

电光聚合物波导中的锥形结构

洪建勋¹ 徐 凯¹ 周立民³ 周建新¹ 陈水平² 李成军¹ 吴友宇¹ 陈 伟¹

(¹ 武汉理工大学信息工程学院, 湖北 武汉 430070; ² 武汉理工大学资源与环境工程学院, 湖北 武汉 430070)
³ 武汉工程大学材料科学与工程学院, 湖北 武汉 430073)

摘要 提出并设计了一种基于电光聚合物的锥形波导,可用于单模光纤与电光聚合物波导器件之间的连接。锥形波导中采用了宽度锥形和折射率锥形结构。宽度锥形采用劈形形状,通过宽度和折射率的缓慢变化实现模场转换。劈形形状的宽度锥形具有较小的损耗且易于制作,折射率锥形可采用灰度掩膜光刻技术制作。研究了锥形波导的传输损耗与锥形波导的长度、波导宽度和厚度、材料吸收损耗等参数的关系及其优化,分析了锥形波导中的功率传输、模场分布与模式转换效率。结果显示锥形波导的传输损耗小于 0.37 dB,光纤-波导-光纤的连接损耗优于 1.62 dB,对插入损耗的改善达到 8.78 dB,模场转换效率达到了 83.7%。

关键词 集成光学; 锥形波导; 模式转换; 电光聚合物波导; 光纤耦合; 损耗

中图分类号 TN252; TN814⁺.5; TN929.11 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/AOS20092910.2686

Tapers in Electro-Optic Polymer Waveguides

Hong Jianxun¹ Xu Kai¹ Zhou Liming³ Zhou Jianxin¹ Chen Shuiping²

Li Chengjun¹ Wu Youyu¹ Chen Wei¹

¹ School of Information Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei 430070, China

² School of Resource and Environmental Engineering, Wuhan University of Technology,
Wuhan, Hubei 430070, China

³ School of Material Science and Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan, Hubei 430073, China

Abstract A tapered electro-optic polymer waveguide is proposed and designed for coupling light between single-mode optical fiber and polymer waveguide. The tapered waveguide performs mode transformation between optical fiber mode and polymer waveguide mode by using a refractive index taper and a width taper with wedge profile. Wedge width taper possess smaller loss and is easy to make. The refractive index taper can be fabricated by utilizing a gray-scale mask lithography to control the UV light reaching each portion of the taper. The transmission loss of the tapers that depend on taper length, waveguide width and height, material loss are analyzed. The optimization of the design is discussed. The total power, mode distribution and its transformation through the taper are presented. The transmission loss of the taper is less than 0.37 dB, which results in an 8.78 dB insertion loss improvement and a low fiber-to-fiber component loss of 1.62 dB. The mode transformation efficiency is 83.7%.

Key words integrated optics; tapered waveguide; mode transformation; electro-optic polymer waveguide; optical fiber coupling; loss

1 引 言

近年来,集成光波导器件得到了快速的发展,在光开关、光调制器、光滤波器等方面得到了广泛的应用^[1]。集成光波导器件的制作工艺与半导体集成电

路的制作工艺相兼容。为了实现一定的功能,集成光波导器件通常会设计特定的波导结构,并对波导的物理尺寸和折射率进行优化选择。波导参数不同时,光模式的模场大小和形状将不同,当不同的波导

收稿日期: 2008-10-16; 收到修改稿日期: 2009-02-25

基金项目: 武汉市青年晨光计划项目(200750731271)资助课题。

作者简介: 洪建勋(1973—),男,博士,副教授,主要从事光通信、导波光学、电光聚合物波导等方面的研究。

E-mail: honjx@126.com.

进行耦合时,由于模场分布不同将会产生很大的耦合损耗。在集成光波导器件的应用中,波导与外界光纤之间的耦合尤其值得关注,从光纤到波导以及从波导到光纤的耦合损耗都会因模式不匹配而变大。当波导中的模场尺寸比单模光纤中的模场小3倍时,两者之间的耦合损耗将高达4.5~14 dB^[2]。为了减小光纤与波导之间的耦合损耗,需要对波导中的模场分布进行转换,使其与光纤中的模场分布相匹配。通常可以采用锥形波导来实现这种模式转换,锥形波导的物理尺寸或折射率缓慢变化,实现模式的绝热转换^[3]。

已经对多种二维尺寸锥形结构进行了研究^[3~5],尺寸锥形结构是通过波导的宽度或厚度的缓慢变化来实现的。宽度锥形通常比较容易制作,只需使用具有波导宽度缓慢变化图案的掩膜版对波导进行刻蚀。厚度锥形的制作较为复杂,需要采用一些特殊的方法或工艺,如对制备波导的原材料蒸汽流进行调制^[6],通过遮光板对波导进行刻蚀^[5],通过灰度掩膜光刻技术对波导进行刻蚀^[5,7]。另外,还可以采用折射率锥形结构来实现模式转换,采用折射率锥形时,波导的物理尺寸可以保持不变,通过折射率的缓慢变化实现宽度和厚度方向的模场转换^[6,7]。

近年来,电光聚合物由于其优异的特性而在光调制器、光开关等方面得到了较广泛的应用,实现了半波电压达到0.8 V^[8],带宽达到110 GHz的聚合物电光调制器^[9]。电光聚合物的折射率通常位于1.6~1.7之间,在电光聚合物波导器件的应用中也存在由于波导的物理结构参数和折射率与光纤的参数不一致所导致的耦合损耗。为了减小光纤到电光聚合物波导的耦合损耗,锥形结构被人们应用到聚合物波导的设计中^[2,4,10]。聚合物的折射率在紫外光的照射下会减小,折射率改变量可以达到0.14^[10~12],这为折射率锥形的制作提供了方便。

本文提出在电光聚合物波导中同时采用尺寸锥形和折射率锥形结构,实现传输模式的绝热转换,减小光纤与波导间的耦合损耗。尺寸锥形采用宽度锥形结构实现横向模场转换,并且宽度锥形采用劈形形状,这样可以减小因波导边界波动所带来的辐射损耗。折射率锥形的折射率缓慢变化,实现横向和垂直方向的模场转换。本文将研究该锥形结构的性能及其与波导结构参数的关系,分析其中的功率传输、模场分布与模式转换情况。

2 锥形波导结构设计

锥形波导能够实现模式的转换,减小耦合损耗,但锥形波导自身也会带来新的损耗:波导边界波动产生的辐射损耗,波导折射率波动产生的辐射损耗,波导锥形的材料吸收损耗等。交联型电光聚合物PMMA-AMA/BMI/AJC146的电光系数可达到138 pm/V,其折射率为1.643,在紫外光的照射下折射率会发生改变^[12]。我们设计的基于电光聚合物PMMA-AMA/BMI/AJC146的锥形波导如图1所示,采用了多层条形波导结构,上下包层的折射率为1.487,波导芯层共分为3个部分,分别标识为WGA,WGB和WGC,WGA和WGC的长度分别为100 μm 和200 μm 。WGA为输入波导,其折射率为1.5,以实现和光纤的低损耗连接。WGB为锥形部分,由两个劈形形状的锥形结构组成,与WGA相连锥形的制备材料与WGA相同,其宽度逐渐减小,与WGC相连锥形的制备材料为电光聚合物,其宽度逐渐增大,采用劈形形状可以减小边界波动所带来的损耗,并保持各个部分的总宽度和厚度不变。在电光聚合物劈形锥形中同时采用了折射率锥形,其折射率逐渐增大,由1.5增加到1.643。WGC为电光聚合物波导芯层,折射率保持不变为1.643,该部分与电光聚合物波导器件的主要功能部分相连。图1所示的锥形波导作为输入波导使用时,光从光纤输入到WGA,作为输出波导使用时,光从WGA输出到光纤。WGA芯层和上下包层可选用聚合物或溶胶-凝胶材料制备^[12]。

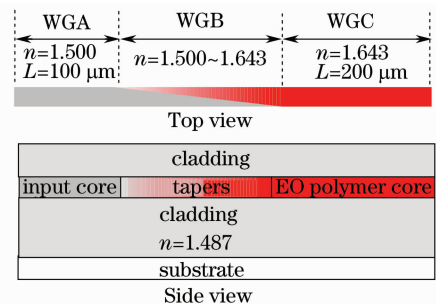


图1 电光聚合物锥形波导

Fig. 1 Tapered electro-optic polymer waveguide

锥形波导的制作需要进行3次掩膜光刻。第1次,采用掩膜光刻技术在下包层上制作出芯层图案,刻蚀出芯层图案的沟道,然后旋涂电光聚合物芯层材料,此时电光聚合物形成倒脊形波导,采用刻蚀技术去除多余的平板部分得到电光聚合物条形波导,并采用电晕极化技术对电光聚合物进行极化。第2次,采用灰度掩膜光刻技术制作折射率锥形。第3

次,采用掩膜光刻技术制作出输入芯层图案,该图案包含宽度锥形,刻蚀出输入芯层图案的沟道,然后旋涂输入芯层材料,采用刻蚀技术去除多余的平板部分,旋涂上包层。

我们采用波束传播法^[13,14] (BPM)对锥形波导进行研究,BPM采用有限差分法对波动方程进行离散处理,沿着场传输方向对场分量进行计算。在直角坐标系中取波的传播方向为 z 轴,在 xy 平面上场量网格化取值,沿 z 轴将计算区域离散为平行的网格平面。设计算步进为 Δz ,由 z 处的场值可求得 $z+\Delta z$ 处的场值,求解过程通常采用交替方向隐式法(ADI)分两步交替进行^[13,15],第1步逐行沿 x 方向由 z 处网格点上的场值求出 $z+\Delta z/2$ 处网格点上的场值,第2步逐列沿 y 方向由 $z+\Delta z/2$ 处网格点上的场值求出 $z+\Delta z$ 处网格点上的场值。采用ADI方式可将三维BPM问题转化为多个二维BPM问题,场值的求解归结为一个三对角线性方程组的求解,该线性方程组可采用Thomas法求解^[16]。给定波导的输入场,可求出传输路径上各处的场值。

取波导芯层的宽度和厚度为 $3\ \mu\text{m}$ 。锥形波导的传输损耗与锥形长度的关系如图2所示,其中考虑了材料的吸收损耗为 $4\ \text{dB/cm}$ 。为了衡量模式转换的效果,数据分析过程中对波导场分布结果进行了处理,使其与波导WGC的基模模式场进行重叠积分运算^[2,4]。为了比较,图2中也给出了相应的宽度锥形和折射率锥形波导的传输损耗与锥形长度的关系。采用宽度锥形时,波导WGB由两个劈形锥形构成,尺寸同图1所示波导,与波导WGA相连的劈形锥形的折射率为1.5,另一劈形锥形的折射率为1.643。采用折射率锥形时,WGB芯层全部由电光聚合物制备而成,宽度保持不变,从与WGA连接端到与WGC连接端,折射率由1.5增加到1.643。由BPG计算得波导WGA和WGC直接耦合的损

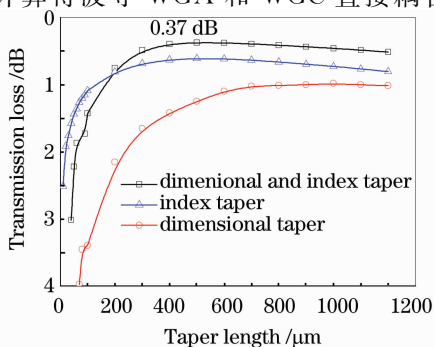


图2 传输损耗与锥形长度的关系

Fig. 2 Transmission losses as a function of taper length

耗为 $2.8\ \text{dB}$,可见该锥形波导能够明显改善耦合效果。随着锥形长度的增加传输损耗减小,当锥形长度为 $500\ \mu\text{m}$ 时传输损耗为 $0.37\ \text{dB}$ 。锥形长度过大时传输损耗呈现增大的趋势,因为此时波导边界与折射率波动所带来的辐射损耗,以及材料的吸收损耗开始占据主导地位。由图2可知尺度与折射率锥形波导的性能优于尺度锥形、折射率锥形波导,其中尺度锥形波导的性能最差,传输损耗大于 $1\ \text{dB}$,因为其只是从宽度方向进行模式转换,难以达到较好的效果;折射率锥形波导的性能适中,但传输损耗随着锥形长度的增加较快地增大,可见其受折射率波动所带来的辐射损耗的影响明显。

图3给出了不同宽度和厚度的锥形波导的传输损耗,其中锥形长度为 $500\ \mu\text{m}$ 。由图3可知锥形波导在较大的横向尺寸范围具有较好的性能,横向尺寸为 $2\sim 4\ \mu\text{m}$ 时,传输损耗较小,其中宽度和厚度均为 $3\ \mu\text{m}$ 时的传输损耗最小。除了锥形波导的传输损耗之外,还需要考虑其与外界单模光纤(SMF)连接时的耦合损耗。波导宽度和厚度不同耦合损耗不同,当宽度和厚度为 $3\ \mu\text{m}\times 3\ \mu\text{m}$ 时,单模光纤与波导WGA的耦合损耗为 $0.44\ \text{dB}$;当宽度和厚度为 $2\ \mu\text{m}\times 2\ \mu\text{m}$ 时,其值为 $2.13\ \text{dB}$;当宽度和厚度为 $4\ \mu\text{m}\times 4\ \mu\text{m}$ 时,其值为 $0.7\ \text{dB}$ 。可见宽度和厚度为 $3\ \mu\text{m}\times 3\ \mu\text{m}$ 时,总的连接损耗将最小。另外,研究表明当宽度和厚度较大时,比如大于 $5\ \mu\text{m}\times 5\ \mu\text{m}$,图2所示的折射率锥形波导的性能将更好,可能超过尺度与折射率锥形波导的性能,因为横向尺寸较大时具有不同折射率的波导WGA与WGC的模场分布差别减小,通过折射率的缓慢变化就可以实现模式的绝热转换,而尺度与折射率锥形波导中的波导边界的变化却带来了可观的额外损耗。一般情况下,集成波导的宽度和厚度为 $3\ \mu\text{m}$ 左右,所

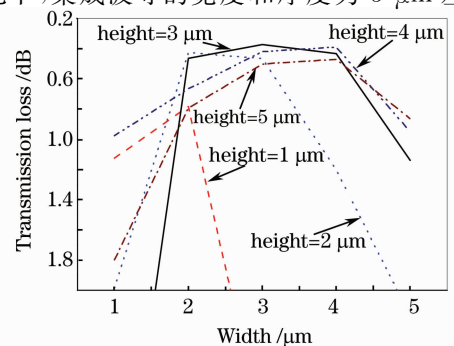


图3 不同宽度和厚度的锥形波导的传输损耗

Fig. 3 Transmission losses of tapered waveguide with different width and height

以本文提出的尺度与折射率锥形波导具有很好的应用意义,考虑光纤到波导的损耗以及锥形波导自身的损耗,总的光纤-波导-光纤的连接损耗为 1.62 dB,而单模光纤与折射率为 1.643 的波导 WGC 耦合的损耗为 5.2 dB,可见采用锥形结构之后插入损耗具有 8.78 dB 的改善。

当采用锥形结构对波导的传输损耗进行优化之后,材料的吸收损耗就成为决定器件损耗的关键因素,电光聚合物的吸收损耗一般为 $3\sim 7\text{ dB/cm}^{[17]}$ 。在图 1 中,取芯层的宽度和厚度为 $3\text{ }\mu\text{m}$,不同吸收损耗时,锥形波导的传输损耗与锥形长度的关系如图 4 所示。可见,吸收损耗越小性能越好,设计的灵活性越大;不同损耗时锥形波导均表现出较好的性能,吸收损耗为 5 dB/cm 时的传输损耗也可以优化到 0.45 dB ;锥形长度过大时材料的吸收损耗开始占主导地位,使得锥形波导的传输损耗呈现增大的趋势;吸收损耗为 1 dB/cm 时,锥形的设计长度可以为 $400\sim 1500\text{ }\mu\text{m}$,最小损耗为 0.14 dB ;吸收损耗为 4 dB/cm 时,锥形的设计长度可以为 $400\sim 700\text{ }\mu\text{m}$,最小损耗为 0.37 dB 。电光聚合物 PMMA-AMA/BMI/AJC146 的吸收损耗约为 4 dB/cm ,如前所述锥形的设计长度可选为 $500\text{ }\mu\text{m}$ 。

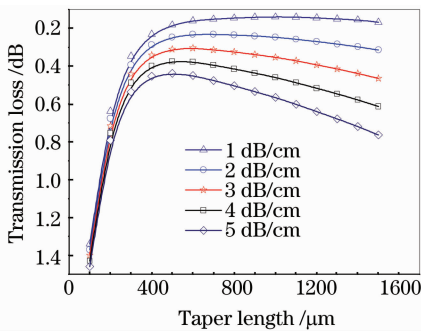


图 4 不同材料吸收损耗时,传输损耗与锥形长度的关系
Fig. 4 Transmission losses of tapers with different material losses, the losses are plotted as a function of taper length

3 功率传输与模式转换分析

在一个绝热波导系统中,波导尺寸与折射率足够缓慢地变化^[6],实现功率的绝热传输和模式的绝热转换。严格地说,假设材料的吸收损耗为零,一个无限长的锥形波导可以实现绝对的绝热传输。实际上,锥形波导的长度是有限的,折射率和边界的波动会产生损耗,在锥形制作过程中也可能会产生一些瑕疵,包括宽度和折射率的变化步进过大,不均匀等,这些都会使得实际上的锥形波导不可能是完全

绝热的。本文提出的锥形波导的宽度变化是线性的,并且采用劈形形状,只有一个边界发生改变,可通过普通掩膜光刻技术实现;锥形部分折射率的变化也是线性的,在实际制作中可通过灰度掩膜技术实现,因此可以很好地减小损耗。下面分析锥形波导中的功率传输和模式转换效果,锥形长度为 $500\text{ }\mu\text{m}$,波导的宽度和厚度为 $3\text{ }\mu\text{m}$,从 WGA 中输入标准单模光纤基模场,计算得到锥形波导中的光功率传输情况如图 5 所示,其中仍然考虑了材料的吸收损耗为 4 dB/cm 。在前 $100\text{ }\mu\text{m}$ 段,功率有微小的下降,说明单模光纤与 WGA 的耦合状况很好;之后 $500\text{ }\mu\text{m}$ 段,功率有明显的少量下降,这是锥形结构产生的损耗;最后 $200\text{ }\mu\text{m}$ 段,功率有一些下降,说明 WGC 中的场还含有一些单模光纤场分量。图 6 给出了波导中的光传输场与输出波导 WGC 基模场、单模光纤基模场的重叠积分结果,揭示了波导中的模式转换过程。由图 6 可知,随着传输距离的增加,WGC 基模场分量逐渐增大,在最后 $200\text{ }\mu\text{m}$ 段该分量基本保持稳定,模式转换效率达到了 83.7% 以上。而传输场与单模光纤基模场的重叠积分结果的变化趋势则相反,其结果最小达到 13% 。

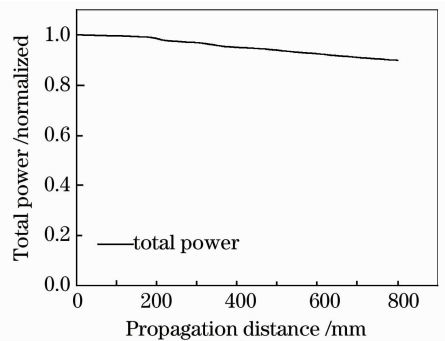


图 5 锥形波导中的光功率

Fig. 5 Total power through the tapered waveguide

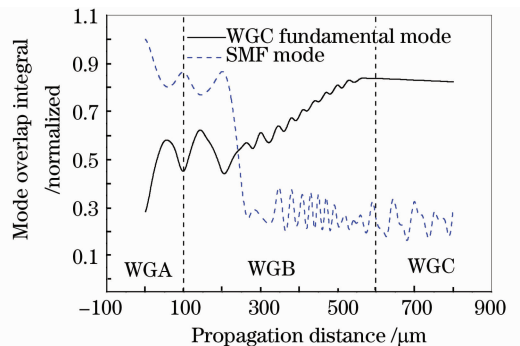


图 6 锥形波导中的模式重叠积分

Fig. 6 Mode overlap integral through the tapered waveguide

实际上,波导 WGC 不是单模的,但从图 5 和图 6 可以看出在波导 WGC 中,随着传输距离的增大总功率和基模场重叠积分结果衰减很小,而在 WGA 中总功率基本不变。因此可认为在波导 WGC 中激发的是基模,通过波导锥形的模式转换之后,在波导 WGC 中传输的绝大部分为基模,高阶模辐射损耗可以忽略,WGC 的传输损耗由材料吸收损耗所决定。

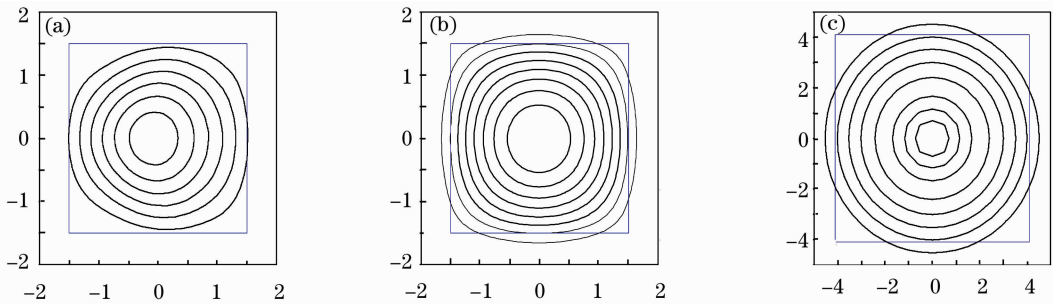


图 7 (a)波导 WGC 输出端的场分布;(b)波导 WGC 基模场分布;(c)单模光纤基模场分布

Fig. 7 (a) Field distribution at the output port of WGC; (b) field distribution of fundamental mode of WGC; (c) field distribution of fundamental mode of SMF

4 结 论

本文提出了一种基于电光聚合物的锥形波导,通过尺度和折射率的缓慢变化实现模场分布的绝热转换,可用于单模光纤与聚合物波导器件之间的连接。锥形波导中采用了宽度锥形和折射率锥形结构,宽度锥形采用劈形形状,宽度锥形的宽度和折射率锥形的折射率线性变化,有效地减小了锥形波导的传输损耗。宽度锥形通过普通掩膜光刻技术实现,折射率锥形通过灰度掩膜技术实现。锥形波导的传输损耗和模式转换效果与锥形长度、波导宽度和厚度、材料吸收损耗等相关,当锥形长度为 $500\ \mu\text{m}$,横截面宽度和厚度均为 $3\ \mu\text{m}$ 时,光纤-波导-光纤的连接损耗为 $1.62\ \text{dB}$,对插入损耗的改善达到 $8.78\ \text{dB}$ 。模场分析显示模场转换效率较高,达到了 83.7% 。

参 考 文 献

- 1 Zhang Xiaoyang, Zhang Tong, Ji Chunling *et al.*. Optimized design for tunable optical waveguide ring resonator integrated with thermo-optic Mach-Zehnder interferometer [J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, **28**(2): 285~289
张晓阳,张彤,季春玲等.集成马赫-曾德尔热光耦合器的可调谐振环优化设计[J]. *光学学报*, 2008, **28**(2): 285~289
- 2 Hardy Isabelle, Grosso Philippe, Bosc Dominique. Design and fabrication of mode size adapter in a photosensitive polymer waveguide [J]. *IEEE Photonics Technol. Lett.*, 2005, **17**(5): 1028~1030
- 3 Shani Yosi, Henry Charles H., Kistler Rodney C *et al.*.

WGC 波导输出端的场分布如图 7(a)所示,图中也画出了波导芯层的横截面,由图可知大部分能量集中在电光聚合物芯层中,场分布不是完全中心对称的,因为锥形波导中没有采用厚度锥形。图 7(b),7(c)给出了波导 WGC 基模场和单模光纤基模场分布,可以看出输出端的场分布与波导 WGC 基模场分布非常相似,而与单模光纤基模场分布的区别则较大,比较可知模场转换效率较高。

- Integrated optic adiabatic devices on silicon [J]. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1991, **27**(3): 556~566
- 4 Fan Regis S. R. Hooker Brian. Tapered polymer single-mode waveguides for mode transformation [J]. *J. Lightwave Technol.*, 1999, **17**(3): 466~474
- 5 Garner Sean M, Lee Sang-Shin, Chuyanov Vadim *et al.*. Three-dimensional integrated optics using polymers [J]. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1999, **35**(8): 1146~1155
- 6 Yanagawa Hisaharu, Shimizu Takeo, Nakamura Shiro *et al.*. Index-and-dimensional taper and its application to photonic devices [J]. *J. Lightwave Technol.*, 1992, **10**(5): 587~592
- 7 Enami Y, Meredith G, Peyghambarian N *et al.*. Hybrid electro-optic polymer/sol-gel waveguide modulator fabricated by all-wet etching process [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2003, **83**(23): 4692~4694
- 8 Shi Yongqiang, Lin Weiping, Olson David J *et al.*. Electro-optic polymer modulators with $0.8\ \text{V}$ half-wave voltage [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2000, **77**(1): 1~3
- 9 Chen Datong, Fetterman Harold R, Chen Antao *et al.*. Demonstration of $110\ \text{GHz}$ electro-optic polymer modulators [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1997, **70**(25): 3335~3337
- 10 Geary Kevin, Kim Seong-Ku, Seo Byoung-Joon *et al.*. Photobleached refractive index tapers in electrooptic polymer rib waveguides [J]. *IEEE Photonics Technol. Lett.*, 2006, **18**(1): 64~66
- 11 Chu Sai T, Pan Wugen, Sato Shinya *et al.*. Wavelength trimming of a microring resonator filter by means of a UV sensitive polymer overlay [J]. *IEEE Photonics Technol. Lett.*, 1999, **11**(6): 688~690
- 12 Enami Y, Derosé C. T, Mathine D *et al.*. Hybrid polymer/sol-gel waveguide modulators with exceptionally large electro-optic coefficients [J]. *Nature Photonics*, 2007, **1**(3): 180~185
- 13 Kawano K, Kitoh T. *Introduction to Optical Waveguide Analysis* [M]. New York: Wiley-Interscience, 2001. 165~226
- 14 Yan Chaojun. Numerical calculation of imaging positions in multimode interference couplers by the three dimensional beam

propagation method [J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, **28**(1): 110~114

严朝军. 采用三维波束传输法的多模干涉耦合器成像位置的数值计算[J]. *光学学报*, 2008, **28**(1): 110~114

15 William. H. P. Saul. A. T, William. T. V *et al.*. *Numerical Recipes* [M]. Third Edition. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 1065~1066

16 Ma Zhenhua, Liu Kunlin, Lu Xuan *et al.*. *Computation and*

Numerical Analysis [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005. 335~336

马振华, 刘坤林, 陆璇等. 现代应用数学手册——计算与数值分析卷[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005. 335~336

17 Rezzonic Daniele O, Jazbinsek, Mojca Guarino Andrea *et al.*. Electro-optic Charon polymeric microring modulators [J]. *Optics Express*, 2008, **16**(2): 613~627

光学前沿

——第二届“大珩杯”光学期刊优秀论文评选活动开展通知

为了进一步提高我国光学期刊的学术水平和论文质量,吸引和催生优秀稿件,鼓励和培育优秀作者,促进我国光学、激光科技事业发展,《光学学报》《中国激光》《中国光学快报》(英文版)特发起“光学期刊优秀论文评选活动”。在光学泰斗王大珩先生的支持下,本活动特命名为光学前沿——“大珩杯”光学期刊优秀论文评选活动。

光学前沿——首届“大珩杯”光学期刊优秀论文评选结果在中国光学学会 2008 年学术年会上隆重公布。中国光学学会秘书长倪国强宣读了入选论文名单,中国光学学会理事长周炳琨院士、副理事长徐至展院士等为上海光机所周军等入选论文的作者代表颁发了证书和奖金。

根据“大珩杯”光学期刊优秀论文评选活动评选办法,光学前沿——第二届“大珩杯”光学期刊优秀论文评选活动即将开始,欢迎广大作者提交论文信息,参与评选。评选规则请参考“大珩杯”光学期刊优秀论文评选办法。

编辑部将在 2009 年年底,对获奖作者进行表彰,并颁发证书和奖金。

主办单位:中国科学院上海光学精密机械研究所

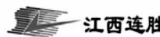
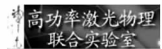
联合主办单位:相干(北京)商业有限公司

上海瀚宇光纤通讯技术有限公司

协办单位:高功率激光物理联合实验室

江西连胜实验装备有限公司

普爱纳米位移技术有限公司



时间安排:参评论文统计截止时间:2009 年 8 月 30 日。

论文作者提交申请材料时间:2009 年 7 月 1 日~9 月 30 日(论文被引的材料和论文所在项目或课题获奖的证明),请在中国光学期刊网上提交。

审核时间:2009 年 10 月 8 日~10 月 30 日。

详情请浏览:<http://www.opticsjournal.net/Daheng.htm>

咨询电话:021-69918426 段家喜 编辑 duanjiaxi@siom.ac.cn

光学期刊联合编辑部

2009-5-1