



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510107546.8

[45] 授权公告日 2009年2月18日

[11] 授权公告号 CN 100462754C

[22] 申请日 2005.9.27

[21] 申请号 200510107546.8

[30] 优先权

[32] 2004.9.30 [33] JP [31] 2004-288078

[73] 专利权人 三洋电机株式会社

地址 日本国大阪府

[72] 发明人 林伸彦 松本光晴 藏本庆一
平野均

[56] 参考文献

KR10-2004-0017539A 2004.2.27

CN1425931A 2003.6.25

US2002/0085785A1 2002.7.4

US5091986A 1992.2.25

审查员 魏会敏

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司

代理人 李香兰

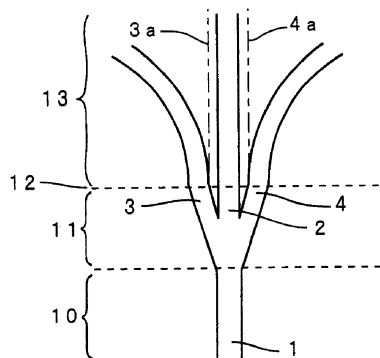
权利要求书 1 页 说明书 15 页 附图 15 页

[54] 发明名称

光分路装置及光耦合模块

[57] 摘要

本发明公开一种光分路装置，其特征在于，包括：具有从基部的导波路径连续地以直线状延伸的第一分路导波路径，以及夹持第一分路导波路径并沿着各自偏离第一分路导波路径的方向而延伸的第二和第三分路导波路径的分路部；第二和第三分路导波路径以相对于第一分路导波路径成为平行的方式而定位的平行部；所述第二和第三分路导波路径以渐渐地偏离所述第一分路导波路径的方式而延伸的离散部。以由将平行部中的第一、第二和第三分路导波路径的横方向的相互间隔间距 P 以及芯部与包覆部的折射率差 Δn 代入式子 $C = \Delta n \cdot P^2$ 而算出的 C 满足关系 $C = 0.5 \pm 0.2$ 的方式设定所述 P 以及所述 Δn 。



1、一种光分路装置，是由基部的导波路径分路为三条分路导波路径的光分路装置，其特征在于，包括：

分路部，其具有从所述基部的导波路径连续地以直线状延伸的第一分路导波路径，以及从所述基部的导波路径分开并夹持所述第一分路导波路径且沿着各自偏离所述第一分路导波路径的方向延伸的第二和第三分路导波路径；

平行部，其由从所述分路部连续地设置的第一、第二和第三分路导波路径构成，所述第二和第三分路导波路径以相对于所述第一分路导波路径平行的方式定位；

离散部，由从所述平行部连续地设置的第一、第二和第三分路导波路径构成，所述第二和第三分路导波路径以渐渐地偏离所述第一分路导波路径的方式延伸，

所述分路部、平行部和离散部的所述第一、第二和第三分路导波路径由折射率相对较高的芯部以及设置于该芯部周围的折射率相对较低的包覆部构成，

以由将所述平行部中的所述第一、第二和第三分路导波路径的横方向的相互间隔间距 P 、以及所述芯部与所述包覆部的折射率差 Δn 代入式子 $C = \Delta n \cdot P^2$ 而算出的 C 为 $0.3 \sim 0.7$ 的范围内的方式，设定所述 P 以及所述 Δn ，其中 P 的单位是 μm 。

2、根据权利要求1所述的光分路装置，其特征在于，

所述分路部中的所述第二和第三分路导波路径以直线状延伸。

3、根据权利要求1所述的光分路装置，其特征在于，

所述平行部的所述第一、第二和第三分路导波路径的长度为 $10 \mu m$ 以下。

4、根据权利要求1所述的光分路装置，其特征在于，

所述离散部的所述第一分路导波路径进一步被分路为两条导波路径。

5、一种光耦合模块，其特征在于，

具有权利要求1的光分路装置，以及连接在所述光分路装置的各导波路径的端部的光纤。

光分路装置及光耦合模块

技术领域

本发明涉及在光通信等中用于将信号光分路的光分路装置。

背景技术

在光通信等中，根据需要使用着将输入信号光分路为多数的光分路装置。

图 23 是表示以往的 4 分路装置的导波路径的俯视图。在以往的 4 分路装置中，一次将基部的导波路径分路为 4 个导波路径 2a、2b、3、4。图 24 是表示对于图 23 所示的以往的 4 分路装置，将分路导波路径的光输出模拟时的导波路径的尺寸的图。横轴表示横方向的长度 X，纵轴表示纵方向的长度 Z。

图 25 是表示模拟结果的图。横轴表示各导波路径的导波路径宽度，纵轴表示外侧的导波路径 3 和 4 相对于内侧的导波路径 2a 和 2b 的输出比（内/外比）。 Δn 表示导波路径的芯部和包覆部的折射率差。如图 25 所示，随着导波路径宽度的变化，内/外比变化。另外，根据 Δn 的变化，内/外比也变化。另外，虽然希望在光分路装置中分路后的各分路导波路径中的光输出等同均匀，但是如图 25 所示，在以往的光分路装置中，导波路径宽度或，芯部与包覆层的折射率差（ Δn ）的参差不均而引起各分路导波路径的输出大宽度变动。因此，由于制造条件的参差偏差，而引起在分路后的各光导波的输出中出现参差不均，存在不能保持一定的品质，而良好制造的问题。

另外，最初分路为 3 条导波路径，其后将中央的导波路径进一步分路为 2 条的 4 分路装置，作为以往的 4 分路装置，已被周知（特开平 8-271744 号公报）。在这种光分路装置中，优选为，在最初的 3 条分路时，以中央的导波路径的光强度成为两侧的导波路径的光强度的两倍的方式，即以成

为 1: 2: 1 的输出的方式分路后, 通过中央的导波路径进一步以成为 1: 1 的光强度比的方式而 2 条分路, 最终的 4 条分路以 1: 1: 1: 1 的等量光输出而被分路。

图 26 是表示上述的 4 分路装置的最初的 3 分路的部分的俯视图。从基部导波路径 1, 直线状分路为 3 条分路光路 2、3、4。已经周知, 在这种 3 分路导波路径中, 若将导波路径 2 和导波路径 3 以及导波路径 4 所成的分路角 θ 做成 1° 以下, 则分路路径 3: 分路路径 2: 分路路径 4 的光强度比为 1: 2: 1 (通信教育讲座课文 (入门讲座 光导波路径设计的基础和实际) 第 4~5 页、第 14 页~第 19 页、第 25 页~第 32 页、以及第 66 页~第 71 页、技术信息协会发行)。

因此, 通过在图 26 所示的 3 分路导波路径中, 制作将分路角 θ 做成 1° 以下 3 分路导波路径并将中央的分路导波路径进一步分路为两条, 则能够得到各分路导波路径的输出比等同的 4 分路装置。图 27 表示这种 4 分路导波路径装置的俯视图。在图 27 所示的 4 分路导波路径装置中, 由于将分路角 θ 设定为 1° , 并与光纤阵列连接, 因此最终的 4 条光分路间的间隔被设定为 $250\ \mu\text{m}$ 。光纤阵列被广泛应用于光通信领域, 其中光纤以 $250\ \mu\text{m}$ 的间距排列配置。因此, 分路长度成为 21.5mm , 成了长度非常长的 4 分路导波路径装置。若导波路径如此长度变长, 由于插入损失变大 ($-10\log$ (输出/输入之比), 单位: dB), 因此并非优选。

发明内容

本发明的目的为提供一种即使在较短的波长也能够将分路后的光输出均匀化的光分路装置, 以及使用该光分路装置的光耦合模块。

本发明是由基部的导波路径分路为三条分路导波路径的光分路装置, 其特征在于, 包括: 分路部, 其具有从所述基部的导波路径连续地以直线状延伸的第一分路导波路径, 以及从所述基部的导波路径分开并夹持所述第一分路导波路径且沿着各自偏离所述第一分路导波路径的方向延伸的第二和第三分路导波路径; 平行部, 其由从所述分路部连续地设置的第一、第二和第三分路导波路径构成, 所述第二和第三分路导波路径以相对于所述第一分路导波路径平行的方式定位; 离散部, 由从所述平行部连续地设

置的第一、第二和第三分路导波路径构成，所述第二和第三分路导波路径以渐渐地偏离所述第一分路导波路径的方式延伸。

在本发明中，在分路部和离散部之间，设置平行部，其第二和第三分路导波路径以相对于所述第一分路导波路径成为平行的方式而定位。通过设置这种平行部，使中央的第一分路导波路径的光强度及其两侧的第二和第三分路导波路径的光强度稳定化。

在本发明中，优选为，所述第一、第二和第三分路导波路径，由折射率相对较高的芯部以及设置于该芯部周围的折射率相对较低的包覆部构成，且将所述 P 以及所述 Δn 设定成由将所述平行部中的所述第一、第二和第三分路导波路径的横方向的相互间隔间距 P (μm) 以及所述芯部与所述包覆部的折射率差 Δn 代入式子 $C = \Delta n \cdot P^2$ 而算出的 C 满足关系 $C = 0.5 \pm 0.2$ 。通过将所述 P 以及所述 Δn 设定成由将所述平行部中的所述第一、第二和第三分路导波路径的横方向的相互间隔间距 P (μm)，以及所述芯部与所述包覆部的折射率差 Δn 代入式子 $C = \Delta n \cdot P^2$ 而算出的 C 满足关系 $C = 0.5 \pm 0.2$ ，使中央的第一分路导波路径的光强度及其两侧的第二和第三分路导波路径的光强度稳定化。也就是说，即使光导波路径的宽度或芯部以及包覆部的折射率差 Δn 产生参差不均，也能够降低该参差不均引起的影响而生成出光分路装置。

在本发明中，虽然在分路部和离散部之间设置平行部是必要的，但优选为该平行部的长度尽可能短。具体地，该平行部的长度优选为 $10\mu\text{m}$ 以下。若平行部的长度变长，则第一、第二和第三分路导波路径之间的导波路径光的相互作用变得过大，出现第二导波路径：第一导波路径：第三导波路径的光强度分布偏离 1：2：1 的理想强度比的情况。

在本发明中，优选为，分路部的第二和第三分路导波路径以直线状延伸。也就是说，优选为，在分路部中，第一、第二和第三分路导波路径分别以直线状延伸而分路。即，优选为，形成以图 26 所示的直线状分路为三条的分路导波路径。另外，分路角 θ 优选为 1° 以下。通过形成这种分路导波路径，能够分路为各导波路径的光强度比为 1：2：1 的比率。

在本发明中，通过如上所述的分路部而分路为三条后，设置平行部，并进而设置离散部。在离散部中，优选为，第二及第三分路导波路径，以

比分路部中的分路更加急激地远离第一分路导波路径的方式，而被分路。优选为，例如以相对于第一分路导波路径以圆弧状远离的方式而形成第二和第三分路导波路径。这样，通过以圆弧状形成离散部中的第二和第三分路导波路径，能够缩短光分路装置的长度。

在本发明中，也可以是，第一分路导波路径进而分路为两条分路导波路径以此由基部的导波路径分路为四条导波路径的四分路装置。如上所述，若根据本发明，能够将第二导波路径：第一导波路径：第三导波路径光强度比做成理想的 1: 2: 1 的比率。通过将第一分路导波路径进而分离为两条分路导波路径，则能够将四条分路导波路径的光强度比做成 1: 1: 1: 1 的比率。优选为，将第一分路导波路径分路的两个分路导波路径以成为 1: 1 的光强度比的方式形成，因此，优选为，两条分路导波路径以成为左右对称的形状的方式形成。

本发明的光耦合模块的特征在于，具有上述的光分路装置，以及连接在所述光分路装置的各导波路径的端部的光纤。

由于本发明的光耦合模块使用上述的本发明的光分路装置，因此各分路导波路径中的光强度稳定，能够减小由制造条件等引起的参差不均的影响。另外，由于上述本发明的光分路装置能够将其导波路径的长度缩短，因此能够将使用此的本发明的光耦合模块小型化。

在本发明中，导波路径由折射率相对较高的芯部以及设置于该芯部周围的折射率相对较低的包覆部构成。虽然形成芯部及包覆部的材料不做特别限定，若是能够形成光导波路径的芯部及包覆部的，也不做特别限定，但是本发明中优选为特别地由树脂性材料形成芯部及包覆部。

作为树脂性材料优选为使用有机无机复合体。通过使用有机无机复合体，能够做成光传输特性优良，且耐热性、耐药品性以及机械强度优良的光导波路径。

有机无机复合体，可以由例如有机聚合物和金属醇化物构成。另外，有机无机复合体有至少一种金属醇化物形成。此时，优选为由至少两种金属醇化物。

在上述的有机无机复合体中，通过将有机聚合物与金属醇化物的组合或至少两种金属醇化物的组合适宜地调整，能够调整最终形成的有机无机

复合体的折射率。

作为金属醇化物可以使用具有通过光（紫外线）或热聚合的聚合性基的金属醇化物。此时优选为使用具有通过光（紫外线）或热聚合的聚合性基的金属醇化物，和没有该聚合性基的金属醇化物的组合。作为上述的聚合性基，可以举出，甲基丙烯酰氧基、丙烯酰氧基、乙烯基、以及苯乙烯基等。在通过紫外线照射而硬化的包覆部或芯层是由包含金属醇化物的有机无机复合体形成的情况下，作为金属醇化物，优选为，包含具有通过光或紫外线聚合的聚合性基金属醇化物。

在使用具有聚合性基的金属醇化物的情况下，优选为通过光或热是金属醇化物的聚合性基聚合。

作为金属醇化物，可以举例如下：Si、Ti、Zr、Al、Sn、Zn、Nb 等的金属醇化物。特别是优选为 Si、Ti、Zr 或 Nb 的金属醇化物。因此，优选使用，烷氧基硅烷、钛醇化物、锆醇化物、或铌醇化物。特别优选使用烷氧基硅烷。

作为烷氧基硅烷，可以举例如下：四乙氧基硅烷、四甲氧基硅烷、4-n-丙氧基硅烷、四异丙氧基硅烷、4-n-丁氧基硅烷、四异丁氧基硅烷、苯基三甲氧基硅烷（phTES）、苯基三甲氧基硅烷（phTMS）、二苯基二甲氧基硅烷、以及二苯基二乙氧基硅烷。

作为上述具有可聚合性基的烷氧基硅烷，可以举例如下：3-甲基丙烯酰基丙基三乙氧基硅烷（MPTES）、3-甲基丙烯酰基丙基三甲氧基硅烷（MPTMS）、3-甲基丙烯酰基丙基甲基二甲氧基硅烷、3-丙烯酰基丙基三甲氧基硅烷、p-苯乙氧基三乙氧基硅烷、p-苯乙氧基三甲氧基硅烷、乙烯基三甲氧基硅烷、以及乙烯基三乙氧基硅烷。

作为钛的醇化物，可以举例如下：钛的异丙醇化物和钛的丁醇化物等。作为锆的醇化物，可以举例如下：锆异丙醇化物和锆的丁醇化物等。

作为铌的醇化物，可以举例为铌的异丙醇化物。

作为金属醇化物，可以用上述的物质，一般地，也可以用由式 $M(OR)_n$ 、 $R'M(OR)_{n-1}$ 以及 $R'_2M(OR)_{n-2}$ （这里，M 是金属，n 是 2、3、4、或 5，R 和 R' 表示有机基）所表示的金属醇化物。作为有机基的例子可以举出烷基、芳基、具有上述的聚合性基的有机基等。作为 M 的例子，

如上所述，可以举出 Si、Ti、Zr、Al、Sn、Zn、Nb 等。另外，作为烷基优选为碳原子数为 1~5 的烷基。

在由有机聚合物和金属醇化物形成有机无机复合体的情况下，有机聚合物可以是能够和金属醇化物形成有机无机复合体的物质。作为有机聚合物的例子，可以举出例如具有羰基的高分子聚合物，以及具有苯环的高分子聚合物以及具有萘环的高分子聚合物。

作为有机聚合物的具体例子，可以举出例如聚乙烯吡咯烷酮（polyvinylpyrrolidone）、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚胺、聚酰亚胺、聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、环氧树脂、酚醛树脂、丙烯酸树脂、尿素树脂、三聚氰胺甲醛树脂。从形成光学透过性优良的有机无机复合体的观点出发，优选使用聚乙烯吡咯烷酮（polyvinylpyrrolidone）、聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚苯乙烯、环氧树脂或其混合物。

在通过光（紫外线）的照射使有机无机复合体硬化的情况下，优选为，在有机无机复合体中含有光聚合开始剂。通过包含光聚合开始剂可以利用少量的光（紫外线）折射率使之硬化。

作为光聚合开始剂的具体例子，可以举出：例如，苄基酮缩醇、 α -羟基苯乙酮、 α -胺基苯乙酮、酰磷化氢氧化物、1-羟基-环己基-苯基-甲酮，2-苄基-2-二甲胺基丙-1-(4-对氧氮己环苯基)-丁烷-1，三氯甲基三嗪、二苯基碘化盐、三苯基铊盐、亚胺磺酸盐。

另外，作为树脂基材料，也可以使用 UV 硬化树脂。作为 UV 硬化树脂，可以举例如下：例如以环氧树脂为主要成分做成的环氧系硬化树脂，丙烯酸系 UV 硬化树脂，环氧丙烯酸系硬化树脂，聚氨酯系 UV 硬化树脂以及氨基甲酸乙酯丙烯酸系 UV 硬化树脂。

按照本发明，可以做成即使在较短的导波路径也能够将分路后的各导波路径的光输出均匀化的光分路装置。

另外，由于本发明的光分路装置受制造条件的参差不齐的影响较弱，因此能够生产性良好地制造一定品质的器件。

附图说明

图 1 是表示根据本发明的一个实施例的光分路装置的导波路径的俯视

图。

图 2 是表示根据本发明的其他实施例的光分路装置的导波路径的俯视图。

图 3 是表示根据本发明的又一其他实施例的光分路装置的导波路径的俯视图。

图 4 是表示模拟的导波路径的尺寸形状的俯视图。

图 5 是表示图 4 所示的点线 A 的导波路径图案的模拟结果的图。

图 6 是表示图 4 所示的点线 B 的导波路径图案的模拟结果的图。

图 7 是表示芯部与包覆部的折射率差 Δn ，与导波路径的横方向的间隔间距 P、以及与光分布光纤阵列的关系的图。

图 8 是表示使折射率差 Δn 变化而使 C 变化时的光强度分布的图。

图 9 是表示使导波路径间的间隙变化而使 C 变化时的光强度分布的图。

图 10 是表示 C 和重叠部的光强度 r 的关系的图。

图 11 是表示 C 和导波路径的光强度的内/外比的关系的图。

图 12 是表示用于根据本发明的又一其他实施例的模拟的导波路径的轮廓的图。

图 13 是表示图 12 所示的实施例的导波路径宽度和折射率差 Δn 和内/外比的关系的图。

图 14 是表示根据本发明的又一其他实施例的光分路装置的俯视图。

图 15 是表示图 14 所示的光分路装置的输出侧端面的侧视图。

图 16 是表示图 14 所示的光分路装置和光纤的接合状态的主视图。

图 17 是表示图 16 的光纤的配置状态的侧视图。

图 18 是表示根据本发明的实施例的制造工艺的剖面图。

图 19 是表示根据本发明的实施例的制造工艺的剖面图。

图 20 是表示根据本发明的一个实施例的光耦合装置的立体图。

图 21 是表示根据本发明的一个实施例的光耦合装置的分解立体图。

图 22 是表示根据本发明的一个实施例的光耦合装置的剖面图。

图 23 是表示以往的光分路装置的导波路径的俯视图。

图 24 是表示用于以往的光分路装置的模拟光导波图案的图。

图 25 是表示以往的光分路装置中的导波路径宽度和折射率差 Δn 和内/外比的关系的图。

图 26 是表示以往的光分路装置的分路部的俯视图。

图 27 是表示以往的光分路装置的导波路径的俯视图。

具体实施方式

以下，通过实施例说明本发明，但本发明不限于以下的实施例，在不脱离其要旨的范围内适宜变更且实施也是可能的。

图 1 是表示根据本发明的一个实施例的光分路装置的导波路径的俯视图。本实施例的光分路装置的导波路径，由基部 10、分路部 11、平行部 12、以及离散部 13 构成。在分路部 11 中，由基部 10 的导波路径 1 分路为三条分路导波路径，即第一分路导波路径 2、第二分路导波路径 3、以及第三分路导波路径 4 三条。第一分路导波路径 2 由导波路径 1 连续地以直线状延伸。第二分路导波路径 3 和第三分路导波路径 4，以如下方式设计，其夹着第一导波路径 2，向着分别远离第一分路导波路径 2 的方向而直线状延伸。

从分路部 11 连续地设置平行部 12。平行部 12，其长度非常短，作为离散部 13 和分路部 11 之间的边界区域而被设置。离散部 13，由直线状连续延伸的第一分路导波路径 2，以及从第一分路导波路径 2 出发以圆弧状渐渐地远离而延伸的第二导波路径 3 和第三导波路径 4 构成。第二导波路径 3 和第三导波路径 4，被形成为圆弧状。其曲率半径虽不做特别限定，但优选为大约 $40000\ \mu\text{m} \sim 60000\ \mu\text{m}$ 。

如上所述，虽然在本实施例中平行部 12 以非常短地形成，但在该平行部 12 中，第二分路路径 3 和第三分路路径 4 以相对于第一分路路径 2 平行的方式而被设计。因此，形成为圆弧状的第二分路路径 3 和第三分路路径 4 的平行部 12 的接线 3a 和 4a 变得与第一分路导波路径 2 平行。

图 2 表示根据本发明的其他实施例的光分路装置的导波路径的俯视图。本实施例中，在离散部 13，第一分路路径 2 被分路为两个分路导波路径 2a 和 2b。因此，由基部的导波路径 1 被最终分路为四条导波路径 3、2a、2b、4。

在图 2 所示的实施例中，分路部 11 的第一分路导波路径 2 和第二分路导波路径 3 之间，以及第二导波路径 3 和第三导波路径 4 之间的分路角 θ 为 0.3° 。

另外，10a 表示基部 10 中的导波路径 1 的光强度分布，12a 表示平行部 12 中的导波路径 2、3、4 的光强度分布。如光强度分布 12a 所示，在平行部 12 中，导波路径 3：导波路径 2：导波路径 4 的光强度分布成为 1：2：1 的比率。由于导波路径 2 在其末端进一步被分路为两条导波路径，导波路径 2a 和导波路径 2b，因此，最终的导波路径 3：导波路径 2a：导波路径 2b：导波路径 4 的光强度分布成为 1：1：1：1。

图 3 是根据本发明的又一其他实施例的光分路装置的导波路径的俯视图。在本实施例中，与图 2 所示实施例相比，平行部 12 的长度变长。优选为平行部 12 的长度尽可能短，优选为例如 $10\ \mu\text{m}$ 以下。

在平行部 12 中，成为导波路径之间光重叠，导波路径光互相可以相互作用的状态。通过实现这种状态，成为 1：2：1 的光强度分布，即成为与通信教育讲座文本（入门讲座 光导波路径设计的基础和实际）第 4~5 页、第 14~19 页、第 25~32 页以及第 66~71 页（技术信息协会发行）的图 1.6 (a) 所示的 7 层板条导波路径的 0 次模式相同的分布。

然而，若这种平行部的长度变长，则平行部作为方向性耦合器而起作用，将光能在导波路径间互相交换而作用，产生光的强度周期性地互相强弱作用的现象。因此，若平行部变长，则光输出周期性地偏离 1：2：1 的比例。因此，在本发明中，虽然平行部的存在是必要的，但优选为平行部的长度尽可能短。

图 4 是用以表示，用于模拟在将平行部 12 的长度做短的情况下和做长的情况下的光强度的稳定性的，导波路径的尺寸形状的俯视图。在图 4 所示的实施例中，基部 10 的长度做成 $1000\ \mu\text{m}$ ，分路部 11 的长度做成 $2000\ \mu\text{m}$ 。在虚线所示的情况下，将三个导波路径 2、3、4 的平行部 12 的长度做得较长，将其长度做成 $1000\ \mu\text{m}$ 。在平行部 12 中，各导波路径间的间隔间距是 $10\ \mu\text{m}$ 。在虚线 B 所示的情况下，形成离散部 13，将平行部 12 限定于分路部 11 和离散部 13 的边界区域。在虚线 B 的情况下，将离散部 13 的长度做成 $1000\ \mu\text{m}$ 。

另外，将各导波路径的宽度做成 $7\mu\text{m}$ ，将形成导波路径的芯部和包覆部的折射率 Δn 做成 0.005 而进行模拟。另外，模拟基于通信教育讲座文本（入门讲座 光导波路径设计的基础和实际）第 4~5 页、第 14~19 页、第 25~32 页以及第 66~71 页（技术信息协会发行）所记载的光束传送法（BPM）而进行。

图 5 表示将平行部 12 的长度做成了 $1000\mu\text{m}$ 的虚线 A 的情况下的模拟结果。图 5 (a) 表示导波路径的尺寸形状，横轴表示横方向的长度 X，纵轴表示纵方向（导波路径延伸的方向）的长度 Z。

图 5 (b) 表示中央的第一导波路径 2 以及两侧的第二导波路径 3 和第三导波路径 4 中的光强度（任意单位）。

图 6 表示在形成有离散部 13 的虚线 B 的情况下的模拟结果。图 6 (a) 表示导波路径的尺寸形状，图 6 (b) 表示中央的第一导波路径 2 以及两侧的第二和第三导波路径中的光强度（任意单位）。

从图 5 和图 6 的比较可以明确看出，在将平行部 12 的长度做得较长的情况下，图 5 所示的中央的导波路径和两侧的导波路径的光强度不稳定。与此对应，可以看出，在将平行部 12 限定于分路部 11 和离散部 13 的边界区域而形成的情况下，中央的导波路径 2 和两侧导波路径 3、4 的光强度是稳定的。

以上结果很明确，即在本发明中，优选为将平行部的长度尽可能做得较短。

在本发明中，关于平行部中的分路导波路径的横方向的相互间隔 $P(\mu\text{m})$ ，以及芯部与包覆部的折射率差 Δn ，有必要设定为通过将其代入式 $C = \Delta n \cdot P^2$ 后所算出的 C 满足 $C=0.5 \pm 0.2$ 的关系。以下对此说明。

如通信教育讲座文本（入门讲座 光导波路径设计的基础和实际）第 4~5 页、第 14~19 页、第 25~32 页以及第 66~71 页（技术信息协会发行）所记载的，在导波路径中，将波导路径的间距在 X 方向做成 r 倍，与将芯部与包覆部的折射率差 Δn 做成 $1/r^2$ 倍是等价的现象。参照图 7 (a) 说明。

图 7 (a) 表示三个导波路径的折射率 14 和各导波的光分布 15。如图 7 (a) 所示，导波路径宽度为 $W1(\mu\text{m})$ ，导波路径的间隙为 $W2$ 。假定导

波路径间隔的间距为 $P(\mu\text{m})$ ，则表示 $W1$ 占 P 的比例为 X ， $W2$ 占 P 的比例为 $1-X$ 。另外， Δn 是芯部的折射率与包覆部的折射率之差。

如上所述，将波导路径在横方向设成 r 倍，和将芯部与包覆部的折射率差 Δn 做成 $1/r^2$ 倍是等价的，因此，下式所表示的 C 是固定不变的。

$$C = \Delta n \cdot P^2$$

图 7 (b) 所示的导波路径，其导波路径宽度是 $2 \mu\text{m}$ ，导波路径间的间隙是 $1 \mu\text{m}$ ，芯部和包覆部的折射率差 Δn 是 0.004 。与此对应，在图 7(c) 中，将图 7 (b) 所示的波导路径的布局在横方向做成两倍，将折射率差 Δn 做成 $1/4$ 。因此，对于图 7 (b) 的导波路径由上述式子算出的 C ，与图 7(c) 的导波路径 C 同值。因此，成为与图 7 (c) 的光导波路径的光分布 15 相同的形状，成为等价物。

接下来，将导波路径的宽度 $W1$ 做成 $7 \mu\text{m}$ ，将导波路径间的间隙 $W2$ 做成 $3 \mu\text{m}$ ，通过将 Δn 在 $0.003 \sim 0.008$ 之间变化，并通过将 C 变化后的导波路径图案进行模拟计算光强度分布。图 8 表示计算结果。

如图 8 所示，在各导波路径图案中得到三个光强度峰，这些对应于三个导波路径。中央的峰和两侧的峰之间的光强度变小的部分对应于导波路径间的间隙部分，一般认为在该部分中产生导波路径的光的重叠。若这些重叠部分的光强度变小，则表示导波路径间的光重叠变小。

在图 8 中，光强度的轮廓是上方为 C 的小轮廓，随着 C 变大成为下方的轮廓。由图 8 可以明确看出， C 越大， r 越小，则光的重叠越小。

接下来，与上述相同，将导波路径宽度 $W1$ 做成 $7 \mu\text{m}$ ，将折射率差 Δn 固定为 0.005 ，则对于使导波路径间的间隙 x 变化的各导波路径图案，通过模拟光强度而求得。图 9 表示结果。

如图 9 所示，可以看出，在使导波路径间的间隙变化而使 C 变化的情况下， C 越变大，重叠部分的光强度 r 变小，使得在导波路径间的光的重叠变小。

图 10 是表示图 8 和图 9 所示的重叠部分的光强度 r 和 C 之间的关系的图。从图 10 可以明确看出，随着 C 变大，则重叠部的光强度 r 具有变小的倾向。因此，可以明白， C 表征导波路径间的光的重叠程度。

接下来，对于图 4 的虚线 B 所示光分路导波路径轮廓，通过模拟求算

内侧导波路径相对于外侧的两个导波路径的光输出比（内/外比）与 C 之间的关系。另外，这里，将分路角 θ 做成 0.3° ，将离散部 13 的两侧的导波路径的曲率半径 R 做成 45mm。

图 11 是表示该结果的图。如图 11 所示，可以看出，在 C 为 $0.3\sim 0.7$ 的范围内，即 0.5 ± 0.2 的范围内，内/外比大约为 1。因此，可以看出，若 C 成为 0.5 ± 0.2 ，则通过设定折射率差 Δn 和波导路径的横方向的间隔间距 P ，则能够将内/外比做成大约为 1 而得到稳定的光强度。

另外，从图 10 中可以看出， C 为 $0.3\sim 0.7$ 的范围，对应于重叠部的光强度 r 是 $0.08\sim 0.25$ 的范围，重叠部的光强度 r 优选为 $0.08\sim 0.25$ 。

图 12 是表示使导波路径宽度和折射率差 Δn 变化而模拟时的导波路径轮廓的图。图 13 表示使导波路径宽度和折射率差 Δn 变化时的内/外比。另外，在图 13 中，导波路径的横方向的间隔间距 P 均为 $10\ \mu\text{m}$ ，因此，在 $0.3\sim 0.7$ 的范围内设计 C 。

由图 13 明确可以看出，根据本发明，通过将 C 调整成为 0.5 ± 0.2 ，则即使导波路径的宽度和折射率差 Δn 变化，也能够将导波路径的光强度的内/外比做成大约为 1，而得到稳定的光输出。

图 14 是表示本发明的又一其他光分路装置的俯视图。基部 10 的导波路径 1，在分路部 11，分路为第一分路部 2、第二分路部 3 和第三分路部 4，分路后，且设置各导波路径成为平行的平行部 12 后，设置沿着两侧的导波路径 3 和 4 所远离中央的导波路径 2 的方向而延伸的离散部 13。在离散部 13 中，中央的导波路径 2，进一步分路为两条导波路径 2a 和 2b。结果分路为四条导波路径。

图 15 是表示光分路装置的 20 的输出侧端面 22 的侧视图。如图 15 所示，以降低导波路径 4 和 2a 的位置并提高导波路径 2b 和 3 的方式而设计。

图 16 是表示在图 14 所示的光分路装置 20 的输出侧端面 22 连接光纤的状态的主视图。至于光纤，是将图 17 所示的四条光纤 16~19 配置为与光分路装置 20 的输出侧端面 22 的导波路径 2a、2b、3、4 的各自的位置相对应。通过将它们双方互相突出，而接合光波导路径和光纤。由此，将由光分路装置的输入侧端面 21 所输入的光信号输入到导波路径 1，并将此分路为 4 条分路导波路径后，能够将光传送到来自输出侧端面 22 的四条

光纤 16~19。这里，虽然使用图 2 或图 3 所示的本发明的导波路径分路结构而得到内/外比稳定的光分路装置，但是存在如下问题，即相比于如图 23 所示的以往的导波路径分路结构，其导波路径长度变得长 20%。可是，通过将图 15 和图 16 所示的光纤以及输出侧端面的高度交互变更，能够将横方向的导波路径的间的间距做得小于 250 μm ，并能够将导波路径的长度变短。因此，能够以与以往相同程度的导波路径长度，得到稳定的内/外比。

当然，为了不影响内/外比，将输出侧端面的横方向的导波路径间的间距做成作为以往的光纤的间距的 250 μm ，也可以将导波路径完全做在同一平面上。

图 18 和图 19 是表示用于制造光分路装置 20 的工艺剖面图。在本实施例中，芯层、下部包覆层和上部包覆层，使用由烷氧基硅烷形成的有机无机复合体而形成。将芯层形成用溶液和包覆层形成用溶液以如下方式而调制。

〔芯层形成用溶液的调制〕

通过将 5.6ml 的 3-甲基丙烯酰氧丙基三乙氧基硅烷(3-methacryloxy-propyltriethoxysilane)、5.8ml 的苯基三乙氧基硅烷、1.65ml 的盐酸(2N)，以及 21ml 的乙醇混合后放置 24 小时，将 3-甲基丙烯酰氧丙基三乙氧基硅烷和苯基三乙氧基硅烷水解和缩聚。在得到的缩聚物 4ml 中加入作为聚合引发剂的 1-羟基环己基苯基酮 10mg，并加热到 100 $^{\circ}\text{C}$ ，由此将乙醇蒸发除去而得到粘性液体 A。在 1g 的粘性液体 A 中混合 3ml 的三甲基乙氧基硅烷和 0.8ml 的三氟乙酸酐，放置 24 小时后，加热干燥到 100 $^{\circ}\text{C}$ ，由此蒸发除去过剩的三甲基乙氧基硅烷和三氟乙酸酐，而得到粘性液体 B。将该粘性液体 B 用作芯层形成用溶液。在这种芯层形成用溶液中形成的有机无机复合体的折射率是 1.519。

〔包覆层形成用溶液的调制〕

在上述的芯层形成用溶液的调制中，以如下方式调整而制作，使 3-甲基丙烯酰氧丙基三乙氧基硅烷和苯基三乙氧基硅烷的混合比变化，从而使折射率变小 0.004。

图 18 表示形成导波路径 1 的区域的制造工艺。如图 18 (a) 所示，在

玻璃基板 23 表面，滴下包覆层形成用溶液 24。接下来，如图 18 (b) 所示，将具有凸部 25a 的模型 25 压抵在包覆层形成用溶液 24 的层上，在该种状态下从基板 23 侧照射紫外线，由此使溶液 24 硬化，而形成具有与凸部 25a 相对应的凹槽 24a 的下部包覆层 24。

接下来，如图 18 (c) 所示，在下部包覆层 24 的表面，滴下芯层形成用溶液 26。接下来，如图 18 (d) 所示，将平板 27 压抵在下部包覆层 24 的表面，施加一定载荷，并从基板 23 侧照射紫外线，如图 18 (e) 所示，使层形成用溶液硬化，从而形成上部包覆层 28。

接下来，将平板 27 除去后，在下部包覆层 24 和芯层 1 表面滴下包覆层形成用溶液，并从基板 23 侧照射紫外线，使包覆层形成用溶液硬化，而形成上部包覆层 28。

图 19 是表示形成导波路径 4 和 2b 的部分的制造工艺的剖面图。导波路径 4 和导波路径 2b，形成于高度不同的位置。

如图 19 (a) 所示，在玻璃基板 23 表面，滴下包覆层形成用溶液 24。接下来，如图 19 (b) 所示，压抵在不同位置具有凸部 25b 和 25c 的模型 25，在该种状态下从基板 23 侧照射紫外线而使包覆层形成用溶液硬化，而形成具有凹槽 24b 和 24c 的下部包覆层 24。

接下来，如图 19 (c) 所示，滴下芯层形成用溶液 26。如图 19 (d) 所示将平板 27 压抵，在该种状态下从基板 23 侧照射紫外线而使芯形成用溶液硬化，从而形成导波路径 4 和 2b。接下来，将平板 27 除去后，在下部包覆层 24 以及芯层 4 和 2b 表面，滴下包覆层形成用溶液，并从基板 23 侧照射紫外线，如图 19 (e) 所示形成上部包覆层 28。

导波路径 2a 和导波路径 3，也能够与上述相同地形成。

在上述的制造工艺中，通过调整芯层形成用溶液以及包覆层形成用溶液的成分等，能够调整芯部和包覆部的折射率 Δn 。另外，可以通过调整用于形成导波路径的模型的凸部的位置以及尺寸形状等而调整导波路径的间隔间距 P。

图 20 和图 21 是表示本发明的光耦合装置的一实施例的立体图和分解立体图。

如图 20 所示，在光分路装置 29 中，采用导波路径 4、2a、2b、3 均

位于同一平面上的结构。输出端面侧的导波路径之间的间距是 $250\ \mu\text{m}$ 。在光分路装置 29 的输入端面侧 21 的导波路径 1 上连接光纤 32。利用 UV 硬化树脂将光纤 32 固定在形成于输入侧基板 30 上的 V 型槽 31 上。

在光分路装置 29 的输出侧端面 22 的各导波路径 4、2a、2b、3 上连接光纤 16、17、18、19。光纤 16、17、18、19 以 $250\ \mu\text{m}$ 的间距排列配置。利用 UV 硬化树脂将光纤 16、17、18、19 固定在形成于输出侧基板 40 上的四个 V 型槽 41 上。光分路装置的 29 的输出侧端面 22 和基板 40 之间通过 UV 硬化树脂粘结。

将以图 20 所示的方式组合而制作的光耦合模块放置在图 21 所示的壳体 50 中，在壳体 50 的上部放置盖 51。

图 22 是表示这种状态的剖面图。输入侧基板 30、光分路装置 29 以及输出侧基板 40，通过粘结剂 52 固定在壳体 50 的底面上。输入侧光纤 31a 穿过壳体 50 的沟槽 50a 并被抽出到外部。另外，输出侧光纤 16~19 穿过壳体 50 的沟槽 50a 并被抽出到外部。利用环氧系列粘结剂 53 和 54 将盖 51 固定在壳体 50 上。在利用环氧系列粘结剂 53 和 54 将盖 51 固定在壳体 50 上的同时，将壳体 50 密封。

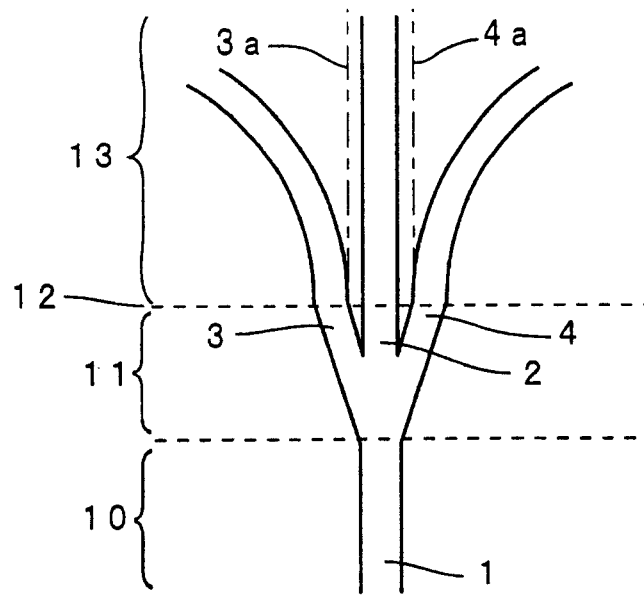


图 1

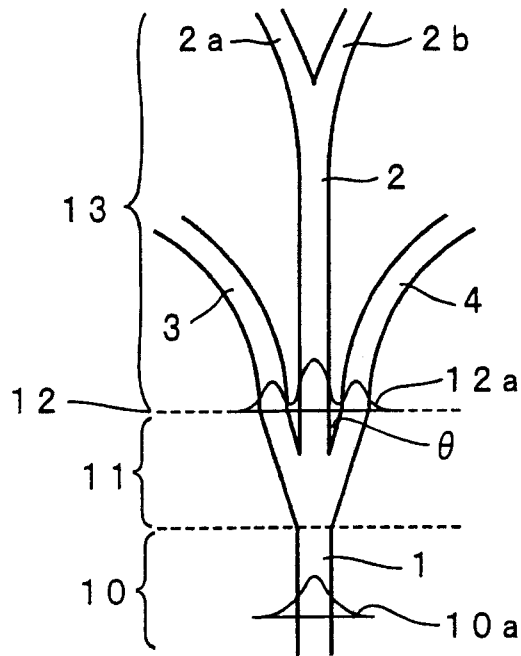


图 2

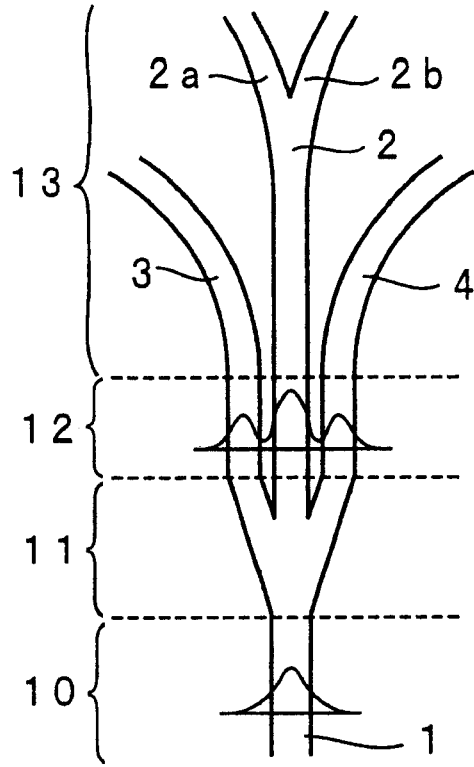


图 3

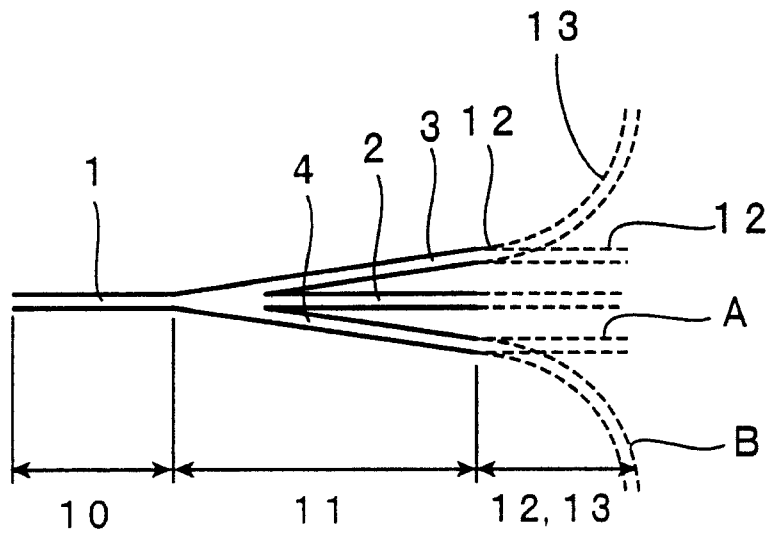


图 4

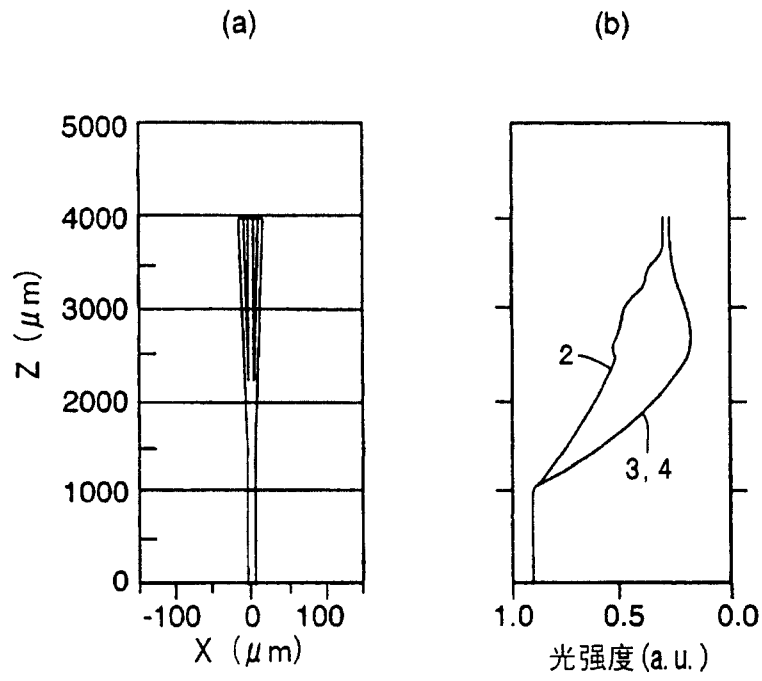


图 5

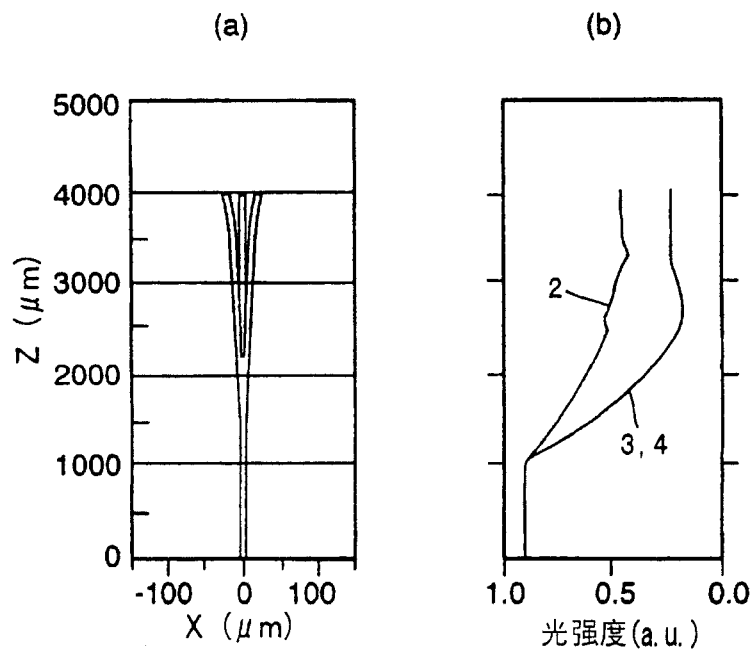


图 6

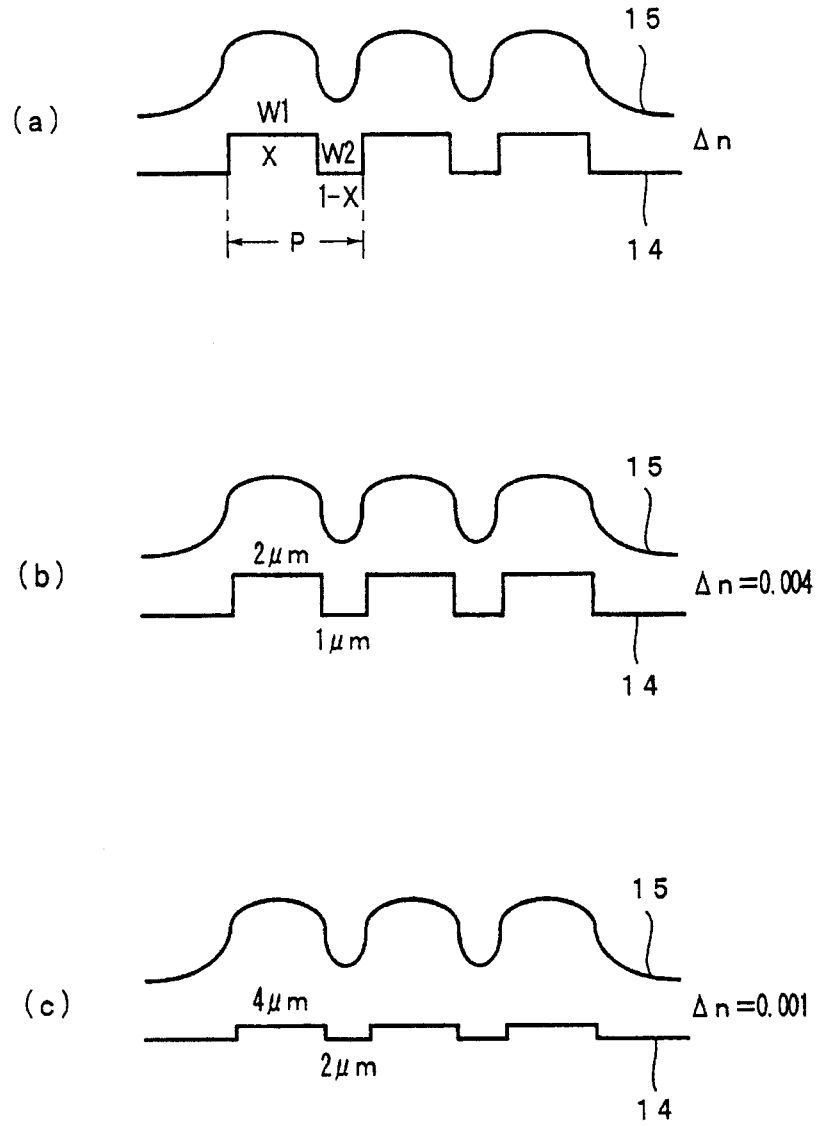


图 7

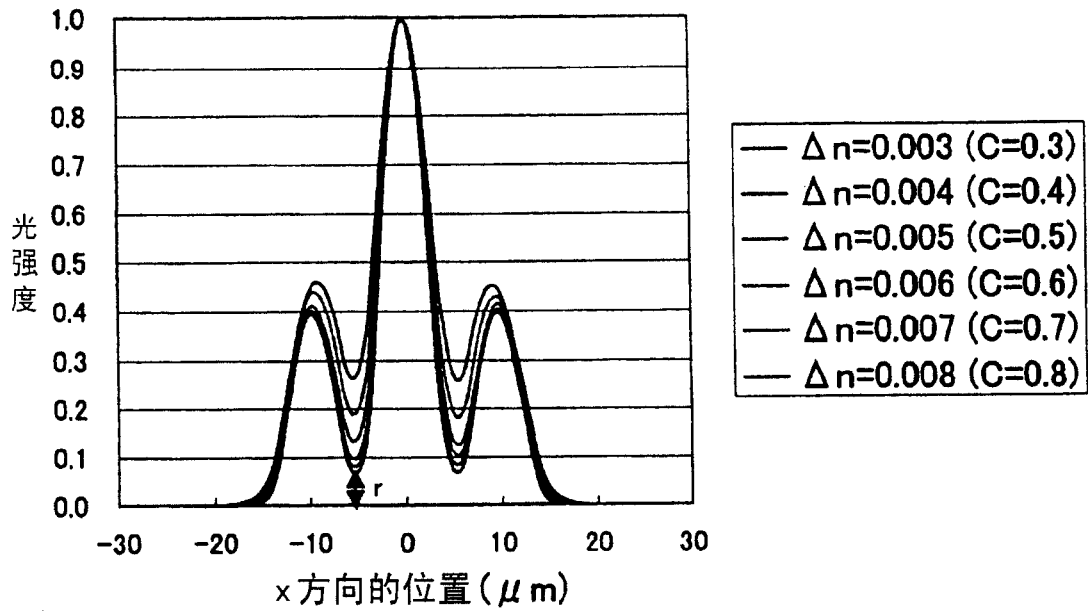


图 8

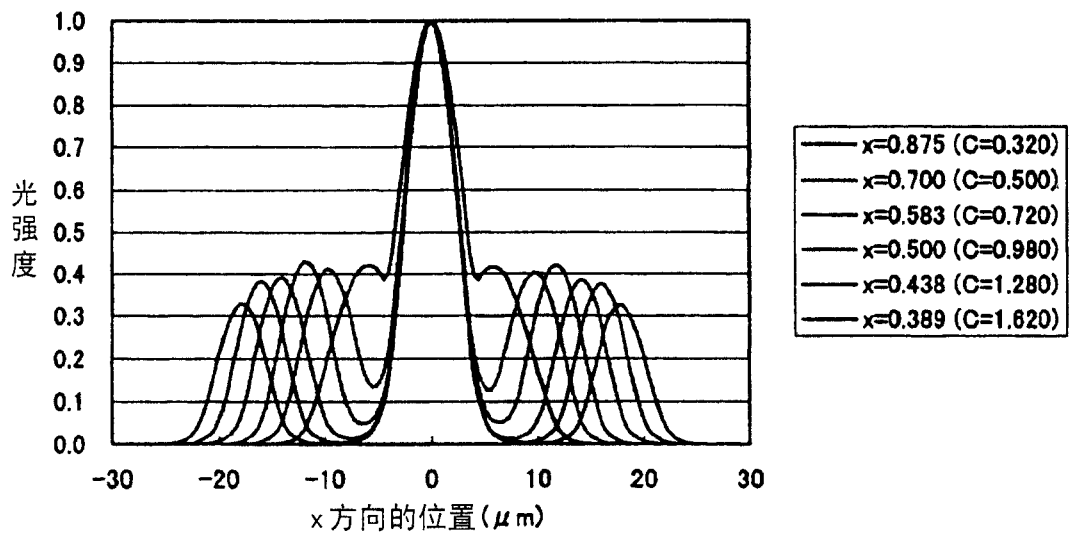


图 9

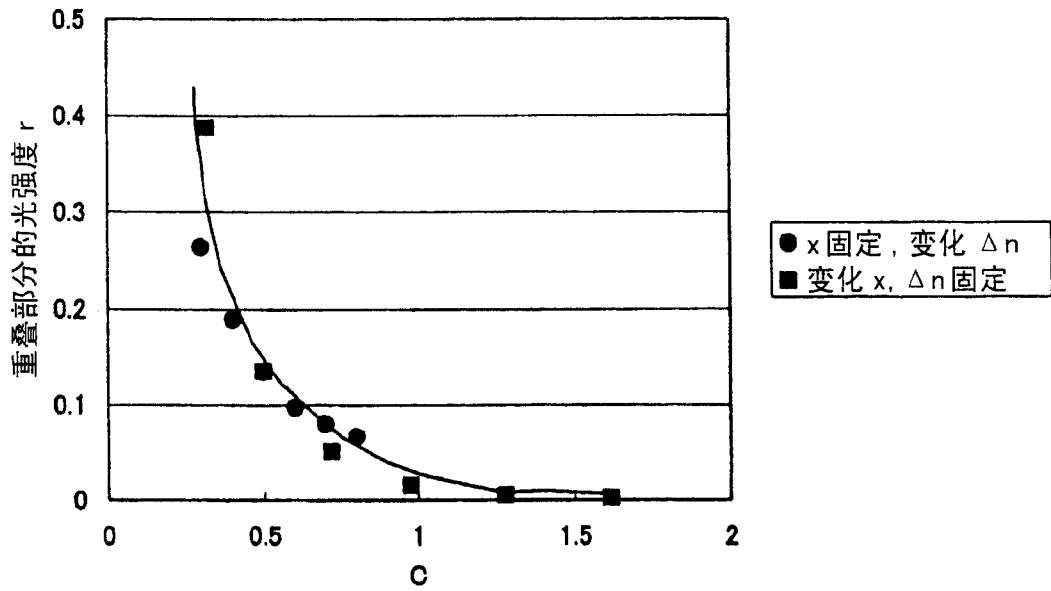


图 10

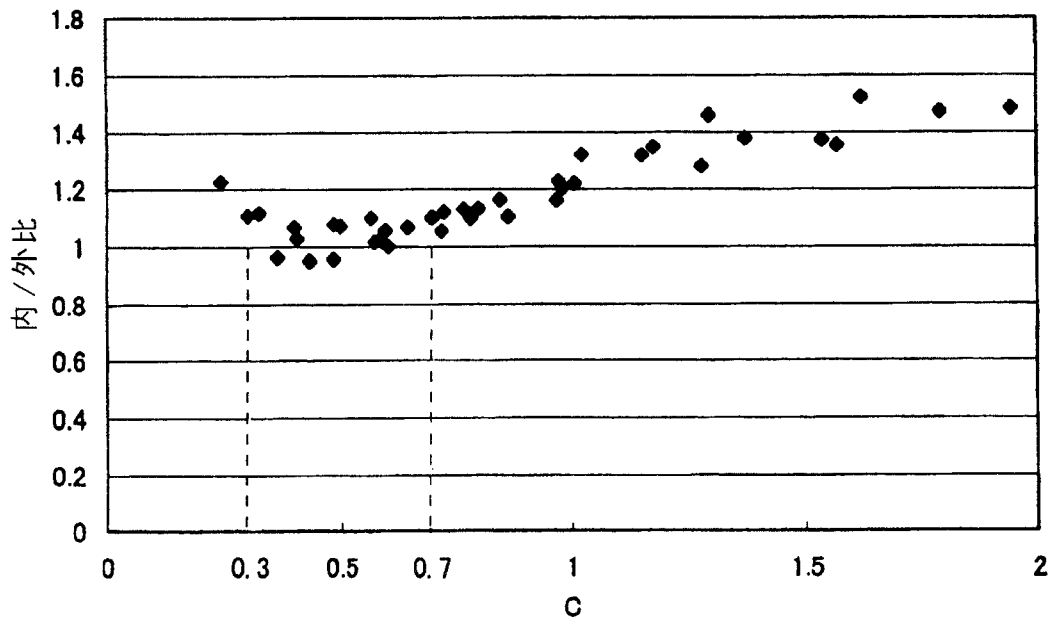


图 11

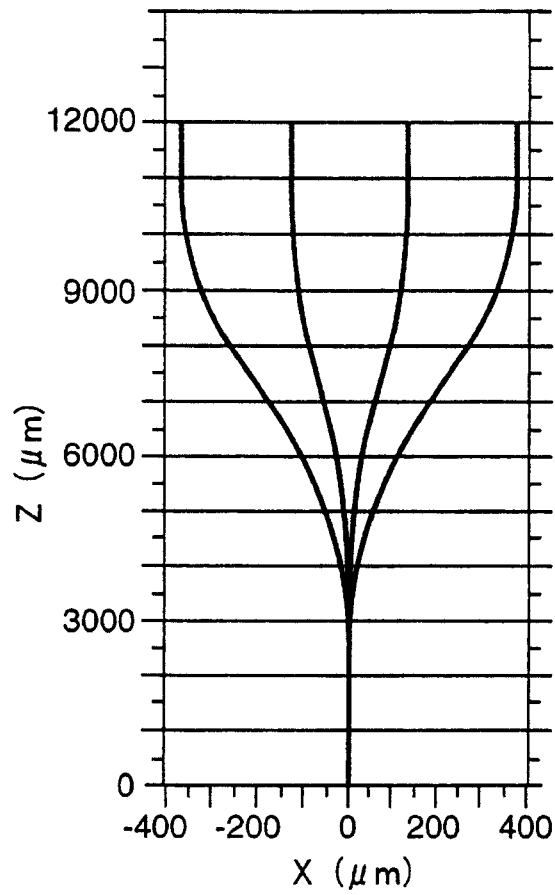


图 12

$\lambda = 1.3 \mu\text{m}$

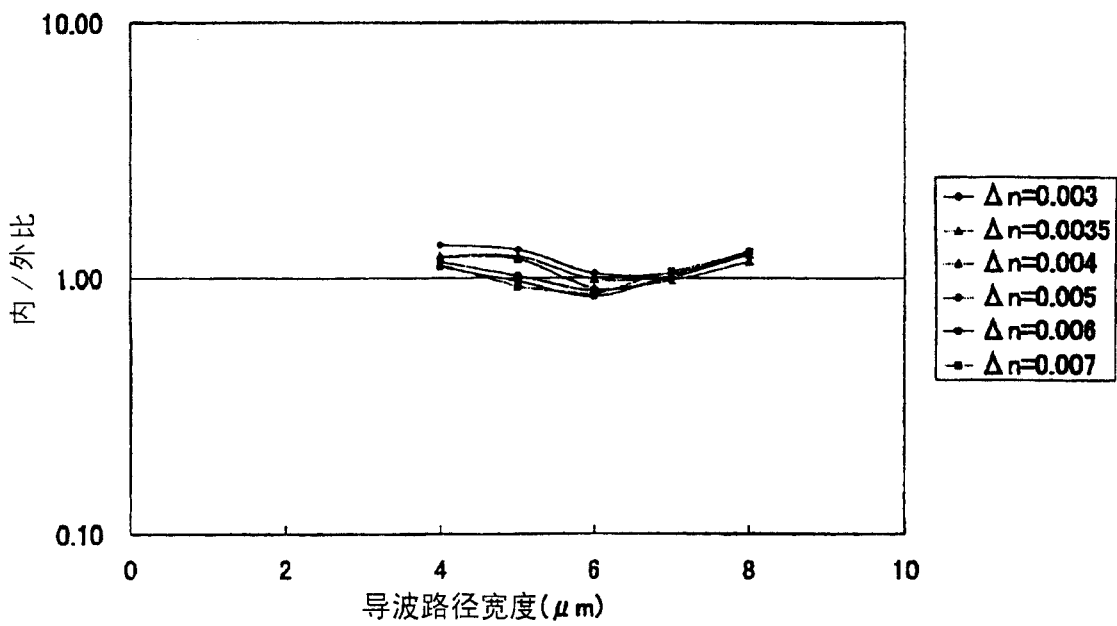


图 13

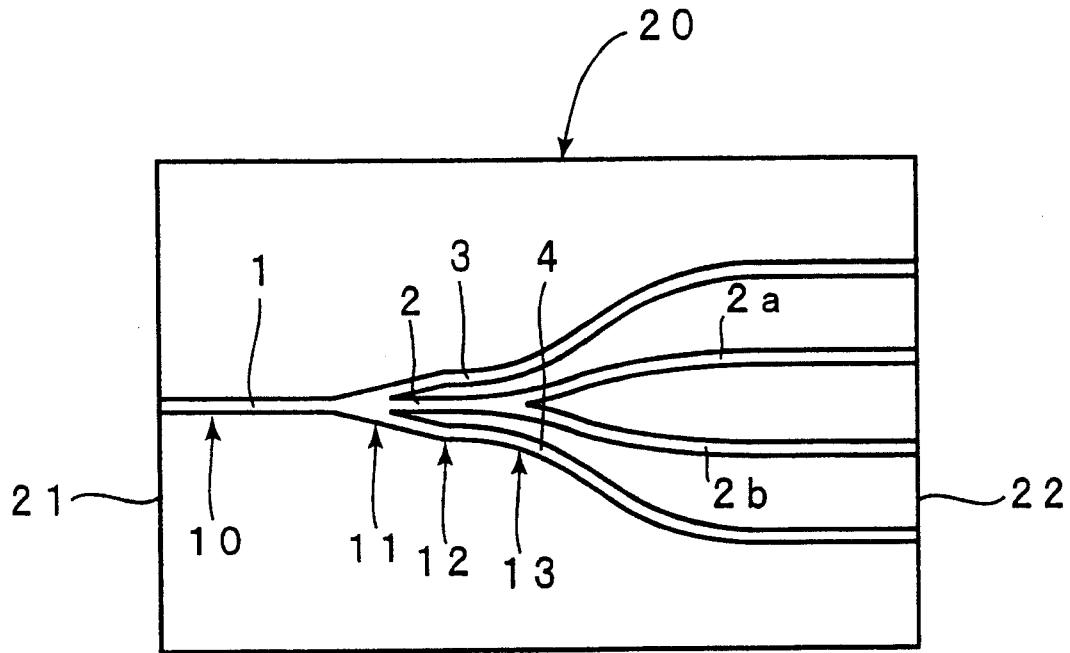


图 14

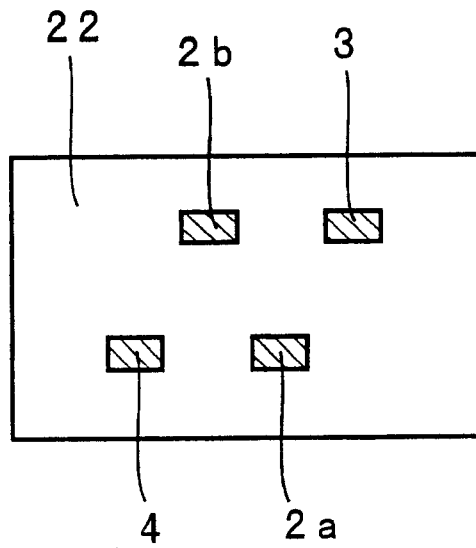


图 15

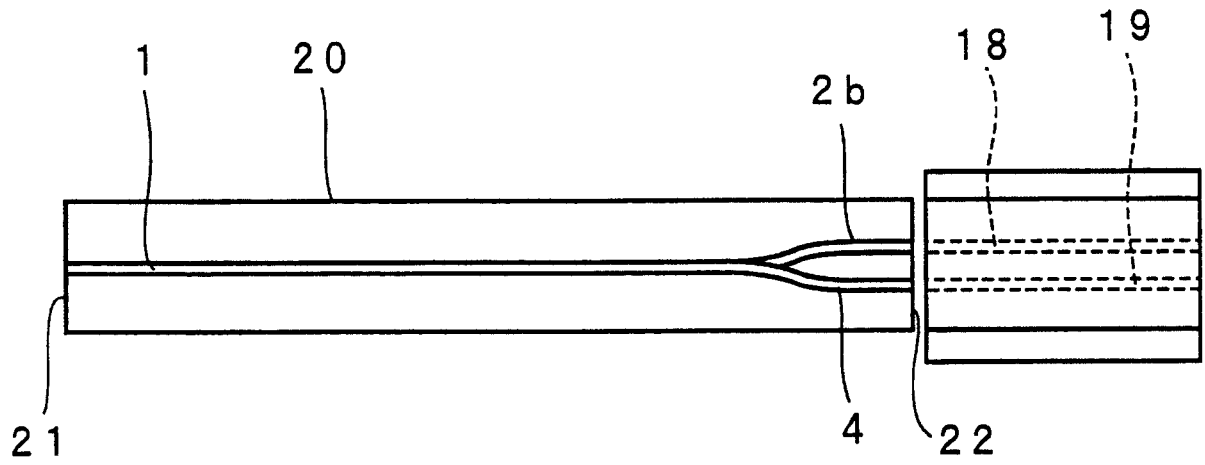


图 16

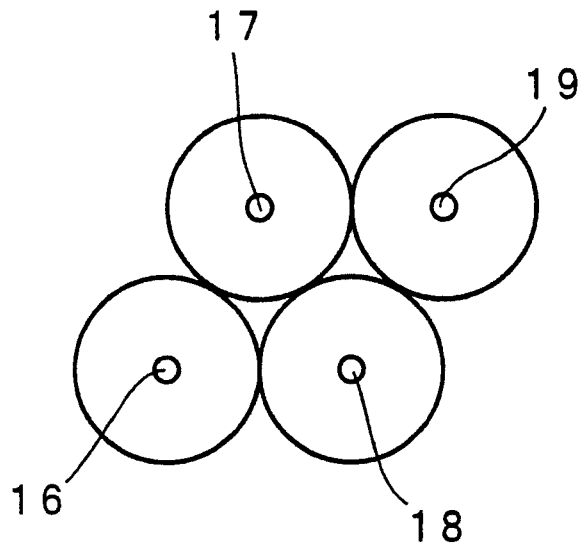


图 17

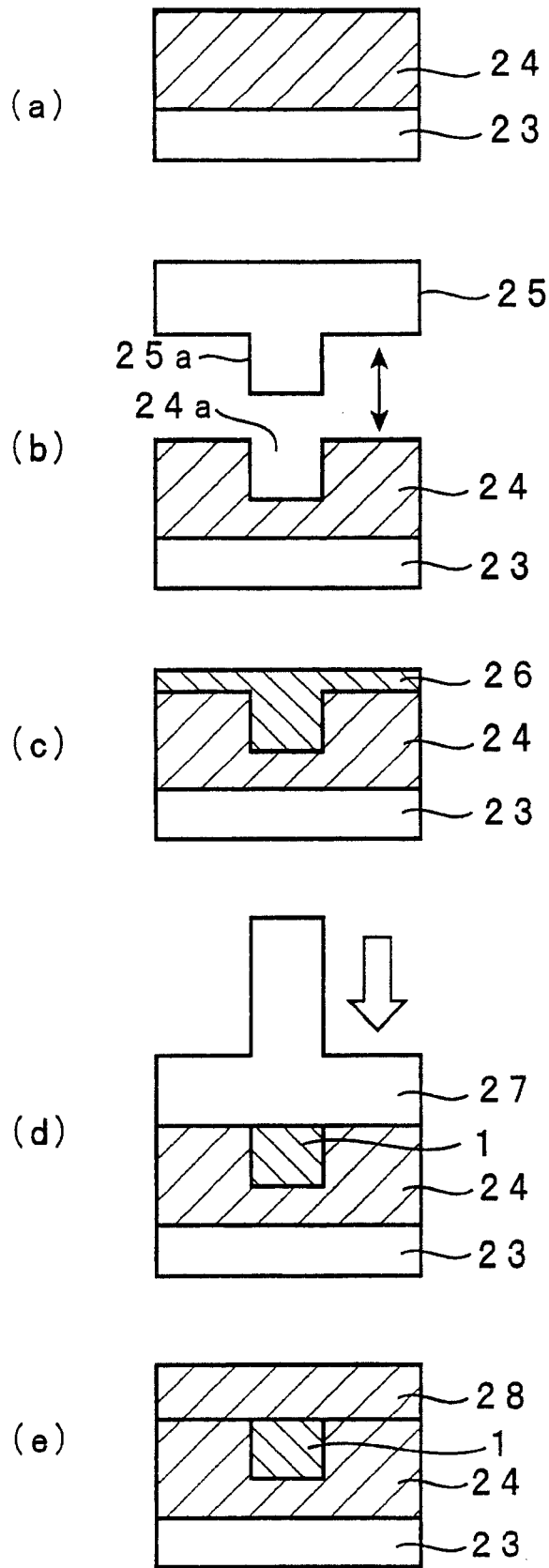


图 18

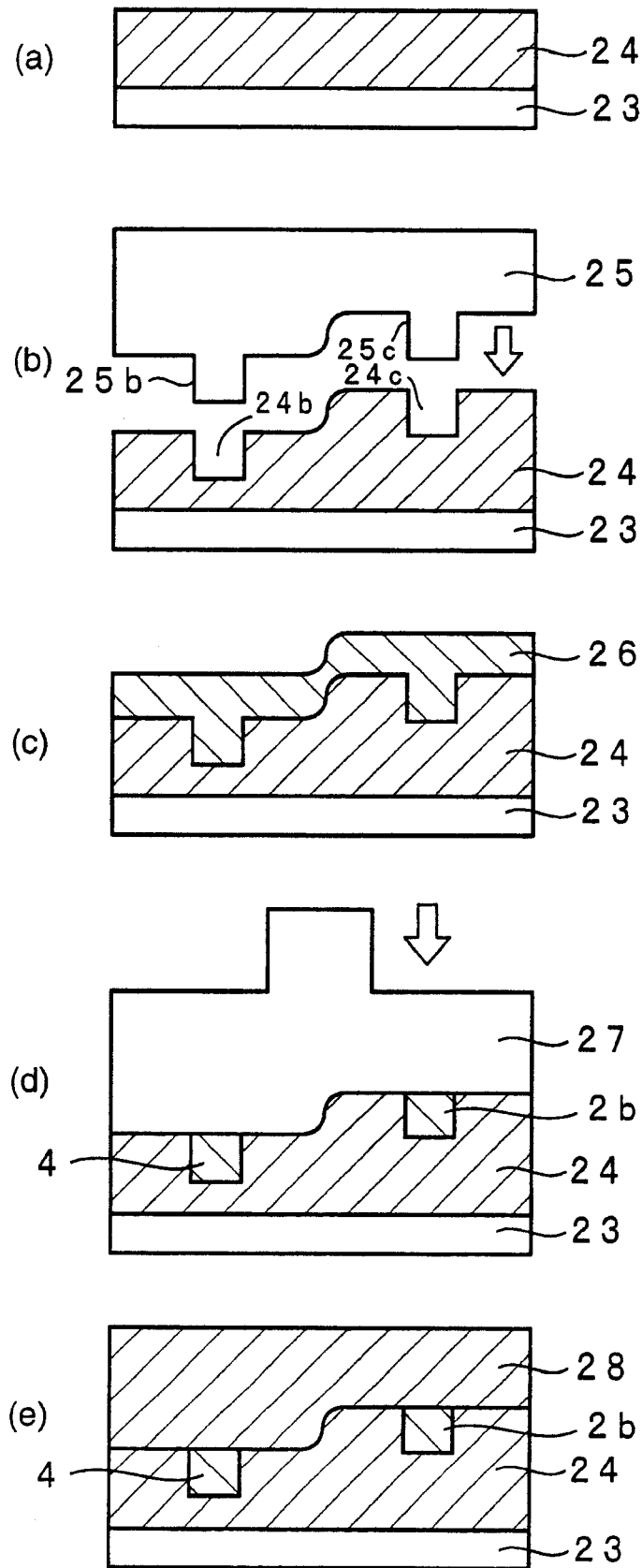


图 19

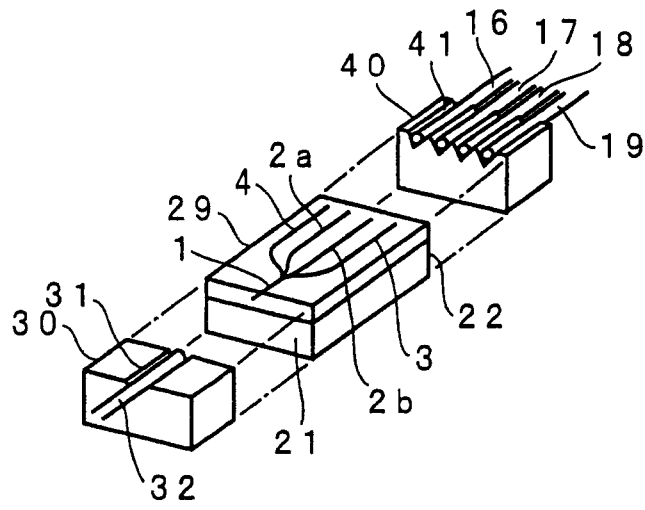


图 20

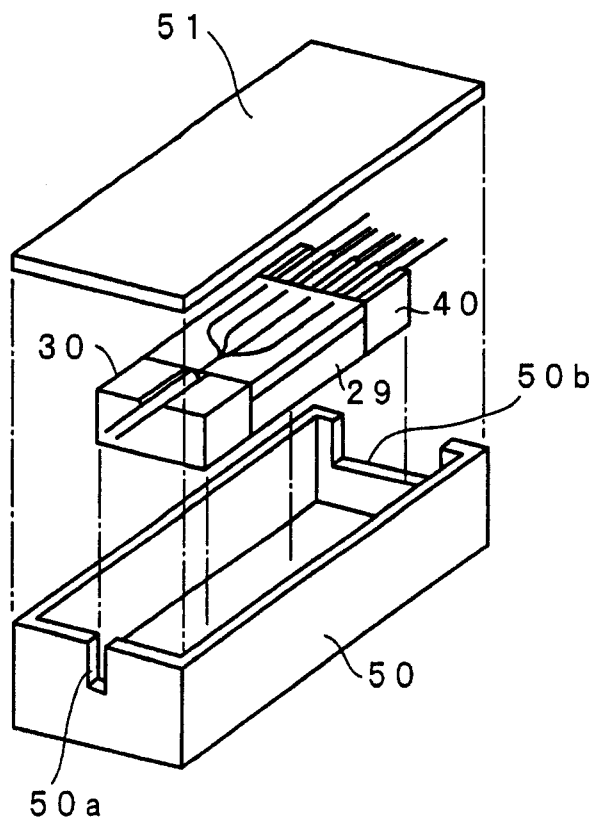


图 21

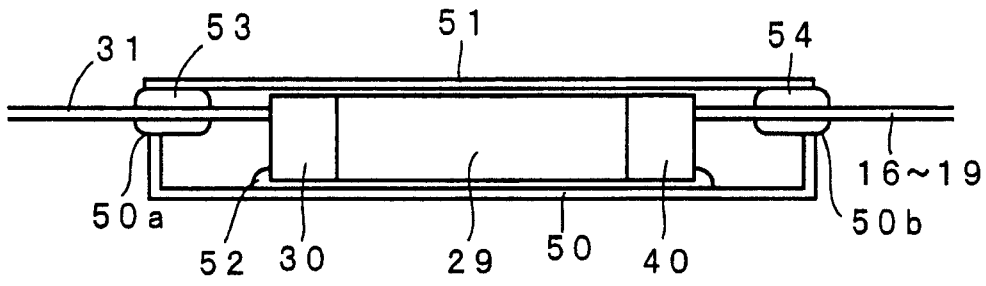


图 22

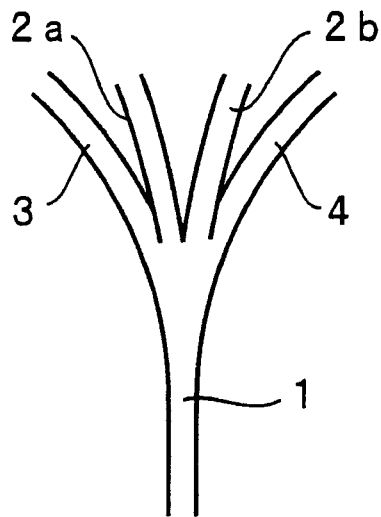


图 23

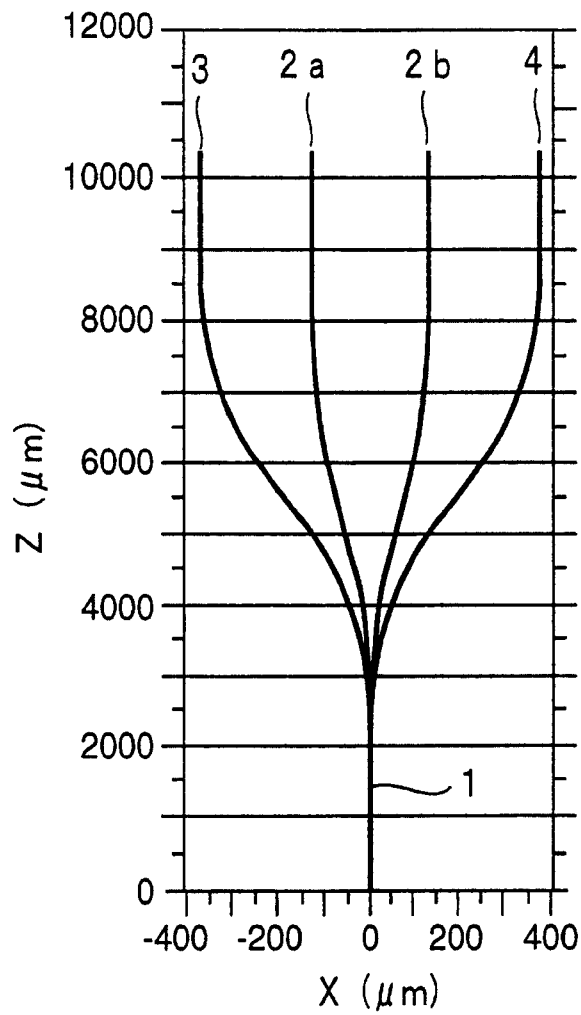


图 24

$\lambda = 1.3 \mu m$

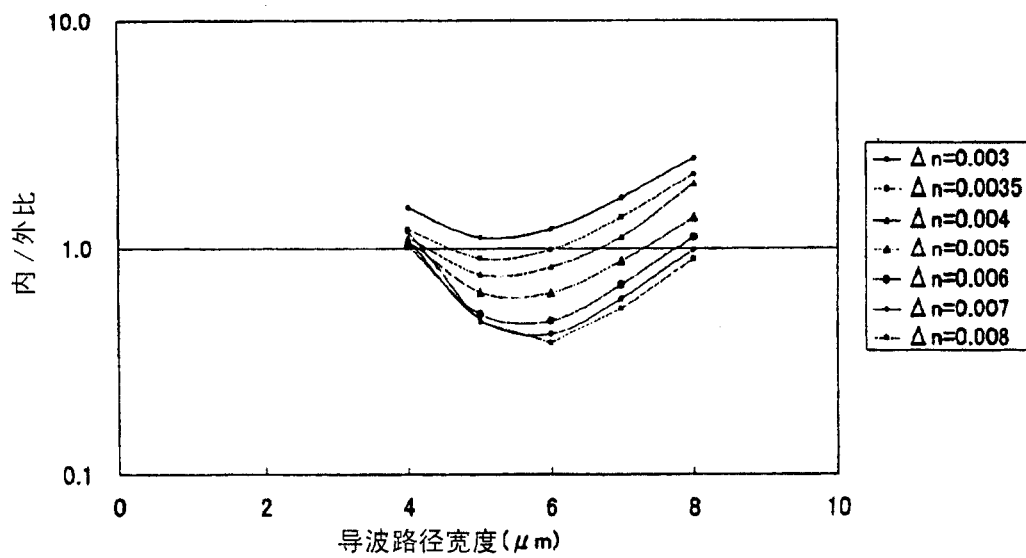


图 25

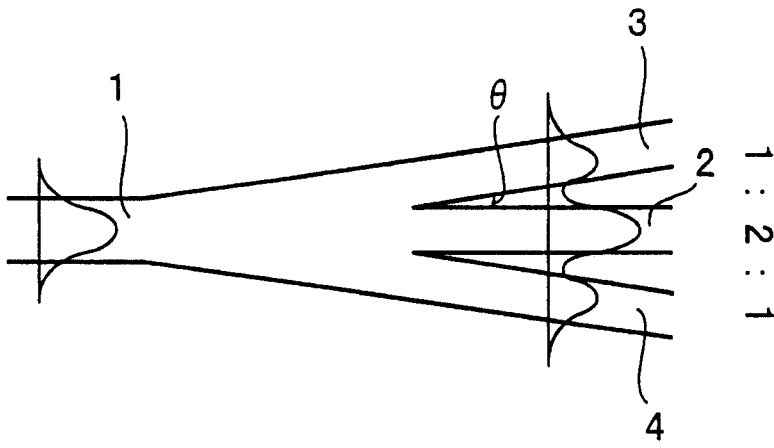


图 26

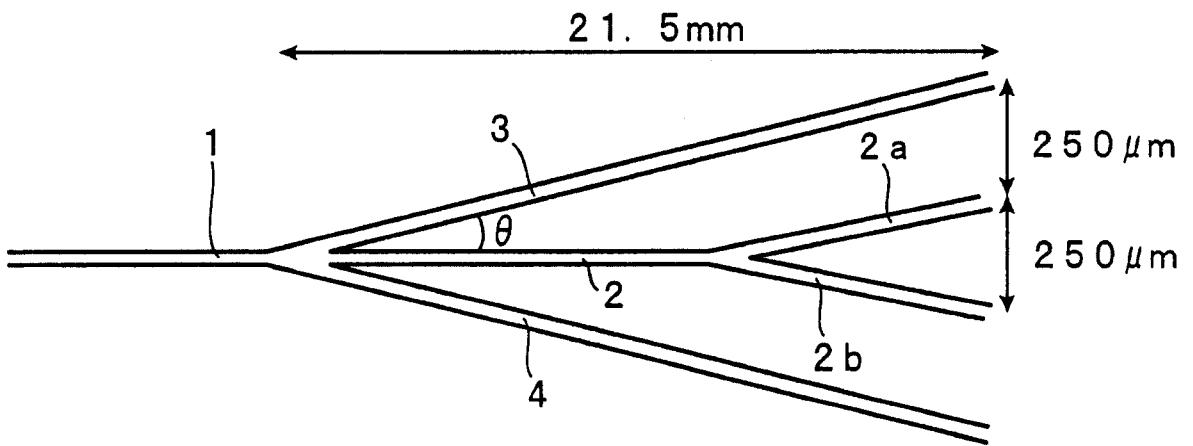


图 27