

新型装置

Q 开关 CO₂ 激光器

CO₂ 气体放电激光器在 10.6 微米波长处能产生千瓦连续波激光输出, 用旋转反射镜对激光腔进行 Q 调制后, 甚至能产生更高的功率。旋转反射镜 Q 开关 CO₂ 激光器的实验研究表明, 脉冲的结构包括二个强尖峰, 脉冲持续期随气体压力的增大而减短。这种性质是碰撞引起的迟豫过程的反映。这过程相当迅速, 在旋转反射镜的准直期间, 它就能改变激光的反转状态。由于脉冲持续期与压力有关, 在致热碰撞不致耗尽反转的最高压力(约20托)下可获得最大的 Q 开关功率。为了获得大于 10⁵ 瓦的峰值功率, 要求长的激光放电, 但困难在于在很长的腔长度上不易维持精确的反射镜准直。而且, 从实验观察到, 振荡器长度增大时, 脉冲持续期增加, 从而限制了从长的 CO₂ 激光振荡器中可能获得的峰值功率。为避免这些问题, 已采用振荡器—放大器系统进行实验。从 1 米振荡器、5 米放大器的 CO₂ 激光器已能获得 120 千瓦的峰值输出。

已进行实验以观察旋转反射镜 Q 开关 CO₂ 激光器的输出功率。这 CO₂ 激光器的流动气体包含 CO₂ 8%、N₂ 12%、He 80%, 管的直径为 2.5 厘米, 长为 2.5 米, 用水冷却。激光腔由 10 米曲率半径的离轴球面反射镜、平面旋转反射镜和 30% 透过率的介质涂膜输出反射镜组成。三个反射镜系统是用来提高反射镜的有效旋转速率, 因而减少 Q 开关准直时间的。反射镜的典型旋转速率是

150 赫, 但较高的转速曾用到 400 赫。采用这系统后, 转镜的准直时间当转速为 150 赫时约为 5 微秒。响应时间为 2×10^{-8} 秒、用液氮冷却的 Au: Ge 探测器用来记录激光脉冲。从这激光器获得峰值强度为 2×10^4 瓦的 Q 开关脉冲, 情况如图 1 所示。在示波器迹

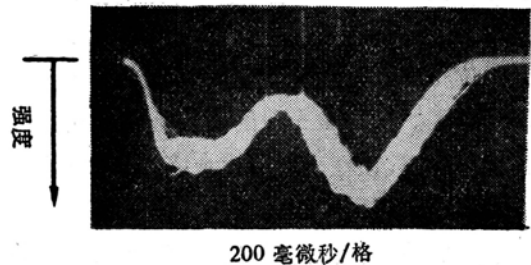


图 1 Q 开关 CO₂ 激光脉冲,
 2×10^4 瓦峰值功率。

上记下了 25 个脉冲, 表明了 Q 开关脉冲结构的再现能力。这 Q 开关脉冲包括二个强度峰。这种脉冲结构可能是转镜 Q 开关或激光介质动力学的结果。对于 150 至 400 赫的反射镜转速, Q 开关脉冲结构和激光功率不是转速的强函数, 这样激光介质动力学似乎就是脉冲形状的主要原因了。CO₂ 激光器的粒子数反转由碰撞感应跃迁控制, 这种跃迁与气压有关; 所以, 已进行实验, 以观察 Q 开关脉冲输出与放电气压的函数关系。通过测量激光脉冲的峰值强度之间的时间与气压的函数关系, 已在实验上观察到气压效应, 其结果如图 2 所示。数据是在二种放电电流下获得的, 曲线也相应作了标记。总放电

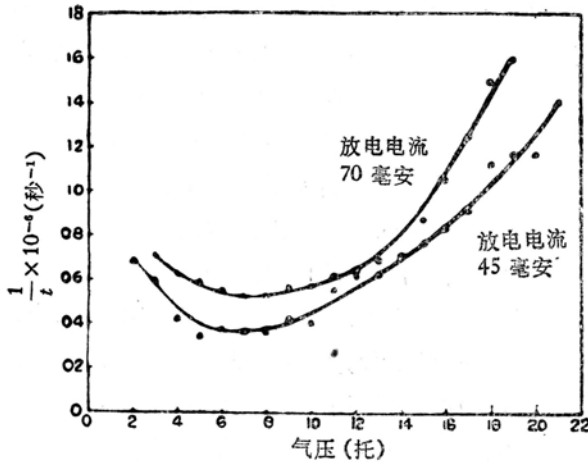


图2 激光脉冲强度尖峰之间的时间与总放电气压的函数关系。

气压从 21 托降低到 8 托时,脉冲之间的时间增长,大致与气压成反比;在较低气压下,峰值强度之间的时间随气压的减小而减短。在 21 托到 6 托气压下, Q 开关脉冲能量和连续波激光功率与气压无关,又因脉冲宽度随气压的降低而增加,故峰值 Q 开关功率减小。对于 6 托以下的气压,脉冲能量减小,因此,即使脉冲持续期变短,峰值功率仍然减小。

如 Hellworth 所讨论的, Q 开关脉冲的结构可能是慢 Q 开关的结果^[2],或者是由于泵浦机构引起的(它远比反射镜的准直时间快)。鉴于 Q 开关脉冲与气压的实验关系,后一机理似乎是最适合的。在转镜准直时间时,引起 CO₂ 激光器粒子数反转的碰撞感应跃迁快得足以起作用。上激光能级的粒子数是由 001 振动态的转动迟豫^[3]和 00N → 00(N-1) 振动跃迁^[4]供给的。下激光能级通过 100 → 020 → 010 过程而被抽空^[5]。在 CO₂ 激光器的工作气压下,所有这些过程都具有微秒或者更快的速度。除这些过程外,还存在一些较慢的碰撞迟豫过程,如 010 态的去激励便是其中一种,它最终会控制反转的恢复时间。采用重复 Q 开关技术,测得恢

复时间为 1/3 毫秒,所以相对于转镜的准直时间而言,这恢复时间可忽略不计。因为迟豫过程是由碰撞引起的,因此它们所需的时间反比于气压。所以,如果在转镜准直时间内发生这些碰撞过程,脉冲的持续时间将或多或少地依赖于气压。Q 开关脉冲的双强度尖峰结构类似于 Hellworth 就慢速 Q 开关激光器所观察到的,也类似于 Meyerhofer 在 CO₂ 激光器的转镜 Q 开关实验中所观察到的^[7]。如果这种脉冲结构是慢 Q 开关的结果,那末这种结构和峰值功率将如文献^[7]所观察到的一样,是转速的一个强函数。镜速对激光脉冲仅有的一点点影响发生在最高速度下,此时脉冲持续期受反射镜的总准直时间控制。由于反射镜转速不明显影响脉冲结构,且脉冲持续期又与气压成反比,这样脉冲结构似乎是慢(微秒数量级)碰撞感应泵浦过程的结果。气压低于 6 托时,随着气压的减小,脉冲之间的时间也减短这一事实尚不太了解,但它是以扩散为主的过程随气压变化的结果,这一点倒是可以肯定的。在较高放电电流时,强度尖峰之间的时间也减少,这在图 2 的数据中可以看到。因为放电温度是电流的函数,这效应大概是随着放电电流的增大碰撞频率增高的结果。当气压远大于 20 托时,致热碰撞显然得到一个较低的反转,同时 Q 开关脉冲能量减少;因此,进一步增高放电气压并不能提高 Q 开关功率。

从 CO₂ 激光振荡器中可获得的 Q 开关功率为与压力有关的机构(如前面讨论的)所限。除这一限制之外, Q 开关功率还因难于有效地调制长激光放电管而又受到限制。连续波功率和 Q 开关脉冲能量随振荡器的长度线性地增加。然而, Q 开关功率的增加

不如脉冲能量增加得多，这是因为随着振荡器长度的增大，Q 开关脉冲的持续期也变长之故。为了消除使用长振荡器时维持反射镜精确准直的困难，并获得短 Q 开关脉冲，采用了振荡器—放大器系统。长 1 米、直径 2.5 厘米的振荡器用转镜 Q 开关调制，产生一个峰值功率为 10^4 瓦的 200 毫微秒脉冲宽度，其半强度束直径近于 1 厘米。一个直径 5 厘米、长 5 米的放电管被用来放大这振荡器的脉冲。用较短的放大器放大 Q 开关脉冲的结果表明，放大器的增益几乎是与放大器的长度成指数关系，这说明振荡器的 10^4 瓦不足以饱和这放大器。因为放大器没有饱和，在 5 米放电中采用了双光程，经调整后，可使两光路的重迭部分最少。以每分钟 800 升的泵来泵浦的流动混合气体放大器使振荡器脉冲放大 8 倍，产生 80 千瓦的峰值功率。提高泵浦能力到每分钟 4,000 升，放大器的增益相应增大，因而获得了 120 千瓦的峰值功率。

与振荡器—放大器结果作一比较：5 米长的 Q 开关振荡器由于反射镜准直的困难和脉宽增加的结果，仅获得 25 千瓦的峰值功率。

总之，放电气压对激光脉冲结构影响的研究表明，碰撞转移过程决定了所观察到的 Q 开关脉冲的时间行为。在致热碰撞不致于破坏反转的最高放电气压（约 20 托）下获得了最大 Q 开关功率。由 1 米振荡器、5 米放大器的 CO_2 激光系统获得了 1.2×10^5 瓦的峰值功率。采用振荡器—放大器结构之后，消除了在长的激光腔上维持反射镜准直的实验困难，并获得了短持续期激光脉冲。用这种激光器获得的辐射强度足够进行一些实验，其中包括 10.6 微米辐射与物质的非线性相互作用。有关气体击穿阈值的研究已在进行，以后将作报导。

参 考 文 献（略）

取自 D. C. Smith, *IEEE J. Quantum Electronics*, 1969, QE-5, № 6, 291~292

紧凑的 CO_2 激光器每米输出一千瓦

到目前为止，据一般经验，气体激光器每米激活长度的输出约为 50 瓦。美帝西耳伐尼亚电气产品公司已制成一种 CO_2 激光器商品，每米激活长度就可以产生一千瓦连续输出。

这种装置是几种称为流动气体激光器的装置中的一种，高 48 吋、宽 60 吋、深 40 吋。由于采用了闭合循环气体冷却系统，变得很紧凑。

流动气体激光器适合于对难于加工的材料，诸如陶瓷、钛和不锈钢等进行切割、打孔和焊接。

在通常的 CO_2 激光器中，热的气体是通

过不规则地扩散到激光管壁而得到冷却的。它们是以增长激活长度来得到更大的功率和更大的冷却表面的。

在该公司的激光器中，热的气体通过激活激光区域迅速移动。二氧化碳、氮和氦的混合气体在激光区由电气放电来激励。流动气体在一台独立的热交换器中冷却到原来的温度，然后再循环到激活区。

由于气体重复加以利用，而不排到大气中去，因此激光器既不要求连续的气体源，也不要求庞大的真空泵，因此在运转中是紧凑的和经济的。

取自 *Electronics*, 1969, Sept. 29, 42, № 20, 154