

新型装置

CO₂-N₂-He 光激光器連續輸出 106 瓦

C. K. N. Patel, P. K. Tien, J. H. McFee

在研究高功率 CO₂-N₂ 光激光器的过程中、我们在 CO₂-N₂-He 系统中、在 CO₂ (参考文献 1) 的 00°1—10°0 振动带的 2P 支转动跃迁上获得 106 瓦的连续高功率输出(其转换效率大于 6%)。我们还用经过整流、但未滤去交流的放电在准连续条件下激励以运转这台光激光器(内径 77 毫米、长 230 厘米)、则得到 183 瓦的峰值输出。

早些时候、已报导过 CO₂-N₂ 系统产生 16.2 瓦的^[2]连续波功率输出。暗示如采用较大的激光管、可得到较高功率的输出。在此我们想报导一重要事实: 要从大口径 CO₂-N₂ 光激光器获得高功率输出、可加入大量的 He。

实验在如参考文献 3 的图 2 所示的激光管中进行。相互作用区(即放电区)的内径 77 毫米、长 230 厘米、并用水冷却、使激光管壁温底降低、从而降低分子温度。以(a)直流(b)整流但不滤去交流电源来产生放电。气体用 6 立升/秒的机械泵抽运使之慢慢流动(如参考文献 1)。镜表面真空涂镀黄金、通过光学共振腔中的一个反射镜中心的 1.5 厘米孔径匹配能量^[7]。反射镜间距 300 厘米。功率输出用经过校准的热电堆测量。

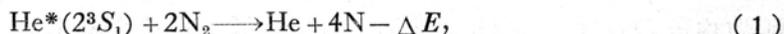
当 $P_{N_2}=1.2$ 托和 $P_{CO_2}=0.33$ 托时、在 10.6 微米处连续功率输出为 12.0 瓦。然而、加入 He 时、开始功率输出慢慢地增加、其后就迅速增加、到 $P_{He}=7.0$ 托 ($P_{N_2}=1.2$ 托和 $P_{CO_2}=0.33$ 托) 为最佳。直流放电电压和电流分别为 8,600 伏和 200 毫安。测得总功率输出是 106.5 瓦。用分光计分析其功率的输出指出振荡中有二种跃迁; 它们的波长可视为一个、每种功率输出分别示于表 1 中。发现每种跃迁的功率输出产生于光学共振腔的单一纵波型(关于这方面进一步的讨论、请看参考文献 2)。可以看出在 10.6 微米处、直流放电功率与激光功率输出的转换效率约为 6.2%。经过整流但不滤去交流的放电激励得到的峰值功率输出为 183 瓦。功率输出跟随着流过激光区的半正弦波电流增长。在这些条件下、峰值功率输入约为 2,470 瓦、相应的转换效率为 7.4%。没有 He 时、激光功率又降到峰值为 15 瓦。加入其他惰性气体 (Ne 和 Ar) 到 CO₂-N₂ 光激光器中 ($P_{Ne, Ar}=0\sim 10$ 托) 功率输出没有改进。在加入的 Ne 或 Ar 压力近于 7~8 托两种情况下、CO₂-N₂ 光激光器的激光功率输出下降。

表 I 极高功率的 CO₂-N₂-He 光激光器实验摘要

CO ₂ 00 ¹ -10 ⁰ 带跃迁	波 长	输 出
P (20)	10.5915	61.0 瓦
P (40)	10.6324	45.5 瓦

- a. P_{λ} (直流) $\approx 1,720$ 瓦;
 b. 如参考文献 1 所报导;
 c. 每一跃迁的输出发生在光学共振腔的纵波型中。

从上述实验数据, 我们感到加入 He 后, 激光作用的改进不是由于它们在受激 CO₂ 分子上所起的缓冲效应, 因为在这种情况下, 加入 Ne 和 Ar 来改进 CO₂-N₂ 的激光功率应有类似(但不一定全同)的效应。此外, 我们的激光管(内径 77 毫米)的大口径暗示其扩散到内壁的时间可与 CO₂ 的激光高能级^[4] 00¹ 的寿命相比。因此 He 的缓冲效应看来至少在大口径光激光器中是不重要的。我们认为加入 He 而引起激光功率输出有数量级的改进可能是由于亚稳态的 He(2³S₁) 原子与 N₂ 分子的能量转换。上述能量转换机理旁涉的三体碰撞, 用下式描写:



这里 ΔE 是小于 0.1 电子伏, 使(1)为近共振反应^[5]。这样产生的氮原子, 在高振动能级下复合成振动受激氮分子。然后通过(1)有关的其他氮分子(高度受激的 N₂ 分子损失一个量子时, 一个量子的振动能量增益)或(2) CO₂ 分子(当 N₂* (ν) 同时振动能级损失一个量子时, 它就被激励到 00¹ 能级)顺振动能级往下衰减。上述原因与在增加 Ne 或 Ar (而不是氦), 而 CO₂-N₂ 光激光器功率输出不增加的实验数据差不多。目前激励过程机理的详情正在研究中。

现在还不打算以甲醇将气体冷却来降低分子温度以提高激光功率输出^[6]。如参考文献 6 所示, 加上冷却激光输出功率与效率还可以进一步提高。

参 考 文 献

- [1] C. K. N. Patel, *Phys. Rev.*, **136**, A1187, (1964).
 [2] C. K. N. Patel, Proceedings of the Physics of Quantum Electronic Conference, 28-30, June, 1965, San Juan, Puerto Rico (McGrawhill, to be Published); *Appl. Phys. Letters*, **7**, 15 (1965); *Bull. Am. Phys. Soc.*, II, **10**, 609 (1965).
 [3] C. K. N. Patel, *Phys. Rev. Letters*, **13**, 617 (1964).
 [4] W. S. Benedict and E. K. Plyler in Energy Transfer in Hot Gases (N. B. S. Circular 523, Mar. 10, 1954), pp. 57-73.
 [5] N₂ 分子可能的能量图, 参见 F. R. Gilmore, the Rand Corp. Memorandum Rm-4034-PR, June, 1964.
 [6] T. J. Bridges and C. K. N. Patel (Submitted to *Appl. Phys. Letters*).
 [7] 由于冷却激光管壁所产生的流动气体可能的透镜效应, 显然无法从共焦共振论计算波型体积。在我们的操作条件下, 从实验数据看来 1.5 厘米的耦合孔近于最佳值。

原载 *Appl. Phys. Lett.*, 1965, **7**, № 11, 290-292 (李逸峰译, 王克武校)