

'97 第六届中南、西南、西北地区激光学术报告会 论 文 摘 要

(1997. 8. 17~ 23. 湖北神农架)

激光基础理论与元器件

光纤激光器的新发展

郭振华 雷建设 胡 兵 何云贵
(华中理工大学, 武汉, 430074)

经过 20 多年努力, 光纤激光器已达到了商品化的程度。80 年代后期美国的 Polaroid 公司和英国南安普敦大学研制成包层泵浦光纤激光器, 即高功率二极管产生泵浦光耦合进外部低折射率玻璃包层中传输并激发中心掺杂(钕)光纤受激振荡放大, 产生出了约 1W 的单模激光。1989 年 Polaroid 的研究人员把光纤的外部包层改为矩形截面结构, 这一方面便于和激光二极管耦合, 另一方面又可提高泵浦光激发光纤芯中激光介质的效率(例如 13.5W 的 807nm 波长泵浦光在 40m 长光纤中产生出 5W 的 1.06 μ m 单模激光, 光学转换效率 40%)。SDL 公司和德州大学等的研究者在提高输出功率和转换效率等方面也做了不少工作。特别是 1997 年 2 月推出的商品 SDL-FL10 型光纤激光器, 波长 1.1 μ m 获得 60% 光转换效率, $M^2 \leq 1.1$, 连续波功率 9W, 光斑直径 0.46mm, 发散角 1.5mrad, 可以聚焦成几微米的小光点。另外 SDL 公司还制成了输出 16W, Polaroid 公司制成了输出 23W 的样机, 并能调制为 40kHz 的脉冲激光, 这将有利于激光的一些特殊应用。目前国内光纤激光器还处在实验室研究阶段。

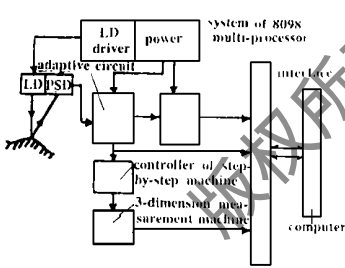


Fig. 5 Non-contact inspection system

果送给面板显示器, 同时还可以控制单片机与系统机的数据传送, 便于系统机进行更高级的数据处理; 另外通过步进机驱控器可以控制非接触激光扫描探头工作在正常的测量范围内。

该测量系统采用日本产的高精度的 PSD(S3931), 其测量范围为 ± 2 mm, 分辨率为 2 μ m, 光源采用激光二极管(LTO27MD), 通过分析可知经过校正曲线插值而得的测量结果与实际结果之间的误差小于 5 μ m, 其相对误差为

0.12%, 可见测量效果较好。

本文来自国家“八五”攻关课题“高精度非接触激光扫描探头及数据处理系统”, 1996 年 4 月, 该课题已通过国家验收。

参 考 文 献

- 1 张晓红. 非接触测量中激光扫描探头的研究. 中科院长春光机所. 硕士论文, 1993
- 2 姚竹亭. 电子技术应用, 1993; 5: 24~ 26
- 3 Elson J L. Opt & Laser Technol, 1983; 21(5): 406

作者简介: 林 华, 男, 1969 年出生。硕士。现从事教学科研工作。

收稿日期: 1996-11-12 收到修改稿日期: 1997-01-25

掺 $\text{Er}^{3+} / \text{Yb}^{3+}$ 布拉格光栅光纤激光的分析

徐造业 李承芳 黄晓华 池桂梅

(武汉大学物理系, 武汉, 430072)

在掺 $\text{Er}^{3+} / \text{Yb}^{3+}$ 光纤中直接写入了不同反射率的布拉格光纤光栅, 并用它作谐振腔构成光纤激光器。对以具有增益特性的布拉格光纤光栅作为谐振腔的光纤激光器作了较全面的分析。在增益介质中直接写入布拉格光栅后, 增益介质的折射率和增益系数呈小幅度的周期性变化, 其耦合波方程的解是传播方向相反的两列波的迭加。当光波频率 ω 与布拉格频率 ω_0 之差 $\delta = |\omega - \omega_0|$ 很大时, 光栅反射率和透射率呈周期性变化。当 δ 较小时, 反射率先快速增加, 后平缓增加, 光栅长度达到某一值后, 反射率几乎不变化, 且稍大于 1; 而透射率先快速减小, 后缓慢减小, 最后为零。通过建立掺 $\text{Er}^{3+} / \text{Yb}^{3+}$ 光纤激光器模型和速率方程, 得到激光泵浦阈值功率公式和输出激光功率的数值求解。最小阈值功率对应的腔长为毫米量级, 腔长为 2~3 cm 时, 阈值功率在 1mW 以下。输出端反射率在 0.93 附近时, 输出功率最大, 斜率效率为 10%。

多模光纤有关参数的检测及其切割工艺的实验研究

王金华 邢磊

(华中理工大学激光技术国家重点实验室, 武汉, 430074)

光纤截面的折射率分布与掺杂及其浓度有关。用化学气相沉积法生产光纤时, 掺杂成分不同可以改变折射率的分布。因此, 测量和控制光纤折射率的分布, 就可以检验和掌握光纤的质量和类型。采用干涉法来测试多模光纤折射率分布, 基本上可以达到所需要的高精度和高分辨率, 且数据处理简单, 测试方法易操作。介绍了利用相干光通过被测样品(多模光纤)后折射变化产生的干涉条纹移动, 来测量多模光纤径面上各点折射率的变化, 并对被测样品的制作工艺及其厚度测量作了阐述, 同时说明被测样品切割的优劣对实验数据的准确度有直接的影响。

气动冷却 CO_2 激光器的设计和放电特性

沈梁 程祖海

(华中理工大学激光技术国家重点实验室, 武汉, 430074)

经过理论计算和实验, 研制了一种新型的气动冷却 CO_2 激光器, 它主要由超音速列阵喷管, 放电电极, 光学谐振腔和真空排气泵组成。工作气体是 N_2 和 CO_2 , 无需昂贵的 He 气。先用列阵超音速喷管使 N_2 绝热膨胀进入放电区上游, 并对 N_2 进行电子碰撞激发, 因为 N_2 激发态的寿命较长, 而在放电区的下游, 采用后混合喷管技术将工作气体 CO_2 注入, 使其与激发态的 N_2 分子进行共振能量转换, 实现 CO_2 粒子数反转的目的。经过实验, 得出了在一定气压下的 CO_2 与 N_2 的最佳配比, 在 200mm × 20mm × 30mm 的放电区间实现了均匀、稳定的辉光放电; 研究了气动冷却 CO_2 激光器的直流通电特性, 此功率达到了 400W/g/s, 获得了 $g = 1\%/cm$ 的增益系数, 为高功率 CO_2 激光器小型化研究提供了新的途径。

气动冷却 CO_2 激光器的微机测控系统

杜泽明 程祖海

(华中理工大学激光技术国家重点实验室, 武汉, 430074)

气动冷却 CO_2 激光器是采用气体绝热膨胀技术使工作物质温度预先冷却, 从而更有效地注入电功率和提高激光器电光转换效率的一种新型的结构紧凑的高功率 CO_2 激光器。实验用激光器采用横向放电、纵向流动工作方式, 由于上游阴极针的预电离作用, 造成沿气流方向每根针的等效阻抗和放电电流随位置分布而差别很大。经实验验证, 对于横向三排、沿气流方向 70 根排列的气动冷却放电结构, 通过该测控系统的电流

巡回检测,有规律进行阴极镇流电阻调整,上、下游针电流相对误差可控制在10%以内(如果不进行调整,上、下游针电流相对误差约为一倍)。由于放电电流均匀性得到控制,该激光器的注入功率明显提高,每根针的稳定注入电流可达到50mA以上,比普通横流CO₂激光器的每根针注入能力提高一倍以上。

CO₂ 激光测距机与红外热象仪共光路组合系统的测距实验

封 巍 封鸿渊

(西南技术物理研究所,成都,610041)

CO₂ 激光测距是目前已达到实用化的三个军用激光测距波段之一,由于它与目前广泛使用的8~12 μ m红外热象仪于同一波段内,具有人眼“安全”与穿透战场烟雾能力强的突出优点,与红外热象仪性能匹配,因此,把CO₂激光测距机与8~12 μ m波段红外热象仪组合在一起,采用两者共光路,共CMT探测器及共探测器制冷器的结构,实现观、瞄、测一体化功能的全天候,昼夜全勤光电系统就格外引人注目。我们采用西南技术物理研究所研制的CO₂激光测距机与昆明物理研究所研制的iv类通用组件红外热象仪研制成功了采用共接收光路结构的CO₂激光测距/红外热象仪一体化试验装置,并成功地进行了CO₂激光测距与红外热图象观察试验。必须特别指出,此次实验中,我们在能见度不到800m的天气条件下,该试验装置按照热象观察发现和瞄准的目标,准确测到了相距为1.5km处小目标(水塔顶部)的距离,证实了此装置在可见光能见度差(雾天)的条件下的测距能力;同时在良好天气条件下,此装置测到了约3km处的水塔尖(小目标)。本装置的试验成功为下一步采用共光路,共探测器及制冷器的全组合兼容一体化系统的研制工作打下了坚实的基础。此项工作是与昆明物理研究所合作完成的,在此,我们对参加此项工作的侯冰、金宁、褚震宇同志表示感谢。

脉冲编码对激光器的影响

孙年春 程洁代明 林菊平 钟鸣

(西南技术物理研究所,成都,610041)

激光的脉冲编码其实是泵浦功率的变化,它将影响激光工作物质的热透镜,热双折射等效应,并最终引起输出光束各参数的变化。本文分析了脉冲编码与光束参数之间的关系。

灯泵被动调Q Er 玻璃激光器

钟鸣 孙年春 程洁 林菊平 代明 左研 韩凯

(西南技术物理研究所,成都,610041)

报道了灯泵被动调Q的Er玻璃激光器,被动调Q元件为CaF₂。在输入为18J时,输出为1.5mJ。

相位共轭腔的热稳定性分析

钟鸣 程洁代明 林菊平 孙年春

(西南技术物理研究所,成都,610041)

分析了相位共轭镜腔的热稳定性。求出了解析的热稳条件,且理论与实验结果相符。

利用等离子体摆动器结构产生自由电子激光的可行性分析

刘圣广 周予生 祝家清

(华中师范大学物理系,武汉,430079)

等离子体摆动器结构的原理如下:在静态等离子体的情形下,若改变等离子体密度,则等离子体的振荡频率将发生变化。若空间调制等离子体密度,将产生一个周期性的介电常数。在自由电子激光中,当一个电磁波在等离子体中传播时,它将被电子束散射,因而呈现出等离子体摆动器。它可以认为是动态型的。调制等

离子体的密度, 波场作用在电子束上, 由此, 决定着电子束与电磁波之间的相互作用。因此, 在这种等离子体摆动器中, 类似于通常的自由电子激光, 理论分析只限于线性近似范围之内。基于上述分析, 描述了电子在其中的运动规律, 导出了电子自发辐射谱, 分析了谱的谐波特性, 并用 Madey 定理求出了各次谐波的小信号增益。

薄膜吸收改善的内在机理的研究

严晓敏 胡菁 李晓平 陈清明

(华中理工大学激光技术国家重点实验室, 武汉, 430074)

使用 ZnS, ZnSe 和几种氟化物在不同的蒸发方式, 蒸镀速率, 基底温度下进行正交实验, 镀制了一系列的全透膜。然后使用真空量热法测量出每片镜子的吸收, 其他的性能, 如硬度、结合力等也进行了测量。分析所得数据, 找出了材料、蒸发方式、蒸镀速率、基底温度的最佳组合。实验显示 ZnSe 与一种氟化物 X 各自在特定的蒸发方式、蒸镀速率、基底温度时, 所镀制的薄膜吸收最低, 从以前的 1% 降到 0.1%。其他的性能如硬度、结合力、抗强激光能力也可以接受。电镜照片显示, 在最佳搭配下镀制的薄膜的柱状结构明显致密, 空洞中的吸潮明显减少, 膜层与膜层之间、膜层与基底之间的界面状态更优良。显然, 不同的材料和制备参数对薄膜的微结构有很大的影响, 而薄膜的柱状结构是否致密、膜层与基底结合是否良好都决定了薄膜的光学特性, 尤其是薄膜的光吸收。

用于高功率激光束变换的衍射光学元件的研究

陶少华 陈培锋 丘军林

(华中理工大学激光技术国家重点实验室, 武汉, 430074)

研究了衍射光学元件用于高功率激光束的聚焦和整形的可行性。衍射光学元件具有比普通透镜更好的聚焦质量、可随意进行光束整形等方面的优点。讨论了高功率激光束的复杂模式对衍射光学元件在设计中所引起的困难。对高功率光束引起的高温、强冲击力对元件的变形以致毁坏所起的负面作用、元件加工制作所具有的特点等方面也作了详细的研究。对于复杂模式的激光束, 位相元件的光束变换变得异常复杂, 实际制作几乎不可能得到合乎要求的元件。提出了利用振幅元件和位相元件同时用于光束变换的一种方法: 即对光束的中心利用位相元件进行整形, 光束的边缘利用振幅元件进行整形而获得所需的光束质量。这种方法很适合大直径光束的聚焦。

计算机设计制作衍射光学元件的方法

陶少华 陈培锋 丘军林

(华中理工大学激光技术国家重点实验室, 武汉, 430074)

在杨-顾相位设计算法的基础上, 利用编制的程序自动进行光学元件的表面相位分布的设计。对于复杂的表面相位分布图样, 光学成象蚀刻法最为适合和方便。作者利用杨-顾算法设计计算了把高斯光束转换成光强均匀分布的圆形光束的衍射光学元件的表面相位分布。利用胶片的透射率与胶片的黑度成对数分布的关系, 把位相分布转换成计算机辅助设计制作的图样的灰度分布, 利用专业设备复印出来, 并缩小成胶片, 利用胶片透光率的不同对涂了光致抗蚀剂的元件进行蚀刻加工, 做成衍射光学元件。还利用计算机辅助设计制作的图样, 制作了一种条纹宽度逐渐减小, 蚀刻深度连续变化的另一种衍射光学透镜, 该透镜具有聚焦光斑小、衍射效率高的优点。利用这种设计方法制作衍射光学元件, 可以大大降低制作误差, 如对位误差、深度刻蚀误差都可以控制在一定范围内, 故衍射效率可以更接近理论值。

非线性光导开关特性的研究

石顺祥

(西安电子科技大学, 西安, 710071)

80年代后期发展起来的非线性光导开关技术,由于可以采用短脉冲半导体激光器激励,有可能研制成一种新型的小型化、高压、高功率、快速上升时间电脉冲产生器件。这种器件将会在许多领域内获得应用,因而受到人们的广泛重视。通过对非线性光导开关工作机理的研究,提出了一种含有深能级杂质碰撞电离的雪崩注入模型,给出了载流子输运方程和输出电压方程。主要对影响非线性光导开关输出特性的延迟时间特性进行了理论计算,并给出了若干理论计算曲线,所得到的结果与国外已报导的实验结果非常吻合。

多模固体激光器尖峰调制特性的研究

胡强高 黄维玲 刘耀兰

(华中理工大学激光加工国家工程中心,武汉,430074)

以多纵模理论为基础,考虑到各个模式间通过空间烧孔效应的耦合作用,对摆镜调制现象进行了数值分析。在固定调制频率下,调制振幅较小时,输出规则的呈周期性的尖峰,且尖峰频率是调制频率的两倍;当振幅超过某个阈值时,输出呈噪声分布;振幅继续增大时,输出跃迁为规则的巨脉冲。噪声阈值在弛豫振荡频率附近有一个最小值。根据结果画出的调制振幅-频率图按调制现象可分为三个区域:线性区、噪声区、巨脉冲区。根据这个调制图就可以确定合适的激光器调制振幅和频率。给实际的多纵模调制设计工作带来了方便,这种分析方法同样适用于腔长调制。

连续 Nd YAG 激光器输出功率曲线双峰结构的理论与实验研究

徐荣青 蓝信钜 刘耀兰

(华中理工大学激光技术国家重点实验室,武汉,430074)

光泵 Nd YAG 激光器的热效应会在 YAG 棒中引起轴向热伸长和径向折射率梯度,从而产生激光介质的热透镜效应。运用腔的传输矩阵理论,分析了内含热透镜平行平凹谐振腔的性质在运行中的变化,以屈光度(热焦距的倒数)划分了稳区及非稳区,并根据稳区分布的对称性及稳腔和非稳腔的性质,分析了腔的损耗随泵功率的变化关系,进而对连续平行平凹腔的 Nd YAG 激光器的输出功率特性作了详细分析,主要结论有:(1)激光器的阈值随着工作点的变化而变化,每个工作点都有自己的阈值。(2)激光器的输出功率曲线有双峰结构,且两峰值的位置分别位于两稳区内的高值边界附近。在理论分析的基础上,我们设计了一套腔参数,并进行了实验,实验观测到了输出功率曲线的双峰结构,且测得的实验结果与我们的理论分析相一致。

用于约束放电激励铜蒸气激光器的磁脉冲压缩电路

陈永洲 陈清明 李 军

(华中理工大学激光技术国家重点实验室,武汉,430074)

由于铜原子激光的自终止性质,选择合适的脉冲电源,以产生足够的铜原子密度,实现快速激励是关键。磁约束放电激励的放电电压仅为 1kV 以内,工作温度低于 400K,不需要预热时间。但是,由于它的放电电压低,储能电容取得过小,会导致注入能量不足;放电电容取得过大,会导致激励脉冲前沿变缓。为解决这一矛盾,利用三级磁开关电路保证一定的脉冲压缩;通过耦合变压器,在前级高压充电,后级低压放电保证足够的能量注入,可以很好地缓和这一矛盾。分析了各个回路的充放电过程,讨论了元件的选取和磁开关的制作原则,特别是储能电容,放电电容,饱和电感,耦合变压器和磁性材料的选取,并同单级磁脉冲压缩的实验结果进行了比较,符合得很好。

YAG 倍频激光器的超高斯镜腔

毛少卿 黄 涛 温中一 毛代胜

(华中理工大学激光技术与工程研究院,武汉,430074)

为了提高在振动环境下工作的 YAG 倍频脉冲激光器的光束质量,设计了稳定腔条件下的超高斯型输出

镜。在理论上论证了带有超高斯镜的稳定腔中,激光介质的增益饱和特性对腔内形成超高斯模式的关键作用;建立了适用于各种腔型的带增益饱和介质的超高斯镜腔的数学模型;计算分析了稳定腔中超高斯镜对激光模式的影响和超高斯镜特征参数对激光束质量改善的关系;优化设计了脉冲 YAG 倍频激光器的超高斯镜谐振腔。

激光技术及应用

新型分块式光学 Crossbar 互联网络在宽带高速 SDH 光交叉连接系统中的应用研究

徐志根 饶斌 李源 敖滔 徐军 曹明翠 万安君 罗风光
(华中理工大学激光技术国家重点实验室,武汉,430074)

提出了一种采用分块式光学 Crossbar 互连网络实现交叉连接矩阵功能的新型 SDH 光学交叉连接设备系统,从而用光互连代替电互连,可大大提高交叉连接设备的速率和容量。分块式光学 Crossbar 互连网络采用了 FET-SEED 灵巧象元技术来实现,各个分块内部用电子逻辑,分块之间采用光互连,充分发挥了电子器件灵活的数字逻辑处理能力以及光子器件的高速光 I/O 特性。 16×16 光学 Crossbar 互连网络单路传输速率达 622 Mb/s 以上,总容量达 10 Gb/s 。这种新型的 SDH 交叉连接系统的输入接口完成对输入的线路光信号(如 10 Gb/s)进行光电转换,解复用到多路 155 或 622 Mb/s 信号,对信号帧结构中的开销字节作相应处理,再进行光电转换,多路光信号并行地输入到光学 Crossbar 互连网络模块中进行交叉连接。主控系统根据当前的业务需求情况设定交叉连接矩阵,控制交叉连接模块的互连逻辑。这样,经过 Crossbar 互连网络模块输出的并行多路光信号就已经是根据需要进行了交叉连接的信号了。然后进行光电转换,开销处理,复用成线路信号的速率,最后电光转换为线路光信号输出。设计制作并测试了采用 FET-SEED 灵巧象元的 16×16 分块式光学 Crossbar 互连网络模块,设计了 SDH 光学交叉连接设备的系统,交叉连接总容量达 10 Gb/s 。

高速光电子多级互连网络的控制算法

徐志根 刘中林 曹明翠
(华中理工大学激光技术国家重点实验室,武汉,430074)

提出采用一种新颖的控制算法,其特点是:适用于扩展一般混洗(EGS)网络的高速线路交换和分组交换;完全用硬件实现,速度快,能有效地提高信号传输速率;阻塞率低,结点级次达到一定数目时,可视为无阻塞。算法的原理为:对于采用 $(2, 1, 1)$ 或 2×2 结点的 EGS 互连网络,结点或链路的“忙/闲”信息存储在存储单元中。把连接请求的输入端口地址,路径序号,输出端口地址的二进制码链成一个二进制代码串,它唯一地决定了所有结点或链路“忙/闲”信息对应存储单元的物理地址。任意一对输入和输出端口之间存在 n 条可选路径($n = 2^m$, m 由网络级数,扇入扇出数,结点输入输出端子数共同决定)。在一次路径搜寻中,该路径上的所有结点(或链路)的“忙/闲”信息被同时取出并进行逻辑“与”,若结果为“1”,该路径未被选中,继续搜寻下一条。若结果为“0”,该路径被选中,并将该路径所有结点(或链路)置“忙”,随后就可以进行通信,通信完成后,再将该路径所有结点(或链路)置“闲”,路径被拆除。若所有路径均未被选中,则连接请求被阻塞。设计了算法的硬件逻辑,进行了计算机模拟,证明它适用于采用 FET-SEED 灵巧象元结点的光电子 EGS 多级互连网络。本算法同样适用于 EGS 拓扑等价网络,只须把网络的结点逻辑与 EGS 网络结点逻辑相互映射。建立了网络阻塞率的数学计算模型,实际进行了计算,表明增加一定的结点数,可极大地降低阻塞率。

激光产生块脉冲原子束及其在核聚变中的应用

冯兴亚 汪占河 陈建 郑银甲

(核工业西南物理研究院, 成都, 610041)

用红宝石激光聚焦光束辐照真空室中镀在玻璃衬板上的化学纯金属或非金属元素薄膜, 如厚度为 $1\sim 5\mu\text{m}$ 的 Li, Al, Fe, Cr, Ni 和 C 等。元素被蒸发, 产生一团气体原子云, 原子带有几个电子伏的能量, 它们很快膨胀, 通过限制孔栏, 形成一个快脉冲中性原子束, 然后, 通过真空管道进入等离子体室, 当它们到达等离子体边界时, 与带电粒子(主要是电子)碰撞被电离成带电离子。这些离子沿托卡马克的环向磁力线旋转并快速沿环向扩散出去, 典型的环向速度为 10^4m/s 。同时, 由于碰撞或扰动, 它们也缓慢地向等离子体内部移动, 径向速度为 $1\sim 10\text{m/s}$ 。在等离子体不同的温度区发射出从红外到 x 射线波段的不同波长的线辐射。用可见光谱系统, 真空紫外光谱仪, 多道软 x 射线阵列测量了这些辐射强度的时间、空间分布。研究了注入杂质元素的中性源时间分布, 杂质元素离子在托卡马克等离子体中的输运特性和约束性能。

激光熔覆化工阀门密封面的实验研究

石世宏 王新林

(中南工学院激光研究所, 湖南衡阳, 421001)

阀门是流体输送系统中的控制部件。石油化工生产系统中的阀门不但用量大, 很多还要在较高温度和压力下承受擦伤磨损、冲击磨损和不同介质腐蚀。这类工况条件差, 一般需连续作业的阀门的寿命和可靠性将直接影响生产线的效益和安全。对于中高压石化阀门零件的关键部位密封面, 国内一般采用各种堆焊和喷焊工艺进行熔焊。传统工艺存在裂纹倾向大, 废品率高, 组织性能不均匀, 生产工序繁多, 周期长, 成本高, 熔层极不平整, 加工量大等难以克服的缺点。使用 5kW 横流激光器在石化中高压阀门密封面奥氏体基体上熔覆 Ni 基自熔合金, 与传统等离子喷焊层对比, 经激光熔覆的石化阀门密封面能获得厚度达 3.0mm , 表面较平整光滑的合金层。在组织和性能上均明显优于等离子喷焊工艺。

工业激光应用的几点进展

雷建设 郭振华 胡兵 何云贵 李又生

(华中理工大学, 武汉, 430074)

在激光的任何应用中, 最重要之点是不同波长激光与各种材料间的相互作用, 第二要点则是特殊应用中对激光的功率要求。激光只能加工单个部件是远远不够的, 每小时能够处理工件的数量, 决定了它的经济价值, 例如多种在线应用中, 每瓦激光功率的现行价格以及此种应用的市场潜力都是考虑的因素。在激光切割、打孔、焊接等应用已比较成熟之后, 新的课题则是如何强化激光加工的优点和有效取代传统工业技术。动态激光打标包括彩色打标和给传送带上运动着的商品加印条码, 它可以代替传统的喷墨和压印方式, 有 25% 的市场被激光打标占领。例如美国 Lumonics 公司的 X-Y 打标机, 使用 80W CO_2 激光器, 激光束在电脑控制下通过转镜在 y 方向扫描传送带上 x 方向运送的商品, 能快速标刻 $3\sim 4$ 行文字, 速度为 2000 字符/s。另外如 Synrad 公司(美国)的射频 CO_2 激光器用于切割纸、木材、织物、塑料、有机玻璃, 用于微电子器件和标牌打标, 用于木材、橡皮、有机物件及大理石雕刻以及制作铝板彩色标记等方面, 都是 PC 电脑操作振镜扫描完成的。由于光路上使用凸镜扩束和凹镜聚焦, 因此根据需要, 可把 CO_2 激光器更换成 YAG 激光器。用紫外波段激光对工业产品进行(切割、打孔)已在工厂车间应用多年。特别是在铜板上打孔更为成功, 例如 Lambda Physik 公司的准分子激光(波长 248nm) 正用于大量高精度的微加工工序: 在 $60\mu\text{m}$ 陶瓷板上打 $40\mu\text{m}$ 的小孔; 在纤维生物传感器上打方形微孔, 在毛发上雕刻 $10\mu\text{m}$ 尺度的图案, 给喷墨盒箔片打圆形微孔, 在印刷电路板上制备复杂网络或分层加工等都取得了良好的效果。半导体泵浦 YAG 倍频紫外激光器(266nm) 的主要障碍是倍频晶体性能, 研制倍频效率高的优质晶体是重要目标。在微加工中的精确定位, 是由线性马达及振镜的巧妙设计和区块组合解决的, 目前已能在 $54\text{cm}\times 64\text{cm}$ 范围内进行加工。TRW 公司展出的在线激光机是二极管泵浦的 500W 板条激光器(二倍衍射极限)和 3kW 的三倍衍射极限激光器, 它们已正常运行 14000h 。既可在

喷气发动机的 Ti-Ni 合金上打出 $\phi 2.5\text{mm}$ 深 1.52mm 的微孔,又可切割石墨环氧合成物等。

小型组合式激光雕刻机

李沛沛 郭振华 李准永 陈珠珠 胡兵

(华中理工大学光电系、激光院,武汉,430074)

使用小型全金属射频(RF)激励扩散冷却 CO_2 激光器,设计了工件移动而激光束固定的结构来实现激光雕刻,充分利用了射频激励 CO_2 激光束参数的易控性和稳定性,从而避免了激光束光路在加工时频繁改变引起的多种弊病。小型工件由绘图仪驱动作二维运动,满足了精度要求。对不同形状和尺寸的工件,设计了适应绘图仪扫描特点的夹具。还设计出实现光学头夹装和精确调焦的结构,可安装标准化瞄准定位装置和检测装置以确保垂直度和调焦精度的更高要求。

图形输出 CO_2 激光打标机

龚志伟 周小火 陈清明 丘军林 陶国媛

(华中理工大学激光技术国家重点实验室,武汉,430074)

研制和开发的图形输出 CO_2 激光打标机具有以下主要特点:(1)激光器的输出镜为图形输出镜,其图形可以是商标、文字或符号等等。因此输出的激光为图形激光束,其能量均被全部利用。(2)外光路系统则由输出镜、透镜、被打标物体构成,并符合几何成像原理,即可调整出打标所需要的面积。(3)工作气体循环流动,并采用制冷热交换系统交换热量,使放电系统始终处于低温状态下工作,以保证激光器连续长时间稳定运行。

开放式计算机数字控制系统和激光加工

谢琼 李运民

(华中理工大学激光技术与工程研究院,武汉,430074)

CNC(Computerized Numerical Control)机床是一种软件式数控机床。激光加工系统采用正是这种软件式数控系统。开放式 CNC 系统基于这种思想:开发者为用户提供基本的 CNC 软件模块,同时给用户提供一个二次开发的环境。用户用交互式安装程序为自己的机床定制程序,可以增加轴数、改变反馈装备、指定 I/O 图、生成新的 G、M 代码,甚至可以将控制器从磨床运行方式变成激光加工运行方式,无需编程。在系统运行时,用户的加工参数可以实时的输入系统的数据库,以扩充开发者提供的数据库。Windows 环境提供同时运行多个应用程序,共享设备的功能。开放式 CNC 系统正是基于 Windows 环境,用面向对象的方法,提供用户基本的 CNC 软件模块(如插补模块、刀补模块)和进行二次开发的环境,使用户和开发者的潜力得到最大限度的发挥。

激光辐照 LY12 铝合金热裂纹的研究

郑启光 辜建辉 陶星之 王涛 汪洪海

(华中理工大学激光技术国家重点实验室,武汉,430074)

李思忠 张宁 刘绪发 孙承伟

(中国工程物理研究院,成都,610003)

采用 $10^3\sim 10^4\text{W}$ 连续 CO_2 激光辐照 LY12 铝合金靶材,研究激光参数在不同预加拉伸、扭曲等载荷情况下的激光辐照破坏过程。用电阻丝应变仪测量了激光辐照靶材的应变,用贴温度片诊断靶材的背面温度,用红外热象仪检测靶材表面温度。分析了激光辐照后的靶材微观结构,特别是对不同加载条件和激光联合作用下靶材内裂纹的产生及扩展进行了详细研究。结果表明,在激光与机械加载联合作用下,激光烧斑区会产生部分熔化、凹陷,并在垂直于拉伸方向产生应力集中,在烧斑区边缘产生的拉伸应力最大,此处易萌生裂纹,且裂纹呈层状,沿垂直于拉伸方向径向扩展。在扭曲载荷下,靶材断裂处呈瓦片状结构。

面效应激光破坏与点效应激光破坏关系的研究

许德胜 郭振华 辜建辉 王金华

(华中理工大学激光技术国家重点实验室, 武汉, 430074)

研究了当强激光作用在目标上时引起的一些破坏效应, 如热烧蚀和力学破坏等。用 10.6 μm CO₂ 激光脉冲热烧蚀卫星或导弹的外壳材料 2043T₃ 号 Al 的破坏阈值是 130J/cm², 力学破坏飞机外壳 1100 号 Al 板的破坏阈值是 40J/cm², 发现同样能量密度下大光斑引起的破坏作用和小光斑引起的破坏作用是存在差异的, 这对于激光武器的最佳设计相当重要。第一步是在实验室内把激光聚焦在数平方毫米到平方厘米的小范围内, 对多种样品轰击, 进而探索在激光能量密度保持不变的数值时, 变化光斑的大小而测量其破坏阈值, 得出了与一般文献上不同的结果, 这不但对深入研究破坏机理引入了新的参量, 而且会在实用上有新发现: 找到针对各种目标(人、动物、飞机、导弹、卫星、舰船和碉堡等)需要调节控制发射光束的不同参数, 以最小的代价达到最大的破坏效果。

快速激光书写质量研究

叶和清

(华中理工大学激光应用室, 武汉, 430074)

激光书写, 是光点功率密度大于 10⁷J/cm² 时, 光与零件材料作用, 烧蚀气化的结果。对于快速曲面零件书写, 当要求线宽在 0.05~0.25mm, 线深在 0.01~0.15mm 时, 应解决好下列问题。一, 调制激光输出功率稳定, 模式好; 二, 光束扩束会聚系统景深合理。曲面加工, 属非共焦面加工。当字符串长大于 15mm 时, 要使垂轴截面弧上各字符达到清晰匀称不失真, 光学系统焦深长度要合理选取, 留有余量。为了使焦深长度和光斑尺寸能调节, 光斑整形与压缩发散角缺一不可。三, 机电系统的颤振与爬行对字形影响大, 对主要零件的平面度、直线度和振动频率合理选择, 使书写点阵不扭曲变形。点阵由软件控制, 最好不少于 6 点/mm, 另外, 对不同零件表面状况, 优化激光束、运动系统、点阵数等参数组合, 能获得快速复杂零件激光书写标刻的好效果。

降低激光切割面粗糙度初探

张萍

成都飞机工业公司激光加工中心, 成都, 610092)

用意大利 LW1530 型 CO₂ 激光切割设备 (TEM₀₀ 模, 功率 1.5kW), 切割飞机模线样板及部分平面零件, 粗糙度要求 $R_a \leq 3.2$ 。切割材料为 2mm 厚的 20# 钢板, 切缝宽度 0.08mm, 切割面与板面垂直, 无塌角, 无粘渣。选用 5in 透镜, $f=1.5$ 喷嘴, 用纯度 99.95% 的氧吹气, 调节氧气压力、切割速度、激光功率等, 终于得到穿孔时: 延滞时间——3000ms; 激光波形——门脉冲; 功率——1200W; 频率——100Hz; 周期——25%; 气压——2.5bar; 加水。切割时: 激光波形——门脉冲; 功率——600W; 频率——800Hz; 周期——90%; 气压——2.8bar; 速度——2000mm/min; 加水。切割的试片经仪器检测, 粗糙度在 $1.32 \leq R_a \leq 3.35$ 范围。

转镜式激光曲平面打标系统

孙文* 戴书华** 李德丰*

(* 武汉楚天激光(集团)股份有限公司, 武汉, 430074)

(** 武汉测绘科技大学光电工程学院, 武汉, 430074)

为了适应国内市场需要, 我们开发出了一种光路密封好、打标速度较高、成本比较低、集平面打标和圆柱面打标于一身的转镜式激光打标机。转镜式曲平面激光打标机由激光器、激光电源、冷却保护系统、计算机控制编辑系统、升降调焦系统组成。转镜式曲平面激光打标机系统软件功能丰富, 具有 Dos 和 Windows 操作两种版本, 适合不同用户要求, Dos 版本采用弹出式菜单进行操作, 简单方便。Windows 版本可在 Windows 2 和

Windows 95 环境下操作, 有人机对话功能, 这两种版本都有矢量打标和点阵打标两种功能, 矢量打标可识别 Auto CAD 图形格式, 可打印十几种中西文字体平面图形。同时具有连续打标和增量打标功能, 特别适合于变号打标、点阵打标可识别 spt, pus, bmp 等图象格式, 可打印出图象。该系统还留有扩展功能, 为全自动生产线备有智能接口, 当打标机工作到位时, 生产线给打标系统信号, 打标系统工作, 打标完毕, 打标系统给生产线或送料系统信号, 通知它们取走打标完毕的工件, 同时再送下一个待打工件到位, 实现全自动化。转镜式激光打标机技术指标为: 速度每秒 3 个字符(5 个字), 深度 0~0.2mm, 曲面打标工件直径 $\phi 3\sim\phi 50(\text{mm})$, 工件重量 0~1.5kg, 平面打标范围 $\phi 90\text{mm}$ 。转镜式打标系统可以在曲平面上进行打标, 其工作方式, 平面打标时, 只需把工作台上的回转部件沿导轨向后移动, 放上装卡工件夹具, 调整好焦距, 在电脑屏幕菜单上选择平面打标即可。曲面打标时用三爪卡盘夹住工件, 电脑控制 Y 轴转镜移动使激光束落于工件最高点后, Y 轴转镜锁定不动。X 轴转镜作 X 轴方向扫描, 回转电机带动工件回转, 从而实现圆柱面打标。为不失真, 必须保证工件半径 R 和 X 轴扫描镜到聚焦透镜的距离 L 满足关系式 $\alpha_1 L = \alpha_2 R$ (α_2 是工件转角, α_1 是 X 轴扫描镜转角)。

彩色显象管电子枪激光焊接

孙文 廖卫宁

(武汉楚天激光(集团)股份有限公司, 武汉, 430074)

采用激光焊接热影响区小, 零件变形非常小, 焊接质量稳定, 自动化程度高, 其良品率可达 99.95%。楚天公司已批量生产电子枪专用激光焊接设备供应市场。彩色显象管电子枪激光焊接系统, 由激光器、光路传输部分和机械传送部分组成。对激光器要求低阶模, 输出稳定可靠, 输出能量的不稳定性应 $\leq \pm 3\%$ 。要求功率、脉宽、频率调整方便, 如 54cm 彩色显象管电子枪栅极全自动激光焊接系统, 其光腔采用单腔双灯泵浦, 全腔水冷方式, 输出激光能量为 0~35J 连续可调; 脉宽为 2~8ms 分档可调; 频率为 1~8Hz 分档可调。

光路传输部分是通过分光镜把激光器输出的光束分成两束或多束, 然后分别通过光纤传输到加工工位进行焊接。要求分束光功率相等(误差 $\leq \pm 1\%$)且光纤耦合效率高(耦合传输效率 $\geq 85\%$) 光纤直径为 600 μm 。机械传送系统传送电子枪需焊接的工件, 通过非线性振动料斗把需焊工件分别送到各工位上检测, 然后送到焊接工位焊接。所以工件的定位和焊接精度取决于机械传送部分的定位精度。每个工位都有检测装置对工件进行定位检测。整个激光焊接系统由电脑控制, 使系统按照一定的时序运行。系统还有自动检测报警系统, 激光脉冲计数器, 激光工作时间计时器, 成品工件计数器, 激光能量监测仪等装置。

德国激光考察纪行

孙文 江泽文

(武汉楚天激光(集团)股份有限公司, 武汉, 430074)

'97 慕尼黑国际激光博览会共有 9 个展馆, 有固体、气体、准分子、半导体泵浦的各种激光器整机, 单元器件、配套部件以及激光设备在工业、医学、光通讯、民用、军事等领域的应用。考察重点是激光在工业上的应用, 该领域设备品种有几十种, 激光打标机、雕刻机、焊接机、打孔机、划片机、调阻机、用于汽车的大功率激光加工机、激光成型设备等。展示会上最多的设备要算激光打标机和激光雕刻机, 有 2/3 参展的厂家推出了固体激光打标设备。Rofin Sinar 公司推出用半导体泵浦的 70~100W 的激光打标机, 激光波长 4880nm 绿光, 输出功率最大为 1000W, 结构简单, 操作维修方便, 是激光器发展方向之一。在焊接和切割方面, Hass 公司展出一台 5000W 固体激光焊接机, 激光通过一根光纤传输, 再由光学系统分成两个并行的光斑, 解决原薄板的焊接。通快公司展示了一台双层四折的纵流 6000W CO₂ 激光器, 主要用于切割。

考察德国的激光单位有, Hass 公司、Trumph 公司、Rofin Sinar 德国总部、白斯利公司、德国宇航院、汉诺威激光所、柏林固体激光研究所、奔驰汽车公司、斯图加特传感器厂。通快公司专门生产 CO₂ 激光设备, 采用组合腔, 是目前世界上产品最大, 功率最高的 CO₂ 激光器。德国的激光所共有 30 多家, 专门研究激光工艺、技术, 与企业的经济合作关系很好, 很稳定。

通过考察给我们以若干的启发:

1. 国内及亚洲激光应用的潜在市场大,有待开发。博览会上参展的亚洲企业极少,中国个别公司虽设有展台,但仅展出一些光学镜片及零件。整个欧洲已开始关注东南亚和全亚洲市场,与德国公司合作有利于市场开发和占领。这种合作应有步骤,由浅及深,德国的元件技术很高,在初期买器件比买技术更简单可行,快见成效,与国际接轨,加快我国产品的更新改造。

2. 是否能引进德国专家。德国专家知识面宽,掌握技术全面,管理经验丰富。

3. 加强标准化意识和工艺实验。德国激光的标准化工作做得很好,任何一台新设备都必须经过严格的工艺实验后才能生产。我们必须加强激光工艺研究和标准化管理,开发新技术、新产品。

4. 激光生产必须尽快形成产业规模。德国的激光企业,由于上了规模,产值递增快,经济效益好,激光属高附加值的技术密集型产业,应用前景相当广阔。

激光生物医学

医用新技术:激光照明与图象增强

李又生 郭振华 胡兵 李准永

(华中理工大学,武汉,430074)

近几年大力研究发展的激光内照射和视频图象增强技术令人兴奋。血管内照射 He-Ne 激光治疗多种疾病和图象增强技术在军事和工商业上的应用已众所周知。现在两者结合用于医学诊断和治疗则是件更为可喜之事。特别突出地是,用光纤导光照明内脏或血管内部的同时,用图象增强技术观察处理得到的画面,可以得到更多更详细的人体内部肉眼看不到的信息。传统视频技术得到的影象如同在放射科见到的 X-光底片,明亮程度与病变区的实际照明程度成线性关系,这虽然反映出了客体的外貌大局,却极难发现隐藏在主要图象内很弱的早期病变苗头或极小的病变微区,特别是画面边角区域。应用图象增强技术,粗略地讲就是压制过强信号,放大微弱信号,平滑掉一些毛疵信号。在二维的荧光屏上能实时观察到客体三维图象,也就是模拟人脑的生物活性功能,对看到的画面信息进行权重化处理。从而在图象增强处理后能够得到来自阴影中弱病变呈现的信息、主流中小支流(或暗流)的信息和大范围内小局部的信息,尤其是边沿、拐角和不易被人们重视的次要区域内的有用信息。新编的电脑软件可以在数微秒内完成加权处理工作,这相对人类视觉生理反应时间(百分之几秒)完全可以认为是实时图象再现。当然视频图象增强技术在军事侦查识破伪装方面,在天体物理研究光亮背景下远方星云状态方面,甚至在研究大面积海洋、沙漠、森林、冰山、日面、月面等等方都行之有效。在医院临床方面,通过一个很小的切口,把 ϕ 1.6mm 光学光纤镜插入人体内部深处,已对血管、心脏、神经组织等病变部位进行了精确诊断和即时治疗。CO₂ 远红外激光(波长 10.6 μ m) 光纤的同时引入,还可在内窥镜监视下直接对病变区进行激光治疗(包括气化、打孔、缝合和适量辐照等)。

激光血管内照射对脑梗塞患者红细胞免疫功能的影响

刘文章 黄虹虹 罗寄萍

(湖北中医学院附属医院,武汉,430061)

测定 30 例急性脑梗塞患者红细胞免疫粘附功能(RCIA),包括红细胞 C₃b 受体花环率(RC₃bRR)、红细胞免疫复合物花环率(RICR),并与正常人进行了对照,结果发现脑梗塞患者 RC₃bRR 明显降低($P < 0.01$),而 RCIA 明显增高($P < 0.01$),表明脑梗塞病人存在红细胞免疫功能的异常。应用低能量 He-Ne 激光血管内照射血液(ILIB),10 天后,随着临床症状的恢复,红细胞免疫功能亦明显恢复。RC₃bRR 较治疗前增高($P < 0.01$),RCIA 则降低($P < 0.01$),提示 ILIB 治疗效果明确,具有改善红细胞免疫功能的作用。