



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118265438 A

(43) 申请公布日 2024. 06. 28

(21) 申请号 202211700769.5

(22) 申请日 2022.12.26

(71) 申请人 浙江驰拓科技有限公司

地址 311300 浙江省杭州市临安区青山湖街道崇文路1718号

(72) 发明人 申力杰 于志猛 郑建强

(74) 专利代理机构 北京兰亭信通知识产权代理有限公司 11667

专利代理师 孙峰芳

(51) Int. Cl.

H10N 50/01 (2023.01)

H10N 50/10 (2023.01)

H10B 61/00 (2023.01)

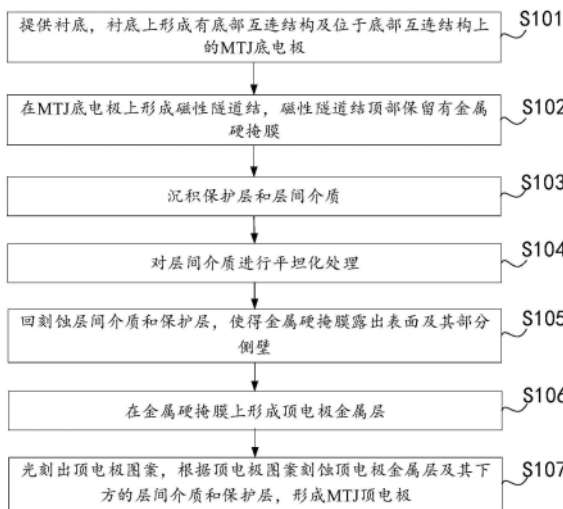
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

## (54) 发明名称

磁性存储单元的制造方法

## (57) 摘要

本发明提供一种磁性存储单元的制造方法,包括:提供衬底,衬底上形成有底部互连结构及位于底部互连结构上的MTJ底电极;在MTJ底电极上形成磁性隧道结,磁性隧道结顶部保留有金属硬掩膜;沉积保护层和层间介质;对层间介质进行平坦化处理;回刻蚀层间介质和保护层,使得金属硬掩膜露出表面及其部分侧壁;在金属硬掩膜上形成顶电极金属层;刻蚀顶电极金属层及其下方的层间介质和所述保护层,形成MTJ顶电极。本发明改进了MTJ顶电极的制备工艺。



1. 一种磁性存储单元的制造方法,其特征在于,包括:  
提供衬底,所述衬底上形成有底部互连结构及位于所述底部互连结构上的MTJ底电极;  
在所述MTJ底电极上形成磁性隧道结,所述磁性隧道结顶部保留有金属硬掩膜;  
沉积保护层和层间介质;  
对所述层间介质进行平坦化处理;  
回刻蚀所述层间介质和所述保护层,使得所述金属硬掩膜露出表面及其部分侧壁;  
在所述金属硬掩膜上形成顶电极金属层;  
光刻出顶电极图案,根据所述顶电极图案刻蚀所述顶电极金属层及其下方的层间介质和所述保护层,形成MTJ顶电极。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,对所述层间介质进行平坦化处理,包括:  
抛光前测量厚度前值,然后根据抛光速率和后值要求确定抛光时长,进行定时抛光。
3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在露出所述金属硬掩膜之后,形成顶电极金属层之前,所述方法还包括:对所述金属硬掩膜进行原位等离子体清洗、干法去胶和湿法清洗工艺,以去除所述金属硬掩膜表面的聚合物或金属氧化物。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述金属硬掩膜采用钽(Ta)、氮化钽(TaN)、钛(Ti)、氮化钛(TiN)、钨(W)和钌(Ru)中的其中一种形成的单层结构或者多层的组合。
5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述MTJ顶电极的材料为钽、氮化钽、钛和氮化钛的一种或者多种的组合。
6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述保护层的材料为聚硅酸乙酯(TEOS)。
7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述层间介质的材料为氧化硅( $\text{SiO}_2$ )、氮化硅( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )或者氮氧化硅( $\text{SiON}$ )。
8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述MTJ顶电极的特征尺寸大于所述MTJ底电极的特征尺寸。
9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,形成MTJ顶电极之后,还包括:形成顶部互连结构。

## 磁性存储单元的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件技术领域,尤其涉及一种磁性存储单元的制造方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,采用磁性隧道结(MTJ,Magnetic Tunnel Junction)的磁电阻效应的磁性随机存储器(MRAM)被认为是未来的固态非易失性记忆体,它具有高速读写、大容量以及低能耗的特点。MTJ单元作为MRAM的核心部件,基本结构包括底电极、MTJ叠层以及顶电极。

[0003] 现有的MTJ单元在与MTJ顶电极形成互联的过程中,常采用化学机械抛光(CMP)的方法暴露出MTJ顶部的金属硬掩膜,然后沉积MTJ顶电极金属。但是,随着MTJ单元尺寸的不断缩小,CMP平坦化工艺要求MTJ单元顶部的金属硬掩膜和待平坦化电介质之间要有很高的去除选择比并保证较好的均匀性。这对于CMP工艺来说,提出了非常高的工艺要求,实现起来难度较大。

### 发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提供了一种磁性存储单元的制造方法,改进了MTJ顶电极的制备工艺,降低了工艺难度,改善工艺窗口。

[0005] 本发明提供一种磁性存储单元的制造方法,包括:

[0006] 提供衬底,所述衬底上形成有底部互连结构及位于所述底部互连结构上的MTJ底电极;

[0007] 在所述MTJ底电极上形成磁性隧道结,所述磁性隧道结顶部保留有金属硬掩膜;

[0008] 沉积保护层和层间介质;

[0009] 对所述层间介质进行平坦化处理;

[0010] 回刻蚀所述层间介质和所述保护层,使得所述金属硬掩膜露出表面及其部分侧壁;

[0011] 在所述金属硬掩膜上形成顶电极金属层;

[0012] 光刻出顶电极图案,根据所述顶电极图案刻蚀所述顶电极金属层及其下方的层间介质和所述保护层,形成MTJ顶电极。

[0013] 可选地,对所述层间介质进行平坦化处理,包括:

[0014] 抛光前测量厚度前值,然后根据抛光速率和后值要求确定抛光时长,进行定时抛光。

[0015] 可选地,在露出所述金属硬掩膜之后,形成顶电极金属层之前,所述方法还包括:对所述金属硬掩膜进行原位等离子体清洗、干法去胶和湿法清洗工艺,以去除所述金属硬掩膜表面的聚合物或金属氧化物。

[0016] 可选地,所述金属硬掩膜采用钽(Ta)、氮化钽(TaN)、钛(Ti)、氮化钛(TiN)、钨(W)和钌(Ru)中的其中一种形成的单层结构或者多层的组合。

[0017] 可选地,所述MTJ顶电极的材料为钽、氮化钽、钛和氮化钛的一种或者多种的组合。

- [0018] 可选地,所述保护层材料为聚硅酸乙酯(TEOS)。
- [0019] 可选地,所述层间介质的材料为氧化硅( $\text{SiO}_2$ )、氮化硅( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )或者氮氧化硅( $\text{SiON}$ )。
- [0020] 可选地,所述MTJ顶电极的特征尺寸大于所述MTJ底电极的特征尺寸。
- [0021] 可选地,形成MTJ顶电极之后,还包括:形成顶部互连结构。
- [0022] 本发明提供一种磁性存储单元的制造方法,形成MTJ顶电极时,先通过CMP工艺将层间介质磨平,不需要暴露金属硬掩膜,后续通过刻蚀工艺打开MTJ顶部的金属硬掩膜,降低了CMP工艺的复杂性,提高产品的流通速度。且MTJ顶部刻蚀采用刻蚀速率较慢且选择比较高的条件,可以增加工艺窗口,减少金属硬掩膜损失。

### 附图说明

- [0023] 图1为本发明一实施例提供的一种磁性存储单元的制造方法流程示意图;
- [0024] 图2至图9为本发明一实施例提供的磁性存储单元的制造方法各步骤对应的剖面结构示意图。

### 具体实施方式

[0025] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,但是应该理解,这些描述只是示例性的,而并非要限制本公开的范围。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。此外,在以下说明中,省略了对公知结构和技术的描述,以避免不必要地混淆本公开的概念。

[0026] 在附图中示出了根据本公开实施例的各种结构示意图。这些图并非是按比例绘制的,其中为了清楚表达的目的,放大了某些细节,并且可能省略了某些细节。图中所示出的各种区域、层的形状以及它们之间的相对大小、位置关系仅是示例性的,实际中可能由于制造公差或技术限制而有所偏差,并且本领域技术人员根据实际所需可以另外设计具有不同形状、大小、相对位置的区域/层。

[0027] 在本公开的上下文中,当将一层/元件称作位于另一层/元件“上”时,该层/元件可以直接位于该另一层/元件上,或者它们之间可以存在居中层/元件。另外,如果在一种朝向中一层/元件位于另一层/元件“上”,那么当调转朝向时,该层/元件可以位于该另一层/元件“下”。

[0028] 下面结合附图,对本发明的一些实施方式作详细说明。在不冲突的情况下,下述的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0029] 本发明一实施例提供一种磁性存储单元的制造方法,如图1所示,包括以下步骤:

[0030] S101、提供衬底,衬底上形成有底部互连结构及位于底部互连结构上的MTJ底电极;

[0031] S102、在MTJ底电极上形成磁性隧道结,磁性隧道结顶部保留有金属硬掩膜;

[0032] S103、沉积保护层和层间介质;

[0033] S104、对层间介质进行平坦化处理;

[0034] S105、回刻蚀层间介质和保护层,使得金属硬掩膜露出表面及其部分侧壁;

[0035] S106、在金属硬掩膜上形成顶电极金属层；

[0036] S107、光刻出顶电极图案，根据顶电极图案刻蚀顶电极金属层及其下方的层间介质和保护层，形成MTJ顶电极。

[0037] 图2至图8示出了根据本发明实施例的磁性存储单元的制造方法的一些阶段的剖面结构图。下面对各步骤进行详细论述。

[0038] 在步骤S101，如图2所示，提供衬底200，衬底200上形成有底部互连结构，本实施例中，衬底200可以包括半导体材料例如硅、锗、硅锗，在硅衬底上预先形成各种类型的电路图案，例如，晶体管、下层金属布线2001等。然后形成刻蚀停止层作为后续形成底部通孔2002时刻蚀工艺的停止层，一般为氮化硅(SiN)。底部互连结构包括底部金属层2001和底部通孔2002，底部互连结构上为MTJ底电极2003。底电极2003的厚度可以在10~40nm。底电极2003可以包括氮化钽、钽、氮化钛、钛等。底部互连结构和MTJ底电极的周围环绕有层间介质。

[0039] 在步骤S102，如图3所示，在MTJ底电极2003上形成磁性隧道结201，磁性隧道结201顶部保留有金属硬掩膜202。该步骤实现方法一般为：依次沉积磁性隧道结的多层薄膜和金属硬掩膜，然后先对金属硬掩膜进行图案化，然后以金属硬掩膜作为刻蚀掩膜，使用例如离子束刻蚀(IBE)工艺刻蚀磁性隧道结的多层薄膜，得到磁性隧道结。磁性隧道结201为至少包括自由层、势垒层、参考层的层叠结构。金属硬掩膜202可以是单层结构，材料可以从钽(Ta)、氮化钽(TaN)、钛(Ti)、氮化钛(TiN)、钨(W)和钌(Ru)中选择一种。金属硬掩膜202也可以是多层结构，每层的材料可以从钽(Ta)、氮化钽(TaN)、钛(Ti)、氮化钛(TiN)、钨(W)和钌(Ru)中选择一种，将多层材料进行组合。金属硬掩膜202的厚度可以为30~60nm。

[0040] 在步骤S103，如图4所示，沉积保护层203和层间介质204。保护层203共形地覆盖于磁性隧道结201、金属硬掩膜202的表面。保护层203用于保护磁性隧道结201，防止发生氧化。保护层203可以包括氧化硅或介电常数小于氧化硅(即，小于约3.9)的低k介电材料，例如聚硅酸乙酯(TEOS)。层间介质204用于填充柱形相邻磁性隧道结之间的间隙。本实施例中，层间介质204和保护层203采用不同的材料。例如，层间介质204的材料可以为氧化硅(SiO<sub>2</sub>)、氮化硅(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)或者氮氧化硅(SiON)。保护层203和层间介质204优先采用等离子增强化学气相沉积(PECVD)、物理气相沉积(PVD)或电子束蒸镀工艺进行沉积。

[0041] 在步骤S104，如图5所示，对层间介质204进行平坦化处理。该步骤只需要把层间介质磨平即可，不需要研磨至金属硬掩膜，后续通过MTJ顶部刻蚀来打开金属硬掩膜顶部。

[0042] 在步骤S105，如图6所示，回刻蚀层间介质204和保护层203，使得金属硬掩膜202露出表面及其部分侧壁。刻蚀后剩余的层间介质204a和保护层203a的高度低于金属硬掩膜202的表面。优选地，金属硬掩膜202可以具有凸起的球状接触面，从而增加与MTJ顶电极的接触面积。

[0043] 根据层间介质204、保护层203和金属硬掩膜202的刻蚀选择比进行此步刻蚀，取决于刻蚀菜单的内容，刻蚀后金属硬掩膜顶部凸起，顶部和旁边部分的MTJ保护层及层间介质被刻蚀掉。优先采用刻蚀速率较慢且选择比较高的条件，可以增加工艺窗口，减少HM loss。

[0044] 这里要说明的是，回刻蚀层间介质204和保护层203之后，相邻存储单元之间的层间介质和保护层并不会被刻蚀掉。

[0045] 另外说明的是，为了使金属硬掩膜202具有凸起的球状接触面，刻蚀之后还包括：对金属硬掩膜202进行原位等离子体清洗，干法去胶和湿法清洗等工艺，去除金属硬掩膜表

面的聚合物或金属氧化物,以获得较低的接触电阻。优选地使用 $\text{CHF}_3$ 或者 $\text{CF}_4$ 作为干法刻蚀气体。

[0046] 在步骤S106,如图7所示,在金属硬掩膜202上形成顶电极金属层205。顶电极金属层205的材料可以为钽、氮化钽、钛和氮化钛的一种或者多种的组合。顶电极金属层205优选地使用金属物理气相沉积形成。

[0047] 在步骤S107,如图8所示,光刻出顶电极图案,根据顶电极图案刻蚀顶电极金属层205及其下方的层间介质204a和保护层203a,形成MTJ顶电极205a。顶电极205a的特征尺寸取决于使用的光罩,本实施例中MTJ顶电极205a的特征尺寸大于MTJ底电极2003的特征尺寸。

[0048] 进一步地,在形成MTJ顶电极205a之后,如图9所示,还包括:形成顶部互连结构。本实施例中,顶部互连结构包括顶部通孔206和顶部金属层207。该步骤可以使用常规工艺实现,例如通过双大马士革工艺得到。

[0049] 本发明实施例提供的一种磁性存储单元的制造方法,形成MTJ顶电极时,先通过CMP工艺将层间介质磨平,不需要暴露金属硬掩膜,后续通过刻蚀工艺打开MTJ顶部的金属硬掩膜,降低了CMP工艺的复杂性,提高产品的流通速度。且MTJ顶部刻蚀采用刻蚀速率较慢且选择比较高的条件,可以增加工艺窗口,减少金属硬掩膜损失。

[0050] 在以上的描述中,对于各层的构图、刻蚀等技术细节并没有做出详细的说明。但是本领域技术人员应当理解,可以通过各种技术手段,来形成所需形状的层、区域等。另外,为了形成同一结构,本领域技术人员还可以设计出与以上描述的方法并不完全相同的方法。另外,尽管在以上分别描述了各实施例,但是这并不意味着各个实施例中的措施不能有利地结合使用。

[0051] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

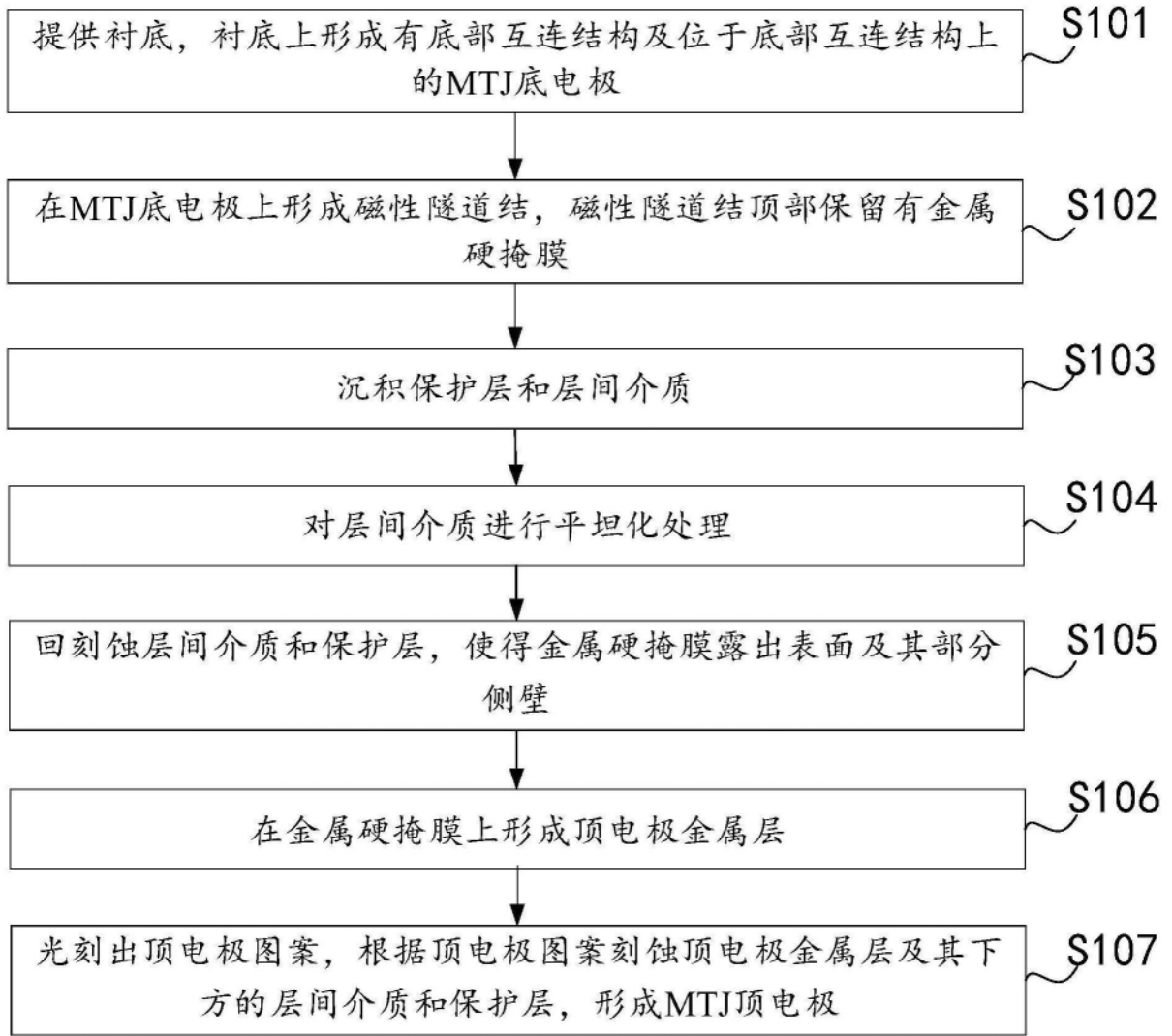


图1

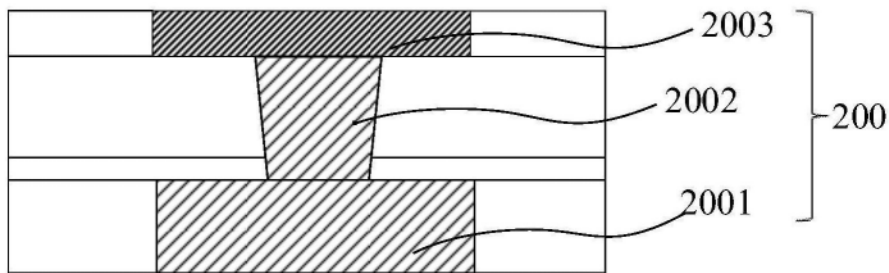


图2

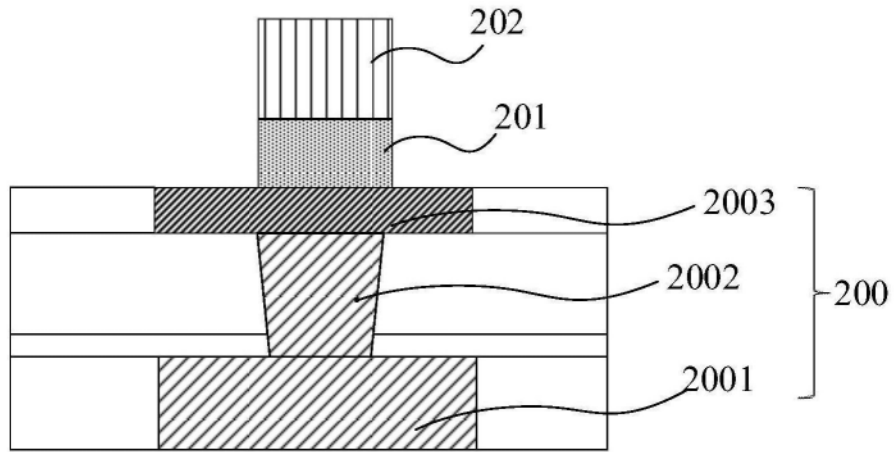


图3

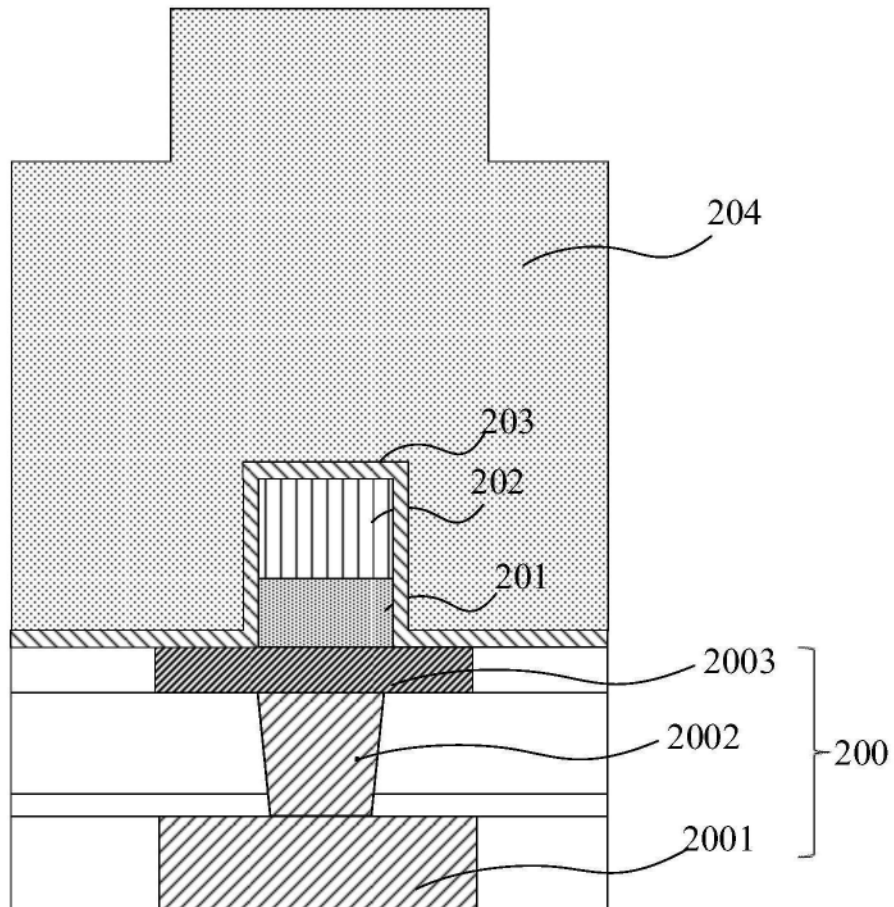


图4



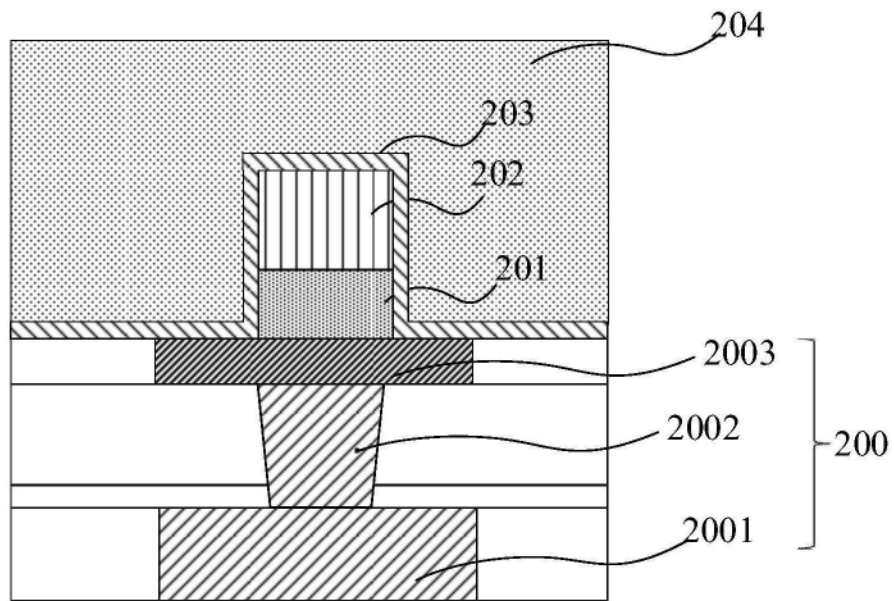


图5

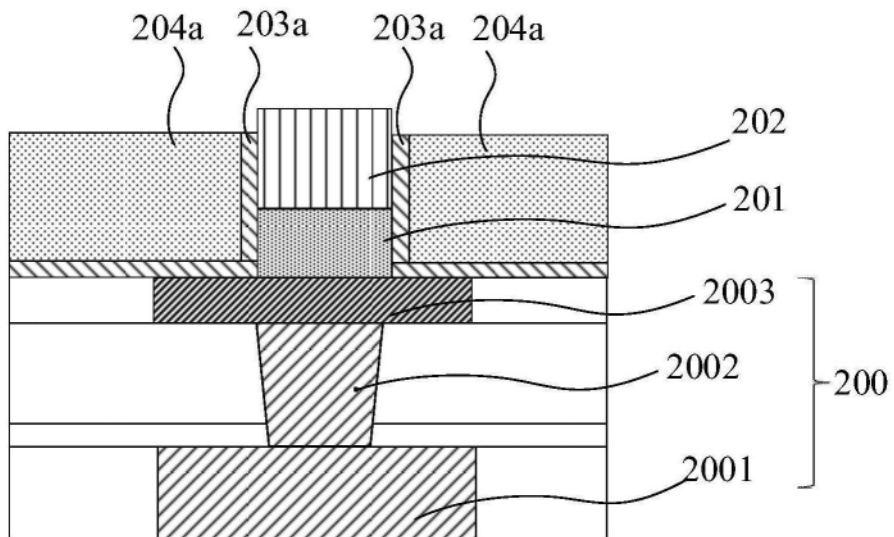


图6

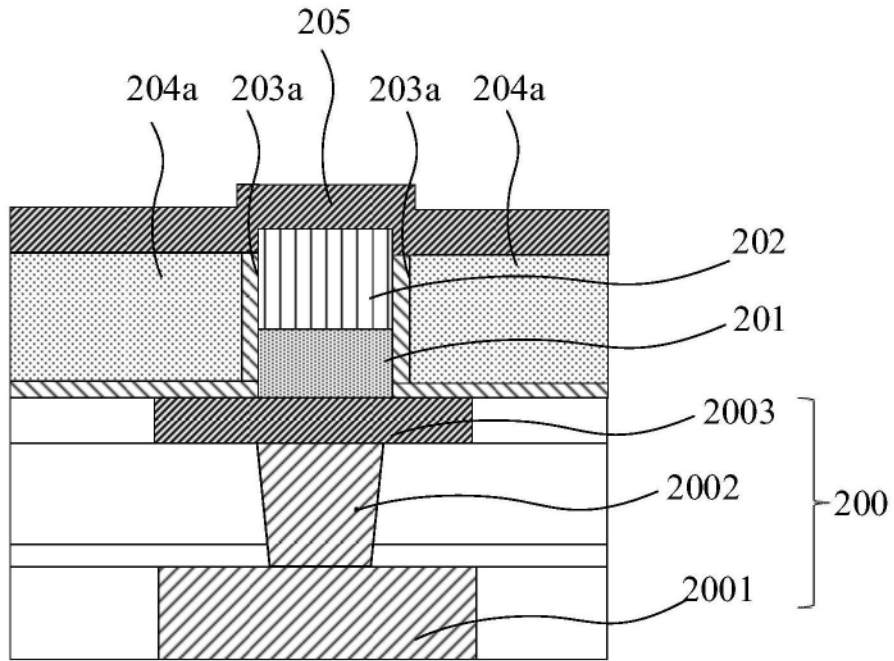


图7

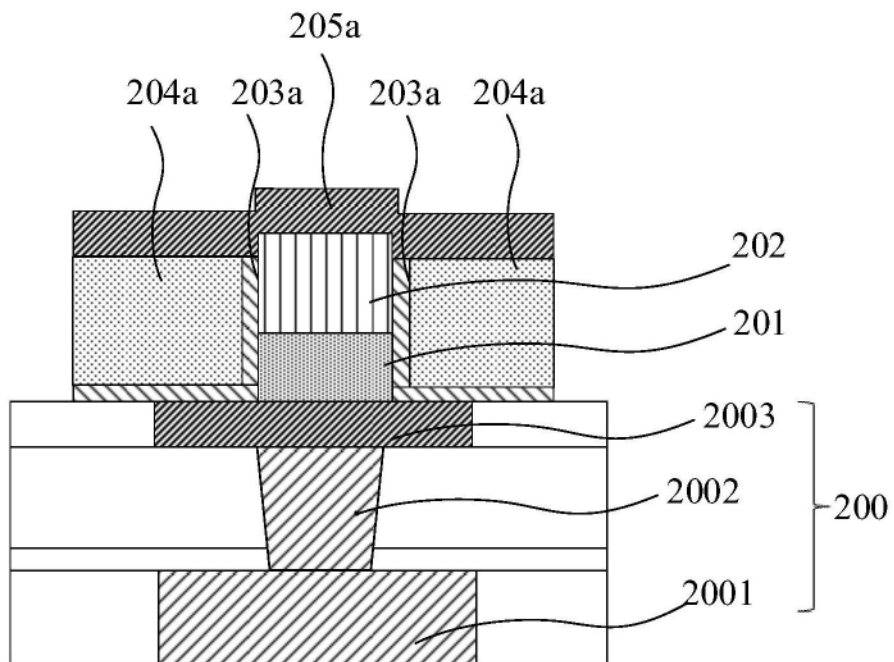


图8

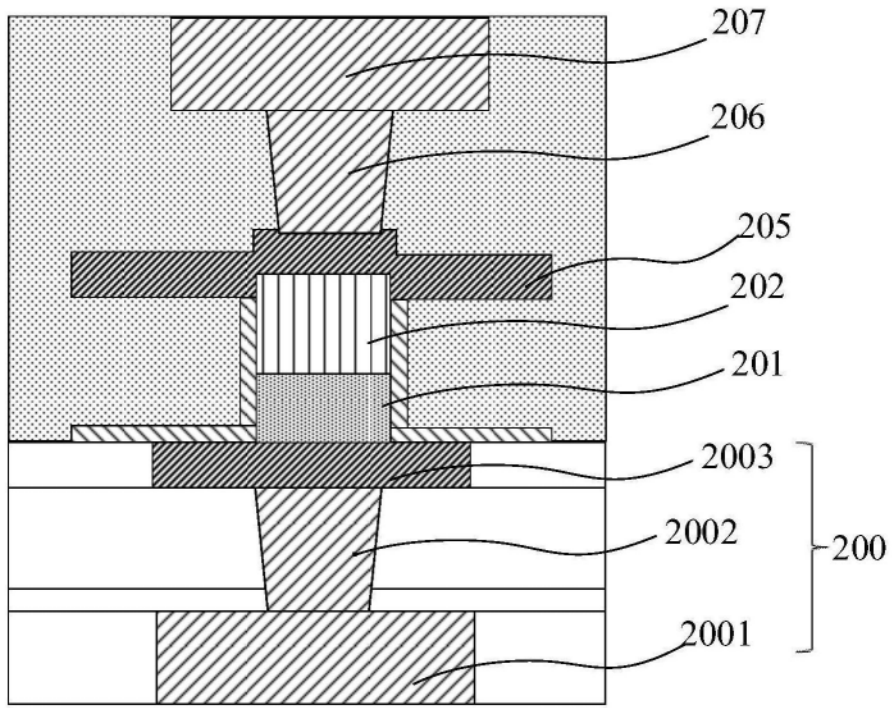


图9