



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1973221 B

(45) 授权公告日 2010.07.28

(21) 申请号 200580017818.3

(22) 申请日 2005.03.30

(30) 优先权数据

111211/2004 2004.04.05 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006.12.01

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2005/006169 2005.03.30

(87) PCT申请的公布数据

W02005/098490 JA 2005.10.20

(73) 专利权人 古河电气工业株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 森本政仁 筱田正雄

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 李香兰

(51) Int. Cl.

G02B 6/00 (2006.01)

G02B 6/255 (2006.01)

(56) 对比文件

US 5138676 A, 1992.08.11, 说明书第5栏第64行-第6栏第8行.

US 6295398 B1, 2001.09.25, 说明书第4栏第16-30行、附图9.

US 4812001, 1989.03.14, 说明书第2栏第55-第3栏第10行, 第4栏第16-38行、权利要求书1-3、附图1-3.

审查员 于子江

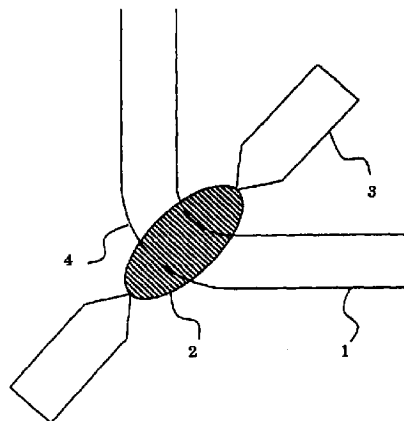
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 4 页

(54) 发明名称

光波导、光波导模块以及光波导的制作方法

(57) 摘要

本发明提供一种光波导,具有内芯与包层,其特征在于对期望部分进行加热而移入加工变形开放状态,并将移入该加工变形开放状态的上述部分以规定的折弯半径折弯成曲线状,移入加工变形状态。将光波导的上述部分加热到弯曲点以上软化点以下范围内的温度,移入加工变形状态。光波导是外径 $50\mu\text{m}$ 以上的光纤。光波导的外径为上述光波导的模式直径的10倍以上。光波导的上述折弯半径为 5.0mm 以下。光波导的内芯与包层的等效折射率差 Δ_1 在0.8%以上3.5%以下的范围内。



1. 一种光波导,具有内芯与包层,并且具有:
在 0.8%以上 3.5%以下的范围内的上述光波导的内芯与包层的等效折射率差;及
在上述光波导的期望部分形成的折弯,上述折弯具有规定的折弯半径并处于初始的加工变形开放状态,且处于加工变形开放状态的折弯部分在折弯加工前的光波导的等效折射率差为 0.8%以上 3.5%以下。
2. 根据权利要求 1 所述的光波导,其特征在于:
处于初始的加工变形开放状态的上述折弯,是通过在折弯形成时上述光波导被加热到上述光波导的弯曲点以上软化点以下范围内的温度而形成。
3. 根据权利要求 1 所述的光波导,其特征在于:
上述光波导是外径 50 μm 以上的光纤。
4. 根据权利要求 1 所述的光波导,其特征在于:
上述光波导的外径为上述光波导的模场直径的 10 倍以上。
5. 根据权利要求 1 所述的光波导,其特征在于:
上述光波导,其上述折弯半径为 5.0mm 以下。
6. 一种光波导模块,其特征在于,具有:由多根成形为权利要求 1 所述的光波导构成,上述多根光波导排列成阵列状;及
部件,上述光波导的至少一部分被固定于该部件中,且该部件具有定位机构。
7. 一种光波导模块,其特征在于,具有:
一个光波导,其成形为权利要求 1 所述的光波导;
另一个光波导,其与上述一个光波导的至少一端连接,且具有内芯与包层的等效折射率差 Δ_2 为 0.2%以上;及
熔化连接部分,其中上述另一个光波导与上述至少一端连接,且该熔化连接部分被加热以降低上述内芯与包层的等效折射率差 Δ 的不匹配与模场直径的不匹配。
8. 一种光波导模块,其特征在于,具有:
光波导,其成形为权利要求 1 所述的光波导;及
1 张薄板,其中固定有上述光波导,且上述光波导在该 1 张薄板上被布线。
9. 一种光波导模块,其特征在于,具有:
光波导,其成形为权利要求 1 所述的光波导;及
至少 2 张薄板,其中上述光波导被固定在该至少 2 张薄板之间且在进行完布线的状态下被固定。
10. 根据权利要求 9 所述的光波导模块,其特征在于:
上述光波导包括进行完布线且固定于上述薄板的多根光波导。
11. 根据权利要求 9 所述的光波导模块,其特征在于:
上述薄板具有挠性的材质。
12. 一种光波导的制作方法,
将上述光波导的期望部分加热到使上述光波导的上述部分处于加工变形开放状态的温度;
将处于加工变形开放状态后的上述光波导的上述部分以规定的折弯半径折弯;
对上述光波导的上述部分进行规定以使其在折弯加工前具有在 0.8%以上 3.5%以下

的范围内的上述光波导的内芯与包层的等效折射率差。

13. 根据权利要求 9 所述的光波导模块,其特征在于:

上述光波导包括进行完布线且固定于上述至少 2 张薄板之间的多根光波导。

14. 根据权利要求 9 所述的光波导模块,其特征在于:

上述薄板的材质具有挠性。

15. 根据权利要求 10 所述的光波导模块,其特征在于:

上述薄板具有挠性的材质。

16. 根据权利要求 1 所述的光波导,其特征在于:

在上述折弯的上述光波导的外径始终与在上述折弯以外的部分的上述光波导的上述外径相同。

17. 根据权利要求 1 所述的光波导,其特征在于:

上述内芯和上述包层均包括塑料。

18. 根据权利要求 1 所述的光波导,其特征在于:

上述光波导是全塑料的。

19. 根据权利要求 1 所述的光波导,其特征在于:

上述内芯与包层的等效折射率差为 2.5% ;

上述外径为 80 μm ;

上述规定的折弯半径是 1mm ;

上述折弯的角度是 90° 。

20. 根据权利要求 1 所述的光波导,其特征在于:

上述内芯与包层的等效折射率差为 1.0%~3.0%。

光波导、光波导模块以及光波导的制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光学器件的小型化,特别涉及一种能够在微小的尺寸大小下变更光波导方向的光波导、光波导模块、以及光波导方向的变换方法。

背景技术

[0002] 现在,电路的动作速度正在接近光传输回路(circuit)的动作速度。但是,要进一步提高电路的动作速度,比提高光传输回路的动作速度在原理上的障碍要大。这是因为由电路付带的电容量所产生的时间常数随高速动作而增大。因此,通过一部分光传输路径对电路的高速动作进行补偿,使得电路与光路熔接起来的研究开发正在活跃地进行。

[0003] 具体的说,将 VCSEL(垂直腔表面发射激光器)安装在电路衬底中,并将由其射出的光信号入射到光纤或光波导中而传播,且通过电气基板上安装的 PD(光电二极管)接收而进行信号传输。一直讨论着将该光纤或光波导埋入到电路基板自身中的方式,或在多个电路基板间使用光纤或光波导来代替现有的电线的方式。另外,作为上述用途所使用的光纤或光波导,例如提出了有机波导板(波导板的代表有聚酰亚胺波导板)或光纤板。

[0004] VCSEL 是表面发射激光器,其激光的出射方向垂直于所安装的电路基板的方向。虽然在激光器的安装方向垂直于电路基板时激光出射方向变为平行于电路基板的方向,但是这样的激光器的安装使得 VCSEL 的高密度多重安装(high-density multiple installation)的优点尽失,通常不采用。

[0005] 另外,埋入电路基板中的光波导或光纤在平行于电路基板的方向上对光进行导波,因此为了将由 VCSEL 出射的激光与该光波导或光纤相结合,需要 90 度光波导方向的变换。

[0006] 作为这样的 90 度光波导方向的变换方法,一直讨论有将光纤或波导的端面研磨成 45 度并对研磨面实施金属蒸镀等且作为反射镜进行 90 度的变换的方法,以及通过具有 45° 角度的反射镜进行变换的方法。

[0007] 另外,上述的 90 度光波导方向的变换的必要性因适用领域而不同,但例如运用 FTTH 对用户家中布线光纤,由于一般的光纤因为机械特性与光学特性的问题就不能在数 cm 以下将光纤折弯,因此需要在房间的隅角部分或从室外至室内将光纤拉入的空穴部分中确保将光纤平缓折弯的空间,从而有损于家具的配置或室内景观。与此相对,近年来开发了即使为最小折弯半径 15mm 也能够机械及光学上折弯的光纤。

[0008] 进而,作为超小型的变换光波导方向的应用,将光纤的期望部分缩细到非常细微的直径并进行折弯的方法已经被提出并已商品化。该方法中,所缩细部分的光纤直径为大致数 $\mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$,在该细度下光纤例如以折弯直径 1mm 折弯而由该折弯引起的折弯变形也为 1% 以下,由此可在机械上充分折弯。另外,虽然光学上仅由该细微部分的光纤不能够形成限制光的构造,但通过该细微的光纤部分与其外侧的环境即空气的组合,则形成内芯为光纤而包层为环境(空气)的关系,由此作为等效于高达数十%的超高的折射率差的波导起作用,从而即使是微小的折弯半径也可在没有光损耗的情况下进行折弯。

[0009] 专利文献 1 : 美国专利公开 No. 2003/0165291A1

[0010] 专利文献 2 : 美国专利 No. 5138676

[0011] 专利文献 3 : 特开 2000-329950 号公报

[0012] 非专利文献 1 : 大木等, “60bps 級並列光インタコネクトモジュール (ParaBIT-1F) の開発” 2000 年電子情報通信学会技術研究報告 EMD2000-7

[0013] 非专利文献 2 : 清水等, “光 I/O 内臓システム LSI モジュール (3) 光結合系の設計” 2003 年電子情報通信学会エレクトロニクスソサエティ大会 C-3-125

[0014] 非专利文献 3 : 佐々木等, “光 I/O 内臓システム LSI モジュール (5) 基板実装型コネクタの開発” 2003 年電子情報通信学会エレクトロニクスソサエティ大会 C-3-127

[0015] 首先, 将上述光纤或波导的端面研磨成 45 度并对研磨面实施金属蒸镀等且作为反射镜进行 90 度的变换的方法中, 将光纤或波导以高精度研磨成 45 度的作业不容易, 并且金属蒸镀等进一步工序也需要大规模的制造设备。在安装时也需要将 45 度面以无弯曲的方式相对于电路基板沿正上或正下方向进行安装, 而这样的安装难以说容易。另外, 该方式中从光纤的内芯或波导的内芯变换 90 度方向之后, 由于在非波导构造的媒体中对光进行波导, 光束直径扩展从而难以获得良好的耦合。

[0016] 另外, 通过具有 45° 角度的反射镜进行变换的方法中, 由于小型化需要微小的反射镜而与该微小的反射镜的位置吻合 (对位), 或者为了抑制由空间中光束传播至反射镜部分为止引起的光束扩展, 必须增加透镜部件等, 导致部件数目增加, 从而它们的对位不容易。

[0017] 进而, 在伴随着空间传播的系统中, 虽然因为从波导或光纤到空间的光出射端面中反射衰减量 (return loss : 反射波损耗) 较大而需要无反射涂敷或倾斜研磨, 但无反射涂敷需要大规模的装置, 倾斜研磨使光束的辐射方向偏离波导中或光纤中的光轴, 因此有时与 45 度反射镜的对位变得更加困难。

[0018] 接下来, 虽然最小折弯半径为 15mm 的在机械及光学上可折弯的光纤在室外是有效的, 但在室内或狭小的空间中允许折弯半径较小的则更好。在希望比半径 15mm 的折弯半径还小的情况下, 无法使用。

[0019] 在以光纤的期望部分缩细为非常细微的直径的方式进行折弯的方法中, 作为大致数 μm 的外径这样非常细微的直径, 就存在处理时折断了等问题。另外, 该方式中, 折弯部分的光损耗降低, 因外部环境基本上作为包层起作用而对外部环境变化较为敏感。也就是, 在因环境湿度或温度变动而在该微小直径部分中产生水分凝结的情况下, 基于虚拟的 (pseudo) 超高 Δ 的微小折弯部分中的光学限制不起作用。

[0020] 为了维持微小折弯部分中的光学限制功能, 需要在将该微小直径部分暴露在空气等气体中的状态下进行空气密封。也就是, 需要在空穴内设置微小直径部分的空气密封, 但这并不容易实现。另外, 即使微小直径部分较小, 对其进行空气密封而进行保护的结构部分, 也不得不采用比该微小直径部分大得多的结构。

[0021] 并且, 虽然作为上述光纤或光波导提出了有机波导板或光纤板的方案, 但首先有机波导板的当前技术水平中的光损耗非常大为 0.2dB/cm 左右, 仅传输长度 15cm 光功率就损耗 3dB 即变为一半以下。如果考虑到从光电熔接基板向底板进一步向其他光电熔接基板传输光信号的情况, 则考虑光信号传输大致数十 cm 至 1m 的距离, 这种情况下, 忽略连接器

部分的连接损耗,仅波导的传输损耗就产生大致最大 20dB 的光损耗。其结果,在当前技术水平中使用有机波导进行光传输的情况下,限于短距离的传输。另外,有机波导易随温度产生特性变动,并且如电路那样的高温多湿状态下的长期可靠性,比光纤低。

[0022] 另一方面,光纤板在 2 张挠性塑料薄膜间布线多根光纤并且其特性由光纤决定。光纤的传输损耗与有机波导的 0.2dB/cm 相比,石英类的光纤为大致 0.2dB/km 这样的 cm 与 km 的不同寻常的小,并且是在电气光学回路熔接基板内的传输这样的最大不过数 m 的距离中传输损耗可以忽略的大小。在塑料光纤的情况下,虽然存在数 dB ~ 数十 dB/km 这样的传输损耗增加,但即使是例如 500dB/km 的损耗,与有机波导相比也是大致 1/40 的低损耗为大致 0.5dB/m,在最大不过数 m 的距离中传输损耗较小,由此实用上不存在问题。

[0023] 但是,由于该光纤板将多根光纤以光布线在期望的场所中,因此所布线的光纤相交叉而随该交叉的程度产生光损耗。虽然为了避免由该交叉引起的光损耗而考虑设法在布线形状上的交叉部分中加入缓冲材料等的方案,但这样的方法导致成品率降低并且引起成本上升。另外,薄板上的布线中存在由于光纤的光学或机械强度而使折弯半径不能减小这一问题。

[0024] 一般来说,石英类光纤在折弯半径为 15mm 以下时存在光损耗增大而机械损坏之虞,因此需要以该值以上的半径进行布线并且难以缩小光纤板,从而布线形状也受到限制。

[0025] 关于使用石英类光纤的光纤板的机械强度,例如特开 2000-329950 号公报中,提出了使用光纤表面中涂布碳的碳涂层光纤,但涂布碳的光纤表面较黑,即使对该光纤实施涂覆而着色也存在无法判断颜色的不同这一问题。

[0026] 另外,在将光纤板埋入到电路基板内制作光电熔接基板的情况下,因电路基板表面的凹凸,导致光纤产生微折弯损耗。关于这一点,如果看作小凹凸作用在光纤的侧面产生侧压,在光纤的长边方向上连续产生了细小的折弯的状况来考虑,就很容易理解。这样的微折弯损耗,在光纤板单体为低温的情况下有时也产生。这是因为形成薄板的挠性塑料薄膜在低温时收缩,而光纤是玻璃使得收缩较小,由此通过收缩长度之差以光纤细微折弯的方式而产生。

发明内容

[0027] 本发明是为解决以上问题而作成的,其目的在于提供一种部件数目较少并不需要对位,在非常小的部分中变换光的波导方向,对外部环境变动不敏感且不需要空气密封等特别的保护机构的光波导、光波导模块以及光波导方向的变换方法。

[0028] 为解决以往的问题,发明人反复进行锐意的研究。结果发现,在将光波导所期望部分加热到规定温度的情况下,光波导的部分变为加工变形开放状态(distortion free state),如果在该状态下以所定折弯半径进行折弯加工,就能够在没有变形的状态下进行折弯。

[0029] 本发明基于上述研究成果而做出,本发明的光波导的第 1 方案,是一种具有内芯与包层的光波导,并且具有:在 0.8% 以上 3.5% 以下的范围内的上述光波导的内芯与包层的等效折射率差;及在上述光波导的期望部分形成的折弯,上述折弯具有规定的折弯半径并处于初始的加工变形开放状态,且处于加工变形开放状态的折弯部分在折弯加工前的光波导的等效折射率差为 0.8% 以上 3.5% 以下。

[0030] 本发明的光波导的第 2 方案,是一种光波导,处于初始的加工变形开放状态的上述折弯,是通过在折弯形成时上述光波导被加热到弯曲点 (folding point) 以上软化点 (soften point) 以下范围内的温度而形成。

[0031] 本发明的光波导的第 3 方案,是一种光波导,所使用的光波导为外径 $50\mu\text{m}$ 以上的光纤。另外,光纤的材料有石英类、全塑料、塑料包层等。

[0032] 本发明的光波导的第 4 方案,是一种光波导,所使用的光波导的外径为上述光波导的模场直径的 10 倍以上。

[0033] 本发明的光波导的第 5 方案,是一种光波导,所使用的光波导的折弯半径为 5.0mm 以下。

[0034] 本发明的光波导,所使用的光波导的内芯与包层的等效折射率差 Δ_1 在 0.8% 以上 3.5% 以下的范围内,优选 Δ_1 处于 1.0% 以上 3.0% 以下的范围内。另外,所谓等效折射率差是指成为内芯的部分的最大折射率与成为有效的包层部分的折射率之间的折射率差。另外,光纤的折射率轮廓 (profile) 可以是单峰型轮廓、W 型轮廓等,没有特别的限制。

[0035] 本发明的光波导模块的第 1 方案,是一种光波导模块,具有:多根上述任一光波导,这些光波导排列成阵列状;部件,上述光波导的至少一部分被固定于该部件,且该部件具有定位机构。

[0036] 本发明的光波导模块的第 2 方案,是一种光波导模块,具有:一个光波导,其成形为上述任一光波导;另一个光波导,其与上述一个光波导的至少一端连接且具有内芯与包层的等效折射率差 Δ_2 为 0.2% 以上;及熔化连接部分,其中上述另一个光波导与上述至少一端连接,且该熔化连接部分被加热以以降低上述内芯与包层的等效折射率差 Δ 的不匹配与模场直径的不匹配。

[0037] 本发明的光波导模块的第 3 方案,是一种光波导模块,具有:光波导,其成形为上述任一光波导;及 1 张薄板,其中固定有上述光波导,且上述光波导在该 1 张薄板上被布线。

[0038] 本发明的光波导模块的第 4 方案,是一种光波导模块,具有:光波导,其成形为上述任一光波导;及至少 2 张薄板,其中上述光波导被固定在在至少 2 张薄板板之间且在进行完布线的状态下被固定。

[0039] 本发明的光波导模块的第 5 方案,是一种光波导模块,所使用的光波导由多根构成,在进行完布线的状态下被固定于上述薄板。

[0040] 本发明的光波导模块的第 6 方案,是一种光波导模块,所使用的薄板材质是具有挠性的材质。该材质使用聚酰亚胺、聚对苯二甲酸乙二醇酯、低密度或高密度聚乙烯、聚丙烯、聚酯、尼龙 6、尼龙 66、乙烯—四氟乙烯共聚物、聚 4-甲基戊烯、聚偏二氯乙烯、增塑聚氯乙烯、聚醚酯共聚物、乙烯—醋酸乙烯酯共聚物、软质聚氨酯等的薄膜。

[0041] 本发明的光波导的制作方法的第 1 方案,是一种光波导的制作方法,对光波导所期望的部分加热到使该部分处于加工变形开放状态的温度。然后,将处于加工变形状态后的光波导的该部分以所定的折弯半径折弯,对上述光波导的上述部分进行规定以使其在折弯加工前具有在 0.8% 以上 3.5% 以下的范围内的上述光波导的内芯与包层的等效折射率差。另外,这里所使用的光波导是光纤并且其材料是全塑料或塑料包层,由此能够在没有折弯损耗的情况下较小地折弯。而且不需要石英类光纤时那样的高温作业。

[0042] 通过本发明的光波导,不仅能够降低熔化连接所引起的连接损耗,而且让所期望

部分以期望的半径折弯从而光波导方向变换成规定角度。进一步,通过使用它们可实现光波导模块的小型化。

附图说明

- [0043] 图 1 为使用电弧放电折弯光波导的示意图。
- [0044] 图 2 为本发明的光波导的方案 3 与 5 的示意图。
- [0045] 图 3 为本发明的光波导的方案 6 的示意图。
- [0046] 图 4 为将阵列化的光波导固定在部件中的光波导模块的示意图。
- [0047] 图 5 为本发明的光波导模块的方案 2 的示意图。
- [0048] 图 6 为本发明的光波导模块的方案 2 的示意图。
- [0049] 图 7 为光纤板的示意图。
- [0050] 图 8 为光波导方向变换模块适用于室内的隅角布线的示意图。
- [0051] 图 9 为光波导方向变换模块适用于电气光学回路熔接基板的示意图。
- [0052] 图中:1... 光纤,2... 电弧放电,3... 电极,4... 期望部分,5... 定位机构,6... 部件,7... 熔化连接部,8... 薄板,9... 窗口,10... 光波导模块,11... 电气光学回路熔接基板。

具体实施方式

[0053] 下面对照附图对本发明的实施方式进行详细说明。

[0054] (实施方式 1)

[0055] 图 1 为表示本发明的光波导的第 1 方案的示意图。即,在通过电弧放电让光波导的期望部分处于高温(弯曲点以上软化点以下)的状态下,光波导以规定的半径折弯。该光波导,其折弯部分在高温状态下折弯而折弯之后在常温环境下保持,因此没有由折弯产生的变形。即,按照使折弯状态成为初期状态的方式进行加工。光波导,加工后如果从所加工的状态变形,就会发生破裂,通过将加工过的状态设为折弯状态就不会变形或破裂。

[0056] 但是,该折弯部分在回到直线状的情况下会产生变形,导致破裂。结果是,通过选择初始的变形开放状态是直线状态或是折弯状态,能够避免在制作期望的形状时的变形所产生的破裂。本发明中,其目的在于在微小的空间中变换光波导的方向,因此按照将用于进行变换的状态成为初始的变形开放状态的方式进行加工,就能够避免破裂。

[0057] 进行该加工时,加热光波导的期望部分的方法,采用电弧放电加热、燃烧器加热、炉子加热等任何手段都可以,其主旨在于通过在加热的同时进行折弯而在加工变形开放的情况下进行加工。

[0058] (实施方式 2)

[0059] 图 2 为表示本发明的光波导的第 3 与第 5 方案的示意图。本方案中,在微小的空间中变换光波导方向,根据所使用的光波导的物理大小规定现实中所能够使用的大小。本方案中,光波导的外径 a 为 $50\mu\text{m}$ 以上。折弯半径 R 为 5.00mm 以下。即,对于外径 a 为 $50\mu\text{m}$ 的光波导来说,折弯半径 R 以 $50\mu\text{m}$ 折弯在物理上是不可能的。另外,由于外径 a 不满 $50\mu\text{m}$ 的光波导不容易处理,因此采用通过规定最小外径 a 为 $50\mu\text{m}$ 的光波导来确保处理的容易度,并且将折弯半径设为所使用的光波导的最小外径的 10 倍来实现物理上的折弯的构造。

[0060] 另外, 外径 a 为 $125\ \mu\text{m}$ 的光波导, 是与目前一般使用的代表性光波导互换的外径, 因此通过使用该外径能够大幅度扩大本发明的适用范围。进而, 将折弯半径 R 设为 5.0mm 以下, 还保留了采用本发明方法的优点。即, 在折弯半径 R 超过 5.0mm 时使用细直径的光纤的情况下, 不会因折弯半径 R 引起破裂变形, 有时不需要本发明的变形开放加工, 但在折弯半径 R 为 5.0mm 以下的情况下, 即使是处理没有困难的最小外径 a 为 $50\ \mu\text{m}$ 的光波导, 也需要本发明的变形开放加工。

[0061] 本实施例中, 将外径 a 为 $80\ \mu\text{m}$ 的光纤以折弯半径 R 为 1mm 的方式折弯 90° 。

[0062] (实施方式 3)

[0063] 图 3 为表示本发明的光波导的第 6 方案的示意图。虽然重点置于实施方式 2 的微小空间中光波导方向上避免机械破裂的方法, 但本方案中能够在维持光学特性良好的同时在微小的空间中变换光波导方向。光波导的内芯与包层的等效折射率差 Δ_1 为 0.8% 以上 3.5% 以下的范围内, Δ_1 优选为 1.0% 以上 3.0% 以下的范围内。即, 一般所使用的光波导中, 其内芯与包层的等效折射率差 Δ_1 通常为 0.3% 左右。但是, 在 0.3% 左右的等效折射率差 Δ_1 的光波导以折弯半径 R 为 5.0mm 以下进行折弯的情况下, 内芯中所限制的光已不再被限制而向包层辐射, 由此折弯部分中的光损耗激增。

[0064] 但是, 让等效折射率差 Δ_1 处于 0.8% 以上 3.5% 以下的范围内, 优选 Δ_1 处于 1.0% 以上 3.0% 以下的范围内, 即使折弯半径 R 为 0.5mm , 也能够将该折弯部分中的光损耗抑制为 0.5dB 以下。虽然若采用超过 3.5% 的高等效折射率差 Δ_1 就能够在折弯半径为 0.5mm 以下时也使折弯损耗更小, 但这种情况下, 为了维持单模动作, 需要使模场直径极端小而与外部的连接变得困难, 因此优选让等效折射率差 Δ_1 处于 1.5% 以上 3.5% 以下的范围内。

[0065] 本实施例中, 对于外径 a 为 $80\ \mu\text{m}$ 以折弯半径 R 为 1mm 折弯 90° , 使用等效折射率差 Δ_1 为 2.5% 的光纤。使用波长为 $1.3\ \mu\text{m}$ 。

[0066] (实施方式 4)

[0067] 图 4 为表示本发明的光波导模块的第 1 方案的示意图。本方案的光波导模块, 将本发明的光波导阵列化并且可将多个信道一并进行光波导方向变换。另外, 本发明的模块的输入输出部分为与一般的光波导之间特性互换的光波导, 由此可与外部机器间以特性良好的方式进行连接。

[0068] 本实施例中, 将外径 a 为 $80\ \mu\text{m}$ 而等效折射率差 Δ_1 为 2.5% 的光纤固定在具有定位机构的部件中。另外, 从输入到输出进行 90° 的光波导方向变换, 研磨端面在输入输出双方中按照相对于 90° 面均倾斜 4° 的方式进行研磨。根数为在一横向直线上 12 根以 $125\ \mu\text{m}$ 间隔排列而成的数目。

[0069] (实施方式 5)

[0070] 图 5 为表示本发明的光波导模块的第 2 方案的示意图。本方案的光波导模块, 将内芯与包层的等效折射率差 Δ_1 处于 0.8% 以上 3.5% 以下的范围内的而优选 Δ_1 处于 1.0% 以上 3.0% 以下的范围内的第 1 光波导, 与内芯与包层的等效折射率差 Δ_2 为 0.2% 以上的第 2 光波导熔化连接, 并对熔化连接部分进行加热来降低上述内芯与包层的等效折射率差 Δ 的不匹配及模场直径的不匹配, 且对光波导的期望部分进行加热而折弯。

[0071] 即, 第 2 方案的光波导模块中, 使用高等效折射率差的光波导, 因此其内芯与包层

的等效折射率与一般光波导的内芯与包层的等效折射率不同。另外,由于等效折射率差 Δ 也不同,一般光波导的模场直径与本发明的光波导方向变换部中所使用的光波导的模场直径之间就有差别。如果将折射率不同的彼此相接触并使光信号通过该部分,光就由折射率的边界部分反射。这是光通信中必须避免的现象。一般要求该反射衰减量为 50dB 以上。

[0072] 另外,在模场直径不同的彼此相连接的情况下,连接部分中产生基于直径差的连接损耗。一般光波导的模场直径虽随使用波长而不同,但约为大致 $10\mu\text{m}$,本发明的光波导方向变换部中所使用的光波导的模场直径约为 $3\mu\text{m}$ 。如果在保持该直径差的状态下进行连接,连接损耗就为 5dB 以上。另外,为了使与外部的机器或激光器的连接容易,将一般的光纤与外部机器相连接之后再与本发明的光波导方向变换部相连接,是有效的。

[0073] 因此,第 2 方案中,为了降低上述反射及连接损耗,将内芯与包层的等效折射率差 Δ_1 处于 0.8% 以上 3.5% 以下的范围内的而优选为 1.0% 以上 3.0% 以下的范围内的第 1 光波导,与内芯与包层的等效折射率差 Δ_2 为 0.2% 以上的第 2 光波导熔化连接,并对熔化连接部分进行加热来降低内芯与包层的等效折射率差 Δ 的不匹配与模场直径的不匹配,由此增大反射衰减量而抑制连接损耗。通过该方法,反射衰减量变为 50dB 以上,连接损耗变为约 0.2dB。

[0074] 本实施例中,对于在外径 a 为 $80\mu\text{m}$ 而折弯半径 R 为 1mm 下折弯 90 度,使用等效折射率差 Δ_1 为 2.5% 并且基于使用波长的光波导模为单模的光纤,其一端与外径 a 为 $80\mu\text{m}$ 而等效折射率差 Δ_2 为 0.35% 且基于使用波长的光波导模为单模的光纤熔化连接,通过燃气烧嘴对熔化连接部分进行加热以使等效折射率差 Δ 的不匹配与模场直径的不匹配降低。使用波长为 $1.3\mu\text{m}$ 。测定结果中反射衰减量为 50dB 以上而连接损耗为 0.2dB。

[0075] (实施方式 6)

[0076] 图 6 为表示本发明的光波导模块的第 2 方案的示意图。本方案的光波导模块,在内芯与包层的等效折射率差 Δ_1 处于 0.8% 以上 3.5% 以下的范围内的优选为 1.0% 以上 3.0% 以下的范围内的第 1 光波导的两端熔化连接内芯与包层的等效折射率差 Δ_2 为 0.2% 以上的第 2 光波导,并对熔化连接部分进行加热来降低上述内芯与包层的等效折射率差 Δ 的不匹配与模场直径的不匹配,且对光波导的期望部分进行加热而折弯。

[0077] 在实施方式 5 中,只在光波导方向变换部的一侧熔化连接与一般光波导的特性互换的光波导,并对连接部进行加热来降低等效折射率差 Δ 的不匹配与模场直径的不匹配,但实施方式 6 中,在光波导方向变换部的两侧熔化连接与一般光波导的特性互换的光波导,并对连接部进行加热来降低等效折射率差 Δ 的不匹配与模场直径的不匹配。由此,光波导方向变换部的任一侧就变得易于与外部机器连接。

[0078] 本实施例中,对于在外径 a 为 $80\mu\text{m}$ 而折弯半径 R 为 1mm 下折弯 90 度,使用等效折射率差 Δ_1 为 2.5% 且基于使用波长的光波导模为单模的光纤,其两侧熔化连接外径 a 为 $80\mu\text{m}$ 而等效折射率差 Δ_2 为 0.35% 且基于使用波长的光波导模为单模的光纤,通过燃气烧嘴对熔化连接部分进行加热以使等效折射率差 Δ 的不匹配与模场直径的不匹配降低。使用波长为 $1.3\mu\text{m}$ 。测定结果中反射衰减量为 50dB 以上而连接损耗为 0.4dB。

[0079] (实施方式 7)

[0080] 图 7 为表示本发明的光波导模块的第 4 至第 6 方案的示意图。根据本发明,在制作光波导模块时,将内置在薄板中的光波导的内芯与包层的等效折射率差 Δ_1 设为 0.8% 以

上 3.5%以下的范围内。

[0081] 本实施例中,虽然使用玻璃部分的外径为 $125\mu\text{m}$ 而涂覆外径为 $250\mu\text{m}$ 的一般外径的光纤,但使用内芯与包层的等效折射率差 Δ_1 为 2.5%的非常大的等效折射率差 Δ_1 的光波导,而不同于一般的单模光纤的等效折射率差 Δ_1 即大致 0.3%。

[0082] 在使用这样的具有比一般的单模光纤的等效折射率差 Δ_1 大的等效折射率差 Δ_1 的光纤来制作光波导模块的情况下,即使对光波导模块进行弯曲(surge)或折弯,也能够降低由此引起的损耗。具体的说,将使用一般光纤的光波导模块夹在 2 张砂纸之间加压,在该状态下通过 $-40^\circ\text{C} \sim +80^\circ\text{C}$ 的温度循环进行损耗变动实验,结果是在 -40°C 的低温时损耗最大约为 20dB 这样非常差的,与此相对,在除等效折射率差 Δ_1 为 2.5%外的条件完全相同的光波导模具中进行完全相同的实验,其结果, $-40^\circ\text{C} \sim +80^\circ\text{C}$ 的温度循环所引起的损耗变动最大值约为 0.1dB,几乎没有出现损耗变动。

[0083] 即使等效折射率差 Δ_1 降低到 1.5%为止,上述实验中的损耗变动也还约为大致 0.1dB。但是其以下的等效折射率差 Δ_1 中损耗变动渐渐增大,一旦等效折射率差 Δ_1 变为 1%,上述实验中的损耗变动最大值就变为大致 0.5dB。虽然 0.5dB 在实用上也没有问题,但通过将本发明的光波导模块与前述发明的光波导方向变换元件相连接进行使用,能够实现具有良好的光传输特性和连接特性的电气光学回路熔接基板,因此考虑到与前述发明的光波导方向变换元件之间的连接性,规定前述发明的光波导方向变换元件中所使用的等效折射率差 Δ_1 的最低值为 1.5%以上。

[0084] 另外,虽然等效折射率差 Δ_1 越增大而损耗变动就越减小,但当等效折射率差 Δ_1 过大时,光纤中的模场直径就会变小,考虑到要求连接时的高精度的位置精度以及与前述发明的光波导方向变换元件之间的连接性,将 Δ_1 设为 3.5%以下。

[0085] 为了在机械上折弯得较小,虽然只要将玻璃部分的外径 a 更小即可,但如果外径过小,由于包层太薄而内芯中所限制的光就会逃出,由此发生传输损耗。因而,通过让包层直径即光纤外径至少为模场直径的 10 倍以上,就能够抑制该传输损耗。

[0086] 另外,通过进行细微化,虽然在本方案中所进行那样的 $-40^\circ\text{C} \sim +80^\circ\text{C}$ 的温度循环的损耗变动实验中变弱,但在等效折射率差 Δ_1 为 1.5 以上且光纤外径 a 为 $50\mu\text{m}$ 的模场直径为 $5\mu\text{m}$ 的光纤中,最大损耗变动为大致 0.1dB,可以确认保持了非常良好的特性。

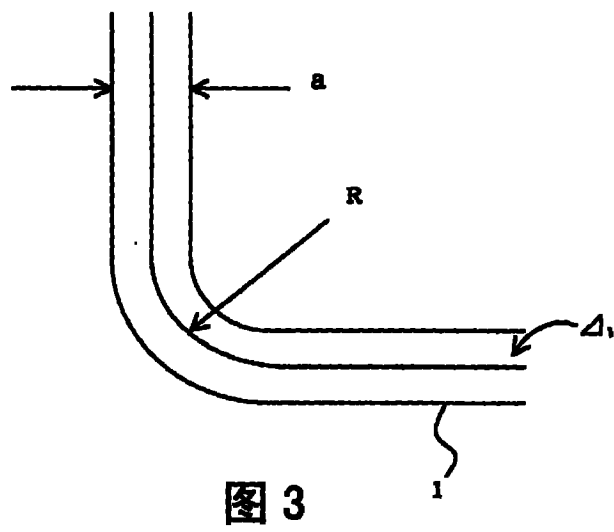
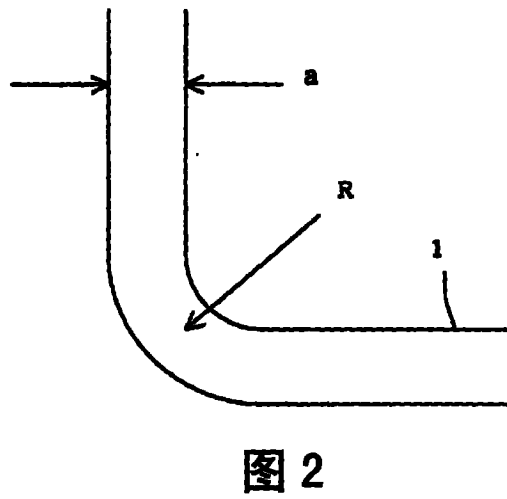
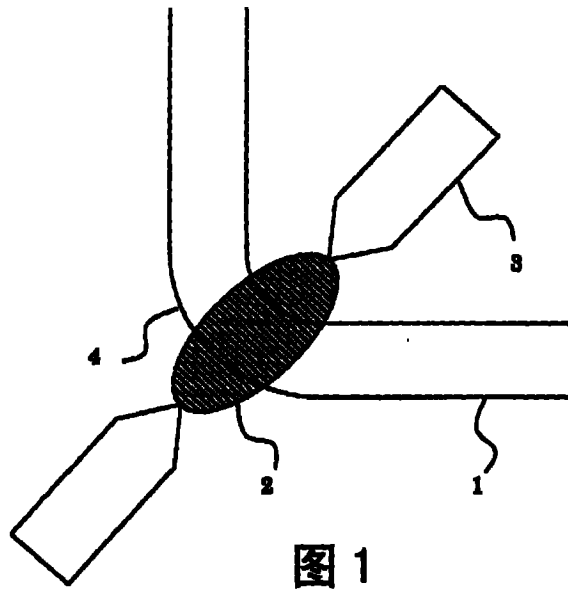
[0087] (实施方式 8)

[0088] 图 8 为本发明的光波导模块适用于室内的隅角布线的示意图。这样,室内房间中的隅角等中的光波导的布线,以前需要确保光波导的最小折弯半径即数 cm,但通过使用本发明的光波导模块,即使作为模块大小在 1cm 以下的大小下也可以进行隅角布线。另外,图 8 的 b 表示出可以 90 度折弯的情况。

[0089] (实施方式 9)

[0090] 图 9 为表示本发明的光波导模块应用于电气光学回路熔接基板的示意图。电气光学熔接基板采用在 2 块电路基板中夹有光波导模块的构造,并且在光波导模块向电路基板面的 90 度方向光波导变换部端部中安装有本发明的光波导模块。

[0091] 通过本发明的光波导,不仅能够降低由熔化连接产生的连接损耗,并且将所期望的部分以期望的半径折弯而使光波导方向在规定的角度下变换。进而,使用它们可使光波导模块小型化,产业上的利用价值较高。



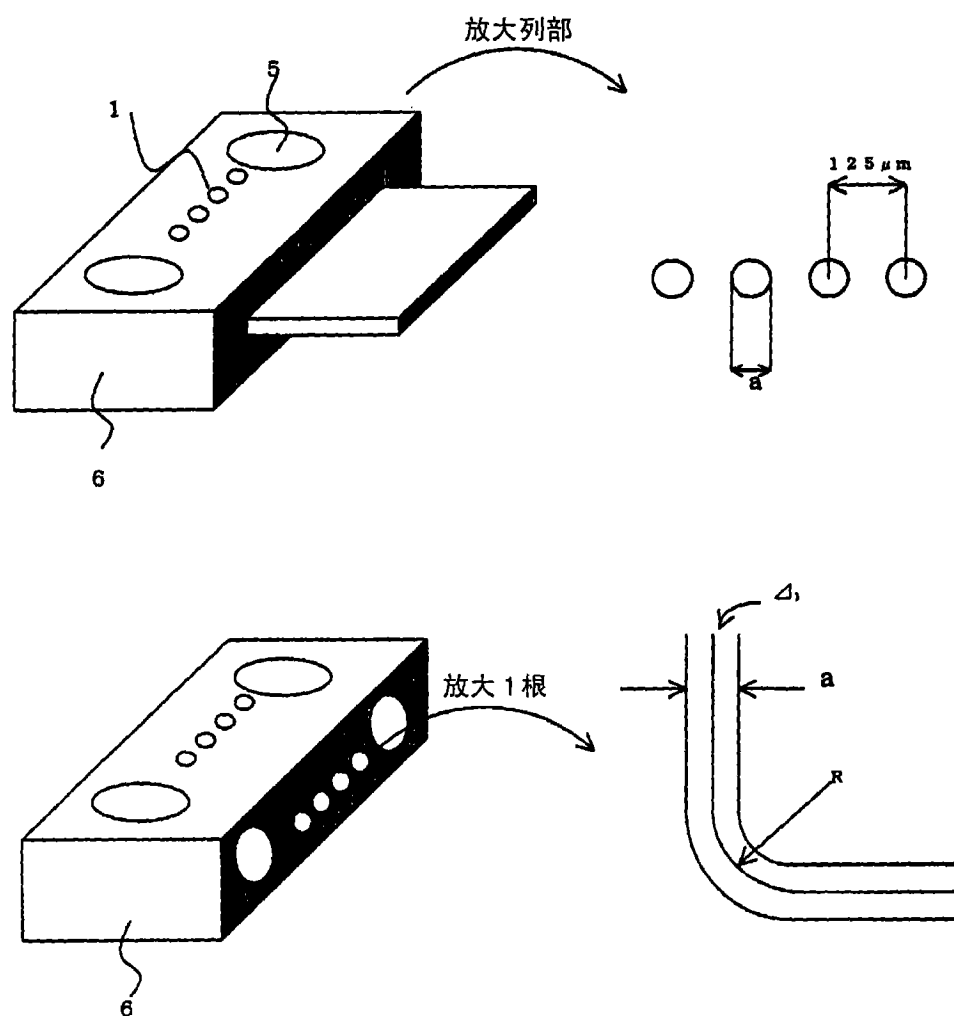


图 4

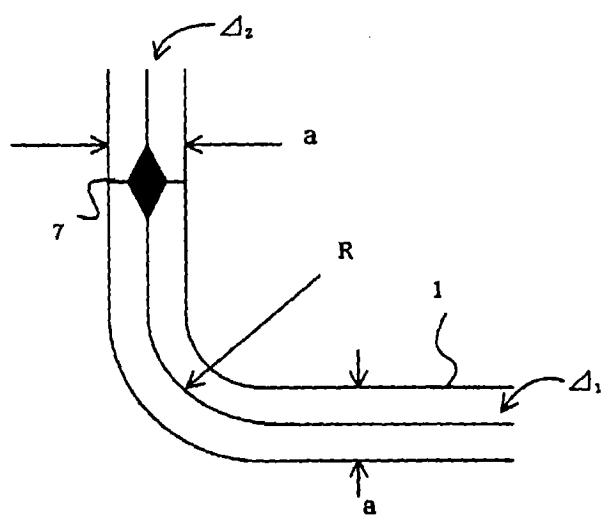


图 5

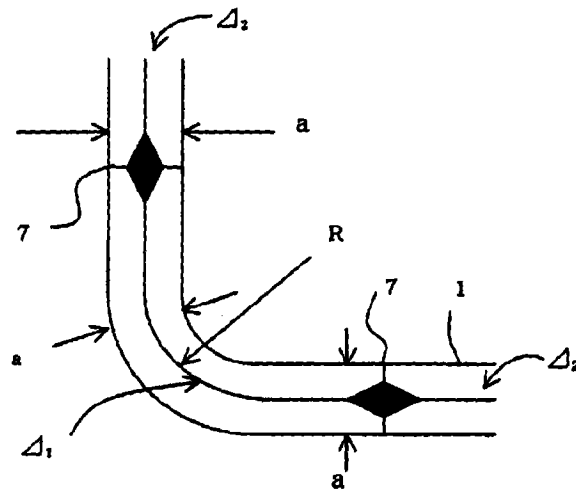


图 6

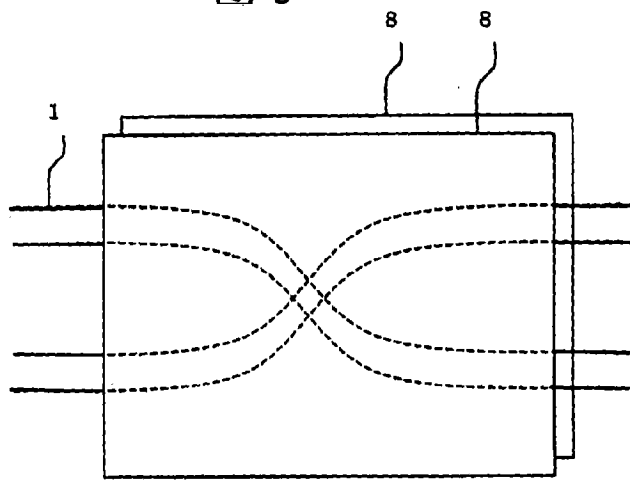


图 7

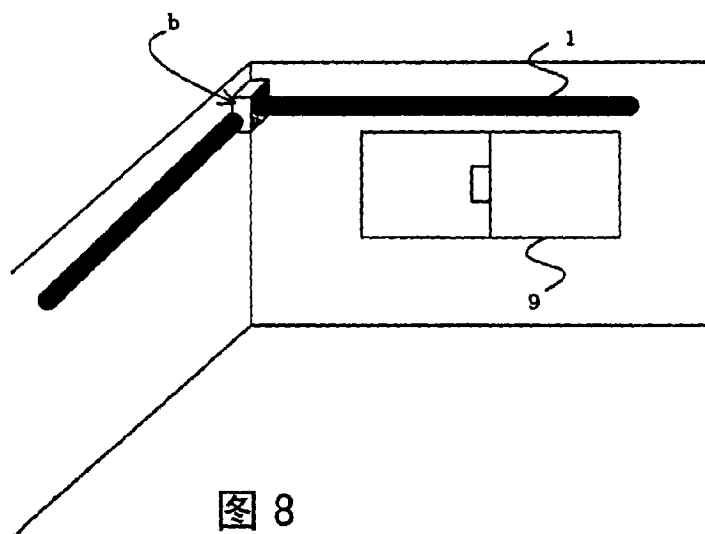


图 8

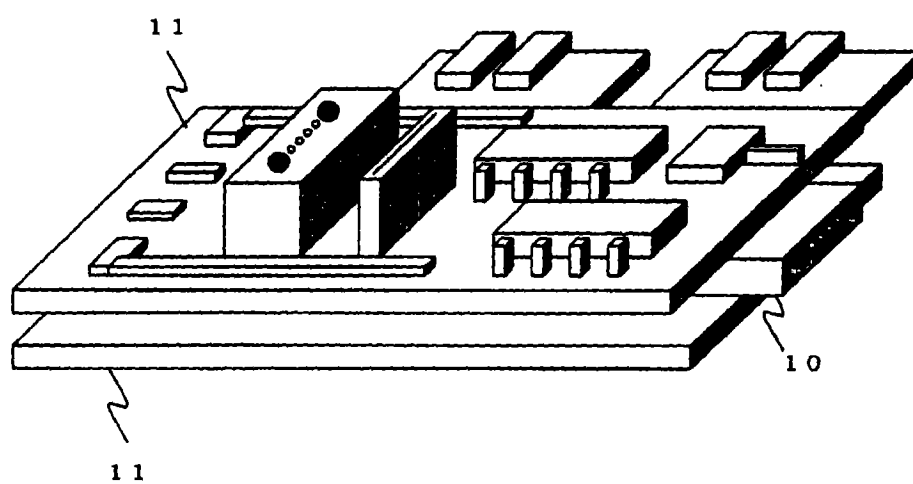


图 9