

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 26/08 (2006.01)

G02B 26/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03807355.2

[45] 授权公告日 2007 年 1 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 1294441C

[22] 申请日 2003.3.27 [21] 申请号 03807355.2

[30] 优先权

[32] 2002. 3. 28 [33] JP [31] 91405/2002

[32] 2003. 3. 24 [33] JP [31] 81362/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2003/003877 2003. 3. 27

[87] 国际公布 WO2003/083550 日 2003. 10. 9

[85] 进入国家阶段日期 2004. 9. 28

[73] 专利权人 NTT 电子股份有限公司

地址 日本东京

共同专利权人 株式会社尼康

[72] 发明人 车田克彦 玉村敏昭 金谷正敏

佐藤诚 铃木美彦

[56] 参考文献

CN1324453A 2001. 11. 28 G02B6/26

JP2001 - 264652A 2001. 9. 26 G02B26/08

US6360036B1 2002. 3. 19 G02B6/35

JP11 - 119123A 1999. 4. 30 G02B26/08

US6219472B1 2001. 4. 17 G02B6/00

JP5 - 257069A 1993. 10. 8 G02B26/08

审查员 史永良

[74] 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理有限公司

代理人 葛强 余 滕

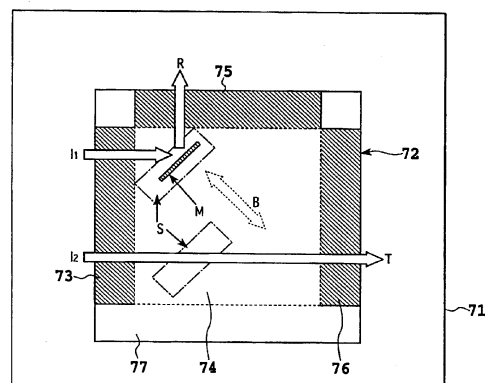
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 13 页

[54] 发明名称

光学装置

[57] 摘要

一种光学装置，将插入板保持在具有电气布线的板状的插入板保持装置中，将板状磁铁固定地位于面向插入板保持装置的一个表面，插入板保持装置的该表面是与插入板保持装置面向光波导的另一表面相反的表面，磁铁被设置成使得磁场施加到至少一部分所述电气布线上，在此状态下控制电气布线中的电流，通过基于所述电流和与所述插入板分开形成的所述磁场的相互作用的洛伦兹力，移动所述插入板保持装置，从而驱动所述插入板在光波导中设置的狭缝中上下动作，向该狭缝插入或从中拔出，从而切换信号光的光路或进行光束的光量的调整。



1. 一种光学装置，其至少具有一个狭缝，所述狭缝位于在基板上设置的多边形平面状的光波导的期望位置处，所述光学装置通过使插入板上下移动进出所述狭缝来切换信号光的光路或进行光束光量的调整，其特征在于，包括：

板状的插入板保持装置，用于支持所述插入板；

形成在所述插入板保持装置上的电气布线；和

板状磁铁，其固定地位于面向所述插入板保持装置的一个表面上，所述插入板保持装置的该表面是与面向所述光波导的表面相反的表面，所述磁铁被设置成使得磁场施加到至少一部分所述电气布线上，

其中所述插入板保持装置利用基于所述电气布线中电流和与所述插入板分开形成的所述磁铁所产生磁场的相互作用产生的洛伦兹力来移动，从而驱动所述插入板。

2. 如权利要求 1 所述的光学装置，其特征在于，所述磁铁的大小和形状形成为使从垂直方向投影到所述光波导上的图像收纳于该光波导面内。

3. 如权利要求 1 所述的光学装置，其特征在于，所述磁铁的配置使得从垂直方向投影到所述光波导上的投影轮廓的直线部分的延伸方向与该磁铁产生的磁场方向不正交。

光学装置

技术区域

本发明涉及光学装置，更具体地说，涉及通过磁铁的作用来驱动反光镜板或遮光板动作的诸如光波导型矩阵开关和可变衰减器之类的光学装置。

背景技术

在现有技术中，已知有这样的光开关，其中使在构成光开关的光波导的途中配置的遮蔽板动作，使得来自光波导的光束被遮断或通过，在特开平 05-257069 号公报以及特开平 02-131210 号公报中记载了其具体构成。下面，将具有特开平 05-257069 号公报中所记载的构成的光开关作为现有技术 A，具有特开平 02-131210 号公报中所记载的构成的光开关作为现有技术 B，对现有技术进行说明。

图 12 为一平面图，用来说明现有技术 A 揭示的光开关的构成。该光开关具有：在沟部 112 的内部 113 中设置的、沿沟方向可移动的玻璃片 115，所述沟部 112 横切形成于基板上的光波导 111；位于玻璃片 115 的两端、与沟部 112 连通，在内部保持有液体金属（水银）116 的液体金属保持沟 117；使液体金属保持沟 117 内部保持的液体金属 116 的分别地流过电流的电极 118A 和 B 以及 119A 和 B；以及未示出的与电流流通方向垂直地施加磁场的磁场施加部。

因此，当液体金属 116 中有电流流过时，在与该电流的流动方向（X 方向）垂直的方向（Z 方向）施加磁场，对液体金属 116 施加洛伦兹（Lorentz）力，使之在液体保持沟内向 Y 方向移动，移动玻璃片，使设置于玻璃片的一部分上的金属镜 114 遮断光波导 111。或者，使电流流动方向与上述情况相反，从而使金属镜 114 从光波导路径中退避开，从而使通过光波导 111 来的输入光通过。这样，通过控制流过液体金属 116 的电流的方向，构成使光波导 111 内传播的光遮断/通过的光开关。这样

构成的光开关中，用于在基板的上下方向（Z方向）生成磁场的磁铁（未示出）配置于基板的上下。

图 13 是用于说明现有技术 B 所揭示的光开关的构成的截面示意图，121 表示由导电材料制成的变位板，122 表示设置于变位板 121 的前端、使传播的光遮断/通过的元件(元件)，124 表示支持变位板 121 的后端侧的绝缘层，125 表示开关，126 表示是电源，128 表示光波导，127 表示光波导 128 中设置的间隙，123 是沿光波导方向在光波导 128 的表面上设置的导电性材料层。

在图 13 所示结构的光开关中，施加电压，通过在变位板 121 和导电性材料层 123 间作用的静电力，使元件 122 在垂直于基板的方向（纸面的上下方向）移动，进行使光遮断/通过的光开关动作。

然而，在所述现有技术 A 的光开关的构成中，为了在光波导内配置使可动部分动作的由液体金属保持沟、电极等构成的驱动部分，需要一定的空间，使得包括驱动部分的光开关的整体结构变大。特别是，当多个光开关元件在同一基板上呈阵列状配置时，所述驱动部用空间成为光开关元件的高密度集成化的障碍。

另外，所述现有技术 B 的光开关的构成中，遮蔽板的运动方向与基板垂直，其构造为从光波导上方的空间接触光波导，从而没必要在光波导内配置驱动机构，这一点可以说是适于光波导的高密度集成化的构成。但是，该构成是利用静电力作为驱动力的，为了驱动，需要高压电，从而使其周边电子回路、装置大型化，使光开关装置整体的小型化受到限制。

因此，如果采用兼备作为上述现有技术结构之优点的“洛伦兹力驱动”和“可动部件垂直移动”二者的驱动方式，则能够同时实现光波导的高密度集成化和装置的小型化。但是，这种结构的光开关（光学装置）的构成还是未知的。

发明内容

本发明是针对这样的问题而提出的，其目的在于，提供适于小型化和高密度集成化的光学装置（光开关），使得进行光的遮断/通过操作的遮

蔽板在基板的垂直方向通过洛伦兹力动作。

本发明的目的是，提供一种光学装置，其至少具有一个狭缝(slit)，所述狭缝位于在基板上设置的多边形平面状的光波导的期望位置处，通过使插入板上下移动进出该狭缝来进行信号光的光路的切换或是光束的光量的调整，该光学装置包括：插入板保持装置，用于支持所述插入板；形成在所述插入板保持装置上的电气布线；和板状磁铁，其固定地位于面向所述插入板保持装置的一个表面，所述插入板保持装置的一个表面是与面向所述光波导的表面相反的表面，所述磁铁被设置成使得磁场施加到至少一部分所述电气布线上。通过基于所述电气布线中流动的电流和与所述插入板分开形成的所述磁铁产生的磁场的相互作用的洛伦兹力，移动所述插入板保持装置，从而驱动所述插入板。

在这样的光学装置中，所述磁铁的大小和形状形成为可使得在垂直方向投影到所述光波导上的投影图像收纳于该光波导面内。

而且，所述光学装置构成为将磁铁配置成可使从垂直方向投影到所述光波导上的投影轮廓的直线部分的延伸方向与该磁铁产生的磁场方向不正交。

附图说明

图 1 是说明本发明的光学装置中所配备的光波导的第 1 构成例的平面图；

图 2 是说明本发明的光学装置具有的光波导中设置的插入板和狭缝部分之间的关系的截面图；

图 3 是说明本发明的光学装置具有的光波导的狭缝部分和插入板附近的第 1 构成例的截面图；

图 4 是用于说明图 3 所示的磁铁产生磁力线的情况；

图 5 用于说明整个区域向磁铁的外侧扩展的构成的光波导；

图 6 是光波导的平面图，说明本发明的光学装置的光波导中具有的形状；

图 7 是光波导的平面图，说明本发明的光学装置的光波导中具有的其他形状；

图 8 是说明本发明的光学装置的光波导的构成例的平面图；

图 9 是说明本发明的光学装置的光波导中具有插入板和狭缝部分之间的关系的截面示意图；

图 10A 及图 10B 是图 9 所示插入板和悬臂（cantilever）的仰视图；

图 11 是说明本发明的光学装置的光波导的狭缝部分和插入板附近的构成例的截面图；

图 12 是说明现有技术 A 所揭示的光开关的构成的平面图；

图 13 是说明现有技术 B 所揭示的光开关的构成的截面示意图。

本发明实施方式

下面，参考附图说明本发明的实施方式。

（实施例 1）

图 1 是说明本发明的光学装置的第 1 构成例的平面图，该光学装置所具有的光波导 72 设置于矩形光波导的支持基体 71 上，由分别具有不同作用的五个波导区域构成。

区域 1（73）是包含具有任意数量的光纤的光信号输入侧连接端面的区域，区域 4（76）是包含光纤连接端面的区域，相当于从区域 1（73）输入、通过狭缝部分 S 内而直接进来的光信号的输出侧。区域 3（75）包含相当于从区域 1（73）输入、在狭缝部分 S 内反射的光信号的输出侧的光纤连接端面的区域。区域 5（77）是不包括光波导的输出用光纤连接端面的区域。

在这些区域所围成的矩形区域 2（74）中，设置有狭缝部分 S，该狭缝部分 S 中，通过磁场驱动的插入板 M 的插拔，进行信号光的进路控制。因此，在区域 2（74）中，为了驱动插入板，需要施加必要的磁场。

图 1 中，用作为输入光的光束 I_1 和 I_2 例示输入光波导区域 1（73）内的代表性的光波导的状态。对于光束 I_1 ，因为插入板 M 在狭缝部分 S 内，输入光束 I_1 经过插入板 M 反射，输出属于反射输出侧的光纤连接用区域 3（75）的反射光 R。而对光束 I_2 来说，由于狭缝部分 S 内没有插入板 M，光束 I_2 通过狭缝 S 内部直接进入，向作为输出光光纤连接区域的区域 4（76）输出透过的光 T。

在通过磁场和电流驱动插入板 M 的情况下，磁场 B 的方向相对于与从图 1 所示的上方向所见的狭缝截面平行的面（或是插入板在狭缝内和其附近所形成的运动轨迹面）所成的角度为直角时效率最高。因此，配置磁铁的方向，使磁场 B 的方向为图 1 中虚线所示的箭头方向 B。插入板 M 与图中未示出的悬臂固定连接，插入板 M 以与悬臂连动的方式被驱动。该驱动是通过对插入板 M 或插入板 M 近旁的悬臂上设置的电气布线中流动的电流的控制来进行的。

图 2 是说明本发明的光学装置所具有的光波导中设置的插入板和狭缝部分的关系的截面示意图。基板 81 上层叠有包覆层 (clad)82、包覆层 82 上形成有输入光纤侧光波导芯 83a 及输出光纤侧光波导芯 83b，这些光波导芯的上面层叠有包覆层 84，从而构成光波导的一部分，在该部分中，形成狭缝部分 S。插入板 M 固定在悬臂 85 上，受至少在设置于悬臂 85 上并在垂直于纸面的方向上具有一定长度的电气布线 86 中流动的电流驱动，在狭缝部分 S 内插拔。

作用于插入板 M 上的磁场具有与纸面平行的分量，该磁场分量作用于具有纸面中的直角方向的成分的电气布线 86 的部分，电气布线 86 中有电流时，根据 Fleming 法则，相应于电流的流动方向，对悬臂 85 施加向上方向或下方向驱动的洛伦兹力。作用于悬臂 85 的洛伦兹力最大的磁场方向是与插入板 M 的移动方向垂直的方向。

图 3 是说明本发明的光学装置具有的光波导的狭缝部分和插入板近旁的第 1 构成例的截面图，光波导的支撑基板 92 上形成光波导 91，在该光波导 91 的上方，配置有 MEMS (MEMS: micro-electromechanical system, 微电机系统) 支撑基板 94 和磁铁 95。所述 MEMS 支撑基板 94 具有收容插入板驱动机构 MEMS 的 MEMS 收容区域 93。

图 4 是用于说明图 3 所示的磁铁产生磁力线的样子的图，为便于理解，仅表示了向光波导 101 侧的磁力线。由于磁力线越远离磁铁 102，越疏松，磁力就越弱，图 3 中将 MEMS 收容区域 93 尽可能地靠近磁铁 95 安装，期望有效地发挥磁铁的效果，驱动插入板。

也就是说，本实施例的光学装置包括：板状插入板保持部件，其带有电气布线，用于保持插入板；板状磁铁，其面向插入板保持部件的一

个表面，该插入板保持部件的一个表面是与面向光波导一侧的表面相反表面。通过基于电气布线中流动的电流和磁铁产生的磁场的相互作用的洛伦兹力，移动插入板保持部件，从而驱动插入板。

图 5 用于说明具有将整个区域扩展至磁铁外侧的构成的光波导。

（实施例 2）

上述实施例 1 的本发明的光学装置除了采用了使“洛伦兹力驱动”和“可动部件的垂直移动”二者成立的插入板的驱动方式，使光波导的高密度集成化和装置的小型化能够同时实现、从而具有以往的构成所没有的优点外，还具有以下的改进。

第一、在图 3 中，在决定光波导 91 和输入侧及输出侧光纤 96、97 在垂直图面的上下方向上的位置关系时，首先，将光信号的输入侧光纤 96 和输出侧光纤 97 的光纤芯 98 的中心与光波导 91 的端面高精度地对准后以机械方式固定。这样，与光波导 91 的输入输出端面连接的光纤 96、97 的光纤芯 98 的外侧设置的光纤包覆层 99 的半径按照现在的标准，是百数十微米，这个值比构成光波导 91 的芯层的厚度和包覆层的厚度之和的数十微米大，从而光纤包覆层 99 的上端位于光波导 91 的上端的上方。

因此，磁铁 95 的底面与光波导 91 的顶面接近的可能距离由光纤包覆层 99 的半径与构成光波导 91 的芯层的厚度和包覆层的厚度之和的差来限制，成为将磁铁 95 向光波导 91 接近从而有效利用磁力的障碍。

第二、为了解决这一问题，如图 5 所示那样将光波导的整个区域（区域 1+2+3+4+5）扩大到磁铁区域（区域 10）的外侧，则光波导能只得到作为承担光学装置的基本机能的狭缝的配置区域的区域 2 的 4 倍的面积，限制了光波导芯片的面积减小。

因此，本实施例中，对能够有效利用磁力，且能够使光波导芯片的面积减小的本发明的光学装置进行说明。

图 6 是说明本发明的光学装置的光波导中具有的铁的形状例的光波导的平面图，该光波导 12 设置于矩形的光波导的支持基体 11 上，由分别起不同作用的五个波导区域构成。

区域 1（13）是包含具有任意数量的光纤的光信号输入侧连接端面，

区域4(16)是包含相当于从区域1(13)输入而直接进来的光信号的输出侧的光纤连接端面的区域。区域3(15)是包含相当于从区域1(13)输入、经狭缝部分反射的光信号的输出侧的光纤连接端面的区域,区域5(17)是不包含光波导的输出用光纤连接端面的区域。

在这些区域所围成的矩形区域2(14)中,设置有狭缝部分。在该狭缝部分中,通过由磁场驱动的插入板的插拔来控制信号光的进路。因此,区域2(14)中,为了驱动插入板,设置有必要的产生磁场的磁铁18。

该磁铁18具有将矩形的四个角(a,b,c,d)切除的八边形的形状,其形状和大小使其从垂直方向投影到光波导12上的投影图像可收纳于光波导12的区域内。这样,区域2(14)的整个区域的磁场强度均匀,光波导12的整个面积也可比以往的光波导小。

图7是说明本发明的光学装置的光波导中具有的其他形状磁铁的光波导平面图,该光波导22设置于矩形光波导支持基体21上,由分别起不同作用的五个波导区域构成。

区域1(23)是包含具有任意数量的光纤的光信号输入侧连接端面的区域,区域4(26)是包含相当于从区域1(23)输入而直接进入的光信号的输出侧的光纤连接端面的区域。区域3(25)是包含相当于由区域1(23)进入而在狭缝部分反射的光信号的输出侧的光纤连接端面的区域,区域5(27)是不包括光波导的输出用光纤连接端面的区域。

在这些区域所围成的矩形区域2(24)中,设置有狭缝部分,该狭缝部分中通过磁场驱动的插入板的插拔来进行信号光的进路控制。因此,区域2(24)中,为了驱动插入板,设置有必要的产生磁场的磁铁28。

该磁铁28的配置应使其从垂直方向投影到光波导上的投影轮廓的直线部分的延伸方向与磁铁产生的磁场方向(该图中为与插入板垂直的方向)不正交,其形状是覆盖区域2(24)的最小面积的矩形。通过这样设置磁铁28的形状,可使区域2(24)整个区域的磁场强度均匀,从而能使光波导22的整个面积大大缩小,与图1所示的构成的光波导比较,可缩小至约1/4。

图7所示的例子中,磁铁28的形状为最简单、制作容易的矩形,其形状不仅局限于此,只要是磁场的方向与插入板垂直,磁铁的端面覆盖

狭缝部分的形状都可以，例如菱形等也可以。

图 8 是说明本发明的光学装置的光波导的构成例的平面图，该光波导 32 设置于矩形的光波导的支持基体 31 上，由分别起不同作用的五个波导区域构成。

区域 1 (33) 是包含具有任意数量光纤的光信号输入侧连接端面的区域，区域 4 (36) 是包含相当于从区域 1 (33) 进入而通过狭缝部分 S 内直接进来的光信号的输出侧的光纤连接端面的区域。区域 3 (35) 是包含相当于由区域 1 (33) 进入而在狭缝部分 S 内反射的光信号的输出侧的光纤连接端面的区域，区域 5 (37) 是不包括光波导的输出用光纤连接端面的区域。

在这些区域所围成的矩形区域 2 (34) 中，设置有狭缝部分 S，该狭缝部分 S 中通过磁场驱动的插入板 M 的插拔来进行信号光的进路控制。因此，区域 2 (34) 中，为了驱动插入板 M，需要施加必要的磁场。

图 8 中，用作为输入光的光束 I_1 和 I_2 为例来表示输入光波导区域 1 (33) 内的代表性的光波导的状态。对于光束 I_1 ，因为插入板 M 在狭缝部分 S 内，输入光束 I_1 经插入板 M 反射，输出属于反射输出侧的光纤连接用区域 3 (35) 的反射光 R。而对光束 I_2 来说，由于狭缝部分 S 内没有插入板 M，光束 2 通过狭缝 S 内部，直接进入，向作为输出光纤连接区域的区域 4 (36) 输出通过光 T。

在通过磁场和电流驱动插入板 M 的情况下，磁场 B 的方向和与如图 8 所示从上方所见的狭缝的截面平行的面 (或是插入板在狭缝内和其近旁所形成的运动轨迹面) 所成的角度为直角的情况下效率最高，因此，配置磁铁的方向，使磁场 B 的方向为图 8 中虚线所示的箭头方向。插入板 M 与图中未示出的悬臂固定连接，插入板 M 和悬臂连动驱动。该驱动是通过对插入板 M 或设置在插入板 M 近旁的悬臂的电气布线中流动的电流的控制来进行的。

图 9 是说明本发明光学装置的光波导中具有插入板和狭缝部分之间的关系的截面示意图。基板 41 上层叠有包覆层 42，包覆层 42 上形成有输入光纤侧光波导芯 43a 及输出光纤侧光波导芯 43b，这些光波导芯的上面层叠有包覆层 44，从而构成的光波导的一部分。在该部分上形成

狭缝部分 S。插入板 M 固定在悬臂 45 上，受至少在设置于悬臂 45 上并在垂直于纸面的方向上具有一定长度的电气布线 46 中流动的电流驱动，从而在狭缝部分 S 内插拔。

作用于插入板 M 的磁场具有与纸面平行的分量，该磁场分量作用于具有纸面上直角方向的成分的电气布线 46 的部分，电气布线 46 中有电流时，根据 Fleming 法则，相应于电流的流动方向，对悬臂 45 施加向上方向或下方向驱动的洛伦兹力。使作用于悬臂 45 的洛伦兹力最大的磁场方向是与插入板 M 的移动方向垂直的方向。

这里，向悬臂施加的洛伦兹力是由悬臂上的布线中流动的电流和磁场的向量积沿布线进行线积分的量得到的。布线不形成闭合曲线很重要。例如，如后述的图 10A 及图 10B 所示那样，四边形的三条边位于悬臂的可动部分上，相当于图 10A 及 10B 的打开的一边的右侧有悬臂的固定部分，布线从所在的固定部分向外部引出，其必要条件是外部没有磁场或磁场非常低。

图 10A 及图 10B 是图 9 所示插入板和悬臂的仰视图。图 10A 是插入板 51a 与悬臂 52a 的延伸方向成直角安装时的平面图。此时，磁场的方向位于纸面内，并且，在与悬臂 52b 的长度方向平行的情况下，作为线积分的洛伦兹力最大。另外，图 10B 是插入板 51b 与悬臂 52b 的长度方向平行地安装时的平面图。

插入板 51a、51b 固定支持于构成这样的双金属的单悬臂的自由端侧预先弯曲状态下的悬臂 52a、52b 的自由端的前端部分。通过悬臂 52a、52b 中设置的电气布线 53a、53b 中流动的电流产生的洛伦兹力的作用，增加或减小悬臂的弯曲量，使得插入板运动。

图 11 是说明本发明的光学装置的光波导的狭缝部分和插入板附近的构成例的截面图。在光波导的支撑基板 62 上形成光波导 61。在该光波导 61 上面，配置有 MEMS 支撑基板 64 和磁铁 65，所述 MEMS 支撑基板 64 具有收容插入板驱动机构（MEMS）的 MEMS 收容区域 63。

磁铁 65 的大小和形状形成为可使从垂直方向投影到光波导 61 上的投影图像收纳于光波导 61 的面内，其材料最好是使用基于 Nd—Fe—B 的磁铁，但也不限于此。

在确定光波导 61 与具有光纤包覆层 69 的输入侧及输出侧光纤 66、67 在垂直图面方向的位置关系时，首先，将光信号的输入侧光纤 66 和输出侧光纤 67 的光纤芯 68 的中心与光波导 61 的端面高精度地对准后，进行机械固定，以形成光学元件。

另外，图 11 中，描述了支撑基板 62 和光纤直接接合的构成，但是并不局限于这样的构成，也可以通过由为加强连接端面而在导波路端面上设置的加强板等形成的连接点，来连接支撑基板 62 和光纤。

产业上利用的可能性

如以上所说明的那样，本发明的光学装置（光开关）的构成，将插入板保持在具有电气布线的板状的悬臂中，在与该悬臂的光波导侧的表面相反侧的表面上相互面对地配置板状的磁铁，在该状态下控制电气布线中流动的电流，通过基于电流与磁场的相互作用的洛伦兹力，移动悬臂，驱动插入板，通过插入板上下动作，使其进出于光波导中设置的狭缝，来切换信号光的光路或调整光束的光量。此外，该磁铁可以具有可将从垂直方向投影到光波导上的投影图像收纳在光波导面内的形状和大小，或者其形状和大小使得从垂直方向投影到光波导上的投影轮廓的直线部分的延伸方向与该磁铁产生的磁场方向不正交。

通过这样的构成，用于光的遮断/通过操作的遮蔽板利用基板的垂直方向的洛伦兹力进行动作，能够提供适于小型化和高密度集成化的光学装置（光开关）。

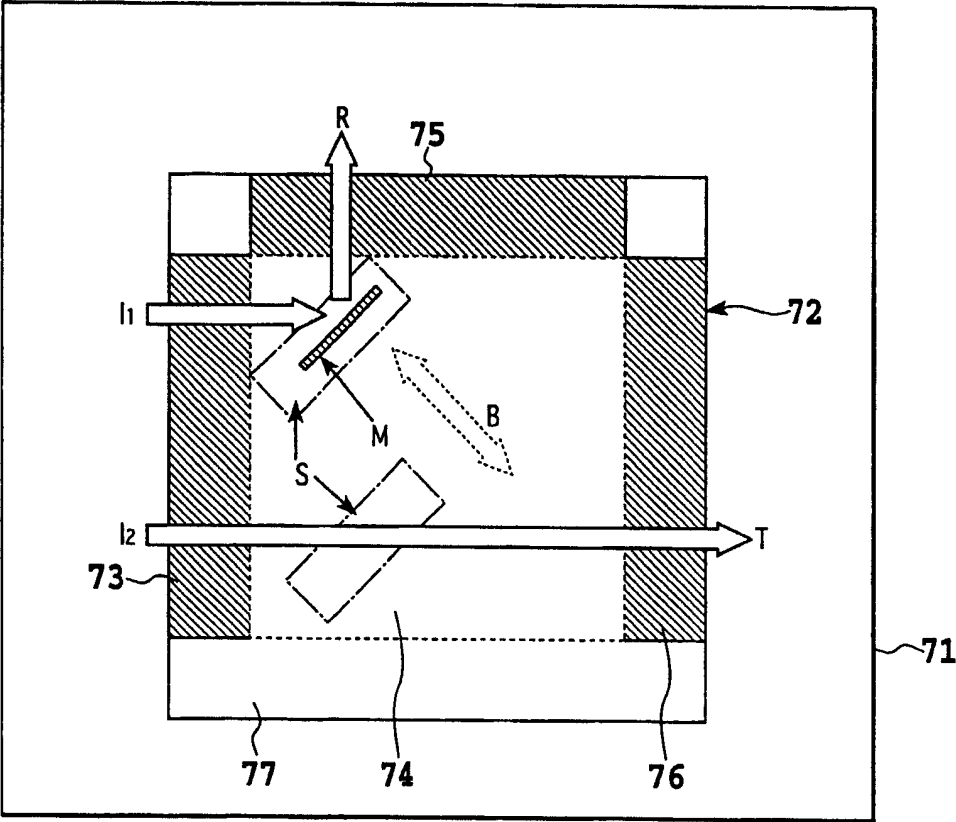


图 1

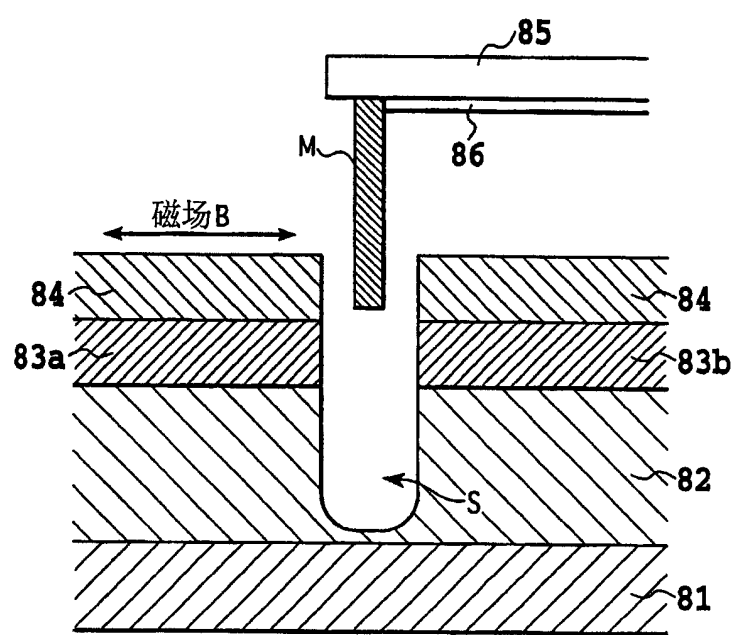


图 2

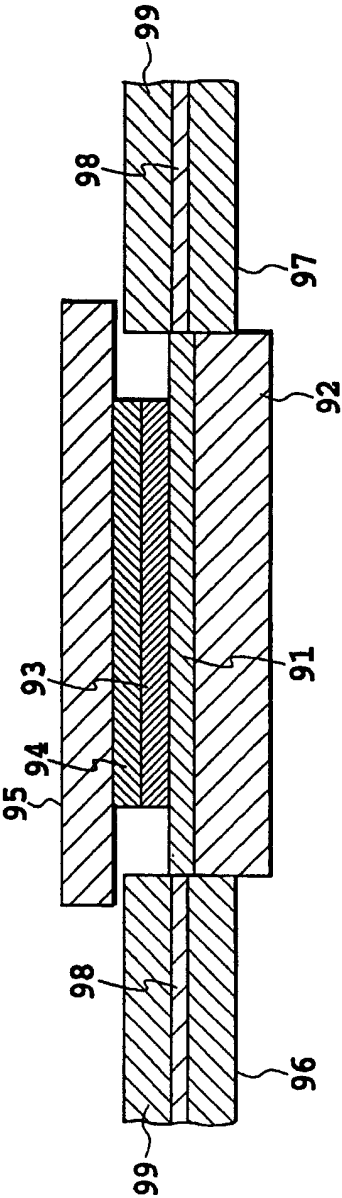


图 3

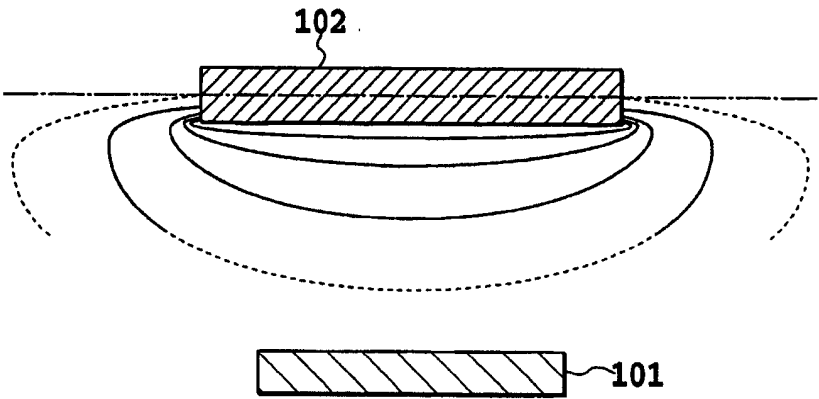


图 4

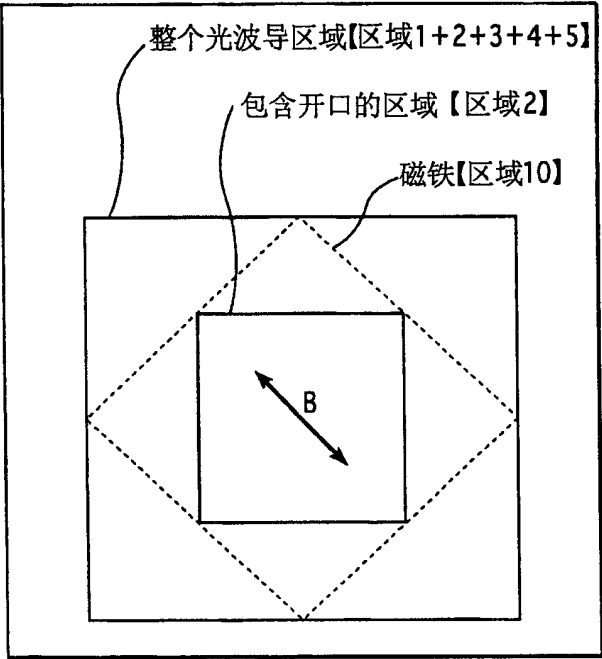


图 5

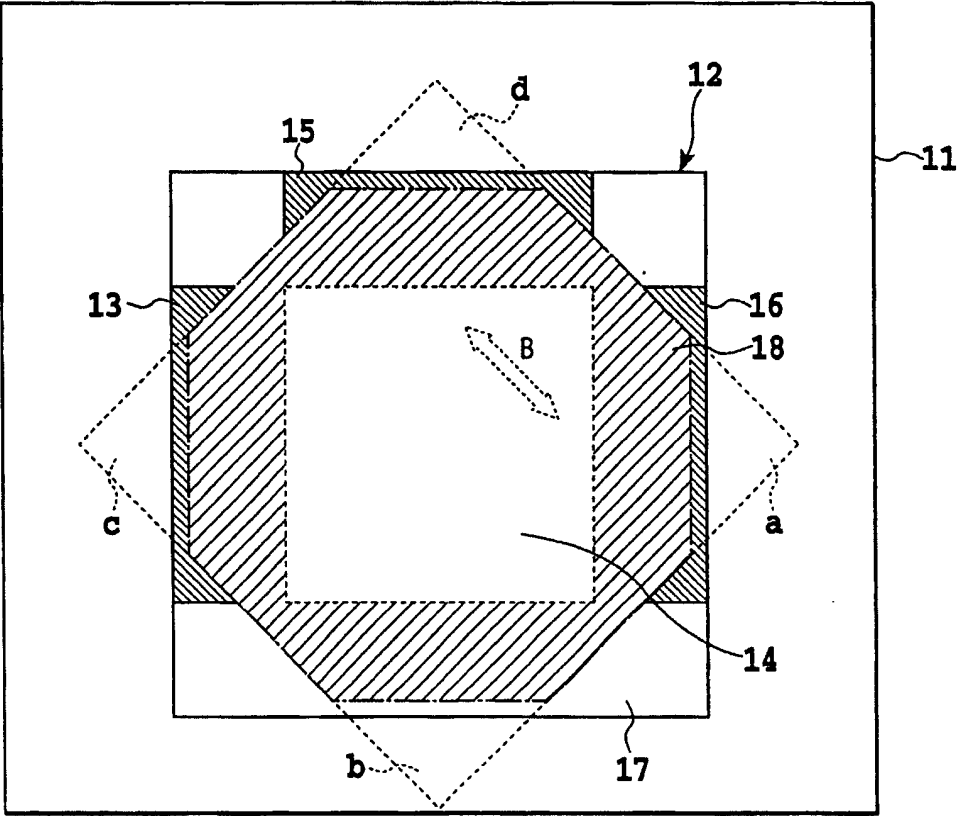


图 6

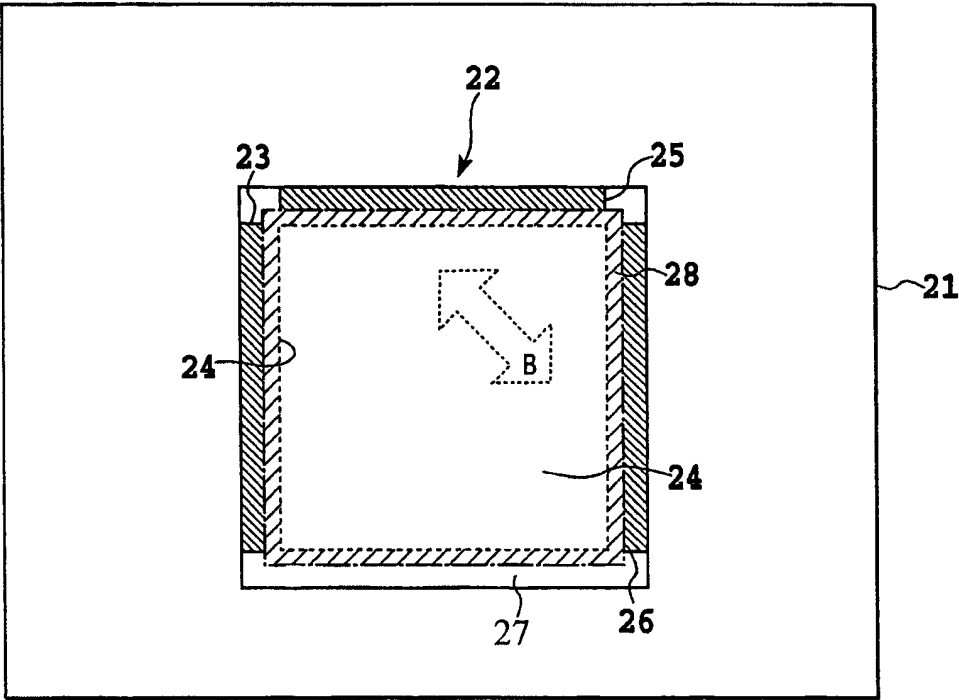


图 7

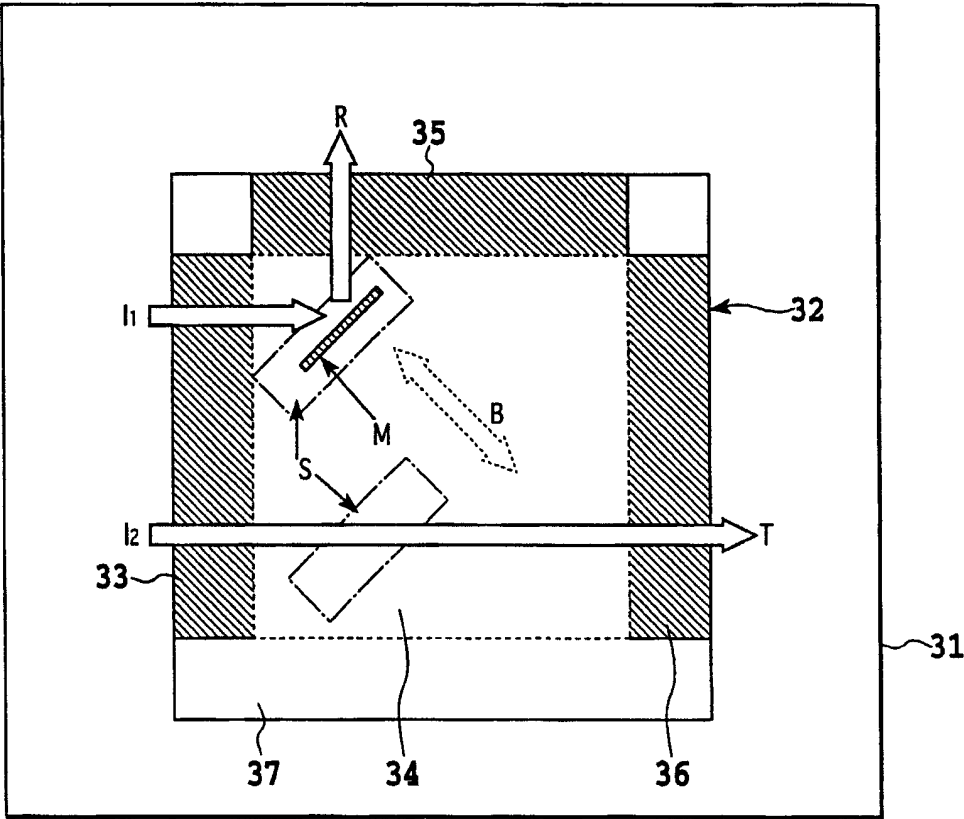


图 8

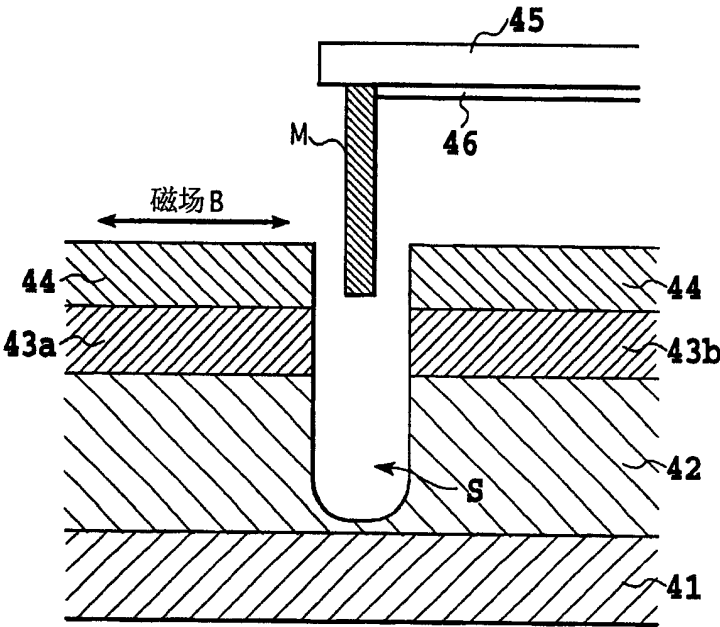


图 9

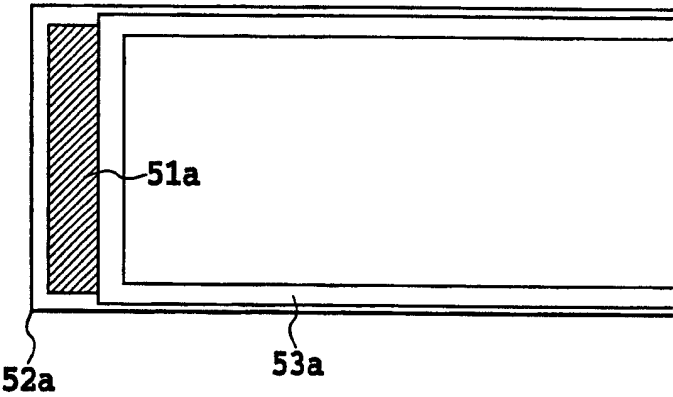


图 10A

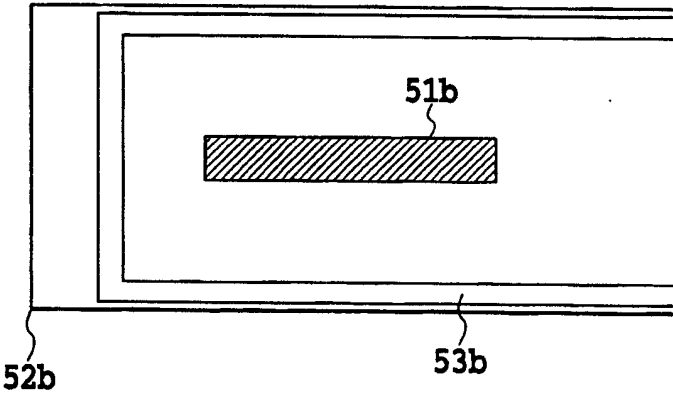


图 10B

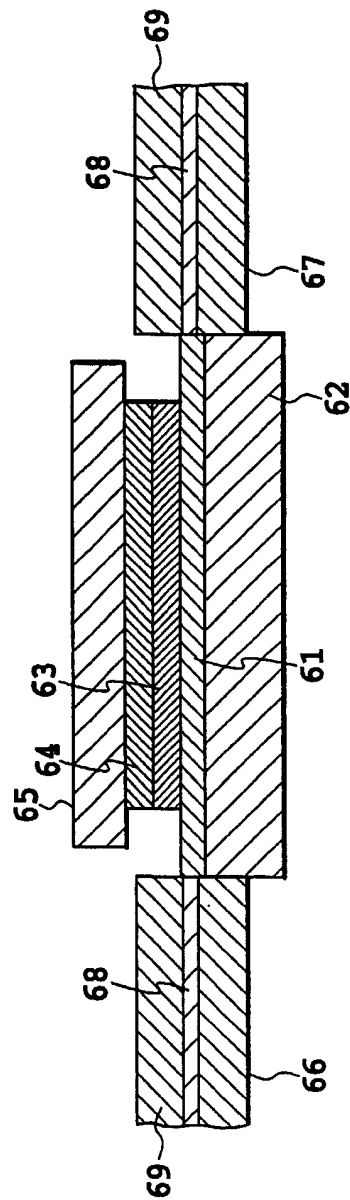


图 11

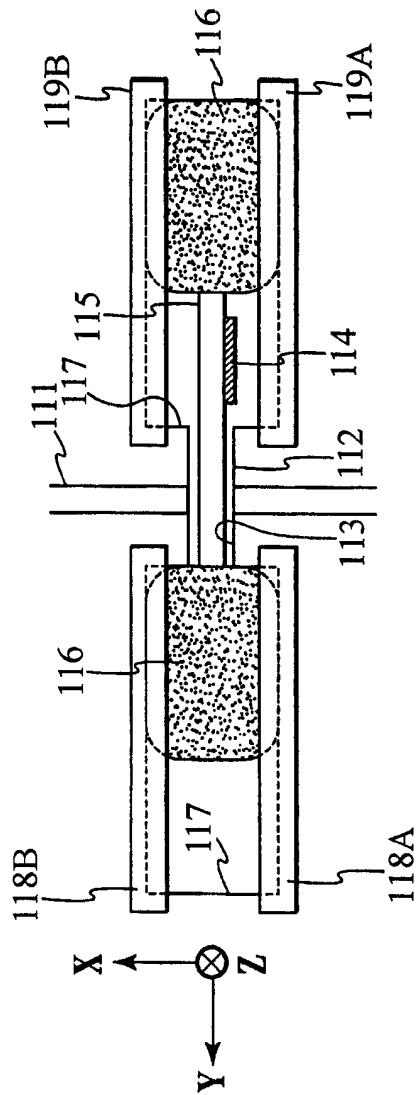


图 12

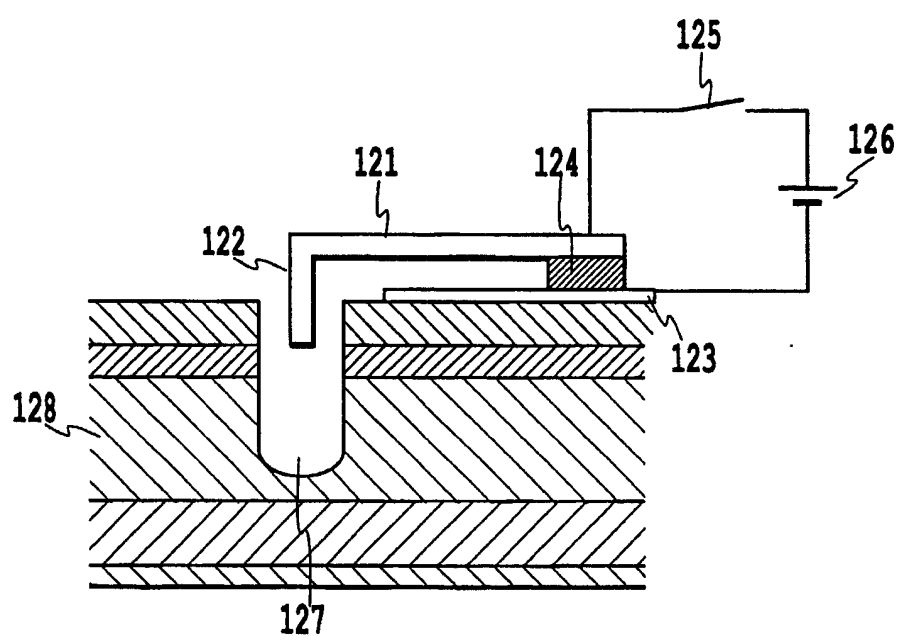


图 13