



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113257989 A

(43) 申请公布日 2021.08.13

(21) 申请号 202011187173.0

(22) 申请日 2020.10.29

(71) 申请人 阿里巴巴集团控股有限公司

地址 英属开曼群岛大开曼资本大厦一座四
层847号邮箱

(72) 发明人 高然 秦金 邓纯青

(74) 专利代理机构 北京太合九思知识产权代理
有限公司 11610

代理人 孙明子 刘戈

(51) Int. Cl.

H01L 39/24 (2006.01)

H01L 27/18 (2006.01)

H01L 39/22 (2006.01)

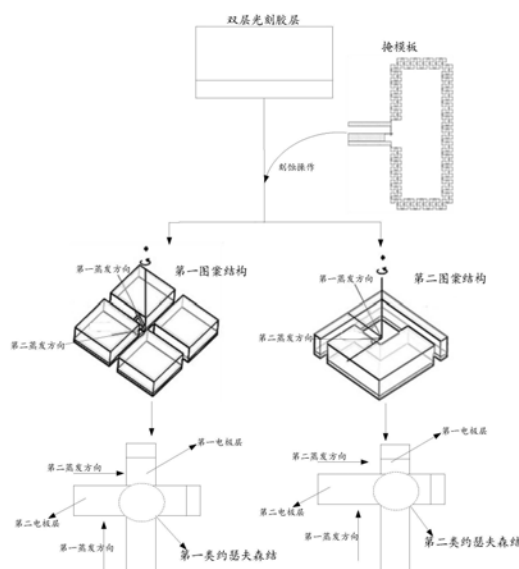
权利要求书3页 说明书15页 附图8页

(54) 发明名称

约瑟夫森结的制备方法、装置、设备以及超
导器件

(57) 摘要

本发明实施例提供了一种约瑟夫森结的制
备方法、装置、设备以及超导器件。方法包括：获
取至少一个第一图案结构和多个第二图案结构；
基于第一蒸发方向在至少一个第一图案结构和
多个第二图案结构上蒸发预设材料，生成第一电
极层；在第一电极层上形成绝缘层，绝缘层由与
预设材料相对应的化合物构成；基于第二蒸发方
向在至少一个第一图案结构和多个第二图案结
构上蒸发预设材料，生成第二电极层；第一蒸发
方向和第二蒸发方向与第一图案结构的边缘和
第二图案结构的边缘相平行；分别通过在第一图
案结构和第二图案结构中的第一电极层、绝缘层
和第二电极层获得第一类约瑟夫森结和第二类
约瑟夫森结，第一类约瑟夫森结与第二类约瑟夫
森结的结区面积不同。



1. 一种约瑟夫森结的制备方法,其特征在于,适用于对晶圆级别的约瑟夫森结进行制备,所述方法包括:

获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构,其中,所述第一类约瑟夫森结的结区面积与所述第二类约瑟夫森结的结区面积不同;

基于第一蒸发方向在所述至少一个第一图案结构和所述多个第二图案结构上蒸发预设材料,以生成用于实现信息传输的第一电极层,其中,所述第一蒸发方向与所述第一图案结构的边缘和所述第二图案结构的边缘相平行;

在所述第一电极层上形成绝缘层,所述绝缘层由与所述预设材料相对应的化合物构成;

基于第二蒸发方向在所述至少一个第一图案结构和所述多个第二图案结构上蒸发所述预设材料,以生成用于实现信息传输的第二电极层;其中,所述第二蒸发方向与所述第一图案结构的边缘和所述第二图案结构的边缘相平行;

通过在所述至少一个第一图案结构中的所述第一电极层、所述绝缘层和所述第二电极层获得所述第一类约瑟夫森结;通过在所述多个第二图案结构中的所述第一电极层、所述绝缘层和所述第二电极层获得所述第二类约瑟夫森结。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一类约瑟夫森结的结区面积小于或等于预设面积值,所述第二类约瑟夫森结的结区面积大于预设面积值。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构,包括:

获取用于制备晶圆级别的约瑟夫森结的掩模板,所述掩模板包括:至少一个用于制备第一类约瑟夫森结的第一掩模区和多个用于制备第二类约瑟夫森结的第二掩模区;

通过所述掩模板上的第一掩模区和第二掩模区分别获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,通过所述掩模板上的第一掩模区和第二掩模区分别获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构,包括:

获取衬底结构;

在所述衬底结构上形成光刻胶层;

通过所述掩模板在所述光刻胶层上进行刻蚀处理,获得用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

获取用于限定所述第一类约瑟夫森结的电学参数;

基于所述电学参数,确定与所述第一类约瑟夫森结相对应的结区面积。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述电学参数包括以下至少之一:电磁场能量密度、电容、电感。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

获取用于制备所述第二类约瑟夫森结相对应的蒸发角度,所述蒸发角度与以下至少之

一相对应：第一蒸发方向和第二蒸发方向；

基于所述蒸发角度，确定所述第二类约瑟夫森结的设计结区面积。

8. 根据权利要求7所述的方法，其特征在于，基于所述蒸发角度，确定所述第二类约瑟夫森结的设计结区面积，包括：

获取用于制备所述第二类约瑟夫森结的光刻胶层的厚度信息；

基于所述厚度信息和所述蒸发角度，确定所述设计结区面积，其中，所述设计结区面积大于或等于所述第二类约瑟夫森结的实际结区面积。

9. 根据权利要求8所述的方法，其特征在于，基于所述厚度信息和所述蒸发角度，确定所述设计结区面积，包括：

获取与所述蒸发角度相对应的余弦值；

确定所述余弦值与所述厚度信息的乘积值；

基于所述乘积值确定所述设计结区面积。

10. 根据权利要求1-9中任意一项所述的方法，其特征在于，所述第一蒸发方向与重力方向之间所形成的蒸发角度大于或等于 10° 、且小于或等于 60° 。

11. 根据权利要求1-9中任意一项所述的方法，其特征在于，所述第一蒸发方向与所述第二蒸发方向之间相互垂直。

12. 根据权利要求1-9中任意一项所述的方法，其特征在于，所述多个第二类约瑟夫森结之间串联，所述多个第二类约瑟夫森结与所述至少一个第一类约瑟夫森结并联。

13. 根据权利要求1-9中任意一项所述的方法，其特征在于，所述预设材料包括以下任意之一：铝、二元氮化物、三元氮化物、复合氧化物。

14. 一种约瑟夫森结的制备装置，其特征在于，适用于对晶圆级别的约瑟夫森结进行制备，所述装置包括：

获取模块，用于获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构，其中，所述第一类约瑟夫森结的结区面积与所述第二类约瑟夫森结的结区面积不同；

蒸发模块，用于基于第一蒸发方向在所述至少一个第一图案结构和所述多个第二图案结构上蒸发预设材料，以生成用于实现信息传输的第一电极层，其中，所述第一蒸发方向与所述第一图案结构的边缘和所述第二图案结构的边缘相平行；

生成模块，用于在所述第一电极层上形成绝缘层，所述绝缘层由与所述预设材料相对应的化合物构成；

所述蒸发模块，还用于基于第二蒸发方向在所述至少一个第一图案结构和所述多个第二图案结构上蒸发所述预设材料，以生成用于实现信息传输的第二电极层；其中，所述第二蒸发方向与所述第一图案结构的边缘和所述第二图案结构的边缘相平行；

制备模块，用于通过在所述至少一个第一图案结构中的所述第一电极层、所述绝缘层和所述第二电极层获得所述第一类约瑟夫森结；通过在所述多个第二图案结构中的所述第一电极层、所述绝缘层和所述第二电极层获得所述第二类约瑟夫森结。

15. 一种约瑟夫森结的制备设备，其特征在于，适用于对晶圆级别的约瑟夫森结进行制备，所述设备包括：存储器、处理器；其中，所述存储器用于存储一条或多条计算机指令，其中，所述一条或多条计算机指令被所述处理器执行时实现如权利要求1-13中任意一项所述

的约瑟夫森结的制备方法。

16. 一种超导器件, 其特征在于, 包括:

至少一个第一类约瑟夫森结, 所述至少一个第一类约瑟夫森结与多个第二类约瑟夫森结并联;

多个第二类约瑟夫森结, 所述多个第二类约瑟夫森结之间串联;

其中, 所述至少一个第一类约瑟夫森结和所述多个第二类约瑟夫森结通过权利要求1-13中任意一项所述的约瑟夫森结的制备方法所生成。

17. 根据权利要求16所述的超导器件, 其特征在于, 所述超导器件的磁通量可控制。

约瑟夫森结的制备方法、装置、设备以及超导器件

技术领域

[0001] 本发明涉及超导电路技术领域,尤其涉及一种约瑟夫森结的制备方法、装置、设备以及超导器件。

背景技术

[0002] 约瑟夫森结或称为超导隧道结,一般是由两块超导体夹一某种很薄的势垒层而构成的结构,例如:超导体(S)-绝缘体(I)-超导体(S)结构所形成的约瑟夫森结,简称SIS。上述的约瑟夫森结是现代量子计算实现和应用的关键部件,具体的,在超导量子计算机中,进行逻辑运算的超导量子比特可以通过制作的一个或多个约瑟夫森结同时加上一些其他的附加电路元件(电容元件、电感元件等等)来构成。因此,约瑟夫森结的制备质量是产生超导量子比特的关键。

[0003] 目前,针对约瑟夫森结的制备方法通常采用掩模板进行阴影蒸发的方法,然而,采用上述方法来制备约瑟夫森结时,约瑟夫森结的质量很大程度上依赖于对光刻胶的厚度和蒸发方向的精确控制。如果蒸发方向发生变化或者光刻胶厚度发生变化时,则会使得约瑟夫森结的结区质量发生变化,因此,无法保证约瑟夫森结的制备质量。

发明内容

[0004] 本发明实施例提供了一种约瑟夫森结的制备方法、装置、设备以及超导器件,可以降低因蒸发方向或者光刻胶厚度的变化对约瑟夫森结质量的影响,从而有效地提高了对约瑟夫森结进行制备的质量。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供了一种约瑟夫森结的制备方法,适用于对晶圆级别的约瑟夫森结进行制备,该方法包括:

[0006] 获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构,其中,所述第一类约瑟夫森结的结区面积与所述第二类约瑟夫森结的结区面积不同;

[0007] 基于第一蒸发方向在所述至少一个第一图案结构和所述多个第二图案结构上蒸发预设材料,以生成用于实现信息传输的第一电极层,其中,所述第一蒸发方向与所述第一图案结构的边缘和所述第二图案结构的边缘相平行;

[0008] 在所述第一电极层上形成绝缘层,所述绝缘层由与所述预设材料相对应的化合物构成;

[0009] 基于第二蒸发方向在所述至少一个第一图案结构和所述多个第二图案结构上蒸发所述预设材料,以生成用于实现信息传输的第二电极层;其中,所述第二蒸发方向与所述第一图案结构的边缘和所述第二图案结构的边缘相平行;

[0010] 通过在所述至少一个第一图案结构中的所述第一电极层、所述绝缘层和所述第二电极层获得所述第一类约瑟夫森结;通过在所述多个第二图案结构中的所述第一电极层、所述绝缘层和所述第二电极层获得所述第二类约瑟夫森结。

[0011] 第二方面,本发明实施例提供了一种约瑟夫森结的制备装置,适用于对晶圆级别的约瑟夫森结进行制备,所述装置包括:

[0012] 获取模块,用于获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构,其中,所述第一类约瑟夫森结的结区面积与所述第二类约瑟夫森结的结区面积不同;

[0013] 蒸发模块,用于基于第一蒸发方向在所述至少一个第一图案结构和所述多个第二图案结构上蒸发预设材料,以生成用于实现信息传输的第一电极层,其中,所述第一蒸发方向与所述第一图案结构的边缘和所述第二图案结构的边缘相平行;

[0014] 生成模块,用于在所述第一电极层上形成绝缘层,所述绝缘层由与所述预设材料相对应的化合物构成;

[0015] 所述蒸发模块,还用于基于第二蒸发方向在所述至少一个第一图案结构和所述多个第二图案结构上蒸发所述预设材料,以生成用于实现信息传输的第二电极层;其中,所述第二蒸发方向与所述第一图案结构的边缘和所述第二图案结构的边缘相平行;

[0016] 制备模块,用于通过在所述至少一个第一图案结构中的所述第一电极层、所述绝缘层和所述第二电极层获得所述第一类约瑟夫森结;通过在所述多个第二图案结构中的所述第一电极层、所述绝缘层和所述第二电极层获得所述第二类约瑟夫森结。

[0017] 第三方面,本发明实施例提供了一种约瑟夫森结的制备设备,适用于对晶圆级别的约瑟夫森结进行制备,所述设备包括:存储器、处理器;其中,所述存储器用于存储一条或多条计算机指令,其中,所述一条或多条计算机指令被所述处理器执行时实现如上述第一方面所述的约瑟夫森结的制备方法。

[0018] 第四方面,本发明实施例提供了一种超导器件,包括:

[0019] 至少一个第一类约瑟夫森结,所述至少一个第一类约瑟夫森结与多个第二类约瑟夫森结并联;

[0020] 多个第二类约瑟夫森结,所述多个第二类约瑟夫森结之间串联;

[0021] 其中,所述至少一个第一类约瑟夫森结和所述多个第二类约瑟夫森结通过上述第一方面所述的约瑟夫森结的制备方法所生成。

[0022] 第五方面,本发明实施例提供了一种计算机存储介质,用于储存计算机程序,所述计算机程序使计算机执行时实现上述第一方面所述的约瑟夫森结的制备方法。

[0023] 本实施例提供的约瑟夫森结的制备方法、装置、设备以及超导器件,有效地实现了对至少一个第一类约瑟夫森结和多个第二类约瑟夫森结进行同时制备,并且,由于在生成第一电极层和第二电极层时,第一蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行,第二蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行,从而有效地降低了蒸发方向或者光刻胶厚度对约瑟夫森结质量的影响,这样不仅保证了第一类约瑟夫森结和第二类约瑟夫森结的质量,同时也提高了对约瑟夫森结进行制备的均匀性及制备良率,进一步提高了该方法的实用性。

附图说明

[0024] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发

明的一些实施例,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。

- [0025] 图1为相关技术中所提供的一种约瑟夫森结的制备示意图一;
- [0026] 图2为相关技术中所提供的一种约瑟夫森结的制备示意图二;
- [0027] 图3为相关技术中所提供的一种约瑟夫森结的制备示意图二;
- [0028] 图4a为相关技术中所提供的利用投影角度1制备约瑟夫森结的示意图;
- [0029] 图4b为相关技术中所提供的利用投影角度2制备约瑟夫森结的示意图;
- [0030] 图5a为相关技术中所提供的利用第一厚度的光刻胶制备约瑟夫森结的示意图;
- [0031] 图5b为相关技术中所提供的利用第二厚度的光刻胶制备约瑟夫森结的示意图;
- [0032] 图6为本发明实施例提供的一种约瑟夫森结的制备方法的流程示意图;
- [0033] 图7为本发明实施例提供的获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构的流程示意图;
- [0034] 图8为本发明实施例提供的硬掩模的结构示意图;
- [0035] 图9为本发明实施例提供的另一种约瑟夫森结的制备方法的流程示意图;
- [0036] 图10为本发明实施例提供的又一种约瑟夫森结的制备方法的流程示意图;
- [0037] 图11为本发明应用实施例提供的一种约瑟夫森结的制备方法的示意图;
- [0038] 图12为本发明实施例提供的一种约瑟夫森结的制备装置的结构示意图;
- [0039] 图13为与图12所示实施例提供的约瑟夫森结的制备装置对应的电子设备的结构示意图;
- [0040] 图14为本发明实施例提供的一种超导器件的原理示意图。

具体实施方式

[0041] 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,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作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。

[0042] 在本发明实施例中使用的术语是仅仅出于描述特定实施例的目的,而非旨在限制本发明。在本发明实施例和所附权利要求书中所使用的单数形式的“一种”、“所述”和“该”也旨在包括多数形式,除非上下文清楚地表示其他含义,“多种”一般包含至少两种,但是不排除包含至少一种的情况。

[0043] 应当理解,本文中使用的术语“和/或”仅仅是一种描述关联对象的关联关系,表示可以存在三种关系,例如,A和/或B,可以表示:单独存在A,同时存在A和B,单独存在B这三种情况。另外,本文中字符“/”,一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

[0044] 取决于语境,如在此所使用的词语“如果”、“若”可以被解释成为“在……时”或“当……时”或“响应于确定”或“响应于检测”。类似地,取决于语境,短语“如果确定”或“如果检测(陈述的条件或事件)”可以被解释成为“当确定时”或“响应于确定”或“当检测(陈述的条件或事件)时”或“响应于检测(陈述的条件或事件)”。

[0045] 还需要说明的是,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的商品或者系统不仅包括那些要素,而且还包括没有明确

列出的其他要素,或者是还包括为这种商品或者系统所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的商品或者系统中还存在另外的相同要素。

[0046] 另外,下述各方法实施例中的步骤时序仅为一种举例,而非严格限定。

[0047] 为了便于理解本申请的技术方案,下面对相关技术进行简要说明:

[0048] 约瑟夫森结或称为超导隧道结,一般是由两块超导体夹一某种很薄的势垒层而构成的结构,例如:超导体(S)-绝缘体(I)-超导体(S)结构所形成的约瑟夫森结,简称SIS。上述的约瑟夫森结是现代量子计算实现和应用的关键部件,具体的,在超导量子计算机中,超导量子计算机需要大量的(约100万)超导量子比特,以通过超导量子比特来实现较高精确度的数据运算,而进行逻辑运算的超导量子比特可以通过制作的一个或多个约瑟夫森结同时加上一些其他的附加电路元件(电容元件、电感元件等等)来构成。因此,制备较多数量、且结构均匀的超导量子比特对于超导量子计算机非常重要,而约瑟夫森结的制备质量(包括但不限于:约瑟夫森结的面积、约瑟夫森结的临界电流、约瑟夫森结的非超导常态阻值)是产生超导量子比特的关键。

[0049] 目前,约瑟夫森结通常采用掩模板进行阴影蒸发的制备方法,如图1-图3所示,掩模板上可以包括第一掩模图案和第二掩模图案,第一掩模图案与第二掩模图案之间设置有桥结构。基于上述有桥结构的掩模板,可以通过第一掩模图案在预设的裸硅片上生长预设材料来生成第一结构,具体可以包括:通过第一投影角度 θ_1 对掩模板进行预设材料的生长操作,此时,预设材料可以通过同一掩模上的第一掩模图案和第二掩模图案在裸硅片上进行生长,从而可以生成第一结构。

[0050] 同理的,通过第二掩模图案在预设的裸硅片上生长预设材料,生成第二结构可以包括:通过第二投影角度 θ_2 对掩模板进行预设材料的生长操作,此时,预设材料可以通过同一掩模上的第一掩模图案和第二掩模图案在裸硅片上进行生长,从而可以生成第二结构,并且,由于第二投影角度 θ_2 与第一投影角度 θ_1 不同,因此,第一结构和第二结构在裸硅片上的位置不同,使得第一结构与第二结构之间存在重叠结构,该重叠结构即为约瑟夫森结。

[0051] 然而,在采用上述方法制备约瑟夫森结时,约瑟夫森结的质量很大程度上依赖于对光刻胶的厚度和蒸发方向的精确控制,如果蒸发方向发生变化,则会使得约瑟夫森结的结区质量(包括但不限于:约瑟夫森结的面积、约瑟夫森结的临界电流、约瑟夫森结的非超导常态阻值)发生变化。如图4a-图4b所示,针对相同的光刻胶结构和蒸发材料,在利用投影角度1进行蒸发材料时,在光刻胶层上所形成的电极层宽度为 a_1 ,而在利用投影角度2进行蒸发材料时,在光刻胶层上所形成的电极层宽度为 a_2 ,其中,由于投影角度1与投影角度2不同,从而导致电极层宽度 a_1 与电极层宽度 a_2 也不同。因此,在利用投影角度来制备多个约瑟夫森结时,在投影角度变化时,容易使得多个约瑟夫森结的质量(例如:约瑟夫森结的面积)不同,从而无法保证约瑟夫森结的制备质量。

[0052] 相类似的,如果制备约瑟夫森结的光刻胶厚度发生变化,则会使得约瑟夫森结的结区质量发生变化。如图5a-图5b所示,针对相同的投影角度和蒸发材料而言,在利用投影角度在光刻胶度厚度为 d_1 的光刻胶结构上进行蒸发材料时,在光刻胶层上所形成的电极层宽度为 a_1 ,而在利用相同的投影角度在光刻胶度厚度为 d_2 的光刻胶结构上进行蒸发材料时,在光刻胶层上所形成的电极层宽度为 a_2 ,其中,由于光刻胶度厚度 d_1 与光刻胶度厚度 d_2

不同,从而导致电极层宽度 a_1 与电极层宽度 a_2 也不同。因此,在利用上述不同的光刻胶厚度来制备多个约瑟夫森结时,在光刻胶厚度发生变化时,容易使得多个约瑟夫森结的结区质量(例如:约瑟夫森结的面积)不同,从而无法保证约瑟夫森结的制备质量。

[0053] 总结来说,在制备约瑟夫森结的过程中,蒸发角度和光刻胶厚度对约瑟夫森结的质量影像较大,尤其是针对晶圆规模制造多个约瑟夫森结时,整个晶片上的蒸发角度和光刻胶厚度的分布会严重影响约瑟夫森结的质量,并且,有时会显著降低约瑟夫森结的制备良率。

[0054] 为了降低因蒸发方向或者光刻胶厚度的变化对约瑟夫森结质量的影响,同时提高晶圆规模下的约瑟夫森结的均匀性及制备良率,本实施例提供了一种约瑟夫森结的制备方法、装置、设备以及超导器件,其中,制备方法通过获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构,基于第一蒸发方向在所述至少一个第一图案结构和所述多个第二图案结构上蒸发预设材料,以生成用于实现信息传输的第一电极层;在所述第一电极层上形成绝缘层;基于第二蒸发方向在所述至少一个第一图案结构和所述多个第二图案结构上蒸发所述预设材料,以生成用于实现信息传输的第二电极层;而后通过在所述至少一个第一图案结构中的所述第一电极层、所述绝缘层和所述第二电极层获得所述第一类约瑟夫森结;通过在所述多个第二图案结构中的所述第一电极层、所述绝缘层和所述第二电极层获得所述第二类约瑟夫森结。

[0055] 本实施例的技术方案,有效地实现了可以对至少一个第一类约瑟夫森结和多个第二类约瑟夫森结进行同时制备,并且,由于在生成第一电极层和第二电极层时,第一蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行,第二蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行,从而有效地降低了蒸发方向或者光刻胶厚度对约瑟夫森结质量的影响,这样不仅保证了第一类约瑟夫森结和第二类约瑟夫森结的质量,同时也提高了对约瑟夫森结进行制备的均匀性及制备良率,进一步提高了该方法的实用性。

[0056] 下面结合附图,对本发明的一些实施方式作详细说明。在各实施例之间不冲突的情况下,下述的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0057] 图6为本发明实施例提供的一种约瑟夫森结的制备方法的流程示意图;参考附图6所示,本实施例提供了一种约瑟夫森结的制备方法,该方法适用于对晶圆级别的约瑟夫森结进行制备,因此,该方法的执行主体可以为适用于晶圆级别的约瑟夫森结的制备装置,可以理解的是,该约瑟夫森结的制备装置可以实现为软件、或者软件和硬件的组合,具体的,该方法可以包括:

[0058] 步骤S601:获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构,其中,第一类约瑟夫森结的结区面积与第二类约瑟夫森结的结区面积不同。

[0059] 步骤S602:基于第一蒸发方向在至少一个第一图案结构和多个第二图案结构上蒸发预设材料,以生成用于实现信息传输的第一电极层,其中,第一蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行。

[0060] 步骤S603:在第一电极层上形成绝缘层,绝缘层由与预设材料相对应的化合物构成。

[0061] 步骤S604:基于第二蒸发方向在至少一个第一图案结构和多个第二图案结构上蒸

发预设材料,以生成用于实现信息传输的第二电极层;其中,第二蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行。

[0062] 步骤S605:通过在至少一个第一图案结构中的第一电极层、绝缘层和第二电极层获得第一类约瑟夫森结;通过在多个第二图案结构中的第一电极层、绝缘层和第二电极层获得第二类约瑟夫森结。

[0063] 下面对上述各个步骤的具体实现方式和实现效果进行详细说明:

[0064] 步骤S601:获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构,其中,第一类约瑟夫森结的结区面积与第二类约瑟夫森结的结区面积不同。

[0065] 其中,对于约瑟夫森结而言,不同的约瑟夫森结可以对应有不同的结区面积。为了方便对约瑟夫森结进行制备,同时保证对约瑟夫森结进行制备的均匀性及制备良率,可以将约瑟夫森结划分为第一类约瑟夫森结和第二类约瑟夫森结,上述的第一类约瑟夫森结的结区面积与第二类约瑟夫森结的结区面积不同。

[0066] 在一些实例中,第一类约瑟夫森结的结区面积可以小于或等于预设面积值,第二类约瑟夫森结的结区面积可以大于预设面积值,此时,可以将上述的第一类约瑟夫森结称之为“小结”,将第二类约瑟夫森结称之为“大结”。

[0067] 在另一些实例中,第一类约瑟夫森结的结区面积可以大于预设面积值,第二类约瑟夫森结的结区面积可以小于或等于预设面积值,此时,可以将上述的第一类约瑟夫森结称之为“大结”,将第二类约瑟夫森结称之为“小结”。

[0068] 为了方便对约瑟夫森结的制备过程进行说明,下面以第一类约瑟夫森结为“小结”,第二类约瑟夫森结为“大结”为例进行说明。此时,预先设置的用于区分第一类约瑟夫森结和第二类约瑟夫森结的预设面积值,该预设面积值可以为第一类约瑟夫森结所能够实现的最大面积,具体的,本实施例对于预设面积值的具体数值范围不做限定,本领域技术人员可以根据具体的应用需求和设计需求进行设置,在此不做赘述。

[0069] 另外,为了能够实现同时对至少一个第一类约瑟夫森结和多个第二类约瑟夫森结进行制备,则可以获取预先制备好的用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构,以便基于第一图案结构来生成第一类约瑟夫森结,基于第二图案结构来生成第二类约瑟夫森结。

[0070] 可以理解的是,第一图案结构与第二图案结构可以相同或不同,一般情况下,第一图案结构与第二图案结构可以不同,例如,第一图案结构可以为对称结构,第二图案结构可以为非对称结构。可以理解的是,上述的第一图案结构和第二图案结构可以通过掩模板进行刻蚀处理所获得的。

[0071] 此外,在具体应用时,所制备的多个第二类约瑟夫森结与至少一个第一类约瑟夫森结之间可以对应有连接关系,在一些实例中,多个第二类约瑟夫森结之间串联,多个第二类约瑟夫森结与至少一个第一类约瑟夫森结并联,此时,通过上述所制备的多个第二类约瑟夫森结与至少一个第一类约瑟夫森结可以生成一超导器件,从而提高了所制备的约瑟夫森结的实用性。

[0072] 步骤S602:基于第一蒸发方向在至少一个第一图案结构和多个第二图案结构上蒸发预设材料,以生成用于实现信息传输的第一电极层,其中,第一蒸发方向与第一图案结构

的边缘和第二图案结构的边缘相平行。

[0073] 在获取到第一图案结构和第二图案结构之后,则可以基于第一蒸发方向同时在至少一个第一图案结构和多个第二图案结构上蒸发预设材料,该预设材料可以包括以下任意之一:铝、二元氮化物、三元氮化物、复合氧化物。可以理解的是,预设材料并不限于上述所限定的信息,本领域技术人员还可以根据具体的应用需求和设计需求来对预设材料进行设置,例如,预设材料还可以包括非铝的其他超导材料,该非铝的其他超导材料可以包括以下任意之一:钽、钼和钒等等。

[0074] 通过在第一图案结构和第二图案结构上所蒸发的预设材料,可以生成用于实现信息传输的第一电极层。可以理解的是,在第一图案结构中所生成的第一电极层用于生成第一类约瑟夫森结,在第二图案结构中所生成的第一电极层用于生成第二类约瑟夫森结。

[0075] 需要注意的是,为了能够降低蒸发角度和光刻胶厚度对约瑟夫森结的制备质量的影响,在制备第一类约瑟夫森结和第二类约瑟夫森结的过程中,第一蒸发方向可以与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行,具体的,本实施例对于具体的第一蒸发方向不做限定,本领域技术人员可以根据具体的应用需求和设计需求进行设置,在一些实例中,第一蒸发方向与重力方向之间所形成的蒸发角度可以大于或等于 10° 、且小于或等于 60° 。当然的,本领域技术人员也可以采用其他的第一蒸发方向来制备约瑟夫森结,只要能够保证对第一类约瑟夫森结和第二类约瑟夫森结进行制备的均匀性及制备良率即可,在此不再赘述。

[0076] 步骤S603:在第一电极层上形成绝缘层,绝缘层由与预设材料相对应的化合物构成。

[0077] 其中,在获取到第一电极层之后,则可以在第一电极层上形成绝缘层,该绝缘层可以由与预设材料相对应的化合物构成,以通过第一电极层、设置于第一电极层上的绝缘层和设置于绝缘层上端的第二电极层来生成约瑟夫森结。

[0078] 步骤S604:基于第二蒸发方向在至少一个第一图案结构和多个第二图案结构上蒸发预设材料,以生成用于实现信息传输的第二电极层;其中,第二蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行。

[0079] 在生成绝缘层之后,则可以基于第二蒸发方向同时在至少一个第一图案结构和多个第二图案结构上蒸发预设材料,从而可以生成用于实现信息传输的第二电极层。可以理解的是,在第一图案结构中所生成的第二电极层用于生成第一类约瑟夫森结,在第二图案结构中所生成的第二电极层用于生成第二类约瑟夫森结。

[0080] 需要注意的是,为了能够降低蒸发角度和光刻胶厚度对约瑟夫森结的制备质量的影响,在制备第一类约瑟夫森结和第二类约瑟夫森结的过程中,第二蒸发方向可以与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行,具体的,本实施例对于具体的第二蒸发方向不做限定,本领域技术人员可以根据具体的应用需求和设计需求进行设置,为了能够保证对约瑟夫森结进行制备的均匀性及制备良率,第一蒸发方向与第二蒸发方向之间可以相互垂直。当然的,本领域技术人员也可以采用其他的第二蒸发方向来制备约瑟夫森结,例如:第二蒸发方向与第一蒸发方向近似垂直等等,只要能够保证对第一类约瑟夫森结和第二类约瑟夫森结进行制备的均匀性及制备良率即可,在此不再赘述。

[0081] 步骤S605:通过在至少一个第一图案结构中的第一电极层、绝缘层和第二电极层

获得第一类约瑟夫森结;通过在多个第二图案结构中的第一电极层、绝缘层和第二电极层获得第二类约瑟夫森结。

[0082] 在获取到第一电极层、绝缘层和第二电极层之后,则可以获得在第一图案结构中由第一电极层、绝缘层和第二电极层所构成的重叠结构,并将该重叠结构确定为第一类约瑟夫森结。相类似的,可以获得在第二图案结构中由第一电极层、绝缘层和第二电极层所构成的重叠结构,并将该重叠结果确定为第二类约瑟夫森结,从而有效地实现了对约瑟夫森结进行准确有效的制备操作。

[0083] 本实施例提供的约瑟夫森结的制备方法,有效地实现了可以对至少一个第一类约瑟夫森结和多个第二类约瑟夫森结进行同时制备,并且,由于在生成第一电极层和第二电极层时,第一蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行,第二蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行,从而有效地降低了蒸发方向或者光刻胶厚度对约瑟夫森结质量的影响,这样不仅保证了第一类约瑟夫森结和第二类约瑟夫森结的质量,同时也提高了对约瑟夫森结进行制备的均匀性及制备良率,进一步提高了该方法的实用性。

[0084] 图7为本发明实施例提供的获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构的流程示意图;图8为本发明实施例提供的硬掩模的结构示意图;在上述实施例的基础上,继续参考附图7-图8所示,本实施例提供了一种对第一图案结构和第二图案结构进行获取的实现方式,具体的,本实施例中的获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构可以包括:

[0085] 步骤S701:获取用于制备晶圆级别的约瑟夫森结的掩模板,掩模板包括:至少一个用于制备第一类约瑟夫森结的第一掩模区和多个用于制备第二类约瑟夫森结的第二掩模区。

[0086] 步骤S702:通过掩模板上的第一掩模区和第二掩模区,分别获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构。

[0087] 其中,预先设置用于制备晶圆级别的约瑟夫森结的掩模板,该掩模板的结构如图8所示,该掩模板上可以包括至少一个用于制备第一类约瑟夫森结的第一掩模区和多个用于制备第二类约瑟夫森结的第二掩模区,可以理解的是,第一掩模区和第二掩模区的具体个数可以根据具体的应用场景和设计需求进行调整和设置。另外,在所制备的多个第二类约瑟夫森结串联时,用于制备第二类约瑟夫森结的多个第二掩模区串联,在所制备的多个第二类约瑟夫森结与至少一个第一类约瑟夫森结并联时,多个第二掩模区与至少一个第一掩模区并联。

[0088] 在获取到掩模板之后,则可以通过掩模板上的第一掩模区和第二掩模区分别获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构。在一些实例中,通过掩模板上的第一掩模区和第二掩模区分别获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构可以包括:获取衬底结构;在衬底结构上形成光刻胶层;通过掩模板在光刻胶层上进行刻蚀处理,获得用于生成至少一个第一类约瑟夫森结

的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构。

[0089] 具体的,为了能够实现对约瑟夫森结进行稳定地制备操作,则可以获取预先设置的用于生成约瑟夫森结的衬底结构,该衬底结构可以为预设的裸硅片,在获取到衬底结构之后,则可以在衬底结构上形成光刻胶层,为了能够保证通过刻蚀操作所生成的图案结构的质量,在衬底结构上所生成的光刻胶层可以为双层结构,且上层的光刻胶层的厚度信息可以大于下层的光刻胶层的厚度信息。在生成光刻胶层之后,则可以通过掩模板在光刻胶层上进行刻蚀处理,从而可以获得用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构,从而有效地保证了对第一图案结构和第二图案结构进行获取的准确可靠性。

[0090] 当然的,本领域技术人员也可以采用其他方式来获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构,只要能够保证对第一图案结构和第二图案结构进行获取的准确可靠性即可,在此不再赘述。

[0091] 本实施例中,通过获取用于制备晶圆级别的约瑟夫森结的掩模板,而后通过掩模板上的第一掩模区和第二掩模区,分别获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构,有效地实现了对第一图案结构第二图案结构进行准确、有效地获取操作,进一步提高了对约瑟夫森结进行制备的质量和效率。

[0092] 图9为本发明实施例提供的另一种约瑟夫森结的制备方法的流程示意图;在上述实施例的基础上,继续参考附图9所示,为了提高对第一类约瑟夫森结进行制备的灵活可靠性,本实施例中的方法还可以包括:

[0093] 步骤S901:获取用于限定第一类约瑟夫森结的电学参数。

[0094] 步骤S902:基于电学参数,确定与第一类约瑟夫森结相对应的结区面积。

[0095] 其中,对于第一类约瑟夫森结而言,第一类约瑟夫森结的结区面积与第一类约瑟夫森结所对应的电学参数紧密相关,因此,为了能够保证所制备的第一类约瑟夫森结满足设计需求和使用需求,则可以获取用于限定第一类约瑟夫森结的电学参数,该电学参数可以包括以下至少之一:电磁场能量密度、电容、电感等等。具体的,用于限定第一类约瑟夫森结的电学参数可以是用户预先输入或者根据具体的应用场景和设计需求所确定的,例如:用户可以通过预设接口直接向用于实现约瑟夫森结的制备方法的制备装置输入电学参数,从而使得制备装置可以稳定地获取到用于限定第一类约瑟夫森结的电学参数,在获取到电学参数之后,则可以基于电学参数来确定与第一类约瑟夫森结相对应的结区面积。

[0096] 具体的,本实施例对于基于电学参数来确定与第一类约瑟夫森结相对应的结区面积的实现方式不做限定,本领域技术人员可以根据具体的应用场景和应用需求进行设置,例如:预先设置有不同的电学参数和结区面积之间的映射关系,在获取到电学参数之后,可以利用上述的映射关系来确定与第一类约瑟夫森结相对应的结区面积。当然的,本领域技术人员也可以采用其他方式来确定与第一类约瑟夫森结相对应的结区面积,只要能够保证对与第一类约瑟夫森结相对应的结区面积进行确定的准确可靠性即可,在此不再赘述。

[0097] 本实施例中,通过获取用于限定第一类约瑟夫森结的电学参数,而后基于电学参数来确定与第一类约瑟夫森结相对应的结区面积,从而可以实现制备出满足不同的电学参

数的具有不同结区面积大小的第一类约瑟夫森结,这样可以满足不同用户的设计需求和应用需求,进一步提高了对第一类约瑟夫森结进行制备的灵活可靠性。

[0098] 图10为本发明实施例提供的又一种约瑟夫森结的制备方法的流程示意图;在上述实施例的基础上,继续参考附图10所示,本实施例中的方法还可以包括:

[0099] 步骤S1001:获取用于制备第二类约瑟夫森结相对应的蒸发角度,蒸发角度与以下至少之一相对应:第一蒸发方向和第二蒸发方向。

[0100] 步骤S1002:基于蒸发角度,确定第二类约瑟夫森结的设计结区面积。

[0101] 其中,在第二类约瑟夫森结进行制备的过程中,第二类约瑟夫森结可以对应设计结区面积和实际结区面积,具体的,设计结区面积即为第二类约瑟夫森结所要实现的理论结区面积,该设计结区面积与实际结区面积可以相同或不同。

[0102] 另外,第二类约瑟夫森结的设计结区面积与用于制备第二类约瑟夫森结的蒸发角度相关,因此,为了能够准确地获取第二类约瑟夫森结的设计结区面积,则可以获取用于制备第二类约瑟夫森结所对应的蒸发角度,该蒸发角度可以包括以下至少之一:与用于生成第一电极层的第一蒸发方向相对应的第一蒸发角度和与用于生成第二电极层的第二蒸发方向相对应的第二蒸发角度。

[0103] 在获取到蒸发角度之后,则可以对蒸发角度进行分析处理,以确定第二类约瑟夫森结的设计结区面积,在一些实例中,基于蒸发角度,确定第二类约瑟夫森结的设计结区面积可以包括:获取用于制备第二类约瑟夫森结的光刻胶层的厚度信息;基于厚度信息和蒸发角度,确定设计结区面积,其中,设计结区面积大于或等于第二类约瑟夫森结的实际结区面积。

[0104] 由于设计结区面积与光刻胶层的厚度信息相关,因此,为了能够准确地获取到设计结区面积,则可以获取用于制备第二类约瑟夫森结的光刻胶层的厚度信息,而后对厚度信息和蒸发角度进行分析处理,以确定设计结区面积,具体的,基于厚度信息和蒸发角度,确定设计结区面积可以包括:获取与蒸发角度相对应的余弦值;确定余弦值与厚度信息的乘积值;基于乘积值确定设计结区面积。

[0105] 具体的,在获取到蒸发角度之后,则可以获得与蒸发角度相对应的余弦值,而后获取余弦值与厚度信息之间的乘积值,该乘积值即可作为设计结区面积所对应的面积线宽,因此,在获取到乘积值之后,则可以基于乘积值确定设计结区面积,即将乘积值的平方值确定为设计结区面积,从而有效地保证了对设计结区面积进行确定的准确可靠性。

[0106] 本实施例中,通过获取用于制备第二类约瑟夫森结相对应的蒸发角度,而后基于蒸发角度来确定第二类约瑟夫森结的设计结区面积,从而有效地保证了对设计结区面积进行确定的准确可靠性。

[0107] 具体应用时,参考附图11所示,本应用实施例提供了一种约瑟夫森结的制备方法,该方法可以实现针对晶圆级别的多个约瑟夫森结同时进行制备,多个约瑟夫森结可以包括至少一个第一类约瑟夫森结和多个第二类约瑟夫森结,其中,第一类约瑟夫森结可以是指结区面积小于或等于预设面积值的小结,第二类约瑟夫森结可以是指结区面积大于预设面积值的大结。具体的,该制备方法可以包括如下步骤:

[0108] 步骤1:获得衬底材料,并在衬底材料上形成双层光刻胶层。

[0109] 其中,双层光刻胶层可以包括:顶层光刻胶层和底层光刻胶层,顶层光刻胶层的厚

度信息大于底层光刻胶层的厚度信息,这样可以有效地保证对第一图案结构和第二图案结构进行生成的质量和效率。

[0110] 步骤2:通过掩模板在双层光刻胶层上进行刻蚀操作,从而可以获得用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构。

[0111] 具体的,如图11所示,第一图案结构可以是由四个对称设置的光刻胶结构块所形成的图案区域,其中,光刻胶结构块的尺寸大小和形状均相同,并且,相邻的两个光刻胶结构块之间存在预设距离,以形成第一图案结构,该第一图案结构的整体可以呈“十”字型结构。

[0112] 第二图案结构可以是由两个的光刻胶结构块所形成的图案区域,其中,两个光刻胶结构块的尺寸大小和形状不同,具体的,其中一个光刻胶结构块呈“L”型结构,另一个光刻胶结构块呈“倒L”型结构,两个光刻胶结构块之间存在预设距离,以形成第二图案结构。

[0113] 需要注意的是,为了能够同时制备至少一个第一类约瑟夫森结和多个第二类约瑟夫森结,在衬底材料上的至少一个第一图案结构和多个第二图案结构的设置方向可以相同,即使得用于生成第一类约瑟夫森结的第一电极层和用于生成第二类约瑟夫森结的第一电极层的第一蒸发方向可以是同一方向,相类似的,同样可以实现用于生成第一类约瑟夫森结的第二电极层和用于生成第二类约瑟夫森结的第二电极层的第二蒸发方向可以是同一方向。

[0114] 步骤3:将预设材料加载到蒸发工具中,并利用蒸发工具在第一蒸发方向上、同时在至少一个第一图案结构和多个第二图案结构上蒸发预设材料,以生成第一电极层,其中,第一蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行。

[0115] 步骤4:在第一电极层上形成绝缘层。

[0116] 步骤5:利用蒸发工具在第二蒸发方向上、同时在至少一个第一图案结构和多个第二图案结构上蒸发预设材料,以生成第二电极层,其中,第二蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行。

[0117] 其中,第一蒸发方向与第二蒸发方向相互垂直,这样可以保证所生成的约瑟夫森结的尺寸信息满足预设要求,同时也可以避免所生成的约瑟夫森结的线宽尺寸变细。

[0118] 步骤6:去除光刻胶层,以获得由第一电极层、绝缘层和第二电极层所构成的约瑟夫森结,该约瑟夫森结可以包括与第一图案结构所对应的第一类约瑟夫森结和与第二图案结构所对应的第二类约瑟夫森结。

[0119] 值得注意的是,由于第一类约瑟夫森结的结区面积与电学特征(例如:电磁场能量密度、电容、电感等等)之间具有对应关系,而通过上述方法来制备第一类约瑟夫森结时,可以有效地降低因光刻胶厚度的变化和蒸发角度的变化对第一类约瑟夫森结所产生的影响,此时,约瑟夫森结的结区面积仅由第一图案结构所对应的线宽有关,这样有效地实现了对约瑟夫森结进行高质量的制备操作。

[0120] 在生成约瑟夫森结之后,可以去除用于制备约瑟夫森结的掩模板,具体的,可以利用有机溶剂或者高频气相腐蚀方式去除掩模板。当然的,本领域技术人员可以采用其他方式来去除掩模板,只要能够保证能够稳定有效地去除掩模板即可,在此不再赘述。

[0121] 步骤7:在获取到第一类约瑟夫森结和第二类约瑟夫森结之后,可以利用第一类约

瑟夫森结和第二类约瑟夫森结来制备超导器件。

[0122] 具体的,所制备生成的多个第二类约瑟夫森结之间可以串联,多个第二类约瑟夫森结与至少一个第一类约瑟夫森结并联,从而可以生成磁通可调的超导器件,该超导器件可以具有较长的相关时间。

[0123] 本应用实施例的技术方案,有效地实现了可以对至少一个第一类约瑟夫森结和多个第二类约瑟夫森结进行同时制备,并且,由于在生成第一电极层和第二电极层时,第一蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行,第二蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行,从而有效地降低了蒸发方向或者光刻胶厚度对约瑟夫森结质量(包括但不限于:约瑟夫森结的面积、约瑟夫森结的临界电流、约瑟夫森结的非超导常态阻值)的影响,这样不仅保证了第一类约瑟夫森结和第二类约瑟夫森结的质量,同时也提高了对约瑟夫森结进行制备的均匀性及制备良率,进一步提高了该方法的实用性。

[0124] 图12为本发明实施例提供一种约瑟夫森结的制备装置的结构示意图;参考附图12所示,本实施例提供了一种约瑟夫森结的制备装置,该装置适用于对晶圆级别的约瑟夫森结进行制备,并且,可以执行上述图6所对应的约瑟夫森结的制备方法。该约瑟夫森结的制备装置可以包括:获取模块11、蒸发模块12、生成模块13和制备模块14,具体的,

[0125] 获取模块11,用于获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构,其中,第一类约瑟夫森结的结区面积与第二类约瑟夫森结的结区面积不同;

[0126] 蒸发模块12,用于基于第一蒸发方向在至少一个第一图案结构和多个第二图案结构上蒸发预设材料,以生成用于实现信息传输的第一电极层,其中,第一蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行;

[0127] 生成模块13,用于在第一电极层上形成绝缘层;

[0128] 蒸发模块12,还用于基于第二蒸发方向在至少一个第一图案结构和多个第二图案结构上蒸发预设材料,以生成用于实现信息传输的第二电极层;其中,第二蒸发方向与第一图案结构的边缘和第二图案结构的边缘相平行,绝缘层由与预设材料相对应的化合物构成;

[0129] 制备模块14,用于通过在至少一个第一图案结构中的第一电极层、绝缘层和第二电极层获得第一类约瑟夫森结;通过在多个第二图案结构中的第一电极层、绝缘层和第二电极层获得第二类约瑟夫森结。

[0130] 在一些实例中,第一类约瑟夫森结的结区面积小于或等于预设面积值,第二类约瑟夫森结的结区面积大于预设面积值。

[0131] 在一些实例中,在获取模块11获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构时,该获取模块11可以用于执行:获取用于制备晶圆级别的约瑟夫森结的掩模板,掩模板包括:至少一个用于制备第一类约瑟夫森结的第一掩模区和多个用于制备第二类约瑟夫森结的第二掩模区;通过掩模板上的第一掩模区和第二掩模区分别获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构。

[0132] 在一些实例中,在获取模块11通过掩模板上的第一掩模区和第二掩模区分别获取

用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构时,该获取模块11可以用于执行:获取衬底结构;在衬底结构上形成光刻胶层;通过掩模板在光刻胶层上进行刻蚀处理,获得用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构。

[0133] 在一些实例中,本实施例中的获取模块11和蒸发模块12还可以用于执行以下步骤:

[0134] 获取模块11,用于获取用于限定第一类约瑟夫森结的电学参数;

[0135] 蒸发模块12,用于基于电学参数,确定与第一类约瑟夫森结相对应的结区面积。

[0136] 在一些实例中,电学参数包括以下至少之一:电磁场能量密度、电容、电感。

[0137] 在一些实例中,本实施例中的获取模块11和蒸发模块12还可以用于执行以下步骤:

[0138] 获取模块11,用于获取用于制备第二类约瑟夫森结相对应的蒸发角度,蒸发角度与以下至少之一相对应:第一蒸发方向和第二蒸发方向;

[0139] 蒸发模块12,用于基于蒸发角度,确定第二类约瑟夫森结的设计结区面积。

[0140] 在一些实例中,在蒸发模块12基于蒸发角度,确定第二类约瑟夫森结的设计结区面积时,该蒸发模块12可以用于执行:获取用于制备第二类约瑟夫森结的光刻胶层的厚度信息;基于厚度信息和蒸发角度,确定设计结区面积,其中,设计结区面积大于或等于第二类约瑟夫森结的实际结区面积。

[0141] 在一些实例中,在蒸发模块12基于厚度信息和蒸发角度,确定设计结区面积时,该蒸发模块12可以用于执行:获取与蒸发角度相对应的余弦值;确定余弦值与厚度信息的乘积值;基于乘积值确定设计结区面积。

[0142] 在一些实例中,第一蒸发方向与重力方向之间所形成的蒸发角度大于或等于 10° 、且小于或等于 60° 。

[0143] 在一些实例中,第一蒸发方向与第二蒸发方向之间相互垂直。

[0144] 在一些实例中,多个第二类约瑟夫森结之间串联,多个第二类约瑟夫森结与至少一个第一类约瑟夫森结并联。

[0145] 在一些实例中,预设材料包括以下任意之一:铝、二元氮化物、三元氮化物、复合氧化物。

[0146] 图12所示装置可以执行图6-图11所示实施例的方法,本实施例未详细描述的部分,可参考对图6-图11所示实施例的相关说明。该技术方案在执行过程和技术效果参见图6-图11所示实施例中的描述,在此不再赘述。

[0147] 在一个可能的设计中,图12所示约瑟夫森结的制备装置的结构可实现为一电子设备,该电子设备可以是手机、平板电脑、服务器等各种设备。如图13所示,该电子设备可以包括:处理器21和存储器22。其中,存储器22用于存储相对应电子设备执行上述图6-图11所示实施例中提供的约瑟夫森结的制备方法的程序,处理器21被配置为用于执行存储器22中存储的程序。

[0148] 程序包括一条或多条计算机指令,其中,一条或多条计算机指令被处理器21执行时能够实现图6-图11所示实施例的方法。

[0149] 其中,电子设备的结构中还可以包括通信接口23,用于电子设备与其他设备或通信网络通信。

[0150] 另外,本发明实施例提供了一种计算机存储介质,用于储存电子设备所用的计算机软件指令,其包含用于执行上述图6-图11所示方法实施例中约瑟夫森结的制备方法所涉及的程序。

[0151] 图14为本发明实施例提供的一种超导器件的原理示意图,参考附图14所示,本实施例提供了一种超导器件,在一些实例中,超导器件的磁通量可控制,具体的,该超导器件可以包括:

[0152] 至少一个第一类约瑟夫森结1401,至少一个第一类约瑟夫夫森结1401与多个第二类约瑟夫森结1402并联;

[0153] 多个第二类约瑟夫森结1402,多个第二类约瑟夫森结1402之间串联;

[0154] 其中,至少一个第一类约瑟夫森结1401和多个第二类约瑟夫森结1402通过图6-图11实施例的约瑟夫森结的制备方法所生成。

[0155] 图14所示超导器件的实现原理和实现效果与上述图6-图11所示实施例的方法的实现原理和实现效果相类似,具体可参见图6-图11所示实施例中的描述,在此不再赘述。

[0156] 以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,其中所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性的劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0157] 通过以上的实施方式的描述,本领域的技术人员可以清楚地了解到各实施方式可借助加必需的通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件和软件结合的方式来实现。基于这样的理解,上述技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以计算机产品的形式体现出来,本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0158] 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0159] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0160] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或

多个方框中指定的功能的步骤。

[0161] 在一个典型的配置中,计算设备包括一个或多个处理器(CPU)、输入/输出接口、网络接口和内存。

[0162] 内存可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器,随机存取存储器(RAM)和/或非易失性内存等形式,如只读存储器(ROM)或闪存(flash RAM)。内存是计算机可读介质的示例。

[0163] 计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动媒体可以由任何方法或技术来实现信息存储。信息可以是计算机可读指令、数据图案、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括,但不限于相变内存(PRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、其他类型的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能光盘(DVD)或其他光学存储、磁盒式磁带,磁带磁磁盘存储或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质,可用于存储可以被计算设备访问的信息。按照本文中的界定,计算机可读介质不包括暂存电脑可读媒体(transitory media),如调制的数据信号和载波。

[0164] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

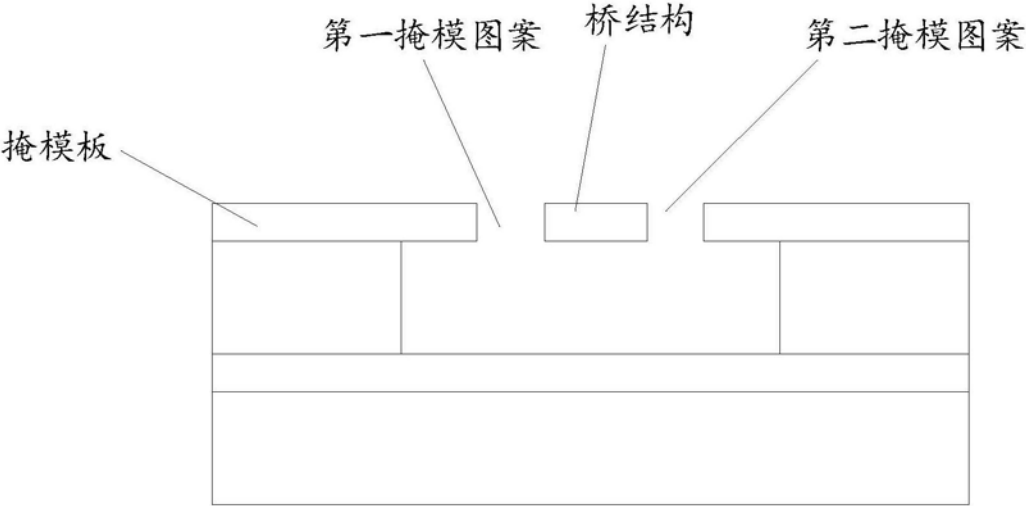


图1

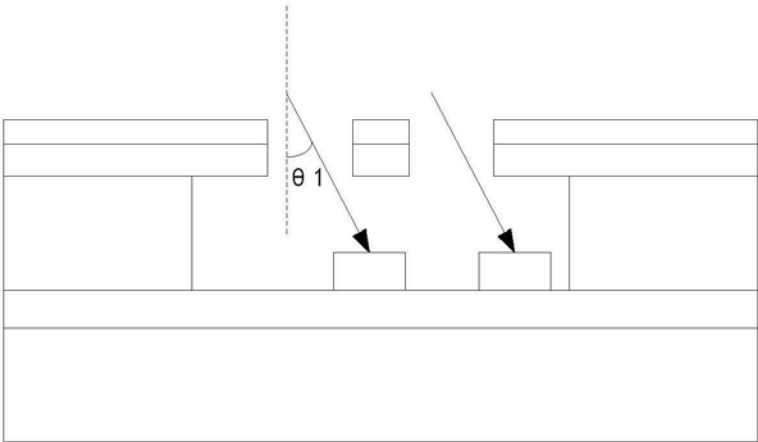


图2

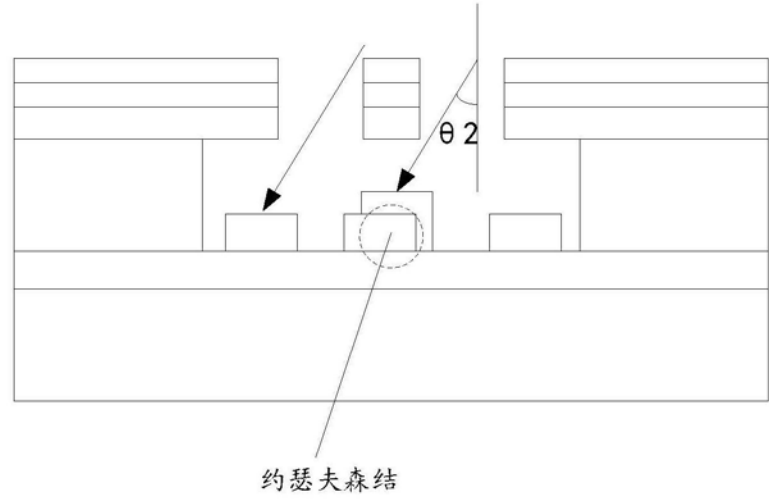


图3

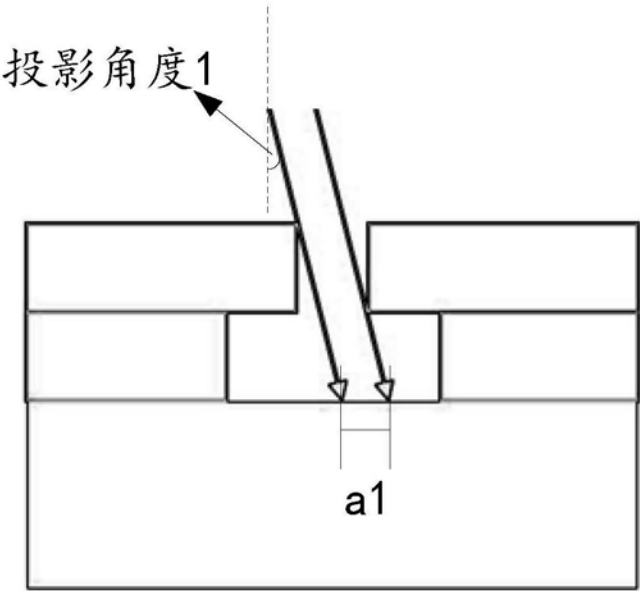


图4a

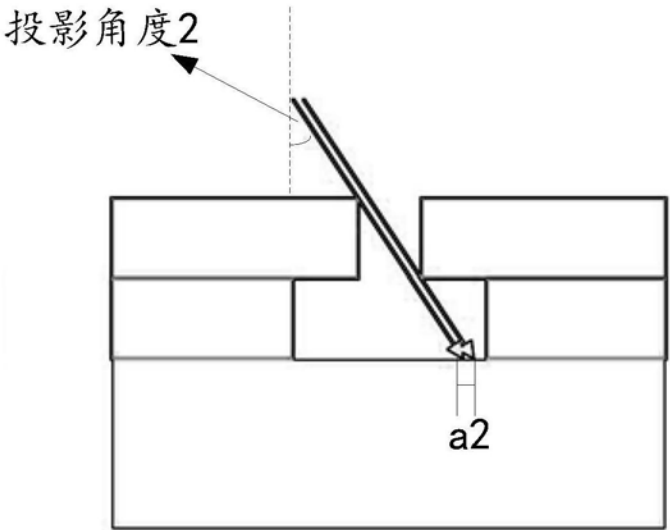


图4b

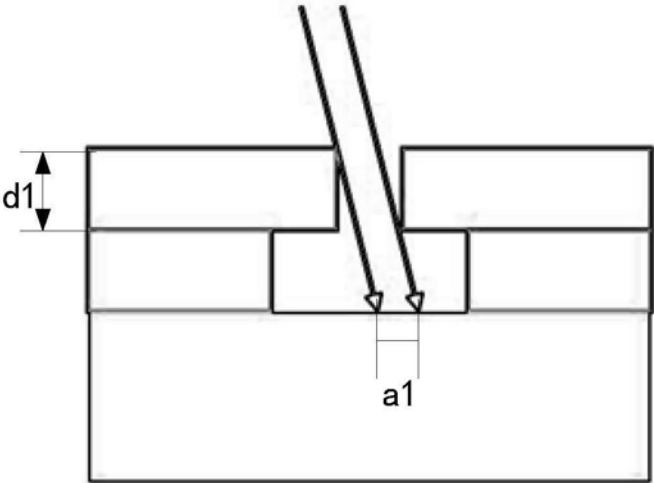


图5a

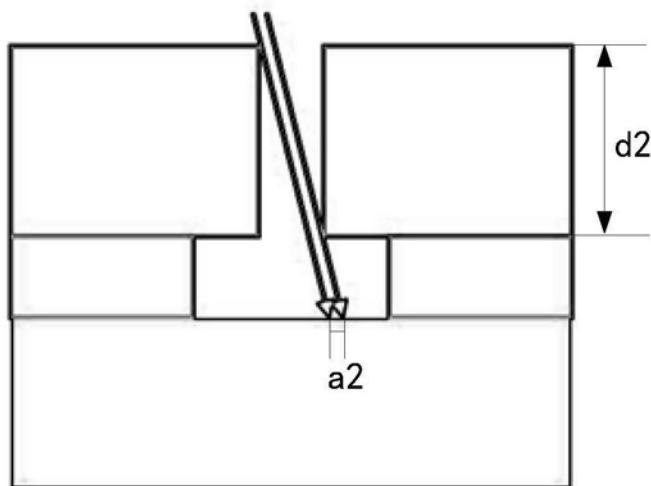


图5b

获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构，其中，所述第一类约瑟夫森结的结区面积与所述第二类约瑟夫森结的结区面积不同

S601

基于第一蒸发方向在所述至少一个第一图案结构和所述多个第二图案结构上蒸发预设材料，以生成用于实现信息传输的第一电极层，其中，所述第一蒸发方向与所述第一图案结构的边缘和所述第二图案结构的边缘相平行

S602

在所述第一电极层上形成绝缘层，所述绝缘层由与所述预设材料相对应的化合物构成

S603

基于第二蒸发方向在所述至少一个第一图案结构和所述多个第二图案结构上蒸发所述预设材料，以生成用于实现信息传输的第二电极层；其中，所述第二蒸发方向与所述第一图案结构的边缘和所述第二图案结构的边缘相平行

S604

通过在所述至少一个第一图案结构中的所述第一电极层、所述绝缘层和所述第二电极层获得所述第一类约瑟夫森结；通过在所述多个第二图案结构中的所述第一电极层、所述绝缘层和所述第二电极层获得所述第二类约瑟夫森结

S605

图6

获取用于制备晶圆级别的约瑟夫森结的掩模板,所述掩模板包括:至少一个用于制备第一类约瑟夫森结的第一掩模区和多个用于制备第二类约瑟夫森结的第二掩模区

S701

通过所述掩模板上的第一掩模区和第二掩模区,分别获取用于生成至少一个第一类约瑟夫森结的至少一个第一图案结构和用于生成多个第二类约瑟夫森结的多个第二图案结构

S702

图7

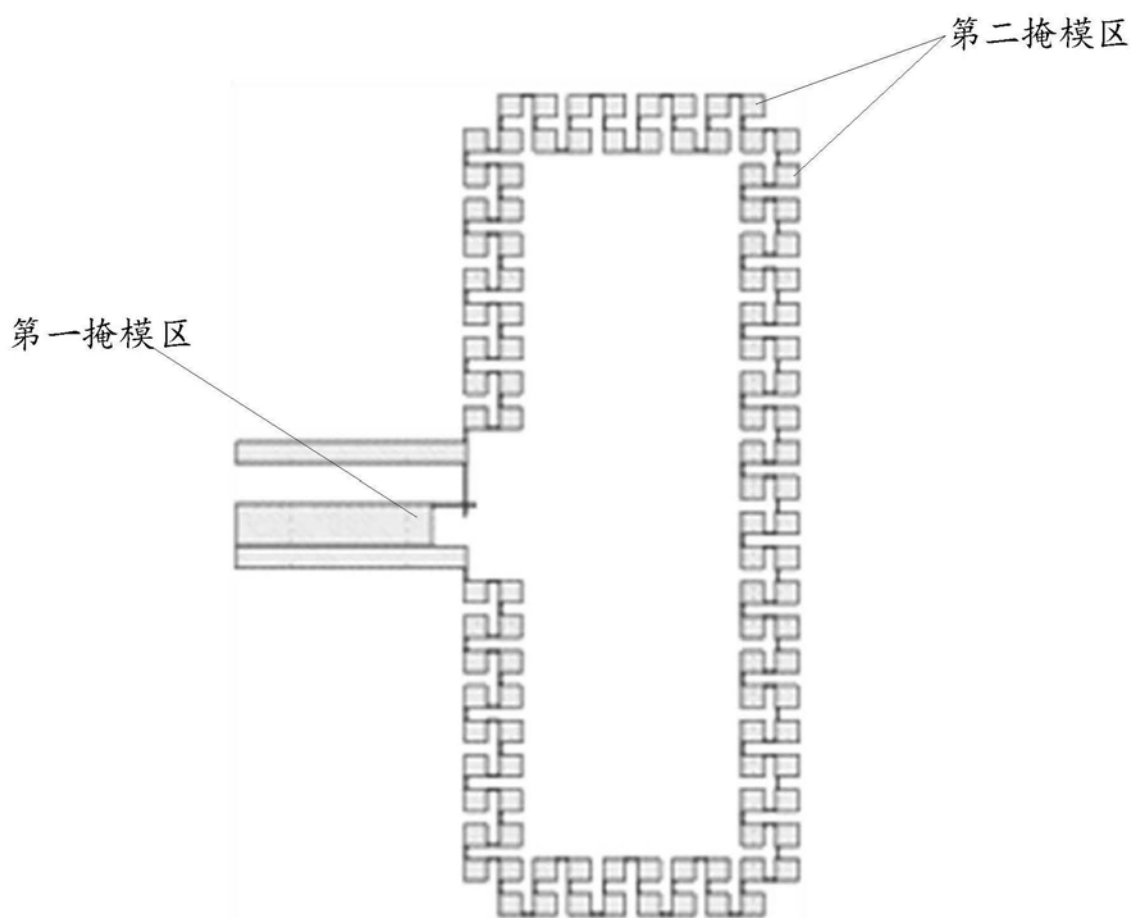


图8

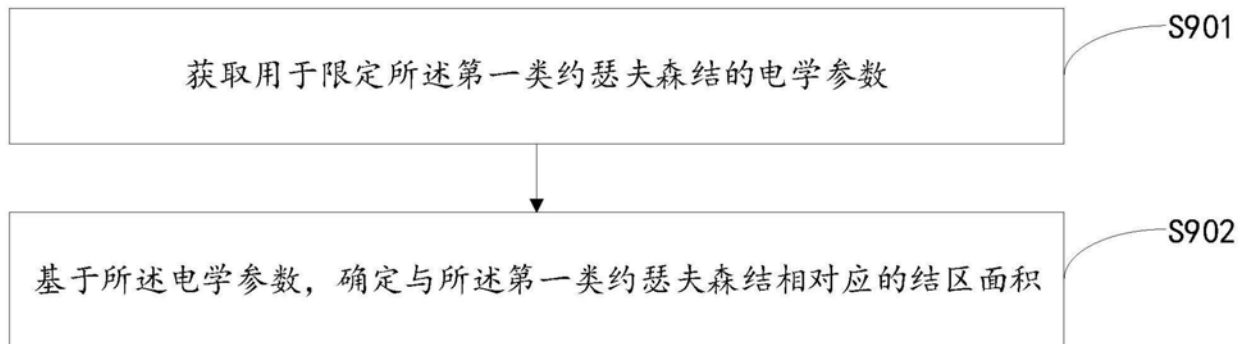


图9

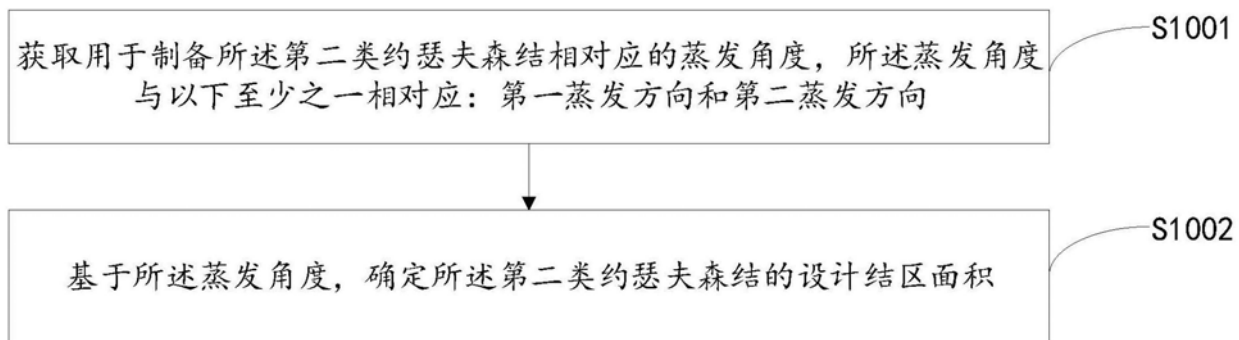


图10

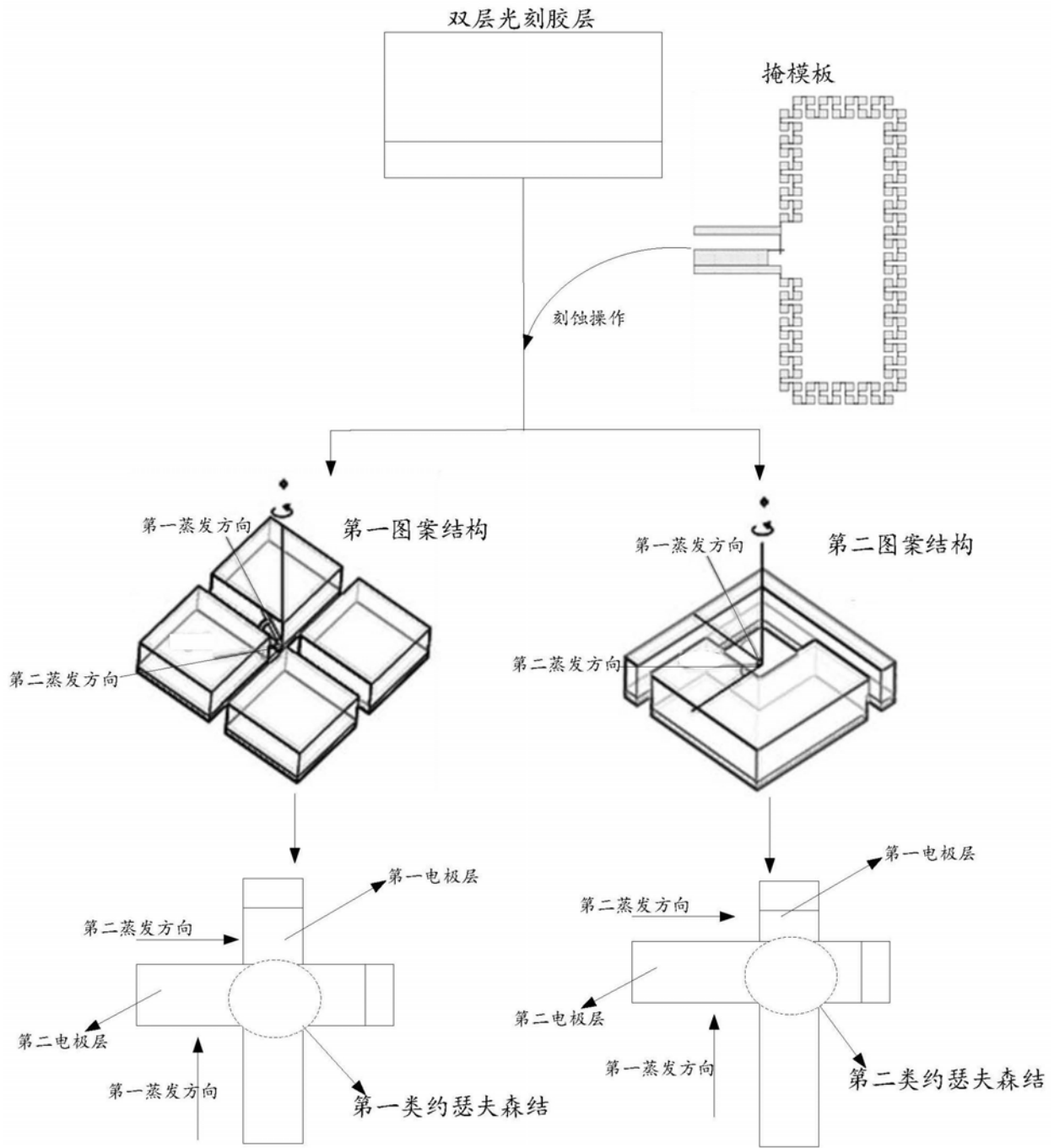


图11

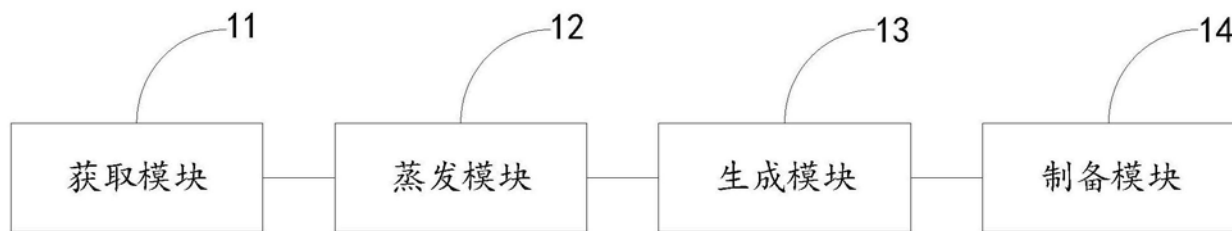


图12

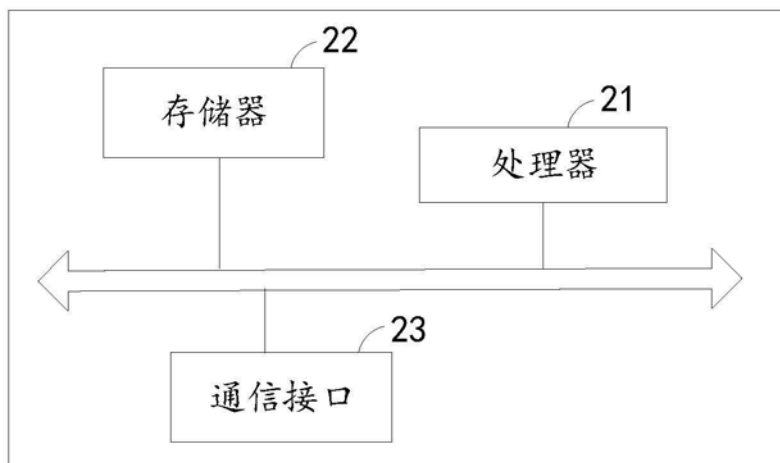


图13

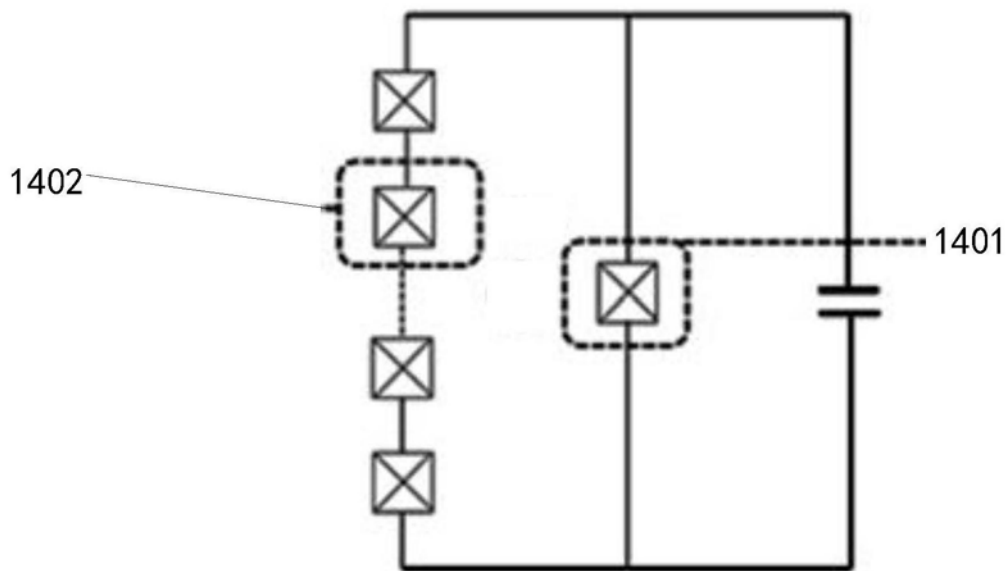


图14