



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115691564 B

(45) 授权公告日 2025.06.20

(21) 申请号 202210026346.3

(22) 申请日 2022.01.11

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 115691564 A

(43) 申请公布日 2023.02.03

(30) 优先权数据  
2021-125149 2021.07.30 JP

(73) 专利权人 株式会社 东芝  
地址 日本东京都  
专利权人 东芝电子元件及存储装置株式会社

(72) 发明人 中川裕治 高岸雅幸 成田直幸  
永泽鹤美 前田知幸

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所  
11247

专利代理师 张轶楠 段承恩

(51) Int.Cl.  
G11B 5/127 (2006.01)  
G11B 5/31 (2006.01)  
G11B 5/39 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 10121497 B1, 2018.11.06  
CN 105023586 A, 2015.11.04

审查员 李雪蕊

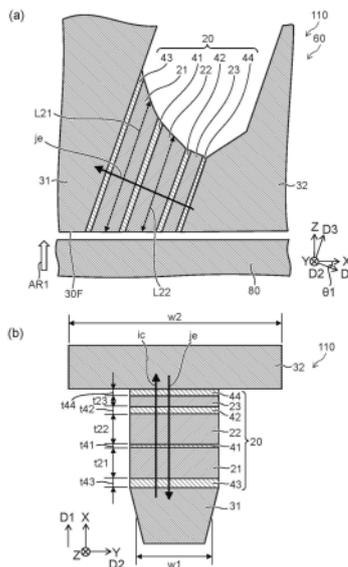
权利要求书3页 说明书16页 附图19页

(54) 发明名称

磁头及磁记录装置

(57) 摘要

本公开提供能够实现记录密度的提高的磁头及磁记录装置。根据实施方式,磁头包括第1磁极、第2磁极及设置于所述第1磁极与所述第2磁极之间的层叠体。层叠体中包含的第3磁性层包含  $(Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}E_y$ , 第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种,其中,  $10atm\% \leq x \leq 50atm\%$ ,  $10atm\% \leq y \leq 90atm\%$ 。



1. 一种磁头,具备:

第1磁极;

第2磁极;及

层叠体,设置于所述第1磁极与所述第2磁极之间,

所述层叠体包括:

第1磁性层;

第2磁性层,设置于所述第1磁性层与所述第2磁极之间;

第3磁性层,设置于所述第2磁性层与所述第2磁极之间;

第1非磁性层,设置于所述第1磁性层与所述第2磁性层之间;

第2非磁性层,设置于所述第2磁性层与所述第3磁性层之间;

第3非磁性层,设置于所述第1磁极与所述第1磁性层之间;及

第4非磁性层,设置于所述第3磁性层与所述第2磁极之间,

所述第4非磁性层包含选自Cu、Au、Cr、Al、V及Ag中的至少一种,

所述第3磁性层包含 $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$ ,第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种,其中, $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ , $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ ,所述第1磁性层及所述第2磁性层不包含所述第2元素E,或者,所述第1磁性层及所述第2磁性层中的所述第2元素E的浓度比所述第3磁性层中的所述第2元素E的浓度低,

沿着第2方向的所述第1磁极的第1磁极长度比沿着所述第2方向的所述第2磁极的第2磁极长度短,所述第2方向相对于作为从所述第1磁性层向所述第2磁性层的方向的第1方向垂直且沿着所述第1磁极的介质相对面,

沿着第3方向的所述第1磁性层的第1磁性层长度比沿着所述第3方向的所述第2磁性层的第2磁性层长度长,所述第3方向相对于所述第1方向垂直。

2. 一种磁头,具备:

第1磁极;

第2磁极;及

层叠体,设置于所述第1磁极与所述第2磁极之间,

所述层叠体包括:

第1磁性层;

第2磁性层,设置于所述第1磁性层与所述第2磁极之间;

第3磁性层,设置于所述第2磁性层与所述第2磁极之间;

第1非磁性层,设置于所述第1磁性层与所述第2磁性层之间;

第2非磁性层,设置于所述第2磁性层与所述第3磁性层之间;及

第3非磁性层,设置于所述第1磁极与所述第1磁性层之间,

所述第3磁性层包含 $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$ ,第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种,其中, $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ , $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ ,所述第1磁性层及所述第2磁性层不包含所述第2元素E,或者,所述第1磁性层及所述第2磁性层中的所述第2元素E的浓度比所述第3磁性层中的所述第2元素E的浓度低,

所述第3磁性层与所述第2磁极相接,

沿着第2方向的所述第1磁极的第1磁极长度比沿着所述第2方向的所述第2磁极的第2

磁极长度短,所述第2方向相对于作为从所述第1磁性层向所述第2磁性层的方向的第1方向垂直且沿着所述第1磁极的介质相对面,

沿着第3方向的所述第1磁性层的第1磁性层长度比沿着所述第3方向的所述第2磁性层的第2磁性层长度长,所述第3方向相对于所述第1方向垂直。

3. 根据权利要求1所述的磁头,  
所述第3方向与所述第2方向交叉。

4. 根据权利要求1所述的磁头,  
所述第3方向沿着所述第2方向。

5. 一种磁头,具备:

第1磁极;

第2磁极;及

层叠体,设置于所述第1磁极与所述第2磁极之间,

所述层叠体包括:

第1磁性层;

第2磁性层,设置于所述第1磁极与所述第1磁性层之间;

第3磁性层,设置于所述第1磁极与所述第2磁性层之间;

第1非磁性层,设置于所述第2磁性层与所述第1磁性层之间;

第2非磁性层,设置于所述第3磁性层与所述第2磁性层之间;

第3非磁性层,设置于所述第1磁性层与所述第2磁极之间;及

第4非磁性层,设置于所述第3磁性层与所述第1磁极之间,

所述第4非磁性层包含选自Cu、Au、Cr、Al、V及Ag中的至少一种,

所述第3磁性层包含  $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$ , 第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种,其中,  $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ ,  $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ , 所述第1磁性层及所述第2磁性层不包含所述第2元素E, 或者, 所述第1磁性层及所述第2磁性层中的所述第2元素E的浓度比所述第3磁性层中的所述第2元素E的浓度低,

沿着第2方向的所述第1磁极的第1磁极长度比沿着所述第2方向的所述第2磁极的第2磁极长度短,所述第2方向相对于作为从所述第2磁性层向所述第1磁性层的方向的第1方向垂直且沿着所述第1磁极的介质相对面,

沿着第3方向的所述第2磁性层的第2磁性层长度比沿着所述第3方向的所述第1磁性层的第1磁性层长度长,所述第3方向相对于所述第1方向垂直。

6. 一种磁头,具备:

第1磁极;

第2磁极;及

层叠体,设置于所述第1磁极与所述第2磁极之间,

所述层叠体包括:

第1磁性层;

第2磁性层,设置于所述第1磁极与所述第1磁性层之间;

第3磁性层,设置于所述第1磁极与所述第2磁性层之间;

第1非磁性层,设置于所述第2磁性层与所述第1磁性层之间;

第2非磁性层,设置于所述第3磁性层与所述第2磁性层之间;及

第3非磁性层,设置于所述第1磁性层与所述第2磁极之间,

所述第3磁性层包含  $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$ ,第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种,其中, $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ , $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ ,所述第1磁性层及所述第2磁性层不包含所述第2元素E,或者,所述第1磁性层及所述第2磁性层中的所述第2元素E的浓度比所述第3磁性层中的所述第2元素E的浓度低,

所述第3磁性层与所述第1磁极相接,

沿着第2方向的所述第1磁极的第1磁极长度比沿着所述第2方向的所述第2磁极的第2磁极长度短,所述第2方向相对于作为从所述第2磁性层向所述第1磁性层的方向的第1方向垂直且沿着所述第1磁极的介质相对面,

沿着第3方向的所述第2磁性层的第2磁性层长度比沿着所述第3方向的所述第1磁性层的第1磁性层长度长,所述第3方向相对于所述第1方向垂直。

7. 根据权利要求6所述的磁头,

所述第3方向与所述第2方向交叉。

8. 根据权利要求6所述的磁头,

所述第3方向沿着所述第2方向。

9. 根据权利要求1所述的磁头,

$25\text{atm}\% \leq x \leq 35\text{atm}\%$ 。

10. 一种磁记录装置,具备:

权利要求1所述的磁头;及

电路,

所述电路能够向所述层叠体供给电流,

所述电流具有从所述第1磁性层向所述第2磁性层的朝向。

## 磁头及磁记录装置

[0001] 本申请以日本专利申请2021-125149(申请日2021年7月30日)为基础,根据该申请而享受优先的利益。本申请通过参照该申请而包括该申请的全部内容。

### 技术领域

[0002] 本发明的实施方式涉及磁头及磁记录装置。

### 背景技术

[0003] 使用磁头,向HDD(Hard Disk Drive:硬盘驱动器)等磁记录介质记录信息。在磁头及磁记录装置中,期望记录密度的提高。

### 发明内容

[0004] 本发明的实施方式提供能够实现记录密度的提高的磁头及磁记录装置。

[0005] 用于解决课题的技术方案

[0006] 根据本发明的实施方式,磁头包括第1磁极、第2磁极及设置于所述第1磁极与所述第2磁极之间的层叠体。所述层叠体包括第1磁性层、设置于所述第1磁性层与所述第2磁极之间的第2磁性层、设置于所述第2磁性层与所述第2磁极之间的第3磁性层、设置于所述第1磁性层与所述第2磁性层之间的第1非磁性层、设置于所述第2磁性层与所述第3磁性层之间的第2非磁性层、设置于所述第1磁极与所述第1磁性层之间的第3非磁性层及设置于所述第3磁性层与所述第2磁极之间的第4非磁性层。所述第4非磁性层包含选自Cu、Au、Cr、Al、V及Ag中的至少一种。所述第3磁性层包含 $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$  ( $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ ,  $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ )。第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种。沿着第2方向的所述第1磁极的第1磁极长度比沿着所述第2方向的所述第2磁极的第2磁极长度短。所述第2方向相对于从所述第1磁性层向所述第2磁性层的第1方向垂直且沿着所述第1磁极的介质相对面。沿着第3方向的所述第1磁性层的第1磁性层长度比沿着所述第3方向的所述第2磁性层的第2磁性层长度长。所述第3方向相对于所述第1方向垂直。

[0007] 根据上述结构的磁头,能够提供能实现记录密度的提高的磁头及磁记录装置。

### 附图说明

[0008] 图1的(a)及图1的(b)是例示第1实施方式的磁头的示意图。

[0009] 图2是例示第1实施方式的磁记录装置的示意性剖视图。

[0010] 图3的(a)及图3的(b)是例示第1实施方式的磁头的示意图。

[0011] 图4的(a)及图4的(b)是例示第1实施方式的磁头的示意图。

[0012] 图5是例示第1实施方式的磁头的示意性剖视图。

[0013] 图6是例示第1实施方式的磁头的示意性剖视图。

[0014] 图7是例示第1实施方式的磁头的示意性平面图。

[0015] 图8是例示第1实施方式的磁头的示意性平面图。

- [0016] 图9的(a)及图9的(b)是例示第2实施方式的磁头的示意图。
- [0017] 图10的(a)及图10的(b)是例示第2实施方式的磁头的示意图。
- [0018] 图11是例示第2实施方式的磁头的示意性剖视图。
- [0019] 图12是例示第2实施方式的磁头的示意性剖视图。
- [0020] 图13是例示第2实施方式的磁头的示意性平面图。
- [0021] 图14是例示第2实施方式的磁头的示意性平面图。
- [0022] 图15的(a)及图15的(b)是例示磁头中包含的磁性层的特性的曲线图。
- [0023] 图16是例示磁头中包含的磁性层的特性的曲线图。
- [0024] 图17是例示磁头中包含的磁性层的特性的曲线图。
- [0025] 图18是例示实施方式的磁记录装置的示意性立体图。
- [0026] 图19是例示实施方式的磁记录装置的一部分的示意性立体图。
- [0027] 图20是例示实施方式的磁记录装置的示意性立体图。
- [0028] 图21的(a)及图21的(b)是例示实施方式的磁记录装置的一部分的示意性立体图。
- [0029] 附图标记说明
- [0030] 20…层叠体,20D…电路,21~23…第1~第3磁性层,21M、22M…磁化,25a~25c…磁性层,30D…记录电路,30F…介质相对面,30c…线圈,30i…绝缘部,31、32…第1、第2磁极,31M、32M…磁场,33…屏蔽件,41~44…第1~第4非磁性层,45a~45d…非磁性层,60…记录部,70…再现部,71…磁再现元件,72a、72b…第1、第2再现磁屏蔽件,80…磁记录介质,81…磁记录层,82…介质基板,83…磁化,85…介质移动方向, $\theta 1$ …角度,110~115、118、120~125…磁头,150…磁记录装置,154…悬架,155…臂,156…音圈马达,157…轴承部,158…头万向节组件,159…头滑块,159A…空气流入侧,159B…空气流出侧,160…头堆叠组件,161…支承框架,162…线圈,180…记录用介质盘,180M…主轴马达,181…记录介质,190…信号处理部,210…磁记录装置,AR、AR1…箭头,Bm1…饱和磁通密度,D1~D3…第1~第3方向,Iw…记录电流,L21、L22…第1、第2磁性层长度,OS…振荡强度,Ps1…自旋极化,SNR…SN比,T1、T2…第1、第2端子,W1、W2…第1、第2布线,ic…电流,je…电子流,t21~t23…第1~第3磁性层厚度,t41~t44…第1~第4非磁性层厚度,w1、w2…第1、第2磁极长度

## 具体实施方式

- [0031] (第1实施方式)
- [0032] 图1的(a)及图1的(b)是例示第1实施方式的磁头的示意图。
- [0033] 图1的(a)是剖视图。图1的(b)是从图1的(a)的箭头AR1观察时的平面图。
- [0034] 图2是例示第1实施方式的磁记录装置的示意性剖视图。
- [0035] 如图2所示,实施方式的磁记录装置210包括磁头110和电路20D。磁记录装置210也可以包括磁记录介质80。在磁记录装置210中,至少进行记录动作。在记录动作中,使用磁头110向磁记录介质80记录信息。
- [0036] 磁头110包括记录部60。如后所述,磁头110也可以包括再现部。记录部60包括第1磁极31、第2磁极32及层叠体20。层叠体20设置于第1磁极31与第2磁极32之间。
- [0037] 例如,第1磁极31及第2磁极32形成磁路。第1磁极31例如是主磁极。第2磁极32例如是尾随屏蔽件。

[0038] 将从磁记录介质80向磁头110的方向设为Z轴方向。将相对于Z轴方向垂直的1个方向设为X轴方向。将相对于Z轴方向及X轴方向垂直的方向设为Y轴方向。Z轴方向例如对应于高度方向。X轴方向例如对应于沿磁道方向(down track)。Y轴方向例如对应于跨磁道方向(cross track)。磁记录介质80和磁头110沿着沿磁道方向而相对地移动。对磁记录介质80的期望的位置施加从磁头110产生的磁场(记录磁场)。磁记录介质80的期望的位置的磁化被控制成与记录磁场相应的方向。由此,向磁记录介质80记录信息。

[0039] 将从第1磁极31向第2磁极32的方向设为第1方向D1。第1方向D1实质上沿着X轴方向。在实施方式中,第1方向D1也可以相对于X轴方向以小的角度倾斜。

[0040] 如图2所示,设置线圈30c。在该例子中,线圈30c的一部分处于第1磁极31与第2磁极32之间。在该例子中,设置有屏蔽件33。在X轴方向上,第1磁极31处于屏蔽件33与第2磁极32之间。线圈30c的另外的一部分处于屏蔽件33与第1磁极31之间。在这多个要素之间设置绝缘部30i。屏蔽件33例如是引导屏蔽件。磁头110也可以包括侧屏蔽件(未图示)。

[0041] 如图2所示,从记录电路30D向线圈30c供给记录电流 $I_w$ 。从第1磁极31向磁记录介质80施加与记录电流 $I_w$ 相应的记录磁场。

[0042] 如图2所示,第1磁极31包括介质相对面30F。介质相对面30F例如是ABS(Air Bearing Surface:空气支承面)。介质相对面30F例如与磁记录介质80相对。介质相对面30F例如沿着X-Y平面。

[0043] 如图2所示,电路20D与层叠体20电连接。在该例子中,层叠体20与第1磁极31及第2磁极32电连接。在磁头110设置第1端子T1及第2端子T2。第1端子T1经由第1布线W1及第1磁极31而与层叠体20电连接。第2端子T2经由第2布线W2及第2磁极32而与层叠体20电连接。从电路20D例如向层叠体20供给电流(例如,直流电流)。

[0044] 如图1的(a)及图1的(b)所示,层叠体20包括第1磁性层21、第2磁性层22、第3磁性层23、第1非磁性层41、第2非磁性层42、第3非磁性层43及第4非磁性层44。在图1的(a)及图1的(b)中,绝缘部30i被省略。

[0045] 第2磁性层22设置于第1磁性层21与第2磁极32之间。第3磁性层23设置于第2磁性层22与第2磁极32之间。第1非磁性层41设置于第1磁性层21与第2磁性层22之间。第2非磁性层42设置于第2磁性层22与第3磁性层23之间。第3非磁性层43设置于第1磁极31与第1磁性层21之间。第4非磁性层44设置于第3磁性层23与第2磁极32之间。

[0046] 第1非磁性层41例如可以与第1磁性层21和第2磁性层22相接。第2非磁性层42例如可以与第2磁性层22和第3磁性层23相接。第3非磁性层43例如可以与第1磁极31和第1磁性层21相接。第4非磁性层44例如可以与第3磁性层23和第2磁极32相接。

[0047] 如图1的(a)所示,在该例子中,从第1磁性层21向第2磁性层22的第1方向D1相对于第1磁极31的介质相对面30F倾斜。第1方向D1对应于层叠体20的层叠方向。

[0048] 将相对于第1方向D1垂直且沿着第1磁极31的介质相对面30F的方向设为第2方向D2。第2方向D2例如是Y轴方向(跨磁道方向)。

[0049] 如图1的(b)所示,将沿着第2方向D2的第1磁极31的长度设为第1磁极长度 $w_1$ 。将沿着第2方向D2的第2磁极32的长度设为第2磁极长度 $w_2$ 。这些长度也可以是宽度。第1磁极长度 $w_1$ 比第2磁极长度 $w_2$ 短。

[0050] 第1磁极长度 $w_1$ 在实用上可以设为第1磁极31的X轴方向的中心位置处的、第1磁极

31的沿着第2方向D2(Y轴方向)的长度。第2磁极长度w2在实用上可以设为第2磁极32的X轴方向的中心位置处的、第2磁极32的沿着第2方向D2(Y轴方向)的长度。

[0051] 通过第1磁极长度w1比第2磁极长度w2短,来自第1磁极31的磁场会容易进入第2磁极32,第2磁极32容易作为尾随屏蔽件发挥功能。

[0052] 如图1的(a)所示,将相对于第1方向D1垂直的1个方向设为第3方向D3。在该例子中,第3方向D3与第2方向D2交叉。第3方向D3例如相对于第2方向D2垂直。在该例子中,由于第1方向D1相对于介质相对面30F倾斜,所以第3方向D3相对于介质相对面30F倾斜。

[0053] 将沿着第3方向D3的第1磁性层21的长度设为第1磁性层长度L21。将沿着第3方向D3的第2磁性层22的长度设为第2磁性层长度L22。第1磁性层长度L21比第2磁性层长度L22长。如后所述,通过这样的长度的关系,在层叠体20中会容易得到稳定的振荡。

[0054] 如图1的(b)所示,向这样的层叠体20供给电流ic。电流ic例如从上述的电路20D供给。如图1的(b)所示,电流ic具有从第1磁性层21向第2磁性层22的朝向。如图1的(a)及图1的(b)所示,伴随于电流ic的电子流je具有从第2磁性层22向第1磁性层21的朝向。

[0055] 例如,通过阈值以上的电流ic在层叠体20中流动,层叠体20的磁化振荡。层叠体20例如作为STO(Spin-Torque Oscillator:自旋转矩振荡器)发挥功能。伴随于振荡,从层叠体20产生交变磁场(例如高频磁场)。在层叠体20产生的交变磁场向磁记录介质80施加,向磁记录介质80的写入被辅助。例如,能够实施MAMR(Microwave Assisted Magnetic Recording:微波辅助磁记录)。

[0056] 在磁头110中,第1磁性层21及第2磁性层22例如作为振荡层发挥功能。第3磁性层23作为自旋注入层发挥功能。第3磁性层23的磁化不被固定为特定的方向。在动作中,第3磁性层23的磁化的朝向能够变化。

[0057] 例如,在第1磁极31反射的自旋转矩向第1磁性层21作用。例如,来自第3磁性层23的透过的自旋转矩向第2磁性层22注入。在第1磁性层21及第2磁性层22中,产生互相反向的磁化,可认为这些磁化容易稳定地振荡。

[0058] 在磁头110中,第4非磁性层44例如包含选自Cu、Au、Cr、Al、V及Ag中的至少一种。第3磁性层23例如包含 $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$  ( $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ ,  $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ ),第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种。

[0059] 第1磁性层21及第2磁性层22不包含上述的第2元素。或者,第1磁性层21及第2磁性层22中的第2元素的浓度比第3磁性层23中的第2元素的浓度低。第1磁性层21包含Fe、Co及Ni中的至少一种。第2磁性层22包含Fe、Co及Ni中的至少一种。

[0060] 例如,第1磁性层21及第2磁性层22具有正的自旋极化。第3磁性层23具有负的自旋极化。在这样的层叠体20中,能得到高效率的振荡。

[0061] 例如,来自第2磁极32的透过的自旋转矩向第3磁性层23注入。在第3磁性层23中,产生相对于第2磁极32的磁化平行的磁化,可认为从第3磁性层23向第2磁性层22的透过的自旋转矩稳定。可认为第1磁性层21及第2磁性层22的磁化容易振荡。

[0062] 图3的(a)及图3的(b)是例示磁头的示意性剖视图。

[0063] 图3的(a)对应于实施方式的磁头110。在磁头110中,第1磁性层21的尺寸(第1磁性层长度L21,参照图1的(a))比第2磁性层22的尺寸(第2磁性层长度L22,参照图1的(a))大。图3的(b)对应于参考例的磁头118。在磁头118中,第1磁性层21的尺寸与第2磁性层22的尺

寸相同。例如,如图3的(a)及图3的(b)所示,第1磁性层21的磁化 $21M$ 和第2磁性层22的磁化 $22M$ 反平行。

[0064] 如图3的(b)所示,基于第1磁性层21的影响的磁场 $31M$ 在第1磁极31产生。基于第2磁性层22的影响的磁场 $32M$ 在第2磁极32产生。在参考例的磁头118中,第1磁性层21的尺寸与第2磁性层22的尺寸相同,因此磁场 $31M$ 与磁场 $32M$ 实质上相同。

[0065] 相对于此,如图3的(a)所示,在第1磁性层21的尺寸比第2磁性层22的尺寸大的磁头110的情况下,基于第1磁性层21的影响的磁场 $31M$ 变大,基于第2磁性层22的影响的磁场 $32M$ 小或者实质上不产生。

[0066] 这样,在实施方式的磁头110中,通过使第1磁性层长度 $L21$ 比第2磁性层长度 $L22$ 长,能够增大第1磁极31中的磁场 $31M$ 。并且,能够抑制第2磁极32中的磁场 $32M$ 。由此,能够增大第1磁极31与层叠体20的相互作用。能够抑制在第2磁极32产生的噪声。

[0067] 在实施方式中,在层叠体20中容易得到稳定的振荡。由此,能够实施稳定的MAMR。根据实施方式,能够提供能实现记录密度的提高的磁头。

[0068] 在实施方式中,第1非磁性层41例如包含选自Ru、Ir、Ta及W中的至少一种第1元素。将沿着第1方向 $D1$ 的第1非磁性层41的厚度设为第1非磁性层厚度 $t41$ (参照图1的(b))。在实施方式中,第1非磁性层厚度 $t41$ 例如为0.2nm以上且3nm以下。通过这样的结构,第1磁性层21及第2磁性层22容易反铁磁性耦合。

[0069] 通过第1磁性层21及第2磁性层22反铁磁性耦合,例如,从层叠体20产生的交变磁场的垂直成分(沿着Z轴方向的成分)被抑制。另一方面,交变磁场的面内成分(沿着X-Y平面的成分)增强。在实施方式中,通过从层叠体20产生的交变磁场的垂直成分(沿着Z轴方向的成分)被抑制,例如,SNR提高。

[0070] 在实施方式中,第1磁性层21的磁厚度可以与第2磁性层22的磁厚度实质上相同。例如,沿着第1方向 $D1$ 的第1磁性层21的厚度(第1磁性层厚度 $t21$ )和第1磁性层21的饱和磁化的第1积可以与沿着第1方向 $D1$ 的第2磁性层22的厚度(第2磁性层厚度 $t22$ )和第2磁性层22的饱和磁化的第2积实质上相同。例如,第1积可以为第2积的0.8倍以上且1.25倍以下。

[0071] 例如,第2磁性层厚度 $t22$ 可以为第1磁性层厚度 $t21$ 的0.8倍以上且1.25倍以下。

[0072] 在实施方式中,第1磁性层厚度 $t21$ 例如为5nm以上且15nm以下。在1个例子中,第1磁性层厚度 $t21$ 例如为8nm以上且10nm以下。第2磁性层厚度 $t22$ 例如为5nm以上且15nm以下。在1个例子中,第2磁性层厚度 $t22$ 例如为8nm以上且10nm以下。

[0073] 将沿着第1方向 $D1$ 的第3磁性层23的厚度设为第3磁性层厚度 $t23$ (参照图1的(b))。第3磁性层厚度 $t23$ 例如比第1磁性层厚度 $t21$ 薄,比第2磁性层厚度 $t22$ 薄。第3磁性层厚度 $t23$ 例如为第1磁性层厚度 $t21$ 的0.7倍以下,为第2磁性层厚度 $t22$ 的0.7倍以下。第3磁性层厚度 $t23$ 例如为0.5nm以上且6nm以下。第3磁性层厚度 $t23$ 例如也可以为1nm以上且5nm以下。

[0074] 将沿着第1方向 $D1$ 的第2非磁性层42的厚度设为第2非磁性层厚度 $t42$ (参照图1的(b))。第2非磁性层厚度 $t42$ 例如为1nm以上且5nm以下。将沿着第1方向 $D1$ 的第3非磁性层43的厚度设为第3非磁性层厚度 $t43$ (参照图1的(b))。第3非磁性层厚度 $t43$ 例如为1nm以上且5nm以下。将沿着第1方向 $D1$ 的第4非磁性层44的厚度设为第4非磁性层厚度 $t44$ (参照图1的(b))。第4非磁性层厚度 $t44$ 例如为1nm以上且5nm以下。通过这样的厚度,例如,层间的自旋传导变得容易。例如,容易得到稳定的振荡。

[0075] 在实施方式中,第2非磁性层42及第3非磁性层43例如包含选自Cu、Au、Cr、Al、V及Ag中的至少一种。在第2非磁性层42及第3非磁性层43中,例如能得到高的自旋透过率。例如,容易得到稳定的振荡。

[0076] 在磁头110中,第1方向D1与介质相对面30F之间的角度 $\theta_1$ (参照图1的(a))例如可以为10度以上且30度以下。

[0077] 图4的(a)及图4的(b)是例示第1实施方式的磁头的示意图。

[0078] 图4的(a)是剖视图。图4的(b)是从图4的(a)的箭头AR1观察时的平面图。

[0079] 如图4的(a)所示,磁头111的记录部60也包括第1磁极31、第2磁极32及设置于第1磁极31与第2磁极32之间的层叠体20。如图4的(a)及图4的(b)所示,层叠体20包括第1~第3磁性层21~23及第1~第3非磁性层41~43。第2磁性层22设置于第1磁性层21与第2磁极32之间。第3磁性层23设置于第2磁性层22与第2磁极32之间。第1非磁性层41设置于第1磁性层21与第2磁性层22之间。第2非磁性层42设置于第2磁性层22与第3磁性层23之间。第3非磁性层43设置于第1磁极31与第1磁性层21之间。例如,第3磁性层23可以与第2磁极32相接。例如,第3磁性层23的磁化和第2磁极32的磁化耦合,可认为从第3磁性层23向第2磁性层22的透过的自旋转矩稳定。可认为第1磁性层21及第2磁性层22的磁化容易振荡。

[0080] 在磁头111中,第1磁性层21包含Fe、Co及Ni中的至少一种。第2磁性层22包含Fe、Co及Ni中的至少一种。第3磁性层23例如包含 $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$  ( $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ ,  $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ ),第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种。

[0081] 第1磁性层21及第2磁性层22不包含上述的第2元素。或者,第1磁性层21及第2磁性层22中的第2元素的浓度比第3磁性层23中的第2元素的浓度低。第1磁性层21包含Fe、Co及Ni中的至少一种。第2磁性层22包含Fe、Co及Ni中的至少一种。

[0082] 例如,第1磁性层21及第2磁性层22具有正的自旋极化。第3磁性层23具有负的自旋极化。

[0083] 作为磁头111中的上述以外的结构,可以应用于关于磁头110说明过的结构。例如,第1磁性层长度L21比第2磁性层长度L22长。在磁头111中,也能得到稳定的振荡。

[0084] 例如,如图4的(b)所示,向层叠体20供给电流 $i_c$ 。电流 $i_c$ 从电路20D(参照图2)供给。电流 $i_c$ 具有从第1磁性层21向第2磁性层22的朝向。伴随于电流 $i_c$ 的电子流 $j_e$ 具有从第2磁性层22向第1磁性层21的朝向。

[0085] 图5是例示第1实施方式的磁头的示意性剖视图。

[0086] 如图5所示,在实施方式的磁头112中,第1方向D1(层叠方向)沿着介质相对面30F。在磁头112中,例如,第1磁性层长度L21也比第2磁性层长度L22长。磁头112中的除此以外的结构可以与磁头110是同样的。

[0087] 图6是例示第1实施方式的磁头的示意性剖视图。

[0088] 如图6所示,在实施方式的磁头113中,第1方向D1(层叠方向)沿着介质相对面30F。在磁头113中,例如,第1磁性层长度L21也比第2磁性层长度L22长。磁头113中的除此以外的结构可以与磁头111是同样的。

[0089] 图7是例示第1实施方式的磁头的示意性平面图。

[0090] 图7对应于从图1的(a)的箭头AR1观察时的平面图。如图7所示,在实施方式的磁头114中,层叠体20包括第1~第3磁性层21~23及第1~第4非磁性层41~44。如图7所示,第3

方向D3沿着第2方向D2(Y轴方向,跨磁道方向)。沿着第3方向D3的第1磁性层21的第1磁性层长度L21比沿着第3方向D3的第2磁性层22的第2磁性层长度L22长。磁头114中的除此以外的结构可以与磁头110是同样的。

[0091] 图8是例示第1实施方式的磁头的示意性平面图。

[0092] 图8对应于从图4的(a)的箭头AR1观察时的平面图。如图8所示,在实施方式的磁头115中,层叠体20包括第1~第3磁性层21~23及第1~第3非磁性层41~43。如图8所示,第3方向D3沿着第2方向D2(Y轴方向,跨磁道方向)。沿着第3方向D3的第1磁性层21的第1磁性层长度L21比沿着第3方向D3的第2磁性层22的第2磁性层长度L22长。磁头115中的除此以外的结构可以与磁头111是同样的。

[0093] 在磁头112~115中,也能得到稳定的振荡。

[0094] (第2实施方式)

[0095] 图9的(a)及图9的(b)是例示第2实施方式的磁头的示意图。

[0096] 图9的(a)是剖视图。图9的(b)是从图9的(a)的箭头AR1观察时的平面图。

[0097] 如图9的(a)所示,实施方式的磁头120也包括第1磁极31、第2磁极32及设置于第1磁极31与第2磁极32之间的层叠体20。在磁头120中,层叠体20中包含的多个层的顺序与磁头110中的多个层的顺序不同。磁头120中的除此以外的结构可以与磁头110的结构是同样的。

[0098] 如图9的(a)及图9的(b)所示,在磁头120中,层叠体20包括第1~第3磁性层21~23及第1~第4非磁性层41~44。第2磁性层22设置于第1磁极31与第1磁性层21之间。第3磁性层23设置于第1磁极31与第2磁性层22之间。第1非磁性层41设置于第2磁性层22与第1磁性层21之间。第2非磁性层42设置于第3磁性层23与第2磁性层22之间。第3非磁性层43设置于第1磁性层21与第2磁极32之间。第4非磁性层44设置于第1磁极31与第3磁性层23之间。

[0099] 如图9的(b)所示,向层叠体20供给电流 $i_c$ 。电流 $i_c$ 从电路20D(参照图2)供给。电流 $i_c$ 具有从第1磁性层21向第2磁性层22的朝向。伴随于电流 $i_c$ 的电子流 $j_e$ 具有从第2磁性层22向第1磁性层21的朝向。

[0100] 例如,在第2磁极32反射的自旋转矩向第1磁性层21作用。例如,来自第3磁性层23的透过的自旋转矩向第2磁性层22注入。在第1磁性层21及第2磁性层22中,产生互相反向的磁化,可认为这些磁化容易稳定地振荡。第1磁性层21及第2磁性层22例如作为振荡层发挥功能。第3磁性层23作为自旋注入层发挥功能。第3磁性层23的磁化不被固定为特定的方向。在磁头120中,能够实施MAMR。

[0101] 将从第2磁性层22向第1磁性层21的方向设为第1方向D1。将相对于第1方向D1垂直且沿着第1磁极31的介质相对面30F的方向设为第2方向D2。第2方向D2例如是Y轴方向(跨磁道方向)。如图9的(b)所示,沿着第2方向D2的第1磁极31的第1磁极长度 $w_1$ 比沿着第2方向D2的第2磁极32的第2磁极长度 $w_2$ 短。

[0102] 如图9的(a)所示,将相对于第1方向D1垂直的1个方向设为第3方向D3。在该例子中,第3方向D3与第2方向D2交叉。在该例子中,第1方向D1相对于介质相对面30F倾斜。第3方向D3相对于介质相对面30F倾斜。沿着第3方向D3的第2磁性层22的第2磁性层长度L22比沿着第3方向D3的第1磁性层21的第1磁性层长度L21长。

[0103] 通过这样的结构,能够增大第1磁极31中的磁场31M。并且,能够抑制第2磁极32中

的磁场32M。由此,能够增大第1磁极31与层叠体20的相互作用。能够抑制在第2磁极32产生的噪声。

[0104] 在实施方式中,在层叠体20中容易得到稳定的振荡。由此,能够实施稳定的MAMR。根据实施方式,能够提供能实现记录密度的提高的磁头。

[0105] 在磁头120中,第4非磁性层44例如包含选自Cu、Au、Cr、Al、V及Ag中的至少一种。第3磁性层23例如包含 $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$  ( $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ ,  $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ ),第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种。

[0106] 第1磁性层21及第2磁性层22不包含上述的第2元素。或者,第1磁性层21及第2磁性层22中的第2元素的浓度比第3磁性层23中的第2元素的浓度低。第1磁性层21包含Fe、Co及Ni中的至少一种。第2磁性层22包含Fe、Co及Ni中的至少一种。

[0107] 例如,第1磁性层21及第2磁性层22具有正的自旋极化。第3磁性层23具有负的自旋极化。在这样的层叠体20中,能得到高效率的振荡。

[0108] 例如,来自第1磁极31的透过的自旋转矩向第3磁性层23注入。在第3磁性层23中,产生相对于第1磁极31的磁化平行的磁化,可认为从第3磁性层23向第2磁性层22的透过的自旋转矩稳定。可认为第1磁性层21及第2磁性层22的磁化容易振荡。

[0109] 在磁头120中,能够应用关于磁头110说明过的结构。例如,在磁头120中,第1非磁性层41包含选自Ru、Ir、Ta及W中的至少一种第1元素。沿着第1方向D1的第1非磁性层41的第1非磁性层厚度 $t_{41}$ (参照图9的(b))例如为0.2nm以上且3nm以下。通过第1磁性层21及第2磁性层22反铁磁性耦合,例如,基于第1磁性层21的磁化的磁场和基于第2磁性层22的磁化的磁场实质上被抵消。由此,从层叠体20产生的交变磁场的垂直成分(沿着Z轴方向的成分)被抑制。另一方面,交变磁场的面内成分(沿着X-Y平面的成分)增强。在实施方式中,通过从层叠体20产生的交变磁场的垂直成分(沿着Z轴方向的成分)被抑制,例如SNR提高。

[0110] 图10的(a)及图10的(b)是例示第2实施方式的磁头的示意图。

[0111] 图10的(a)是剖视图。图10的(b)是从图10的(a)的箭头AR1观察时的平面图。

[0112] 如图10的(a)所示,磁头121的记录部60也包括第1磁极31、第2磁极32及设置于第1磁极31与第2磁极32之间的层叠体20。如图10的(a)及图10的(b)所示,层叠体20包括第1~第3磁性层21~23及第1~第3非磁性层41~43。第2磁性层22设置于第1磁性层21与第2磁极32之间。第3磁性层23设置于第2磁性层22与第2磁极32之间。第1非磁性层41设置于第1磁性层21与第2磁性层22之间。第2非磁性层42设置于第2磁性层22与第3磁性层23之间。第3非磁性层43设置于第1磁极31与第1磁性层21之间。例如,第3磁性层23可以与第2磁极32相接。

[0113] 在磁头121中,第1磁性层21包含Fe、Co及Ni中的至少一种。第2磁性层22包含Fe、Co及Ni中的至少一种。第3磁性层23例如包含 $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$  ( $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ ,  $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ ),第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种。

[0114] 第1磁性层21及第2磁性层22不包含上述的第2元素。或者,第1磁性层21及第2磁性层22中的第2元素的浓度比第3磁性层23中的第2元素的浓度低。第1磁性层21包含Fe、Co及Ni中的至少一种。第2磁性层22包含Fe、Co及Ni中的至少一种。

[0115] 例如,第1磁性层21及第2磁性层22具有正的自旋极化。第3磁性层23具有负的自旋极化。

[0116] 作为磁头121中的上述以外的结构,可以应用关于磁头120说明过的结构。例如,第

1磁性层长度 $L_{21}$ 比第2磁性层长度 $L_{22}$ 长。在磁头121中,也能得到稳定的振荡。

[0117] 例如,如图10的(b)所示,向层叠体20供给电流 $i_c$ 。电流 $i_c$ 从电路20D(参照图2)供给。电流 $i_c$ 具有从第1磁性层21向第2磁性层22的朝向。伴随于电流 $i_c$ 的电子流 $j_e$ 具有从第2磁性层22向第1磁性层21的朝向。

[0118] 图11是例示第2实施方式的磁头的示意性剖视图。

[0119] 如图11所示,在实施方式的磁头122中,第1方向 $D_1$ (层叠方向)沿着介质相对面30F。在磁头122中,例如,第1磁性层长度 $L_{21}$ 也比第2磁性层长度 $L_{22}$ 长。磁头122中的除此以外的结构可以与磁头120是同样的。

[0120] 图12是例示第2实施方式的磁头的示意性剖视图。

[0121] 如图12所示,在实施方式的磁头123中,第1方向 $D_1$ (层叠方向)沿着介质相对面30F。在磁头123中,例如,第1磁性层长度 $L_{21}$ 也比第2磁性层长度 $L_{22}$ 长。磁头123中的除此以外的结构可以与磁头121是同样的。

[0122] 图13是例示第2实施方式的磁头的示意性平面图。

[0123] 图13对应于从图9的(a)的箭头 $AR_1$ 观察时的平面图。如图13所示,在实施方式的磁头124中,层叠体20包括第1~第3磁性层21~23及第1~第4非磁性层41~44。如图13所示,第3方向 $D_3$ 沿着第2方向 $D_2$ (Y轴方向,跨磁道方向)。沿着第3方向 $D_3$ 的第1磁性层21的第1磁性层长度 $L_{21}$ 比沿着第3方向 $D_3$ 的第2磁性层22的第2磁性层长度 $L_{22}$ 长。磁头124中的除此以外的结构可以与磁头120是同样的。

[0124] 图14是例示第2实施方式的磁头的示意性平面图。

[0125] 图14对应于从图10的(a)的箭头 $AR_1$ 观察时的平面图。如图14所示,在实施方式的磁头125中,层叠体20包括第1~第3磁性层21~23及第1~第3非磁性层41~43。如图14所示,第3方向 $D_3$ 沿着第2方向 $D_2$ (Y轴方向,跨磁道方向)。沿着第3方向 $D_3$ 的第1磁性层21的第1磁性层长度 $L_{21}$ 比沿着第3方向 $D_3$ 的第2磁性层22的第2磁性层长度 $L_{22}$ 长。磁头125中的除此以外的结构可以与磁头121是同样的。

[0126] 在磁头122~125中,也能得到稳定的振荡。

[0127] 在磁头111~115及磁头120~125中,也可以对第1~第3磁性层21~23及第1~第3非磁性层41~43应用关于磁头110说明过的结构。

[0128] 例如,在磁头111~115及磁头120~125中,第1磁性层21的磁厚度可以为第2磁性层22的磁厚度的0.8倍以上且1.25倍以下。例如,第2磁性层厚度 $t_{22}$ 可以为第1磁性层厚度 $t_{21}$ 的0.8倍以上且1.25倍以下。第1磁性层厚度 $t_{21}$ 例如为5nm以上且15nm以下。第2磁性层厚度 $t_{22}$ 例如为5nm以上且15nm以下。

[0129] 第3磁性层厚度 $t_{23}$ 例如比第1磁性层厚度 $t_{21}$ 薄,比第2磁性层厚度 $t_{22}$ 薄。第3磁性层厚度 $t_{23}$ 例如为第1磁性层厚度 $t_{21}$ 的0.7倍以下,为第2磁性层厚度 $t_{22}$ 的0.7倍以下。第1~第3磁性层21~23包含Fe、Co及Ni中的至少一种。

[0130] 在磁头111~115及磁头120~125中,第2非磁性层42及第3非磁性层43例如包含选自Cu、Au、Cr、Al、V及Ag中的至少一种。第2非磁性层厚度 $t_{42}$ 例如为1nm以上且5nm以下。第3非磁性层厚度 $t_{43}$ 例如为1nm以上且5nm以下。

[0131] 实施方式的磁头111~115及120~125也可以与已经说明过的电路20D(参照图2)一起使用。实施方式的磁头及电路20D包含于实施方式的磁记录装置210(参照图2)。磁记录

装置210也可以包括磁记录介质80。

[0132] 以下,对第3磁性层23的材料的特性的例子进行说明。

[0133] 在第1实施方式及第2实施方式中,第3磁性层23包含 $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$  ( $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ ,  $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ )。第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种。组成比x及组成比y是原子百分数(atm%)。第1磁性层21及第2磁性层22不包含第2元素E。或者,第1磁性层21及第2磁性层22中的第2元素E的浓度比第3磁性层23中的第2元素E的浓度低。通过这样的材料,在第3磁性层23中,例如,容易得到高的饱和磁通密度和负且绝对值大的自旋极化。

[0134] 图15的(a)及图15的(b)是例示磁头中包含的磁性层的特性的曲线图。

[0135] 图15的(a)例示了磁性层不包含第2元素时的特性。在该例子中,磁性层包含 $\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x$ 。图15的(a)的横轴是组成比x(Co的浓度)。纵轴是饱和磁通密度 $B_m1$ 。如图15的(a)所示,在组成比x为10atm%以上且50atm%以下时,能得到高的饱和磁通密度 $B_m1$ 。在组成比x为75atm%以下时,磁性层具有BCC构造。若组成比x超过75atm%,则磁性层具有fcc构造。

[0136] 图15的(b)例示了改变了磁性层中的第2元素的组成比时的特性。图15的(b)的横轴是组成比y。在该例子中,第2元素E是Cr。纵轴是饱和磁通密度 $B_m1$ 。如图15的(b)所示,若组成比y高,则能得到饱和磁通密度 $B_m1$ 。在磁性层包含 $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ 或 $\text{Fe}_{90}\text{Co}_{10}$ 的情况下,能得到实质上同等的特性。在磁性层包含 $\text{Fe}_{70}\text{Co}_{30}$ 的情况下,与其他的组成时相比,在相同的组成比y下能得到高的饱和磁通密度 $B_m1$ 。在磁性层包含第2元素的情况下,组成比x优选为10atm%以上且50atm%以下。

[0137] 图16是例示磁头中包含的磁性层的特性的曲线图。

[0138] 图16例示了在Co相对于Fe的组成比被固定时变更了组成比y时的磁性层的自旋极化的变化。图16的横轴是第2元素E的组成比y。纵轴是自旋极化 $Ps1$ (自旋极化的值)。如图16所示,在第2元素E的组成比y为3atm%以上时,能得到负的自旋极化 $Ps1$ 。若组成比y高,则负的自旋极化 $Ps1$ 的绝对值变大。在组成比y为10atm%以上时,能得到绝对值大的负的自旋极化 $Ps1$ 。例如,组成比y也可以为10atm%以上且30atm%以下。

[0139] 从图15的(b)及图16可知,在实施方式中,优选地,Co的组成比x为10atm%以上且50atm%以下,第2元素E的组成比y为10atm%以上。第2元素E的组成比y优选为90atm%以下。由此,能得到高的饱和磁通密度 $B_m1$ 。在实施方式中,第2元素E的组成比y也可以为10atm%以上且50atm%以下。

[0140] 图17是例示磁头中包含的磁性层的特性的曲线图。

[0141] 图17例示了变更了第3磁性层23的组成时的振荡强度OS。在该例子中,组成比y是20atm%,Co的组成比x被变更。第2元素E是Cr。图17的横轴是组成比x。纵轴是振荡强度OS。从图17可知,在组成比x为10atm%以上且50atm%以下时,能得到高的振荡强度OS。在该条件下,例如,基于MAMR的记录密度容易提高。组成比x更优选为25atm%以上且35atm%以下。容易稳定地得到高的振荡强度OS。

[0142] 这样,第3磁性层23(例如具有负的自旋极化的磁性层)优选具有上述的组成。由此,例如容易得到高的饱和磁通密度 $B_m1$ 和绝对值大的负的自旋极化 $Ps1$ 。例如,容易得到稳定的振荡。

[0143] 在实施方式中,第3磁性层23的第3磁性层厚度t23例如优选为5nm以上且15nm以

下。第1非磁性层41的第1非磁性层厚度 $t_{41}$ 及第2非磁性层42的第2非磁性层厚度 $t_{42}$ 的各自例如优选为0.5nm以上且6nm以下。

[0144] 图18是例示实施方式的磁记录装置的示意性立体图。

[0145] 如图18所示,实施方式的磁头(例如,磁头110)与磁记录介质80一起使用。在该例子中,磁头110包括记录部60及再现部70。由磁头110的记录部60向磁记录介质80记录信息。记录于磁记录介质80的信息由再现部70再现。

[0146] 磁记录介质80例如包括介质基板82和设置于介质基板82上的磁记录层81。磁记录层81的磁化83由记录部60控制。

[0147] 再现部70例如包括第1再现磁屏蔽件72a、第2再现磁屏蔽件72b及磁再现元件71。磁再现元件71设置于第1再现磁屏蔽件72a与第2再现磁屏蔽件72b之间。磁再现元件71能够输出与磁记录层81的磁化83相应的信号。

[0148] 如图18所示,磁记录介质80向介质移动方向85的方向相对于磁头110相对地移动。由磁头110在任意的的位置处控制与磁记录层81的磁化83对应的信息。由磁头110在任意的的位置处再现与磁记录层81的磁化83对应的信息。

[0149] 图19是例示实施方式的磁记录装置的一部分的示意性立体图。

[0150] 图19例示了头滑块。

[0151] 磁头110设置于头滑块159。头滑块159例如包含 $Al_2O_3/TiC$ 等。头滑块159一边在磁记录介质上浮起或接触、一边相对于磁记录介质相对运动。

[0152] 头滑块159例如具有空气流入侧159A及空气流出侧159B。磁头110配置于头滑块159的空气流出侧159B的侧面等。由此,磁头110一边在磁记录介质上浮起或接触、一边相对于磁记录介质相对运动。

[0153] 图20是例示实施方式的磁记录装置的示意性立体图。

[0154] 图21的(a)及图21的(b)是例示实施方式的磁记录装置的一部分的示意性立体图。

[0155] 如图20所示,在实施方式的磁记录装置150中,使用旋转致动器。记录用介质盘180装配于主轴马达180M。记录用介质盘180通过主轴马达180M而向箭头AR的方向旋转。主轴马达180M对来自驱动装置控制部的控制信号进行响应。本实施方式的磁记录装置150也可以具备多个记录用介质盘180。磁记录装置150也可以包括记录介质181。记录介质181例如是SSD(Solid State Drive:固态驱动器)。对于记录介质181,例如使用快闪存储器等非易失性存储器。例如,磁记录装置150也可以是混合HDD(Hard Disk Drive:硬盘驱动器)。

[0156] 头滑块159进行向记录用介质盘180记录的信息的记录及再现。头滑块159设置于薄膜状的悬架154的前端。在头滑块159的前端附近设置实施方式的磁头。

[0157] 若记录用介质盘180旋转,则悬架154的压靠压力和头滑块159的介质相对面(ABS)产生的压力平衡。头滑块159的介质相对面与记录用介质盘180的表面之间的距离成为预定的浮起量。在实施方式中,头滑块159也可以与记录用介质盘180接触。例如,也可以应用接触行走型。

[0158] 悬架154连接于臂155(例如致动器臂)的一端。臂155例如具有线轴(bobbin)部等。线轴部保持驱动线圈。在臂155的另一端设置音圈马达156。音圈马达156是线性马达的一种。音圈马达156例如包括驱动线圈及磁路。驱动线圈缠绕于臂155的线轴部。磁路包括永久磁铁及相对磁轭。在永久磁铁与相对磁轭之间设置驱动线圈。悬架154具有一端和另一端。

磁头设置于悬架154的一端。臂155连接于悬架154的另一端。

[0159] 臂155由滚珠轴承保持。滚珠轴承设置于轴承部157的上下两处。臂155能够通过音圈马达156而旋转及滑动。磁头能够向记录用介质盘180的任意的的位置移动。

[0160] 图21的(a)例示了磁记录装置的一部分的结构,是头堆叠组件160的放大立体图。

[0161] 图21的(b)是例示成为头堆叠组件160的一部分的磁头组件(头万向节组件:HGA)158的立体图。

[0162] 如图21的(a)所示,头堆叠组件160包括轴承部157、头万向节组件158及支承框架161。头万向节组件158从轴承部157延伸。支承框架161从轴承部157延伸。支承框架161的延伸方向与头万向节组件158的延伸方向相反。支承框架161支承音圈马达156的线圈162。

[0163] 如图21的(b)所示,头万向节组件158具有从轴承部157延伸的臂155和从臂155延伸的悬架154。

[0164] 在悬架154的前端设置头滑块159。在头滑块159设置实施方式的磁头。

[0165] 实施方式的磁头组件(头万向节组件)158包括实施方式的磁头、设置有磁头的头滑块159、悬架154及臂155。头滑块159设置于悬架154的一端。臂155与悬架154的另一端连接。

[0166] 悬架154例如具有信号的记录及再现用的引线(未图示)。悬架154例如也可以具有用于浮起量调整的加热器用的引线(未图示)。悬架154例如也可以具有自旋转移矩振荡器用等的引线(未图示)。这些引线和设置于磁头的多个电极被电连接。

[0167] 在磁记录装置150中,设置信号处理部190。信号处理部190使用磁头来进行向磁记录介质的信号的记录及再现。对于信号处理部190,信号处理部190的输入输出线例如连接于头万向节组件158的电极焊盘,与磁头电连接。

[0168] 实施方式的磁记录装置150包括磁记录介质、实施方式的磁头、可动部、位置控制部及信号处理部。可动部使磁记录介质和磁头能够以分离或接触的状态相对地移动。位置控制部将磁头向磁记录介质的预定记录位置对位。信号处理部进行使用了磁头的信号向磁记录介质的记录及再现。

[0169] 例如,作为上述的磁记录介质,使用记录用介质盘180。上述的可动部例如包括头滑块159。上述的位置控制部例如包括头万向节组件158。

[0170] 实施方式也可以包括以下的技术方案。

[0171] (技术方案1)

[0172] 一种磁头,具备:

[0173] 第1磁极;

[0174] 第2磁极;及

[0175] 层叠体,设置于所述第1磁极与所述第2磁极之间,

[0176] 所述层叠体包括:

[0177] 第1磁性层;

[0178] 第2磁性层,设置于所述第1磁性层与所述第2磁极之间;

[0179] 第3磁性层,设置于所述第2磁性层与所述第2磁极之间;

[0180] 第1非磁性层,设置于所述第1磁性层与所述第2磁性层之间;

[0181] 第2非磁性层,设置于所述第2磁性层与所述第3磁性层之间;

- [0182] 第3非磁性层,设置于所述第1磁极与所述第1磁性层之间;及
- [0183] 第4非磁性层,设置于所述第3磁性层与所述第2磁极之间,
- [0184] 所述第4非磁性层包含选自Cu、Au、Cr、Al、V及Ag中的至少一种,
- [0185] 所述第3磁性层包含  $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$  ( $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ ,  $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ ),第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种,
- [0186] 沿着第2方向的所述第1磁极的第1磁极长度比沿着所述第2方向的所述第2磁极的第2磁极长度短,所述第2方向相对于从所述第1磁性层向所述第2磁性层的第1方向垂直且沿着所述第1磁极的介质相对面,
- [0187] 沿着第3方向的所述第1磁性层的第1磁性层长度比沿着所述第3方向的所述第2磁性层的第2磁性层长度长,所述第3方向相对于所述第1方向垂直。
- [0188] (技术方案2)
- [0189] 一种磁头,具备:
- [0190] 第1磁极;
- [0191] 第2磁极;及
- [0192] 层叠体,设置于所述第1磁极与所述第2磁极之间,
- [0193] 所述层叠体包括:
- [0194] 第1磁性层;
- [0195] 第2磁性层,设置于所述第1磁性层与所述第2磁极之间;
- [0196] 第3磁性层,设置于所述第2磁性层与所述第2磁极之间;
- [0197] 第1非磁性层,设置于所述第1磁性层与所述第2磁性层之间;
- [0198] 第2非磁性层,设置于所述第2磁性层与所述第3磁性层之间;及
- [0199] 第3非磁性层,设置于所述第1磁极与所述第1磁性层之间,
- [0200] 所述第3磁性层包含  $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$  ( $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ ,  $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ ),第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种,
- [0201] 所述第3磁性层与所述第2磁极相接,
- [0202] 沿着第2方向的所述第1磁极的第1磁极长度比沿着所述第2方向的所述第2磁极的第2磁极长度短,所述第2方向相对于从所述第1磁性层向所述第2磁性层的第1方向垂直且沿着所述第1磁极的介质相对面,
- [0203] 沿着第3方向的所述第1磁性层的第1磁性层长度比沿着所述第3方向的所述第2磁性层的第2磁性层长度长,所述第3方向相对于所述第1方向垂直。
- [0204] (技术方案3)
- [0205] 根据技术方案1或2所述的磁头。
- [0206] 所述第1磁性层包含Fe、Co及Ni中的至少一种,
- [0207] 所述第2磁性层包含Fe、Co及Ni中的至少一种。
- [0208] (技术方案4)
- [0209] 根据技术方案1~3中任一项所述的磁头,
- [0210] 所述第3方向与所述第2方向交叉。
- [0211] (技术方案5)
- [0212] 根据技术方案4所述的磁头,

- [0213] 所述第1方向相对于所述介质相对面倾斜。
- [0214] (技术方案6)
- [0215] 根据技术方案1~3中任一项所述的磁头,
- [0216] 所述第3方向沿着所述第2方向。
- [0217] (技术方案7)
- [0218] 一种磁头,具备:
- [0219] 第1磁极;
- [0220] 第2磁极;及
- [0221] 层叠体,设置于所述第1磁极与所述第2磁极之间,
- [0222] 所述层叠体包括:
- [0223] 第1磁性层;
- [0224] 第2磁性层,设置于所述第1磁极与所述第1磁性层之间;
- [0225] 第3磁性层,设置于所述第1磁极与所述第2磁性层之间;
- [0226] 第1非磁性层,设置于所述第2磁性层与所述第1磁性层之间;
- [0227] 第2非磁性层,设置于所述第3磁性层与所述第2磁性层之间;
- [0228] 第3非磁性层,设置于所述第1磁性层与所述第2磁极之间;及
- [0229] 第4非磁性层,设置于所述第3磁性层与所述第2磁极之间,
- [0230] 所述第4非磁性层包含选自Cu、Au、Cr、Al、V及Ag中的至少一种,
- [0231] 所述第3磁性层包含  $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$  ( $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ ,  $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ ), 第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种,
- [0232] 沿着第2方向的所述第1磁极的第1磁极长度比沿着所述第2方向的所述第2磁极的第2磁极长度短,所述第2方向相对于从所述第2磁性层向所述第1磁性层的第1方向垂直且沿着所述第1磁极的介质相对面,
- [0233] 沿着第3方向的所述第2磁性层的第2磁性层长度比沿着所述第3方向的所述第1磁性层的第1磁性层长度长,所述第3方向相对于所述第1方向垂直。
- [0234] (技术方案8)
- [0235] 一种磁头,具备:
- [0236] 第1磁极;
- [0237] 第2磁极;及
- [0238] 层叠体,设置于所述第1磁极与所述第2磁极之间,
- [0239] 所述层叠体包括:
- [0240] 第1磁性层;
- [0241] 第2磁性层,设置于所述第1磁极与所述第1磁性层之间;
- [0242] 第3磁性层,设置于所述第1磁极与所述第2磁性层之间;
- [0243] 第1非磁性层,设置于所述第2磁性层与所述第1磁性层之间;
- [0244] 第2非磁性层,设置于所述第3磁性层与所述第2磁性层之间;及
- [0245] 第3非磁性层,设置于所述第1磁性层与所述第2磁极之间,
- [0246] 所述第3磁性层包含  $(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x)_{100-y}\text{E}_y$  ( $10\text{atm}\% \leq x \leq 50\text{atm}\%$ ,  $10\text{atm}\% \leq y \leq 90\text{atm}\%$ ), 第2元素E包含选自Cr、V、Mn、Ti及Sc中的至少一种,

- [0247] 所述第3磁性层与所述第1磁极相接，
- [0248] 沿着第2方向的所述第1磁极的第1磁极长度比沿着所述第2方向的所述第2磁极的第2磁极长度短，所述第2方向相对于从所述第2磁性层向所述第1磁性层的第1方向垂直且沿着所述第1磁极的介质相对面，
- [0249] 沿着第3方向的所述第2磁性层的第2磁性层长度比沿着所述第3方向的所述第1磁性层的第1磁性层长度长，所述第3方向相对于所述第1方向垂直。
- [0250] (技术方案9)
- [0251] 根据技术方案7或8所述的磁头，
- [0252] 所述第1磁性层包含Fe、Co及Ni中的至少一种，
- [0253] 所述第2磁性层包含Fe、Co及Ni中的至少一种。
- [0254] (技术方案10)
- [0255] 根据技术方案7~9中任一项所述的磁头，
- [0256] 所述第3方向与所述第2方向交叉。
- [0257] (技术方案11)
- [0258] 根据技术方案10所述的磁头，
- [0259] 所述第1方向相对于所述介质相对面倾斜。
- [0260] (技术方案12)
- [0261] 根据技术方案7~9中任一项所述的磁头，
- [0262] 所述第3方向沿着所述第2方向。
- [0263] (技术方案13)
- [0264] 根据技术方案1~12中任一项所述的磁头，
- [0265] 所述组成比x为25atm%以上且35atm%以下。
- [0266] (技术方案14)
- [0267] 根据技术方案13所述的磁头，
- [0268] 所述组成比y为10atm%以上且30atm%以下。
- [0269] (技术方案15)
- [0270] 根据技术方案1~14中任一项所述的磁头，
- [0271] 所述第1非磁性层包含选自Ru、Ir、Ta及W中的至少一种第1元素，
- [0272] 沿着所述第1方向的所述第1非磁性层的厚度为0.2nm以上且3nm以下。
- [0273] (技术方案16)
- [0274] 根据技术方案1~15中任一项所述的磁头，
- [0275] 沿着所述第1方向的所述第1磁性层的第1磁性层厚度和所述第1磁性层的饱和磁化的第1积为沿着所述第1方向的所述第2磁性层的第2磁性层厚度和所述第2磁性层的饱和磁化的第2积的0.8倍以上且1.25倍以下。
- [0276] (技术方案17)
- [0277] 根据技术方案1~15中任一项所述的磁头，
- [0278] 所述第3磁性层的沿着所述第1方向的第3磁性层厚度为沿着所述第1方向的所述第1磁性层的第1磁性层厚度的0.7倍以下，为沿着所述第1方向的所述第2磁性层的第2磁性层厚度的0.7倍以下。

[0279] (技术方案18)

[0280] 根据技术方案17所述的磁头，

[0281] 所述第2磁性层厚度为所述第1磁性层厚度的0.8倍以上且1.25倍以下。

[0282] (技术方案19)

[0283] 根据技术方案1~17中任一项所述的磁头，

[0284] 所述第2非磁性层及所述第3非磁性层包含选自Cu、Au、Cr、Al、V及Ag中的至少一种。

[0285] (技术方案20)

[0286] 一种磁记录装置，具备：

[0287] 技术方案1~19中任一项所述的磁头；及

[0288] 电路，

[0289] 所述电路能够向所述层叠体供给电流，

[0290] 所述电流具有从所述第1磁性层向所述第2磁性层的朝向。

[0291] 根据实施方式，能够提供能实现记录密度的提高的磁头及磁记录装置。

[0292] 在本申请说明书中，“垂直”及“平行”不仅是严格的垂直及严格的平行，例如包括制造工序中的偏差等，只要是实质上垂直及实质上平行即可。

[0293] 以上，参照具体例对本发明的实施方式进行了说明。但是，本发明不限于这些具体例。例如，关于磁头中包含的磁极、层叠体、磁性层、非磁性层及布线等各要素的具体的结构，只要通过本领域技术人员从公知的范围适当选择就能够同样地实施本发明且得到同样的效果，则包含于本发明的范围。

[0294] 将各具体例的任2个以上的要素在技术上可能的范围内组合而成的技术也是，只要包含本发明的主旨就包含于本发明的范围。

[0295] 除此之外，本领域技术人员能够基于作为本发明的实施方式而上述的磁头及磁记录装置适当设计变更而实施的全部的磁头及磁记录装置也是，只要包含本发明的主旨，就属于本发明的范围。

[0296] 除此之外，在本发明的思想的范畴中，若是本领域技术人员，则能够想到各种变更例及修正例，应理解为这些变更例及修正例也属于本发明的范围。

[0297] 虽然说明了本发明的一些实施方式，但这些实施方式作为例子而提示，未意图限定发明的范围。这些新颖的实施方式能够以其他各种各样的方式来实施，能够在不脱离发明的主旨的范围内进行各种省略、置换、变更。这些实施方式及其变形包含于发明的范围、主旨，并且包含于权利要求书所记载的发明及其等同的范围。

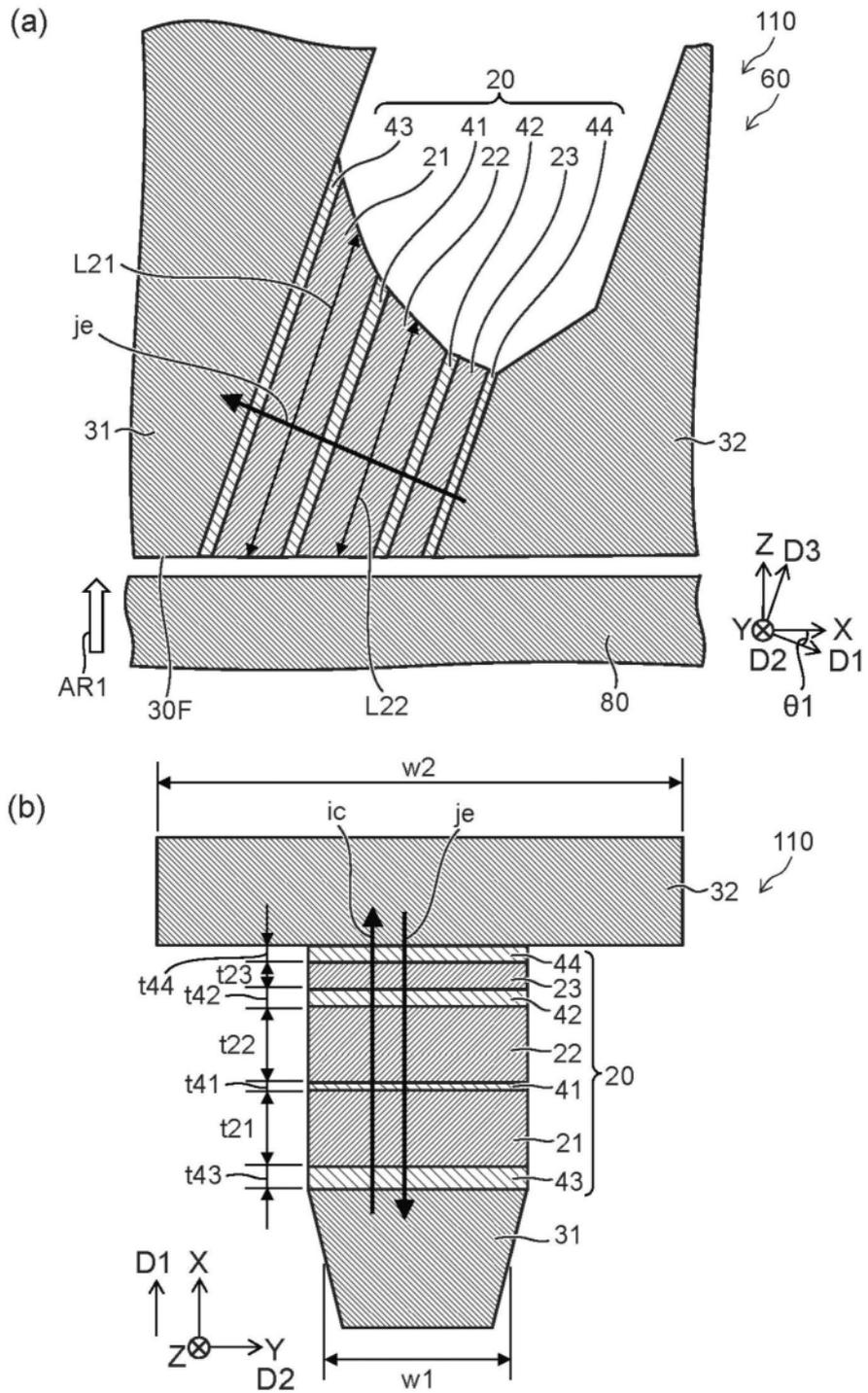


图1

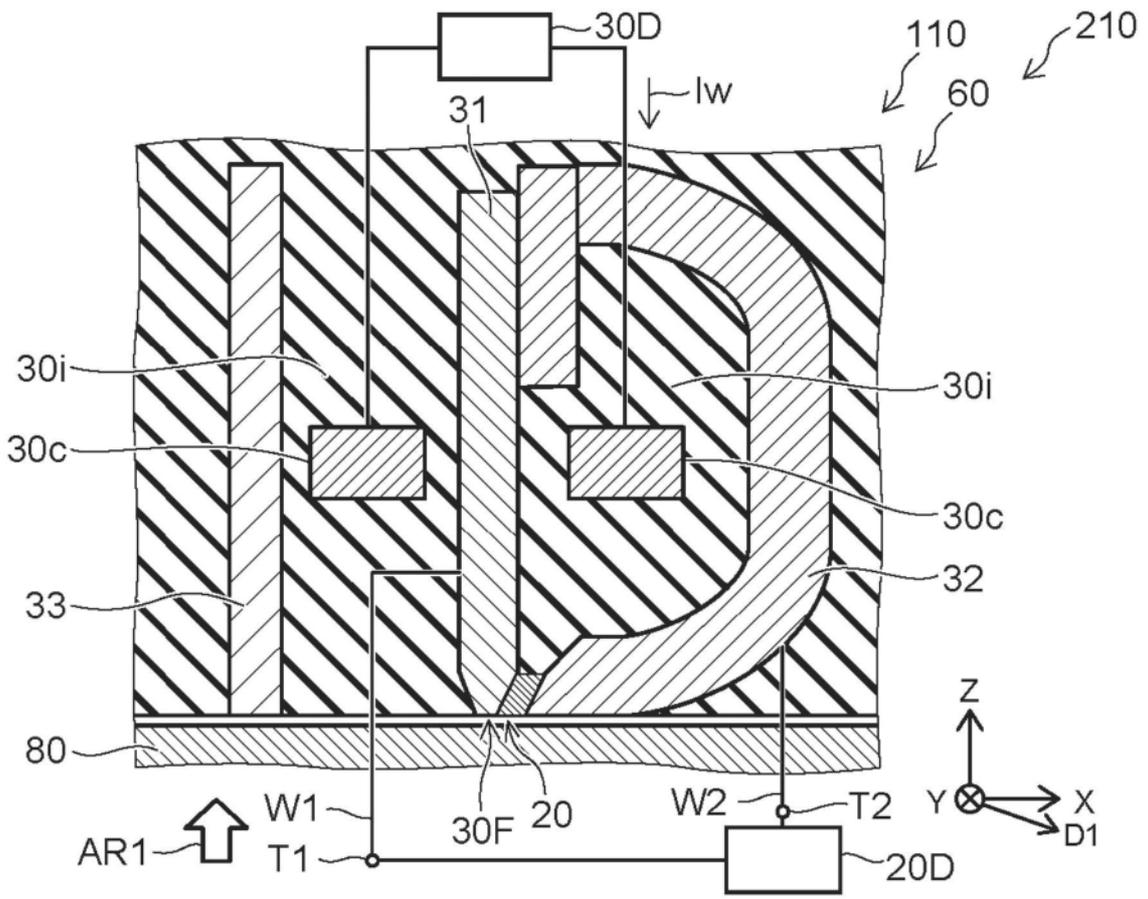


图2

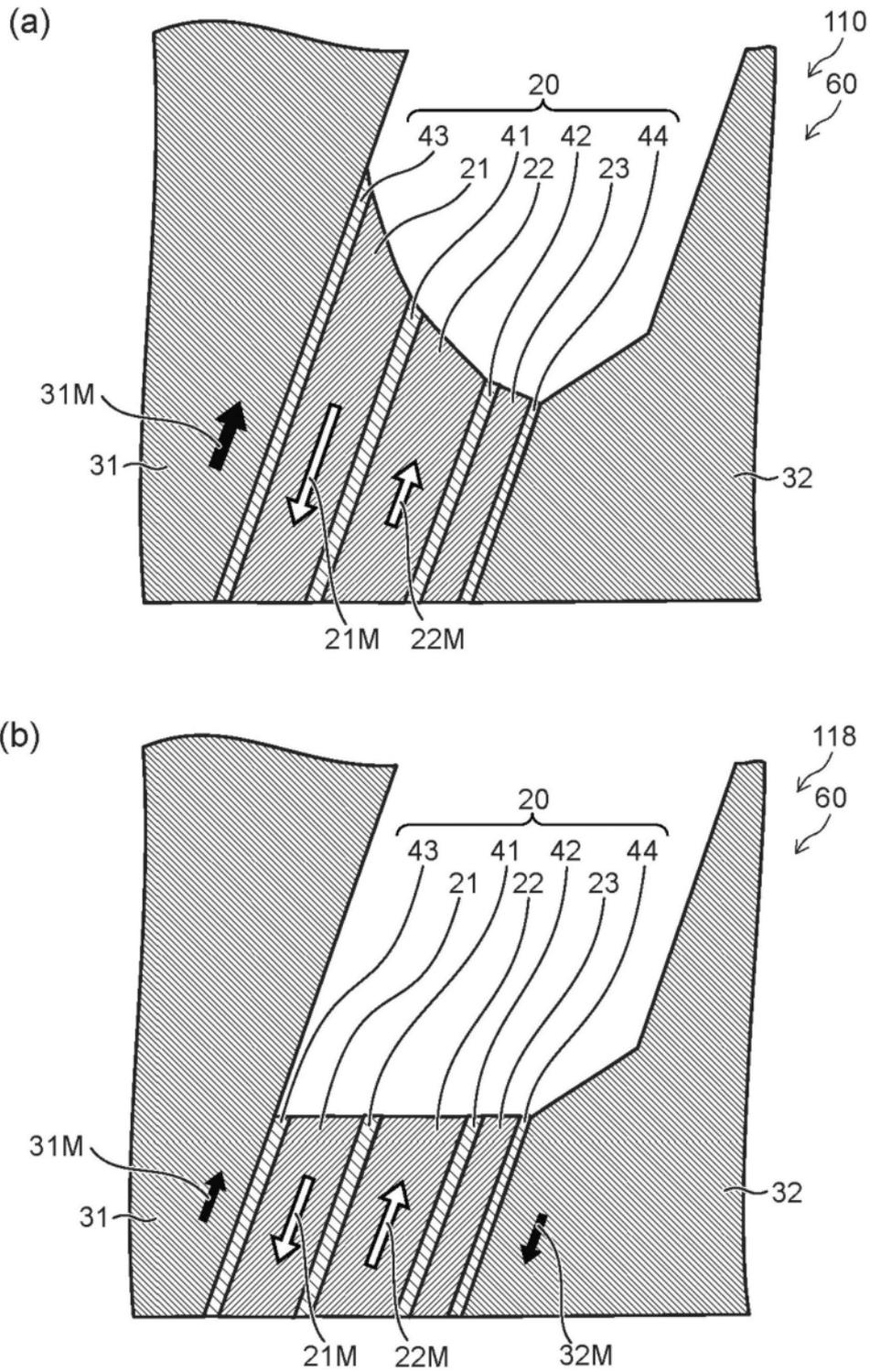


图3

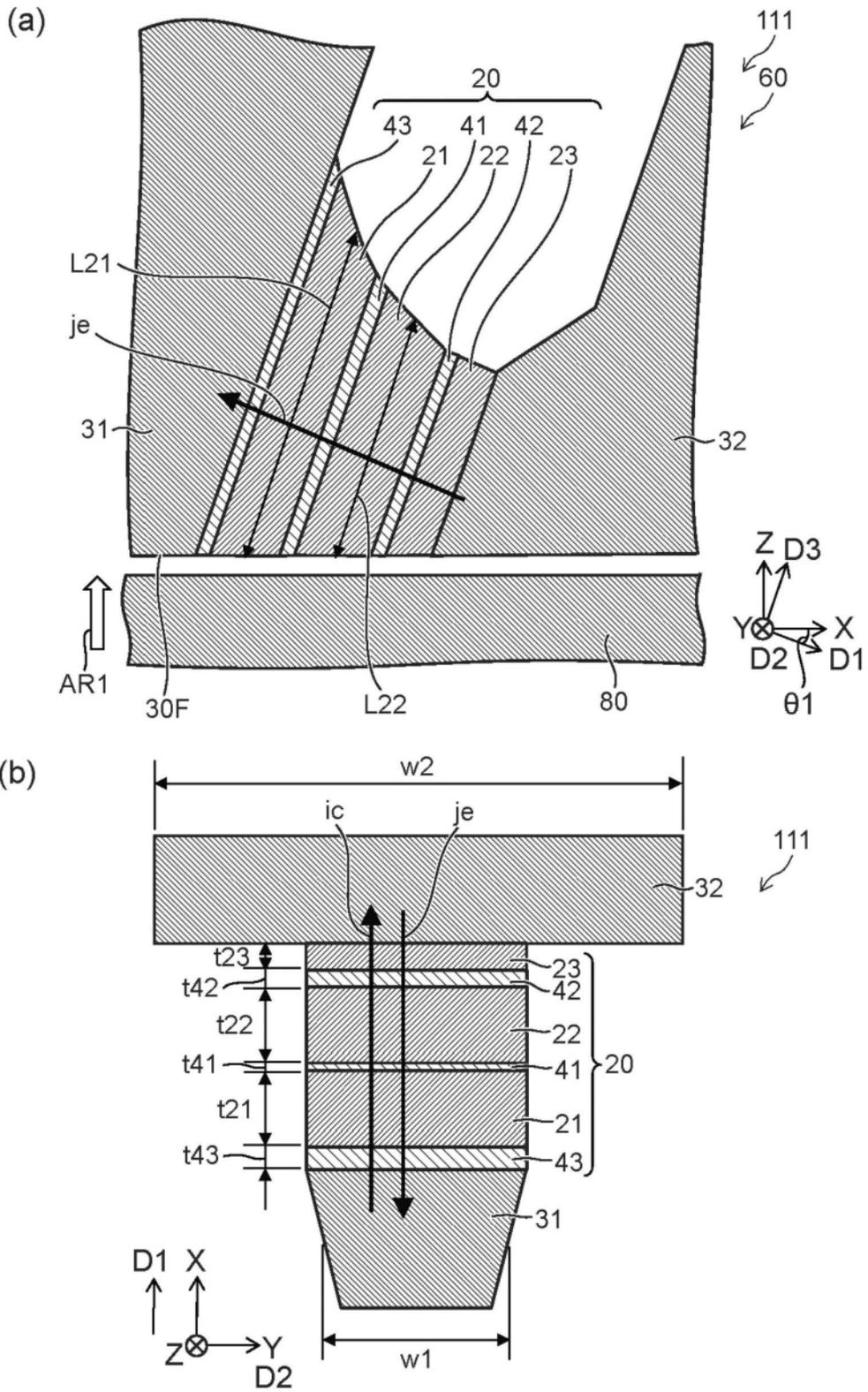


图4

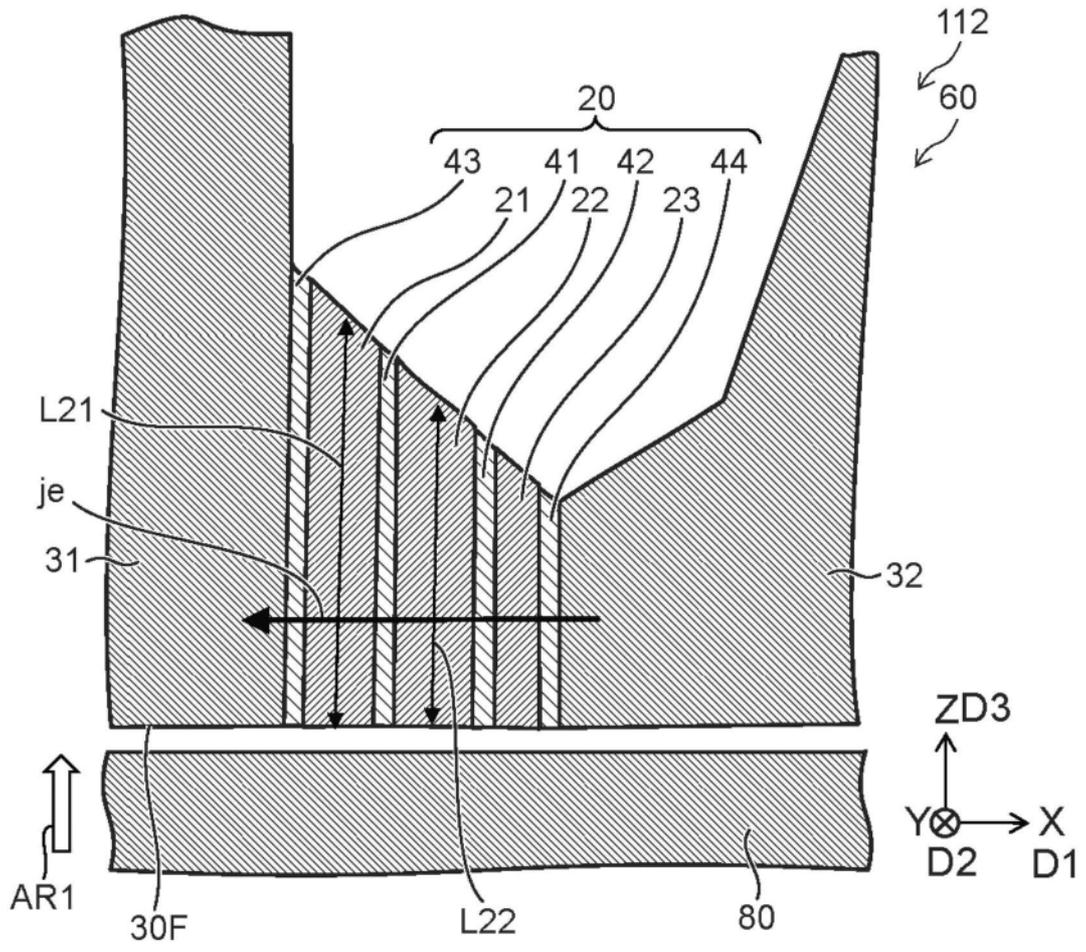


图5

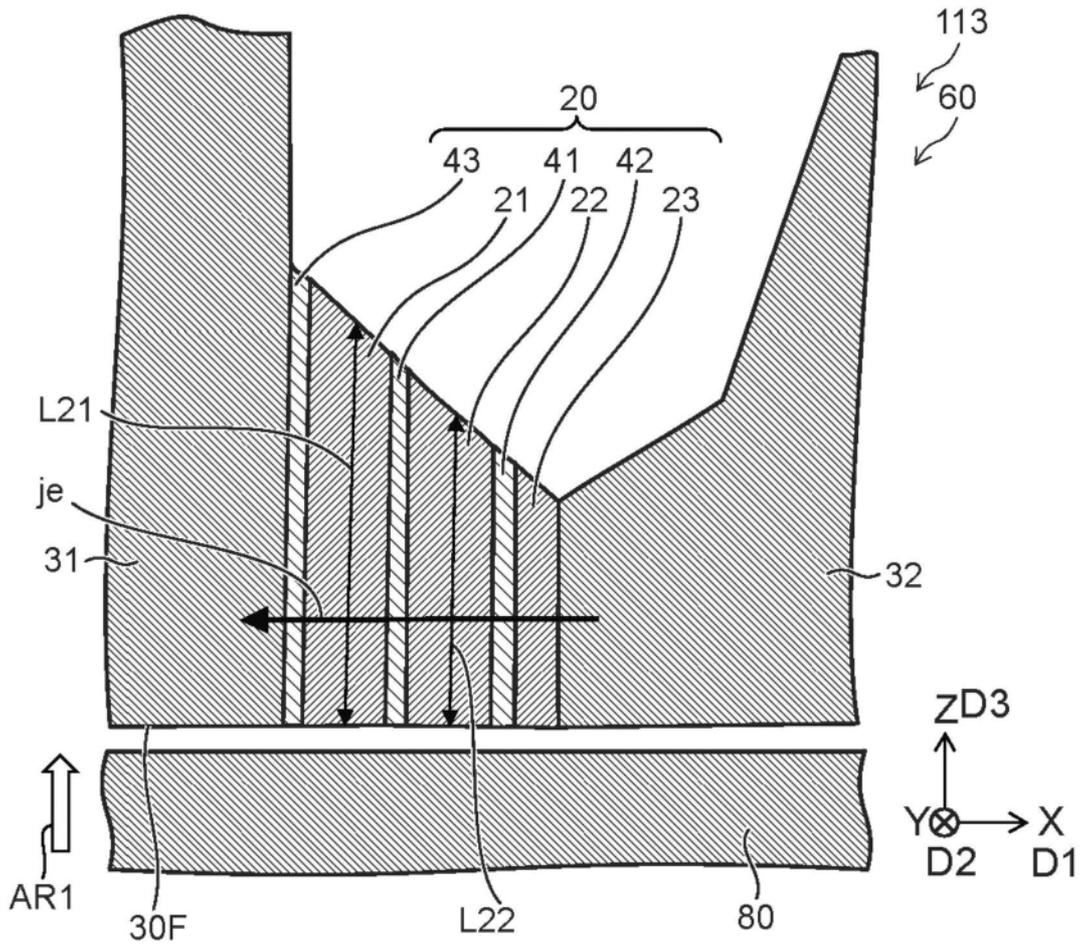


图6

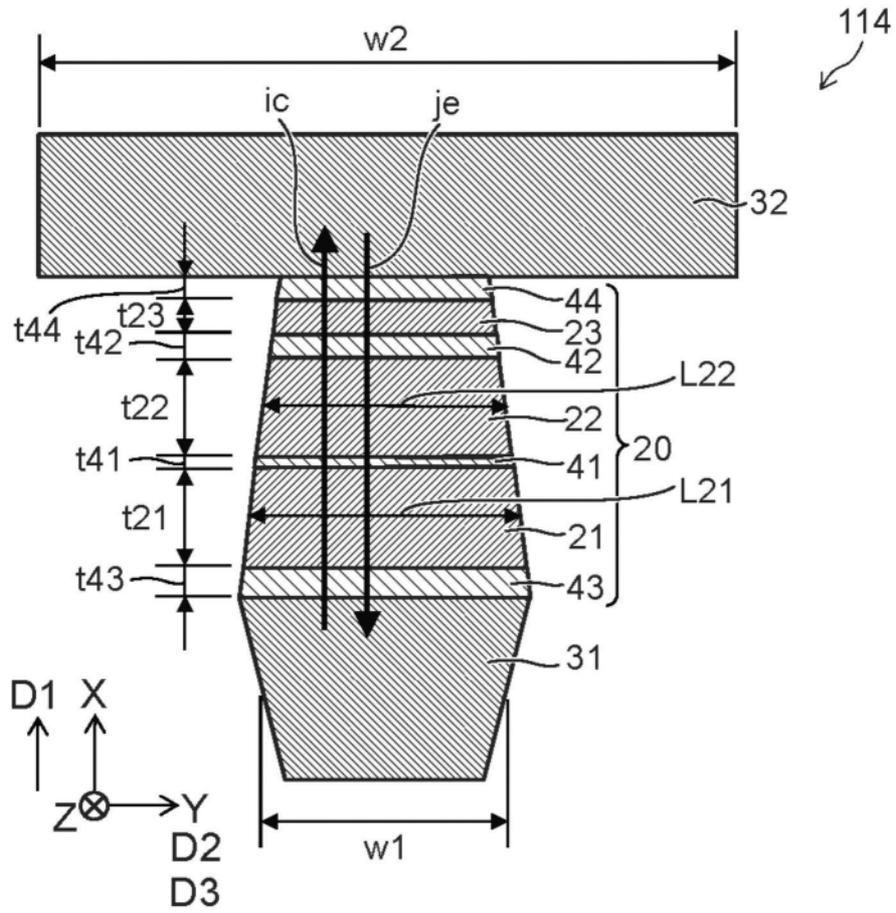


图7

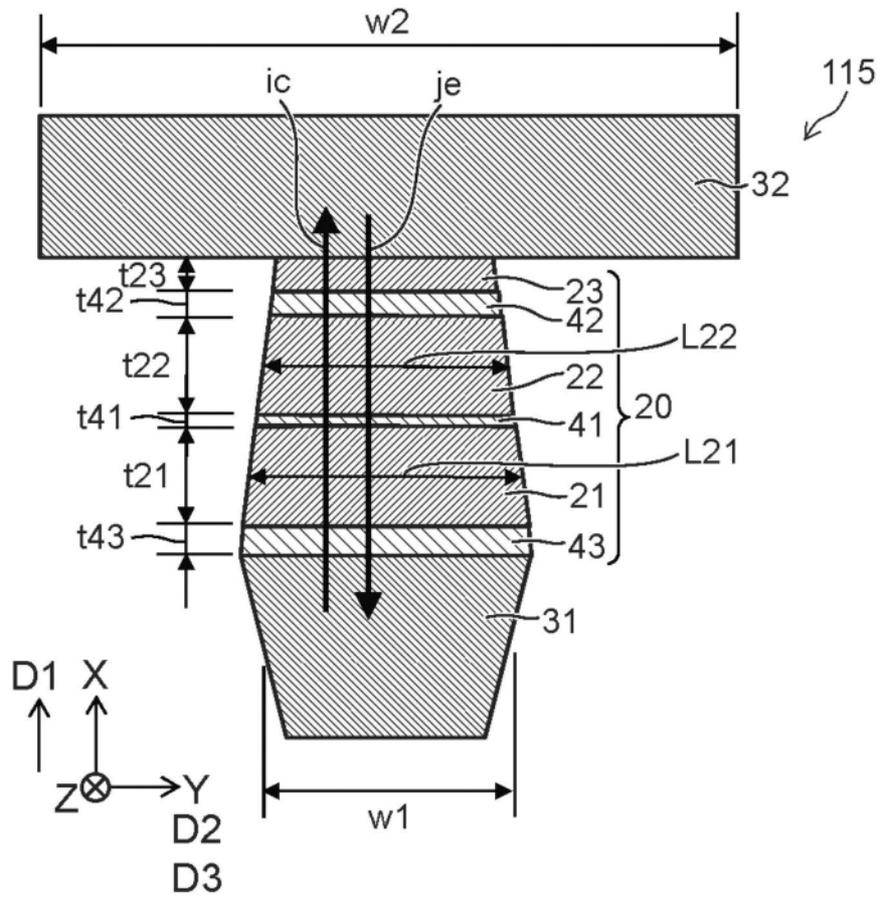


图8



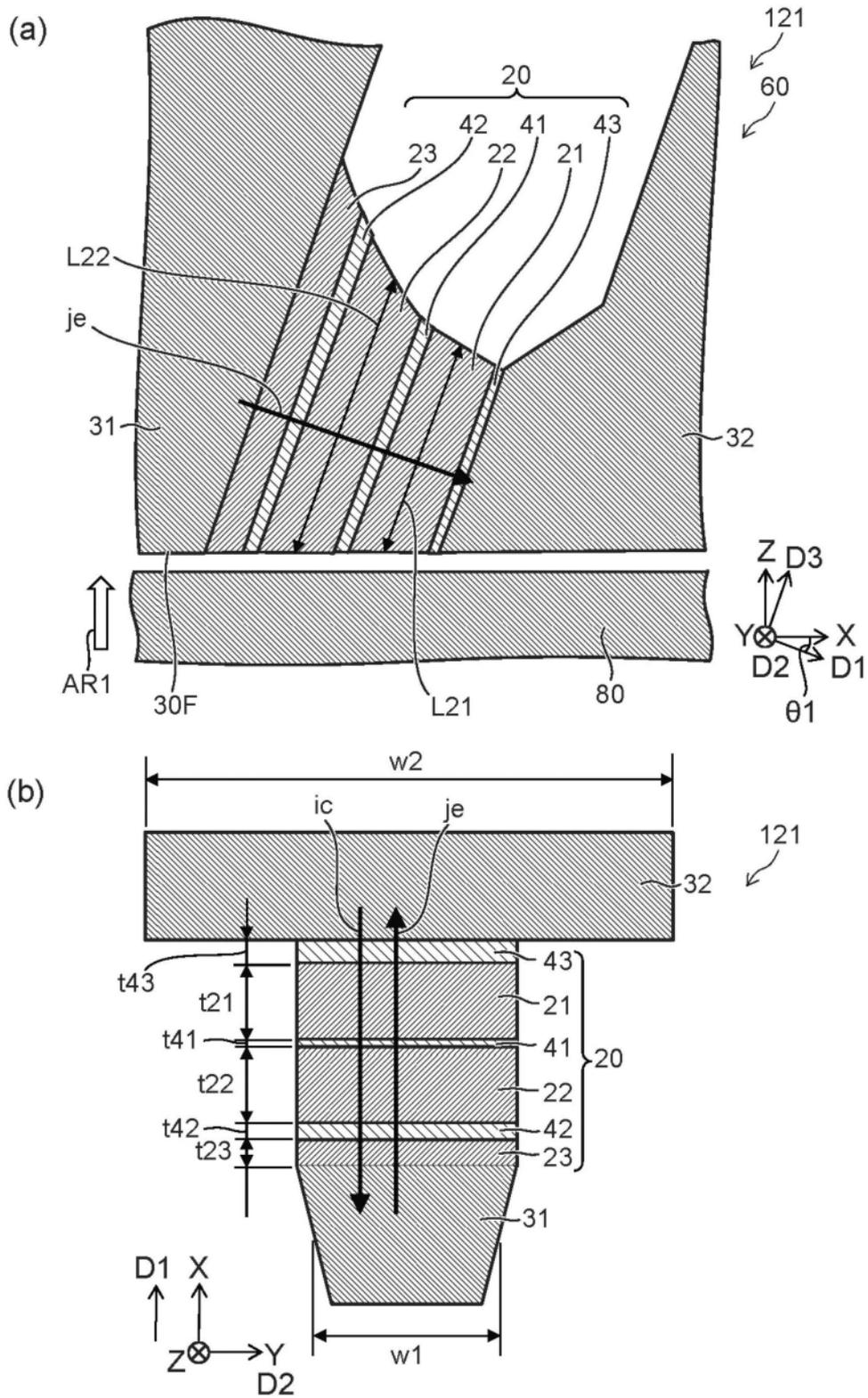


图10

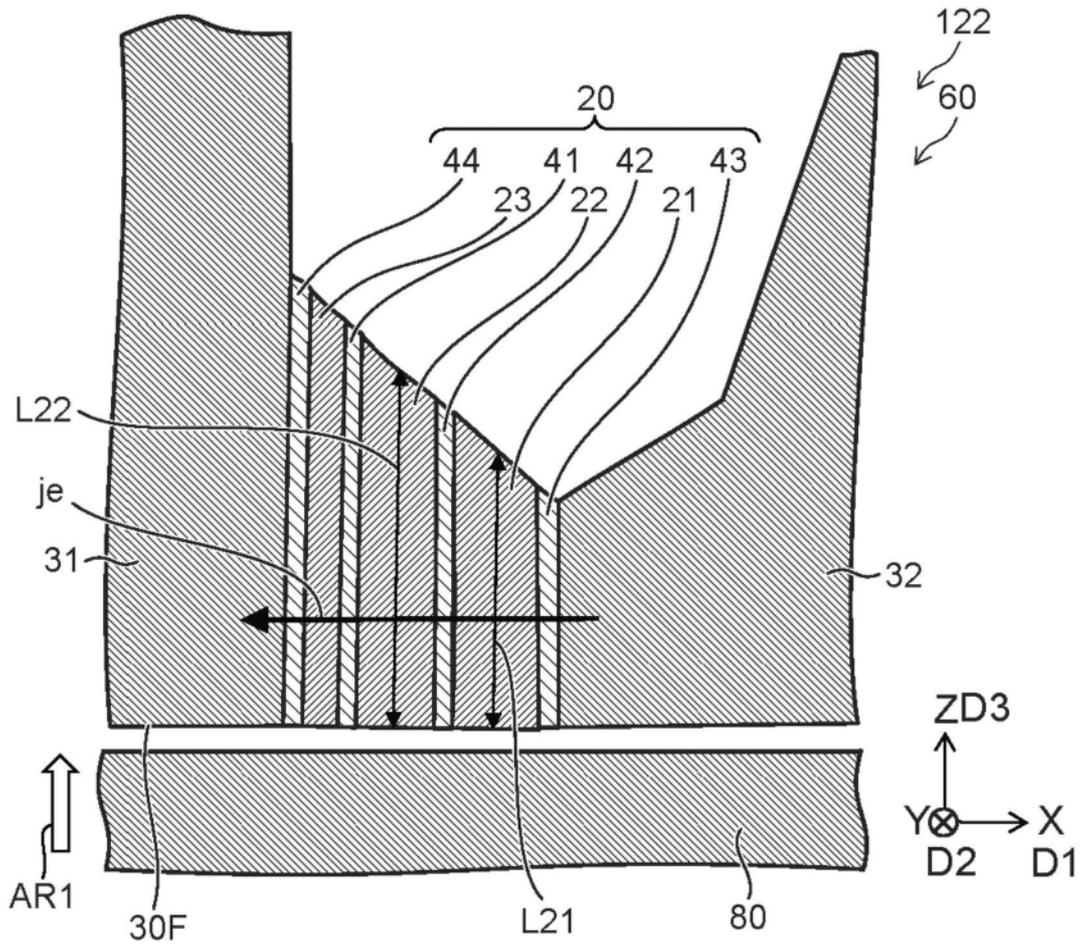


图11

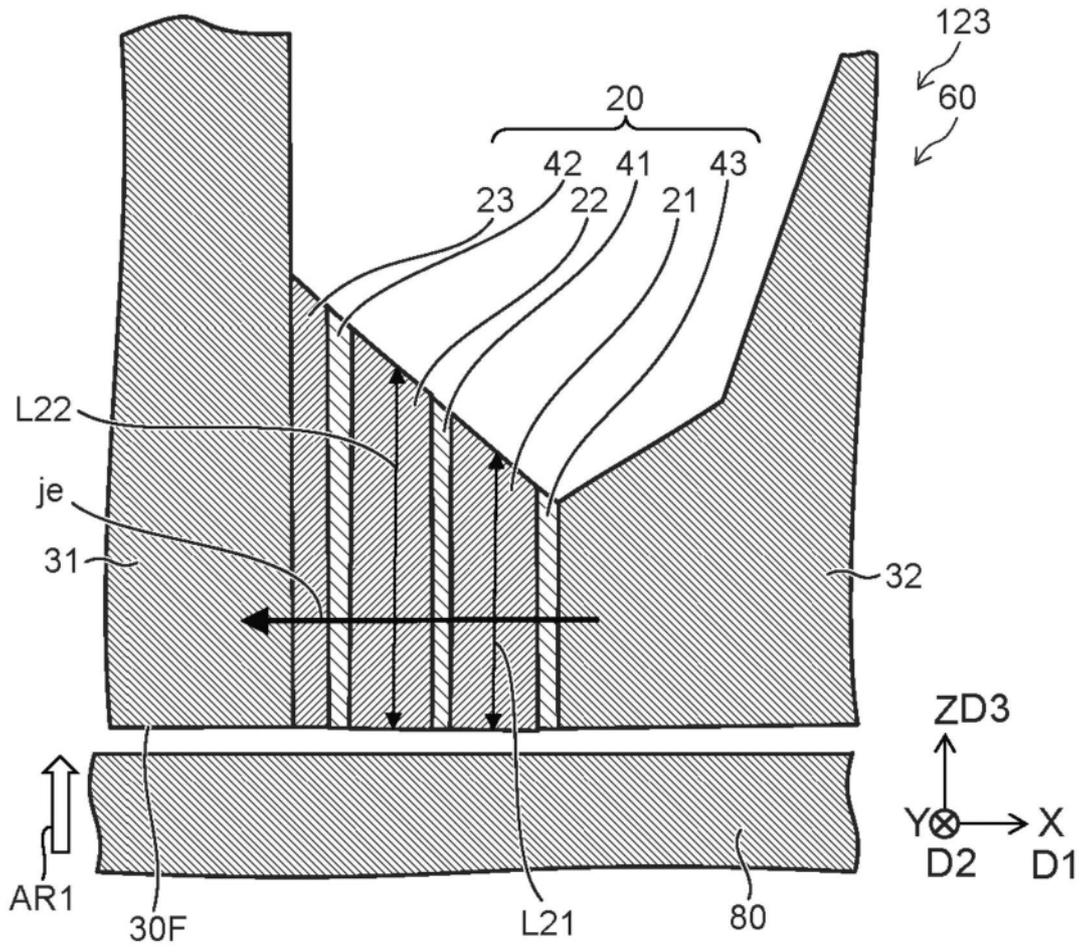


图12

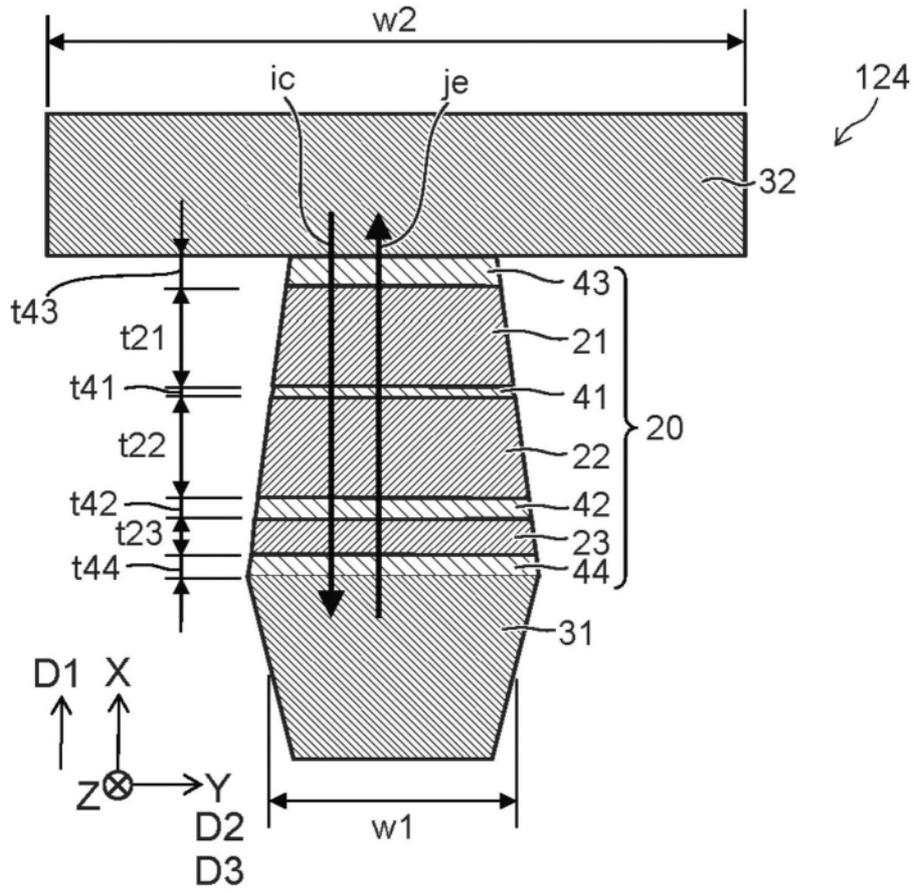


图13

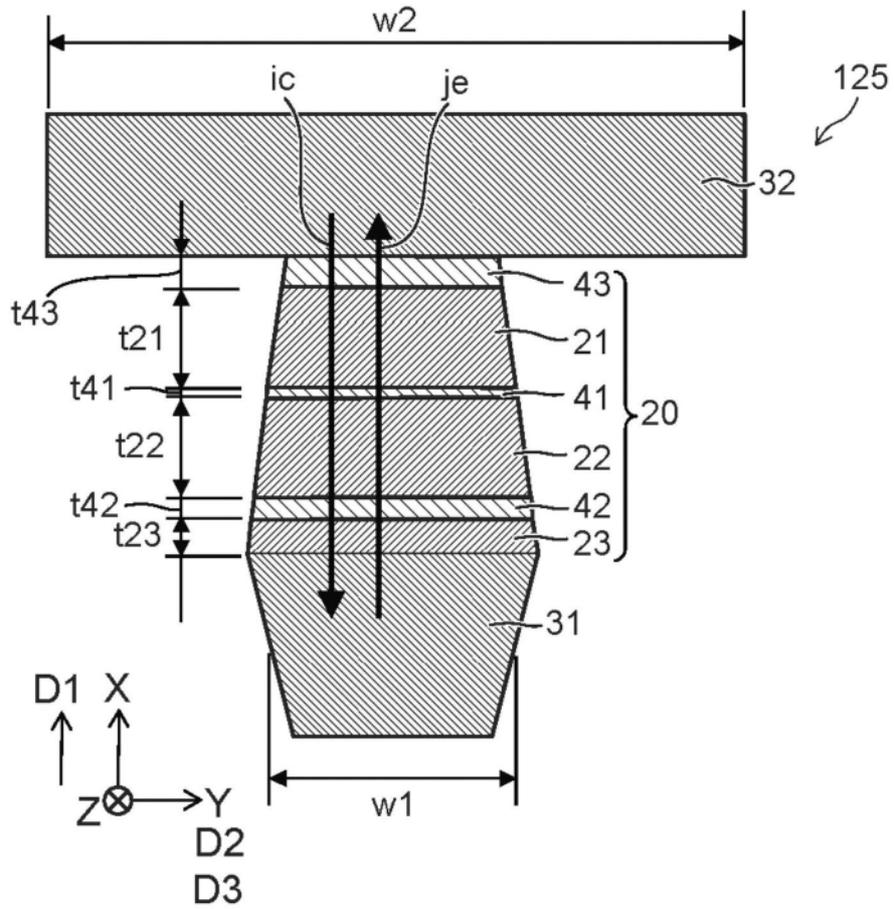


图14

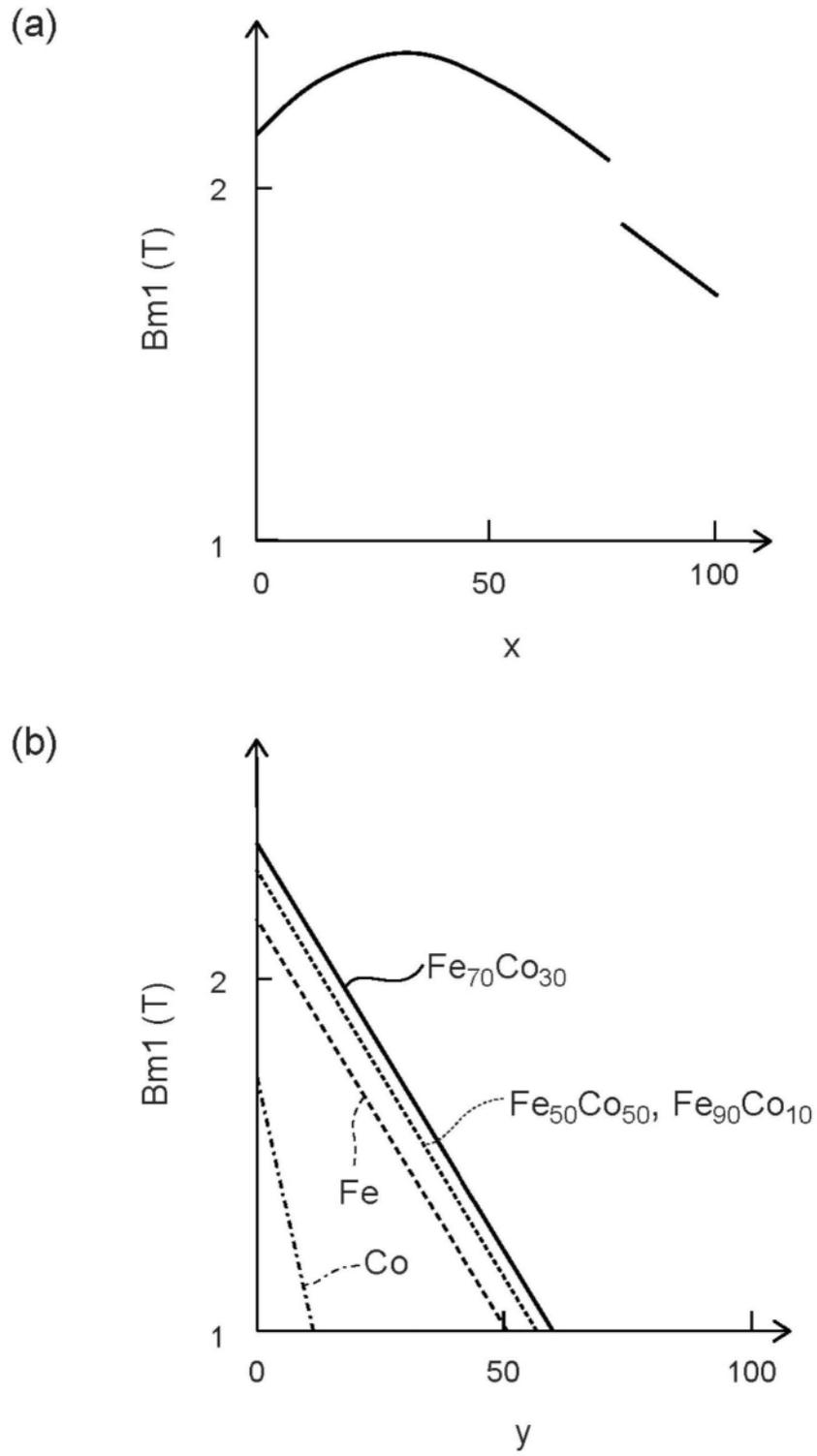


图15

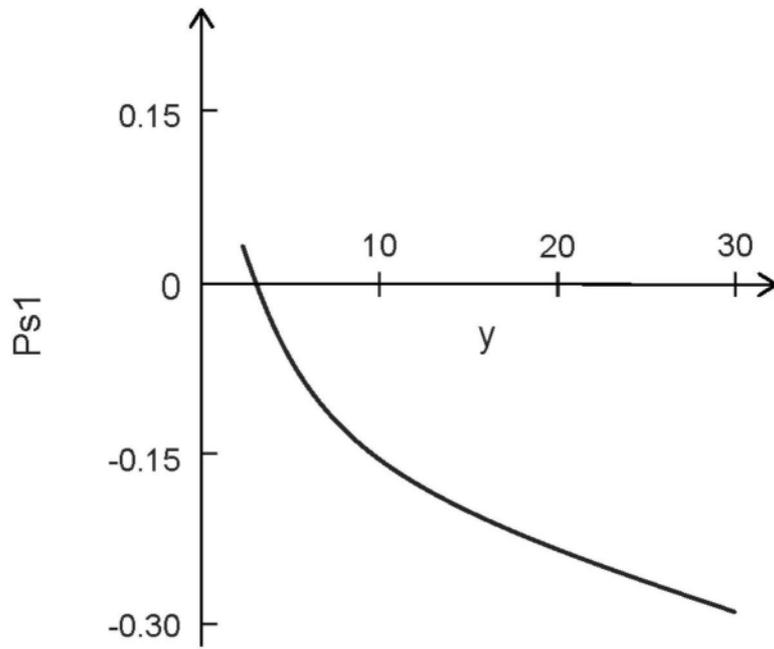


图16

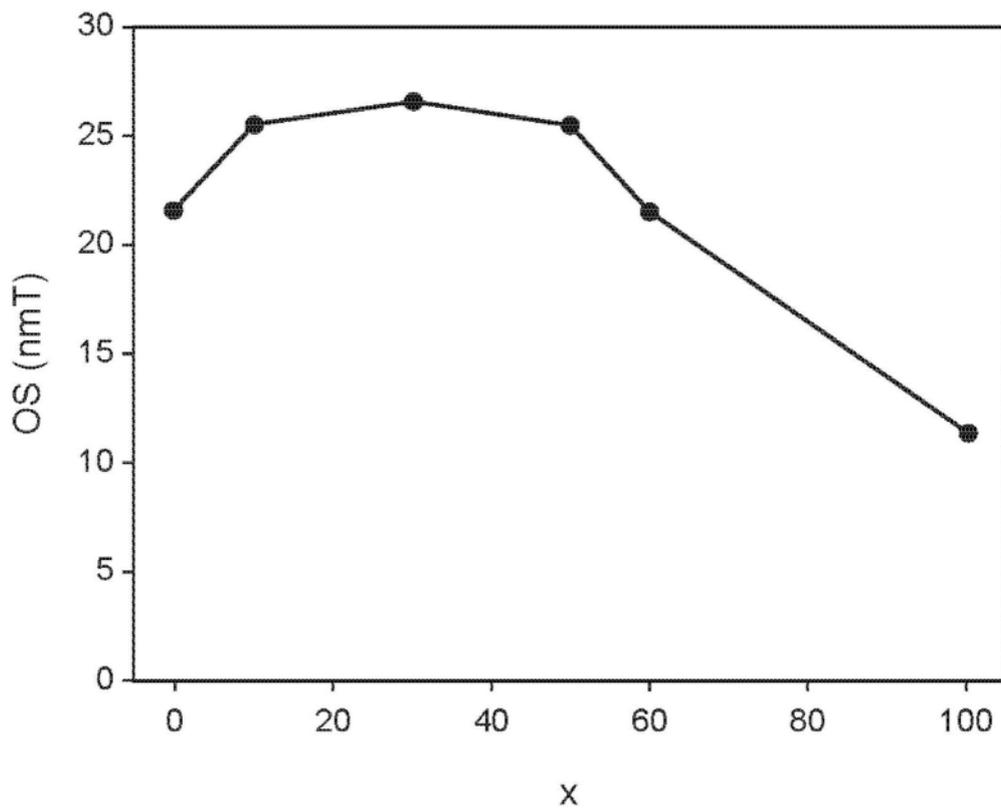


图17

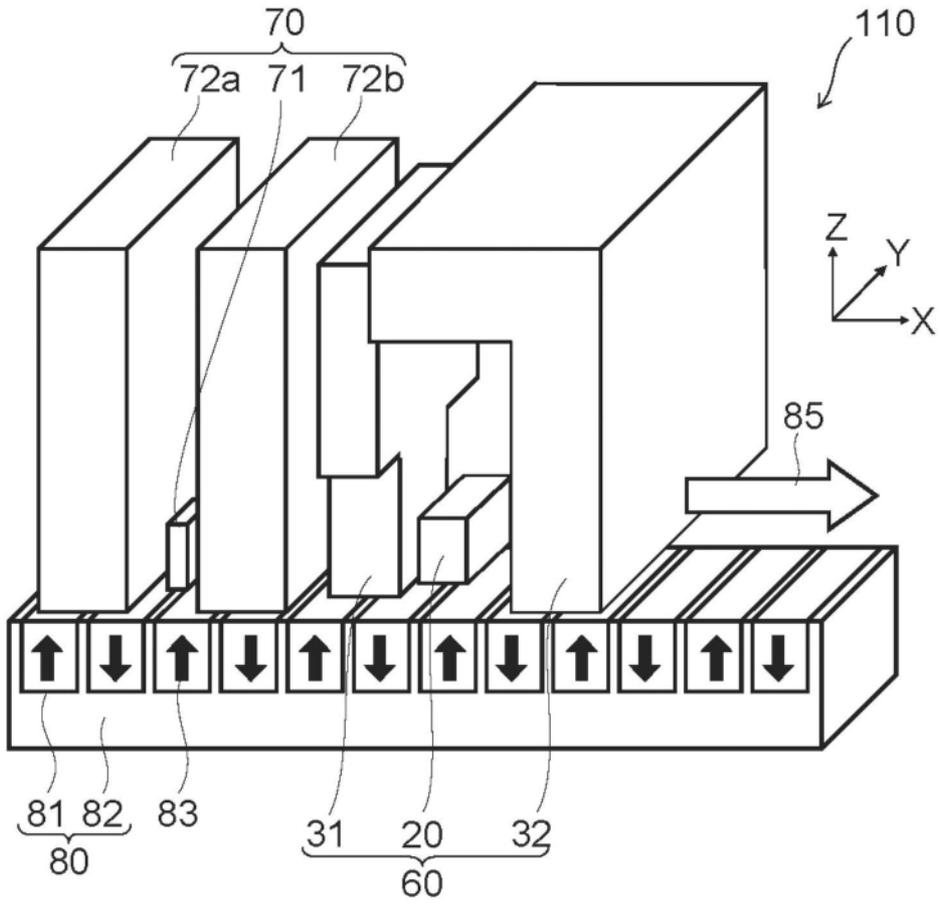


图18

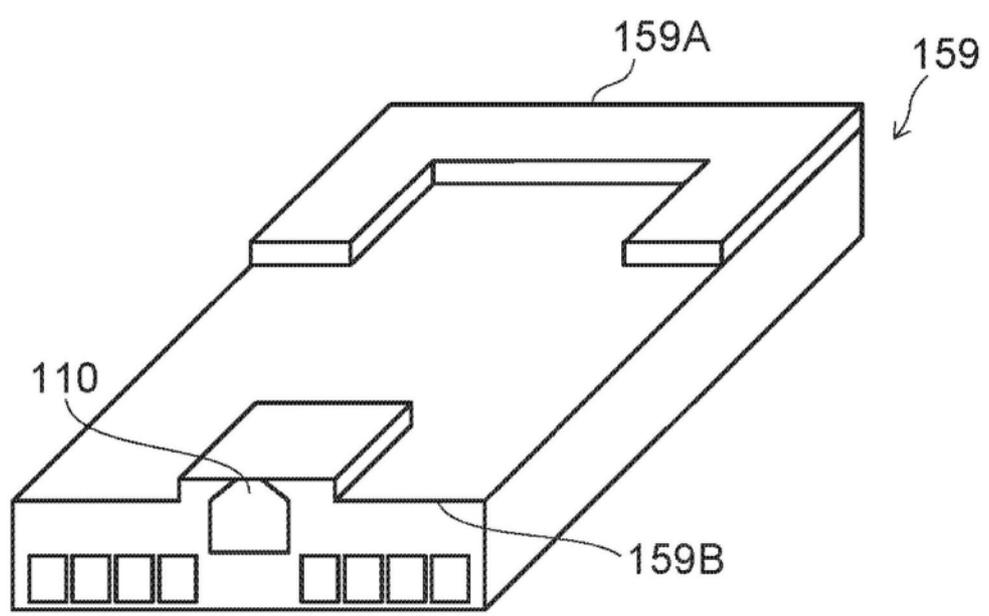


图19

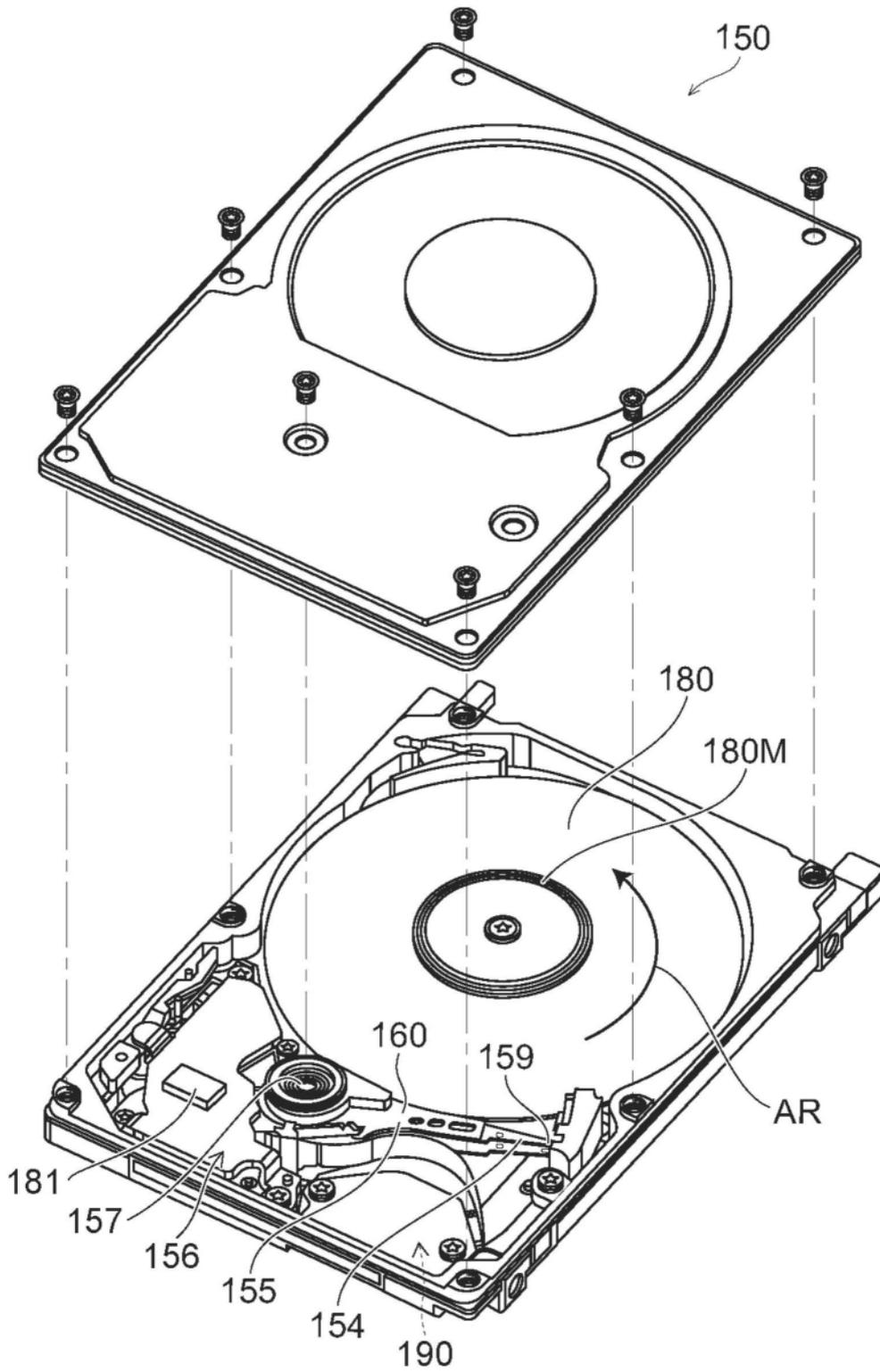
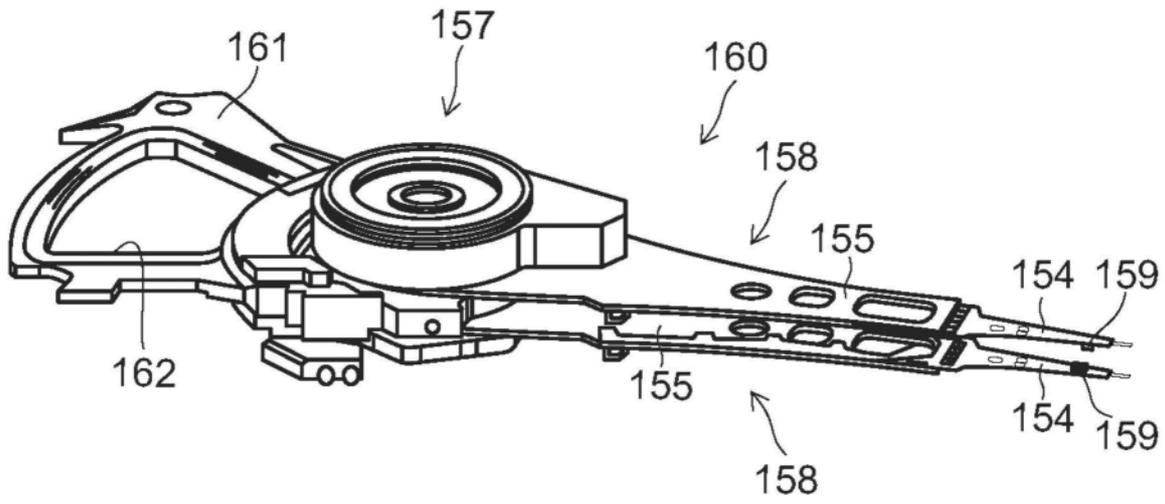


图20

(a)



(b)

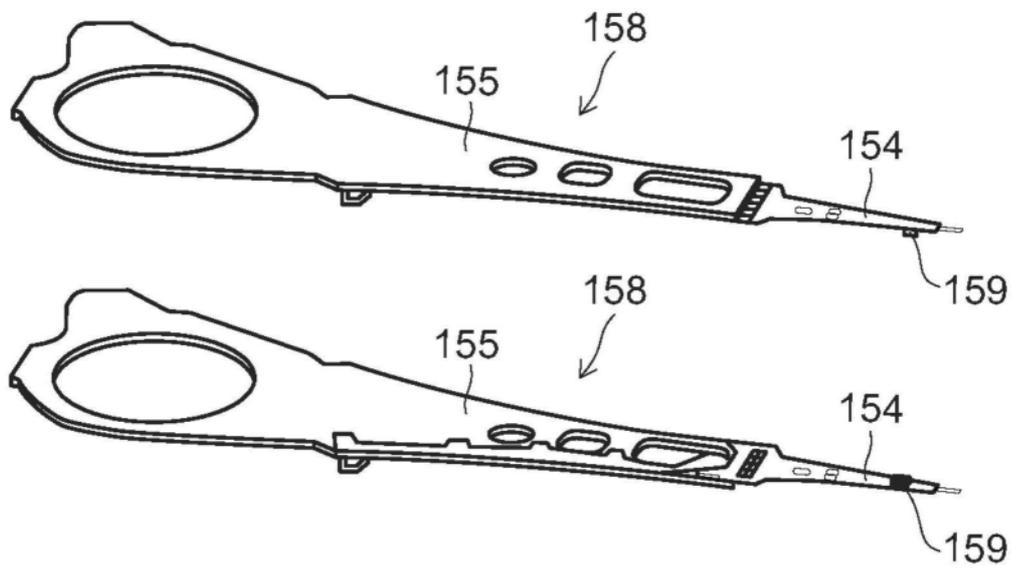


图21