

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03822170.5

G02B 26/02

G02B 26/06

G02B 27/00

G11B 7/12

G11B 7/135

G11B 7/125

[43] 公开日 2005 年 10 月 12 日

[11] 公开号 CN 1682142A

[22] 申请日 2003.9.12 [21] 申请号 03822170.5

[30] 优先权

[32] 2002.9.19 [33] EP [31] 02078939.2

[32] 2002.12.18 [33] EP [31] 02080387.0

[86] 国际申请 PCT/IB2003/004030 2003.9.12

[87] 国际公布 WO2004/027490 英 2004.4.1

[85] 进入国家阶段日期 2005.3.18

[71] 申请人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 B·H·W·亨德李克斯

S·库伊佩

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

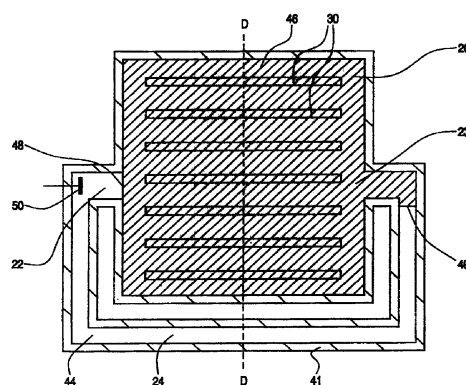
代理人 吴立明 梁永

权利要求书 3 页 说明书 24 页 附图 10 页

[54] 发明名称 电润湿光学开关

[57] 摘要

本发明涉及一种具有第一离散状态和不同的第二离散状态的可切换光学元件。该元件包括包含第一流体(44)和不同的第二流体(46)的流体系统；具有一表面(28)的波前修正器(26)；以及流体系统开关，其作用于流体系统上，以便在该元件的第一与第二离散状态之间切换。当该元件处于第一离散状态时，波前修正器(26)的表面(28)被第一流体(44)充分覆盖。当该元件处于第二离散状态时，波前修正器的表面被第二流体(46)充分覆盖。该流体系统包括电极结构，该电极结构设置为通过施加电润湿力而作用于流体系统上；以及电压控制系统，用于控制施加给该电极结构的电压，以便在该元件的第一与第二离散状态之间切换。



ISSN 1008-4274

1、一种具有第一离散状态和不同的第二离散状态的可切换光学元件，该元件包括：

- 5 a) 包括第一流体和不同的第二流体的流体系统；
b) 具有表面的波前修正器；以及
c) 流体系统开关，其作用于流体系统以便在该元件的第一与第二离散状态之间切换，

其中，当该元件处于第一离散状态时，波前修正器的表面被第一流体充分覆盖，并且

- 10 当该元件处于第二离散状态时，波前修正器的表面被第二流体充分覆盖，

其特征在于所述流体系统开关包括：

- 电极结构，设置为通过施加电润湿力而作用于流体系统；和
电压控制系统，设置用于控制施加给所述电极结构的电压，以便
15 在该元件的第一与第二离散状态之间切换。

2、根据权利要求1所述的可切换光学元件，其中第一流体是导电的，第二流体是电绝缘的。

3、根据权利要求2所述的可切换光学元件，其中第一流体和第二流体两者都是液体。

- 20 4、根据前面任一权利要求所述的可切换光学元件，其中所述电极结构包括具有工作区域的第一电极，并且其中波前修正器的表面和第一电极的工作区域设置为基本重叠的结构。

5、根据前面任一权利要求所述的可切换光学元件，其中所述电极结构包括第一电极，第二电极和公共的第三电极，

- 25 所述电压控制系统用于在该元件的第一和第二离散状态其中至少一个状态下，不同地向第一和第二电极施加电压。

6、根据前面任一权利要求所述的可切换光学元件，包括：

- 腔室，波前修正器的表面处于其中，和
导管，该导管具有两个端部，每个端部在分离的位置处与腔室流
30 体性连接，

其中该元件设置成在该元件的第一与第二离散状态之间转变过程中，发生循环流体流动，使得流体从腔室经由所述两端中的一端进

入导管，并且流体从导管经由所述两端中的另一端进入腔室中。

7、根据前面任一权利要求所述的可切换光学元件，其中波前修正器的表面包括一个或多个突起，该突起被设置成当该元件处于所述第一与第二离散状态其中之一时，对于预定波长的给定辐射束提供预定的波前修正。

8、根据权利要求7所述的可切换光学元件，其中所述突起围绕光轴同心地设置。

9、根据权利要求7所述的可切换光学元件，其中所述突起是线性的且彼此平行设置。

10、根据权利要求7、8或9所述的可切换光学元件，其中所述突起构成衍射光栅。

11、根据权利要求7、8或9所述的可切换光学元件，其中所述突起在横穿所述表面的方向上形成非周期性台阶状分布。

12、根据前面任一权利要求所述的可切换光学元件，包括：

15 第二波前修正器表面，该元件具有与第二表面相关的第三和第四离散状态，和

包括第三流体和不同的第四流体的第二流体系统，

其中当该元件处于第三离散状态时，第二表面被第三流体充分覆盖，并且

20 当该元件处于第四离散状态时，第二表面被第四流体充分覆盖，其中电压控制系统设置为控制施加给所述电极结构的电压，以便在该元件的第三和第四离散状态之间切换。

13、根据前面任一权利要求所述的可切换光学元件，其中波前修正器包括双折射材料。

25 14、根据前面任一权利要求所述的可切换光学元件，其中第一和/或第二流体包括液晶材料。

15、一种用于扫描信息层的光学扫描装置，该装置包括根据前面任一权利要求所述的可切换光学元件，所述光学扫描装置包括：

30 a) 用于发射第一预定波长的第一辐射束和第二预定波长的第二辐射束的辐射源系统，以及

b) 用于将辐射束会聚到相应信息层上的物镜系统，

其中当该元件处于第一离散状态时，对第一辐射束提供第一预定

波前修正，并且

当该元件处于第二离散状态时，对第二辐射束提供第二预定波前修正元件。

5 16、根据权利要求 15 所述的光学扫描装置，其中第一预定波前修正至少接近于球面像差和/或散焦。

17、根据权利要求 15 或 16 所述的光学扫描装置，其中第二预定波前修正至少是近似平坦的。

18、根据权利要求 15 所述的光学扫描装置，其中所述辐射源系统适于发射第三预定波长的第三辐射束，

10 其中当该元件处于第二状态时，对第三辐射束提供第三预定波前修正。

19、根据权利要求 18 所述的光学扫描装置，其中第三预定波前修正要么至少是近似平坦的，要么至少接近于球面像差和/或散焦。

电润湿光学开关

技术领域

- 5 本发明涉及一种可切换光学元件，具体但非排他性地涉及一种适用于扫描不同类型光学记录载体的信息层的光学扫描装置的可切换光学元件，以及包含这种元件的光学扫描装置。

背景技术

- 10 可以通过光学记录载体信息层如光盘（CD）、传统数字化视频光盘（DVD）和所谓 Blu-Ray™ 盘的形式来存储数据。

- 近来，在蓝光激光二极管出现以后，提出了 Blu-Ray™ 盘，蓝光激光二极管以明显比用于对传统 DVD 进行读或写数据的红光激光二极管更短的波长发射光。因为蓝光激光二极管的波长比更常用的红光激光二极管短，蓝光激光二极管可以在光盘上形成更小的光斑，从而 Blu-Ray™ 盘的信息层轨道可以比传统 DVD 更紧密地间隔，这意味着 Blu-Ray™ 盘比传统 DVD 具有更大存储容量—通常可以获得至少增加两倍的存储容量。

- 20 为了避免消费者不得不购买多种不同装置来对特殊类型的光学记录载体读出或写入数据，需要单一的光学扫描装置能够从多种不同格式的光学记录载体再现数据。

- 不过，该目的不易于实现，因为不同记录载体格式和相关的扫描装置具有不同性质。例如，CD 是可使用的，尤其是，如 CD-A（CD-音频），CD-ROM（CD-只读存储器）和 CD-R（CD-可记录），并且设计成用大约 785nm 的激光波长和 0.45 的数值孔径（NA）进行扫描。另一方面，DVD 设计成用 650nm 区域内的激光波长进行扫描，而 Blu-Ray™ 盘设计成用 405nm 区域内的激光波长进行扫描。为了读出 DVD，通常使用 0.6 的 NA，而为了写入 DVD，通常要求 0.65 的 NA。

- 30 一个复杂因素是设计成在某一波长读出的光盘常常不能在另一波长下可读出。一个示例为 CD-R，其中将特殊染料加入记录堆中，以便在 785nm 波长下获得高信号调制。在 650nm 波长下，来自光盘的信号的调制变得如此之小，这是由于在这一波长读出的染料的波长灵

敏度不是可行的。

在引入具有更高数据容量的新型记录载体系统时，重要的是用于读出和写入的新装置向后可兼容现有的记录载体，以便获得高的市场接受水平。从而，DVD系统必须包含785nm和650nm激光器，以便能
5 读出所有现有CD类型。同样，能读出所有CD，DVD和Blu-Ray™盘的系统应当包含785nm激光器、650nm激光器和405nm激光器。

不同类型记录载体的区别还在于其透明基底的厚度，其通常用作光盘数据载体层的保护层，结果，从记录载体进入面开始数据层的深度随记录载体类型而不同。例如，DVD的数据层深度为大约0.6mm，
10 而CD的数据层深度为大约1.2mm。通常在光学扫描装置的物镜中补偿辐射束穿过保护层时产生的球面像差。

作为不同类型记录载体的这些不同性质的结果，如果例如试图用针对一种记录载体优化的光学扫描装置，从另一种不同类型记录载体读出数据，则会存在问题。例如，如果使用针对一种类型载体介质优化的物镜读出另一种载体介质，则会产生大量球面像差和不可忽略数量的球色差。该装置可设有三个物镜，一个物镜针对一个波长。不过，
15 这种解决方案相对昂贵。

从而更为可取的是提供一种具有单个光学物镜的装置，用于使用不同波长的激光辐射扫描多种不同类型光载体介质。

国际专利申请WO 02/082437描述了这样一种用于在光学扫描装置内所用的物镜，用于从三种不同类型记录载体中读出数据。该透镜具有设置于辐射束路径内的相位结构。该相位结构包括多个不同高度的相位元件，当观察外形时多个相位元件设置成一系列台阶。不同高度的相位元件是相关的，并设置成对用于读出特定类型记录载体的辐射束产生所需的波前修正。
20 25

WO 02/082437所述类型的系统提供了一种对于使用光学扫描装置内一个物镜用相关的不同波长辐射束扫描三种不同类型光学记录载体时所产生的问题的解决方案。不过，所包含的相结构常常具有复杂性，相位元件具有很大范围的不同高度。这种相结构难以设计和制造造成对于每个波长都能实现高光学效率。此外，其制造起来相对昂贵。
30

已经提出了使用流体系统提供具有可变性质光学元件的多种系

统。

美国专利 5,973,852 描述了一种填充流体的可变放大率光学透镜。该透镜包括具有光学透明弹性薄膜的外壳，光学透明弹性薄膜设置在包含流体的腔室的一端上。使用泵组件将流体插入腔室中和从腔室抽出流体，从而薄膜相应地有选择地向外或向内凸出成凸透镜或凹透镜形状。国际专利申请 WO 00/58763 描述了一种基于电润湿的系统，从而可改变两种不同流体之间流体弯月面的曲率。其提出可使用该系统作为可变透镜。

美国专利 6,288,846 描述了可在两个不同离散状态之间切换的流体系统，以提供不同的波前修正。当系统处于其中一种状态时，流体与波前修正器之间形成近似为零的折射率差，以便不改变辐射束。在该系统的另一状态下，该折射率差是一个足够大的数值，从而改变辐射束的路径。使用流体控制系统切换流体系统。流体控制系统的例子包括手动或自动皮下注射器、蠕动泵、可压缩球以及压电、液压或气动激励器。

美国专利 6,408,112 描述了一种光学开关，其包括容纳于部件内部的通道和腔室中的流体系统。设置于空腔中的压电激励器使液体转移到通道中。在一个实施例中，液体流过包括菲涅耳透镜形释放结构的波前修正器的表面。在一个实施例中，流体系统中两种流体成分中的一种是气体，当流体移动到释放结构上面的位置时该气体受到压缩。不过，这种部件需要保持垂直取向以防止气体处于系统中包含压电泵的部分处。还披露了可使用两种适当的液体。不过，一个缺点是切换过程的可靠性，特别是在使用释放结构时，流体并非完全平滑地流动。切换过程中对平滑流体流动的要求，还限制了切换速度。

25

发明内容

本发明的目的在于提供一种包括波前修正器的可切换光学元件，其可以通过一种可靠且有效的方式在至少第一与第二离散状态之间切换。

30 根据本发明，提供一种具有第一离散状态和不同的第二离散状态的可切换光学元件，该元件包括：

a) 包括第一流体与不同的第二流体的流体系统；

b) 具有一表面的波前修正器; 以及

c) 流体系统开关, 其作用于流体系统上以便在该元件的第一和第二离散状态之间切换,

其中, 当该元件处于第一离散状态时, 波前修正器的表面被第一流体充分覆盖, 并且

当该元件处于第二离散状态时, 波前修正器的表面被第二流体充分覆盖,

其特征在于所述流体系统开关包括:

通过施加电润湿力而作用于流体系统上的电极结构; 并且

电压控制系统, 其用于控制施加给该电极结构的电压, 以便在该元件的第一与第二离散状态之间切换。

通过使用电极结构及其相关的电压控制系统, 以便通过施加电润湿力而在第一与第二离散状态之间切换, 提供了一种改进的流体切换系统, 从而可由不同流体有选择地覆盖波前修正器的表面。可使用电润湿力来改变波前修正器表面上或邻近其表面的表面的可润湿性, 从而分别为流体提供有效的排斥或吸引力, 因而保证相对较快和可靠地切换。通过切换润湿程度, 便于从波前修正器的表面上去除一种流体, 并将另一种流体放置在波前修正器的表面上。

最好, 该流体系统设置成以一种循环方式在第一与第二状态之间转变。由此, 即使两流体包括两种不同液体, 也能无需运动部件即可实现切换。

本发明的可切换光学元件可以包含在用于扫描三种不同光学记录载体的适当光学扫描装置中, 每种记录载体需要使用具有不同波长的辐射束。用于提供预定波前修正的波前修正器的表面可以形成为易于且有效制造的简单结构。

提供本发明的可切换光学元件的不同离散状态, 其中不同流体彼此分别具有不同折射率, 从而为波前修正器的设计带来额外的自由度, 在此情形中相位结构适用于不止一种的辐射束波长。波前修正器在每种离散状态下为预定波长的辐射束提供预定的波前修正。由下式给出在给定的辐射束波长 λ 下, 具有折射率 n 的材料所制成的波前修正器表面的突起的台阶高度 h , 其中覆盖波前修正器表面的流体的折射率为 n_1 :

$$\Phi = 2\pi \frac{h(n-n_s)}{\lambda} \quad (1)$$

从而，当给定辐射束的波长改变时，波前修正器表面的突起所实现的波前修正也发生改变。此外，当通过改变覆盖波前修正器表面的流体而改变折射率 n_s 时，波前修正器表面所实现的波前修正也发生改变。从而，可仅仅地对具有所读出记录载体类型专用的不同波长的辐射束进行不同的期望波前修正。

根据参照附图仅通过例子给出的本发明优选实施例的下述描述，显然可得出本发明的其他特征和优点。

附图说明

10 图 1 和 2 表示根据本发明一个实施例，可切换光学元件在处于第一离散状态时分别沿线 A-A 和 B-B 的示意剖面图；

图 3 和 4 表示图 1 和 2 的可切换光学元件在处于第二离散状态时分别沿线 C-C 和 D-D 的示意剖面图；

15 图 5 表示包括根据本发明一个实施例的可切换光学元件的光学扫描装置的示意图；

图 6、7 和 8 示意地表示根据本发明不同实施例的不同波前修正器的高度轮廓和近似的波前修正；

图 9 和 10 表示根据本发明另一实施例的可切换光学元件在处于第一离散状态时分别沿线 E-E 和 F-F 的示意剖面图；

20 图 11 和 12 表示图 9 和 10 中所示的可切换光学元件在处于第二离散状态时分别沿线 G-G 和 F-F 的示意剖面图；

图 13 和 14 表示根据本发明不同实施例的波前修正器的示意高度轮廓，以及对于每个辐射束近似的波前修正；以及

25 图 15 至 18 表示根据本发明另一实施例的可切换光学元件在处于四个不同离散状态时的示意剖面图。

具体实施方式

30 参照图 1 到 4，根据本发明的可切换光学元件的一个实施例包括腔室 20，通过腔室的两个开口 22、23 流体性连接到具有两个相对端部的导管 24。腔室的第一开口 22 与导管的第一端流体性连接，腔室的第二开口 23 与导管的第二端流体性连接，从而为流体系统形成流

体密封的包围。腔室 20 的一侧被波前修正器 26 包围，并具有暴露于腔室 20 内部的表面 28。波前修正器由透明材料，例如聚碳酸酯形成。波前修正器的表面 28 包括突起 30 形状的固体释放结构，其在波前修正器 28 的表面上形成一系列彼此平行设置的间隔线性脊。本实施例中波前修正器 28 表面的突起 30 的设置形成线性光学衍射光栅。图 1 到 4 示意地表示具有相等高度突起 30 的光栅。不过，突起彼此之间可为不同的高度。此外，放大了突起的尺寸；在优选实施例中，突起的高度为 $1\mu\text{m}$ 的量级。另外，正如从下面的描述所能了解到的，还可以提供圆形同心衍射光栅和非周期性相位结构，其中突起是环形的或者至少形成环形部分。

腔室 20 还被盖板 36 包围，盖板 36 是由透明材料例如聚碳酸酯形成的平面元件。盖板 36 在疏水流体接触层 32 中被覆盖，其是透明的，且由例如 DuPont™ (杜邦) 制造的 Teflon™ (特富龙) AF1600 形成。该疏水流体接触层 32 的一个表面暴露于腔室 20 的内部。第一电润湿电极 34 处于盖板 36 与疏水流体接触层 32 之间。该第一电润湿电极 34 形成为透明导电材料板，例如氧化铟锡 (ITO)。在流体接触层 32 与第一电润湿电极 34 之间可以形成由例如聚对二甲苯基构成的绝缘层 (未示出)。注意，第一电润湿电极 34 具有与波前修正器表面 28 的一系列脊 30 所占据的区域完全重叠的工作区。疏水流体接触层 32 具有与波前修正器表面 28 的一系列脊 30 完全重叠的表面区域。

导管 24 形成在导管壁 41 与盖板 40 之间。盖板被其一个表面暴露于导管 24 内部的疏水流体接触层 38 所覆盖，疏水流体接触层由例如 AF1600™ 形成。第二电润湿电极 40 处于盖板 42 与疏水流体接触层 38 之间。该电极由导电材料，如氧化铟锡 (ITO) 构成。注意，第二电润湿电极 40 具有与导管 24 的大部分内部重叠的表面区域。

所包围的流体系统包括第一流体 44 和第二流体 46。第一流体 44 包括具有预定折射率的水性导电流体，例如盐水。第二流体包括油基电绝缘流体，例如硅油。在本发明的该实施例中，第一流体 44 和第二流体 46 都是液体。第一流体 44 和第二流体 46 在两个流体弯月面 48、49 处彼此接触。

在如图 1 和 2 中所示可切换光学元件的第一离散状态下，第一流

体 44 充分地填充腔室 20 和一部分导管 24。通过充分填充，表明第一流体与波前修正器 28 表面的至少大部分突起 30 相接触。在该状态下，第一流体与腔室中疏水流体接触层 32 的至少大部分暴露表面接触。此外，存在由例如金属形成的、设置在靠近腔室一个开口 22 的导管 24 中的公共的第三电极 50，其在两种状态下都与第一流体 44 填充的导管的部分相接触。在该元件的第一离散状态下，第二流体 46 充分填充导管 24，除了第一流体 44 所填充的与公共的第三电极 50 相接触的部分以外。

在如图 3 和 4 中所示可切换光学元件的第二离散状态下，第一流体 44 充分填充导管 24。在该第二离散状态下，第一流体 44 继续与设置于导管中上述部分的公共第三电润湿电极 50 相接触。此时，第一流体 44 与导管的疏水流体接触层 38 接触。此时，第二流体 46 充分填充腔室 20，使第二流体 46 与波前修正器 28 的表面的突起 30、以及腔室的疏水流体接触层 32 的暴露表面接触。此外，第二流体 46 填充导管 24 的一部分。该部分的导管 24 处于公共第三电极 50 所处位置的相对端。

第一电极 34、第二电极 40 和第三电极 50 形成电润湿电极结构，其与电压控制系统（未示出）一起形成流体系统开关。该流体系统开关作用在所述的包括第一流体 44 和第二流体 46 的流体系统上，以便在可切换光学元件的所述第一与第二离散状态之间进行切换。在该元件的第一离散状态下，适当值的外加电压 V_1 施加于第一电润湿电极 34 和公共第三电极 50 上。外加电压 V_1 提供电润湿力，使得本发明的可切换光学元件趋于采取第一离散状态，其中导电的第一流体 44 移动以充分填充腔室 20。作为外加电压 V_1 的结果，腔室 20 的疏水流体接触层 32 暂时变成实质上至少相对而言是亲水性的，从而有助于优选第一流体 44 来充分填充腔室 20。可以设想，在第一离散状态下，第二电润湿电极 40 与公共第三电极 50 上没有施加电压，从而导管中的流体接触层保持相对高的疏水性。

为了在可切换光学元件的第一离散状态与第二离散状态之间切换，流体系统开关的电压控制系统切断外加电压 V_1 ，并在第二电润湿电极 40 和公共第三电极 50 上施加适当值的第二外加电压 V_2 。此外，可以设想，第一电润湿电极 34 与公共第三电极 50 上施加的电压 V_1

被切断，从而第一电润湿电极 34 和公共第三电极 50 上没有施加电压。

5 此时可切换光学元件处于第二离散状态，其中由于外加电压 V_2 提供的电润湿力，导致第一流体 44 充分填充导管 24。通过外加电压 V_2 ，导管 24 的疏水流体接触层 38 此时至少相对而言是亲水的，并且趋向于吸引第一流体 44。第一流体 44 移动以填充导管 24 中设有公共第三电极 50 的部分。如前面所述，此时第二流体 46 充分填充腔室 20。腔室 20 的疏水流体接触层 32 此时相对而言是高度疏水的，有助于使第二流体处于第二离散状态。

10 在该元件的第一与第二离散状态之间转变期间，由于流体系统开关所控制的，流体系统的第一流体 44 和第二流体 46 以一种循环方式通过流体系统流动，每种流体相互置换。在从第一向第二离散状态转变过程中的这种循环流体流动下，第一流体 44 从腔室 20 流出，通过腔室的一个开口 22 进入导管 24 的一端。同时，第二流体 46 通过腔室的另一开口 23 从导管 24 的另一端进入腔室 20 中。在从第二向第一离散状态的转变过程中，发生相反的循环流体流动。

20 因而，当从第一离散状态变成第二离散状态时，第二电润湿电极 40 和公共第三电极 50 上的外加电压 V_2 将导电的第一流体 44 吸引到腔室 20 中，从而将电绝缘的第二流体 46 置换到腔室 20 的外部。此外，腔室 20 的疏水流体接触层 32 将导电的第一流体 44 从腔室 20 排斥到导管 24 中。在这些方面，从第二向第一离散状态的转变与从第一向第二离散状态的转变相反。

25 图 5 示意地表示用于扫描光学记录载体信息层的光学扫描装置，在本例中光学记录载体为光盘。光学扫描装置包括根据本发明一个实施例的可切换光学元件，其与上面参照图 1 到 4 所描述的类似。

30 光学记录载体 1 包括透明层 2，在其一侧上设置至少一个信息层 3。该载体可包括多个设置在不同深度上的信息层，通过保护层 4 保护信息层背离透明层的一侧内部不受环境的影响。透明层面对装置的一侧为盘进入面 5。透明层 2 作为光盘的基底，为信息层提供机械支撑。或者，透明层 2 可以具有保护信息层 3 的唯一功能，而由信息层另一侧上的层，例如由保护层 4 或者由另一信息层和与最上部信息层相连的透明层提供机械支撑。

信息可以以设置于图 1 中未示出的大致平行的、同心或螺旋轨道中的光学可检测标记的形式存储到光盘的信息层 3 中。标记可以为任何光学可读形式，例如凹坑形式，或者具有反射系数或磁化方向与其周围不同的区域的形式，或者这些形式的组合。

5 扫描装置包括辐射源系统 6，其包括可调谐半导体激光器或三个分离的半导体激光器。发射出第一、第二或第三预定波长的辐射束 7。辐射束的第一、第二和第三预定波长对应于光学扫描装置所扫描的不同类型的光学记录载体 1。例如，第一预定波长 λ_1 为 405nm，对应于 Blu-Ray™ 盘；第二波长 λ_2 为 650nm，用于扫描 DVD；第三波长 λ_3 为
10 785nm，对应于 CD。预定波长的辐射束是发散的，且朝向透镜系统发射。透镜系统包括准直透镜 8、根据本发明的可切换光学元件 9 和沿光轴 11 设置的物镜 10。准直透镜 8 将辐射源系统 6 发射出的预定波长的发散辐射束 7 转变成基本准直的光束 12。下面进一步描述的本发明可切换光学元件 9 修正了准直辐射束 12 的波前，波前修正是所
15 读出的记录载体的类型专用的。物镜 10 将入射的波前经过修正的辐射束 15 转变成具有选定数值孔径 (NA) 的会聚束 13，会聚束 13 在信息层 3 上形成焦斑 14。设置检测系统 16、第二准直透镜 17 和分束器 18，以便在携带信息的辐射束 19 中检测数据信号，并且控制包括聚焦误差信号的信号，其用于机械调节物镜 10 的轴向位置。

20 可切换光学元件 9 的波前修正器的表面具有精确的设计和结构，从而当该元件处于其选定的一个离散状态时，对于特定波长的准直辐射束 12 施加预定的波前修正，这对所扫描的记录载体类型是专用的。现在将详细描述可切换光学元件的另一实施例。

在本发明一个实施例中，波前修正器表面的突起构成圆形衍射光
25 栅。波前修正器由折射率为 $n=1.6$ 的聚碳酸酯材料形成，第一流体是折射率为 $n_*=1.350$ 的盐水，第二流体是折射率为 $n_*=1.393$ 的硅油。

下面的示例说明对于 λ_1 辐射束选择零阶衍射，对于 λ_2 和 λ_3 辐射束选择一阶衍射的衍射光栅的设计。波前修正器的突起是环形的，且在作为波前修正器表面的径向分布而观察时形成一系列等宽度区域。每个区域包括多个径向子区域。每个区域中子区域的排列相类似，从而
30 台阶构成了规则的重复相位结构。选择每个台阶的高度，使得其对于 λ_1 辐射束引入 2π 整数倍的相位改变 (Φ)，以便带来平坦的波前修正。

对于发生 2π 相位改变的 λ_1 辐射束, 台阶的适当高度取决于可切换光学元件选择使用的高散状态。对于其中波前修正器的表面被第一流体覆盖的第一离散状态, 高度的基本单位为:

$$h_{405}^* = \frac{\lambda_1}{n - n_*} = 1.620 \mu\text{m} \quad (2)$$

而对于其中表面被第二流体覆盖的第二离散状态, 为:

$$h_{405}^{\text{油}} = \frac{\lambda_1}{n - n_{\text{油}}} = 1.957 \mu\text{m} \quad (3)$$

- 5 表 I 列表显示对于 λ_1 、 λ_2 和 λ_3 辐射束的每一个, 产生 2π 相位改变的台阶高度的基本单位。表 II 列表显示出分别在第一和第二离散状态的每一个状态下, 对于 λ_2 和 λ_3 辐射束, $h_{405}^{\text{油}}$ 或 h_{405}^* ($1.620 \mu\text{m}$) 的台阶高度引入的相位改变 (Φ)。

表 I

波长 (nm)	$h^{\text{油}}$ (μm)	h^* (μm)
$\lambda_1 = 405$	1.957	1.620
$\lambda_2 = 650$	3.140	2.600
$\lambda_3 = 785$	3.792	3.140

10

表 II

	$\Phi(\lambda_2, \text{油})/2\pi$	$\Phi(\lambda_2, \text{水})/2\pi$	$\Phi(\lambda_3, \text{油})/2\pi$	$\Phi(\lambda_3, \text{水})/2\pi$
$h_{405}^{\text{油}}$	0.623	0.753	0.516	0.623
h_{405}^*	0.516	0.623	0.427	0.516

- 15 从这些表格可以看出, 当对于每个辐射束使用该元件的相同离散状态时, λ_3 辐射束的相位改变近似为 π 。从而, 在此情况下对于 λ_3 辐射束仅有两个基本上不同的相位改变台阶是可能的, 使得难以设计出相对简单且产生高效率一阶衍射的光栅。不过, 当对于三个辐射束使用该元件的不同离散状态时, 这种设计是可能的。考虑对于 λ_1 和 λ_2 辐射束两者, 该元件用于第二离散状态下, 而对于 λ_3 辐射束, 该元件用于第一离散状态下。

- 20 表 III 列表表示出当该元件用在所述的不同离散状态下时, 对于 λ_2 和 λ_3 辐射束, $m h_{405}^{\text{油}}$ 的台阶高度引起的相位改变, 其中 m 为台阶高度整数。

表 III

m	$\Phi(\lambda_2, \text{油})/2\pi \text{ mod } 1$	$\Phi(\lambda_3, \text{水})/2\pi \text{ mod } 1$
1	0.623	0.623
2	0.246	0.246
3	0.869	0.869
4	0.492	0.492
5	0.115	0.115
6	0.738	0.738
7	0.361	0.361
8	0.984	0.984

表 III 表示对于 λ_2 和 λ_3 辐射束，所引入的相位改变近似相同。从而有 8 个不同台阶高度，其都可以用于将类似的波前修正引入 λ_2 和 λ_3 辐射束中。

例如 Damman 型衍射光栅结构可设计为对于 λ_1 辐射束选择零阶衍射，并且对于 λ_2 和 λ_3 辐射束近似化锯齿形炫耀光栅。由于具有表 III 所描述的结构，对于 λ_2 和 λ_3 辐射束引入的相位改变近似相同，可设计出对于 λ_2 和 λ_3 辐射束都选择一阶衍射的衍射光栅结构。

表 IV 给出具有四个径向子区域的衍射光栅区域的分布，对于 λ_2 和 λ_3 辐射束都表现出高效率。

表 IV

子区域	m	$\Phi(\lambda_2, \text{油})/2\pi \text{ mod } 1$	$\Phi(\lambda_3, \text{水})/2\pi \text{ mod } 1$
0.00-0.25	5	0.115	0.115
0.25-0.50	7	0.361	0.361
0.50-0.75	1	0.623	0.623
0.75-1.00	3	0.869	0.869
效率		81.0%	81.0%

未按照比例绘出的图 6 表示表 IV 中详细给出的本发明实施例的衍射光栅的一个区域的分布。在本实施例中，波前修正器表面的突起为径向地设置、且在围绕元件光轴排列的径向区域中间隔开的同心台阶。所产生的波前修正具有台阶状分布，其对于 λ_2 和 λ_3 辐射束两者近

似为炫耀光栅锯齿分布 52。在该分布中每一台阶的中心处，相位修正等于锯齿分布 52 在该位置的数值。通过对于辐射束 λ_3 ，使用其中该波前修正器表面被第一流体覆盖的元件的第一离散状态，并且对于 λ_1 和 λ_2 辐射束，使用其中波前修正器的表面被第二流体覆盖的第二离散状态，从而对于 λ_1 ， λ_2 和 λ_3 辐射束的每一个都实现高效率。

表 V 给出了本发明另一实施例的详细内容，其包括采用 6 个子区域的衍射光栅，其中对于 λ_1 ， λ_2 和 λ_3 辐射束的每一个效率甚至更高。

表 V

子区域	m	$\Phi(\lambda_2, \text{油})/2\pi \text{ mod } 1$	$\Phi(\lambda_3, \text{水})/2\pi \text{ mod } 1$
0.0000-0.1667	5	0.115	0.115
0.1667-0.3333	2	0.246	0.246
0.3333-0.5000	4	0.492	0.492
0.5000-0.6667	1	0.623	0.623
0.6667-0.8333	6	0.378	0.738
0.8333-1.0000	8	0.984	0.984
效率		87.4%	87.4%

10

未按照比例绘出的图 7 表示本发明另一实施例的衍射光栅其中一个区域的分布。通过与上述实施例相同的方式，波前修正器表面的突起为沿径向设置的、且在围绕该元件的光轴排列的径向区域中间隔开的同心台阶。所产生的波前修正具有台阶状分布，当该元件处于第二离散状态下对于 λ_2 辐射束，当该元件处于第一离散状态时对于 λ_3 辐射束，其近似为炫耀光栅锯齿分布 54。在该分布的每个台阶的中心处，相位修正等于锯齿分布 54 在该位置的数值。

15

可以设想本发明的其他可能实施方式，其中波前修正器表面的突起形成衍射光栅。下面给出根据一般设计考虑进行的设置。

20

在这些实施例中，台阶高度 h 的基本单位对波长 λ_i 的辐射束引入 0 或 2π 整数倍的相位改变，并且对于波长为 λ_b 和 λ_c 的其他两个辐射束，相位改变相同或者至少相似。令 n_a 为第一离散状态下覆盖波前修正器表面的第一流体的折射率， n_b 为第二离散状态下覆盖波前修正器表面的第二流体的折射率， n 为波前修正器的折射率。为了使台阶高

度 h 对于波长为 λ_b 和 λ_c 的两个辐射束引入至少近似相同的相位改变，则：

$$\frac{\lambda_b}{n-n_a} \approx \frac{\lambda_c}{n-n_b} \quad (4)$$

由此得出， n_b 基本上等于（优选处于 0.05 内，更优选处于 0.025 内）：

$$n_b = n + \frac{\lambda_c}{\lambda_b} (n_a - n) \quad (5)$$

- 5 未按照比例绘出的图 8 表示根据本发明另一实施例的衍射光栅的分布。通过与上述实施例类似的方式，波前修正器表面的台阶形突起为沿径向设置、且在围绕光轴排列的径向区域中间隔开的同心台阶，如表 VI 详细给出的。在本实施例中，第二流体的折射率与形成波前修正器的材料的折射率相匹配。例如，波前修正器材料，例如环
- 10 状烯烃共聚物 (COC) 具有的折射率为 $n=1.535$ ，第一流体如盐水具有的折射率为 $n_* = 1.350$ ，第二流体如油具有的折射率为 $n=1.535$ 。对于 λ_1 和 λ_2 ，波前修正器的表面被第二流体覆盖，对于 λ_3 表面被第一流体覆盖。从而对于 λ_1 和 λ_2 辐射束，波前修正器表面的衍射光栅的二元台阶是不可见的，并引入平坦的波前修正。对于 λ_3 辐射束，波前修正具有台阶状分布，在波前修正器的表面被第一流体覆盖时，其近似为炫耀光栅锯齿分布 56。在该分布的每个台阶的中心处，相位修正
- 15 等于锯齿分布 56 在该位置的数值。

表 IV

子区域	h [μm]	$\Phi(\lambda_0, \text{水})/2\pi \bmod 1$
0.00-0.25	0.530	0.125
0.25-0.50	1.591	0.375
0.50-0.75	2.652	0.625
0.75-1.00	3.713	0.875
效率	81.1%	81.1%

20

图 9 到 12 示意地表示本发明可切换光学元件的另一实施例，适于包含在前面参照图 5 描述的光学扫描装置中。本发明该实施例的许多特征与利用图 1 到 4 描述的本发明上述实施例的特征相似。在此用

相同附图标记表示这些特征，每个数字增加 100，并且这些元件的上述说明在此是适用的。

通过与利用图 2 到 5 所描述的上述实施例相类似的方式，波前修正器的表面 57 包括突起 58，在本实施例中其构成围绕处于表面 57 的零半径处的中点 59 设置的一系列同心圆形台阶。当以剖面分布图观察时，如图 10 和 12 中所示，突起 58 为设置成非周期性结构 (NPS) 的台阶，从中点 59 开始沿径向方向设置突起，使得突起并非规则重复的图案间隔。图 10 和 12 示意地表示 NPS，突起 58 具有相等高度。不过，通常突起彼此之间具有不同高度，每个突起的高度通过台阶高度的共同基本单位相关。此外，夸大了突起的高度；在优选实施例中，该高度具有 $1\mu\text{m}$ 的量级，且突起之间的距离为 $100\mu\text{m}$ 的量级。

通过与利用图 1 到 4 所描述的本发明上述实施例相类似的方式，可切换光学元件可在两个离散状态之间切换，其中第一流体 144 与第二流体 146 设置得不同。在第一离散状态下，如图 9 和 10 中所示，在第一电润湿电极 134 与公共第三电极 150 上施加外加电压 V_3 。该外加电压 V_3 的数值选择为适于引起该元件从第二离散状态切换到第一离散状态的数值。第二电润湿电极 140 与公共第三电极 150 上没有施加电压。在可切换光学元件的该实施例的第二离散状态下，如图 11 和 12 中所示，在第二电润湿电极 140 与公共第三电极 150 上施加外加电压 V_4 。该外加电压 V_4 的数值选择为适于引起该元件从第一离散状态切换到第二离散状态的数值。第一电润湿电极 134 与公共第三电极 150 上没有施加电压。

现在将描述可切换光学元件的另一实施例，其中波前修正器的表面为非周期性相位结构 (NPS)。将要描述的每一个进一步实施方式中的波前修正器表面的特定结构对应于多个不同预定波长的辐射束上所希望的不同预定波前修正，每种修正对于所扫描的不同种类记录载体而言是专用的。

在本发明另一实施例中，可切换光学元件包括 NPS，波前修正器由折射率为 $n=1.6$ 的聚碳酸酯材料形成，第一流体为折射率为 1.350 的盐水，第二流体为折射率为 1.4 的硅油。使用所有不同的波长 $\lambda_1 = 405\text{nm}$ 、 $\lambda_2 = 650\text{nm}$ 和 $\lambda_3 = 785\text{nm}$ 的三个不同辐射束。

下面的示例说明对于 λ_1 和 λ_2 辐射束提供平坦波前修正，对于 λ_3 辐

射束提供近似球面像差波前修正的 NPS 的设计。波前修正器表面上的突起形成为台阶，从而其对于 λ_1 辐射束引入 2π 或其整数倍的相位改变。对于发生 2π 相位改变的 λ_1 辐射束，NPS 台阶高度的基本单位取决于该元件选择使用的离散状态。对于其中波前修正器表面被第一流体覆盖的第一离散状态，高度的基本单位为：

$$h_{405}^* = \frac{\lambda_1}{n-n_*} = 1.620 \mu\text{m} \quad (6)$$

对于其中表面被第二流体覆盖的第二离散状态，为：

$$h_{405}^{\text{油}} = \frac{\lambda_1}{n-n_{\text{油}}} = 2.025 \mu\text{m} \quad (7)$$

表 VII 列表表示出对于 λ_1 , λ_2 和 λ_3 辐射束中的每一个，产生 2π 相位改变的台阶高度。表 VIII 列表表示出在第一和第二离散状态的每一个状态下， $h_{405}^{\text{油}}$ ($2.025 \mu\text{m}$) 或 h_{405}^* ($1.620 \mu\text{m}$) 的台阶高度分别对 λ_2 和 λ_3 辐射束引入的相位改变 (Φ)。

表 VII

波长 (nm)	$h^{\text{油}} (\mu\text{m})$	$h^* (\mu\text{m})$
$\lambda_1 = 405$	2.025	1.620
$\lambda_2 = 650$	3.250	2.600
$\lambda_3 = 785$	3.925	3.140

表 VIII

	$\Phi(\lambda_2, \text{油})/2\pi$	$\Phi(\lambda_2, \text{水})/2\pi$	$\Phi(\lambda_3, \text{油})/2\pi$	$\Phi(\lambda_3, \text{水})/2\pi$
$h_{405}^{\text{油}}$	0.623	0.779	0.516	0.645
h_{405}^*	0.498	0.623	0.413	0.516

15

从这些表格可以看出，当对于每个辐射束利用该元件的相同离散状态时， λ_3 辐射束的相位跳变近似为 π 。从而，在此情形中对于 λ_3 辐射束仅存在两个明显不同的相位改变是可能的，使得难以设计出对于 λ_3 辐射束产生至少大致球面波前修正的相对简单的 NPS。不过，当对于三个辐射束使用该元件的不同离散状态时，可进行这种设计。考虑对于 λ_1 辐射束该元件用于第一离散状态，并且对于 λ_2 和 λ_3 辐射束该元件用于第二离散状态的情形。

20

表 IX 列表表示出当该元件用于第二离散状态下时, 对于 λ_2 和 λ_3 辐射束 $m h^*$ 的台阶高度引起的相位改变, 其中 m 为台阶高度整数。

表 IX

m	$\Phi(\lambda_2, \text{油})/2\pi \text{ mod } 1$	$\Phi(\lambda_3, \text{油})/2\pi \text{ mod } 1$
1	0.498	0.413
2	0.996	0.826
3	0.494	0.239
4	0.992	0.652
5	0.490	0.065
6	0.988	0.478
7	0.486	0.891
8	0.984	0.304
9	0.482	0.717
10	0.980	0.130
11	0.478	0.543
12	0.976	0.956

5

表 IX 表示对于偶数值的 m , 对于 λ_1 和 λ_2 辐射束引入的相位改变近似相同。从而存在可用于将类似的波前修正引入 λ_1 和 λ_2 辐射束中的六个不同的台阶高度。

10 表 X 给出了从 NPS 的径向中点开始, 具有五个径向区域的 NPS 的台阶的高度和宽度。在第二离散状态下, NPS 对于 λ_2 辐射束产生大致平坦的波前修正, 并且对于 λ_3 辐射束近似为包括散焦和球面像差的波前修正。

表 X

区域 [mm]	h [μm]	m	$\Phi(\lambda_2, p_0)$	$\Phi(\lambda_3, p_0)$
0.00-0.40	19.440	12	-0.1508	-0.276
0.40-0.59	16.200	10	-0.1257	0.817
0.59-1.10	12.960	8	-0.1005	1.910
1.10-1.20	16.200	10	-0.1257	0.817
1.20-1.26	19.440	12	-0.1508	-0.276

未按照比例绘出的图 13 表示表 X 中详细说出的 NPS 的分布，并表示 NPS 台阶的相对高度，其随着距该元件光轴（零半径）的径向距离而变。此外表示出所产生的 λ_2 辐射束的近似平坦的波前修正 60，并且所产生的波前修正具有近似了 λ_3 辐射束的散焦结合了球面像差分布 62 的台阶状分布，用处于第二离散状态的元件实现两种波前修正。在该分布的每个台阶的中心处，相位调节等于分布 62 在该位置处的数值。

由于可将元件设置在不同离散状态带来额外的设计自由度，可设计出在 NPS 相位结构各台阶之间仅具有相对较小高度差的简单 NPS，从而使波前修正器表面的制造过程明显地更加容易。

在本发明另一实施例中，其中可切换光学元件包括 NPS，波前修正器由折射率 $n=1.6$ 的聚碳酸酯材料形成，第一流体为折射率为 $n=1.344$ 的盐水，第二流体是折射率为 $n=1.393$ 的硅油。在本例中，使用波长 $\lambda_1 = 405\text{nm}$ ， $\lambda_2 = 650\text{nm}$ 和 $\lambda_3 = 785\text{nm}$ 的三个辐射束。

对于发生 2π 相位改变的 λ_1 辐射束，NPS 台阶高度的基本单位取决于该元件选择使用的离散状态。对于波前修正器的表面被第一流体覆盖的第一离散状态，高度的基本单位为：

$$h_{405}^* = \frac{\lambda_1}{n - n_*} = 1.582 \mu\text{m} \quad (8)$$

对于表面被第二流体覆盖的第二离散状态，为：

$$h_{405}^{\text{油}} = \frac{\lambda_1}{n - n_{\text{油}}} = 1.957 \mu\text{m} \quad (9)$$

表 XI 列表表示对于每个离散状态，产生 2π 相位改变的台阶高度。表 XII 列表表示出，对 λ_2 和 λ_3 辐射束， $h_{405}^{\text{油}}$ ($1.957 \mu\text{m}$) 或 h_{405}^* ($1.582 \mu\text{m}$) 的台阶引入的相位改变 (Φ)。

表 XI

波长 (nm)	$h^{\text{油}}$ (μm)	h^* (μm)
405	1.957	1.582
650	3.140	2.539
785	3.792	3.066

表 XII

	$\Phi(\lambda_0, \text{油})/2\pi$	$\Phi(\lambda_0, \text{水})/2\pi$	$\Phi(\lambda_0, \text{油})/2\pi$	$\Phi(\lambda_0, \text{水})/2\pi$
$h^{油}_{405}$	0.623	0.771	0.516	0.639
$h^{\text{水}}_{405}$	0.504	0.623	0.417	0.516

从这些表格可以看出，当对于每个辐射束该元件处于相同离散状态时，对于 λ_3 辐射束相位改变波前修正差近似为 π 。从而，在此情形中可能仅有两个明显不同的相位改变，使得难以设计出对于 λ_3 辐射束产生至少近似地球面波前修正的简单 NPS。不过，当对于三个辐射束在不同离散状态下使用该元件时，这种简单的设计是可能的。考虑到这种情况，其中对于 λ_1 和 λ_2 辐射束在第二离散状态下使用该元件，对于 λ_3 辐射束在第一离散状态下使用该元件。

10 表 XIII 列表表示出当在所述不同离散状态下使用该元件时，对于 λ_2 和 λ_3 辐射束，整数 $m h_{405}^{\text{油}}$ 的台阶高度所引起的相位改变，其中 m 为台阶高度整数。

表 XIII

m	$\Phi(\lambda_0, \text{油})/2\pi \bmod 1$	$\Phi(\lambda_0, \text{水})/2\pi \bmod 1$
-1	0.377	0.361
0	0.000	0.000
1	0.623	0.639
2	0.246	0.278
3	0.869	0.917
4	0.492	0.556
5	0.115	0.195
6	0.738	0.834
7	0.361	0.473
8	0.984	0.112
9	0.607	0.751

15

表 XIII 表示对于 λ_2 和 λ_3 辐射束所引起的相位改变基本相同。各种台阶高度至少提供了八个明显不同的相位改变可能性。

下面的表 XIV 给出了具有 23 个径向区域的 NPS 说明，其对于 λ_2

和 λ_3 辐射束提供了近似为散焦和球面像差两者的波前修正。

表 XIV

区域 [mm]	h [μm]	m	$\Phi(\lambda_2, p_0)$	$\Phi(\lambda_3, p_0)$
0.000-0.230	0.000	0	0.000	0.000
0.230-0.320	4.050	5	0.723	1.225
0.320-0.400	1.620	2	1.546	1.747
0.400-0.470	5.670	7	2.268	2.972
0.470-0.530	3.240	4	3.091	3.493
0.530-0.580	0.810	1	3.914	4.015
0.580-0.640	4.860	6	4.637	5.240
0.640-0.690	2.430	3	5.460	5.762
0.690-0.750	6.480	8	6.183	6.987
0.750-0.820	4.050	5	7.006	7.508
0.820-0.900	1.620	2	7.829	8.030
0.900-1.150	-0.810	-1	8.652	8.551
1.150-1.205	1.620	2	7.829	-
1.205-1.240	4.050	5	7.006	-
1.240-1.270	6.480	8	6.183	-
1.270-1.295	2.430	3	5.460	-
1.295-1.315	4.860	6	4.637	-
1.315-1.335	0.810	1	3.914	-
1.335-1.352	3.240	4	3.091	-
1.352-1.368	5.670	7	2.268	-
1.368-1.380	1.620	2	1.546	-
1.380-1.395	4.050	5	0.723	-
1.395-1.325	0.000	3	-0.823	-

- 5 未按照比例绘出的图 14 表示表 XIV 中详细说明的 NPS 的分布，并表示 NPS 台阶的相对高度，其随着距元件光轴（零半径）的径向距离而变。对于 λ_2 和 λ_3 辐射束两者，所产生的波前修正具有台阶状分布，每个分布近似为不同的散焦结合了球面像差分布 64、66，对于 λ_2 该元件处于第二离散状态，对于 λ_3 该元件处于第一离散状态。在该分布每个台阶的中心处，相位修正等于相应分布 64、66 在该位置处的
- 10

数值。应当注意，在距离 NPS 的中心更远的径向区域处，对于 λ_2 和 λ_3 辐射束，不同的波前修正趋于合并，从而它们近似相同。

可以设想可切换 NPS 的其他可能实施方式。其根据下面给出的一般设计考虑来设计。

- 5 在这些实施例中，台阶高度 h 的基本单位对于波长为 λ_a 的辐射束引入了 0 或 2π 整数倍的相位改变，且对于波长为 λ_b 和 λ_c 的其他两个辐射束引入相同或至少相似的相位改变。令 n_a 为在该元件的第一离散状态下覆盖波前修正器表面的流体的折射率， n_b 为在第二离散状态下覆盖波前修正器表面的流体的折射率， n 为波前修正器的折射率。为了
- 10 使台阶高度 h 对于波长为 λ_b 和 λ_c 的两个辐射束引入至少近似相同的相位改变：

$$\frac{\lambda_b}{n-n_a} \approx \frac{\lambda_c}{n-n_b} \quad (10)$$

由此得出， n_b 基本上等于（优选处于 0.05 内，更优选处于 0.025 内）：

$$n_b = n + \frac{\lambda_c}{\lambda_b} (n_a - n) \quad (11)$$

- 15 图 15, 16, 17 和 18 表示分别处于第一、第二、第三和第四离散状态的本发明的另一实施例。图 15 至 18 中的每一个为示意性侧剖图。本发明该实施例的元件与图 1 到 4 和图 9 到 12 所示本发明上述实施例的部件相类似。从而此处用相同附图标记、增加 200 表示这些元件，并且前面的描述此处也适用。

- 20 除了波前修正器 226 的表面 228 以外，本发明该实施例的波前修正器 226 具有第二表面 68。与波前修正器 228 的第一表面相类似，波前修正器的第二表面 68 包括包含突起 70 的固体释放结构。当以分布图观察时，这些突起 70 处于波前修正器的第二表面 68 的表面上。本实施例中突起 70 为形成围绕波前修正器表面 68 的中心点排列的一
- 25 系列同心和圆形台阶的台阶，台阶的宽度彼此不同。突起的这种排列按照与使用图 9 到 12 描述的上述实施例相类似的方式形成 NPS。或者，突起 70 可通过与上述本发明实施例相类似的方式形成衍射光栅。

正如对于本发明上述实施例所述的，突起 70 的排列设计为，对于特定波长的给定辐射束、且在该元件的选定离散状态下执行预定的

波前修正。

波前修正器 226 的第二表面 68 暴露于与第一腔室 20 具有相类似结构的第二腔室 72 的内部。其包括被疏水流体接触层 74 覆盖的透明盖板 78，其优选是透明的且由 AF1600™ 形成，其一个表面暴露于第二腔室 72 的内部。在盖板 78 与疏水流体接触层 74 之间设有第四电润湿电极 76。该第四电润湿电极 76 优选由透明导电材料，如氧化铟锡 (ITO) 形成。与本发明上述实施例相类似，第四电润湿电极 76 具有与波前修正器 226 第二表面 68 的突起 70 的设置完全重叠的工作区域。疏水流体接触层 74 优选还与第二表面 68 的突起 70 的设置重叠。

本发明该实施例还包括与导管 224 的结构相类似的第二导管 80，如上述实施例所述。由导管 80 由壁和盖板 80 构成，其被疏水流体接触层 82 和第五电润湿电极 84 覆盖，并且导管包括第六公共电极 (未示出)。

按照与第一腔室 220 同第一导管 224 的流体连接相类似的方式，第二腔室 72 与第二导管 80 流体性连接，使得产生了保持第二流体系统的流体密封包围。在本发明该实施例中，第二流体系统对于被第一腔室 220 和第一导管 224 包围的流体系统具有相类似的性质，并包括第一流体 244 和第二流体 246。第一流体 244 和第二流体 246 与本发明上述实施例的第一和第二流体相类似，并且在与第一流体系统的流体弯月面 48、49 相似的两个流体弯月面 (未示出) 处彼此接触。或者，第二流体系统的两种流体可以包括一种或多种与第一流体 244 和第二流体 246 相同或不同的流体。

通过施加不同电压以便将第一流体 244 和第二流体 246 设置于两个腔室 220、72 和两个导管 224、80 内，本发明的可切换光学元件可以处于四个离散状态，如图 15, 16, 17 和 18 中分别表示出的。在这些离散状态下第一流体 244 和第二流体 246 的设置与本发明上述实施例的光学元件的第一和第二离散状态具有相类似的性质。

通过与本发明上述实施例相类似的方式，第一电润湿电极 234、第二电润湿电极 240、第四电润湿电极 76 和第五电润湿电极 84，与公共的第三和第六电极 (未示出) 分别地一起形成电润湿电极结构，其与电压控制系统 (未示出) 一起形成流体系统开关。通过施加必要的电压，该流体系统开关使本发明该实施例的元件可处于不同的离散

状态，以便根据选定的离散状态设置第一流体 244 和第二流体 246。与本发明上述实施例相类似，在离散状态之间转变过程中，该元件的两个流体系统的流体通过一种循环方式流动。

5 在本发明该实施例中，两个腔室 220、72 彼此之间没有互相连接，而是使用两个分离的流体系统。可以设想作为本发明另一种实施方式，单一流体系统通过一种循环方式在两个腔室 220、72 之间流动，而非流入分离的导管中。因此，在本实施例中，每个腔室用作另一腔室的导管。

10 注意，在上述实施例中，忽略了折射率随波长的改变。不过，这种改变一般相对较小。在这种改变不可忽略时，通过适当修正波前修正器的设计，可以将该影响考虑在内。

上述实施例中所描述的设置用于减小三种不同波长的不同辐射束其中至少之一的波前像差，使用单一物镜系统扫描不同类型光学记录载体。不使用可切换光学元件，采取均方根（RMS）值的至少一个
15 波前像差将处于可接受的 $70m\lambda$ 限度之上，而使用可切换光学元件，可将这种像差减小到小于 $70m\lambda$ 。

通过本发明示例理解上述实施方式。可预见到本发明的其他实施方式。

20 在本发明另一预想到的实施方式中，由双折射材料形成波前修正器。在本实施例中，对于某一波长的给定辐射束进行的预定波前修正还取决于辐射束的偏振态。从而，对于具有不同偏振态的辐射束可进行不同的预定波前修正。

25 在本发明另一预想到的实施方式中，该元件的流体系统的其中一种流体包括液晶材料。在此情形中，暴露于腔室内部的至少一个表面包括配向层。在本实施例中，其中流体系统的另一流体并非液晶材料，可以在提供非双折射单元或连续可变液晶单元的元件的两个离散状态之间切换，用于对给定辐射束进行波前修正。

30 作为本发明另一预想到的实施方式，选择波前修正器表面上突起的高度，使得在所选择的离散状态下，对于两个不同波长的辐射束，波前修正为 2π 的整数倍。这就产生平坦的波前修正。用于其余辐射束的波前修正是不同的，且由突起的高度以及所选择使用的离散状态决定。

在本发明另一实施例中，选择波前修正器表面上突起的高度，使得在一种选定的离散状态下，对于所有三个辐射束波前修正为 2π 的整数倍。这就对于所有三个辐射束产生平坦的波前修正。不过，通过对于一个辐射束切换离散状态，产生选定的波前修正。

5 在本发明多个所述实施例中，第一流体或第二流体的折射率可以选择为等于构成波前修正器的材料的折射率，从而在波前修正器的表面上产生零折射率差。结果，在该元件的所述折射率差为零的适当离散状态下，对于某一波长的至少一个辐射束进行平坦的波前修正。当该元件处于折射率差不再为零的另一离散状态时，对于不同波长的辐射束进行不同的波前修正。

10 在上述实施例中，每种流体为液体形式。或者，可用气体或蒸汽成分取代油成分。

在所述实施例中，电润湿电极和疏水流体接触层设置在靠近波前修正器表面的一个表面上。或者，或除此以外，对应的电润湿电极和疏水流体接触层可以形成在波前修正器表面的至少一部分上。这将有助于在切换过程中从波前修正器的表面上去除一种流体，并将另一种流体设置在波前修正器的表面上。此外，尽管电极和疏水流体接触层仅形成在上述实施例的导管的一个壁上，这些装置还可形成在导管的两个、三个或所有壁上，以便有助于校正切换期间流体的流动。

20 在上述实施例中，该元件设置成在切换过程中进行循环流体流动。或者，流体流动可以发生在与腔室连接的两个分离的容器之间。通过加压装置如压电泵激励器，可以有助于这种流体流动。

在本发明上述实施例中，将波前修正器表面的突起设置成以便形成例如衍射光栅或非周期性相位结构（NPS）。另外，对于本发明上述实施例，突起的排列具有围绕波前修正器表面的径向中点的旋转对称性。可预想到波前修正器表面突起的其他结构，其中将突起据此成形以便产生预定的波前修正。波前修正器表面突起的结构也不限于围绕波前修正器表面的径向中点的旋转对称性。此外，波前修正器不必包括突起；波前修正器可以例如为平滑球面或球形透镜表面、或者包括透镜的平坦表面的形式。波前修正器可以工作于反射而非折射模式。

应当理解，与任何一个实施例有关的任何上述特征可单独使用，

或者可以与所述的其他特征组合使用，并且还可以与任何其他实施例或者任何其他实施例的组合的一个或多个特征组合使用。此外，在不偏离所附权利要求限定的本发明范围的条件下，还可以采用上面没有描述的等效方式和变型。

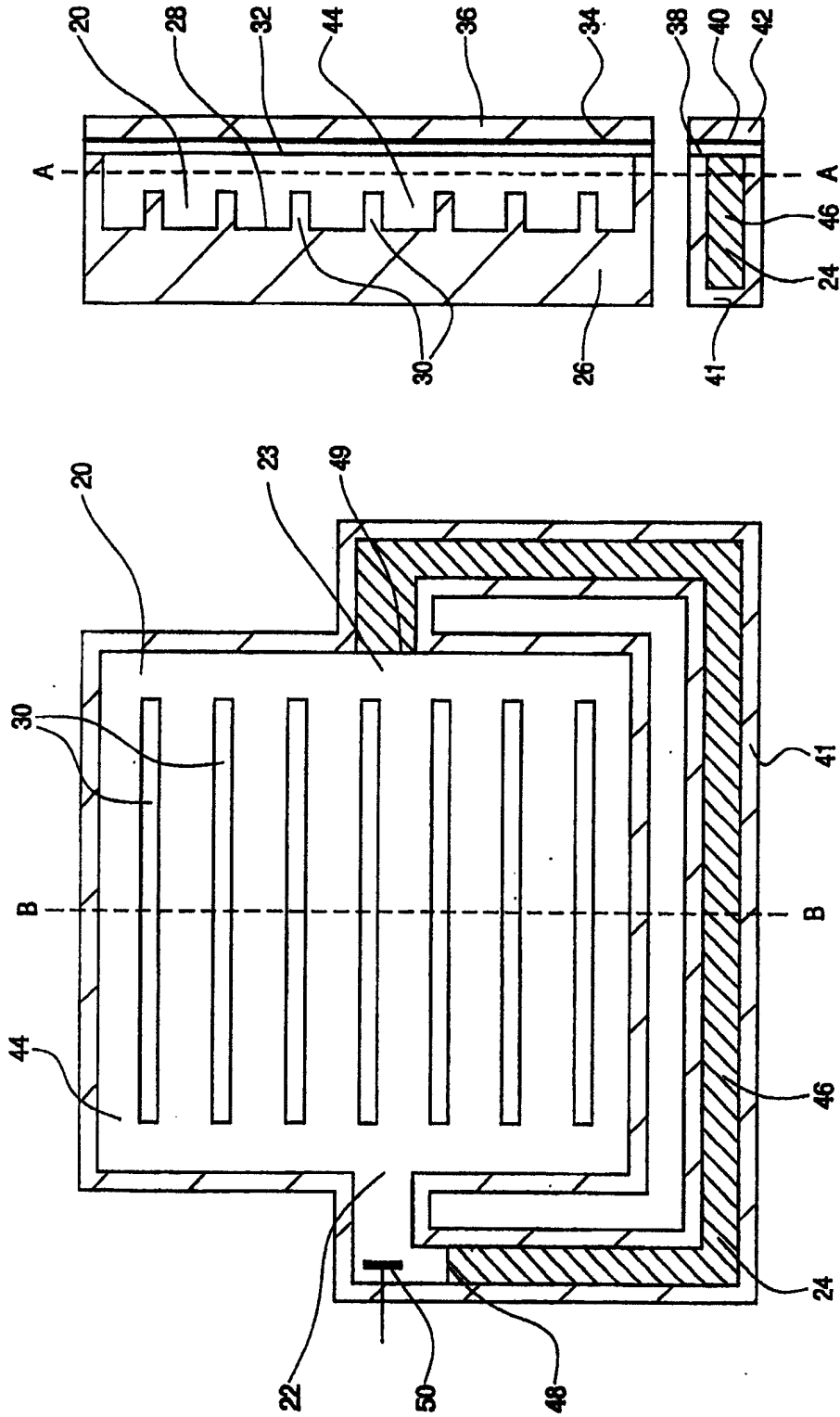


图 2

图 1

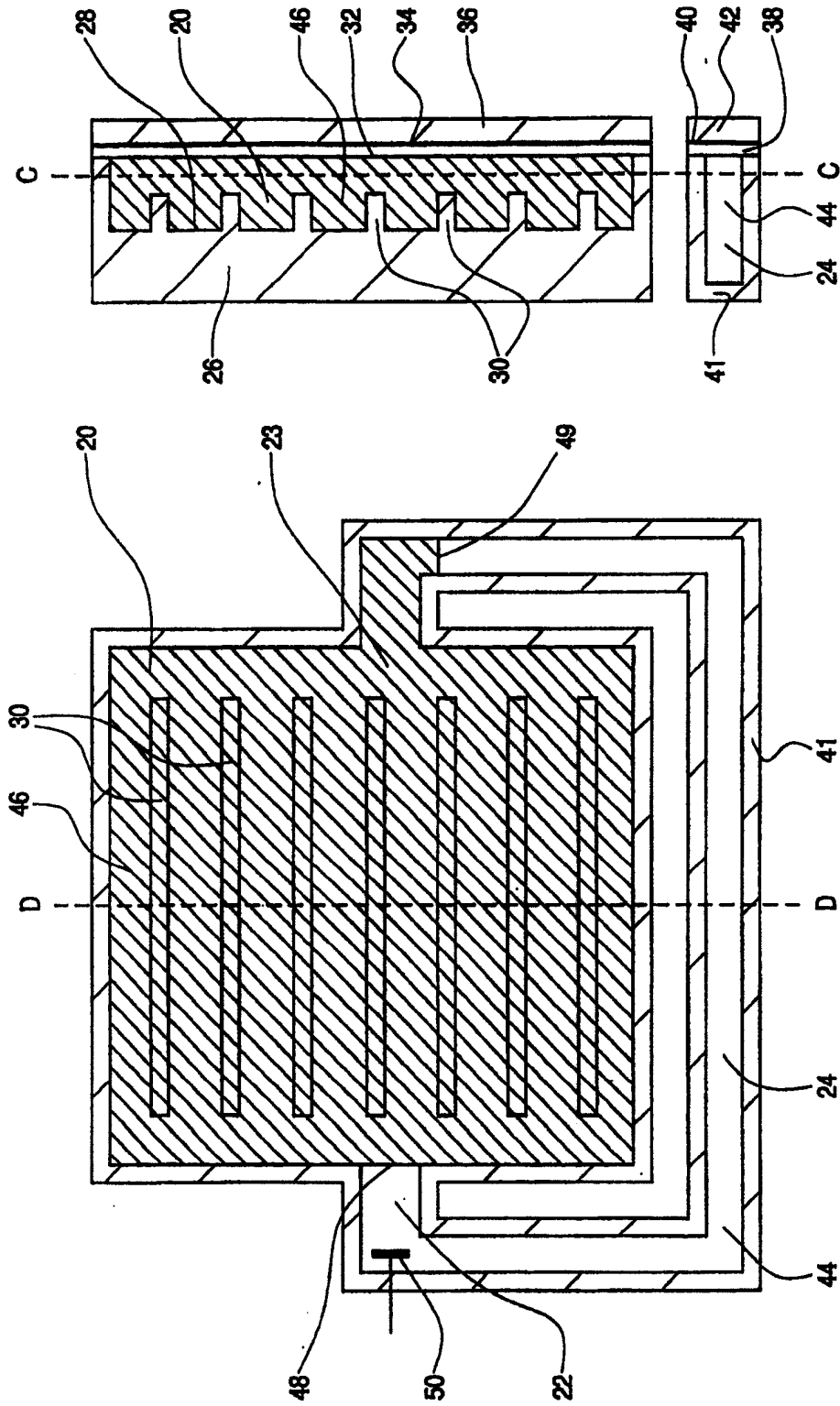


图 4

图 3

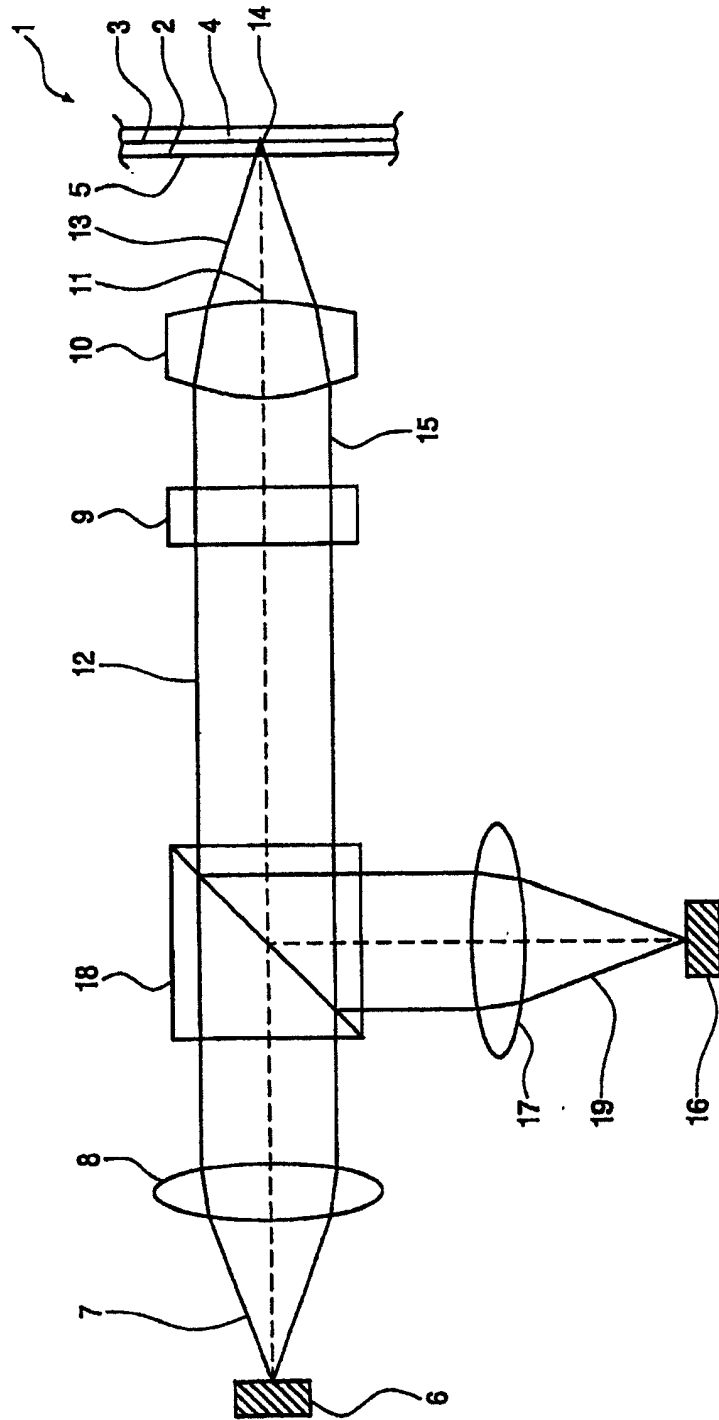


图 5

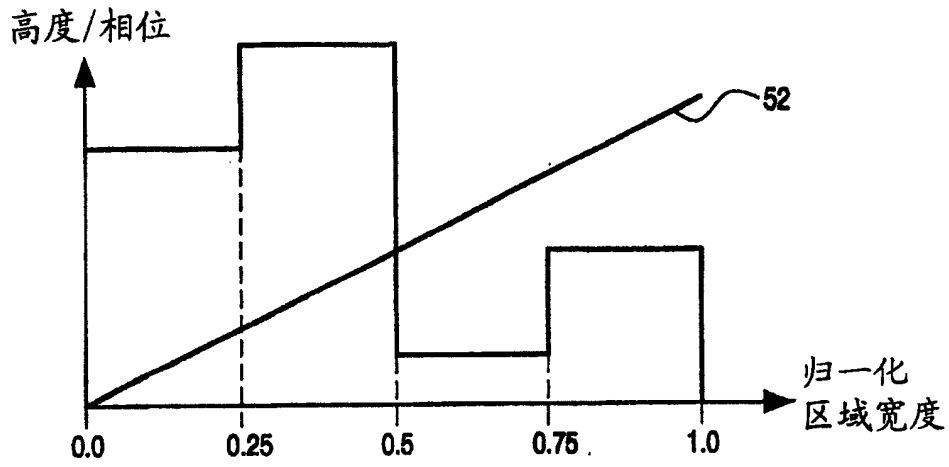


图 6

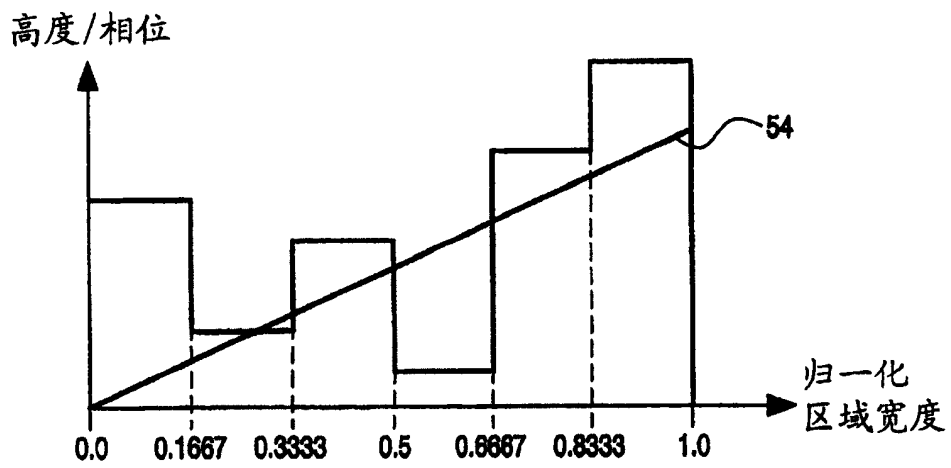


图 7

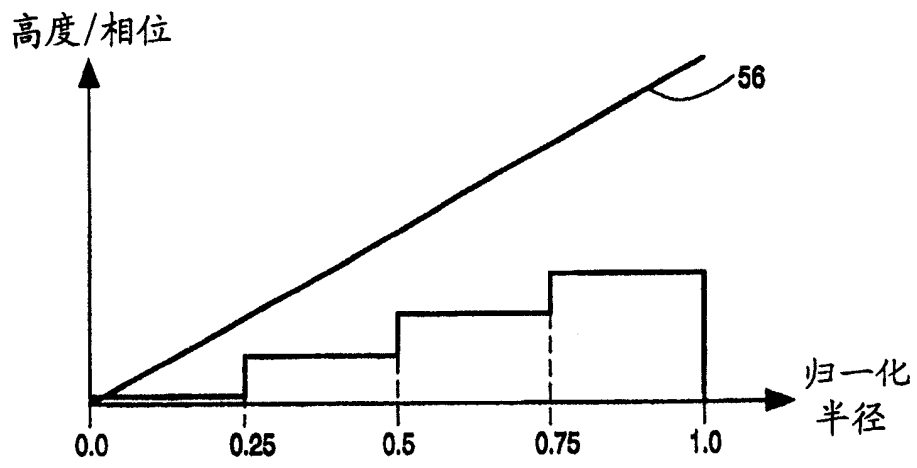


图 8

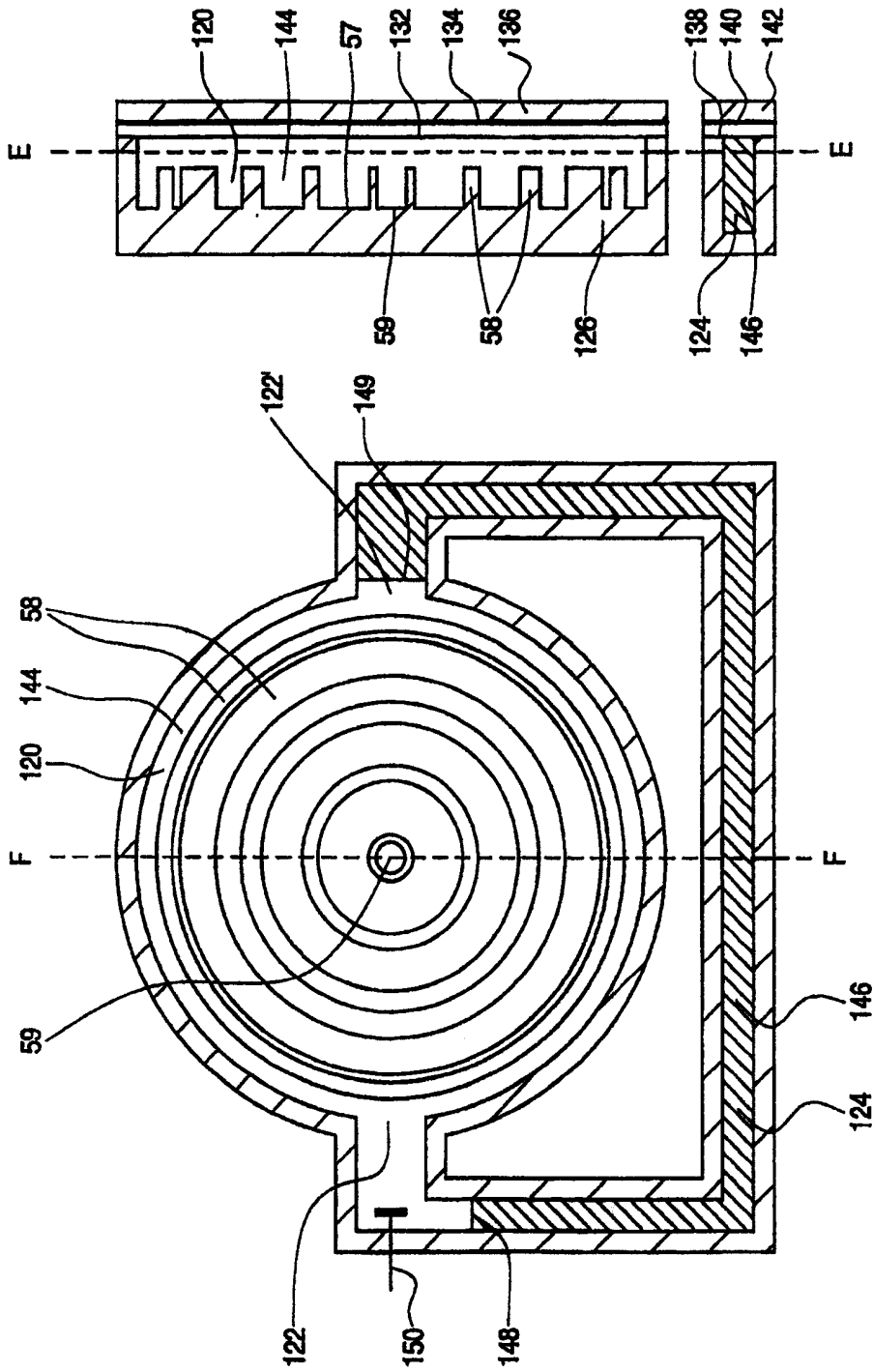


图 10

图 9

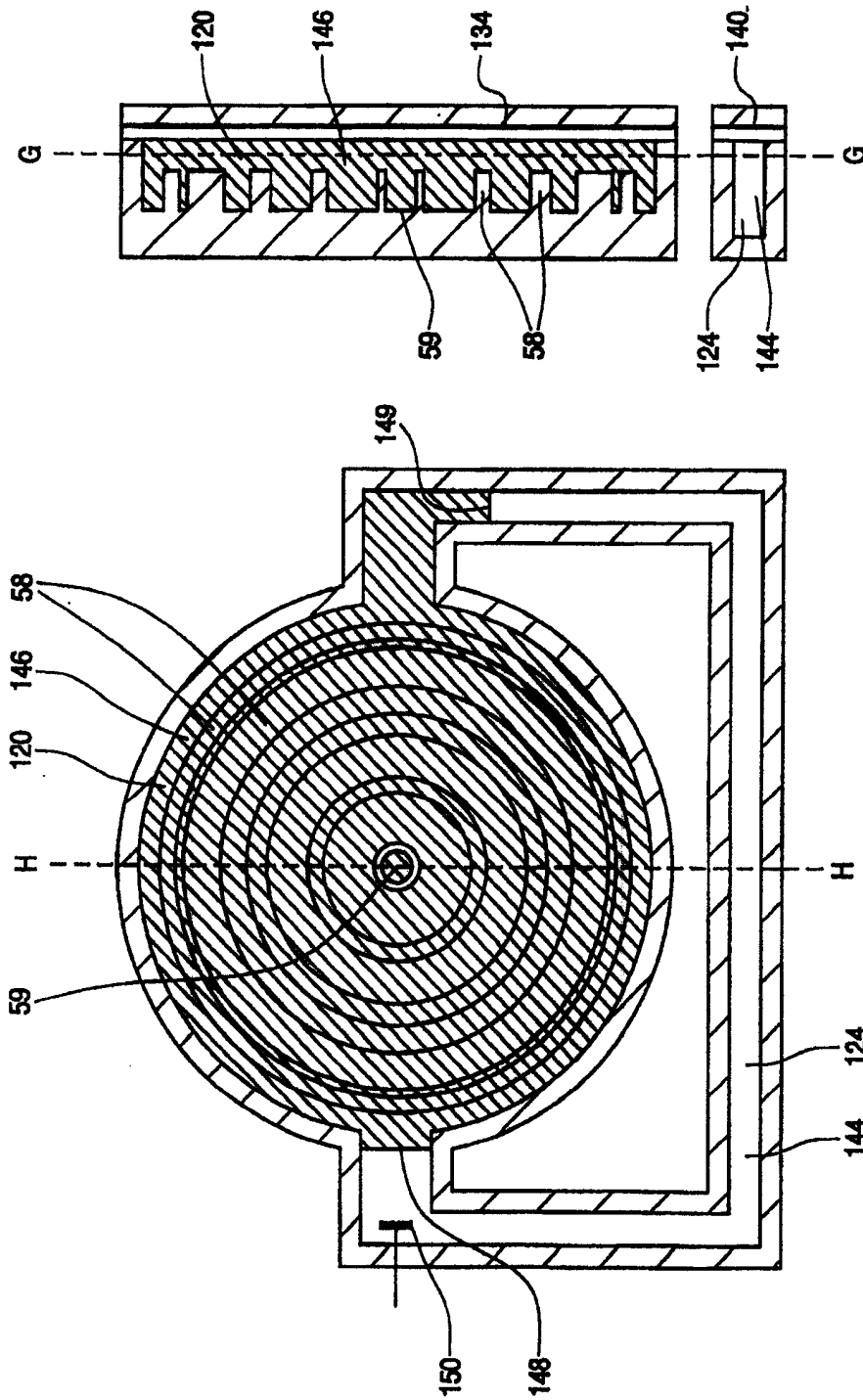


图 11

图 12

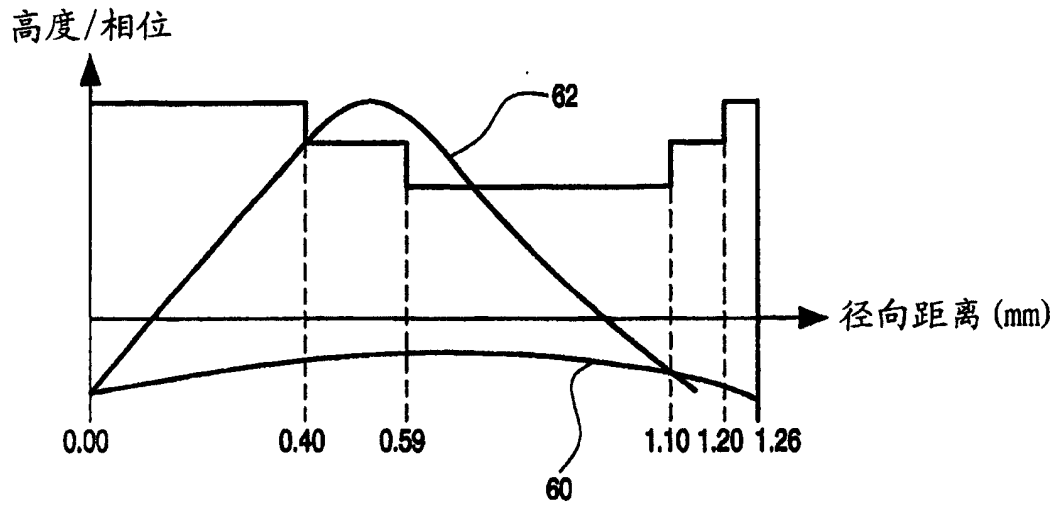


图 13

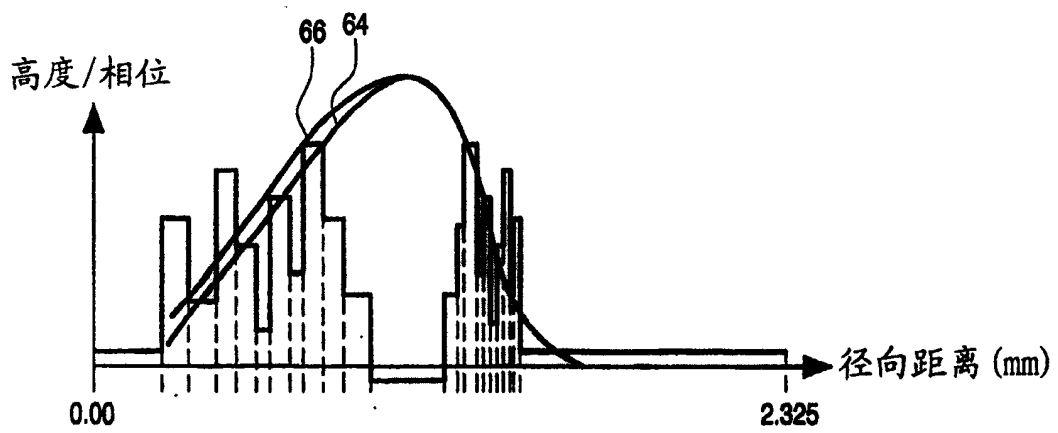


图 14

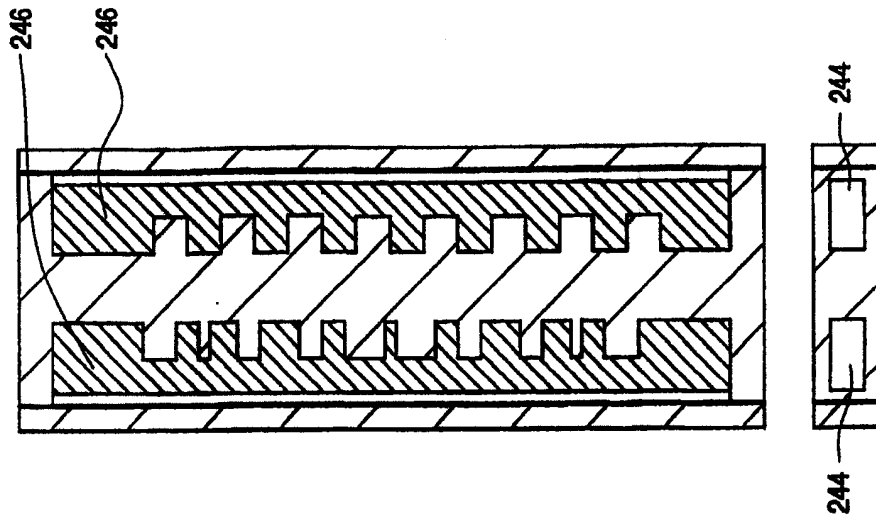


图 16

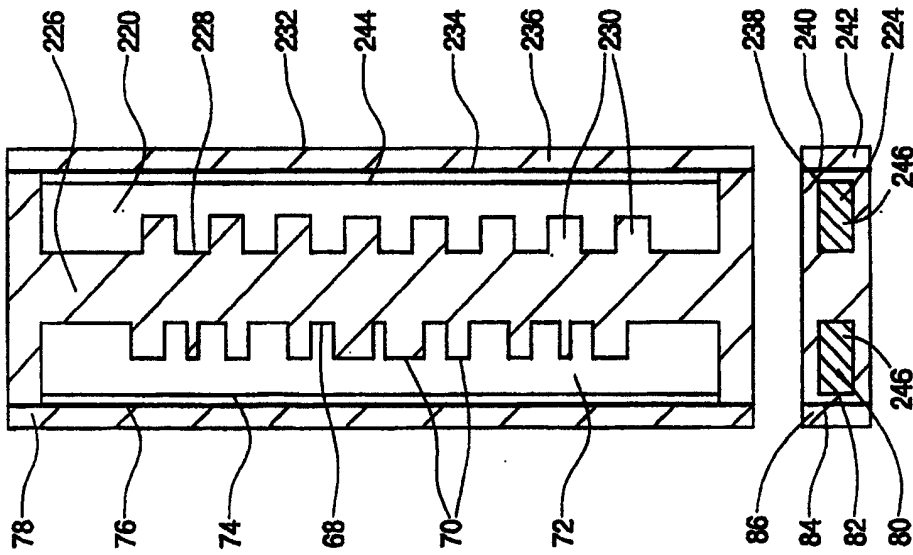


图 15

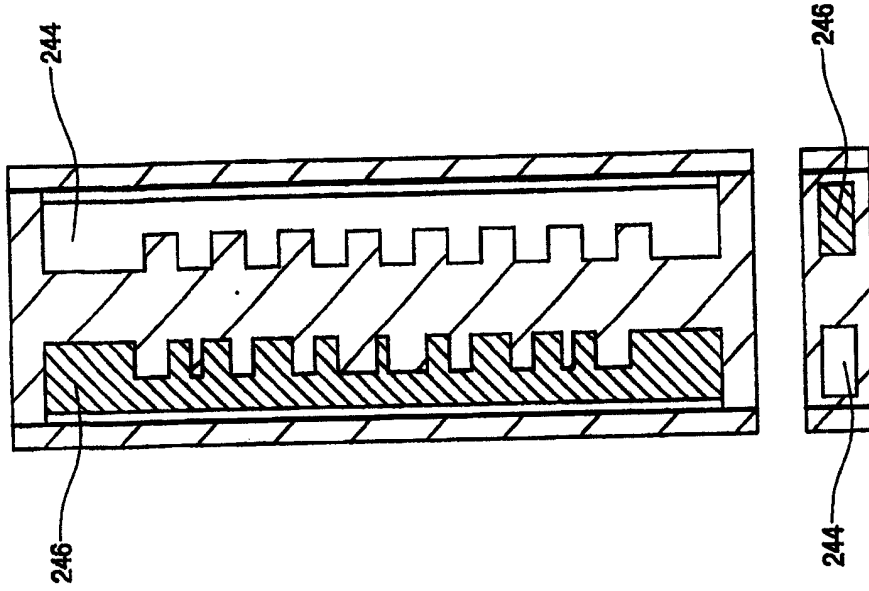


图 18

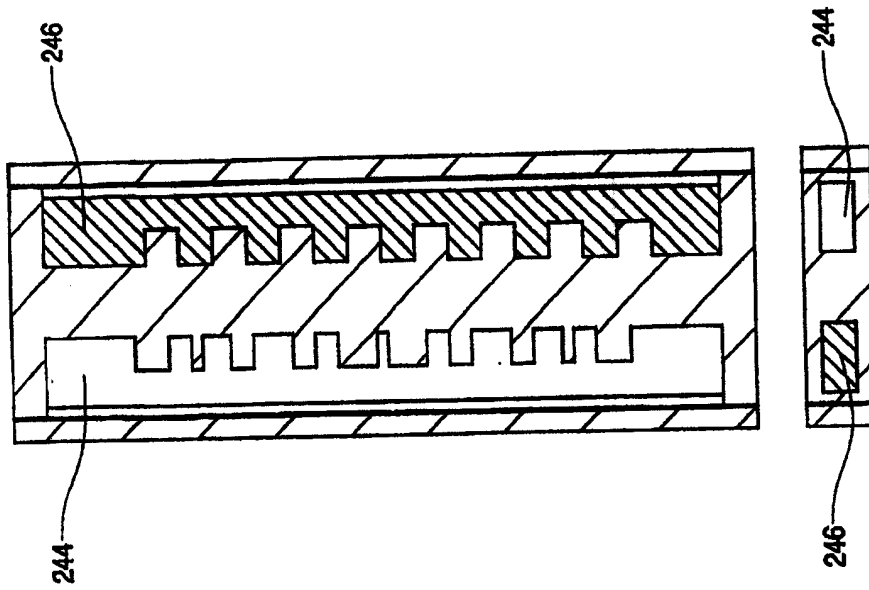


图 17