



(10) 授权公告号 CN 113167841 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 20

(21) 申请号 201980079358.9

专利权人 纳诺格特公司

(22) 申请日 2019.11.29

(72) 发明人 金泰完

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113167841 A

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

(43) 申请公布日 2021.07.23

专利代理师 马爽 臧建明

(30) 优先权数据

10-2018-0152366 2018.11.30 KR

10-2018-0152367 2018.11.30 KR

(51) Int. Cl.

G01R 33/07 (2006.01)

G01R 33/00 (2006.01)

H10N 52/80 (2023.01)

H10N 52/85 (2023.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.05.31

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2019/016704 2019.11.29

(56) 对比文件

KR 20110003773 A, 2011.01.13

KR 20150088074 A, 2015.07.31

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/111862 KO 2020.06.04

审查员 王雨杉

(73) 专利权人 世宗大学校产学协力团

地址 韩国首尔

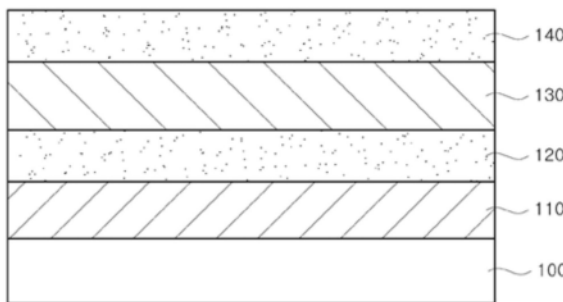
权利要求书3页 说明书14页 附图12页

(54) 发明名称

利用反常霍尔效应的磁传感器和霍尔传感器以及霍尔传感器的制造方法

(57) 摘要

提供一种利用反常霍尔效应的磁传感器。非磁性金属层设置在铁磁材料之上和之下,以形成与施加的磁场的变化相对应的霍尔电压。所述磁传感器的线性度和饱和磁化取决于所述非磁性金属层的厚度和所述铁磁材料的厚度。另外,提供了一种利用反常霍尔效应的霍尔传感器。非磁性金属层相对于铁磁性层形成,并且构成所述铁磁性层的CoFeSiB的厚度在 $10\text{\AA}$ 至 $45\text{\AA}$ 的范围内。由于所述非磁性金属层的交界面感应作用,在与交界面垂直的方向上形成易磁化轴。另外,所述霍尔传感器包括具有菱形形状的感测区域、具有线形状的电极线部分和衬垫部分。



1. 一种利用反常霍尔效应的磁传感器,包括:
下部非磁性金属层,形成在基底上且具有多晶结构;
铁磁性层,形成在所述下部非磁性金属层上,并且在所述铁磁性层中,通过施加磁场产生反常霍尔效应;以及
上部非磁性金属层,形成在所述铁磁性层上并且具有多晶结构,
其中,所述磁传感器还包括:缓冲层,设置在所述基底与所述下部非磁性金属层之间,以引起所述下部非磁性金属层的多晶结构的形成;
其中,所述缓冲层具有在 $10\text{\AA}$ 至 $50\text{\AA}$ 范围内的厚度并包括钽Ta、钌Ru或钛Ti。
2. 根据权利要求1所述的磁传感器,其中,所述铁磁性层的厚度大于或等于所述下部非磁性金属层或所述上部非磁性金属层的厚度。
3. 根据权利要求2所述的磁传感器,其中,所述铁磁性层包括CoFeSiB,并且具有在 $10\text{\AA}$ 至 $45\text{\AA}$ 范围内的厚度。
4. 根据权利要求2所述的磁传感器,其中,所述下部非磁性金属层或所述上部非磁性金属层包括铂Pt或钯Pd。
5. 根据权利要求4所述的磁传感器,其中,所述下部非磁性金属层由与所述上部非磁性金属层相同的材料制成,并且包括铂Pt。
6. 根据权利要求1所述的磁传感器,其中,所述铁磁性层包括:
第一易磁化轴感应层,形成在与所述下部非磁性金属层接触的交界面区域中,并且具有主要的垂直磁各向异性;
第二易磁化轴感应层,形成在与所述上部非磁性金属层接触的交界面区域中,并且具有主要的垂直磁各向异性;以及
主体层,设置在所述第一易磁化轴感应层和所述第二易磁化轴感应层之间并且具有主要的磁化各向同性,
其中,所述第一易磁化轴感应层、所述第二易磁化轴感应层和所述主体层由相同材料制成。
7. 根据权利要求6所述的磁传感器,其中,由于所述第一易磁化轴感应层或所述第二易磁化轴感应层的垂直磁化的影响,所述主体层在所述铁磁性层中在垂直方向上具有易磁化轴。
8. 根据权利要求6所述的磁传感器,其中,霍尔电压与在垂直于所述铁磁性层的交界面的方向上施加的磁场的强度成比例地形成。
9. 一种利用反常霍尔效应的霍尔传感器,包括:
感测区域,具有菱形形状,且所述感测区域根据相对于垂直于其施加的磁场的霍尔效应产生霍尔电压;
电极线部分,一体地连接到所述感测区域的菱形形状的顶点,并且通过所述电极线部分施加输入电流并且输出所述霍尔电压;以及
衬垫部分,与所述电极线部分一体形成并且电连接到外部,
其中,所述感测区域具有:设置在基底上的缓冲层;形成在所述缓冲层上的下部非磁性金属层;形成在所述下部非磁性金属层上的铁磁性层,所述铁磁性层根据垂直于其交界面

施加的所述磁场产生所述霍尔电压;以及形成在所述铁磁性层上的上部非磁性金属层;

其中,引入所述缓冲层以引起所述下部非磁性金属层的多晶结构的形成;

其中,所述缓冲层具有在 $10\text{\AA}$ 至 $50\text{\AA}$ 范围内的厚度并包括钽Ta、钌Ru或钛Ti。

10.根据权利要求9所述的霍尔传感器,其中,所述铁磁性层包括CoFeSiB,并且由于在与所述下部非磁性金属层或所述上部非磁性金属层接触的交界面处引起的垂直磁各向异性,所述铁磁性层在垂直于所述交界面的方向上具有易磁化轴。

11.根据权利要求10所述的霍尔传感器,其中,所述铁磁性层包括:

第一易磁化轴感应层,自与所述下部非磁性金属层接触的交界面而形成,并且具有主要的垂直磁各向异性;

主体层,形成在所述第一易磁化轴感应层上并且具有主要的磁化各向同性;以及

第二易磁化轴感应层,形成在所述主体层上,自与所述上部非磁性金属层接触的交界面而形成,并且由于所述上部非磁性金属层的磁感应而具有主要的磁各向异性,

其中,所述第一易磁化轴感应层、所述主体层和所述第二易磁化轴感应层由相同的材料制成。

12.根据权利要求10所述的霍尔传感器,其中,所述下部非磁性金属层包括铂Pt或钯Pd。

13.根据权利要求10所述的霍尔传感器,其中,所述上部非磁性金属层包括铂Pt或钯Pd。

14.根据权利要求9所述的霍尔传感器,其中,所述铁磁性层的厚度大于或等于所述下部非磁性金属层或所述上部非磁性金属层的厚度。

15.根据权利要求14所述的霍尔传感器,其中,所述铁磁性层具有在 $10\text{\AA}$ 至 $45\text{\AA}$ 范围内的厚度。

16.根据权利要求9所述的霍尔传感器,其中,所述电极线部分具有与所述感测区域相同的堆叠结构,并且

构成所述感测区域的各层一体地连接。

17.根据权利要求9所述的霍尔传感器,其中,所述衬垫部分具有与所述感测区域相同的堆叠结构,并且

构成所述电极线部分的各层一体地连接。

18.根据权利要求9所述的霍尔传感器,其中,在所述感测区域的菱形形状中,长轴的宽度是短轴的宽度的1至1.5倍。

19.一种利用反常霍尔效应制造霍尔传感器的方法,所述方法包括:

在基底上依次形成缓冲层、下部非磁性金属层、铁磁性层和上部非磁性金属层;

在所述上部非磁性金属层上形成光致抗蚀剂图案;并且

使用所述光致抗蚀剂图案作为蚀刻掩模执行选择性蚀刻,以暴露所述基底的一部分并同时形成:具有菱形形状感测区域,所述感测区域根据相对于垂直于所述感测区域施加的磁场的霍尔效应产生霍尔电压;电极线部分,一体地连接到所述感测区域的菱形形状的顶点,并且通过所述电极线部分施加输入电流且输出所述霍尔电压;以及衬垫部分,所述衬垫部分与所述电极线部分一体形成并且电连接到外部,

其中,所述缓冲层具有在 $10\text{\AA}$ 至 $50\text{\AA}$ 范围内的厚度并包括钽Ta、钌Ru或钛Ti,所述缓冲

层引起所述下部非磁性金属层的多晶结构的形成。

20. 根据权利要求19所述的方法, 其中, 通过连接到所述感测区域的相对顶点的电极线部分的顶层的上部非磁性金属层, 施加所述输入电流。

21. 根据权利要求20所述的方法, 其中, 通过连接至所述感测区域的顶点的电极线部分的顶层的上部非磁性金属层输出所述霍尔电压, 通过所述上部非磁性金属层不施加输入电流。

利用反常霍尔效应的磁传感器和霍尔传感器以及霍尔传感器的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种磁传感器,更具体地,涉及一种利用反常霍尔效应的磁传感器和霍尔传感器及该霍尔传感器的制造方法。

背景技术

[0002] 磁传感器是感应磁场变化并将该变化转换为电信号的设备。因此,磁传感器的实际输入是磁场,而其输出是电信号。典型的磁传感器是霍尔传感器。霍尔传感器是利用霍尔效应的设备。霍尔效应被认为是在电流沿穿过磁场的方向流动的情况下,在与电流方向和磁场方向均垂直的方向上产生电位差的现象。

[0003] 适用于制造霍尔传感器的材料需要具有低载流子浓度和高载流子迁移率。当载流子浓度高时,载流子的速度由于载流子的散射而降低,因此作用在载流子上的洛伦兹力减小。当迁移率高时,漂移速度增加,因此洛伦兹力增加。

[0004] 因此,利用洛伦兹力的传统霍尔传感器由金属或半导体作为基础材料而形成。然而,由于金属具有载流子浓度高的问题,输出电压由于载流子的散射而降低,并且线性度降低,因此,制造并研究出了使用半导体的霍尔传感器。然而,使用半导体的霍尔传感器具有以下问题:需要增加传感器图案的尺寸以增加输出电压,并且产生高偏移电压输出。另外,磁体和传感器之间的距离需要非常短,并且在高驱动温度下会发生特性畸变的现象。

[0005] 霍尔传感器应具有适用于使用霍尔传感器的环境的特性。通常,霍尔传感器需要具有低偏移电压、高电平的霍尔电压和高分辨率。为了实现这种特性,霍尔传感器具有近似十字形的结构,在半导体基底上形成n掺杂的感测区域,并且该传感区域具有近似十字形的结构。

[0006] 最具代表性的霍尔传感器是砷化镓(GaAs)型霍尔传感器。GaAs型霍尔传感器具有高霍尔电压作为输出电压,并且由于低偏移电压而用于实现照相机的光学图像稳定器。

[0007] 图1是示出根据现有技术的霍尔传感器的结构的透视图。

[0008] 参照图1,提供了GaAs型霍尔传感器作为霍尔传感器。使用GaAs基底作为基底10来制造霍尔传感器。通过金属有机化学气相沉积(metal organic chemical vapor deposition, MOCVD)工艺在基底10上生长n型GaAs层。在生长该层之后,使用的光刻工艺形成光致抗蚀剂图案。随后,当使用光致抗蚀剂图案作为蚀刻掩模进行蚀刻时,可以在基底10上获得具有十字形的n掺杂感测区域20。感测区域20中十字形的端部应电连接至金属线31、32、33和34。金属线31、32、33和34在金属膜沉积之后通过典型的剥离工艺或选择性蚀刻工艺形成。形成的金属线31、32、33和34形成为与感测区域20的端部重叠,并且在未形成感测区域20的区域中直接形成在由GaAs制成的基底10上。

[0009] 金属线31、32、33和34电连接至在基底10的某些区域中形成的衬垫。衬垫由与金属线31、32、33和34相同的材料制成,并且与金属线31、32、33和34同时形成。然而,衬垫在形状和尺寸上与金属线31、32、33和34不同。

[0010] 然而,图1中所示的GaAs型霍尔传感器的缺点在于施加的磁场强度需要很高并且GaAs型霍尔传感器对温度变化敏感。所施加的高强度的磁场被解释为意味着,GaAs型霍尔传感器相对于磁场的变化不具有高分辨率。另外,当温度改变时,霍尔电压产生变化,这导致随所施加的磁场强度线性变化地霍尔电压的工作特性降低。

[0011] 为了解决这些问题,使用了巨磁电阻(giant magnetoresistance,GMR)传感器和隧道磁电阻(tunneling magnetoresistance,TMR)传感器。这些传感器是利用铁磁性材料和其他材料之间的层间相互作用的传感器,并且据说该传感器使用自旋电子的磁感应现象。

[0012] GMR传感器也称为巨磁电阻效应传感器。巨磁电阻效应传感器具有在两个铁磁性材料之间插入非磁性材料的结构。在电流沿垂直于非磁性材料和铁磁性材料之间的交界面的方向流动的状态下,在平行于交界面的方向上施加外部磁场。由于在平行于交界面的方向上施加的磁场,铁磁性材料的自旋电流和磁矩可以具有相同的方向或可以具有不同的方向。因此,确定了两个铁磁性材料之间的电阻,并且改变了铁磁性材料中的水平磁各向异性,其表现为霍尔电压。

[0013] TMR传感器具有在两个铁磁性材料之间插入有隧道势垒层即绝缘层之一的结构。磁矩与交界面平行。然而,当电流在垂直于两个铁磁性材料之间的交界面的方向上流动时,电流量就好像存在阀一样被改变,这被称为自旋阀。自旋阀控制通过隧道势垒层的电子数量。然而,铁磁性材料可以具有水平磁各向异性,并且可以在平行于交界面的方向上施加磁场以感应霍尔电压。

[0014] 在上述新GMR和TMR传感器中,在平行于铁磁性材料之间的交界面的方向上施加磁场,并且将磁场的变化实现为霍尔电压。因此,当将传感器封装在使用环境中并安装在基底上时,存在传感器不能被平稳地应用的问题。

发明内容

[0015] [技术问题]

[0016] 本发明旨在提供一种利用反常霍尔效应的包括多层薄膜的磁传感器。

[0017] 本发明旨在提供一种霍尔传感器,该霍尔传感器利用反常霍尔效应来使用垂直于铁磁性材料的交界面施加的磁场。

[0018] 本发明旨在提供一种利用反常霍尔效应来制造霍尔传感器的方法。

[0019] [技术方案]

[0020] 根据本发明的实施例,利用反常霍尔效应的磁传感器包括:下部非磁性金属层,形成在基底上且具有多晶结构;铁磁性层,形成在所述下部非磁性金属层上,并且在所述铁磁性层中通过施加的磁场产生反常霍尔效应;以及上部非磁性金属层,形成在所述铁磁性层上并且具有多晶结构。

[0021] 根据本发明的另一实施例,利用反常霍尔效应的霍尔传感器包括:感测区域,具有菱形形状,且所述感测区域根据相对于垂直于其施加的磁场的霍尔效应产生霍尔电压;电极线部分,一体地连接到感测区域的菱形形状的顶点,并且通过所述电极线部分施加输入电流并且输出所述霍尔电压;以及衬垫部分,与所述电极线部分一体形成并且电连接到外部。

[0022] 根据本发明的又一实施例,一种利用反常霍尔效应制造霍尔传感器的方法包括:在基底上依次形成下部非磁性金属层、铁磁性层和上部非磁性金属层;在所述上部非磁性金属层上形成光致抗蚀剂图案;并且使用光致抗蚀剂图案作为蚀刻掩模执行选择性蚀刻,以暴露所述基底的一部分并同时形成:具有菱形形状的感测区域,所述感测区域根据相对于垂直于所述感测区域施加的磁场的霍尔效应产生霍尔电压;电极线部分,一体地连接到所述感测区域的菱形形状的顶点,并且通过所述电极线部分施加输入电流且输出所述霍尔电压;并以及衬垫部分,所述衬垫部分与所述电极线部分一体形成并且电连接到外部。

[0023] [有益效果]

[0024] 根据上述本发明,非磁性金属层设置在铁磁性材料之上和之下,并且两个非磁性金属层包括相同的材料。另外,将铁磁性材料的厚度设置为小于或等于 $45\text{\AA}$ 或更小。当厚度超过 $45\text{\AA}$ 时,在铁磁性材料中,可能难以形成垂直方向上的易磁化轴,不能确保垂直磁各向异性。因此,即使当磁场和输入电流增大时,也不能确保灵敏度特性,并且会破坏线性度。另外,与铁磁性材料接触的非磁性金属层的厚度被设置为小于或等于铁磁性材料的厚度。因此,可以获得具有高线性度和高灵敏度的磁传感器。

[0025] 另外,在本发明中,电极线部分和衬垫部分具有与感测区域相同的堆叠结构。即,在制造过程中,使用一个光掩模,并且一次执行蚀刻过程,从而制造霍尔传感器。因此,确保了高生产率。

[0026] 此外,根据本发明,使用在垂直于交界面的方向上施加的磁场,并且利用反常霍尔效应,其中,根据所施加的磁场来改变铁磁性层的垂直磁各向异性的大小。因此,可以获得对温度变化不敏感并且具有高灵敏度的霍尔传感器,并且可以通过在垂直于铁磁性层的交界面的方向上施加磁场来引起霍尔效应,从而在非常灵活的使用环境中使用霍尔传感器。

附图说明

[0027] 图1是示出根据现有技术的霍尔传感器的结构的透视图。

[0028] 图2是根据本发明的第一实施例的利用反常霍尔效应的磁传感器的剖面图。

[0029] 图3是根据本发明的第一实施例的图2的利用反常霍尔效应的磁传感器的详细剖面图。

[0030] 图4至图6是示出根据本发明的制造示例1的根据铁磁性层的厚度变化的输出电压的线性特性的曲线图。

[0031] 图7至图9是示出根据本发明的制造示例2的根据缓冲层的厚度变化的输出电压的线性特性的曲线图。

[0032] 图10至图12是示出根据本发明的制造示例3的根据下部非磁性金属层的厚度变化的输出电压的线性特性的曲线图。

[0033] 图13是根据本发明第二实施例的利用反常霍尔效应的霍尔传感器的平面图。

[0034] 图14是根据本发明的第二实施例的图13的霍尔传感器沿线A-A' 截取的剖面图。

[0035] 图15是根据本发明的第二实施例的用于描述图13的霍尔传感器的感测区域的操作的详细截面图。

[0036] 图16是根据本发明的第二实施例的图13的霍尔传感器沿线A-A' 截取的另一剖面图。

[0037] 图17和图18是示出了根据本发明的第二实施例的图13和图14的霍尔传感器的制造方法的平面图和剖面图。

[0038] 图19至图22是示出根据本发明的制造示例4的霍尔电压根据磁场的施加而变化的曲线图。

具体实施方式

[0039] [发明的方式]

[0040] 尽管本发明对各种修改和替代实施例持开放态度,将通过在附图中示例的方式描述和示出本发明的特定实施例。然而,应当理解,无意将本发明限制为所公开的特定实施例,相反,本发明将包含落入本发明的精神和范围内的所有修改、等同和替代。在描述附图时,相同的附图标记用于相同的元件。

[0041] 除非另有定义,否则本文中使用的所有术语(包括技术术语和科学术语)具有与本发明所属领域的普通技术人员通常所理解的相同含义。还应理解的是,诸如在常用的字典中定义的那些术语,应被解释为具有与它们在相关领域的语境中的含义相一致的含义,并且除非在本发明中另有明确定义不应以理想化或过于正式的含义来解释这些术语。

[0042] 在下文中,将参照附图更详细地描述本发明的示例性实施例。

[0043] 第一实施例

[0044] 图2是根据本发明的第一实施例的利用反常霍尔效应的磁传感器的剖面图。

[0045] 参照图1,提供了基底100、缓冲层110、下部非磁性金属层120、铁磁性层130和上部非磁性金属层140。

[0046] 基底100可以由绝缘材料制成,可以包括氧化硅或氮化硅。另外,基底100可以使用任何材料,只要该材料的物理性质即使在随后的工艺中形成缓冲层110至上部非磁性金属层140时也没有显著改变即可。

[0047] 缓冲层110形成在基底100上。缓冲层110被设置为促进下部非磁性金属层120的形成。即,当下部非磁性金属层120直接形成在由绝缘材料制成的基底100上时,下部非磁性金属层120可能不具有预先确定的晶格常数或可能不形成晶粒,因此,可能不会形成多晶结构。因此,下部非磁性金属层120通过缓冲层110的形成容易以多晶状态形成。缓冲层110可以由钽(tantalum, Ta)、铷(rubidium, Ru)或钛(titanium, Ti)制成。

[0048] 下部非磁性金属层120形成在缓冲层110上。下部非磁性金属层120处于多晶状态,并且在与铁磁性层130的交界面处引起应力。另外,下部非磁性金属层120通过与铁磁性层130的交界面处的磁性相互作用,在铁磁性层130的交界面部分处引起垂直磁各向异性。下部非磁性金属层120可以由铂(platinum, Pt)或钯(palladium, Pd)制成。

[0049] 铁磁性层130形成在下部非磁性金属层120上。铁磁性层130由CoFeSiB的合金制成。垂直磁各向异性和水平磁各向异性在铁磁性层130中的主体区域中混合。即,将垂直磁化和水平磁化混合,并且在垂直磁化和水平磁化之间也出现中间磁化。然而,铁磁性层130的下部区域和上部区域与非磁性金属层120和非磁性金属层140相邻或接触,并且垂直磁各向异性主要出现在与非磁性金属层120和非磁性金属层140接触的区域附近。这是由下部非磁性金属层120和上部非磁性金属层140的厚度以及铁磁性层130的厚度确定。即,当下部非磁性金属层120、上部非磁性金属层140以及铁磁性层130具有一定范围的厚度,垂直磁各向

异性主要出现在与非磁性金属层120和非磁性金属层140接触的铁磁性层130的交界面处。在交界面处出现的高垂直磁各向异性引起自旋轨道相互作用直至主体区域。

[0050] 由于自旋轨道相互作用,在铁磁性层130中,垂直磁化被设置为易磁化轴。因此,当在垂直于铁磁性层130的方向上施加磁场时,由于垂直方向成为易磁化轴,因此垂直磁各向异性与施加到铁磁性层130上的磁场强度成比例地增强,其表现为霍尔电压。

[0051] 上部非磁性金属层140形成在铁磁性层130上。上部非磁性金属层140可以由Pt或Pd制成。上部非磁性金属层140在其下方的铁磁性层130的交界面处引起垂直磁各向异性。在垂直方向上由感应的垂直磁各向异性确定铁磁性层130的易磁化轴。上部非磁性金属层140可以由与下部非磁性金属层120相同的材料制成,以确保磁对称。另外,上部非磁性金属层140的厚度可以与下部非磁性金属层120的厚度相同。因此,可以确保磁对称,在铁磁性层130的主体区域中的易磁化轴可以对称地设置,并且可以使霍尔电压的偏移最小化,该霍尔电压是待制造的霍尔传感器的输出电压。

[0052] 图3是根据本发明的第一实施例的图2的利用反常霍尔效应的磁传感器的详细剖面图。

[0053] 参照图3,为了便于描述,省略了基底和缓冲层。另外,铁磁性层130设置在下部非磁性金属层120和上部非磁性金属层140之间。

[0054] 自与下部非磁性金属层120接触的铁磁性层130的交界面处某一区域中形成具有增强的垂直磁各向异性的第一易磁化轴感应层131,并且在与上部非磁性金属层140接触的铁磁性层130的某一区域中形成第二易磁化轴感应层133。两个易磁化轴感应层131和133是由于铁磁性层130在交界面处与非磁性金属层120和非磁性金属层140的相互作用而形成的。然而,第一易磁化轴感应层131和第二易磁化轴感应层133由与主体层132相同的材料制成,并且在垂直磁各向异性方面被描述为单独的层。即,第一易磁化轴感应层131和第二易磁化轴感应层133的特征在于,垂直磁各向异性占主导,而易磁化轴感应层131和133之间的主体层132的特征在于,磁化方向各向同性占主导。

[0055] 然而,由于第一易磁化轴感应层131和第二易磁化轴感应层133的垂直磁化,在主体层132中产生自旋轨道相互作用,因此,在主体层132中的易磁化轴被设置为垂直方向。因此,当在垂直于铁磁性层130的平面的方向上施加外部磁场时,主体层132的各向同性被转换为各向异性,并且当在铁磁性层130的平面的方向上施加电流时,在垂直于电流和磁场方向的方向上产生霍尔电压。

[0056] 在铁磁性层130的主体层132中感应的垂直磁各向异性的大小可以与所施加的磁场的强度成比例,因此,可以确保作为输出电压的霍尔电压的线性度。

[0057] <制造示例1:通过改变铁磁性层的厚度的线性特性>

[0058] 磁传感器是使用直流(direct current,DC)磁控管溅射制造的。腔室中的沉积压力设置在3mTorr至5mTorr的范围内。为了产生沉积,配置各个靶材,并使用喷枪功率。基底由SiO₂制成,缓冲层由Ta制成,下部非磁性金属层由Pt制成,铁磁性层由CoFeSiB制成,上部非磁性金属层由与下部非磁性金属层相同的Pt制成。施加到Ta靶材上的喷枪功率为60W,施加到Pt靶材上的喷枪功率为60W,施加到CoFeSiB靶材上的喷枪功率为80W。

[0059] 施加上述条件,并且通过改变靶材的溅射时间来改变铁磁性层的厚度,从而制造三个样品。构成沉积在SiO₂基底上的缓冲层的Ta的厚度为50Å,构成下部非磁性金属层的Pt

的厚度为25Å,构成上部非磁性金属层的Pt的厚度为25Å。样品根据铁磁性层的厚度进行划分。样品在下表1中进行分类。

[0060] [表1]

	分类	Ta 的厚度	下部非磁性金属层 中 Pt 的厚度	CoFeSiB 的厚度	上部非磁性金属层 中 Pt 的厚度
[0061]	样品 1	50Å	25Å	25Å	25Å
	样品 2			35Å	
	样品 3			55Å	

[0062] 图4至图6是示出根据本发明的制造示例1的根据铁磁性层的厚度变化的输出电压的线性特性的曲线图。

[0063] 样品具有正方形形状,电流被施加到作为顶层的上部非磁性金属层的表面,并且在垂直于基底的表面的方向上施加磁场。在垂直于所施加电流的方向和所施加磁场的方向的方向上测量霍尔电压。即,当将电流施加到上部非磁性金属层的正方形的相对侧时,在垂直于该相对侧的侧上测量霍尔电压。霍尔电压的测量方法同样适用于以下其他制造示例。

[0064] 参照图4,图4示出了霍尔电压的线性特性,该霍尔电压是当CoFeSiB的厚度为25Å时的输出电压。霍尔电压在大约4mV和大约4.8mV之间显示出出色的线性特性。

[0065] 参照图5,图5示出了霍尔电压的线性特性,该霍尔电压是当CoFeSiB的厚度为35Å时的输出电压。霍尔电压在大约-0.6mV和大约0.2mV之间显示出出色的线性特性。在图4和图5中,需要注意显示线性特性的霍尔电压之间的差值,而不是霍尔电压的绝对值。在两个图中,可以看出霍尔电压之间的差值为0.8mV,并且当CoFeSiB的厚度小于或等于35Å时,霍尔电压具有出色的线性特性。此外,即使在另一个制造的样品中将CoFeSiB的厚度减小到10Å,也可以获得相同的线性特性。然而,由于制造设备的限制,未确认相对于厚度小于10Å时的线性特性。

[0066] 参照图6,图6示出了霍尔电压的线性特性,该霍尔电压是当CoFeSiB的厚度为55Å时的输出电压。相对于零奥斯特(oersteds,0e)的磁场强度呈现非线性特性,并且没有霍尔传感器中需要的饱和磁化。因此,未确定可以感测施加的磁场的特定范围,并且由于非线性特性,该霍尔传感器不被考虑用作磁传感器。

[0067] 在本制造示例中可以确认的事项是,对铁磁性层的厚度有一定的限制。即,当铁磁性层的厚度达到55Å时,可以看出铁磁性层的垂直磁各向异性由于厚度的增加而受到损害。即使由于在铁磁性层之上和之下布置的非磁性金属层而在交界面区域中出现垂直磁各向异性时,也可以确认,由于厚度的增加,主体层的厚度也增加了,并且很难形成易磁化轴。尽管在图中未示出,但是当铁磁性层的厚度超过45Å时,线性度降低,并且与饱和磁化有关的曲线消失且变为线性曲线。因此,铁磁性层的厚度可以在10Å到45Å的范围内。

[0068] 另外,铁磁性层的厚度需要大于或等于上部非磁性金属层或下部非磁性金属层的厚度。这与在铁磁性层中流动的电流有关。相对于流向非磁性金属层的电流,电流需要以大于或等于一定比率的量在铁磁性层中流动。由于测量的限制,可能无法检测到在铁磁性层中流动的电流。铁磁性层的厚度需要具有大于或等于各个非磁性金属层的厚度的

值。因此,当相对于流向非磁性金属层的电流以大于或等于一定比率的量向铁磁性材料施加电流时,可出现由于垂直磁各向异性引起的反常霍尔效应,并且可以确保霍尔电压的线性度。

[0069] <制造示例2:通过改变缓冲层的厚度的线性特性>

[0070] 磁传感器是使用DC磁控管溅射制造的。腔室中的压力和喷枪功率相对于用于制造磁传感器的靶材与以上制造示例1中描述的压力和喷枪功率相同。然而,下部非磁性金属层、铁磁性层和上部非磁性金属层的厚度是固定的,并且缓冲层的厚度被改变,从而制造三个样品。表2示出了根据缓冲层的厚度分类的制造的样品。

[0071] [表2]

[0072]	分类	缓冲层中 Ta 的厚度	下部非磁性金属层中 Pt 的厚度	CoFeSiB 的厚度	上部非磁性金属层中 Pt 的厚度
	样品 4	30Å	25Å	35Å	25Å
	样品 5	50Å			
	样品 6	70Å			

[0073] 图7至图9是示出根据本发明的制造示例2的根据缓冲层的厚度变化的输出电压的线性特性的曲线图。

[0074] 参照图7,图7示出了霍尔电压的线性特性,该霍尔电压是构成缓冲层的Ta的厚度为30Å时的输出电压。

[0075] 另外,参照图8,图8示出了霍尔电压的线性特性,该霍尔电压是构成缓冲层的Ta的厚度为50Å时的输出电压。

[0076] 在图7和图8中,当Ta的厚度为50Å或更小时,霍尔电压相对于零0e显示出对称和线性的特性。因此,缓冲层的厚度可以小于或等于50Å。由于制造设备的限制,通过将构成缓冲层的Ta的厚度设置为减小至10Å来执行测量,作为其结果,即使将缓冲层的厚度减小至10Å,也可以确认线性特性不变。

[0077] 参照图9,当Ta的厚度为70Å时,磁传感器的线性度减弱,并且霍尔电压相对于所施加的磁场强度的响应性降低。因此,当缓冲层的厚度大于或等于一定厚度时,可以看出,磁传感器的分辨率降低并且其灵敏度非常弱。特别地,由于磁化的饱和度完全消失,因此该磁传感器不可用作磁传感器。

[0078] 在本制造示例中,当缓冲层的厚度超过50Å时,可以看出霍尔电压的线性度减弱并且感测灵敏度降低。这意味着垂直磁各向异性在铁磁性层中不能均匀地起作用。当缓冲层的厚度超过50Å时,由于缓冲层的厚度大,因此吸收了在缓冲层与下部非磁性金属层之间产生的应力。因此,在下部非磁性金属层与铁磁性层接触的交界面处,以能量的形式施加于铁磁性层的应力也降低。因此,垂直磁化强度降低,并且垂直磁各向异性减弱。

[0079] <制造示例3:通过改变下部非磁性金属层的厚度的线性特性>

[0080] 磁传感器是使用DC磁控管溅射制造的。腔室中的压力和喷枪功率相对于用于制造磁传感器的靶材与以上制造示例1中描述的压力和喷枪功率相同。然而缓冲层、铁磁性层和上部非磁性金属层的厚度是固定的,并且改变下部非磁性金属层的厚度,从而制造三个样

品。表3示出了根据下部非磁性金属层的厚度分类的制造的样品。

[0081] [表3]

[0082]	分类	缓冲层中 Ta 的厚度	下部非磁性金属层中 Pt 的厚度	CoFeSiB 的厚度	上部非磁性金属层中 Pt 的厚度
	样品 7	30Å	15Å	35Å	25Å
	样品 8		35Å		
[0083]	样品 9		45Å		

[0084] 图10至图12是示出根据本发明的制造示例3的根据下部非磁性金属层的厚度变化的输出电压的线性特性的曲线图。

[0085] 参照图10,图10示出了霍尔电压的线性特性,该霍尔电压是构成下部非磁性金属层的Pt的厚度为15Å时的输出电压。参照图11,图11示出了霍尔电压的线性特性,该霍尔电压是构成下部非磁性金属层的Pt的厚度为35Å时的输出电压。参照图12,图12示出了霍尔电压的线性特性,该霍尔电压是构成下部非磁性金属层的Pt的厚度为45Å时的输出电压。

[0086] 当下部非磁性金属层的厚度小于或等于铁磁性层的厚度时,可以看出霍尔电压显示出线性特性,并且在饱和磁化状态之前的线性轨迹中霍尔电压之间的电压差也相同。另外,随着下部非磁性金属层的厚度减小,可以看出,即使在低磁场中,霍尔电压也会突然变化。这意味着,随着下部非磁性金属层的厚度减小,感测灵敏度提高。

[0087] 可以用两种方式对上述数据和现象进行解释。

[0088] 首先,当下部非磁性金属层的厚度减小时,下部非磁性金属层的结构的应力极大地作用于铁磁性材料的交界面,从而增强了铁磁性材料的垂直磁各向异性。即,当下部非磁性金属层的厚度减小时,下部非磁性金属层的应力增加,该应力作用于铁磁性材料的交界面上,从而增强了铁磁性层的第一易磁化轴感应层的垂直磁各向异性。因此,铁磁性层的主体层中的易磁化轴增加,并且霍尔电压根据所施加的磁场的强度灵敏地做出反应,从而提高了灵敏度并改善了线性度。

[0089] 第二,当将下部非磁性金属层的厚度设定为小于或等于铁磁性层的厚度时,电流在铁磁性层中流动的量相对于流向下部非磁性金属层的电流的量大于或等于一定比率。由铁磁性层中流动的电流产生反常霍尔效应,反常霍尔效应改善线性度。

[0090] 与半导体材料不同,传统的霍尔效应和反常霍尔效应同时出现在铁磁性层中。在传统的霍尔效应中,霍尔电压与施加的磁场成比例地产生。然而,由于铁磁性层是由金属材料制成的,因此即使在向其施加电流时,由于电子的晶格散射,传统的霍尔效应并不大于半导体的霍尔效应。因此,当铁磁性材料的厚度被设置为大于或等于下部非磁性金属层的厚度时,传统的霍尔效应对的霍尔电压的贡献减小或微不足道。然而,反常霍尔效应对霍尔电压的贡献增加。这归因于作为铁磁性材料中的载流子的电子的自旋极化。铁磁性材料中载流子的运动取决于自旋,并且自旋轨道相互作用产生反常霍尔效应。鉴于此,可以看出,通过电流以相对于流到下部非磁性金属层的电流的量大于或等于一定比率而流动,反常霍尔效应被最大化。

[0091] 如上所述,在本实施例中,非磁性金属层设置在铁磁性材料之上和之下,并且两个

非磁性金属层包括相同的材料。另外,将铁磁性材料的厚度设置为小于或等于 $45\text{\AA}$ 或更小。当厚度超过 $45\text{\AA}$ 时,可能难以形成铁磁性材料中垂直方向的易磁化轴,并且可能无法确保垂直磁各向异性。因此,即使当磁场和输入电流增加时,也不能确保灵敏度特性,并且可能破坏线性度。另外,与铁磁性材料接触的非磁性金属层的厚度被设置为小于或等于铁磁性材料的厚度。因此,可以获得具有优异的线性度和高灵敏度的磁传感器。

[0092] 第二实施例

[0093] 图13是根据本发明第二实施例的利用反常霍尔效应的霍尔传感器的平面图。

[0094] 参照图13,霍尔传感器包括感测区域210、电极线部分220和衬垫部分230。

[0095] 感测区域210、电极线部分220和衬垫部分230形成在基底100上。基底100可以由绝缘材料制成并且可以包括 SiO_2 或 SiN 。另外,基底100可以使用任何材料,只要该材料的物理性质即使在执行后续工艺时也没有显著改变即可。

[0096] 感测区域210具有近似菱形的形状,并且菱形的顶点连接到电极线部分220。在感测区域210中,通过施加的磁场产生霍尔电压。也就是说,在感测区域210中产生根据反常霍尔效应的霍尔电压。

[0097] 在具有菱形形状感测区域210中,根据垂直磁各向异性的变化产生霍尔电压。另外,感测区域210具有菱形形状,以确保线性度并增加所产生的霍尔电压的电平。

[0098] 感测区域210的四个顶点连接到电极线部分220。感测区域210和电极线部分220的材料完全相同。例如,在与菱形的长轴平行的y方向上形成第一电极线221和第三电极线223。另外,在与菱形的短轴平行的x方向上形成第二电极线222和第四电极线224。此外,平行于长轴的y方向上的宽度可以是平行于短轴的x方向上的宽度的1倍或1.5倍。

[0099] 当在x方向上施加输入电流时,在y方向上的两条电极线221和223用于感测霍尔电压。当然,在垂直于感测区域210的表面的方向上施加磁场。

[0100] 当输入电流沿x方向流动时,电流可以沿着菱形的斜边扩散并且可以被均匀地提供给感测区域210的整个表面。因此,可以引起霍尔电压相对于施加磁场的变化而增加。另外,尽管传统的十字形结构可以使用输入到十字形图案的中心部分的磁场来产生霍尔电压,但是本发明的具有菱形形状感测区域210可以使用施加到菱形的所有磁场,以产生霍尔电压。在本实施例中,描述了在平行于短轴的x方向上施加输入电流并且在平行于长轴的y方向上的两个顶点处输出霍尔电压,但是反之亦然。

[0101] 电极线部分220与衬垫部分230一体形成,并且包括四个衬垫231、232、233和234。

[0102] 图14是根据本发明的第二实施例的图13的霍尔传感器沿线A-A' 截取的剖面图。

[0103] 参照图14,第四衬垫234、感测区域210和第二衬垫232被示出在基底100上。第四衬垫234、感测区域210和第二衬垫232具有相同的堆叠结构,并且同样适用于其他衬垫和电极线部分(在图14中未示出)。即,电极线部分220和衬垫部分230的堆叠结构与感测区域210的堆叠结构相同。

[0104] 因此,第四衬垫234包括基底100上的缓冲层110、下部非磁性金属层120、铁磁性层130和上部非磁性金属层140,并且这同样适用于感测区域210和第二衬垫232。

[0105] 缓冲层110形成在基底100上。缓冲层110被设置为促进下部非磁性金属层120的形成。即,当下部非磁性金属层120直接形成在由绝缘材料制成的基底100上时,下部非磁性金属层120可能不具有预先确定的晶格常数或可能不形成晶粒,因此,可能不形成多晶结构。

因此,通过缓冲层110的形成容易以多晶状态形成下部非磁性金属层120。缓冲层110可以由Ta、Ru或Ti制成。

[0106] 下部非磁性金属层120形成在缓冲层110上。下部非磁性金属层120处于多晶状态,并且在与铁磁性层130的交界面处引起应力。另外,下部非磁性金属层120通过与铁磁性层130的交界面处的磁性相互作用,在铁磁性层130的交界面部分处引起垂直磁性各向异性。下部非磁性金属层120可以由Pt或Pd制成。

[0107] 铁磁性层130形成在下部非磁性金属层120上。铁磁性层130由CoFeSiB的合金制成。垂直磁各向异性和水平磁各向异性在铁磁性层130中的主体区域中混合。即,垂直磁化和水平磁化混合,并且在垂直磁化和水平磁化之间的中间区域也出现磁化。然而,铁磁性层130的下部区域和上部区域与非磁性金属层120和非磁性金属层140相邻或接触,并且垂直磁各向异性主要出现在与非磁性金属层120和非磁性金属层140接触的区域附近。这是由下部非磁性金属层120和上部非磁性金属层140的厚度以及铁磁性层130的厚度确定。即,当下部非磁性金属层120、上部非磁性金属层140以及铁磁性层130具有一定范围的厚度,垂直磁各向异性主要出现在与非磁性金属层120和非磁性金属层140接触的铁磁性层130的交界面处。在交界面处出现的高垂直磁各向异性引起自旋轨道相互作用直至主体区域。

[0108] 由于自旋轨道相互作用,在铁磁性层130中,垂直磁化被设置为易磁化轴。因此,当在垂直于铁磁性层130的方向上施加磁场时,由于垂直方向成为易磁化轴,因此垂直磁各向异性与施加到铁磁性层130上的磁场强度成比例地增强,其表现为霍尔电压。

[0109] 上部非磁性金属层140形成在铁磁性层130上。上部非磁性金属层140可以由Pt或Pd制成。上部非磁性金属层140在铁磁性层130的交界面处引起垂直磁各向异性。在垂直方向上由感应的垂直磁各向异性确定铁磁性层130的易磁化轴。上部非磁性金属层140可以由与下部非磁性金属层120相同的材料制成,以确保磁对称。另外,上部非磁性金属层140的厚度可以与下部非磁性金属层120的厚度相同。因此,可以确保磁对称,在铁磁性层130的主体区域中的易磁化轴可以对称地设置,并且可以使霍尔电压的偏移最小化,该霍尔电压是待制造的霍尔传感器的输出电压。

[0110] 另外,在本实施例中,首先通过衬垫将输入电流提供给上部非磁性金属层140。由于上部非磁性金属层140、铁磁性层130和下部非磁性金属层120由金属材料制成,因此输入电流按照每个电阻扩散并流动。此外,与被确定为输入端子的衬垫相对应的两个剩余衬垫形成输出端子。霍尔电压(被输出)通过上部非磁性金属层140输出。

[0111] 图15是根据本发明的第二实施例的用于描述图13的霍尔传感器的感测区域的操作的详细截面图。

[0112] 参照图15,为了便于描述,省略了基底和缓冲层。另外,铁磁性层130设置在下部非磁性金属层120和上部非磁性金属层140之间。

[0113] 自与下部非磁性金属层120接触的铁磁性层130的交界面处某一区域中形成具有增强的垂直磁各向异性的第一易磁化轴感应层131,并且在与上部非磁性金属层140接触的层130的某一区域中形成第二易磁化轴感应层133。两个易磁化轴感应层131和133是由于在交界面处与非磁性金属层120和非磁性金属层140的相互作用而形成的。然而,第一易磁化轴感应层131和第二易磁化轴感应层133由与主体层132相同的材料制成,并且在垂直磁各向异性方面被描述为单独的层。即,第一易磁化轴感应层131和第二易磁化轴感应层133的

特征在于,垂直磁各向异性占主导,而易磁化轴感应层131和133之间的主体层132的特征在于,磁化方向的各向同性占主导。

[0114] 然而,由于第一易磁化轴感应层131和第二易磁化轴感应层133的垂直磁化,在主体层132中产生自旋轨道相互作用,因此,在主体层132中的易磁化轴被设置为垂直方向。因此,当在垂直于铁磁性层130的平面的方向上施加外部磁场时,主体层132的各向同性被转换为各向异性,并且当在铁磁性层130的平面的方向上施加电流时,在垂直于电流和磁场方向的方向上产生霍尔电压。

[0115] 在铁磁性层130的主体层132中感应的垂直磁各向异性的大小可以与所施加的磁场的强度成比例,因此,可以确保作为输出电压的霍尔电压的线性度。

[0116] 在电极线部分和衬垫部分中也发生上述现象,其中垂直磁各向异性由所施加的磁场的强度而改变,因此,在作为输出电压的霍尔电压中很可能产生噪声分量。然而,仅当将用于测量垂直于铁磁性层的表面施加的磁场、输入电流和霍尔电压的所有输出节点被设置于一个元件中时,霍尔电压才是可测量的数据。即,电极线部分缺少输入电流和输出节点中的任何一个,衬垫部分也缺少输入电流和输出节点中的任何一个,因此,电极线部分和衬垫部分不影响在感测区域中产生的霍尔电压。

[0117] 图16是根据本发明的第二实施例的图13的霍尔传感器沿线A-A' 截取的另一剖面图。

[0118] 参照图16,第四衬垫234、感测区域210和第二衬垫232形成在基底100上。第四衬垫234、感测区域210和第二衬垫232具有相同的堆叠结构。这同样适用于电极线部分。即,电极线部分220、衬垫部分230和感测区域210具有相同的堆叠结构。然而,堆叠结构是将铁磁性层和非磁性金属层添加到图14所示的堆叠结构中的结构。

[0119] 在图16中,缓冲层110、下部非磁性金属层120、铁磁性层130、上部非磁性金属层140、附加的铁磁性层150和附加的非磁性金属层160形成在基底100上。

[0120] 缓冲层110的材料与参照图14描述的材料相同。因此,缓冲层110可以由Ta、Ru或Ti制成。另外,如上述参考图14所述,非磁性金属层120、非磁性金属层140和非磁性金属层160的材料包括Pt或Pd。另外,铁磁性层130和铁磁性层150的材料包括CoFeSiB。即,图16示出了一种结构,其中非磁性金属层120、非磁性金属层140和非磁性金属层160布置在铁磁性层130和铁磁性层150之上和之下,并且重复该布置。然而,附加铁磁性层150具有与下部铁磁性层130共享一个非磁性金属层140的结构,该非磁性金属层140插入在附加铁磁性层150和其下方的下部铁磁性层130之间。

[0121] 在图13至图16中,每个缓冲层110的厚度可以在10Å至50Å的范围内。当缓冲层110的厚度超过50Å时,可以看出霍尔电压的线性度减弱并且感测灵敏度降低。这意味着垂直磁各向异性在铁磁性层中不能顺利地起作用。当缓冲层110的厚度超过50Å时,由于缓冲层110的厚度大而吸收了缓冲层110和下部非磁性金属层120之间产生的应力。因此,在下部非磁性金属层120与铁磁性层130接触的交界面处,以能量的形式施加于铁磁性层120的应力也减小。结果,垂直磁化强度减小,因此,垂直磁各向异性变弱。

[0122] 另外,以本申请的发明人所拥有的设备无法确认是否制造厚度小于10Å的缓冲层110。

[0123] 另外,铁磁性层130和铁磁性层150中的每个的厚度可以在10Å到45Å的范围内。难以制造厚度小于10Å的包括CoFeSiB材料的铁磁性层130和铁磁性层150。另外,当铁磁性层130和铁磁性层150的厚度超过45Å时,证实线性度降低,与饱和磁化有关的曲线消失,并且相对于施加的磁场获得非常低的灵敏度。

[0124] 另外,非磁性金属层120、非磁性金属层140和非磁性金属层160每个的厚度可以小于或等于铁磁性层130和铁磁性层150的厚度。然而,鉴于工艺,制造厚度小于10Å的非磁性金属层120、非磁性金属层140和非磁性金属层160是非常困难的。因此,非磁性金属层120、非磁性金属层140和非磁性金属层160的厚度需要大于或等于10Å且小于或等于铁磁性层130和铁磁性层150的厚度。当非磁性金属层120、非磁性金属层140和非磁性金属层160的厚度小于或等于铁磁性层130和铁磁性层150的厚度时,可以看出霍尔电压显示出线性特性,并且在饱和磁化状态之前的线性轨迹中的电压差也相同。另外,当非磁性金属层120、磁性金属层140和磁性金属层160的厚度减小时,即使在低磁场下,霍尔电压也趋向于突然改变。这意味着,当非磁性金属层120、非磁性金属层140和非磁性金属层160的厚度减小时,感测灵敏度提高。

[0125] 另外,当非磁性金属层120、非磁性金属层140和非磁性金属层160的厚度超过铁磁性层130和铁磁性层150的厚度时,线性度降低,并且不产生饱和磁化。灵敏度也突然降低。这意味着,当在非磁性金属层120、非磁性金属层140和非磁性金属层160中流动的电流超过在铁磁性层130和铁磁性层15中流动的电流并且电流以一定比例或更多集中在非磁性金属层120、非磁性金属层140和非磁性金属层160中时,难以消除磁各向异性。

[0126] 特别地,具有增加的厚度的非磁性金属层120、非磁性金属层140和非磁性金属层160可能不在与其中包括厚的主体区域的铁磁性层130和铁磁性层150的交界面处引起能量或应力。因此,难以根据垂直磁各向异性产生易磁化轴。

[0127] 图17和图18是示出根据本发明的第二实施例的图13和图14的霍尔传感器的制造方法的平面图和剖面图。

[0128] 参照图17,通过包括溅射的各种方法在基底100上依次形成缓冲层110、下部非磁性金属层120、铁磁性层130和上部非磁性金属层140。每层的厚度和材料与上述相同。

[0129] 因此,这些层形成在基底100的整个表面上,并且上部非磁性金属层140在顶层暴露。

[0130] 参照图18,在顶层的上部非磁性金属层140上形成光致抗蚀剂图案118。根据已知的光刻工艺形成光致抗蚀剂图案118。即,在上部非磁性金属层140上施加光致抗蚀剂,并且通过典型的光刻工艺形成光致抗蚀剂图案118。

[0131] 接下来,使用形成的光致抗蚀剂图案118作为蚀刻掩模来执行蚀刻,从而暴露出光致抗蚀剂图案118下方的基底100的一部分。因此,得到图13和图14所示的霍尔传感器图案形状。

[0132] 随后,使用包括抛光的工艺去除基底100上的光致抗蚀剂图案118,并暴露顶层的上部非磁性金属层140的表面。

[0133] 在上述制造过程中,本实施例的感测区域210具有与电极线部分220相同的堆叠结构。此外,感测区域210也具有与衬垫部分230相同的堆叠结构。即,不需要用于形成的电极

线的单独的金属层形成和构图工艺。这同样适用于衬垫部分。

[0134] 即,仅通过执行一次光致抗蚀剂图案的形成和蚀刻工艺来同时形成感测区域、电极线部分和衬垫部分。因此,可以在生产过程中省略复杂的过程,可以提高生产率。

[0135] <制造示例4:根据图案的变化测量霍尔电压>

[0136] 霍尔传感器是使用DC磁控管溅射制造的。腔室中的沉积压力设置在3mTorr至5mTorr的范围内。为了产生沉积,配置各个靶材,并使用喷枪功率。基底由SiO₂制成,缓冲层由Ta制成,下部非磁性金属层由Pt制成,铁磁性层由CoFeSiB制成,上部非磁性金属层由与下部非磁性金属层相同的Pt制成。施加到Ta靶材上的喷枪功率为60W,施加到Pt靶材上的喷枪功率为60W,施加到CoFeSiB靶材上的喷枪功率为80W。

[0137] 施加以上条件,并且以掩模图案改变电极线部分的宽度,从而制造四个样品。构成沉积在SiO₂基底上的缓冲层的Ta的厚度为50Å,构成下部非磁性金属层的Pt的厚度为25Å,构成上部非磁性金属层的Pt的厚度为25Å,构成铁磁性层的CoFeSiB的厚度为35Å。

[0138] 为了划分样本,通过改变电极线部分的线宽将输入电阻划分为四个值。另外,输入线被设置为彼此面对,并且输出线被设置为彼此面对。调整线宽以将输出电阻设置为1.3kΩ。根据输入电阻的变化而划分的样品在下表4中分类。

[0139] [表4]

[0140]	分类	输入线宽度	输入电阻	输出线宽度	输出电阻
	样品 1	25μm	1.6kΩ	50μm	1.3kΩ
	样品 2	50μm	1.2kΩ		
	样品 3	75μm	890Ω		
	样品 4	100μm	550Ω		

[0141] 图19至图22是示出根据本发明的制造示例4的霍尔电压根据磁场的施加而变化的曲线图。

[0142] 参考图19,图19示出了当输入电阻为1.6kΩ时霍尔电压的变化,图20示出了当输入电阻为1.2kΩ时霍尔电压的变化。另外,图21示出了当输入电阻为890Ω时霍尔电压的变化,图22示出了当输入电阻为550Ω时霍尔电压的变化。

[0143] 另外,在图13的图案的感测区域中,长轴与短轴的宽度比为1.5,向短轴施加输入电流,并且在长轴的顶点处测量霍尔电压。通过探测暴露在衬垫部分上的上部非磁性金属层来执行霍尔电压。

[0144] 在图9至图12的所有附图中,施加的磁场的强度为负值且形成饱和磁化时的霍尔电压与磁场具有正值且形成饱和磁化时的霍尔电压之差的绝对值是大約 $14 \times 10^{-4} \text{V}$ 。即,即使改变输入电阻的值,也可以看出霍尔电压的特性几乎不变。因此,即使当用于输入的电极线的宽度稍微改变时,也可以获得具有相同特性的霍尔传感器。在霍尔传感器中,当改变施加的磁场强度时,霍尔电压的变化也需要是灵敏的。因此,可以获得改善的灵敏度。然而,当以实施霍尔传感器的方式改变用于输入的电极线的宽度,并且电极线的宽度的改变改变了霍尔电压时,霍尔电压的改变成为损害霍尔传感器的得率和特性稳定性的因素。然而,在本实施例中,电极线部分和衬垫部分具有与感测区域相同的堆叠结构,每个元件的连接处于

物理连续状态,并且通过图案化一个堆叠结构来形成元件。

[0145] 另外,即使当磁场被施加到电极线部分和衬垫部分时,输入电流和输出节点中的任何一个处于缺乏状态,从而形成稳定的霍尔电压。

[0146] 在上述本实施例中,电极线部分和衬垫部分具有与感测区域相同的堆叠结构。即,在制造过程中,可以使用一个光掩模,并且可以执行一次蚀刻过程,从而制造霍尔传感器。因此,确保高生产率。

[0147] 在本实施例中,使用在垂直于交界面的方向上施加的磁场,并且利用反常霍尔效应,其中,根据所施加的磁场改变铁磁性层的垂直磁各向异性的强度。因此,可以获得对温度变化的改变不敏感并且具有高灵敏度的霍尔传感器,并且可以通过在垂直于铁磁性层的交界面的方向上施加磁场引起霍尔效应,从而在非常灵活的使用环境中使用霍尔传感器。

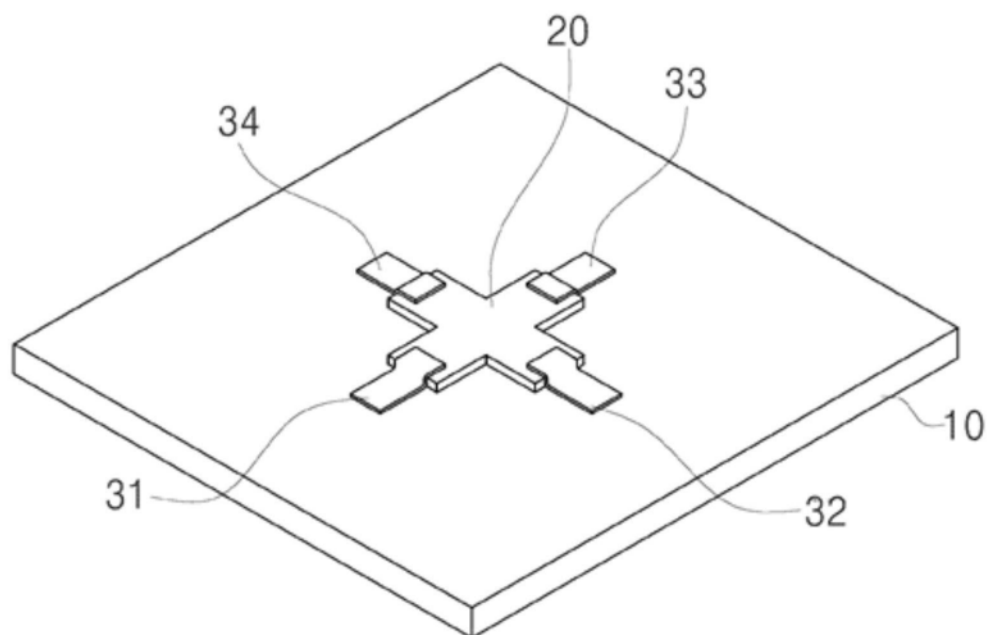


图1

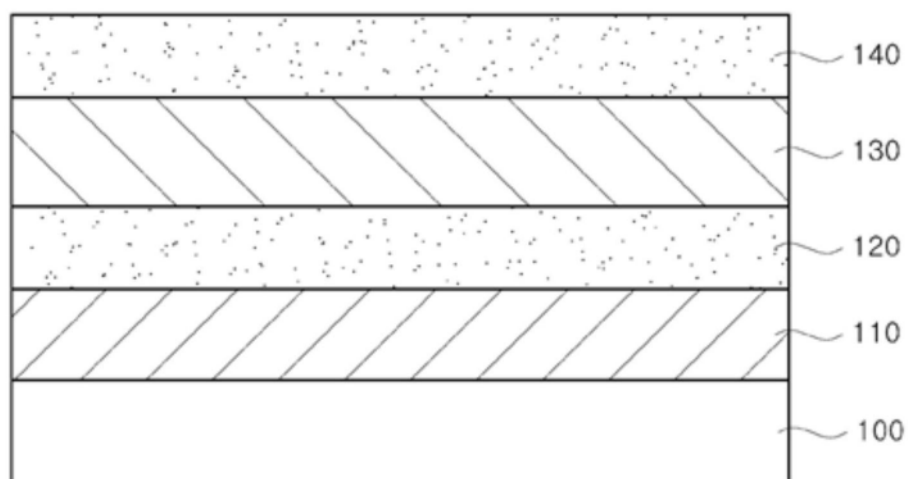


图2

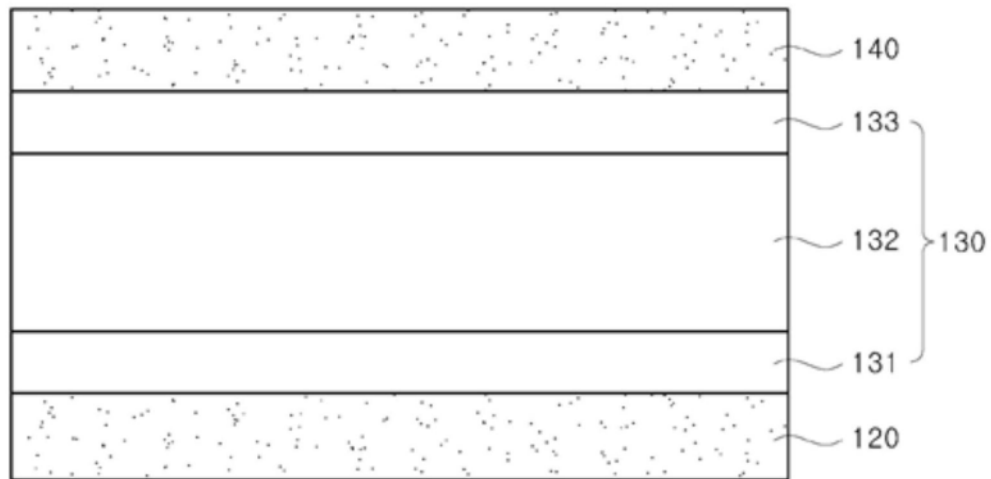


图3

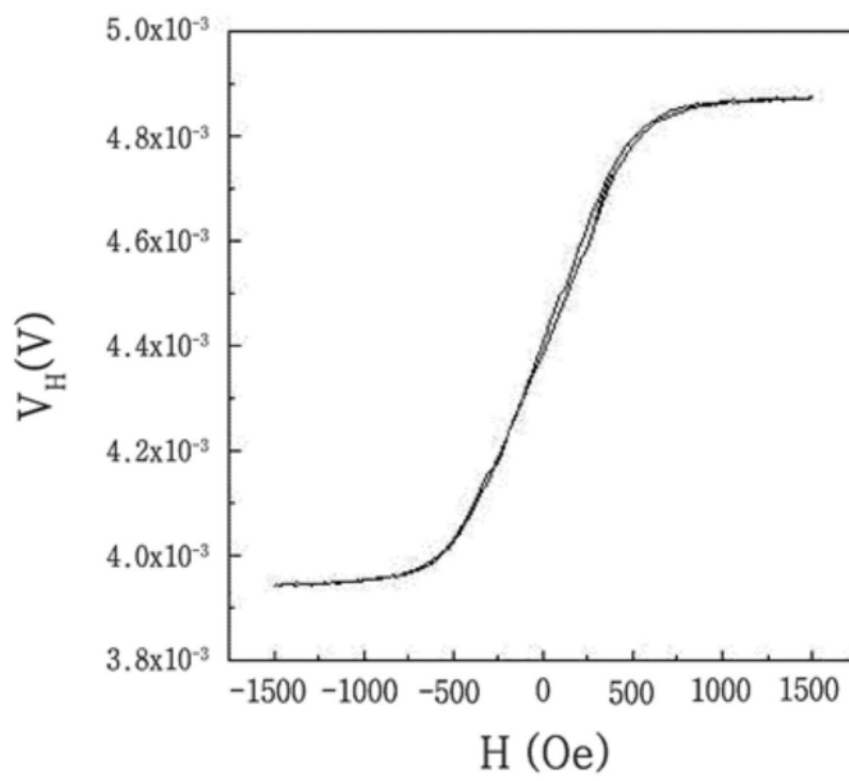


图4

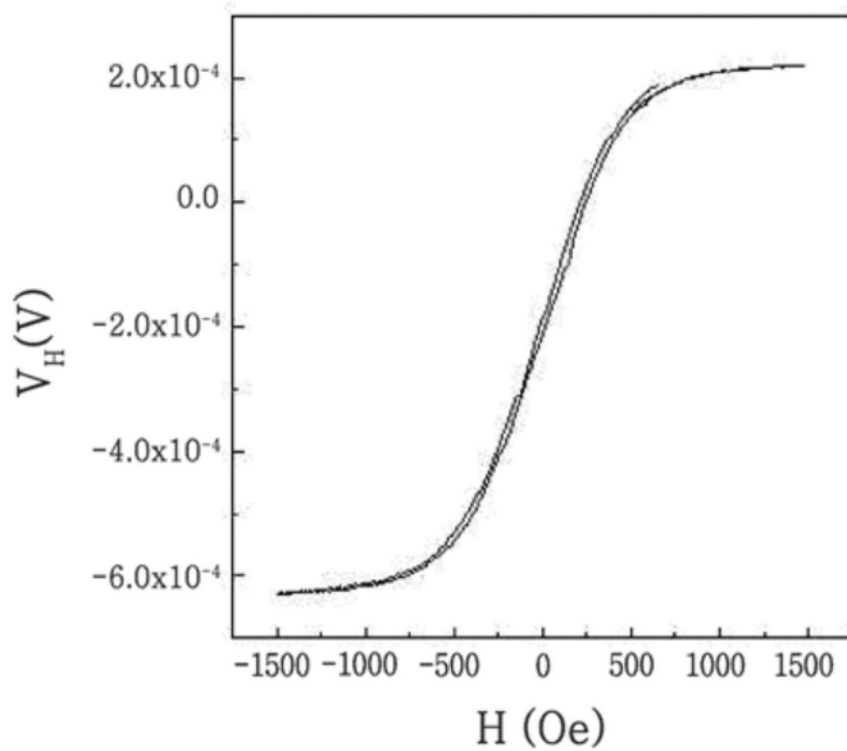


图5

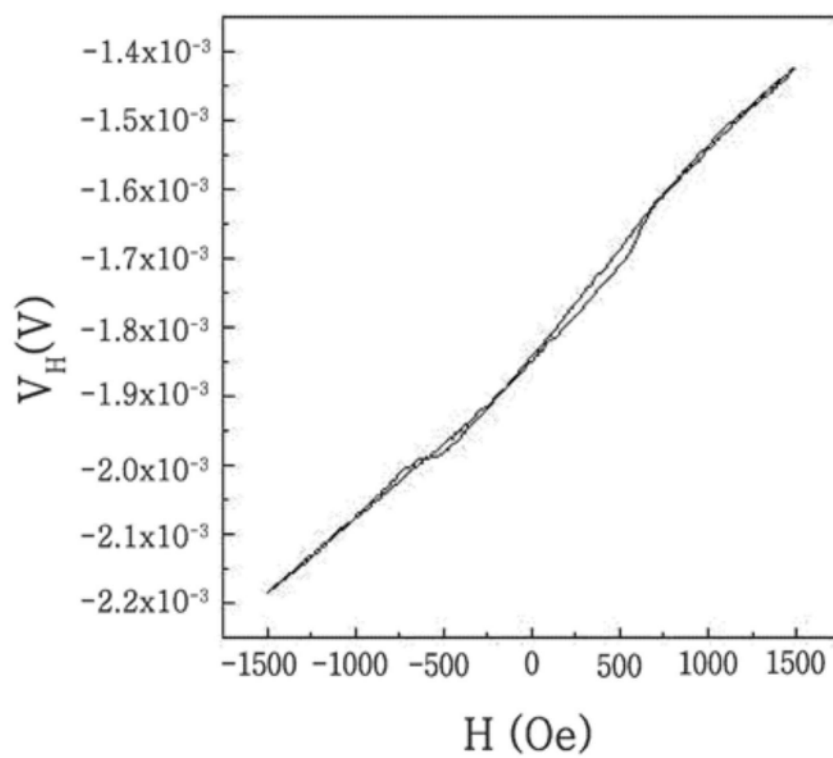


图6

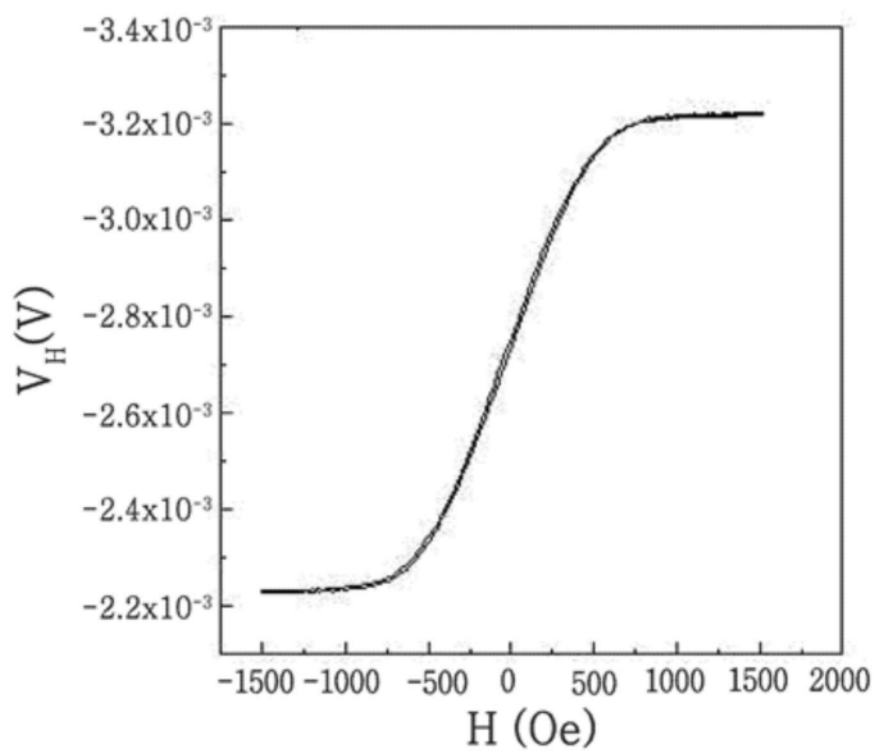


图7

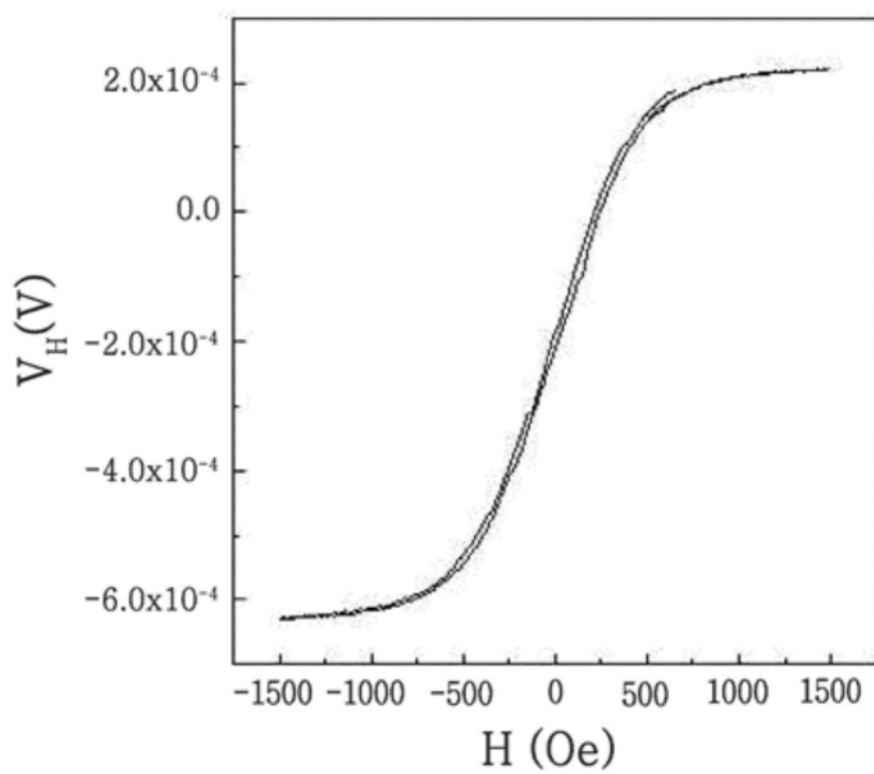


图8

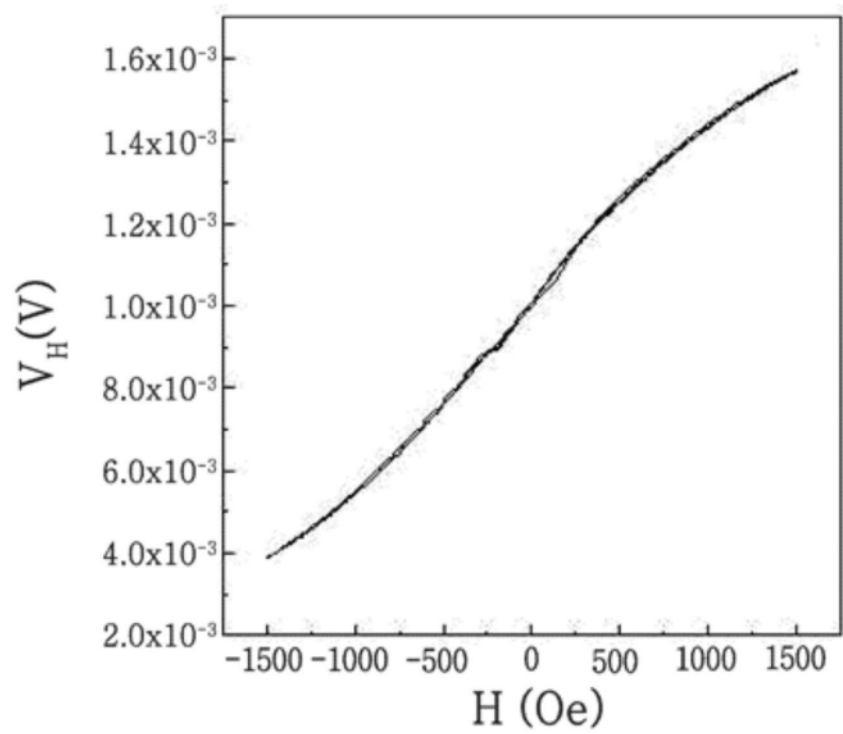


图9

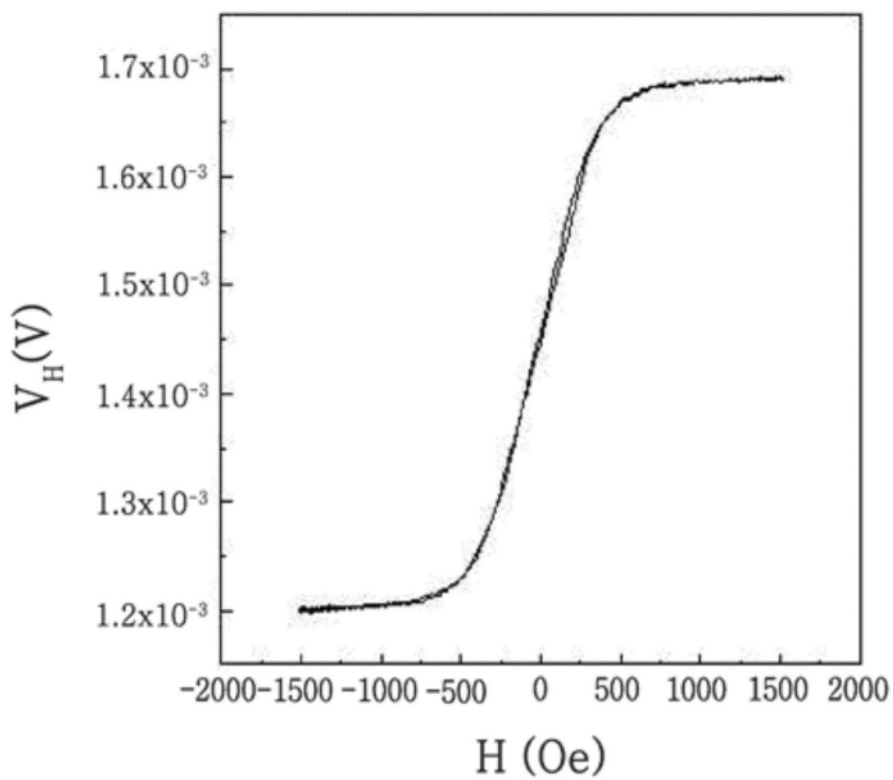


图10

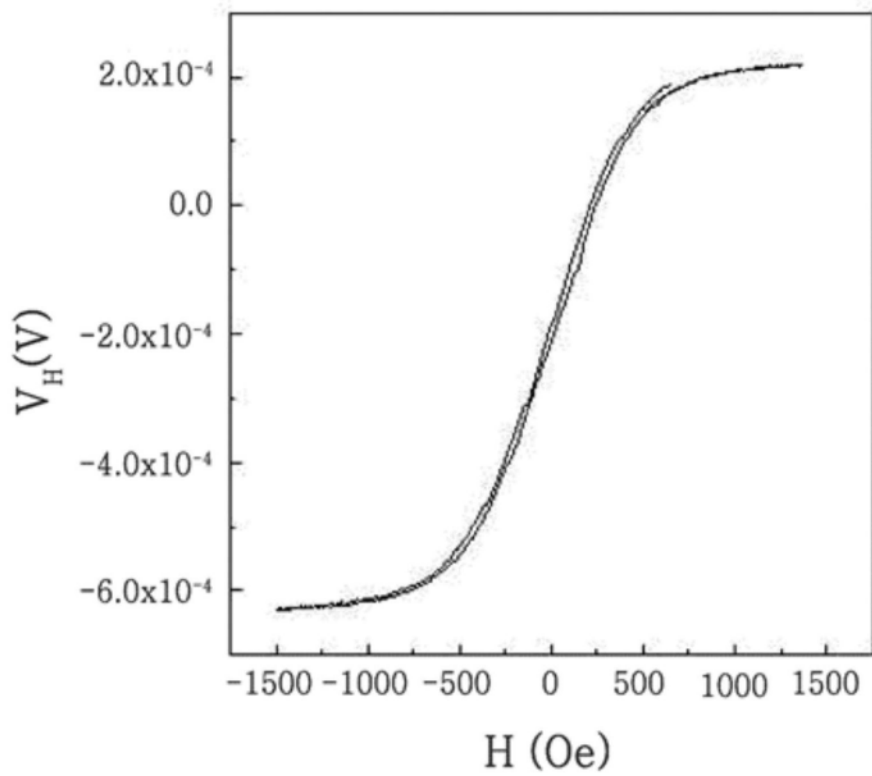


图11

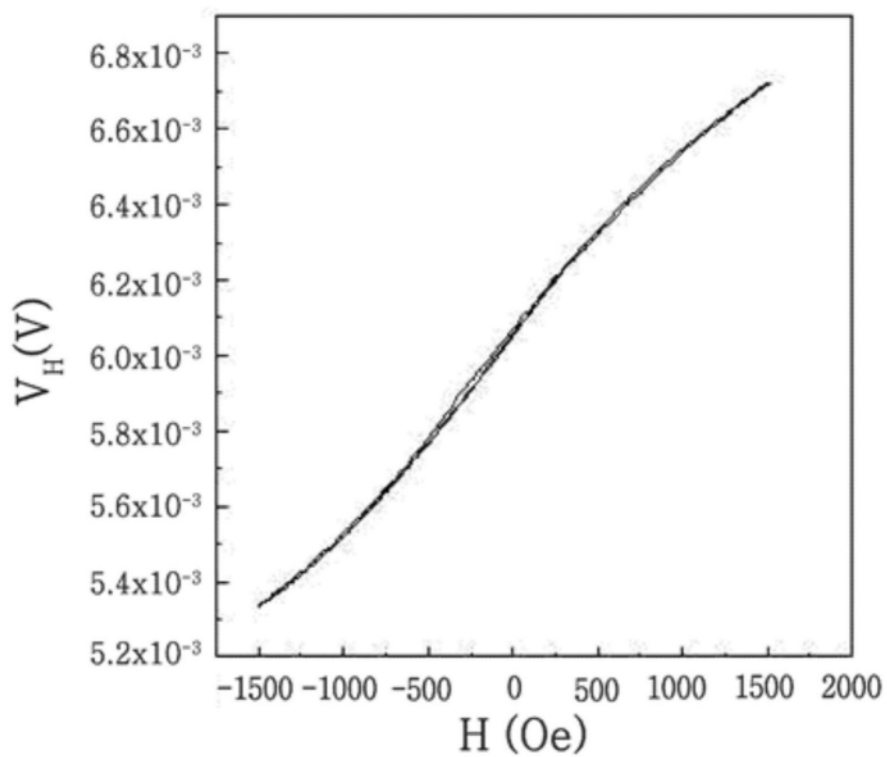


图12

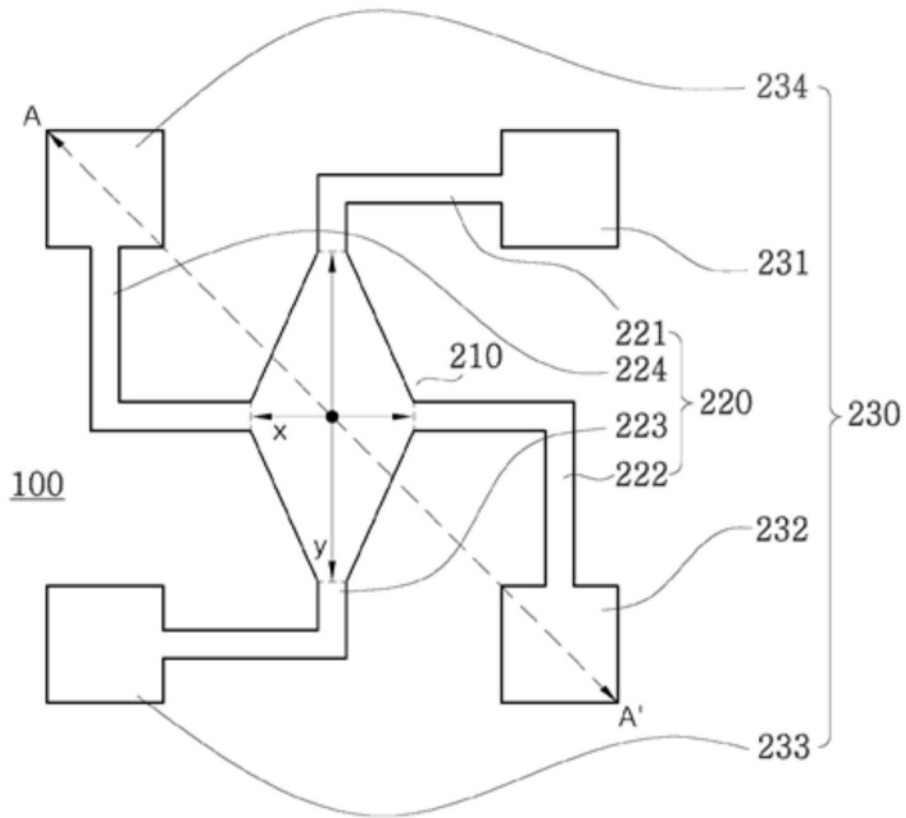


图13

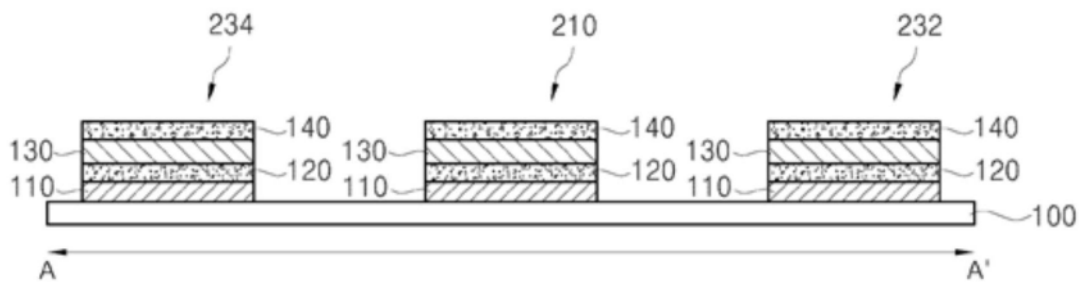


图14

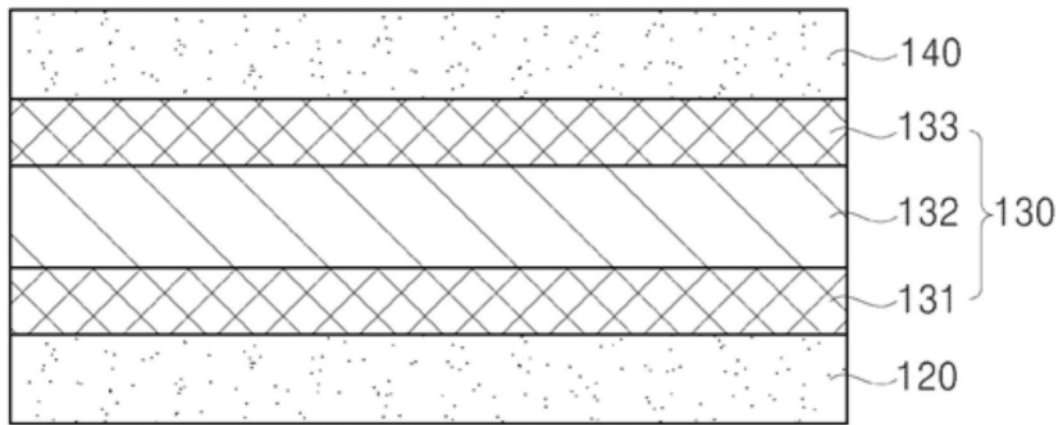


图15

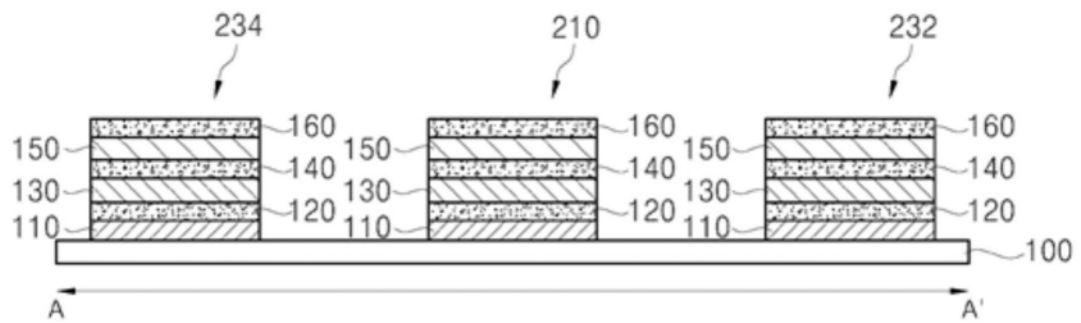


图16

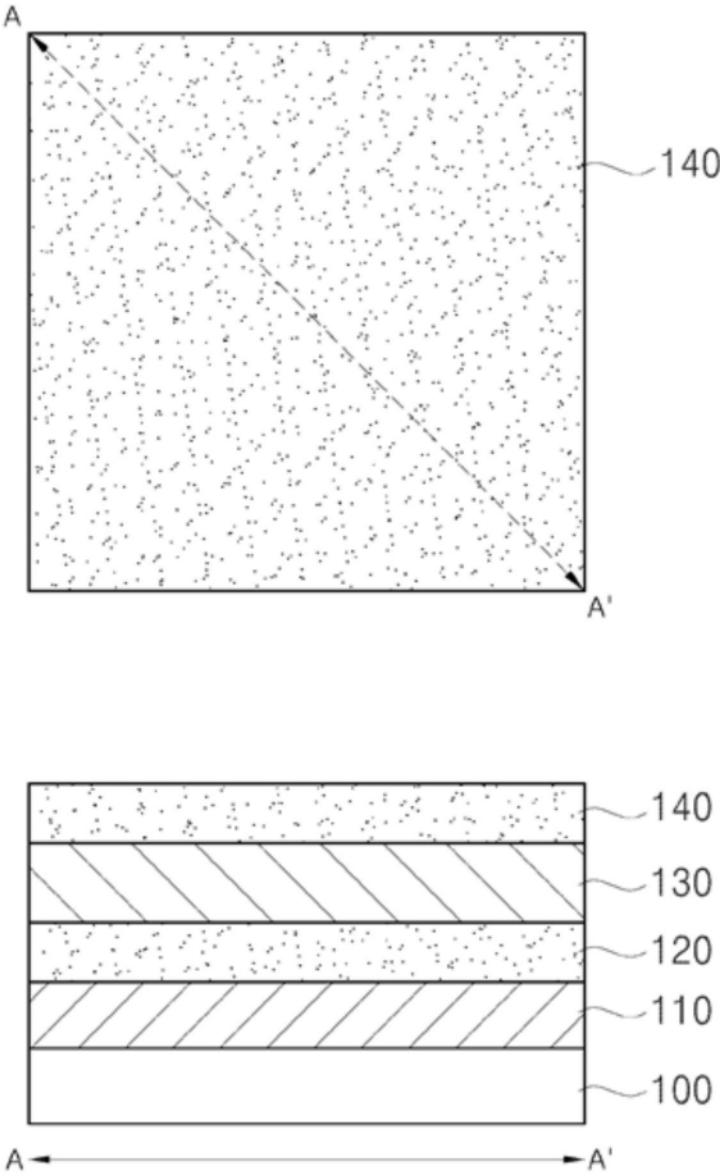


图17

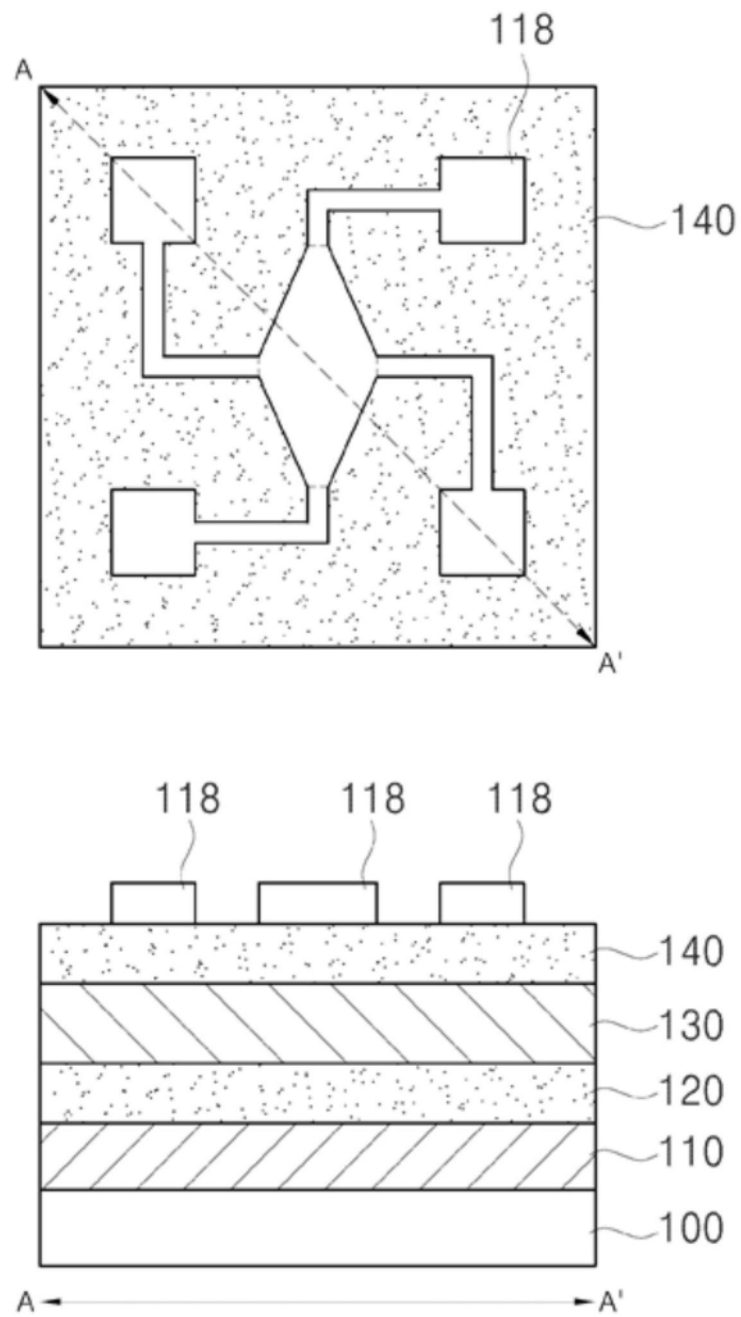


图18

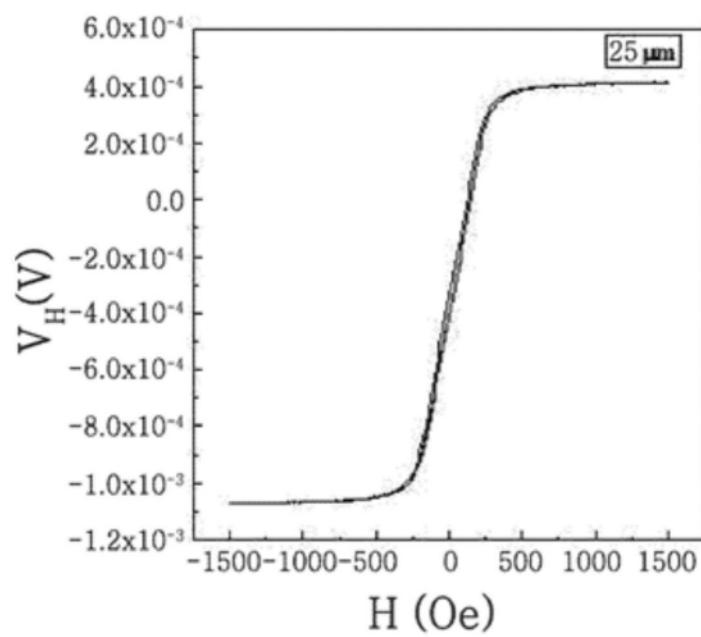


图19

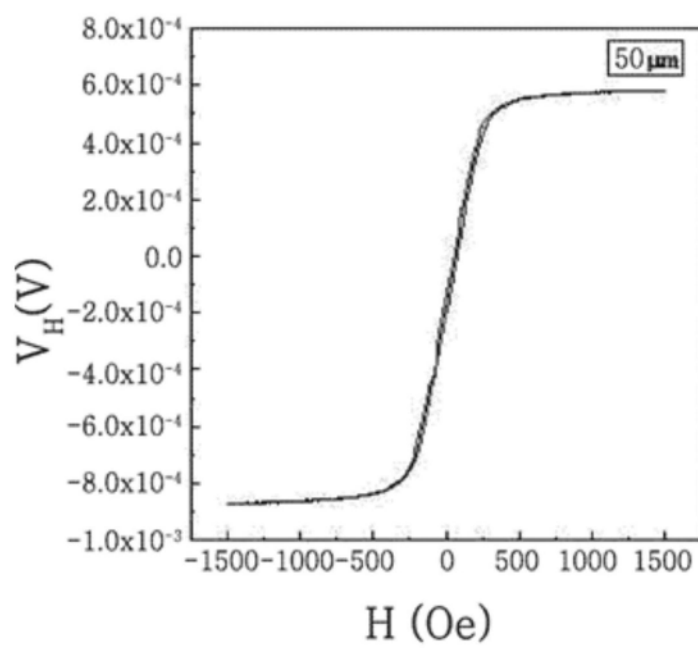


图20

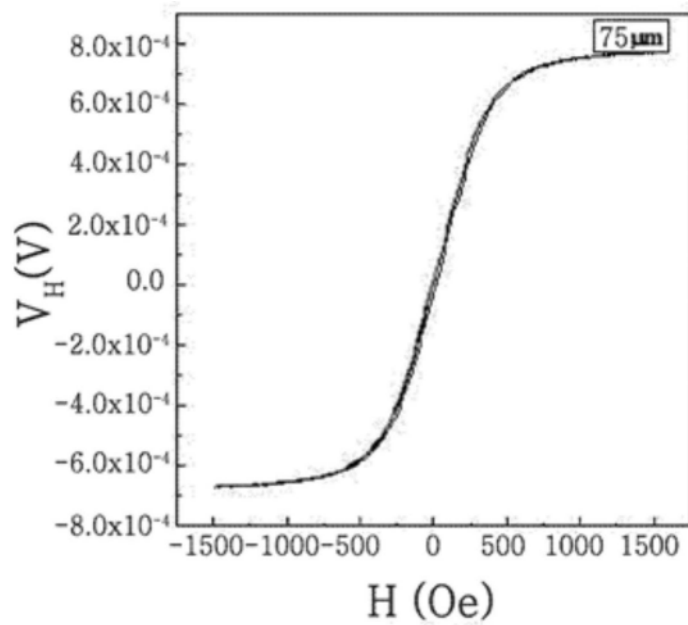


图21

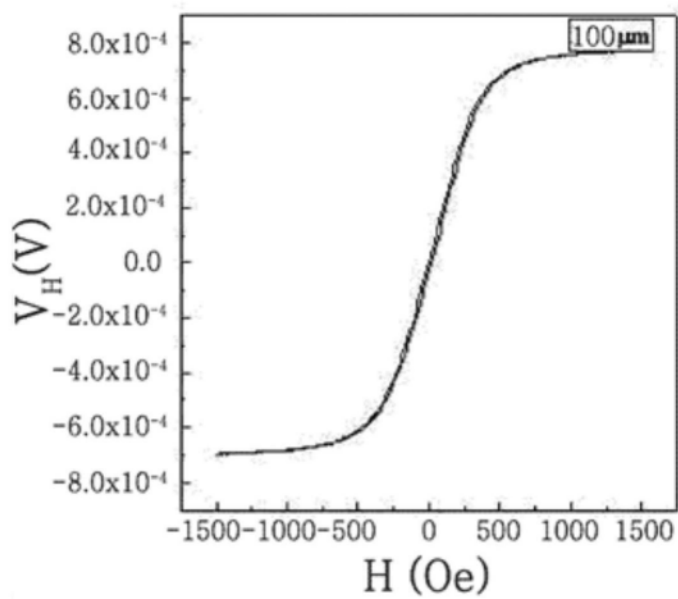


图22