



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107831568 A

(43)申请公布日 2018.03.23

(21)申请号 201710769765.5

(22)申请日 2017.08.31

(30)优先权数据

15/266,655 2016.09.15 US

(71)申请人 谷歌有限责任公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 吉尔·D·贝格尔 戴维·芬克

史蒂文·M·斯温

凯文·Y·亚苏穆拉

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 李佳 穆德骏

(51)Int.Cl.

G02B 6/32(2006.01)

G02B 6/35(2006.01)

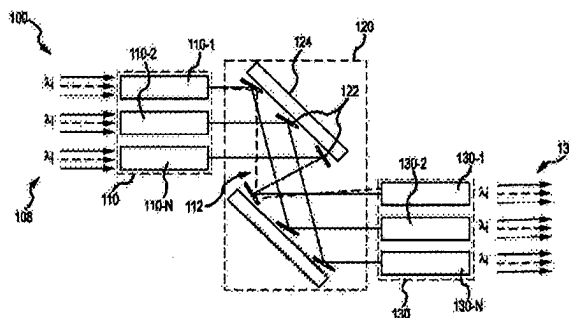
权利要求书2页 说明书7页 附图10页

(54)发明名称

光电路交换机准直器

(57)摘要

公开了光电路交换机准直器。提供了一种用于光电路交换机的准直器设备和准直器透镜阵列。准直器包括光纤阵列，该光纤阵列包括布置在孔阵列中的多个光纤。光学透镜阵列对准并耦合到光纤阵列。间隔件布置在光纤阵列和光学透镜阵列之间，并且在光学透镜阵列中的透镜和光纤阵列中对应的光纤之间提供基本上均匀的间隔。多个垫沿着间隔件的面向光学透镜阵列的表面的边缘定位，从而限定了间隔件和光学透镜阵列之间的第一分隔间隙。第一环氧树脂将间隔件结合到光学透镜阵列，并且第二环氧树脂将间隔件结合到光纤阵列。光学透镜阵列包括具有第一表面的玻璃基板，该第一表面将透镜限定在二维阵列中。



1. 一种光电路交换机准直器设备,所述设备包括:
光纤阵列,所述光纤阵列包括布置在孔阵列中的多个光纤;
光学透镜阵列,所述光学透镜阵列对准并耦合到所述光纤阵列;
间隔件,所述间隔件布置在所述光纤阵列和所述光学透镜阵列之间并被配置为提供所述光学透镜阵列中的透镜与所述光纤阵列中的对应光纤之间的基本上均匀的间隔;
多个垫,所述多个垫沿着所述间隔件的面向所述光学透镜阵列的表面的边缘定位,并且限定所述间隔件和所述光学透镜阵列之间的第一分隔间隙;
第一环氧树脂,所述第一环氧树脂将所述间隔件耦合到所述光学透镜阵列;以及
第二环氧树脂,所述第二环氧树脂将所述间隔件耦合到所述光纤阵列。
2. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述光学透镜阵列包括多个基本上相同的玻璃透镜,所述玻璃透镜的特征在于小于200纳米(nm)的面形误差。
3. 根据权利要求2所述的设备,其中,所述多个基本上相同的玻璃透镜均匀地排列在具有小于1微米(μm)的节距误差的所述光学透镜阵列中。
4. 根据权利要求2所述的设备,其中,所述多个基本上相同的玻璃透镜包括球面透镜。
5. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述光学透镜阵列中的透镜具有相应的曲率半径,所述相应的曲率半径相对于所述光学透镜阵列中的其它透镜的曲率半径变化不多于1%。
6. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述第一环氧树脂具有第一折射率值,所述第一折射率值约为在所述间隔件和所述透镜阵列的玻璃材料的相应折射率值之间的中间值。
7. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述第二环氧树脂具有第二折射率值,所述第二折射率值约为在所述间隔件的折射率值和所述光纤阵列的所述多个光纤的光纤芯的折射率值之间的中间值。
8. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述光学透镜阵列的第一表面涂覆有第一抗反射AR涂层,所述第一AR涂层被配置为防止在所述光学透镜阵列的所述第一表面和所述间隔件的透镜-间隔件界面处的反射,其中所述第一表面面向所述间隔件,并且其中所述第一环氧树脂具有第一折射率值,所述第一折射率值等于所述间隔件的相应折射率值,并且其中所述光学透镜阵列的第二表面涂覆有第二AR涂层,所述第二AR涂层被配置为防止在透镜-空气界面处的反射。
9. 根据权利要求1所述的设备,其中,在约1550nm的光波长处,所述光学透镜阵列、所述间隔件、所述第一环氧树脂、所述第二环氧树脂和所述光纤的折射率相应地为大约1.78、1.456、1.462、1.462和1.468。
10. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述第一分隔间隙为约5 μm 。
11. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述间隔件进一步被配置为维持所述光学透镜阵列和所述光纤阵列之间的准直距离,并且使得能够控制所述设备的光束的束腰大小和束腰位置。
12. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述孔阵列包括下述材料:该材料包括硅、玻璃或金属中的至少一种。
13. 一种光学透镜阵列,包括:
玻璃基板,所述玻璃基板具有第一表面,所述第一表面限定以二维阵列排列的多个透

镜,其中:

所述多个透镜基本上相同并且具有相应的曲率半径,所述曲率半径相对于所述光学透镜阵列中的其它透镜的曲率半径变化不多于1%,以及

所述多个透镜均匀地排列在具有小于1微米(μm)的节距误差的二维阵列中。

14. 根据权利要求13所述的光学透镜阵列,进一步包括抗反射(AR)涂层,所述抗反射(AR)涂层在所述基板的与所述第一表面相对的第二面上和在所述第一表面上。

15. 根据权利要求13所述的光学透镜阵列,其中,所述二维阵列的几何排列被配置为匹配光纤阵列的光纤的几何排列和光电路交换机的镜子阵列的几何排列。

16. 根据权利要求13所述的光学透镜阵列,其中,所述玻璃基板包括玻璃材料,所述玻璃材料在1550纳米(nm)的光学波长处具有约为1.78的折射率。

17. 根据权利要求13所述的光学透镜阵列,其中,所述玻璃基板包括具有基本上低的热膨胀系数的玻璃材料,所述玻璃材料不受显著高于环境温度的温度和显著高于环境湿度的湿度的影响。

18. 根据权利要求13所述的光学透镜阵列,其中,所述多个透镜基本上相同,并且特征在于小于约200nm的面形误差。

19. 根据权利要求13所述的光学透镜阵列,其中,所述多个透镜均匀地排列在具有小于1微米(μm)的节距误差的所述光学透镜阵列中。

20. 根据权利要求13所述的光学透镜阵列,其中,所述多个透镜包括球面透镜。

光电路交换机准直器

技术领域

[0001] 本说明书大体上涉及光网络,更具体但非排他地涉及光电路交换机准直器。

背景技术

[0002] 光电路交换机(OCS)是光电路交换网络的核心。OCS包括多个光学准直器(例如,被动准直器),其将光信号导入和导出到耦合到OCS的光纤。光纤准直器的示例效能特性包括:插入损耗、束腰直径的恒定性、束腰相对于OCS光路中心的位置、以及随机光束指向误差的程度。使用蚀刻硅或聚合物透镜阵列的现有OCS准直器可能不能满足期望的效能特性。

发明内容

[0003] 根据本技术的各个方面,提供了一种用于光电路交换机的准直器设备和准直器透镜阵列。根据本技术的一个方面,所述准直器包括光纤阵列,该光纤阵列包括布置在孔阵列中的多个光纤。光学透镜阵列对准并耦合到该光纤阵列。间隔件布置在该光纤阵列和该光学透镜阵列之间,并且在该光学透镜阵列中的透镜与光纤阵列中对应的光纤之间提供基本上均匀的间隔。多个垫沿着该间隔件的面向该光学透镜阵列的表面的边缘定位,从而限制了该间隔件和该光学透镜阵列之间的第一分隔间隙。第一环氧树脂将该间隔件耦合到该光学透镜阵列,并且第二环氧树脂将该间隔件耦合到该光纤阵列。

[0004] 根据本技术的另一方面,该光学透镜阵列包括具有第一表面的玻璃基板,所述第一表面限定以二维阵列排列的多个透镜。所述透镜基本上相同,并且均具有相应的曲率半径,其相对于该光学透镜阵列中的其它透镜的曲率半径变化不多于1%。所述透镜均匀地排列在具有小于1微米(μm)的节距误差的二维阵列中。

[0005] 应当理解,本技术的其它配置根据以下具体实施方式对于本领域技术人员将变得显而易见,其中通过说明的方式示出和描述了本技术的各个配置。如将认识到的,本技术能够具有其它和不同的配置,并且其若干细节能够在各个其它方面进行修改,以上全部都不脱离本技术的范围。因此,附图和具体实施方式在本质上被认为是说明性的而不是限制性的。

附图说明

[0006] 附图——被包括以提供对本说明书的进一步理解并被并入和构成本说明书的一部分——图示了所公开的方面并且说明书一起用于解释所公开方面的原理。

[0007] 图1是根据本技术的一个或多个方面的图示光电路交换机(OCS)的示例的图。

[0008] 图2A-2B是根据本技术的一个或多个方面的、图示OCS准直器组件和其分解视图的示例的图。

[0009] 图3A至3D是根据本技术的一个或多个方面的,图示光纤准直器的示例、被包括在光纤准直器中的准直器阵列正视图、模制玻璃光学透镜阵列、以及通过模制玻璃透镜和间隔件的光准直的图。

[0010] 图4是根据本技术的一个或多个方面,图示制造图3C的模制玻璃光学透镜阵列的示例方法的流程图。

[0011] 图5是根据本技术的一个或多个方面,图示制造图2中的OCS准直器设备的示例方法的流程图。

[0012] 图6是根据本技术的一个或多个方面,图示图2中的准直器的回波损耗的示例图表的图。

[0013] 图7是根据本技术的一个或多个方面,图示图2中的具有和不具有抗反射(AR)涂层的准直器的回波损耗的示例图表的图。

具体实施方式

[0014] 本文公开了用于光电路交换机的准直器设备和准直器透镜阵列。在本技术的一个或多个方面中,准直器设备包括由布置在孔阵列中的多个光纤组成的光纤阵列。光学透镜阵列对准并光学耦合到该光纤阵列。间隔件布置在该光纤阵列和该光学透镜阵列之间。该间隔件提供匹配光纤的折射率,和在该光学透镜阵列和该光纤阵列之间的均匀准直距离,使得能够控制束腰大小和准直器设备的光束的位置。

[0015] 在一些实施方式中,光学透镜阵列包括多个基本上相同、适当成型的模制玻璃透镜,该玻璃透镜的特征在于小于200纳米(nm)的面形误差(surface figure error)。玻璃透镜被均匀排列在节距误差(pitch error)小于1微米(μm)光学透镜阵列中。玻璃透镜具有基本上相同的曲率半径,即:玻璃透镜的曲率半径跨透镜阵列的变化不超过1%。第一环氧树脂层可提供在间隔件和光学透镜阵列之间的折射率匹配,并且第二环氧树脂层可提供在间隔件和光纤之间的折射率匹配。第一环氧树脂结合跨间隔件的第一表面均匀分布并且第二环氧树脂结合跨间隔件的第二表面均匀分布,如本文更详细描述。

[0016] 图1是根据本技术的一个或多个方面的、图示光电路交换机(OCS)100的示例的图。OCS100为全光交换矩阵并包括输入被动准直器110(例如,110-1、110-2...110-N)、镜子阵列120、和输出被动准直器130(例如,130-1、130-2...130-N)。输入被动准直器110包括多个被动准直器,其被耦合到数目N(例如,在约128-1000的范围中)的光纤。输入光108通过该光纤进入输入被动准直器110。通过每根光纤传输的光包括一个或多个光波长(λ_i)。来自输出被动准直器130的输出光132被提供给一组输出光纤,每根输出光纤携带一个或多个光波长(λ_i)的光。准直器可以是分开的个体准直器或组合成准直器阵列,例如如图2A所示。输入被动准直器110和输出被动准直器130在结构上类似并且在下文中更详细地描述。镜子阵列120是基于微电子机械系统(MEMS)的微镜阵列,其可以选择性地将光束从耦合到输入被动准直器110的各个光纤引导至耦合到输出被动准直器130的选中的光纤。基于MEMS的微镜阵列(以下“MEMS阵列”)120包括两组微镜阵列,每组具有形成在基板124上的多个微镜122。每个微镜122的状态可通过在与MEMS阵列120中的每个镜子相关联的两个电极之间施加电压来控制。例如,通过旋转MEMS阵列120中的镜子,来自耦合到输入被动准直器110的任何输入光纤的光可以耦合到输出被动准直器130的任何输出光纤。虚线路径112是潜在的光束指向误差的结果,光束指向误差可以被控制MEMS阵列120的各个镜子的位置的控制系统校正。

[0017] 图2A-2B是根据本技术的一个或多个方面的、图示OCS准直器组件200A和其分解视图200B的示例的图。如图2A所示的OCS准直器组件200A(以下“准直器200A”)包括准直器阵

列250、安装法兰240以及光纤232。法兰240可以由不锈钢、不胀钢(invar)、或任何其它合适的材料制成,并且将准直器阵列250固定到OCS组件200A。在分解视图200B中示出并参照其描述准直器阵列250的更多细节。如分解视图200B所示,准直器阵列250包括光学透镜阵列210、间隔件220、光纤阵列230、孔阵列242、第一环氧树脂212、和第二环氧树脂222。当用于OCS的输出准直器——诸如图1所示的输出准直器130时,准直输入光束从自由空间进入光学透镜阵列210,并且聚焦的输出光被耦合到光纤阵列230的光纤232。当用于OCS的输入准直器(诸如图1所示的输入准直器110)时,输入光从光纤阵列230的光纤232进入并且作为准直输出光束从光学透镜阵列210出射到如图1所示的MEMS阵列120。光学透镜阵列210是二维(2-D)微透镜阵列,包括多个(例如,150到200个)适当成型的微透镜(也被称为“小透镜(lenslet)”),并且可以是约 $15 \times 15 \text{mm}^2$ 至 $25 \times 25 \text{mm}^2$ 。在一些实施例中,光学透镜阵列210是使用玻璃来制造的(例如经由模制),例如,在1550nm处具有折射率1.78的高折射率玻璃。在一个或多个实施例中,小透镜是具有约3.38mm的有效焦距的球面,以及跨光学透镜阵列的小透镜变化不多于1%的、约2.63mm的相同曲率半径。在一些实施例中,可以使用曲率半径和有效焦距的其它值。高折射率玻璃允许球面透镜在没有由于球面像差造成的显著的插入损耗损失的情况下被使用。透镜面形误差可小于200nm。该精密制造可以导致改进的光纤耦合效率和低插入损耗(例如, $<0.5 \text{dB}$)。

[0018] 在一个或多个实施例中,光学透镜阵列210是使用透镜阵列模具制造,该透镜阵列模具是使用具有与期望的透镜曲率半径相似的曲率半径的成型(例如,球面的)尖端来用合适的材料微加工而成。在一些实施例中,模具以微米增量进行再加工,并且然后在每次加工尝试后进行再测量,以达到 $<200 \text{nm}$ 内的完美(或接近完美)的球面形式的小透镜。一旦达到完美(或接近完美)的形式的模具,该模具可用来制作许多(例如,数千个)透镜阵列。玻璃在合适的温度下模制并进行后处理。该后处理包括:向透镜添加抗反射涂层,以及将边缘切割成最终期望的尺寸。

[0019] 间隔件220可以由玻璃(例如,Schott(肖特)B33玻璃)制成的有图案的间隔件,其具有与光学透镜阵列210尺寸相匹配的表面尺寸(例如, $\sim 20 \times 20 \text{mm}$)和合适的厚度(例如,4mm)。用于间隔件的玻璃的折射率被选择为与光纤阵列230的光纤(例如,SMF28型)的有掺杂芯(doped core)良好匹配(例如,小于1%内)。间隔件220包括由合适材料(例如二氧化硅(SiO_2)/铬(Cr))制成的多个垫224。垫224在光学透镜阵列210和间隔件220之间设置均等的且受控的分隔间隙。垫224被以平板印刷方式构成在间隔件220的第一表面的边缘(例如角部)。在一些实施例中,垫224具有约 $5 \times 1 \text{mm} \times 5 \mu\text{m}$ 高的尺寸。使用本领域技术人员已知的化学气相沉积(CVD)或物理层沉积(PLD)技术来沉积材料以形成均匀的厚度,并且然后该材料被蚀刻以提供均匀高度的垫。垫224可以在间隔件220和光学透镜阵列210的外尺寸内但是在光学透镜阵列210的通光孔径之外被创建,以便不阻挡光通过光学透镜阵列210的小透镜来传播。在一些实施例中,间隔件玻璃被精密抛光至大约 $\pm 2 \mu\text{m}$ 的厚度公差。第一环氧树脂212是光路联接(link-up)环氧树脂,并且其折射率与间隔件220相匹配(小于2%内)。第一环氧树脂212将间隔件220与光学透镜阵列210耦合。第二环氧树脂222将间隔件220与光纤阵列230耦合,该光纤阵列230具有芯折射率为在1550nm处约1.468的光纤。

[0020] 在一些实施例中,准直器组件200A可以由固定在孔阵列242的孔中的共同组成光纤阵列230的多达176根光纤制成。光纤232可以是组装在孔阵列(例如,由硅、玻璃、或金属

制成)中的单模光纤(例如,SMF28),使得孔的排列与光学透镜阵列210的透镜的几何排列相匹配,该光学透镜阵列210进而与图1的MEMS阵列120的几何排列相匹配。准直器阵列250被附接到安装法兰240。

[0021] 图3A至3D是根据本技术的一个或多个方面的,图示光纤准直器300A的示例、在光纤准直器300A中包括的准直器阵列250的正视图300B、模制玻璃光学透镜阵列300C、以及通过模制玻璃透镜332和间隔件370的光准直的图。图3A的光纤准直器300A包括光纤232、安装法兰240、和准直器阵列250。光纤232可以是诸如SMF28光纤的单模光纤并且被组装在上面讨论的孔阵列中,并且被附接到安装法兰240。光纤232可以被制成任何期望的长度,以适合在全光学或混合光电网络中的应用。如上所述,准直器阵列250包括光学透镜阵列210、间隔件220、第一环氧树脂212和第二环氧树脂222、以及安装在孔阵列242中的光纤阵列230,全部如图2B所示。

[0022] 如图3B的正视图300B中所示的准直器阵列250包括光透镜阵列210,该光透镜阵列210使用第一环氧树脂212耦合到间隔件(例如,图2的220)并且经由第二环氧树脂222耦合到光纤阵列230,其进而固定于孔阵列242。所示的光学透镜阵列210包括多个(例如,176个)小透镜332。示例小透镜332也在分解视图330中示出。小透镜332与光纤阵列230中的光纤对准。透镜阵列210与光纤阵列230的对准和附接是使用自动透镜对准机器人来执行的,该自动透镜对准机器人具有例如六个自由度,在线性平台(linear stage)上50nm步长,并且在旋转平台(rotation stage)上7urad步长。透镜对准机器人可以使用精密接触传感器来设置在间隔件220的第二(例如,透镜阵列的远端)表面与光纤阵列230的第一(例如,孔阵列的近端)表面之间的均匀的间隙高度。在一些实施例中,可以使用精密接触传感器来使两个表面共面化,并且然后在它们之间设置恒定的15um的间隙高度。

[0023] 在一个或多个实施例中,使用光学反馈系统、基于测量在光纤阵列的上部行和下部行中的多个(例如30-35根)光纤的光纤耦合效率来将光学透镜阵列210与光纤阵列230对准,以改进光学透镜阵列210相对于光纤阵列230的水平、垂直、和旋转对准。最后,在两个表面之间应用光路联接环氧树脂(例如,图2B的环氧树脂222)。使用接触传感器来重新设置15um的结合线,并且环氧树脂被UV固化并然后被热固化以完成组装。在一些实施例中,准直器组件(例如,图2A的200A)具有设置在距离光学透镜阵列210期望的距离处(例如,大约110mm处)的束腰位置,以及大约400um的束腰(例如,最大光束宽度的 $1/e^2$)直径,以1550nm波长测量)。恒定的束腰大小和在跨图1的OCS100的镜子阵列的光路的中央处的位置提供用于所有或几乎所有可能的端口连接的OCS100中的两个准直器(例如,图1的110和130)之间的改进的光纤耦合效率和低插入损耗(例如,<0.5dB)。

[0024] 如图3C所示的模制玻璃光学透镜阵列300C包括以2-D阵列排列的多个(例如,176个)适当成型的小透镜332。小透镜332被形成为从基板334突起。在一些实施例中,2-D透镜阵列300C为约20x20mm的正方形,并且用具有高折射率(例如,在1550nm处~1.78)的玻璃来制造。在一些实施例中,小透镜332是球面的,具有大约为2.63mm的相同的曲率半径(例如,1%内)和大约为3.38mm的有效焦距。在一些实施例中,小透镜332的曲率半径和有效焦距可以为其它值。高折射率玻璃允许球面透镜在没有由于球面像差引起的显著的插入损耗弊端的情况下被使用。具有<200nm的测量的透镜面形误差是精密制造的指示,这可以导致如下所述的最佳光纤耦合效率和非常低的插入损耗。面形误差是在透镜表面上的多个测量点处

的透镜的期望(例如,球面的)形状和实际形状之间的误差的积分值。面形误差可以使用诸如光学轮廓仪的干涉显微镜经由干涉量度分析法(interferometry)来测量。

[0025] 图3D示出了通过间隔件370和光学透镜阵列300C的模制玻璃透镜322的光准直。在诸如图1的110-1的准直器110的情况下,来自光纤232的端点380的光学光束可以通过经由环氧树脂层335耦合的间隔件370和小透镜332形成的光路来准直。准直光是从MEMS阵列(例如,图1所示的120)的镜子360反射的平行光束。在诸如图1的130-1的准直器130的情况下,光从镜子360反射,然后作为平行光束进入小透镜322并被聚焦,经由通过小透镜332、第一环氧树脂335、间隔件370、和第二环氧树脂375的光路到光纤232的端点380。

[0026] 图4是根据本技术的一个或多个方面、图示制造图3C的模制玻璃光学透镜阵列的示例方法400的流程图。方法400从制备透镜阵列模具(步骤410)开始。该透镜阵列模具使用成型的(例如,球面的)尖端、用合适的材料微加工而成,该尖端具有与期望的透镜曲率半径相似的曲率半径。在一些实施例中,模具以微米增量进行再加工,并且然后在每次加工尝试后进行再测量,以达到完美或接近完美的小透镜的期望形式,例如<200nm内。

[0027] 在合适的温度下模制玻璃,并且使用透镜阵列模具来形成初始透镜阵列(步骤420)。期望的透镜阵列(例如,图3C的300C)的透镜位置精度保持在相对于透镜阵列上的每个透镜的绝对位置的期望的位置精确度以内(例如,<+/-1 μ m)。为了达到期望的位置精确度,模具被加工成补偿玻璃冷却时的收缩。形成的初始透镜阵列被表征来确定透镜位置误差(步骤430)。在一些实施例中,该表征是使用自动对准机器人以50nm步长来执行,以确定由玻璃收缩致使的透镜位置误差。校准的透镜阵列模具(例如,通过调整该模具或创建新的模具)来被制备成补偿冷却后的玻璃收缩(步骤440)。例如,可以加工具有调整的透镜节距的模具,该调整的透镜节距补偿了玻璃的收缩因素。在一个或多个实施例中,可以使用诸如表面轮廓仪等可用的计量工具来测量透镜阵列,并且然后针对玻璃的收缩以例如20mm中小于1 μ m(0.005%)的误差来校准该模具。

[0028] 使用校准的透镜阵列模具(步骤450)并且使用合适的高指标玻璃来制备最终的透镜阵列。然后对最终的透镜阵列进行后处理(步骤460)。该后处理包括:如上所述的向透镜添加AR涂层,和将边缘切割成最终期望的尺寸。

[0029] 图5是根据本技术的一个或多个方面、图示制造图2A的OCS准直器组件200A的示例方法500的流程图。方法500开始于制备透镜阵列(步骤510),例如,根据如上关于图4所描述的方法400的图3C的透镜阵列300C。准直器组件200A还包括间隔件(例如,图2B的220),该间隔件使用合适的玻璃(例如,Schott B33)来制备(步骤520),该合适的玻璃是根据其合适的折射率(例如,在1550nm处为1.456)来选择的。该间隔件维持光学透镜阵列(例如,图2B的210)和光纤阵列(例如,图2B的230)之间的准直距离,并且使得能够控制图2A的准直器组件200的光束的束腰大小和束腰位置。在该间隔件被结合到光纤阵列之前,通过在该间隔件的第一面的边缘(例如角部)上以平板印刷方式构成一层合适的材料(例如,SiO₂/Cr)来在间隔件上创建多个垫(步骤530)。该垫位于图2B的间隔件220和光学透镜阵列210的外尺寸内,位于透镜阵列的通光孔径之外,使得该垫不阻挡通过小透镜传播的光。在一些实施例中,间隔件玻璃被精密抛光至大约+/-2 μ m的厚度公差。

[0030] 使用一层第一环氧树脂(例如,图2B的212)来将透镜阵列结合到间隔件的第一面(步骤540)。第一环氧树脂212与间隔件指标匹配(在小于2%以内)。在一些实施例中,第一

环氧树脂212具有折射率值约为在间隔件的折射率值(例如,约1.456)和透镜阵列的玻璃材料的折射率(例如,约1.78)之间的中间值(halfway)。在一个或多个实施例中,将间隔件放置在工装固定装置中,将受控量的第一环氧树脂分配到间隔件的第一面,然后将透镜阵列放置在分配的环氧树脂上,并且将重物设置在工装固定装置的顶部上来压住透镜阵列和间隔件之间的第一环氧树脂。环氧树脂被UV固化,并且然后被热固化以完成附接。然后如上关于图3B所述的使用自动透镜对准机器人来将透镜-间隔件组件与光纤阵列230对准(在步骤550),该自动透镜对准机器人具有例如六个自由度,在线性平台上50nm步长和在旋转平台上7urad步长。透镜对准机器人可以使用精密接触传感器来在间隔件的第二表面与光纤阵列230的第一表面之间设置均匀的间隙高度。在一些实施例中,可以使用精密接触传感器来使两个表面共面化,并且然后在它们之间设置恒定的15um的间隙高度。使用第二环氧树脂层(例如,图2B的224)(步骤570)将间隔件的第二面结合到光纤阵列(例如,图2B的230)。

[0031] 图6是根据本技术的一个或多个方面的、图示图2中的OCS准直器的回波损耗(return loss)的示例图表600的图。示例图表600示出了图1的准直器110或130的多个(例如,176根)光纤(例如,准直器诸如图1的110-1或130-1)的回波损耗(RL,以dB计)的变化,每个单元包括如图2B所示的在光学透镜阵列210的小透镜和光纤阵列230的相应光纤之间的光路。曲线610、620、630和640相应地对应于O波段(1270-1360nm)和CL波段(1530-1620nm)中的光的平均RL值以及O波段和CL波段中的光的最小RL值。本技术的准直器在光纤-间隔件界面处使用具有降低的回波损耗的环氧折射率的第二环氧树脂(例如,图2的222),以及在透镜阵列的平的面上的抗反射(AR)涂层。

[0032] 如上所述,在一些实施例中,光纤阵列由在1550nm处的折射率为1.468的SMF28超光纤制成,而透镜阵列由在1550nm处的折射率为1.78的玻璃制成。光纤阵列230和光学透镜阵列210被玻璃间隔件隔开,该玻璃间隔件为了光束准直而将透镜阵列定位在距离光纤阵列所需距离处并且也提供了折射率匹配方案。该间隔件由Schott B33玻璃制成,该玻璃在1550nm处的折射率为1.456。第二环氧树脂的折射率为1.462,其几乎在间隔件的折射率(例如,约1.456)和光纤的光纤芯的折射率(例如,约1.468)之间的中间值,并且可以降低在间隔件-光纤界面处的回波损耗。进一步地,所公开的准直器利用AR涂层,该AR涂层被设计用于透镜-间隔件界面处的透镜基板(例如,图3的334),其被选择以降低间隔件层中的来自相长干涉的回波损耗。

[0033] 在一些实施例中,环氧树脂(例如,第一和第二环氧树脂)的折射率是可调整的,并且可以如薄膜传输矩阵计算所示,针对光纤-环氧树脂-间隔件界面的最小回波损耗进行优化。应当理解,当环氧树脂的折射率导致在光纤-环氧树脂界面和环氧树脂-间隔件界面处的反射率(R)值相等时达到最优化,其中 $R = ((n_{\text{cpoxy}} - n_{\text{fiber}}) / (n_{\text{cpoxy}} + n_{\text{fiber}}))^2 = ((n_{\text{cpoxy}} - n_{\text{spacer}}) / (n_{\text{cpoxy}} + n_{\text{spacer}}))^2$ 。所应用的模型包括示例光纤(例如, $n_{\text{fiber}} = 1.468$ 的SMF28Ultra光纤)、环氧树脂(例如, $n_{\text{epoxy}} = 1.462$ 的环氧树脂)和间隔件(例如, $n_{\text{spacer}} = 1.456$ 的Schott B33间隔件)的色散。针对使用示例环氧树脂(例如, $n_{\text{epoxy}} = 1.462$ 的环氧树脂层)的示例基板(例如, $n = 1.78$ 的玻璃)和间隔件(例如, $n_{\text{spacer}} = 1.456$ 的Schott B33)入射介质,可以确定光学透镜平坦面(例如,第二表面)AR涂层。从透镜-环氧树脂-间隔件界面回到光纤的反射的光纤耦合效率大约为-32.4dB。这被添加到菲涅耳(Fresnel)反射率以生成从该界面的总回波损耗。

[0034] 准直器回波损耗通过将可调激光以10pm的分辨率从1270至1360nm (O波段) 或1530-1620nm (CL波段) 进行扫描并测量回波损耗振荡来表征。然后, 如曲线610、620、630和640所示, 每根光纤在O波段和CL波段上的平均RL值和最小RL值被确定。在一些实施例中, 可以排除不符合回波损耗规格的光纤端口。在一个或多个实施例中, 使用光学后向散射反射计来在空间上定位准直器中较高回波损耗的区域。

[0035] 图7是图示图2中的具有和不具有抗反射 (AR) 涂层的OCS准直器的回波损耗的示例图表700的图。图表700包括与具有和不具有AR涂层的透镜相对应的曲线710和720。回波损耗值以dB为单位并且针对O波段中的多个波长来给出。

[0036] 测量结果表明, 由于环氧树脂层的相长干涉, 存在缓慢的回波损耗振荡, 其具有由环氧树脂层的15um的厚度设置的周期38nm。由于间隔件层的相长干涉, 还存在快速的回波损耗振荡, 其周期为0.11nm (如曲线720的快速振荡所示), 该周期由间隔件的厚度 (在本示例中为4.146mm) 确定。这些振荡是叠加的。

[0037] 虽然本说明书包含许多具体的实施细节, 但是这些说明不应被解释为对任何发明的范围或所要求保护的范围的限制, 而是对特定发明的特定实施方式所特有的特征的描述。在本说明书中在分开的实施方式的场境 (context) 中描述的某些特征也可以组合地在单个实施方式中地实现。相反, 在单个实施方式的场境中描述的几个特征也可以分开地或以任何合适的子组合在多个实施方式中实现。此外, 尽管上述特征可以描述为以某些组合的形式起作用, 并且甚至最初要求如此保护, 但要求保护的组合的一个或多个特征在某些情况下可以从组合中被删除, 并且所要求保护的组合可以被涉及子组合或子组合的变化。

[0038] 类似地, 虽然在附图中以特别次序描绘操作, 但是这不应被理解为要求以所示的特别次序或按顺序次序执行这样的操作, 或者执行所有所示的操作以达到期望的结果。在某些情形下, 多任务和并行处理可能是有利的。此外, 上述实施方式中的各个系统组件的分开不应被理解为在所有实施方式中都要求这样的分开, 并且应当理解, 所描述的组件和系统通常可以被整合在单个产品中或者被封装成多个产品。

[0039] 对“或”的引用可以被解释为包含性或, 使得使用“或”描述的任何术语可以指示以下中的任何一个: 所描述的术语中的单个、多于一个、和全部术语。称谓“第一”、“第二”、“第三”等不一定意味着指示排序, 并且通常仅用于区分同样的或相似的项目或元素。因此, 已经描述了主题的特定实施方式。其它实施方式在所附权利要求书的范围内。在一些情况下, 权利要求书中所记载的动作可以以不同的次序执行并且仍然达到期望的结果。此外, 附图中所描绘的过程不一定要求所示的特定次序或顺序次序以达到期望的结果。在某些实施方式中, 可以使用多任务或并行处理。

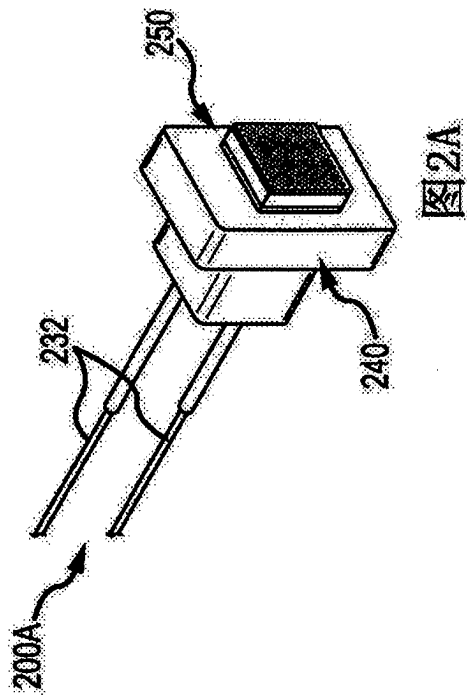


图2A

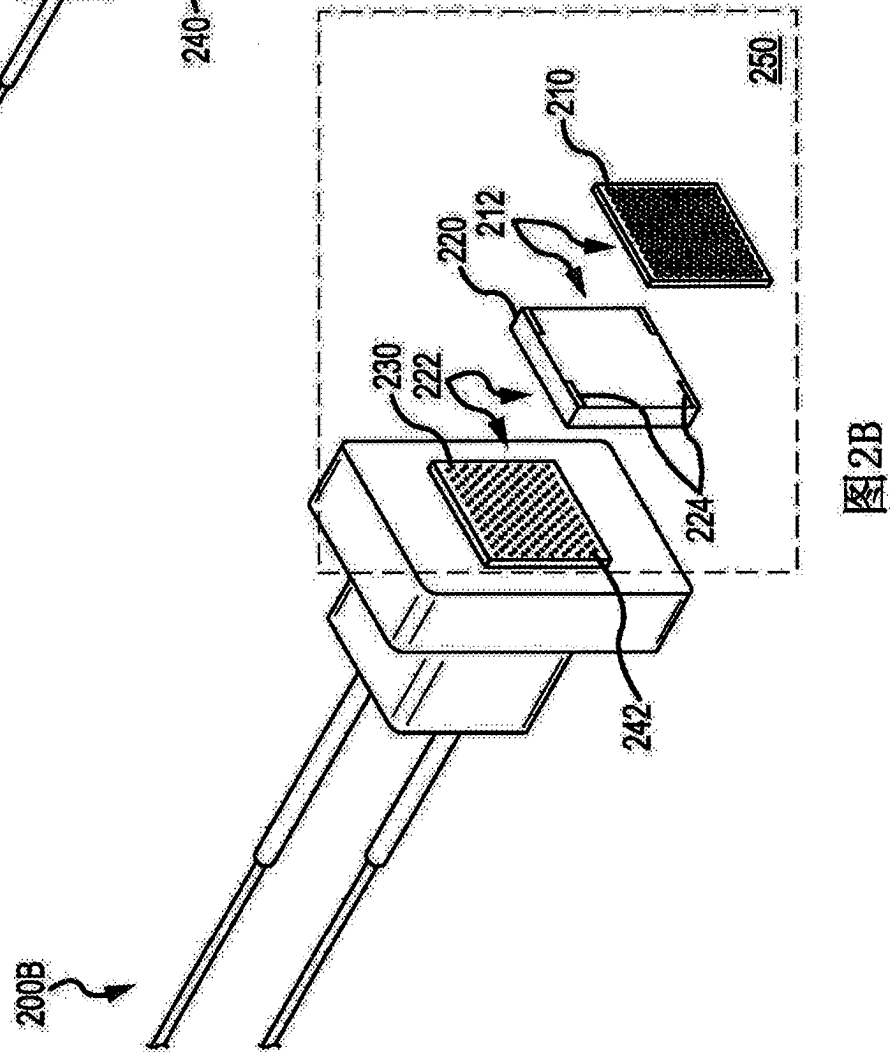


图2B

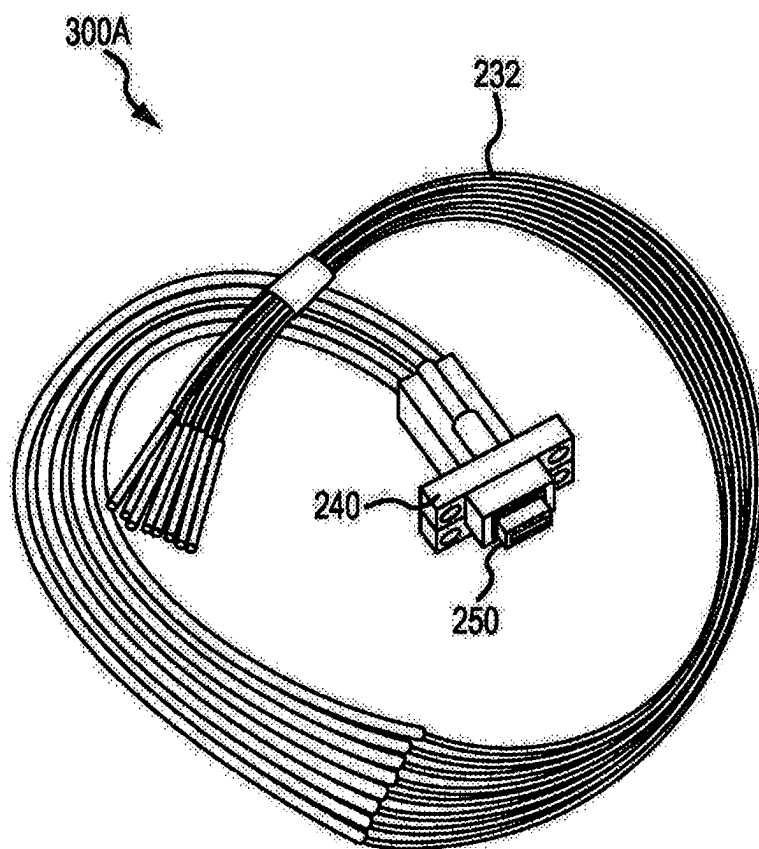


图3A

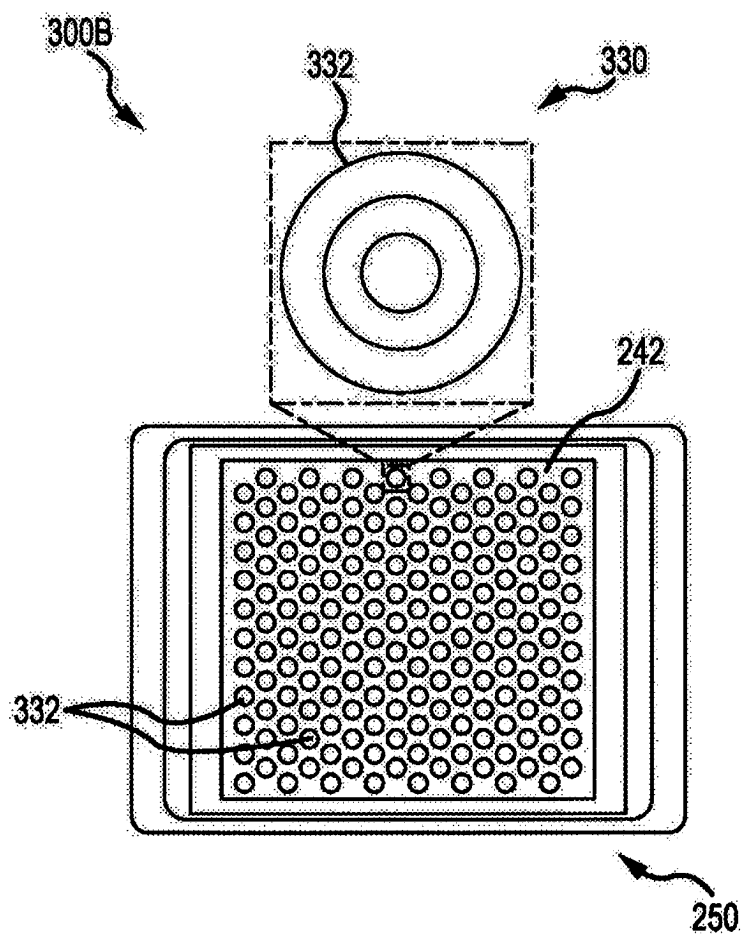


图3B

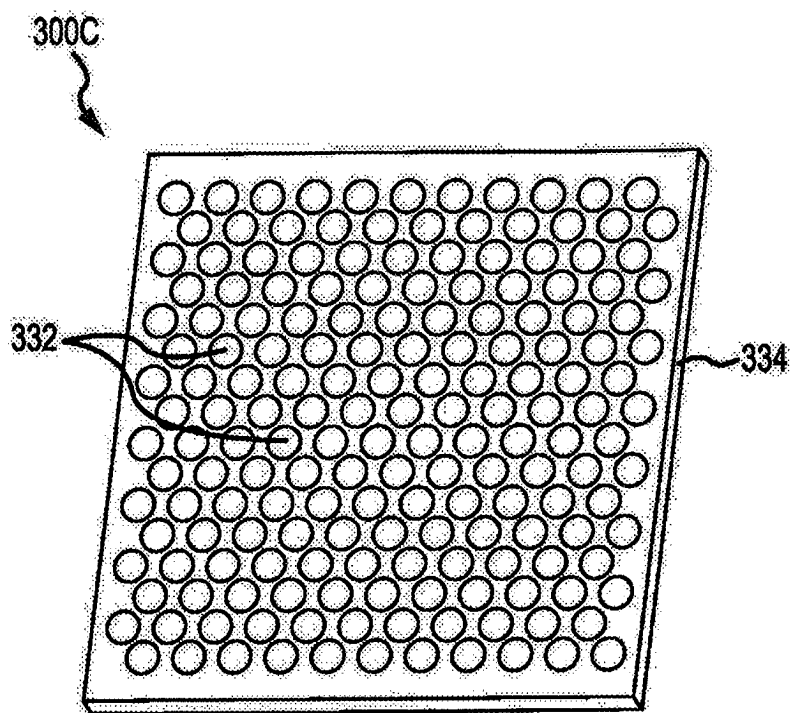


图3C

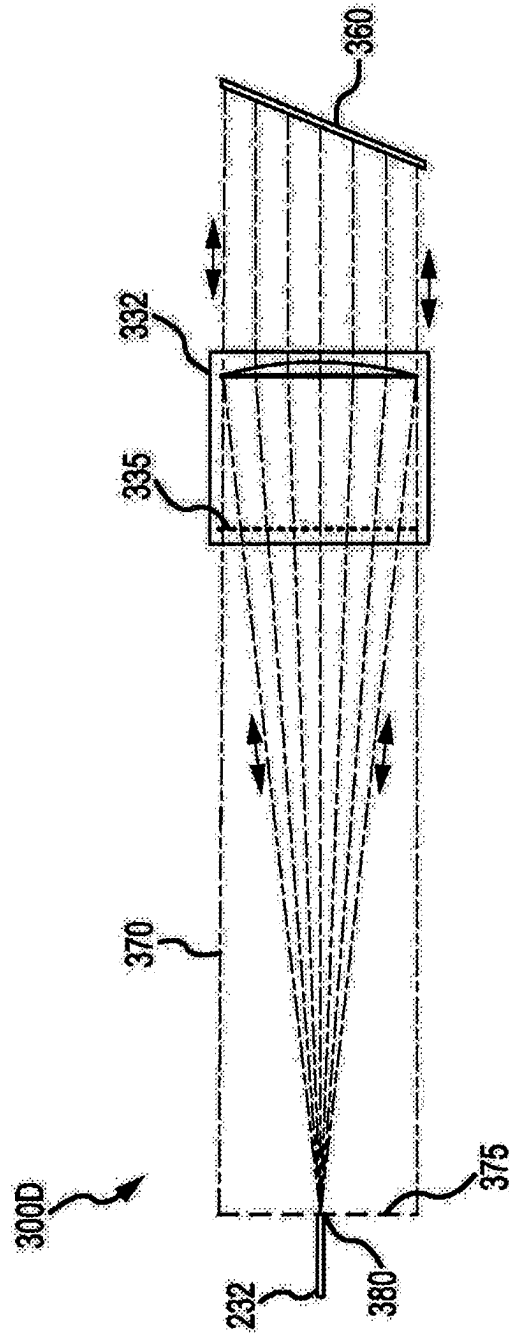


图3D

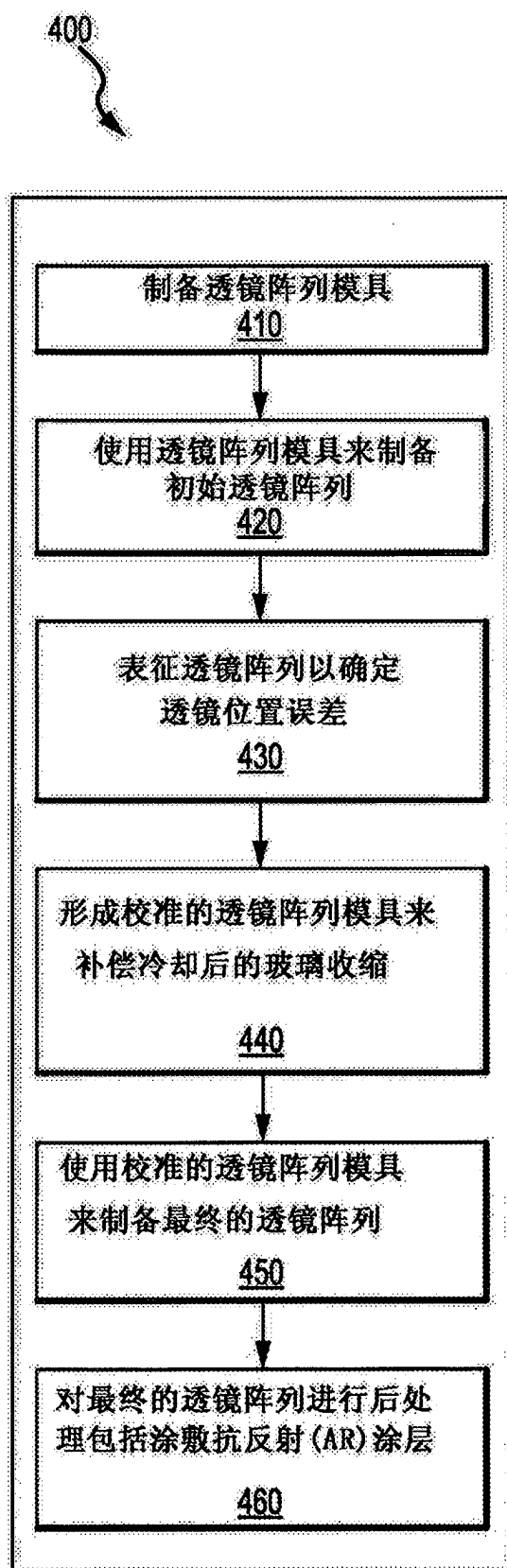


图4

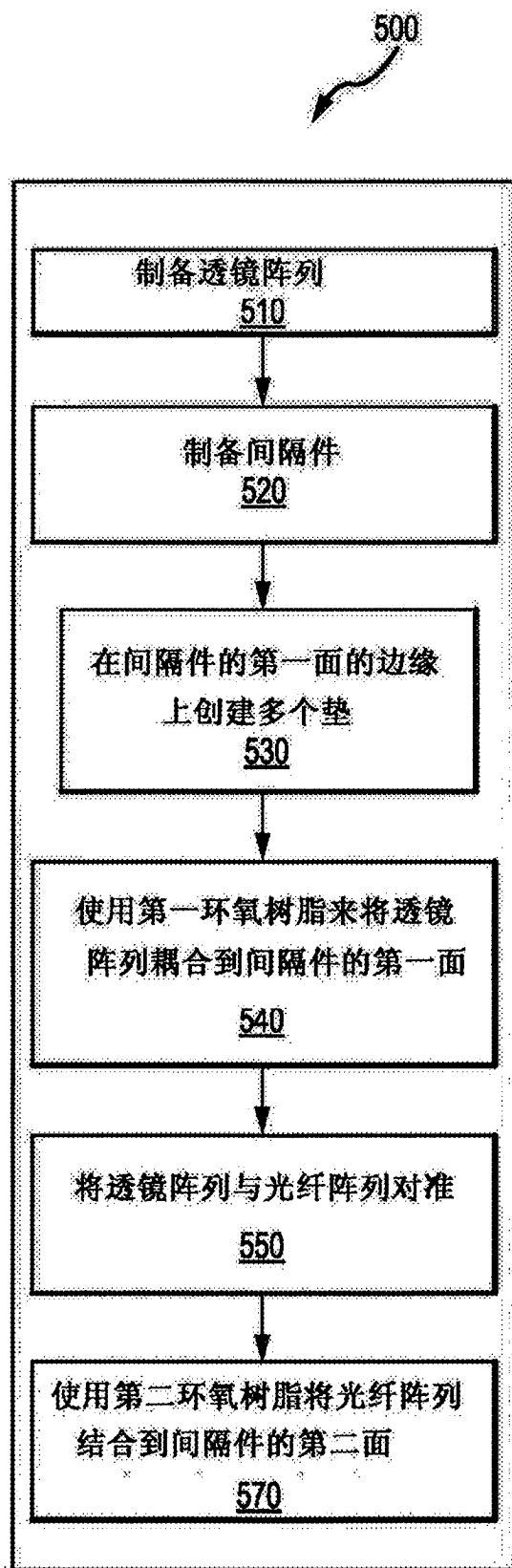


图5

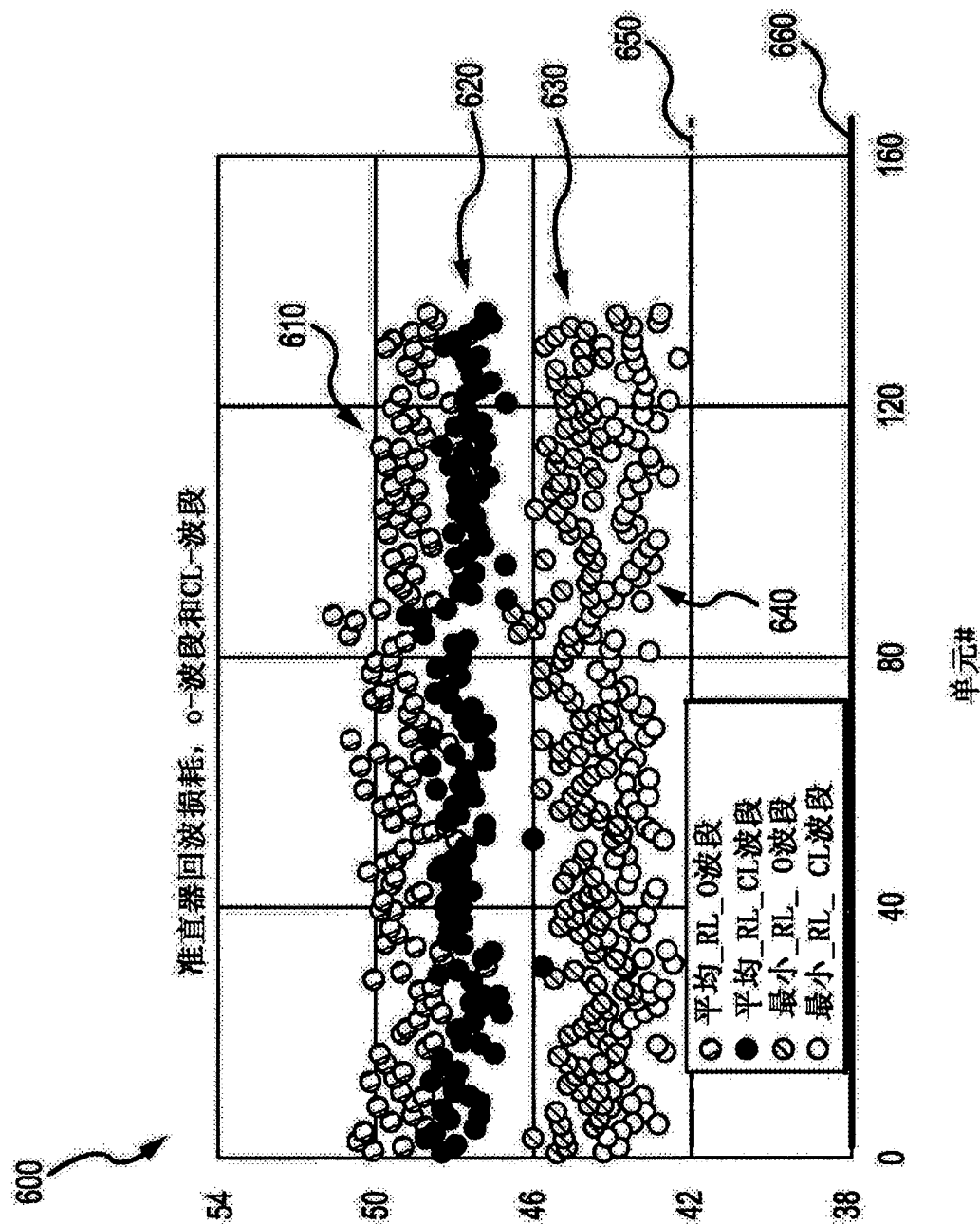


图6

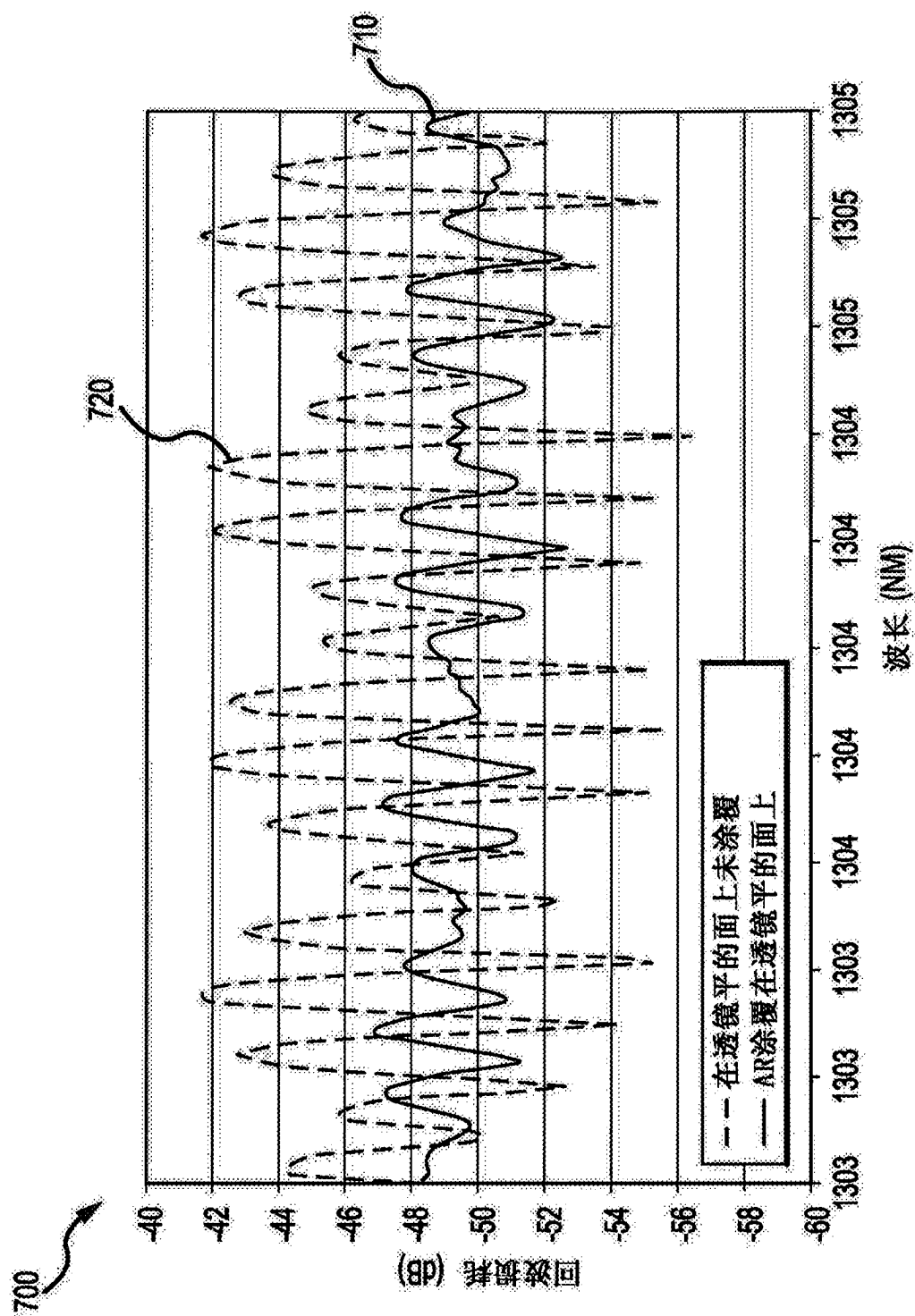


图7

Chinese title: 光电路交换机准直器

English title: OPTICAL CIRCUIT SWITCH COLLIMATOR

Abstract:

The invention relates to optical circuit switch colimator. A collimator device and a collimator lens array for an optical circuit switch are provided. The collimator includes a fiber array including multiple optical fibers disposed in a hole array. An optical lens array is aligned and coupled to the fiber array. A spacer is disposed between the fiber array and the optical lens array and provides substantially uniform spacing between lenses in the optical lens array and corresponding fibers in the fiber array. Multiple pads are positioned along edges of a surface of the spacer facing the optical lens array defining a first separation gap between the spacer and the optical lens array. A first epoxy bonds the spacer to the optical lens array, and a second epoxy bonds the spacer to the fiber array. The optical lens array includes a glass substrate having a first surface defining lenses in a two-dimensional array.