

·综合评述·

# 激光光束的整形技术

林 勇,胡家升

(大连理工大学电子与信息工程学院,大连 116024)

**摘要:**本文简要概括了激光光束整形技术的发展和研究现状。就几种典型的光束整形技术,如非球面透镜组整形、微透镜阵列整形、衍射光学元件整形、双折射透镜组整形、液晶空间光调制器和圆锥镜等整形技术作了分类评述和讨论。介绍了各种整形的技术特点和实现方法,指出了这些整形技术尚待解决的一些问题,并展望了它们的可能应用领域和发展前景。

**关键词:**光束整形;高斯光束;强度分布均匀化;长焦深

**中图分类号:** TN248.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0253-2743(2008)06-0001-04

## Laser beam shaping techniques

LIN Yong, HU Jia-sheng

(School of Electronics and Information Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

**Abstract:** The development and the present status of laser beam shaping are summarized in this paper. Several typical techniques, including the aspheric lenses, the lenslet array, the diffractive optical elements, the birefringent lenses, the liquid crystal spatial light modulator and the axicon, are commented. The characteristic and realization of each method is introduced, existing problems in use are discussed, and prospects are predicted.

**Key words:** beam shaping; Gaussian beam; intensity distribution uniformization; long focal depth

激光束整形技术通常是指改变入射激光束的强度分布为所需要的强度分布,同时调整它的相位分布以控制其传播特性<sup>[1,2]</sup>。最常用的光束整形技术是激光束匀滑技术,即将激光束的强度整形为均匀分布。最初人们常用光阑从扩束准直的激光束中提取需要的光场分布,这种靠光阑拦截来获得均匀光强分布的方法使得能量损失严重<sup>[3]</sup>。1965年, Frieden<sup>[4]</sup>提出了最早的无能量损失的相位型光束整形系统,将高斯光束整形为均匀光束。此后的十多年间,由于设计手段和制作工艺的限制,光束整形技术进展缓慢。直到八十年代,人们具备了实际加工、制作及分析和检测光束整形器件的能力后,该项技术才得到了快速发展。近年来,由于一些特殊领域的需要,光束整形技术已经成为研究的热点。从2000年起,国际光学学会(SPIE)连续八年设立光束整形学术专题,研究人员发表了大量相关方面的文献<sup>[5-12]</sup>。使得光束整形技术在基础理论、优化设计方法,以及实际应用等方面均有明显地进展。

Frieden提出的光束整形系统基于几何光学原理,采用两个非球面透镜结构。该系统结构简单,理论上可实现任意波前变换。此后,研究人员又提出了一些改进系统。例如双反射镜光束整形系统<sup>[13]</sup>,渐变折射率透镜光束整形系统等<sup>[14]</sup>。

上述系统对单模激光束整形效果好。但很多情况下,激光器发射多模激光束<sup>[15]</sup>,其强度分布复杂,甚至随时间变化。Dickey<sup>[16]</sup>等人提出的微透镜阵列整形系统很好的解决了多模激光束的整形问题。他们依靠光束的分割和子束的叠加达到整形目的,消除了入射激光光强分布不均匀的影响。但该方法也存在一些缺陷,比如子束的叠加会在靶面产生干涉斑纹,影响整形质量。

衍射光学元件<sup>[17]</sup>(diffractive optical elements DOE)具有许多传统光学元件不具备的特点。例如它薄而轻,有利于促进系统的小型化、阵列化和集成化。自20世纪80年代以来得到了广泛关注。衍射光学元件具有较高的衍射效率(仅对纯相位元件而言),能够实现任意的波面变换,在光束整形方面有着广泛的研究前景。

以上几种整形方法都是针对特定的光束参数设计的。通常情况下,我们希望系统具有更好的通用性,即系统的透过率能够根据光束参数的变化而调整。美国劳伦兹·利弗莫尔国家实验室<sup>[18]</sup>提出了双折射透镜组整形系统很好的解决了这个问题。他们的系统可以通过转动双折射透镜主轴方向来调整系统的透过率。一种更为灵活的光束整形器件是液晶空间光调制器<sup>[19]</sup>,它可以通过计算机来实时控制系统的透过率,也被称为可编程的光电型衍射光学元件。

还有一种比较特殊的光束变换器件是圆锥镜<sup>[20]</sup>(axicon)。它能将入射平面波整形为锥面波,可以无衍射(non-diffractive)的传播很远的距离。这里所说的无衍射是指中心光斑尺寸不随传播距离的增加而扩大。这种无衍射光束在工程技术中有重要应用。而且圆锥镜与其它元件结合<sup>[21]</sup>,还可实现多种整形方面的要求。

本文第二部分对上述几种典型的光束整形技术做简要的回顾。第三部分对长焦深整形元件做简要的介绍。第四部分对研究现状及未来发展趋势做出评估和展望。

收稿日期:2008-10-25

作者简介:林勇(1976-),男,黑龙江七台河人,博士研究生,主要从事衍射光学元件设计与应用方面的研究。

## 2 光束整形技术回顾

### 2.1 非球面透镜组整形系统

Frieden<sup>[4]</sup>提出的非球面透镜组系统将强度为高斯分布的激光束整形为均匀光束。系统由一凹非球面镜 L1 和一凸非球面镜 L2 组成,如图 1a 所示。入射光束经过 L1 的调制后在 P2 面得到强度均匀分布的光束。L2 的作用是保证均匀光束平行出射。非球面 S1 和 S2 的设计原理为:首先根据能量守恒原理,建立入射光线与 S1、S2 交点 A、B 之间的映射关系,从而确定折射光线的方向余弦。依据面 S1 相位函数的导数等于相应光线的方向余弦,建立微分方程,求解即可得到相位函数。由于 L1 的调制使得各折射光线传播方向不再平行,为使最终出射光束仍为平行光,利用透镜 L2 重新调整相位分布。直接利用 P1、P2 面间各光线光程相等的条件可求得 S2 面的相位函数。

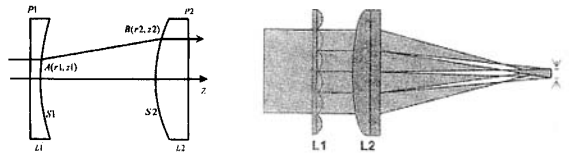


图 1a 非球面透镜组整形系统结构 图 1b 微透镜阵列整形系统结构

Frieden提出的双分离透镜系统具有能量转换率高,可实现任意波前变换及同轴等优点,但当时的技术条件难以实现复杂的非球面形加工。随后研究人员做了大量工作并提出了多种改进方法。Shafer<sup>[22]</sup>试图利用双胶合球面镜代替系统中的非球面镜,这种做法影响了输出光束质量。Hoffnagle和Jefferson<sup>[23]</sup>利用两个平-凸非球面镜系统,一定程度上降低了元件的制作难度。Evans和Shealy<sup>[14]</sup>利用三个渐变折射率镜片设计系统,虽然元件个数有所增加,但每个元件均由球面构成,降低了制作难度。还有一些其它方法,如Scott和Southwell<sup>[13]</sup>提出了双反射镜光束整形系统,这种反射式整形系统能够避免折射系统因器件本身的吸收和器件表面的反射而造成的光能损失,但它对面型误差更为敏感。

上面提出的方法,对单模激光束的整形效果较好。但很多情况下,激光器发出的是复杂的多模激光束,它的光场强度分布未知甚至随时间不断变化,这时,以上的整形技术就不一定很合适了。

### 2.2 微透镜阵列整形系统

Dickey等人提出的微透镜阵列光学聚焦系统很好的解决了多模激光束的整形问题<sup>[16]</sup>。系统由两部分组成,如图 1b 所示。其中 L1 是由许多个焦距和尺寸相同的小透镜组成的微透镜阵列, L2 是球面聚焦透镜。阵列器件将入射激光束分割成若干子束,球面聚焦透镜使这些子束在靶面上重叠起来。光束的分割和子束的叠加消除了入射激光光强分布无规则的影响,实现对靶面的均匀照明。

人们现已习惯把由微小透镜组成的阵列系统称为蝇眼透镜<sup>[24]</sup>,后来人们又提出了圆柱体透镜阵列<sup>[23]</sup>、光栅聚焦阵列<sup>[26]</sup>等其它类型的微透镜阵列系统。然而无论是哪种类型的阵列系统,它的整形器件都是由多个微透镜单元组成,每个单元要填充整个阵列表面总会有空隙,微透镜的边缘要发生菲涅尔衍射,所以能量有所损失。此外,由于通过子波的

叠加产生均匀照明,因此不可避免的在靶面产生干涉斑纹,影响整形效果。鉴于微透镜阵列的上述两个缺点,研究人员提出了一些改进方法。其中,Pepler等人[27-28]通过改变每个小透镜的相位分布来缓解靶面干涉斑纹的影响。Copp[29]和Bollanti[30]等人将微透镜阵列与无规则相位板、或衍射光学元件阵列、或变焦非对称阵列分割器相配合,来提高输出光束的均匀性。但这些做法也增加了系统的复杂程度和加工难度,提高了制作成本。

由于微透镜阵列是通过光束的分割和子束的叠加实现整形的,它对入射光束强度分布不敏感,因此该方法特别适合光场强度分布不规则、相干性差的准分子激光器[31]的整形。研究人员也提出了一些其它适用于此类激光束整形的方法:四面棱镜法[32]是利用四面棱镜将入射光束分成四束光束,四束光束在靶面叠加起来改善均匀性,但该方法获得均匀光束截面的位置极严格的对应于光楔的角度。反射镜折叠光束法[31]是入射光束经不同平面镜的多次反射使能量分布均匀,由于对反射角度有一定限制,因此该方法的装配和调试较为困难。万花筒法[32]是利用光波导,入射光束在波导管内多次反射后输出光能重新分布,该方法制作、装调简易,价格低廉,但光能损失较大。

2.3 衍射光学元件

在很多应用领域,人们都期望光学系统小型化和轻量化。衍射光学元件薄而轻的特点使它成为解决上述问题的新技术之一。并且该元件在实现光波变换上具有许多卓越的传统光学难以具备的功能,因而使用衍射光学元件进行光束整形是一种极为有效的方法。

衍射光学元件起源于计算全息元件[34]。全息元件效率低,且离轴再显。1969年Lesem和Hirsch[35]提出的相息图虽同轴再显,但工艺长期未能解决,因此进展缓慢,实用受限。1984年,美国林肯实验室提出了二元光学技术[36],以多台阶相位结构近似相息图的连续浮雕结构,使得衍射光学元件的加工成为可能。从此衍射光学进入全面发展时期。利用衍射光学元件进行光束整形技术也迅猛发展,该技术已成功地将圆形高斯光束整形为方形[37]、环形[38],甚至整形成字母[39]或任意图形[40],还可以将半导体激光器的椭圆像散光束准直成圆形消像散光束[41]等等。

用于光束整形的衍射光学元件设计算法一直在不断的完善。从G-S[42]、Y-C[43]等局部搜索算法到模拟退火[44]、遗传算法[45]等全局搜索算法,以及全局/局部联合搜索算法[46]等混合类算法的提出与采用,使得衍射光学元件的设计质量不断地提高,我们提出的模糊控制迭代算法[47-48]设计的衍射光学元件也得到了理想的整形结果。

以上所提的各种算法均基于标量衍射理论,只有在入射波长比DOE特征尺寸小得多的情况下,它们才有较高精度。近年来,随着制作工艺水平的提高和元件应用领域的扩展,要求衍射光学元件尺寸进一步缩小,例如特征尺寸小于入射波长的亚波长衍射光学元件[49]。对它的设计必须采用严格的矢量衍射理论,目前被广泛采用的一种设计方法是耦合波法[50],但该方法只适用于对周期结构元件的设计,对有限非周期结构的元件则需要应用一些更复杂的计算电磁场的分析方法,如有限元法(FEM)[51]、边界积分法(BIM)[52]和时域有限差分法(FDTD)[53],其中FDTD可直接在时域中求解Maxwell方程组,避免FEM和BIM算法需引入过多不符合物理意义的解,并且该算法对计算机内存要求小,因此被广泛的采用。Mirotznik和Prather等人[54]利用FDTD分析了亚波长衍射光学元件的光学特性。Jiang和Nordin[55]将FDTD算法与uGA[56]算法相结合设计了衍射光学元件。但总体来说,这些理论方法设计衍射光学元件都要进行复杂且费时的计算机运算。因此对于特征尺寸大于入射波长的衍射光学元件,仍采用传统的标量衍射理论设计。

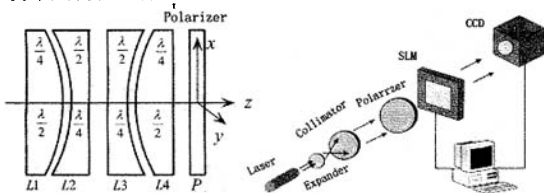


图2a 双折射透镜组整形系统结构 图2b 液晶空间光调制器光束整形系统结构

通过计算机辅助设计能够很快、较好的确定整形元件的

相位分布,但在元件生产制造上目前还受一些加工技术条件的限制,如相位片的精确厚度及元件边缘结构的精确量化控制[57]等。但随着设计理论、加工工艺、复制工艺等的不断完善,在可预见的将来,利用衍射光学元件进行光束整形必将有着越来越广泛的应用前景。

2.4 双折射透镜组

上述所提方法中存在一个共同的缺点:即每个器件是针对特定的光束参数而设计的,造好的器件不能随光束灵活地调节其透过率函数,劳伦兹、利弗莫尔国家实验室提出的双折射透镜组系统[18]解决了这个问题,并巧妙而方便的实现了激光束的空间整形。

该系统由两对双折射晶体透镜L1、L2、L3、L4和一个检偏器P组成,如图2a所示。晶体的主轴方向垂直于光轴方向。L1和L4是两个完全相同的平凸透镜,对于偏振光透镜中心相当于λ/2波片,有效通光孔径边缘相当于λ/4波片,两镜对称排列;L2和L3是两个完全相同的平凹透镜,中心相当于λ/4波片,有效通光孔径边缘相当于λ/2波片,两镜对称放置;让透镜L1、L4的主轴平行并保持不动,透镜L2和L3的主轴平行并作为一个整体可以绕系统的光轴旋转至任意角度。激光器输出的线偏振光束通过该系统时,调节透镜组L2和L3的主轴与透镜组L1和L4的主轴的夹角,使入射到检偏器上的光束在不同的位置有不同程度的偏振态,经检偏后的出射光则被整形为均匀的线偏振光。

使用双折射元件组进行光束整形的方法灵活方便,易于改变其透过率函数,尤其适用于线偏振的高斯光束的整形[58]。对于非偏振光,可在L1前置一起偏器即可。并且该系统设计方便,结构紧凑且费用低廉,在工程上有较高的实用价值。目前该系统已经试用于神光II九路系统[59],在近场静态(放大器未工作)情况下,可将光束填充因子从原来的66%提高到80%,近场动态(放大器工作)的情况还在进一步的调试中。该技术为ICF驱动器等高功率激光器的光束整形提供可选方案。

2.5 液晶空间光调制器

设计透过率函数实时、可控的光束整形系统一直是研究人员的目标。液晶空间光调制器的应用使得这一目标成为可能。它具有很好的灵活性和实时性,广泛应用于模式识别、图像处理、数字全息、空间滤波、和二元光学等领域[60]。

液晶空间光调制器对激光束进行整形,实质上是利用液晶分子的旋光偏振性和双折射性。在外电场的作用下液晶分子指向角会发生改变,改变量大小与外加电压有关。分子方向变化直接影响液晶材料的折射率,实现对光波的调制。利用计算机可实时控制不同像素外加电压大小,因而液晶空间光调制器是一种可编程的光电型衍射光学元件[61],用它可动态地实现所要求的输出光强分布。

2001年,陈怀新[62]等人提出的利用液晶空间光调制器进行激光束整形系统如图2b所示。扩束准直的激光束经起偏器P后入射到液晶空间光调制器上,空间光调制器的透过率由计算机控制,用CCD接收、显示输出面光场强度分布实时信息,计算机根据该信息及时调整空间光调制器的透过率,以期得到所要求的输出光场。理论和实验研究表明,采用液晶空间光调制器进行激光束的实时、可控光束空间整形的方法,可方便地获得所需形状(如方形、圆形等几何形状)的均匀光束。

液晶空间光调制器的有限像素尺寸和间隙也会影响整形效果,限制它在某些方面的应用[63]。

3 长焦深整形元件

长焦深元件在很多方面有着重要应用,如激光切割、钻孔、微机械制作中对厚胶的曝光等。实现长焦深的方法有多种:传统的方法是通过减小数值孔径来扩展焦深,但这种做法以牺牲分辨率作为代价。1987年德尔宁[64]提出无衍射光束的概念后,人们开始利用无衍射光束来实现长焦深并提出了一些设计方法,例如圆锥镜法[65]、无限窄圆环法[64]等,后来又提出了利用折衍混合元件[66]和衍射光学元件[67-68]实现长焦深的方法。其中无限窄圆环法能量利用率低,折衍混合元件虽然能量利用率高,并在一定程度上能增大焦深,但其范围有限,通常情况下不超过普通透镜的10倍[69]。圆锥镜具有结构简单且能量利用率高的显著优点,是实现长焦深的最有效方法之一。利用衍射光学元件实现长焦深是近年来发展起来的一项整形技术,一经出现迅速发展。由于上节已经介绍了关于衍射光学元件的整形技术,这里不再赘述。本节重点介绍利用圆锥镜来实现长焦深的整形技术。

早在1954年,莫克里奥德(Mcleod)就研究了圆锥镜的光束传播特性,如图3所示,指出了该器件能将入射平面波整

形为锥面波,可以无扩散的传播很远的距离。1987年德尔宁将这种不扩展的光波称为无衍射光束。由于该光束具有主光斑尺寸小、强度高、方向性好、传播距离远等特点,因而可在许多领域中得到应用。如长距离的准直<sup>[70]</sup>和长焦深<sup>[71]</sup>的获取。圆锥镜与其它光学元件结合还可以产生多种有意义的光束,例如 Mishra<sup>[21]</sup>等人将圆锥镜与聚焦透镜组合生成空心瓶状光束(hollow and bottle),这类光束可用于光镊或原子俘获等<sup>[72]</sup>对微观领域的研究意义重大。

目前已经发展了多种类型的圆锥镜,线性圆锥镜<sup>[20]</sup>是其中结构最简单的一种,它所产生的横向光斑均匀,轴上光强呈线性变化。1992年春查基<sup>[73]</sup>等人采用追迹法设计了对数型圆锥镜,并且采用中心切趾、边缘匀滑等方法消除了轴上光强局部振荡和改善横向光斑均匀性。衍射型圆锥镜<sup>[74]</sup>是采用变周期光栅来实现长焦深目的的一种光学元件,由于受高衍射级次的影响,其轴向光强均匀性和能量利用率均不高。还有一些其它类型的圆锥镜,如反射型圆锥镜<sup>[75]</sup>等。然而无论哪种类型的圆锥镜,目前的制作都较为困难,成本也较高<sup>[76]</sup>,尤其是大口径圆锥镜。

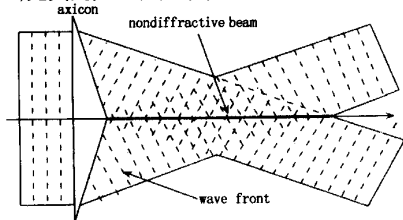


图3 圆锥镜光束变换器

1998年,Zbigniew Jaroszewicz和Javier Morales提出了一种模拟圆锥镜光学特性的透镜圆锥镜(lens axicons)系统<sup>[77]</sup>,其原理为通过控制透镜球差大小,使入射到透镜各环节的光线相交于光轴上的不同位置,在像面上形成线像,近似生成无衍射光束。该系统由标准的球面透镜组成,它结构简单,加工容易,成本低,引起广泛关注,出现了大量有关透镜圆锥镜性能方面的理论研究方面的文章<sup>[78-81]</sup>。如球差系数的计算,生成焦线段的特性,不同结构系统之间的差别以及初级球差和高级球差对光场的影响等。

最简单的透镜圆锥镜为单片正透镜。这种系统输出光束质量较差。为提高质量,可增加一片负透镜,采用双分离<sup>[77]</sup>或者双胶合<sup>[82]</sup>的结构。增加系统的复杂度还可以进一步提高性能。比如采用类似摄影物镜结构的系统,但是这又增加了成本和准直方面的负担。权衡利弊,采用双分离或者双胶合结构的透镜圆锥镜就可以较好的模拟圆锥镜的光学传播特性,能够满足许多应用场合的需要,如激光三角测量<sup>[83]</sup>、光切法的三维轮廓测量<sup>[84]</sup>等。

#### 4 总结和展望

除了上面介绍的几种典型的光束整形技术外,还有其它一些方法,比如随机相位板法(RPP)整形技术<sup>[84]</sup>,渐变折射率透镜法整形技术<sup>[86]</sup>,液体透镜整形技术<sup>[87]</sup>,闪耀光栅阵列法整形技术<sup>[88]</sup>,棱镜组内反射法整形技术<sup>[89]</sup>,阶梯反射镜法整形技术<sup>[90]</sup>等,限于篇幅,本文就不论述了,感兴趣的读者可参阅相关的文献。

本文提到的整形方案各有特点,应用中需根据实际情况选择合适的激光束整形方案。非球面透镜组对强度分布规则的单模激光束有较好的整形效果,而对于不规则的多模激光束整形,微透镜阵列法是一种可选方案。衍射光学元件能灵活控制波前,能量利用率高,且具有微型化、集成化等特点,在光束整形方面有着广泛的研究前景。双折射透镜法和液晶空间光调制器可根据入射光束参数适当调整系统透过率函数。使整形系统更为灵活。特别是液晶空间光调制器,它的透过率可以做到实时、可控。但像素尺寸的限制是制约它广泛应用的一个重要问题;圆锥镜法是产生无衍射光束的最有效方法之一,它与其它元件结合,还可实现多种整形方案。

#### 参考文献

[1] David L. Shealy, John A. Hoffnagle. Laser beam shaping profiles and propagation[J]. Appl. Opt., 2006, 45(21): 5118-5131.  
[2] David L. Shealy. Historical perspective of laser beam shaping[C]. Pro. of SPIE, 2002, 4770:28-47.  
[3] F. M. Dickey, L. S. Weichman, R. N. Shagam. Laser Beam Shap-

ing Techniques[C]. Pro. of SPIE, 2000,4065.  
[4] B. R. Frieden. Lossless conversion of a plane laser wave to a plane wave of uniform irradiance[J]. Appl. Opt., 1965, 4(11): 1400-1403.  
[5] F. M. Dickey, S. C. Holswade, eds. Laser Beam Shaping[C], Pro. of SPIE, 2000, 4095:1-216.  
[6] F. M. Dickey, S. C. Holswade, D. L. Shealy, eds. Laser Beam Shaping II[C]. Pro. of SPIE, 2001,4443:1-198.  
[7] F. M. Dickey, S. C. Holswade, D. L. Shealy, eds. Laser Beam Shaping III[C]. Pro. of SPIE, 2002,4770:1-158.  
[8] F. M. Dickey, D. L. Shealy, eds. Laser Beam Shaping IV[C]. Pro. of SPIE, 2003, 5175:1-236.  
[9] F. M. Dickey, D. L. Shealy, eds. Laser Beam Shaping V[C]. Pro. of SPIE, 2004, 5525:1-233.  
[10] F. M. Dickey, D. L. Shealy, eds. Laser Beam Shaping VI[C]. Pro. of SPIE, 2005, 5876:1-367.  
[11] F. M. Dickey, D. L. Shealy, eds. Laser Beam Shaping VII[C]. Pro. of SPIE, 2006, 6290:1-313.  
[12] F. M. Dickey, D. L. Shealy, eds. Laser Beam Shaping VIII[C]. Pro. of SPIE, 2007, 6663:1-252.  
[13] P. W. Scott, W. H. Southwell. Reflective optics for irradiance redistribution of laser beams: design[J]. Appl Opt., 1981, 20:1606-1610.  
[14] N. C. Evans, D. L. Shealy. Design and optimization of an irradiance profile-shaping system with a genetic algorithm method[J]. Appl. Opt., 1998, 37:5216-5221.  
[15] 吴哈平. 激光光束质量的评价与应用分析[J]. 光学精密工程, 2000,8(2):128-132.  
[16] F. M. Dickey, S. C. Holswade. Laser Beam Shaping: Theory and Techniques[M]. Marcel Dekker, Inc. New York, 2000.  
[17] 金国藩,严瑛白,郭敏贤等. 二元光学[M]. 北京,国防工业出版社,1998.  
[18] B. M. Van Wouterghem, J. T. Salmon, R. W. Wilcox. Beamlet pulse-generation and wavefront-control system[P]. UCRL- LR-105821-95-1.  
[19] N. Konforti, E. Marom. Phase-only modulation with twisted nematic liquid-crystal spatial light modulators[J]. Opt. Lett., 1988, 13(3): 251-253.  
[20] Melcod J. H. The axicon: a new type of optical element[J]. J. Opt. Soc. Am., 1954, 44(8): 592-597.  
[21] Ming-Dar Wei, Wen-Long Shiao, Yi-Tse Lin. Adjustable generation of bottle and hollow beams using an axicon[J]. Opt. Commun., 2005, 248(3): 7-14.  
[22] D. Shafer. Gaussian to flat-top intensity distribution lens[J]. Opt. Laser Technol., 1982, 14, 159-160.  
[23] J. A. Hoffnagle, C. M. Jefferson. Design and performance of a refractive optical system that converts Gaussian to flattop beam[J]. Appl. Opt., 2000, 39:5488-5499.  
[24] F. C. Wippermann, Uwe-D. Zeitzner, Peter Dannberg et al. Fly's eye condenser based on chirped microlens arrays[C]. Pro. of SPIE, 2007, 6663(09): 1-9.  
[25] Mann K, Hopfruller A. Monitoring and shaping of excimer laser beam profiles[C]. Pro. of SPIE, 1992, 1834:184-194.  
[26] 郑建洲,蔡邦维,吕百达. 二维正交光栅阵列大焦斑均匀照明光学测试系统的研究[J]. 光学学报, 1997, 17(11):1581-1584.  
[27] DA Pepler, CN Danson, IN Ross et al. Binary-phase Fresnel zone plate arrays for high-power laser beam smoothing[C]. Pro. of SPIE, 1995, 2404:258-265.  
[28] K Karon. Fly-eye lens device and lighting system including same. US Patent No. 5 251 067, October 5, 1993.  
[29] Kopp C, Ravel L, Meyrueis P. Efficient beamshaper homogenizer design combining diffractive optical elements, microlens array and random phase plate[J]. J. Opt. A. Pure Appl. Opt., 1999, 1:398-403.  
[30] Bollanti S, Dilazzaro P. Edge steepness and plateau uniformity of a nearly flat-top shaped laser beam[J]. Appl. Phys. B, 2004, 78: 195-198.  
[31] M. R. Latta, K. Jain. Beam intensity uniformization by mirror folding[J]. Opt. Commun., 1984, 49(6): 435-439.  
[32] Y. Kawamura, Y. Itagaki, K. Toyoda et al. A simple optical device for generating square flat-top intensity irradiation from a Gaussian laser beam[J]. Opt. Commun., 1983, 48(1): 44-46.  
[33] P. W. Rhodes, D. L. Shealy. Refractive optical systems for irradiance redistribution of collimated radiation: their design and analysis[J]. Appl. Opt., 1980, 19(20): 2545-3553.  
[34] B. R. Brown, A. W. Lohman. Computer-generated binary holograms[J]. IBM J. Res. Develop. 1969, 13:160.  
[35] L. B. Lesem, P. M. Hirsch, J. A. Jordan. The kinoform: a new wavefront reconstruction device[J]. IBM J. Res. Develop, 1969, 3:

- 150 - 155.
- [36] M. E. Motamedi, W. H. Southwell, W. J. Gunning. Antireflection surfaces in silicon using binary optics technology[J]. Appl. Opt., 1992, 31(22): 4371 - 4376.
- [37] 李凤友, 李红军, 卢振武等. 激光直写系统焦斑整形的研究[J]. 光学精密工程, 2001, 9(1): 14 - 18.
- [38] 高惠德, 李琦, 董蕴华等. 高斯光束转换成厚环形光束的二元光学元件的研究[J]. 光电子激光, 1998, 9(3): 184 - 186.
- [39] Adam J. Caley, Mohammad R. Taghizadeh. Analysis of the effects of bias phase and wavelength choice on the design of dual - wavelength diffractive optical elements[J]. J. Opt. Soc. Am. A., 2006, 23(1): 193 - 198.
- [40] 李俊昌, 菲涅耳衍射变换及其在二元光学设计中的应用[J]. 昆明理工大学学报, 2004, 29(4): 221 - 225.
- [41] M. Fromager, K. Ait Ameer. Transformation of an elliptic into a circular beam using a diffractive binary optic[J]. Opt. Commun., 2001, 190: 45 - 49.
- [42] Martin Thomson, Jinsong Liu. Iterative algorithm for the design of free - space diffractive optical elements for fiber coupling[J]. Appl. Opt., 2004, 43(10): 1996 - 1999.
- [43] Yang G Z, Gu B Y. On the phase retrieval problem in the optical system and electronic microscopy[J]. Acta Opt sin, 1981, 1: 517 - 522.
- [44] S. Kirkpatrick. Optimization by simulated annealing[J]. science, 1983, 220: 671 - 680.
- [45] Mahalb U, Shamir J, Caulfield H J. Genetic algorithm for optical Pattern recognition[J]. Opt. Lett., 1991, 16(9): 648 - 650.
- [46] Guangya Zhou, Xiacong Yuan. Design of diffractive phase elements for beam shaping: hybrid approach[J]. J. Opt. Soc. Am. A, 2001, 18(4): 791 - 799.
- [47] 林勇, 胡家升, 吴克难. 一种用于光束整形的衍射光学元件设计算法[J]. 光学学报, 2007, 27(9): 1681 - 1686.
- [48] 吴克难, 胡家升, 林勇. 一种用于 JTC 光学加密系统密钥设计的新方法[J]. 光学精密工程, 2007, 15(4): 577 - 581.
- [49] Di Feng, Yinghai Yan, Haitao Liu et al. Designing diffractive optical elements with subwavelength features as a uniform beam shaper[C]. Pro. of SPIE, 2003, 5175: 202 - 207.
- [50] Colin J. Alleyne, Andrew G. Kirk. Rigorous coupled wave analysis applied to transmission efficiency of diffractive beam array relays for free - space optical interconnects[J]. Appl. Opt., 2005, 44(7): 1200 - 1206.
- [51] Lichtenberg B, Gallagher N C. Numerical modeling of diffractive devices using the finite element method[J]. Opt. Eng., 1994, 33(11): 3518 - 3526.
- [52] Dennis W. Prather. Boundary integral methods applied to the analysis of diffractive optical elements[J]. JOS A, 1997, 14(1): 34 - 43.
- [53] Dennis W. Prather, Shouyuan Shi. Combined scalar - Vector method for the analysis of diffractive optical elements[J]. Opt. Eng., 2000, 39(7): 1850 - 1857.
- [54] Mark S. Mirotznik, Dennis W. Prather, Joseph N. Mait et al. Three - dimensional analysis of subwavelength diffractive optical elements with the finite - difference time - domain method[J]. Appl. Opt., 2000, 39(17): 2871 - 2880.
- [55] Jianhua Jiang, Gregory P. Nordin. A rigorous unidirectional method for designing finite aperture diffractive optical elements[J]. Opt. Exp., 7(6): 237 - 242.
- [56] K. Krishnakumar. Micro - genetic algorithm for stationary and non - stationary function optimization[C]. Pro. of SPIE, 1989, 1196: 289 - 296.
- [57] H. P. 赫尔齐克. 微光学元件、系统和应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [58] 叶一东, 吕白达, 蔡邦维. 强激光的时间整形和空间整形 - 利用双折射透镜组实现激光束的空间整形[J]. 激光技术, 1996, 20(6): 324 - 328.
- [59] 杨向通, 辽范薇. 利用双折射透镜组实现激光束空间整形[J]. 光学学报, 2006, 26(11): 1698 - 1674.
- [60] 刘伯哈, 张健, 吴丽莹. 液晶空间光调制器的纯相位调制特性研究[J]. 光学精密工程, 2006, 14(2): 213 - 217.
- [61] Kanghua Lu, Bahaa E. A. Saleh. Theory and design of the liquid crystal TV as an optical spatial phase modulator[J]. Opt. Eng., 1990, 29(3): 240 - 246.
- [62] 陈怀新, 隋展, 陈祯培等. 采用液晶空间光调制器进行激光光束的空间整形[J]. 光学学报, 2001, 21(9): 1107 - 1111.
- [63] 窦任生, 林海, 胡继承. 控制液晶器件产生的程控透镜和微透镜阵列[J]. 光学学报, 2005, 25(7): 959 - 964.
- [64] Durnin, J. Exact solutions for nondiffracting beams. I. The scalar theory[J]. J. Opt. Soc. Am., 1987, A4: 651 - 654.
- [65] 吴逢铁, 郭东祚, 陈云彬等. 基于轴棱锥用主被动方式产生短脉冲高功率近似无衍射光[J]. 光学精密工程, 2007, 15(11): 1692 - 1697.
- [66] Flores A, Wang M R, Yang J J. Achromatic hybrid refractive - diffractive lens with extended depth of focus[J]. Appl. Opt., 2004, 43(30): 5618 - 5630.
- [67] LIU Rong, DONG Bi - zhen. Generation of pseudo - nondiffracting beams with use of diffractive phase elements designed by the conjugate - gradient method[J]. J. Opt. Soc. Am., 1998, 15(1): 144 - 151.
- [68] CHEN Yan - song, ZHANG Jin - guan, BAO Nai - keng. An adjacent sequence iteration method for designing a diffractive element with function of large depth of focus[J]. Acta Photonica Sinica, 2002, 3: 267 - 271.
- [69] 姚欣, 温圣林, 粟敬伙等. 应用于 ICF 等离子体诊断系统的长焦深光学元件设计[J]. 强激光与粒子束, 2006, 18(8): 1292 - 1296.
- [70] Anna Thaning, Ari T. Friberg, Sergei Yu. Popov et al. Design of diffractive axicons producing uniform line images in Gaussian Schell - model illumination[J]. J. Opt. Soc. Am. A, 2002, 19(3): 491 - 496.
- [71] Zhihua Ding, Hongwu Ren, Yonghua Zhao et al. Axicon lens for high - resolution optical coherence tomography over a long focus depth[C]. pro. of SPIE, 2002, 4619: 10 - 15.
- [72] D. Mc Gloin, K. Dholakia. Bessel beams: diffraction in a new light[J]. Contemporary physics, 2005, 46(1): 15 - 28.
- [73] Sochachi J, Jaroszewicz Z. Phase retardation of the uniform - intensity axicons[J]. Opt. Lett., 1992, 17(1): 7 - 9.
- [74] Ari T. Friberg, Sergei Yu. Popov, Effects of partial spatial coherence with uniform - intensity diffractive axicons[J]. J. Opt. Soc. Am. A, 1999, 16(5): 1049 - 1058.
- [75] Martha B Alvarez - Elizondo, Manuel Guizar - Sicaicos et al. Construction and characterization of a co2 axicon based Bessel - Gauss resonator[C]. Pro. of SPIE, 2005, 5708: 323 - 331.
- [76] Anna Burvall, Katarzyna Kolacz. Simple lens axicon[J]. Appl. Opt., 2004, 43(25): 4838 - 4844.
- [77] Zbigniew Jaroszewicz, Javier Morales. Lens axicons: systems composed of a diverging aberrated lens and a perfect converging lens[J]. J. Opt. Soc. Am. A, 1998, 15(9): 2383 - 2389.
- [78] Zbigniew Jaroszewicz, Javier Morales. Lens axicons: systems composed of a diverging aberrated lens and a converging aberrated lens[J]. J. Opt. Soc. Am. A, 1999, 16(1): 191 - 197.
- [79] Jixiong Pu, Huihua Zhang, Shojiro Nemoto. Lens axicons illuminated by Gaussian beams for generation of uniform - axial intensity Bessel fields[J]. Opt. Eng., 2000, 39(3): 803 - 809.
- [80] Muhammad Arif, Meer M. Hossain, Abdul Ahad S. Awwal. Two - element refracting system for annular Gaussian - to - Bessel beam transformation[J]. Appl Opt., 1998, 37(19): 4206 - 4209.
- [81] Anna Burvall, Alexander Goncharov, Chris Dainty. Telephoto axicon[C]. Pro. of SPIE, 2005, 596213: 1 - 7.
- [82] Zbigniew Jaroszewicz, Javier Morales. Lens doublets as axicons[C]. Pro. of SPIE, 1999, 3572: 387 - 389.
- [83] G. Bickel, G. Hansler, M. Haul. Triangulation with extended range of depth[J]. Opt. Eng., 1985, 24: 975 - 977.
- [84] G. Hausler, W. Heckel. Light sectioning with large depth and high resolution[J]. Appl. Opt., 1988, 27: 5165 - 5169.
- [85] Stevenson R M, Norman M J, Bert T H. Binary - phase zone plate arrays for the generation of uniform focal profiles[J]. Opt. Lett., 1994, 19(6): 363 - 365.
- [86] Neal C. Evans, David L. Shealy. Design of a Gradient - Index Beam shaping system via a genetic algorithm optimization method[C]. Pro. of SPIE, 4095: 26 - 39.
- [87] Ai - Saidi IA. Using a simple method: conversion of a Gaussian laser beam into a uniform beam[J]. Optics & Laser Technology, 2001, 33: 75 - 79.
- [88] Trussell C W, King V, Condif L R. High brightness laser diode arrays[C]. Proc of SPIE, 1995, 2397: 244.
- [89] Wang Zh J, Gheen A Z, Wang Y. Optical coupling system for a high - power diode - pumped solid state laser[p]. US Patent. 6377410B1, 2002 - 04 - 23.
- [90] Du K M, Loosen P. Arrangement for guiding and shaping beams from a rectilinear laser diode array[p]. US Patent 5887096, 1999 - 03 - 23.

作者: 林勇, 胡家升, LIN Yong, HU Jia-sheng  
作者单位: 大连理工大学电子与信息工程学院, 大连, 116024  
刊名: 激光杂志 ISTIC PKU  
英文刊名: LASER JOURNAL  
年, 卷(期): 2008, 29(6)  
引用次数: 0次

## 参考文献(90条)

1. David L. Shealy, John A Hoffnagle [Laser beam shaping profiles and propagation](#) 2006(21)
2. David L. Shealy [Historical perspective of laser beam shaping](#) 2002
3. F. M. Dickey, L. S. Weichman, R. N. Shagam [Laser Beam Shaping Techniques](#) 2000
4. B. R. Frieden [Lossless conversion of a plane laser wave to a plane wave of uniform irradiance](#) 1965(11)
5. F. M. Dickey, S C Holswade [Laser Beam Shaping](#) 2000
6. F. M. Dickey, S C Holswade, D, L, Shealy [Laser Beam Shaping II](#) 2001
7. F. M. Dickey, S C Holswade, D L Shealy [Laser Beam Shaping III](#) 2002
8. F. M. Dickey, D L Shealy [Laser Beam Shaping IV](#) 2003
9. F. M. Dickey, D L Shealy [Laser Beam Shaping V](#) 2004
10. F. M. Dickey, D L Shealy [Laser Beam Shaping VI](#) 2005
11. F. M. Dickey, D L Shealy [Laser Beam Shaping VII](#) 2006
12. F. M. Dickey, D L Shealy [Laser Beam Shaping VIII](#) 2007
13. P. W. Scott, W H Scuthwell [Reflective optics for irradiance redistribution of laser beams: design](#) 1981
14. N. C. Evans, D L Shealy [Design and optimization of an irradiance profile-shaping system with a genetic algorithm method](#) 1998
15. 吴晗平 [基于证据理论的立体匹配决策\[期刊论文\]-光学精密工程](#) 2000(2)
16. F. M. Dickey, S. C. Holswade [Laser Beam Shaping: Theory and Techniques](#) 2000
17. 金国藩, 严瑛白, 邬敏贤 [二元光学](#) 1998
18. B. M. Van Wonerghem, J. T. Salmon, R. W. Wilcox [Beamlet pulse-generation and wavefront-control system\[UCRL-LR-105821-95-1\]](#)
19. N. Konforti, E. Marom [Phase-only modulation with twisted nematic liquid-crystal spatial light modulators](#) 1988(3)
20. Mclcod J H [The axicon: a new type of optical element](#) 1954(8)
21. Ming-Dar Wei, Wen-Long Shiao, Yi-Tse Lin [Adjustable generation of bottle and hollow beams using an axicon](#) 2005(3)
22. D. Shafer [Gaussian to flat-top intensity distribution lens](#) 1982
23. J. A. Hoffnagle, C M Jefferson [Design and performance of a refractive optical system that converts Gaussian to flattop beam](#) 2000
24. F. C. Wippermann, Uwe-D Zeitner, Peter Dannberg [Fly's eye condenser based on chirped microlens arrays](#)

2007(9)

25. [Mann K. Hopfmuller A Monitoring and shaping of excimer laser beam profiles](#) 1992
26. [郑建洲. 蔡邦维. 吕百达 二维正交光楔列阵大焦斑均匀照明光学测试系统的研究\[期刊论文\]-光学学报](#) 1997(11)
27. [DA Pepler. CN Danson. IN Ross Binary-phase Freanel zone plate arrays for high-power laser beam smoothing](#) 1995
28. [K Kamon Fly-eye lens device and lighting system including same](#) 1993
29. [Kopp C. Ravel L. Meyrueis P Efficient beamshaper homogenizer design combining diffractive optical elements, microlens array and random phase plate](#) 1999
30. [Bollanti S. Dilazzaro P Edge steepness and plateau uniformity of a nearly flat-top shaped laser beam](#) 2004
31. [M. R. Latta. K. Jain Beam intensity uniformization by mirror folding](#) 1984(6)
32. [Y. Kawamura. Y. Itagaki. K. Toyoda A simple optical device for generating square flat-top intensity irradiation from a Gaussian laser beam](#) 1983(1)
33. [P. W. Rhodes. D. L. Shealy Refractive optical systems for irradiance redistribution of collimated radiation: their design and analysis](#) 1980(20)
34. [B. R. Brown. A. W. Lohman Computer-generated binary holograms](#) 1969
35. [L. B. Lesem. P. M. Hirsch. J. A. Jordan The kinoform: a new wavefront reconstruction device](#) 1969
36. [M. E. Motamedi. W. H. Southwell. W. J. Gunning Antireflection surfaces in silicon using binary optics technology](#) 1992(22)
37. [李凤友. 李红军. 卢振武. 廖江红 激光直写系统焦斑整形的研究\[期刊论文\]-光学精密工程](#) 2001(1)
38. [高惠德. 李琦. 董蕴华 高斯光束转换成厚环形光束的二元光学元件的研究](#) 1998(3)
39. [Adam J. Caley. Mohammad R. Taghizadeh Analysis of the effects of bias phase and wavelength choice on the design of dual-wavelength diffractive optical elements](#) 2006(1)
40. [李俊昌 菲涅耳衍射变换及其在二元光学设计中的应用\[期刊论文\]-昆明理工大学学报\(理工版\)](#) 2004(4)
41. [M. Fromager. K. Ait Ameer Transformation of an elliptic into a circular beam using a diffractive binary optic](#) 2001
42. [Martin Thomson. Jinsong Liu Iterative algorithm for the design of free-space diffractive optical elements for fiber coupling](#) 2004(10)
43. [Yang G Z. Gu B Y On the phase retrieval problem in the optical system and electronic microscopy](#) 1981
44. [S. Kirkpatrick Optimization by simulated annealing](#) 1983
45. [Mahalb U. Shamir J. Caulfield H J Genetic algorithm for optical Pattern recognition](#) 1991(9)
46. [Guangya Zhou. Xiaocong Yuan Design of diffractive phase elements for beam shaping: hybrid approach](#) 2001(4)
47. [林勇. 胡家升. 吴克难 一种用于光束整形的衍射光学元件设计算法\[期刊论文\]-光学学报](#) 2007(9)
48. [吴克难. 胡家升. 林勇 基于JTC的光学加密系统密钥设计新方法\[期刊论文\]-光学精密工程](#) 2007(4)
49. [Di Feng. Yingbai Yan. Haitao Liu Designing diffractive optical elements with subwavelength features as an uniform beam shaper](#) 2003
50. [Colin J. Alleyne. Andrew G. Kirk Rigorous coupled wave analysis applied to transmission efficiency](#)

of diffractive beam array relays for free-space optical interconnects 2005(7)

51. Lichtenberg B. Gallagher N C Numerical modeling of diffractive devices using the finite element method 1994(11)

52. Dennis W. Prather Boundary integral methods applied to the analysis of diffractive optical elements 1997(1)

53. Dennis W. Prather. Shouyuan Shi Combined scalar-Vector method for the analysis of diffractive optical elements 2000(7)

54. Mark S. Mirotznik. Dennis W. Prather. Joseph N. Mait Three-dimensional analysis of subwavelength diffractive optical elements with the finite-difference time-domain method 2000(17)

55. Jianhua Jiang. Gregory P. Nordin A rigorous unidirectional method for designing finite aperture diffractive optical elements

56. K. Krishnakumar Micro-genetic algorithm for stationary and non-stationary function optimization 1989

57. H. P. 赫尔齐克 微光学元件、系统和应用 2002

58. 叶一东. 吕白达. 蔡邦维 强激光的时间整形和空间整形—利用双折射透镜组实现激光束的空间整形 1996(6)

59. 杨向通. 范薇 利用双折射透镜组实现激光束空间整形[期刊论文]-光学学报 2006(11)

60. 刘伯晗. 张健. 吴丽莹 液晶空间光调制器的纯相位调制特性研究[期刊论文]-光学精密工程 2006(2)

61. Kanghua Lu. Bahaa E. A. Saleh Theory and design of the liquid crystal TV as an optical spatial phase modulator 1990(3)

62. 陈怀新. 隋展. 陈祯培. 安波. 李明中 采用液晶空间光调制器进行激光光束的空间整形[期刊论文]-光学学报 2001(9)

63. 窦任生. 林海. 胡继承 控制液晶器件产生的程控透镜和微透镜阵列[期刊论文]-光学学报 2005(7)

64. Dumin, J Exact solutions for nondiffracting beams. I. The scalar theory 1987

65. 吴逢铁. 郭东栋. 陈云彬. 邱振兴 基于轴棱锥用主被动方式产生短脉冲高功率近似无衍射光[期刊论文]-光学精密工程 2007(11)

66. Flores A. Wang M R. Yang J J Achromatic hybrid refractive-diffractive lens with extended depth of focus 2004(30)

67. LIU Rong. DONG Bi-zhen Generation of pseudo-nondiffracting beams with use of diffractive phase elements designed by the conjugate -gradient method 1998(1)

68. 陈岩松. 张静娟. 鲍乃铿 用串行迭代算法设计具有长焦深功能的衍射光学元件[期刊论文]-光子学报 2003(3)

69. 姚欣. 温圣林. 粟敬钦. 袁静. 高福华. 唐雄贵. 郭永康 应用于ICF等离子体诊断系统的长焦深光学元件设计[期刊论文]-强激光与粒子束 2006(8)

70. Anna Thaning. Ari T. Friberg. Sergei Yu. Popov Design of diffractive axicons producing uniform line images in Gaussian Schell -model illumination 2002(3)

71. Zhihua Ding. Hongwu Ren. Yonghua Zhao Axieon lens for high -resolution optical coherence tomography over a long focus depth 2002

72. D. Me Gloin. K. Dholakia Bessel beams: diffraction in a new light 2005(1)

73. Sochachi J. Jaroszewicz Z Phase retardation of the uniform-intensity axilens 1992(1)

74. [Ari T. Friberg, Sergei Yu. Popav](#) [Effects of partial spatial coherence with uniform-intensity diffractive axicons](#) 1999(5)
75. [Martha B Alvarez-Elizondo, Manuel Guizar-Sicairos](#) [Construction and characterization of a co2 axicon based Bessel-Gauss resonator](#) 2005
76. [Anna Burvall, Katarzyna Kolacz](#) [Simple lens axicon](#) 2004(25)
77. [Zbigniew Jaroszewicz, Javier Morales](#) [Lens axicons: systems composed of a diverging aberrated lens and a perfect converging lens](#) 1998(9)
78. [Zbigniew Jaroszewicz, Javier Morales](#) [Lens axicons: systems composed of a diverging aberrated lens and a converging aberrated lens](#) 1999(1)
79. [Jixiong Pu, Huihua Zhang, Shojiro Nemoto](#) [Lens axicons illuminated by Gaussian beams for generation of uniform-axial intensity Bessel fields](#) 2000(3)
80. [Muhammad Arif, Meer M. Hossain, Abdul Ahad S. Awwal](#) [Two-element refracting system for annular Gaussian-to-Bessel beam transformation](#) 1998(19)
81. [Anna Burvall, Alexander Goncharov, Chris Dainty](#) [Telephoto axicon](#) 2005
82. [Zbigniew Jaroszewicz, Javier Morales](#) [Lens doublets as axicons](#) 1999
83. [G. Bickel, G. Hansler, M. Haul](#) [Triangulation with extended range of depth](#) 1985
84. [G. Hausler, W. Heckel](#) [Light sectioning with large depth and high resolution](#) 1988
85. [Stevenson R M, Norman M J, Bertt T H](#) [Binary-phase zone plate arrays for the generation of uniform focal profiles](#) 1994(6)
86. [Neal C. Evans, David L. Shealy](#) [Design of a Gradient-Index Beam shaping system via a genetic algorithm optimization method](#)
87. [Ai-Saidi IA](#) [Using a simple method: conversion of a Gaussian laser beam into a uniform beam](#) 2001
88. [Trussell C W, King V, Condiff L R](#) [High brightness laser diode arrays](#) 1995
89. [Wang Zh J, Gheen A Z, Wang Y](#) [Optical coupling system for a high-power diode-pumped solid state laser\[p\]](#) 2002
90. [Du K M, Loosen P](#) [Arrangement for guiding and shaping beams from a rectilinear laser diode array\[p\]](#) 1999

## 相似文献(10条)

1. 期刊论文 [张艳, 张静娟, 司徒国海](#) [高斯光束变换成方形均匀焦斑的衍射光学元件的研究](#) -中国激光2004, 31(10)  
采用二维加权串行迭代算法(WSI)设计了8阶的衍射光学元件(DOE)进行激光光束整形,将圆形高斯激光束变换为 $10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ 的方形均匀焦斑,同时满足了二维激光光束形状的改变及振幅分布均匀化的功能;应用到高密度全息存储中,实现了入射到记录材料上焦斑强度的均匀分布.模拟计算结果表明,转换到均匀区的能量效率达到91.2%,平坦区的不均匀度为4.6%,误差小于0.023%,基本上达到了设计的要求.同时分析了衍射光学元件对入射高斯光束的束腰半径及傅里叶变换透镜焦距的宽容度,还制作出了8台阶量化相位衍射光学元件的三套掩膜板.
2. 会议论文 [黄坤, 何平安, 范若, 刘军伟, 刘欣慰, 徐明](#) [线激光束均匀化整形方法研究](#) 2008  
提出采用三角棱柱透镜改善线激光均匀性的新方法,并在ZEMAX开发环境下建立了整形光路系统的理论模型.利用所建立的模型,分析了整形柱透镜在不同半径、斜面夹角、透镜介质折射率等参数下的光束的均匀性.研究表明在远场条件下,通过改变整形柱透镜的参数,能够得到能量分布均匀的线激光.
3. 学位论文 [郑春艳](#) [大功率半导体激光器面阵的准直和均匀化研究](#) 2003  
近年来,大功率半导体激光器阵列被广泛用于泵浦固体激光器、材料加工及激光医疗等应用领域中,但由于其输出光束的质量不好,影响了它的直接应用,因此大功率半导体激光器阵列的研究成了人们关注的一个热点问题,国内外的研究机构对此进行了大量的研究.我们在总结国内外报导的各种整形方法的基础上,为信息产业部电子四十所研制的大功率半导体激光器面阵设计了一个耦合光学系统,用于对Nd:YAG激光器进行泵浦.由于二元光学器件具有体积小、重量轻、易于复制、可实现多功能集成等特点,特别适用于半导体激光器阵列的光束整形,因此我们选用二元光学器件来实现耦合系统.利用大功率半导体激光器输出的基模高斯光束可分离变量的特点,我们对面阵中各单元的两个相互垂直方向上的光束分别进行整形变换,这样整形器件可以设计成一维结构,便于实现.通过计算机辅助分析,我们具体确定出了系统中各器件的参数.为验证系统的整形效果,我们用MATLAB语言编写了仿真程序.仿真结果表明大功率半导体激光器面阵输出的高发散、低均匀度的光场通过耦合系统的变换后能够转变成为符合泵浦要求的低发散、高均匀度的光场.具体数据为:各输出光束在



快轴方向的发散角为 $0.28^\circ$ ，在慢轴方向的发散角为 $1.4^\circ$ ，输出光场在距LD面阵发射端面20cm处的面积为 $42 \times 25 \text{mm}^2$ ，平均波纹起伏为9.3%，可见整形效果较好。最后我们还对耦合系统的能量损耗进行了分析。计算表明，系统的能量透过率为40%左右。

#### 4. 期刊论文 [龚华平, 吕志伟, 林殿阳, GONG Huaping, L\(U\) Zhiwei, LIN Dianyong 激光束空间整形的研究现状 - 激光与光电子学进展](#)2005, 42(9)

阐述了激光束输出进行空间整形的必要性。介绍了目前常用的一些典型的光束整形方法和器件，并分析了各种方法的优点和缺点。

#### 5. 会议论文 [季友友, 宋冬草, 廖江红, 卢振武 小孔径高斯光束整形元件的优化设计](#) 1998

#### 6. 学位论文 [徐强 半导体激光器光束传输特性研究](#) 2007

半导体激光器和半导体激光器阵列具有结构紧凑、高亮、高效等特点，在科研和工程领域有极其广泛的应用，这是其它激光器无法比拟的。但是同时半导体激光器也有一些缺点。由于波导结构的特点，造成半导体激光器的光场分布复杂。对于典型的大功率半导体激光器器件，发光点尺寸约100 $\mu\text{m}$ ，输出光束的发散角大，一般属于多模工作状态。以上特点造成半导体激光器输出光波空间分布质量差，亮度不高。因此在许多应用领域中，必须对光束整形，这就需要准确地了解半导体激光器的远场光分布及其传播特性，以便更有效的利用。 本文针对不同类型半导体激光器的光场分布，分析了它们的光场特点，提出合理的模型描述了其特性；给出较准确的远场光强分布表达式，并推导出其通过光学系统的变换特性，进而讨论了半导体激光器光束的光场传播规律。论文的主要工作如下：以椭圆厄米高斯光束为一类半导体激光器的出射光束光场模型，分析了此类半导体激光器光束通过一阶光学系统的聚焦准直特性。运用ca1lins公式，从理论分析了半导体激光器光束传输特性，并运用该公式进行数值计算，该结论可用于分析半导体激光器光束传输整形设计。运用厄米余弦高斯光束模型描述一类半导体激光器出射光场。当厄米余弦高斯光束通过一阶光学系统时，其场分布由光束衍射积分公式给出积分形式。考虑光阑作用，将其中硬边光阑的窗口函数用高斯函数展开，积分得到光阑限制时厄米余弦高斯光束传输的解析公式。该方法便于进行物理分析，节省计算机时。可直接从解析公式出发，分析半导体激光器光束的传输变换规律、影响光场分布的物理因素。

基于亥姆霍兹方程在慢振幅变化条件下的特解场分布。首次提出由两个偏心椭圆高斯光束叠加而形成的一种新的半导体激光器远场模型。利用光束衍射积分公式，研究了该光束模型通过一阶光学系统的传输规律。采用本文介绍的模型，选取合适的参数，得到此类半导体激光器器件的远场发散角和强度分布，理论结果与实测结果吻合。 大功率半导体激光器阵列光场分布更为复杂，现有光场模型已经无法准确描述半导体激光器阵列的光场分布，需要寻求一种简单、准确的光场模型来描述其光场分布。本文根据一类半导体激光器阵列波导结构，首次提出平行于结平面方向用正弦函数乘以限制窗函数来描述模式场分布，运用非傍轴光传输理论分析，得到描述半导体激光器阵列远场分布模型，其结果与实验测量结果吻合。该模型具有物理意义明确，描述半导体激光器阵列光场传输特性准确的特点，可用于半导体激光器阵列光束整形和传输分析。 综述了传统的一些激光束质量评价标准，分析了它们各自的适用范围、优点和局限性。在此基础上，运用一种新的光束质量评价方法描述半导体激光器光束质量，用相关参数分析了影响半导体激光器光束准直的难易程度。

#### 7. 期刊论文 [黄坤, 何平安, 范若, 刘军伟, 刘欣慰, 徐明, HUANG Kun, HE Pin-gan, FAN Ruo, LIU Jun-wei, LIU Xin-wei, XU Ming 线激光束均匀化整形方法研究 -应用光学](#)2009, 30(3)

为解决核物理工程、表面热处理、激光加工、激光通信中传输激光束的均匀性问题，提出采用三角楔柱透镜改善线激光均匀性的新方法，并在ZEMAX开发环境下建立了整形光路系统的理论模型。利用所建立的模型，分析了整形柱透镜在不同半径、斜面夹角、透镜介质折射率等参数下光束的均匀性。研究表明：在远场条件下，通过改变整形柱透镜的参数，能够得到能量分布均匀的线激光。在实际应用中，可以采用1个半圆柱和2个相同三角楔胶合而成的简单工艺。进一步模拟发现，两种整形系统所得到的均匀度和线宽一致。

#### 8. 学位论文 [李友友 小孔径高斯光束整形元件优化设计与制作的研究](#) 1999

本文通过查阅大量的国内外文献，比较全面地了解了二元光学发展的过程及其的研究内容，重点探讨了用于光束整形二元光学元件的优化设计理论与制作工艺。主要内容如下：1、针对激光直写和激光照排机的光学系统，深入地分析和研究了光束整形二元光学元件的优化设计算法和光束变换理论，修改了ST算法，采用此算法和带透镜的夫琅和费衍射系统，优化设计了小孔径高斯光束的整形元件，并给出模拟计算的结果。2、对二元光学元件的制作工艺进行了深入地探讨和研究，掌握了基本的制作技术和工艺流程。用光刻和离子束刻蚀的方法制作了用于整形的16阶二元光学元件，分析了影响刻蚀速率和刻蚀精度的因素，以及制作误差的控制方法。3、分析和讨论了制作误差的产生原因及它们对衍射效率的影响。4、初步探讨了衍射受限内的光束整形。

#### 9. 期刊论文 [赵为党, 杨李茗, 虞淑环, 杨国光, Zhao Weidang, Yang Liming, Yu Shuhuan, Yang Guoguang 激光光束整形的设计和研 究 -红外与激光工程](#)1999, 28(1)

提出了一种加工工艺成熟、利用率高、实现过程简单的位相透镜光束整形方法。采用几何变换方法进行激光高斯光束平化的研究和设计，给出了模拟设计结果并作了简要分析。

#### 10. 学位论文 [彭灏 纳秒光参量振荡系统的光束整形研究](#) 2006

随着激光技术的进一步发展，光学工艺和非线性晶体质量改进以及新型非线性晶体的开发等方面迅猛发展，纳秒光参量振荡器已成为当前广泛应用的一种激光调谐光源。随着对纳秒OPO研究的不断深入，它更多的特点与用途也将逐渐被发掘出来。但是在纳秒OPO激光系统的应用中存在一个严重的问题是：如何在保证高效率的前提下，有效的提高和改善纳秒OPO激光系统出射光束的光束质量。因此，如何进一步改善光束质量已成为当前OPO激光系统中一个重要的研究内容。 本文在激光光束整形的理论基础上，对前人探索的众多方法进行了讨论，并通过实验与模拟两个手段，寻求更为高效简便的方法来改善纳秒OPO系统的输出激光束质量。

(1)通过对光束质量因子和纳秒OPO系统光束传播特性的学习，加深对整形的目的和意义的理解，并且明确整形工作的方向：对影响激光光束质量的主要因素进行了分析。(2)对多种常用的光束整形方法加以分析。包括透射式二元矩形位相栅实现高斯光束空间整形方法，位相透镜进行光束整形、衍射光学元件用于多模光束的聚焦、以及利用特殊光学元件通过几何方法进行光束整形等方法，分析了它们的优点和缺点。(3)在前面理论研究和成熟的光束整形方法的基础上，主要研究两种光束整形的方法的实际操作可能。首先采用对扩束光束进行光阑整形的方法对激光光束进行整形，并在取得一定成效的基础上使用Zemax程序，对非序列元件进行模拟分析，证实了使用玻璃轴锥体替代透镜组对激光光束进行整形的可行性。

本文链接：[http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_jgzz200806001.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jgzz200806001.aspx)

下载时间：2010年4月26日