

新型大功率 CO₂ 材料加工机

尤里卡“欧洲激光”发展计划为设计大功率工业用激光器和材料加工室提供了一个史无前例的机会。该计划有欧洲五个国家的14个机构合作参与,五年内预算为1800万英镑。计划的核心是将效率高的CO₂激光器组成插件结构,并全部安装在适合工业应用的激光室内。现已进入该计划第一阶段的第二年,业已研究了多种激光器设计方案,以便在激励方式、废热排除、功率转换、光束成形和功率输出等方面获得最佳效果。计划的第二阶段即最后阶段是对整个激光室进行为期两年的应用研究,这包括范围广泛的材料加工应用和产品的市场销售前景调查。

一、CO₂ 激光器

工业上可用的激光光束必须是能用大小合适的常规光学系统控制的。波长太长时光学装置过分笨重,波长太短则需要特殊的材料和非常规技术。可取的波长范围约在几十微米的中红外和几百纳米的中紫外之间,在这一波段内有三种主要类型的气体激光介质。短波长(中紫外—可见)通常由离子和准分子发射,中波长(可见—近红外)由原子发射,长波长(近红外—中红外)由分子发射。激光器的发射波长由两个能级差决定。

并非每一种被激发的离子、原子和分子都

未临床应用,但有不明确的临床应用,如在眼科,又如有些气化波的应用可能就是等离子体冲击波的应用。

激光产生等离子体及等离子体冲击波的应用并不困难,Steven J. Gitomer 及 Roger D. Jones 认为“成功在握”。

我们相信,在医学家和物理学家的共同努力下探索下。激光医学的新进展将创造新的医学

能产生激光,成为激光工作介质,也并非激光工作介质任意能级之间都能产生激光。要形成激光,首先必须利用激励能源使工作介质内部的一种粒子在某些能级间实现粒子数反转分布,同时还必须满足阈值条件——即光在增益介质中来回一次所获得的增益足以补偿在这次来回中光的损耗。处于上激光能级的粒子通过受激发射和自发发射回到低能级。当受激发射比自发发射占优势时,产生激光作用,而自发发射系数是与波长的三次方成反比的。波长越长,自发发射越弱,因此长波长容易形成激光振荡。另一方面,短波长有利于光束的聚焦和获得高功率密度。综合考虑的结果是,波长在3—30 μm 的中红外区特别适合于大功率激光发射,如5 μm 的CO和10 μm 的CO₂激光发射。

1964年C. Patel首次报道了第一台CO₂激光器,当时功率只有1mW。时隔一年,Patel等人将功率提高到100W以上,而今天功率20kW以上用于材料加工的CO₂激光器已有商品出售。CO₂激光器既能连续工作,也能脉冲工作。除了某些特殊应用场合,其他一些激光器能与之匹敌外,从全面评估来看,目前公认CO₂激光器是连续输出几百瓦以上最好的激光器。此外,10.6 μm 的CO₂激光波长处于8—14 μm 大气窗口的中间,光束在大气中传输距离较远。

如果在放电管中只充一种CO₂气体,不仅

奇迹。

- [1] B. Zysset et al., *Appl. Phys. B*, **48**(1989), 139.
- [2] Alfred Vogel et al., *Ophthalmology*, **93-10**(1986), 1259.
- [3] R.D. Griffin et al., *J. Appl. Phys.*, **59-6**(1986), 1968.
- [4] Martin R. Prince et al., *IEEE J. Quantum Electronics*, **QE-23-10** (1987), 1783.
- [5] Martin R. Prince et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **83**(1986), 7064.

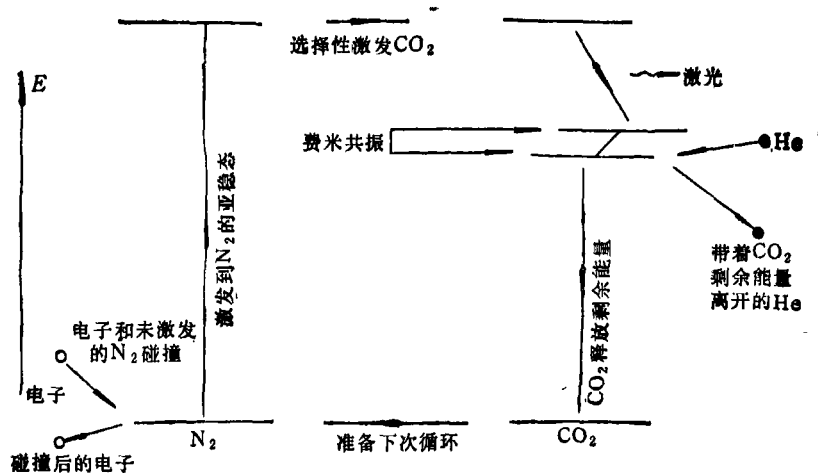


图1 CO₂激光器能量循环示意图

输出能量小,而且废热难于散出,所以在放电管中还要加入适量的氮和氦等辅助气体。氮气能大大地增加能量的吸收,通过氮分子与放电电子的碰撞,在氮分子亚稳态振动能级上获得的能量可直接转移到CO₂分子的上激光能级。这一过程称为有选择的激励,是一种主要的效率高的激励作用。氦的作用有两方面:(1)通过费米共振效应,下激光能级的能量转移到与之接近的氦能级上,然后经与流动气体分子碰撞(如He)带走能量;(2)氦是一种热的良导体,它可带走介质的废热,还能使放电均匀。图1为CO₂激光器能量循环图。

二、实现大功率的途径

气体激光器的输出功率依赖于两受激能级间粒子数反转的能力。气体温度上升使上能级的粒子数密度减小,下能级的粒子数密度增大,因而不利于粒子数反转的形成。在临界温度以上(如CO₂的临界温度为200℃),激光器不能有效地工作。因此设计大功率激光器的关键是要解决好散热问题,即如何用冷气取代热气。一种设计方案是慢流速激光器。它的能量转换效率只有10%,绝大部分输入能量消耗在加热混合气体中。假设了某些条件后,可以推导出慢流速输出功率 $P_{out} = 6\pi k l E d T / (1 - E)$, 式中 k 为混合气体的热导, l 为管长, dT 为管壁

与气体间的平均温升, E 为激光器效率,它是小于1的常数。从公式看出,输出功率受到严格的限制。在最大的工作温度下,只有增加管长才能增加输出功率,增大管子直径无济于事,因式中不包含此项,改变气体压力也不会有影响,因为气体热导 k 在 10^{-2} 至 10^{-4} m bar 之间基本上恒定。实验上得出慢流速激光器连续运转最大功率为 100W/1m。

改善冷却条件能增大输出功率,如强迫对流,即抽出谐振腔内的热气,代之以流动的冷气。为了得到明显的冷却效果,需要快速地更换气体,约每秒100—1000次。如果激光器以这种冷却方式为主,称之为快流速激光器。这时输出功率只与激光介质的体积和气体变化速率有关。

图2是轴向快流速型CO₂激光器示意图。冷却气体、光轴和放电方向三者在同一方向且共轴。管长为0.5m的激光器气体流速为每秒数

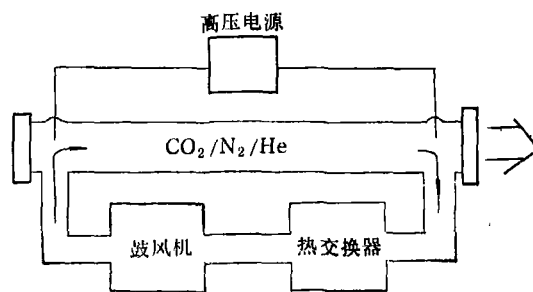


图2 轴向快流速型CO₂激光器示意图

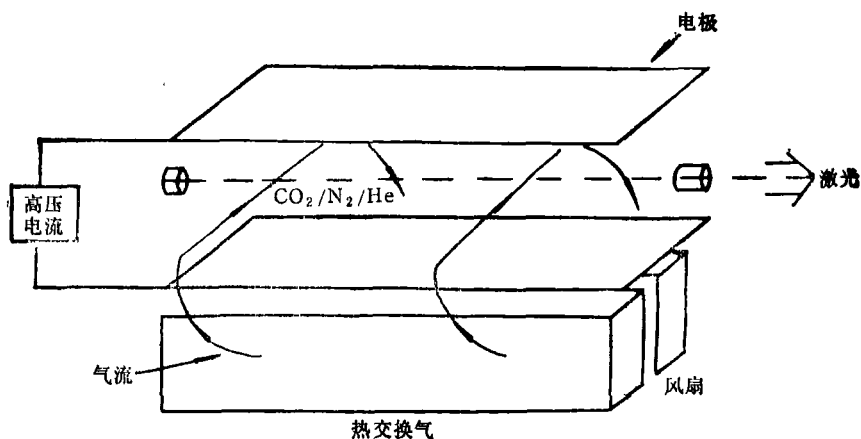


图3 横向流速型 CO₂ 激光器示意图

百米,单管功率输出达 1kWm^{-1} 。

功率越大需要用的管径越粗,管压越高,由此引起放电不稳定性。放电产生向上的湍流搅拌着放电气体,维持了高压辉光放电,避免了打弧和漏气。轴向快流速激光器可视为一个湍流发生器,混合气体因迅速膨胀而预冷。它允许激光器有较大的温升,因此输出功率也较大。

另外还有一种横向流速型激光器。这类激光器的特征是气体流动方向垂直于谐振腔。图3是它的简图。由于气体流经的放电路径比较短,可以使用较慢的流速。放电方向可以与气流同向,也可以垂直于气流和谐振腔方向,后者更多地被采用。因为它不妨碍气体流动,而且放电路程较短,使用的工作电压也较低。它的单位体积输出功率可与轴向快流速型激光器比拟,总功率大于轴向快流速型的,而且工作电压只有轴向快流速型的10—20%。为了在谐振腔内维持均匀放电,需要采用非常精密的电极。

三、CO₂ “欧洲激光”原型机

已对 25kW 激光器作了广泛的性能鉴别工作。这些性能包括:良好的时、空功率稳定性,规定的光束发散角,精确的瞄准稳定性——特别重要的是激光器和工件间有数十米光程时的瞄准稳定性,动态范围大的功率跃立、占空因数大的脉冲输出能力,工作可靠,使用寿命长和故障少。25kW 激光器的功率转换以插件为单

位,然后统一集中输出。每一插件为横向流速型结构,放电电流方向、气流方向和光轴方向三者互相垂直。激励电源为 27.12MHz 的射频电源。

四、光束的控制和输出

研究了现行激光加工机优、缺点和新加工机要求后,制定了 25kW 激光室方案。目前采用的单光束输出和单一聚焦系统在加工三维工件时,无论是加工精度还是加工速度和启动时的加速度都达不到要求。因此新激光室由三个独立区(A, B, C区)组成,每一区能接收两束激光束,同时还要求在使用一个或两个区加工时,不妨碍人员进入未使用区。协同操作光束输出系统和工件控制器能在 6m 长的元件上,以 100m/min 的速度进行一维、二维或三维加工。

A 区由最复杂的光束输出控制器系统组成。系统底座上装有六个机械轴,第六轴能绕激光束转动。光束出射的喷嘴处装有高度检测器,以便保持光束聚焦在工件所要求的距离。

B 区是有三个轴的光束输出系统,该系统能高速运动和加速。传感器推动机器加工头作上、下运动,以适应加工面上细微的不均匀性要求。

C 区结构较简单,它由一稳定的垂直光束输出系统和加工喷嘴组成。

每一区的聚焦元件由镀有 $10.6\mu\text{m}$ 波长的

弱磁场测量技术进展

李大明

(机械电子工业部哈尔滨电工仪表研究所, 哈尔滨 150040)

黄明哲

(哈尔滨科学技术大学, 哈尔滨 150080)

本文简述了无定向磁强计、感应线圈磁强计、质子磁强计、光泵磁强计、磁通门磁强计、超导量子磁强计等几种弱磁场测量仪器的特点和现状,重点评述了磁通门技术、高温 SQUID 技术等最近发展,介绍了弱磁场测量技术的典型应用。

Abstract

The state-of-art and general features of instruments for measuring weak magnetic fields (such as the nondirectional magnetometer, induced coil magnetometer, proton magnetometer, optical pumping magnetometer, flux-gate magnetometer and superconducting quantum magnetometer) are briefly described. Emphasis is laid on the development of a novel technique used in the flux-gate magnetometer and the liquid nitrogen SQUID. Typical applications of the measuring techniques for weak magnetic fields are given.

一、弱磁场测量的方法和仪器

我国人民引以自豪的指南针的发明,早在公元前三世纪就有记载,但直至 16 世纪以后,

高反射率膜的铜抛物面反射镜组成。系统其它反射镜(约 30 面)皆为镀铜的平面镜。每一激光器的光束被导向到由三个活动镜组成的直立镜组底部。这些反射镜能按要求随意伸缩,把光束引向各区后面的光路。由于从三个区输出的光束高度不同,所以这三束光能叠加起来输出。

A, B 和 C 三区各自备有 He-Ne 准直系统,分别对各区的 CO₂ 主光束系统准直。此外,在各区的光束入口处装有光束快门系统,该系统能快速切断光束,是安全系统的主要组成部分。

机器的控制系统自动化程度高,各区受自

物理

它才真正成为测量磁场的科学仪器。当今科学技术的发展已经形成数十种测量弱磁场的方法和仪器,它们在国民经济、科学技术、军事、医学等领域里发挥了极重要的作用^[1,2]。

本文介绍几种主要的弱磁场测量方法和仪

己的控制系统控制,同时将信号送到室控制器系统。它能识别机器工作系统和外来控制信号,操作易于掌握,在 A 区培训使用的操作者能自动地熟悉 B 区和 C 区的操作。

五、计划进展情况

计划的第一阶段,即 25kW CO₂ 激光室的设计和制造将近完成。与此工作并行的功率 10kW 的加工机制造已进入材料加工阶段。它是为 25kW 加工机第二阶段应用积累经验的。

(焦 飞)