

新 型 装 置

連續大功率 N_2 - CO_2 光激射器

C. K. N. 帕特耳

我們想報道一下連續大功率運轉的 N_2 - CO_2 光激射器^[1]，此光激射器振蕩於 CO_2 的 00^01-10^00 振動帶的 p -支帶轉動躍遷。現在我們得到了在 10.6 微米附近兩個躍遷約為 11.9 瓦的連續激光功率。激光躍遷的較強者約占輸出功率的 75%。直流放電功率轉換為激光輸出功率的效率約為 3%。

文獻[1]中的圖 1 示出氮和二氧化碳的部分能級圖。正如早先指出的^[1]在 $N_2^*(v=1)$ 與 $CO_2(00^01)$ 的振動能級之間有一極好的能量耦合，且由於有極長的生命，在氮的低氣壓放電下，可在 $N_2^*(v=1)$ 能級上得到很大的集居數密度。德累斯勒(Dressler)^[2]估計，放電時 $N_2^*(v=1)$ 的集居數密度約為 N_2 的 10~30%。莫爾甘(Morgan)和席夫(Schiff)^[3]報道了 CO_2 對 $N_2^*(v=1)$ 的強的猝熄作用。他們給出， $N_2^*(v=1)$ 被 CO_2 均勻地去激活的速率為 4.56×10^9 厘米⁻³·克分子⁻¹·秒⁻¹。這相當於在 $p_{CO_2}=1$ 托爾和 $T=300^\circ K$ 時大約 240 秒⁻¹ 的破壞速率。對 N_2 - CO_2 放電的輸出功率進行計算，我們預期 CO_2 的 00^01-10^00 振動-轉動躍遷的總功率約為 29.5 毫瓦·厘米⁻³· $p_{N_2}^{-1} p_{CO_2}^{-1}$ (p_{N_2} 和 p_{CO_2} 分別是以托爾為單位的氮和二氧化碳的分壓)。我們假設了 $N_2^*(v=1)$ 被 CO_2 破壞只使 CO_2 激發到 00^01 能級(參考文獻[1])，並且當激光作用開始時， $CO_2(00^01)$ 分子衰減的主要來源是通過 CO_2 的 00^01-10^00 振動-轉動躍遷的受激發射。此外，我們又假設了在沒有 CO_2 的情況下，在 N_2 的放電中得到大約 20% 的 $N_2^*(v=1)$ 。這樣，29.5 毫瓦·厘米⁻³· $p_{N_2}^{-1} p_{CO_2}^{-1}$ 這個數字是對腔中產生的功率所作的保守的估計。但由於腔中存在損耗故不能引出所有產生的功率。

實驗裝置的主要部分示於文獻[1]的圖 2 中。這是一個內反射鏡式光激射器，其中有使兩種氣體連續流動與混合的機構。這裡我們並不限於不在相互作用區放電^[4]，因為發現放電時直接把 CO_2 激發到激光的下能級 10^00 的粒子數比 N_2 和 CO_2 混合時由激光上能級 00^01 傾瀉下來的粒子數小。相互作用區放電與不放電比較，由於附加的激發過程使精確的分析變得困難了，但卻提高了 $N_2^*(v=1)$ 的振動能量轉移給 CO_2 的效率(參考文獻[5])。放電用一個直流電源產生，放電區(也就是激光區)內徑 25 毫米，長為 2 米。光學腔由一只曲率半徑 11 米的凹鏡和另一曲率半徑為 10 米的凸鏡組成，這樣可以增大模體積^[6]，從而利用整個放電來

产生激光作用。鏡距为 240 厘米。估计输出功率约为 28 瓦/ $p_{N_2}p_{CO_2}$ 。腔中能量是通过凹鏡中心的一个 8 毫米直径的孔耦合出来的(沒试图找最佳耦合)。鏡子用真空蒸鍍方法鍍敷金层。用一校准过的热电堆进行功率测量。

当 $p_{N_2} \approx 0.4$ 托尔和 $p_{CO_2} \approx 0.4$ 托尔时得到总输出功率为 4.5 瓦。可以看出这与在这些气压下计算得到 4.8 瓦的数值很好地符合。我们看出, 利用空气代替氮气可以在更高的最佳气压下工作。这样, 用 $p_{空气} \approx 1.8$ 托尔和 $p_{CO_2} \approx 0.4$ 托尔我们得到总输出功率为 11.91 瓦(功率提高约 2.5 倍, 这一点可以部分归结为较高的最佳氮分压。这些条件下的详细的激发机理正在研究中)。激励放电所需的直流功率约为 400 瓦。观察到的输出功率 11.91 瓦产生于 CO_2 的 00^01-10^00 振动带的如下两个跃迁上: $p(18)$, 10.5716 微米, 输出 8.90 瓦; $p(20)$, 10.5915 微米, 输出 3.01 瓦。

必须指出, 每个分子跃迁上的输出发生在腔的单一纵向模式上, 因为 CO_2 的 00^01-10^00 振动-转动跃迁在 10.6 微米处, 当 $T_{分子} \approx 400^0K$ 时的多普勒宽度为 52 兆赫, 而鏡距为 240 厘米的腔的纵向模式间隔约为 62 兆赫, 每个跃迁输出的单一纵向模式特性是由光学共振腔的长度调谐来断定的。若不顾及总的输出功率, 则可能在单个跃迁上得到更大的功率。这是因为与激光上能级的辐射寿命相比较, 一个振动能级中的转动能级间达到波耳兹曼平衡所需的热化时间是非常短的, 即 $\tau_{辐射} \gg \tau_{热化}$ (关于分子气体的转动弛豫时间可参考赫兹费尔德 (Herzfeld) 和李托维茨 (Litovitz)^[7], 或考特勒尔 (Cottrell) 和麦库柏里 (McCoubrey)^[8], 关于 CO_2 的 00^01 能级的辐射寿命可参考普来勒 (Plyler) 和彭尼迪克 (Benedict)^[9]。这样一来, 让共振腔稍稍失调即足以避免弱线的振荡而使我们能在强线得到大一些的输出功率。

这是第一个在红外 10 微米区域能产生连续大功率的光激光器。借助于增大放电的截面和长度, N_2-CO_2 光激光器可以产生高得多的相干连续功率。这可能在光谱学上是很重要的。建议也可以用这激光作为在这个红外区域的一个波长/频率标准, 一来因为大的输出功率使干涉测量更容易, 二来也因为由于这些转动跃迁属于 CO_2 的 Σ 态的振动光带, 磁场和电场对激光跃迁的调频效应很小。此外, 大功率相干光立即启示了研究红外的非线性光学现象的可能性。这一光激光器对通信的重要性是由于激光波长处于 8~10 微米的大气窗内。

参 考 文 献

- [1] C. K. N. Patel, *Phys. Rev. Letters*, 13, 617 (1964); see also C. K. N. Patel, *Phys. Rev. Letters*, 12, 588 (1964); *Phys. Rev.*, 136, A1187 (1964).
- [2] K. Dressler, *J. Chem. Phys.*, 30, 1621 (1959); See also F. Kaufman and J. R. Kelso, *J. Chem. Phys.*, 28, 570 (1958).
- [3] J. E. Morgan and H. I. Schiff, *Can. J. Chem.*, 41, 903 (1963).
- [4] 甚至在相互作用区也放电时我們仍采用文献[1]描述的連續气流的方法。这样做是因为我們現在用的是直流放电, 而使氧化物阴极处于氮的連續气流中以防止被 CO_2 中毒, 借此保证長的工作寿命。我們認為, 若用射頻功率来激励放电, 連續气流是不必要的。
- [5] C. K. N. Patel, *Appl. Phys. Letters*, 6, 12 (1965).
- [6] G. D. Boyd and H. Kogelnik, *BSTJ*, 41, 1347. (1962).

- [7] K. F. Herzfeld and T. A. Litovitz, Absorption and Dispersion of Ultrasonic Waves (Academic Press New York, 1959).
- [8] T. L. Cottrell and J. C. Mc Coubrey, Molecular Energy Transfer in Gases (Butterworth and Co. Ltd., London, England 1961).
- [9] W. S. Benedict and E. K. Plyler in Energy Transfer in Hot Gases (National Bureau of Standards Circular 523, March 10, 1954) p. 57—73.

譯自 *Appl. Phys. Letters*, 1965, 7, No. 1, 15—17. 黃非玄譯 沃新能校

氮分子第二正帶激光躍迁的飽和

D. A. 列昂納德

一年多以前哈德^[1] (Heard) 报道过快速上升的高电流高电压放电时, 氮分子的激光作用, 这激光发生在氮分子的第二正带系, 波长为 3371 埃。本实验室完成的实验证实了他发表的结果, 表明从一个作用区长 30 厘米的近共焦腔的输出为 10 瓦, 而从放电管的侧壁观测到的同一跃迁的自发辐射为若干瓦。让此类振荡器的输出光通过一个同步的较短的开端放大部分(这放大部分由一类似的放电管组成)就能促使这种高增益的跃迁达到饱和并获得自发辐射功率水平的输出。

在所研究过的从 1 托尔到几十托尔的气压范围内这系统有一最佳的 E/p 值约为 200 伏/厘米-毫米汞柱。在这范围内输出是近似地正比于 E , 因而要求高电场。

利用垂直于激光方向的电场可能建立起具有高电场的任意长度的通道。这样一个装置示于图 1 中。用这一结构产生了 200 瓦和 20 毫微秒宽度的激光脉冲。一个长为两米的 U 形铝槽既做为结构的支座又作为一个电极。另一极分割为 128 块 $\frac{1}{2}$ 吋长的铝片, 由 $\frac{1}{8}$ 吋的人造荧光树脂间隔器隔开, 并用人造荧光树脂支撑, 这东西又是 $\frac{1}{8} \times 1$ 吋的放电通道的壁。所以要分割开是为了保证沿着整个放电通道有均匀的电流密度, 同时也使作用区的长度得以方便地改变。分割开的电极通过一个触发火花隙由同轴电缆与电容器连起来。最佳的氮气压约为 20 托尔。

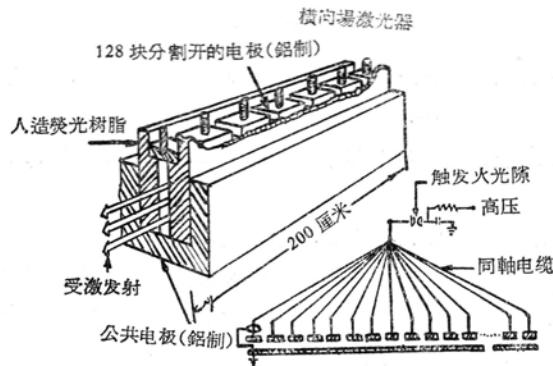


图 1 装置图。其电场与激光方向垂直。

典型的线路参数为: $L=100$ 毫微亨; $c=0.03$ 微法; 电容器的起始电压为 15 至 25 千伏。