

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 4 月 4 日 (04.04.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/065889 A1

- (51) 国际专利分类号:
GI1C 11/16 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/125424
- (22) 国际申请日: 2022 年 10 月 14 日 (14.10.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202211193068.7 2022年9月28日 (28.09.2022) CN
- (71) 申请人: 长鑫存储技术有限公司 (**CHANGXIN MEMORY TECHNOLOGIES, INC.**) [CN/CN]; 中国安徽省合肥市经济技术开发区空港工业园兴业大道388号, Anhui 230601 (CN)。
- (72) 发明人: 郑玉宏 (**ZHENG, Yuhong**); 中国安徽省合肥市经济技术开发区空港工业园兴业大道388号,

Anhui 230601 (CN)。王晓光 (**WANG, Xiaoguang**); 中国安徽省合肥市经济技术开发区空港工业园兴业大道388号, Anhui 230601 (CN)。徐汉东 (**XU, Handong**); 中国安徽省合肥市经济技术开发区空港工业园兴业大道388号, Anhui 230601 (CN)。

- (74) 代理人: 上海晨皓知识产权代理事务所 (普通合伙) (**SHANGHAI CHENHAO INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM GENERAL PARTNERSHIP**); 中国上海市黄浦区制造局路787号二幢202B室, Shanghai 200011 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,

(54) **Title:** SEMICONDUCTOR STRUCTURE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 半导体结构及其制造方法

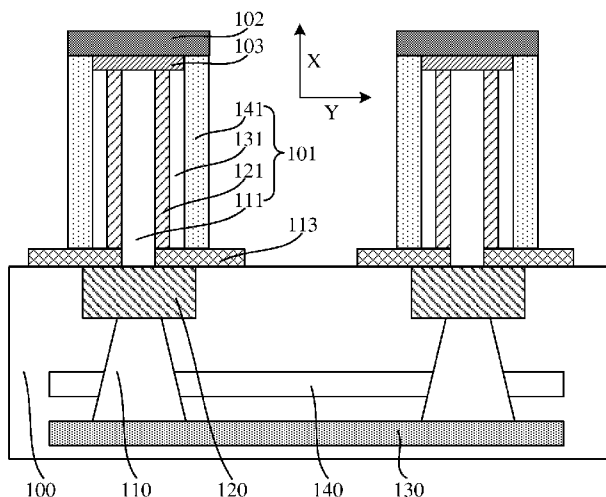


图 1

(57) **Abstract:** Embodiments of the present invention relate to the technical field of semiconductors, and provide a semiconductor structure and a manufacturing method therefor. The semiconductor structure comprises: a substrate and a magnetic tunnel junction located on the substrate, wherein the direction from the substrate to the magnetic tunnel junction is a first direction, in a direction perpendicular to the first direction, the magnetic tunnel junction comprises a reference layer, a tunneling layer, a free layer, and a coverage layer which are arranged in sequence, the reference layer, the tunneling layer, the free layer, and the coverage layer all extend in the first direction, a magnetic moment direction of the reference layer is the first direction, and a spin magnetic moment direction of the free layer is changed in a plane parallel to the first direction; and a first data line, which is in contact with and connected to the coverage layer and is configured to control the spin magnetic moment direction of the free layer by means of the coverage layer. The embodiments of the present invention at least facilitate the improvement of the layout direction of film layers in a magnetic tunnel

LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

junction, so as to expand the space for change of a spin magnetic moment direction of a free layer, thereby facilitating the improvement of the electrical performance of the magnetic tunnel junction.

(57) 摘要: 本公开实施例涉及半导体技术领域, 提供一种半导体结构及其制造方法, 半导体结构包括: 基底以及位于基底上的磁性隧道结; 其中, 基底指向磁性隧道结的方向为第一方向, 沿垂直于第一方向的方向上, 磁性隧道结包括依次排列的参考层、隧穿层、自由层和覆盖层, 参考层、隧穿层、自由层和覆盖层均沿第一方向延伸, 参考层的磁矩方向为第一方向, 自由层的自旋磁矩方向在平行于第一方向的平面内变化; 第一数据线, 与覆盖层接触连接, 被配置为, 通过覆盖层控制自由层的自旋磁矩方向。本公开实施例至少有利于改善磁性隧道结中各膜层的布局方向, 以增加自由层的自旋磁矩方向变化的空间, 从而有利于提高磁性隧道结的电学性能。

半导体结构及其制造方法

交叉引用

- 5 [0001] 本申请要求于 2022 年 09 月 28 日递交的名称为“半导体结构及其制造方法”、申请号为 202211193068.7 的中国专利申请的优先权，其通过引用被全部并入本申请。

技术领域

[0002] 本公开实施例涉及半导体技术领域，特别涉及一种半导体结构及其制造方法。

背景技术

- 10 [0003] 磁性随机存储器（MRAM, Magnetic Random Access Memory）是一种新型固态非易失性记忆体，具有高速读写的特性，利用磁性隧道结（MTJ, Magnetic Tunnel Junction）的特性形成。其中，MRAM 靠磁场极化而非电荷以存储数据，MTJ 中自由层的磁场方向可以改变，MTJ 中参考层的磁场方向不变，当自由层与参考层的磁场方向相同时，MTJ 呈现低电阻状态；当自由层与参考层的磁场方向相反时，MTJ 呈现高电阻状态，则通过检测 MTJ 电阻的高低，即可判断所存数据是“0”还是“1”。
- 15 [0004] 然而，MTJ 中自由层的磁场方向的改变趋势不易控制，即自由层的磁场方向相对于参考层的磁场方向转变的角度不易控制，从而不易控制 MTJ 的电阻值。此外，MTJ 为多膜层结构，为实现利用电荷流对 MTJ 进行调控，对各膜层的厚度有要求，不利于降低 MTJ 在 MRAM 中的布局空间。

发明内容

- 20 [0005] 本公开实施例提供一种半导体结构及其制造方法，至少有利于改善磁性隧道结中各膜层的布局方向，以增加自由层的自旋磁矩方向变化的空间，从而有利于提高磁性隧道结的电学性能。
- 25 [0006] 根据本公开一些实施例，本公开实施例一方面提供一种半导体结构，包括：基底以及位于所述基底上的磁性隧道结；其中，所述基底指向所述磁性隧道结的方向为第一方向，沿垂直于所述第一方向的方向上，所述磁性隧道结包括依次排列的参考层、隧穿层、自由层和覆盖层，所述参考层、所述隧穿层、所述自由层和所述覆盖层均沿所述第一方向延伸，所述参考层的磁矩方向为所述第一方向，所述自由层的自旋磁矩方向在平行于所述第一方向的平面内变化；第一数据线，与所述覆盖层接触连接，被配置为，通过所述覆盖层控制所述自由层的自旋磁矩方向。
- 30 [0007] 在一些实施例中，所述参考层为条状结构，所述隧穿层环绕所述条状结构沿所述第一方向延伸的侧壁，所述自由层环绕所述隧穿层远离所述参考层的侧壁，所述覆盖层至少环绕所述自由层远离所述隧穿层的侧壁。
- 35 [0008] 在一些实施例中，所述第一数据线至少位于所述覆盖层远离所述基底的顶面，所述第一数据线与所述参考层之间具有间隔；所述半导体结构还包括：第一隔离层，位于所述第一数据线与所述参考层之间，所述覆盖层还环绕所述第一隔离层沿所述第一方向延伸的侧壁；电连接块，与所述参考层远离所述第一隔离层的一侧接触连接；第二隔离层，位于所述电连接块和所述自由层之间，且位于所述电连接块和所述覆盖层之间。
- [0009] 在一些实施例中，所述半导体结构还包括：位于所述基底中的晶体管以及与所述晶体管的源极或漏极接触连接的电连接块，所述参考层和所述电连接块电连接。
- 40 [0010] 在一些实施例中，所述晶体管的源极和漏极中的一者与所述电连接块接触连接，所述半导体结构还包括：第二数据线，与所述晶体管的源极和漏极中的另一者接触连接；第三数

据线，与所述晶体管的沟道区正对，被配置为，控制所述晶体管处于导通状态或关断状态。

[0011] 在一些实施例中，所述半导体结构还包括：沿所述第一方向延伸的电连接柱，与所述电连接块接触连接，所述参考层位于所述电连接柱沿所述第一方向上延伸的至少部分侧壁，所述电连接柱在所述基底上的正投影覆盖所述电连接块在所述基底上的正投影。

- 5 [0012] 在一些实施例中，所述参考层为环状结构，所述隧穿层环绕所述环状结构沿所述第一方向延伸的外侧壁，所述自由层环绕所述隧穿层远离所述参考层的侧壁，所述覆盖层至少环绕所述自由层远离所述隧穿层的侧壁。

- [0013] 在一些实施例中，所述第一数据线至少位于所述覆盖层远离所述基底的顶面，所述第一数据线与所述参考层和所述电连接柱之间具有间隔；所述半导体结构还包括：第一隔离层，
10 位于所述第一数据线与所述参考层之间，以及位于所述第一数据线与所述电连接柱之间，所述覆盖层还环绕所述第一隔离层沿所述第一方向延伸的侧壁。

[0014] 在一些实施例中，所述第一数据线还覆盖所述覆盖层远离所述自由层的侧壁。

- [0015] 在一些实施例中，所述参考层为条状结构，所述隧穿层覆盖所述参考层远离所述电连接柱的侧壁，所述自由层覆盖所述隧穿层远离所述参考层的侧壁，所述覆盖层覆盖所述自由
15 层远离所述隧穿层的侧壁。

[0016] 在一些实施例中，沿所述参考层指向所述自由层的方向上，所述电连接柱包括依次排列的第一电连接柱、介质层和第二电连接柱，一所述参考层覆盖所述第一电连接柱远离所述介质层的侧壁，另一所述参考层覆盖所述第二电连接柱远离所述介质层的侧壁，一所述晶体管与两个所述磁性隧道结对应。

- 20 [0017] 在一些实施例中，所述第一数据线覆盖所述覆盖层远离所述自由层的侧壁。

[0018] 在一些实施例中，所述参考层、所述隧穿层、所述自由层和所述覆盖层的排列方向第二方向，所述第一数据线沿第三方向延伸，所述第一方向、所述第二方向和所述第三方向两两相交，所述第一数据线与沿所述第三方向间隔排布的多个所述磁性隧道结对应。

- [0019] 根据本公开一些实施例，本公开实施例另一方面还提供一种半导体结构的制造方法，
25 包括：提供基底；在所述基底上形成磁性隧道结，其中，所述基底指向所述磁性隧道结的方向为第一方向，沿垂直于所述第一方向的方向上，所述磁性隧道结包括依次排列的参考层、隧穿层、自由层和覆盖层，所述参考层、所述隧穿层、所述自由层和所述覆盖层均沿所述第一方向延伸，所述参考层的磁矩方向为所述第一方向，所述自由层的自旋磁矩方向在平行于所述第一方向的平面内变化；形成与所述覆盖层接触连接的第一数据线，所述第一数据线被
30 配置为，通过所述覆盖层控制所述自由层的自旋磁矩方向。

- [0020] 在一些实施例中，提供所述基底的步骤包括：在所述基底中形成晶体管以及与所述晶体管的源极或漏极接触连接的电连接块；形成所述磁性隧道结的步骤包括：形成条状结构的
35 所述参考层，所述参考层与所述电连接块一一对应；形成第二隔离层，所述第二隔离层和所述参考层共同覆盖所述电连接块远离所述晶体管的顶面；形成隧穿层，所述隧穿层环绕所述条状结构沿所述第一方向延伸的侧壁；形成自由层，所述自由层环绕所述隧穿层远离所述参考层的侧壁；形成覆盖层，所述覆盖层至少环绕所述自由层远离所述隧穿层的侧壁。

- [0021] 在一些实施例中，提供所述基底的步骤包括：在所述基底中形成晶体管以及与所述晶体管的源极或漏极接触连接的电连接块；在形成所述电连接块之后，在形成所述磁性隧道结之前，还包括：在所述电连接块远离所述晶体管的顶面形成电连接柱，所述电连接柱沿所述
40 第一方向延伸，所述电连接柱与所述电连接块一一对应，且所述电连接柱在所述基底上的正投影覆盖所述电连接块在所述基底上的正投影。

[0022] 在一些实施例中，形成所述磁性隧道结的步骤包括：形成环绕所述电连接柱沿所述第

一方向延伸的侧壁的所述参考层；形成环绕所述参考层远离所述电连接柱的侧壁的所述隧穿层；形成环绕所述隧穿层远离所述参考层的侧壁的所述自由层；形成至少环绕所述自由层远离所述隧穿层的侧壁的所述覆盖层。

[0023] 在一些实施例中，在形成所述自由层之后，在形成所述覆盖层之前，还包括：形成第一隔离层，所述第一隔离层覆盖所述参考层、所述隧穿层和所述自由层共同构成的远离所述基底的顶面，所述覆盖层还环绕所述第一隔离层沿所述第一方向延伸的侧壁。

[0024] 在一些实施例中，形成所述第一数据线的步骤包括：形成覆盖所述第一隔离层和所述覆盖层共同构成的远离所述基底的顶面的所述第一数据线；或者，形成覆盖所述第一隔离层和所述覆盖层共同构成的远离所述基底的顶面，且覆盖所述覆盖层远离所述电连接柱的侧壁的所述第一数据线。

[0025] 在一些实施例中，沿垂直于所述第一方向的方向上，所述电连接柱具有相对的两个侧壁，形成所述磁性隧道结的步骤包括：形成覆盖所述两个侧壁中的一者的所述参考层；形成覆盖所述参考层远离所述电连接柱的一侧的所述隧穿层；形成覆盖所述隧穿层远离所述参考层的一侧的所述自由层；形成覆盖所述自由层远离所述隧穿层的一侧的所述覆盖层；形成所述第一数据线的步骤包括：形成覆盖所述覆盖层远离所述自由层的一侧的所述第一数据线。

[0026] 在一些实施例中，形成所述电连接柱的步骤包括：沿所述参考层指向所述自由层的方向上，在所述电连接块远离所述晶体管的顶面形成依次排列的第一电连接柱、介质层和第二电连接柱。

[0027] 在一些实施例中，形成所述磁性隧道结的步骤包括：在所述第一电连接柱远离所述介质层的侧壁形成一所述参考层，在所述第二电连接柱远离所述介质层的侧壁形成另一所述参考层；在每一所述参考层远离所述介质层的一侧形成所述隧穿层；在每一所述隧穿层远离所述参考层的一侧形成所述自由层；在每一所述自由层远离所述隧穿层的一侧形成所述覆盖层。

[0028] 本公开实施例提供的技术方案至少具有以下优点：

[0029] 基底指向磁性隧道结的方向为第一方向，磁性隧道结中的参考层、隧穿层、自由层和覆盖层沿垂直于第一方向的方向依次排列，即沿平行于基底表面的方向依次排列，以提供一种新的磁性隧道结中各膜层的布局方式。而且，参考层、隧穿层、自由层和覆盖层均沿第一方向延伸，使得磁性隧道结中自由层的磁场方向的改变趋势易于控制，其中，参考层的磁矩方向为第一方向，自由层的自旋磁矩方向在平行于第一方向的平面内变化，使得自由层的磁场方向相对于参考层的磁场方向转变的角度易于控制，而且，有利于增大沿第一方向延伸的自由层的自旋磁矩方向变化的空间，以及有利于保证自由层在垂直于第一方向的方向上的厚度较薄，以降低自由层在基底表面的布局面积。此外，磁性隧道结中还包括与自由层接触连接的覆盖层，在提供给自由层的电荷流的大小一定时，覆盖层有利于增大自由层的自旋磁矩方向转变的角度，使得在给自由层提供较小的电荷流的情形下，磁性隧道结的电阻值可以发生较大的改变，以提高磁性隧道结反转前后的电阻差异，提升磁性隧道结的电学性能。

附图说明

[0030] 一个或多个实施例通过与之对应的附图中的图片进行示例性说明，这些示例性说明并不构成对实施例的限定，除非有特别申明，附图中的图不构成比例限制；为了更清楚地说明本公开实施例或传统技术中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本公开的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0031] 图1为本公开一实施例提供的半导体结构的一种局部剖视结构示意图；

[0032] 图2为图1所示结构的一种局部俯视结构示意图；

[0033] 图 3 为图 1 所示结构中磁性隧道结的一种局部立体结构示意图；

[0034] 图 4 和图 5 为本公开一实施例提供的半导体结构的另外两种局部剖视结构示意图；

[0035] 图 6 为图 4 或图 5 所示结构的一种局部俯视结构示意图；

[0036] 图 7 为本公开一实施例提供的半导体结构的又一种局部剖视结构示意图；

5 [0037] 图 8 为图 7 所示结构的一种局部俯视结构示意图；

[0038] 图 9 为本公开一实施例提供的半导体结构的再一种局部剖视结构示意图；

[0039] 图 10 为图 9 所示结构的一种局部俯视结构示意图；

[0040] 图 11 至图 15 为本公开另一实施例提供的半导体结构的制造方法各步骤对应的结构示意图。

10 具体实施方式

[0041] 经分析发现，将基底指向 MTJ 的方向为第一方向，MTJ 中参考层、隧穿层和自由层依次沿第一方向排列，即沿垂直于基底表面的方向上，在基底上依次堆叠参考层、隧穿层和自由层，以形成 MTJ。

15 [0042] 在一些情况中，参考层的磁矩方向平行于基底表面，即垂直于第一方向，自由层的自旋磁矩方向在平行于基底表面的平面中翻转，以改变 MTJ 的电阻值。然而，在自由层的自旋磁矩方向在平行于基底表面的平面中翻转的情况下，MTJ 中易出现涡流效应，使得 MTJ 发热，降低 MTJ 的性能，且对 MTJ 造成电干扰。

20 [0043] 在另一些情况中，参考层的磁矩方向垂直于基底表面，即第一方向，自由层的自旋磁矩方向在垂直于基底表面的平面中翻转，如此，自由层的自旋磁矩方向的翻转空间受到自由层在第一方向上的厚度的影响，容易导致自由层的自旋磁矩方向翻转不完全，为增加自由层的自旋磁矩方向的翻转空间，需要增大自由层在第一方向上的厚度，从而使得 MTJ 整体在第一方向上的厚度过大，不利于降低 MTJ 在 MRAM 中的布局空间。

25 [0044] 本公开实施提供一种半导体结构及其制造方法，基底指向磁性隧道结的方向为第一方向，磁性隧道结中的参考层、隧穿层、自由层和覆盖层沿垂直于第一方向的方向依次排列，即沿平行于基底表面的方向依次排列，以提供一种新的磁性隧道结中各膜层的布局方式。而且，参考层、隧穿层、自由层和覆盖层均沿第一方向延伸，使得磁性隧道结中自由层的磁场方向的改变趋势易于控制，其中，参考层的磁矩方向为第一方向，自由层的自旋磁矩方向在平行于第一方向的平面内变化，使得自由层的磁场方向相对于参考层的磁场方向转变的角度易于控制，而且，有利于增大沿第一方向延伸的自由层的自旋磁矩方向变化的空间，以及有
30 利于保证自由层在垂直于第一方向的方向上的厚度较薄，以降低自由层在基底表面的布局面积。此外，磁性隧道结中还包括与自由层接触连接的覆盖层，在提供给自由层的电荷流的大小一定时，覆盖层有利于增大自由层的自旋磁矩方向转变的角度，使得在给自由层提供较小的电荷流的情形下，磁性隧道结的电阻值可以发生较大的改变，以提高磁性隧道结反转前后的电阻差异，提升磁性隧道结的电学性能。

35 [0045] 下面将结合附图对本公开的各实施例进行详细的阐述。然而，本领域的普通技术人员可以理解，在本公开各实施例中，为了使读者更好地理解本公开实施例而提出了许多技术细节。但是，即使没有这些技术细节和基于以下各实施例的种种变化和修改，也可以实现本公开实施例所要求保护的技术方案。

40 [0046] 本公开一实施例提供一种半导体结构，以下将结合附图对本公开一实施例提供的半导体结构进行详细说明。图 1 为本公开一实施例提供的半导体结构的一种局部剖视结构示意图；图 2 为图 1 所示结构的一种局部俯视结构示意图；图 3 为图 1 所示结构中磁性隧道结的一种局部立体结构示意图；图 4 和图 5 为本公开一实施例提供的半导体结构的另外两种局部剖视

结构示意图；图 6 为图 4 或图 5 所示结构的一种局部俯视结构示意图；图 7 为本公开一实施例提供的半导体结构的又一种局部剖视结构示意图；图 8 为图 7 所示结构的一种局部俯视结构示意图；图 9 为本公开一实施例提供的半导体结构的再一种局部剖视结构示意图；图 10 为图 9 所示结构的一种局部俯视结构示意图。

- 5 [0047] 参考图 1 至图 10, 半导体结构包括: 基底 100 以及位于基底 100 上的磁性隧道结 101; 其中, 基底 100 指向磁性隧道结 101 的方向为第一方向 X, 沿垂直于第一方向 X 的方向上, 磁性隧道结 101 包括依次排列的参考层 111、隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141, 参考层 111、隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141 均沿第一方向 X 延伸, 参考层 111 的磁矩方向为第一方向 X, 自由层 131 的自旋磁矩方向在平行于第一方向 X 的平面内变化; 第一数据线 102, 与覆盖层 141 接触连接, 被配置为, 通过覆盖层 141 控制自由层 131 的自旋磁矩方向。

- 10 [0048] 可以理解的是, 参考层 111、隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141 沿垂直于第一方向 X 的方向依次排列, 以提供一种新的磁性隧道结 101 中各膜层的布局方式。而且, 参考层 111、隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141 均沿第一方向 X 延伸, 其中, 参考层 111 的磁矩方向为第一方向 X, 自由层 131 的自旋磁矩方向在平行于第一方向 X 的平面内变化, 有利于
15 增大沿第一方向 X 延伸的自由层 131 的自旋磁矩方向变化的空间, 以提高磁性隧道结 101 反转前后的电阻差异, 提升磁性隧道结 101 的电学性能, 以及有利于保证自由层 131 在垂直于第一方向 X 的方向上的厚度较薄, 以降低自由层 131 在基底 100 表面的布局面积。此外, 磁性隧道结 101 中还包括与自由层 131 接触连接的覆盖层 141, 在提供给自由层 131 的电荷流的大小一定时, 覆盖层 141 有利于增大自由层 131 的自旋磁矩方向转变的角度, 使得在给自由层 131 提供较小的电荷流的情形下, 磁性隧道结 101 的电阻值可以发生较大的改变, 以提高磁性隧道结 101 的电学性能。

- 20 [0049] 而且, 参考层 111 的磁矩方向为第一方向 X, 即垂直于基底 100 表面的方向, 自由层 131 的自旋磁矩方向在平行于第一方向 X 的平面内变化, 有利于避免在磁性隧道结 101 中发生涡流效应, 有利于避免磁性隧道结 101 过热, 以避免磁性隧道结 101 的电学性能下降以及
25 电学性能降低。

[0050] 以下将结合附图对本公开实施例进行更为详细的说明。

[0051] 在一些实施例中, 参考层 111 的材料和自由层 131 的材料均包括钴铁硼、钴或镍铁中的至少一种, 隧穿层 121 的材料可以为氧化镁。

- 30 [0052] 在一些实施例中, 参考图 1、图 4、图 5、图 7 和图 9, 半导体结构还可以包括: 位于基底 100 中的晶体管 110 以及与晶体管 110 的源极或漏极接触连接的电连接块 120, 参考层 111 和电连接块 120 电连接。

- 35 [0053] 可以理解的是, 晶体管 110 用于导通对磁性隧道结 101 进行写操作或读操作的电流路径。参考层 111 和电连接块 120 电连接包括以下两种情形: 参考层 111 和电连接块 120 直接接触连接, 或者, 参考层 111 和电连接块 120 之间通过导电结构实现电连接, 后续会对上述两种情形进行详细描述。

[0054] 在一些实施例中, 继续参考图 1、图 4、图 5、图 7 和图 9, 晶体管 110 的源极和漏极中的一者与电连接块 120 接触连接, 半导体结构还可以包括: 第二数据线 130, 与晶体管 110 的源极和漏极中的另一者接触连接; 第三数据线 140, 与晶体管 110 的沟道区正对, 被配置为, 控制晶体管 110 处于导通状态或关断状态。

- 40 [0055] 可以理解的是, 第二数据线 130 可以为选择控制线, 第三数据线 140 可以为字线。在一个例子中, 晶体管 110 的源极与电连接块 120 接触连接, 晶体管 110 的漏极与第二数据线 130 接触连接; 在另一个例子中, 晶体管 110 的漏极与电连接块 120 接触连接, 晶体管 110 的源极与第二数据线 130 接触连接。

[0056] 以下对参考层 111 和电连接块 120 之间实现电连接的具体方式进行详细说明。

[0057] 在一些实施例中，参考图 1 至图 3，参考层 111 和电连接块 120 直接接触连接，参考层 111 在基底 100 上的正投影位于电连接块 120 在基底 100 上的正投影中，参考层 111 为条状结构，隧穿层 121 环绕条状结构沿第一方向 X 延伸的侧壁，自由层 131 环绕隧穿层 121 远离参考层 111 的侧壁，覆盖层 141 至少环绕自由层 131 远离隧穿层 121 的侧壁。

[0058] 其中，参考层 111 在基底 100 上的正投影为第一投影，电连接块 120 在基底 100 上的正投影为第二投影，第一投影的面积可以小于或等于第二投影的面积。

[0059] 可以理解的是，参考层 111、隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141 均可以为沿第一方向 X 上延伸的薄膜层，在保证自由层 131 的自旋磁矩方向翻转的空间较大的同时，有利于降低磁性隧道结 101 在基底 100 表面的布局面积，从而有利于降低磁性隧道结 101 整体的尺寸，以提高磁性隧道结 101 在半导体结构中的集成密度。

[0060] 需要说明的是，图 2 中仅示意出半导体结构的局部俯视结构示意图，图 3 中仅示意出单个磁性隧道结 101 的局部立体结构示意图。此外，图 3 中以参考层 111 为圆柱，隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141 为依次环绕参考层 111 的圆环状结构为例，在实际应用中，参考层 111 也可以为沿第一方向 X 延伸的其它条状结构，例如方形柱，隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141 中的至少一者也可以为其他环状结构，例如方形环。

[0061] 在一些实施例中，继续参考图 1 至图 3，第一数据线 102 至少位于覆盖层 141 远离基底 100 的顶面，第一数据线 102 与参考层 111 之间具有间隔；半导体结构还包括：第一隔离层 103，位于第一数据线 102 与参考层 111 之间，覆盖层 141 还环绕第一隔离层 103 沿第一方向 X 延伸的侧壁；电连接块 120，与参考层 111 远离第一隔离层 103 的一侧接触连接；第二隔离层 113，位于电连接块 120 和自由层 131 之间，且位于电连接块 120 和覆盖层 141 之间。

[0062] 需要说明的是，图 1 中以第一隔离层 103 位于参考层 111、隧穿层 121 和自由层 131 共同构成的远离基底 100 的顶面为例，如此，以实现第一数据线 102 与参考层 111 之间的电绝缘，以及有利于简化第一隔离层 103 的制备方法。在实际应用中，对隧穿层 121 远离基底 100 的顶面和自由层 131 远离基底 100 的顶面是否具有第一隔离层 103 不做限制，只需满足第一隔离层 103 位于第一数据线 102 与参考层 111 之间，以实现第一数据线 102 与参考层 111 之间的电绝缘即可。

[0063] 此外，图 1 中以第一数据线 102 位于第一隔离层 103 和覆盖层 141 共同构成的远离基底 100 的顶面为例，在实际应用中，对第一隔离层 103 远离基底 100 的顶面是否具有第一数据线 102 不做限制，只需满足第一数据线 102 位于覆盖层 141 远离基底 100 的顶面，以实现第一数据线 102 和覆盖层 141 之间的电连接即可。

[0064] 此外，图 1 中以第二隔离层 113 位于隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141 共同构成的靠近基底 100 的底面与基底 100 之间为例，如此，以实现自由层 131 和覆盖层 141 两者与电连接块 120 之间的电绝缘，以及有利于简化第二隔离层 113 的制备方法。在实际应用中，对隧穿层 121 靠近基底 100 的底面与基底 100 之间是否具有第二隔离层 113 不做限制，只需满足第二隔离层 113 位于电连接块 120 与自由层 131 之间以及位于电连接块 120 与覆盖层 141 之间，以实现自由层 131 和覆盖层 141 两者与电连接块 120 之间的电绝缘即可。

[0065] 此外，图 1 中以覆盖层 141 还环绕第一隔离层 103 沿第一方向 X 延伸的侧壁为例，在实际应用中，覆盖层 141 可以仅环绕自由层 131 远离隧穿层 121 的侧壁，第一数据线 102 可以环绕第一隔离层 103 沿第一方向 X 延伸的侧壁，以实现覆盖层 141 和第一数据线 102 之间的接触连接。

[0066] 在一些实施例中，第一隔离层 103 的材料和第二隔离层 113 的材料均可以为氧化硅、

氮化硅或者氮氧化硅等绝缘材料中的至少一种。

[0067] 在另一些实施例中，参考图 4 至图 10，半导体结构还可以包括：沿第一方向延 X 伸的电连接柱 105，与电连接块 120 接触连接，参考层 111 位于电连接柱 105 沿第一方向 X 上延伸的至少部分侧壁，电连接柱 105 在基底 100 上的正投影覆盖电连接块 120 在基底 100 上的正投影。可以理解的是，参考层 111 和电连接块 120 之间通过电连接柱 105 实现电连接。

[0068] 以下对半导体结构中包括电连接柱 105 时，磁性隧道结 101 的构造进行详细说明。

[0069] 在一些实施例中，参考图 4 至图 6，参考层 111 可以为环状结构，隧穿层 121 环绕环状结构沿第一方向 X 延伸的外侧壁，自由层 131 环绕隧穿层 121 远离参考层 111 的侧壁，覆盖层 141 至少环绕自由层 131 远离隧穿层 121 的侧壁。

[0070] 可以理解的是，参考层 111、隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141 均可以为沿第一方向 X 上延伸的环状薄膜层，在保证自由层 131 的自旋磁矩方向翻转的空间较大的同时，有利于降低磁性隧道结 101 在基底 100 表面的布局面积，从而有利于降低磁性隧道结 101 整体的尺寸，以提高磁性隧道结 101 在半导体结构中的集成密度。

[0071] 需要说明的是，图 6 中仅示意出半导体结构的局部俯视结构示意图，图 6 可以为图 4 或图 5 中半导体结构不包括第一隔离层 103 和第一数据线 102 的俯视结构示意图。此外，图 6 中以参考层 111、隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141 为依次环绕电连接柱 105 的方形环状结构为示例，在实际应用中，参考层 111、隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141 中的至少一者也可以为沿第一方向 X 延伸的其它环状结构，例如圆形环。

[0072] 在一些实施例中，第一数据线 102 至少位于覆盖层 141 远离基底 100 的顶面，第一数据线 102 与参考层 111 和电连接柱 105 之间具有间隔；半导体结构还包括：第一隔离层 103，位于第一数据线 102 与参考层 111 之间，以及位于第一数据线 102 与电连接柱 105 之间，覆盖层 141 还环绕第一隔离层 103 沿第一方向 X 延伸的侧壁。

[0073] 需要说明的是，图 4 和图 5 中以第一隔离层 103 位于电连接柱 105、参考层 111、隧穿层 121 和自由层 131 共同构成的远离基底 100 的顶面为示例，如此，以实现第一数据线 102 与参考层 111 之间的电绝缘，以及第一数据线 102 与电连接柱 105 之间的电绝缘，以及有利于简化第一隔离层 103 的制备方法。在实际应用中，对隧穿层 121 远离基底 100 的顶面和自由层 131 远离基底 100 的顶面是否具有第一隔离层 103 不做限制，只需满足第一隔离层 103 位于第一数据线 102 与参考层 111 之间，以及位于第一数据线 102 与电连接柱 105 之间，以实现第一数据线 102 与参考层 111 和电连接柱 105 之间的电绝缘即可。

[0074] 此外，图 4 和图 5 中以覆盖层 141 还环绕第一隔离层 103 沿第一方向 X 延伸的侧壁为示例，在实际应用中，覆盖层 141 可以仅环绕自由层 131 远离隧穿层 121 的侧壁，第一数据线 102 可以环绕第一隔离层 103 沿第一方向 X 延伸的侧壁，以实现覆盖层 141 和第一数据线 102 之间的接触连接。

[0075] 第一数据线 102 至少位于覆盖层 141 远离基底 100 的顶面至少包括以下两种实施例：

[0076] 在一些实施例中，参考图 4，第一数据线 102 位于第一隔离层 103 和覆盖层 141 共同构成的远离基底 100 的顶面。

[0077] 在另一些实施例中，参考图 5，第一数据线 102 在位于覆盖层 141 远离基底 100 的顶面的同时，第一数据线 102 还覆盖覆盖层 141 远离自由层 131 的侧壁。

[0078] 需要说明的是，图 4 和图 5 中均以第一数据线 102 位于第一隔离层 103 和覆盖层 141 共同构成的远离基底 100 的顶面为示例，在实际应用中，对第一隔离层 103 远离基底 100 的顶面是否具有第一数据线 102 不做限制，只需满足第一数据线 102 位于覆盖层 141 远离基底 100 的顶面，以实现第一数据线 102 和覆盖层 141 之间的电连接即可。

[0079] 在一些实施例中,第一隔离层 103 的材料可以为氧化硅、氮化硅或者氮氧化硅等绝缘材料中的至少一种。

[0080] 在另一些实施例中,参考图 7 至图 10,参考层 111 可以为条状结构,隧穿层 121 覆盖参考层 111 远离电连接柱 105 的侧壁,自由层 131 覆盖隧穿层 121 远离参考层 111 的侧壁,覆盖层 141 覆盖自由层 131 远离隧穿层 121 的侧壁。

[0081] 以下通过两种实施例对半导体结构包括电连接柱 105 时,参考层 111 为条状结构进行详细说明。

[0082] 在一些实施例中,参考图 7 和图 8,沿垂直于第一方向 X 的方向上,电连接柱 105 具有相对的第一侧和第二侧,参考层 111 位于电连接柱 105 的第一侧或第二侧,一个磁性隧道结 101 与一个电连接柱 105 对应,使得一个晶体管 110 与一个磁性隧道结 101 对应。

[0083] 在另一些实施例中,参考图 9 和图 10,沿参考层 111 指向自由层 131 的方向上,电连接柱 105 包括依次排列的第一电连接柱 115、介质层 125 和第二电连接柱 135,一参考层 111 覆盖第一电连接柱 115 远离介质层 125 的侧壁,另一参考层 111 覆盖第二电连接柱 135 远离介质层 125 的侧壁,一晶体管 110 与两个磁性隧道结 101 对应。

[0084] 可以理解的是,介质层 125 用于实现第一电连接柱 115 和第二电连接柱 135 之间的电绝缘,两个磁性隧道结 101 与同一电连接柱 105 对应,使得一个晶体管 110 与两个磁性隧道结 101 对应。

[0085] 在上述两种实施例中,参考老图 7 和图 9,第一数据线 102 覆盖覆盖层 141 远离自由层 131 的侧壁。

[0086] 上述各种实施例中,参考图 1 至图 10,参考层 111、隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141 的排列方向第二方向 Y,第一数据线 102 沿第三方向 Z 延伸,第一方向 X、第二方向 Y 和第三方向 Z 两两相交,第一数据线 102 与沿第三方向 Z 间隔排布的多个磁性隧道结 101 对应。可以理解的是,第一数据线 102 可以为位线,位线通过覆盖层 141 实现与自由层 131 的电连接,以控制自由层 131 中自旋磁矩方向的翻转,一条位线可以控制沿第三方向 Z 间隔排布的多个磁性隧道结 101。

[0087] 需要说明的是,图 1、图 2 和图 4 至图 10 中均以沿第二方向 Y 上间隔排布有 2 个磁性隧道结 101,沿第三方向 Z 上间隔排布有 2 个磁性隧道结 101 为示例。在实际应用中,对沿第二方向 Y 上间隔排布的磁性隧道结 101 的数量不做限制,例如数量可以为 1 个、3 个或 8 个等,而且对沿第三方向 Z 上间隔排布的磁性隧道结 101 的数量也不做限制,例如数量可以为 1 个、4 个或 7 个等。

[0088] 此外,图 2 中一第二隔离层 113 与一磁性隧道结 101 对应为示例,在实际应用中,多个磁性隧道结 101 可以共用一第二隔离层 113,或者,一第二隔离层 113 沿第二方向 Y 延伸,与沿第二方向 Y 上间隔排布的多个磁性隧道结 101 对应,或者,一第二隔离层 113 沿第三方向 Z 延伸,与沿第三方向 Z 上间隔排布的多个磁性隧道结 101 对应。

[0089] 综上所述,本公开一实施例提供一种新的磁性隧道结 101 中各膜层的布局方式。而且,参考层 111 的磁矩方向垂直于基底 100 表面,即第一方向 X,自由层 131 的自旋磁矩方向在平行于第一方向 X 的平面内变化,有利于增大沿第一方向 X 延伸的自由层 131 的自旋磁矩方向变化的空间,以提高磁性隧道结 101 的电学性能,以及有利于保证自由层 131 在垂直于第一方向 X 的方向上的厚度较薄,以降低自由层 131 在基底 100 表面的布局面积,而且,有利于避免在磁性隧道结 101 中发生涡流效应,以避免磁性隧道结 101 过热,从而避免磁性隧道结 101 的电学性能下降。此外,在提供给自由层 131 的电荷流的大小一定时,覆盖层 141 有利于增大自由层 131 的自旋磁矩方向转变的角度,使得在给自由层 131 提供较小的电荷流的情形下,磁性隧道结 101 的电阻值可以发生较大的改变,从而有利于提高磁性隧道结的电学

性能。

[0090] 本公开另一实施例还提供一种半导体结构的制造方法，用于制造本公开一实施例提供的半导体结构，以下将结合图 1 至图 15 对本公开另一实施例提供的半导体结构的制造方法进行详细说明。图 11 至图 15 为本公开另一实施例提供的半导体结构的制造方法各步骤对应的结构示意图。需要说明的是，与前述实施例相同或相应的部分在此不再赘述，此外，图 11 至图 15 均为半导体结构的局部结构示意图。

[0091] 参考图 1 至图 15，半导体结构的制造方法包括：提供基底 100；在基底 100 上形成磁性隧道结 101，其中，基底 100 指向磁性隧道结 101 的方向为第一方向 X，沿垂直于第一方向 X 的方向上，磁性隧道结 101 包括依次排列的参考层 111、隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141，参考层 111、隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141 均沿第一方向 X 延伸，参考层 111 的磁矩方向为第一方向 X，自由层 131 的自旋磁矩方向在平行于第一方向 X 的平面内变化；形成与覆盖层 141 接触连接的第一数据线 102，第一数据线 102 被配置为，通过覆盖层 141 控制自由层 131 的自旋磁矩方向。

[0092] 以下结构附图对半导体结构的制造方法进行详细说明。

[0093] 提供基底 100 至少包括以下两种实施例：

[0094] 在一些实施例中，提供基底 100 包括如下步骤：

[0095] 参考图 11，在基底 100 中形成晶体管 110 以及与晶体管 110 的源极或漏极接触连接的电连接块 120。

[0096] 形成磁性隧道结 101 包括如下步骤：

[0097] 继续参考图 11，形成条状结构的参考层 111，参考层 111 与电连接块 120 一一对应。

[0098] 参考图 12 和图 13，形成第二隔离层 113，第二隔离层 113 和参考层 111 共同覆盖电连接块 120 远离晶体管 110 的顶面。

[0099] 形成第二隔离层 113 至少包括以下两种实施例：

[0100] 在一些实施例中，参考图 12，形成初始第二隔离层 123，初始第二隔离层 123 和参考层 111 共同覆盖基底 100 的表面；参考图 13，对初始第二隔离层 123 进行图形化处理，以形成第二隔离层 113，需要说明的是，图 13 仅为对初始第二隔离层 123 进行图形化处理的一种示例，实际应用中，对初始第二隔离层 123 被图形化处理后形成的第二隔离层 113 不做限制，只需满足第二隔离层 113 位于每一电连接块 120 与每一自由层 131 之间以及位于每一电连接块 120 与每一覆盖层 141 之间即可。

[0101] 在另一些实施例中，形成的第二隔离层 113 和参考层 111 共同覆盖基底 100 的表面，可以理解为不对初始第二隔离层 123 进行图形化处理。

[0102] 参考图 13，形成隧穿层 121，隧穿层 121 环绕条状结构沿第一方向 X 延伸的侧壁；形成自由层 131，自由层 131 环绕隧穿层 121 远离参考层 111 的侧壁。

[0103] 参考图 1，形成覆盖层 141，覆盖层 141 至少环绕自由层 131 远离隧穿层 121 的侧壁。

[0104] 在一些实施例中，参考图 1，在形成自由层 131 之后，在形成覆盖层 141 之前，还包括：形成第一隔离层 103，后续对第一隔离层 103 的形成方法进行详细说明。

[0105] 在另一些实施例中，提供基底 100 包括如下步骤：

[0106] 参考图 14，在基底 100 中形成晶体管 110 以及与晶体管 110 的源极或漏极接触连接的电连接块 120。

[0107] 参考图 14、图 15 和图 4，在形成电连接块 120 之后，在形成磁性隧道结 101 之前，

制造方法还可以包括：在电连接块 120 远离晶体管 110 的顶面形成电连接柱 105，电连接柱 105 沿第一方向 X 延伸，电连接柱 105 与电连接块 120 一一对应，且电连接柱 105 在基底 100 上的正投影覆盖电连接块 120 在基底 100 上的正投影。

[00108] 在一些实施例中，参考图 15，形成电连接柱 105 的方法包括：在基底 100 的表面形成沿垂直于第一方向 X 的方向，例如第三方向 Z 延伸的初始电连接柱 145，对初始电连接柱 145 进行图像化处理，以形成于电连接块 120（参考图 14）一一对应的电连接柱 105。

[00109] 在一些实施例中，一个电连接柱 105 可以与一个磁性隧道结 101 对应，形成磁性隧道结 101 的方法至少包括以下两种实施例：

[00110] 在一些实施例中，参考图 4 和图 5，形成磁性隧道结 101 的步骤包括：形成环绕电连接柱 105 沿第一方向 X 延伸的侧壁的参考层 111；形成环绕参考层 111 远离电连接柱 105 的侧壁的隧穿层 121；形成环绕隧穿层 121 远离参考层 111 的侧壁的自由层 131；形成至少环绕自由层 131 远离隧穿层 121 的侧壁的覆盖层 141。

[00111] 在另一些实施例中，参考图 7 和图 8，形成磁性隧道结 101 的步骤包括：沿垂直于第一方向 X 的方向上，电连接柱 105 具有相对的第一侧和第二侧，在电连接柱 105 的第一侧或第二侧形成条状结构的参考层 111；形成覆盖参考层 111 远离电连接柱 105 的侧壁的隧穿层 121，形成覆盖隧穿层 121 远离参考层 111 的侧壁的自由层 131；形成覆盖自由层 131 远离隧穿层 121 的侧壁的覆盖层 141。

[00112] 在上述各种实施例中，参考图 1、图 4 或图 5，在形成自由层 131 之后，在形成覆盖层 141 之前，制造方法还可以包括：形成第一隔离层 103，第一隔离层 103 覆盖参考层 111、隧穿层 121 和自由层 131 共同构成的远离基底 100 的顶面，覆盖层 141 还环绕第一隔离层 103 沿第一方向 X 延伸的侧壁。

[00113] 在上述各种实施例中，形成第一数据线 102 的步骤可以包括：参考图 1 或图 4，形成覆盖第一隔离层 103 和覆盖层 141 共同构成的远离基底 100 的顶面的第一数据线 102；或者，参考图 5，形成覆盖第一隔离层 103 和覆盖层 141 共同构成的远离基底 100 的顶面，且覆盖覆盖层 141 远离电连接柱 105 的侧壁的第一数据线 102。

[00114] 在一些实施例中，同一电连接柱 105 可以与两个磁性隧道结 101 对应，参考图 9 和图 10，沿垂直于第一方向 X 的方向上，电连接柱 105 具有相对的两个侧壁，形成磁性隧道结 101 的步骤包括：形成覆盖两个侧壁中的一者的参考层 111；形成覆盖参考层 111 远离电连接柱 105 的一侧的隧穿层 121；形成覆盖隧穿层 121 远离参考层 111 的一侧的自由层 131；形成覆盖自由层 131 远离隧穿层 121 的一侧的覆盖层 141；形成第一数据线 102 的步骤包括：形成覆盖覆盖层 141 远离自由层 131 的一侧的第一数据线 102。

[00115] 在一些实施例中，继续参考图 9 和图 10，形成电连接柱 105 的步骤包括：沿参考层 111 指向自由层 131 的方向上，在电连接块 120 远离晶体管 110 的顶面形成依次排列的第一电连接柱 115、介质层 125 和第二电连接柱 135。需要说明的是，本公开另一实施例对如何形成第一电连接柱 115、介质层 125 和第二电连接柱 135 的具体方法不做限制。

[00116] 在一些实施例中，继续参考图 9 和图 10，形成磁性隧道结 101 的步骤包括：在第一电连接柱 115 远离介质层 125 的侧壁形成一参考层 111，在第二电连接柱 135 远离介质层 125 的侧壁形成另一参考层 111；在每一参考层 111 远离介质层 125 的一侧形成隧穿层 121；在每一隧穿层 121 远离参考层 111 的一侧形成自由层 131；在每一自由层 131 远离隧穿层 121 的一侧形成覆盖层 141。

[00117] 在上述各种实施例中，形成的第一数据线 102 还可以沿第三方向 Z 延伸，即一第一数据线 102 与沿第三方向 Z 间隔排布的多个磁性隧道结 101 对应。

[00118] 综上所述，本公开另一实施例提供的制造方法中，需要形成的参考层 111、隧穿层 121、

自由层 131 和覆盖层 141 均沿第一方向 X 延伸,有利于简化形成磁性隧道结 101 的工艺步骤,以及降低形成磁性隧道结 101 的工艺难度。而且,沿垂直于第一方向 X 的方向上,参考层 111、隧穿层 121、自由层 131 和覆盖层 141 四者的厚度均易于控制和调整。此外,本公开另一实施例提供的制造方法形成的半导体结构中,自由层 131 的自旋磁矩方向在平行于第一方向 X 的平面内变化,有利于增大沿第一方向 X 延伸的自由层 131 的自旋磁矩方向变化的空间,以提高磁性隧道结 101 的电学性能,以及有利于保证自由层 131 在垂直于第一方向 X 的方向上的厚度较薄,以降低自由层 131 在基底 100 表面的布局面积,而且,有利于避免在磁性隧道结 101 中发生涡流效应,以避免磁性隧道结 101 过热,从而避免磁性隧道结 101 的电学性能下降以及电学性能降低。此外,在提供给自由层 131 的电荷流的大小一定时,覆盖层 141 有利于增大自由层 131 的自旋磁矩方向转变的角度,使得在给自由层 131 提供较小的电荷流的情形下,磁性隧道结 101 的电阻值可以发生较大的改变,从而有利于提高磁性隧道结的电学性能。

[00119] 本领域的普通技术人员可以理解,上述各实施方式是实现本公开的具体实施例,而在实际应用中,可以在形式上和细节上对其作各种改变,而不偏离本公开实施例的精神和范围。任何本领域技术人员,在不脱离本公开实施例的精神和范围内,均可作各种改动与修改,因此本公开实施例的保护范围应当以权利要求限定的范围为准。

权 利 要 求 书

1. 一种种半导体结构，包括：

基底以及位于所述基底上的磁性隧道结；

其中，所述基底指向所述磁性隧道结的方向为第一方向，沿垂直于所述第一方向的方向上，所述磁性隧道结包括依次排列的参考层、隧穿层、自由层和覆盖层，所述参考层、所述隧穿层、所述自由层和所述覆盖层均沿所述第一方向延伸，所述参考层的磁矩方向为所述第一方向，所述自由层的自旋磁矩方向在平行于所述第一方向的平面内变化；

第一数据线，与所述覆盖层接触连接，被配置为，通过所述覆盖层控制所述自由层的自旋磁矩方向。

2. 如权利要求 1 所述的半导体结构，其中，所述参考层为条状结构，所述隧穿层环绕所述条状结构沿所述第一方向延伸的侧壁，所述自由层环绕所述隧穿层远离所述参考层的侧壁，所述覆盖层至少环绕所述自由层远离所述隧穿层的侧壁。

3. 如权利要求 2 所述的半导体结构，其中，所述第一数据线至少位于所述覆盖层远离所述基底的顶面，所述第一数据线与所述参考层之间具有间隔；所述半导体结构还包括：

第一隔离层，位于所述第一数据线与所述参考层之间，所述覆盖层还环绕所述第一隔离层沿所述第一方向延伸的侧壁；

电连接块，与所述参考层远离所述第一隔离层的一侧接触连接；

第二隔离层，位于所述电连接块和所述自由层之间，且位于所述电连接块和所述覆盖层之间。

4. 如权利要求 1 所述的半导体结构，还包括：

位于所述基底中的晶体管以及与所述晶体管的源极或漏极接触连接的电连接块，所述参考层和所述电连接块电连接。

5. 如权利要求 4 所述的半导体结构，其中，所述晶体管的源极和漏极中的一者与所述电连接块接触连接，所述半导体结构还包括：

第二数据线，与所述晶体管的源极和漏极中的另一者接触连接；

第三数据线，与所述晶体管的沟道区正对，被配置为，控制所述晶体管处于导通状态或关断状态。

6. 如权利要求 4 所述的半导体结构，还包括：沿所述第一方向延伸的电连接柱，与所述电连接块接触连接，所述参考层位于所述电连接柱沿所述第一方向上延伸的至少部分侧壁，所述电连接柱在所述基底上的正投影覆盖所述电连接块在所述基底上的正投影。

7. 如权利要求 6 所述的半导体结构，其中，所述参考层为环状结构，所述隧穿层环绕所述环状结构沿所述第一方向延伸的外侧壁，所述自由层环绕所述隧穿层远离所述参考层的侧壁，所述覆盖层至少环绕所述自由层远离所述隧穿层的侧壁。

8. 如权利要求 7 所述的半导体结构，其中，所述第一数据线至少位于所述覆盖层远离所述基底的顶面，所述第一数据线与所述参考层和所述电连接柱之间具有间隔；所述半导体结构还包括：

第一隔离层，位于所述第一数据线与所述参考层之间，以及位于所述第一数据线与所述电连接柱之间，所述覆盖层还环绕所述第一隔离层沿所述第一方向延伸的侧壁。

9. 如权利要求 8 所述的半导体结构，其中，所述第一数据线还覆盖所述覆盖层远离所述自

由层的侧壁。

10. 如权利要求 6 所述的半导体结构, 其中, 所述参考层为条状结构, 所述隧穿层覆盖所述参考层远离所述电连接柱的侧壁, 所述自由层覆盖所述隧穿层远离所述参考层的侧壁, 所述覆盖层覆盖所述自由层远离所述隧穿层的侧壁。
- 5 11. 如权利要求 10 所述的半导体结构, 其中, 沿所述参考层指向所述自由层的方向上, 所述电连接柱包括依次排列的第一电连接柱、介质层和第二电连接柱, 一所述参考层覆盖所述第一电连接柱远离所述介质层的侧壁, 另一所述参考层覆盖所述第二电连接柱远离所述介质层的侧壁, 一所述晶体管与两个所述磁性隧道结对应。
- 10 12. 如权利要求 10 或 11 所述的半导体结构, 其中, 所述第一数据线覆盖所述覆盖层远离所述自由层的侧壁。
13. 如权利要求 2 或 6 所述的半导体结构, 其中, 所述参考层、所述隧穿层、所述自由层和所述覆盖层的排列方向第二方向, 所述第一数据线沿第三方向延伸, 所述第一方向、所述第二方向和所述第三方向两两相交, 所述第一数据线与沿所述第三方向间隔排布的多个所述磁性隧道结对应。
- 15 14. 一种半导体结构的制造方法, 包括:
提供基底;
在所述基底上形成磁性隧道结, 其中, 所述基底指向所述磁性隧道结的方向为第一方向, 沿垂直于所述第一方向的方向上, 所述磁性隧道结包括依次排列的参考层、隧穿层、自由层和覆盖层, 所述参考层、所述隧穿层、所述自由层和所述覆盖层均沿所述第一方向延伸, 所述参考层的磁矩方向为所述第一方向, 所述自由层的自旋磁矩方向在平行于所述第一方向的平面内变化;
形成与所述覆盖层接触连接的第一数据线, 所述第一数据线被配置为, 通过所述覆盖层控制所述自由层的自旋磁矩方向。
- 20 15. 如权利要求 14 所述的制造方法, 其中, 提供所述基底的步骤包括:
在所述基底中形成晶体管以及与所述晶体管的源极或漏极接触连接的电连接块;
形成所述磁性隧道结的步骤包括:
形成条状结构的所述参考层, 所述参考层与所述电连接块一一对应;
形成第二隔离层, 所述第二隔离层和所述参考层共同覆盖所述电连接块远离所述晶体管的顶面;
30 形成隧穿层, 所述隧穿层环绕所述条状结构沿所述第一方向延伸的侧壁;
形成自由层, 所述自由层环绕所述隧穿层远离所述参考层的侧壁;
形成覆盖层, 所述覆盖层至少环绕所述自由层远离所述隧穿层的侧壁。
16. 如权利要求 14 所述的制造方法, 其中, 提供所述基底的步骤包括:
在所述基底中形成晶体管以及与所述晶体管的源极或漏极接触连接的电连接块;
35 在形成所述电连接块之后, 在形成所述磁性隧道结之前, 还包括:
在所述电连接块远离所述晶体管的顶面形成电连接柱, 所述电连接柱沿所述第一方向延伸, 所述电连接柱与所述电连接块一一对应, 且所述电连接柱在所述基底上的正投影覆盖所述电连接块在所述基底上的正投影。
17. 如权利要求 16 所述的制造方法, 其中, 形成所述磁性隧道结的步骤包括:

形成环绕所述电连接柱沿所述第一方向延伸的侧壁的所述参考层;

形成环绕所述参考层远离所述电连接柱的侧壁的所述隧穿层;

形成环绕所述隧穿层远离所述参考层的侧壁的所述自由层;

形成至少环绕所述自由层远离所述隧穿层的侧壁的所述覆盖层。

- 5 18. 如权利要求 15 或 17 所述的制造方法, 其中, 在形成所述自由层之后, 在形成所述覆盖层之前, 还包括:

形成第一隔离层, 所述第一隔离层覆盖所述参考层、所述隧穿层和所述自由层共同构成的远离所述基底的顶面, 所述覆盖层还环绕所述第一隔离层沿所述第一方向延伸的侧壁。

19. 如权利要求 18 所述的制造方法, 其中, 形成所述第一数据线的步骤包括:

- 10 形成覆盖所述第一隔离层和所述覆盖层共同构成的远离所述基底的顶面的所述第一数据线; 或者, 形成覆盖所述第一隔离层和所述覆盖层共同构成的远离所述基底的顶面, 且覆盖所述覆盖层远离所述电连接柱的侧壁的所述第一数据线。

20. 如权利要求 16 所述的制造方法, 其中, 沿垂直于所述第一方向的方向上, 所述电连接柱具有相对的两个侧壁, 形成所述磁性隧道结的步骤包括:

- 15 形成覆盖所述两个侧壁中的一者的所述参考层;

形成覆盖所述参考层远离所述电连接柱的一侧的所述隧穿层;

形成覆盖所述隧穿层远离所述参考层的一侧的所述自由层;

形成覆盖所述自由层远离所述隧穿层的一侧的所述覆盖层;

形成所述第一数据线的步骤包括:

- 20 形成覆盖所述覆盖层远离所述自由层的一侧的所述第一数据线。

21. 如权利要求 16 所述的制造方法, 其中, 形成所述电连接柱的步骤包括:

沿所述参考层指向所述自由层的方向上, 在所述电连接块远离所述晶体管的顶面形成依次排列的第一电连接柱、介质层和第二电连接柱。

22. 如权利要求 21 所述的制造方法, 其中, 形成所述磁性隧道结的步骤包括:

- 25 在所述第一电连接柱远离所述介质层的侧壁形成一所述参考层, 在所述第二电连接柱远离所述介质层的侧壁形成另一所述参考层;

在每一所述参考层远离所述介质层的一侧形成所述隧穿层;

在每一所述隧穿层远离所述参考层的一侧形成所述自由层;

在每一所述自由层远离所述隧穿层的一侧形成所述覆盖层。

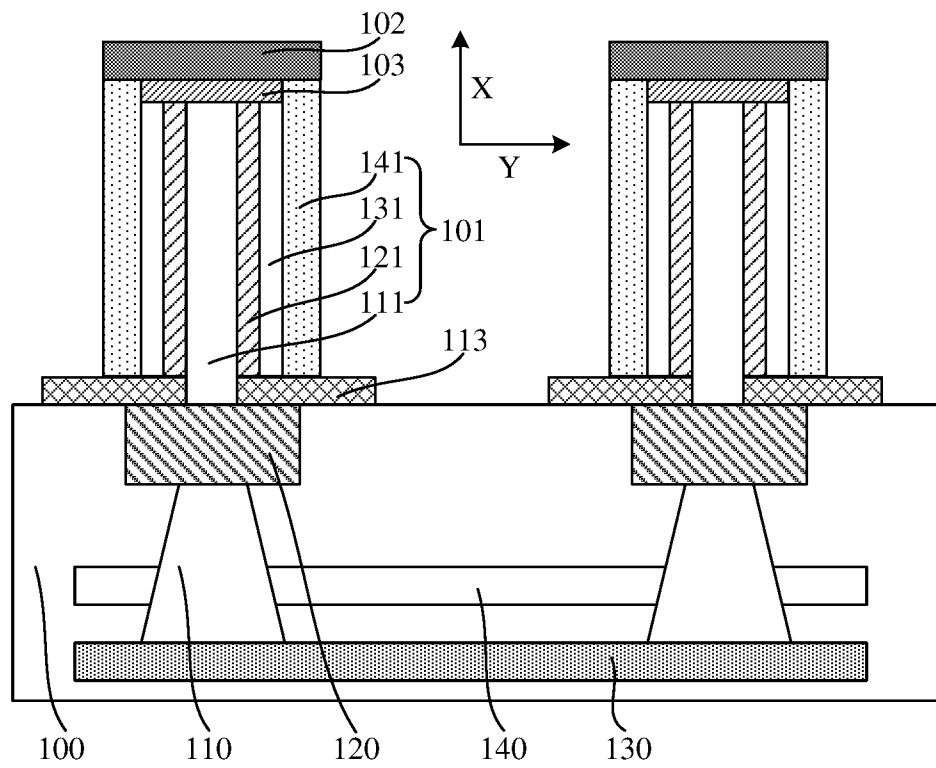


图 1

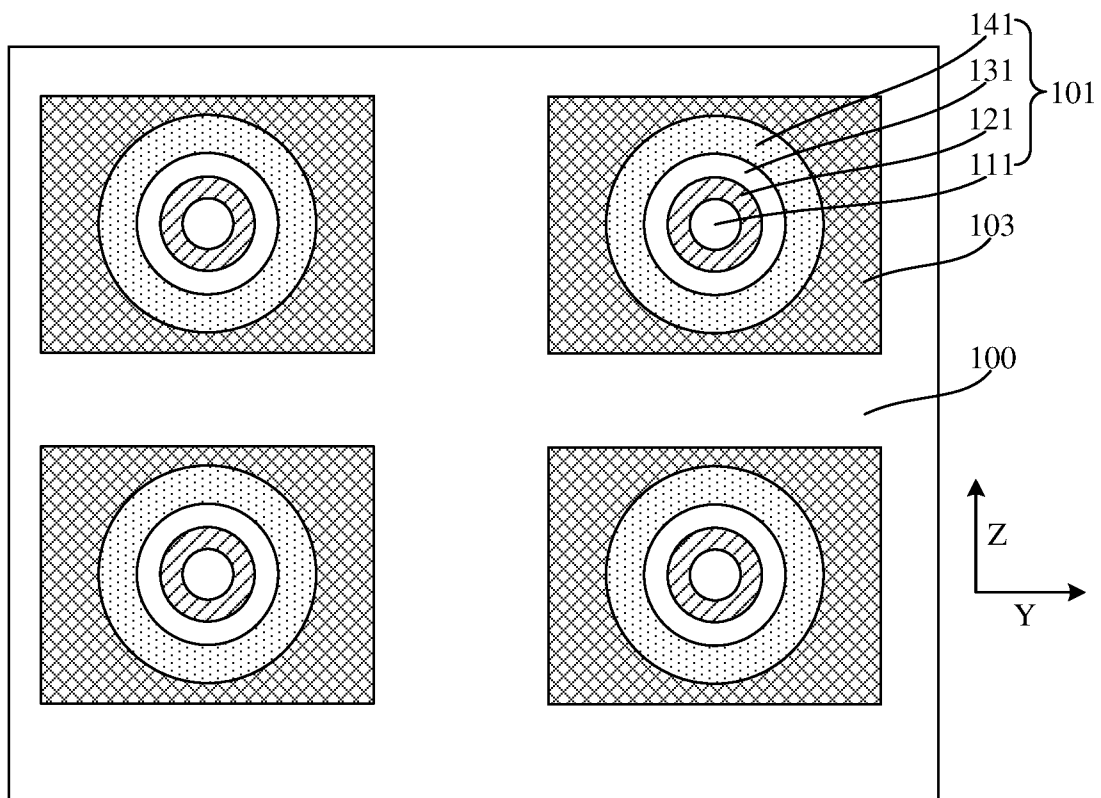


图 2

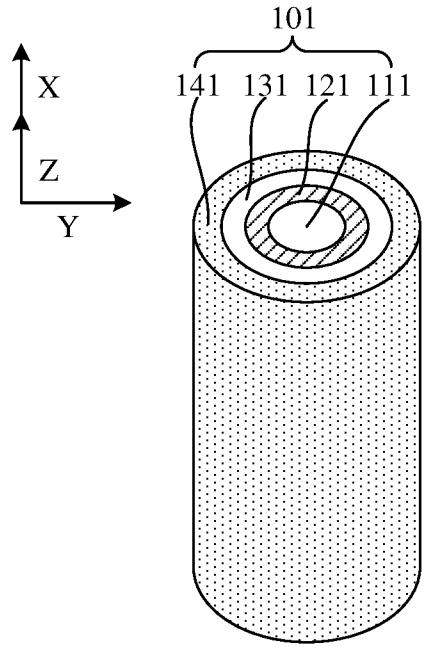


图 3

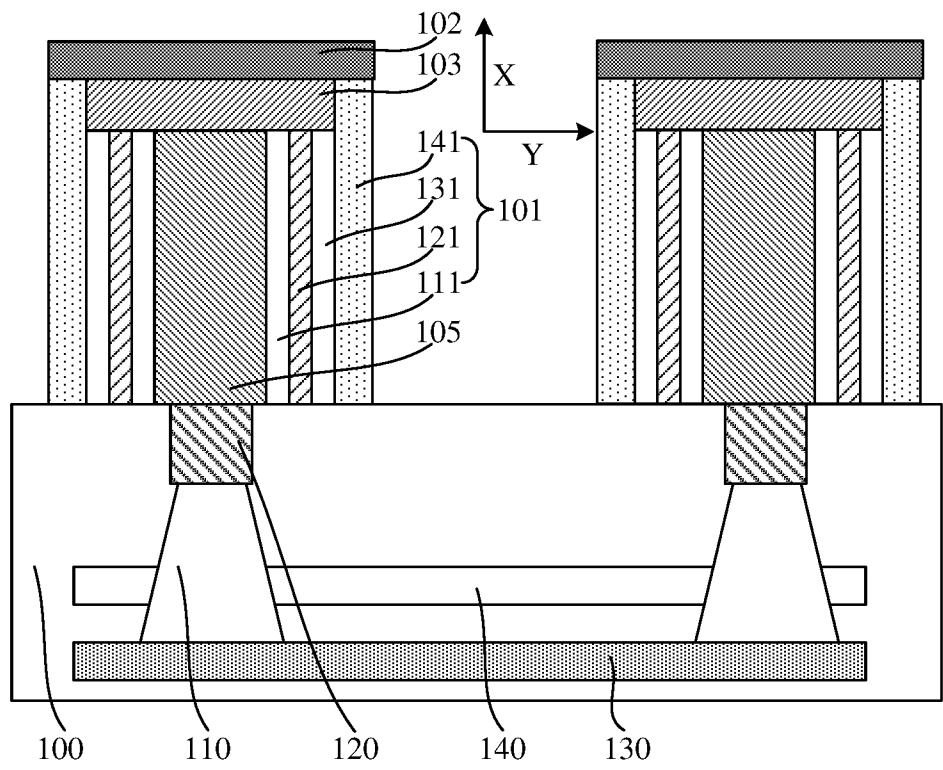


图 4

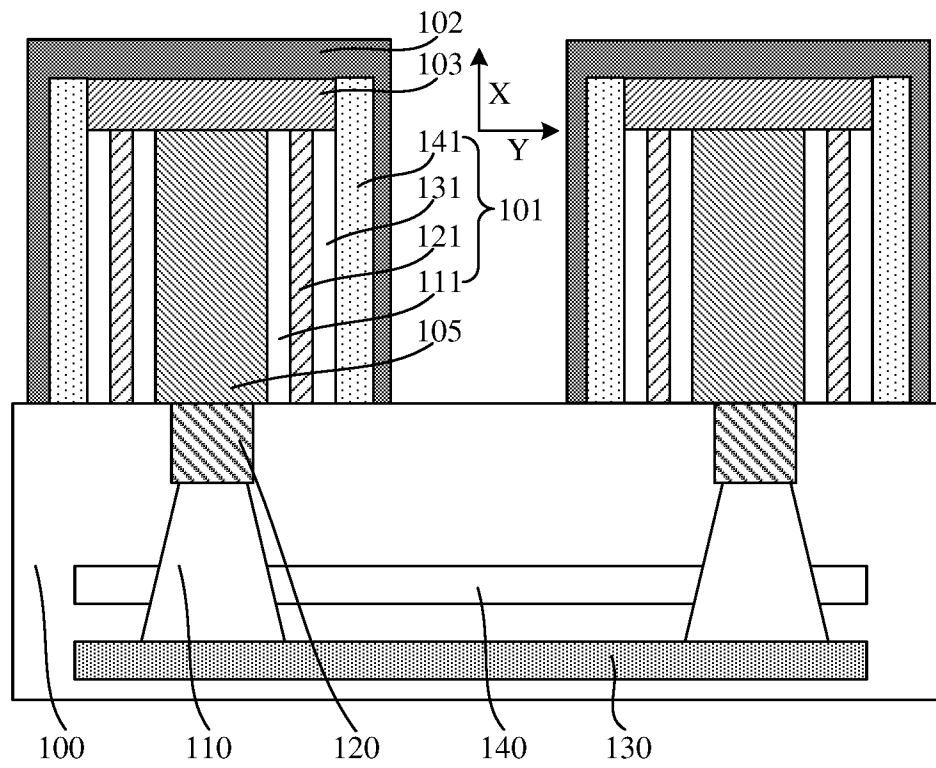


图 5

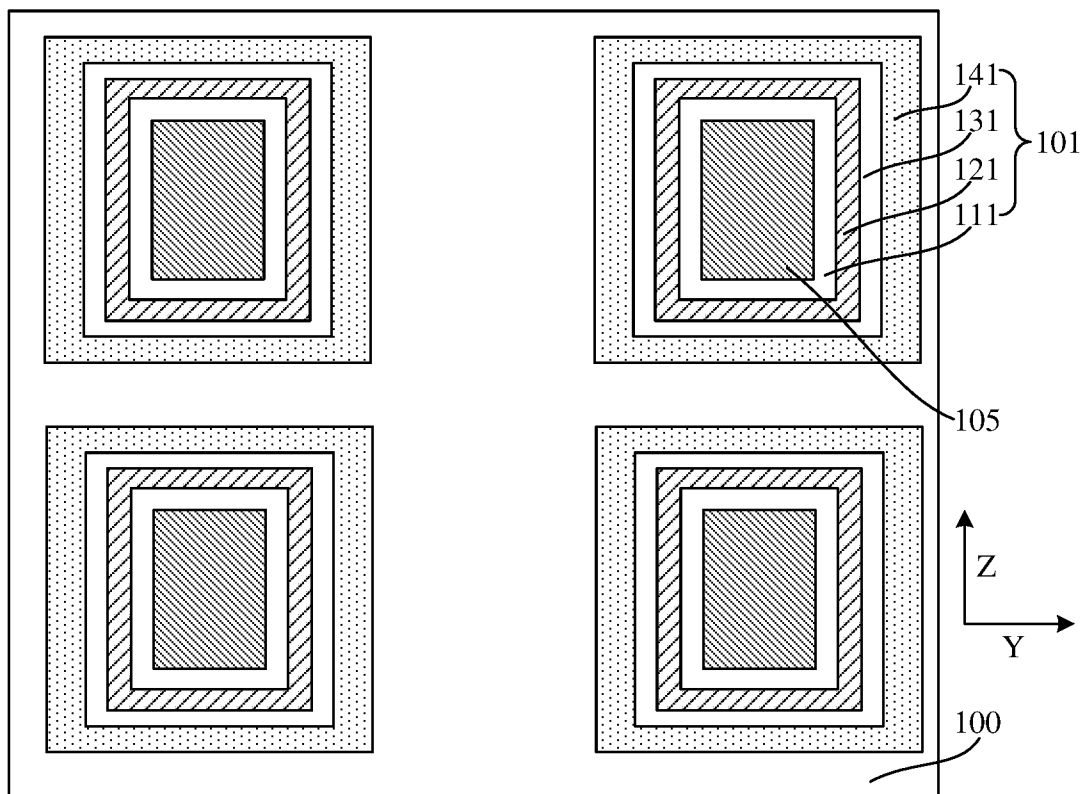


图 6

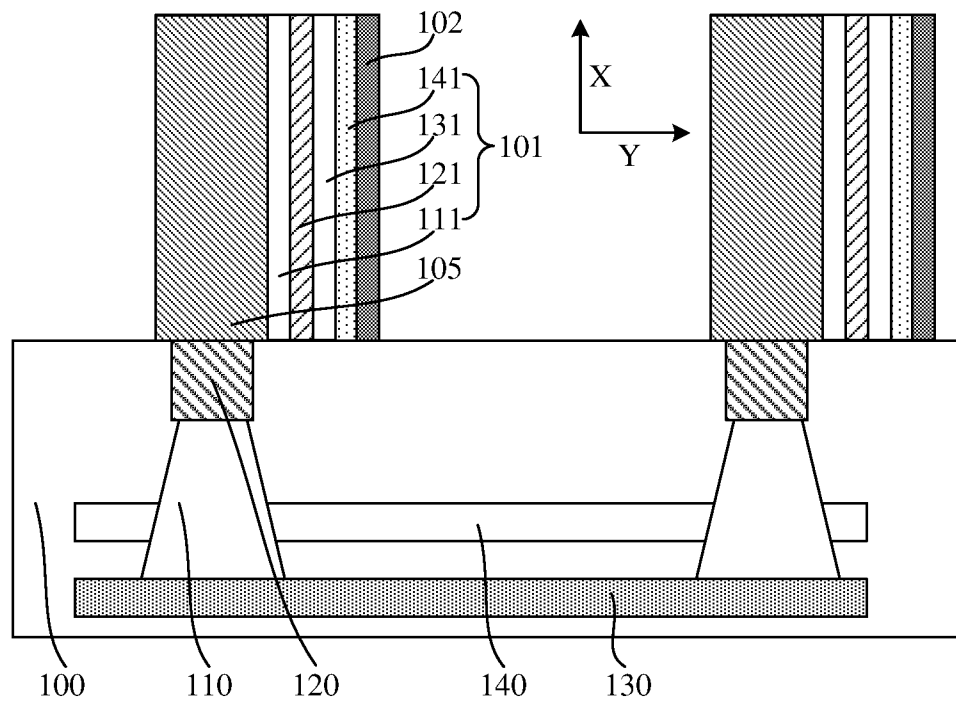


图 7

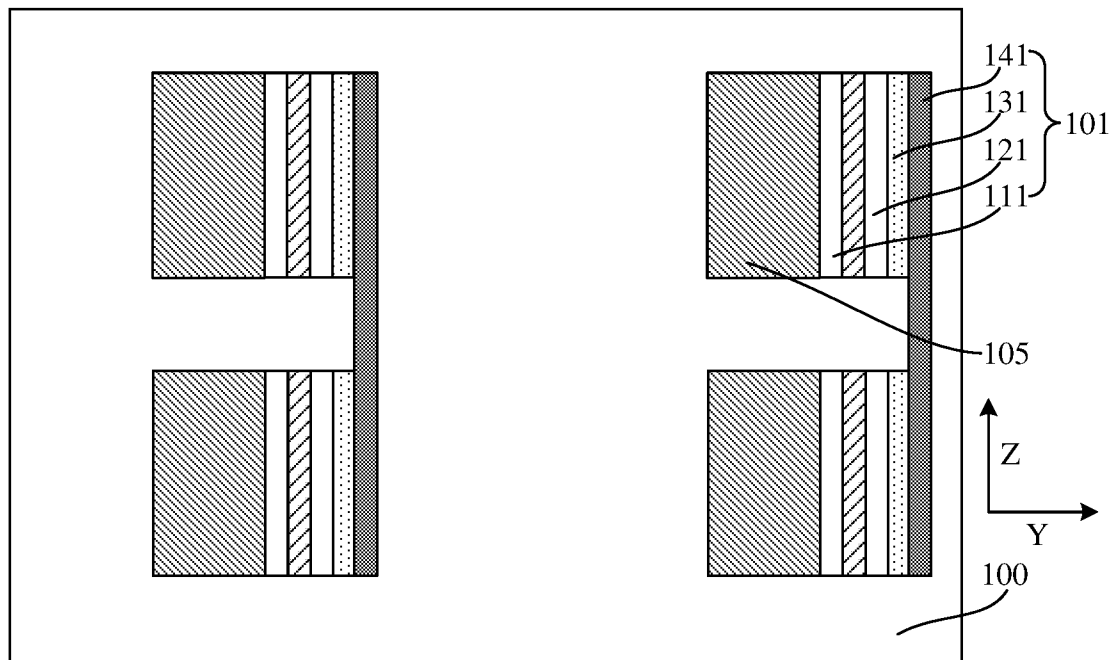


图 8

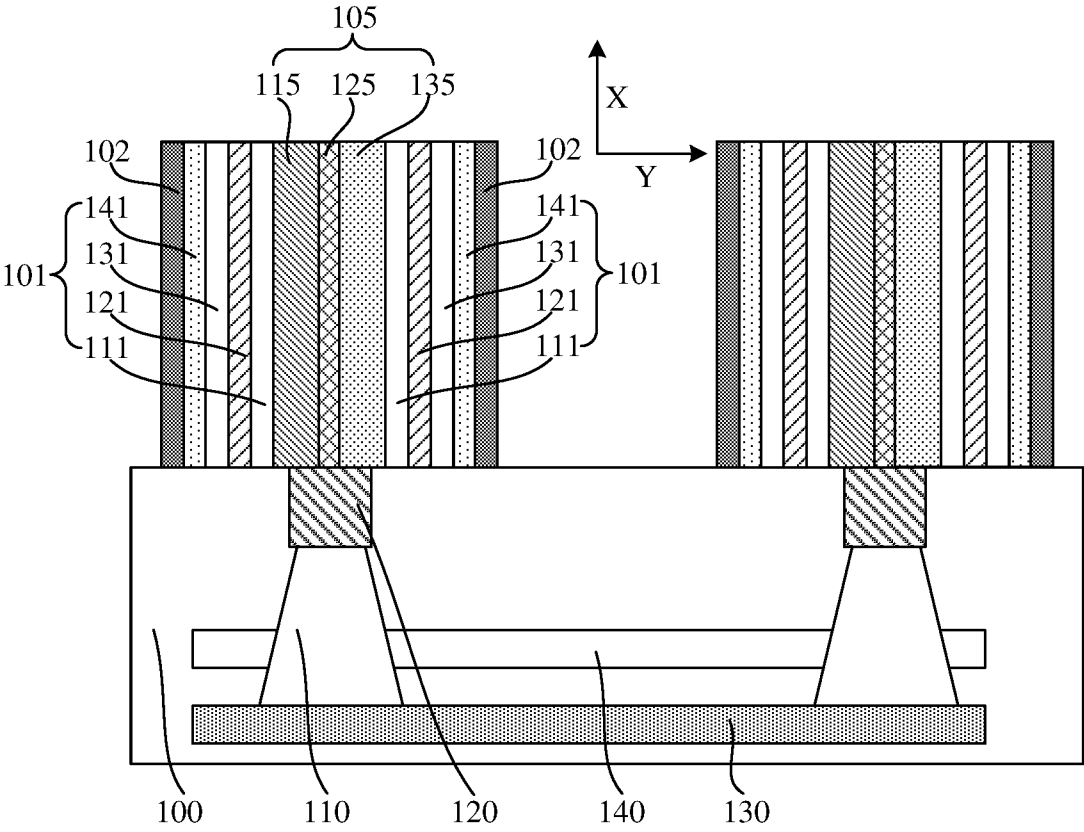


图 9

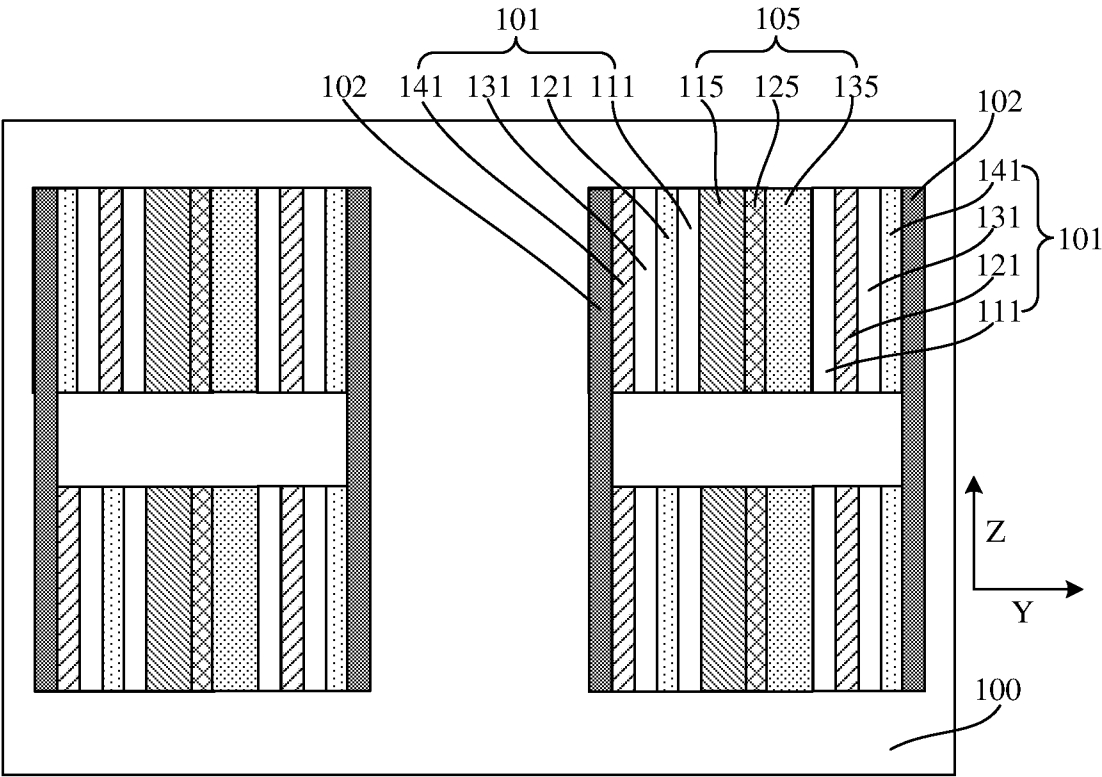


图 10

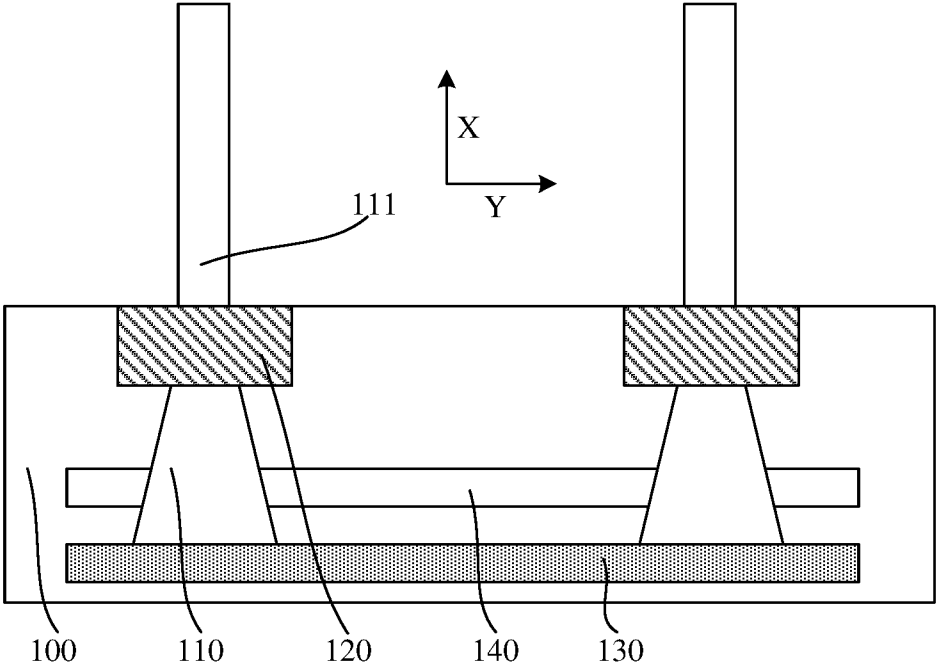


图 11

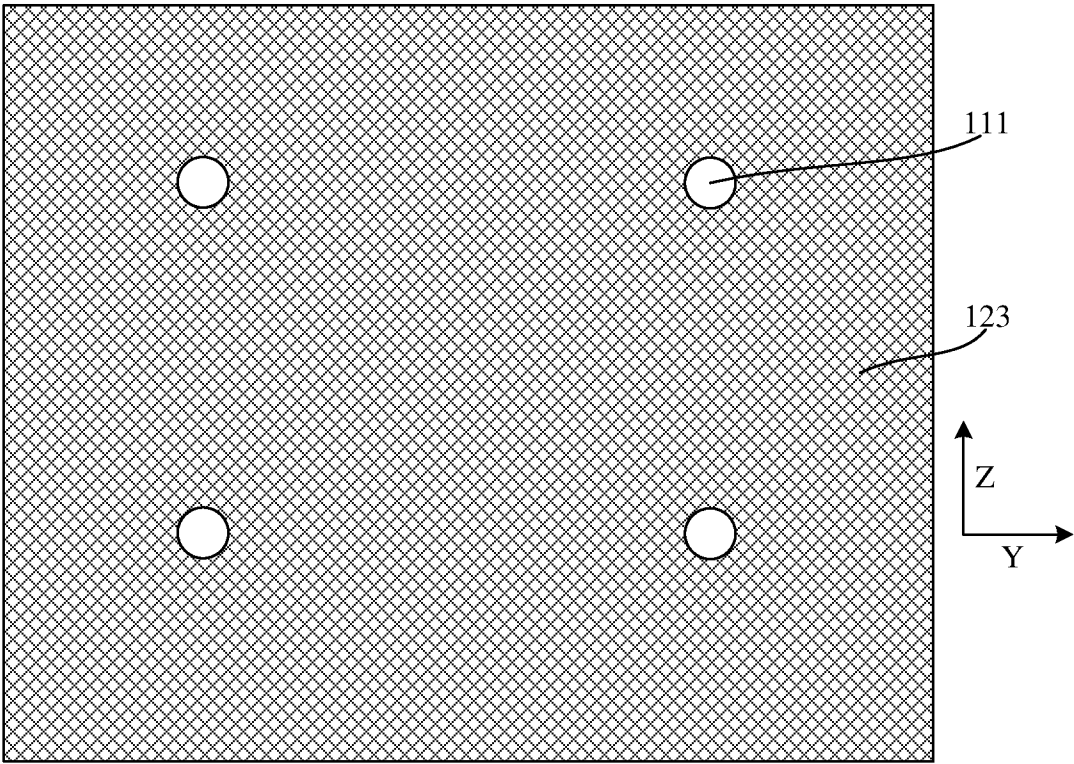


图 12

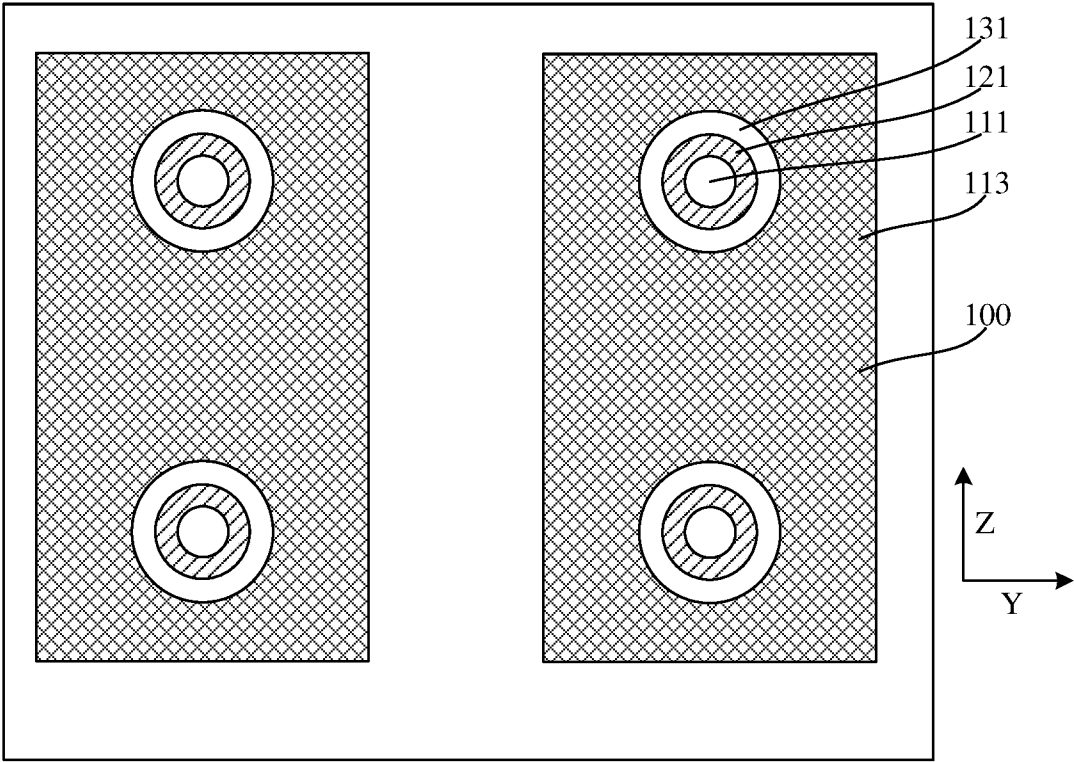


图 13

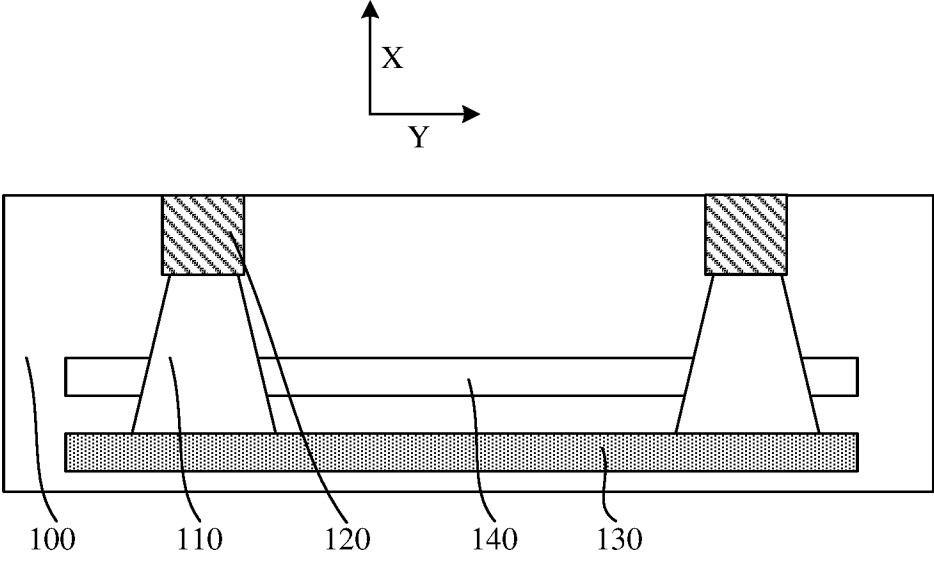


图 14

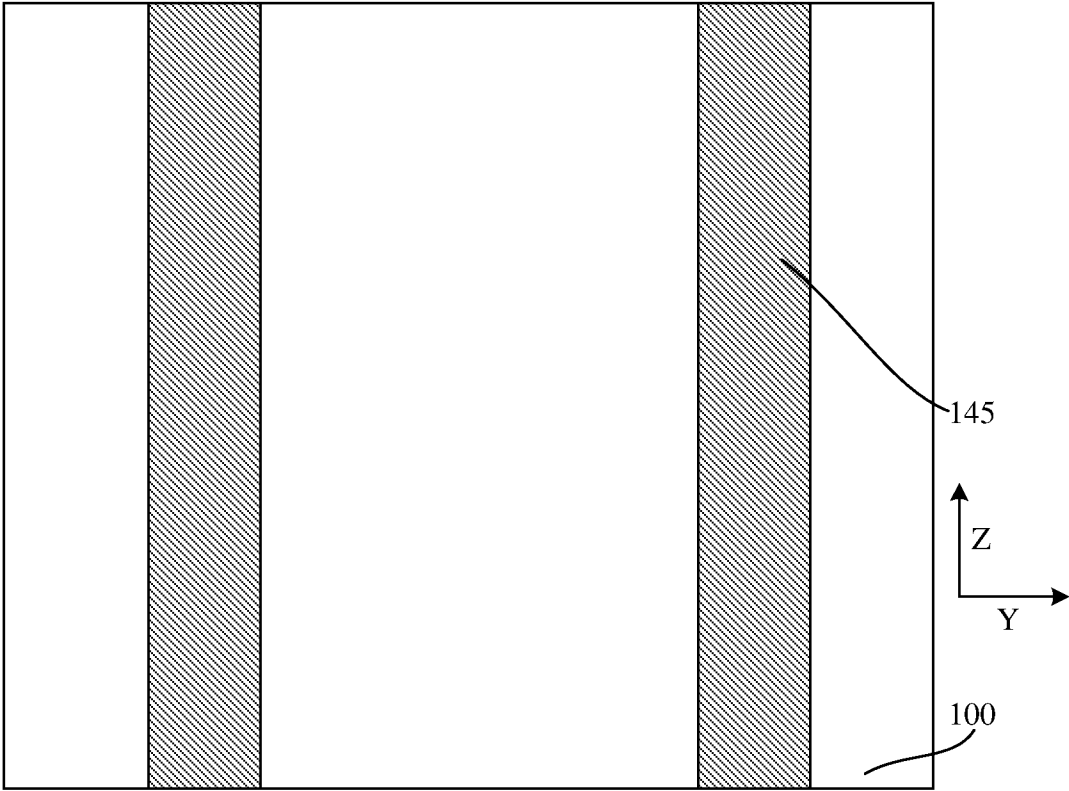


图 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/125424

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11C11/16(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G11C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

VEN, CNABS, CNTXT, WOTXT, EPTXT, USTXT, CNKI, IEEE: 磁, 隧道, 隧穿, 自旋转矩, 存储, 环绕, 围绕, 包围, 包覆, 柱, 筒, 侧壁, 侧面, 侧表面, magnet+, MTJ, tunnel+, MRAM, surround+, around+, wrap+, side 1w wall?, side 1w surface?, column, cylinder+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 109841646 A (TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING CO., LTD.) 04 June 2019 (2019-06-04) description, paragraphs [0020]-[0080], and figures 1-7	1-22
Y	US 2014175577 A1 (APALKOV, D. et al.) 26 June 2014 (2014-06-26) description, paragraphs [0032]-[0040], and figures 2-3	1-22
Y	US 2015021675 A1 (IMEC) 22 January 2015 (2015-01-22) description, paragraphs [0041]-[0077], and figures 1A-22	1-22
A	US 2019207084 A1 (SPIN TRANSFER TECHNOLOGIES) 04 July 2019 (2019-07-04) entire document	1-22
A	KR 20090114681 A (HYNIX SEMICONDUCTOR INC.) 04 November 2009 (2009-11-04) entire document	1-22



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 February 2023

Date of mailing of the international search report

22 February 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/125424

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109841646	A	04 June 2019	US	2019164585	A1	30 May 2019
				TW	201926750	A	01 July 2019
				US	2020020377	A1	16 January 2020
US	2014175577	A1	26 June 2014	KR	20140081715	A	01 July 2014
				TW	201432965	A	16 August 2014
				CN	103887425	A	25 June 2014
US	2015021675	A1	22 January 2015	None			
US	2019207084	A1	04 July 2019	None			
KR	20090114681	A	04 November 2009	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/125424

A. 主题的分类

G11C11/16 (2006.01) i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

G11C

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

VEN, CNABS, CNTXT, WOTXT, EPTXT, USTXT, CNKI, IEEE: 磁, 隧道, 隧穿, 自旋转矩, 存储, 环绕, 围绕, 包围, 包覆, 柱, 筒, 侧壁, 侧面, 侧表面, magnet+, MTJ, tunnel+, MRAM, surround+, around+, wrap+, side 1w wall?, side 1w surface?, column, cylinder+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 109841646 A (台湾积体电路制造股份有限公司) 2019年6月4日 (2019 - 06 - 04) 说明书第[0020]-[0080]段, 附图1-7	1-22
Y	US 2014175577 A1 (APALKOV, D. 等) 2014年6月26日 (2014 - 06 - 26) 说明书第[0032]-[0040]段, 附图2-3	1-22
Y	US 2015021675 A1 (IMEC) 2015年1月22日 (2015 - 01 - 22) 说明书第[0041]-[0077]段, 附图1A-22	1-22
A	US 2019207084 A1 (SPIN TRANSFER TECHNOLOGIES) 2019年7月4日 (2019 - 07 - 04) 全文	1-22
A	KR 20090114681 A (HYNIX SEMICONDUCTOR INC.) 2009年11月4日 (2009 - 11 - 04) 全文	1-22

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2023年2月1日

国际检索报告邮寄日期

2023年2月22日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

杨燕

电话号码 (+86) 010-53961450

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/125424

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	109841646	A	2019年6月4日	US	2019164585	A1	2019年5月30日
				TW	201926750	A	2019年7月1日
				US	2020020377	A1	2020年1月16日
US	2014175577	A1	2014年6月26日	KR	20140081715	A	2014年7月1日
				TW	201432965	A	2014年8月16日
				CN	103887425	A	2014年6月25日
US	2015021675	A1	2015年1月22日	无			
US	2019207084	A1	2019年7月4日	无			
KR	20090114681	A	2009年11月4日	无			