



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109490758 B

(45) 授权公告日 2020.12.15

(21) 申请号 201811520660.7

CN 104316813 A, 2015.01.28

(22) 申请日 2018.12.12

CN 102253328 A, 2011.11.23

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 206584011 U, 2017.10.24

申请公布号 CN 109490758 A

CN 104022105 A, 2014.09.03

(43) 申请公布日 2019.03.19

CN 108429442 A, 2018.08.21

(73) 专利权人 上海华力集成电路制造有限公司

CN 103000220 A, 2013.03.27

地址 201315 上海市浦东新区自由贸易试

CN 107991599 A, 2018.05.04

验区康桥东路298号1幢1060室

US 2011037493 A1, 2011.02.17

(72) 发明人 杨领叶 刘海岸

US 2007222470 A1, 2007.09.27

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

WO 2006123281 A1, 2006.11.23

代理人 徐伟

US 2005098780 A1, 2005.05.12

(51) Int. Cl.

Chun-Sheng Liu et.al. identification of processing defects by focused ion beam induced voltage contrast.《proceedings of the 1999 7th international symposium on the physical and failure analysis of integrated circuits》.2002,第128-131页.

G01R 31/28 (2006.01)

(56) 对比文件

审查员 戴文韞

CN 1705889 A, 2005.12.07

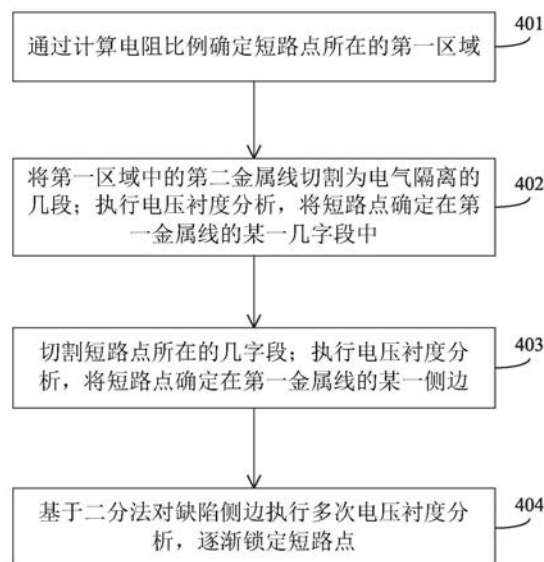
权利要求书2页 说明书8页 附图18页

(54) 发明名称

一种短路失效的定位方法

(57) 摘要

本发明提供了一种短路失效的定位方法,用于定位第一金属线与第二金属线之间的短路点,上述定位方法包括:测量第一金属线和第二金属线之间的电阻,通过电阻比例将上述短路点定位在第一区域。在第一区域中,通过逐渐将第一金属线和第二金属线切割并且电气隔离切割后的部分,以及基于二分法的原理对上述第一金属线和上述第二金属线执行多次电压衬度分析,逐渐逼近所述短路点,从而精确定位到上述短路点。通过本发明提供的定位方法,能够从极长的两根第一金属线和第二金属线中精确地找到nA级别的短路缺陷所在的区域。有助于基于上述缺陷调整工艺,提高半导体器件的良率。



1. 一种短路失效的定位方法,用于定位第一金属线与第二金属线之间的短路点,所述第一金属线在第一方向上迂回延伸以包括沿第一方向排列的几字部,所述第二金属线包括沿第一方向排列的与所述几字部对应的指状部,每个指状部穿插在对应的几字部中,所述定位方法包括:

测量所述第一金属线和所述第二金属线之间的电阻,通过电阻比例确定所述短路点所在的第一区域,所述第一区域包括所述第一金属线的多个几字部;

将所述第一区域中对应的多个指状部从所述第二金属线割离,以使所述多个指状部之间相互电气隔离;

对所述第一金属线和所述第二金属线的所述多个指状部执行电压衬度分析,基于获得的电压衬度图像从所述多个几字部中定位所述短路点所在的几字部;

切割所述短路点所在的几字部以使其两条侧边相互电气隔离;

对所述两条侧边及其所夹的指状部执行电压衬度分析,基于获得的电压衬度图像定位所述短路点所在的缺陷侧边;以及

基于二分法对所述缺陷侧边执行多次电压衬度分析,基于获得的电压衬度图像定位所述短路点所在的缺陷位置。

2. 如权利要求1所述的定位方法,其特征在于,定位所述短路点所在几字部的步骤进一步包括:

将所述第一金属线接地,浮置所述第二金属线的所述多个指状部,执行电压衬度分析;以及

获取所述第一金属线和所述多个指状部的电压衬度图像,其中,短路点所在的几字部对应的指状部的电压衬度不同于其余指状部的电压衬度。

3. 如权利要求1所述的定位方法,其特征在于,所述第二金属线在所述第一方向上迂回延伸,所述指状部为几字型。

4. 如权利要求3所述的定位方法,其特征在于,定位所述短路点所在的缺陷侧边进一步包括:将所述指状部接地,浮置所述两条侧边,执行电压衬度分析;以及

获取所述两条侧边及其所夹的指状部的电压衬度图像,其中,所述缺陷侧边具有与所述指状部相同的电压衬度。

5. 如权利要求3所述的定位方法,其特征在于,切割所述短路点所在的几字部的步骤还包括:切割所述短路点所在的几字部所夹的指状部以使指状部两侧部相互电气隔离;

定位所述短路点所在的缺陷侧边进一步包括:将所述两条侧边接地,浮置所述指状部两侧部,执行电压衬度分析;以及

获取所述两条侧边和所述指状部两侧部的电压衬度图像,其中,与所述缺陷侧边相邻的所述指状部两侧部的其中之一具有与所述两条侧边相同的电压衬度。

6. 如权利要求1所述的定位方法,其特征在于,所述第二金属线在第一方向上呈梳子型,所述第二金属线包括沿第一方向延伸的柄部,所述柄部连接所述指状部的端部,所述指状部为线形。

7. 如权利要求6所述的定位方法,其特征在于,对所述两条侧边及其所夹的指状部执行电压衬度分析进一步包括:将所述两条侧边及其所夹的指状部中的任意一条金属线段接地,浮置其余两条金属线段;以及

获取所述两条侧边及其所夹的指状部的电压衬度图像,其中,短路点位于具有相同的电压衬度的相邻两条金属线段之间。

8.如权利要求1所述的定位方法,其特征在于,基于二分法对所述缺陷侧边执行多次电压衬度分析进一步包括:

逐次等分切割所述缺陷侧边以及与所述缺陷侧边短路的所述第二金属线的缺陷段以逐渐缩小所述短路点所在区域;以及

每次等分切割后,将所述缺陷侧边和所述第二金属线的缺陷段中的一根接地,另一根浮置,获取等分后的两组金属线的电压衬度图像,其中,所述短路点所在的一组金属线中的第一金属线和第二金属线具有相同的电压衬度。

9.如权利要求1所述的定位方法,其特征在于,确定所述第一区域的步骤进一步包括:

分别测量第一金属线第一端与第一金属线第二端之间的电阻X、所述第一金属线第一端与第二金属线第一端之间的电阻Y以及所述第一金属线第二端与第二金属线第二端之间的电阻Z;以及

根据电阻X、电阻Y和电阻Z计算所述短路点至所述第一金属线第一端和所述第一金属线第二端的电阻比例以确定所述第一区域。

10.如权利要求1所述的定位方法,其特征在于,所述第一区域所包括的所述多个几字部对应的所述第一区域的宽度为15-20 μm ;和/或,基于二分法定位所述短路点所在的缺陷位置在0.1 μm $\times$ 5 μm 的区域。

一种短路失效的定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体工艺失效分析领域,尤其涉及金属短路失效的定位分析方法。

背景技术

[0002] 在半导体器件的大规模生产中,通过对设计和制造后的半导体器件进行失效分析(Failure Analysis FA),可以发现和纠正缺陷以解决缺陷产生的问题,因此,半导体器件的失效分析对于提高产率、改善工艺技术的可靠性和稳定性是非常重要的。

[0003] 在半导体工艺中,分为前段器件和后段金属互联层,前段的器件都是通过后段的金属互连层引出,从而进行工作或者电性测试。随着集成电路集成度的不断提高,金属互连线变得更细、更窄、更薄,但由于工艺问题或者设计问题,经常会出现后段金属短路的失效问题,是引起集成电路失效的一种重要原因。因此,需要通过专业的失效分析手段找到失效的根本原因。

[0004] 常规的失效分析流程包含电性确认,失效定位,物性分析进而找到失效的根本原因。其中,失效定位是一个非常关键的步骤。然而,在一个 $10\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的芯片上,想找到真正的nm大小的失效位置,就如同在地球上定位到一个建筑物,其复杂程度和难度由此可知。

[0005] 通过失效定位技术找准失效点在半导体芯片分析中极其重要,同时亦极具有挑战性,难度较大。目前半导体行业中常用的失效定位手段分别有光子辐射显微镜(EMMI)、光值阻值改变显微镜(OBIRCH)、热发射显微镜(Thermal)等。但随着半导体工艺技术越来越先进,后段工艺稳定性越来越强,很多金属短路失效样品的漏电变得很小,利用现有的定位分析手段无法精确地定到失效位置。

[0006] 根据现有的EMMI的工作原理,它定位到的缺陷一般都是前段器件缺陷,对后段金属互联层短路的缺陷很难定位。

[0007] 根据现有的OBIRCH的工作原理,它能够定位后段金属互联层短路的缺陷,但是,它经常会强调出来一个包含短路位置的长热点线,而不是只将短路的位置强调出来。

[0008] 根据现有的thermal的工作原理,它对前端和后段的缺陷都能定位到,但是需要漏电位置释放的热达到几十甚至几百mW级别,对于漏电在nA级别短路是定位不到的。

[0009] 因此,亟需要一种定位方法,能够有效地精确定位nA级别的金属短路,从而有助于分析造成缺陷的原因,及时调整半导体工艺,提高半导体器件的良率。

发明内容

[0010] 以下给出一个或多个方面的简要概述以提供对这些方面的基本理解。此概述不是所有构想到的方面的详尽综览,并且既非旨在指认出所有方面的关键性或决定性要素亦非试图界定任何或所有方面的范围。其唯一的目的是要以简化形式给出一个或多个方面的一些概念以为稍后给出的更加详细的描述之序。

[0011] 为了能够精确地定位到nA级别的金属短路,本发明提供了一种短路失效的定位方法,用于定位第一金属线与第二金属线之间的短路点,上述第一金属线在第一方向上迂回

延伸以包括沿第一方向排列的几字部,上述第二金属线包括沿第一方向排列的与上述几字部对应的指状部,每个指状部穿插在对应的几字部中,上述定位方法包括:

[0012] 将上述第一金属线接地,浮置上述第二金属线,测量上述第一金属线和上述第二金属线之间的电阻,通过电阻比例确定上述短路点所在的第一区域,上述第一区域包括上述第一金属线的多个几字部;

[0013] 将上述第一区域中对应的多个指状部从上述第二金属线割离,以使上述多个指状部之间相互电气隔离;

[0014] 对上述第一金属线和上述第二金属线的上述多个指状部执行电压衬度分析,基于获得的电压衬度图像从上述多个几字部中定位上述短路点所在的几字部;

[0015] 切割上述短路点所在的几字部以使其两条侧边相互电气隔离;

[0016] 对上述两条侧边及其所夹的指状部执行电压衬度分析,基于获得的电压衬度图像定位上述短路点所在的缺陷侧边;以及

[0017] 基于二分法对上述缺陷侧边执行多次电压衬度分析,基于获得的电压衬度图像定位上述短路点所在的缺陷位置。

[0018] 可选的,定位上述短路点所在几字部的步骤进一步包括:

[0019] 将上述第一金属线接地,浮置上述第二金属线的上述多个指状部,执行电压衬度分析;以及

[0020] 获取上述第一金属线和上述多个指状部的电压衬度图像,其中,短路点所在的几字部对应的指状部的电压衬度不同于其余指状部的电压衬度。

[0021] 可选的,上述第二金属线在上述第一方向上迂回延伸,上述指状部为几字型。

[0022] 可选的,定位上述短路点所在的缺陷侧边进一步包括:将上述指状部接地,浮置上述两条侧边,执行电压衬度分析;以及

[0023] 获取上述两条侧边及其所夹的指状部的电压衬度图像,其中,上述缺陷侧边具有与上述指状部相同的电压衬度。

[0024] 可选的,切割上述短路点所在的几字部的步骤还包括:切割上述短路点所在的几字部所夹的指状部以使指状部两侧部相互电气隔离;

[0025] 定位上述短路点所在的缺陷侧边进一步包括:将上述两条侧边接地,浮置上述指状部两侧部,执行电压衬度分析;以及

[0026] 获取上述两条侧边和上述指状部两侧部的电压衬度图像,其中,与上述缺陷侧边相邻的上述指状部两侧部的其中之一具有与上述两条侧边相同的电压衬度。

[0027] 可选的,上述第二金属线在第一方向上呈梳子型,上述第二金属线包括沿第一方向延伸的柄部,上述柄部连接上述指状部的端部,上述指状部为线形。

[0028] 可选的,对上述两条侧边及其所夹的指状部执行电压衬度分析进一步包括:将上述两条侧边及其所夹的指状部中的任意一条金属线段接地,其余两条金属线段接地;以及

[0029] 获取上述两条侧边及其所夹的指状部的电压衬度图像,其中,短路点位于具有相同的电压衬度的相邻两条金属线段之间。

[0030] 可选的,基于二分法对上述缺陷侧边执行多次电压衬度分析进一步包括:

[0031] 逐次等分切割上述缺陷侧边以及与上述缺陷侧边短路的上述第二金属线的缺陷段以逐渐缩小上述短路点所在区域;以及

[0032] 每次等分切割后,将上述缺陷侧边和上述第二金属线的缺陷段中的一根接地,另一根浮置,获取等分后的两组金属线的电压衬度图像,其中,上述短路点所在的一组金属线中的第一金属线和第二金属线具有相同的电压衬度。

[0033] 可选的,确定上述第一区域的步骤进一步包括:

[0034] 分别测量第一金属线第一端与第一金属线第二端之间的电阻X、上述第一金属线第一端与第二金属线第一端之间的电阻Y以及上述第一金属线第二端与第二金属线第二端之间的电阻Z;以及

[0035] 根据电阻X、电阻Y和电阻Z计算上述短路点至上述第一金属线第一端和上述第一金属线第二端的电阻比例以确定上述第一区域。

[0036] 可选的,上述第一区域所包括的上述多个八字部对应的上述第一区域的宽度为15-20 μm ;和/或,基于二分法定位上述短路点所在的缺陷位置在0.1 μm ×5 μm 的区域。

[0037] 根据本发明所提供的短路失效的定位方法,结合电阻比例、二分法,利用电压衬度分析逐步将短路的范围缩小,从而精确定位上述短路点。

附图说明

[0038] 图1示出了一种测试件结构示意图;

[0039] 图2示出了另一种测试件结构示意图;

[0040] 图3A示出了现有技术对一测试件所做的测试电性数据;

[0041] 图3B示出了现有技术OBIRH的缺陷定位结果;

[0042] 图4示出了本发明提供的定位方法的流程示意图;

[0043] 图5A示出了本发明进行电阻比例分析的原理示意图;

[0044] 图5B示出了本发明进行电阻比例分析确定第一区域的示意图;

[0045] 图6示出了本发明进一步缩小缺陷所在区域的示意图;

[0046] 图7A示出了本发明更进一步缩小缺陷所在区域一实施例示意图;

[0047] 图7B示出了本发明更进一步缩小缺陷所在区域另一实施例示意图;

[0048] 图7C示出了本发明更进一步缩小缺陷所在区域另一实施例示意图;

[0049] 图7D示出了本发明更进一步缩小缺陷所在区域另一实施例示意图;

[0050] 图8示出了本发明基于二分法逐渐逼近缺陷所在区域的示意图;

[0051] 图9-14示出了本发明提供的方法通过扫描透镜SEM观察到的测试件;

[0052] 图15A、15B示出了通过截面透射电镜TEM观察到的缺陷剖面图。

具体实施方式

[0053] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭示的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效。虽然本发明的描述将结合优选实施例一起介绍,但这并不代表此发明的特征仅限于该实施方式。恰恰相反,结合实施方式作发明介绍的目的是为了覆盖基于本发明的权利要求而有可能延伸出的其它选择或改造。为了提供对本发明的深度了解,以下描述中将包含许多具体的细节。本发明也可以不使用这些细节实施。此外,为了避免混乱或模糊本发明的重点,有些具体细节将在描述中被省略。

[0054] 注意,在使用到的情况下,标志左、右、前、后、顶、底、正、反、顺时针和逆时针仅仅

是出于方便的目的所使用的,而并不暗示任何具体的固定方向。事实上,它们被用于反映对象的各个部分之间的相对位置和/或方向。

[0055] 能理解的是,虽然在此可使用用语“第一”、“第二”、“第三”等来叙述各种组件、区域、层和/或部分,这些组件、区域、层和/或部分不应被这些用语限定,且这些用语仅是用来区别不同的组件、区域、层和/或部分。因此,以下讨论的第一组件、区域、层和/或部分可在不偏离本发明一些实施例的情况下被称为第二组件、区域、层和/或部分。

[0056] 尽管为使解释简单化将上述方法图示并描述为一系列动作,但是应理解并领会,这些方法不受动作的次序所限,因为根据一个或多个实施例,一些动作可按不同次序发生和/或与来自本文中图示和描述或本文中未图示和描述但本领域技术人员可以理解的其他动作并发地发生。

[0057] 如上所述,为了监控半导体工艺,通常会设计不同的测试件来模拟半导体器件的形成过程。为了更大概率地发现半导体工艺中可能存在的工艺缺陷,测试件的形状通常尽最大冗余设计。请参考图1和图2,图1示出了一种蛇形与梳子型结合的测试件,图2示出了包含多个蛇形结构的测试件。

[0058] 如图1示出的蛇形与梳子型结合的测试件,包括一根在第一方向上迂回延伸的蛇形线M1以及穿插在蛇形线M1中的至少一个梳状线M2。图1中示出了两个梳状线结构,包括上部梳状线M2a和下部梳状线M2b。本领域技术人员应当知道上述梳状线的数量和位置只是示意,而非对其的限定。

[0059] 在图1中,蛇形线M1包括沿第一方向排列的几字部,梳状线M2包括沿第一方向排列呈“线形”的指状部,并且上部梳状线M2a指状部的端部通过上部柄部连接,下部梳状线M2b指状部的端部通过下部柄部连接。上述上部柄部与下部柄部通过引线引出到同一PAD上。

[0060] 本领域技术人员应当知道,受限于示意图,实际中,蛇形线呈瘦长型“几字”,竖直方向的长度远远大于水平方向的长度,亦即梳状线的长度远远大于其柄部的宽度。在一测试件中,蛇形线M1“几字部”的竖直方向的长度为1340um,整个测试结构的宽度为520um,而测试结构在宽度上包含了多个“几字部”。

[0061] 如图2示出了包含六个蛇形结构的测试件,若干根蛇形线之间平行设置,其中每一根蛇形线均在第一方向上迂回延伸以包括沿第一方向排列的几字部。若以其中的一根蛇形线为基准,如图2所示的测试件中包含的其余蛇形线可以看成呈几字型的指状部穿插在蛇形线中。本领域技术人员应当知道,受限于示意图,实际中,蛇形线呈瘦长型“几字”,竖直方向的长度远远大于水平方向的长度。在一测试件中,蛇形线“几字部”的竖直方向的长度为1340um,整个测试结构的宽度为520um,而测试结构在宽度上包含了多个“几字部”。

[0062] 通过如图1或图2的设计,使金属线在衬底上来回迂回,以期在相同的表面积上尽可能长地模拟金属线段。

[0063] 由于半导体技术越来越先进,后段金属工艺稳定性越来越强,很多金属短路失效样品的漏电变得很小,当如图1或图2所示的相邻两根金属线段发生短路时,通过现有的定位分析手段无法精确定位到失效位置。

[0064] 图3A示出了根据现有技术对如图1或图2所示的测试件所做的测试电性数据,从图3A中仅能分析得到相邻金属线之间发生短路,而无法确定短路点的位置。

[0065] 图3B根据现有的OBIRCH的工作原理,它能够定位后段金属互联层短路的缺陷,但

是,它经常会强调出来一个包含短路位置的长热点线,如图3B虚线框中所示的,而不是只将短路的位置强调出来。并且基于OBIRCH的工作原理,即使如图3B所示出的最大精度(小倍率)的情况下,仍然无法进一步将短路位置确定。

[0066] 因此,本发明提供了一种结合电阻比例、电压衬度对比(Voltage Contrast)以及二分法的定位方法,能够针对如图1或图2所示出的测试件结构,有效地逐步逼近缺陷所在位置。

[0067] 具体的,如图4所示,本发明所提供的方法至少包括:

[0068] 步骤401:通过计算电阻比例确定短路点所在的第一区域;

[0069] 步骤402将第一区域中的第二金属线切割为电气分离的几段;执行电压衬度分析,将短路点确定在第一金属线的某一几字段中;

[0070] 步骤403:切割将短路点所在的几字段;执行电压衬度分析,将短路点确定在第一金属线的某一侧边;以及

[0071] 步骤404:基于二分法对缺陷侧边执行多次电压衬度分析,逐渐锁定短路点。

[0072] 以下将进一步结合图5A-图8示出的示意图说明本发明的具体实施方式。

[0073] 首先,请参考图5A,图5A示出了本发明提供的实施例执行电阻比例分析的原理。可以将两根金属短路的金属线简化为如图5A所示,其中PAD1 (P1) 和PAD2 (P2) 连接其中一根金属线的两端,PAD (P3) 和PAD (P4) 连接另一根金属线的两端。两根金属线之间发生短路,短路点的电阻为R3,短路点至金属线一端P1、P3的电阻为R1,短路点至金属线另一端P2、P4的电阻为R2。通过量测PAD1和PAD2之间的电阻为X Ω, PAD2和PAD3之间的电阻为Y Ω, PAD2和PAD4之间的电阻为Z Ω,根据下列公式,

$$[0074] \quad \begin{cases} R1 + R2 = X \\ 2R1 + R3 = Y \\ 2R2 + R3 = Z \end{cases}$$

[0075] 可以计算出对应的R1、R2和R3,进一步的可以根据R1/R2的电阻比例,大概确定短路发生的位置。

[0076] 本领域技术人员应当知道,可以通过现有或将有的电阻量测工具、方法对进行上述的电阻量测,在此不做赘述。

[0077] 图5B示出了通过本发明提供的方法定位如图2所示的蛇形结构测试件中缺陷的示意图。如图5B所示,金属短路发生在第一金属线M1和第二金属线M2中,在如图5B所示的实施例中,第一金属线M1在第一方向上包含若干几字部,第二金属线M2在第一方向上包含若干“几字型”的指状部。根据分析电阻比例,能够在众多来回迂回的“几字部”中将短路点所在区域框在一定数量的几个“几字部”中,通常,该几个“几字部”对应的第一区域(图5B中的虚线框区域)的宽度在15-20um左右。本领域技术人员应当知道,图5B示出的虚线框中包含3组“几部分”仅为示例,而非对第一区域包含几字部数量的限定。

[0078] 在上述的步骤中,通过测量第一金属线与第二金属线之间的电阻,基于电阻比例能够将短路点缩小在第一区域中。

[0079] 请进一步结合图6,在确定短路点所在的第一区域后,将该第一区域内的第二金属线M2的多个指状部从第二金属线中割离,以使第二金属线的多个指状部之间相互电气隔离。较优地,本发明通过聚焦离子束FIB对第一区域内的第二金属线进行切割。

[0080] 需要注意的是,上述多个指状部之间相互电气隔离是指各个指状部之间各自独立,没有连接。

[0081] 在如图6所示出的多个蛇形结构测试件的实施例中,第二金属线M2的多个指状部呈“几字型”,因此,上述将第一区域中的第二金属线M2的多个指状部从第二金属线中割离开即是原本完整一条蛇形线变为多个各自独立的没有连接关系的“几字型”。

[0082] 在如图1所示出的蛇形与梳子型结合的测试件实施例中,第二金属线M2的多个指状部呈“线形”,并且指状部的端部通过柄部连接,因此,上述将第一区域中的第二金属线M2的多个指状部从第二金属线中割离开即是切割上述柄部使原本呈“梳子型”的梳状线变为多个各自独立的“线形”指状部。

[0083] 更进一步地,在如图1所示的实施例中,由于上述第二金属线M2包括上部梳状线M2a和下部梳状线M2b,在执行步骤402时,可以选择先将上部柄部切割开,保持下部柄部完整,执行电压衬度分析,查看上述短路点是否发生在蛇形线M1与上部梳状线M2a之间。若的确发生在上部梳状线M2a和蛇形线M1之间,则能够进一步确定短路点所在的第一金属线M1(蛇形线)的某一几字段中。若短路点并非发生在上部梳状线M2a和蛇形线M1之间,则还需要进一步切割下部柄部,执行电压衬度分析,以确定短路点所在的第一金属线M1(蛇形线)的某一几字段中。

[0084] 本领域技术人员应当知道,在上述步骤中,亦可以同时将上部柄部和下部柄部切割开,使得上部梳状线M2a和下部梳状线M2b变为多个各自独立的“线形”指状部,随后执行电压衬度分析,以确定短路点所在的第一金属线M1(蛇形线)的某一几字段中。

[0085] 虽然已经将上述第一区域内的第二金属线M2的多个指状部从第二金属线中割离,此时第一金属线M1仍然为完整的金属线。随后,执行步骤402的第二子步骤,对第一区域内的第一金属线和多个指状部执行电压衬度分析。进一步的,由于第一金属线M1仍然完整,可以将第一金属线M1通过PAD1和PAD2接地(grounding),而使相互电气隔离的第二金属线的多个指状部处于浮置(floating)的状态,并获取电压衬度图像。

[0086] 在一实施例中,上述电压衬度图像为SEM电压衬度图像。在电压衬度图像中,处于同一电位的金属具有相同的电压衬度,其所反应出的图像明亮是一致的。由于M1和M2在第一区域内短路,而M2的多个指状部之间相互电气隔离且处于浮置状态,与M1短路的M2的某一指状部会具有与M1一致的电压衬度图像,因此,如图6虚线框中所示处,M2的某一指状部与M1具有相同的电压衬度,因此,已经在第一区域中将短路点进一步缩小到在某一几字部中。

[0087] 由于M1的几字部具有两条长侧边,将短路点定位在一个几字部中仍然不能满足精确定位的要求。因此,更进一步地,请结合图7A-7D,执行步骤403,通过切割所述短路点所在的M1的几字部以使其两条侧边相互电气隔离,能够逐渐将短路点定位在两条相邻的金属线之间。

[0088] 需要注意的是,上述两条侧边相互电气隔离是指两条侧边之间各自独立,没有连接。

[0089] 在一实施例中,两条金属线加上之间的间隙(space)在0.1 μ m左右,因此,通过执行步骤403后,能够进一步将短路点在第一方向上定位到0.1 μ m。

[0090] 图7A示出了蛇形测试结构执行步骤403的一实施例示意图。在如图7A所示的结构

中,除了将第一金属线的几字部进行切割(如图7A所示出的浅灰色空心框),分割为左右两边外,还将第二金属线的指状部(在图7A中为几字型)一并进行切割,分隔为左右两边。因此,实际上,是对4条长侧边进行电压衬度分析,以得到相互短路的两条侧边。

[0091] 此时,可以通过FIB将四条长侧边中的任一条接地(如图7A所示出的深灰色实心框),获取电压衬度图像,从而分析出短路点所在侧边。例如,将左M1(或M2)接地,若左M1与左M2具有一致的电压衬度,则短路发生在左侧,否则,短路发生在右侧。

[0092] 更优地,可以如图7A所示,将左右两侧各一根侧边接地,由此能够防止误操作,进一步确定短路点所在区域。例如,将左右两侧的第一金属线M1均接地,短路点所在的一侧的对应相邻第二金属线M2中的一侧将具有与第一金属线一致的电压衬度。

[0093] 图7B示出了蛇形测试结构执行步骤403的另一实施例示意图。在如图7B所示的结构中,只将第一金属线的几字部进行切割(如图7B所示出的浅灰色空心框),将第一金属线M1分割为左右两侧,而未对呈几字型的第二金属线M2进行分隔。因此,在此实施例中,如图7B所示出的深灰色实心框,将呈几字型的第二金属线接地,从而获取电压衬度图像,短路点所在的侧边具有与第二金属线一致的电压衬度。

[0094] 图7C、7D示出了蛇形结合梳状型测试结构执行步骤403的两个实施例示意图。由于此时第二金属线为梳状型,第二金属线的指状部呈线形,将第一金属线的几字部作切割(图7C、7D中浅灰色空心框)后,实际上是对3条金属长边进行定位,可以通过将3条金属长边中的任意一条接地的方式通过电压衬度分析定位短路点所在长边。

[0095] 假设短路点发生在左侧M1和M2之间,可以如图7C所示将右侧M1接地,则左侧M1和M2具有一致的浮置的电压衬度。可以如图7D所示,将左侧M1(或者M2)接地,则左侧M1和M2具有一致的接地的电压衬度。

[0096] 借由此,即可以将短路点定位在0.1 μ m的宽度范围内。如前所述,虽然在宽度方向上已经将短路点逐渐逼近之0.1 μ m,在长度方向上,仍然无法精确定位。因此,在步骤403后,本发明提供的方法还包括执行步骤404,基于二分法原理将从长度上逐渐逼近短路点。

[0097] 请参考图8,图8示出了二分法结合电压衬度分析的原理示意图。首先将短路点所在的长侧边进行等分的切割,通过使上下两组金属线各自其中一根接地并获取电压衬度图像的方法,能够确定短路点发生在上部还是下部。将短路点所在的上部或下部再基于二分法执行多次电压衬度分析,直到逐渐逼近短路点。在一实施例中,通过本发明所提供的方法,能够将短路点定位在0.1 $\times$ 5 μ m的范围内。

[0098] 本领域技术人员应当知道,上述所称切割、分隔等使金属线的一部分电气隔离出来的动作可以通过聚焦离子束FIB实现。上述所称接地亦可以通过聚焦离子束FIB实现。

[0099] 上述所称所获得的电压衬度图像可以通过扫描透镜SEM观察得到。通过将短路点定位在0.1-5 μ m的范围内,测试人员可以有针对性地放大该区域,从而准确定位到该短路点。

[0100] 并且,更进一步的,可以通过透射电镜TEM对该部分的器件作分析,以确定导致金属短路的失效机理。

[0101] 使用本发明的方法能够定位到漏电在nA级别的金属短路位置,从而找到失效的根本原因,对解决工艺问题以及促进研发进度取到了很大的帮助。

[0102] 以下列举根据本发明所提供的方法定位到漏电在nA级别的后段金属短路位置的

实际案例。请进一步结合图9-图15B。

[0103] 图9左侧示出了28HKC PDF测试结构,此结构监控金属短路问题,测试结构长1340um,宽520um。图9右侧示出了通过扫面电镜SEM显示的结构图,测试监控金属短路显示漏电在nA级别,用目前常规定位手段EMMI,OBIRCH以及Thermal均没有定到短路位置,而本发明提供的定位方法能够精确地定位到短路位置,并最终找到导致金属短路的失效机理,为新工艺的开发提供有力的帮助。

[0104] 图10示出了根据电阻分析的方法将金属短路位置在宽度方向缩短到大约15-20um。

[0105] 图11示出了执行步骤402后进一步将金属短路位置精确到大约15-20um。

[0106] 图12示出了执行步骤403用FIB将接地的蛇形金属线切断,将金属短路位置在宽度方向缩短到0.1um。

[0107] 图13示出了反复基于二分法将金属短路的位置从长度方向缩短到5um。

[0108] 图14示出了将短路区域通过扫描电镜SEM放大查看短路点的示意图。

[0109] 图15A、图15B分别示出了通过5.截面透射电镜TEM分析上述短路点,以进一步确定失效机理。

[0110] 使用本发明的方法能够定位到漏电在nA级别的金属短路位置,从而找到失效的根本原因,对解决工艺问题以及促进研发进度取到了很大的帮助。

[0111] 提供对本公开的先前描述是为使得本领域任何技术人员皆能够制作或使用本公开。对本公开的各种修改对本领域技术人员来说都将是显而易见的,且本文中所定义的普适原理可被应用到其他变体而不会脱离本公开的精神或范围。由此,本公开并非旨在被限定于本文中所描述的示例和设计,而是应被授予与本文中所公开的原理和新颖性特征相一致的最广范围。

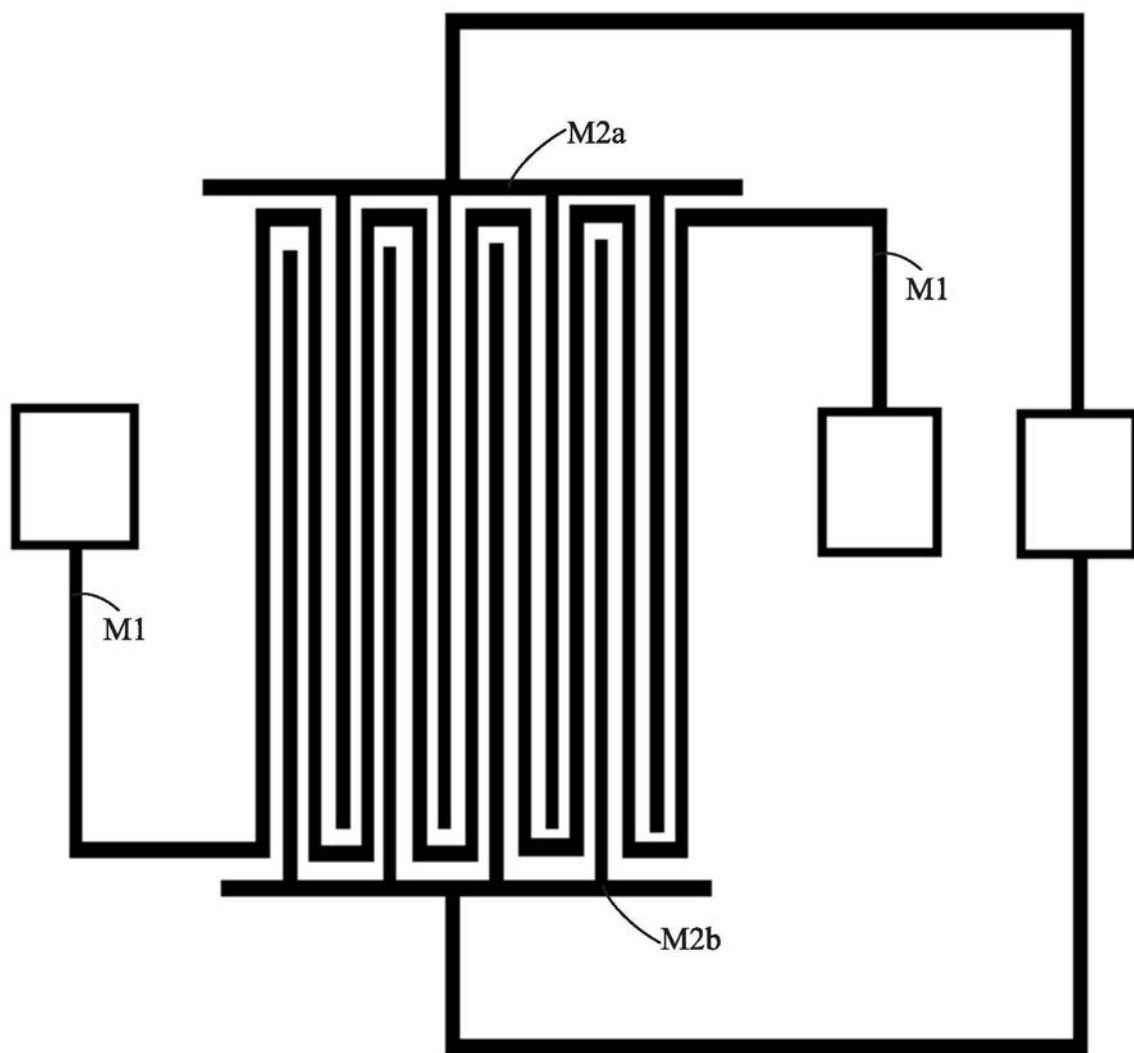


图1

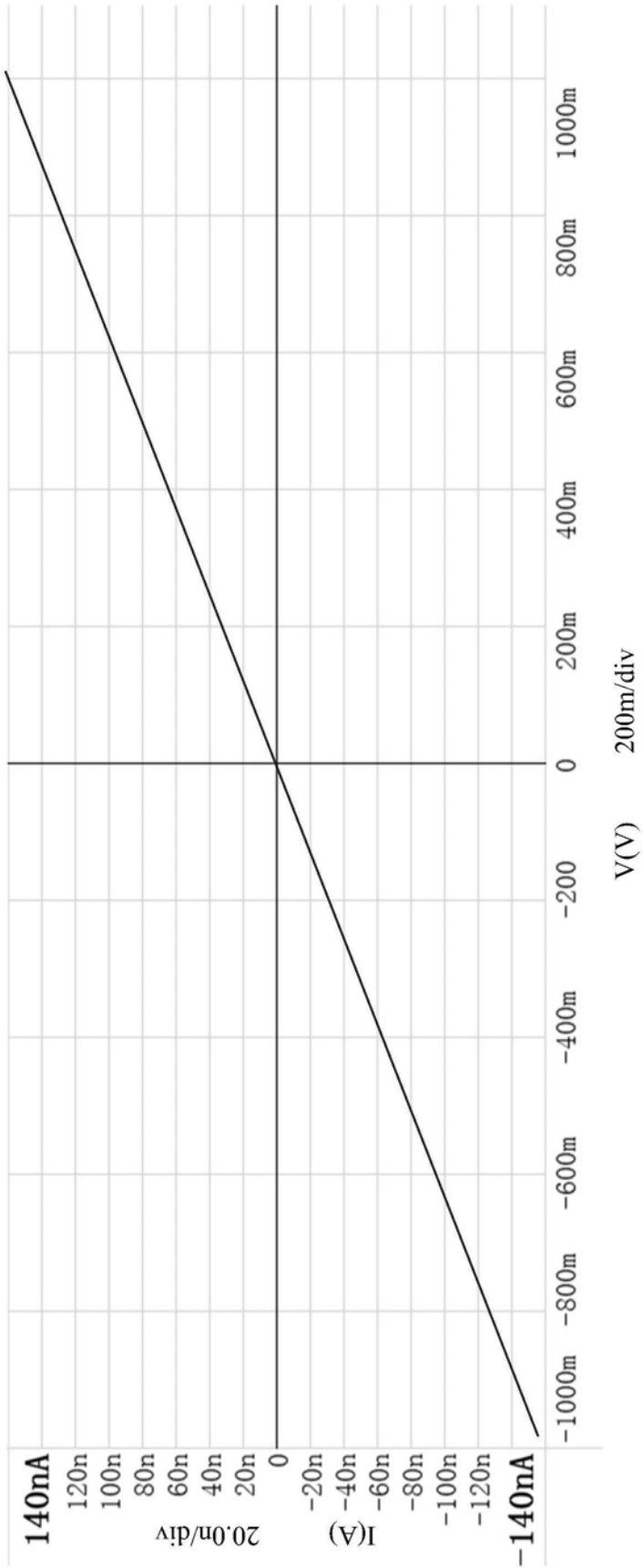


图3A

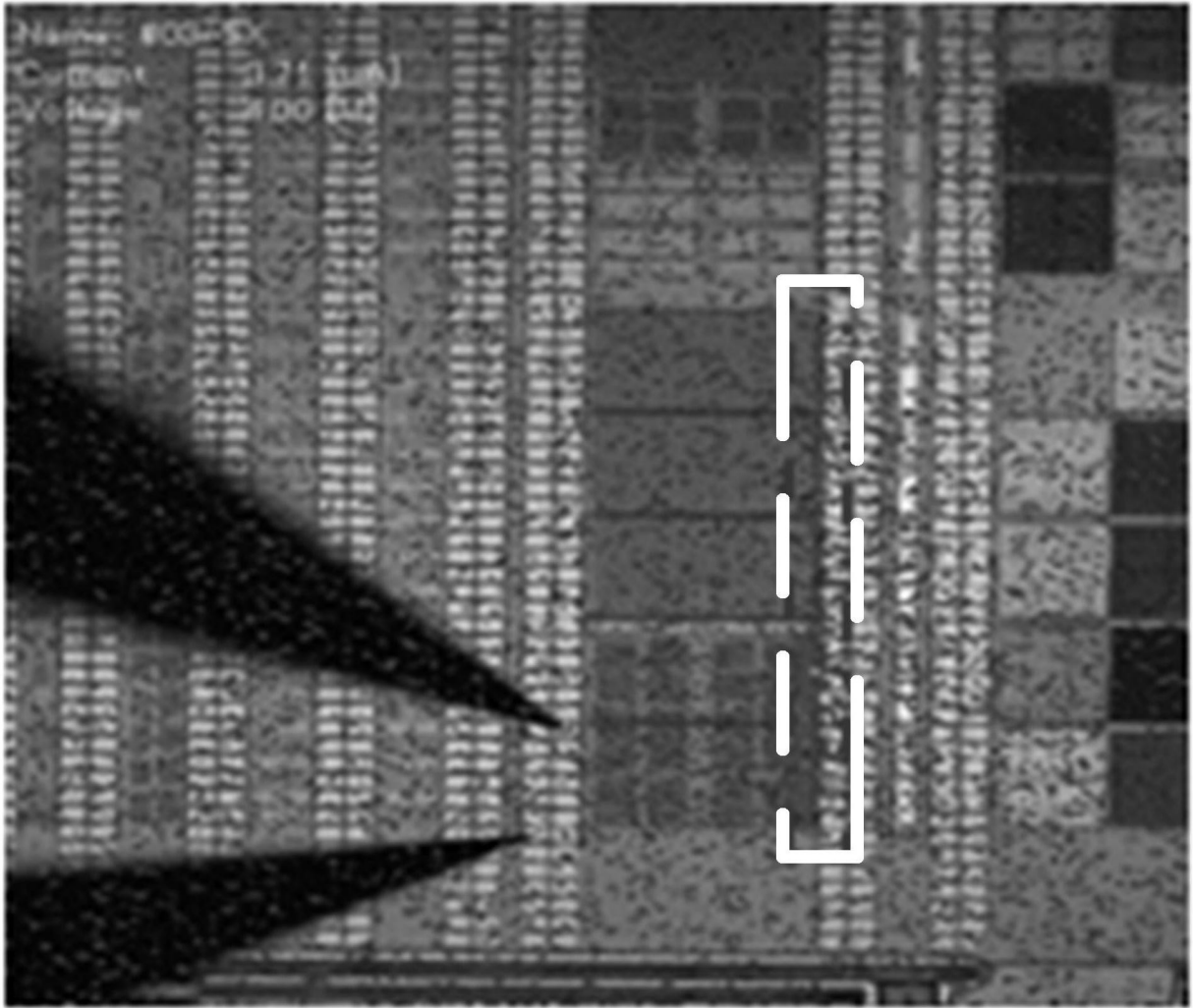


图3B

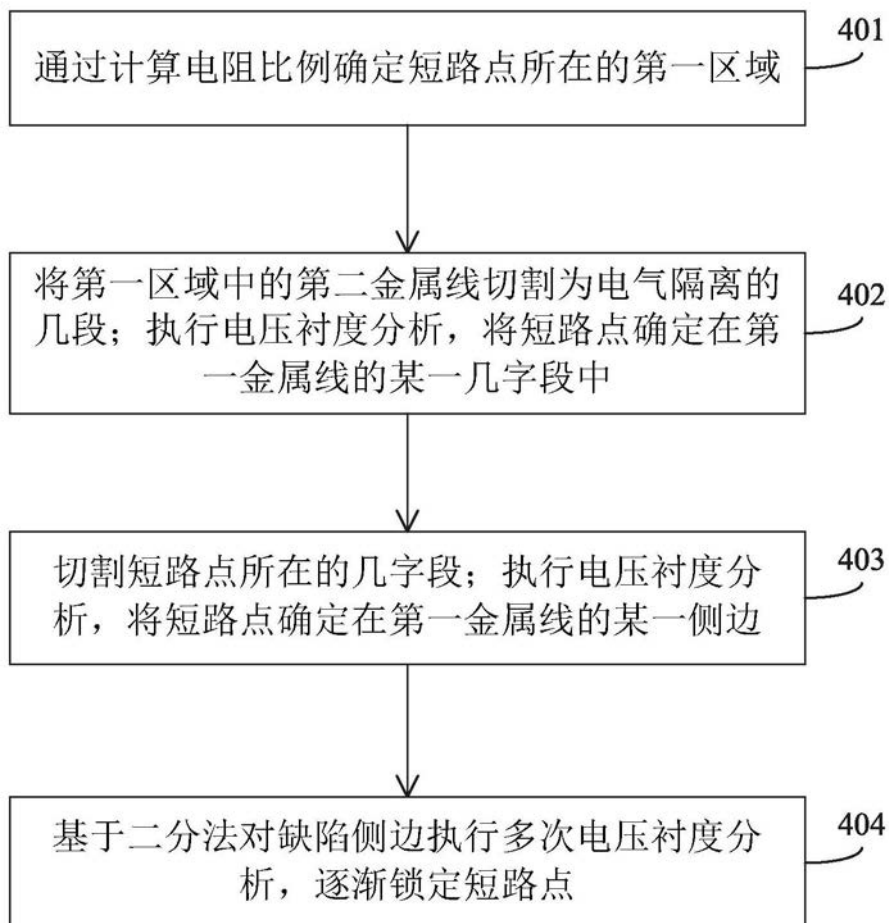


图4

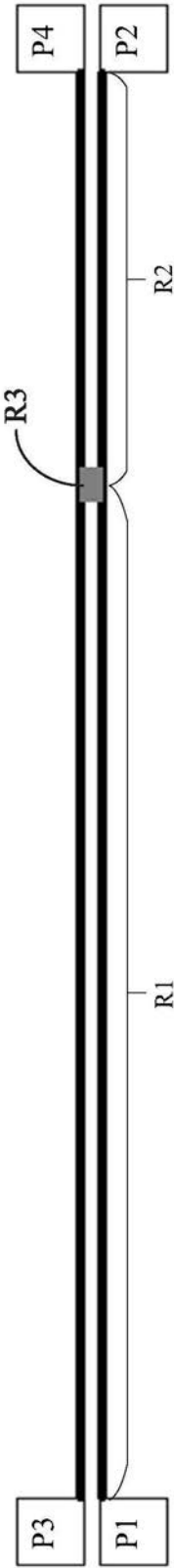


图5A

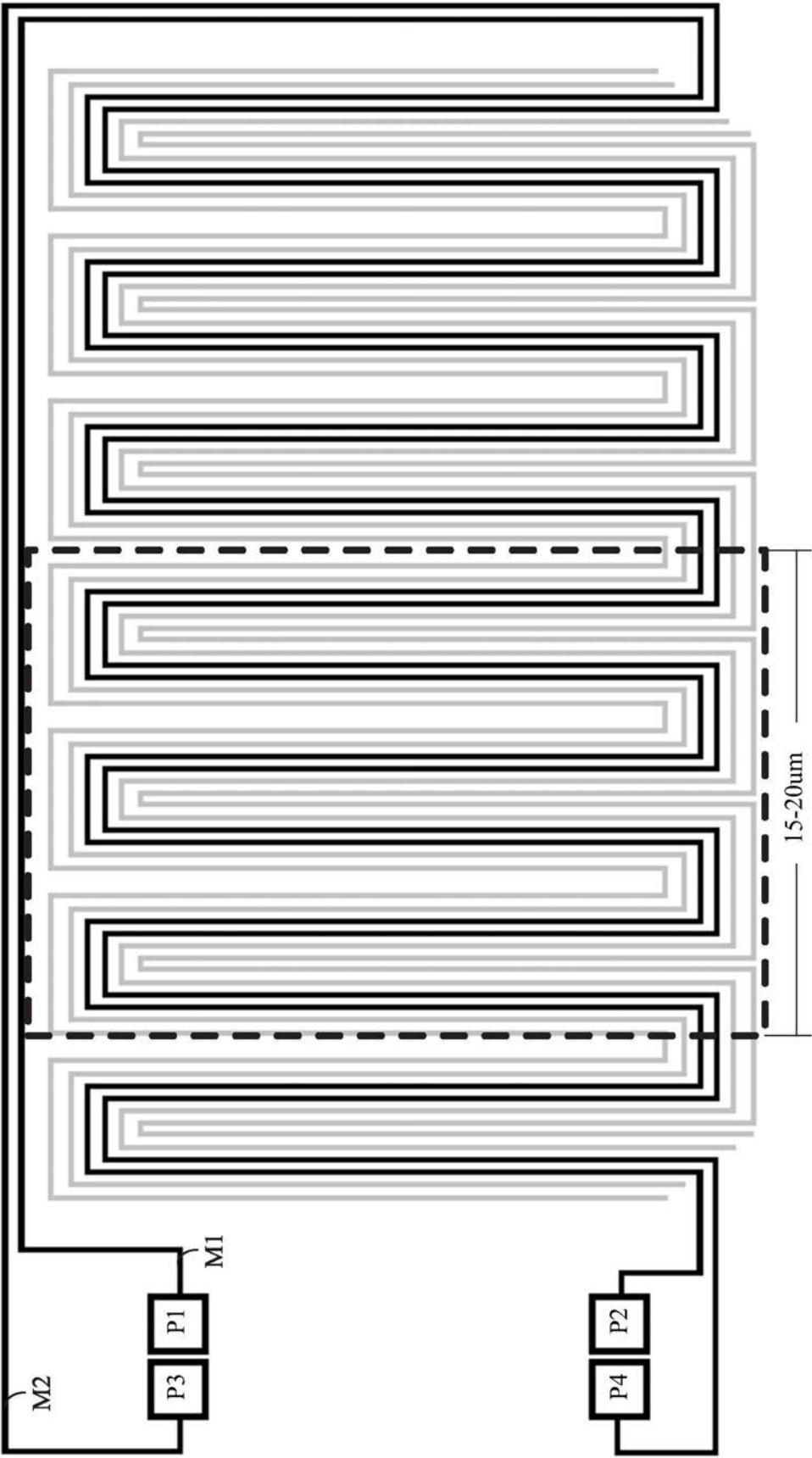


图5B

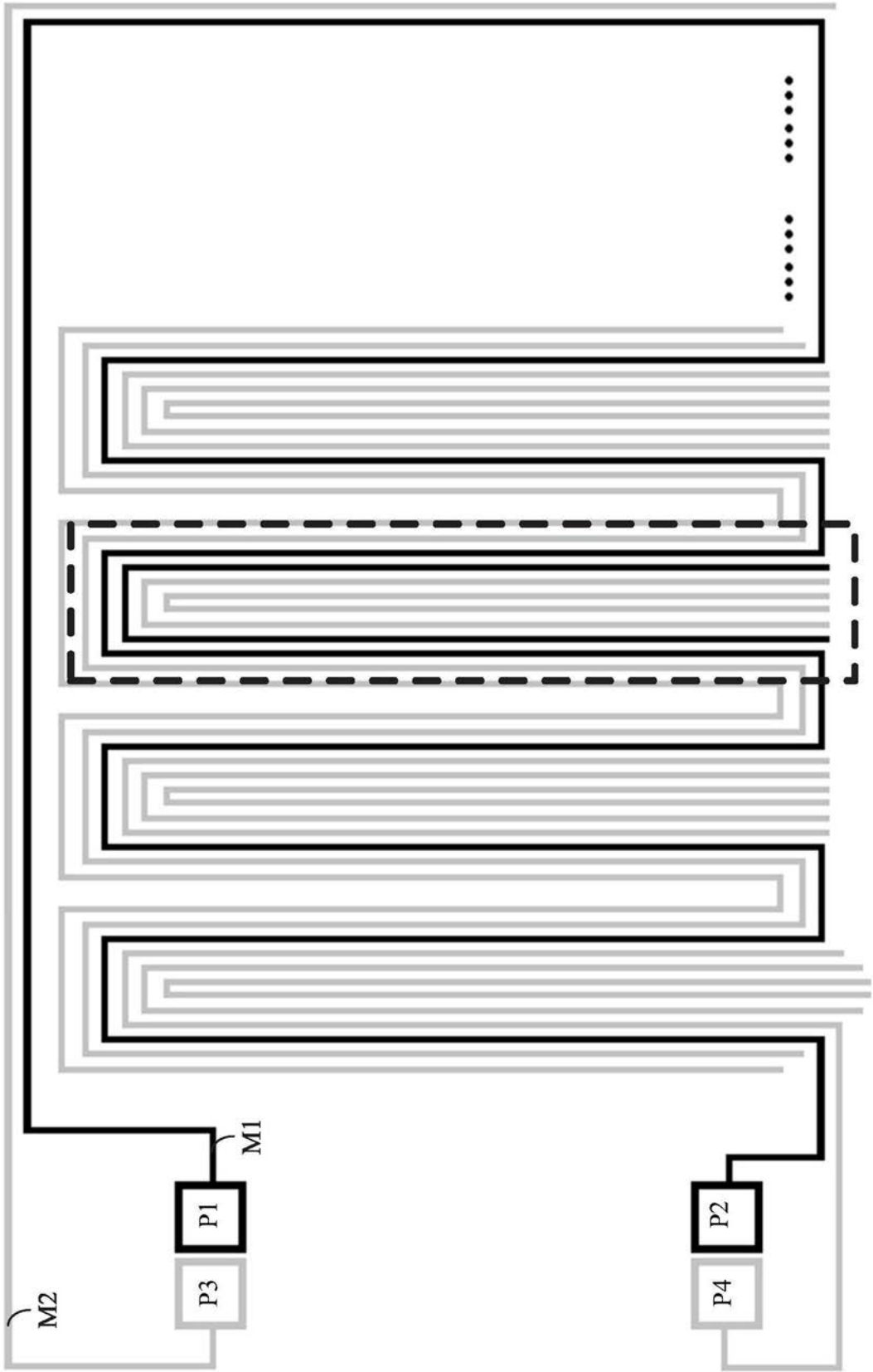


图6

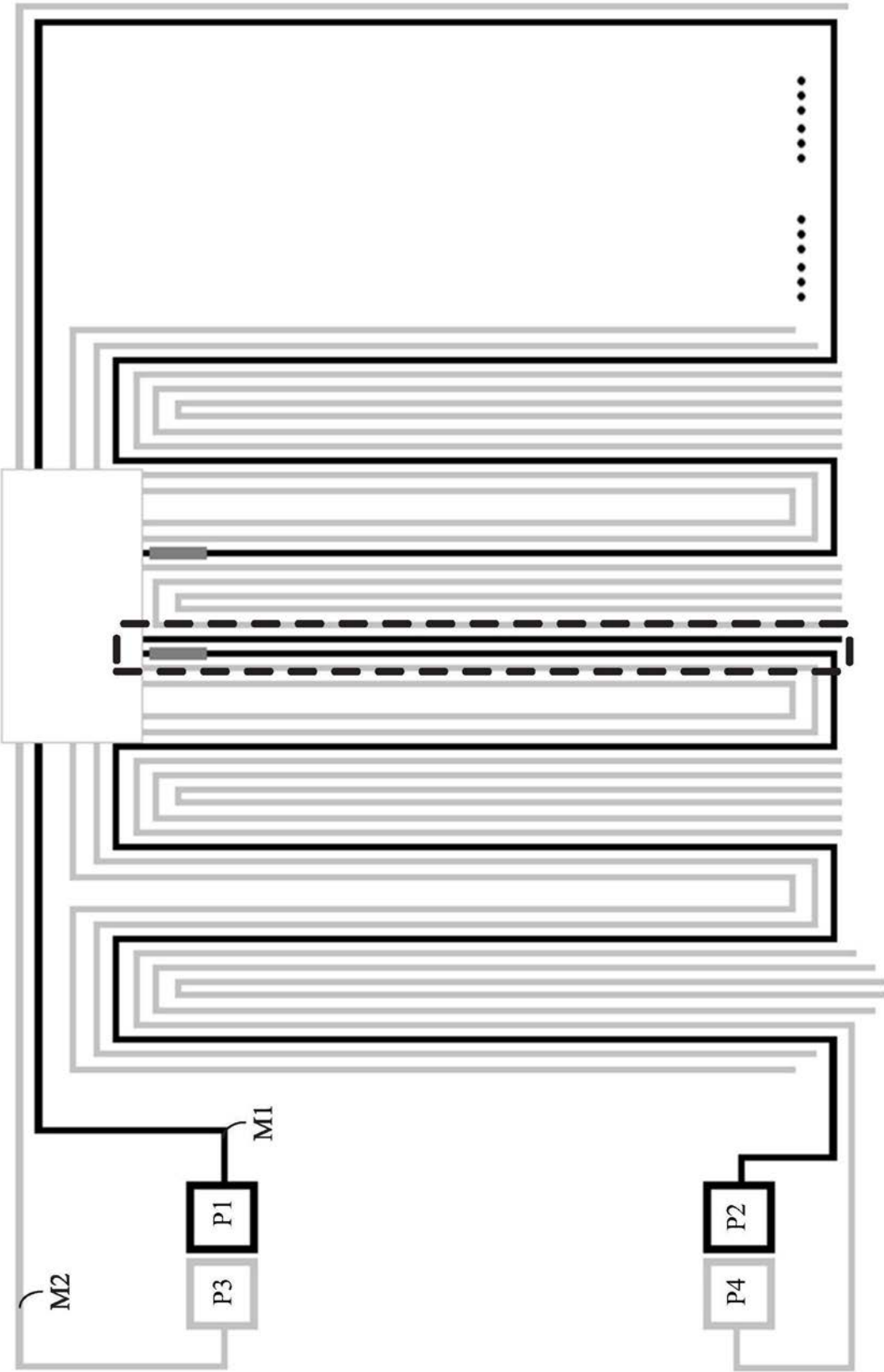


图7A

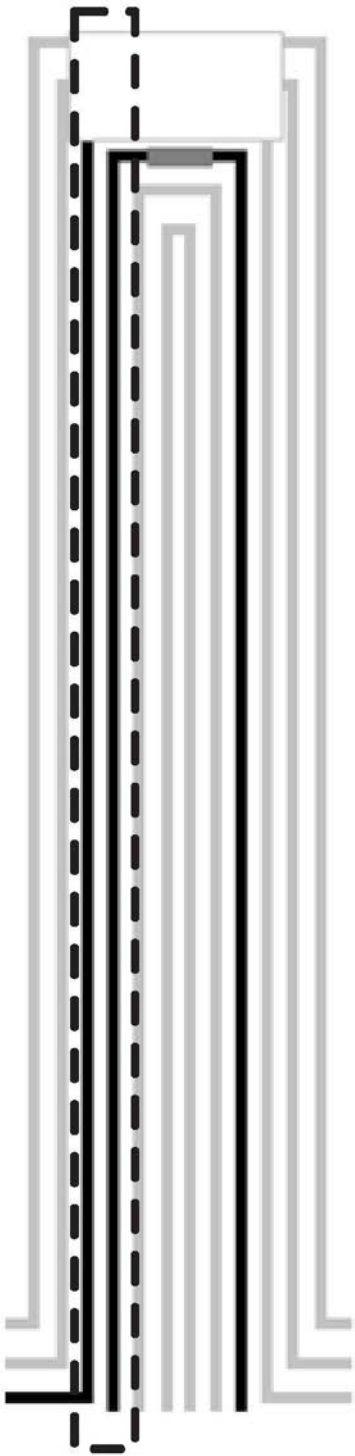


图7B

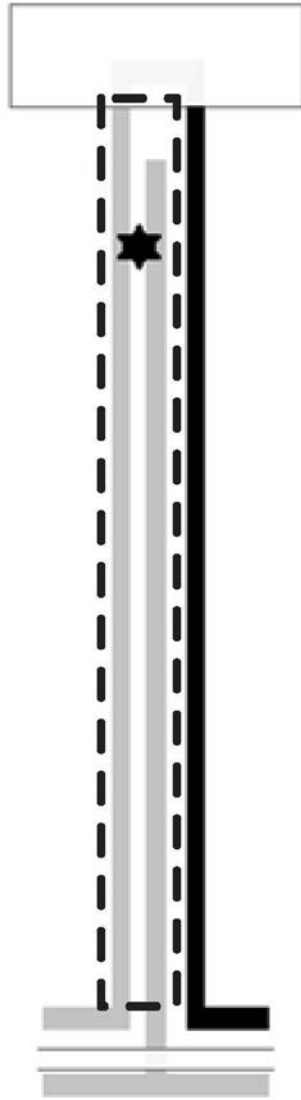


图7C

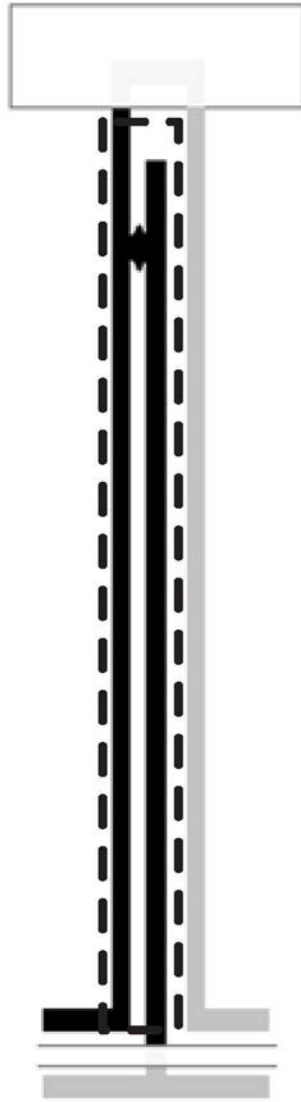


图7D

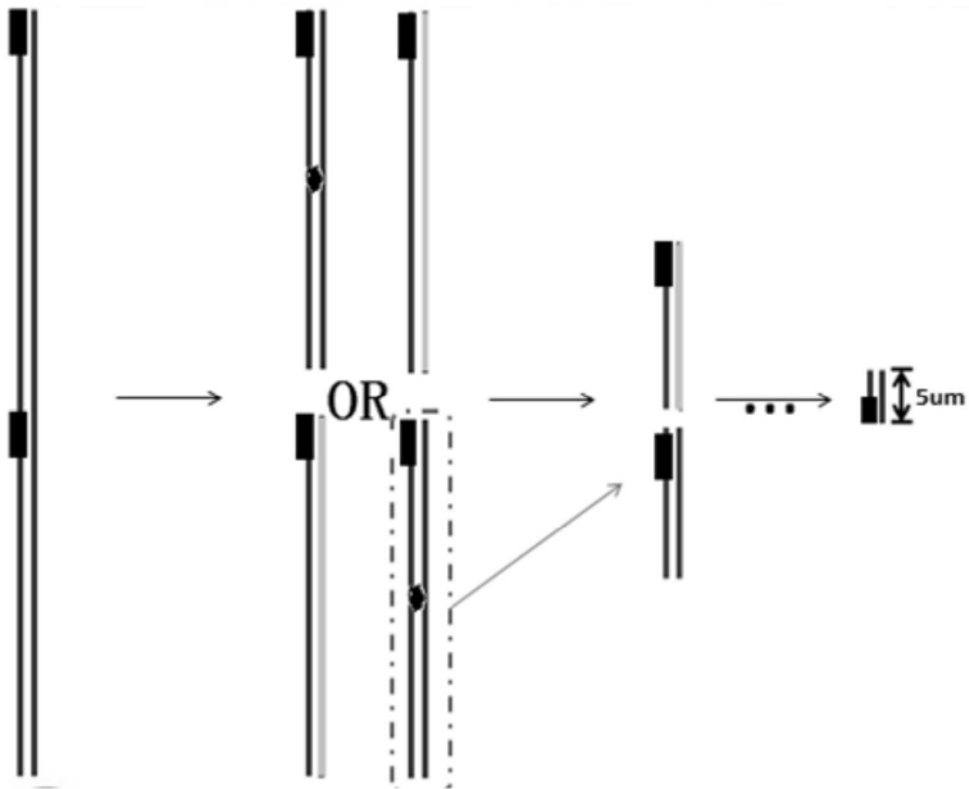


图8

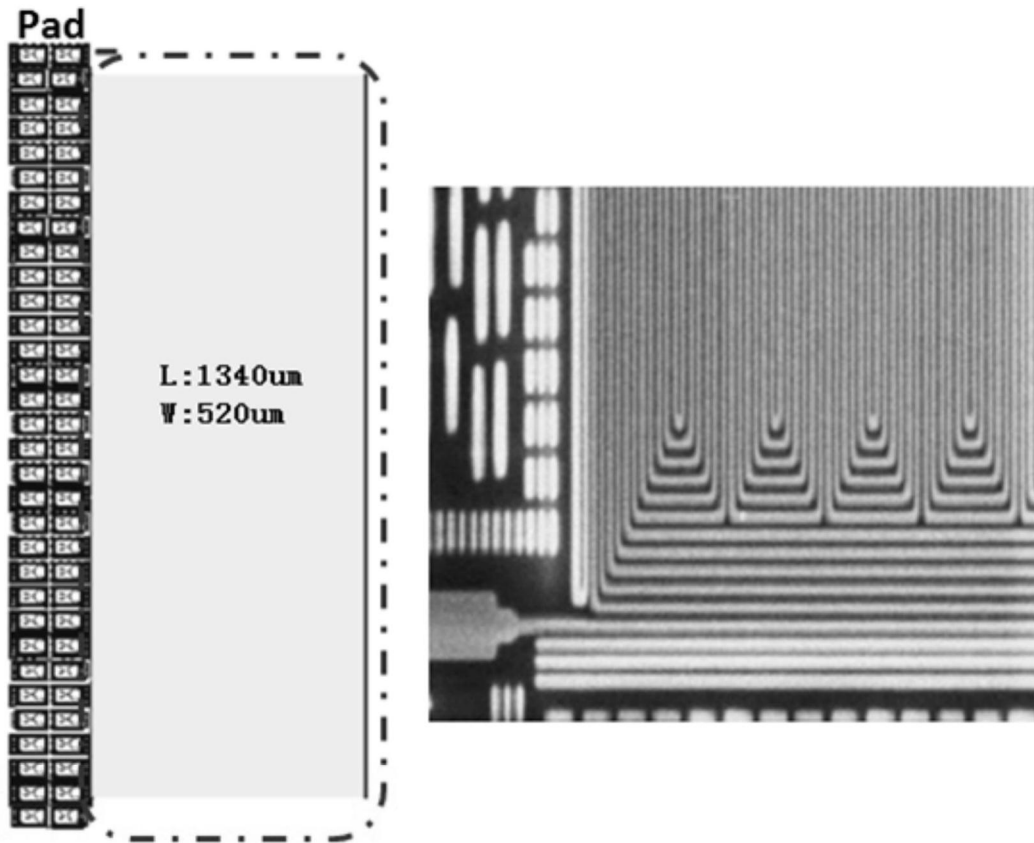


图9

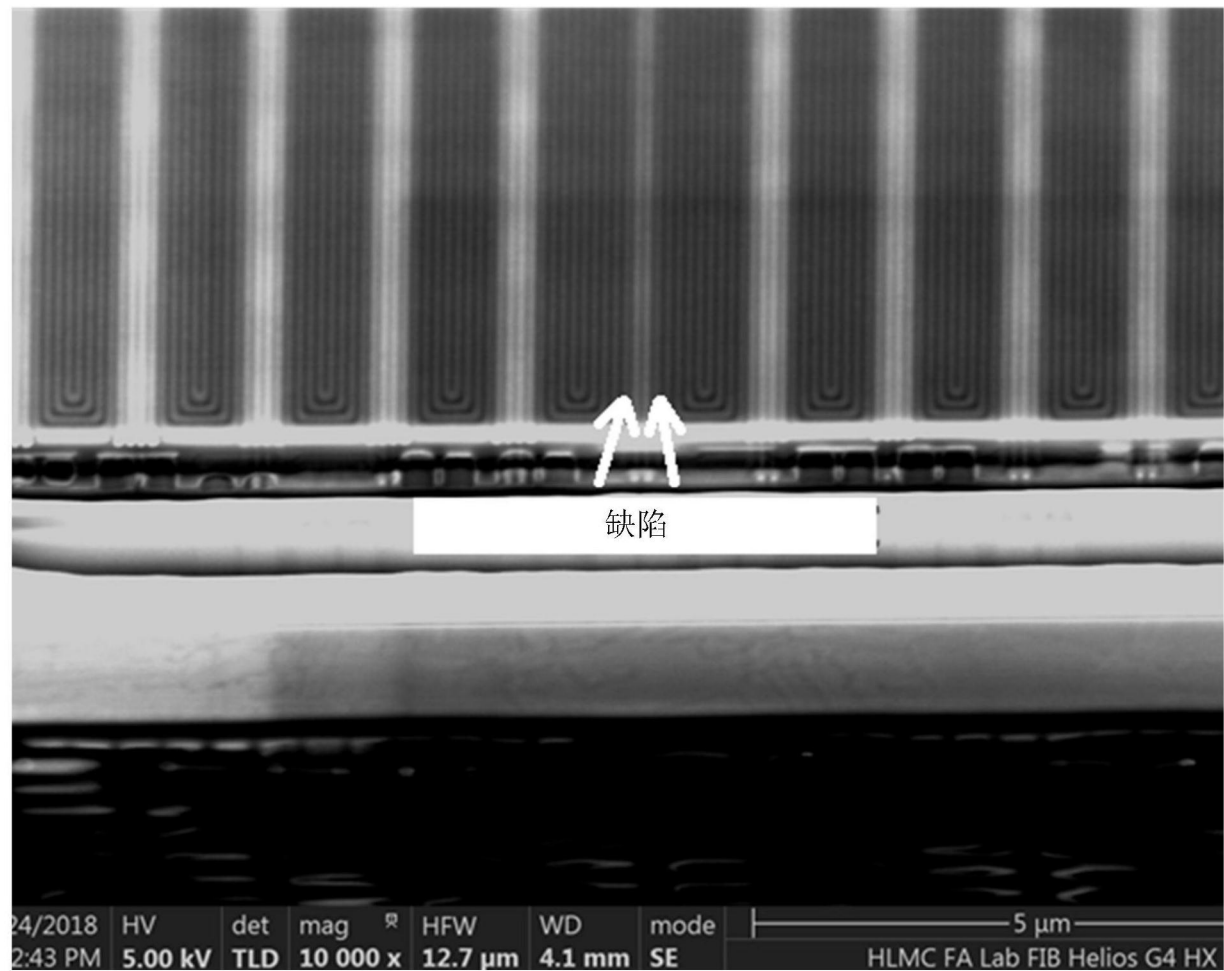


图10

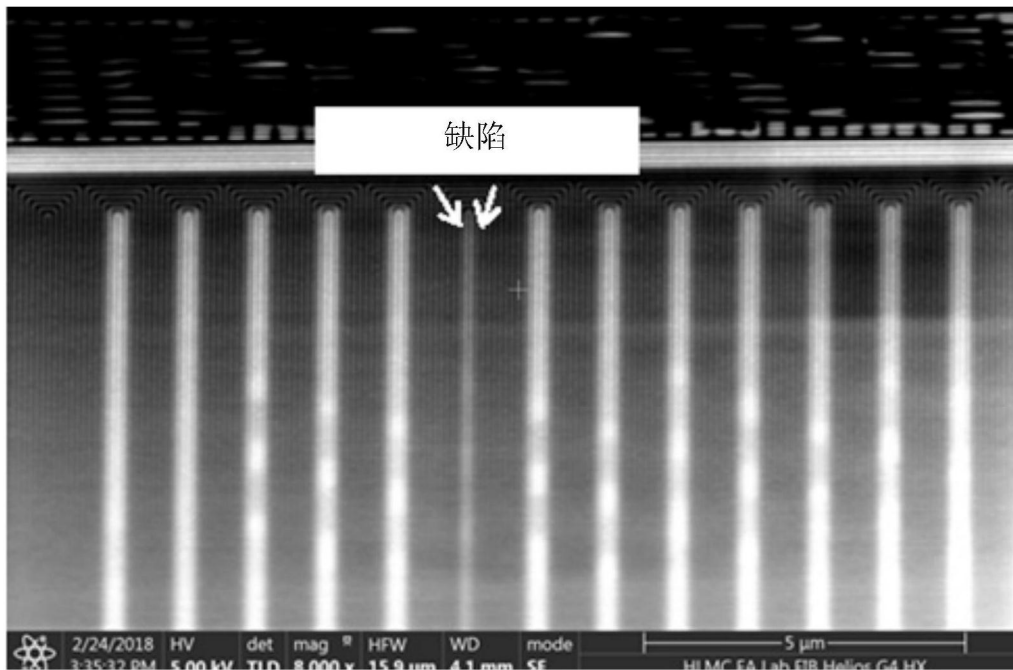


图11

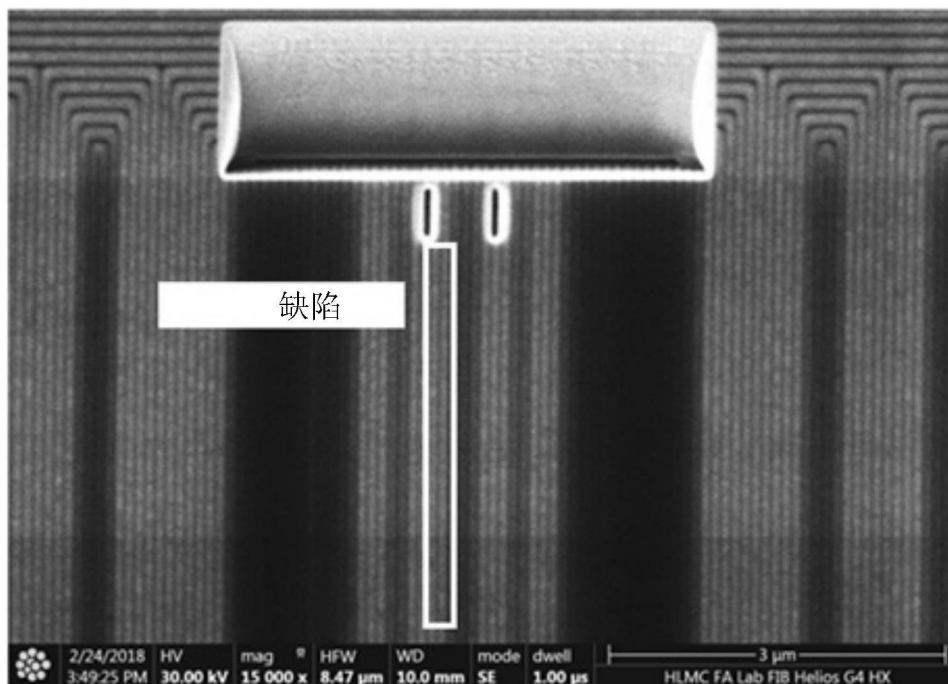


图12

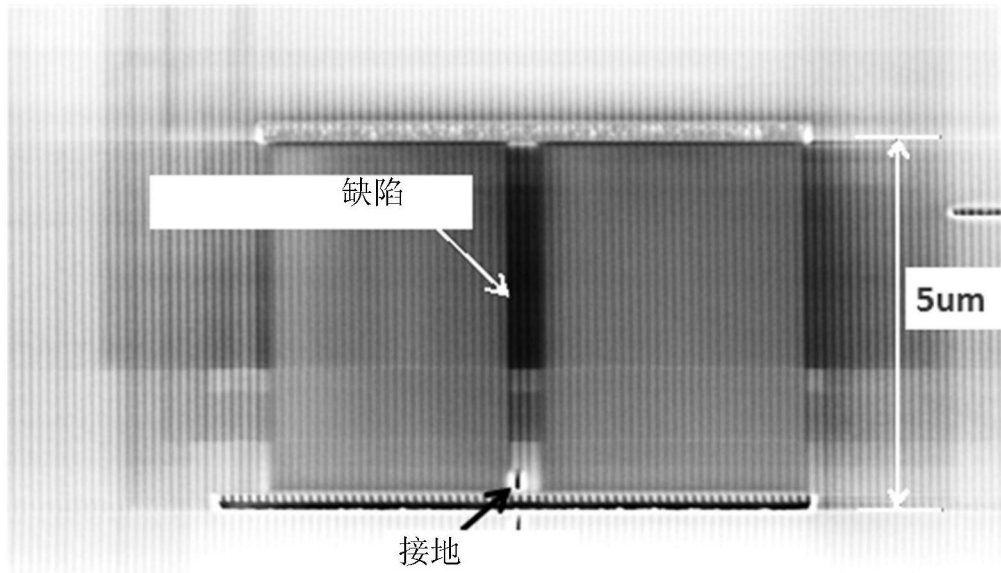


图13

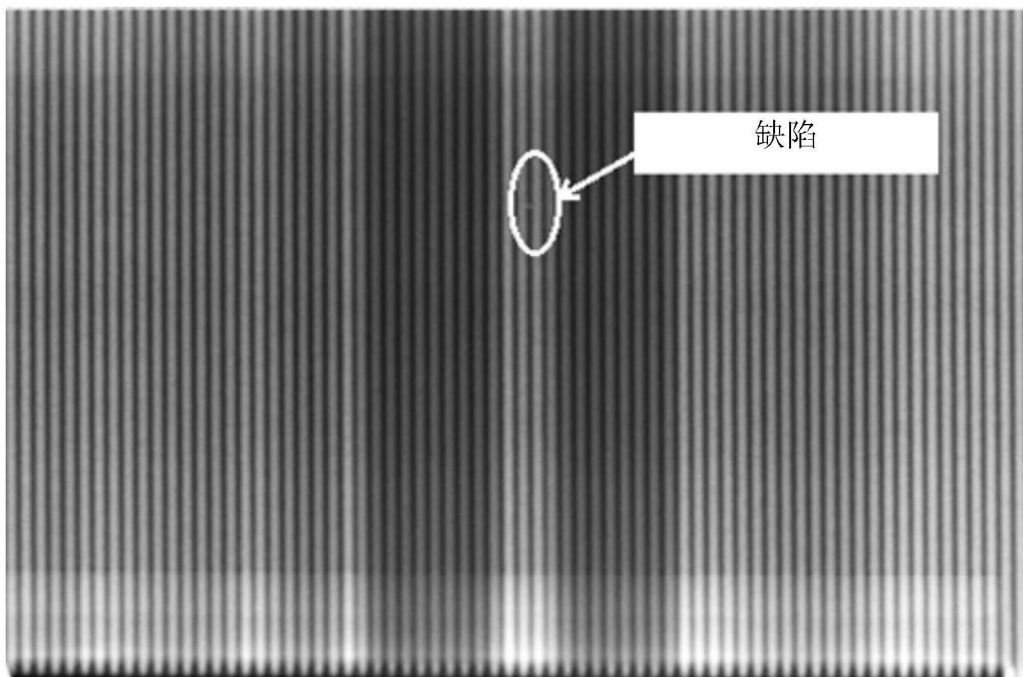


图14

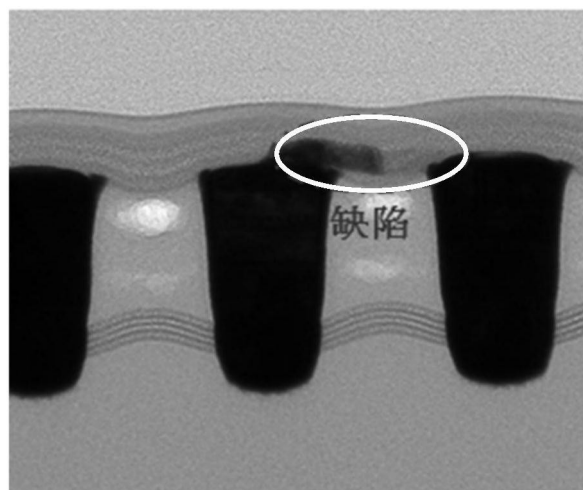


图15A

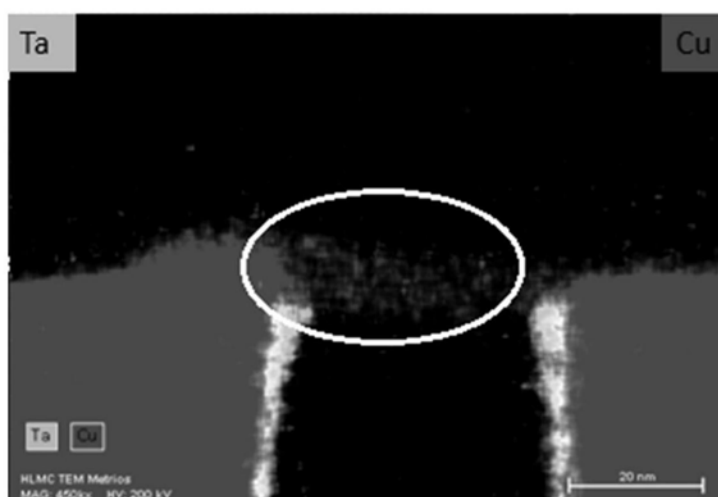


图15B