



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103855298 B

(45)授权公告日 2017.12.22

(21)申请号 201310625298.0

H01F 10/08(2006.01)

(22)申请日 2013.11.28

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103855298 A

CN 101765677 A, 2010.06.30, 说明书第[0082]段及附图4A、4B.

(43)申请公布日 2014.06.11

US 5948553 A, 1999.09.07, 说明书第15栏第4行-14行、倒数第12行-第19栏第20行及表格2-4.

(30)优先权数据

13/689,409 2012.11.29 US

CN 101765677 A, 2010.06.30, 说明书第[0082]段及附图4A、4B.

(73)专利权人 希捷科技有限公司

地址 美国加利福尼亚州

CN 1430205 A, 2003.07.16, 全文.

(72)发明人 V·R·印图瑞 田伟 J·芒德纳

CN 1801410 A, 2006.07.12, 说明书第4页第12行-第26行, 第6页倒数第1行-第8页第3行及附图2、3.

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 钱慰民

US 5764567 A, 1998.06.09, 全文.

US 2002/0086182 A, 2002.07.04, 全文.

(51)Int.Cl.

审查员 王朝政

H01L 43/08(2006.01)

H01L 43/10(2006.01)

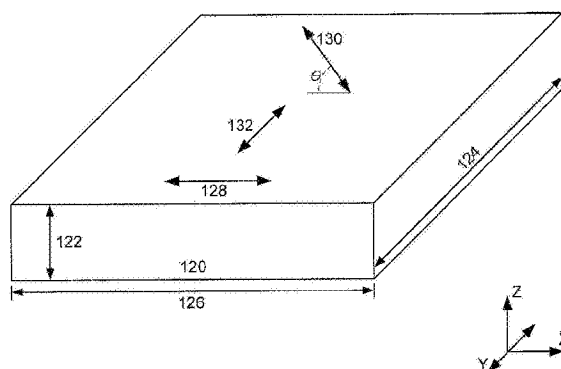
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

具有调谐的各向异性和磁矩的薄膜

(57)摘要

一种装置和方法一般被描述为表现出经调谐的各向异性和磁矩的薄膜。各实施例可形成一磁性层,该磁性层通过在被冷却至预定衬底温度的衬底上沉积材料而被调谐至预定的各向异性和磁矩。



1. 一种薄膜,包括被调谐至预定的单轴各向异性并被形成在深冷衬底上的磁性层,其中所述磁性层通过利用倾斜入射角被沉积至所述深冷衬底之上,使得所述磁性层中的多个空隙沿预测行对齐,所述预测行与预定各向异性方向对准以提供沿所述预定各向异性方向的单轴各向异性并降低所述磁性层的原子迁移率。

2. 如权利要求1所述的薄膜,其特征在于,所述深冷衬底温度为将近50开氏温度。

3. 如权利要求1所述的薄膜,其特征在于,所述单轴各向异性被配置在预定角上。

4. 如权利要求3所述的薄膜,其特征在于,所述预定角相对于所述磁性层的纵断面是不正交的。

5. 如权利要求3所述的薄膜,其特征在于,所述预定角相对于所述磁性层的纵断面是正交的。

6. 如权利要求1所述的薄膜,其特征在于,所述磁性层包括FeCo。

7. 如权利要求1所述的薄膜,其特征在于,所述磁性层是磁阻叠层的一部分。

8. 如权利要求1所述的薄膜,其特征在于,所述磁性层是固态存储器叠层的一部分。

9. 如权利要求1所述的薄膜,其特征在于,所述预定的单轴各向异性在对所述磁性层进行热处理之后被维持。

10. 如权利要求1所述的薄膜,其特征在于,所述磁性层中的多个空隙在对所述磁性层进行热处理之后沿预定方向对准。

11. 一种设备,包括:

衬底;以及

将形成在所述衬底上的磁性层调谐至预定的单轴各向异性的装置,

其中所述将形成在所述衬底上的磁性层调谐至预定的各向异性的装置包括用于以下的装置:用于通过将所述衬底冷却至预定的深冷温度、并利用倾斜入射角将磁性层沉积在所述衬底上、使得所述磁性层中的多个空隙沿预测行对齐所述预测行与预定各向异性方向对准以提供沿所述预定各向异性方向的单轴各向异性并降低所述磁性层的原子迁移率的装置。

12. 如权利要求11所述的设备,其特征在于,所述调谐磁性层的装置包括深冷衬底温度沉积装置。

13. 如权利要求11所述的设备,其特征在于,所述预定的单轴各向异性在所述磁性层的热处理之后高于2000e。

14. 如权利要求11所述的设备,其特征在于,所述调谐磁性层的装置在所述磁性层内产生预定的应力各向异性。

15. 一种方法,包括:

将衬底冷却至预定的深冷温度;以及

利用倾斜入射角将磁性层沉积在所述衬底上,使得所述磁性层中的多个空隙沿预测行对齐,所述预测行与预定各向异性方向对准以提供沿所述预定各向异性方向的单轴各向异性并降低所述磁性层的原子迁移率。

16. 如权利要求15所述的方法,其特征在于,还包括用加热处理所述磁性层达一预定量的时间。

17. 如权利要求16所述的方法,其特征在于,所述预定的单轴各向异性在热处理步骤之

后被维持。

具有调谐的各向异性和磁矩的薄膜

发明内容

[0001] 本公开的各实施例总地涉及针对各种磁特性调谐的薄膜。根据各个实施例,磁性层被调谐至预定的各向异性和磁矩并被形成在深冷衬底上。

附图说明

[0002] 图1是根据一些实施例的示例性数据存储设备的方框图。

[0003] 图2是根据各个实施例的数据存储设备的一部分的等轴框图。

[0004] 图3示出了根据一些实施例的示例磁性层的等轴框图。

[0005] 图4显示了根据各个实施例调谐的示例磁性层的顶视框图。

[0006] 图5用曲线图示出了通常与根据各实施例构造和运作的磁性元件相关的性能数据。

[0007] 图6用曲线图示出了根据各实施例构造和运作的磁性元件的各种操作特性。

[0008] 图7给出根据本发明的各实施例执行的薄膜制造例程的流程图。

具体实施方式

[0009] 对于更大容量、更快速的数据存储设备的不断强调已对数据存储元件的磁稳定性产生压力,尤其是在小形状因数的设备中。在用于多种旋转和固态数据存储设备中的薄膜磁性层中,高的单轴各向异性和磁矩可有助于减轻性能不稳定性。然而,在制造或工作期间可能发生的热处理之后,在磁性薄膜中,单轴各向异性可能难以维持。因此,业内正设法提供尽管暴露于升高的温度也能保持单轴各向异性和磁矩的热稳定磁性薄膜。

[0010] 因此,薄膜可被构造成一磁性层,该磁性层可通过在冷却至预定衬底温度的衬底上沉积一材料并使其具有预定沉积入射角而被调谐至预定的各向异性和磁矩。通过调节在其上沉积磁性层的衬底的温度提供预定单轴各向异性和磁矩的能力可使磁性层被调谐以在多种不同的磁性工作环境下运作,例如小形状因数数据读和写。

[0011] 根据各实施例的磁性薄膜的构造可通过相干磁旋转至少提高高频磁性能,并同时增进薄膜的热稳定性的强健度。在被冷却至深冷温度(例如50K)的衬底上沉积一个或多个薄膜可控制磁畴结构,这可维持倾斜溅射的薄膜中的应力各向异性并对应于增加的热和各向异性稳定性。通过深冷冷却的衬底,倾斜入射角调谐可通过精确地控制薄膜的各向异性和磁矩来进一步提高热和各向异性稳定性。

[0012] 转向附图,图1大体地示出示例性数据存储设备100的方框图。数据存储设备100可采取多种不同数据存储技术的形式,例如旋转、固态和混合系统,它们可在多种非限定性的移动、服务器、住宅环境中实施。数据存储设备100可至少配置有控制器102,该控制器102将输入的数据信号104引导至数据存储元件106。输入的数据信号104可起源于无限多的地点,例如来自外部数据存储设备和内部数据高速缓冲存储器,并与旨在临时或永久地存储在数据存储元件106上的数据对应。

[0013] 应当注意,数据存储元件106的尺寸、速度、类型和数目不仅限于特定的配置。也就

是说,能够保持数据以供将来访问的任何存储元件(例如旋转式数据介质、固态单元以及混合式数据系统)可被用来单独或组合地作为数据存储元件106提供任何数据容量和转移速度配置。不管数据存储元件106的类型和容量如何,控制器102能处理输入的数据104,也能从数据存储元件106提供数据输出信号108。同样,控制器102可连续地或者同时地将数据选择性地输入至数据存储元件106的一个或多个区域或从该一个或多个区域选择性地输出数据。

[0014] 在一些实施例中,数据存储元件106被构造有至少一个薄膜磁性层,该薄膜磁性层是磁性固定的或自由的,以允许数据经由控制器102被存储、写入和读出。例如,薄膜磁性层可以是用来感测被编程为旋转式数据介质上的数据位的磁阻叠层的一部分。在另一例子中,薄膜磁性层可以是诸如阻性随机存取存储器(RRAM)的固态叠层的一部分,该RRAM通过在两个电极之间形成细丝而存储数据。

[0015] 图2示出能被用在图1的数据存储元件106中的示例性薄膜磁性层120的等轴框图。磁性层120被图示为具有厚度122、长条高度124和宽度126的矩形,但层120的这种形状和具体尺寸不仅限于具体的配置。不管磁性层120的形状和尺寸如何,平行于磁性层120的横断方向和X轴的单轴各向异性128可被构造以增加相对于全向轴各向异性的磁畴控制。

[0016] 这种单轴各向异性取向可在预定磁通密度(例如2.4特斯拉)下实现磁稳定的性能。然而,单轴各向异性128可替代地相对于X轴和Y轴两者被调谐至成角度的取向130,以当长条高度124增加时维持层120的磁性能。换句话说,增加的长条高度126可对应于升高的磁不稳定性,这种磁不稳定性是通过将单轴各向异性128的取向倾斜至相对于X轴和Y轴不正交取向的成角度的单轴各向异性130而减轻的。

[0017] 随着长条高度124到达预定长度,例如宽度126的两倍,可在磁性层120内形成一取向在与X轴正交的角度上的单轴各向异性132,以支持磁稳定性。例如,将单轴各向异性取向成平行于磁性层120沿X轴的宽度可降低写后擦除的现象,因为各向异性128允许磁化比如果各向异性沿X轴取向(如同在各向异性132中)或与X轴成角度地取向(如同在各向异性130中)更快地缓解。

[0018] 尽管磁性层120的单轴各向异性的取向可连同磁性层120的尺寸被调谐以提供预定的磁特性,例如在退火或操作期间将热施加于磁性层可能永久地改变磁性层120的各向异性和磁矩,不管在加热之前各向异性和磁矩是如何配置的。通过导致磁性层120中的各向异性和磁矩不稳定性的热施加,调谐在其上沉积磁性层120的衬底的温度和在其中沉积磁性层120的角可帮助在加热之后维持各向异性和磁矩特性。

[0019] 图3示出根据各实施例在衬底152上沉积磁性层150的等轴框图。如同图2的磁性层120,磁性层150可形成多种形状、尺寸和材料,但在一些实施例中是通过以预定的倾斜入射角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 在衬底152上溅射沉积FeCo形成的矩形薄膜, θ_1 、 θ_2 、 θ_3 相对于Z轴从 0° 直至 90° 地变化。

[0020] 静态或动态倾斜角溅射,例如在 30° 或低于 30° 的角度下,可产生提高的各向异性,例如2000e或更高,这是由于应力各向异性是通过由倾斜角的遮蔽效应形成在生长晶体之后的空隙和纳米空穴的凝聚造成的,而不丧失材料的固有磁矩。也就是说,生长的微晶阻塞了来自溅射枪154的入射束的视线以在可预测的位置产生空隙,这些空隙一起产生应力各向异性,这导致薄膜内的磁各向异性。

[0021] 图4的磁性层160大体地示出这些空隙162如何与可预测行164对准,该可预测行164与预定的各向异性方向166对准以产生沿该方向166的单轴各向异性。然而,由于应力各向异性降低,行164的热稳定性在升高的加热下变得不稳定。因此,类似退火或热处理磁性层160的条件可能干扰单轴各向异性的强度和方向。要注意,磁性层的材料可掺杂以较大的原子半径的元素,以缓解热不稳定性,但这样的努力经常将磁性层160的总磁矩降低至对高频数据位存取操作有害的地步。

[0022] 考虑到单轴各向异性的热不稳定性,冷却在其上沉积磁性层160的衬底(例如如图3的衬底152)能降低原子迁移率并更容易形成空隙162和纳米空穴,这对应于空隙162沿预定各向异性方向166的空隙162对准的增加了的热稳定性。在各实施例中,通过将衬底深冷冷却至预定温度(例如将近50开氏温度)调谐各向异性和磁矩,同时控制沉积的倾斜角。

[0023] 这种调谐的沉积能提供恒定或变化的深冷衬底温度,并且被优化以产生升高的应力各向异性的倾斜沉积角能通过维持加热后的高单轴各向异性和磁矩来减轻退火和加热的有害效果。图5和图6分别用曲线图示出与包括磁阻叠层相关的示例性工作数据,该磁阻叠层包括根据各实施例的不同调谐的磁性层。在图5中,室温衬底上的倾斜沉积被图示为提供易轴170和难轴172,这些轴被调谐至预定的单轴各向异性和磁矩特性。

[0024] 尽管图5的磁特性可通过调节沉积的倾斜入射角来改变,然而后继的热处理或退火由于一个或多个磁性层内的空隙在晶格内移动可能减小或消除经调谐的各向异性和磁矩,前述空隙移动是由加热引发的热应力造成的。相反,图6所示的易轴180和难轴182示出调谐倾斜入射角和衬底温度两者如何能够产生增加的单轴各向异性,该单轴各向异性也更为热稳定,因为深冷冷却的衬底上的沉积磁性材料的原子迁移性得以降低。

[0025] 尽管包括调谐的磁性层的磁性元件的形成不仅限于特定手段,然而图7给出根据各实施例执行的示例性薄膜制造例程200。例程200可在步骤202通过设计与针对应用优化的磁性能对应的单轴各向异性和磁矩而开始。也就是说,可在步骤202设计各向异性和磁矩以提供磁特性,例如各向异性方向和磁通容量,这些磁特性迎合薄膜要被使用的方式,例如固态叠层、磁阻叠层和接近传感器。

[0026] 通过在步骤202中设计的单轴各向异性和磁矩,随后分别在步骤204和206中设定与那些磁参数对应的倾斜入射角和衬底温度。在步骤206将层沉积装置(例如溅射装置)配置成预定的倾斜入射角之前,步骤204首先将衬底冷却和维持至深冷温度。衬底至冷却温度的配置和至预定角的倾斜沉积设置使例程200进至步骤208,在步骤208薄膜开始沉积到冷却的衬底上。

[0027] 在步骤208中的材料沉积开始之后的某一时间,在判决210对沉积进行评价,即衬底温度或倾斜入射角的调整是否要被调节。也就是说,在材料被沉积到衬底上时先前的静态衬底温度和倾斜入射角是否变得动态。如果来自判决210的判断是需要修整,则步骤212在将材料沉积到冷却衬底的同时或者单独或者一起地改变衬底温度和/或倾斜入射角。

[0028] 或者在步骤212中的沉积参数改变后或者根据判决210不改变地将薄膜形成为预定形状、厚度、宽度和长条高度最终到达步骤214,在步骤214沉积终止。多个实施例即使在沉积之后也将衬底维持在深冷温度下,而其它实施例使新形成的薄膜在升高的温度下受退火热处理,前述两种情况都不是例程200所必需的或对例程200构成限制。

[0029] 尽管例程200中未给出,然而薄膜可被制造成与叠层分离的或作为叠层的一部分,

其中附加的层被沉积在例程200中形成的经调谐薄膜顶之上。应当注意,例程200不限于图7中所示的工艺,因为各个判决和步骤可被省去、改变和添加。例如,可在步骤208和214之间对倾斜入射角和/或衬底温度作出多次调整。不管例程200的表现如何,所制造的薄膜是以单轴各向异性方向、各向异性强度和磁矩调谐的,前述单轴各向异性方向、各向异性强度和磁矩是针对稳定性优化的,尤其是关于在施加热之后保持磁特性。

[0030] 可以理解,本公开中描述的磁性薄膜的配置和材料特性使磁性层针对各向异性和热稳定性而被优化。用倾斜入射角沉积对增加的单轴各向异性调谐磁性层的能力与深冷冷却的衬底上的沉积组合以提供一种强健的磁性薄膜,该磁性薄膜能增加数据存储设备的数据位容量和数据转移速率。另外要理解,所要求保护的技术能容易地利用在任何数量的磁应用中,例如数据感测、数据写入以及固态数据存储应用。

[0031] 将理解,尽管在先前描述中连同各实施例的结构和功能的细节一起阐述了本公开的各实施例的许多特性和结构,但是此详细描述仅仅是示例性的,并且可以在细节上作出修改,尤其在由表达所附权利要求的术语的宽泛的一般含义所指示的尽可能范围内在本公开的原理内对部件的结果和布置的诸方面作出修改。例如,在不偏离本发明技术的精神和范围的情况下,特定元件可以取决于特定应用而变化。

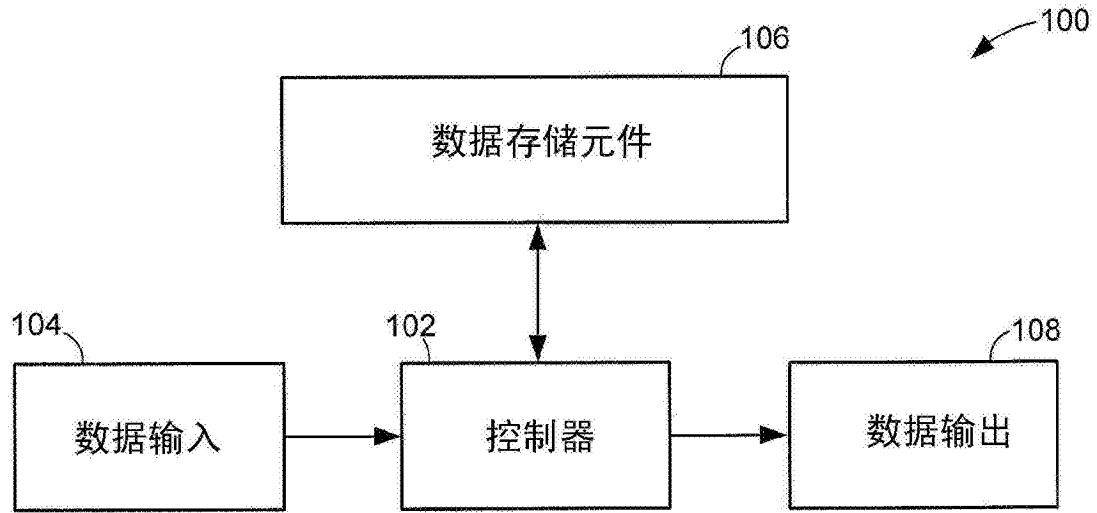


图1

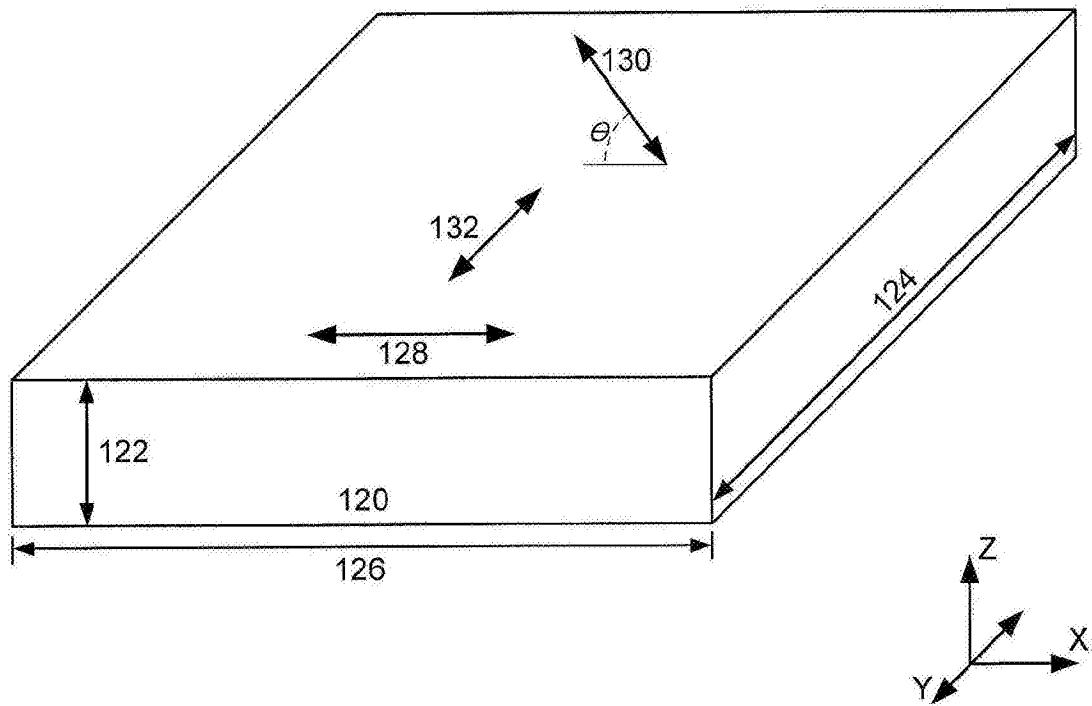


图2

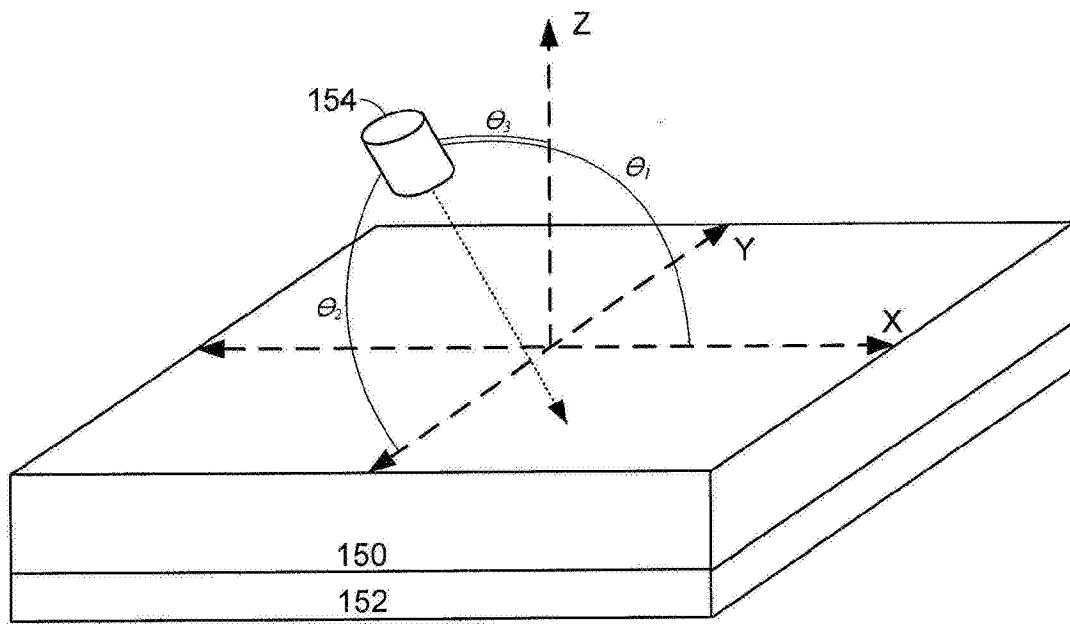


图3

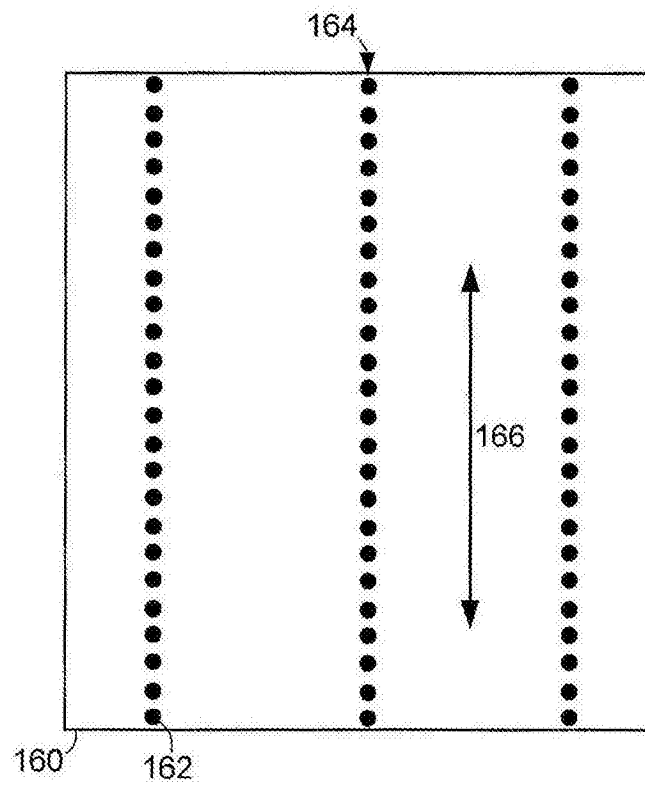


图4

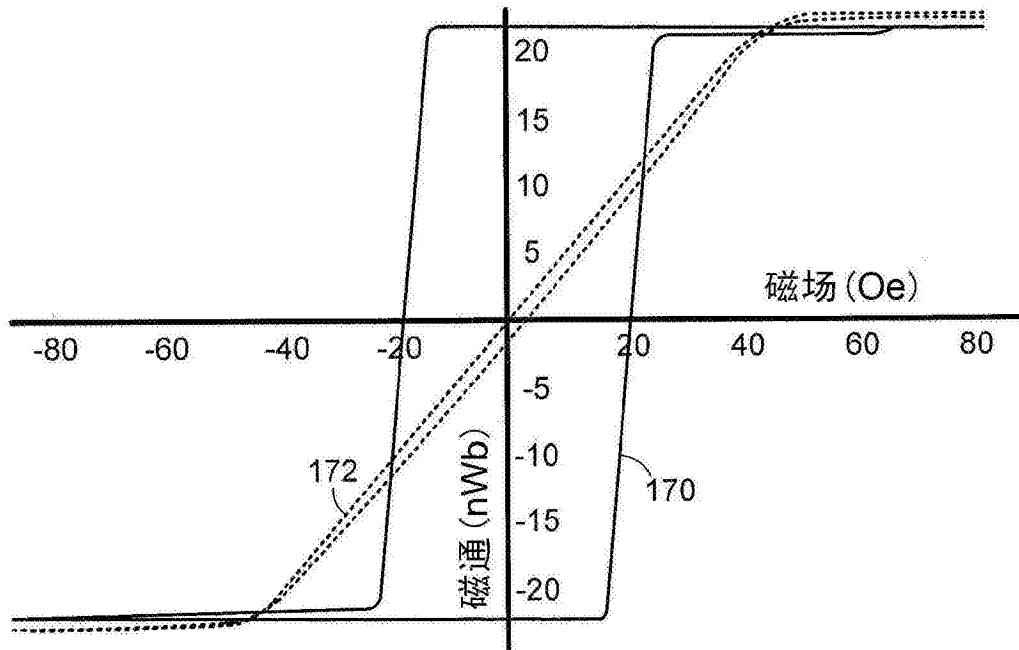


图5

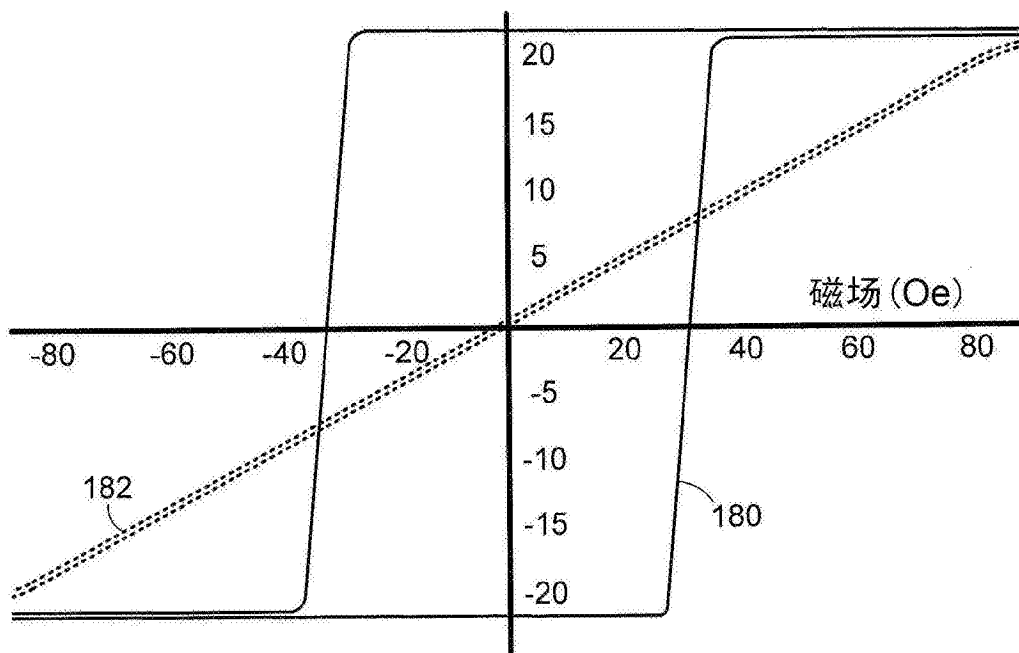


图6

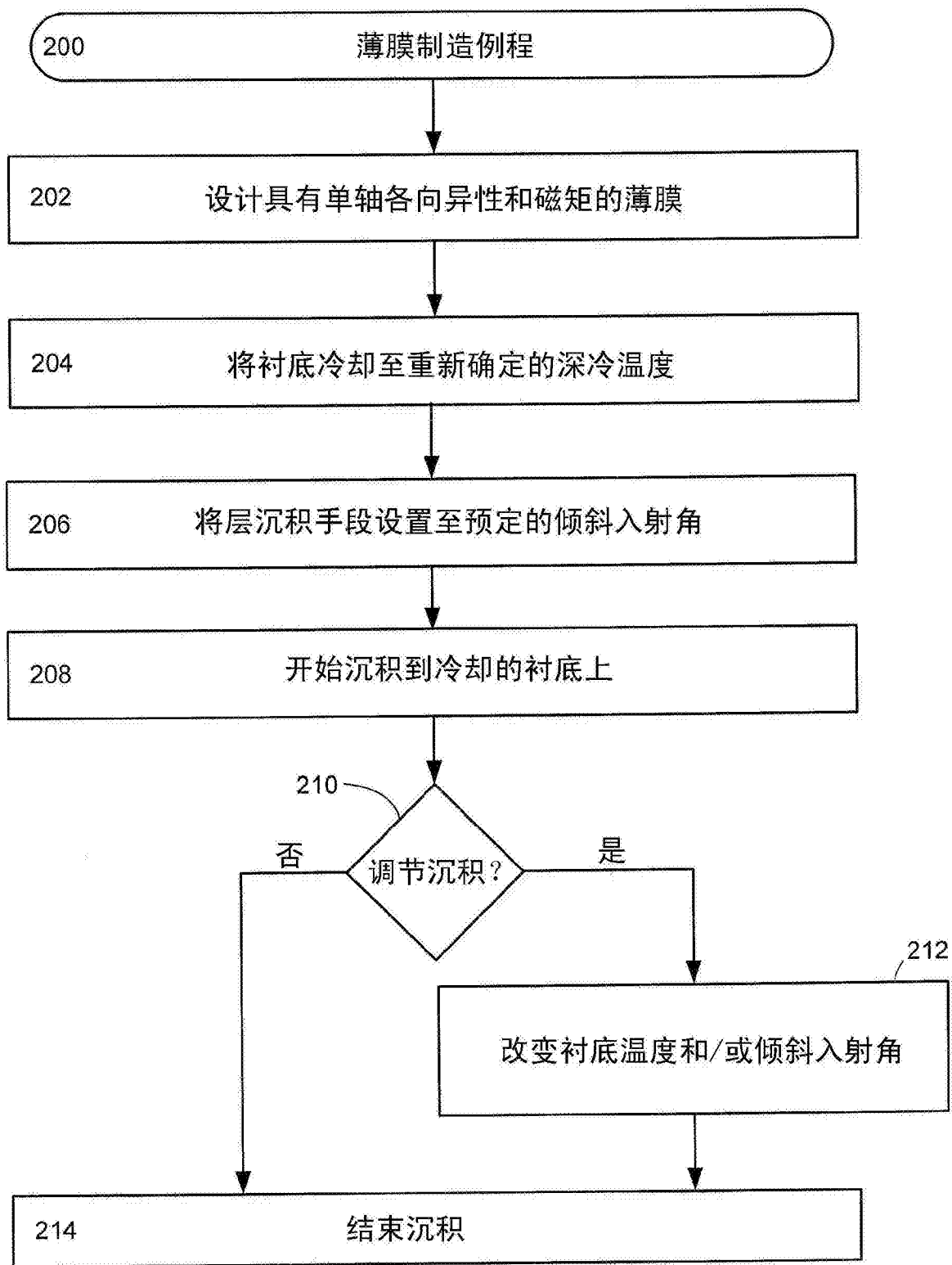


图7