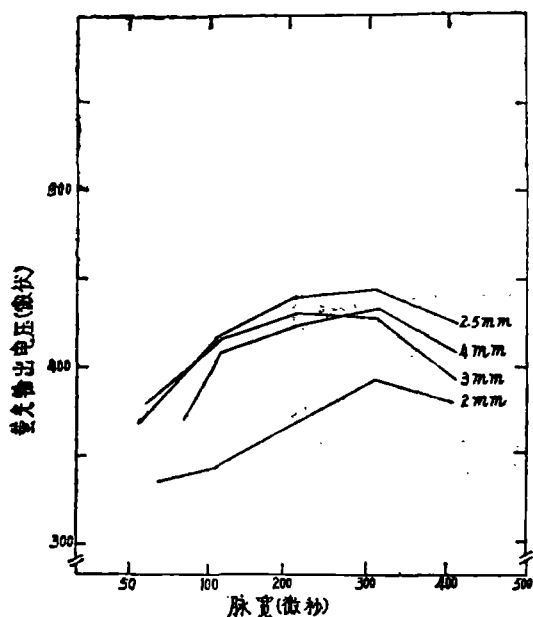


图 5

### 5. 采取预燃(simmer)方式

除了主脉冲线路以外，再给灯并上一个直流线路，如图6所示。

由图7可见预燃方式的有效光输出比其它方式都要高。

资料[1]对氩灯做的实验指出，当灯的预燃功率为4.8瓦，此时，灯两端电压降为240伏，预燃电流为20毫安，可使灯的有效光输出提高20%（加给灯的总功率200

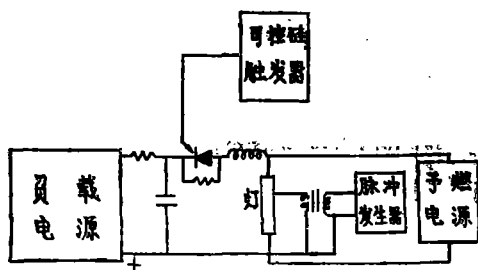


图 6

### 3. 缩小灯的口径

固定其它参数，测量口径为4,3,2.5,2毫米各种灯的有效光输出，发现当灯的内径为3~2.5毫米时，其有效光输出最大，再减小到2毫米反而下降，见图5。

值得注意的是；随内径减小灯的寿命降低。

### 4. 提高充气压

从图3可见加大充气压可以提高灯的有效光输出。然而，如果灯采用外触发，则充气压只能加到1000托，再加大，灯的触发就更加困难。但如果用后面介绍的预燃工作方式，即可再加大灯的充气压，从而进一步提高灯的有效光输出。充压4500托氩灯的有效光输出比1500托氩灯高19%。

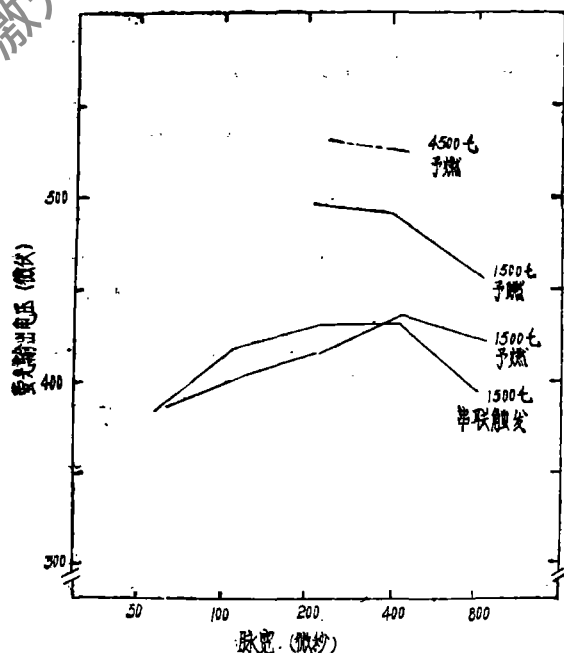


图 7

瓦，其中2.4%用于预燃)。如果将预燃电流减小到5毫安，则预燃电弧易被主脉冲所熄

灭。为维持稳定的电弧，需预燃电流10~20毫安。

以上这种预燃方式叫做“全”或“总体”预燃，即预燃电流要通过整个灯。

预燃为什么能提高泵灯的电-光转换效率，目前的解释是预燃电弧会发射真空紫外辐射，这种辐射可激发气体原子，在气体碰撞过程中受激原子变成寿命较长的亚稳态原子。这种亚稳态气体原子的电离势有4个电子伏特，而基态原子的电离势为14个电子伏特。在灯放电的扩展阶段中，由于这种亚稳态原子的出现，只用很低的电子温度及电流密度即可使主放电得到很快的扩展。另外，电子温度低，这样就可使输入电能大部分转换成对泵浦激光材料有用的近红外辐射。据说预燃放电所发射的真空紫外辐射，还可以从灯的外壳及电极上激发出光电子。

### 6. 三电极灯

从上述解释可见，预燃是一种“超距”作用，那么在灯的一端构成预燃放点必然也能取得同样的效果。另外，在小范围内放电显然比形成灯的全长放电用的电能小，从而提高总效率。为此，制造了一种“三电极灯”。这种灯的结构如图8所示。



图8 三电极灯

这种灯有两个阳极，中间是钨棒制成的主阳极，外套一钨管也是个阳极，二者之间形成一个很小的“共轴间隙”。在这两个电极间加压引起放电，就叫做“共轴预燃”或“端部预燃”。

很显然，如果将上述两个电极短路，这种灯就变成两电极灯。为比较共轴预燃和全预燃的效果，分别测它们的有效光输出，并与同一支连成两电极灯用外触发点燃的有效光输出进行比较，其结果见表1。

表1. 三电极灯的有效光输出(3毫米, 2.125吋, 1500托氩, 10焦耳, 100微秒)

	外触发的灯	全预燃		共轴间隙预燃	
		3.6*	70	6.7	20
预燃电源(毫安)	0	3.6*	70	6.7	20
预燃功率(瓦)	—	2.16*	15.6	0.72	2.16
预燃电压(伏)	—	600*	214	108	108
有效光输出 相对值(h)	1318	1625*	1693	1540	1630
有效光输出与 外触发的比较	100%	124*	129	117	124

\* 外推值

可见，若将灯接成两电极灯，用70毫安预燃电流和15.1瓦的预燃功率作全预燃，能使有效光输出提高27%。改成三电极灯，则只用20毫安电流，功率2.16瓦的共轴预燃，使有效光输出提高24%，二者基本等效。

实际上，虽然共轴预燃用的电流比全预燃用的，但在主脉冲出现时不会被熄灭。

预燃式的缺点是易使反射腔的表面因污染而变黑，导致输出下降。另外，预燃式的线路比较复杂，而且对低频系统而言，脉冲间歇时间长而始终保持预燃，显然会造成功率的浪费。

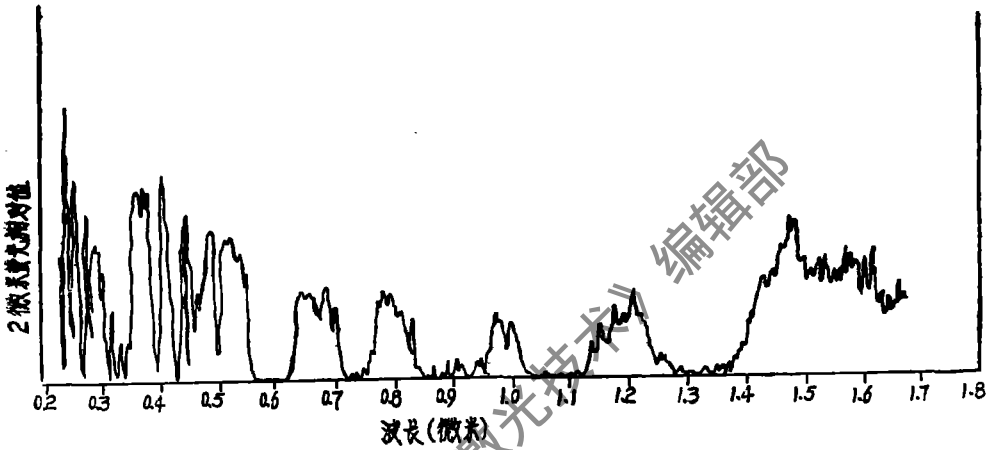


图 9

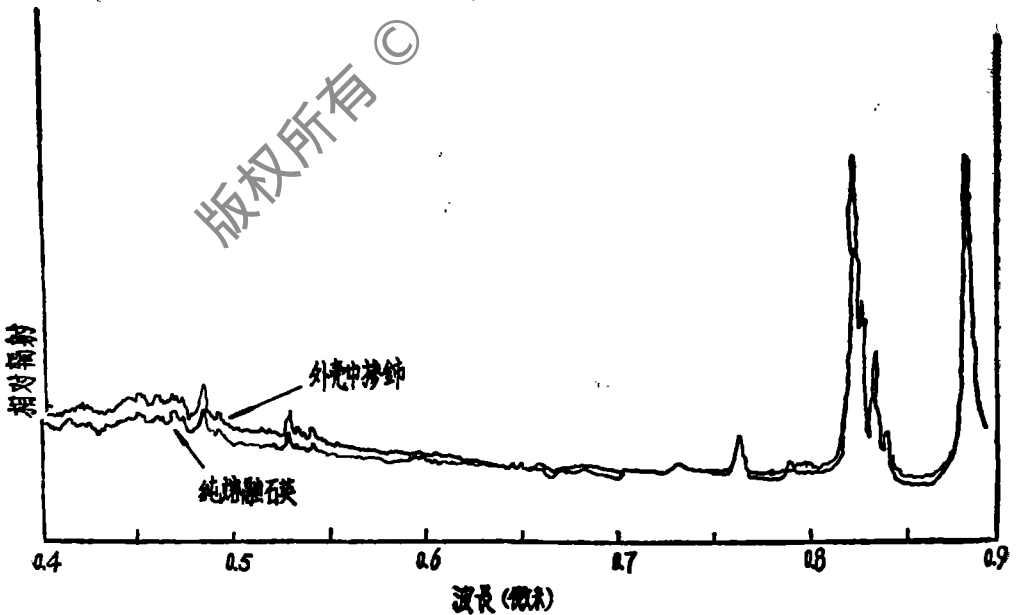


图 10

为此，出现了准预燃式，其线路见资料[2]。这种方式兼有预燃式的效率高(比外触发高

23%)及外触发式轻便等优点,而且不会造成前镀银面的污染。

## 7. 光谱匹配

从掺钽多敏化YLF的激发光谱(图9)可见,这种材料在0.2~0.4微米的紫外区及1~2微米的近红外区都有较强的泵浦带。图10表明,氙灯在0.3微米和0.83微米附近发射能力比较强,和多掺YLF的两个主泵浦带相对应,故对多掺YLF而言氙灯是一种比较合适的光泵。另外,从图11可见若将充气压和电流密度进一步提高,则氙灯的紫外成份更大,对泵浦YLF将更为有效。

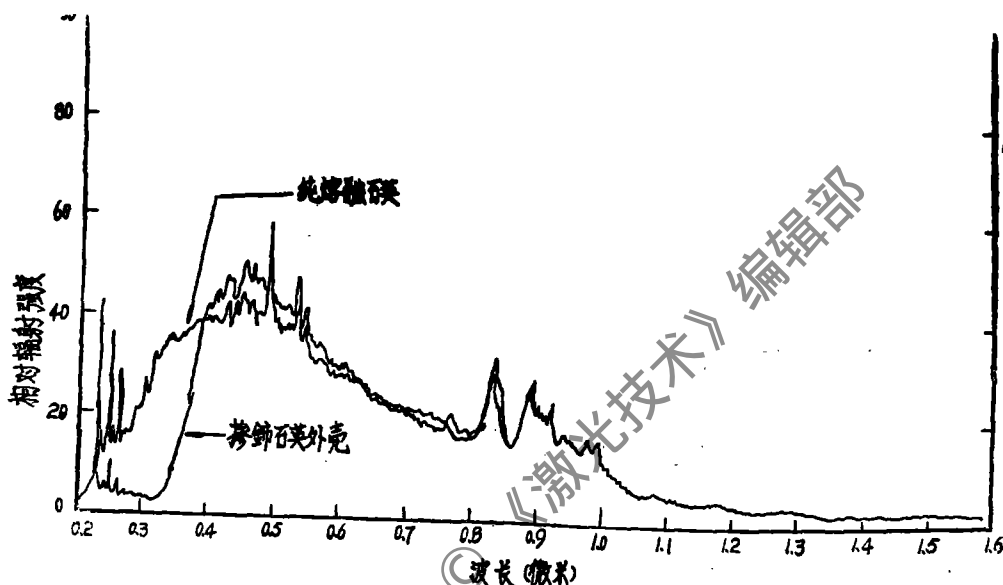


图 11

虽然碱金属蒸汽灯在1~2微米的近红外波段有较大的输出,但有的资料指出,即使最好的碱金属灯的荧光输出,也只有氙灯的35%,故目前仍用氙灯。

## 参 考 文 献

- [1] AD 751212, Optical Pumps for lasers.
- [2] AD 786675, Optical Pumps for holmium lasers.
- [3] AD 777810, Optical Pumps for holmium lasers.