



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102044265 A

(43) 申请公布日 2011. 05. 04

(21) 申请号 201010521285. 5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 10. 22

G11B 5/84 (2006. 01)

(30) 优先权数据

12/604, 333 2009. 10. 22 US

(71) 申请人 日立环球储存科技荷兰有限公司

地址 荷兰阿姆斯特丹

(72) 发明人 托马斯·R·阿尔布雷克特

乔纳森·D·科克尔

里卡多·鲁伊斯

布鲁斯·A·威尔逊

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 李昕巍

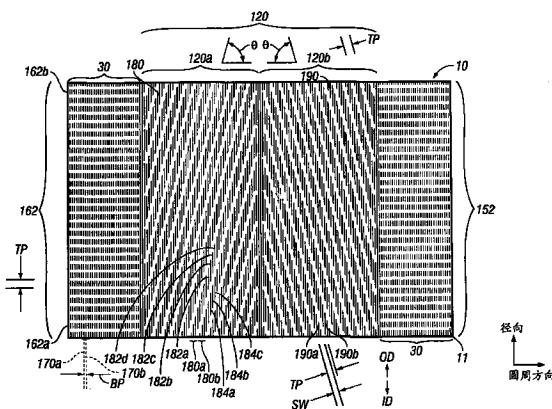
权利要求书 3 页 说明书 13 页 附图 11 页

(54) 发明名称

图案化磁记录盘和制造用于压印盘的母模的方法

(57) 摘要

本发明提供一种图案化磁记录盘和制造用于压印磁记录盘的母模的方法。该磁记录盘具有图案化的伺服区域且从使用嵌段共聚物的引导自组装制造的母模纳米压印。该盘具有离散数据岛的图案化同心圆形数据道，道具有沿径向或跨道方向的道节距。盘也具有越过图案化数据道基本径向延伸的图案化伺服扇区。伺服图案是倾斜的或非径向条纹的臂章图案，所述条纹具有与道节距基本相等的在跨条纹方向上的条纹节距。作为制造母模的方法的结果，纳米压印的盘具有带非径向条纹的臂章伺服图案，条纹是非磁空间分隔开的径向线的磁化片段。



1. 一种图案化介质垂直磁记录盘,包括:

盘衬底;

多个同心基本圆形的数据道,在该衬底上且被图案化成可磁化材料的离散数据岛,所述道具有跨道方向的道节距 TP;以及

多个角间隔开的伺服扇区,在该衬底上且跨越多个数据道基本径向延伸,每个伺服扇区包括相对于数据道倾斜的磁化伺服条纹的第一和第二圆周向相邻的场区,所述伺服条纹的在跨条纹方向上的条纹节距基本等于 TP。

2. 如权利要求 1 所述的盘,其中该第一场区中的条纹和该第二场区中的条纹沿不同方向倾斜。

3. 如权利要求 2 所述的盘,其中所述数据道和所述第一场区中的条纹之间的锐角与所述数据道与所述第二场区中的条纹之间的锐角基本相同。

4. 如权利要求 1 所述的盘,其中每个所述磁化条纹包括通过非磁空间分隔开的磁化片段。

5. 如权利要求 4 所述的盘,其中所述磁化片段基本垂直于所述跨道方向取向。

6. 如权利要求 5 所述的盘,其中所述离散数据岛具有沿道方向的位节距 BP,所述伺服条纹中的磁化片段的沿道方向的片段节距基本等于 BP。

7. 如权利要求 4 所述的盘,其中所述磁化片段基本垂直于所述跨条纹方向取向。

8. 如权利要求 1 所述的盘,其中所述离散数据岛具有比所述磁化条纹的跨条纹宽度更大的跨道宽度。

9. 如权利要求 1 所述的盘,其中所述多个同心数据道布置成多个环形区带。

10. 如权利要求 1 所述的盘,其中所述数据岛和伺服条纹是从衬底延伸的柱。

11. 如权利要求 10 所述的盘,还包括在该数据岛和伺服条纹的柱之间的衬底上的平坦化层。

12. 一种制造用于压印磁记录盘的母模的方法,包括:

在具有中心的衬底上形成以环形区带布置的基本径向的径迹的图案,该径迹具有约为  $nL_{rad}$  的圆周向间隔,其中 n 是等于或大于 2 的整数;

在径向径迹的图案上形成包括第一嵌段共聚物的材料层,第一嵌段共聚物具有体周期  $L_{rad}$ ,由此第一共聚物材料被所述径迹引导以自组装成第一共聚物的第一和第二组分交替的基本径向的线,第一共聚物的第一组分的基本径向的线具有约  $L_{rad}$  的圆周向间隔;

在该衬底上形成同心环的图案和与该同心环的图案角间隔开的平行的非径向的带的图案,该同心环具有约  $nL_{circ}$  的径向间隔,该带具有约  $nL_{circ}$  的带间隔,其中 n 是等于或大于 2 的整数;以及

在环和带的图案上形成包括第二嵌段共聚物的材料层,该第二嵌段共聚物具有体周期  $L_{circ}$ ,其中  $L_{circ}$  等于或大于  $2L_{rad}$ ,由此该第二共聚物材料被所述环和带引导以自组装成第二共聚物的第一和第二组分交替的基本同心的环和该第二共聚物的第一和第二组分交替的平行非径向的条纹。

13. 如权利要求 12 所述的方法,其中在衬底上形成包括第一嵌段共聚物的材料层包括沉积第一嵌段共聚物材料层及退火所沉积的第一嵌段共聚物材料从而导致所述第一嵌段共聚物的所述第一和第二组分的相分离,且其中在所述衬底上形成包括第二嵌段共聚物的

材料层包括沉积第二嵌段共聚物材料层及退火所沉积的第二嵌段共聚物材料从而导致所述第二嵌段共聚物的所述第一和第二组分的相分离。

14. 如权利要求 12 所述的方法,还包括,在形成所述同心环的图案和所述平行的非径向的带的图案之前,去除所述第一嵌段共聚物的第二组分的径向线,留下所述第一嵌段共聚物的第一组分的径向线,且沉积保护层在所述第一嵌段共聚物的第一组分的径向线上。

15. 如权利要求 14 所述的方法,其中形成所述同心环的图案和所述平行的非径向的带的图案包括在所述第一嵌段共聚物的第一组分的径向线上的该保护层上形成同心环和平行的非径向的带的抗蚀剂图案,且该方法还包括:

从该第一嵌段共聚物的第一组分的径向线的未被该抗蚀剂保护的部分蚀刻保护层;

蚀刻该第一嵌段共聚物的第一组分的径向线的未被该抗蚀剂保护的部分;

去除所述抗蚀剂,留下该第一嵌段共聚物的第一组分的柱的图案;

使用该第一嵌段共聚物的第一组分的柱作为蚀刻掩模,蚀刻该衬底;以及

去除该第一嵌段共聚物的第一组分的柱,留下具有衬底材料的柱的图案的衬底。

16. 如权利要求 14 所述的方法,其中在所述衬底上形成同心环的图案和平行的非径向的条纹的图案包括:

在所述保护层上沉积中性聚合物刷材料的层,所述中性聚合物刷材料对于所述第二嵌段共聚物的任何组分没有强的亲合性;

在所述中性聚合物刷材料上形成同心环和平行的非径向的带的抗蚀剂图案;

化学改变未被该抗蚀剂保护的该中性聚合物刷材料;

去除该抗蚀剂,留下化学改变的中性聚合物刷材料的同心环和平行的非径向的带的图案;以及

沉积所述第二嵌段共聚物材料的层且退火所沉积的第二嵌段共聚物材料从而导致相分离成所述第二共聚物的第一和第二组分交替的所述基本同心的环和所述第二共聚物的第一和第二组分交替的所述平行的非径向的条纹。

17. 如权利要求 12 所述的方法,还包括:

去除所述第一共聚物的第二组分的径向线;

去除所述第二共聚物的第二组分的同心环和平行的非径向的条纹,留下所述第二共聚物的第一组分的同心环和平行的非径向的条纹和所述第一共聚物的第一组分的径向线的栅格;

使用所述栅格作为蚀刻掩模,蚀刻所述衬底;以及

去除所述栅格,留下具有在所述衬底材料中的孔的图案的衬底。

18. 如权利要求 12 所述的方法,其中所述基本径向线的图案形成在所述衬底上,所述同心环和平行的非径向的条纹的图案形成在所述径向线图案上。

19. 如权利要求 12 所述的方法,其中所述同心环和平行的非径向的条纹的图案形成在所述衬底上,所述基本径向线的图案形成在所述同心环和平行的非径向的条纹的图案上。

20. 如权利要求 12 所述的方法,其中所述第一嵌段共聚物材料是聚苯乙烯和聚甲基丙烯酸甲酯的共聚物。

21. 如权利要求 12 所述的方法,其中所述第一和第二嵌段共聚物材料中的每个是聚苯乙烯第一组分和聚甲基丙烯酸甲酯第二组分的双嵌段共聚物材料,且其中所述第一共聚物

材料的分子量不同于所述第二嵌段共聚物材料的分子量。

22. 如权利要求 12 所述的方法, 其中  $L_{rad}$  在 5nm 和 30nm 之间。
23. 如权利要求 12 所述的方法, 其中所述基本径向径迹的在所述环形区带的内径处的圆周向间距不小于约  $0.9nL_{rad}$ , 所述基本径向径迹的在所述环形区带的外径处的圆周向间距不大于约  $1.1nL_{rad}$ 。
24. 如权利要求 12 所述的方法, 其中所述基本径向径迹具有基本弓形。
25. 如权利要求 12 所述的方法, 其中在所述衬底上形成以环形区带布置的基本径向径迹的图案包括将所述径迹形成为多个径向间隔开的环形区带。

## 图案化磁记录盘和制造用于压印盘的母模的方法

### 技术领域

[0001] 本发明总地涉及具有图案化伺服扇区的图案化介质磁记录盘，且涉及制造用于纳米压印该图案化介质盘的母模 (master mold) 的方法。

### 背景技术

[0002] 已经提出了具有图案化磁记录介质的磁记录硬盘驱动器以增大数据密度。在图案化介质中，盘上的磁记录层被图案化成布置于同心数据道中的小的隔离的数据岛。为了制造图案化数据岛的所需磁隔离，岛之间的空间的磁矩必须被消灭或者基本减小以使这些空间实质上为非磁的。在一类图案化介质中，数据岛是拔高的区域或者柱，其延伸得高出“沟槽”且磁材料覆盖柱和沟槽两者，通常通过用诸如硅 (Si) 的材料“毒化”而使沟槽中的磁材料呈非磁性。在另一类图案化介质中，磁材料首先沉积在平的盘衬底上。然后通过研磨、蚀刻或离子轰击数据岛周围的区域来形成磁数据岛。

[0003] 类似于常规的非图案化或连续介质盘，图案化介质盘也需要具有非数据伺服区域，其用于读 / 写头定位。具有拔高的间隔开的数据柱的提前蚀刻型图案化介质盘中的伺服区域也可以被图案化且因此包含通过沟槽分隔开的拔高的非数据伺服岛或柱。伺服柱通常在制造工艺期间被伺服写入或者预磁化，并且在盘驱动器的正常操作期间无意被重写。提出的用于伺服写入此类盘的方法是在制造期间用大磁体 DC “擦除 (erase)” 盘，留下全部伺服柱沿相同方向磁化。这样，对于图案化介质垂直磁记录盘，全部伺服柱将具有相同的磁化方向，即或者“进入” 盘表面或者“离开” 盘表面。然而，与基本是线或点的周期性图案的数据柱图案不同，伺服柱图案通常具有不同的形状且不形成周期性图案，而是基本任意的。

[0004] 一种提出的制造图案化介质盘的方法是用模板或模具（有时也称为“压模”）纳米压印，其具有形貌表面图案。在该方法中，表面上具有聚合物膜的磁记录盘衬底被压在模具上。聚合物膜接收模具图案的相反图像且然后成为掩模以用于随后的对盘衬底的蚀刻以在盘上形成柱。在一类图案化介质中，磁记录盘所需的磁层或其它层然后沉积到被蚀刻的盘衬底上和柱顶部上以形成图案化介质盘。在另一类图案化介质中，磁记录盘所需的磁层和其它层首先沉积在平坦的盘衬底上。纳米压印所用的聚合物膜然后被压在这些层上。聚合物膜接收模具图案的相反图像且然后成为掩模以用于随后研磨、蚀刻或离子轰击下面的层。模具可以是用于直接压印盘的母模。然而，更可能的方法是制造具有与盘所需的柱图案对应的柱图案的母模以使用该母模来制造复制模具。于是复制模具具有与母模上的柱图案对应的凹陷或孔图案。复制模具然后用于直接压印盘。图案化介质的纳米压印描述于 Bandic 等人的“Patterned magnetic media : impact of nanoscale patterning on hard diskdrives”, Solid State Technology S7+Suppl. S. Sep 2006 和 Terris 等人的“TOPICAL REVIEW : Nanofabricated and self-assembled magnetic structures as data storage media”, J. Phys. D : Appl. Phys. 38(2005) R199–R222 中。

[0005] 母模板或模具的制造是困难和挑战性的过程。使用利用高斯束旋转台电子束写入器的电子束 (e-beam) 光刻被视为制造能纳米压印图案化介质盘的母模的一种可行方法，

但是该方法将图案化介质盘的面位密度 (areal bitdensity) 限制到约  $500\text{Gbit/in}^2$ 。还已经提出了嵌段共聚物的引导自组装用于制造母模且据信能实现大于  $1\text{Terabit/in}^2$  的面位密度。2008年6月17日提交且转让给与本申请相同的受让人的未决美国申请 12/141062 描述了使用嵌段共聚物的引导自组装来制造母模，该母模允许随后纳米压印的数据柱的圆周密度从仅用电子束光刻制造的模具有实现的圆周密度至少翻倍。然而，嵌段共聚物的引导自组装并不通用于制造纳米压印具有周期性数据岛和基本任意的伺服柱两者的盘所需的模具。

[0006] 需要一种具有图案化伺服柱的纳米压印的图案化介质磁记录盘，该图案化伺服柱可与能通过使用嵌段共聚物的引导自组装制造的母模兼容。

## 发明内容

[0007] 本发明涉及图案化介质垂直磁记录盘，其具有图案化伺服区域且能从使用嵌段共聚物的引导自组装制造的母模纳米压印。该盘具有离散数据岛的图案化同心环形数据道，道具有沿径向或跨道方向的道节距 TP。该盘也具有跨越图案化数据道基本径向延伸的图案化伺服扇区。伺服图案是倾斜或非径向的条纹的臂章图案，条纹具有与 TP 基本相等的沿跨条纹方向的条纹节距。

[0008] 本发明还涉及一种制造用于纳米压印盘的母模的方法。常规或电子束光刻用于形成衬底上的基本径向径迹的图案。第一嵌段共聚物材料沉积在该图案上，导致第一嵌段共聚物被引导自组装成其组分从而将基本径向的径迹倍乘为基本径向线。径向线优选具有比径向的径迹更高的圆周向密度。第二嵌段共聚物的引导自组装然后用于在基本径向线上形成同心环的图案和非径向的条纹的图案。同心环用于定义通过母模形成的数据岛的径向宽度，非径向的条纹用于定义形成所述臂章图案的条纹的跨条纹宽度。在蚀刻和抗蚀剂去除之后，母模具有柱或者孔的图案，这取决于所使用的方法。柱或孔在模具的将形成随后纳米压印的盘中的数据岛的部分中布置成圆形环。柱或孔在模具的形成随后纳米压印的盘中的臂章图案的部分中布置成分段的平行非径向的条纹。该方法允许非径向条纹与同心环精确地对准，且因为环和非径向条纹在第二嵌段共聚物的引导自组装的相同步骤中制造，所以非径向条纹的条纹节距能与同心环的径向节距基本相同。这允许被模具纳米压印的盘在伺服区域中具有条纹，条纹节距基本等于道节距。

[0009] 作为制造母模的方法的结果，纳米压印的盘将具有带非径向条纹的臂章伺服图案，条纹是非磁空间分隔开的径向线的磁化片段。然而，母模可以以一方式制造，使得条纹中的磁化片段垂直于条纹方向取向，或者以一方式制造使得条纹是连续磁化条纹而没有分段。

[0010] 为了充分理解本发明的本质和优点，请参照下面结合附图进行的详细说明。

## 附图说明

[0011] 图 1 是根据本发明的具有图案化介质类型的磁记录盘的盘驱动器的俯视图；

[0012] 图 2 是根据本发明的图案化介质磁记录盘的放大部分的俯视图，示出在盘衬底的表面上的区域之一中图案化数据道和图案化伺服扇区的布置；

[0013] 图 3A 是图案化介质盘的一部分的侧剖视图，示出拔高的间隔开的柱的数据岛，所

述柱延伸得高出盘衬底表面，柱之间有沟槽；

[0014] 图 3B 是平坦化之后图 3A 的盘的该部分的侧剖视图；

[0015] 图 4A-4P 是在根据本发明的制造用于纳米压印图 2 所示的盘的母模的方法的连续阶段母模的一个环形区带的一小部分的视图。

## 具体实施方式

[0016] 图 1 是与本发明涉及的图案化介质盘驱动器类似的图案化介质盘驱动器 100 的俯视图。驱动器 100 具有外壳或基座 112，其支承致动器 130 和心轴马达（未示出），心轴马达用于使图案化磁记录盘 10 绕其中心 13 旋转。致动器 130 可以是音圈马达（VCM）旋转致动器，其具有刚性臂 134 且绕枢轴 132 旋转，如箭头 124 所示。头 - 悬架组件包括悬架 121 和头载具例如气垫滑块 122，悬架 121 的一端连接到致动器臂 134 的末端，头载具连接到悬架 121 的另一端。悬架 121 允许头载具 122 维持得非常接近盘 10 的表面。滑块 122 支承读 / 写或记录头 109。记录头 109 通常是感应写头和磁致电阻读头的组合（也称为读 / 写头），位于滑块 122 的拖尾端或端面上。图 1 仅示出一个盘表面以及相关的滑块和记录头，但是通常有多个盘堆叠在被心轴马达旋转的毂上，独立的滑块和记录头与每个盘的每个表面相关联。

[0017] 图案化磁记录盘 10 包括盘衬底 11 和衬底 11 上的可磁化材料的离散数据岛 30。数据岛 30 用作离散磁位以用于数据存储。每个离散数据岛 30 是通过非磁区域或空间与其他岛分隔开的磁化岛。术语“非磁”意味着数据岛之间的空间由非铁磁材料例如电介质、或者在没有施加磁场时基本不具有剩磁的材料、或者在岛下方凹陷得足够远的槽或沟中从而不负影响读取和写入的磁材料形成。数据岛之间的非磁空间亦可没有磁材料，例如磁记录层或盘衬底中的槽或沟。

[0018] 数据岛 30 布置于径向间隔开的基本圆形道中，道分组成环形带或区带（zone）151、152、153。每个道内，数据岛 30 一般布置为固定字节长度的数据扇区（例如 512 字节加上用于纠错编码（error correction coding）和数据扇区头（data sector header）的额外字节）。数据扇区的数目在每个区带中不同。数据道分组成环形区带允许分区记录，其中数据岛的角间距且因此数据速率在每个区带中不同。在图 1 中，示出三个区带 151、152、153，各区带仅示出部分代表性同心数据道 161、162、163。虽然图 1 仅描绘了三个区带，但是现在的盘驱动器通常具有约 20 个区带。每个区带中还有基本径向指向的同步（sync）标记，如区带 153 中的普通标记 173。每个同步标记 173 可以是多个在圆周向间隔开的标记，在每个区带中角间距不同，其被读头探测从而使得写头能与该区带中的数据岛的特定间隔同步。同步标记可以位于数据扇区的扇区头中。将要写入或读取数据的物理位置通过头编号、道编号（当有多个盘时，也称为“柱面”编号）和数据扇区编号确定。

[0019] 当盘 10 绕其中心 13 沿箭头 20 的方向旋转时，致动器 130 的移动允许在头载具 122 的拖尾端上的读 / 写头 109 访问盘 10 上的不同数据道和区带。因为致动器 130 是绕枢轴 132 枢转的旋转致动器，所以读 / 写头 109 跨越盘 10 的路径不是完美的径向，而是弓形线 135。

[0020] 每个数据道也包括圆周向或角间隔开的多个伺服扇区 120，其包含可被读头探测的用于将头 109 移动到所需数据道并将头 109 维持在数据道上的定位信息。每个道中的伺

服扇区与其他道中的伺服扇区圆周向对准从而它们沿基本径向方向延伸跨越道，如径向指向的伺服扇区 120 所示。伺服扇区 120 具有弓形，其基本复制头 109 的弓形路径 135。伺服扇区 120 是盘上的非数据区，其被磁化一次，通常是在盘的制造或格式化期间，且在盘驱动器的正常操作期间无意被擦除。虽然同步标记（如同步标记 173）可位于数据扇区的扇区头中，作为替代，它们可以位于伺服扇区 120 中。

[0021] 图 2 是根据本发明的图案化介质垂直磁记录盘 10 的放大部分的俯视图。该部分是区带 152 的具有带数据岛 30 的数据道 162 和伺服扇区 120 的部分，伺服扇区 120 跨越数据道 162 基本径向延伸。数据岛 30 间隔开几乎固定的圆周向或沿道的间距或位节距 (bit pitch, BP)。数据道 162 间隔开几乎固定的径向或跨道方向的间距或道节距 (track pitch, TP)。在图案化介质中，布置于同心道 162 中的离散数据岛 30 的图案的位纵横比 (bit-aspect-ratio, BAR) 是 TP 对 BP 的比。这与沿道方向的线形岛密度（以每英寸的位计，BPI）与在跨道方向上的道密度（以每英寸的道计，TPI）的比相同。虽然岛 30 示出为矩形，但是它们可以具有其他形状，例如圆形或基本矩形或基本椭圆形。岛 30 也布置成基本径向的线，如从盘中心 13（图 1）延伸的普通径向线 170a、170b 所示。因为图 2 示出盘衬底 11 的仅有少量数据道 162 的仅一小部分，所以岛 30 的图案呈现为两组垂直线。但是，数据道 162 是以盘 10 的中心 13 为中心的同心环，线 170a、170b 不是平行线，而是从盘 10 的中心 13 延伸的径向线。因此对于朝向内径 (ID) 的径向内道（如道 162a）中的线 170a、170b 中的相邻岛而言从盘的中心 13 测量的相邻岛之间的角间距与朝向外径 (OD) 的径向外道（如道 162b）中的线 170a、170b 中的相邻岛的角间距相同。基本径向的线 170a、170b 可以是非常直的径向线，但是优选是弧线或弓形径向线，其复制旋转致动器上的读 / 写头的弓形路径 135（图 1）。头扫越数据道时这样的弓形径向线提供数据岛的恒定相位置。读头和写头之间有非常小的径向偏移，所以实际上从不同的道读取用于对道写入的同步场区（如图 1 中区带 163 中的场区 173）。如果两个道之间岛是同相的，这是径向线是弓形的情况，则写入被大大简化。

[0022] 图案化介质盘 10 也包括图案化伺服扇区 120。在图 2 所示的根据本发明的图案化介质盘中，每个伺服扇区包括圆周向相邻的场区 120a、120b 的 V 形图案或倒 V 形图案（有时称为臂章 (chevron) 图案），场区 120a、120b 分别有平行的多个非径向的磁化条纹 (stripe) 180、190。场区 120a 的多个条纹 180 沿相对于数据道 162 成锐角  $\theta$  的方向（图 2 中向右）倾斜，场区 120b 的多个条纹 190 沿相对于数据道 162 成锐角（优选相同角  $\theta$  的不同方向（图 2 中向左））倾斜。优选在盘已被制造之后通过被 DC 磁化，条纹 180、190 优选沿相同方向被磁化，即沿垂直地进入或离开盘衬底 11 的平面的方向。

[0023] 臂章伺服图案对于具有常规非图案化介质的常规盘驱动器而言是公知的。读头经过臂章图案的两个场区的每个上方时读回信号记录正弦曲线。如果头的径向位置变化，则一个正弦曲线的相将提前，另一正弦曲线的相将延迟。于是头的径向位置可以通过测量两个正弦读回信号之间的相差来评估。在存在白噪声时且如果信号是高密度的话，单频率快速傅立叶变换 (FFT) 方法能产生所需的相评估且是近极大似然估计量。基于非正弦输入或更一般噪声现象的更复杂估计量能实现稍微更佳的性能。从臂章伺服图案测量的相差仅产生头径向位置的小数部分，即臂章图案的一个完整径向跨距的小数部分，因为对于差异为臂章图案周期的整数倍的两个头位置，相位测量将是相同的结果。因此，在具有臂章伺

服图案的常规伺服系统中,径向头位置的整数部分,即实际道编号通过格雷编码道识别符 (ID) 的解调来确定,其通常位于臂章图案之前伺服扇区的起始附近。在图案化介质的伺服系统中,类似于本发明所示,臂章伺服场区 120a、120b 中的条纹 180、190 包括离散的岛片段 (segment) (如片段 184a-c),因此读回信号将不与常规伺服图案的读回信号严格相同。在图案化介质伺服图案如图 2 所示的图案化介质伺服图案中,读回信号将响应沿圆周方向分隔开  $L_{circ}$  的磁化岛且同时它将被非径向的条纹 180、190 的间隔和锐角调制。结果是读回信号的幅度被“包络 (envelope)”调制,类似于如上所述来自常规臂章伺服图案的正弦信号。

[0024] 如图 2 所示的图案化介质垂直磁记录盘具有垂直于记录层或离开记录层平面的可磁化记录材料 (数据岛 30 和非径向条纹 180、190) 中的磁化方向。为了产生图案化数据岛和条纹的所需磁隔离,岛之间和条纹之间的区域的磁矩必需被破坏或者基本减小到使这些空间实质上是非磁的。图案化介质可以通过任何若干已知技术来制造。在一类图案化介质中,数据岛是拔高的、间隔开的柱,其延伸得高出盘衬底表面以定义柱之间衬底表面上的渠或槽。此类图案化介质示于图 3A 的剖视图中,其中仅描绘数个数据岛 30。在此类图案化介质中,能使用母模板或模具以较低成本的大批量纳米压印工艺制造具有柱 31 和柱之间的区域或槽 32 的预蚀刻图案的衬底 11。磁记录层材料然后沉积于预蚀刻的衬底的整个表面上以覆盖柱 31 的末端和柱 31 之间的槽,得到磁记录层材料的数据岛 30 和磁记录层材料的槽 32。记录层材料的槽 32 可与读 / 写头间隔得足够远从而不负面影响对岛 30 中的记录层材料的读和写,或者槽可以通过用材料例如 Si“毒化”而变成非磁的。此类图案化介质描述于 Moritz 等人的“Patterned Media Made From Pre-Etched Wafers :APromising Route Toward Ultrahigh-Density Manetic Recording”, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 38, No. 4, July 2002, pp. 1731–1736 中。

[0025] 图 3B 示出用平坦化层 33 平坦化之后图 3A 的图案化介质盘。层 33 可以是固化的官能化全氟聚醚 (PFPE) 聚合物。通过将盘浸到合适溶剂中的官能化 PFPE 溶液且然后蒸发溶剂来施加官能化 PFPE。一类官能化 PFPE 是具有丙烯酸酯 (acrylate) 功能端基团的 Fomblin® Z 型,如 US6680079B2 中描述的,其能通过暴露到紫外 (UV) 辐照而交联。图 3B 示出在固化后,可以有平坦化层 33 的收缩,导致沟槽 32 中层 33 的缩进“R”,R 是岛 30 和槽 32 之间的层 33 的表面形貌变化的测量结果。实际缩进量非常依赖于 D 和 W,其中 D 是槽 32 和岛 30 的顶部之间的距离且约是柱 31 的高度,W 约是柱 31 之间的间隙宽度。因此缩进是个大问题,如果在盘的不同区域中,例如数据区域和伺服区域之间,W 有大的变化,则盘的平坦化变得更困难。

[0026] 在本发明中,定义用于伺服扇区 120 的母模板中的平行非径向的条纹 180、190 的特征与数据道 162 在相同的制造步骤中形成。再参照图 2,条纹 180、190 具有与数据道节距 TP 基本相同的沿与条纹垂直的方向的条纹间距或节距,即条纹节距等于  $TP +/- 5\% TP$ 。此外,如条纹 190a、190b 所示,每个条纹的条纹宽度 (SW) 基本等于数据岛的径向宽度。因此值 W(图 3B) 在数据区域和伺服区域中基本相同,这最小化了平坦化层的缩进。

[0027] 非径向条纹 180、190 和数据道 162 在相同步骤中的制造还提供了伺服图案和数据道的非常精确的空间对准 (registration)。具有条纹节距 TP 的条纹的伺服图案与带有节距等于 BP 的标记的伺服图案相比提供好得多的信噪比 (SNR)。这是因为对于给定读头而

言,DC 磁化的标记（全部岛具有相同的磁化取向）具有比交替磁化的岛更低的 SNR。DC 磁化的伺服信号的 SNR 能通过使用更长的伺服条纹的节距（例如 TP）来得到改善。

[0028] 如图 2 所示,在径向方向上每四个数据道重复条纹 180、190 的臂章图案。因此,臂章图案产生伺服位置信号,其以每四个道为周期。可以通过改变条纹 180、190 的斜度(角度  $\theta$ )来选择不同的径向周期。臂章图案的径向周期不需要是数据道的整数倍,只要它是描述臂章图案与数据道的对准的已知数学关系。优选地,臂章图案的径向周期在约 2 至 10 个数据道之间。

[0029] 在本发明中,仅能从条纹 180、190 的臂章图案来确定在一个臂章图案的径向跨度(图 2 的示例中是四个数据道)内的头径向位置的小数部分。如在具有臂章图案的常规伺服系统中那样,道编号(道 ID)的高位在单独的伺服写入步骤中写到臂章图案外的区域,通常在读头读取伺服扇区头时紧在臂章图案之前。

[0030] 再参照图 2,每个条纹 180、190 包含非磁空间分隔开的磁化材料的片段。例如,条纹 180 包括被非磁空间分隔开的普通磁化片段 182a、182b、182c、182d。类似地,相邻的条纹 180b 包括被非磁空间分隔开的普通磁化片段 184a、184b、184c。分段的条纹 180、190 是盘从根据本发明的方法制造的母模纳米压印的结果。如图 2 所示,不同条纹中的磁化片段是径向线如径向线 170a、170b 的一部分。例如,条纹 180a 中的片段 182c 和条纹 180b 中的片段 184b 是同一径向线的一部分。类似地,条纹 180a 中的片段 182d 和条纹 180b 中的片段 184b 是相同径向线的一部分。因为数据道和伺服区域 120 中定义径向线的特征在相同制造工艺中形成,所以它们具有基本相同的圆周向或沿道方向节距。因此沿道方向的磁化片段节距基本等于 BP,即片段节距等于  $BP \pm 5\% BP$ 。

[0031] 图 2 所示的盘通过从母模板或模具纳米压印而制造。制造母模板或模具以实现超高密度图案化介质盘是困难且挑战性的工艺。使用利用高斯束旋转台电子束写入器的电子束(e-beam)光刻被视为制造母模的可行方法。然而,为了实现具有更高面位密度(大于  $1\text{ Tbit/in}^2$ )和更高 BAR(大于 1,优选等于或大于 2)两者的图案化介质盘,将需要约 50nm 的道节距和约 12.5nm 的岛节距,其将导致约为 4 的 BAR。因为电子束光刻的有限分辨率,能够纳米压印具有 12.5nm 岛节距的图案化介质盘的母模是难以制造的。面密度的进一步增大将需要甚至更小和更密的特征。例如,BAR 为 2 的  $5\text{ Tb/in}^2$  的面密度将需要 8nm 的沿道岛节距。

[0032] 本发明涉及制造母模的方法,该母模用于纳米压印工艺中以制造具有用电子束光刻的分辨率难以实现的岛节距(BP)和与数据道对准的臂章伺服图案的图案化介质盘。该母模可用于直接纳米压印盘,但是更可能用于制造复制模具,复制模具又用于直接纳米压印盘。该方法使用常规或电子束光刻来在衬底上形成基本径向径迹(trace)图案,径迹分组成环形区带或带。第一嵌段共聚物材料沉积在该图案上,导致第一嵌段共聚物被引导自组装成其组分,从而将基本径向的径迹倍增成基本径向的线。径向线优选具有比径向的径迹更高的圆周向密度。

[0033] 然后第二嵌段共聚物的引导自组装被用于形成同心环图案和基本径向的线上的非径向的条纹的图案。同心环用于定义通过母模形成的岛的径向宽度,非径向的条纹用于定义形成臂章图案的条纹的跨条纹宽度(SW)。在蚀刻和抗蚀剂去除之后,母模具有柱或孔的图案,这取决于所使用的方法。柱或孔在模具的将用于形成随后纳米压印的盘中的数据

岛的部分中布置成圆环。环被分组成环形区带。柱或孔在模具的将用于形成随后纳米压印的盘中的伺服扇区的部分中布置成分段的平行的非径向的条纹。同心环的径向间隔选择为使得在蚀刻工艺后母模具有带所需BAR的柱或孔的阵列，BAR大于1，优选约为2或更大。因为该方法允许母模柱或孔的圆周向密度从仅用电子束光刻能实现的圆周向密度至少翻倍，所以随后纳米压印的图案化介质盘能具有高的BAR(大于1且优选等于或大于2)和超高的面密度。该方法允许非径向条纹与同心环精确对准，且因为环和非径向条纹在第二嵌段共聚物的引导自组装的相同步骤中制造，所以非径向条纹的条纹节距能与同心环的径向节距基本相同。

[0034] 已经提出自组装嵌段共聚物用于产生周期性纳米(nm)级特征。自组装嵌段共聚物通常包含两种或更多不同聚合物嵌段组分(component)，例如组分A和B，其彼此不融合。在合适的条件下，两种或更多种不融合的聚合物嵌段组分分离成两种或更多种不同的相或者纳米级的微畴，由此形成隔离的纳米尺寸结构单元的有序图案。有许多类的能用于形成自组装周期图案的嵌段共聚物。如果组分之一A或B可被选择性去除而不必去除另一种，则可以形成未被去除的组分的有序布置的结构单元。有若干文献描述了自组装嵌段共聚物，包括US7347953B2、Kim等人的“Rapid Directed Self-Assembly of Lamellar Microdomains from a Block Copolymer Containing Hybrid”，Proc. of SPIE Vol. 6921, 692129, (2008)、Kim等人的“Device-Oriented Directed Self-Assembly of Lamella Microdomains from a Block Copolymer Containing Hybrid”，Proc. of SPIE Vol. 6921, 69212B, (2008)、以及Kim等人的“Self-Aligned, Self-Assembled Organosilicate Line Patterns of ~20nm Half-Pitch from Block Copolymer Mediated Self-Assembly”，Proc. of SPIE Vol. 6519, 65191H, (2007)中。

[0035] 能用于形成自组装周期图案的合适的嵌段共聚物的具体示例包括但不限于：聚(苯乙烯-嵌段-甲基丙烯酸甲酯)(PS-b-PMMA)，聚(氧化乙烯-嵌段-异戊二烯)(PEO-b-PI)，聚(氧化乙烯-嵌段-丁二烯)(PEO-b-PBD)，聚(氧化乙烯-嵌段-苯乙烯)(PEO-b-PS)，聚(氧化乙烯-嵌段-甲基丙烯酸甲酯)(PEO-b-PMMA)，聚(氧化乙烯-嵌段-乙基乙烯)(PEO-b-PEE)，聚(苯乙烯-嵌段-乙烯基吡啶)(PS-b-PVP)，聚(苯乙烯-嵌段-异戊二烯)(PS-b-PI)，聚(苯乙烯-嵌段-丁二烯)(PS-b-PBD)，聚(苯乙烯-嵌段-二茂铁基二甲基硅烷)(PS-b-PFS)，聚(丁二烯-嵌段-乙烯基吡啶)(PBD-b-PVP)，聚(异戊二烯-嵌段-甲基丙烯酸甲酯)(PI-b-PMMA)，以及聚(苯乙烯-嵌段-二甲基硅氧烷)(PS-b-PDMS)。

[0036] 嵌段共聚物形成的具体自组装周期图案通过第一和第二聚合嵌段组分A和B之间的分子体积比来确定。当第二聚合嵌段组分B的分子体积对第一聚合嵌段组分A的分子体积的比小于约80:20但是大于约60:40时，嵌段共聚物将形成第二聚合嵌段组分B构成的基质中第一聚合嵌段组分A构成的圆柱的有序阵列。当第一聚合嵌段组分A的分子体积对第二聚合嵌段组分B的分子体积的比小于约60:40但是大于约40:60时，嵌段共聚物将形成第一和第二聚合嵌段组分A和B的交替片层。在本发明中，未去除的组分将被用作蚀刻掩模，因此交替的片层或交替圆柱的有序阵列是感兴趣的。

[0037] 周期图案中重复结构单元的周期或体周期(bulk period)( $L_0$ )由本征聚合物属性例如聚合度N和Flory-Huggins相互作用参数x确定。 $L_0$ 随着聚合度N而缩放，而聚合度

N 又与分子量 M 关联。因此,通过调节本发明的嵌段共聚物的总分子量,可以选择重复结构单元的体周期 ( $L_0$ )。

[0038] 为了形成自组装周期图案,嵌段共聚物首先溶解在合适的溶剂系统中以形成嵌段共聚物溶液,其又施加到表面上以形成嵌段共聚物薄层,接着退火嵌段共聚物薄层,这导致嵌段共聚物中包含的不同聚合嵌段组分之间的相分离。用于溶解嵌段共聚物和形成嵌段共聚物溶液的溶剂系统可包括任何合适的溶剂,包括但不限于:甲苯、丙二醇甲醚醋酸酯(PGMEA)、丙二醇甲醚(PGME)、以及丙酮。嵌段共聚物溶液能通过任何合适的技术施加到衬底表面,包括但不限于:旋铸(spin casting)、涂覆、喷涂、墨涂、浸涂等。优选地,嵌段共聚物溶液被旋铸到衬底表面上从而形成嵌段共聚物薄层。在嵌段共聚物薄层施加到衬底表面上之后,整个衬底被退火从而进行嵌段共聚物包含的不同嵌段组分的微相分离,由此形成具有重复结构单元的周期图案。

[0039] 上述技术中嵌段共聚物膜自组装而没有任何的指示或引导。该无引导自组装导致有缺陷的图案,因此对于需要长程有序的应用例如制造用于纳米压印图案化介质盘的母模上的径向线的环形区带而言不实用。

[0040] 已经提出了光刻图案化的表面来引导或指引嵌段共聚物畴的自组装。一种方案使用干涉光刻来实现衬底上与下面的化学对比图案对准的畴的有序。片层状的和圆柱状的畴可以通过该技术形成在衬底上,如 US6746825 中所述。然而,干涉光刻不能用于制造径向线的环形区带。US2006/0134556A1 描述了用于生成化学对比图案以引导嵌段共聚物的自组装来形成非周期图案的技术。另外,在这两个生成衬底上的化学对比图案以引导嵌段共聚物的自组装的方法中,下面的化学对比图案的周期匹配嵌段共聚物的体周期  $L_0$ 。例如,在 US 2006/0134556A1 中,  $L_0$  为约 40nm, 因此用于引导自组装的光刻构图的衬底也具有约 40nm 的周期, 这可通过常规或电子束光刻实现。然而, 难以利用常规或电子束光刻产生用于  $L_0$  在约 8nm 和 30nm 之间的嵌段共聚物的化学对比图案。

[0041] 本发明的制造母模的方法使用常规光学或电子束光刻在衬底上形成基本径向的径迹的图案,径迹分组为环行区带或带。具有体周期  $L_0 = L_{rad}$  的第一嵌段共聚物材料沉积在图案上,致使嵌段共聚物引导自组装成其组分从而使基本径向的径迹增大为交替的嵌段共聚物组分的基本径向的线。组分之一的径向的线被去除,留下第一嵌段共聚物的剩余组分的径向的线。然后保护层沉积在第一嵌段共聚物的剩余组分的径向的线上以防止它们后续的处理中移动。然后,体周期  $L_0 = L_{circ}$  的第二嵌段共聚物材料沉积在这些径向的线上从而定义基本圆周向的环和非径向的条纹。第二嵌段共聚物的组分之一的圆周向的环和非径向的条纹被去除,留下第二嵌段共聚物的剩余组分的圆周向的环和非径向的条纹。剩余的第二嵌段共聚物组分的圆周向的环和非径向的条纹和下面的剩余的第二嵌段共聚物组分的径向的线形成用作光刻掩模的栅格。通过该掩模蚀刻衬底,接着去除剩余的嵌段共聚物材料,得到具有凹陷或孔的图案和分段的非径向条纹的图案的母模,所述凹陷或孔布置成圆环,环分组为环形区带,或者,在嵌段共聚物栅格上镀或沉积适合的材料,然后去除剩余的嵌段共聚物材料,得到具有布置成圆形环的点或柱的图案和分段的非径向条纹的图案的母模,所述环分组成环形区带。 $L_{circ}/L_{rad}$  的比定义由模具制造的盘的 BAR。

[0042] 参照图 4A-4P 对方法进行说明。图 4A-4C、4E-4G 和 4I-4J 是沿基本垂直于径向方向的平面截取的在制造方法的各个阶段的侧剖视图,图 4D 和 4K-4P 是在该方法的各阶段的

俯视图。

[0043] 如图 4A 所示,母模衬底包括基底 200,基底 200 可由任何合适的材料形成,例如但不限于单晶硅、非晶硅、硅石、石英、硅氮化物、碳、钽、钼、铬、氧化铝和蓝宝石。对于聚合物嵌段之一不显示比对于聚合物嵌段中的另一种更强的润湿亲和性的材料的表面改性层 205,其将称为“中性层”,被沉积到基底 200 上。中性层可以是但不限于官能化聚合物刷(brush)、可交联聚合物、官能化聚合物“A”或“B”或者官能化无规共聚物“A-r-B”或者“A”和“B”的混合,其中“A”和“B”是嵌段共聚物的组成嵌段材料。官能团可以是例如羟基。在本示例中,中性层 205 是分子量比所使用的嵌段共聚物低的端羟基聚苯乙烯刷。刷材料旋涂在基底 200 上至约 1-10nm 的厚度(优选 6nm 以下)。中性层的目的是适当调节表面能从而促进期望的畴取向(垂直片层或平行圆柱)且提供适当的润湿条件以用于密度倍增。

[0044] 在图 4B 中,抗蚀剂层已经沉积于刷层 205 上且图案化成基本径向的抗蚀剂条(bar)210。抗蚀剂层通过电子束被图案化且被显影以形成被径向空间 211 分隔开的径向条 210 的图案,径向空间 211 暴露部分刷层 205。电子束设备图案化抗蚀剂层从而径向空间 211 具有约为  $L_0$  的整数倍(即  $nL_0$ )的圆周向间隔,  $L_0$  是随后将沉积的选定嵌段共聚物的已知体周期。在图 4B 中,  $n$  是 2。每个径向空间 211 的圆周向宽度选定为约  $0.5L_0$ 。

[0045] 在图 4C 中,通过氧等离子体反应离子蚀刻( $O_2$ RIE)工艺蚀刻该结构以去除刷层 205 的在径向空间 211 中的部分,这暴露了部分基底 200。或者,径向空间 211 中的刷层 205 的暴露部分的化学结构可被化学改变(通过氧等离子体蚀刻或者其他工艺诸如反应离子蚀刻、中性原子(例如 Ar)或分子研磨、离子轰击和光降解)从而刷层 205 的暴露部分具有对于共聚物之一的优选亲合性。在图 4D 的俯视图中,抗蚀剂 210 被去除,在衬底 200 上留下被基底材料(或者化学改变的刷材料)的基本径向的径迹 200 分隔开的聚合物刷材料的基本径向条 205 的图案。在该图案中,基本径向的径迹 200 具有约  $0.5L_0$  的圆周向宽度和  $2L_0$  的圆周向节距。因为图 4D 仅是母模的非常小的部分,所以径迹 200 呈现为平行径迹。然而,径迹 200 基本径向布置,如图 4 所示。径迹 200 可以是非常直的径向径迹,但是优选是弧或弓形径向径迹,其复制旋转致动器上的读/写头的弓形路径。

[0046] 下面,在图 4E 中,第一嵌段共聚物材料的层 220 沉积于刷材料的径向条 205 和径向空间 211 中基底材料(或者化学改变的刷材料)的径向径迹 200 上。优选的第一嵌段共聚物材料是双嵌段共聚物聚苯乙烯-嵌段-聚甲基丙烯酸甲酯(PS-b-PMMA), $L_0$  等于  $L_{rad}$  且在约 5nm 和 30nm 之间,且通过旋涂沉积至约  $0.5L_{rad}$  至  $3L_{rad}$  的厚度。

[0047] 在图 4F 中,第一嵌段共聚物层被退火,例如通过加热至约 200 摄氏度约 60 分钟,这导致嵌段共聚物中包含的不同组分之间的相分离。在该示例中,B 组分(PMMA)具有对于基底 200 的表面或者对于化学改变的刷 205 的极性基团的亲合性且因此形成为径向径迹 200 上的基本径向的线 215。因为径迹 200 的圆周向宽度为约  $0.5L_{rad}$ ,所以 A 组分(PS)在聚合物刷材料的径向条 205 上以相邻的径向线 212 形成。作为 A 和 B 组分的自组装的结果,这导致 B 组分也形成为每个聚合物刷材料的径向条 205 的中心上的基本径向的线 215。基本径向的径迹 200(或者化学改变的刷)因此引导 PS 和 PMMA 组分的自组装以形成图 4F 所示的结构中的交替的径向线 212、215。尽管 A 和 B 组分优选以具有周期  $L_{rad}$  的平行线自组装,但是径向径迹 200 的衬底图案引导交替的线 212、215 以形成为径向线,这意味着  $L_{rad}$  不能在整个径向长度上是恒定的。然而,能实现交替径向线 212、215 的图案而没有任何重大

缺陷,如果从  $L_{rad}$  的变化不超过约 10% 的话。因此,为了实现这种情况,径向径迹 200 在区带 ID 处的圆周向间距不应小于约  $0.9nL_{rad}$  且径向径迹 200 在区带 OD 处的圆周向间距不应大于约  $1.1nL_{rad}$ 。

[0048] 接下来,在图 4G 中,B 组分 (PMMA) 通过湿法蚀刻 (乙酸、IPA 或其他选择性溶剂) 或干法蚀刻工艺 ( $O_2$  RIE) 被选择性去除,留下 A 组分 (PS) 的基本径向的线 212。图 4H 是图 4G 的俯视图,示出具有圆周向间距  $L_{rad}$  的基本径向的 A 组分的线 212。在图 4H 中,径向线 212 的圆周向密度已从图 4D 中的径向径迹 200 的圆周向密度加倍。层 205 的任何残余材料通过干蚀刻工艺例如  $O_2$  反应离子蚀刻 (RIE) 工艺去除。

[0049] 在径向线 212 已经形成为如图 4H 所示之后,它们被切割成将与将被母模纳米压印的图案化介质盘上的道对应的圆周向片段或环。该方法的此部分中的第一步示于图 4I 的侧剖视图中,其中保护层 206 沉积于图 4H 的结构上。保护层 206 可以沉积在图 4H 的结构上。保护层 206 可以是溅射沉积至约 1-2nm 厚度的 Si、 $SiO_2$ 、氧化铝 ( $Al_2O_3$ ) 或类似材料。保护层 206 的目的是防止径向线 212 在后面的处理期间移动和 / 或溶解。径向线 212 圆周向间隔开距离  $L_{rad}$ ,其中  $L_{rad}$  接近第一嵌段共聚物材料的体周期。

[0050] 在图 4J 中,与中性层 205 类似的表面改性或中性层 230 施加于保护层 206 上。接下来,在图 4K 中,电子束抗蚀剂膜 317 施加于表面改性层 230 上且图案化成圆周环 313 和非径向的带 353。抗蚀剂层 317 通过电子束被图案化且被显影以形成被同心边界区域 307 分隔开的圆周向环 313 和被非径向条 357 分隔开的非径向带 353 的图案。同心边界区域 307 对应于将被纳米压印的图案化介质盘的道 162(图 2)之间的边界,非径向条 357 对应于构成将被纳米压印的图案化介质盘的伺服图案的非径向条纹 180、190(图 2)之间的边界。同心区域 307 和非径向条 357 暴露覆盖有表面改性层 230 的交替的部分衬底 200(被层 206 涂覆)和部分前面形成的径向线 212。电子束写入器图案化抗蚀剂层 317 从而同心区域 307 及非径向条 357 间隔开距离  $nL_{circ}$ ,n 是整数,  $L_{circ}$  是随后将沉积的第二嵌段共聚物材料的体周期。在图 4K 中,n = 2,从而同心区域 307 的径向宽度是  $0.5L_{circ}$  且非径向条 357 的沿垂直于条的方向的宽度是  $0.5L_{circ}$ 。此外,在该示例中,  $L_{circ}$  选为等于  $2L_{rad}$ ,如图 4K 中描绘的那样。

[0051] 在图 4L 中,暴露部分(区域 307 和条 357)通过氧等离子体蚀刻(或其他工艺诸如反应离子蚀刻、中性原子或分子研磨、离子轰击和光降解)被蚀刻或化学改变,从而去除或化学改变表面改性层 230 的成分,如区域 307 和条 357 中被蚀刻或改变的层 230' 所示。在图 4M 中,电子束抗蚀剂利用合适的溶剂被去除,留下覆盖有表面改性层 230 的交替的径向线 200 和 212 的圆周环 313 和非径向的带 353 以及覆盖有改变的层 230' 的交替的部分衬底 200 和部分前面形成的径向线 212 的同心区域 307 和非径向条 357。

[0052] 在图 4N 中,第二嵌段共聚物材料沉积于覆盖有刷材料 230 的径向线 212 以及覆盖有改变的刷层 230' 的同心边界区域 307 和非径向条 357 上。优选的第二嵌段共聚物材料也可以是双嵌段共聚物聚苯乙烯 - 嵌段 - 聚甲基丙烯酸甲酯 (PS-b-PMMA)。嵌段共聚物中的特征体周期  $L_0$  由其聚合度 N(即聚合物链长度中的组成单体数)确定。可通过选择适当的分子量来选取具有不同  $L_0$  值的嵌段共聚物。例如,具有总分子量  $M_w = 46Kg/mol$  的对称 PS-b-PMMA 显示约 32nm 的  $L_0$ ,而  $M_w = 36Kg/mol$  的呈现约 27nm 的  $L_0$ 。其他值的  $L_0$  是已知的且描述于 Black, C. T., Ruiz, R., 等人的“Polymer self assembly in semiconductor

microelectronics”, IBM Journal of Research and Development, Volume 51, Number 5, Page 605(2007) 中。第一嵌段共聚物的体周期  $L_0$  等于  $L_{rad}$  且第二嵌段共聚物材料的体周期  $L_0$  等于  $L_{circ}$ , 根据期望的面密度和位纵横比 (BAR) 选取  $L_{rad}$  和  $L_{circ}$ 。对于约为 2 的 BAR,  $L_{circ} = 2L_{rad}$ , 如图 4I-4N 描绘的示例所示。在图 4N 中, 第二嵌段共聚物层已被退火, 这导致嵌段共聚物中包含的不同组分之间的相分离。在该示例中, B 组分 (PMMA) 具有对边界区域 307 和非径向条 357 中的化学改变的刷 230' 的亲合性且因此形成基本圆周环 318 和非径向条纹 358。因为区域 307 的径向宽度为约  $0.5L_0$  且非径向条的宽度为约  $0.5L_0$ , 所以 A 组分 (PS) 形成于圆周环 319 和非径向条纹 359 中。作为第二嵌段共聚物的 A 和 B 组分的自组装的结果, 这导致 B 组分也形成为具有径向间隔  $L_{circ}$  的 A 组分环 319 之间的基本圆周环 318, 且形成为具有间隔  $L_{circ}$  的 A 组分的非径向条纹 359 之间的非径向条纹 358。

[0053] 在图 4O 中, B 组分 (PMMA) 被选择性去除, 例如通过使用紫外 (UV) 辐照, 接着在选择性溶剂中漂洗, 如描述于 Thurn-Albrecht, T. 等人的“Nanoscopic Templates from Oriented Block Copolymer Films”, Advanced Materials 2000, 12, 787 中。然后剩余的表面改性层 230 被去除, 留下部分交替的径向线 212 (第一嵌段共聚物的 A 组分) 和 200 (衬底) 的圆周环 318 和非径向条纹 358。图 4O 的所得结构是第二嵌段共聚物的 A 组分 (PS) 的圆周环 319 和非径向条纹 359 和下面的第一嵌段共聚物的 A 组分 (PS) 的径向线 212 构成的栅格。该栅格定义且暴露环 318 中的衬底材料 (覆盖有材料 206) 的基本矩形区域 200 和非径向条纹 358 中的衬底材料 (覆盖有材料 206) 的基本平行四边形区域 200。径向线 212 的圆周向节距由第一嵌段共聚物膜的周期定义, 而环 319 的径向节距和条纹 359 的条纹节距由第二嵌段共聚物的周期定义。在径向线 212 以及 PS 材料的圆周环 319 和非径向条纹 359 都通过嵌段共聚物的引导自组装定义的该方法中, 制造工艺的顺序可以颠倒, 即圆周环 319 和非径向条纹 359 可以首先被定义, 然后是径向线 212 的组装, 其于是将被定位于下面的圆周环 319 和非径向条纹 359 上方。

[0054] 然后, 在图 4P 中, 利用交叉的圆周环 319、非径向条纹 359 和径向线 212 的栅格作为蚀刻掩模, 使用干法蚀刻工艺来蚀刻衬底 200, 包括留在衬底 200 上的材料 206 的任何部分, 从而形成凹陷或孔 229。圆周环 319、非径向条纹 359 和下面的径向线 212 的 PS 材料然后通过  $O_2$  RIE 工艺被去除, 留下衬底 200 中的孔 229。这留下如图 4P 所示的结构, 孔 229 以圆周向的片段 323 和非径向片段 363 布置, 片段 323 对应于将要被纳米压印的图案化介质盘的同心道, 片段 363 对应于将要纳米压印的盘的臂章伺服图案的条纹。所得盘将具有  $L_{rad}$  的线性或沿道位节距  $L_{rad}$  和约  $L_{circ}$  的道节距。在图 4P 的示例中,  $L_{circ} = 2L_{rad}$ , 以得到约为 2 的 BAR。始于基底 200 的衬底的图 4P 的结构现在已经被蚀刻以定义衬底材料 200 的原始表面之下的孔 229 的图案。图 4P 的结构可用作具有孔 229 的母模, 孔 229 用作用于纳米压印盘的形貌图案。或者, 交叉的圆周环 319、非径向条纹 359 和径向线 212 的栅格可用作浮脱 (lift-off) 掩模, 通过沉积或镀合适的材料 (例如 Cr、Ta 或 Mo) 及随后去除剩余聚合物的栅格并使用镀的材料作为蚀刻掩模以产生柱结构 (即图 4P 的反转色调),。

[0055] 在上述一般方法中, 通过使用交叉的圆周环 319、非径向条纹 359 和径向线 212 的栅格作为光刻掩模, 其中该栅格由所使用的嵌段共聚物的残余嵌段制成, 来定义制造母模板的光刻掩模。类似的实施例能通过如下将嵌段共聚物图案转换成镀的栅格来实现。在去除嵌段 B 且留下形成图 4G 中的基本径向的线 212 的嵌段 A 之后, 镀材料 (约 5nm 的 Cr、Ta

或 Mo) 沉积在顶上, 接着通过湿法或干法工艺去除线 212 中的残余嵌段材料 A, 得到与暴露衬底 200 的基本径向的条纹交替的镀材料的基本径向的条纹。表面改性材料 230 然后沉积在镀的径向条纹和暴露的衬底 200 上, 如图 4J 中那样。通过第二嵌段共聚物制造圆周条纹遵循与前述相同的工序。一旦第二嵌段共聚物层的嵌段 B 被去除, 如图 4O 中那样, 则沉积第二镀膜 (5nm Cr、Ta 或 Mo), 随后接着是残余嵌段 A 的干法或湿法去除, 留下镀材料制成的交叉的圆周环 319、非径向条纹 359 和径向线 212 的栅格。该新的镀的栅格于是用作 RIE 蚀刻掩模以蚀刻孔成为模板, 如图 4P 中那样。或者, 代替上面的每个步骤中沉积镀材料, 蚀刻工艺能用于蚀刻使用第一嵌段共聚物膜的基本径向的线和使用第二嵌段共聚物膜的基本圆周线和非径向条纹。结果是与图 4P 相反色调的模板, 其中元件 229 是突出柱。

[0056] 在上述方法中, 通过例如图 4F 中交替的径向线 212、215, 两种嵌段共聚物组分描述为自组装成交替的片层, 如图所示。对于形成为交替片层的 A 和 B 组分 (PS 和 PMMA), A 对 B 组分的分子量比应在约 40 : 60 和 60 : 40 之间, 优选接近 50 : 50。然而, A 组分 (PS) 形成为 B 组分 (PMMA) 基质中的径向排列的圆柱也在本发明的范围内。为了实现 A 组分圆柱形成 B 组分材料的交替径向线 215 内的径向线 212 的此类结构, 组分 B 对组分 A 的分子量比应小于约 80 : 20 但大于约 60 : 40, 优选接近 70 : 30。

[0057] 再参照图 2, 上面参照图 4A-4P 描述的方法导致条纹宽度 SW 基本等于数据岛 30 的径向宽度。比率 SW/TP (条纹的占空因数 (duty cycle)) 和数据岛的径向宽度对 TP 的比 (数据道的占空因数) 描绘为基本相同, 即约 2/3 (67%), 如条纹 190a、190b 所示。模拟表明, 数据道的占空因数应大于 50% (优选在约 60-80% 之间) 以获得数据道的最佳 SNR 和误差率。然而, 对于臂章图案, 最佳 SNR 将发生在约 50% 的条纹占空因数处。因此, 数据道和条纹具有不同的占空因数可以是合意的。因此, 数据岛可具有比条纹的跨条纹宽度更大的跨道宽度, 而 TP 和条纹节距可以基本相等。片层嵌段共聚物一般趋向于在退火后且在一种共聚物组分被去除之后产生接近 50% 占空因数的图案, 如例如图 4O 中的环 318、319 和条纹 358、359 所示。然而, 通过向母模的两个区域 (数据道区域和臂章图案区域) 不同地应用后续处理步骤, 能实现不同的占空因数。例如, 如果臂章图案 (图 4O 中的条纹 358、359) 被光致抗蚀剂临时掩蔽, 且数据道区域 (图 4O 中的环 318、319) 经历各向同性蚀刻, 则残留的嵌段共聚物材料将被侵蚀, 导致数据道的占空因数增大。此外, 定向沉积能用于选择性改变一个区域的占空因数, 而不需要掩蔽其他区域。

[0058] 再参照图 2, 条纹 180、190 的每个包含非磁空间分隔开的磁化材料的片段。例如, 条纹 180a 包括非磁空间分隔开的普通磁化片段 182a、182b、182c、182d。类似地, 相邻条纹 180b 包括非磁空间分隔开的普通磁化片段 184a、184b、184c。分段条纹 180、190 是从根据上面参照 4A-4O 描述的方法制造的母盘纳米压印的盘的结果且导致伺服区域 120 中的磁化片段是与数据道区域中的径向线如线 170a、170b 基本平行的径向线的部分。然而, 可以制造母模使得磁化片段是垂直于条纹 180、190 的非径向线的片段。这可以具有最小化磁化片段之间的非磁空间对来自条纹的信号的影响。这能在第一嵌段共聚物材料的沉积之前, 在导致图 4D 的结构的制造步骤期间实现, 图 4D 示出数据道区域中聚合物刷材料的径向条 205 和基底材料的径向径迹 200。在图 4B 中, 臂章区域中的抗蚀剂 210 将被图案化以形成与构成臂章图案的非径向条纹的期望方向垂直的非径向线, 从而在第一嵌段共聚物的沉积和退火之后以及第一嵌段共聚物的第一组分的去除之后, 将有非径向线在臂章区域中, 类似于

图 4H 所示的数据道区域中的径向线 212。

[0059] 还可以形成条纹 180、190 使得它们是连续磁化条纹而没有片段和非磁空间。然而,这将在母模的制造期间需要一个或更多额外光刻步骤。在第一嵌段共聚物的沉积和退火以及第一嵌段共聚物的第一组分的去除之后,伺服区域中的径向线 212(图 4H)能或者通过蚀刻被去除或者被覆盖从而它们的影响在伺服区域中的最终图案中被消除。

[0060] 虽然已经参照优选实施例特别显示和描述了本发明,但是本领域技术人员将理解,在不偏离本发明的思想和范围的情况下,可以进行形式和细节上的各种改变。因此,所公开的发明应仅理解为示范性的且范围上仅由所附权利要求定义。

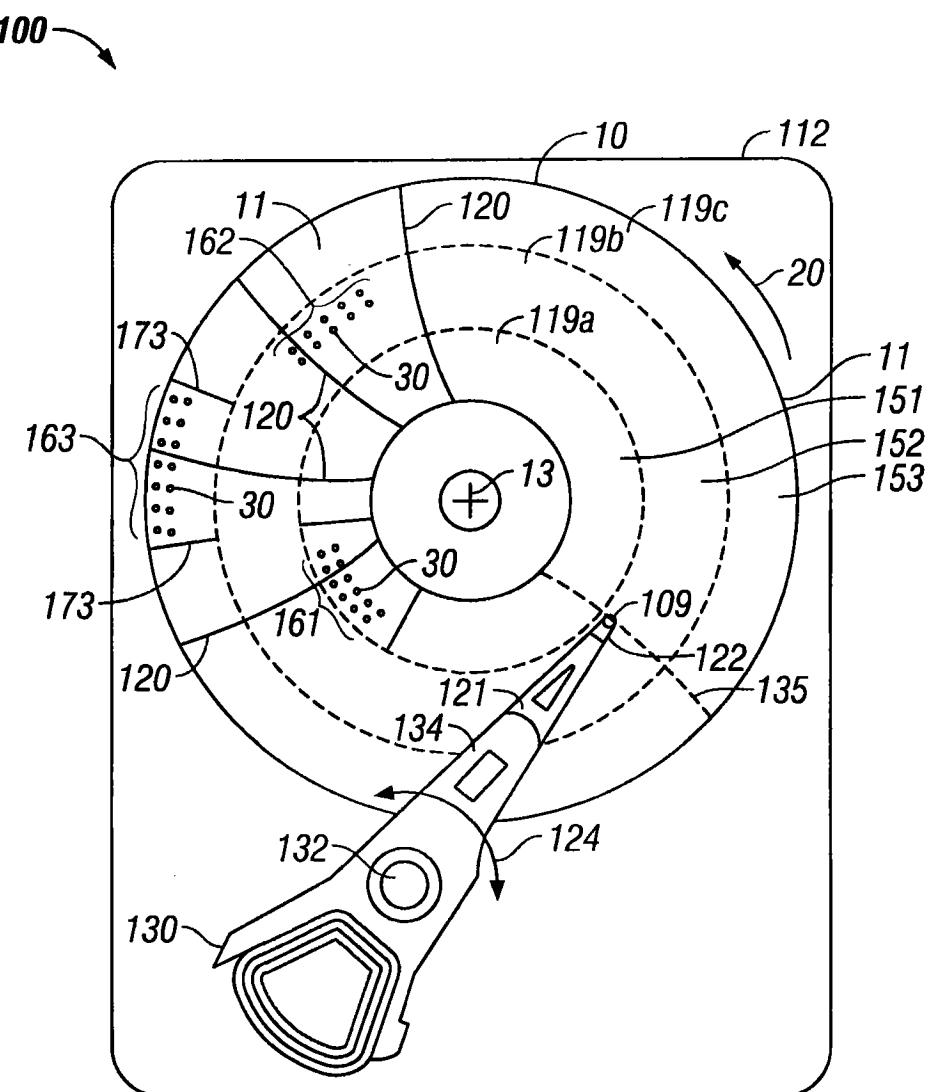


图 1

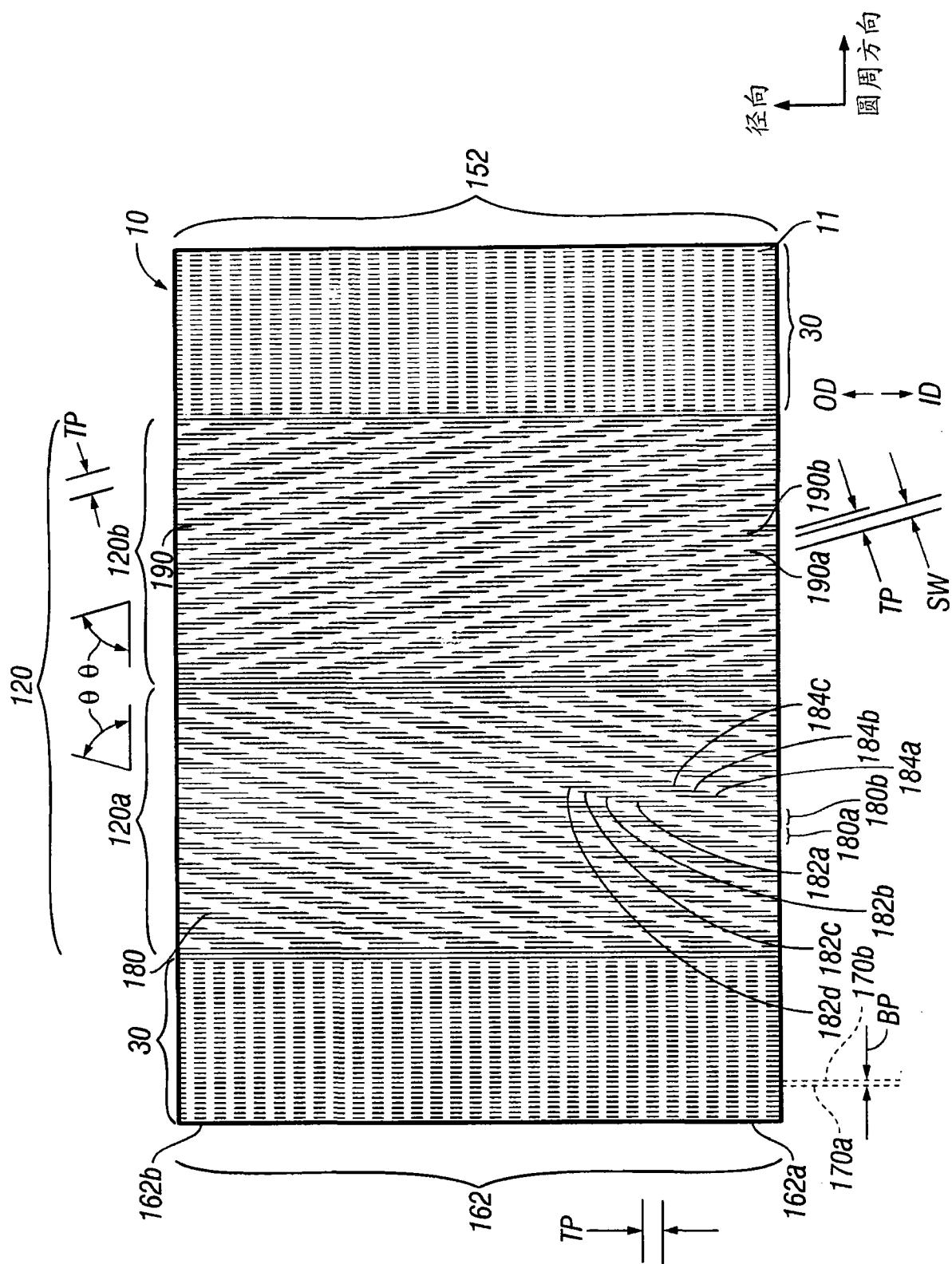


图 2

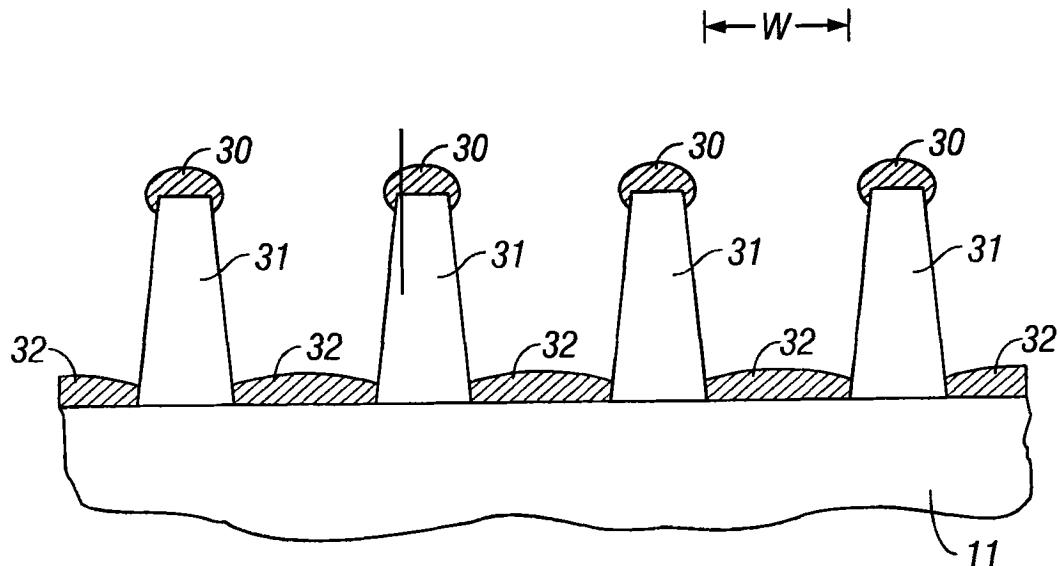


图 3A

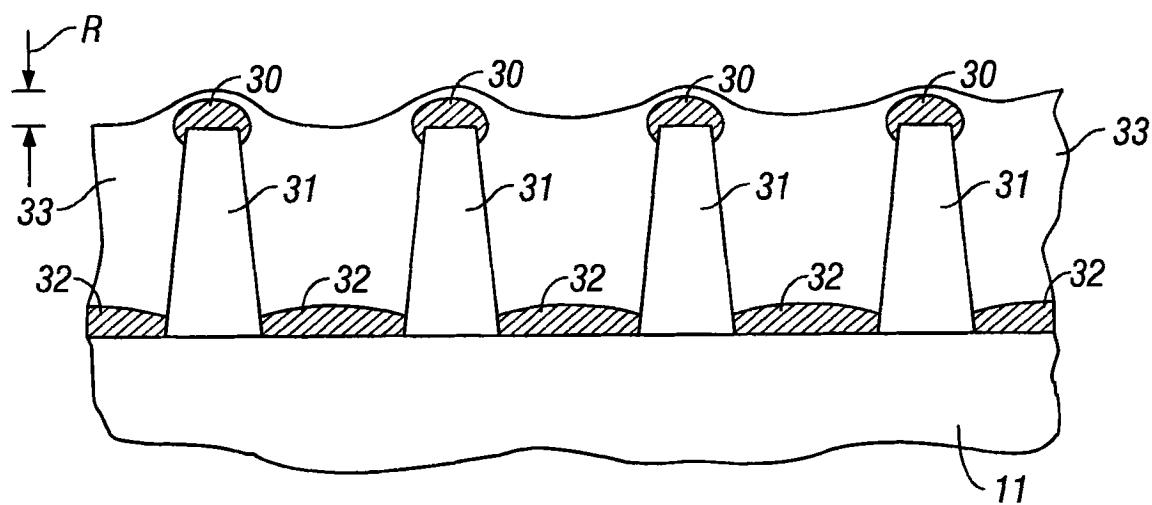


图 3B

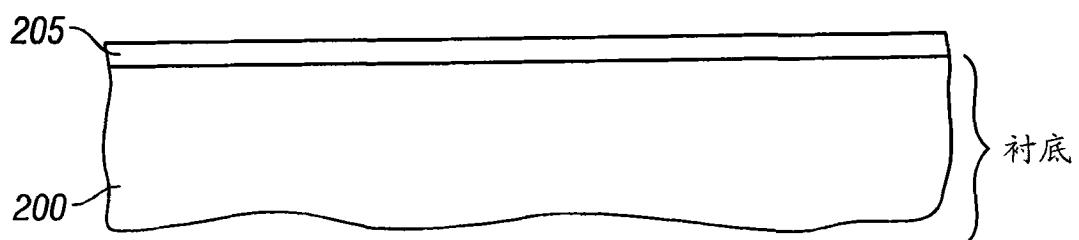


图 4A

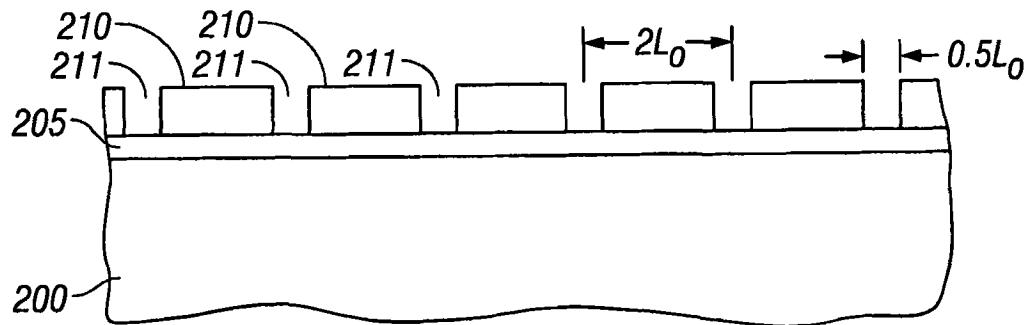


图 4B

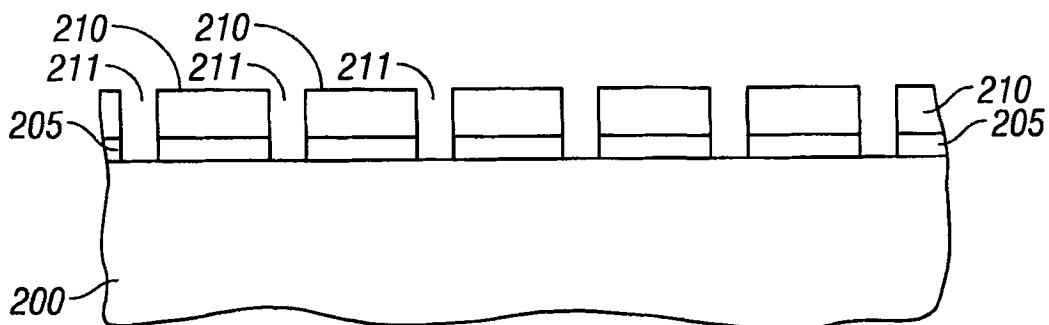


图 4C

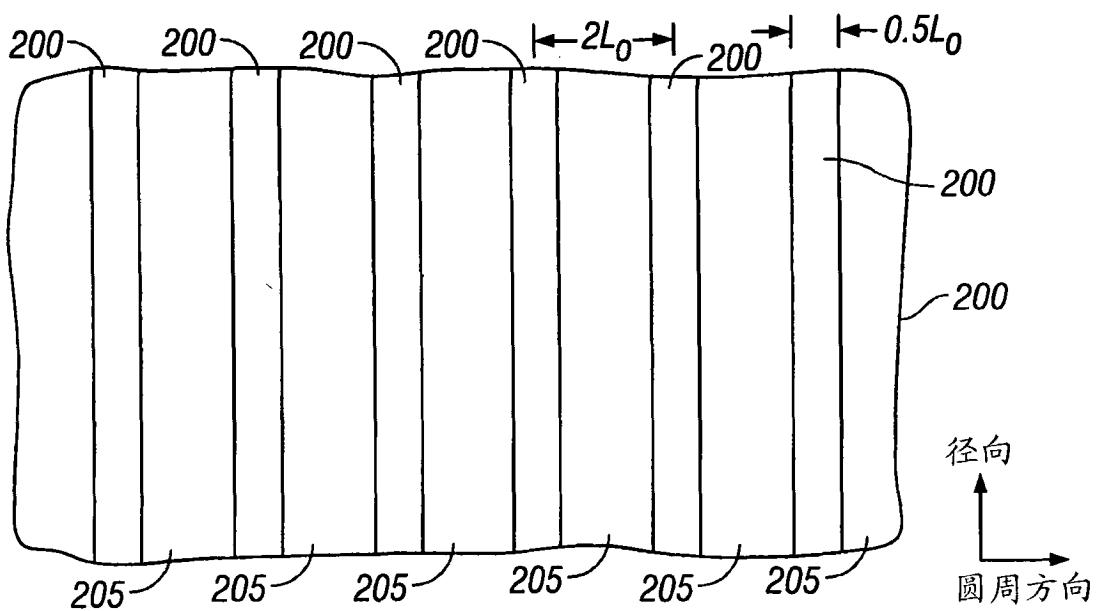


图 4D

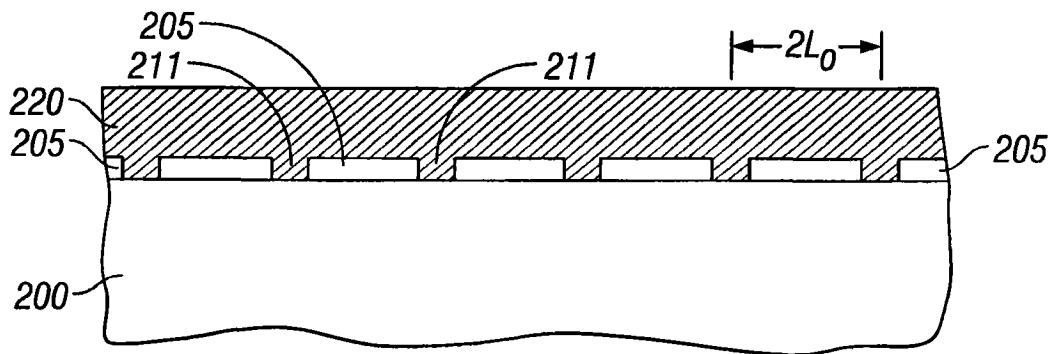


图 4E

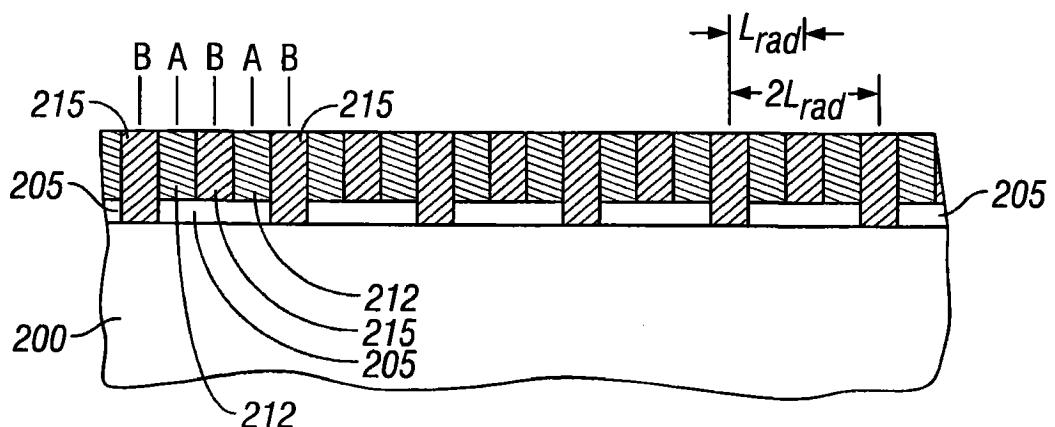


图 4F

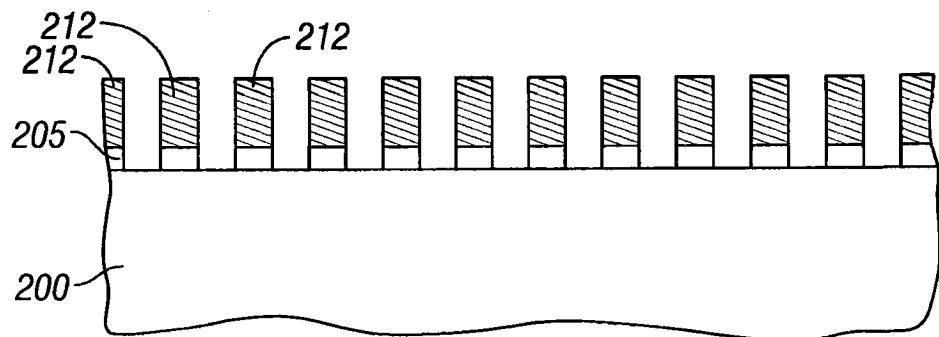


图 4G

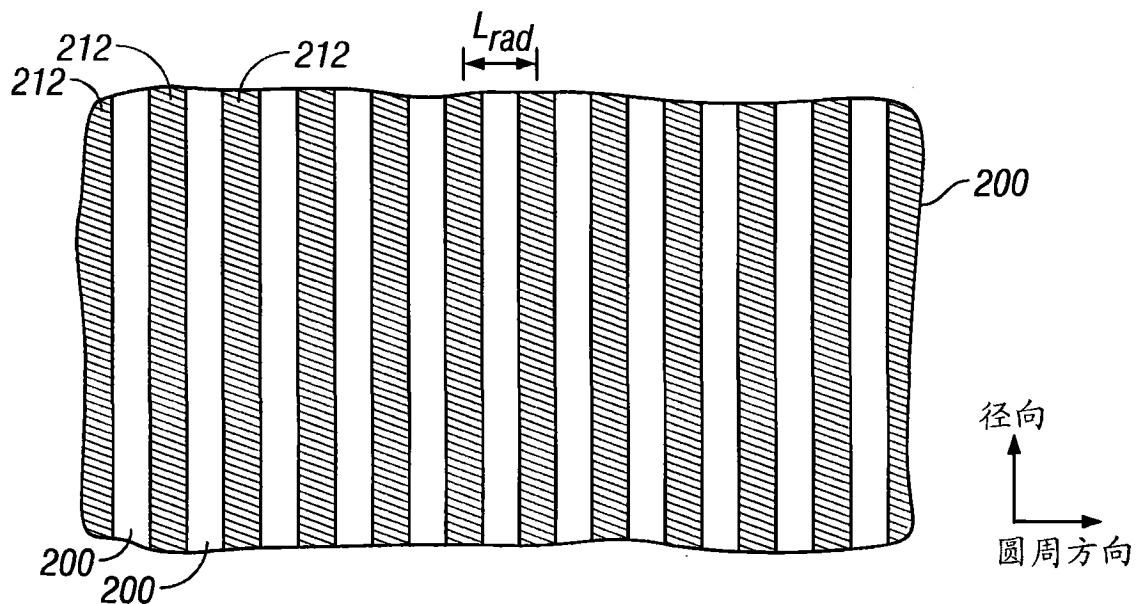


图 4H

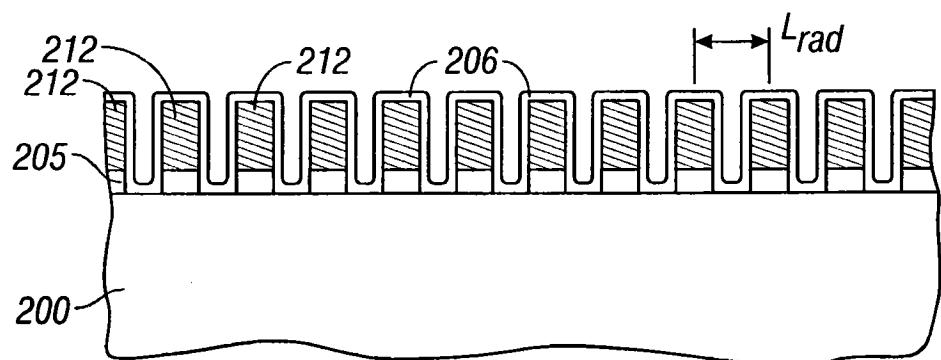


图 4I

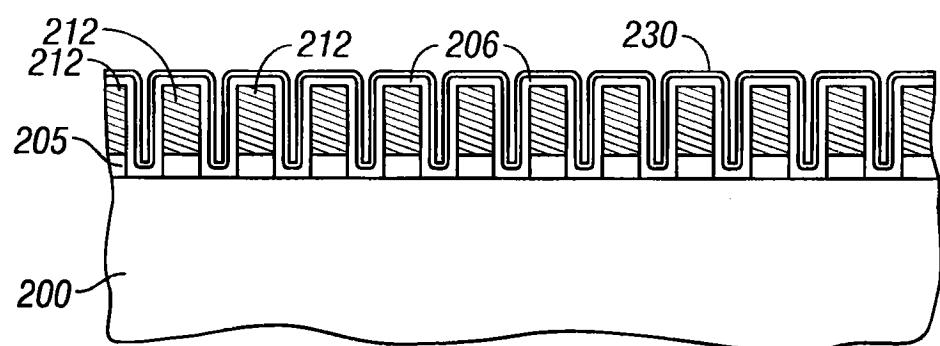


图 4J

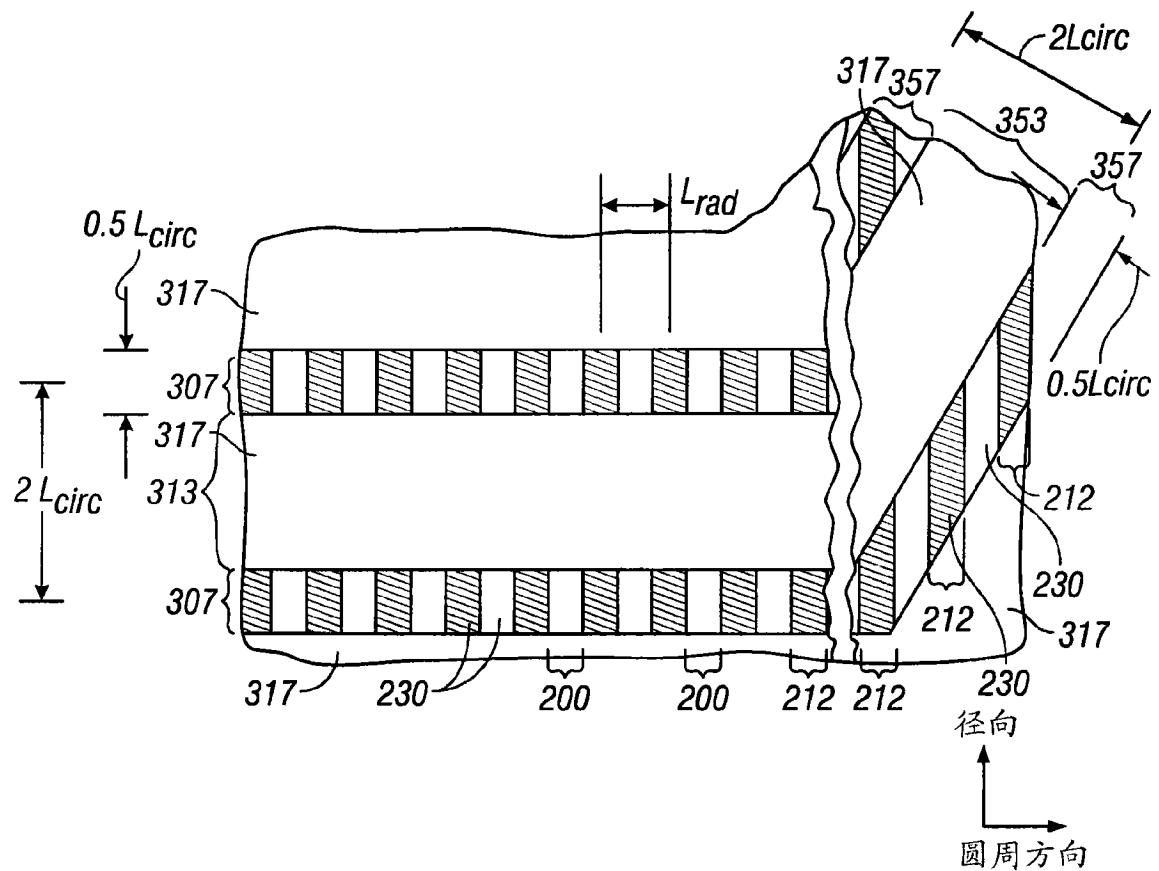


图 4K

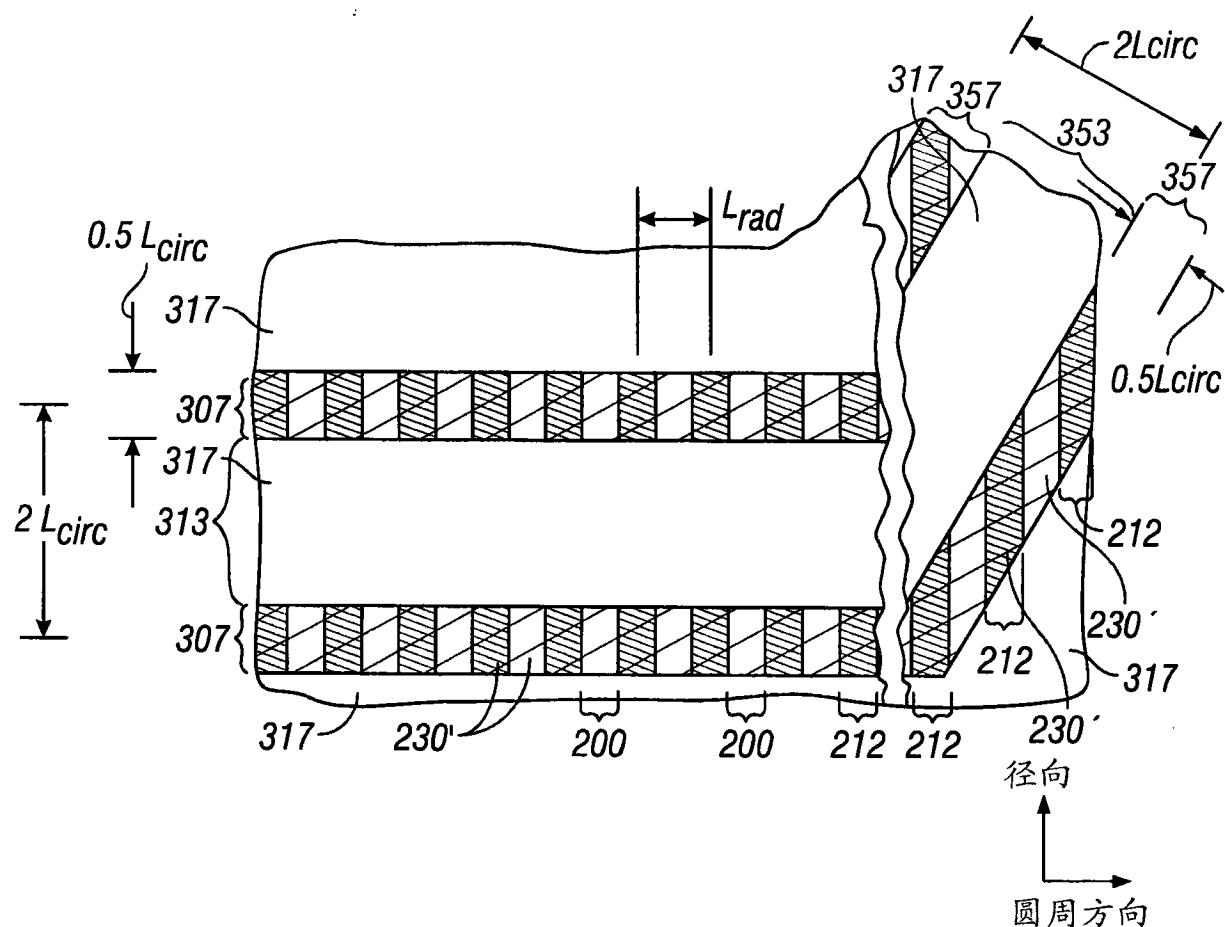


图 4L

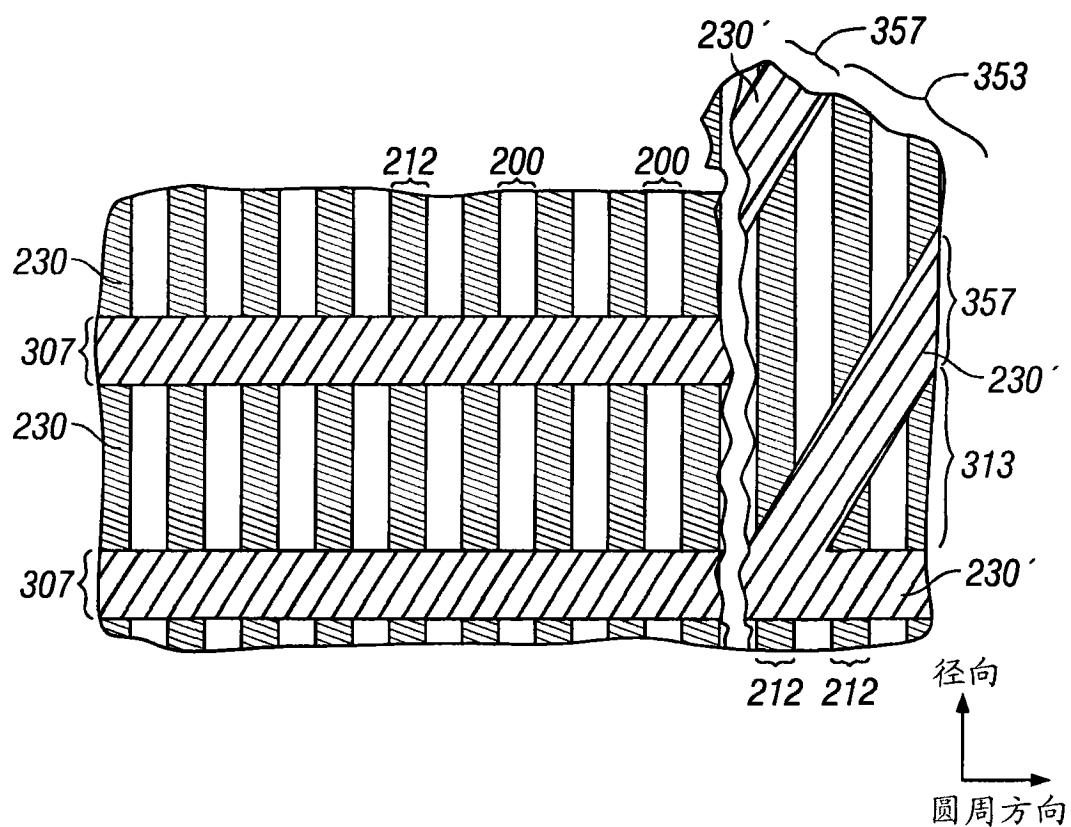


图 4M

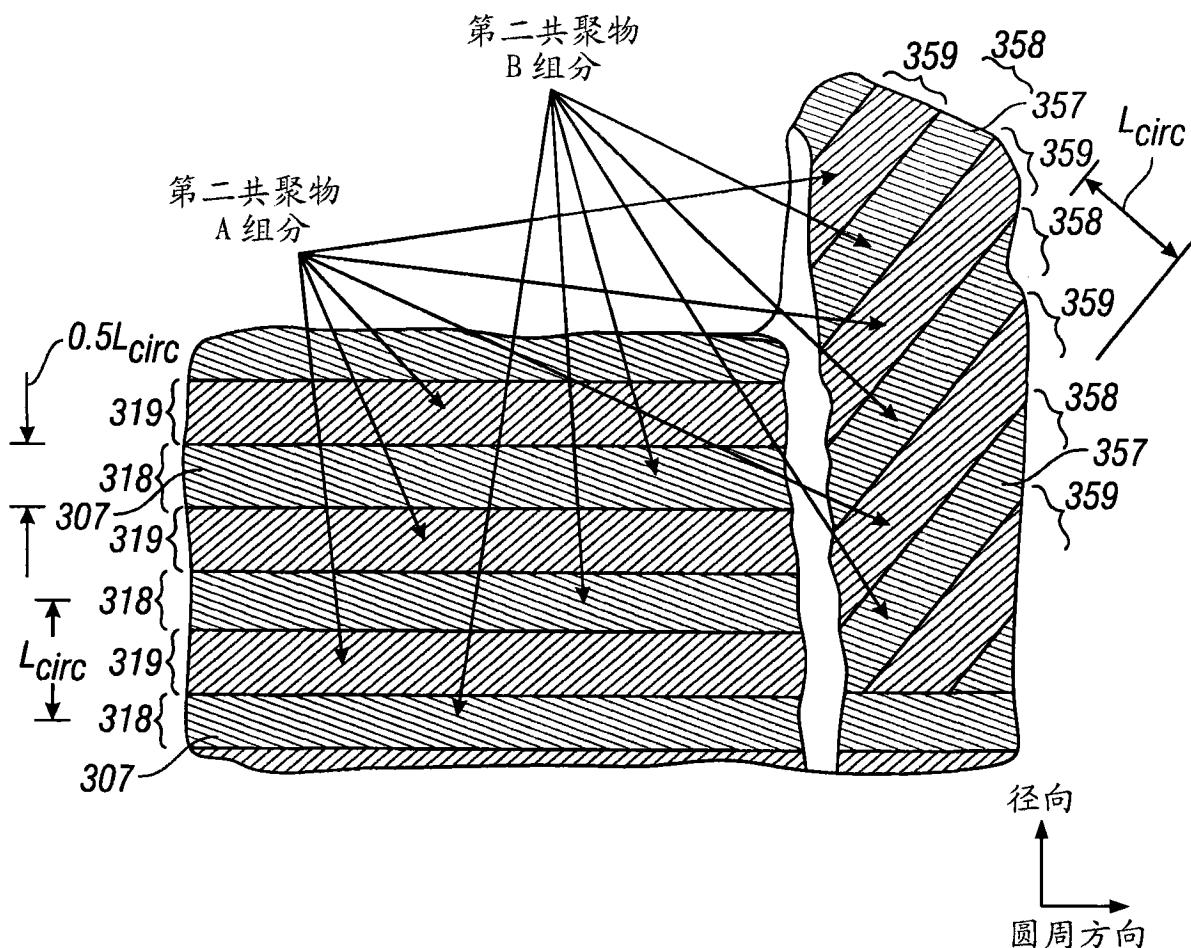


图 4N

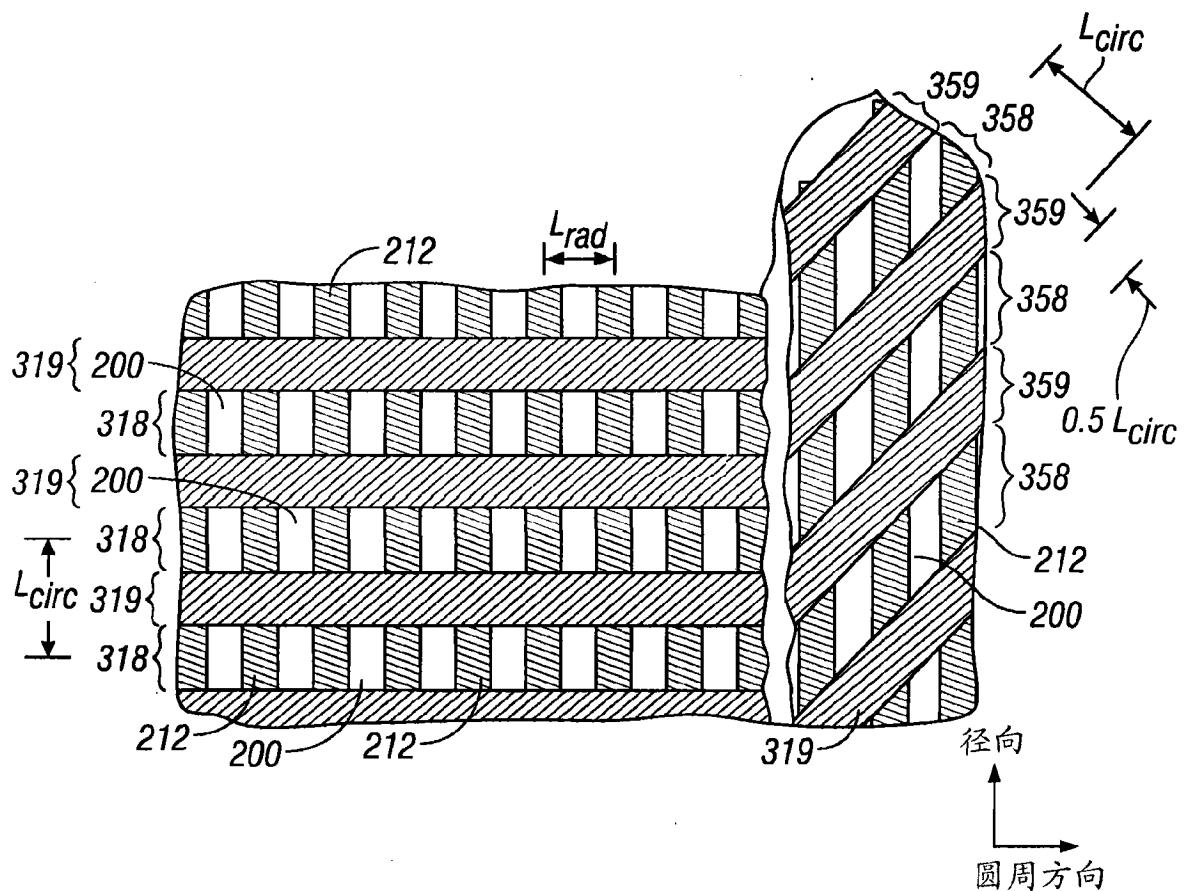


图 40

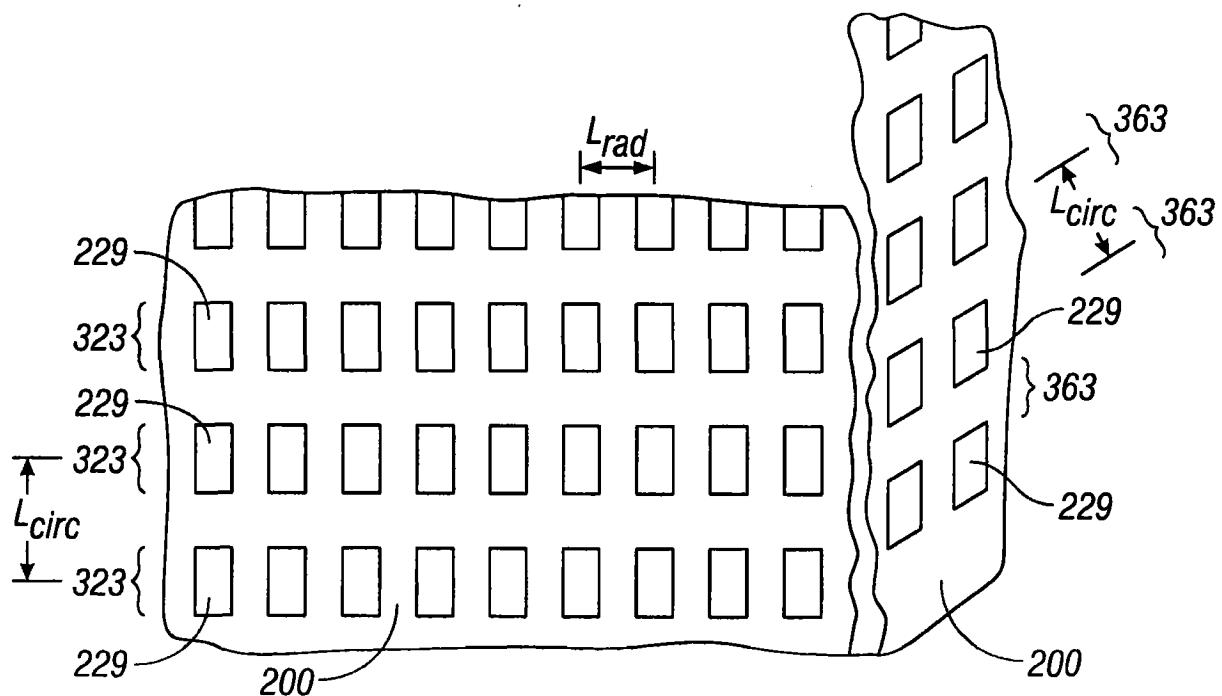


图 4P