

新 型 装 置

书桌般大小的 CO₂ 激光器连续输出 1 千瓦

千瓦级输出功率的普通 CO₂ 激光器一般都需要 20 米的激活长度。现在气体运输激光器能够在仅仅 1 米的激活长度上获得 1 千瓦的连续输出,其效率抵得上现有的 CO₂ 激光器的最佳值。此激光器制作紧凑,在各种工业(如汽车、飞机、核燃料、玻璃、陶瓷和建筑)中可作为切割、打孔和焊接的工具。

闭合循环冷却

这类新装置的关键是闭合循环气体冷却技术。在通常的 CO₂ 激光器中限制每单位长度上的平均输出功率的原因在于,在激光器的相互作用区域内必须维持冷的混合气体。在 CO₂ 激光器中,通常输入功率的 10% 变成有用的输出功率;其余的最终变成热。由于热,CO₂ 分子的下振动能态被充满,并且

最终堵塞了下激光能级,随即引起反转数的降低。激发循环、激光作用及 CO₂ 分子下激光能级随后的消激发示于图 1 的能级图中。

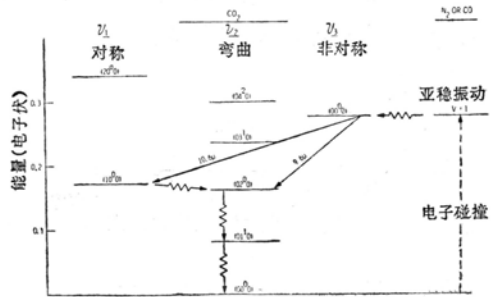


图 1 CO₂-N₂ 系统的能级。激光跃迁和重要的能量转移过程已示于其中。

在所有的 CO₂ 激光器中,都需要设法从相互作用区域除去热量。在通常的 CO₂ 激光器中,热气体是靠向冷的激光管壁的无规扩散来实现冷却的。为了取得大的功率,必须

频,即上转换。采用斯托克巴格技术,能生长成高光学质量的大晶体,而且易于制备。

铌酸钡钠 (Ba₂NaNb₅O₁₅)

所谓的钨青铜铁电体中的一种, 2mm 对称,居里点 560°C,在 0.4 到 6 微米透明,应用范围与 LiNbO₃ 相似,但光学损伤比较少出现。主要应用是在 Nd 激光器中有效地产生绿光。主要问题是难于生长成没有孪晶、域和应变的大晶体。不易制备。

硫代镓酸银 (AgGaS₂)

与具 42m 对称结构的黄铜矿有连系,可在红色和红外以及电-光装置中实现光混频,

是最先发现的呈现旋光性的非对映晶体。

此外这家公司还研究了下列晶体:

磷酸二氢铵	CuAsS ₃	SbSI
Ag ₃ SbS ₃	CuCl	AsI ₃ 3S ₈
草酸铵	HgS	硫酸铍
硫酸铍	KDP	钨青铜(各种各样的)
亚硝酸钡	KD*P	PbCsCl ₃
Ca ₂ Nb ₂ O ₇	K ₂ S ₂ O ₆	PbC ₈ Br ₃
CdGa ₂ S ₄	酒石酸钾	ZnS
CdS	醋酸铀酰钠	

参 考 文 献 (略)

取自 *Electron. Engng.*, 1969 (Nov.), 41, №501, 25~27

设计得很长，以提供必需的冷却表面积。

反之，在气体运输激光器中，气体流动的方向系与放电激发的激光激活区域相垂直，情况如图2所示。适度的速度足以使热气体从相互作用区域移走，也来得及补充冷的气体。这种激光器的特征是图3所示的闭合的气体循环系统。气体在热交换器中冷却到原来的温度，然后借内部的鼓风机使之循环到激活区域。由于气体重新得到利用而没有排入大气，这种气体运输激光器就不需要连续的气体源或庞大的真空泵，因此紧凑而经济，其尺寸和办公桌差不多。

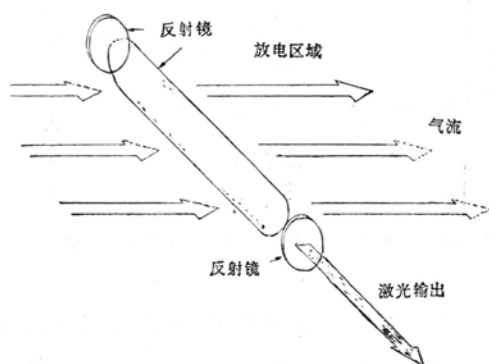


图2 气体沿激光相互作用区的横向流过。适当的流速足以除去相互作用区域的热量。

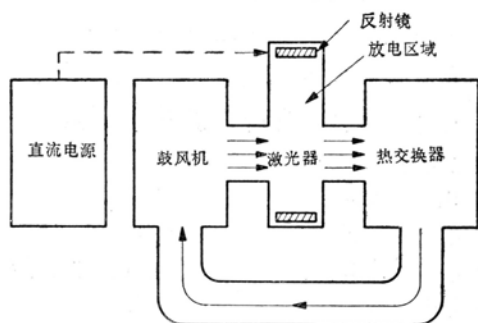


图3 气体运输激光器中的闭合循环。

图4示出仅用一根1米长的管子，获得趄级输出的激光器的实验装置。此实验装置备有附加的观察窗口，可以当作增益探测窗或在多程实验中作为反射镜支架。激光通过

一面透过率为35%的水冷锗反射镜输出。光束直径约为30毫米，而在多模工作时，光束的发散度小于2毫弧度，或曰近似于那样尺寸的光束的衍射极限的六倍。

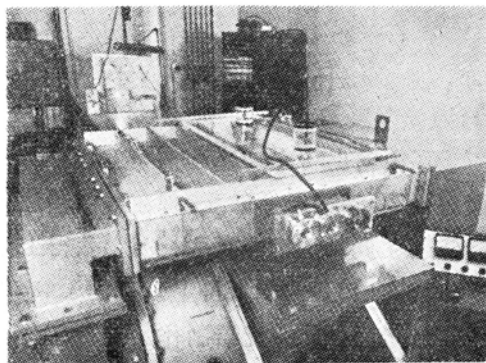


图4 运转中的气体运输激光器实验装置。其尺寸为：长80吋，宽40吋，高48吋。闭合循环运转时，连续输出超过1,100瓦。波长为10.6微米。

在激光器实验装置中，二氧化碳、氮及氩的混合气体以高达每秒30米或每分钟6,000立方呎的流速循环。

输出功率和流速的关系

输出功率和流速之间的关系是以下列考虑为基础的：

在一般的CO₂激光器中，分子是靠向放电管的冷的壁的无规扩散来除去热量的。但在气体运输激光器中，是用强迫对流来代替无规扩散的，是从相互作用区域移走热分子本身。单位体积中的最大功率输出和其他变量之间的函数关系依赖于分子转移热量所需的时间。这个理论的详情过去已由J. Wilson在有关超声速脉冲氮激光器的论文中讨论过。

在扩散冷却的情况下，单位体积的最大输出功率和 $CP\lambda/d^2$ 成比例，其中 C 是热速度， P 是气体密度， λ 是平均自由程，而 d 是放电管的直径。单位体积的有效功率输出随

直径的增加（以与体积本身增加的速率相同的速率增加，而保持单位长度的功率不变）而减少。另外，平均自由程反比于气体的密度，所以这种因数彼此对消。因此改变气体的密度并不能增加有效输出功率。唯一的一种选择是增加管长以增加功率输出。但这样的高功率装置既复杂又笨重。

但是，当强迫对流是主导的冷却机构时，每单位体积的最大有效功率输出就正比于 $V_{\text{流动}}/d_{\text{流动}}$ ，此处 $V_{\text{流动}}$ 是流速，而 $d_{\text{流动}}$ 是沿流动方向通过激光相互作用区域的距离。在这种情况下，平均自由程对于激活区域的冷却已无关紧要。因此，通过增加混合气体的密度去按某种比例增加单位体积的输出功率这种想法是可能的。

我们注意到，如距离 $d_{\text{流动}}$ 增加，气体流速必须按比例增加，方能维持足够的冷却。例如，在一台 1 米放电长度的 CO_2 激光器中要获得一千瓦的输出功率，所需要的轴向流速是每秒 500 米的数量级。这种纵向流动形式最近已由 T. A. Cool 和 J. A. Shirley 在有关流动混合 CO_2 激光放大器的论文中作了报道。在这种高轴向流速下，气体的再循环需要一个很大的附加输入功率去克服额外的空气动力学损耗。

降低流速

反之，一千瓦的气体运输激光器采用气体沿横向流过激活区域的方法，这样就使所需要的流速大概降低至每秒 30 米。在这种适当的速度下，输入功率的要求很低的高效率的鼓风机足以使混合气体进行循环，因而促进了闭合循环运转。

输出功率与气体流速的函数关系的实验结果和这理论是一致的，情况如图 5 所示。激光输出功率用一个 10% 的斩波器减弱，并

用美帝相干辐射实验室制造的 201 型功率计测量。直接测量了鼓风机的速度，它正比于

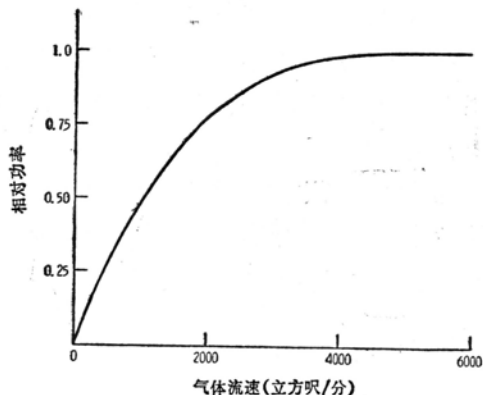


图 5 实验结果：相对输出功率与气体流速的关系。

流动速度。随着流速的增加，输出功率从 0 增加到稳定状态的值。对于大约每分钟 4,000 立方呎以上的流速，输出功率为放电输入功率所限，而与气体的变热无关。

功率 1,100 瓦，效率 10%

图 6 表示对于各种混合气体输出功率与放电输入功率的函数关系。在这些实验中，

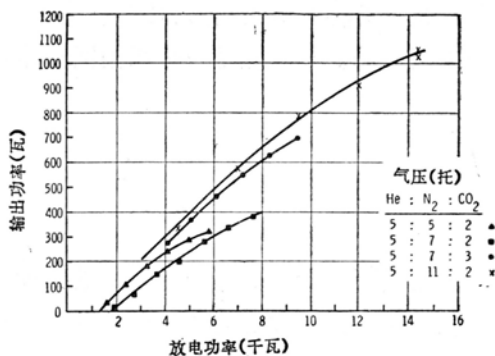


图 6 对于各种混合气体，输出功率与输入功率的关系。

输出功率在电源的有效范围内随输入功率增加。与通常的 CO_2 激光器不同，气体的压强增加时，输出功率和效率仍继续增加。已经获得 1,100 瓦的连续输出功率，全效率为 10%，其中计入了循环鼓风的功率。

在实验中，气体运输激光器的光束已被聚焦成一个直径小于0.5毫米的点，并已用来对不锈钢、铜、玻璃及陶瓷进行切割和打孔。用相对孔径为1:3的光学系统，光束能被聚焦成一个连续功率密度为每平方吋10兆瓦的点。

用紧凑的气体运输激光器获得高功率及高效率是可能的。单程增益的初步测量值为7.6分贝，这表明这种装置可以作为紧凑而

有效的10.6微米激光功率放大器和振荡器。除连续波型运转外，还能产生高重复率脉冲输出。

除CO₂之外，这种基本技术还可以用来增进其他气体激光器的输出功率。

参 考 文 献 (略)

取自 W. B. Tiffany, R. Targ, *Laser Focus*, 1969 (Sept.), 5, №17, 48-51

掺钕钇铝石榴石连续激光器的输出超过 250 瓦

美帝光学协会1969年年会讨论了输出超过250瓦的钇铝石榴石激光器的性能和设计，其波长为1.06微米，总效率大于2.1%。这种激光器已制成商品，往后多半用作工业仪器而不是实验室装置。这系统包括三个部分：激光头、电源和冷却系统。激光头采用了一个直径6毫米、长76毫米的钇铝石榴石棒。此棒利用晶体棒的外套中的循环水来冷却。钇铝石榴石棒是用充氮的直线型水冷弧灯来泵浦的。泵浦腔是一个双椭圆柱体，

晶体放在公共焦点上，而两根弧灯则分别放在另外两个焦点上。光学共振腔由涂介质膜的外反射镜组成。会议讨论了此激光器的各种特性，包括输入与输出的关系、束发散度、热畸变，晶体所吸收的功率、棒内的温度分布和单程增益。会议描述了输出的Q开关化和基横模运转。会议还讨论了系统的最佳化问题，其途径是改变弧灯的充气压力、钇铝石榴石晶体的掺杂水平和输出耦合。

取自 J. O. S. A., 1969, 59, №11, 1514

金属激光器的机理

美帝贝耳电话实验室制成一种新的气体激光器，其激活介质是氦和一种精选的金属蒸汽的加热的混合物。

这种激光器的主要优点是波长非常有用，而效率仍然和现有的He-Ne激光器一样高。除此之外，成本也比较低。

与He-Ne激光器商品一样，这种激光器的主要部件也是一根简单的玻璃或石英放电管。放在与放电管相接的一根或几根小旁

管中的金属丸供给所需的蒸汽。这些旁管中的蒸汽压在适当的温度(200~1000°C)下可精细调节，因而控制了所生成的金属蒸汽原子的数目。

放电使氦原子得到激励，生成亚稳氦原子，其寿命较多数其它受激原子长。与金属蒸汽原子碰撞时，亚稳的氦原子将能量传递给金属原子，使之上升到受激电离态。当这些受激原子下降到较低能态时，发出激光束。