

## 设备的装配

闪光灯放电回路中产生的电流可达几千安培。频率为 500 千赫的高压触发脉冲的电压数值达 30 千伏，峰值功率可达 1 兆瓦。由此产生了一个辐射场，电流通过甚至几毫欧电阻的地回路亦能产生几伏的电压。另一方面，控制线路一般已晶体管化，工作在毫安和数伏的水平上。所以控制系统对射频电感必须具有特别的抗干扰性。同时要求地回路、闪光灯触发电场和主放电脉冲不产生乱真信号。

必须采用一切抗干扰和抵制射频电感的措施。可采用低阻抗回路，用屏蔽电缆将信号从一个地方传送到另一个地方，地回路只用一个共用点，机壳一点接地，不把机壳作为导体；保持所有导线紧靠机壳，这样耦合匝就可能最小；可能时要利用距离使灵敏的控制元件与闪光灯场隔绝开；也可采用去耦

合网络。最后一个建议仅能部分实现：在闪光灯脉冲期间将系统断开。

## 结 论

上面所列举的各种因素在脉冲激光器电源的设计中必须仔细考虑。对特定的工程设计，须对比各种方法进行选择。必须特别注意各个元件的额定值，还要注意的，高功率、高重复率激光器的一般性质所导致的电流和电压波形，本质上是瞬变过程，因而不适宜进行稳态分析。设计者还必须知道与主要功率元件有关的冷却问题，诸如可控硅整流器、变压器和脉冲形成网络用的电感。这些设备的制造者能供给有关冷却的专门资料。

## 参 考 资 料(略)

取自 L. Waszak, *Microwaves*, 1969 (May), 8, №5, 130~138

## 各种高功率连续掺钕钇铝石榴石激光器灯的比较

钨丝灯是用以泵浦以连续方式运转的掺钕钇铝石榴石激光器的第一种灯，而且在目前也是最普通的灯。由于钨-碘循环的发展，这种灯是较紧凑的并且能在钨的熔点附近长时间持续运转。即使在这样的温度下，与某些气体放电灯相比，钨灯的发光度还是低的。但是，欲使连续放电的发光度与钨丝的发光度相比拟，灯就必须具有能经受住在高电流密度下耗散出的平均功率的电极和管壳。

由于高平均功率时产生径向热梯度和考虑到生长条件，连续应用中使用的掺钕钇铝石榴石棒的直径限制在 1 厘米数量级。在任

何成象的泵浦腔内，灯的直径比棒直径大是没有好处的，因为成象的发光度决不会比光源的发光度大，而且是希望把整个  $4\pi$  球面度内的辐射都聚集起来。在直径 1 厘米放电中，在可能获得连续的电流密度条件下，等离子体的光性是薄的。那就是说，连续灯的辐射远较与等离子体有同样温度的黑体的辐射为弱。线光谱的发光度可能比连续光谱的发光度大几个数量级。因此，如果气体的线光谱与掺钕钇铝石榴石的吸收光谱能很好重迭的话，那末这种气体便是优良的激光器泵浦气体。不过，虽然谱线很强，但一般是很窄的，所以灯所耗散的能量只有很小的一部

分是包含在这些谱线内的。

已观察到，与氙的线光谱相比，氩的线光谱能较好的与掺钕钇铝石榴石相耦合。对激光器作脉冲泵浦时，氙气优于氩，这是因为电流密度足够高故线光谱可以忽略，且由于氙的原子量大，与氩相比，氙是更有效的连续辐射体。比较各种连续放电的灯有困难，因为连续辐射与线状辐射可能接近等价。可以用许多方法来比较灯，但其中没有一种是完全令人满意的。

最简单的方法是用离掺钕钇铝石榴石样品很远的各种光源对其进行照射，并测定其发出的荧光。这种实验较难做，因为强度弱，总辐射要比荧光大几个数量级，并且1.06微米附近的辐射与荧光是可相比较的。Read作了这类试验，其结论是，由氩、氙和钨-碘灯照射所得的相对荧光分别是1.90 : 1.00 : 0.63。

第二种方法以光谱测定为基础。此方法虽能获得很多较详细的数据，但解释较困难，且需很精确的波长测定。由于钇铝石榴石中 $\text{Na}^{+3}$ 的吸收谱线很窄(约10埃)，以及后文将要指出的，氙、氩的谱线辐射还要窄，这就决定了精确测定波长的重要性。以往对惰性气体连续放电所作的光谱测定的分辨较差。氙和氩比较之分辨是50.0埃。然而，用手再绘曲线显示出半高度处的全宽度超过100埃，这比实际线宽大一个多数量级，因而使谱线的真实分布发生了畸变。所以在用光谱测定方法比较各种气体时，必须先得到高分辨率。

第三种比较方法是真正的激光器试验。这种比较也是困难的，除非对于每一种灯激光头都处于最佳状态。由于钨丝灯有很明确的辐射尺寸，而气体放电却不是这样，所以这种比较方法有不足之处。Read发现氩灯的

斜率效率，约为氙或钨-碘灯的2.4倍。不过因为没有给出绝对数字，最佳程度不能确定。

## 实验装置

试验所用的放电灯与Stearn和Colliver叙述的灯非常相似。这就是说，冷却水不仅流过石英管壳，而且在空心电极内部循环。电极间距为5厘米，内径5.5毫米。电极直径是5毫米，这样，电极顶端后面的气体空间能维持最小，从而建立了比充气压力(2个大气压)高得多的工作压力。

使用的棒的规格是5毫米×50毫米，其端平面涂有增透膜。棒被放置在41厘米长的光学腔中心，腔的两端放置两个曲率半径为1米的介质镜。输出反射率是95%，采用氩和氙泵浦时，发现这种反射率比之98%或92%更接近于最佳值。泵浦腔由一个直径25厘米的涂金球所组成。这种腔被认为比椭圆筒好，由于能一对一地产生象，因此在比较灯时它还有另外的优点。因此，如果灯的直径等于或小于棒的直径，就必须保证很好的几何耦合。在具有较大偏心率的椭圆筒里，从灯辐射的大半个立体角出来的象被放大了。

用甲雷·爱希 $\frac{1}{2}$ 米埃伯特单色仪完成光谱测定。曲缝宽是40微米，相当于0.64埃的分辨率。所用的探测器是硅pin光电二极管。系统由已标定过的标准钨光谱辐射灯进行标定，且用不同的衰减器在5000~10,000埃间自动进行非线性校正。

激光器功率用光谱物理学公司的401型光生伏打电池与两块石英片分束器测得。它由技术研究集团公司的107型冲击热电堆标定。每一块石英片使辐射相对于法线方向偏转 $7.5^\circ$ ，且两平面相互垂直。这考虑了对准的难易以及偏振所带来的任何标定差别的消

除问题。放电灯用直流激励而钨灯以 60 赫交流工作。

## 光谱的测定

图 1 和图 2 表示氩灯和氙灯以 35 安培工作时的光谱。因为连续辐射的峰值强度比线光谱低几个数量级，连续辐射是透明薄光性的。线宽是通过极低速扫描而测得。对每一种气体来讲，各种谱线的线宽变化约为 20%。氩气的半高度处测得的平均全宽度是 2.0 埃，氙气为 4.9 埃。所以尽管氙灯的光谱线较少且峰值强度较低，在所研究的波长

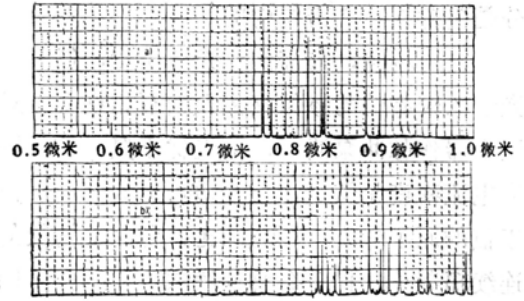


图 1 满标为 200 微伏时，a) 氩灯线光谱；b) 氙灯线光谱。光谱辐射通量=15.5 微瓦 (球面度-埃-毫米<sup>2</sup>-微伏)<sup>-1</sup>。

范围里，氙灯仍是很好的线光谱辐射体。在连续区内，氙灯的效率比氩灯约高 30%。

表 I 泵浦掺钕钇铝石榴石的各种灯的光谱效率的比较

波长范围 (微米)	有用部分 (埃)	权重因数	2.28 千瓦氩灯		2.73 千瓦氙灯		2.4 千瓦钨灯	
			平均强度 (微伏)	乘积 (埃-微伏)	平均强度 (微伏)	乘积 (埃-微伏)	平均强度 (微伏)	乘积 (埃-微伏)
0.50~0.60	300	0.50	0.8	120	1.4	210	1.0	150
0.74~0.83	600	0.75	0.6	270	1.0	450	1.9	855
0.86~0.90	30	0.85	0.5	13	1.0	25	1.9	48
谱线	2 <sup>a</sup>	0.75	300 <sup>b</sup>	450	—	—	—	—
总值				853		685		1053
总值/千瓦 荧光效率				374 4.3%		250 2.9%		430 5.0%

a 氩的平均谱线宽度；  
b 所有谱线的总吸收。

由于氩谱线与掺钕钇铝石榴石吸收谱线重迭，在泵浦掺钕钇铝石榴石时氩灯比之氙

灯更为有效。谱线重迭是通过把掺钕钇铝石榴石光谱试样放在单色仪入射狭缝前面测得的。结果表明氩谱线重迭是可观的，而氙气

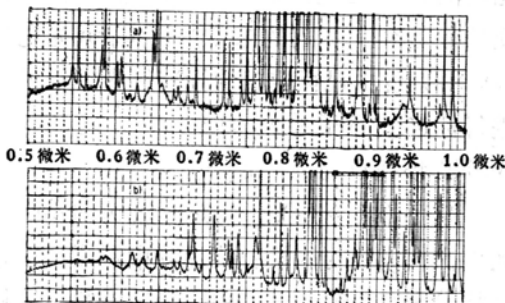


图 2 a) 满标为 2 微伏时，氩灯连续光谱；  
b) 满标为 5 微伏时，氙灯连续光谱。  
光谱辐射通量=15.5 微瓦 (球面度-埃-毫米<sup>2</sup>-微伏)<sup>-1</sup>。

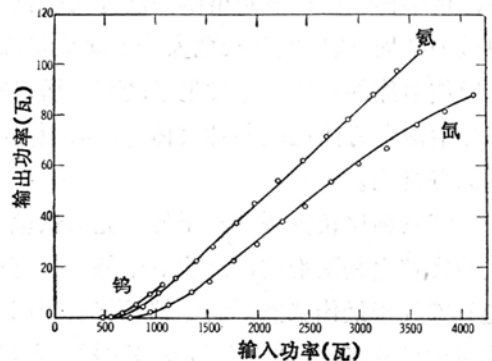


图 3 5 毫米×50 毫米掺钕钇铝石榴石的功率转换。

谱线重迭却不足取。在光谱测定基础上,表 1 给出了对各种灯的相对泵浦效率的估计。计算中考虑了掺钕钇铝石榴石光谱试样的反射效应。同时也假定,在测定的波长范围内所吸收的所有光子全部提供给在 1.064 微米处发射光子。不过,每种波长吸收的能量要乘上该波长与 1.064 微米的比值。由于光谱测定是绝对的数字,故可以近似计算出激光器效率。这可参见表 1 末行。所收集的能量估计为发射的辐射通量的 75% ( $3\pi$  球面度) (基于球形泵浦腔效率的计算)。由于测定光谱重迭的困难,全效率的精度不高于 30%。钨光谱是用 2550°K 光谱辐射标准测得并用黑体辐射表转换到 3200°K 的。2.4 千瓦的输入功率可以看作一个 5 毫米 × 50 毫米圆柱体辐射,它在 3200°K 时的发射率为 40%,辐射效率为 80%。这些计算说明,在泵浦掺钕钇铝石榴石时,钨灯的光谱效率约比氩灯高 16%。

### 激光器试验

在氩和氦气试验中只用同一支灯,这样,所有其它参数都保持不变。灯内首先充满 2 个大气压的氩气然后封牢。试验以后在石英

管壁上看到的发黑部分是可以忽略的。重新打开灯,再充入 2 个大气压力的氦气再密封。在用钨灯泵浦时,找不到与激光棒有适当几何匹配的灯。使用了一种极限输入功率为 1070 瓦的、2 毫米 × 50 毫米的单螺旋钨灯丝。图 3 表示了实验结果。氩灯泵浦时输出的饱和并不是氩灯所独有的。当谐振腔长度增加到 50 厘米时,用氩灯也观察到饱和。现在认为,饱和是由于棒中存在径向热梯度而引起强透镜效应的结果。在不用谐振腔的情况下对棒进行泵浦,并使氦-氩光束轴向通过棒时,观察到正透镜效应,其焦点离棒不到 20 厘米。对于多数振荡模来说,这种强透镜效应会增加损耗。由于泵浦可见吸收带时氩灯比氦灯更为有效,故可进一步推想,在相同输出功率的情况下,有更多的热量损耗在棒中。因此,对氩灯来讲,同样的透镜效应会在较低输出功率时发生。使用钨丝灯进行泵浦时,由于输入功率低,用输出为 98% 的反射镜产生的全效率为 1.4%,而输出为 95% 的反射镜的效率则为 1.23%。但为了便于比较,这里也列出了 95% 反射镜的结果。

表 II 用不同方法计算的各种灯的泵浦效率梗概

效 率	绝 对 (%)			相 对 (%)		
	氩	氦	钨	氩	氦	钨
光 谱	4.3	2.9	5.0	1.0	0.68	1.16
斜 度	3.74	3.22	—	1.0	0.76	—
80 瓦时	2.63	2.13	—	1.0	0.81	—
15 瓦时	1.16	0.89	1.22	1.0	0.77	1.06

由于获得振荡要求一定的阈值功率,因此系统的全效率是输入功率的函数,这样,这些比较结果就易于解释。假定光谱效率不随功率变化,斜率效率必与光谱效率成比

例,对损耗为零的系统来讲两者相等。表 II 的第二行给出了这些结果。表 II 的第 3、4 行表示输出为 80 瓦及 15 瓦时的全效率。

## 讨论与结论

用光谱与激光器试验来比较效率, 在实验误差之内是吻合的。由于解释光谱数据有困难, 目前认为斜率效率是最精确的测定。所以对氩、氙和钨灯之间的相对效率的最好估计分别是  $1:0.86:1.1$ , 这与 Read 的结果很不符合。本文的光谱数据与以前发表的有关数据很不相同, 这是因为以往的光谱分辨率比氙灯和氩灯在所述条件下工作时的真

正谱线宽度差很多。

使用氩灯已得到输出功率 105 瓦, 效率 2.92%。已研制出一种钾-汞光谱掺杂灯, 它的光谱效率超过钨丝灯的三倍, 因而要比氩灯的高。因此随着发展, 连续掺铈钪铝石榴石激光器的效率将会比这里报道的高得多。

### 参考资料 (略)

取自 I. Liberman, R. L. Grassel, *Appl. Opt.*, 1969 (Sept.), 8, №9, 1875~1878

## CO<sub>2</sub> 激光器光束剖面的测量

采用泡沫聚苯乙烯作为红外激光束的永久记录, 根据这种记录可以定量计算激光器的强度分布。能够记录的最小功率密度为 450 毫瓦/厘米<sup>2</sup>。这种技术被用于分析 CO<sub>2</sub> 激光器的单波型运转。

人们常常想以一种能产生光强度分布的可见图样法来很快的决定红外激光束的光束剖面。这对于决定振荡波型和准直目的是重要的。通过定量测量功率分布, 可计算光束的发散度和波型纯度。由此可以推论出谐振腔的光学性能。光束剖面也确定了焦点的大小及其能量分布, 这对研究高功率密度光束和材料的互相作用是重要的。

在很高功率密度时 (约 10 瓦/厘米<sup>2</sup>), 光束能够用将耐熔的靶子材料加热到白热的方法显示出来。低功率密度时已用过温度记录器屏<sup>[1,2]</sup>。这些是能使热骤冷的紫外磷光体。它们能制成高到 1 毫瓦/厘米<sup>2</sup> 的灵敏度<sup>[1]</sup>, 和快的 (1/10 秒) 时间常数并且在灵敏度较低时分辨力强<sup>[2]</sup>。这类方法反差高并且对准直很有用, 但本身不能作定量测量。永久的记录能够以紫外曝光 Kalvar 胶片并用加热显

影的方法得到<sup>[3]</sup>。为了显影, 需要 0.2 瓦·秒/厘米<sup>2</sup> 的总曝光量。可以得到连续色象, 但反差和 H-D 曲线的斜度随着曝光参数而改变, 以致得不到定量的结果。

没有特性已知的连续色记录材料时, 可用明确阈值能量密度的材料来进行定量测量。用总能量  $Q_n$  不同的同一激光束进行多次曝光。改变能量是通过在一定功率下改变曝光时间或用适当的不失真的衰减器减少功率的方法来完成的。相应的能量密度是  $q_n(r)$ , 而

$$Q_n = \int q_n(r) dr \dots \dots \quad (1)$$

在记录材料上将有一条 (轮廓) 线  $r_n(Q_n)$ , 所对应的能量密度正好等于材料的阈值能量密度  $q_{th}$ , 所以

$$q_n(r_n) = q_{th} \quad (2)$$

激光束能量 (或功率) 分布的归一化形状由下式给出

$$\frac{q_n(r)}{Q_n} = \frac{q_{th}}{Q_n} \quad (r = r_n) \quad (3)$$

作出  $(Q_n)^{-1}$  与  $r_n$  的曲线, 然后画归一化分布除以阈值能量密度的图形。

我们已使用泡沫聚苯乙烯作为具有很明