

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910138620.0

[51] Int. Cl.

H01P 1/203 (2006.01)

H01P 3/08 (2006.01)

H01Q 13/08 (2006.01)

H01Q 15/00 (2006.01)

H01Q 1/38 (2006.01)

G02B 26/00 (2006.01)

[43] 公开日 2009 年 10 月 21 日

[11] 公开号 CN 101562267A

[22] 申请日 2005.4.11

[21] 申请号 200910138620.0

分案原申请号 200580000325.9

[30] 优先权

[32] 2004.4.21 [33] JP [31] 2004-125195

[71] 申请人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 寒川潮 藤岛丈泰 菅野浩
崎山一幸

[74] 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

代理人 龙 淳 邸万杰

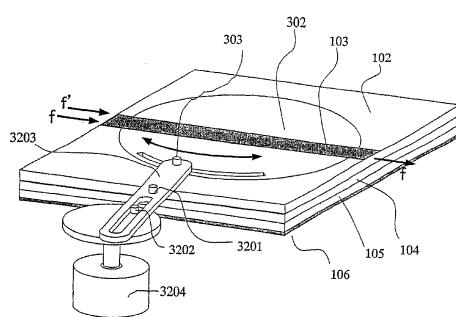
权利要求书 2 页 说明书 20 页 附图 28 页

[54] 发明名称

光子晶体器件

[57] 摘要

本发明提供一种光子晶体器件，其特征在于，具有：第一电介质基板，其形成有在第一表面内介电常数周期地变化的导体线路、共面线路或槽线路；第二电介质基板，其具有在第二表面内介电常数周期地变化的带状结构；和可动部分，其通过改变所述导体线路、共面线路或槽线路和所述带状结构间的相对的配置关系，使由所述导体线路、共面线路或槽线路和所述带状结构形成的光子能带结构发生变化，所述第一电介质基板和所述第二电介质基板层叠。



1. 一种光子晶体器件，其特征在于，具有：

第一电介质基板，其形成有在第一表面内介电常数周期地变化的导体线路、共面线路或槽线路；

第二电介质基板，其具有在第二表面内介电常数周期地变化的带状结构；和

可动部分，其通过改变所述导体线路、共面线路或槽线路与所述带状结构间的相对的配置关系，使由所述导体线路、共面线路或槽线路和所述带状结构形成的光子能带结构发生变化，

所述第一电介质基板和所述第二电介质基板层叠。

2. 根据权利要求 1 所述的光子晶体器件，其特征在于，在所述第一电介质基板上形成有导体线路。

3. 根据权利要求 2 所述的光子晶体器件，其特征在于，在所述导体线路的附近形成有周期性地配置的导电体层。

4. 根据权利要求 2 所述的光子晶体器件，其特征在于，所述导体线路具有周期性地设置于所述导体线路的开口部。

5. 根据权利要求 2 所述的光子晶体器件，其特征在于，所述导体线路具有周期性地设置于所述导体线路的微孔。

6. 根据权利要求 2 所述的光子晶体器件，其特征在于，所述导体线路具有周期性地设置于所述导体线路上的电介质片。

7. 根据权利要求 1 所述的光子晶体器件，其特征在于，在所述第一电介质基板上形成有共面线路。

8. 根据权利要求 7 所述的光子晶体器件，其特征在于，在所述共面线路的中央的导体上设置有周期结构。

9. 根据权利要求 7 所述的光子晶体器件，其特征在于，在所述共面线路的线路外导体上设置有周期结构。

10、根据权利要求 7 所述的光子晶体器件，其特征在于，在所述共面线路的中央的导体上设置有电介质的周期结构。

11、根据权利要求 7 所述的光子晶体器件，其特征在于，在所述共面线路的中央的导体或线路外导体的下方周期性地设置有微孔。

12、根据权利要求 1 所述的光子晶体器件，其特征在于，在所述第一电介质基板上形成有槽线路。

13、根据权利要求 12 所述的光子晶体器件，其特征在于，在所述槽线路中周期性地形成有导体。

14、根据权利要求 12 所述的光子晶体器件，其特征在于，在规定所述槽线路的端部的导体边缘上形成有周期性的结构。

15、根据权利要求 12 所述的光子晶体器件，其特征在于，在所述槽线路的线路外导体的下方周期性地形成有微孔。

16、根据权利要求 12 所述的光子晶体器件，其特征在于，在所述槽线路上周期性地设置有电介质。

光子晶体器件

本案是申请日为 2005 年 4 月 11 日、申请号为 200580000325.9、发明名称为光子晶体器件的分案申请

技术领域

本发明涉及具有可变的光子晶体结构的光子晶体器件。

背景技术

现有具有 1-3 维晶格的各种光子晶体的报告。具有最单纯结构的光子晶体由交互层叠介电常数相互不同的二种电介质薄膜制成。

现参照图 28 说明在非专利文献 1 中公开的一维光子晶体的结构。图中所示的一维光子晶体 1201 具有交互层叠的低介电常数层 1202 和高介电常数层 1203。低介电常数层 1202 和高介电常数层 1203 由可透过电磁波 1204 的介电材料制成。

在图 28 的例子中，光子晶体的单位晶格（晶格常数 a ）由一对低介电常数层 1202 和高介电常数层 1203 形成，通过多个单位晶格沿着 Z 轴方向配置，形成一维的周期结构。

以下，说明一维光子晶体 1201 的动作。

当在 Z 轴方向传播的电磁波 1204 垂直地入射在一维光子晶体 1201 的下表面时，利用电磁波 1204 的频率，不能透过一维光子晶体 1201。这样，电磁波 1204 不能透过的频带（禁止频率带）被称为光子能带间隙（PBG）。PBG 具有类似于通常的结晶内的电子能带间隙的性质，与光子晶体的结构有关。一维光子晶体是 1201 的 PBG 的频率带根据低介电常数层 1202 和高介电常数层 1203 的介电常数以及晶格常数 a 的大小而变化。

出现 PBG 的理由如下。

在一维光子晶体 1201 的低介电常数层 1202 和高介电常数层 1203 的界面上，入射的电磁波 1204 的一部分被反射，生成反射波。由于在一维光子晶体 1201 上存在多个界面，因此产生多个反射波。在电磁波

1204 的波长和晶格间隔 a 匹配，反射波以同相位重合的情况下，各个反射波不干涉和衰减地增强。在这种情况下，当沿着电磁波 1204 的传播方向，存在足够多的单位晶格时，入射的电磁波 1204 大致完全被反射。更详细地说，当从某个界面发出的反射波和从与该界面相邻的另一个界面发出的反射波之间存在的相位差为 $\pm 2\pi$ 的整数倍时，从电磁波 1204 的各个界面发出的反射波全部增强，作为光子晶体是 1201 整体，生成强的反射波。

如果配置很多个单位晶格，当光子晶体 1201 为无源回路时，根据能量守恒规律，由于透过波为 0，因此形成 PBG。

光子晶体的特征，不但在光学领域，而且在各个方面都可应用。例如，在高频波领域中，可作为改善天线的放射特性或降低线路间的串音的结构使用。

现在研究利用光子晶体改善在电介质基板上形成导电体图形的微波带天线的特性。在通常的微波带天线中，利用其强的 E 面指向性，在与电介质基板表面平行的方向上放射的电磁波的电场成分，容易与电介质基板的表面波模式结合。这样，由于容易产生对放射没有帮助的电力泄漏、在电介质基板的边缘上产生衍射波，所以天线的指向性混乱，这是一个问题。

为了解决这个问题，将光子晶体配置在天线周围是有效的。如果使 PBG 与天线的动作频率一致，则由于在与电介质基板表面平行的方向上电磁波不能传播，从而可以抑制对放射没有帮助的电力泄漏。

非专利文献：John D. Joannopoulos、Robert D. Meade and Joshua N. Winn 著，藤井寿崇、井上光辉合译“光子晶体—在型中纳入光的流动”，**コロナ出版社**，2000 年 10 月 23 日发行第一版第一次印刷，ISBN4-339-00727-7、42 页图 3.1。

发明内容

然而，在现有的光子晶体中存在晶格常数 a 不能动态变化的问题。即，不能使 PBG 的出现频率随时间变化。

本发明是为了解决上述问题而完成的，其主要目的为提供可以容易地改变 PBG 的出现频率带的光子晶体器件。

解决问题所用的方法

本发明是一种光子晶体器件，其特征在于，具有：

第一电介质基板，其具有在第一表面内介电常数周期地变化的第一晶格结构（a first lattice structure）；

第二电介质基板，其具有在第二表面内介电常数周期地变化的第二晶格结构（a second lattice structure）；和

可动部分，其通过改变所述第一晶格结构和所述第二晶格结构间的相对的配置关系，使由所述第一晶格结构和所述第二晶格结构形成的光子能带结构发生变化，

所述第一电介质基板和所述第二电介质基板层叠。

在优选实施例中，它还具有配置在与上述第一和第二电介质基板中至少一个相对的位置上的第三电介质基板。

在优选实施例中，上述第三电介质基板具有电介质层和由上述电介质层支承的导体图形。

在优选实施例中，还具有接地导体层；上述第一和第二电介质基板中至少一个位于上述第三电介质基板和上述接地导体层之间。

在优选实施例中，上述导体图形中的至少一部分起微波带线路的作用。

在优选实施例中，上述导体图形的至少一部分起微波带天线的作用。

在优选实施例中，上述可动部分可以使上述第一和第二电介质基板中的至少一个旋转。

在优选实施例中，上述可动部分使上述第三电介质基板旋转。

在优选实施例中，由上述可动部分旋转的电介质基板为圆板形状。

在优选实施例中，上述可动部分具有电动机。

在优选实施例中，上述第一和第二晶格结构分别由设在上述第一和第二电介质基板上的导体图形形成。

在优选实施例中，上述第一和第二晶格结构分别由在上述第一和第二电介质基板上形成的凹凸图形构成。

在优选实施例中，上述第一和第二晶格结构各自为一维晶格。

在优选实施例中，上述第一和第二晶格结构分别为配置在不同方

位的多个一维晶格的组合。

在优选实施例中，上述第一第二晶格结构分别包含在上述面内弯曲的曲线图形。

在优选实施例中，上述第一和第二个电介质基板具有在上述面内的每一个区域上互不相同的晶格结构。

在优选实施例中，上述第一和第二电介质基板中的至少一个具有传播电磁波的导体线路。

发明的效果

本发明的光子晶体器件，由于可以改变具有晶格结构的至少二块电介质基板的相对的配置关系，因此可以动态地控制由复合的晶格结构形成的光子能带结构。这样，可以自由地改变光子能带结构的出现的频率带。

附图说明

图 1 为表示本发明的实施例 1 的光子晶体器件的立体图；

图 2 为表示本发明的实施例 1 的光子晶体器件的晶格图形的平面图；

图 3 为示意性地表示本发明的实施例 1 的光子晶体器件的具体的结构例子的图；

图 4 为表示本发明的实施例 1 的光子晶体器件的晶格图形的平面图；(a) 表示 $(\theta_1, \theta_2) = (45^\circ, 45^\circ)$ 的情况，(b) 表示 $(\theta_1, \theta_2) = (67.5^\circ, 67.5^\circ)$ 的情况，(c) 表示 $(\theta_1, \theta_2) = (22.5^\circ, 22.5^\circ)$ 的情况；

图 5 为表示图 3 所示的晶格图形与给予高频信号的介入损耗的频率的依存性的图形；

图 6 为本发明的实施例 1 的一维晶格基板的立体图；

图 7 为表示本发明的实施例 1 的一维晶格基板的另一个例子的立体图；

图 8 为表示本发明的实施例 1 的光子晶体器件具有的二维晶格图形的微细结构的平面图；

图 9 为表示本发明的实施例 1 的光子晶体的二维晶格图形的平面

图；

图 10 为表示本发明的实施例 1 的光子晶体的二维晶格图形的另一个例子的平面图；

图 11 为表示本发明的实施例 2 的晶格旋转机构的立体图；

图 12 为表示以手作为动力源的晶格旋转的旋转方法的立体图；

图 13 为表示本发明的实施例 3 的晶格旋转机构的立体图；

图 14 为表示本发明的实施例 4 的晶格旋转机构的立体图；

图 15 为表示本发明的实施例 5 的晶格旋转机构的立体图；

图 16 为表示本发明的实施例 6 的晶格旋转机构的立体图；

图 17 为表示本发明的实施例 7 的光子晶体器件的立体图；

图 18 为表示本发明的实施例 8 的光子晶体器件的立体图；

图 19 为表示本发明的实施例 9 的光子晶体器件的立体图；

图 20 为表示内部装有本发明的实施例 9 的光子晶体器件的装置的结构的立体图；

图 21 为表示本发明的实施例 9 的光子晶体器件的改变例子的立体图；

图 22 为表示本发明的实施例 9 的光子晶体器件的另一个改变例子的立体图；

图 23 为表示本发明的实施例 10 的光子晶体器件的立体图；

图 24 (a) (b) 和 (c) 为分别表示本发明的实施例 10 的回路基板的各种例子的立体图；

图 25 (a) (b) (c) 和 (d) 为分别表示本发明的实施例 10 的光子晶体器件的改变例子的立体图；

图 26 (a) (b) (c) 和 (d) 为分别表示本发明的实施例 10 的光子晶体器件的另一个改变例子的立体图；

图 27 为表示本发明的实施例 10 的光子晶体器件的再一个改变例子的立体图；

图 28 为表示现有的一维光子晶体的立体图。

符号说明：101 光子晶体器件；102 回路基板（第三电介质基板）；103 导体线路；104 第一晶格基板（第一电介质基板）；105 第二晶格基板（第二电介质基板）；106 接地板；301 电介质基板；302 旋转晶格；

303 枢轴；304 切槽；3101 手；3201 固定轴；3202 枢轴；3203 曲柄；3204 电动机；3301 小的直齿轮；3302 大的直齿轮；3401 蜗轮；3501 超声波马达；3601 MEMS 电动机；3602 引线接合；3603 母插件；3604 小型可变滤波器；701 天线；1301 小型基板；1302 毫米波集成电路(IC)；1303 盖；1401 共面线路；1501 槽线路；1601 一维晶格结构；1701 微孔(via hole)；1201 现有一维光子晶体；1202 低介电常数层；1203 高介电常数层；1204 电磁波。

具体实施方式

本发明的光子晶体器件具有第一电介质基板和第二电介质基板。该第一电介质基板具有在第一面内介电常数周期地变化的第一晶格结构，该第二电介质基板具有在第二面内介电常数周期地变化的第二晶格结构。

在本发明中，利用第一和第二晶格结构的组合(层叠)形成光子能带结构，还可以动态地使该光子能带结构变化。更详细地说，本发明的光子晶体器件具有可使层叠的第一晶格结构和第二晶格结构之间的相对的配置关系变化的可动部分，通过调节第一晶格结构和第二晶格结构之间的相对的配置关系，可以改变上述的光子能带结构。

在优选实施例中，第一和第二电介质基板中至少一个为可转动的状态。第一和第二电介质基板具有在表面上导体线周期地配置的一维或二维的晶格结构，但具有其他的周期的结构也可以。

在本说明书中，上述第一和第二电介质基板有时称为“第一晶格基板”和“第二晶格基板”。所谓“晶格基板”广义地包含在与表面平行的方向上，有效的介电常数周期地变化的基板。该周期可根据本发明的光子晶体器件的动作频率而规定。更详细地说，上述周期为根据光子晶体器件的使用状况，利用后述的各式决定的设计参数。该周期在动作频率的上限值上，设定为在光子晶体器件中通过的电磁波的有效传输波长的一半以下。

另外，将沿着与电介质基板表面平行的一定方向，有效的介电常数周期地变化的晶格基板称为“一维晶格基板”。在将电介质基板的表面区分为多个区域的情况下，在各个区域中，沿着不同方向，有效介

电常数周期地变化的晶格基板，在本说明书中，也称为“一维晶格基板”。

以下，参照附图，说明本发明的光子晶体器件的优选实施例。

(实施例 1)

首先，参照图 1 说明本发明的光子晶体器件的第一实施例。图 1 为表示本实施例的光子晶体器件 101 的大致结构的立体图。

光子晶体器件 101 具有层叠 4 个板状或层状的部件(以下称为“板状部件”)的结构。4 个板状部件分别为回路基板(厚度为 t1) 102、第一晶格基板(厚度为 t2) 104、第二晶格基板(厚度为 t3) 105、和接地板 106。在图 1 中表示的板状部件分别离得很开，实际上这些部件是在接近或接触的状态下配置的。

回路基板 102 具有电介质基体(电介质层)和在其上面形成的直线形的导体线路 103。第一和第二晶格基板 104、105 都具有电介质基体(电介质层)和设在一个表面上的一维晶格。接地板 106 由金属等导电性材料制成。

回路基板 102、第一晶格基板 104、和第二晶格基板 105 的厚度 t1、t2、和 t3 满足式(1)。

$$t_1 + t_2 + t_3 \ll h_{\max} = 6.74 \tan^{-1} \epsilon_r / (f \{ \epsilon_r - 1 \}^{1/2}) \quad \dots \dots \quad (1)$$

式中 f[GHz] 为本发明的光子晶体器件的动作频率的上限值，

ϵ_r —各个基板的平均介电常数。

t1、t2、t3 的上限根据上述的式(1)决定，下限由机械强度规定。当电介质基体过分的极薄时，基板的机械强度显著降低。

为了抑制介电损失造成为能量散逸，回路基板 102、第一晶格基板 104 和第二晶格基板 105 的电介质基板优选由在动作频率下介电损失低的电介质材料制成。在利用本实施例的光子晶体器件处理频率为毫米波频带的高频信号的情况下，基板 102、104、105 的电介质材料优选从氟树脂、氧化铝陶瓷、熔融石英、蓝宝石、高电阻硅、和 GaAs 中选择。为了抑制在基板 102、104、105 的表面上产生的平行平板模式的电磁波的电力泄漏，优选为，层叠的基板 102、104、105 的电介质基体都具有相同的介电常数和透磁率。

回路基板 102 的导体线路 103 作为使接地板 106 接地的微波带线

路进行动作。在图 1 的光子晶体器件中，从导体线路 103 的一端接受高频信号，从导体线路 103 的另一端输出。

现在考虑将一样的电介质层（厚度为 t_2+t_3 ）插入回路基板 102 和接地板 106 之间以代替第一晶格基板 104 和第二晶格基板 105 的情况。在这种情况下，在具有 $t_1 + t_2 + t_3$ 厚度的单一的电介质基板的上表面上形成导体线路 103，可以与在下表面上贴有接地板 106 的微波带线路同样进行动作。

与此相对，在本实施例的光子晶体器件 101 中，微波带线路的电介质部分具有光子晶体；另外，如后面详细说明的那样，通过改变第一晶格基板 104 和第二晶格基板 105 的相对的配置关系，可以可变地控制该光子晶体的带结构。

一般而言，微波带线路可以传送范围宽广的频带的信号，没有显示特别显著的波长选择性。但是，在微波带线路中传送高频信号时产生的电磁场的能量，由于主要封闭在由导体线路 103 和接地板 106 夹住的电介质层的内部，因此当在电介质部分中存在光子晶体结构时，对在导体线路 103 中流动的信号的传送状态有大的影响。利用这点，可以赋与阻止特定波长带域的高频信号传送的功能。

图 1 所示的第一晶格基板 104 和第二晶格基板 105 都具有用一尺寸的圆盘形状，可以围绕着通过基板中心的轴（以下称为“Z 轴”）转动。第一晶格基板 104 和第二晶格基板 105 都在与 Z 轴垂直的 XY 面内平行。

由于本实施例的第一和第二晶格基板 104、105 都具有周期地配置带状导体线的一维晶格结构，因此，当围绕着 Z 轴，使第一和第二晶格基板 104、105 中的一个转动时，可以使二组带状导体线形成的角度变化至任意的大小。在图 1 所示的例子中，形成第一晶格基板 104 的一维晶格结构的面（下表面），与形成第二晶格基板 105 的一维晶格结构的面（上表面）相对。

图 2 为表示利用第一和第二晶格基板 104、105 得到的复合的晶格图形的图，它是将该晶格图形投影在 XY 面上的平面图。这里，取第一晶格基板 104 的晶格间隔为 d_1 ，第二晶格基板 105 的晶格间隔为 d_2 。图中，角度 θ 为交叉的带状导体形成的角度。

如图 2 所示，当二个一维晶格交叉时，形成二维的莫尔条纹。在图 2 中，二个晶格图形交叉的点（以下称为“晶格点”）的配置周期和配置方向取决于晶格间隔 d_1 、 d_2 和角度 θ 。

在固定在第一晶格基板 104 上的垂直坐标系中，各个晶格向量 a_1 、 a_2 分别由下式给出。

$$a_1 = (d_2 / \sin \theta, 0)$$

$$a_2 = (d_1 / \tan \theta, d_1)$$

各个晶格向量的大小 $|a_1|$ 和 $|a_2|$ 由下式给出。

$$|a_1| = d_2 / \sin \theta$$

$$|a_2| = d_1 / \sin \theta$$

图 2 所示的晶格图形与具有晶格常数 $|a_1|$ 、 $|a_2|$ 的二维斜方晶格相当。

在光子晶体的晶格点和电磁场进行相互作用的情况下，由于光子晶体的平移对称性，磁场分布可用 Bloch 函数表示。其波数向量在逆晶格空间中具有以与 a_1 、 a_2 对应的逆晶格向量为单位的平移对称性。

在均匀的电介质基板上形成的微波带线路上传送的高频信号的波数向量，与在相同频率下在自由空间中传播的电磁波的波数向量之比，除非电介质基板与频率有依存性，就不会与频率有强的依存性。但是，当电介质基板中附加光子晶体的晶格结构时，由于产生波数向量的平移对称性，波数向量之比与频率有强的依存性并与方向有依存性。但是，通过在晶格点和微波带线路上传播的电磁场的相互作用，由各个晶格点产生散射波，当这些散射波满足同相共振条件（Bragg 反射条件）时，则形成该波数向量下的电磁波的传送为不可能的不可传输频带，即光子能带间隙（PBG）。

PBG 的频率域取决于在微波带线路上传播的高频信号所形成的电磁场和晶格点（单位晶格）的相互作用的大小。这种相互作用越大，作为结果散射波强度越强的话，就可在越宽广的频率域中产生 PBG。

PBG 的频率域取决于逆晶格空间的平移对称性。该对称性由晶格结构决定。由于这样，通过改变晶格结构，可以改变 PBG。如上所述，通过改变第一晶格基板 104 和第二晶格基板 105 的相对的配置关系（典型地是角度 θ ），可以改变晶格结构。

在本实施例中，位于不同高度的二层晶格结构复合，形成光子晶体结构，但二层晶格结构不必要互相连接。即，二个晶格面的间隔 g 可在满足以下关系的范围内自由地设定。

$$0 \leq g \leq h_{\max} - (t_1 + t_2 + t_3) \cdots \cdots (2)$$

设定的方法是首先从式(1)的右边估计基板的全体厚度的上限值 h_{\max} 。其次，从机械强度决定 t_1 、 t_2 、 t_3 。最后由式(2)的右边决定 g 的上限值，可以决定适当的 d 。例如，在使用氧化铝基板的情况下，在处理频率为 30GHz 的高频信号的状态下，成为如下这样。

首先，由于 $h_{\max} \approx 1.1\text{mm}$ ，取 $(t_1 + t_2 + t_3)$ 的上限值为 $600\mu\text{m}$ 。当考虑氧化铝基板的机械强度时， t_1 、 t_2 、 t_3 都必需为 $150\mu\text{m}$ 。因此，二层晶格面间隔（交叉部分的间隔）设定在 0 mm 以上 $150\mu\text{m}$ ($=600\mu\text{m}-150\mu\text{m} \times 3$) 以下的范围内。

（晶格基板的结构例子）

其次，参照图 3，说明形成光子晶体结构的晶格基板。

在本实施例中使用的电介质基板由比介电常数为 2.17，介质损耗角正切为 0.001 的电介质材料制成。微波带线路的电介质层的合计厚度 $(t_1 + t_2 + t_3)$ 设定为 $127+127\mu\text{m}$ 。上部层的厚度 $127\mu\text{m}$ 为回路基板 102 的厚度 t_1 和第一晶格基板 104 的厚度 t_2 合计的值。下部层的厚度 $127\mu\text{m}$ 与第二晶格基板 105 的厚度 t_3 相等。另外，在图 3 中，为了简单，没有画出接地板，另外，晶格图形的厚度也忽略了。

晶格基板 104、105 的晶格线宽度（导体线路的宽度）均为 0.3mm ，晶格常数 d_1 、 d_2 都设定为 1mm (=带宽度 $0.3\text{mm} +$ 晶格间隔 0.7mm)。另一方面，回路基板 102 上的导体线路 103 的宽度设定为 0.8mm ，使阻抗为 50Ω 。这些导体线路都是利用照相制版技术，在厚度为 $18\mu\text{m}$ 的铜箔上作出图形而形成的。

导体线路 103 的长度方向和第一晶格基板 104 上的晶格方向之间的角度为 θ_1 ，导体线路 103 的长度方向和第二晶格基板 105 上的晶格方向之间的角度为 θ_2 。这时，可以利用二个角度的组 (θ_1 、 θ_2) 规定晶格图形。

图 4(a) 表示 $(\theta_1, \theta_2) = (45^\circ, 45^\circ)$ 的晶格图形，图 4(b) 表示 $(\theta_1, \theta_2) = (67.5^\circ, 67.5^\circ)$ 的晶格图形，图 4(c) 表示 $(\theta_1, \theta_2) = (0^\circ, 0^\circ)$ 的晶格图形。

1、 $(\theta_1, \theta_2) = (22.5^\circ, 22.5^\circ)$ 的晶格图形。

利用电磁场分析求图 4(a) ~ (c) 所示的配置的光子晶体的特性。分析是利用 Zeland Software Inc. 公司制的电磁场分析仿真器 IE3DRelease10 进行的。使用具有图 3 所示尺寸的基板结构(平面尺寸为: 5mm×10mm)作为分析模型。进行计算时必要的网格(mesh)分割数设定为 20 个/1 波长。该“1 波长”等于在用与构成电介质基板的电介质相同的电介质充满的空间中,以 50GHz 传输的电磁波的波长(约为 3.4mm)。

图 5 为表示在形成图 4(a) ~ (c) 所示的各个晶格图形的光子晶体器件的导体线路 103 中求出的介入损耗(Insertion loss)与频率的依存性的图。

从图 5 中可看出,存在介入损耗相对高的频率域,该频率域因晶格图形不同而变化。介入损耗相对高的频率域与 PBG 对应。

如图 5 所示,与 $(\theta_1, \theta_2) = (45^\circ, 45^\circ)$ 情况的 PBG 比较, $(\theta_1, \theta_2) = (67.5^\circ, 67.5^\circ)$ 情况下的 PBG 向低频侧偏移。另外,与 $(\theta_1, \theta_2) = (67.5^\circ, 67.5^\circ)$ 情况下的 PBG 比较, $(\theta_1, \theta_2) = (22.5^\circ, 22.5^\circ)$ 情况下的 PBG 向低频侧偏移。

这是由于在导体线路 103 中传输的高频信号感受的光子晶体的晶格间隔按 $(\theta_1, \theta_2) = (45^\circ, 45^\circ) \rightarrow (67.5^\circ, 67.5^\circ) \rightarrow (22.5^\circ, 22.5^\circ)$ 的顺序增大引起的。PBG 的中心具有光子晶体的晶格间隔与高频信号的半波长相当的频率。

将图 4(b) 的晶格图形与图 4(c) 的晶格图形比较可看出,如果除去晶格方位不同的点,则 $(\theta_1, \theta_2) = (67.5^\circ, 67.5^\circ)$ 的晶格图形和 $(\theta_1, \theta_2) = (22.5^\circ, 22.5^\circ)$ 的晶格图形形成相同的光子晶体。但是,如图 5 所示,PBG 在大不相同的频率带上出现。

一般而言,结晶中的波数与在逆格晶空间中的波传播方向关系很大。这是由于相对于晶格的导体线路 103 的方向决定波(高频信号)的传送方向,从而产生上述不同。因此,即使第一晶格基板和下侧一维晶格基板的相对的配置关系固定后,通过改变对于该二个基板的导体线路 103 的方向,可以动态和适当地改变 PBG。

第一晶格基板 104 和第二晶格基板 105 不必要接触。在第一晶格

基板 104 的下表面和第二晶格基板 105 的上表面之间存在另一个电介质层也可以。

在图 1 所示的例子中，第一晶格基板 104 的晶格图形在电介质基体的下表面上形成，但该晶格图形在电介质基体的上表面上形成也可以，在上表面和下表面二者上形成也可以。另外，接地板 106 不必要由可与第二晶格基板 105 分离的部件构成，接地板 106 固定在第二晶格基板 105 的下表面上也可以。

(晶格基板的另一个结构例子)

图 6 表示可在本发明的光子晶体器件中使用的晶格基板的另一个例子。该一维晶格基板的表面上具有周期性的介电常数调制结构。该介电常数调制结构为在介电常数 ϵ_1 的电介质基板 107 的上表面上作出以一定周期并排的带状槽，利用介电常数为 ϵ_2 的材料填埋该槽制成的。图 7 表示在电介质基板 107 的槽内部没有填埋的晶格基板的例子。

图 8 为表示晶格图形的另一个例子的平面图。该晶格图形，除了基本的周期性配置以外，还有具有更高的空间频率的微细结构。图 8 表示通过将第一晶格基板 104 的晶格图形和第二晶格基板 105 的晶格图形重合得出的晶格图形。

由于 PBG 的频率由晶格向量决定，因此即使有微细结构，如果晶格向量不变，则 PBG 的出现频率带不会产生大的变化。通常的结晶的单位晶格内的原子分布决定 X 射线衍射实验的 Laue 斑点的结构因子。同样，通过在光子晶体中设置微细结构，可以改变 PBG 的带域宽度或接近 PBG 的频率带的波数等的“微细结构”。

图 9 为表示晶格图形的另一个例子。该晶格图形由曲线的周期性配置而构成。在这种情况下，光子晶体的晶格的对称性具有在电介质基板的面内分布。例如，可以改变 PBG，使实际的结晶带结构可通过加在结晶上的变形而变化。在使用具有图 9 所示的晶格图形的电介质基板形成的光子晶体中，作为表现该状态的变量，除了二个晶格向量以外，还有晶格变形分布的方位和位置。晶格变化的分布和方位的控制，不仅是通过使第一晶格基板 104 和第二晶格基板 105 之间的相对的配置关系“旋转移动”，而且还通过“平行移动”调节来进行。

图 10 是表示晶格图形的又一个例子的平面图。该晶格图形具有与

区域相应的不同的晶格结构。这样，通过使用具有晶格结构的电介质基板，可以形成“多结晶性”的光子晶体。

发信器和频率合成器等必需要有在多个频率带进行动作的元件混合存在的高频回路。在这种高频回路中，优选将在各个频率带中动作的回路部位配置在该动作频率带上发现 PBG 的结晶区域中。这样，由于可阻止通过电介质基板表面的各个频率成分的泄漏，可以动态地实现高的绝缘特性。

（实施例 2）

以下，参照图 11，说明本发明的光子晶体器件的第二实施例。本实施例的光子晶体器件，具有改变图 2 所示的“角度 θ ”的可动部分（可动机构）。

在本实施例中，矩形的第二晶格基板 105 和接地板 106 作成一体，与回路基板 102 一起不动。这些部件固定在图中没示出的框体中，只是第一晶格基板 104 可以旋转。

第一晶格基板 104 分成作出图形开口部的电介质基板 301、和配置在电介质基板 301 的开口部内的圆盘形的旋转晶格 302。电介质基板 301 的厚度与旋转晶格 302 的厚度相等，旋转晶格 302 的电介质基板部分优选由与形成电介质基板 301 的电介质材料相同的电介质材料制成。

电介质基板 301 的开口部的内径比旋转晶格 302 的外径大些，可使旋转晶格 302 平稳地旋转。在旋转晶格 302 的上表面上有枢轴 303。在回路基板 102 上作出使该枢轴 303 贯通的切槽 304。切槽 304 的槽宽比枢轴 303 的外径大，随着旋转晶格 302 的旋转，枢轴 303 可在圆周的一部分上移动，这样就规定了切槽 304 的形状。

通过手动或利用外部驱动源，在横方向压紧上部从切槽 304 露出的枢轴 303，可使枢轴 303 沿着切槽 304 的内壁面滑动，这时，根据枢轴 303 的运动，可使旋转晶格 302 围绕 Z 轴转动。

这样，当使旋转晶格 302 旋转时，由第一晶格基板 104 和第二晶格基板 105 形成的晶格图形（图 2）的平移对称性发生改变。随之而来的是，由第一晶格基板 104 和第二晶格基板 105 构成的光子晶体的结构动态地变化。例如，当调整对于高频信号的导体线路 103 的通过特性时，当利用枢轴 303 使旋转晶格 302 转动时，可使 PBG 的出现频率带

在所希望的范围内变化。

采用具有这种结构的光子晶体器件，当具有频率 f 的信号和具有频率 f' 的不要的信号二者输入导体线路 103 中时，通过使旋转晶格 302 旋转，可使 PBG 的出现频率与 f' 重合。当进行这种调节时，利用 PBG 的动作，可以取出除去了不要信号的信号。

在通信装置中内置有发信器等非线性元件，而由该非线性元件产生的不要信号的发生频率和强度，每个制品上都有偏差。因此，为了保证通信品质的精度，当制造通信装置时，必需对每个通信装置进行适当除去不要信号的调整。每个装置中产生的特性偏差，在处理毫米波带的高频信号情况下特别大，这就是毫米波带的通信设备的制造成本增大的原因。

当使用本发明的光子晶体器件作为可变滤波器，插入高频回路中时，由于光子晶体结构可变，因此在与各个装置相应的不同的频率域中，容易除去不要的信号。这样，在为了在装置制造时进行初期调整，使光子晶体结构变化的情况下，用手动进行旋转晶格 302 的驱动已足够。图 12 示意性地示出用手 3101 进行旋转晶格 302 的旋转的情况。

(实施例 3)

近年开发了利用一台通信设备进行多个频率带的信号的发送和接收的多模式终端。在这种终端中，根据动作模式的不同，回路中产生的不要信号的出现频率变化。因此，优选为根据动作模式，可动态和适当地使 PBG 的出现频率带变化。在这种情况下，在内部装有本发明的光子晶体器件的装置发生动作中，要求可动态地改变该光子晶体结构。这种情况下，优选不用手动，而利用电动机等驱动元件驱动旋转晶格 302。

以下，参照图 13 说明本发明的光子晶体器件的第三实施例。图 13 表示具有以电动机作为动力源的旋转机构的光子晶体器件的实施例。本实施例的结构，除了旋转机构外，与图 11 所示的光子晶体器件的结构相同。由于这样，以下只说明本实施例的旋转机构。

如图 13 所示，在本实施例中，与电动机 3204 的旋转轴偏心的枢轴 3202 安装在电动机 3204 上。枢轴 3202 通过曲柄 3203 与枢轴 303 连接。在曲柄 3203 的中心附近设有固定轴 3201。当电动机 3204 旋转

给定的角度时，枢轴 3203 的位置变化，使曲柄 3203 围绕着轴 3201 转动。由于曲柄 3203 的转动，使枢轴 303 的位置变化，因此一维晶格基板旋转。晶格图形的旋转角度的控制精度由枢轴 303 的控制精度决定。希望电动机 3204 以高的精度控制旋转角度。作为这种电动机优选为脉冲电动机等步进电动机。

当利用这个机构时，枢轴 303 一个往复运动所需要的电动机 3204 的旋转数（以下称为“减速比”）为 1。由于这样，可以高速地进行图 11 所示的旋转晶格 302 的定位。

（实施例 4）

以下，参照图 14 说明本发明的光子晶体器件的第 4 个实施例。图 14 表示具有电动机作为动力源的旋转机构的光子晶体器件的另一个实施例。本实施例的结构，除了旋转机构以外，与图 11 所示的光子晶体器件的结构相同。由于这样，在以下只说明本实施例的旋转机构。

在本实施例中，小的直齿轮 3301 与电动机 3204 连接。大直齿轮 3302 通过枢轴 303，固定在旋转晶格 302 上。大直齿轮 3302 与小直齿轮 3301 接合。

当采用这种机构时，电动机 3204 的旋转运动通过大的直齿轮 3302，变换为旋转晶格 302 的旋转运动。为了提高旋转晶格 302 的旋转角度的控制精度，优选使用步进电动机作为电动机 3204。

（实施例 5）

以下参照图 15 说明本发明的光子晶体器件的第 5 个实施例。图 15 表示具有以电动机作为动力源的旋转机构的光子晶体器件的再一个实施例。本实施例的结构除了旋转机构以外，与图 11 所示的光子晶体器件的结构相同。由于这样，只说明本实施例的旋转机构。

在本实施例中，蜗轮 3401 与电动机 3204 的输出轴连接。蜗轮 3401 与大的直齿轮 3302 接合。当利用这种机构时，由于减速比非常大，因此，即使电动机 3204 的旋转精度低，也可以高的精度控制旋转晶格的旋转角度。由于这样，使用伺服电动机等便宜的电动机也可以。

采用本实施例，与图 13 和图 14 所示的例子比较，可将更大的驱动力给与旋转晶格 302。在旋转晶格 302 从另一个基板接受摩擦力的情况下，本实施例的结构有效。

(实施例 6)

以下，参照图 16，说明本发明的光子晶体器件的第 6 个实施例。

图 16 表示具有电动机作为动力源的旋转机构的光子晶体器件的再一个实施例。本实施例的结构，除了旋转机构以外，与图 11 所示的光子晶体器件的结构相同。由于这样，在以下只说明本实施例的旋转机构。

在本实施例中，在内部装有由圆弧上的压电体构成的超声波马达 3501。超声波马达 3501 的压电体的上表面与回路基板 102 的下表面接触。当将交流信号加在压电体上时，在压电体的长度方向产生压电体对于弯曲模式的行进波。当产生该行进波时，利用压电体的上表面和回路基板 102 的下表面之间的摩擦力，产生与行进波的行进方向相反方向的驱动力。利用该驱动力，可使旋转晶格 302 转动。在本实施例中，必要的部件数量相对的少，这是优点。

(实施例 7)

参照图 17，说明本发明的光子晶体器件的第 7 个实施例。图 17 表示作为微波带天线起作用的本发明的光子晶体器件。

在本实施例的光子晶体器件的回路基板上设置与微波带线路的终端连接的天线 701。

如上所述，通常的微波带天线在与电介质基板的表面平行的方向上具有大的 E 面指向性。由于这样，在微波带天线中容易产生电力泄漏，指向性也低。但是，采用本实施例，由于在天线 701 和接地板之间配置光子晶体，所以可以抑制与基板面平行的 E 面指向性。另外，在包含天线 701 的共振频率的带域中，通过形成 PBG，可以在全部的动作模式下，实现良好的通信特性。

(实施例 8)

参照图 18，说明本发明的光子晶体器件的第 8 个实施例。图 18 表示作为可变带域阻止滤波器起作用的本发明的光子晶体器件。

本实施例的光子晶体器件（小型可变滤波器）3604 具有与图 14 所示结构同样的结构。但通过插入公知的高频回路一部分中，可以只对所希望的频率域的信号进行滤波，使其衰减。

在本实施例中，作为动力源使用 MEMS 电动机 3601。MEMS 为微电子机械系统(Micro-Electro-Mechanical System)的简称。MEMS 电动

机 3601 使用公知的半导体处理制造。由于在毫米波带中可以发现 PBG 的器件面积为 $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 以下，因此可以使用利用 MEMS 技术而小型化的电动机。

可以利用公知的表面安装技术进行小型可变滤波器 3604 在回路基板上的安装。具体地是，首先，准备具有可收容小型可变滤波器 3604 的形状和大小的凹部或开口部的母插件 3603。母插件 3603 的厚度优选大致与小型可变滤波器 3604 的厚度相等。将小型可变滤波器 3604 插入该母插件 3603 的上述凹部或开口部中。然后，通过焊锡或银膏，将小型可变滤波器 3604 的接地板 106 与母插件 3603 的接地电气上连接。其次，利用引线接合 3602，使小型可变滤波器 3604 的导体线路 103 与母插件 3603 的信号线连接。

在图 18 所示的例子中，只在旋转晶格 302 上形成导体线路 103，但在旋转晶格 302 上形成其他回路元件也可以。如果由沿着基板传播的信号形成的电磁场作用在作为光子晶体起作用的层叠电介质基板上，则本发明可以用在多种用途中。

(实施例 9)

参照图 19 和图 20，说明本发明的光子晶体器件的第 9 个实施例。本实施例的光子晶体器件与图 1 所示的光子晶体器件的不同点为回路基板 102 插入第一和第二晶格基板 104、105 之间这点，其他的点具有相同的结构。

由回路基板 102 上的导体线路 103 引导的高频信号，不但在导体线路 103 的下侧，而且在上侧也形成电磁场。由于这样，如图 19 所示，可以配置一对一维晶格 104、105 使得可从上下夹住回路基板 102，使 PBG 出现。改变晶格基板 104、105 的相对的配置关系的方法和机构，与前述相同。

图 20 表示本实施例的大致结构。

接地板 106、第二晶格基板 105 和回路基板 102 在层叠结构状态下固定，形成一块小型基板 1301。在小型基板 1301 的上面安装毫米波 IC1302 等非线形元件。另外，导体线路 103 与进行高频信号的输入输出的非线形回路元件的输入输出端连接。

毫米波 IC1302 可为发信器、向上变换器、向下变换器、频率合成

器、放大器。输入输出口的数目根据元件的种类而不同，在图 20 中，为了简单，表示具有二个输入输出口的例子。

现参照图 18，说明小型基板 1301 在母插件上的安装方法。在小型基板 1301 上设有盖 1303，以覆盖毫米波 IC1302。盖 1303 具有圆盘状的上面部分、和可转动发支承该上面部分的圆柱状的侧面部分。第一晶格基板 104 固定在盖 1303 的上面部分的背面上，使晶格图形与导体线路 103 相对。

在毫米波中，非线性元件的性能的个体差别大。具体而言，由非线性元件产生的不要的信号的输出电平和其频率域，根据元件不同而不同。由于这样，通常在盖 1303 的背面贴附电波吸收体，以除去不要的波。然而，根据试差法，不能不进行与个体差别相适应的电波吸收体的量或粘接位置的调整，因此制造成本高。

在本实施例中，由将非线性元件安装在小型基板上，用金属盖密封后，还可使第一晶格基板 104 旋转，因此可调整 PBG 的出现频率带。结果，可以适当抑制从器件输出不要的成分。这种微调整即使在将小型基板 1301 安装在母插件上后，也可能进行。

第一晶格基板 104 的驱动可利用手动进行，用电动机进行也可以。

在本实施例中，导体线路 103 与接地板 106 一起，形成微波带线路。例如图 21 所示，使用共面线路 1401 也可以。在使用共面线路 1401 作为接地共面线路的情况下，必需要接地板 106，但在作为通常的共面线路使用的情况下，可以省略接地板 106。图 22 表示槽线路。在槽线路中也不要接地板 106。

(实施例 10)

参照图 23，说明本发明的光子晶体器件的第 10 个实施例，在上述各个实施例中，在回路基板上不形成一维晶格，但在本实施例中，在回路基板上与导体线路一起，形成一维晶格。换句话说，在第一和第二电介质基板的一个上形成导体线路，使该电介质基板起“回路基板”的作用。另外，在本实施例中，在这种回路基板（具有晶格结构和导体线路二者的电介质基板）上，通过使具有其他晶格结构的电介质基板接近，可形成光子晶体结构。

一般而言，当高频信号沿着回路基板的导体线路传播时，该高频

信号形成的电磁场局限在导体线路附近。由于这样，当晶格结构离开导体线路时，规定高频信号的传播特性的光子晶体的影响减少。另外，在回路基板上设置微米波带 IC 的情况下，电磁场分布有局限在一定区域的倾向。在这种情况下，为了控制高频信号传输特性，优选在电磁场分布所在区域或其附近，形成光子晶体的结构。

如图 23 所示，在本实施例中，在回路基板 102 的导体线路 103 附近，设有一维结晶结构 1601，回路基板 102 作为第一结晶基板 104 起作用。一维结晶结构 1601 优选由以高频信号的波长左右的间隔，周期性地配置的导电体层的图形来形成。

可旋转支承的第二结晶基板（第二电介质基板）105 配置在回路基板 102 和接地板 106 之间，本实施例的第二结晶基板 105 具有与其他实施例的第二结晶基板 105 同样的结构。

通过使这种第二结晶基板 105 相对回路基板 102 旋转，可以改变第二结晶基板 105 的结晶结构（带状导体线）、和由回路基板 102 的一维结晶结构 1601 形成的光子晶体结构。结果，可以改变 PBG 出现的频率域，可以控制高频信号的导波特性。

如图 23 所示，在本实施例中，在导体线路 103 附近，周期性地配置矩形导体，但配置的导体形状不限于矩形，可以为任意。由于 PBG 的出现的频率带域与配置的导体形状和配置周期有关。应根据 PBG 的出现的频率域适当地优化。

沿着导体线路 103 配置的单位结构不必要为导体。重要的是，沿着导体线路 103 形成有效的介电常数周期地变化的结晶结构。

图 24 (a) ~ (c) 分别表示在导体线路 103 或导体线路 103 附近设置周期的结构的例子。图 24 (a) 的导体线路 103 上形成开口部的周期性配置。在图 24 (b) 的导体线路 103 的下方设置周期性地配置的微孔 1701。在图 24 (b) 的例子中，在导体线路 103 上周期性地形成圆形的开口部，但在导体线路 103 上不是必需形成开口部。通过在导体线路 103 的附近周期性地配置微孔 1701，也可以形成晶格结构。在图 24 (c) 的导体线路 103 上，设置周期性地配置的电介质片。

图 25 (a) ~ (d) 都表示沿着共面线路赋与一维结构的例子。图中的黑色区域都表示具有电气导电性的部分。图 25 (a) 的例子中，在

共面线路中心的导体上，设有周期结构。在图 25 (b) 的例子中，在线路外导体上设有周期结构。在图 25 (c) 的例子中，在线路上设有电介质的周期结构。在图 25 (d) 的例子中，在线路中心的导体的下方，设有微孔的周期性的配置。微孔的位置不限于线路中心导体的下方，设在线路外导体的下方也可以。

在将这些共面线路作为接地共面线路动作的情况下，必需要接地板 106，但在作为通常的共面线路动作的情况下，不需要接地板 106。

图 26 (a) - (d) 都是表示沿着槽线路赋与一维晶格结构的例子。图 26 (a) 的例子将导体周期地配置在槽中。在图 26 (b) 的例子中，在规定槽的端部的导体边缘上设有周期性的结构。在图 26 (c) 的例子中，附加微孔的周期配置。图 26 (d) 的例子中，在槽上周期性地配置电介质。

在这些实施例中，一维晶格基板基板 105 设置在与不形成回路基板 102 的导体图形的面（下表面）相对的位置上，但如图 27 所示，在与形成回路基板 102 的导体图形的面（上表面）相对的位置上设置一维晶格基板 105 也可以。

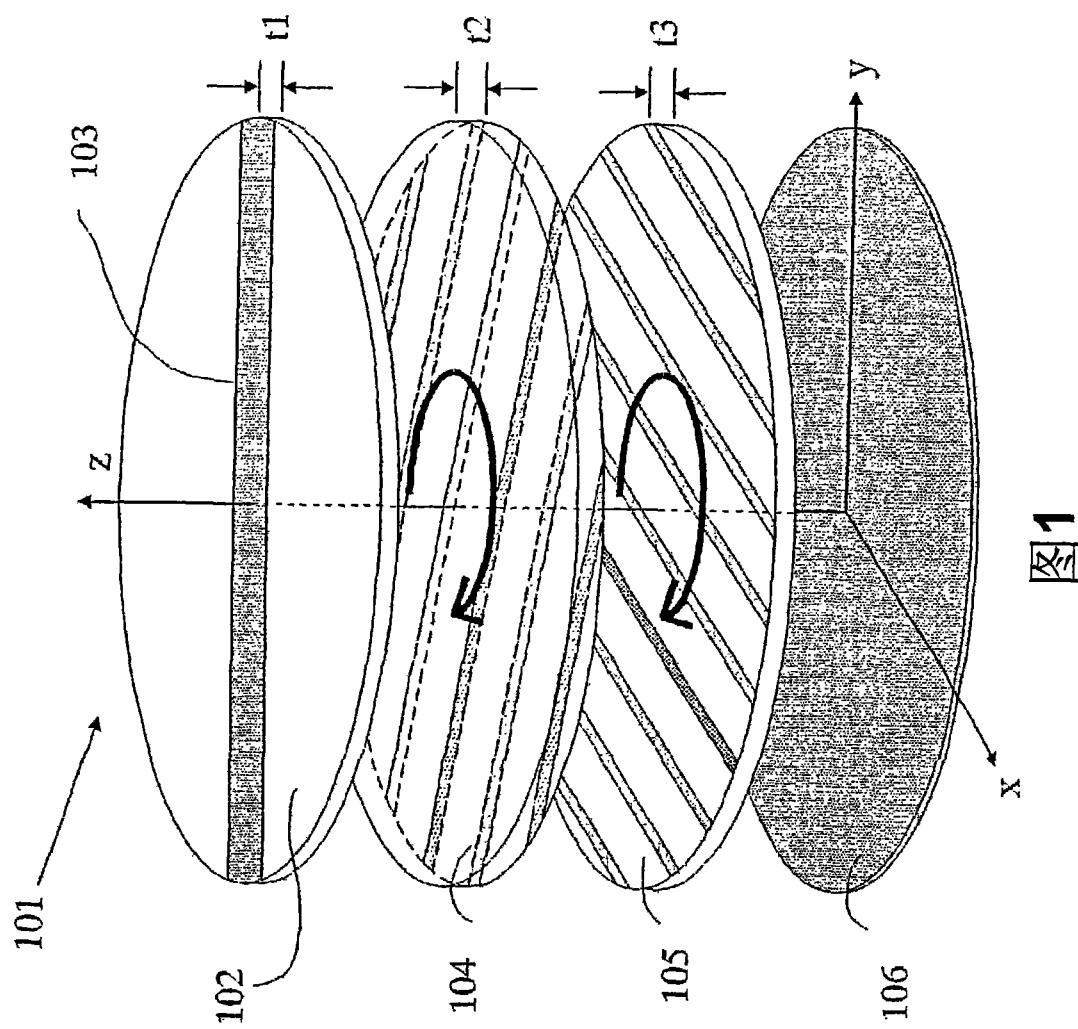
在以上的各个实施例中，通过使第一或第二晶格基板 104、105 中的至少一个运动，可以改变光子晶体结构，可以控制 PBG 的频率域，但本发明的光子晶体器件也可以如下这样起作用。

即，在使回路基板 102、第一晶格基板 104、和第二晶格基板 105 中至少一个为从另一个基板拉开很大距离的状态（断开状态）和使这些基板接近的状态（接通状态）之间迁移也可以。这样，可以在 PBG 不存在的状态和 PBG 存在的状态之间的切换。

本说明书的可动部分，只要是可以使电介质基板的位置、方位、倾斜角度等变化从而使由二个晶格结构形成的光子晶体结构变化的机构即可，其具体的结构不限于本说明书所述的结构。

产业上利用的可能性

本发明的光子晶体器件可使 PBG（光子能带间隔）的频率发生变化，因此可作为高频回路领域的可变滤波器等使用。



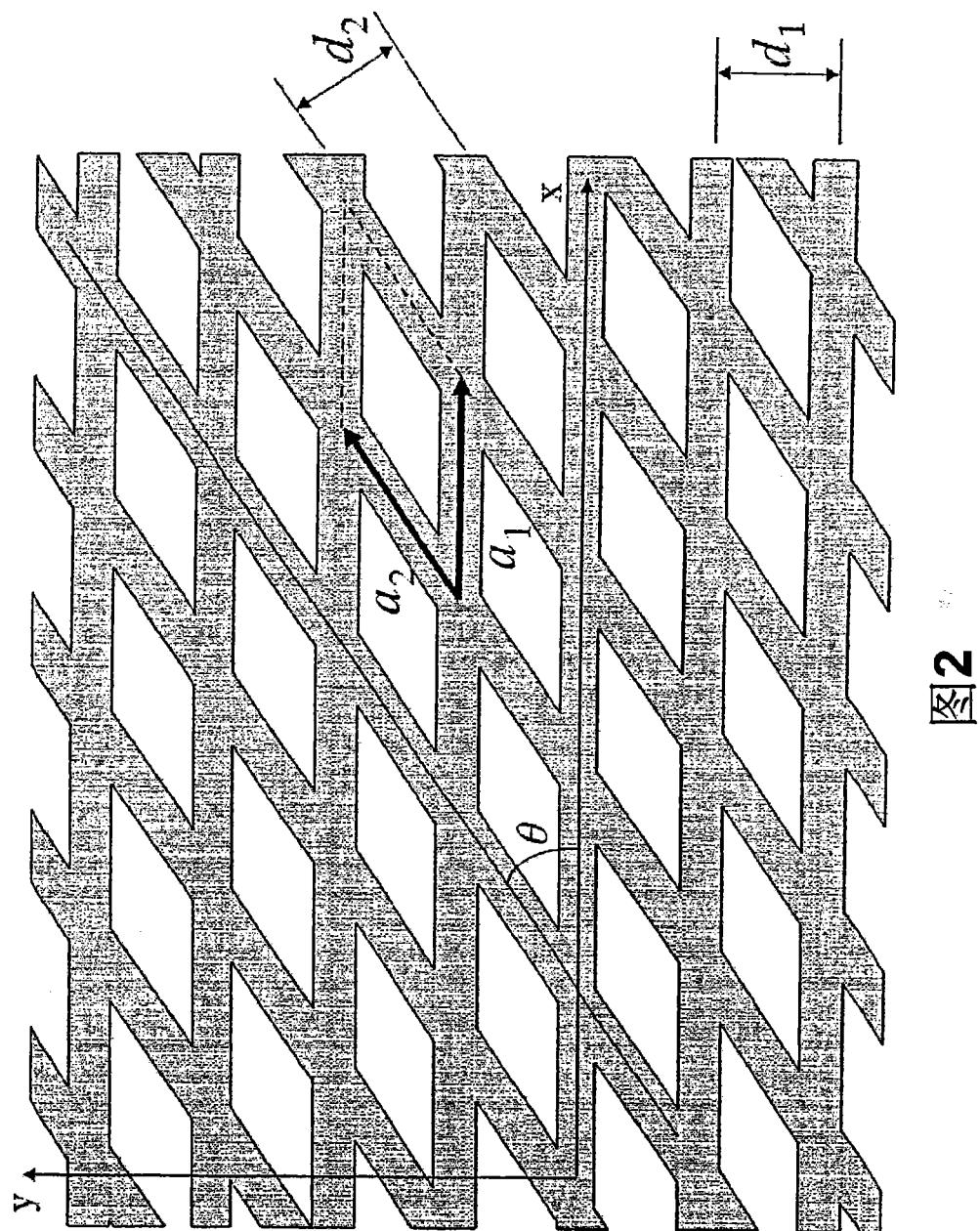


图2

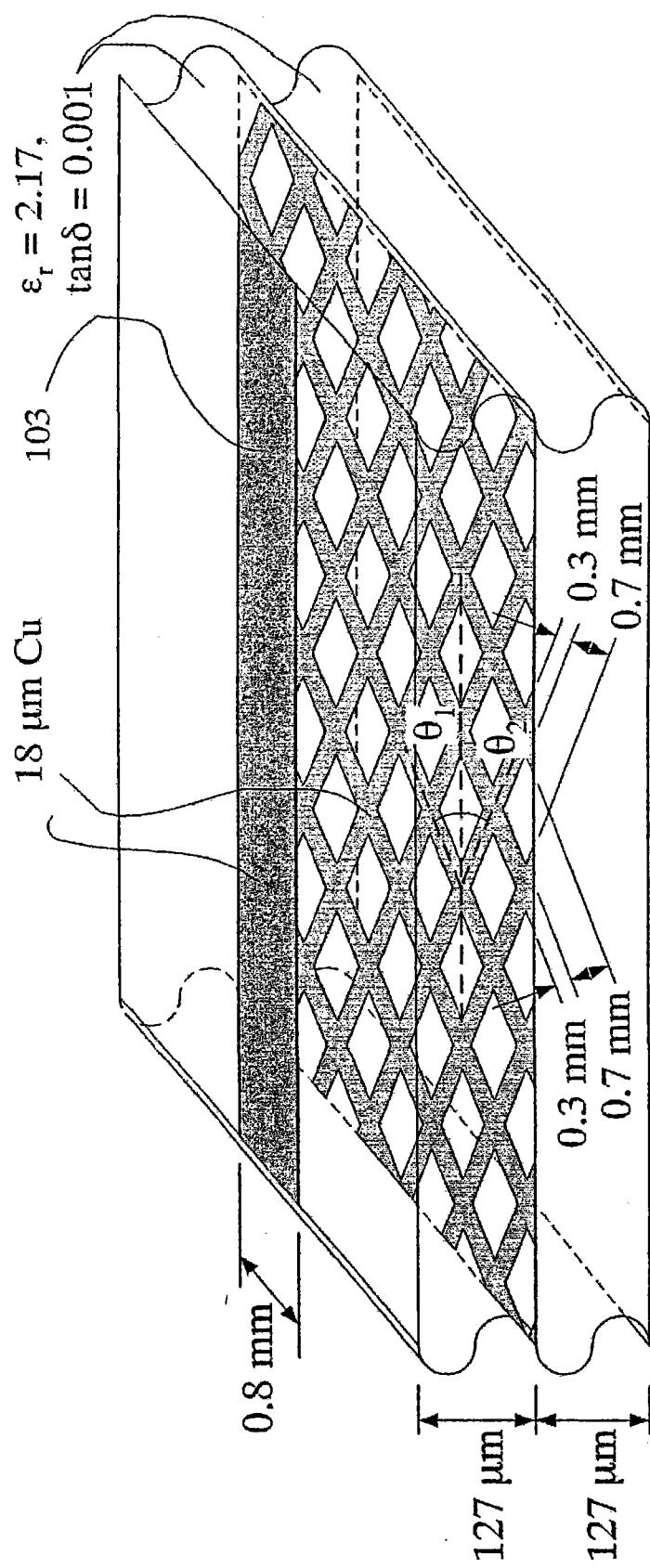


图3

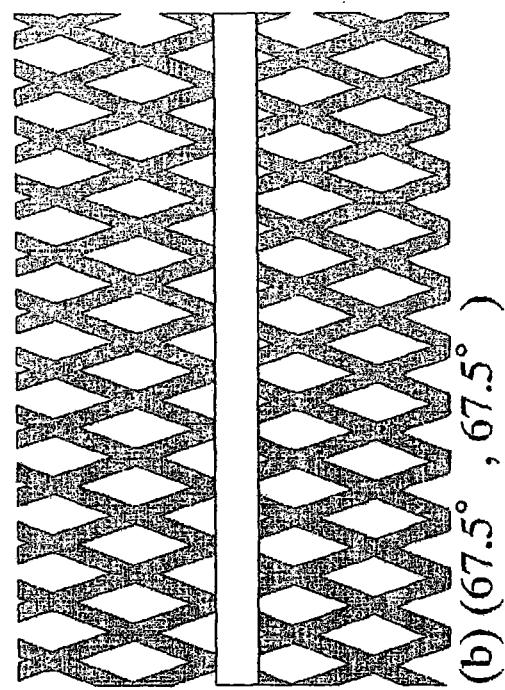
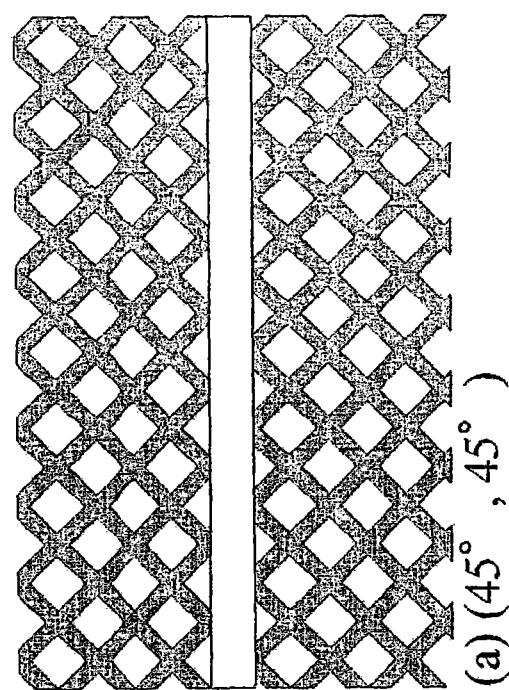
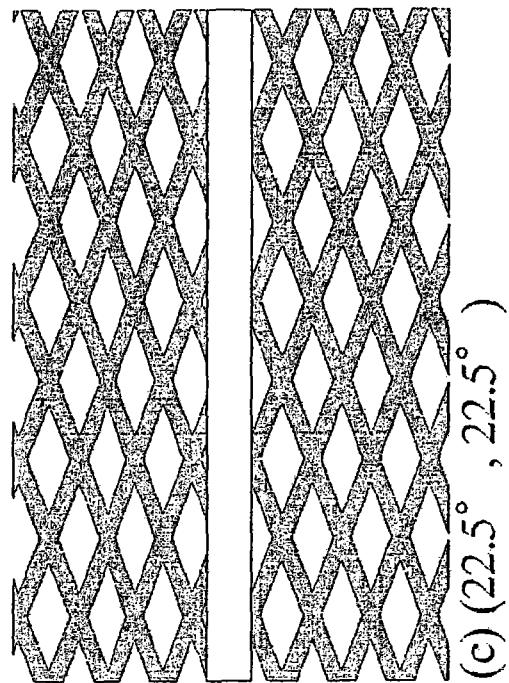
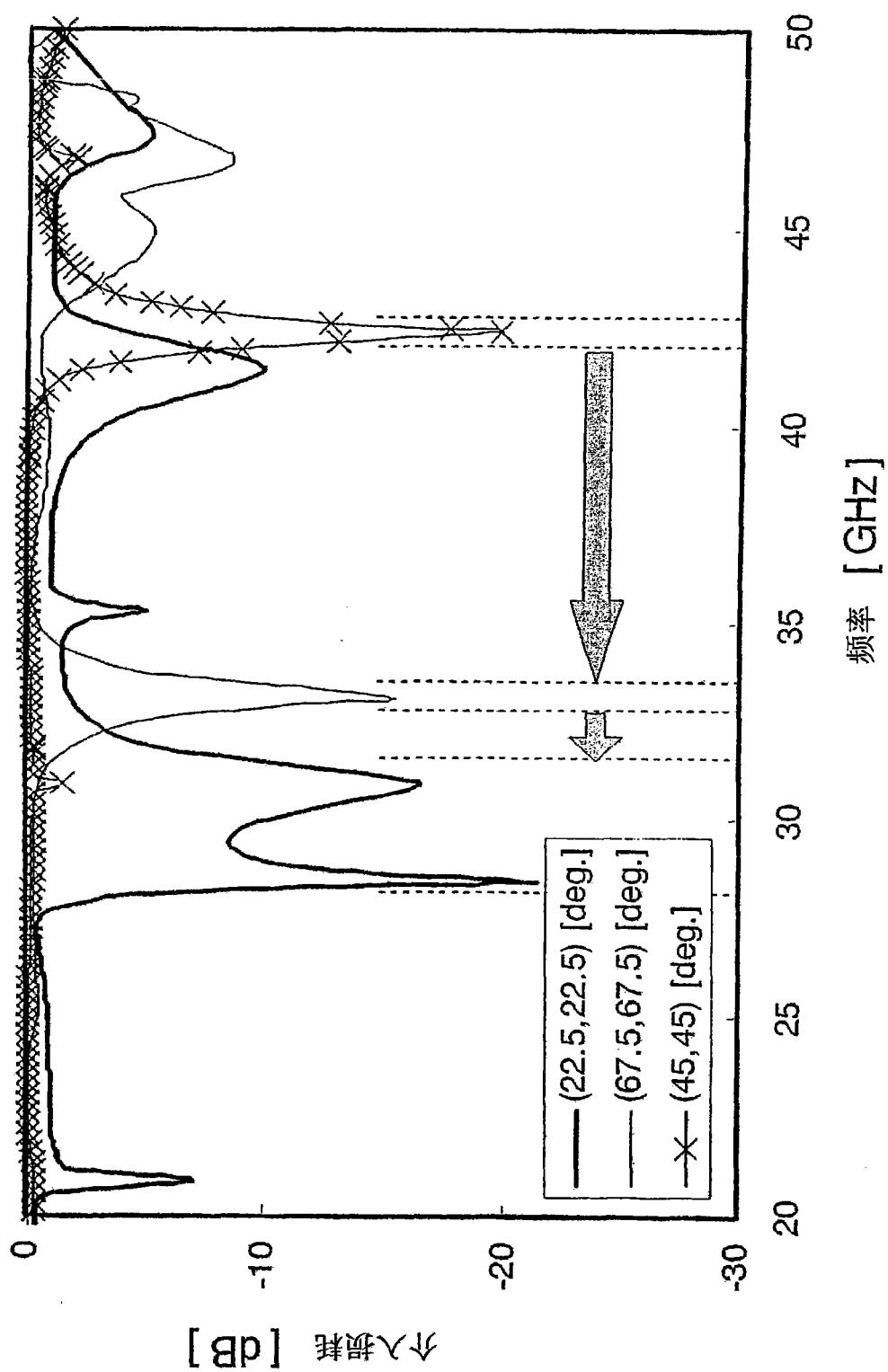
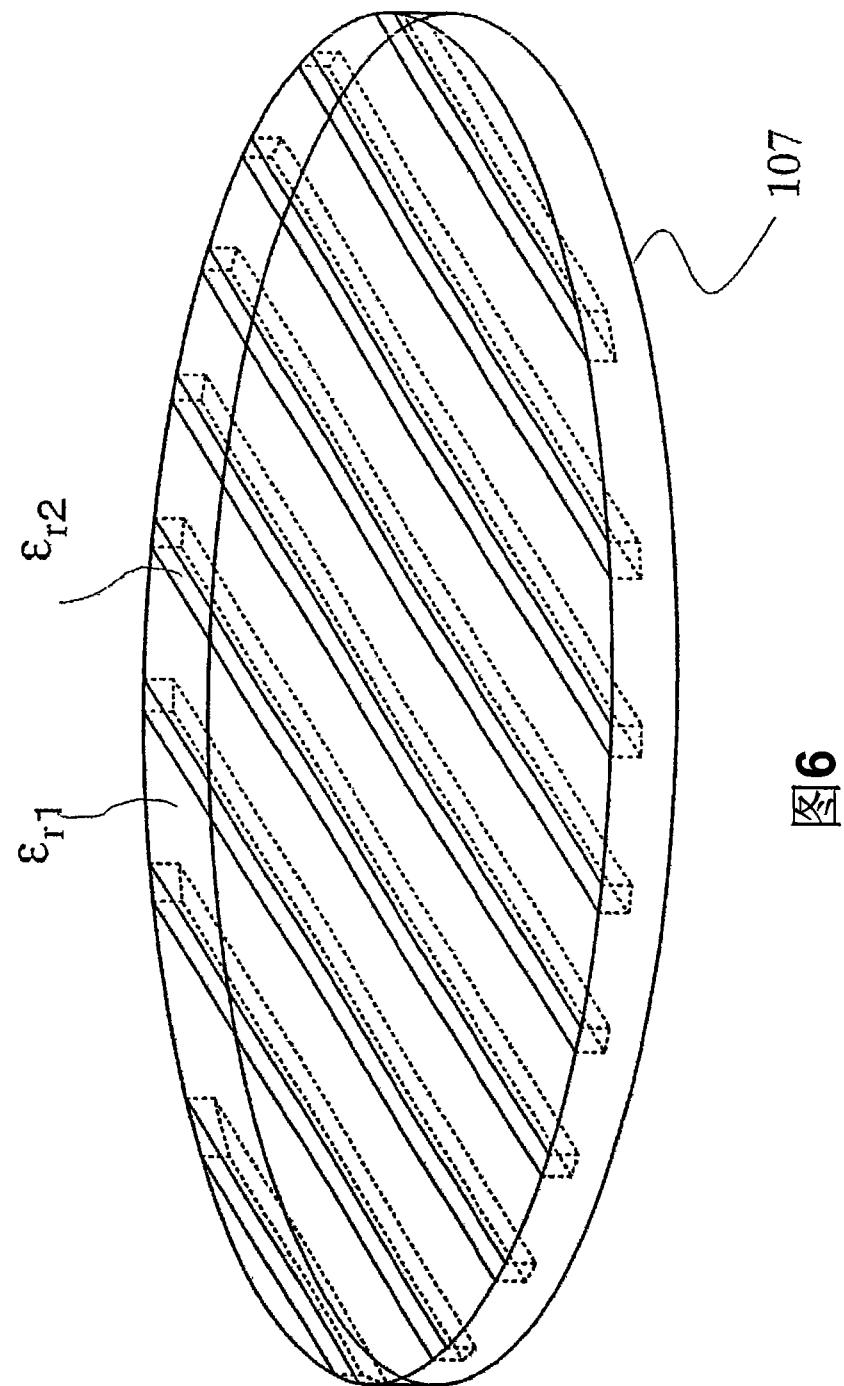


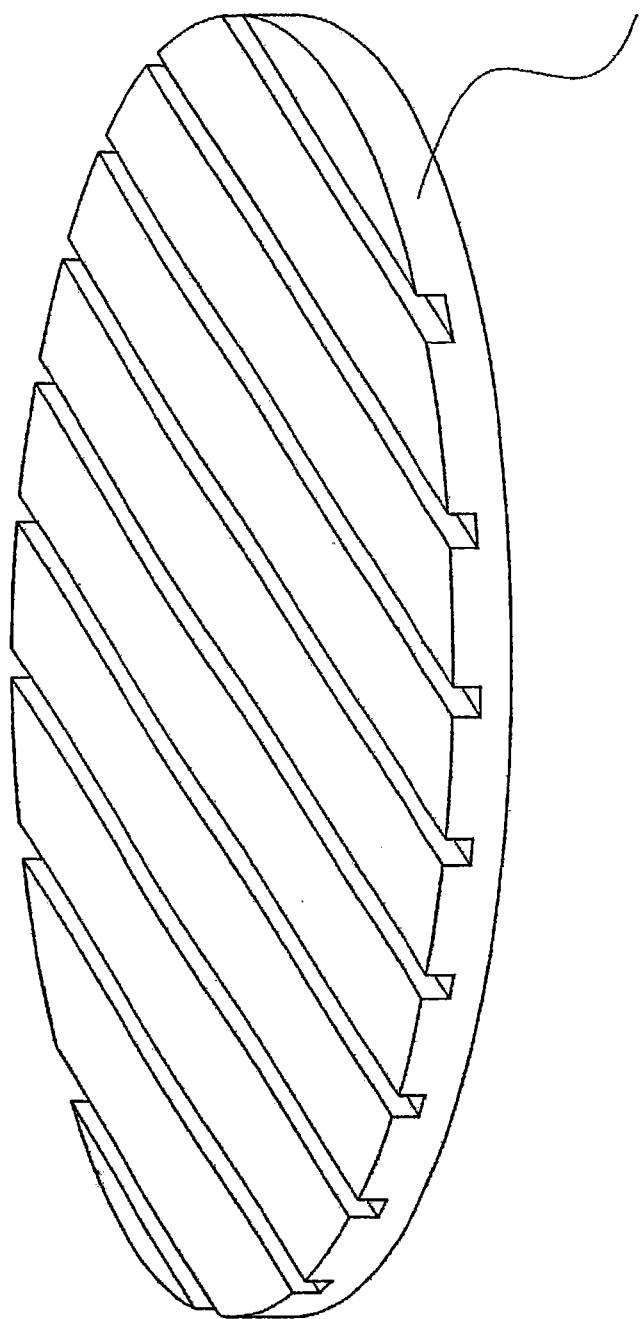
图4





107

图7



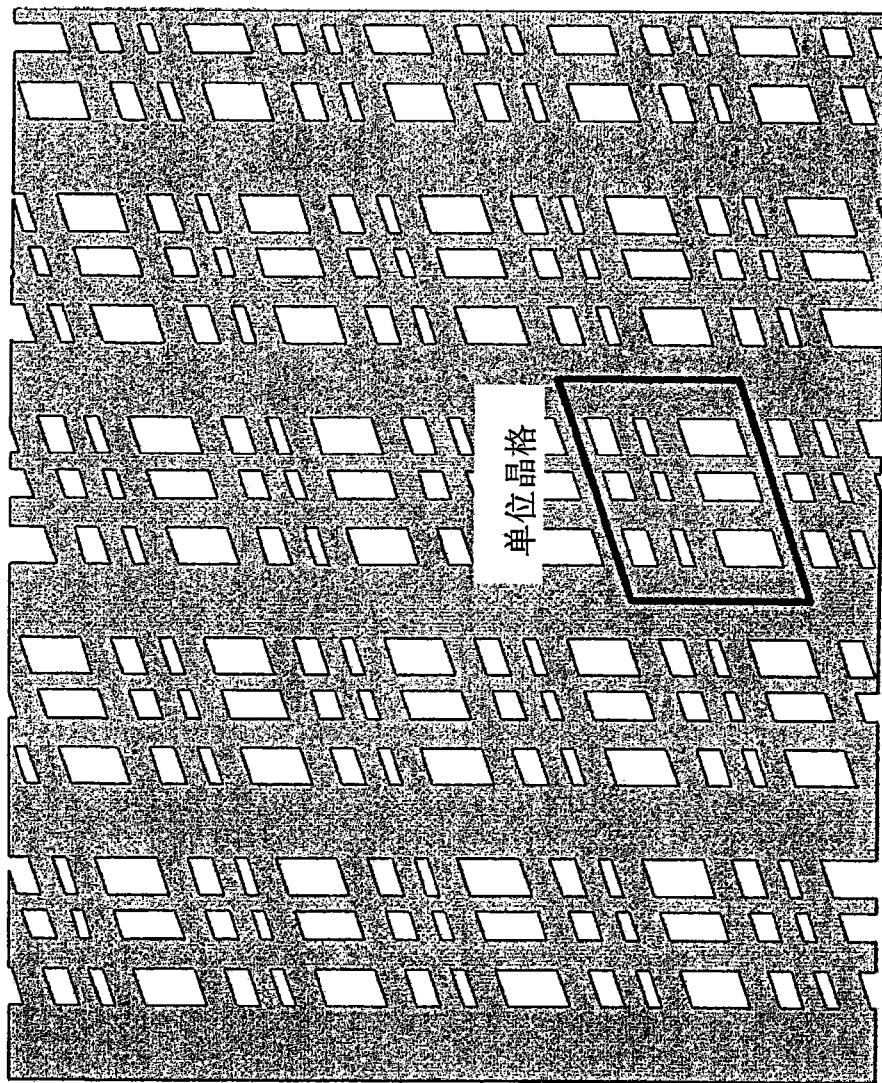
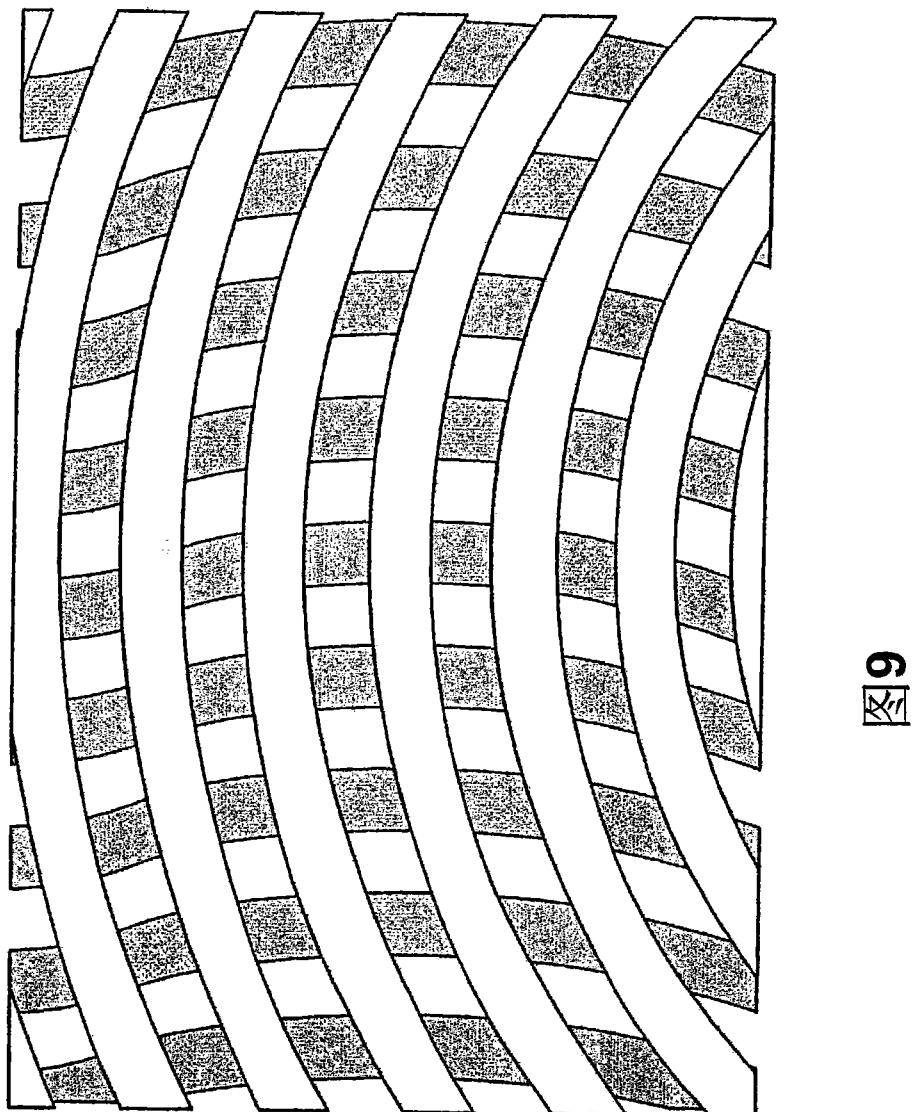


图8



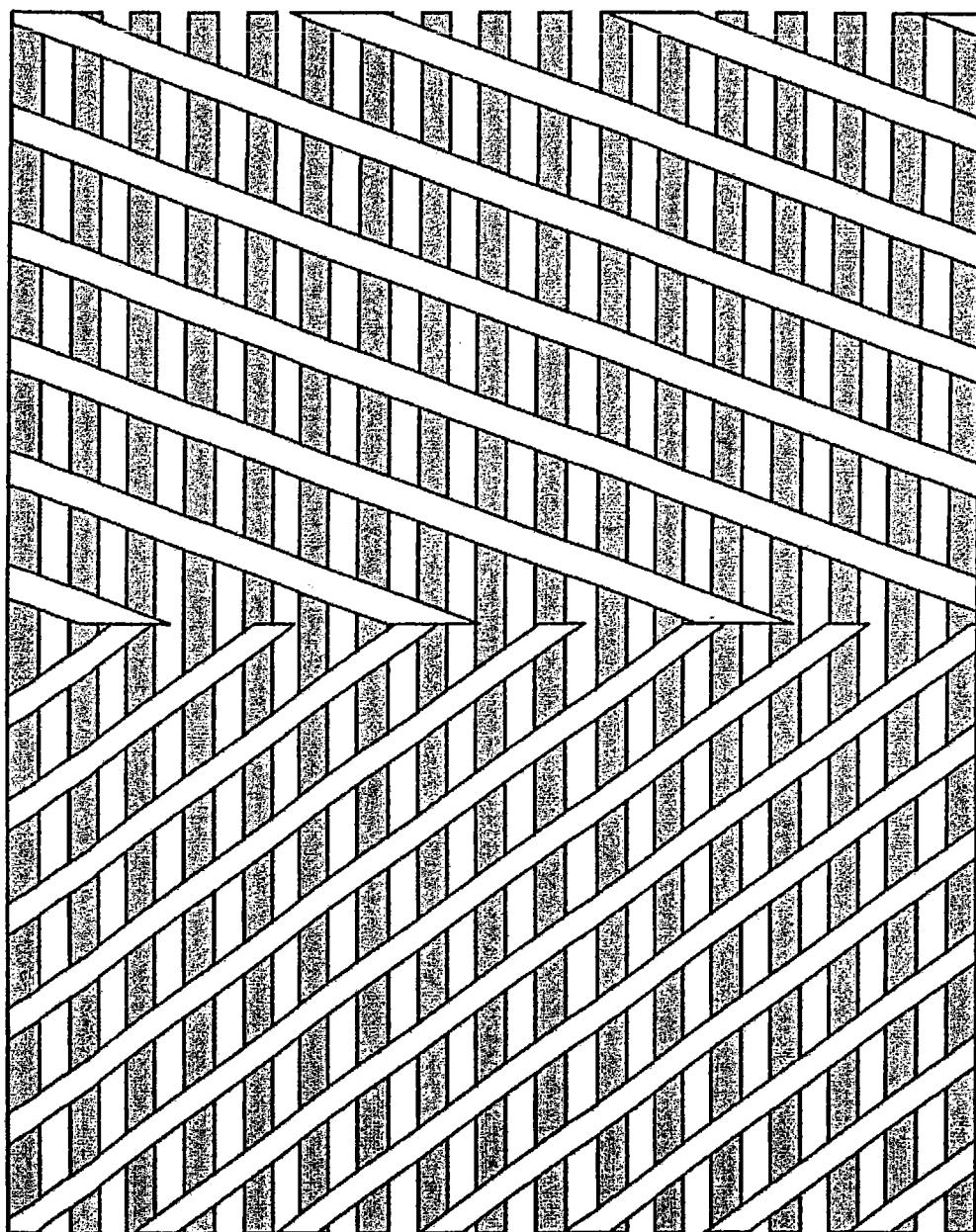


图10

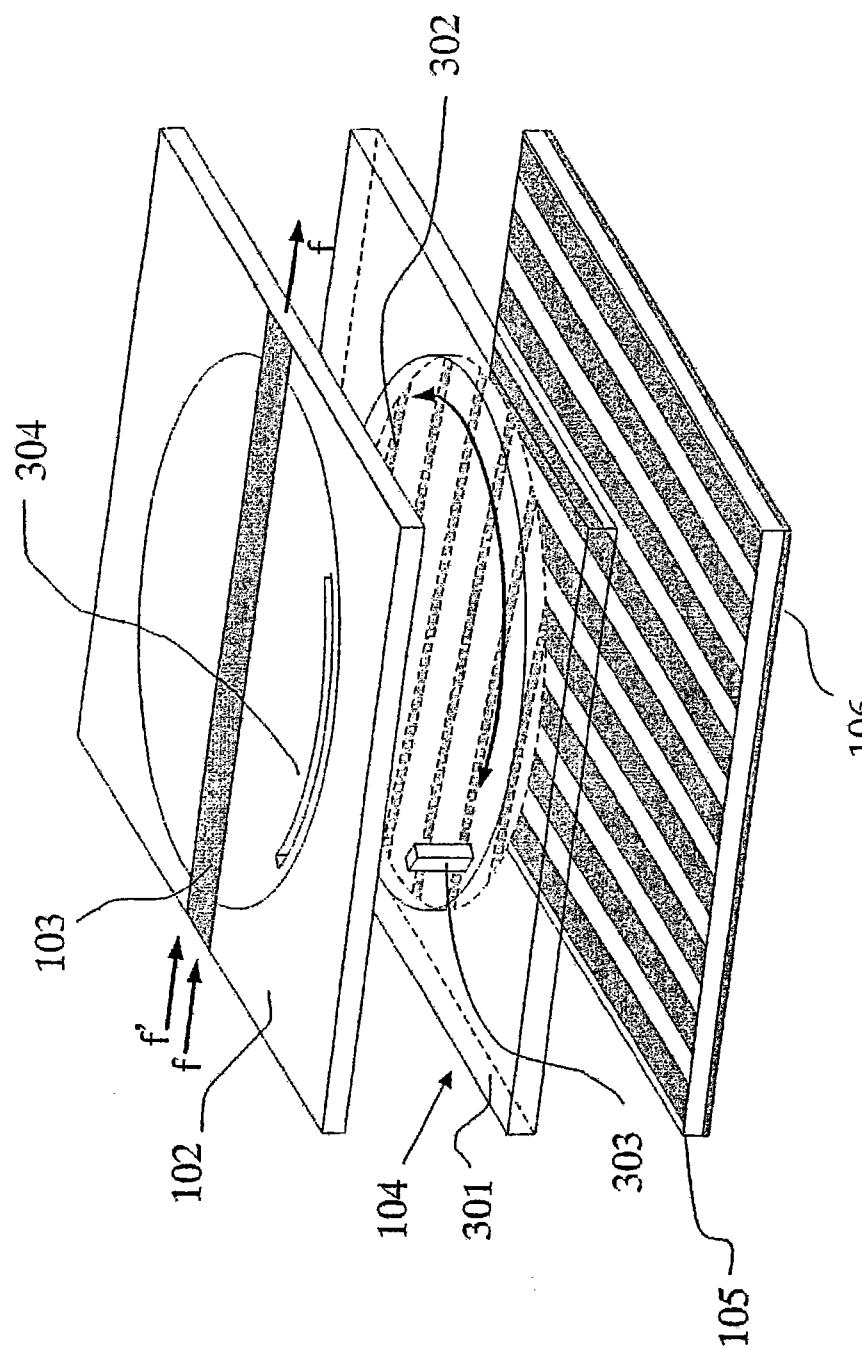


图11

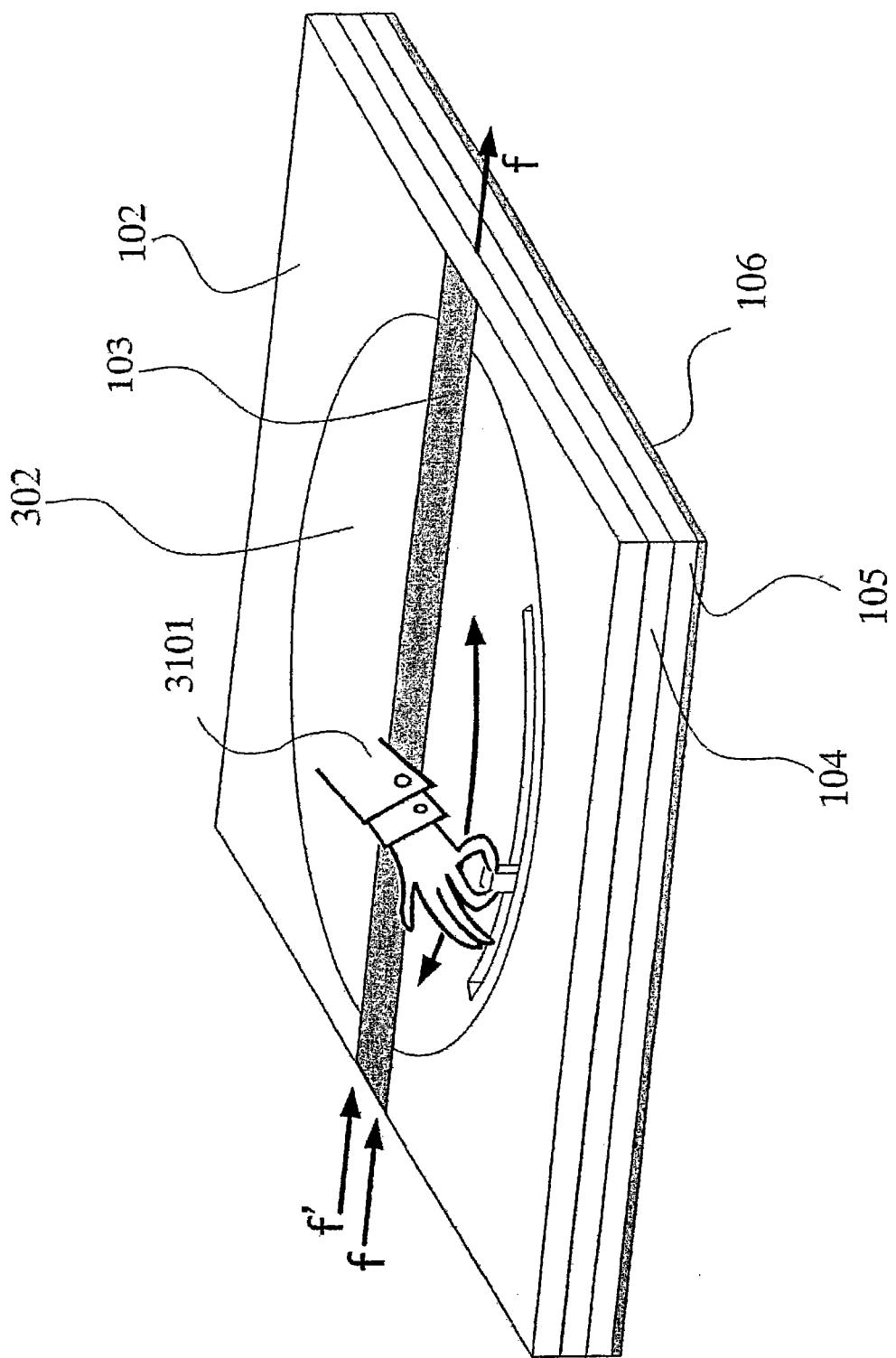


图12

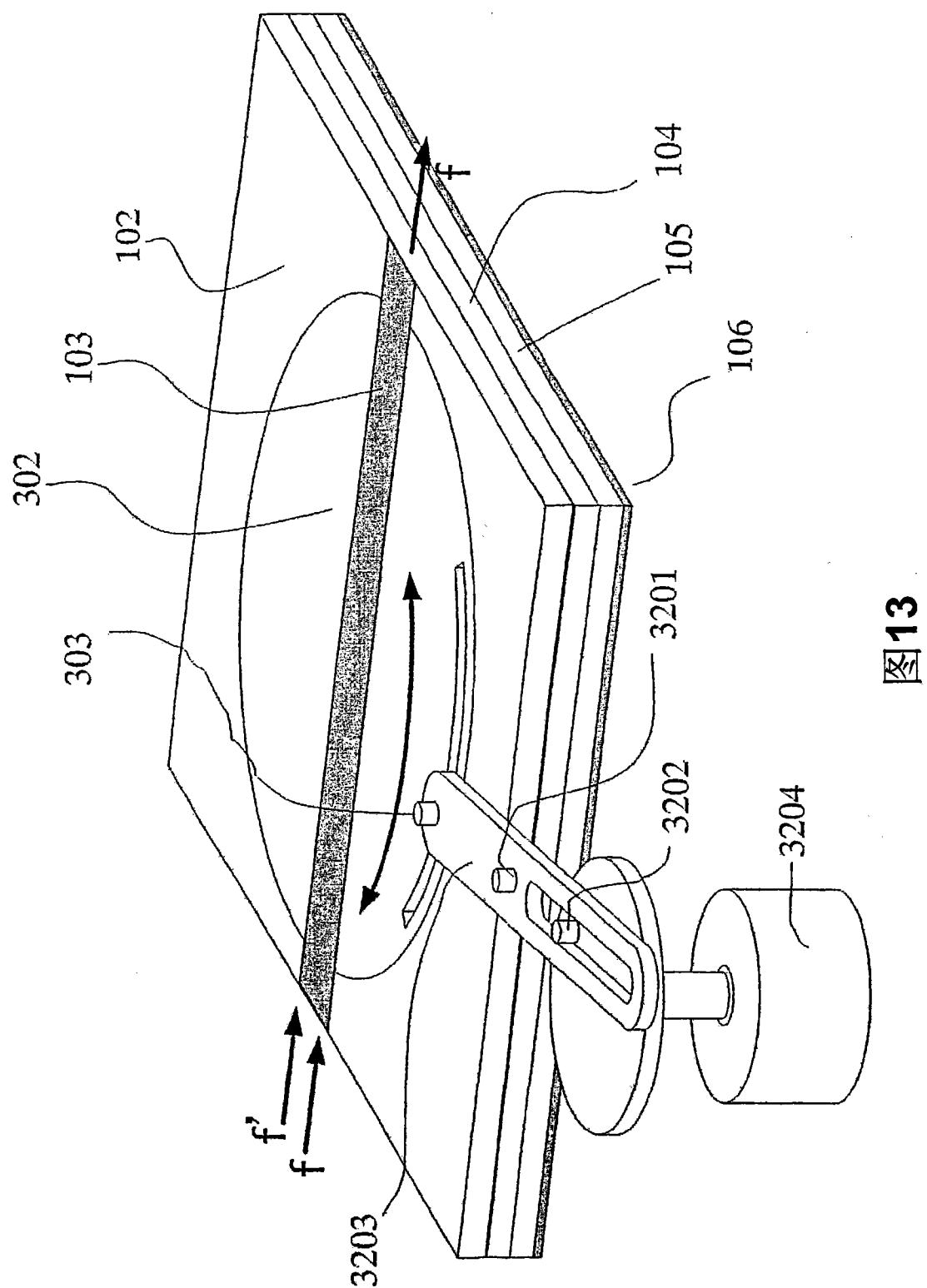


图13

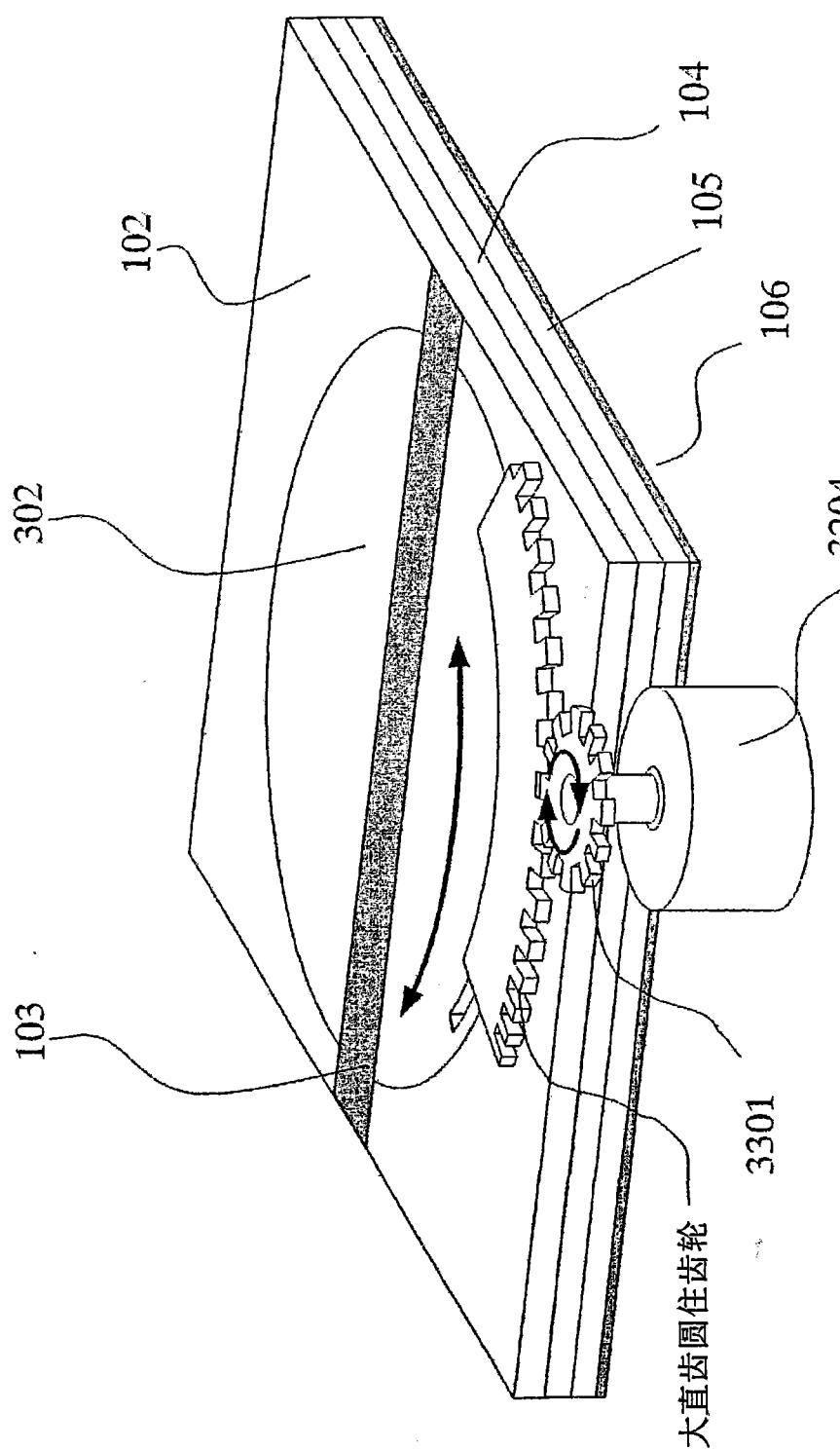


图14

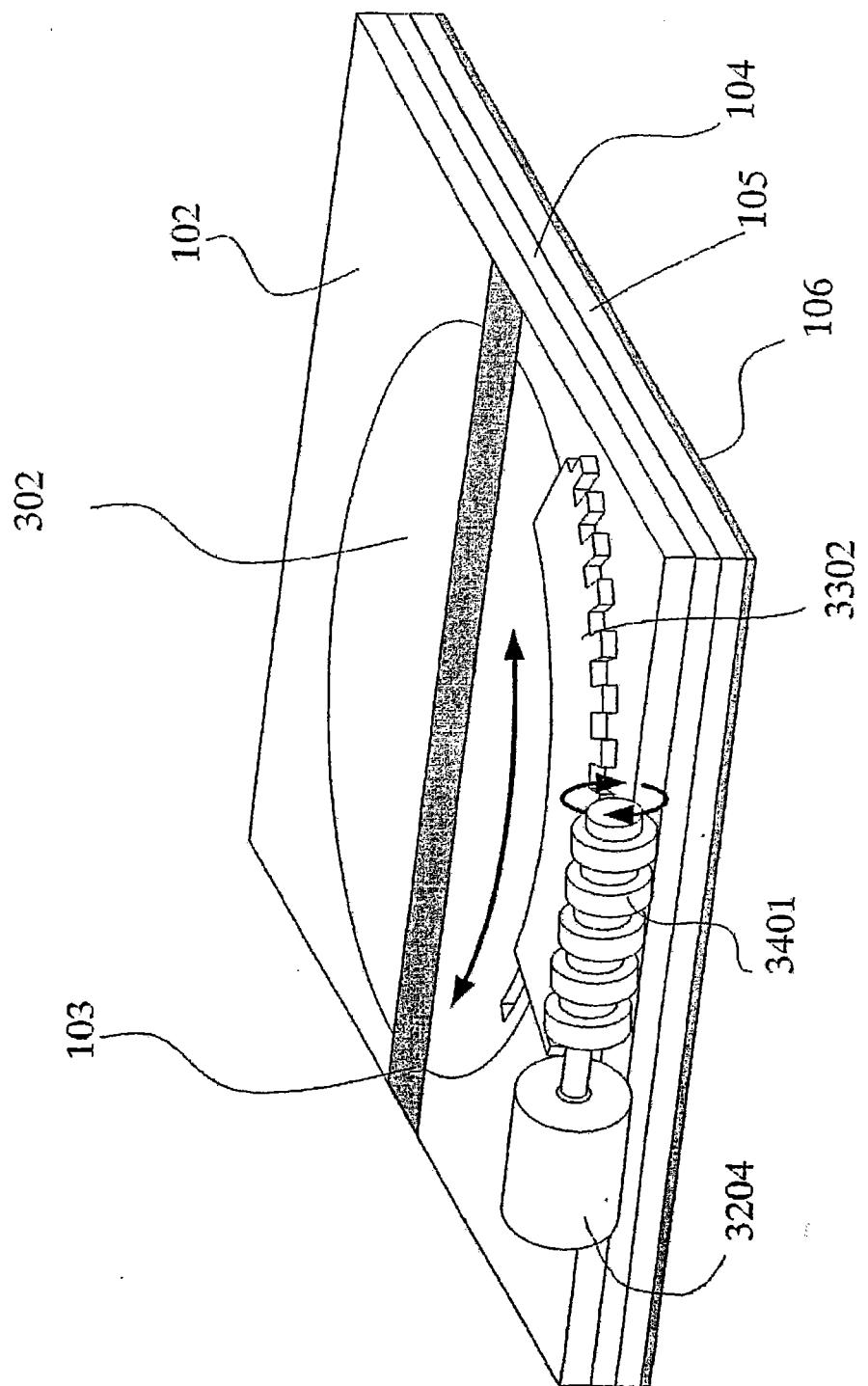


图15

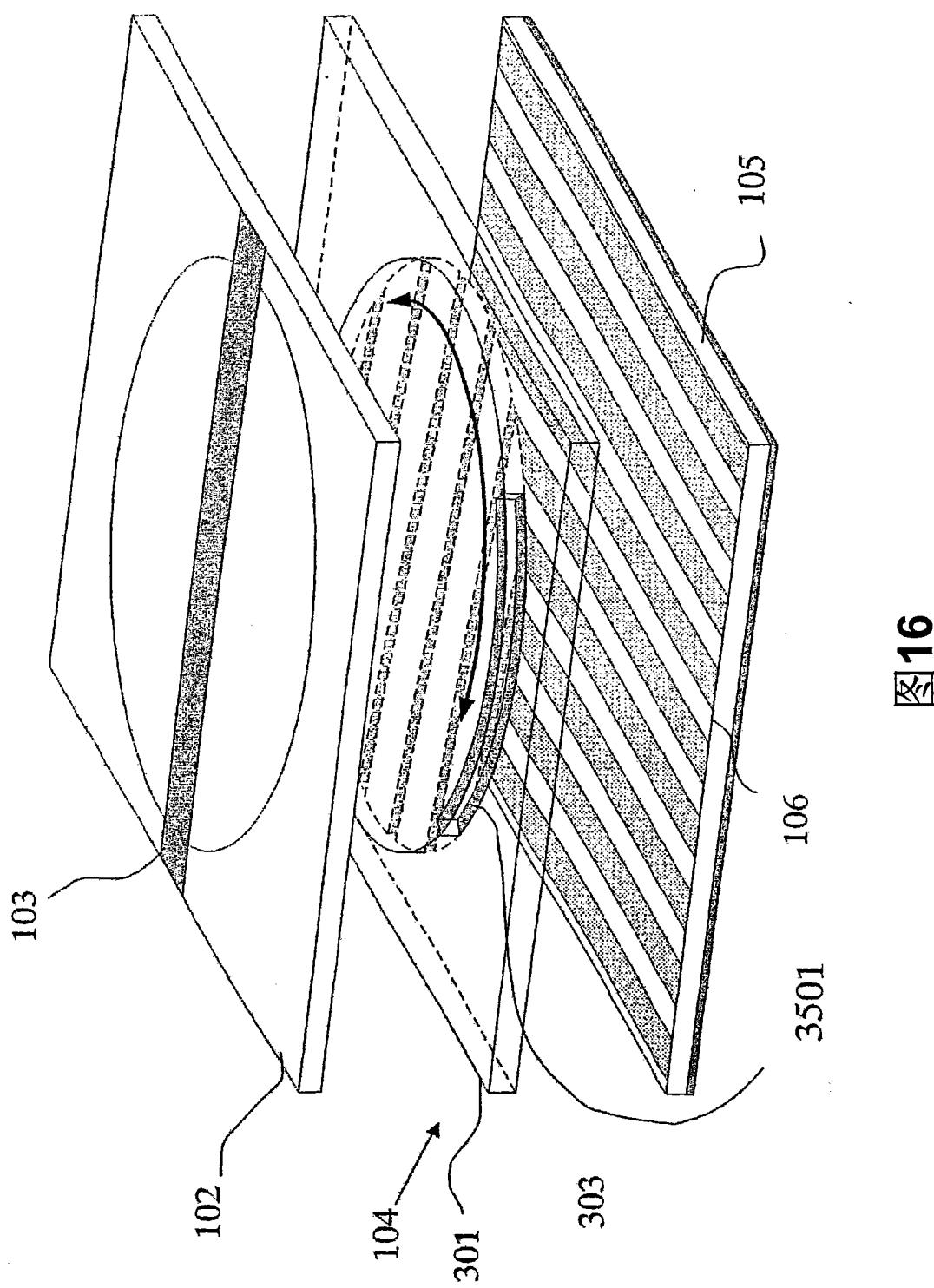
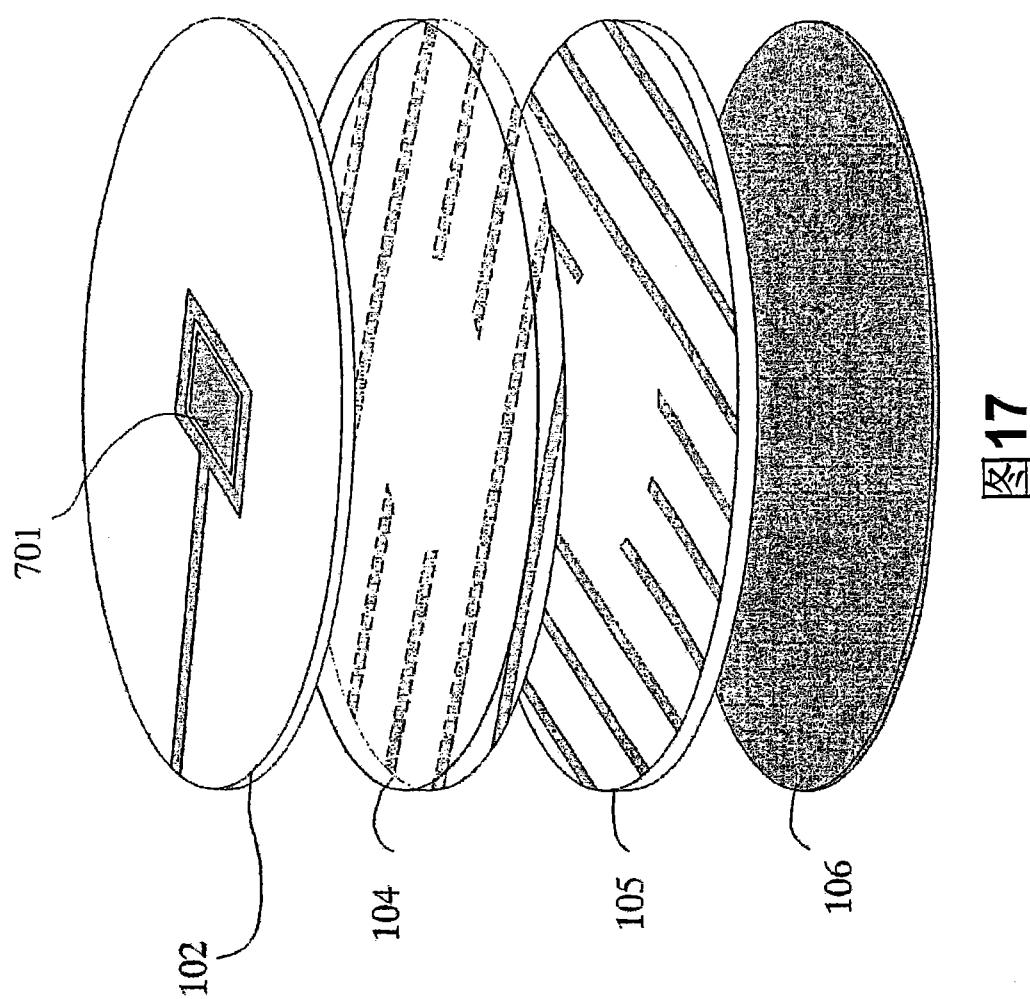
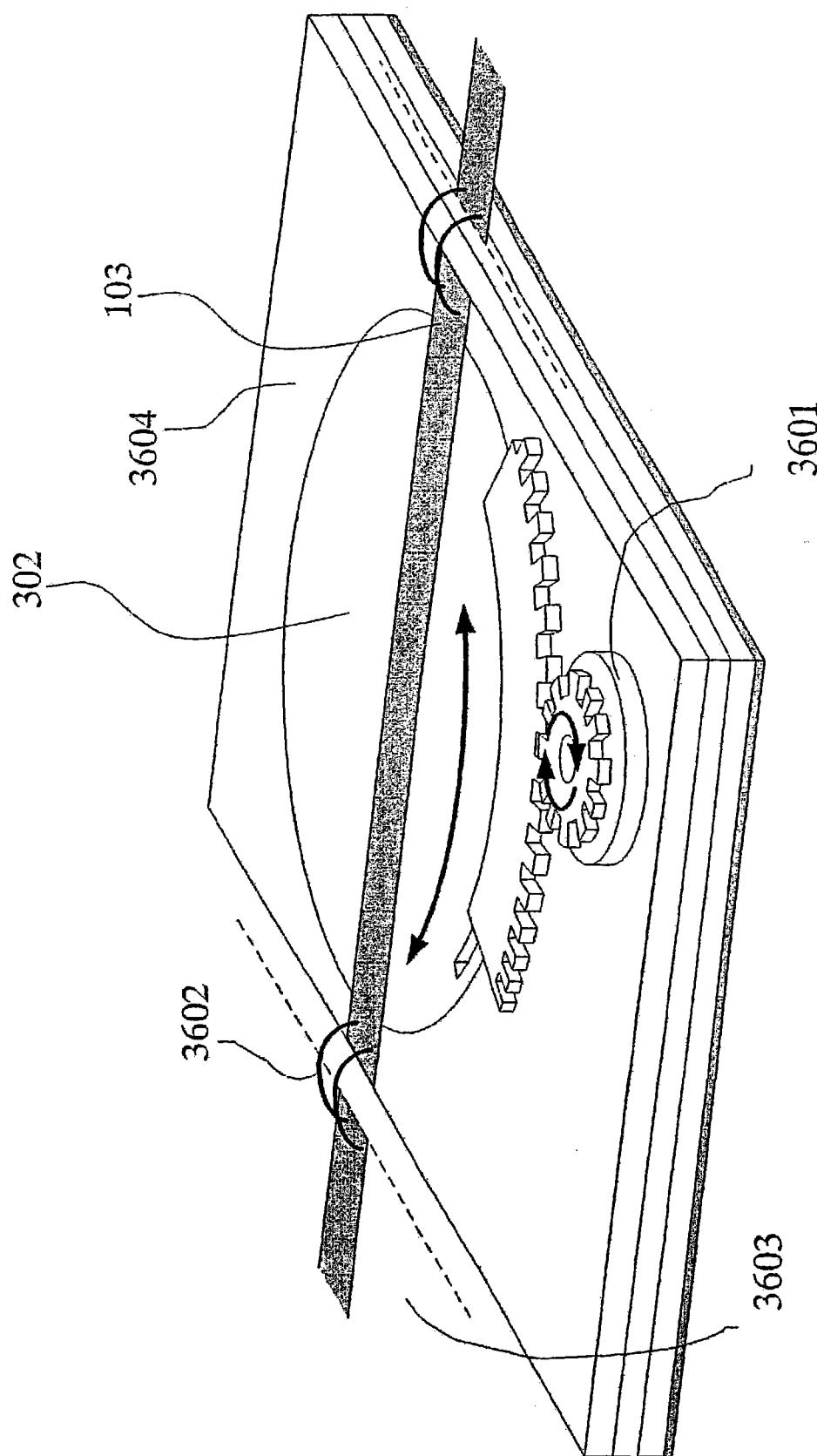


图 16





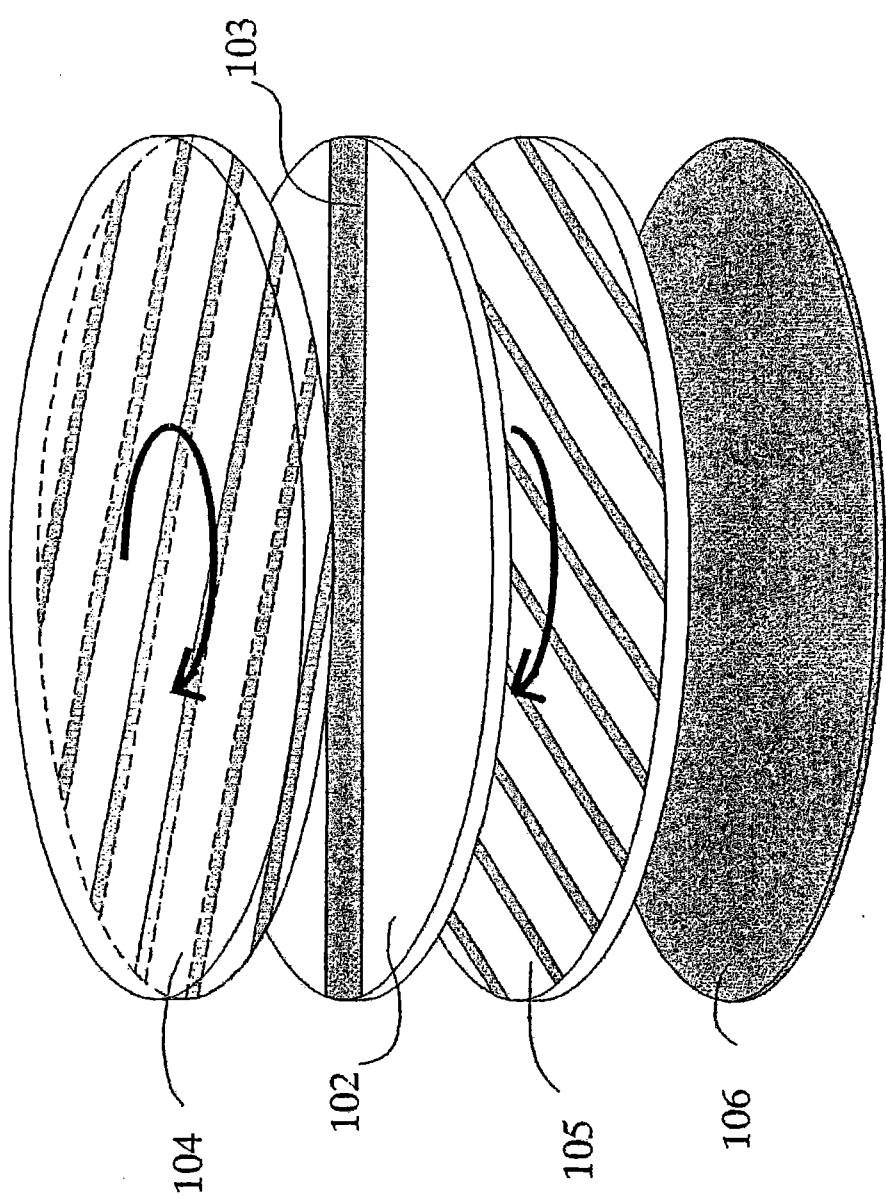
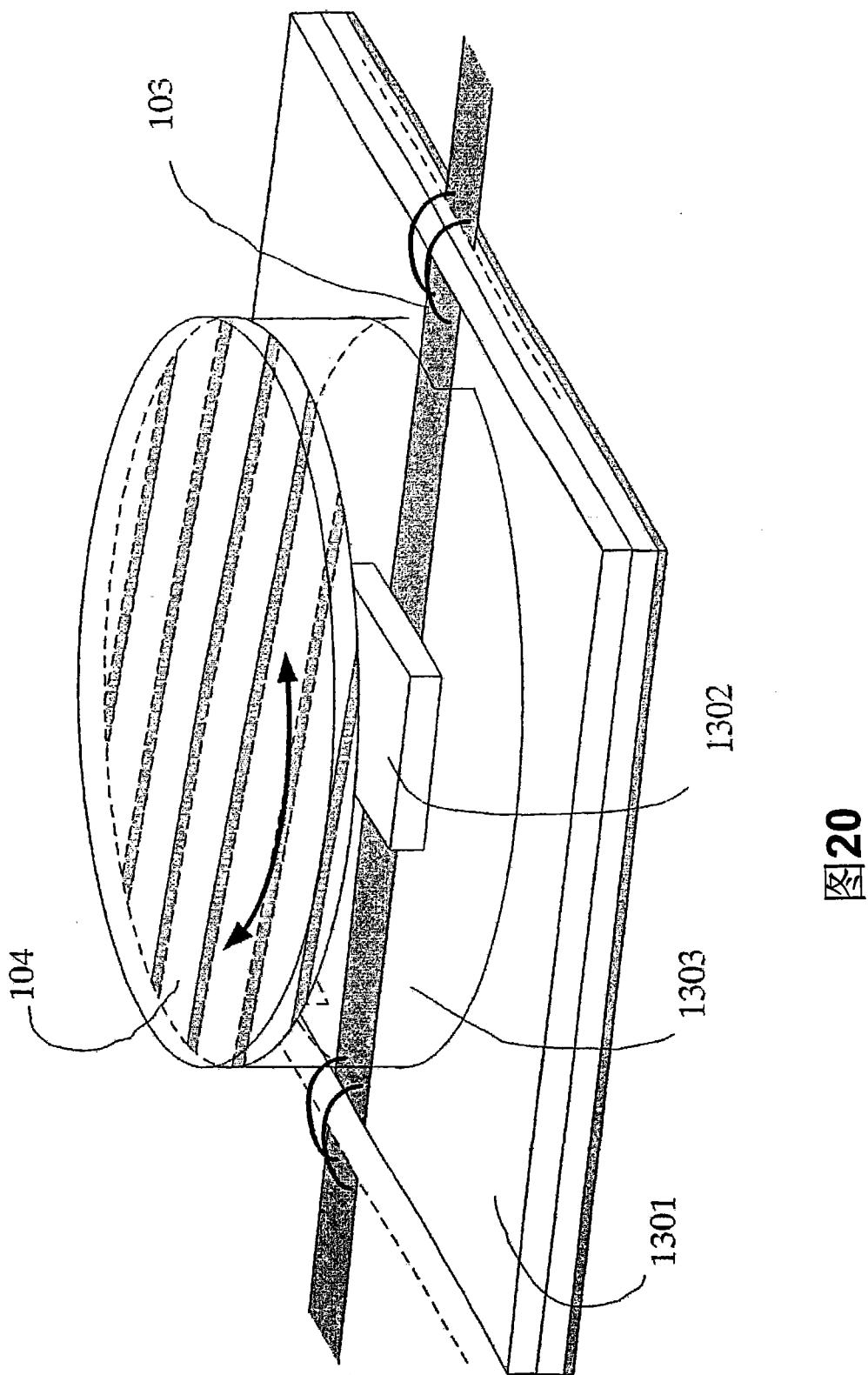


图19



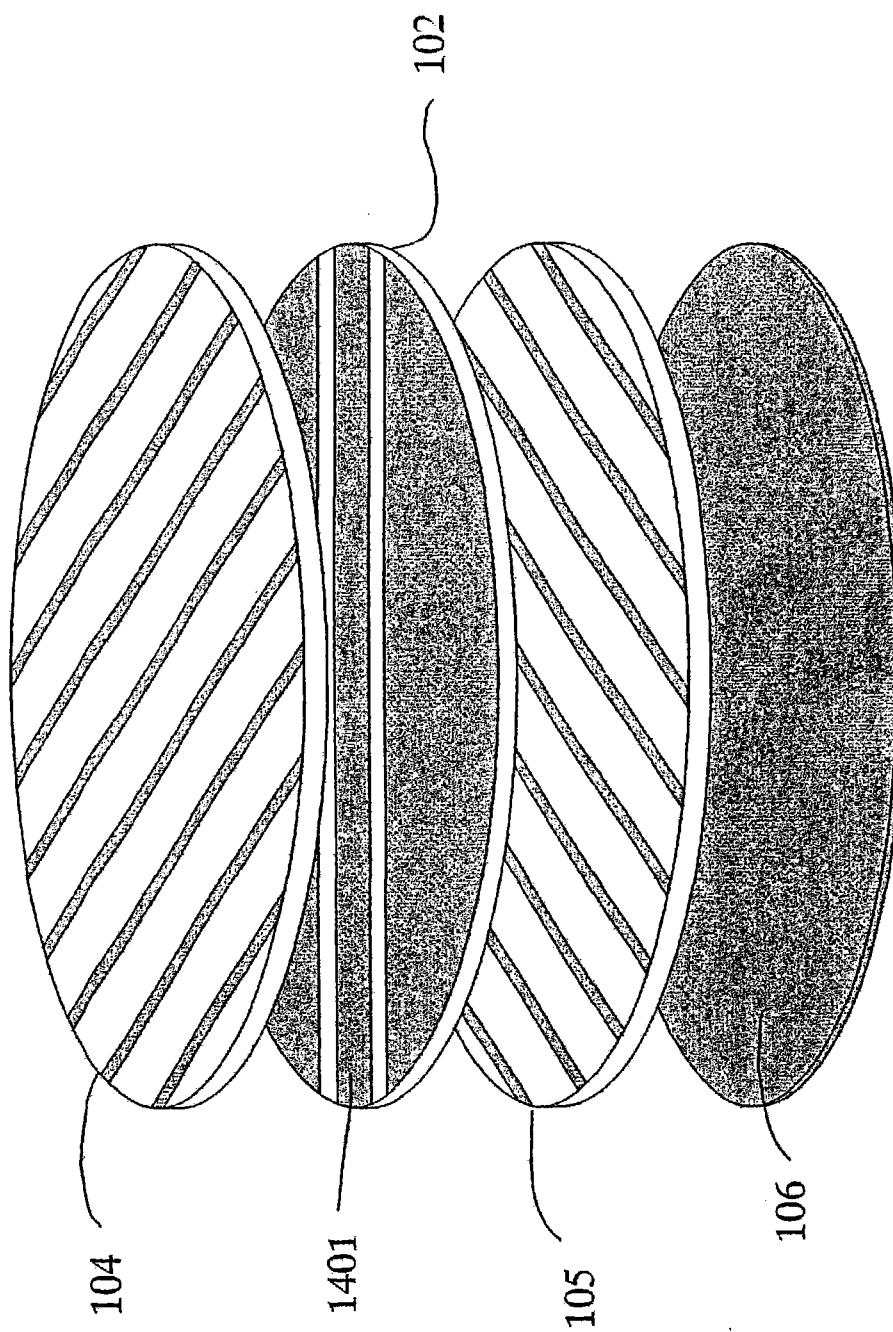
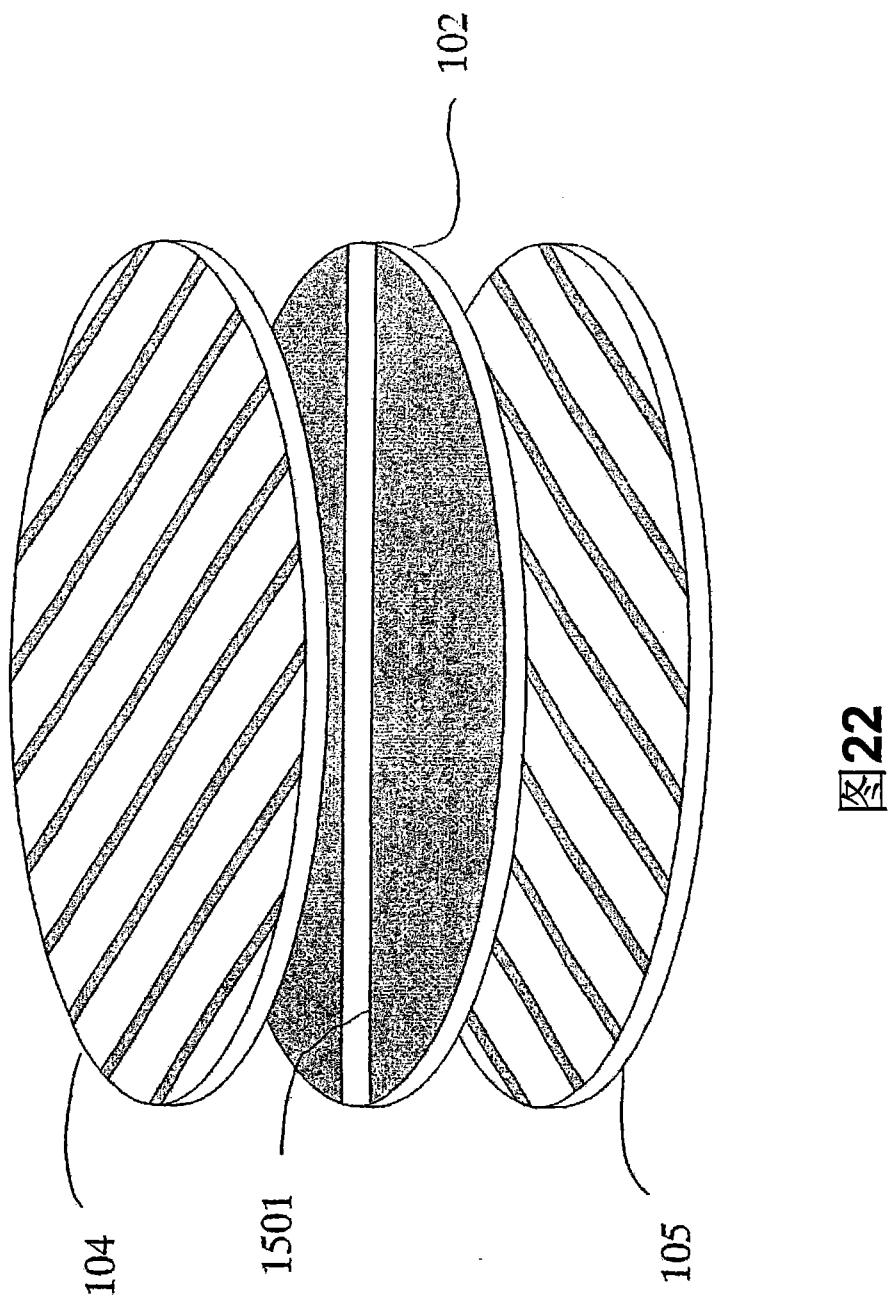


图21



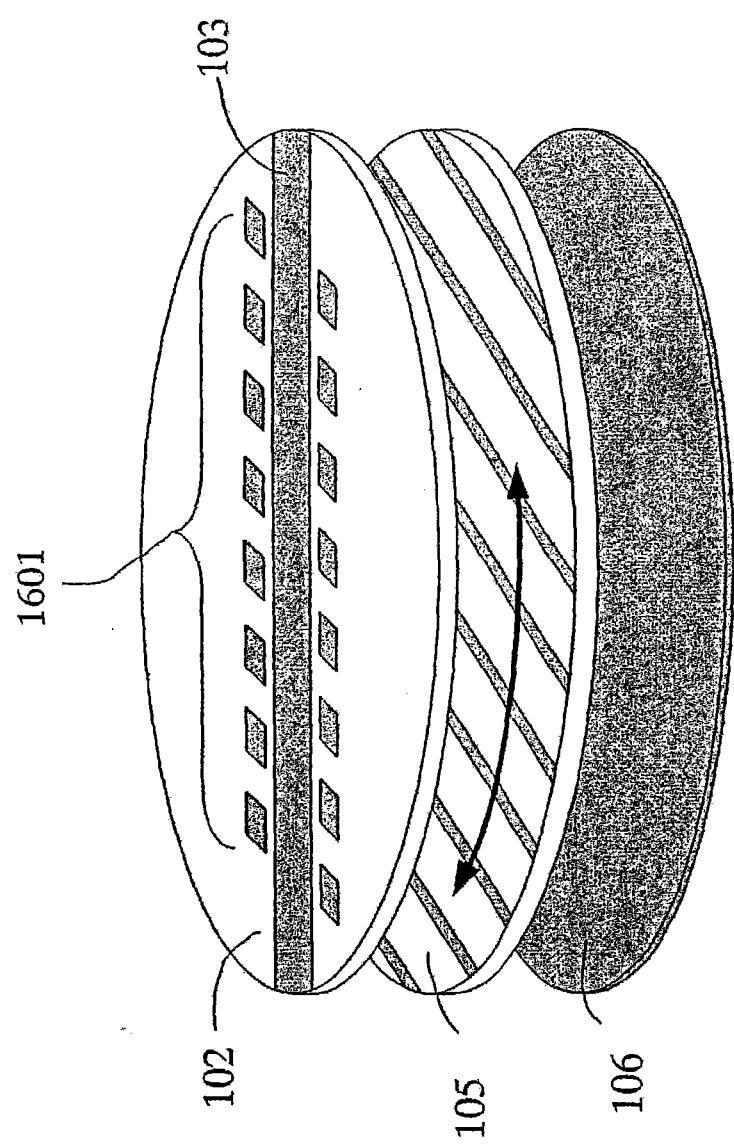
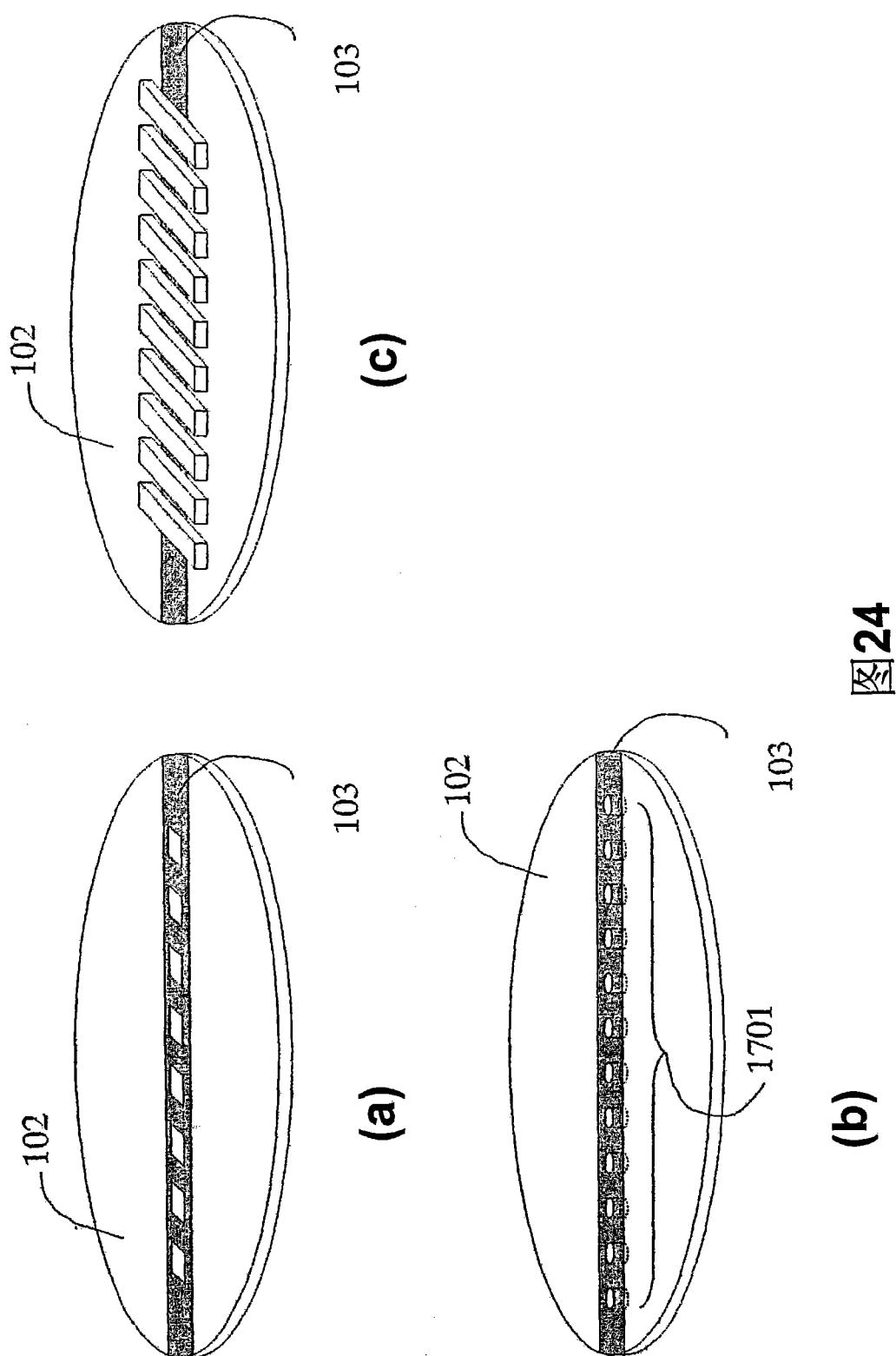


图23



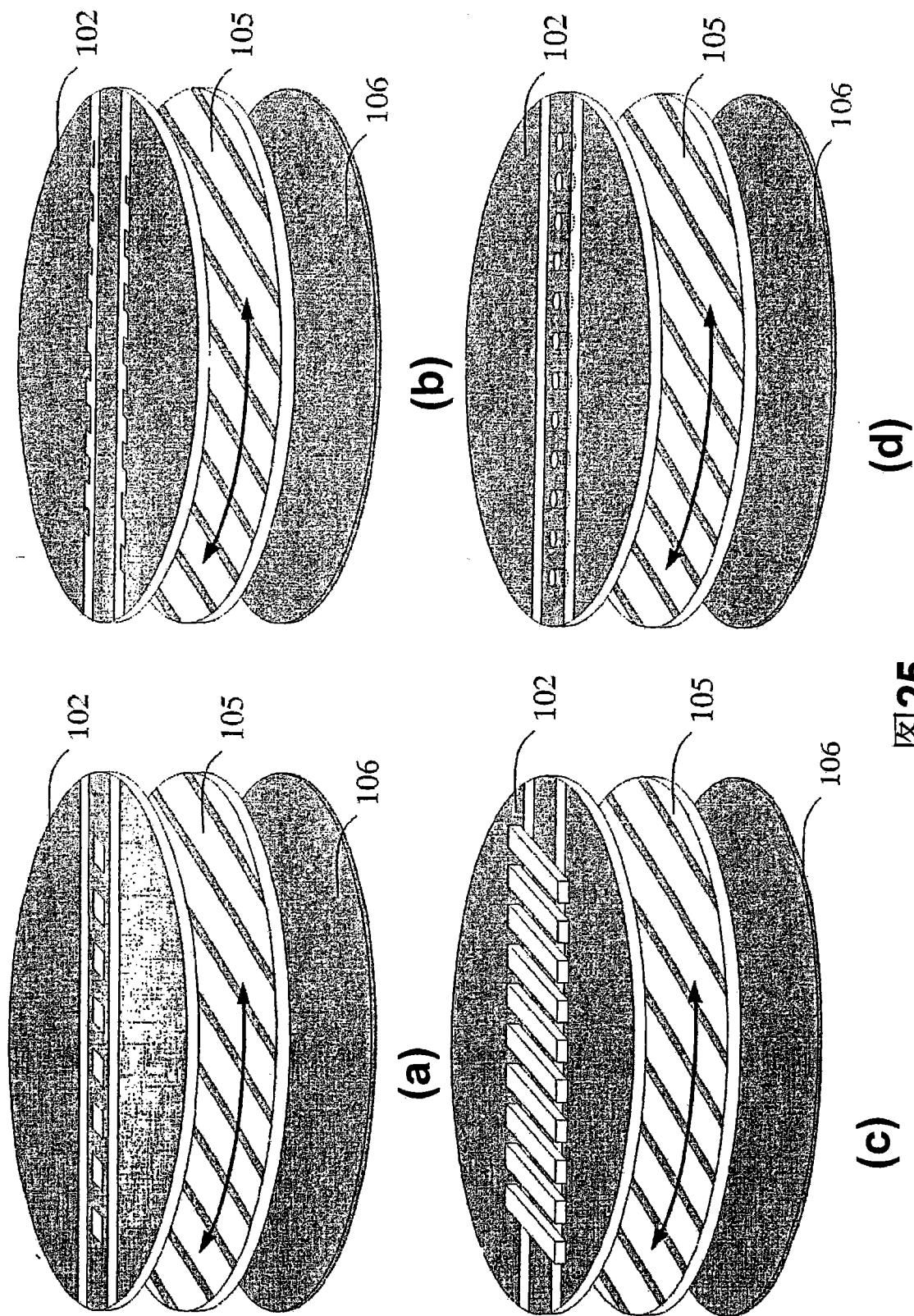


图25

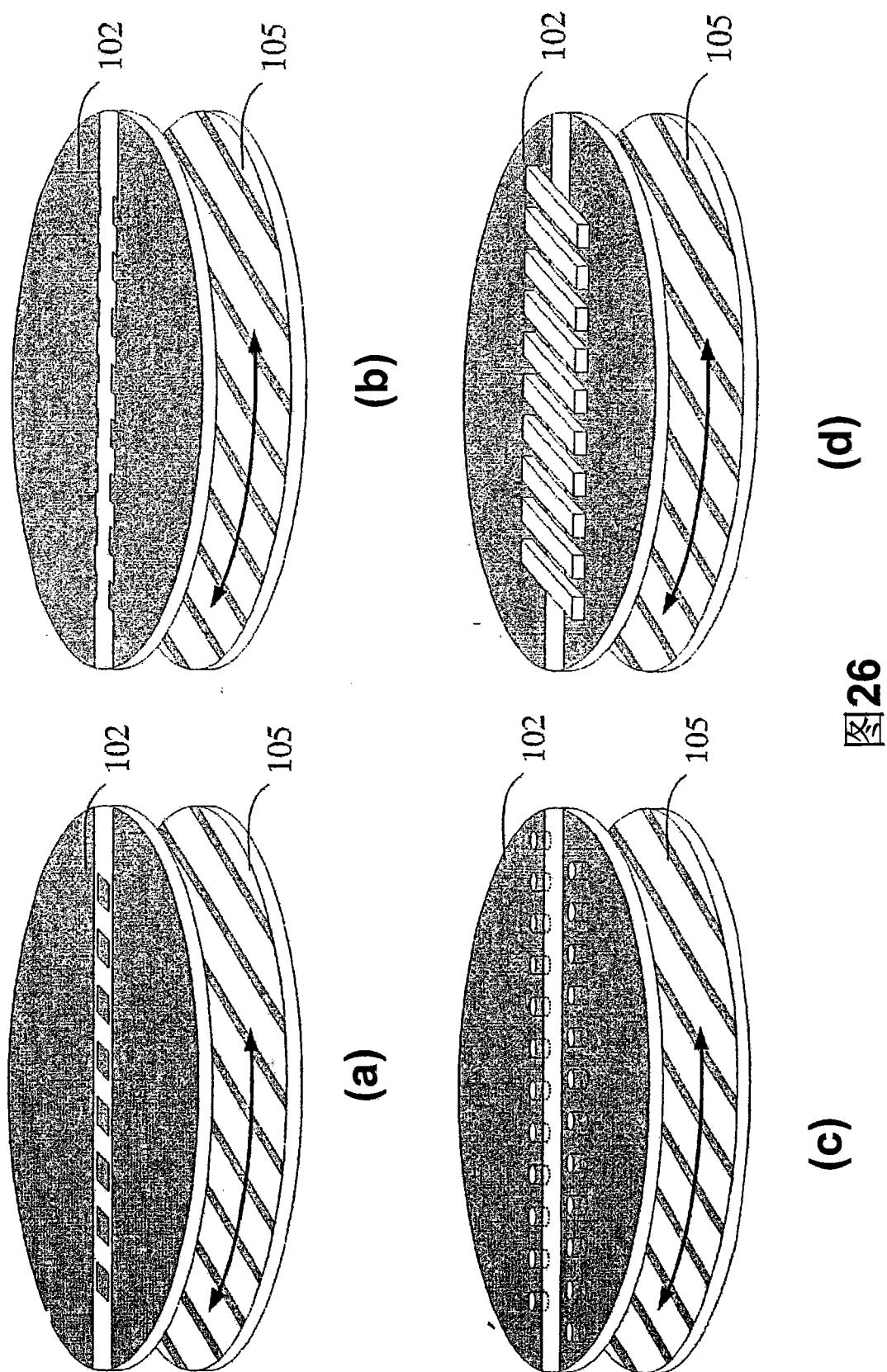
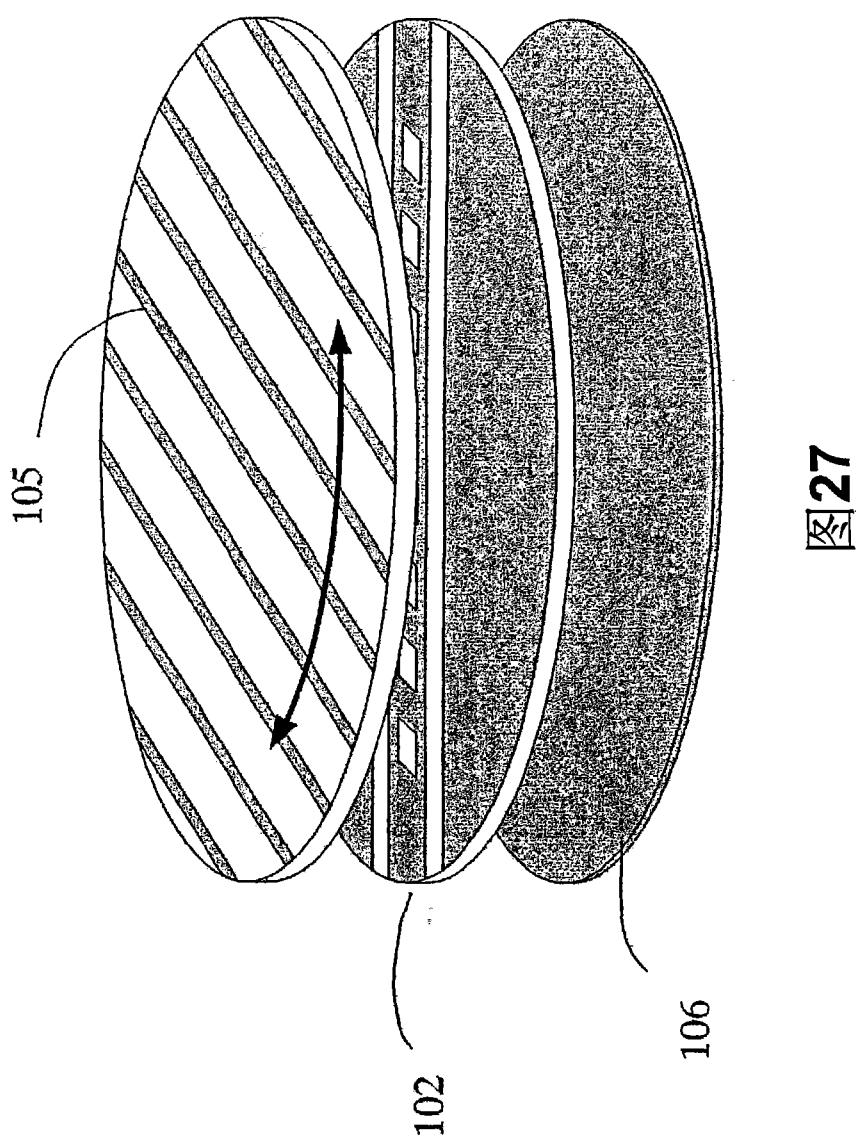


图26



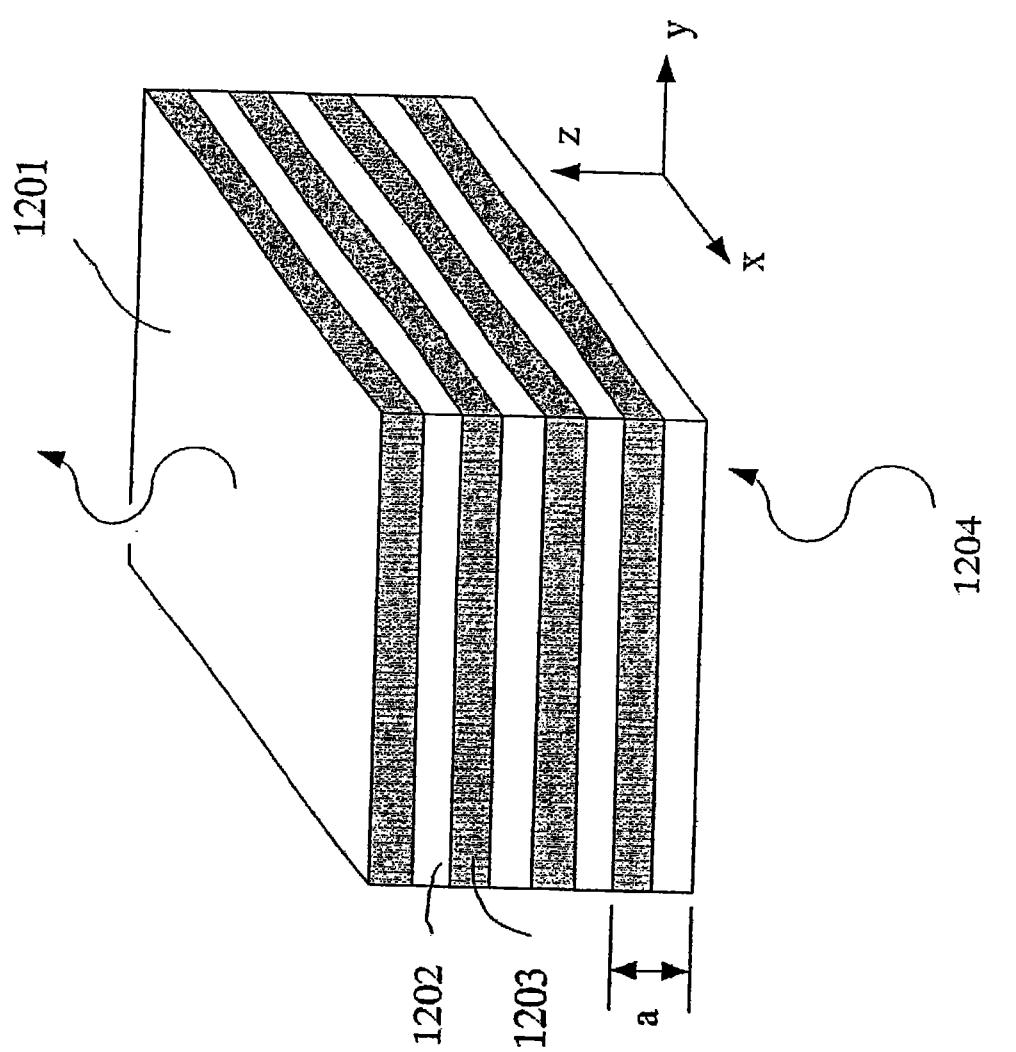


图28