[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G11B 7/00 (2006.01)
G11B 7/09 (2006.01)
G11B 7/135 (2006.01)

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510126014.9

[43] 公开日 2006 年 7 月 26 日

[11] 公开号 CN 1808578A

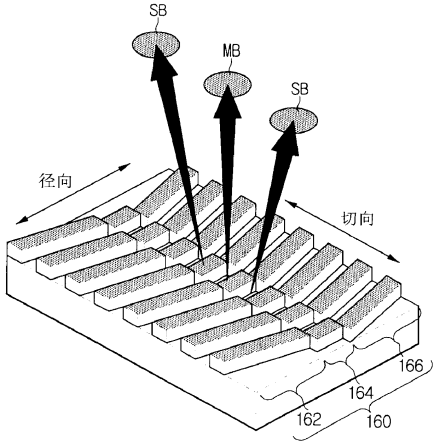
[22] 申请日 2005.11.24
[21] 申请号 200510126014.9
[30] 优先权
[32] 2005.1.19 [33] KR [31] 10-2005-0005108
[71] 申请人 三星电子株式会社
地址 韩国京畿道水原市
[72] 发明人 金凤基 朴城秀 洪政佑
[74] 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司
代理人 韩明星 谭昌驰
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 10 页

[54] 发明名称

衍射元件和具有该衍射元件的光学头设备

[57] 摘要

一种用于光学头设备的衍射元件能够精确地控制光学头设备的循轨。 该衍射光栅包括分成第一、第二和第三区域的衍射光栅。 该第二区域位于第一和第三区域之间。 第一区域和第三区域的任何一个相对于第二区域倾斜预定角度 θ 。



1、一种用于光学头的衍射元件，包括:

第一区域、第二区域和第三区域，所述每个区域具有预定周期的衍射光栅，所述第二区域位于所述第一区域和所述第三区域之间，

其中，所述第一区域和第三区域的衍射光栅的至少一个相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜预定角度θ。

2、如权利要求1所述的衍射元件，其中，

所述第一区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜正角度+θ1，

所述第三区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜负角度-θ3。

3、如权利要求1所述的衍射元件，其中，

所述第一和第三区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅分别倾斜正角度+θ1和+θ3。

4、如权利要求1所述的衍射光栅，其中，

所述第一和第三区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅分别倾斜负角度-θ1和-θ3。

5、如权利要求1所述的衍射光栅，其中，

所述第一区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜负角度-θ1，

所述第三区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜正角度+θ3。

6、如权利要求1所述的衍射光栅，其中，

所述第一区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅偏移预定正间距+P1，

所述第三区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅偏移预定负间距-P1。

7、如权利要求6所述的衍射元件，其中，

所述预定的间距P1是1/4间距。

8、如权利要求1所述的衍射元件，其中，

所述第二区域的宽度基本上是0.1mm。

9、一种光学头设备，包括:

光源;

衍射元件，用于将从所述光源发射的光束分成三束光，所述衍射元件被分割成第一区域、第二区域和第三区域，所述每个区域具有预定周期的衍射光栅，所述第二区域位于所述第一区域和所述第三区域之间;

光学系统，使得由所述衍射元件分割的光束发射到光学介质上，并且引导从所述光学介质反射的光; 和

光检测器，用于接收从所述光学介质反射并且由所述光学系统引导的光，来检测信息信号、聚焦误差信号和循轨误差信号，

其中，所述第一区域和第三区域中的至少一个的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜预定角度θ。

10、如权利要求9所述的光学头设备，其中，

所述第一区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜正角度+θ1，

所述第三区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜负角度-θ3。

11、如权利要求9所述的光学头设备，其中，

所述第一区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅偏移预定正间距+P1，

所述第三区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅偏移预定负间距-P1。

12、如权利要求11所述的光学头设备，其中，

所述预定的间距P1是1/4间距。

13、如权利要求9所述的光学头设备，其中，

所述第二区域的宽度基本上是0.1mm。

14、如权利要求9所述的光学头设备，其中，

所述光源包括用于DVD的第一光源和用于CD的第二光源，

所述衍射元件包括分别用于衍射从所述第一和第二光源发射的光束的第一衍射元件和第二衍射元件。

15、如权利要求 9 所述的光学头设备，其中，所述光学系统包括:

第一分束器，用于改变从第一光源发射的光束的光路，使得从第二光源发射的光束透过所述第一分束器;

第二分束器，用于改变从第一分束器发射的光束的光路，将由所述光学介质反射的光束引导到所述光检测器;

准直透镜，用于将从所述第二分束器出射的光束准直成平行光; 和

物镜，用于将来自所述准直透镜的光束会聚到光学介质上。

16、一种用于光学头设备的衍射元件，包括:

第一区域，具有有着第一预定周期的第一衍射光栅;

第二区域，具有有着第二预定周期的第二衍射光栅; 和

第三区域，具有有着第三预定周期的第三衍射光栅，所述第二区域位于所述第一区域和所述第三区域之间，

其中，所述第一衍射光栅相对于所述第二衍射光栅倾斜预定角度θ1，

所述第三衍射光栅相对于所述第二衍射光栅倾斜预定角度θ3。

17、如权利要求 16 所述的衍射元件，其中，

所述第一衍射光栅相对于所述第二衍射光栅偏移预定间距 P1，

所述第三衍射光栅相对于所述第二区域的第二衍射光栅偏移预定的负间距－P1。

18、如权利要求 17 所述的衍射元件，其中，

所述预定角度θ1 相对于所述第二衍射光栅是正的，

所述预定角度θ3 相对于所述第二衍射光栅是负的。

19、如权利要求 17 所述的衍射光栅，其中，

所述预定角度θ1 相对于所述第二衍射光栅是正的，

所述预定角度θ3 相对于所述第二衍射光栅是正的。

20、如权利要求 17 所述的衍射元件，其中

所述预定角度θ1 相对于所述第二衍射光栅是负的，

所述预定角度θ3 相对于所述第二衍射光栅是负的。

衍射元件和具有该衍射元件的光学头设备

技术领域

本发明涉及一种光学头设备。更具体地讲，本发明涉及一种能够改进循轨控制的衍射元件以及一种使用该衍射元件的光学头设备。

背景技术

光学头设备用于各种装置如压缩盘播放器(CD)、数字多功能盘播放器(DVD)、CD-ROM 驱动器以及类似的装置，用于非接触地从光记录介质(如光盘)读和写信息。为了写信息，光学头将激光束照射到光学介质的表面上来形成凹坑。为了再现信息，光学头光学地读取光学介质上的凹坑信息并且将该信息输出为电信号。为此，光学头包括光学元件，如用作光源并且产生激光束的激光二极管、衍射元件、用于控制激光束的偏离的分束器、形成光路的多个透镜、用于检测信号的光检测器等等。

光学头设备通过垂直地控制物镜来将光束点聚焦在盘表面上，并且通过水平地控制物镜控制光束在轨道上的循轨。为了控制聚焦和循轨，必须产生聚焦误差信号(以下，称作“FE”信号)和循轨误差信号(以下，称作“TE”信号)。通常，使用像散方法来产生 FE 信号。使用各种方法如推挽方法(以下，称作“PP”)或差分推挽方法(以下，称作“DPP”)来产生 TE 信号。PP 方法是通过使用在分成两个区域的光检测元件的每个区域中检测的强度来检测光束点是否定位在轨道的中心的方法。然而，在 PP 方法中，由于在循轨期间物镜径向移动，所以在 TE 信号中产生偏移。

为了矫正这种现象，DPP 方法使用三个光束来控制循轨。在 DPP 方法中，主光束照射到轨道的中心，两个副光束以远离主光束预定距离照射到沟槽的边缘。两个副光束分别在盘的径向方向和切向方向上与主光束远离预定距离。DPP 方法利用 3 个光束的差。因此，可以补偿 TE 信号中的 DC 偏移。然而，当 DPP 方法用于具有不同规格的轨道间距的盘时，副光束不能够总是形成在主光束所在的沟槽中。即，DPP 方法基本上限于单一轨道间距，不能够用于补偿不同类型的盘的 DC 偏移。

即使这样，在近些年来，已经使用了在一个轨道上照射 3 个光束的 DPP 方法。日本特许专利公开 2004-63073 全部公开于此以资参考，公开了这样方法的一个例子，所述例子将对照图 1A 和图 1B 来被描述。

衍射元件 10 具有三个区域 12、14 和 16，所述每个区域具有衍射光栅，所述衍射光栅的间隔是 1/4 间距(P/4)。入射在衍射元件上的光被衍射成为主光束 MB (0 级分量)和两个副光束 SB(±1 级分量)。此时，主光束不具有任何相位差(0°)，而两个副光束 SB 分别具有 - 90°和 + 90°的相位差。这三个光束瞄准盘 D 的一个轨道 T，从而能够从这三个光束检测到 TE 信号。然而，在这样的装置中，各个区域 12、14 和 16 具有彼此偏移的沟槽，在主光束 MB 和副光束 SB 之间产生±90°的相位差，从而在光束之间产生干涉。

由于这样的干涉，如图 1B 所示，主光束 MB 在轨道的中心形成光点，但是前和后副光束 SB 形成与轨道的中心偏离的光点，在每个副光束 SB 的光点处形成像光束 IB。结果，从盘 D 反射并由光接收元件检测的 TE 信号具有误差，这降低了循轨精度。

因此，需要一种能够改进循轨的光学头的改进的衍射元件以及一种使用该衍射元件的光学头装置。

发明内容

本发明的一方面在于解决至少上述问题和/或缺点并且在于提供至少以下描述的优点。因此，本发明的一方面在于提供一种能够执行精确的循轨控制的光学头的衍射元件以及一种使用该衍射元件的光学头设备。

根据本发明的一方面，一种用于光学头的衍射元件，包括：第一区域、第二区域和第三区域，所述每个区域具有预定周期的衍射光栅。所述第二区域位于所述第一区域和所述第三区域之间，所述第一区域和第三区域的至少一个的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜预定角度 θ 。

根据本发明的另一方面，一种光学头设备，包括：光源；和衍射元件，用于将从所述光源发射的光束分成三束光。所述衍射元件分成第一区域、第二区域和第三区域，所述每个区域具有预定周期的衍射光栅。所述第二区域位于所述第一区域和所述第三区域之间。一种光学系统使得由所述衍射元件分割的光束发射到光学介质上，并且引导从所述光学介质反射的光到光检测器。光检测器接收光来检测信息信号、FE 信号和 TE 信号。所述第一衍射区

域和第三衍射区域的至少一个的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜预定角度θ。

在本发明的第一示例性实施例中，所述第一区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜正角度 + θ1，所述第三区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜负角度 - θ3，所述第一区域的衍射光栅相对于所述第二区域的衍射光栅偏移 1/4 间距，所述第二区域的衍射光栅相对于所述第三区域的衍射光栅偏移 1/4 间距。所述第二区域的宽度 W 最好是大约 0.1mm，但是根据光学系统或光学组件的具体结构而改变。

在本发明的第二示例性实施例中，所述第一区域和第三区域中的衍射光栅可以分别相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜正角度 + θ1 和 + θ3。

根据本发明的第三示例性实施例，所述第一区域和第三区域的衍射光栅可以分别相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜负角度 - θ1 和 - θ3。

根据本发明的第四示例性实施例，所述第一区域的衍射光栅可以相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜负角度 - θ1，所述第三区域的衍射光栅可以相对于所述第二区域的衍射光栅倾斜负角度 + θ3。

附图说明

通过结合下面附图的描述，本发明某些实施方式的以上和其它目的、特点和优点将会变得更清楚，其中：

图 1A 是传统衍射元件的示意透视图，图 1B 是示出由图 1A 中所示的衍射元件衍射的光发射到盘的示意平面图；

图 2 是用于示意性地解释根据本发明示例性实施例的光学头装置的原理的图；

图 3 是根据本发明第一示例性实施例的衍射元件的示意透视图；

图 4 是图 3 所示的衍射元件的平面图；

图 5 是示出由衍射元件分割的三束光照射到光盘的示意平面图；

图 6 是图 2 的光检测元件的示意平面图；

图 7A 到 7D 是示意性示出根据本发明第一示例性实施例的循轨误差(TE)信号的检测过程的曲线图；

图 8 是根据本发明的第二示例性实施例的衍射元件的平面图；

图 9 是根据本发明的第三示例性实施例的衍射元件的平面图；

图 10 是根据本发明的第四示例性实施例的衍射元件的平面图。

在所有附图中，相同附图标记应该理解为指定同一元件、特征和结构。

具体实施方式

提供在说明书中定义的内容如详细的结构和元件来帮助全面理解本发明的实施方式。因此，本领域技术人员应该明白，在不脱离的本发明的范围和精神的情况下，可以对于此描述的实施方式做出各种修改和变型。为清楚简洁而省略了公知的结构和功能。

对照图 2，根据本发明示例性实施例的光学头设备包括：光源 100、光学系统 120、监控光检测器(FPD、或者前光电二极管)140、衍射元件 160 和光检测器(PDIC、或者光电二极管集成电路)180。

光源 100 包括用于 DVD (数字多功能盘)的第一光源 100a 和用于 CD (压缩盘)的第二光源 100b。最好，光源是产生单一波长的光束的 LD (激光二极管)。第一光源 100a 从 DVD 写或读信息，并且发射如 650nm 的较短波长的光，所述 DVD 的轨道间距(TP，见图 6)小于 CD 的轨道间距。第二光源 100b 从 CD 写或读信息并且发射如 780nm 的波长的光。在所述示出的示例性实施例中，光源 100 仅仅包括用于 DVD 和 CD 的光源。光源还可以包括用于任何其它期望介质如 BD (蓝光光盘)或 HD-DVD (高清晰度 DVD)的光源，并且可以发射波长大约为 405nm 的光。

光学系统 120 包括：第一分束器 122、第二分束器 124、反射镜 126、准直透镜 128、四分之一波片 130、物镜 132 和传感器透镜 134。

在所述示例性实施例中，立方体分束器用作第一分束器 122。第一分束器 122 通过反射从第一光源 100a 发射的光并且基本上无改变地透射从第二光源 100b 发射的光来改变光路。光的如此选择性通过取决于从第一和第二光源 100a 和 100b 发射的光的波长的差异或者发射的光的偏振形式的差异。由于这种技术对本领域技术人员来讲一般是公知的，所以为简洁而省略了详细描述。

第二分束器 124 使得从第一分束器 122 发射的光的一部分透射到光检测器 140，而剩余部分的光将被反射镜 126 反射。

反射镜 126 改变从第二分束器 124 反射的光的路径使得反射的光透射到物镜 132，并且将从用作光学介质的盘 D 反射的光反射到第二分束器。

准直透镜 128 将从反射镜 126 反射的光准直成平行光束。

四分之一波片 130 将透过准直透镜 128 的线偏振光改变成圆偏振光，将从盘反射的圆偏振光改变成线偏振光。由于一般来讲这样的四分之一波片 130 的功能和操作是公知的，所以为了简洁而省略对其详细解释。

从四分之一波片 130 发射的光通过物镜 132 聚焦在盘 D 上。

传感器透镜 134 最好是凹透镜，在其中从盘 D 反射的光的光点被放大，从而使得在光检测器 180 上形成较大的更有效的光点成为可能。另外，为了获得 FE 信号，传感器透镜 134 可以产生像散来检测 FE 信号，这将在以后详细描述。

光检测器 140 接收从第一和第二光源 100a 和 100b 发射的光的一部分来测量它们的光强度。测量的光强度被传递到控制单元(未示出)，并且控制施加到第一和第二光源 100a 和 100b 的电压，使得发射的光的强度能够被恒定地控制。

衍射元件 160 包括用于衍射从第一光源 100a 发射的光的第一衍射元件 160a 和用于衍射从第二光源 100b 发射的光的第二衍射元件 160b。由于第一衍射元件 160a 和第二衍射元件 160b 基本上具有相同的功能和形状，所以将仅仅描述一个衍射元件 160。

对照图 3 和图 4，从光源 100 发射的光被衍射元件 160 衍射形成主光束 MB (0 级衍射光束)和副光束 SB (±1 级衍射光束)。

具体地讲，从光源 100 发射的光被衍射元件 160 分成 3 束光。这三束光能够用于检测信息信号(例如，RF 或无线电信号)、FE 信号和 TE 信号，因此这三束光需要被聚焦在盘 D 的一个轨道上，以下将详细描述信息信号、FE 信号和 TE 信号的检测。

为了将这三束光聚焦在轨道的中心，使用了以下结构。如图 3 和图 4 所示，衍射元件 160 分成第一区域 162、第二区域 164 和第三区域 166，其中，第二区域 164 位于第一区域 162 和第三区域 166 之间。每个区域是具有预定周期的衍射光栅。相对于第二区域 164 的衍射光栅，第一区域 162 的衍射光栅倾斜正角度 $+\theta 1$，而第三区域 166 的衍射光栅倾斜负角度 $-\theta 3$。该“正”或“负”角度是根据第一区域 162 或第三区域 166 的衍射光栅是从从第二区域 164 的衍射光栅延伸的线顺时针倾斜还是逆时针倾斜来确定的。

根据第一和第三区域 162 和 166 的衍射光栅的角度 θ1 和 θ3，从衍射元件衍射和发射的副光束的出射角度改变。因此，通过控制衍射光栅的角度 θ1

和 θ3，使得控制发射到盘 D 的轨道的副光束的位置成为可能。换言之，基于第一和第三区域 162 和 166 的衍射光栅相对于第二区域 164 的衍射光栅形成的角度 θ1 和 θ3，盘 D 上的副光束 SB 的光点照射到其上的径向位置能够被控制。因此，通过控制衍射光栅的角度 θ1 和 θ3，偏离盘 D 的轨道中心的副光束的光点能够被移动到轨道的中心。

同时，相对于第二区域 164，第一区域 162 和第三区域 166 的衍射光栅分别偏移预定间距±P1。由于这种偏移，使得改变副光束的相位成为可能。另外，衍射光束的偏移的量控制照射到盘 D 上的副光束 SB 的形状，还控制是否形成像光束(IB，见图 1)。

在本发明的一个具体的示例性实施例中，当第一区域 162 和第三区域 166 的衍射光栅相对于第二区域 164 的衍射光栅偏移±1/4 间距(±P/4)时，通过模拟获得最佳副光束光点形式和最小像光束。即，当第一区域 162 的衍射光栅相对于第二区域 164 的衍射光栅偏移 + 1/4 间距时，并且当第三区域 166 的衍射光栅相对于第二区域 164 的衍射光栅偏移 - 1/4 间距时，副光束 SB 的形状能够被最优化。换言之，相对于第二区域 164 的衍射光栅，第一区域 162 的衍射光栅偏移正 90°，而第三区域 166 的衍射光栅偏移负 90°。

第二区域 164 的宽度 W 也控制聚焦在盘上的光点的形式。因此，通过恰当地控制第二区域 164 的宽度 W，盘上的光点能够被最优化。在本发明的一个示例性实施例中，模拟确定了当第二区域 164 的宽度 W 是 0.1mm 时，形成了最优的光点。在该模拟中，准直透镜的焦距是 20mm，物镜的焦距 3.05mm。然而，可以根据光学系统的结构来改变这个宽度。

图 5 示出了当相对于第二区域 164 的衍射光栅第一和第三区域 162 和 166 的衍射光栅分别偏移±1/4 间距并且倾斜 θ1 和 θ3 同时第二区域的宽度 W 被设置为 0.1mm 时形成在盘上的光点的形状。如图 5 所示，主光束 MB 和副光束 SB 几乎被发射到轨道的中心。因此，通过这样的调整可以获得准确的 TE 信号，从而实现了更准确的循轨控制。

对照图 6，光检测器 180 将从盘 D 反射的光转换成电信号，并且检测信息信号、FE 信号和 TE 信号。光检测器 180 包括三个光检测元件 182、184a 和 184b。从盘 D 反射的主光束 MB 和副光束 SB (图 5)通过物镜 132、四分之一波片 130、准直透镜 128、第二分束器 124 和传感器透镜 134(图 2)被分别发射到这三个光检测元件 182、184a 和 184b 上。设置在中心部分的光检测元件

180起用于主光束的光检测元件的作用，并且被分成四个区域A、B、C和D。设置在光检测元件182的两侧的光检测元件184a和184b起用于副光束的光检测元件的作用，并且分别分成区域E1、E2、E3和E4以及F1、F2、F3和F4。主光束MB(见图5)和副光束SB(见图5)照射到这些区域，并且从每个区域独立地输出来自照射光的电信号。

可以通过像散方法获得FE信号，可以通过DPP方法获得TE信号。假定从分割的区域输出的电信号分别是a、b、c、d和e1、e2、e3、e4以及f1、f2、f3、f4，分别通过方程1、方程2和方程3来计算信息信号(RF)、FE信号和TE信号。

（方程1）

RF=a+b+c+d

（方程2）

FE=[(a+c)-(b+d)]+k[(e1+e3)-(e2+e4)+(f1+f3)-(f2+f4)]

k=(a+b+c+d)/(e1+e2+e3+e4+f1+f2+f3+f4)

(方程3)

MPP=(a+d)-(b+c)

SPP1=(e1+e4)-(e2+e3)

SPP2=(f1+f4)-(f2+f3)

SPP=SPP1+SPP2

TE(DPP)=MPP-k SPP, k=(a+b+c+d)/(e1+e2+e3+e4+f1+f2+f3+f4)

衍射为±1级光束的副光束的光强度低于衍射为0级光束的主光束的光强度，因此k是用于补偿相差的光强度的增益。

在图7A到7D中示出了通过方程3产生的SPP1、SPP2、SPP和MPP(主光束推挽)的信号波形。如图7D所示，SPP信号相对于MPP信号具有180度的相位差，从而能够实现TE信号的运算。因此，在本发明中，SPP信号和MPP信号彼此具有180度的相位差，使得能够通过DPP方法来执行其循轨控制。另外，以第一衍射光栅和第三衍射光栅相对于第二衍射光栅倾斜预定角度的方式，与轨道中心偏离的副光束SB能够向轨道中心移动，从而光能够以精确光强度和定位来被发射到光检测元件184a和184b，这产生了准确的TE信号。因此，通过产生这样准确的TE信号，使得执行精确的循轨控制成为可能。

对照图 8，在本发明的第二示例性实施例中，第一区域 262 和第三区域 266 的衍射光栅相对于第二区域 264 的衍射光栅分别倾斜正角度 + θ1 和 + θ3。

对照图 9，在本发明的第三示例性实施例中，第一区域 362 和第三区域 366 的衍射光栅相对于第二区域 364 的衍射光栅分别倾斜负角度 - θ1 和 - θ3。

然后，对照图 10，在本发明的第四示例性实施例中，第一区域 462 的衍射光栅相对于第二区域 464 的衍射光栅倾斜负角度 - θ1，而第三区域 466 的光栅相对于第二区域 464 的衍射光栅倾斜正角度 + θ3。

如上所述，不仅考虑角度的度数还考虑倾斜的方向能够控制第一区域 162、262、362 和 462 以及第三区域 166、266、366 和 466 的衍射光栅的角度 θ，使得副光束 SB 能够被精确地发射到盘 D 的轨道中心。

根据本发明，衍射元件的三个区域中的第一区域和第三区域 162 和 166 的衍射光栅倾斜预定角度，使得副光束 SB 能够被精确地发射到盘 D 的轨道中心，从而获得了准确的 TE 信号。

由于能够产生准确的 TE 信号，所以使得执行精确的循轨控制成为可能。

尽管参照本发明的某些实施例示出和描述了本发明，但是本领域技术人员应该明白在不脱离本发明的精神和范围的情况下，可以在其中做出形式和细节上的各种改变，本发明的范围由权利要求限定。

图 1A

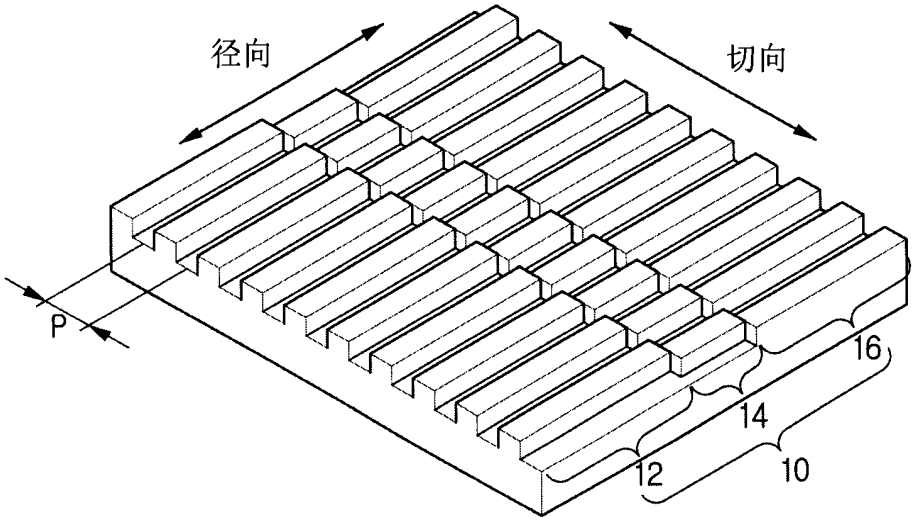


图 1B

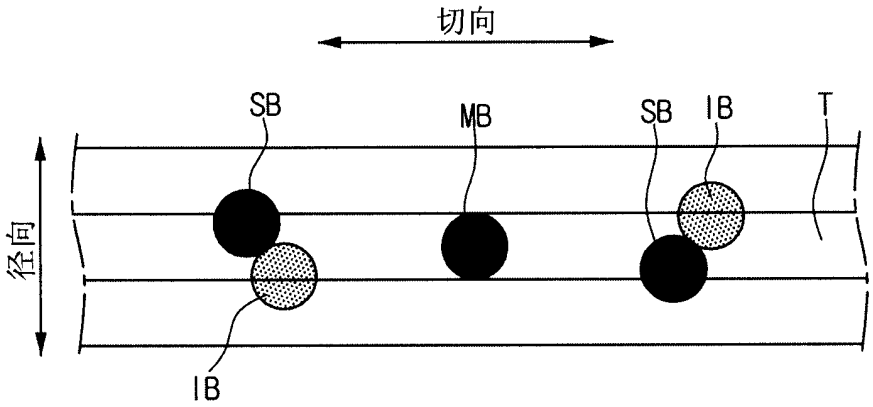


图 2

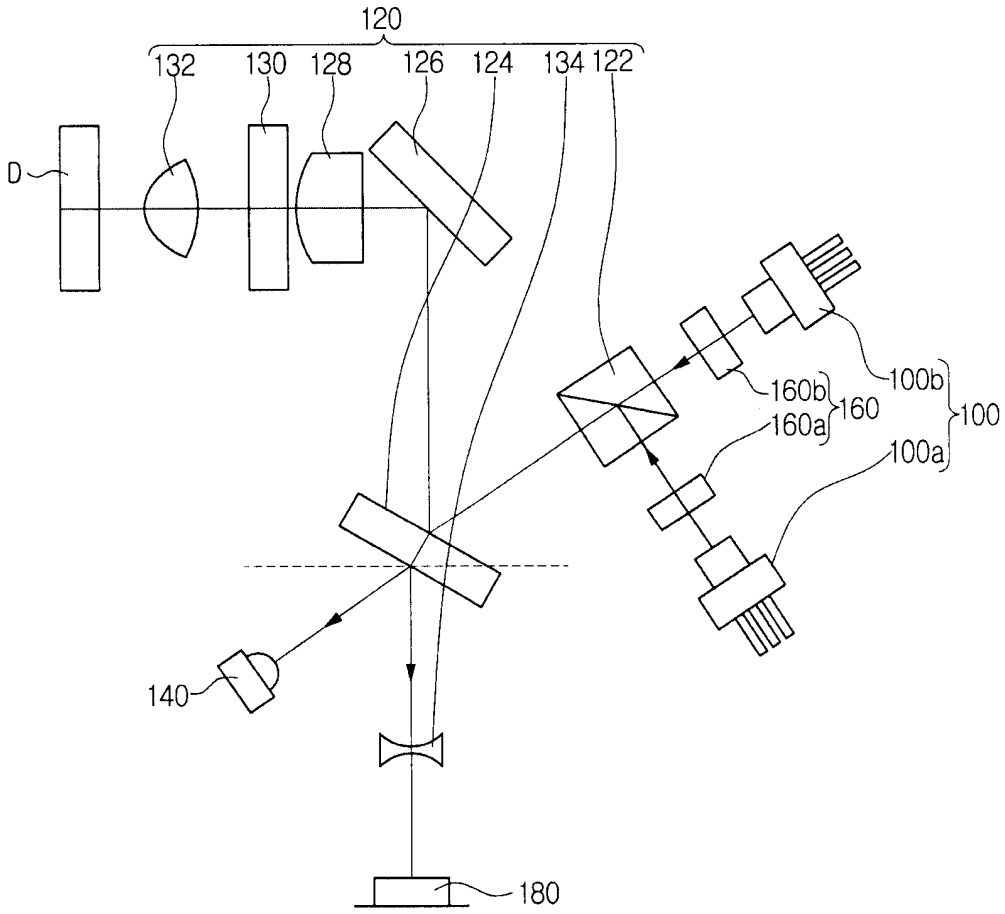

120
132
130
128
126
124
134
122
D
160b
160
160a
100b
100
100a
140
180

图 3

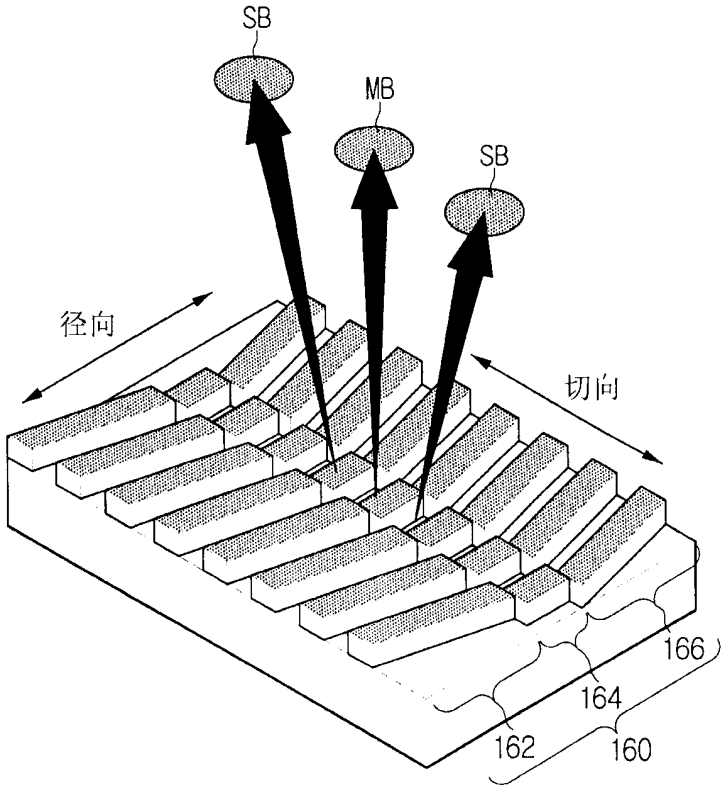


图 4

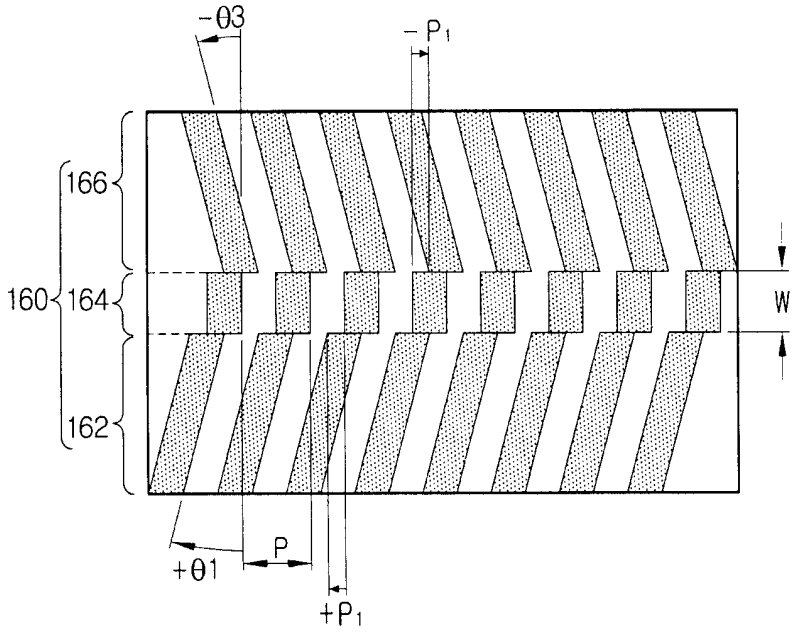


图 5

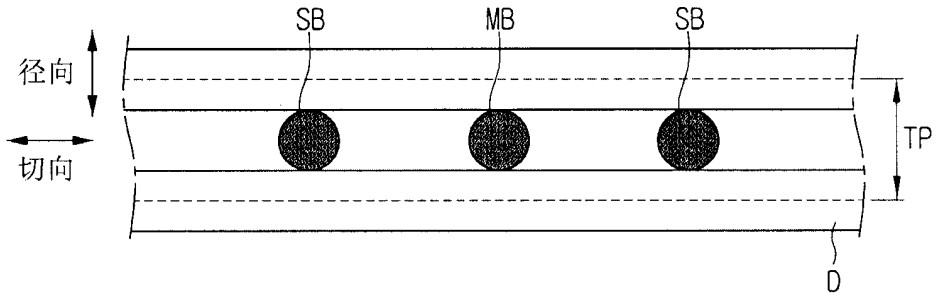


图 6

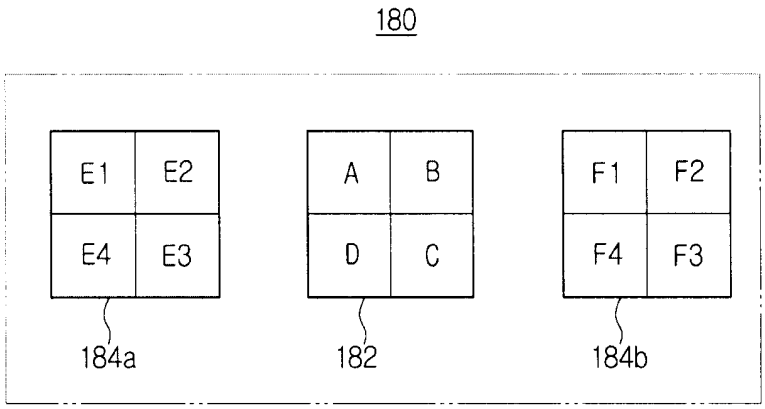


图 7A

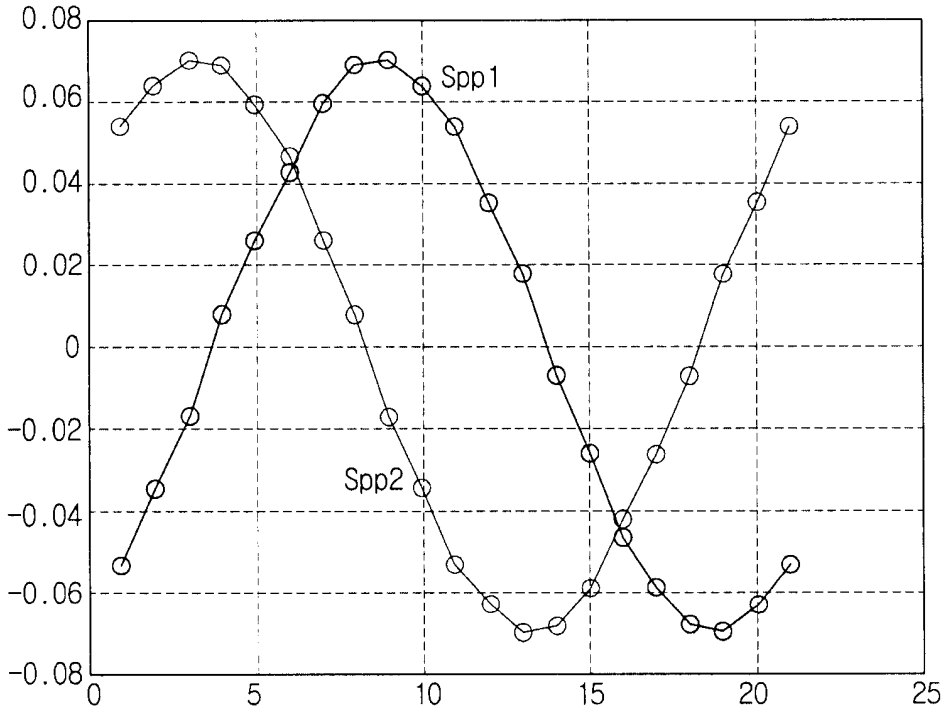


图 7B

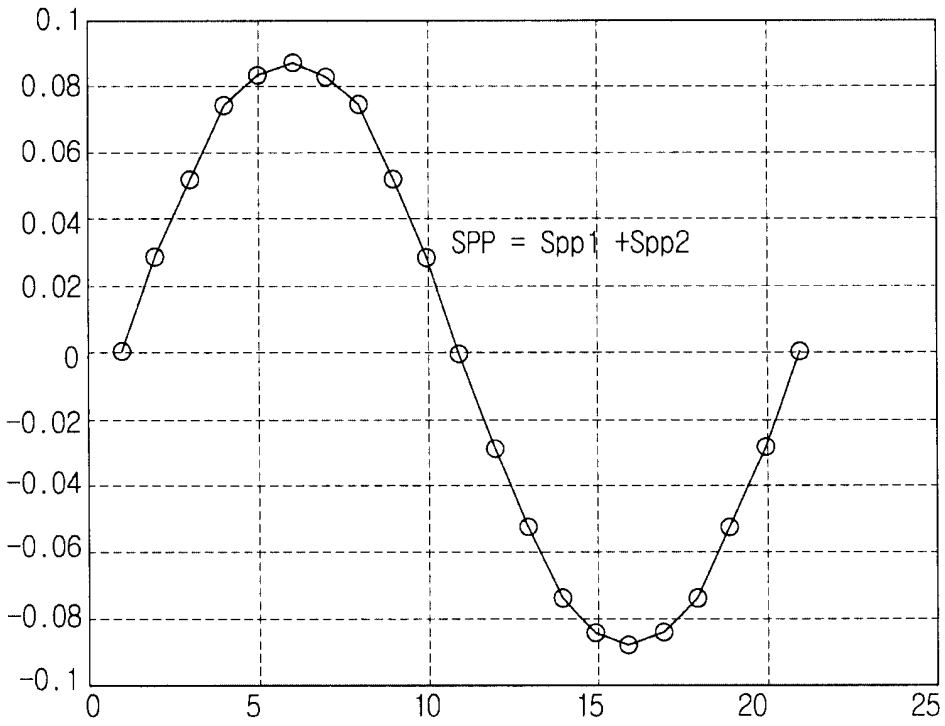

0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
-0.02
-0.04
-0.06
-0.08
-0.1
0
5
10
15
20
25
SPP = Spp1 +Spp2

图 7C

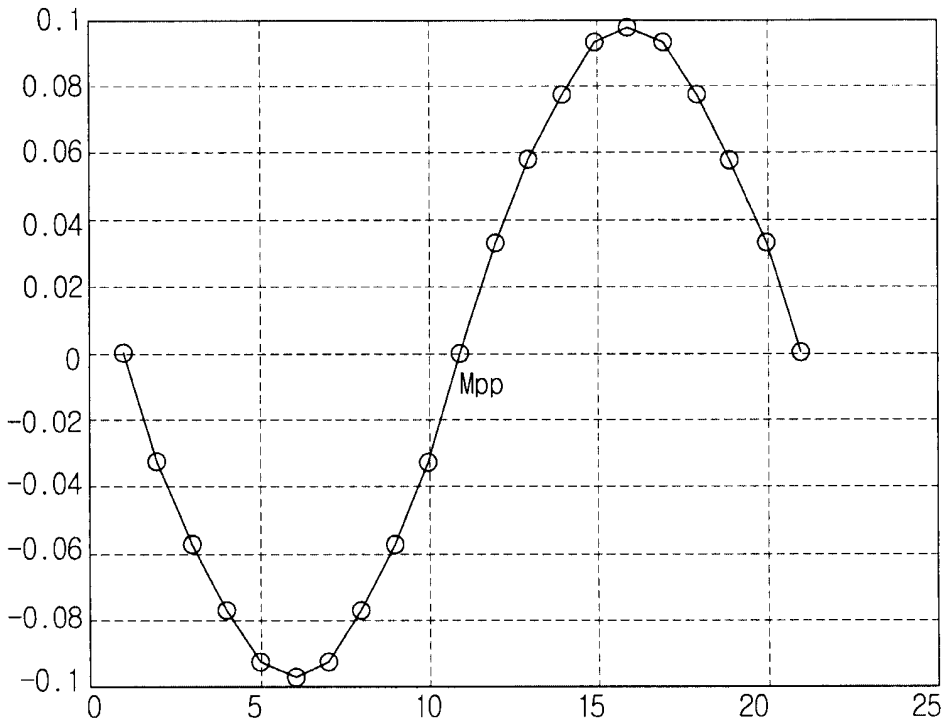


图 7D

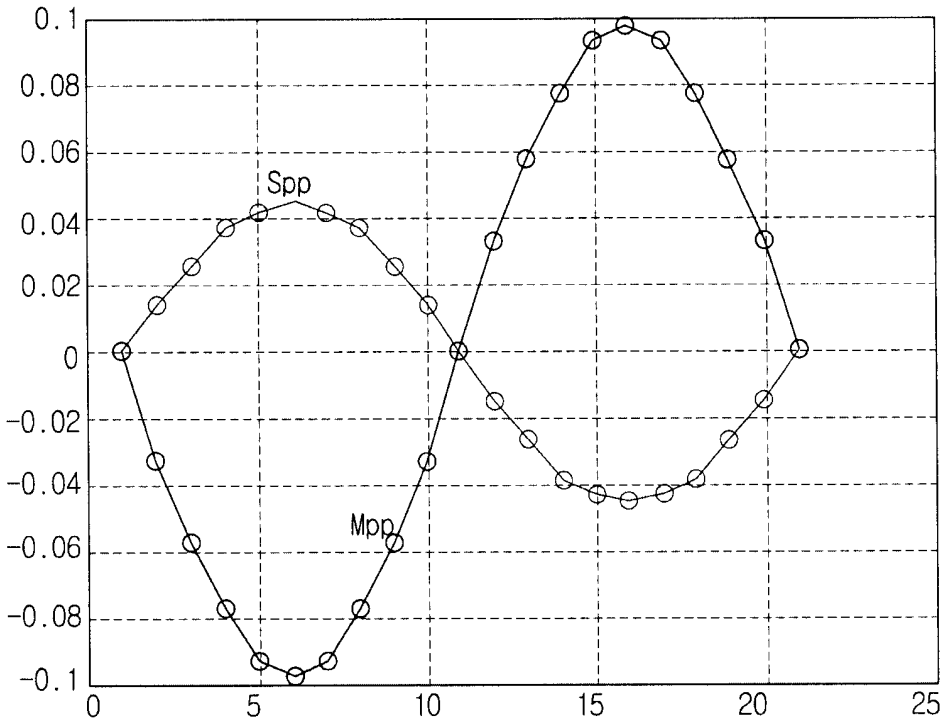


图 8

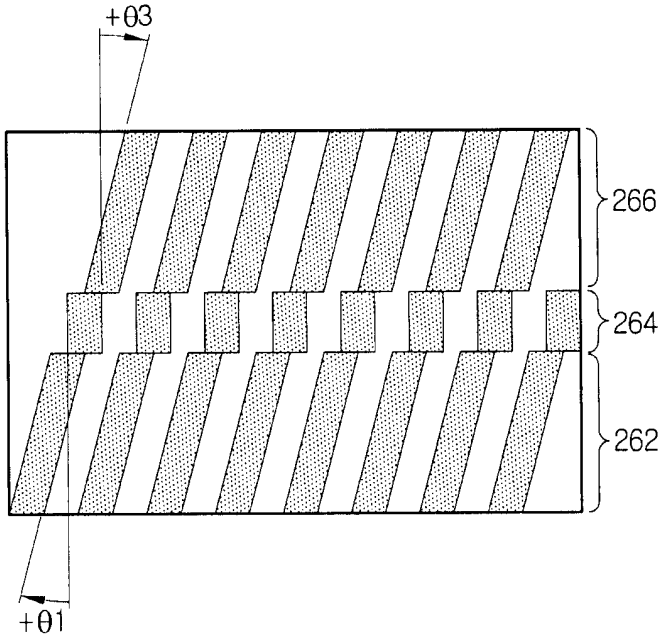


图 9

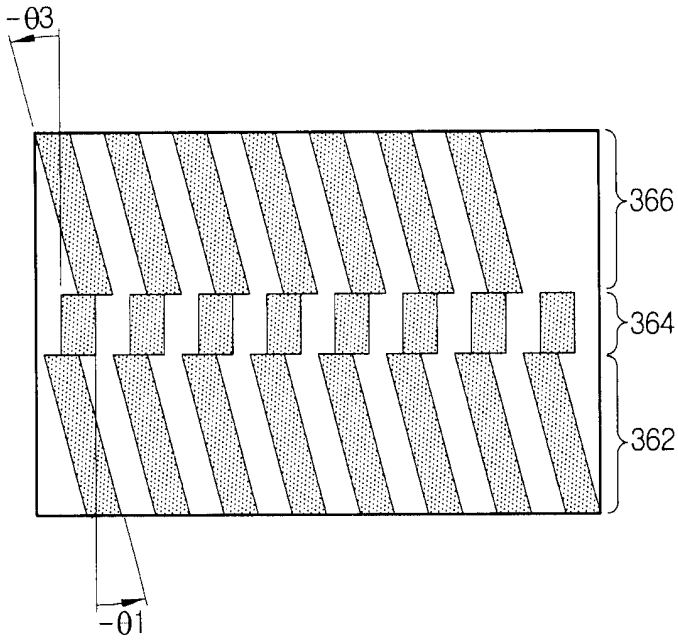


图 10

