

我们还分析了加热边界对热稳定的影响,加热层的特征厚度 λ 越大,边界引起的密度下降越小。这就使高速流动气体放电中电极边沿形状、预电离电子束密度分布及光腔设计等都有一定要求。

经分析可见,预电离电子密度分布均匀性是很重要的。沿电场方向不均匀容易引起负离子性不稳定。而垂直电场方向不均匀又容易引起热不稳定性(形成电弧热通道),这些对流动气体放电激光器的尺寸扩大无疑都带来困难。

超音流高能气体激光器的喷管设计理论

中国科学院上海光机所 褚成

几年来,在我所 CO_2 气动激光器及 CO 电激励气动激光器的研制过程中,适用于这类激光器的小尺寸喷管的设计理论逐步完善,并已形成完整的计算机程序编码。本文对此作出总结。首先分析了激光方向性对流动介质均匀性(从而对喷管设计)所提出的技术要求,然后概述喷管设计各环节(亚音速段、超音速段、附面层修正)的理论计算方法。

腔区气流密度的不均匀可分为两类:大尺寸的密度不均匀以及小尺寸的密度不均匀——密度的随机起伏。由击波、附面层异常增大、瑞利加热等引起的大尺度非线性密度不均匀将使光束发散;密度的紊流起伏则使输出口径内相位起伏而造成远场强度的下降。这两种现象均需要避免。以 CO 电激励气动激光器的实际工作条件为例进行的计算表明,良好的激光方向性(近衍射极限)要求喷管提供均匀、平直而且紊流度小于额定值($\sim 3\%$)的超音速气流。

为此,喷管亚音速段采用了复变函数理论的计算方法,可保证整个壁面处自始至终不出逆压梯度,不易形成附面层分离而导致气流的紊乱。超音速段核心流采用 A_{kin} 方法作计算,即认为气流由喉道处马赫数为1的平行均匀流膨胀为源流,由此可解析求出过渡区曲线坐标。考虑到实际气体有粘性及热传导,对壁面作附面层修正。因为在所考虑的小尺寸喷管的场合,雷诺数 $\leq 10^6$,故认为转换在尾部实现,而喷管型线可按层流附面层理论加以修正。我们采用的是数值积分方法,即数值求解流函数 f 所满足的五阶微分方程的边界值问题,进而数值积分得到位移厚度,在涉及壁温的时候,采用了合理的简化,指出这种简化所带来的偏差是很小的。

基于以上理论编制了适用于任意参数的电子计算机程序,可直接算出程控自动机床的加工指令,作为一个例子,给出了计算所得 CO 电气动激光器的喷管实际型线。

一个紧凑的高效率 TEACO_2 激光器

中国科学院吉林应用化学研究所 郭川 马莹 侯曜武 宋丕莹 于华

为了开展激光化学和红外激光光谱方面的研究工作,我们设计制造了一台简单而紧凑的 TEACO_2 激光器。因为采用了自制的平板低感电容器和紧凑连接,降低了主放电回路的电抗,提高了泵浦速率,从而增加了激光输出。能量转化效率最高达15%。

整机包括激励电路、激光管、谐振腔、高压电源和充气排气系统。

高压脉冲由电容器和电感器组成的 LC 倍压电路产生。平板电容器与激光管电极紧凑连接构成主放电回路。平板电容器的容量为0.023微法。高压脉冲形成电路与主放电回路用一根电缆较远距离连接。

激光管外壳采用硬质聚氯乙烯管,管长1米,直径190毫米,壁厚10毫米,管子两端焊接法兰。电极近似罗可夫斯基形,在阳极电极上开4条平行于光轴的槽,槽内安装预电离金属丝,金属丝插入直径3.5毫米

的玻璃管中。为便于观察放电情况,在管壁上平行于放电槽路装一有机玻璃窗。激光管的真空度可达 0.2 托。

谐振腔由 3 米曲率半径的镀金全反射镜和不镀膜的锗平面反射镜组成,镜片装在可以调节的法兰盖板上。有效激活体积 $2.5 \times 3 \times 60$ 厘米³。

用锗单晶光子牵引探测器配 SB-11 型脉冲示波器测量了激光脉冲和主放电脉冲波形。当管内充一个大气压 CO₂、N₂ 和 He 混合气(CO₂:N₂:He=1:1:10)并掺杂 1 毫升三乙胺或三正丙胺时,测得激光脉冲的半宽度约 100 毫微秒。同时,用热电能量计测得激光能量为 1.1 焦耳。

以每秒 2 次的频率发射 10⁴ 次脉冲之后,能量下降到 1 焦耳以下,开始有弧光出现。在距窗口 10 厘米处功率密度为 6 兆瓦/厘米²。

激光器可以在无 He 的情况下运转。例如充以 CO₂:N₂=1:1 混合气,加入 1 毫升三乙胺,总压力 ~300 托,工作电压 14 千伏,输出能量 1.4 焦耳。

激光器的锗镜用光栅代替,可以调频输出,调频范围从 9.1 微米至 11 微米。在 10.6 微米附近输出 0.5 焦耳,通过聚焦透镜后可使空气击穿。

TEACO₂ 激光器主动锁模实验研究

中国科学院上海光机所 蔡英时 伊景荣 牛万青

利用 1 米长光预电离 TEACO₂ 激光器,腔内置一布氏角声光调制器做损耗调制元件来研究主动锁模。

光预电离 TEACO₂ 激光器由 500 毫米长两节组成,每节参数为:口径 40×50 毫米,电容 0.063 微法,电压 60 千伏,采用同步触发球隙系统使之同步工作,工作气分 He:CO₂:N₂ 为 8:2:1 气压 660 托。谐振腔由 R=3.5 米和平行平面 Ge 片构成,Ge 片平行度小于 10'。在 Ge 前置 φ7 光阑选模使器件工作于 TEM₀₀₂ 模式。

声光调制器由声光介质电阻率为 16 欧姆·厘米的 n 型 Ge 及 Y36° 切割的 LiNbO₃ 换能器片组成。Ge 块长 50 毫米,厚 15 毫米,使在光路中既满足布氏角条件又满足 Bragg 条件,并使声波沿 Ge 的 [111] 方向传播。换能器共振频率为 32 兆赫,射频电源为 LC 振荡器,以换能器反射功率来控制频率稳定。用延迟触发器控制射频电源脉冲工作及器件放电。声光调制器工作脉宽 1 毫秒,在其工作 0.5 毫秒后 TEACO₂ 器件放电。声光调制器置于尽量靠近输出 Ge 片处。根据 $\nu_m = C/4L$ (ν_m : 调制频率, C: 光速, L: 腔长) 选取 L=2344 毫米。用 E323A 型通用频率计测调制频率,并使之工作于 32.176 兆赫的声模上。

用炭斗能量计测激光输出,不加射频电源时输出为 ~0.5 焦耳,加射频电源进行调制时输出为 ~0.2 焦耳。

器件工作时,高压火花球隙开关造成严重的电磁干扰,且频率甚高,严重影响激光输出波形的示波器观测。因此采用双层金属板屏蔽室,可使干扰信号降低至 50 毫伏以下,在屏蔽室中用 R=1 米的聚光镜将光会聚于光子牵引接收器上,用 SS-6200 示波器进行观察。实验中此锁模激光系统以每 10 秒一次的速率稳定工作。在此速率下,可清楚看出不加调制时为紊乱的自锁工作状态,在加调制时为规则的脉冲系列,对上述情形以多次脉冲拍摄的方式取得了输出特性的照片,同时表明锁模系统的工作是稳定的。基于上述实验情况,TEACO₂ 主动锁模器件是一良好的波长为 10.6 微米的毫微秒脉冲振荡源。

无 He 的 TEACO₂ 激光器

中国科学院物理研究所 周岳亮 尹燕生 宋瑞舟 回秀敏

自从 TEACO₂ 激光器出现以来,对其进行了广泛的研究,获得了迅速发展。通常这类器件的工作气体