

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02F 1/09

G02F 1/01



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410087471.7

[43] 公开日 2005 年 3 月 30 日

[11] 公开号 CN 1601333A

[22] 申请日 2004. 8. 27

[21] 申请号 200410087471.7

[30] 优先权

[32] 2003. 8. 29 [33] JP [31] 305755/2003

[32] 2004. 7. 21 [33] JP [31] 212621/2004

[71] 申请人 TDK 株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 岩塚信治

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

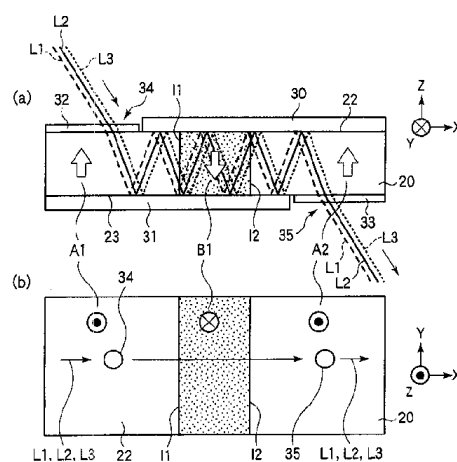
代理人 郭煜 庞立志

权利要求书 2 页 说明书 27 页 附图 19 页

[54] 发明名称 磁光光学部件

[57] 摘要

本发明涉及磁光光学部件, 以提供小型、低电力消耗、并制造容易的磁光光学部件为目的。其结构是, 包括: 具有大致互相平行的表面(22、23)并具有 Z 方向的易磁化轴的法拉第旋转器(20)、形成于表面(22)一部分上的全反射膜(30)、形成在表面(23)的一部分上的全反射膜(31)、光入射在法拉第旋转器(20)上的光入射区(34)、由全反射膜(31、30)交替反射的光从法拉第旋转器(20)射出的光射出区(35)、永久磁铁和使施加在法拉第旋转器(20)上的磁场分量为 0 的位置可变的电磁铁, 所述永久磁铁以在法拉第旋转器(20)上形成预定的磁区结构并使在光入射区(34)和光射出区(35)中的磁化方向一致的方式对法拉第旋转器(20)施加 Z 方向的磁场分量。



- 1、一种磁光光学部件，其特征在于，包括：
具有对置的第1和第2表面的磁光晶体；
- 5 配置在上述磁光晶体的上述第1表面侧的至少一部分上的第1全反射部；
配置在上述磁光晶体的上述第2表面侧的至少一部分上的第2全反射部；
光向上述磁光晶体入射的光入射区；
被上述第1和第2全反射部交替反射的上述光从上述磁光晶体射出的光射出区；
- 10 以使在上述光入射区和上述光射出区中不存在畴壁的方式对上述磁光晶体施加磁场的磁场施加机构。
- 2、如权利要求1所述的磁光光学部件，其特征在于：
上述磁场施加机构以使在上述光入射区和上述光射出区中的磁化方向一致的方式对上述磁光晶体施加磁场。
- 15 3、如权利要求1或2所述的磁光光学部件，其特征在于：
上述光入射区配置在上述第1表面上，
上述光射出区配置在上述第2表面上。
- 4、如权利要求1或2所述的磁光光学部件，其特征在于：
上述光入射区和上述光射出区都配置在上述第1表面上。
- 20 5、如权利要求1至4中任意一项所述的磁光光学部件，其特征在于：
上述磁光晶体具有预定的易磁化轴，包括通过平行于上述易磁化轴的单方向磁化而构成的磁区A和通过与上述磁区A的磁化方向相反方向的磁化而构成的磁区B。
- 6、如权利要求5所述的磁光光学部件，其特征在于：
- 25 上述磁场施加机构包括使施加在上述磁光晶体上的上述预定方向的磁场分量为0的位置可变的电磁铁、和分别与形成于上述磁光晶体上的多个磁区对应而每个至少各配置1个的永久磁铁。
- 7、如权利要求1至4中任意一项所述的磁光光学部件，其特征在于：
上述磁场施加机构包括在上述磁光晶体上施加固定磁场的至少一个永久磁
- 30 铁、和在上述磁光晶体上施加与上述固定磁场的方向不同的方向的可变磁场的

电磁铁，以使上述可变磁场与上述固定磁场的合成磁场具有上述磁光晶体的饱和磁场以上的强度的方式，使上述可变磁场的强度变化，使上述磁光晶体的磁化方向变化。

8、一种磁光光学部件，其特征在于，包括：

5 具有对置的第1和第2表面的磁光晶体；

配置在上述磁光晶体的上述第1表面侧的至少一部分上的第1全反射部；

配置在上述磁光晶体的上述第2表面侧的至少一部分上的第2全反射部；

光向上述磁光晶体入射的光入射区；

10 被上述第1和第2全反射部表面交替反射的上述光从上述磁光晶体射出的光射出区；

磁场施加机构，该磁场施加机构包括在上述磁光晶体上施加可变磁场的电磁铁和在上述磁光晶体上施加固定磁场的至少一个永久磁铁，其中该电磁铁包括具有接近上述第1全反射部背面配置的一个端部和接近上述第2全反射部背面配置的另一端部的磁轭、和卷绕在上述磁轭上的线圈。

15 9、如权利要求8所述的磁光光学部件，其特征在于：

上述磁光晶体具有预定的易磁化轴，包括通过平行于上述易磁化轴的单方向磁化而构成的磁区A和通过与上述磁区A的磁化方向相反方向的磁化而构成的磁区B。

10、如权利要求8所述的磁光光学部件，其特征在于：

20 上述可变磁场的方向与上述固定磁场的方向互相不同，

上述磁场施加机构以使上述可变磁场与上述固定磁场的合成磁场具有上述磁光晶体的饱和磁场以上的强度的方式使上述可变磁场的强度变化，使上述磁光晶体的磁化方向变化。

磁光光学部件

5 技术领域

本发明涉及磁光光学部件，特别是涉及偏振光控制器或光调制器，可变光衰减器、光隔离器、光循环器等磁光光学部件。

背景技术

在传送速度 40Gbps 的高速光通讯中，偏振模色散变成主要的传送劣化要因之一。为此近年来补偿偏振模色散的影响的偏振模色散（PMD）补偿器的研究正在活跃地进行。作为 PMD 补偿器的主要构成器件之一，有控制光偏振状态的偏振光控制器。如在非专利文献 1 中所公开的那样，作为构成偏振光控制器的光学器件，铌酸锂（LN）或液晶等、光纤スクイーズ、可变法拉第旋转器等是公知的。特别是因为用可变法拉第旋转器的偏振光控制器，其响应时间相当短，达到数百 μ sec，构造也由石榴石晶体构成，所以插入损耗、偏振光相关损耗（PDL）等光学特性和可靠性也能得到与过去的被动模件（module）相同程度的特性。因此，如用可变法拉第旋转器，则与其它器件相比，可构成获得均衡的偏振光控制器（参照非专利文献 1）。可变法拉第旋转器包括磁光晶体，以及在磁光晶体上施加磁场的电磁铁。通过使在电磁铁中流过的电流量变化，控制施加在磁光晶体上的磁场强度，就可以通过使磁光晶体的磁化强度变化来控制法拉第旋转角。

在例如专利文献 1 中公开了控制施加在磁光晶体上的磁场的方法。现用图 25 就该磁场控制方法进行说明。图 25（a）表示可变光衰减器，该可变光衰减器包括法拉第旋转器（磁光晶体）113 和偏振器 112。另外，该可变光衰减器具有在与相对法拉第旋转器 113 互相正交的方向施加磁场的永久磁铁 114 和电磁铁 115，以及对电磁铁 115 供给驱动电流的可变电流源 116。

由永久磁铁 114 施加在法拉第旋转器 113 上的磁场方向与法拉第旋转器 113 中的光束 117 的透射方向平行，由电磁铁 115 施加在法拉第旋转器 113 上的磁场方向与由法拉第旋转器 113 中的永久磁铁 114 产生的磁场施加方向和光束 117 的透射方向垂直。

在图 25 (b) 中, 箭头 102、105 是表示法拉第旋转器 113 内的磁化方向及其大小的矢量, 箭头 101、103 是表示从外部施加的施加磁场方向和大小的矢量, 箭头 104 是表示由箭头 101、103 表示的两个磁场的合成磁场的方向和大小。图中 Z 方向是法拉第旋转器 113 中光的传播方向, X 方向与 Z 方向正交。法拉第旋转器 113 由外部永久磁铁 114 产生的 Z 方向的磁场 101 变成饱和磁化 102 的状态。接着当由电磁铁 115 施加 X 方向的磁场 103 时, 外部磁场变成合成磁场 104, 法拉第旋转器 113 变成磁化 105 的状态。该磁化 105 的大小与饱和磁化 102 的大小相同, 因此法拉第旋转器 113 处在饱和磁化状态。

这样, 通过永久磁铁 114 在法拉第旋转器 113 上预先施加 Z 方向的磁场 101, 使法拉第旋转器 113 变成饱和磁化状态, 再通过电磁铁 115 在法拉第旋转器 113 上施加 X 方向的磁场 103。然后通过二个磁场 101、103 的合成磁场 104 使法拉第旋转器 113 的磁化方向从磁化 102 到磁化 105 只旋转角度 θ , 控制 Z 方向的磁化分量 106 的大小。法拉第旋转角根据该磁化分量 106 的大小而变化, 在该方法的场合, 因为法拉第旋转器 113 常在饱和磁化区使用, 所以具有能不产生滞后而再现性好地使法拉第旋转角变化的特征。

然而, 在专利文献 1 中记载的磁场施加方法中, 为了在由永久磁铁 114 施加磁场 101 的状态下使磁化一致地旋转, 而必需加强由电磁铁 115 施加的磁场 103。为此必需使电磁铁 115 大型化, 或者使电磁铁 115 中流过大电流, 引起难以使磁光光学部件小型化、电力消耗低的问题。

另外, 法拉第旋转器 113 采用通过液相外延 (LPE) 法长成的磁性石榴石单晶膜制作。因为当使光在沿磁性石榴石单晶膜的膜生长面的方向透过时, 消光比等特性下降, 所以一般使光在垂直于膜生长面的方向透过。可是在这时, 与法拉第旋转器 113 的膜生长面垂直方向的厚度最大是 $400\mu\text{m}$ 左右, 获得的法拉第旋转角是 45° 左右。因此对于需要 180 度以上的偏振光旋转角可变幅度的偏振光控制器而言, 必需用多个 (通常 6 个~8 个) 法拉第旋转器 113。从而使磁光光学部件的小型化、低成本化变成更加困难。

专利文献 1: 特许第 2815509 号公报

专利文献 2: 美国专利第 5657151 号说明书

专利文献 3: 特开平 7-199137 号公报

专利文献 4: 美国专利第 4239337 号说明书

专利文献 5：美国专利第 3420601 号说明书

非专利文献 1：池田和弘等 5 人，“无限追尾型偏波制御器の開発”，古河电工时报，平成 15 年 1 月，第 111 号，第 31-36 页。

发明内容

5 本发明的目的是提供小型、低电力消耗电力和低价格的磁光光学部件。

上述目的通过以下述为特征的磁光光学部件来达到，其包括：具有对置的第 1 和第 2 表面的磁光晶体；配置在上述磁光晶体的上述第 1 表面侧的至少一部分上的第 1 全反射部；配置在上述磁光晶体的上述第 2 表面侧的至少一部分上的第 2 全反射部；光向上述磁光晶体入射的光入射区；由上述第 1 和第 2 全反射部交替反射的上述光从上述磁光晶体射出的光射出区；按上述光入射区和
10 上述光射出区中不存在畴壁的方式对上述磁光晶体施加磁场畴壁的磁场施加机构。

作为上述本发明的磁光光学部件，其特征在于：上述磁场施加机构对上述磁光晶体施加磁场，使在上述光入射区和上述光射出区内的磁化方向一致。

15 作为上述本发明的磁光光学部件，其特征在于：上述光入射区配置在上述第 1 表面上，上述光射出区配置在上述第 2 表面上。

作为上述本发明的磁光光学部件，其特征在于：上述光入射区和上述光射出区同时配置在上述第 1 表面上。

作为上述本发明的磁光光学部件，其特征在于：上述磁光晶体具有给定的
20 易磁化轴，包括通过平行于上述易磁化轴的单方向磁化构成的磁区 A 和通过与上述磁区 A 的磁化方向相反方向的磁化构成的磁区 B。

作为上述本发明的磁光光学部件，其特征在于：上述磁场施加机构包括使施加在上述磁光晶体上的上述规定方向的磁场成分为 0 的位置可变的电磁铁、和分别与形成在上述磁光晶体上的多个磁区对应，每个至少配置 1 个的永久磁
25 铁。

作为上述本发明的磁光光学部件，其特征在于：上述磁场施加机构包括在上述磁光晶体上施加固定磁场的至少一个永久磁铁、和在上述磁光晶体上施加与上述固定磁场方向不同方向的可变磁场的电磁铁，使上述可变磁场的强度变化，而使上述可变磁场与上述固定磁场的合成磁场具有上述磁光晶体的饱和磁
30 场以上的强度，并使上述磁光晶体的磁化方向变化。

另外，上述目的通过具有以下特征的磁光光学部件来达到，其包括：具有对置的第1和第2表面的磁光晶体；配置在上述磁光晶体的上述第1表面侧的至少一部分上的第1全反射部；配置在上述磁光晶体的上述第2表面侧的至少一部分上的第2全反射部；光向上述磁光晶体入射的光入射区；被上述第15 和第2全反射部表面交替反射的上述光从上述磁光晶体射出的光射出区；磁场施加机构，该磁场施加机构包括在上述磁光晶体上施加可变磁场的电磁铁和在上述磁光晶体上施加固定磁场的至少一个永久磁铁，其中该电磁铁包括接近上述第1全反射部的背面配置的一端部和接近上述第2全反射部的背面配置的另一端部的磁轭、和卷绕在上述磁轭上的线圈。

10 作为上述本发明的磁光光学部件，其特征在于：上述磁光晶体具有给定的易磁化轴，包括通过平行于上述易磁化轴的单方向磁化构成的磁区A和通过与上述磁区A的磁化方向相反方向的磁化构成的磁区B。

作为上述本发明的磁光光学部件，其特征在于：上述可变磁场的方向与上述固定磁场的方向互相不同，上述磁场施加机构使上述可变磁场的强度变化，15 以使上述可变磁场与上述固定磁场的合成磁场具有上述磁光晶体的饱和磁场以上的强度，并使上述磁光晶体的磁化方向变化。

本发明的优点是可以实现小型、低电力消耗和价格低的磁光光学部件。

附图说明

图1是表示本发明的第1实施方式的磁光光学部件结构的图。

20 图2是表示本发明的第1实施方式的磁光光学部件要部结构的图。

图3是表示在本发明的第1实施方式的磁光光学部件中可能产生的问题点的图。

图4是表示本发明的第1实施方式的磁光光学部件的偏振光转角与损耗的磁通势依赖性的曲线图。

25 图5是表示本发明的第2实施方式的磁光光学部件结构的图。

图6是表示本发明的第2实施方式的磁光光学部件的要部结构的图。

图7是表示永久磁铁和磁轭的配置的图。

图8是表示在图7中所示的配置的永久磁铁附近的磁场分量强度的曲线图。

30 图9是表示本发明的第2实施方式的实施例2-1的磁光光学部件的要部结

构的图。

图 10 是表示本发明第 2 实施方式的实施例 2-1 的磁光光学部件的偏振光旋转角和损耗的磁通势依赖性的曲线图。

图 11 是表示本发明第 2 实施方式的实施例 2-2 的磁光光学部件的要部结
5 构的图。

图 12 是表示本发明第 2 实施方式的实施例 2-2 的磁光光学部件的偏振光旋转角和损耗的磁通势依赖性的曲线图。

图 13 是说明磁光光学部件的插入损耗的磁区结构依赖性的图。

图 14 是表示磁光光学部件的插入损耗的磁区结构依赖性的曲线图。

10 图 15 是说明磁光光学部件的插入损耗的磁区结构依赖性的曲线图。

图 16 是表示磁光光学部件的插入损耗的磁区结构依赖性的曲线图。

图 17 是说明磁光光学部件的插入损耗的磁区结构依赖性的图。

图 18 是表示磁光光学部件的插入损耗的磁区结构依赖性的曲线图。

图 19 是表示本发明第 3 实施方式的磁光光学部件结构的图。

15 图 20 是表示本发明第 3 实施方式的磁光光学部件要部结构的图。

图 21 是表示本发明的第 4 实施方式的磁光光学部件要部结构的图。

图 22 是表示本发明第 4 实施方式的磁光光学部件结构的变形例的图。

图 23 是表示本发明第 5 实施方式的磁光光学部件结构的图。

图 24 是表示本发明第 6 实施方式的磁光光学部件要部结构的图。

20 图 25 是说明现有技术的磁光光学部件的概略结构和操作原理的图。

符号说明

1 磁光光学部件

2、2'、2"、3、4、4'、6 偏振光控制器

5 光隔离器

25 20、20a、20b、21、24 法拉第旋转器

22、22a、22b、23、23a、23b 表面

30、30a、30b、31、31a、31b 全反射膜

32、32a、32b、33、33a、33b、36 无反射膜

34、34a、34b、39 光入射区

30 35、35a、35b、38 光射出区

- 40 电磁铁
42、70、71、72 磁轭
42a、42b、42e、42f 端部
42c、42d、42g、42h、70d、71d 顶端面
5 44 线圈
46、47、48、49、66a、66b、67a、67b、68a、68b、69a、69b、84、85、
86、87、88、90a、90b、90c、90d、90e、90f、90g 永久磁铁
46a、46b、46c、47a、47b、47c 表面
50 输入用单模光纤
10 52 输出用单模光纤
54、56 透镜
58、59 带透镜的光纤
60 1/4 波长片
62 反射片
15 80、81、82 偏振器

具体实施方式

第1实施方式

现在用图1和图2说明本发明第1实施方式的磁光光学部件。图1表示本实施方式的磁光光学部件1的结构，图2表示磁光光学部件1的要部结构。在此，在图1和图2中，把在与磁光光学部件1的磁光晶体的光入射面平行的面内向该面内投射的光束的前进方向设为X轴，在该面内与X轴垂直的方向设为Y轴。并且把Z轴选为与光入射及射出面垂直的方向。图1表示沿-Y方向看的磁光光学部件1的结构，图2(a)表示沿+Y方向看的磁光光学部件1的要部的结构，图2(b)表示沿-Z方向看的磁光光学部件1的要部的结构。

25 如图1和图2(a)、(b)所示那样，磁光光学部件1具有作为磁光晶体的法拉第旋转器20。法拉第旋转器20例如用通过LPE法形成的磁性石榴石单结晶膜制作，具有沿垂直于膜生长面的方向(Z方向)显现易磁化轴的垂直磁性。法拉第旋转器20具有大致长方体的形状，并具有同时平行于XY面并互相对置的表面22、23。其中一个表面22中在光束入射的光入射区34附近形成
30 无反射膜32(在图1和图2(b)中未示出)，在表面22的其它部分上形成全

反射膜（全反射部）30（在图2（b）中未示出）。另外，另一表面23中射出光束的光射出区35附近形成无反射膜33（在图1和图2（b）中未示出），在表面23的其它部分上形成全反射膜31（在图2（b）中未示出）。光入射区34位于法拉第旋转器20的-X侧，光射出区35位于法拉第旋转器20的+X侧。

5 通过在法拉第旋转器20的各表面22、23上蒸镀电介质多层膜或铝等金属薄膜形成全反射膜30、31。如沿Z方向看去，在光入射区34附近的区域只形成全反射膜30、31中的全反射膜31，在光射出区35附近的区域只形成全反射膜30，在光入射区34和光射出区35之间的区域叠加而形成全反射膜30、31。光束从光入射区34入射到法拉第旋转器20内，被全反射膜31、30表面交替多次反

10 射（多重反射）就从光射出区35射出。另外在法拉第旋转器20的各表面22、23上并不一定非要分别直接形成全反射膜30、31，而也可以将形成有全反射膜30的基板（例如玻璃基板）配置在法拉第旋转器20的表面22侧，将形成有全反射膜31的基板配置在法拉第旋转器20的表面23侧。将这二块基板例如大体以接触方式分别配置在法拉第旋转器20的各表面22、23上。另外，也

15 可以用金属抛光面等代替全反射膜30、31作为全反射部。

磁光光学部件1具有包括例如“C”字状的磁轭（电磁轭）42（在图1中只示出磁轭42的两端部42a、42b）、和卷绕在磁轭42上的线圈的电磁铁（磁场施加机构）。磁轭42的一个端部42a接近全反射膜30的背面配置，以使其顶端面42c与全反射膜30的背面对。磁轭42的另一端部42b接近全反射膜

20 31的背面配置，以使其顶端面42d与全反射膜31的背面对。端部42a的顶端面42c和端部42b的顶端面42d以夹持法拉第旋转器20的大体中央部、互相相对的方式配置。

例如铁氧体磁铁、稀土类磁铁等永久磁铁（磁场施加机构）46以沿磁轭42一个端部42a的+X方向邻接的方式配置。永久磁铁46内部的磁通方向如图

25 中箭头所表示那样，是-Z方向（即永久磁铁46的磁化方向为-Z方向）。永久磁铁46的-Z侧的顶端部接触例如全反射膜30的背面。另外，永久磁铁47以沿磁轭42另一端部42b的-X方向邻接的方式配置。永久磁铁47内部的磁通方向为+Z方向（即永久磁铁47的磁化方向为+Z方向）。永久磁铁47的+Z侧的顶端部接触例如全反射膜31的背面。

30 在法拉第旋转器20的-X侧的区域上，由永久磁铁47将+Z方向的磁场

分量施加到饱和磁场（使法拉第旋转器 20 的磁化饱和所必需的磁场）以上的强度。因此该区变成为如图中箭头所表示那样通过+Z 方向的磁化构成的磁区 A。在法拉第旋转器 20 的+X 侧的区域中，由永久磁铁 46 将-Z 方向的磁场分量施加到饱和磁场以上的强度。因此该区变成为通过-Z 方向的磁化构成的磁区 B。在磁区 A 的区域与磁区 B 的区域之间形成作为边界区（边界面）的畴壁 I。在畴壁 I，施加磁场的 Z 方向分量几乎变成 0。在此，光入射区 34 位于磁区 A 区域内，光射出区 35 位于磁区 B 区域内。如果设法拉第旋转器 20 的磁区 A 区域的每单位光程的法拉第旋转角为 $+\theta_{fs}$ （饱和法拉第旋转角），则磁区 B 区域的每单位光程的法拉第旋转角为 $-\theta_{fs}$ 。

10 当在电磁铁的线圈里流过电流时，例如+Z 方向的磁场被施加在被磁轭 42 的两端部 42a、42b 夹持的区域附近的法拉第旋转器 20 上。因此畴壁 I 向+X 方向移动。即，磁区 A 区域随施加磁场的强度而变宽，而磁区 B 区域依其程度而变窄。另外，当在电磁铁线圈里流过反向电流时，-Z 方向的磁场就施加在被磁轭 42 的两端部 42a、42b 夹持的区域附近的法拉第旋转器 20 上。因此畴壁 I 向-X 方向移动。即，磁区 A 的区域随着施加磁场的强度而变窄，磁区 B 的区域依该程度而变宽。在本例的构成中，因为使磁轭 42 的两端部 42a、42b 的各项端面 42c、42d 相对接近而配置，所以可以有效地在法拉第旋转器 20 上施加磁场，并且用小电流就能施加所希望强度的磁场。畴壁 I 在比光入射区 34 更靠近+X 侧，比光射出区 35 更靠近-X 侧的区域内移动，在光入射区 34 和光射出区 35 上不存在畴壁 I。

在图 2 中由光线 L 所示的光一边多次反射一边在法拉第旋转器 20 内传输时产生的偏振光旋转角与由通过+Z 方向的磁化构成的磁区 A 内的光程，和通过-Z 方向的磁化构成的磁区 B 内的光程的差成比例。因此通过用电磁铁在±Z 方向施加可变磁场并使畴壁 I 沿±X 方向移动，可以使磁区 A 内的光程与磁区 B 内的光程的差变化，使偏振光旋转角可变。因此可以使入射在法拉第旋转器 20 中的光束的偏振面仅旋转所希望的角度射出。

在本实施方式中，用具有垂直磁化性的法拉第旋转器 20。用 LPE 法生长的磁性石榴石单晶膜通常具有因生长感应磁各向异性而在垂直于膜生长面的方向上表现易磁化轴的垂直磁化性。因此磁性石榴石单晶膜的磁化方向变成为垂直于膜生长面的方向。为了如在专利文献 1 中所记载的磁场施加方法所述那样，

使法拉第旋转器的磁化方向旋转，而必须在生长完磁性石榴石单晶膜后再进行在 1000℃ 左右的高温下的长时间热处理，使生长感应磁各向异性减低。因此引起法拉第旋转器的制造工序增加这样的问题。在本实施方式中如果例如使易磁化轴与磁区 A、B 内的磁化方向一致，则因为没有必要进行在制作法拉第旋
5 转器 20 时高温下的长时间热处理，所以可以减少法拉第旋转器 20 的制造工序，并可以实现制造容易、低价格的磁光光学部件。

另外，在本实施方式中，不是专利文献 1 中所记载那样的、使磁光晶体的磁化一致旋转的磁化旋转方式，而使用使畴壁 I 移动，使法拉第旋转器 20 内的磁区结构变化的畴壁移动方式。因此用小型的电磁铁就能获得所希望的偏振光
10 旋转角。因此按照本实施方式，可以实现小型并电力消耗低的磁光光学部件。另外因为响应速度通常受电磁铁的 L（电感）制约，所以如果能使电磁铁小型化的话，就能实现降低 L、提高响应速度。

还有，在本实施方式中，磁轭的两端部 42a、42b 沿膜厚方向夹持法拉第旋转器 20 而互相相对配置。因此可以使磁轭两端部 42a、42b 互相接近配置，
15 可以有效地在法拉第旋转器 20 上施加可变磁场。因此可以使磁光光学部件进一步小型化，降低电力消耗。

另外，在本实施方式中，法拉第旋转器 20 通常成为二磁区构造的状态，可以不产生滞后而再现性良好地使偏振光旋转角变化。

第 2 实施方式

20 下面参照图 3 至图 18 说明本发明第 2 实施方式的磁光光学部件。首先就上述第 1 实施方式的磁光光学部件 1 中可能产生的问题点进行说明。

图 3 与图 2 相对应，表示在磁光光学部件 1 的法拉第旋转器 20 内传输光的光路。在图 3 中与图 2 不同，考虑光的波束径，图示出了作为大致平行光的光束的中心轴上的光路 L2（实线），从光路 L 2 向-X 方向偏移的光路 L1（长的虚线），从光路 L2 向+X 方向偏移的光路 L3（短的虚线）。如图 3 所示，在
25 第 1 实施方式的磁光光学部件 1 中，磁区 A 内的光程与磁区 B 内的光程就各光路 L1、L2、L3 每个都分别不同。光路 L1 中磁区 A 内的光程比光路 L2 长，磁区 B 内的光程比光路 L2 短。另外光路 L3，磁区 A 内的光程比光路 L2 短，磁区 B 内的光程比光路 L2 长。这样，当磁区 A 内的光程和磁区 B 内的光程就
30 各光路每个都不同时，偏振光旋转角就随光路而不同。因此在光通过法拉第旋

转器 20 后会聚在输出用光纤的光入射端时产生衍射损耗。

图 4 是表示第 1 实施方式的磁光光学部件 1 的偏振光旋转角和损耗的磁通势依赖性的曲线图。横轴代表磁通势 NI (线圈的匝数 N 与在该线圈中流过的电流 I 的乘积) (AT), 纵轴代表偏振光旋转角 (度) 和损耗 (dB)。线 a1 表示偏振光旋转角的磁通势依赖性, 线 b1 表示损耗的磁通势依赖性。在此, 偏振光旋转角是相对值, 设磁通势 NI 为 0AT 时的偏振光旋转角为 0 度。如图 4 所示, 虽然在磁光光学部件 1 上获得了 400 度以上的偏振光旋转角的可变幅度, 但损耗 (衍射损耗) 的平均值比较高, 约为 1.8dB, 损耗的变动幅度比较大, 约 3.0dB。因此, 虽然第 1 实施方式的磁光光学部件 1 可以适用于对透射光量进行调制的光调制器等上, 但具有不能适用于要求损耗低而且损耗变动幅度小的偏振光控制器等这样的问题。

图 5 表示作为解决上述问题的本实施方式的磁光光学部件的偏振光控制器 2 的结构。而图 6 表示偏振光控制器 2 的要部结构。在图 5 和图 6 中采用与图 1 和图 2 相同的坐标系。图 6 (a) 表示沿 +Y 方向看的偏振光控制器 2 的要部的结构, 图 6 (b) 表示沿 -Z 方向看的偏振光控制器 2 的要部的结构。如图 5 和图 6 (a)、(b) 所示, 偏振光控制器 2 具有作为磁光晶体的法拉第旋转器 20。法拉第旋转器 20 用通过 LPE 法形成的磁性石榴石单晶膜制作, 它具有沿垂直于膜生长面的方向 (Z 方向) 表现易磁化轴的垂直磁化性。法拉第旋转器 20 具有大致长方体的形状, 具有共同平行于 XY 面的表面 22、23。其中一个表面 22 中在光束入射的光入射区 34 附近形成无反射膜 32 (在图 6 (b) 中未示出), 在表面 22 的其它部分上形成全反射膜 30 (在图 6 (b) 中未示出)。另外在另一表面 23 中, 光束射出的光射出区 35 附近形成无反射膜 33, 在表面 23 的其它部分形成全反射膜 31。

如图 5 所示, 从输入用单模光纤 50 作为发散光射出的光被透镜 54 转换成平行光后, 入射到法拉第旋转器 20 的光入射区 34。入射到法拉第旋转器 20 内的光一边被全反射膜 31、30 表面交替反射, 一边通过法拉第旋转器 20 内, 从光射出区 35 射出后被透镜 56 会聚于输出用单模光纤 52。图 6 (a)、(b) 表示作为平行光的光束的中心轴上的光路 L2, 从光路 L2 向 -X 方向偏移的光路 L1, 和从光路 L2 向 +X 方向偏移的光路 L3。

另外, 偏振光控制器 2 具有包括 “C” 字状的磁轭 42 和卷绕在磁轭 42 上

的线圈 44 的电磁铁 40。磁轭 42 的一个端部 42a 按使其顶端与全反射膜 30 的背面相对的方式接近全反射膜 30 的背面而配置。在端部 42a 的顶端的一部分（在图 5 中右侧）中埋入永久磁铁 46。端部 42a 的顶端面 42c 和永久磁铁 46 的表面 46a 配置在大致同一平面内。永久磁铁 46 的磁化方向是+Z 方向。大致垂直于永久磁铁 46 的磁化方向的表面 46a 与磁轭 42 的端部 42a 不相面对地配置。在磁轭 42 的另一端部 42b 按使其顶端与全反射膜 31 的背面相对的方式接近全反射膜 31 的背面而配置。在端部 42b 的顶端的一部分（在图 5 中左侧）中埋入永久磁铁 47。端部 42b 的顶端面 42d 与永久磁铁 47 的表面 47a 大体上配置在同一平面内。永久磁铁 47 的磁化方向是+Z 方向。大体上垂直于永久磁铁 47 的磁化方向的表面 47a 与磁轭 42 的端部 42b 不相面对地配置。永久磁铁 46、47 也可以分别直接接触磁轭 42 的端部 42a、42b，也可以通过粘合剂层等分别接近端部 42a、42b 而配置。端部 42a 的顶端面 42c 和端部 42b 的顶端面 42d 夹持法拉第旋转器 20 而互相面对面地配置。

在此，用图 7 和图 8 说明由永久磁铁 46、47 产生的磁场。图 7 表示用配置在对应于磁轭 42 的端部 42a 的位置上的磁轭 70、和配置在对应于磁轭 42 的端部 42b 的位置上磁轭 71 代替磁轭 42 的结构。永久磁铁 46 的二个表面 46b、46c 接触在磁轭 70 上。磁轭 70 的顶端面 70d 和永久磁铁 46 的表面 46a 大体上配置在同一平面上。永久磁铁 47 的表面 47b、47c 这接触在磁轭 71 上。磁轭 71 的顶端面 71d 和永久磁铁 47 的表面 47a 配置在大致同一平面上。在图 7 中，把平行于顶端面 70d 和表面 46a 的面与表面 46b 的交线的延长方向作为 Y 轴，把在平行于顶端面 70d 和表面 46a 的面内与 Y 轴正交的方向作为 X 轴，并且把与顶端面 70d 和表面 46a 正交的方向作为 Z 轴。把连接顶端面 70d 的中心和顶端面 71d 的中心的线段的中心作为原点。永久磁铁 46、47 的 X 轴方向的宽 w_1 是 0.4mm，Z 轴方向的长度 l_1 是 0.6mm，Y 轴方向的厚度是 1.0mm。并且磁轭 70、71 的 X 轴方向的宽 w_2 是 0.8mm，Z 轴方向的长度 l_2 是 1.0mm，Y 轴方向的厚度是 1.0mm。磁轭 70 的顶端面 70d 与磁轭 71 的顶端面 71d 之间的间隙 d_1 是 0.6mm。设永久磁铁 46、47 的剩余磁通密度为 9200G ($=0.92T$) 来计算磁场分布。

图 8 是表示由永久磁铁 46、47 产生的磁场分布的曲线图，横轴表示 X 方向的位置 (mm)，纵轴表示 Z 方向的磁场强度 Hz (Oe ($1Oe \equiv 79.6A/m$))。在

此,在把离开永久磁铁 46、47 大致等距离地配置时的法拉第旋转器 20 (用图 7 中的虚线表示)的中心作为坐标系的原点,设图 7 的右方向为+X 方向,设图 7 的上方向为+Z 方向。如图 8 所示,在包含表面 47b 的面内 ($X=-0.2$) 和包含表面 46b 的面内 ($X=0.2$),磁场强度 H_z 几乎为 0。在从包含表面 47b 的面开始向永久磁铁 47 侧 ($X<-0.2$) 产生+Z 方向的磁场,在从包含表面 46b 的面开始向永久磁铁 46 侧 ($X>0.2$) 产生+Z 方向的磁场。在包含表面 47b 的面与包含表面 46b 的面之间 ($-0.2<X<0.2$) 产生-Z 方向的磁场。

再返回到图 5 和图 6 (a)、(b),法拉第旋转器 20 与永久磁铁 47 相对的区域变成通过+Z 方向磁化构成的磁区 A1,法拉第旋转器 20 的与永久磁铁 46 相对的区域变成通过与磁区 A1 相同方向的磁化构成的磁区 A2。磁区 A1 的区域与磁区 A2 的区域之间的区域变成通过与磁区 A1、A2 相反方向 (-Z 方向) 的磁化构成的磁区 B1。在磁区 A1 的区域与磁区 B1 的区域之间形成作为界面的畴壁 I1,在磁区 A2 的区域与磁区 B1 的区域之间形成畴壁 I2。在此,光入射区 34 位于磁区 A1 的区域内,光射出区 35 位于磁区 A2 的区域内。并且,施加在法拉第旋转器 20 的磁区 B1 的区域中的-Z 方向的磁场分量在畴壁 I1 与畴壁 I2 的中间部(法拉第旋转器 20 的中央部)处最强,越靠近畴壁 I1、I2 就越弱。在畴壁 I1、I2 上,施加磁场的 Z 方向分量变成 0。

当在电磁铁 40 的线圈 44 中流过电流时,就形成通过磁轭 42 和法拉第旋转器 20 的闭合磁路,在被磁轭 42 的二个顶端面 42c、42d 夹着的区域附近的法拉第旋转器 20 上,施加例如+Z 方向的磁场。借此使施加磁场的 Z 方向分量变为 0 的边界区向法拉第旋转器 20 的中央部移动。即,二个畴壁 I1、I2 分别向互相靠近的方向移动,磁区 B1 的区域宽度随着施加磁场的强度而变窄。另外,当在电磁铁 40 的线圈 44 中流过反向电流时,被磁轭 42 的二个顶端面 42c、42d 夹着的区域附近的法拉第旋转器 20 上施加-Z 方向的磁场。借此使施加磁场的 Z 方向分量变成 0 的边界区向远离法拉第旋转器 20 的中央部的方向移动。即二个畴壁 I1、I2 分别向互相远离的方向移动,磁区 B1 的区域的宽度随施加磁场的强度而变宽。在本例的结构中,因为使磁轭 42 的二个顶端面 42c、42d 比较接近而配置,所以小电流就能施加所希望强度的磁场。畴壁 I1、I2 比光入射区 34 更向+X 侧,比光射出区 35 更向-X 侧的区域内移动,使得在光入射区 34 和光射出区 35 中不存在畴壁 I1、I2。

光在法拉第旋转器 20 内传输时产生的偏振光旋转角，和通过+Z 方向的磁化构成的磁区 A(A1、A2)内的光程与通过-Z 方向的磁化构成的磁区 B(B1)内的光程的差成比例。因此在一边保持光入射区 34 位于磁区 A1 内，光射出区 35 位于磁区 A2 内这样的状态，一边由电磁铁 40 沿+Z 方向施加可变磁场，使
5 畴壁 I1、I2 移动而使磁区 B1 的宽度变窄，或通过电磁铁 40 沿-Z 方向施加可变磁场，使畴壁 I1、I2 移动而使磁区 B1 的宽度变宽，借此可以使磁区 A 内的光程与磁区 B 内的光程的差变化，使偏振光旋转角可变。由此，入射至法拉第旋转器 20 中的光束的偏振面就可以仅旋转所希望的角度而射出。

如以上说明的那样，在本实施方式中，在通过同方向磁化而构成的磁区
10 A1、A2 内分别配置光入射区 34 和光射出区 35。如图 6(a)所示，例如虽然光路 L1 在磁区 A1 内的光程比光路 L2 长，但在磁区 A2 内的光程比光路 L2 短该相应的程度。虽然光路 L3 在磁区 A1 内的光程比光路 L2 短，但在磁区 A2 内的光路长比光路 L2 长该相应的程度。磁区 B1 内的光程与光路 L1、L2、L3 无关，是一定的。因此磁区 A1 和 A2 内的光程与磁区 B1 内的光程的差在作为
15 平行光的光束的全部光路中一致。因此，由于偏振光旋转角与光路无关而相同，所以在通过法拉第旋转器 20 后会聚在输出用单模光纤 52 中时不产生衍射损耗。因此本实施方式的磁光光学部件也能适用于要求损耗小且损耗的变动幅度小的偏振光控制器 2。并且在本实施方式中，因为通过使入射在法拉第旋转器 20 中的光多次反射而使法拉第旋转器 20 内的光程变长，所以即使法拉第旋转
20 器 20 的厚度很薄也获得大的偏振光旋转角，并且获得宽广的偏振光旋转角可变范围。因此，因不需要用多个法拉第旋转器 20，所以可以实现小型、低价格和低电力消耗的偏振光控制器 2。

另外，在本实施方式的磁光光学部件中使用具有垂直磁化性的法拉第旋转器 20。因此，在用通过 LPE 法生长的磁性石榴石单晶膜制作法拉第旋转器 20
25 时不需高温下长时间的热处理。从而可以减少法拉第旋转器 20 的制造工序，可以实现制造容易、价格低的磁光光学部件。

另外，因为在本实施方式中，采用使法拉第旋转器 20 内的磁区结构变化的方式，所以可以与第 1 实施方式同样地，实现磁光光学部件小型化、降低消耗电力和高速化。另外在本实施方式中，因为磁轭 42 的两端部 42a、42b 分别
30 接近全反射膜 30、31 配置，所以可有效地在法拉第旋转器 20 上施加可变磁场，

可使磁光光学部件进一步小型化和降低电力消耗。另外，在本实施方式中，法拉第旋转器 20 通常处于 3 磁区构造的状态，可以不发生磁滞后而再现性良好地使偏振光旋转角变化。

下面用实施例具体说明根据本实施方式的磁光光学部件。

5 实施例 2-1

现在就本实施方式的实施例 2-1 的磁光光学部件进行说明。图 9 表示本实施例的偏振光控制器 2 的要部结构。在图 9 中，与图 1 和图 2 同样地构造坐标系。如图 9 所示，偏振光控制体 2 具有包括磁轭 42（在图 9 中只示出端部 42a 和 42b）、和卷绕在磁轭 42 上的线圈的电磁铁。磁轭 42 的一个端部 42a 接近全反射膜 30 的背面配置，使其顶端面 42c 与全反射膜 30 的背面相对。磁轭 42 的另 10 一端部 42b 接近全反射膜 31 的背面配置，使其顶端面 42d 与全反射膜 31 的背面相对。端部 42a 的顶端面 42c 与端部 42b 的顶端面 42d 夹持着法拉第旋转器 20 互相面对而配置。

使永久磁铁 48 向磁轭 42 的一个端部 42a 的 +X 方向邻接而配置。永久磁 15 铁 48 的磁化方向是 -Z 方向。永久磁铁 46 沿 +X 方向邻接永久磁铁 48 而配置。永久磁铁 46 的磁化方向是 +Z 方向。永久磁铁 46、48 的 -Z 侧的顶端接触例如全反射膜 30 的背面。而永久磁铁 47 邻接另一端部 42b 的 -X 方向而配置。永久磁铁 47 的磁化方向是 +Z 方向。永久磁铁 47 的 +Z 侧的顶端接触例如全反射膜 31 的背面。

20 在法拉第旋转器 20 的 -X 侧的区域中，由永久磁铁 47 以饱和磁场以上的强度施加 +Z 方向的磁场分量。因此该区域变成通过 +Z 方向的磁化构成的磁区 A1。在法拉第旋转器 20 的 +X 侧的区域中，由永久磁铁 46 施加 +Z 方向磁场分量至饱和磁场以上的强度。因此该区域变成通过与磁区 A1 相同方向的磁化构成的磁区 A2。在磁区 A1 与磁区 A2 之间的区域中，由永久磁铁 48 施 25 加 -Z 方向的磁场分量至饱和磁场以上的强度。因此该区域变成通过与磁区 A1、A2 反方向磁化构成的磁区 B1。在磁区 A1 的区域与磁区 B1 的区域之间形成畴壁 I1，在磁区 A2 的区域与磁区 B1 的区域之间形成畴壁 I2。这样，在法拉第旋转器 20 中形成 3 磁区结构，永久磁铁 46、47、48 与各磁区对应各配置 1 个。光入射区 34 位于磁区 A1 的区域内，光射出区 35 位于磁区 A2 的区 30 域内。

图 10 是表示本实施例偏振光控制器 2' 的偏振光旋转角和损耗的磁通势依赖性的曲线图。横轴和纵轴与图 4 中所示曲线图相同。线 a2 表示偏振光旋转角的磁通势依赖性, 线 b2 表示损耗的磁通势依赖性。如图 10 所示, 本实施例的偏振光控制器 2' 的损耗平均值是约 1.0dB, 损耗的变动幅度是 1.2dB 左右。

- 5 与图 4 所示的 2 磁区结构的磁光光学部件 1 的损耗的磁通势依赖性相比, 偏振光控制器 2' 的损耗低, 损耗变动小。因此, 显然本实施例可以适用于要求损耗低而损耗变动幅度小的偏振光控制器。

实施例 2-2

- 下面就本实施形式的实施例 2-2 的磁光光学部件进行说明。图 11 表示本
10 实施例的偏振光控制器 2'' 的要部结构。在图 11 中, 与图 1 和图 2 同样地选取坐标系。如图 11 所示, 偏振光控制器 2'' 除了与图 9 所示的偏振光控制器 2'' 同样的结构外, 还具有邻接磁轭 42 的端部 42b 的 +X 方向而配置的永久磁铁 49。永久磁铁 49 的磁化方向是 -Z 方向。在法拉第旋转器 20 中, 形成磁区 A1、B1、A2 的三磁区结构。在本实施例中, 对应磁区 A1、A2 分别各配一个永久
15 磁铁 46、47, 对应磁区 B1 配置两个永久磁铁 48、49。光入射区 34 位于磁区 A1 的区域内, 光射出区 35 位于磁区 A2 的区域内。

- 图 12 是表示本实施例的偏振光控制器 2'' 的偏振光旋转角和损耗的磁通势依赖性的曲线图。横轴和纵轴与图 4 所表示的曲线图相同。线 a3 表示磁振光旋转角的磁通势依赖性, 线 b3 表示损耗的磁通势依赖性。如图 12 所示, 本
20 实施例的偏振光控制器 2'' 的损耗平均值是约 0.5dB, 损耗变动幅度是 0.16dB 左右。与图 10 所示的偏振光控制器 2' 的损耗的磁通势依赖性相比, 偏振光控制器 2'' 的损耗变得更低, 损耗变动变得更小。因此显然本实施例可适用于要求损耗低而损耗变动幅度小的偏振光控制器。

- 在此, 就磁光光学部件的插入损耗的磁区构造依赖性进行说明。图 13 表
25 示在法拉第旋转器中形成三磁区结构的磁光光学部件的结构。如图 13 所示, 法拉第旋转器 20 与后面说明的第 3 实施方式同样, 具有在一个表面 22 侧同时配置的光入射区 34 和光射出区 35。法拉第旋转器 20 的 ±X 方向的长度是 2mm, ±Y 方向的宽度是 0.8mm, ±Z 方向的厚度是 0.42mm。全反射膜 30 的 ±X 方向的长度是 1.0mm。

- 30 在法拉第旋转器 20 的 +Z 方向配置沿 ±X 方向排列的多个永久磁铁 (在

图 13 示出 5 个) 90a~90e。各永久磁铁 90a~90e 的 $\pm X$ 方向的长度是 0.6mm, $\pm Y$ 方向的宽度是 0.8mm, $\pm Z$ 方向的厚度是 1.0mm。各永久磁铁 90a~90e 分别接触沿 $+Z$ 方向配置的磁轭 72。永久磁铁 90a、90c、90e 的磁化方向是 $-Z$ 方向, 永久磁铁 90b、90d 的磁化方向是 $+Z$ 方向。借助永久磁铁 90a~90e 在法拉第旋转器 20 上形成规定的磁区结构。在图 13 中所示的状态下, 从 $-X$ 侧开始, 顺次形成磁区 A1、B1、A2、B2。光透过区 34 位于磁区 B1 的区域内, 光射出区 35 位于磁区 B2 的区域内。在磁区 A1 与磁区 B1 之间形成畴壁 I1。在磁区 B1 与磁区 A2 之间形成畴壁 I2, 在磁区 A2 与磁区 B2 之间形成畴壁 I3。畴壁 I1~I3 分别与 YZ 平面大体平行。这样在法拉第旋转器 20 上形成 4 磁区结构, 透过光束的光入射区 34 与光射出区 35 之间的区域形成由磁区 B1、A2、B2 构成的 3 磁区结构。即, 由此在法拉第旋转器 20 中基本上形成三磁区结构。

一边使永久磁铁 90a~90e 和磁轭 72 相对法拉第旋转器 20 向 $\pm X$ 方向相对移动, 使形成于法拉第旋转器 20 上的磁区结构变化, 一边测定磁光光学部件的插入损耗。图 14 是表示图 13 中所示的磁光光学部件的插入损耗的磁区结构依赖性的曲线图。横轴表示永久磁铁 90c 的中心位置的 X 坐标 X_1 (mm), 纵轴表示损耗 (dB)。把坐标原点选在法拉第旋转器 20 的中心位置, 使测定波长为 1550nm。如图 14 所示, 在法拉第旋转器 20 的光入射区 34 与光射出区 35 之间形成三磁区结构的 X 坐标 X_1 的范围 ($-0.2\text{mm} \sim 0.2\text{mm}$) 中, 插入损耗平均值为约 0.25dB, 比较低, 插入损耗的变动幅度为约 0.19dB, 比较低。但在 X 坐标 X_1 为 0.3mm 左右时, 因为畴壁 I1 穿过光入射区 34, 畴壁 I3 穿过光射出区 35, 所以损耗变动增大, 最大达到 0.9dB 左右。

图 15 表示在法拉第旋转器 20 中形成二磁区结构的磁光光学部件的构成。在图 15 所示的结构中, 代替图 13 中所示的永久磁铁 90a~90e, 配置了 $\pm X$ 方向邻接的二个永久磁铁 90f、90g。各永久磁铁 90f、90g 的 $\pm X$ 方向的长度是 3mm, $\pm Y$ 方向的宽度是 3mm, $\pm Z$ 方向的厚度是 2.0mm。永久磁铁 90f 的磁化方向是 $+Z$ 方向, 永久磁铁 90g 的磁化方向是 $-Z$ 方向, 由永久磁铁 90f、90g 在法拉第旋转器 20 中形成具有一 X 侧的磁区 B、+X 侧的磁区 A 和作为两磁区 A、B 的边界的畴壁 I 的二磁区构造。

一边使永久磁铁 90f、90g 和磁轭 72 相对法拉第旋转器 20 沿 $\pm X$ 方向相对移动, 使形成在法拉第旋转器 20 上的磁区结构变化, 一边测定磁光光学部

件的插入损耗。图 16 是表示图 15 中所示的磁光光学部件的插入损耗的磁区结构依赖性的曲线图。横轴表示永久磁铁 90f、90g 的边界面的 X 坐标 $X1$ (mm)，纵轴表示损耗 (dB)。使测定波长为 1550nm。如图 16 所示，畴壁 I 位于光入射区 34 与光射出区 35 之间，在法拉第旋转器 20 上形成二磁区结构的 X 坐标 $X1$ 的范围 ($-0.5 < X1 < 0.5$) 中，插入损耗平均值为约 0.90dB，比较高。但插入损耗的变动幅度为约 0.48dB，比较小。在畴壁 I 穿过光入射区 34 或光射出区 35 时 ($X1 = -0.5$ 、 0.5)，插入损耗变动增大。在光入射区 34 与光射出区 35 之间不存在畴壁 I，法拉第旋转器 20 基本上变成单磁区结构，法拉第旋转角不产生变化的 X 坐标 $X1$ 的范围 ($X < -0.5$ 、 $X > 0.5$) 中，插入损耗的平均值变低。

图 17 表示在法拉第旋转器 20 中形成 2 磁区构造的磁光光学部件的其它结构。图 17 表示向 +Z 方向看的磁光光学部件的结构。如图 17 所示，两个永久磁铁 90f、90g 与图 15 中所示的结构不同，彼此按 ±Y 方向邻接的方式配置。借助永久磁铁 90f、90g，在法拉第旋转器 20 上形成具有一 Y 侧的磁区 B、+Y 侧的磁区 A 和作为两磁区 A、B 边界的畴壁 I 的二磁区构造。畴壁 I 与 XZ 面大致平行。

一边使永久磁铁 90f、90g 和磁轭相对法拉第旋转器 20 沿 ±Y 方向相对地移动，使形成在法拉第旋转器 20 上的磁区结构变化，一边测定磁光光学部件的插入损耗。图 18 是表示图 17 中所示的磁光光学部件的插入损耗的磁区结构依赖性的曲线图。横轴表示永久磁铁 90f、90g 的边界面的 Y 坐标 $Y1$ (mm)，纵轴表示损耗 (dB)。使测定波长为 1550nm。如图 18 所示，在光入射区 34 和光射出区 35 穿过畴壁 I 时 ($Y1 = 0$) 时，插入损耗变动增大，测得最大值 (约 9.4dB)。插入损耗的变动幅度达到约 9.4dB，非常之大。

如图 13 至图 18 所示，显然为减少磁光光学部件的插入损耗的变动幅度，必需使畴壁 I (I1~I3) 不穿过光入射区 34 和光射出区 35。并且显然为降低磁光光学部件的插入损耗，使光入射区 34 和光射出区 35 中的磁化方向一致是有效的。在图 13 中所示的磁光光学部件中，因为不是如图 15 所示那样的二磁区结构，而是在法拉第旋转器 20 中形成三磁区结构，所以使光入射区 34 和光射出区 35 中的磁化方向一致。

在图 2 (图 3) 和图 9 所示的结构中，光入射区 34 和光射出区 35 没有被

畴壁 I 穿过。可是如图 4 和图 10 所示那样, 在这些结构中, 损耗变动比较大。该损耗变动被认为是因为畴壁 I (I1、I2) 没有相对法拉第旋转器 20 的光入射、射出面垂直而产生的。具体地说, 畴壁 I 相对光入射射出面变成倾斜, 或者畴壁 I 不是平面形状而是曲面形状时引起损耗变动。这起因于法拉第旋转器 20 的磁区 A 的折射率和磁区 B 的折射率稍有不同。也就是说, 因为光束相对畴壁 I 的入射位置随着畴壁 I 移动而相对地变化, 所以当畴壁 I 是曲面形状时, 光束相对畴壁 I 的入射角就不是一定的, 光路随着磁区 A 与磁区 B 的折射率差而变化。另外畴壁 I 即使是平面形状, 相对光入射射出面变倾斜时, 因为光束前进方向因被全反射膜 30、31 反射的次数而变化, 所以光束相对畴壁 I 的入射角随着畴壁 I 的位置而变化, 光路发生变化。在如图 11 所示的偏振光控制器 2'' 中, 着手于磁路的结构, 使畴壁 I 成为平面形状, 并使其相对光入射和射出面垂直。借此可以如图 12 所示那样减少损耗变动。

第 3 实施方式

接着用图 19 和图 20 说明本发明第 3 实施方式的磁光光学部件。图 19 表示作为本实施方式的磁光光学部件的偏振光控制器 3 的结构。而图 20 表示偏振光控制器 3 的要部结构。在图 19 和图 20 中, 选取与图 1 和图 2 相同的坐标系。图 20 (a) 表示从 +Y 方向看的偏振光控制器 3 的要部的构造, 图 20 (b) 表示从 -Z 方向看偏振光控制器 3 的要部的结构。如图 19 和图 20 (a)、(b) 所示那样, 在本实施方式中, 光入射区 34 和光射出区 35 共同配置在法拉第旋转器 20 的一个表面 22 侧。表面 22 中的光束入射的光入射区 34 附近形成无反射膜 32 (在图 20 (b) 未示出), 在光束射出的光射出区 35 附近形成无反射膜 33 (在图 20 (b) 中未示出)。在表面 22 的其它部分上形成全反射膜 30 (在图 6 (b) 中未示出)。在另一表面 23 的几乎整体上形成全反射膜 31。

如图 19 所示, 从输入用单模光纤 50 作为发散光射出的光经透镜 54 变换成平行光后入射到法拉第旋转器 20 的光入射区 34 上。向法拉第旋转器 20 内入射的光一边被全反射膜 31、30 交替反射, 一边通过法拉第旋转器 20 内, 从光射出区 35 射出, 经透镜 56 会聚在输出用单模光纤 52 中。在图 20 中, 表示作为平行光的光束的中心轴上的光路 L2, 从光路 L2 向 -X 方向偏移的光路 L1、和从光路 L2 向 +X 方向偏移的光路 L3。

另外, 偏振光控制器 3 具有包括“C”字状磁轭 42、和卷绕在磁轭 42 上

的线圈 44 的电磁铁 40。磁轭 42 的一个端部 42a 按其顶端与全反射膜 30 的背面相对的方式接近全反射膜 30 的背面配置。磁轭 42 的另一端部 42b 按使其顶端与全反射膜 31 的背面相对的方式接近全反射膜 31 的背面配置。在端部 42b 顶端的图 19 中左侧埋入永久磁铁 47，在端部 42b 顶端的图 19 中右侧埋入永久
5 磁铁 46。端部 42b 的顶端面 42d、永久磁铁 46 的表面 46a 和永久磁铁 47 的表面 47a 大体上配置在同一平面内。永久磁铁 46、47 的磁化方向都是+Z 方向。永久磁铁 46、47 也可以分别直接与磁轭 42 的端部 42b 接触，也可以通过粘合剂层等分别接近端部 42b 而配置。端部 42a 的顶端面 42c 和端部 42b 的顶端面 42d 夹着法拉第旋转器 20 互相相对地配置。

10 法拉第旋转器 20 面对永久磁铁 47 的区域变成通过+Z 方向的磁化构成的磁区 A1。法拉第旋转器 20 面对永久磁铁 46 的区域变成通过与磁区 A 同方向的磁化构成的磁区 A2。在磁区 A1 的区域与磁区 A2 的区域之间的区域变成通过与磁区 A1、A2 反向（-Z 方向）的磁化构成的磁区 B1。在磁区 A1 的区域与磁区 B1 的区域之间形成畴壁 I1，在磁区 A2 的区域与磁区 B1 的区域之间形
15 成畴壁 I2。在此，光入射区 34 位于磁区 A1 的区域内，光射出区 35 位于磁区 A2 的区域内。并且施加在法拉第旋转器 20 的磁区 B1 的区域的一Z 方向的磁场分量在畴壁 I1 与畴壁 I2 的中间部（法拉第旋转器 20 的中央部）最强，越靠近畴壁 I1、I2 就越弱。在畴壁 I1、I2 处，施加磁场的 Z 方向分量变成 0。

当在电磁铁 40 的线圈 44 中流过电流时，形成通过磁轭 42 和法拉第旋转
20 器 20 的闭磁路，对被磁轭 42 的二个顶端面 42c、42d 夹着的区域附近的法拉第旋转器 20 施加例如+Z 方向的磁场。由此，施加磁场的 Z 方向分量变成 0 的边界区域向法拉第旋转器 20 的中央部移动。也就是说，二个畴壁 I1、I2 分别向互相接近的方向移动，磁区 B1 区域的宽度根据施加磁场的强度而变窄。另外，在电磁铁 40 的线圈 44 中流过反向的电流时，在被磁轭 42 的二个顶端
25 面 42c、42d 夹着的区域附近的法拉第旋转器 20 上施加-Z 方向的磁场。借此施加磁场的 Z 方向分量变成 0 的边界区域向离开法拉第旋转器 20 的中央部的方向移动。也就是说，二个畴壁 I1、I2 分别向互相远离的方向移动，磁区 B1 区域的宽度根据施加磁场的强度而变宽。在本例的结构中，因为使磁轭 42 的二个顶端面 42c、42d 比较接近地配置，所以能用小电流施加所希望的强度的
30 磁场。

光在法拉第旋转器 20 内传输时产生的偏振光旋转角，与通过+Z 方向的磁化构成的磁区 A1、A2 内的光程和通过-Z 方向磁化构成的磁区 B1 内的光程的差成比例。因此与第 2 实施方式相同，一边保持光入射区 34 位于磁区 A1 内，光射出区 35 位于磁区 A2 内这种状态，一边通过电磁铁 40 施加可变磁场，
5 使畴壁 I1、I2 移动，借此可使偏振光旋转角可变。从而可以使入射在法拉第旋转器 20 中的光束的偏振光面只旋转所希望的角度而射出。

按照本实施方式，与第 2 实施方式同样，可以实现小型、低电力消耗电力且高速而低价格的磁光光学部件。

第 4 实施方式

10 接着用图 21 和图 22 说明本发明第 4 实施方式的磁光光学部件。针对用于 PMD 补偿器的偏振光控制器，需要的是对所谓的偏光变动不用连续地饱和就能跟踪的无限跟踪型（参照非专利文献 1）。在无限跟踪型偏振光控制器中，一般必需多个法拉第旋转器（可变法拉第旋转器）和配置在各法拉第旋转器之间的多个 1/4 波长片。

15 图 21 表示作为本实施方式的磁光光学部件的偏振光控制器 4 的要部结构。在图 21 中，选择与图 1 和图 2 (a)、(b) 同样的坐标系。如图 21 所示，本实施方式的偏振光控制器 4 具有 1 个法拉第旋转器 21。法拉第旋转器 21 具有大致长方体的形状，并具有共同平行于 XY 面的表面 22、23。一个表面 22 中在入射光束的光入射区 34 附近形成无反射膜 32，在光束射出的光射出区 35 附近
20 形成无反射膜 33。在表面 22 的其它部分形成全反射膜 30。并且另一表面 23 中在光束射出的光射出区 38 和光束入射的光入射区 39 附近形成无反射膜 36，在表面 23 的其它部分形成全反射膜 31a、31b。

从光入射区 34 入射到法拉第旋转器 21 上的光束，被全反射膜 31a、30 交替反射后从光射出区 38 一次射出。从光射出区 38 射出的光束通过 1/4 波长片
25 60 被反射板 62 反射，从光入射区 39 再次入射到法拉第旋转器 21 中。从光入射区 39 再次入射到法拉第旋转器 21 上的光束被全反射膜 30、31b 交替反射后从光射出区 35 射出。

在法拉第旋转器 21 上通过图中未示出的永久磁铁施加预定的磁场。借此法拉第旋转器 21 的光入射区 34 附近的区域变成通过+Z 方向磁化构成的磁区
30 A1。法拉第旋转器 21 的光射出区 38 和光入射区 39 附近的区域变成通过与磁

区 A1 同方向的磁化构成的磁区 A2。法拉第旋转器 21 的光射出区 35 附近的区域变成通过与磁区 A1、A2 同方向的磁化构成的磁区 A3。在法拉第旋转器 21 的磁区 A1 与磁区 A2 之间的区域变成通过与磁区 A1、A2、A3 反向（-Z 方向）的磁化构成的磁区 B1。法拉第旋转器 21 的磁区 A2 和磁区 A3 之间的区域形成通过与磁区 B1 同方向的磁化构成的磁区 B2。在磁区 A1 区域与磁区 B1 区域之间形成畴壁 I1，在磁区 A2 区域与磁区 B1 区域之间形成畴壁 I2。在磁区 A2 区域与磁区 B2 区域之间形成畴壁 I3，在磁区 A3 区域与磁区 B2 区域之间形成畴壁 I4。

当通过图中未示出的电磁铁在磁区 B1 区域附近施加预定强度的+Z 方向的磁场时，畴壁 I1、I2 向互相接近的方向移动，磁区 B1 的宽度根据施加磁场的强度而变窄。同样地，当在磁区 B2 区域附近施加预定强度的+Z 方向的磁场时，畴壁 I3、I4 向互相接近的方向移动，磁区 B2 的宽度根据施加磁场的强度而变窄。

光在法拉第旋转器 21 内传输时产生的偏振光旋转角，与通过+Z 方向的磁化构成的磁区 A（A1、A2、A3）内的光程和通过-Z 方向的磁化构成的磁区 B（B1、B2）内的光程的差成比例。因此在一边保持光入射区 34 位于磁区 A1 内，光射出区 38 和光入射区 39 位于磁区 A2 内，光射出区 35 位于磁区 A3 内这种状态，一边通过利用电磁铁例如沿+Z 方向施加可变磁场，使畴壁 I1、I2、I3、I4 移动，改变磁区 B1、B2 的宽度，由此使磁区 A 内的光程与磁区 B 内的光程的差变化，从而可使偏振光旋转角可变。在本实施方式中，一个法拉第旋转器 21 的图中左侧部分和图中右侧部分成为分别的法拉第旋转器而发挥作用。如果用另一个反射片使从光射出区 35 射出的光束反射，再入射到法拉第旋转器 21 中的话，则可以使一个法拉第旋转器 21 作为 3 个（或三个以上）的法拉第旋转器而发挥作用。因此可以用 1 个法拉第旋转器 21 构成无限跟踪型偏振光控制器。另外按照本实施方式，可以与第 2 实施方式同样地实现小型、低电力消耗电力且高速而低价格的磁光光学部件。

图 22 表示本实施方式的磁光光学部件结构的变形例。如图 22 所示，本变形例的偏振光控制器 4' 具有例如 2 个法拉第旋转器 20a、20b。二个法拉第旋转器 20a、20b 以使法拉第旋转器 20a 的光射出区 35a 和法拉第旋转器 20b 的光入射区 34b 夹持着 1/4 波长片 60 而面对的方式配置。从法拉第旋转器 20a 的光

射出区 35a 射出的光透过 1/4 波长片 60 后,入射至法拉第旋转器 20b 的光入射区 34b。法拉第旋转器 20a 具有共同与 XY 面平行且互相面对的表面 22a、23a。一个表面 22a 中在来自带透镜的光纤 58 的光射入的光入射区 34a 附近形成无反射膜 32a, 在表面 22a 的其它部分形成全反射膜 30a。另一表面 23a 中在光射出区 35a 附近形成无反射膜 33a, 在表面 23a 的其它部分形成全反射膜 31a。在法拉第旋转器 20a 上施加可变磁场的电磁铁的磁轭的一个端部 42a 以使其顶端面 42c 与全反射膜 30a 的背面相对的方式邻近全反射膜 30a 的背面而配置。磁轭的另一端部 42b 以其顶端面 42d 与全反射膜 31a 的背面相对的方式邻近全反射膜 31a 的背面而配置。端部 42a 的顶端面 42c 和端部 42b 的顶端面 42d 以夹持着法拉第旋转器 20a 而互相面对的方式配置。

在端部 42a 的+X 方向配置永久磁铁 67a, 在端部 42a 的-X 方向配置永久磁铁 68a。永久磁铁 67a 的磁化方向是+Z 方向, 永久磁铁 68a 的磁化方向是-Z 方向。并且, 在端部 42b 的-X 方向配置永久磁铁 69a, 在永久磁铁 69a 的进一步-X 方向配置永久磁铁 66a。永久磁铁 69a 的磁化方向是-Z 方向, 永久磁铁 66a 的磁化方向是+Z 方向。法拉第旋转器 20a 的光入射区 34a 附近的区域变成通过+Z 方向的磁化构成的磁区 A1, 光射出区 35a 附近的区域变成与磁区 A1 相同方向的磁化构成的磁区 A2。磁区 A1 与磁区 A2 之间的区域变成通过与磁区 A1、A2 反向的磁化构成的磁区 B1。在磁区 A1 与磁区 B1 之间形成畴壁 I1, 在磁区 B1 与磁区 A2 之间形成畴壁 I2。在本例的构成中, 结果是, 永久磁铁 66a 与磁区 A1 对应配置, 永久磁铁 68a、69a 对应磁区 B1 配置, 永久磁铁 67a 对应磁区 A2 配置。

法拉第旋转器 20b 具有共同平行于 XY 面并互相面对的表面 22b、23b。一个表面 22b 中在光入射区 34b 附近形成无反射膜 32b, 在表面 22b 的其它部分形成全反射膜 30b。另一表面 23b 中在带有透镜的光纤 59 一侧, 在光射出的光射出区 35b 附近形成无反射膜 33b, 在表面 23b 的其它部分形成全反射膜 31b。在法拉第旋转器 20b 上施加可变磁场的电磁铁的磁轭的一个端部 42e 以使其顶端面 42g 与全反射膜 30b 的背面相对的方式, 接近全反射膜 30b 的背面而配置。磁轭的另一端部 42f 以使其顶端面 42h 与全反射膜 31b 的背面相对的方式接近全反射膜 31b 的背面而配置。端部 42e 的顶端面 42g 与端部 42f 的顶端面 42h 夹持着法拉第旋转器 20b 而互相相对地配置。

永久磁铁 67b 配置在端部 42e 的 +X 方向, 永久磁铁 68b 配置在端部 42e 的 -X 方向。永久磁铁 67b 的磁化方向是 +Z 方向, 永久磁铁 68b 的磁化方向是 -Z 方向。另外, 在端部 42f 的 -X 方向配置永久磁铁 69b, 并且进一步在永久磁铁 69b 的 -X 方向配置永久磁铁 66b。永久磁铁 69b 的磁化方向是 -Z 方向。永久磁铁 66b 的磁化方向是 +Z 方向。法拉第旋转器 20b 的光入射区 34b 附近的区域变成通过 +Z 方向磁化构成的磁区 A3, 光射出区 35b 附近的区域变成通过与磁区 A3 同方向磁化构成的磁区 A4。磁区 A3 与磁区 A4 之间的区域变成通过与磁区 A3、A4 反方向磁化构成的磁区 B2。在磁区 A3 与磁区 B2 之间形成畴壁 I3, 在磁区 B2 与磁区 A4 之间形成畴壁 I4。在本例的构成中, 结果是, 对应磁区 A3 配置永久磁铁 66b, 对应磁区 B2 配置永久磁铁 68b、69b, 对应磁区 A4 配置永久磁铁 67b。

虽然本变形例的偏振光控制器 4' 与图 21 所示的偏振光控制器 4 相比, 必需二个法拉第旋转器 20a、20b, 但不要求精正确调整角度的反射片 62。因此偏振光控制器 4' 具有组装容易, 并实现小型化的优点。另外虽然偏振光控制器 4' 是具有二个法拉第旋转器 20a、20b 的二段式结构, 但也可以通过用三个或以上的法拉第旋转器构成三段或以上的多段结构。

本实施方式中以偏振光控制器 4、4' 为例举例说明磁光光学部件, 然而通过在各个法拉第旋转器的前后配置偏振器连接成多段, 也可实现利用偏振光旋转角的波长依赖性的可变滤光器, 本实施方式通过利用多次反射可使偏振光旋转角的可变幅度容易地变宽, 所以也适用于作为可变滤光器。

第 5 实施方式

接着用图 23 就本发明第 5 实施方式的磁光光学部件进行说明。虽然在至此为止的实施方式中, 是以使用电磁铁的可变磁光光学部件为例举例的, 但本发明不限于此。例如也可以不用电磁铁, 通过调整永久磁铁的位置, 将偏振光旋转角调整到最佳值后, 固定该永久磁铁, 由此也适用于光隔离器或光循环器。采用该结构, 可以降低插入损耗, 并且能微调偏振光旋转角, 因此可实现隔离性能高的高性能二段式光隔离器、光循环器。作为具体的构成, 例如可以在磁光晶体的前后配置偏振器, 可以应用迄今公知的偏振器和法拉第旋转器的元件组合。也可以通过移动永久磁铁, 而可移动磁区。

图 23 表示作为本实施方式的磁光光学部件的光隔离器 5 的结构。如图 23

所示,按照本实施方式,例如对于图 21 中所示的结构,用偏振器 81 替换 1/4 波长片 60,并在无反射膜 32 之前(光入射侧)和无反射膜 33 之后(光射出侧)进一步分别配置偏振器 80、82。在与法拉第旋转器 21 的表面 23 中图中左侧区域面对的位置上从左开始顺次配置永久磁铁 84、85。永久磁铁 84 的磁化方向是+Z 方向,永久磁铁 85 的磁化方向是-Z 方向。在与法拉第旋转器 21 的表面 23 中图中右侧区域面对的位置上从左开始顺次配置永久磁铁 87、88。永久磁铁 87 内部的磁通方向是-Z 方向,永久磁铁 88 内部的磁通方向是+Z 方向。并且在与法拉第旋转器 21 的表面 22 中中央部附近面对的位置上配置永久磁铁 86。永久磁铁 86 的磁化方向是+Z 方向。各永久磁铁 84、85、86、87 和 88 在调整位置后固定,使法拉第旋转器 21 内的畴壁 I1、I2、I3 和 I4 配置在所希望的位置上。按照本变形例,因为只用一个磁光晶体就能实现 2 段式光隔离器或光循环器,所以可以达到组装简化和低成本化。同样也可实现 3 段式或以上的光隔离器或光旋转循环器。

另外,作为能利用在第 1 至第 5 实施方式中的磁光晶体,必需在相对表面 22、23 垂直的方向上有易磁化轴。这是因为虽然在上述实施方式中,针对外部磁场仅就对表面 22、23 垂直方向的分量(Z 方向分量)进行了说明,但在具有这样的垂直磁化性的磁光学晶体中,垂直方向的分量的磁场大致上决定了磁区结构。虽然也存在与表面 22、23 平行的面内方向的磁场分量(X 方向分量和 Y 方向分量),但对磁区结构影响不大。

第 6 实施方式

接着用图 24 说明本发明第 6 实施方式的磁光光学部件。图 24 表示作为本实施方式的磁光光学部件的偏振光控制器 6 的结构。在图 24 中采用与图 1 和图 2 相同的坐标系。如图 24 所示,本实施方式的偏振光控制器 6 具有 1 个法拉第旋转器 24。在本实施方式中,如后所述,采用使磁化旋转而控制偏振光旋转角的磁化旋转方式。因此,法拉第旋转器 24 用通过在 1000℃上下的温度下进行数小时左右的热处理而使生长感应磁各向异性消失的磁性石榴石单晶膜制作。

偏振光控制器 6 具有永久磁铁 46、47、包括磁轭(在图 24 中只示出磁轭的两端部 42a、42b)和卷绕在磁轭上的线圈的电磁铁。永久磁铁 46 配置在法拉第旋转器 24 的-X 方向,永久磁铁 47 配置在法拉第旋转器 24 的+X 方向。

永久磁铁 46、47 的磁化方向均是+X 方向。电磁铁的磁轭的一个端部 42a 以使其顶端面 42c 与在法拉第旋转器 24 的一个表面上形成的全反射膜 30 的背面相对的方式接近全反射膜 30 的背面而配置。磁轭的另一端部 42b 以使其顶端面 42d 与在法拉第旋转器 24 的另一表面上形成的全反射膜 31 的背面相对的方式接近全反射膜 31 的背面而配置。端部 42a 的顶端面 42c 和端部 42b 的顶端面 42d 以夹持着法拉第旋转器 24 而互相面对的方式配置。

在电磁铁的线圈中不流过电流时，对法拉第旋转器 24 通过永久磁铁 46、47 以饱和磁场以上的强度施加+X 方向的磁场。因此，法拉第旋转器 24 在+X 方向磁化，处在饱和磁化的状态。因为法拉第旋转角取决于磁化的 Z 方向分量，所以在线圈中不流过电流时的法拉第旋转角大致是 0° 。当在线圈中流过电流时，被法拉第旋转器 24 的磁轭两端部 42a、42b 夹着的区域由电磁铁施加例如+Z 方向的可变磁场。即，施加在法拉第旋转器 24 的该区域上的外部磁场为由永久磁铁 46、47 施加的+X 方向的磁场和由电磁铁施加的+Z 方向的可变磁场的合成磁场。通过使在线圈中流动的电流变化，使具有饱和磁场以上强度的合成磁场的方向变化，由此在被法拉第旋转器 24 的磁轭两端部 42a、42b 夹着的区域中，一边维持饱和磁化的状态，一边改变磁化的方向（图中的箭头 a），使磁化的 Z 方向分量变化。因为法拉第旋转角随着磁化的 Z 方向分量变化，所以通过控制在线圈中流动的电流，可以调整法拉第旋转角。在此，在法拉第旋转器 24 的光入射区 34 和光射出区 35 附近的区域中，几乎不施加电磁铁产生的磁场。因此在光入射区 34 和光射出区 35 附近的区域中的磁化方向（图中的箭头 b）都保持+X 方向。

在本实施方式中，法拉第旋转器 24 的光入射区 34 附近的区域中的磁化方向与光射出区 35 附近的区域中的磁化方向变成相同。因此，由于在作为平行光的光束的全部光路中偏振光旋转角是相同的，所以在通过法拉第旋转器 24 后会聚于输出用光纤中时不产生衍射损耗。并且在本实施方式中，在法拉第旋转器 24 上不存在畴壁 I。因此，由于畴壁 I 当然也不穿过光入射区 34 和光射出区 35，所以可以使插入损耗的变动幅度变小。因此本实施方式的磁光光学部件可以适用于要求损耗低和损耗变动幅度小的偏振光控制器。

另外，在本实施方式中，因为磁轭的两端部 42a、42b 分别接近全反射膜 30、31 配置，所以可以有效地在法拉第旋转器 24 上施加可变磁场，可以使磁

光光学部件小型化，电力低消耗化。并且在本实施方式中，因为法拉第旋转器 24 通常在饱和磁化区域中使用，所以可以不产生滞后而再现性良好地使偏振光旋转角变化。

本实施方式中采用了小型化和低电力消耗化比较困难的磁化旋转方式。但是，因为在本实施方式中，通过多次反射而使法拉第旋转器 24 内的光程变长，所以即使磁化的旋转角度小，也能获得大的偏振光旋转角，并能获得偏振光旋转角宽的可变范围。因此，按照本实施方式，即使用磁化旋转方式，也能实现比较小型和低电力消耗的磁光光学部件。

另外，在上述第 1 至第 6 实施方式中，必需使光束的束径小到多重反射的光束不互相重叠的程度。但是，因为当束径变小时，光束因衍射而容易扩展，所以必须设定为适当的值。虽然适当的束径值受磁光晶体的厚度、光向磁光晶体的入射角度等左右，但实用上 40~100 μm 左右的束径是合适的。作为使用这样小的束径的光束的光学系统，除了可以应用如图 5 和图 19 所示那样的光纤 50、52 和透镜 54、56 分开配置的光学系统以外，也可应用采用了如图 22 所示那样使透镜和光纤一体化的带透镜的光纤 58、59 或通过加热使光纤的顶端部分的芯扩大的芯扩大型光纤等的光学系统。带透镜光纤 58、59 或芯扩大型的光纤与分开配置透镜的场合相比，适于小型化，还或使组装简易。

另外，在本说明书中的“磁光光学部件”不仅指由磁光晶体、磁场施加机构等构成的元件式部件，而且指根据需要包括透镜、光波导机构（光纤或光波导）、用于流过电流的电极和容纳它们的筐体等的部件。

本发明不限于上述实施方式，可以有各种变型。

例如虽然在上述实施方式中，作为磁光光学部件是以偏振光控制器和光调制器等为例说明的，但本发明不限于此。也可适用于通过使在电磁铁 40 的线圈 44 中流过的电流变化，可变地控制光的衰减量的可变光衰减器等其它的磁光光学部件。在将例如图 5 所示的结构应用于可变光衰减器时，也可以在透镜 54 与法拉第旋转器 20 之间配置偏振器，在法拉第旋转器 20 与透镜 56 之间配置检偏器。

另外，如果能在法拉第旋转器 20 中形成与上述实施方式同样的磁区构造，按任何方式配置永久磁铁都可以。例如也可以使具有互相反向的磁极的二个永久磁铁邻近而分别配置在端部 42a、42b 的各项端上。

另外，虽然上述实施方式中是举永久磁铁 46、47 接触（接近）磁轭 42 而配置的例子说明的，但本发明不限于此。例如使永久磁铁 46、47 离开磁轭 42，分别在法拉第旋转器 20 的±X 方向上配置，在法拉第旋转器 20 中形成与上述实施方式相同的磁区构造也可以。

- 5 虽然在上述实施方式中，作为法拉第旋转器以用 LPE 法生长的磁性石榴石单晶膜为例子说明的，但本发明不限于此。例如也可以用熔融法，FZ 法，固相等制作的磁性石榴石或正铁氧体等。

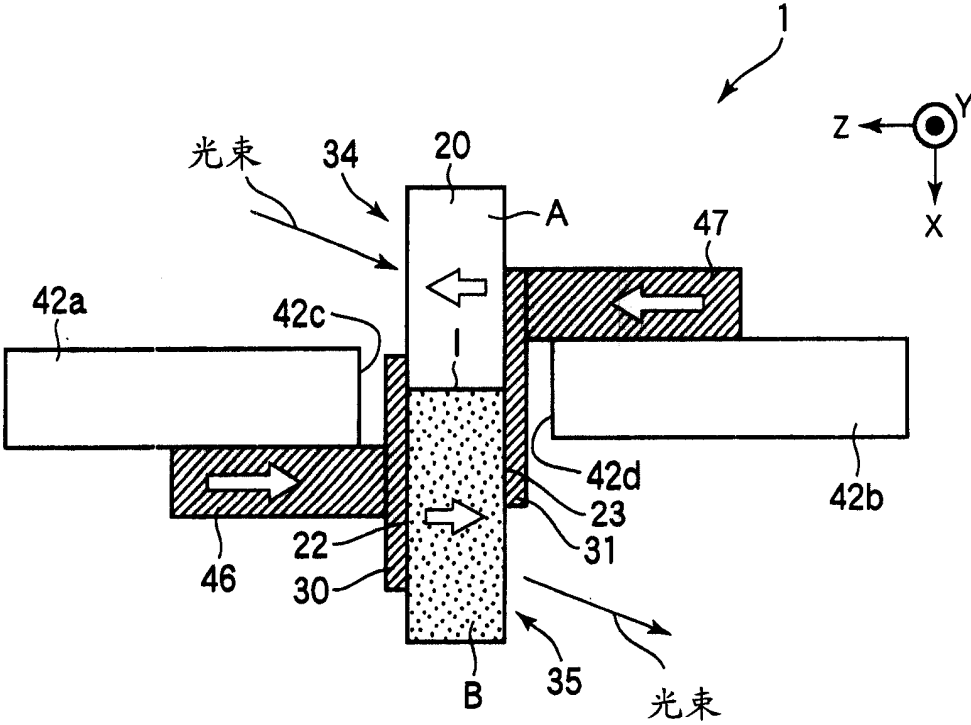


图 1

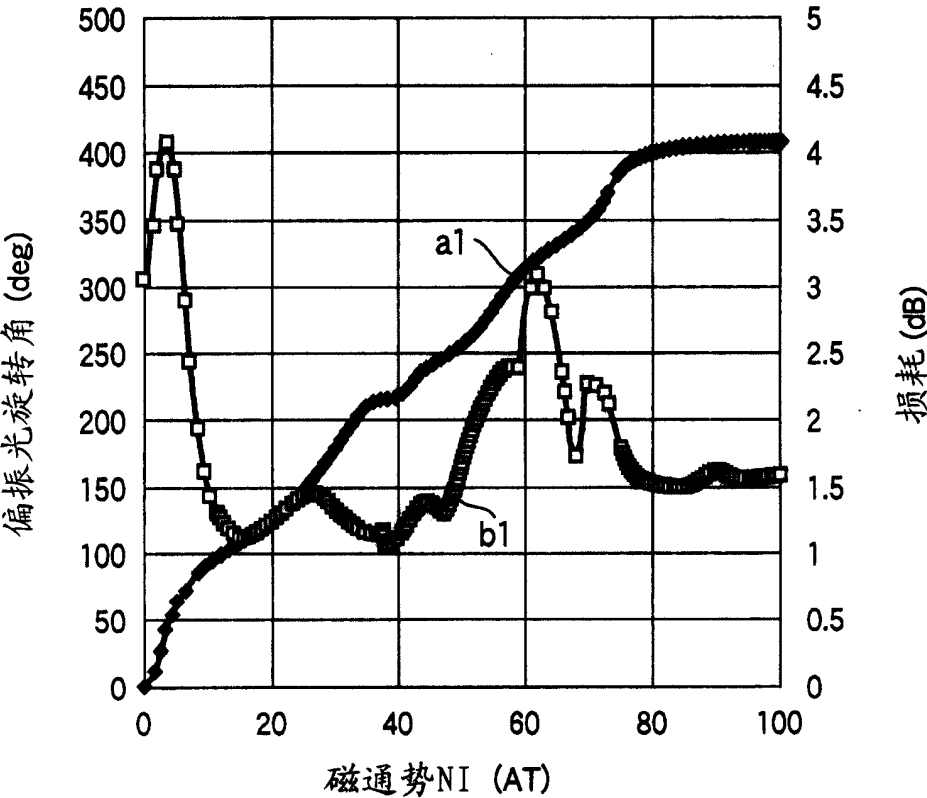


图 4

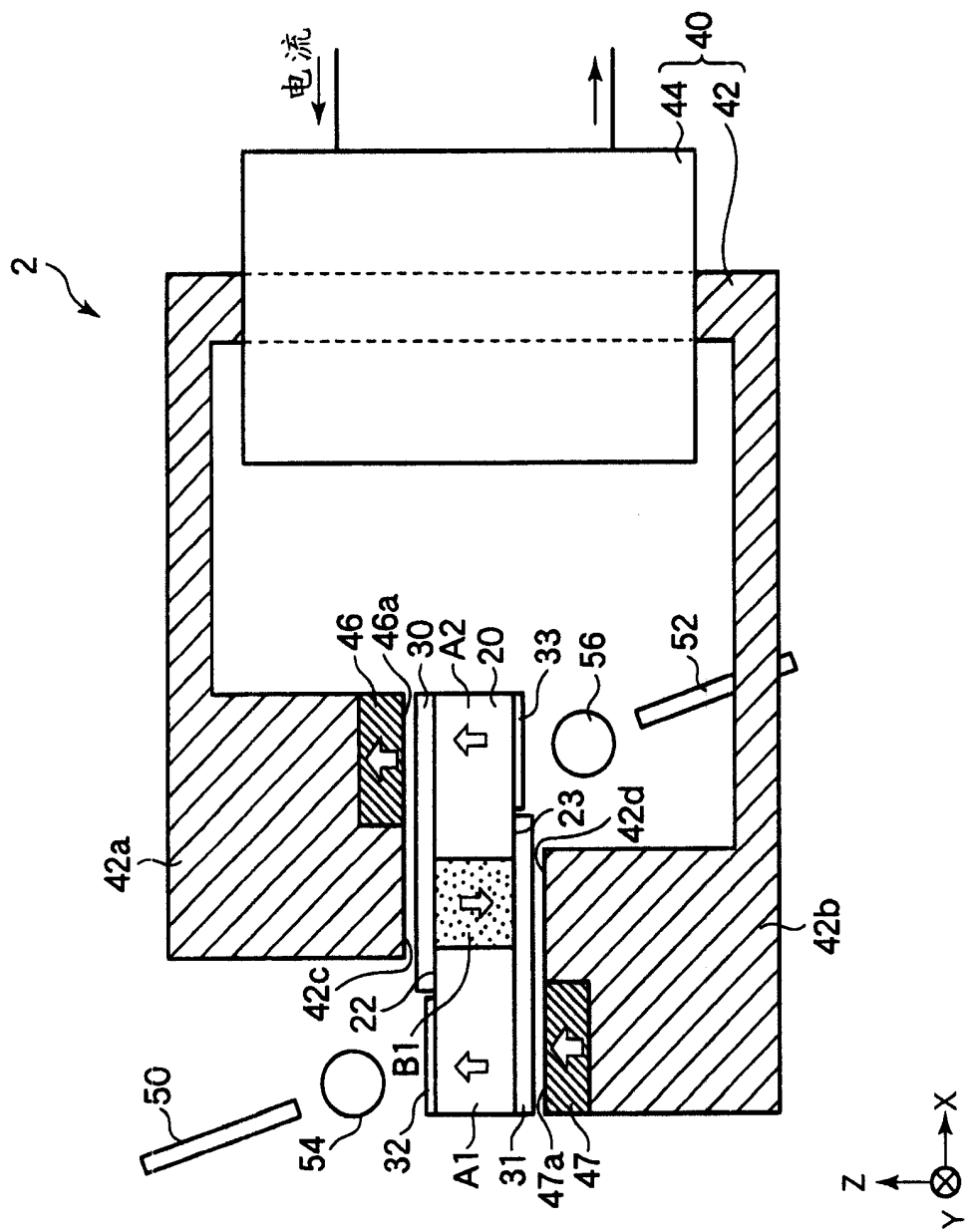


图 5

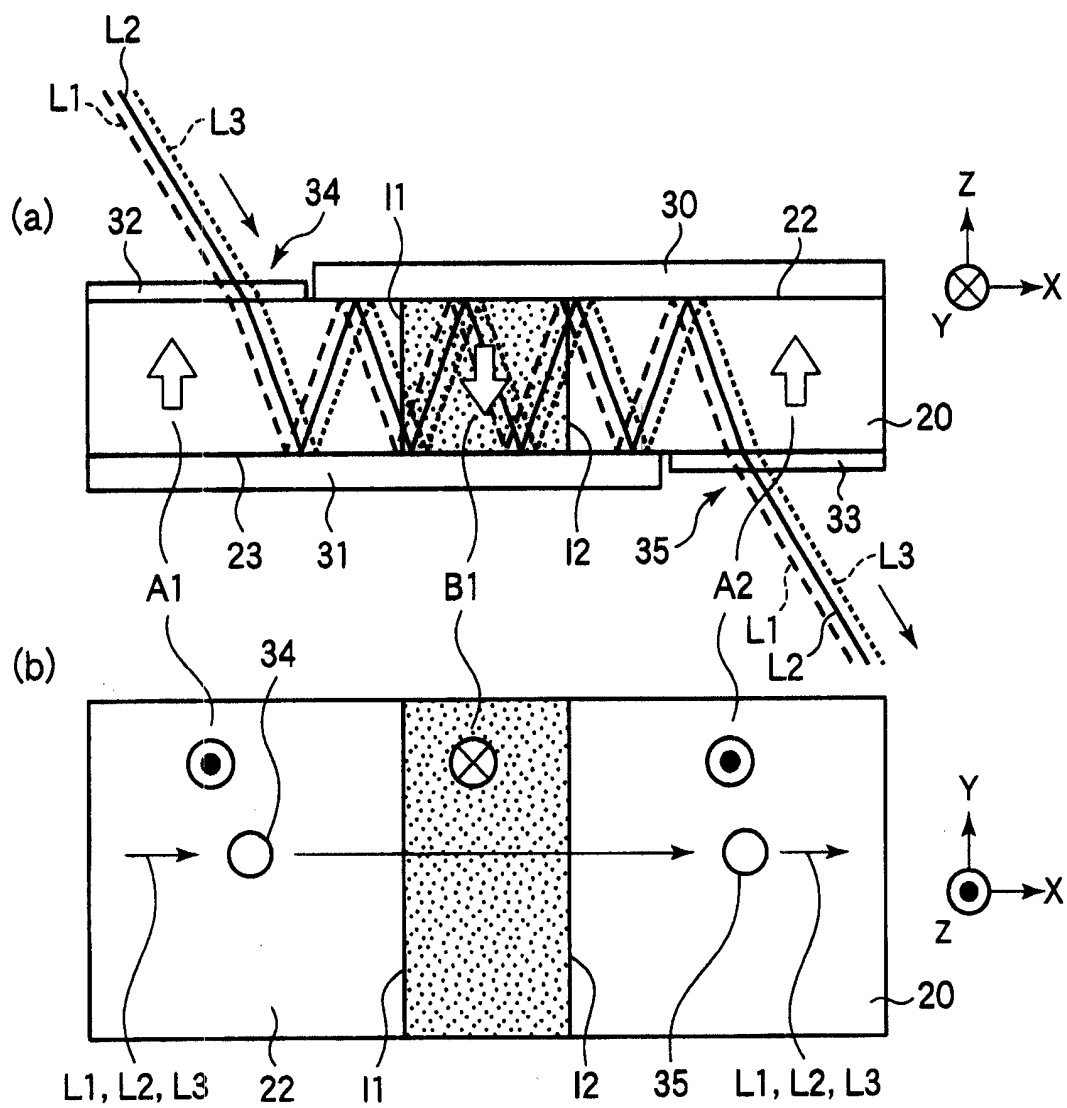


图 6

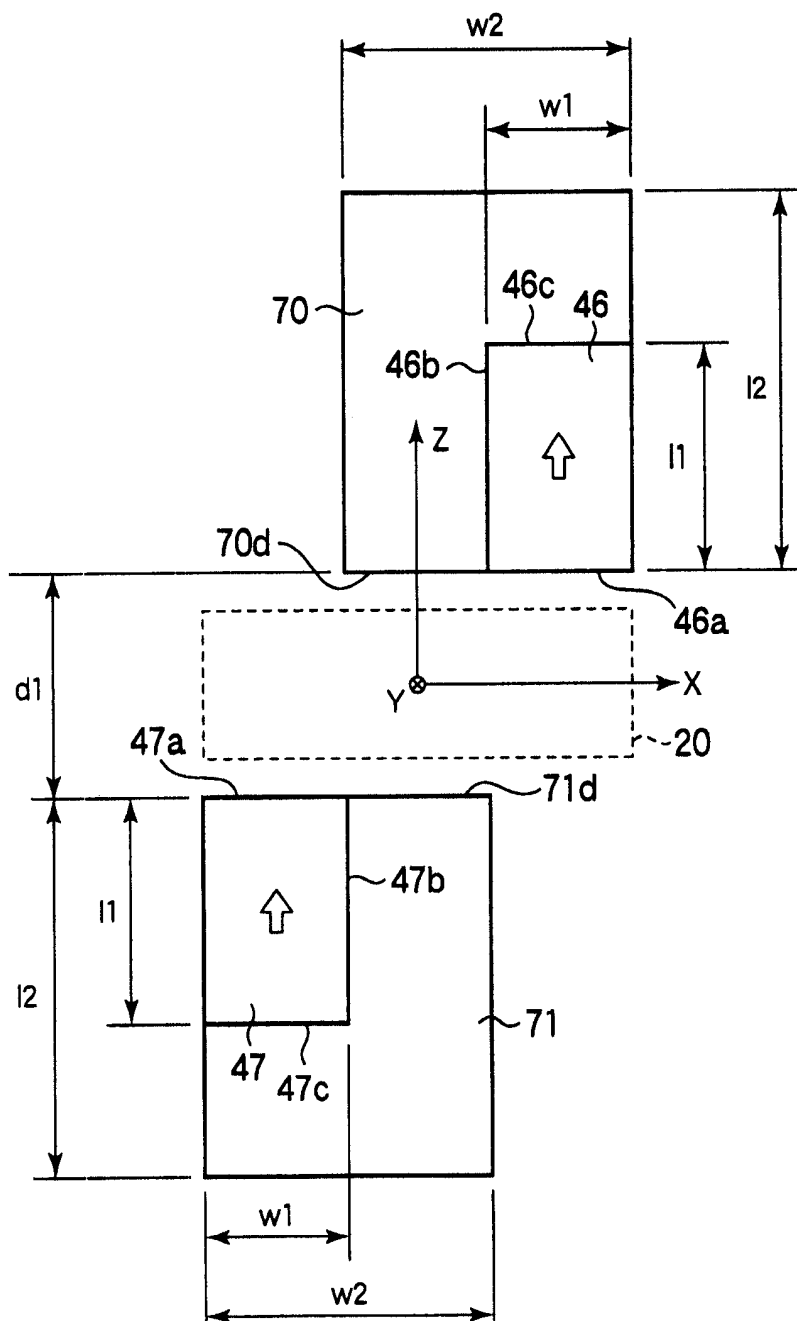


图 7

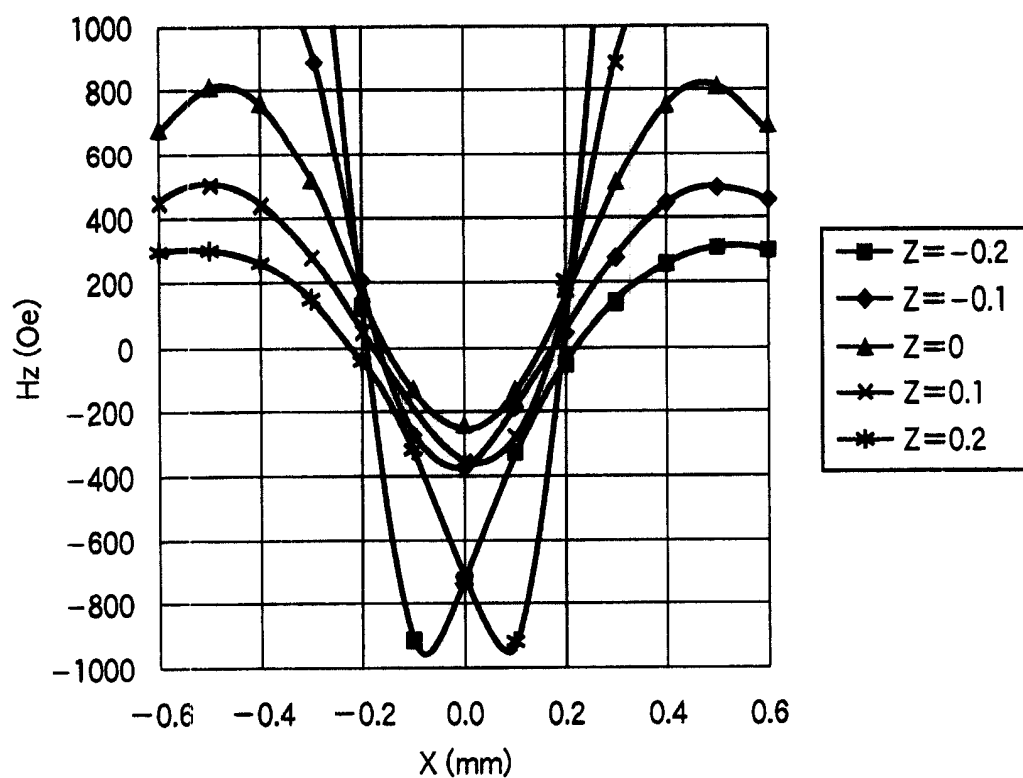


图 8

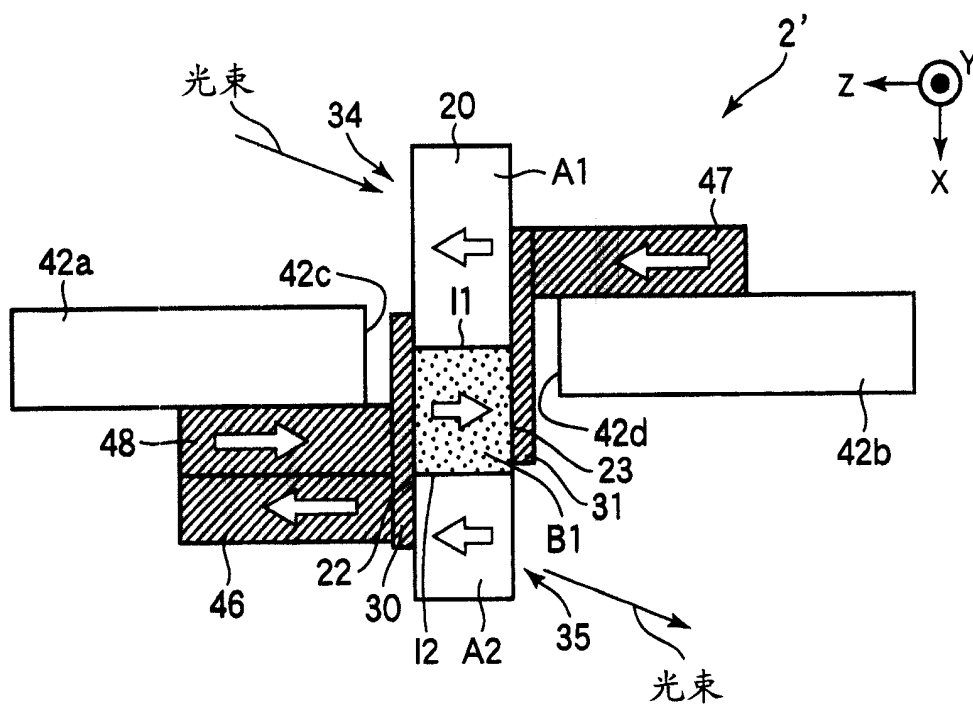


图 9

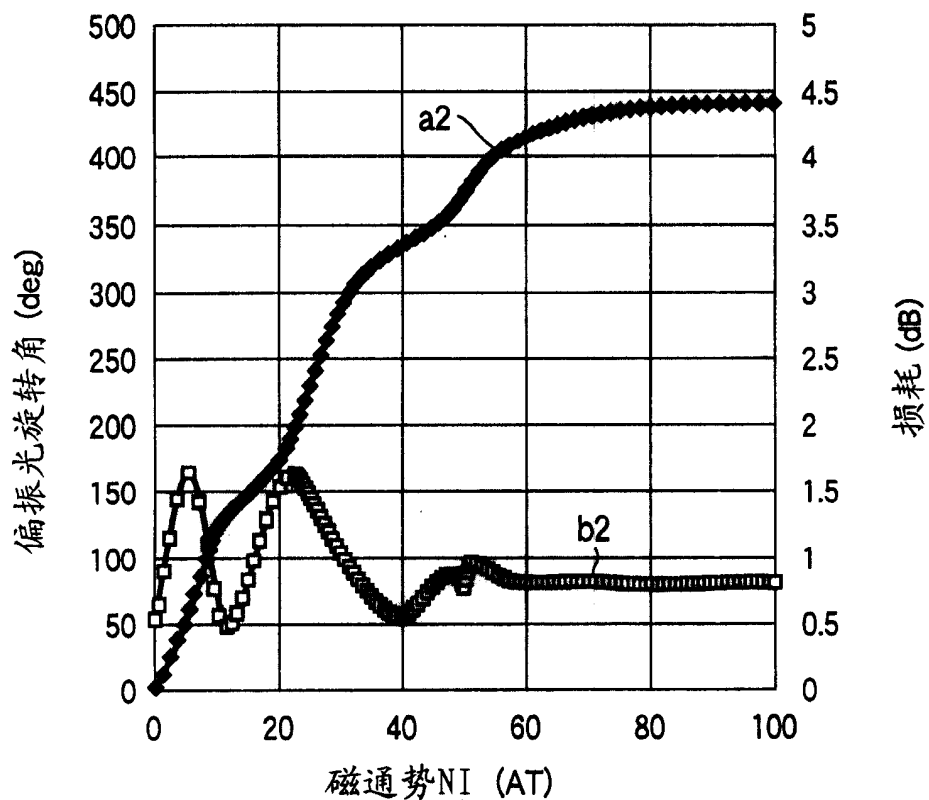


图 10

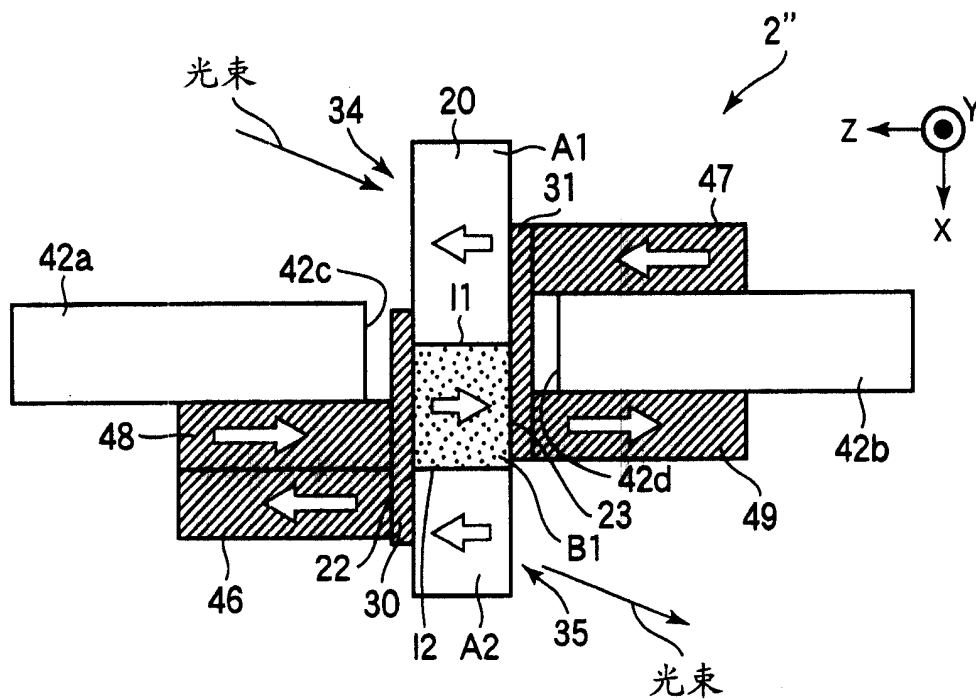


图 11

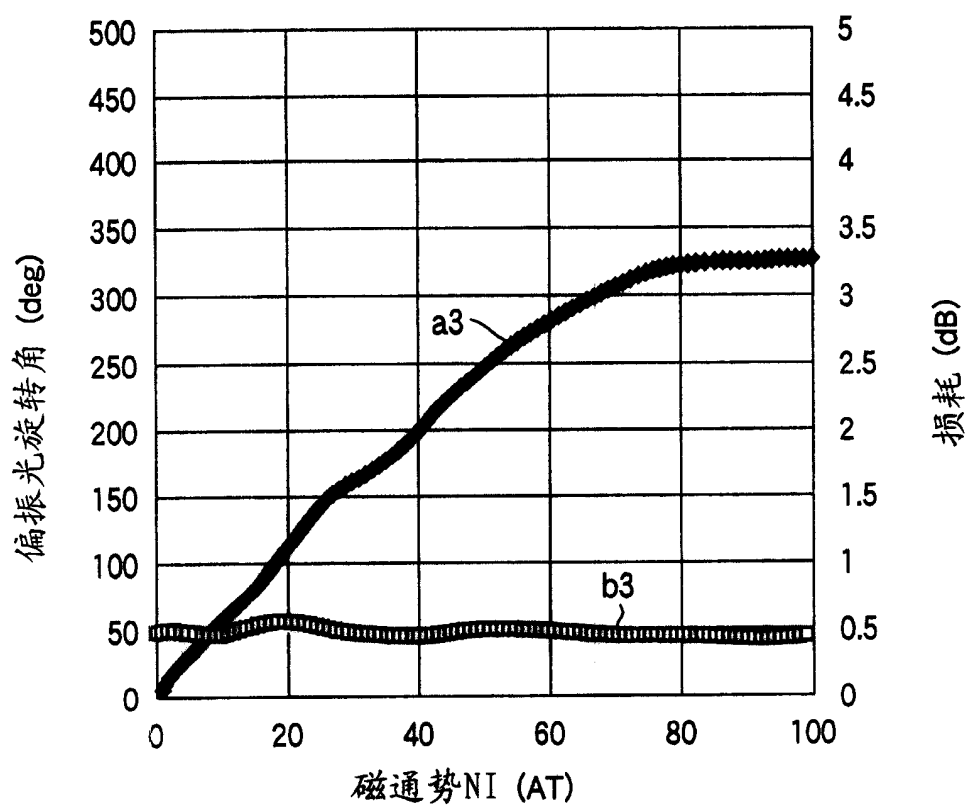


图 12

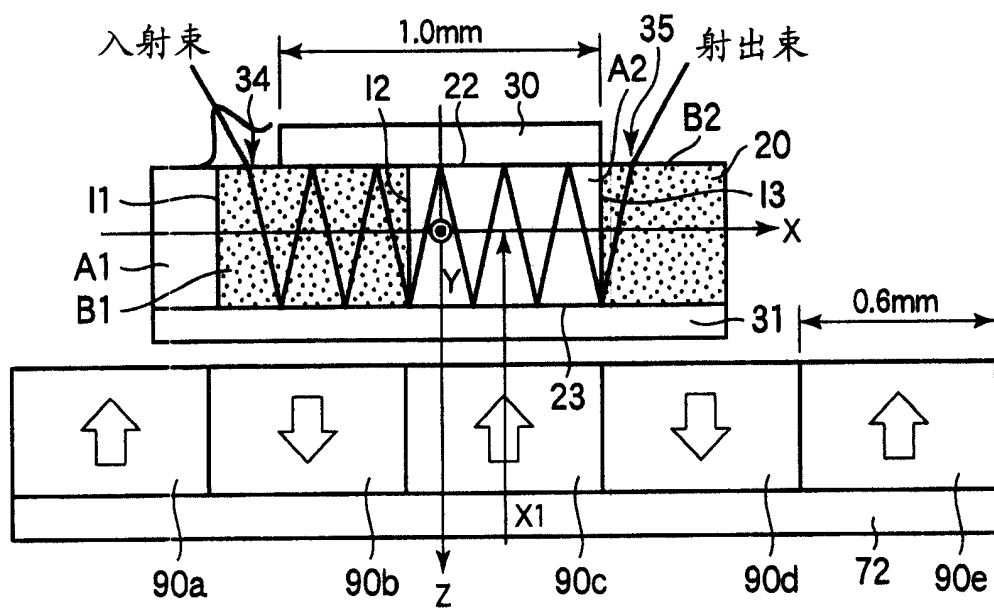


图 13

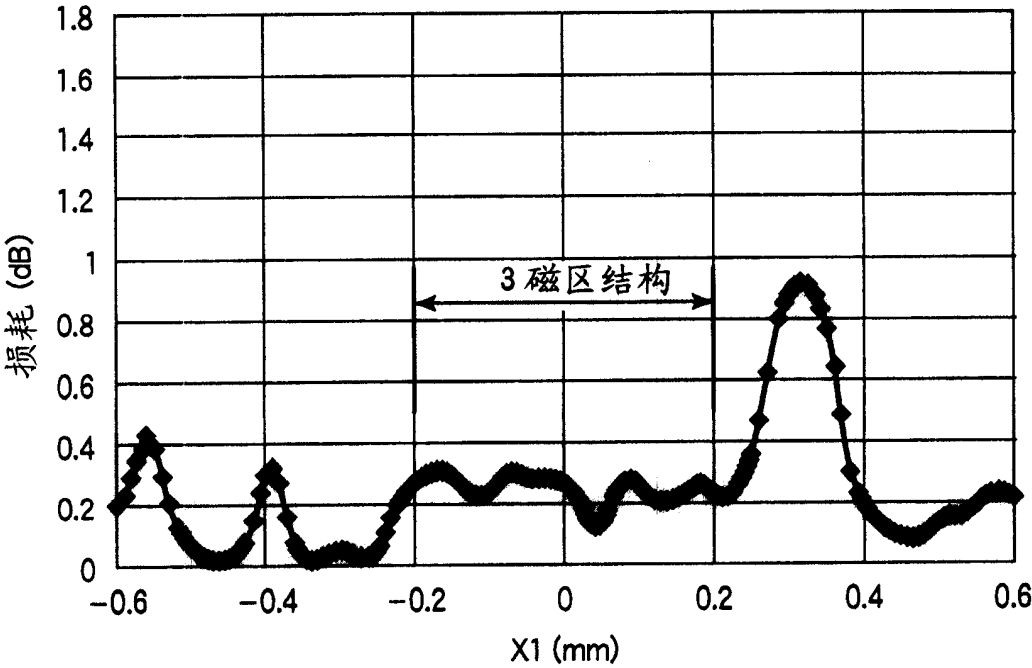


图 14

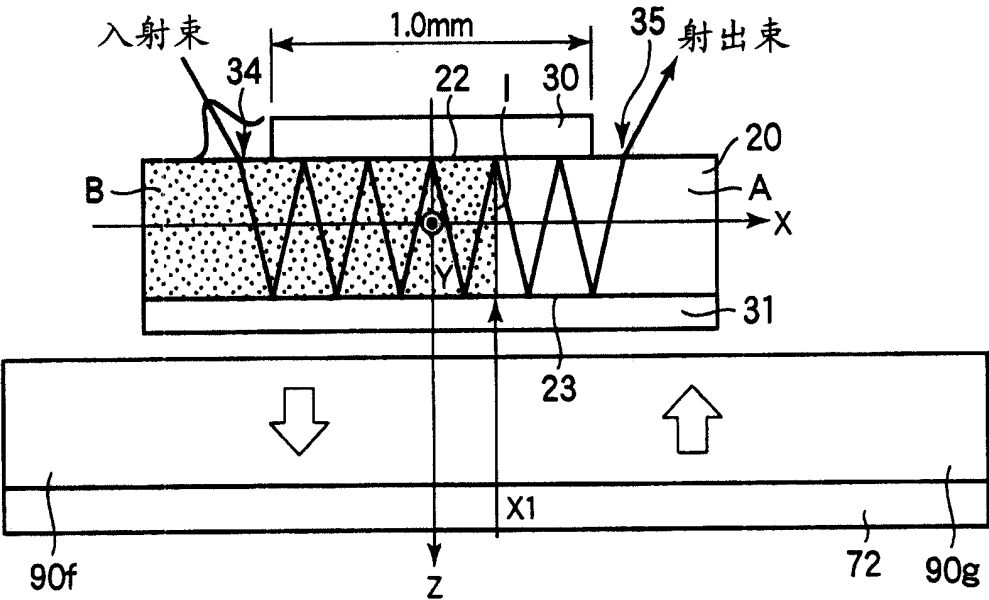


图 15

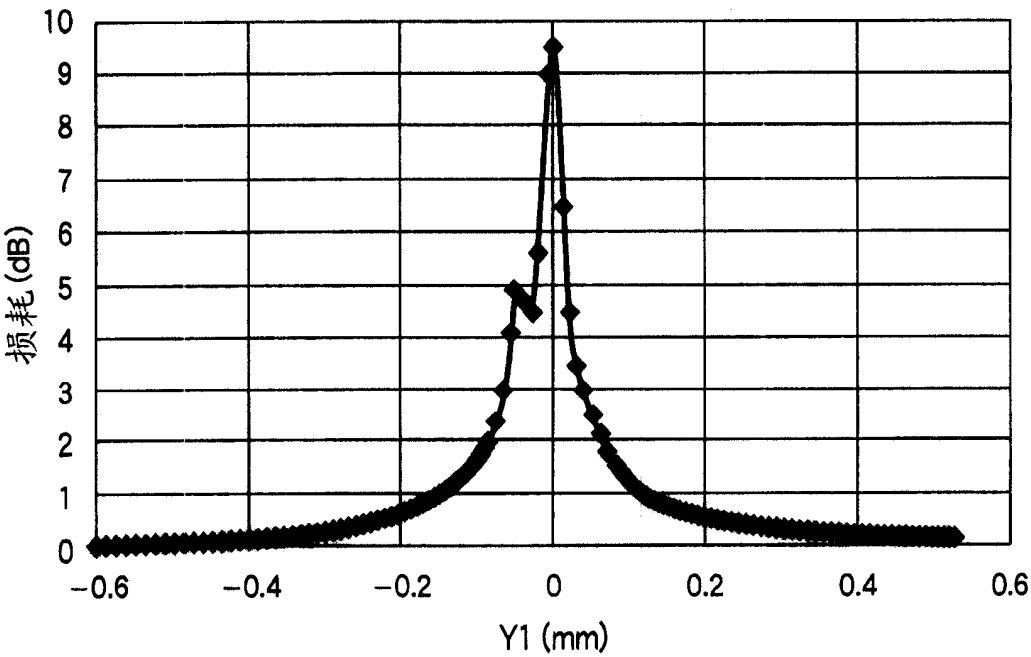


图 18

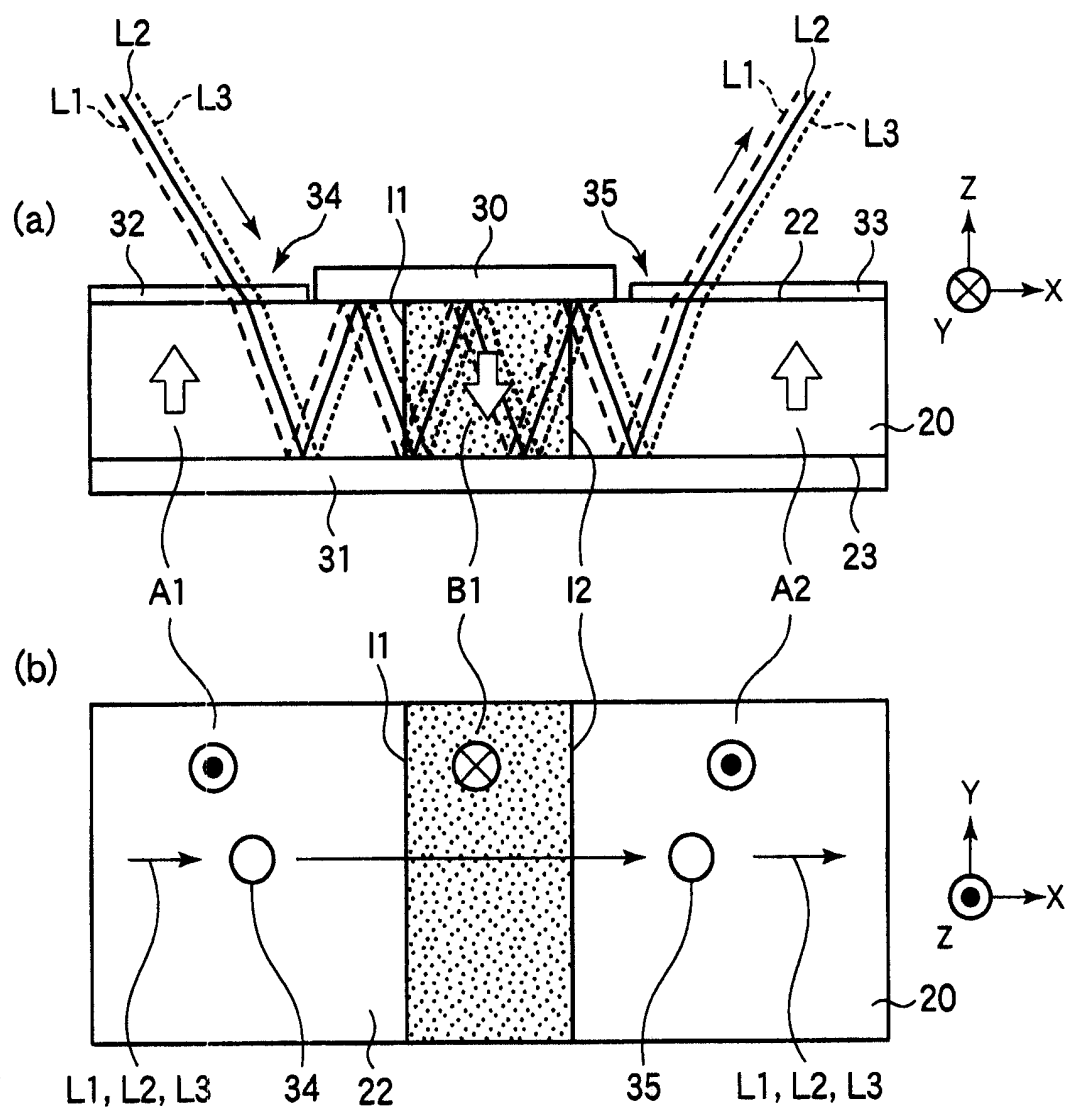


图 20

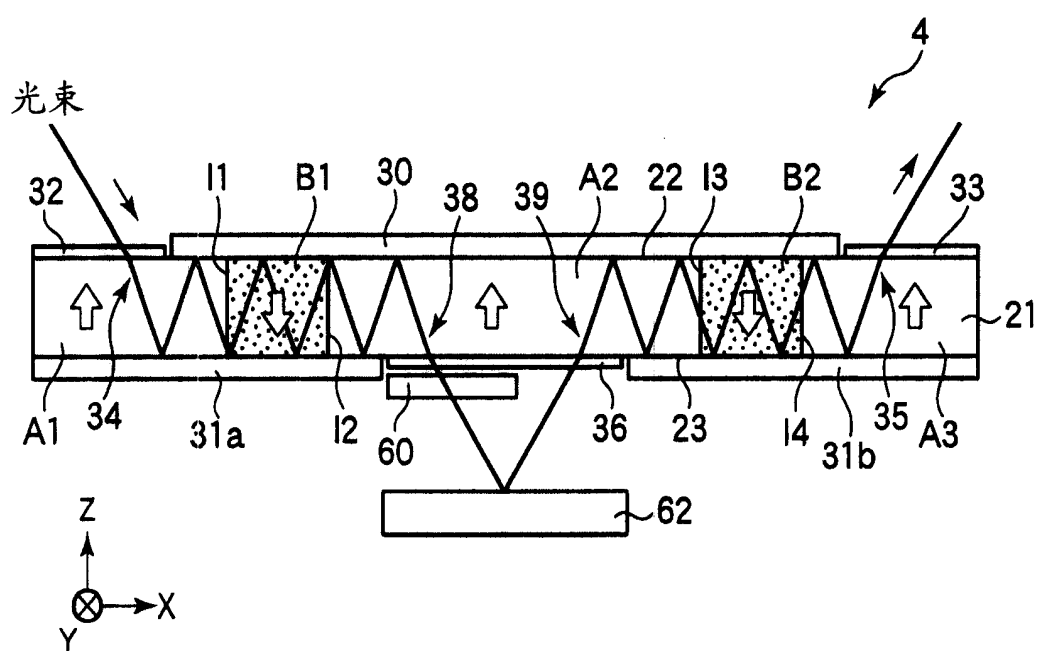


图 21

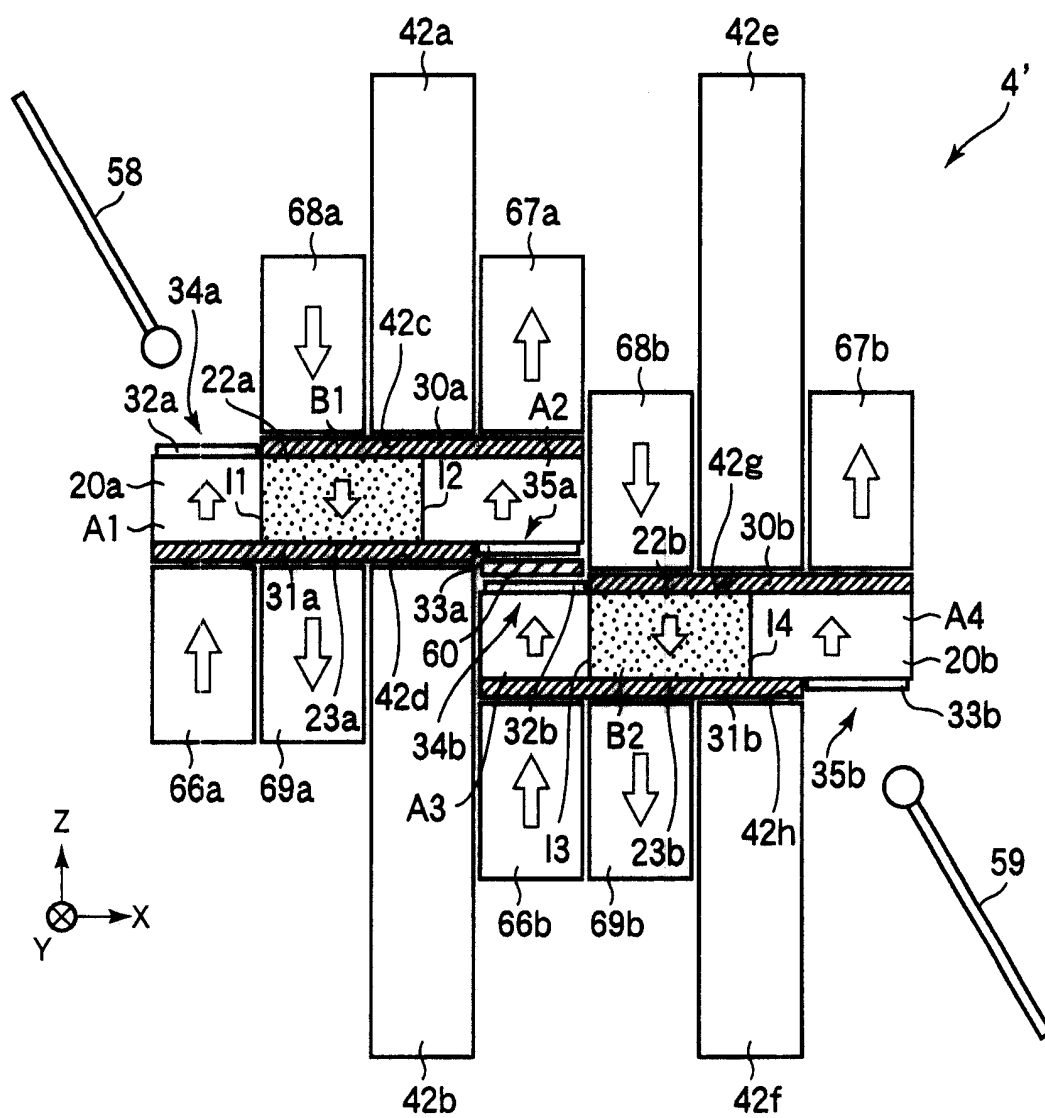


图 22

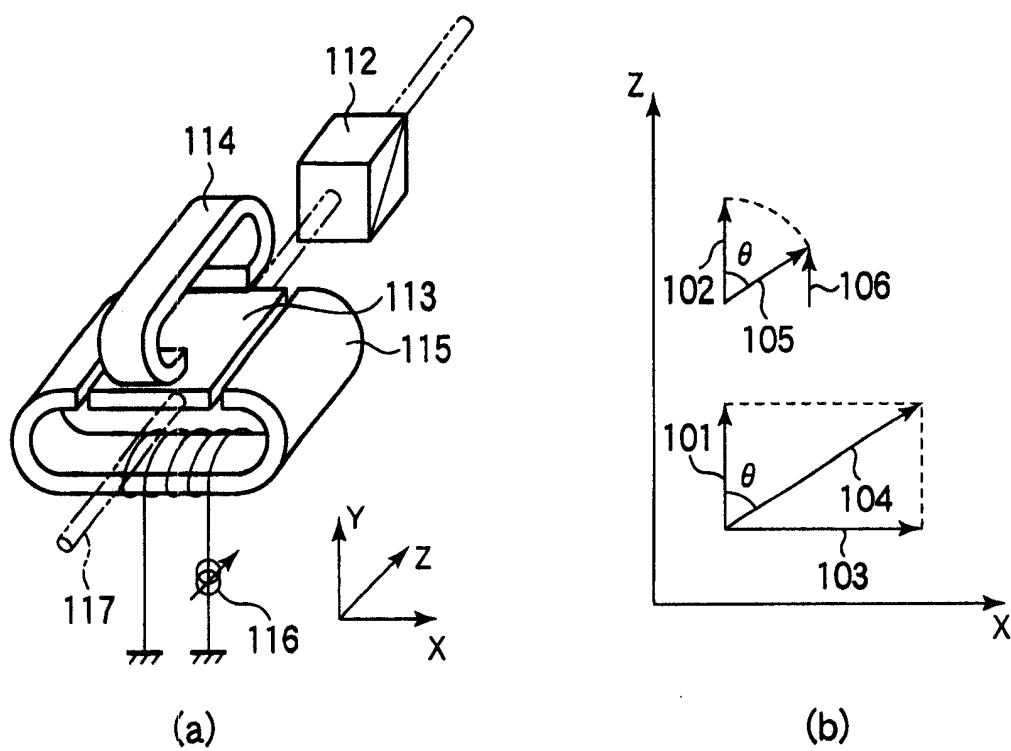


图 25