

子数反转是可能的 •

### 主要参考文献

1. I E E E Spectrum, Nov., 1970.
2. New Scientist, 47, No. 713, 287, 1970.
3. Ж Э Т Ф , Том 44 , вып. 5, 1742-1745, 1963.
4. Ж Т Ф , Том 38, вып. 12, 2031- , 1968.
5. Письма в Ж Э Т Ф , Том 13, вып. 4, 1971.
6. Ж Э Т Ф , Том 59, вып. 5, 1566-1570, 1970.
7. Письма в Ж Э Т Ф , Том 13, 20 июль 1971.

### 四 电激励二氧化碳激光器

#### (1)特点

电激励二氧化碳激光器用放电方法, 激发二氧化碳, 输出激光。

这种激光器的主要特点是效率较高。目前国外这种激光器最高效率已达到30%以上, 接近普通照明光源的电光效率。这种激光器的最大连续输出功率超过20瓦, 仅次于气动激光器。最大峰值功率近10<sup>11</sup>瓦。最大脉冲能量已达到285焦耳。总之, 电激励二氧化碳激光器的各种性能都比较好。此外, 它的器件结构和工艺比较简单, 条件容易控制, 用途广泛。目前这种激光器已经用于打孔、焊接、通讯和光雷达, 受到美苏加法英等各国的普遍重视, 成为最有发展前途的大功率激光器

之一。目前这种器件的理论研究和技术水平均较高。

### ②研究概况

电激励二氧化碳激光器是1964年首次出现的。由于采取了以下措施：在二氧化碳中加入氮等辅助气体，提高二氧化碳的压力和密度，采用高压和超高压放电技术和对流冷却技术等，效率和功率获得迅速提高。连续输出功率几乎每年增加一个数量级。新器件、新结构、新技术不断涌现。

最初的电激励二氧化碳激光器采取轴向放电和扩散冷却。提高功率的办法是增加放电管子的长度。1968年美国雷神公司制成一个全长达225米，分段激励的折叠式装置，连续输出功率达8.8瓩，效率为13%。这类装置庞大而又笨重。但美帝陆军还在运转这种器件。

为了发展紧凑高效大功率激光器，国外最近几年采取了以下一些新技术。

#### ①对流冷却技术

几年前，由于采用扩散冷却方法，冷却效果很差。因此得出了悲观的结论：电激励二氧化碳激光器放电管单位长度（一米）输出功率的上限是100瓦。1967年美国联合飞机公司采取对流冷却方法，借助气流高速流过放电区域进行冷却，在30厘米长的放电管内获得800瓦的输出功率。1968年秋和1969年春，输出功率猛增到每米9瓩和11.5瓩。

国外基于光轴、放电方向、气流方向的不同组合和採用稳定磁场，制成具有各种结构的器件。

例如，美帝空军武器研究所最近制成大体积横向流动放电激光器，即所谓“电—气动”激光器，其体积为 $5.6 \times 7.6 \times 100$ 立方厘米，流量为 $28000 \text{ 呎}^3 / \text{分}$ 。连续输出功率超过20瓩，是目前电激励激光器中最大的连续输出功率。不过，这是作为放大器使用而得到的输出。

此外，国外发展的型式尚有：共轭激光器、横向激励横向流动激光器、横向流动磁场稳定激光器、流动混合激光器等。这些激光器一般均达到几瓩以上的连续输出功率水平。

## ② 高压放电技术

为了获得高脉冲功率和脉冲能量，国外在发展高压放电技术。1968年美帝空军武器研究所在6—8呎长，2—6吋直径，流动的0.1大气压二氧化碳混合气体激光器中，沿管轴进行兆伏的超高压脉冲放电，输出5焦耳的脉冲能量。

1969年美帝陆军导弹司令部所属单位，在9米长，15厘米直径的0.2大气压二氧化碳混合气体激光器中，沿管轴进行480千伏的高压脉冲放电，获得高达285焦耳的脉冲能量。

## ③ 横向激励大气压 (TEA) 激光器

这种激光器是1968年由加拿大、法国和美国各自独立发展的。  
~10~

这种器件采用一个大气压的二氧化碳气体作工作物质，进行横向放电。

横向放电的主要优点是：(一)电极距离小，放电电压可以大大降低，并保持在20—35千伏的合理范围内；(二)适于采用大面积电极以激励大体积工作气体。此外，由于工作气体压力提高到一个大气压，能量密度较高。因此，这种器件可以产生较高的峰值功率。如果使工作气体循环，就能以1000脉冲/秒以上的重复率运转，产生较高的连续输出功率。

目前这方面的工作以加拿大领先<sup>(4)</sup>。据报导，加拿大今年夏季建成一座巨型横向激励大气压激光器。全长近50呎，估计每个脉冲能产生150—200焦耳能量，脉冲持续时间短到一毫微秒，相应的峰值功率达150—200兆瓦。更长的脉冲持续时间将可达到500焦耳的输出能量。加拿大用这类激光器建造光雷达。

法国通用电器公司从长约10呎的TEA激光器中，获得了30焦耳的输出能量，脉冲持续时间约2微秒，峰值功率为65兆瓦。据称该公司已达到能量密度为每立升激活介质18焦耳，具有很好的稳定性（没有弧光），效率为17%。增加激发度，可获得19焦耳/立升的输出能量，但稳定性稍差。

美国在这方面的工作也很活跃。从事研究的单位有贝尔电话公司、通用电器公司、联合飞机公司、美帝空军和原子能委员会有关研究机构、麻省理工学院等。联合飞机公司这种器件的峰值功率超过一兆瓦。为了

~11~

解决大体积大压力工作气体的放电均匀性问题。原子能委员会所属的洛斯、阿拉莫斯实验室研究注入电子束进行预电离的新技术，较详细情况在下面介绍。

### (3) 发展趋势

电激励二氧化碳激光器今后的发展方向是加大工作气体的压力和体积，进一步提高脉冲功率和连续输出功率，提高输出能量和效率。

大体积、大压力电激励气体激光器的技术关键是均匀放电。对此国外围绕以下一些方面进行研究。

#### ① 改进电极结构

目前法国加拿大美国等均在发展大面积大电流板极。法国采用平行板极，在阳极上安装二次电极，使阳极附近气体产生均匀预电离。

#### ② 采用双脉冲放电

放电时使瞬时脉冲电压达到几十万伏以上，使工作气体均匀电离，随后降到较低的常电压，保持需要的  $E/P$  比 ( $E$ —电场强度， $P$ —工作气体压力)。几毫秒后又产生另一次双脉冲。美国法国加拿大等国均在研究这种技术。美国用双脉冲放电方法获得的连续输出功率超过 20 瓦，效率高达 30%。

#### ③ 加入易电离的杂质元素，提高工作气体的有效电离度。

④ 输入高能电子束今年 2 月美国利用热阳极脉冲电子枪，在 0.2 微秒时间内，通过阳极轴向射入 20 安、能量为 200 千电子伏的电子  
~ 12 ~

束，使工作气体预电离。实验结果达到的增益为3分贝/米。初步实验的结果，增益并不大。

此外，必需指出，大功率激光器能源和附属设备也是个问题，此处不详细谈及。

### 主要参考文献

1. Naval Research, 1970, 23, No. 10.
2. AIAA Paper, No. 71-63.
3. Applied Physics Letters, 1971, March, Vol. 18, No. 5.
4. AW & ST, 1971, July, No. 19.
5. Laser Focus, 1971, March.
6. Bull. of the American Physical Society, 1971, 1, P. 42.

### 三 化学激光器

1969年出现的化学激光器，是激光技术中的一项突破。它为极其紧凑小巧的高功率激光器开辟了一条宽广的途径，很有发展前途。它的最大优点是自带能源。其次工作物质复杂，因而可以获得多波长的输出。这对红外对抗是有利的。

最近国外研制出的一种氟化氢化学激光器<sup>(1)</sup>已达到500瓦连续输出功率，效率10—12%，运转时间达一小时。预料不久可达几瓦。在七十年代化学激光器可望会有重大突破。