(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 112904499 A
(43)申请公布日 2021.06.04

(21)申请号 202110121434.7

(22)申请日 2021.01.28

(71)申请人 西安奇芯光电科技有限公司
地址 710000 陕西省西安市高新区上林苑一路15号B栋二层

(72)发明人 郭菲 程东 范修宏 徐之光 庄礼杰

(74)专利代理机构 西安铭泽知识产权代理事务所(普通合伙) 61223
代理人 耿路

(51)Int.Cl.
G02B 6/42(2006.01)
G02B 6/122(2006.01)

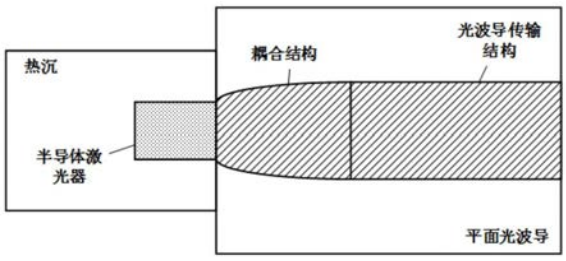
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

半导体激光器和平面光波导耦合结构、光路系统及制造方法

(57)摘要

本发明公开了半导体激光器和平面光波导耦合结构、光路系统及制造方法，涉及半导体激光技术领域。耦合结构包括输入波导结构和抛物线整形结构，输入波导结构位于抛物线整形结构的一端，抛物线整形结构的波导结构为抛物线形；输入波导结构与半导体激光器的输出端紧密贴合，且输入波导结构的尺寸与半导体激光器的模斑匹配，抛物线整形结构远离输入波导结构的一端与光波导传输结构连接在一起。本发明提供的耦合结构，为半导体激光器和平面光波导直接耦合的结构，相比于激光器-透镜-平面光波导器件的光路耦合结构，该耦合结构减少了透镜等元件，光路结构简单，耦合效率高，而且组装工艺简单，成本也更有优势，适于批量化生产。



CN 112904499 A

1.半导体激光器和平面光波导耦合结构，其特征在于，该耦合结构包括输入波导结构和抛物线整形结构，所述输入波导结构位于抛物线整形结构的一端，所述抛物线整形结构的波导结构为抛物线形；

所述输入波导结构与半导体激光器的输出端紧密贴合，且所述输入波导结构的尺寸尽量与半导体激光器的模斑匹配，所述抛物线整形结构远离输入波导结构的一端与光波导传输结构连接在一起，所述光波导传输结构与平面光波导的芯层连接。

2.应用权利要求1中半导体激光器和平面光波导耦合结构的光路系统，其特征在于，包括半导体激光器、耦合结构、光波导传输结构和平面光波导，所述耦合结构的一端与半导体激光器的输出端紧贴，耦合结构的另一端通过光波导传输结构与平面光波导的芯层连接。

3.如权利要求2所述的光路系统，其特征在于，所述平面光波导的芯层的波导宽度和厚度与抛物线整形结构相连的波导宽度和厚度相同；或

所述平面光波导的芯层的波导宽度和厚度与抛物线整形结构相连的波导宽度和厚度不同，所述平面光波导的芯层与抛物线整形结构之间通过锥形波导结构耦合。

4.如权利要求3所述的光路系统，其特征在于，所述锥形波导结构的波导为线型、抛物线型或指数型。

5.如权利要求2所述的光路系统，其特征在于，所述光波导传输结构只支持单模传输。

6.如权利要求2所述的光路系统，其特征在于，所述耦合结构和光波导传输结构为基于同一衬底的单片集成结构。

7.如权利要求2所述的光路系统，其特征在于，所述耦合结构为基于二氧化硅或氮化硅的平面光波导结构。

8.如权利要求2所述的光路系统，其特征在于，所述光波导传输结构为基于二氧化硅或氮化硅的平面光波导结构。

9.如权利要求2所述的光路系统，其特征在于，所述半导体激光器贴装在陶瓷或CuW热沉上。

10.权利要求2-9任意一项所述的光路系统的制造方法，其特征在于，包括以下步骤：

首先，仿真半导体激光器输出光斑的模式特性，并根据平面光波导的芯层和包层折射率特性，仿真设计光波导传输结构，使得其只支持单模传输；

其次，通过仿真模拟，使输入波导结构的宽度和厚度和激光器输出的远场光斑相匹配，抛物线整形结构对光斑进行整形；

再次，根据平面光波导的设计结构完成平面光波导的工艺制作；

最后，通过耦合结构将半导体激光器和平面光波导进行有源耦合，完成光路系统的制作。

半导体激光器和平面光波导耦合结构、光路系统及制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体激光技术领域，特别是涉及半导体激光器和平面光波导耦合结构、光路系统及制造方法。

背景技术

[0002] 随着5G光通信和数据中心的迅速发展，以及云计算、云存储等业务的大量需求，市场上对高速光模块的需求不断增长。为了扩展带宽，增加网络容量，波分复用(WDM)技术已经广泛应用于光模块中。基于WDM技术的光发射模块主要包括:N路半导体激光器、N个耦合透镜、平面光波导复用器件、隔离器(1个或N个)、光纤连接器及输出端口等结构。其中，半导体激光器与平面光波导复用器件之间的光路耦合是最为关键的组装工艺。由于半导体激光器的发散角较大，为了提高耦合效率，半导体激光器输出的光斑需要先经过耦合透镜聚焦再进入平面光波导复用器件中，导致光路系统体积庞大、结构复杂，而且光模块组装工艺也比较复杂。

[0003] 为了降低光路系统和组装工艺复杂度，半导体激光器可以直接和平面光波导复用器件耦合，而不需要耦合透镜进行聚焦，光路耦合结构简单，体积较小，而且组装工艺简单，成本也更有优势，适于批量化生产。然而，由于半导体激光器与平面光波导复用器件之间存在模斑尺寸以及有效折射率的失配，导致耦合效率不高。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供半导体激光器和平面光波导耦合结构、光路系统及制造方法，来降低光模块的光路系统和组装工艺复杂度。相较于现在的激光器-透镜-平面光波导器件耦合，该光路系统只包括激光器和平面光波导器件，光路耦合结构简单，体积较小，而且组装工艺简单，成本也更有优势，适于批量化生产。

[0005] 本发明提供了半导体激光器和平面光波导耦合结构，该耦合结构包括输入波导结构和抛物线整形结构，所述输入波导结构位于抛物线整形结构的一端，所述抛物线整形结构的波导结构为抛物线形；

[0006] 所述输入波导结构与半导体激光器的输出端紧密贴合，且所述输入波导结构的尺寸尽量与半导体激光器的模斑匹配，所述抛物线整形结构远离输入波导结构的一端与光波导传输结构连接在一起，所述光波导传输结构与平面光波导的芯层连接。

[0007] 本发明还提供了应用耦合结构的光路系统，包括半导体激光器、耦合结构、光波导传输结构和平面光波导，所述耦合结构的一端与半导体激光器的输出端紧贴，耦合结构的另一端通过光波导传输结构与平面光波导的芯层连接。

[0008] 优选地，所述平面光波导的芯层的波导宽度和厚度与抛物线整形结构相连的波导宽度和厚度相同;或

[0009] 所述平面光波导的芯层的波导宽度和厚度与抛物线整形结构相连的波导宽度和厚度不同，所述平面光波导的芯层与抛物线整形结构之间通过锥形波导结构耦合。

[0010] 优选地，所述锥形波导结构的波导为线型、抛物线型或指数型。

[0011] 优选地，所述光波导传输结构只支持单模传输。

[0012] 优选地，所述耦合结构和光波导传输结构为基于同一衬底的单片集成结构。

[0013] 优选地，所述耦合结构为基于二氧化硅或氮化硅的平面光波导结构。

[0014] 优选地，所述光波导传输结构为基于二氧化硅或氮化硅的平面光波导结构。

[0015] 优选地，所述半导体激光器贴装在陶瓷或CuW热沉上。

[0016] 本发明还提供了光路系统的制造方法，该方法包括以下步骤：

[0017] 首先，仿真半导体激光器输出光斑的模式特性，并根据平面光波导的芯层和包层折射率特性，仿真设计光波导传输结构，使得其只支持单模传输；

[0018] 其次，通过仿真模拟，使输入波导结构的宽度和厚度和激光器输出的远场光斑相匹配，抛物线整形结构对光斑进行整形；

[0019] 再次，根据平面光波导的设计结构完成平面光波导的工艺制作；

[0020] 最后，通过耦合结构将半导体激光器和平面光波导进行有源耦合，完成光路系统的制作。

[0021] 本发明中的半导体激光器和平面光波导耦合结构、光路系统及制造方法，具有以下优势：

[0022] 1、本发明提供的耦合结构，为半导体激光器和平面光波导直接耦合的结构。相比于激光器-透镜-平面光波导器件的光路耦合结构，该耦合结构少了透镜等元件的引入，光路结构简单，体积较小，而且组装工艺简单，成本也更有优势，适于批量化生产，特别适合用于多路光发射模块的制备中；

[0023] 2、本发明的耦合结构，包括输入波导结构和抛物线整形结构。相比于半导体激光器输出端口和基于其他材料的光束整形结构，该耦合结构简单、工艺简单、易于实现，而且和平面光波导的芯层基于同一包层集成，不需要引入额外的材料介质；

[0024] 3、本发明的耦合结构，其耦合效率可以达到甚至优于透镜聚焦光路的耦合效率。

附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1为包含半导体激光器和平面光波导耦合结构的光路系统；

[0027] 图2为耦合结构的X-Y、X-Z、Y-Z方向视图；

[0028] 图3为N路光路系统；

[0029] 图4为半导体激光器的输出光斑；

[0030] 图5为平面光波导的输出光斑；

[0031] 图6为耦合输出功率随抛物线整形结构的长度变化结果；

[0032] 图7为半导体激光器和平面光波导的耦合结构在X-Z和Y-Z平面的模场传输仿真结果。

具体实施方式

[0033] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0034] 参照图1、图2和图3，本发明提供了半导体激光器和平面光波导耦合结构，该耦合结构包括输入波导结构和抛物线整形结构，所述输入波导结构位于抛物线整形结构的一端，所述抛物线整形结构的波导结构为抛物线形，用于增加与半导体激光器间的模式匹配和实现对输入光斑的整形作用，提高耦合效率。所述输入波导结构与半导体激光器的输出端紧密贴合，且所述输入波导结构的尺寸与半导体激光器的模斑匹配。所述抛物线整形结构远离输入波导结构的一端与平面光波导内部的光波导传输结构连接在一起，所述光波导传输结构与平面光波导的芯层紧密连接。

[0035] 在本实施例中，所述输入波导结构在波导传输方向Z方向的厚度，即激光传播方向的厚度为零，也就是说输入波导结构为抛物线整形结构的端面。所述抛物线整形结构在X-Z方向和Y-Z方向的波导结构均为抛物线型。

[0036] 基于上述耦合结构，本发明还提供了光路系统，该光路系统包括半导体激光器、耦合结构和平面光波导，所述耦合结构的一端与半导体激光器的输出端紧贴，耦合结构的另一端通过光波导传输结构与平面光波导的芯层连接。

[0037] 在本实施例中，所述光波导传输结构的波导宽度和厚度与抛物线整形结构相连的波导宽度和厚度相同，也可以不同。如果不同，需要在二者之间引入锥形波导结构，锥形波导结构的波导可以设计为线型、抛物线型、指数型等类型。

[0038] 所述光波导传输结构只支持单模传输，用于实现单模光束的传输。

[0039] 所述半导体激光器为远场发散角X方向10°-40°、Y方向10°-45°的高斯型单模半导体激光器。

[0040] 所述耦合结构为基于二氧化硅、氮化硅等材料的平面光波导结构。

[0041] 所述光波导传输结构为基于二氧化硅、氮化硅等材料的平面光波导结构。

[0042] 所述耦合结构和光波导传输结构为基于同一衬底的单片集成结构。

[0043] 所述耦合结构的抛物线整形结构可以实现对输入发散角较大光斑的整形，使得更多的光束汇聚在平面光波导的芯层中，减少传输损耗。

[0044] 所述半导体激光器贴装在陶瓷、CuW等散热特性良好的热沉上。

[0045] 所述半导体激光器和耦合结构之间的耦合间隙为零，或者接近于零的较小耦合间距，为了提高耦合效率。

[0046] 所述光路系统可以应用于高速单信道光模块，或者用于40G、100G、400G光传输的并行光模块。

[0047] 基于上述光路系统，本发明还提供了光路系统的制造方法，该方法包括以下步骤：

[0048] 首先，仿真半导体激光器输出光斑的模式特性，并根据平面光波导的芯层和包层折射率等特性，仿真设计光波导传输结构，使得其只支持单模传输。

[0049] 其次，根据半导体激光器的输出光斑设计耦合结构，其中，通过仿真模拟，输入波导结构的宽度和厚度的设计原则是尽量和激光器输出的远场光斑相匹配，抛物线整形结构

的设计原则是对光斑进行整形，使得更多的光束汇聚在平面光波导的芯层中，减少传输损耗。

[0050] 再次，根据平面光波导的设计结构完成平面光波导的工艺制作。将半导体激光器贴装在陶瓷、CuW等散热特性良好的热沉上，为了便于耦合，半导体激光器的输出端口最好突出热沉边沿一部分。

[0051] 最后，将半导体激光器和平面光波导通过耦合结构进行有源耦合，完成半导体激光器-平面光波导组件的制作。本发明中的光路系统可以应用于N路光发射模块的制备中，如图3所示，由于少了N个透镜的引入，整个光路系统的复杂性大大降低，组装工艺也简化很多，成本也相应降低，适于光模块的批量生产。

[0052] 下面结合具体实施例对本发明做进一步地描述。

[0053] 本实施例以半导体激光器的发射波长为1.3μm，平面光波导为二氧化硅材料为例，进行说明。

[0054] 首先，对半导体激光器和平面光波导结构的输出光斑进行仿真，半导体激光器的输出光斑如图4所示，平面光波导的芯层和包层的折射率差为0.02，其光波导传输结构的宽度和厚度设计为8μm，输出光斑如图5所示，该光波导传输结构只支持单模传输。

[0055] 其次，对耦合结构进行仿真设计，其中，输入波导结构的宽度和高度设计为1.4μm，保证其输出模式尽量和半导体激光器匹配。接着，对抛物线整形结构进行设计，其与光波导传输结构相连的波导宽度和厚度设计为和光波导传输结构相同。仿真的耦合输出功率随抛物线整形结构的长度变化结果如图6所示，最优的长度为60μm，其最大耦合光功率为65％，达到甚至优于半导体激光器-耦合透镜-平面光波导的光路耦合效率。半导体激光器和平面光波导的耦合结构在X-Z和Y-Z平面的模场传输仿真结果如图7所示。

[0056] 最后，对半导体激光器和平面光波导组件进行工艺制作，采用上述仿真设计的耦合结构，其耦合效率达到甚至优于透镜光路。

[0057] 尽管已描述了本发明的优选实施例，但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念，则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以，所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0058] 显然，本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样，倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内，则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

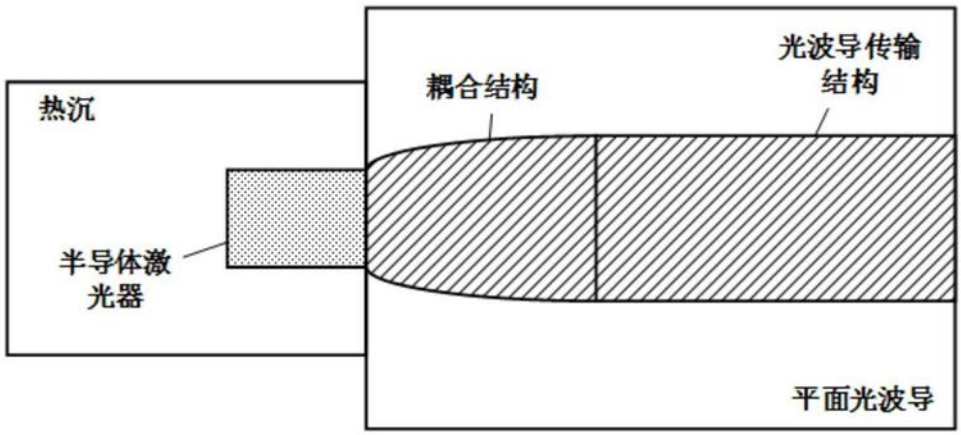


图1

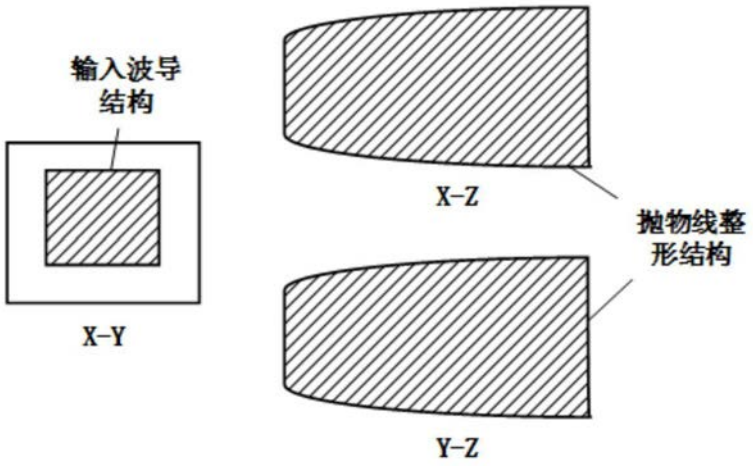


图2

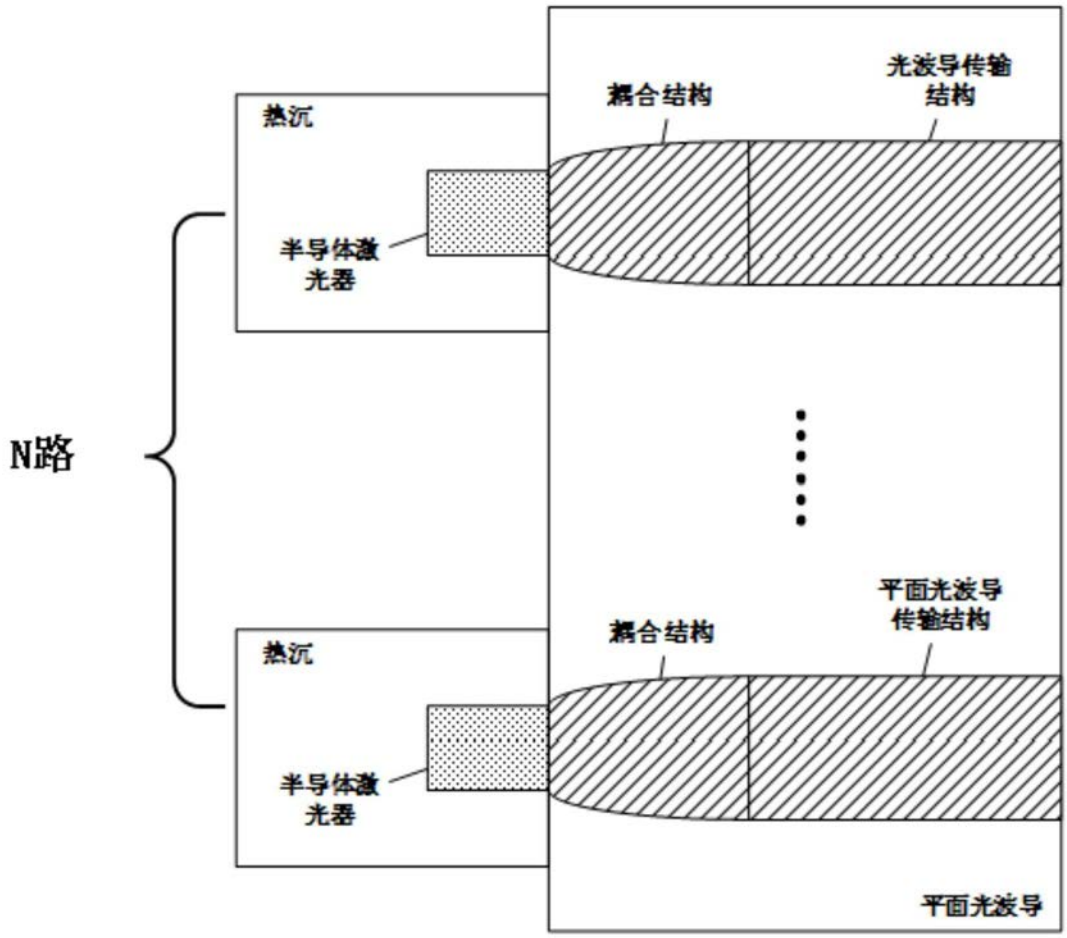

N路
热沉
半导体激光器
耦合结构
光波导传输结构
平面光波导传输结构
平面光波导

图3

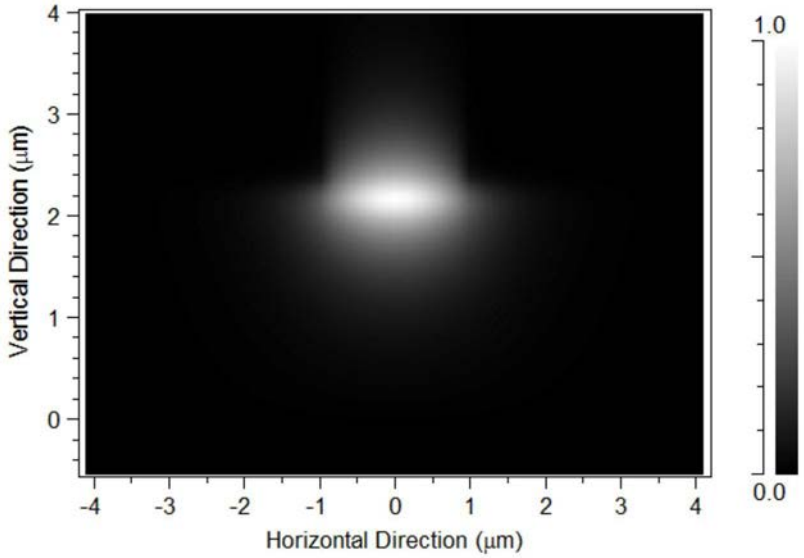

Vertical Direction (μm)
Horizontal Direction (μm)
1.0
0.0

图4

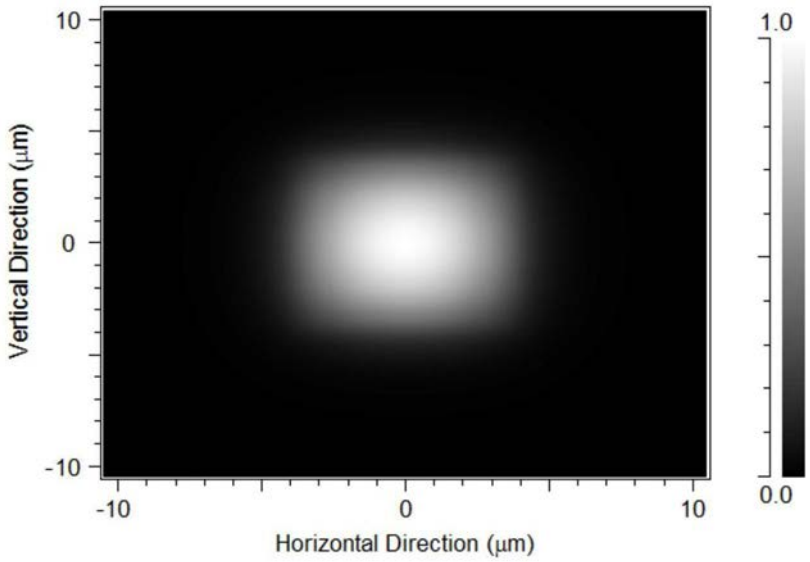

10
0
-10
Vertical Direction (μm)
-10
0
10
Horizontal Direction (μm)
1.0
0.0

图5

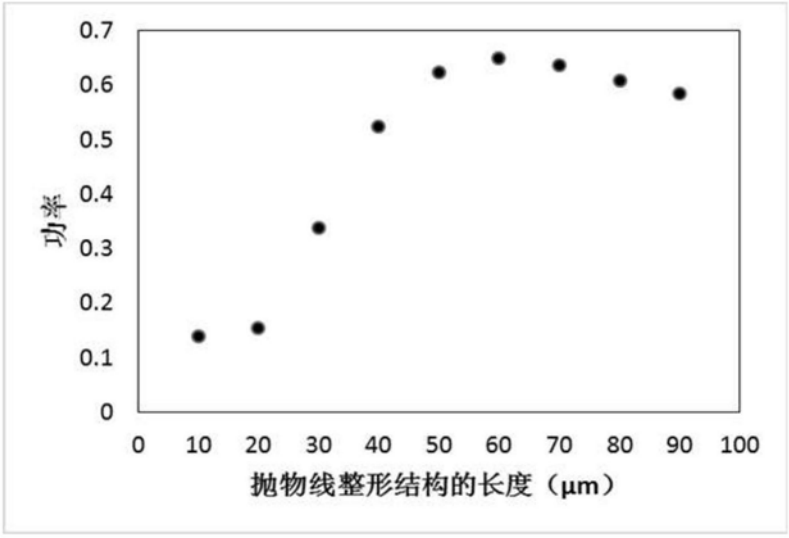

0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
功率
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
抛物线整形结构的长度（μm）

图6

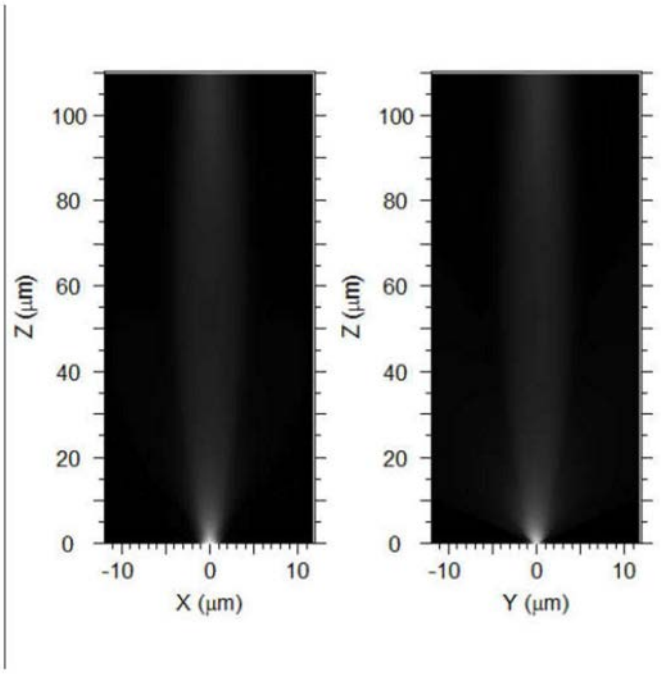


图7