



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109485013 B

(45) 授权公告日 2020.11.06

(21) 申请号 201811642459.6

B82Y 40/00 (2011.01)

(22) 申请日 2018.12.29

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 102084431 A, 2011.06.01

申请公布号 CN 109485013 A

US 2014007308 A1, 2014.01.02

(43) 申请公布日 2019.03.19

CN 1469723 A, 2004.01.21

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

JP 2002162332 A, 2002.06.07

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西  
大直街92号

审查员 张少鹏

(72) 发明人 杨立军 王根旺 王扬 侯超剑

丁焯 赵春洋

(74) 专利代理机构 北京隆源天恒知识产权代理

事务所(普通合伙) 11473

代理人 闫冬 鞠永帅

(51) Int. Cl.

B82B 3/00 (2006.01)

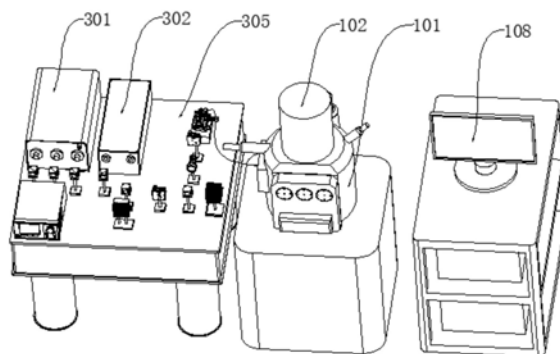
权利要求书2页 说明书22页 附图14页

(54) 发明名称

一种纳米连接装置

(57) 摘要

本发明提供了一种纳米连接装置,涉及加工制造技术领域。本发明所述纳米连接装置,包括真空腔、近场光发生装置、电子束发射及调控模块、电子束物镜、纳米操作装置和控制装置;所述纳米操作装置包括样品台和执行端操作装置,所述纳米操作装置设置于所述真空腔内部,所述近场光发生装置包括激光发射装置和执行端,所述执行端设置于所述真空腔内部且可拆卸安装于所述执行端操作装置上,所述电子束发射及调控模块与所述电子束物镜相连接,所述近场光发生装置、所述电子束发射及调控模块、所述纳米操作装置分别与所述控制装置相连接。本发明不需要移出样品,通过所述样品台配合所述执行端操作装置,所述样品的操作灵活度更佳,从而提高纳米连接的精度。



1. 一种纳米连接装置,其特征在于,包括真空腔(101)、近场光发生装置、电子束发射及调控模块(102)、电子束物镜(103)、纳米操作装置和控制装置(107);所述纳米操作装置包括样品台和执行端操作装置,所述执行端操作装置包括第一运动机构(203)和第二运动机构(204),所述样品台包括精定位样品台(202)和粗定位样品台(201),所述纳米操作装置设置于所述真空腔(101)内部,所述近场光发生装置包括激光发射装置和执行端,所述执行端设置于所述真空腔(101)内部且可拆卸安装于所述执行端操作装置上,所述电子束发射及调控模块(102)与所述电子束物镜(103)相连接,所述近场光发生装置、所述电子束发射及调控模块(102)、所述纳米操作装置分别与所述控制装置(107)相连接;所述第一运动机构(203)包括多个平动自由度和至少一个旋转自由度,所述第一运动机构(203)和所述第二运动机构(204)上均可拆卸安装有执行端,所述第一运动机构(203)和所述第二运动机构(204)分别与所述控制装置(107)相连接;所述精定位样品台(202)包括三个相互垂直的平动自由度,所述精定位样品台(202)适于置放所述纳米结构并带动所述纳米结构移动;所述粗定位样品台(201)与所述精定位样品台(202)固定连接。

2. 根据权利要求1所述的纳米连接装置,其特征在于,所述纳米连接装置还包括保护气体引入装置(105),所述保护气体引入装置(105)通过管道与所述真空腔(101)相连接。

3. 根据权利要求1所述的纳米连接装置,其特征在于,所述执行端为钨针(207)或者AFM探针(205),所述控制装置(107)适于控制所述第一运动机构(203)和所述第二运动机构(204)分别带动所述执行端运动形成微镊子对纳米结构进行夹取。

4. 根据权利要求1所述的纳米连接装置,其特征在于,还包括CCD相机(106),所述CCD相机(106)安装于所述真空腔(101)内,所述CCD相机(106)与所述控制装置(107)相连接。

5. 根据权利要求3所述的纳米连接装置,其特征在于,所述第二运动机构(204)包括多个旋转自由度和至少一个平动自由度,所述第二运动机构(204)包括固定件(227)、第一旋转件(211)、第二旋转件(210)、第三旋转件(209),所述第一旋转件(211)与所述固定件(227)枢接,所述第一旋转件(211)用于在第一驱动装置的带动下绕所述固定件(227)旋转;所述第二旋转件(210)与所述第一旋转件(211)枢接,所述第二旋转件(210)用于在第二驱动装置的带动下绕所述第一旋转件(211)转动;第三旋转件(209)与所述第二旋转件(210)枢接,所述第三旋转件(209)用于在第三驱动装置的带动下绕其中心轴自转;所述钨针连接件(206)与所述第三旋转件(209)连接,所述钨针(207)与所述钨针连接件(206)连接,所述钨针连接件(206)用于在第四驱动装置的带动下带动所述钨针(207)沿所述钨针(207)的轴向平动。

6. 根据权利要求5所述的纳米连接装置,其特征在于,所述粗定位样品台(201)包括多个平动自由度和至少两个旋转自由度,所述粗定位样品台(201)适于带动所述精定位样品台(202)运动,所述粗定位样品台(201)的其中一个所述旋转自由度适于带动所述精定位样品台(202)转动,所述粗定位样品台(201)的另一个所述旋转自由度适于使所述精定位样品台(202)倾斜。

7. 根据权利要求1所述的纳米连接装置,其特征在于,所述激光发射装置位于所述真空腔(101)外部,所述激光发射装置包括激光器(301)、激光偏振器(310)和激光参数放大器(302)。

8. 根据权利要求1所述的纳米连接装置,其特征在于,所述近场光发生装置还包括光纤

耦合器(303),所述光纤耦合器(303)通过光纤(304)与所述执行端连接。

9.根据权利要求8所述的纳米连接装置,其特征在于,所述执行端包括光纤探针(319)和钨针(207),所述光纤探针(319)的其中一端与所述光纤(304)连接,另外一端设置有直径为纳米级的小孔,所述钨针(207)位于近场光的辐照范围内,所述钨针(207)适于对所述近场光进行增强。

## 一种纳米连接装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及加工制造技术领域,特别涉及一种纳米操作及连接装置。

### 背景技术

[0002] 纳米操作技术是利用探针、电子束、光等对纳米材料进行剥离、拾取、搬迁、放置、可控变形等,其操作及定位精度可达纳米级别,进而实现纳米材料的加工及装配,是新一代纳米构件结构性组装的关键。纳米连接技术是基于化学沉积、高能束辐照,超声波等技术手段,实现纳米材料之间、纳米材料与电极之间的连接,有利于新型功能性器件的制造,其决定着纳米结构实现其功能化的成败。现有的纳米操作、互连方法,均是在相互独立的两个或多个系统中完成,即在操作系统上进行纳米材料的操作及定位后,然后将材料转移至连接系统中进行互连,其过程降低了工作效率,破坏定位精度、引入污染物,且无法实现三维复杂操作及互连,难以构建三维复杂纳米结构及纳米器件。

### 发明内容

[0003] 有鉴于此,本发明旨在提出一种纳米连接装置,通过不同运动机构之间的配合,对所述样品进行定位后即可进行纳米连接。

[0004] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0005] 一种纳米连接装置,包括真空腔、近场光发生装置、电子束发射及调控模块、电子束物镜、纳米操作装置和控制装置;所述纳米操作装置包括样品台和执行端操作装置,所述纳米操作装置设置于所述真空腔内部,所述近场光发生装置包括激光发射装置和执行端,所述执行端设置于所述真空腔内部且可拆卸安装于所述执行端操作装置上,所述电子束发射及调控模块与所述电子束物镜相连接,所述近场光发生装置、所述电子束发射及调控模块、所述纳米操作装置分别与所述控制装置相连接。

[0006] 可选地,所述纳米连接装置还包括保护气体引入装置,所述保护气体引入装置通过管道与所述真空腔相连接。

[0007] 可选地,所述执行端为钨针或者AFM探针,所述控制装置适于控制所述第一运动机构和所述第二运动机构分别带动所述执行端运动形成微镊子对纳米结构进行夹取。

[0008] 可选地,还包括CCD相机,所述CCD相机安装于所述真空腔内,所述CCD相机与所述控制装置相连接。

[0009] 可选地,所述执行端操作装置包括:第一运动机构、第二运动机构,所述第一运动机构包括多个平动自由度和至少一个旋转自由度,所述第二运动机构包括多个旋转自由度和至少一个平动自由度,所述第一运动机构和所述第二运动机构上均可拆卸安装有执行端,所述第一运动机构和所述第二运动机构分别与所述控制装置相连接。

[0010] 可选地,所述样品台包括精定位样品台,所述精定位样品台包括三个相互垂直的平动自由度,所述精定位样品台适于置放所述纳米结构并带动所述纳米结构移动。

[0011] 可选地,所述样品台还包括:粗定位样品台,其与所述精定位样品台固定连接;所

述粗定位样品台包括多个平动自由度和至少两个旋转自由度,所述粗定位样品台适于带动所述精定位样品台运动。

[0012] 可选地,所述激光发射装置位于所述真空腔外部,所述激光发射装置包括激光器、激光偏振器和激光参数放大器。

[0013] 可选地,所述近场光发生装置还包括光纤耦合器,所述光纤耦合器通过光纤与所述执行端连接。

[0014] 可选地,所述执行端包括光纤探针和钨针,所述光纤探针的其中一端与所述光纤连接,另外一端设置有直径为纳米级的小孔,所述钨针位于近场光的辐照范围内,所述钨针适于对所述近场光进行增强。

[0015] 相对于现有技术,本发明所述的纳米连接装置具有以下优势:

[0016] 本发明通过所述真空腔提高了电子束检测精度,不需要移出样品,所有三维纳米连接操作均在真空腔内完成,进而提高了纳米连接的精度;通过所述执行端操作装置带动所述执行端对所述样品进行操作,通过所述样品台对样品进行移动,对所述样品进行定位使所述样品置于电子束检测范围内;此外,通过所述样品台的三维运动,配合所述执行端操作装置,使所述样品的操作灵活度更佳,从而有助于提高纳米连接的精度。

[0017] 本发明通过在所述第一运动机构和所述第二运动机构上安装执行端,通过多个所述执行端的配合使用而形成微镊子,实现对所述纳米线或纳米颗粒的夹取;通过所述第一运动机构和所述第二运动机构的运动增大了所述微镊子的灵活度。

[0018] 本发明所述精定位样品台通过三个平动自由度可实现三维空间的移动,将所述样品移动到设定的位置,进行初步定位;所述精定位样品台与所述第五旋转件连接,通过第四旋转件的转动使所述精定位样品台倾斜,为找到最佳的电子束光照提供了便利;通过所述第五旋转件自转使所述精定位样品台旋转,以此找到最佳的纳米材料操作角度;通过对所述精定位样品台进行初步调节,使其处于最佳的操作位置,可以间接减小精定位的移动距离,从而节省设备成本。

[0019] 本发明通过所述精定位样品台的三维移动,变向的增加所述执行端操作装置的自由度,通过所述精定位样品台与所述执行端操作装置的配合使用,可进行所述纳米颗粒和所述纳米线的推拉、夹取或者夹取后的移动,便于所述纳米颗粒和所述纳米线的连接,从而变相的增加了纳米操作的灵活度。

## 附图说明

[0020] 构成本发明的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0021] 图1为本发明实施例的纳米连接装置的前视图;

[0022] 图2为本发明实施例的纳米连接装置的俯视图;

[0023] 图3为本发明实施例的纳米连接装置的轴测图;

[0024] 图4为本发明实施例的近场光发生装置的俯视图;

[0025] 图5为本发明实施例的图4中I处的局部放大图;

[0026] 图6为本发明实施例的真空腔的内部视图;

[0027] 图7为本发明实施例的纳米操作装置的轴测图;

- [0028] 图8为本发明实施例的图7中II处的局部放大图；
- [0029] 图9为本发明实施例的执行端安装结构示意图；
- [0030] 图10为本发明实施例的另一执行端安装结构轴测图；
- [0031] 图11为本发明实施例的第二运动机构的轴测图；
- [0032] 图12为本发明实施例的第一运动机构的轴测图；
- [0033] 图13为本发明实施例的样品台轴测图；
- [0034] 图14为本发明实施例的粗定位样品台轴测图；
- [0035] 图15为本发明实施例的精定位样品台轴测图；
- [0036] 图16为本发明实施例的真空腔剖视图；
- [0037] 图17为本发明实施例的纳米光学天线结构示意图；
- [0038] 图18为本发明实施例的近红外光电器件的结构示意图；
- [0039] 图19为本发明实施例的纳米线连接位置关系示意图；
- [0040] 图20为本发明实施例的近红外光电器件的加工方法的流程图；
- [0041] 图21为本发明实施例的纳米线连接方法的流程图；
- [0042] 图22为本发明实施例的纳米线与电极的连接方法的流程图。

[0043] 附图标记说明：

[0044] 101-真空腔,102-电子束发射及调控模块,103-电子束物镜,104-光电探测器模块,105-保护气体引入装置,106-CCD相机,107-控制装置,108-显示装置,201-粗定位样品台,202-精定位样品台,203-第一运动机构,204-第二运动机构,205-AFM探针,206-钨针连接件,207-钨针,208-AFM探针连接件,209-第三旋转件,210-第二旋转件,211-第一旋转件,212-第一旋转连接件,213-第三滑块,214-第二滑块,215-第一滑块,216-固定块,217-底座,218-第五平动件,219-第六平动件,220-第七平动件,221-第五旋转件,222-第四旋转件,223-连接座,224-第八平动件,225-第九平动件,226-第十平动件,227-固定件,228-安装块,229-连杆,230-连接块,301-激光器,302-激光参数放大器,303-光纤耦合器,304-光纤,305-光学隔振平台,306-激光功率稳定器,307-激光缩束镜,308-激光功率监视器,309-检测分光镜,310-激光偏振器,311-激光吸收器,312-衰减分光镜,313-反射镜,314-显示器,315-镜面,316-第一反射镜,317-第二反射镜,318-光纤探针连接件,319-光纤探针,320-准直器连接件,321-光纤准直器,1-大圆盘,2-小圆盘,3-第一电极,4-纳米线,5-纳米光学天线,6-硅基底,7-第二电极。

### 具体实施方式

[0045] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0046] 另外,在本发明的实施例中所提到的文中所有的方向或位置关系为基于附图的位置关系,仅为了方便描述本发明和简化描述,而不是暗示或暗示所指的装置或元件必须具有的特定的方位,不能理解为对本发明的限制。

[0047] 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0048] 实施例一

[0049] 一种纳米连接装置,如图1至图3所示,包括真空腔101,近场光发生装置、纳米操作

装置和控制装置107,所述近场光发生装置包括真空腔激光发射装置和执行端,所述纳米操作装置包括样品台和执行端操作装置;所述纳米操作装置设置于所述真空腔101内部,所述执行端与所述执行端操作装置连接,所述近场光发生装置、所述纳米操作装置分别与所述控制装置107相连接;所述样品台适于对样品进行移动,所述执行端操作装置适于带动所述执行端运动。

[0050] 这里,所述样品为表面分散有纳米颗粒及纳米线的硅片,实际操作中,所述样品台上设置有样品置放位,硅片置放于所述样品置放位处,通过所述控制装置控制所述样品台移动,从而对所述硅片进行初定位。当所述样品台初定位完成后,通过所述控制装置控制所述执行端操作装置动作,从而将所述执行端移动到合适的位置,继而对纳米线和纳米颗粒进行连接。这样设置的好处在于,通过所述真空腔101提高了电子束成像精度,对操作及连接过程进行实时视觉成像,进而提高了纳米线和纳米颗粒连接的精度;通过所述样品台对硅片进行移动,使硅片置于电子束检测范围内,继而通过所述执行端操作装置对所述纳米线和纳米颗粒进行操作,通过所述样品台与所述执行端操作装置的双重配合,使纳米线和纳米颗粒的操作灵活度更佳,纳米线和纳米颗粒的运动空间更广,从而有助于提高纳米线和纳米颗粒连接的精度。

[0051] 所述纳米连接装置还包括显示装置108,所述显示装置108与所述控制装置107连接,适于实时数据以及图像的显示。可替换地,此处可采用工控机替代所述控制装置107。

[0052] 实施例二

[0053] 如上述所述的实施例,本实施例与之不同的地方在于,如图1至图4所示,近场光发生装置包括:激光发射装置、光纤耦合器303和执行端,所述激光发射装置适于产生激光光束,所述光纤耦合器303通过光纤304与所述执行端连接,所述光纤耦合器303适于将所述激光光束耦合进所述光纤304;所述执行端适于利用所述激光光束产生近场光。

[0054] 这样设置的好处在于,通过光纤耦合器303将空间自由激光光束耦合进光纤304,再利用所述光纤304与所述执行端连接,通过所述光纤304将激光光束传递至所述执行端。

[0055] 如图1至图4所示,所述激光发射装置和所述光纤耦合器303设置于所述真空腔101外部,所述激光发射装置适于产生激光光束,所述光纤耦合器303通过光纤304与所述执行端连接,所述光纤耦合器303适于将所述激光光束耦合进所述光纤304;所述执行端设置于所述真空腔101内部,所述执行端适于利用所述激光光束产生近场光。

[0056] 需要说明的是,如图2至图4所示,所述激光发射装置适于产生激光光束,所述激光发射装置位于所述真空腔101外部,并设置于光学隔振平台305上,防止振动对激光光路的干扰。所述真空腔101可实现真空度的调节,用于提高电子束成像精度,并保护样品不被氧化。这里,所述真空腔101的侧壁设置有真空法兰,所述光纤304从所述真空腔101外穿过所述真空法兰后进入所述真空腔101。所述真空腔101,适于提供真空发生环境,提高电子束成像精度,并保护样品不被氧化。

[0057] 这样设置的好处在于,将所述激光发生装置设置于所述真空腔101外部,便于激光参数的调节,通过调节所述激光发生装置可改变近场光的功率,获得适合三维纳米操作及连接所需要的近场光;将所述执行端设置于所述真空腔101内部,通过光纤将激光引入所述真空腔101,从而在所述真空腔101内部进行近场光的发生。

[0058] 实施例三

[0059] 如上述所述的实施例,本实施例与之不同的地方在于,如图1至图4所示,所述激光发射装置包括激光器301和激光参数放大器302,所述激光器301适于发射所述激光光束,所述激光光束经所述激光器301射出,然后进入所述激光参数放大器302,所述激光参数放大器302适于所述激光光束的波长的调控。这样设置的好处在于,通过所述激光参数放大器302的设置,控制所述激光光束的波长。

[0060] 可选地,如图3和图4所示,所述激光发射装置还包括反射镜313,所述反射镜313的镜面315与所述激光器301发射的所述激光光束呈现为设定的角度,所述反射镜301适于将所述激光器301发射的所述激光光束反射至所述激光参数放大器302。这样设置的好处在于,通过所述反射镜313的设置,使所述激光光束在发射后经所述反射镜反射至设定的位置,这样可以起到节省工作空间的作用。需要说明的是,所述激光光束在进入所述激光参数放大器302之前,先经过所述反射镜313反射。这里,如图5所示,所述反射镜313包括第一反射镜316和第二反射镜317,所述第一反射镜316的镜面与第二反射镜的镜面垂直,所述激光器301发射的所述激光光束经过所述第一反射镜316后反射至所述第二反射镜317,所述激光光束经过所述第二反射镜后,反射至所述激光参数放大器302。可替换地,所述反射镜313也可以为多个的组合,但目的都相同,均是为了实现将激光光束反射至设定的位置。通过多个所述反射镜的配合使用,使光路的变化趋于灵活,增大工作台利用空间。

[0061] 可选地,如图3和图4所示,所述激光发射装置还包括衰减分光镜312,所述衰减分光镜312适于对所述激光光束的功率进行衰减。需要说明的是,所述激光光束经所述激光器301射出,然后经过所述反射镜313反射进入所述激光参数放大器302,所述激光参数放大器302出射至所述衰减分光镜312,并通过更换不同衰减比例的所述衰减分光镜312实现不同比例的激光功率衰减。这里,所述衰减分光镜根据需要进行选取,可选取0-100%之间任一比例,如50%或98%。通过所述衰减分光镜312将所述激光分成多束,并分别对激光进行不同操作。

[0062] 可选地,所述激光发射装置还包括激光偏振器310,所述激光偏振器310适于对所述激光光束进行偏振,获得不同偏振方向的激光。这里,所述激光发射装置还包括激光吸收器311,所述激光吸收器311适于对剩余激光光束的吸收,避免造成光污染。需要说明的是,所述激光光束经所述激光器301射出,然后经过所述反射镜313反射进入所述激光参数放大器302,所述激光参数放大器302出射至所述衰减分光镜312,并在所述衰减分光镜312中分成设定功率比例的激光,所述衰减分光镜312只是将所述激光光束分成不同比例的激光光束,所需要的设定比例的激光经过所述激光偏振器310进行偏振;未经过所述激光偏振器310的剩余激光则入射至所述激光吸收器311,进行吸收。这里设置分光镜的好处在于,获得所需功率的激光光束,将剩余激光通过所述激光吸收器311进行吸收。

[0063] 可选地,如图3和图4所示,所述激光发射装置还包括检测分光镜309,通过所述检测分光镜309将再次所述激光光束进行比例分束。需要说明的是,所述激光光束经所述激光器301射出,然后经过所述反射镜313反射进入所述激光参数放大器302,所述激光参数放大器302出射至所述衰减分光镜312,并在所述衰减分光镜312中分成设定功率比例的激光,所述衰减分光镜312只是将所述激光光束分成不同比例的激光光束,所需要的设定比例的激光经过所述激光偏振器310进行偏振,所述激光光束入射至所述检测分光镜309,再次对所述激光光束进行分束,以便于后续多种不同的操作。



[0064] 可选地,所述激光发射装置包括激光缩束镜307,适于对所述激光光束的光斑进行缩放。这里,所述激光发射装置还包括激光功率监视器308和显示器314,所述激光功率监视器308和所述显示器314通信连接。需要说明的是,所述激光光束经所述激光器301射出,然后经过所述反射镜313反射进入所述激光参数放大器302,所述激光参数放大器302出射至所述衰减分光镜312,并在所述衰减分光镜312中分成设定功率比例的激光,所述衰减分光镜312只是将所述激光光束分成不同比例的激光光束,所需要的设定比例的激光经过所述激光偏振器310进行偏振,所述激光光束出射至所述检测分光镜309,再次对所述激光光束进行分束,这里,将所述激光光束分成两束,其中一束所述激光光束入射至所述激光缩束镜307,另外一束入射至所述激光功率监视器308。这样设置的好处在于,通过将一定比例的所述激光光束入射至所述激光功率监视器308,并在所述显示器314上显示,由于激光光束的总功率一定,另外一部分入射至所述激光缩束镜307的所述激光光束的功率因此得到监控。

[0065] 可选地,如图3和图4所示,所述激光发射装置包括激光功率稳定器306,适于降低所述激光光束功率的噪声。需要说明的是,所述激光光束经所述激光器301射出,然后经过所述反射镜313反射进入所述激光参数放大器302,所述激光参数放大器302出射至所述衰减分光镜312,并在所述衰减分光镜312中分成设定功率比例的激光,所述衰减分光镜312只是将所述激光光束分成不同比例的激光光束,所需要的设定比例的激光经过所述激光偏振器310进行偏振,所述激光光束出射至所述检测分光镜309,再次对所述激光光束进行分束,其中一束所述激光光束入射至所述激光缩束镜307后,出射至所述激光功率稳定器306,经过所述激光功率稳定器306后出射至所述光纤耦合器303,所述激光光束经过所述光纤耦合器303后,通过所述光纤304入射至所述执行端,从而获得适宜纳米操作及连接的稳定光束。

[0066] 实施例四

[0067] 如上述所述的实施例,本实施例与之不同的地方在于,如图8和图9所示,所述执行端包括光纤探针319,所述光纤探针319的其中一端与所述光纤304连接,另外一端设置有直径为纳米级的小孔。需要说明的是,由于所述光纤304与所述光纤探针319连接,所述激光光束经过所述光纤探针319后,从所述光纤探针319末端的小孔出射,由于所述小孔直径为纳米级,可在所述激光光束通过所述小孔后产生近场光。

[0068] 可选地,如图8和图9所示,所述执行端还包括钨针207,所述钨针表面镀有金层,所述钨针207位于所述近场光的辐照范围内,所述钨针207适于对所述近场光进行增强。这里,所述钨针207可替换为AFM探针205,所述钨针207和所述AFM探针205相同,具有纳米级的针尖。

[0069] 如图9至图12所示,所述光纤探针319与光纤探针连接件318连接,光纤探针连接件318上设置有凹槽,所述光纤探针319可通过插接或粘接的方式与所述凹槽配合,通过所述光纤探针连接件318实现所述光纤探针319与执行端操作装置连接。

[0070] 这里,所述光纤探针319通过所述光纤探针连接件318与执行端操作装置连接,所述执行端操作装置包括第一运动机构203和第二运动机构204,而所述光纤探针319通过所述光纤探针连接件318均可实现与所述第一运动机构203或所述第二运动机构204连接。需要说明的是,在所述光纤探针连接件318上设置有螺纹或插销,在所述第一运动机构203或所述第二运动机构204上均设置有与所述螺纹相匹配的螺纹孔或与所述插销相匹配的插接孔,从而实现所述光纤探针连接件318在所述第一运动机构203或所述第二运动机构204上

的连接。

[0071] 如图9或图10所示,所述钨针207与钨针连接件206连接,钨针连接件206上设置有安装孔,所述钨针207可通过插接或粘接的方式与所述安装孔连接,通过所述钨针连接件206实现所述钨针207与执行端操作装置连接。

[0072] 这里,所述钨针207通过所述钨针连接件206与执行端操作装置连接,所述执行端操作装置包括第一运动机构203和第二运动机构204,而所述钨针207通过所述钨针连接件206均可实现与所述第一运动机构203或所述第二运动机构204连接。需要说明的是,在所述钨针连接件206上设置有螺纹或插销,在所述第一运动机构203或所述第二运动机构204上均设置有与所述螺纹相匹配的螺纹孔或与所述插销相匹配的插接孔,从而实现所述钨针连接件206在所述第一运动机构203或所述第二运动机构204上的连接。

[0073] 如图10所示,所述AFM探针205与AFM探针连接件208连接,AFM探针连接件208上设置有插槽,所述AFM探针205可通过插接或粘接的方式与所述插槽连接,通过所述AFM探针连接件208实现所述AFM探针205与执行端操作装置连接。

[0074] 这里,所述AFM探针205通过所述AFM探针连接件208与执行端操作装置连接,所述执行端操作装置包括第一运动机构203和第二运动机构204,而所述AFM探针205通过所述AFM探针连接件208均可实现与所述第一运动机构203或所述第二运动机构204连接。需要说明的是,在所述AFM探针连接件208上设置有螺纹或插销,在所述第一运动机构203或所述第二运动机构204上均设置有与所述螺纹相匹配的螺纹孔或与所述插销相匹配的插接孔,从而实现AFM探针连接件208在所述第一运动机构203或所述第二运动机构204上的连接。

[0075] 实施例五

[0076] 如上述所述的实施例,本实施例与之不同的地方在于,如图8所示,所述执行端包括:光纤准直器321和钨针207;所述光纤准直器321与所述光纤304连接,适于将所述激光光束转化为平行光;所述钨针的表面镀有金层所述钨针207位于所述激光光束的辐照范围内,所述钨针207的针尖为纳米级尺寸,所述钨针207适于产生近场光。这里,如图8所示,所述钨针207可替换为AFM探针205,所述钨针207和所述AFM探针205相同,具有纳米级的针尖。需要说明的是,由于AFM探针205或钨针207具有纳米尺寸的针尖,当激光辐照时,在针尖尖端可产生近场光。通过所述光纤准直器321将所述激光光束转化为平行光后,相比于利用所述光纤探针319,有利于提高近场光的场强。

[0077] 如图8和图12所示,所述光纤准直器321与准直器连接件320连接,准直器连接件320上设置有卡口,所述光纤准直器321可通过插接、卡接或螺钉紧固的方式与所述卡口连接,通过所述准直器连接件320实现所述光纤准直器321与执行端操作装置连接。这里,考虑到所述光纤准直器321的重量,所述光纤准直器321优先与所述第一运动机构203连接。

[0078] 实施例六

[0079] 如上述所述的实施例,本实施例与之不同的地方在于,如图6至图12所示,所述纳米操作装置包括:第一运动机构203、第二运动机构204和控制装置107,所述第一运动机构203具有多个平动自由度和至少一个旋转自由度,所述第二运动机构204具有多个旋转自由度和至少一个平动自由度,所述第一运动机构203和所述第二运动机构204上均安装有执行端,所述第一运动机构203和所述第二运动机构204分别与所述控制装置107相连接,所述控制装置107适于控制所述第一运动机构203和所述第二运动机构204带动所述执行端运动,

进行纳米操作。

[0080] 如图12所示,所述第一运动机构203具有四个自由度,其中具有3个相互垂直的平动自由度和1个转动自由度。所述第一运动机构203包括固定块216、第一滑块215、第二滑块214、第三滑块213和第一旋转连接件212,所述第一滑块215与所述固定块216滑动连接,所述第一滑块215在驱动装置的带动下相对所述固定块216左右运动,实现第一平动;所述第二滑块214与所述第一滑块215滑动连接,所述第二滑块214在驱动装置的带动下相对所述第一滑块215前后运动,实现第二平动;所述第三滑块213与所述第二滑块214滑动连接,所述第三滑块213在驱动装置的带动下相对所述第二滑块214上下运动,实现第三平动;所述第一旋转连接件212与所述第三滑块213枢接,所述第一旋转连接件212的横截面为圆形,其在驱动装置的带动下绕圆心自转,实现第一转动,由于所述执行端安装于所述第一旋转连接件212上,因此,所述第一旋转连接件212自转的同时,带动所述执行端转动。需要说明的是,平动自由度及第一转动的所述驱动装置采用压电驱动器进行驱动。此外,上下前后左右均是相对于图12中的方位坐标系而言,并不是等同于纳米操作装置实际中的前后左右方位,这里只是为了便于描述。

[0081] 可替换地,所述第一运动机构203也可采用更多的平动自由度或旋转自由度,但是通过三个平动自由度已经可以实现所述执行端的三维空间移动,通过一个转动也可以解决所述执行端的角度调整问题。

[0082] 需要说明的是,所述第一旋转连接件212上设置有螺纹孔或插孔,适于所述钨针207、所述光纤准直器321、所述AFM探针205或所述光纤探针319的安装,通过在所述AFM探针连接件208上设置有与所述螺纹孔相匹配的螺纹或与所述插孔相匹配的插销,实现所述AFM探针连接件208的安装,或通过所述准直器连接件320上设置有与所述螺纹孔相匹配的螺纹或与所述插孔相匹配的插销,实现所述准直器连接件320的连接,或通过所述钨针连接件207上设置有与所述螺纹孔相匹配的螺纹或与所述插孔相匹配的插销,实现所述钨针连接件207的连接,或通过所述光纤探针连接件318上设置有与所述螺纹孔相匹配的螺纹或与所述插孔相匹配的插销,实现所述光纤探针连接件318的连接。

[0083] 当所述第一运动机构203上安装所述钨针207或所述AFM探针205时,通过所述第一运动机构203的三维运动,将纳米线和纳米颗粒推动到设定的位置;当所述第一运动机构203上安装所述光纤准直器321时,通过所述第一运动机构203的三维运动,将所述光纤准直器321移动到设定的近场光发生位置。

[0084] 如图11所示,所述第二运动机构204具有4个自由度,其中3个为旋转自由度和1个平动自由度。所述第二运动机构204包括固定件227、第一旋转件211、第二旋转件210、第三旋转件209,所述第一旋转件211与所述固定件227枢接,所述第一旋转件211在驱动装置的带动下绕所述固定件227旋转,实现第一旋转;所述第二旋转件210与所述第一旋转件211枢接,所述第二旋转件210在驱动装置的带动下绕所述第一旋转件211转动,实现第二旋转;第三旋转件209与所述第二旋转件210枢接,所述第三旋转件209为柱形结构,所述第三旋转件209在驱动装置的带动下绕其中心轴自转,实现第三旋转;所述钨针连接件206与所述第三旋转件209连接,所述钨针207与所述钨针连接件206连接,所述钨针连接件206在驱动装置的带动下带动所述钨针207沿所述钨针207的轴向平动,形成第四平动。需要说明的是,所述第一旋转、第二旋转和第三旋转均通过压电驱动器驱动,所述第四平动通过压电驱动器驱

动。

[0085] 需要说明的是,所述第三旋转件209上设置有螺纹孔或插孔,适于所述钨针207、所述AFM探针205或所述光纤探针319的安装,通过在所述AFM探针连接件208上设置有与所述螺纹孔相匹配的螺纹或与所述插孔相匹配的插销,实现所述AFM探针连接件208的安装,或通过在所述钨针连接件207上设置有与所述螺纹孔相匹配的螺纹或与所述插孔相匹配的插销,实现所述钨针连接件207的连接,或通过在所述光纤探针连接件318上设置有与所述螺纹孔相匹配的螺纹或与所述插孔相匹配的插销,实现所述光纤探针连接件318的连接。

[0086] 当所述第二运动机构204上安装所述钨针207或所述AFM探针205时,通过第一旋转、第二旋转、第三旋转和第四平动实现所述第二运动机构204的三维运动,将纳米线或纳米颗粒推动到设定的位置。

[0087] 可选地,所述执行端为钨针207或AFM探针205,所述控制装置107适于控制所述第一运动机构203和所述第二运动机构204分别带动所述钨针207或所述AFM探针205运动形成微镊子对纳米结构进行夹取。这样设置的好处在于,分别在所述第一运动机构203和所述第二运动机构204上安装所述钨针207或所述AFM探针205,由于所述钨针207或所述AFM探针205的针尖均为纳米级,从而形成微镊子,当所述第一运动机构203和所述第二运动机构204配合使用时,实现对所述纳米线或纳米颗粒的夹取;分别通过所述第一运动机构203和所述第二运动机构204的运动增大了所述微镊子的灵活度。

[0088] 可选地,所述第二运动机构204有两套。需要说明的是,两套所述第二运动机构204和一套所述第一运动机构203之间可以相互配合使用。当两套所述第二运动机构204配合使用时,分别在两套所述第二运动机构204上同时安装所述钨针207或所述AFM探针205,由于所述钨针207或所述AFM探针205的针尖均为纳米级,从而形成微镊子,从而可以实现对所述纳米线或纳米颗粒的夹取,同时调整所述第三旋转,使两套所述第二运动机构204的旋转自由度相向转动一定程度,从而增大夹持的稳定性。

[0089] 可选地,如图7、图9和图10所示,所述纳米操作装置还包括:安装架,所述安装架包括连接块230,连杆229和安装块228,所述连接块230和所述安装块228通过所述连杆229固定连接,所述安装块228上设置有多个安装位,可同时进行一个或多个所述第一运动机构203和所述第二运动机构204的安装。这里,所述安装架有两个或多个,前提在于不发生干涉。

[0090] 实施例七

[0091] 如上述所述的实施例,本实施例与之不同的地方在于,如图7、图13、和图14和所示,所述纳米操作装置还包括:粗定位样品台201,其与精定位样品台202固定连接;所述粗定位样品台201具有多个平动自由度和至少两个旋转自由度,所述粗定位样品台201适于带动所述精定位样品台202运动。

[0092] 较佳的,所述粗定位样品台201具有两个旋转自由度和三个相互垂直的平动自由度,所述粗定位样品台201的其中一个所述旋转自由度适于带动所述精定位样品台202转动,所述粗定位样品台201的另一个所述旋转自由度适于使所述精定位样品台202倾斜。如图13和图14所示,所述粗定位样品台201包括基座217、第五平动件218、第六平动件219、第七平动件220、第四旋转件222和第五旋转件221,所述第五平动件218与所述基座217滑动连接,所述第五平动件218在驱动装置的带动下相对所述基座217前后运动,形成第五平动,所

述第五平动的最大运动距离为125mm;所述第六平动件219在驱动装置的带动下相对所述第五平动件218左右移动,形成第六平动,所述第六平动的最大运动距离为125mm;第七平动件220在驱动装置的带动下相对所述第六平动件219上下移动,形成第七平动,所述第七平动的最大运动距离为50mm;所述第四旋转件222转动使所述第五旋转件221倾斜,形成第四旋转,所述第四旋转位于上下前后平面内,所述第四旋转的最大旋转角度为 $90^{\circ}$ ;所述第五旋转件221为圆柱形结构,所述第五旋转件221绕其中心轴自转,形成第五旋转。需要说明的是,所述第五平动、第六平动、第七平动通过电机驱动,运动分辨率为100nm,所述第四旋转和所述第五旋转均通过电机驱动,运动分辨率为100nm。此外,这里的上下前后左右均是相对于图14中的方位坐标系而言,并不是等同于纳米操作装置实际中的前后左右方位,这里只是为了便于描述。

[0093] 如图13和图14所示,所述基座217上设置有第五滑槽,所述第五平动件218通过所述第五滑槽与所述基座217连接,在驱动装置的带动下,所述第五平动件218沿所述第五滑槽平动;所述第五平动件218上设置有第六滑槽,所述第六平动件219通过所述第六滑槽与所述第五平动件218连接,在驱动装置的带动下,所述第六平动件219沿所述第六滑槽平动;所述第六平动件219上设置有第七滑槽,所述第七平动件220通过所述第七滑槽与所述第六平动件219连接,在驱动装置的带动下,所述第七平动件220沿所述第七滑槽平动。

[0094] 这样设置的好处在于,通过3个平动自由度可实现三维空间的移动,将所述样品移动到设定的位置,进行初步定位;所述精定位样品台202与所述第五旋转件221连接,通过第四旋转件222的转动使所述精定位样品台202倾斜,为找到最佳的电子束成像提供了便利;通过所述第五旋转件221自转使所述精定位样品台202旋转,以此找到最佳的纳米结构操作角度;通过对所述精定位样品台202进行初步调节,使其处于最佳的操作位置,可以间接减小精定位的移动距离,从而节省设备成本。

[0095] 可选地,如图7、图13、和图14和所示,所述纳米操作装置还包括精定位样品台202,所述精定位样品台202具有三个相互垂直的平动自由度,所述精定位样品台202适于置放所述纳米结构并带动所述纳米结构移动。

[0096] 如图15所示,所述精定位样品台202具有3个相互垂直的平动自由度,连接座223、第八平动件224、第九平动件225和第十平动件226,所述连接座223与所述第五旋转件221固定连接,所述第八平动件224在驱动装置的带动下相对所述连接座223前后运动,形成第八平动;所述第九平动件225在驱动装置的带动下相对所述第八平动件224左右运动,形成第九平动;所述第十平动件226在驱动装置的带动下相对所述第九平动件225上下运动,形成第十平动。需要说明的是,所述第八平动、第九平动、第十平动通过电机或液压驱动,运动分辨率为0.5nm。此外,这里的上下前后左右均是相对于图15中的方位坐标系而言,并不是等同于纳米操作装置实际中的前后左右方位,这里只是为了便于描述。

[0097] 这样设置的好处在于,通过所述粗定位样品台201,将所述样品移动到设定的位置,进行初步定位;然后通过精定位样品台对所述样品进行定位。此外,此处设置精定位样品台的主要作用在于通过所述精定位样品台202的三维移动,变向的增加所述执行端操作装置的自由度,通过所述精定位样品台202与所述执行端操作装置的配合使用,可进行所述纳米颗粒和所述纳米线的推拉、夹取或夹取后的移动,便于所述纳米颗粒和所述纳米线的连接,从而变相的增加了纳米操作的灵活度。

#### [0098] 实施例八

[0099] 如上述所述的实施例,本实施例与之不同的地方在于,如图16所示,所述纳米连接装置还包括电子束发射及调控模块102,其与所述真空腔101相连,所述电子束发射及调控模块102还与所述控制装置相连接,通过所述控制装置对所述电子束发射及调控模块102进行控制,电子束发射及调控模块102适于产生电子束并进行加速、偏转和聚焦,并通过电子束物镜103辐照样品,使所述样品激发二次电子及背散射电子,从而实现对样品的实时视觉观测以及对样品微纳米级图案加工的监测。所述纳米连接装置还包括光电探测器模块104,所述光电探测器模块104设置于所述真空腔101的侧壁,所述光电探测器模块104与所述控制装置相连接,所述光电探测器模块104适于收集经所述二次电子和背散射电子等,实现样品操作及连接过程的实时视觉观测,通过调节所述光电探测器模块104可对样品化学成分、晶格结构进行分析,通过调节所述光电探测器模块104也可进行光致发光谱、阴极荧光光谱的测试。所述纳米连接装置还包括电子束物镜103,所述电子束物镜103设置于真空腔101内部,并与所述电子束发射及调控模块102相连接,所述电子束物镜103适于对样品成像倍数的缩放。

[0100] 所述纳米连接装置还包括保护气体引入装置105,所述保护气体引入装置105通过管道与所述真空腔101相连接,适于将保护气体通入所述真空腔101中,所述保护气体引入装置105还与所述控制装置相连,通过所述控制装置实现所述保护气体引入装置105的控制。当所述真空腔101打开时,保护气体可以避免所述样品被氧化以及减少外界空气对所述真空腔101内部的污染。保护气体可采用氮气等惰性气体。

[0101] 所述纳米连接装置还包括CCD相机106,所述CCD相机106安装于所述真空腔101内,并与所述控制装置相连,所述控制装置适于获取所述CCD相机106所检测的图像并对所述CCD相机106进行调节,在利用电子束成像前,利用所述CCD相机106对检测探针模块、样品台平台等相对位置进行观测,以便控制样品台及探针运动模块进行位置调整。

#### [0102] 实施例九

[0103] 一种近红外光电器件,如图17和图18所示,包括硅基底6、纳米光学天线5、电极和纳米线4,所述电极包括第一电极3和第二电极7,其中若干所述纳米光学天线5、所述电极均设置于所述硅基底6表面,若干所述纳米光学天线5位于所述第一电极3和所述第二电极7之间,所述纳米线4的两端分别与所述第一电极3和所述第二电极7连接,所述纳米线4与至少一个所述纳米光学天线接触。

[0104] 需要说明的是,这里所述近红外光电器件用于感应近红外波段,如图17和图18所示,纳米光学天线5的结构包括:大圆盘1和若干小圆盘2,若干所述小圆盘2沿所述大圆盘1的边缘阵列设置,所述小圆盘2与所述大圆盘1之间的间隙为 $d$ ,所述大圆盘1直径为140nm-160nm并优选150nm,外围的所述小圆盘2的直径为80nm-120nm并优选100nm,所述大圆盘1与所述小圆盘2之间的间隙 $d$ 为10nm-20nm并优选15nm。经测量,所述间隙 $d$ 在15nm时,所述近红外光电器件响应近红外波段的效果达到最佳。在所述纳米光学天线区域两侧分别设置所述第一电极3和所述第二电极7,所述第一电极3作为所述近红外光电器件的源极,所述第二电极7作为所述近红外光电器件的漏极,所述硅基底作为所述近红外光电器件的栅极。通常情况下,所述第一电极3和所述第二电极7之间阵列设置有多个所述纳米光学天线5。本发明主要是利用同一纳米光学天线5中的大圆盘1与小圆盘2之间的间隙在光照时,能够激发等高

子激元,可以对入射光进行捕获及增强,拓宽器件的响应波长范围,提高纳米线内部载流子浓度,进而提高器件的光学和电学性能。

[0105] 其中,所述电极和所述纳米光学天线的材料优选为金、银等,所述纳米线4的材料优选为硅纳米线,所述纳米线4与所述电极采用纳米颗粒进行焊接,纳米颗粒的材料优选为金、银、铜纳米颗粒。所述近红外光电器件可响应750nm-1000nm的近红外波段,光电流大,响应率高,响应时间短。

[0106] 实施例十

[0107] 一种近红外光电器件的加工方法,如图20所示,包括:

[0108] S1:获取具备校准图案的衬底。

[0109] S2:利用所述具备校准图案的衬底制备光电器件基底,包括:

[0110] S21:在所述衬底的具备校准图案一侧制备电子束胶层。这里,利用匀胶机在所述具备校准图案的衬底上均匀的旋涂聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA C2)电子束胶,所述匀胶机的旋转速度为4000转/分,旋涂时间为45秒-75秒,并优选1分钟。

[0111] S22:对所述电子束胶层进行加热,使所述电子束胶层固化。这里,对所述电子束胶层进行烘焙,烘焙温度为150℃-200℃并优选180℃,烘焙时间为12分钟-18分钟并优选15分钟。

[0112] S23:对所述电子束胶层进行曝光,曝光区域覆盖所述校准图案。这里,需要先进行曝光区域的设计,采用利用电子束检测与加工系统的纳米图案化生成系统设计能够完全覆盖所述校准图案的方形区域;其中,电子束光刻参数设置为:加速电压30kV,放大倍数为1200倍,电子束电流为68pA。

[0113] S24:显影处理,去除所述曝光区域的电子束胶层,得到所述光电器件基底。这里,将涂覆有所述具备校准图案的衬底完全置于显影液中进行显影,显影液中甲基异丁基酮(MIBK):间苯二甲酸(IPA)的质量比为1:3,显影时间为90秒;并采用去离子水对显影区域进行冲洗,冲洗时间为15s,最后采用氮气枪对显影区域进行吹拂,吹拂时间为1min,获得所述具备校准图案的衬底。此处采取的显影液为发明人自行配备,经过反复试验验证后发现,显影液采用甲基异丁基酮(MIBK)和间苯二甲酸(IPA)的混合溶液,可有效对电子束胶层进行去除,甲基异丁基酮(MIBK):间苯二甲酸(IPA)的质量比为1:3时,去除时间可达到最短,去除效果更佳。

[0114] S3:电子束校准,将所述光电器件基底置于电子束物镜下方,调整电子束发射及调控模块102的参数,直到获得所述校准图案的清晰的成像。这样设置的好处在于,在所述光电器件基底上刻画校准图案,并利用所述校准图案进行电子束的校准,提高了校准的精确度,后续直接在所述光电器件基底上加工光电器件结构。

[0115] S4:制备光电器件结构,包括:

[0116] S41:保持电子束发射及调控模块102的参数不变,通过电子束曝光的方式在所述曝光区域外的电子束胶层上进行光电器件结构图案的刻画。其中,电子束光刻参数设置为:电子束加速电压30kV,放大倍数为1200倍,电子束电流为68pA。这里,如图18所示,这里,所述光电器件结构图案包括两个电极图案和位于两个所述电极图案之间的纳米光学天线图案,同时对纳米光学天线图案和电极图案进行刻画,避免了多次进行刻画造成的不必要的麻烦。

[0117] S42:显影处理,去除所述光电器件结构图案区域的电子束胶层。这里,将刻画有上述光电器件基底完全置于显影液中进行显影,显影液中甲基异丁基酮(MIBK):间苯二甲酸(IPA)的质量比为1:3,显影时间为90秒;并采用去离子水对显影区域进行冲洗,冲洗时间为15s,最后采用氮气枪对显影区域进行吹拂,吹拂时间为1min。

[0118] S43:在所述光电器件结构图案区域蒸镀金层。采用高温真空热蒸发设备进行上述显影区域进行金材料的蒸镀,金材料的蒸镀电压为2.1V,蒸镀速度为1.2nm/s,厚度为30nm。

[0119] S44:去除所有所述电子束胶层,完成光电器件结构的制备。这里,将所述电子束校准胶层完全置于丙酮溶液中,在温度为75°C的条件下浸泡约2小时。这里,所述光电器件结构包括两个电极和位于两个所述电极之间的纳米光学天线。

[0120] 这样设置的好处在于,通过校准图案对电子束发射及调控模块102进行校准后进行光电器件结构的制备,纳米光学天线结构的圆盘的形状完整,纳米圆盘边缘齐整并且无其他残留杂质,不同纳米圆盘之间的间隙大小均匀,且间隙达到15nm。此外,参数校准后缩短了电子束曝光时间,相比于传统的曝光时间,大幅缩短了曝光时间。

[0121] S5:采用纳米颗粒作为焊剂,将所述纳米线与所述电极进行连接,并使所述纳米线与所述纳米光学天线接触。这里,所述纳米线的两端分别与两个所述电极连接,同时所述纳米线与所述纳米光学天线接触,两个所述电极分别作为所述近红外光电器件的源极和漏极,硅基底作为所述近红外光电器件的栅极。

[0122] 可选地,所述纳米光学天线图案为纳米光学天线阵列图案,所述纳米光学天线阵列图案包括多个所述纳米光学天线图案。

[0123] 这样设置的好处在于,通过校准后的电子束发射及调控模块102,同时进行多个纳米天线结构的制造,缩短了曝光时间,实测315个纳米光学天线图案的电子束曝光时间仅为1.7秒。

[0124] 可选地,所述获取具备校准图案的衬底包括:

[0125] S11:在衬底表面涂覆电子束校准胶层。这里,利用匀胶机在硅片上均匀的旋涂聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA C2)电子束胶,所述匀胶机的旋转速度为4000转/分,旋涂时间为45秒-75秒,并优选1分钟。

[0126] S12:对所述电子束校准胶层进行加热,使所述电子束校准胶层固化。这里,对所述电子束校准胶层进行烘焙,烘焙温度为150°C-200°C并优选180°C,烘焙时间为12分钟-18分钟并优选15分钟。

[0127] S13:进行校准图案的设计。利用工控机的纳米图案化生成系统对校准图案进行设计,为了提高校准精度,校准图案采用一个或者若干纳米光学天线结构。

[0128] S14:初步调整调整电子束发射及调控模块102的参数,控制电子束发射及调控模块102通过电子束曝光的方式在所述电子束校准胶层上进行所述校准图案的刻画。其中,电子束光刻参数设置为:加速电压30kV,放大倍数为1200倍,电子束电流为68pA。

[0129] S15:显影处理,去除曝光区域的电子束准胶胶层。这里,将涂覆有上述电子束准胶胶层的硅片置于显影液中进行显影,显影液中甲基异丁基酮(MIBK):间苯二甲酸(IPA)的质量比为1:3,显影时间为90秒;并采用去离子水对显影区域进行冲洗,冲洗时间为15s,最后采用氮气枪对显影区域进行吹拂,吹拂时间为1min,获得所述校准图案。



[0130] S16:在所述校准图案区域蒸镀金层。这里,采用高温真空热蒸发设备进行金材料蒸镀,采用钛材料作为粘结层,所述粘结层适于金材料与硅片的连接。蒸镀实验条件为:钛材料的蒸镀电压为3V,蒸镀速度为1.2nm/s,钛材料的厚度为2nm;金材料的蒸镀电压为2.1V,蒸镀速度为1.2nm/s,金材料的厚度为30nm。由于金的价格昂贵,此处采用钛材料作为粘接层,提高了金的粘附效果,另一方面,采用钛材料作为粘接层,钛材料本身具备一定的厚度,可以减少金材料的用量。

[0131] S17:去除所有所述电子束校准胶层,获得所述具备校准图案的衬底。这里,将所述电子束校准胶层完全置于丙酮溶液中,在温度为75℃的条件下浸泡约2小时。需要说明的是,这里制备的仅是具备校准图案的衬底,这里的所述具备校准图案的衬底已经满足了光学天线的结构,但是其本身的精度并不能满足高精度纳米天线的要求,这里,只是将其作为校准图案,对所述电子束发射及调控模块102进行校准,在放大倍数为120k倍下调整电子束的像差等各项参数,确保观测到纳米光学天线结构边缘细节清晰可见。

[0132] S3步骤中具体的操作为,将所述光电器件基底固定于精定位样品台上202;关闭真空腔101,对所述真空腔101进行抽真空;通过CCD相机106对所述真空腔101内环境进行观测,调节粗定位样品台201,使所述光电器件基底移动至设定位置;开启电子束发射及调控模块102的成像功能,调节所述精定位样品台202和所述电子束发射及调控模块102,使所述光电器件基底在显示装置108上呈现出清晰的成像,完成所述电子束发射及调控模块102的校准。这样设置的好处在于,在校准时对所述真空腔101进行抽真空处理,使电子束处于真空的工作环境中,提高了电子束的精度;这里,为了增大所述精定位样品台202的空间裕度,先对所述粗定位样品台进行移动,使所述光电器件基底先调整至设定位置,该位置使所述光电器件基底位于电子束物镜103正下方,然后通过所述精定位样品台202进行微调。所述电子束发射及调控模块102的各项参数为电子束加速电压为30kV,放大倍数为1200倍,电子束电流为68pA。

[0133] S41步骤中,完成所述光电器件结构图案的刻画后,关闭所述电子束发射及调控模块102,并对所述真空腔101进行卸载真空,同时打开保护气体引入装置105,将保护气体通入所述真空腔101中,然后打开舱门,取出样品。这样设置的好处在于,当所述真空腔101打开时,保护气体可以避免所述样品被氧化及减少外界空气对所述真空腔101内部的污染。。

[0134] 需要说明的是,本实施例只是利用纳米连接装置完成近红外光电器件制备的较佳实施例,纳米连接装置也可通过其他方式完成近红外光电器件的制备,本实施例所具备的好处已在前文说明,在此不再累述。因此,本实施例并不构成对纳米连接装置的限制。

[0135] 当然,利用本方法也可以单独进行纳米天线或纳米电极的加工,只需要将光电器件结构图案替换为纳米天线或纳米电极图案,所加工出来的纳米电极与所加工出来的光电器件结构的有益效果相同。

[0136] 实施例十一

[0137] 一种纳米线操作及连接方法,如图21所示,包括:

[0138] S1:获取纳米颗粒团簇和纳米线分散于硅片表面的基底;需要说明的是,所述纳米颗粒团簇包括若干纳米颗粒,纳米颗粒的分散以所述纳米颗粒团簇主题进行分散,不单独对单个纳米颗粒进行移动。

[0139] S2:将所述基底固定于精定位样品台202上,调节电子束物镜103和电子束发射及

调控模块102,移动样品台进行所述基底的定位;

[0140] S3:调节所述电子束物镜103和所述电子束发射及调控模块102,移动样品台对目标纳米线进行定位;

[0141] S4:调节所述电子束物镜103和所述电子束发射及调控模块102,利用执行端操作装置带动执行端对所述目标纳米线进行移动;

[0142] S5:调节所述电子束物镜103和所述电子束发射及调控模块102,利用纳米操作装置对目标纳米颗粒团簇进行定位;

[0143] S6:调节所述电子束物镜103和所述电子束发射及调控模块102,移动执行端操作装置带动执行端对所述目标纳米颗粒团簇进行移动,并依此重复S5-S6,将多个所述目标纳米颗粒团簇移动至所述纳米线的不同连接处;

[0144] S7:开启近场光发生装置,采用近场光作为热源,采用所述目标纳米颗粒团簇作为焊剂,进行不同所述目标纳米线之间的连接。

[0145] 需要说明的是,S1中所述获取所述纳米颗粒和纳米线均匀分布于硅片表面的基底包括:S11:对所述硅片进行清洗。这里,将所述硅片置于装有去离子水的玻璃瓶中,然后将玻璃瓶中放置在超声清洗机中进行超声清洗,超声清洗时间为10-20分钟并优选15分钟;取出所述硅片,然后将所述硅片置于装有丙酮溶液的玻璃瓶中,进行二次超声清洗,二次超声清洗时长为12-18分钟并优选15分钟。取出清洗后的所述硅片,用氮气气枪对所述硅片表面进行吹拂,获得表面无细微杂物附着的所述硅片,若表面存在明显的污渍,则重复上述步骤再次清洗。这里分别采用去离子水和丙酮溶液依次对硅片清洗的好处在于去除细小的污染物和颗粒杂质。

[0146] S12:纳米颗粒团簇及纳米线的分散。首先,进行纳米溶液的配备,采用精密电子天平称取适量纳米颗粒及纳米线,将酒精和称取的纳米颗粒及纳米线混合于塑料器皿中,将所述塑料器皿置于超声波清洗机中进行超声处理15分钟,获得混合溶液;取所述混合溶液置于玻璃瓶中,再次进行超声处理15分钟。需要说明的是,在超声处理过程中,需要不断更换超声清洗机中的水溶液,保证超声处理过程中的水温在30摄氏度以下。然后,进行纳米颗粒团簇及纳米线的旋涂,利用移液器吸取纳米溶液,滴少许溶液至经S11步骤清洗后的硅片上,将硅片置于匀胶机上,设定不同转速将滴有纳米颗粒团簇及纳米线的溶液在硅片上进行均匀旋涂,最后制备得到均匀分散的纳米线及纳米颗粒团簇的基底。此处,纳米颗粒团簇采用银纳米颗粒,纳米线采用碳纳米管,纳米线和纳米颗粒各取0.1-0.3mg,酒精溶液100ml。需要说明的是,纳米颗粒团簇也可以采用银纳米颗粒和铜纳米颗粒,纳米线也可以采用氧化锌纳米线和硅纳米线,其中,纳米颗粒的直径小于20nm,纳米线的直径大于100nm。

[0147] 这里,S11步骤和S12步骤中均进行了超声处理,S11步骤中的超声处理的目的是在于对所述硅片进行清洗,而S12中超声处理的目的在于通过超声使纳米溶液产生激振,使二者混合均匀,相比于传统中采用搅拌的方式,本方法可以避免造成纳米线和纳米颗粒团簇的损坏。先采用塑料器皿进行操作的目的是塑料表面粗糙,摩擦力较大,可以缩短超声处理的时间,而采用玻璃瓶的目的是,玻璃瓶表面光滑,减少纳米颗粒与纳米线的粘附,玻璃材料导热性能较佳,避免玻璃瓶内温度过高,使纳米颗粒和纳米线产生变性。

[0148] S1步骤和S2步骤之间,还包括:将所述基底固定于精定位样品台202之上,进行真空腔101的抽真空处理;关闭真空腔101,并对所述真空腔101进行抽真空。这样设置的好处

在于,在校准时对所述真空腔101进行抽真空处理,使电子束处于真空的工作环境中,提高了电子束成像的精度。

[0149] S2步骤中,所述利用粗定位样品台201和精定位样品台202进行所述基底的定位步骤包括:通过CCD相机106对所述真空腔101内环境进行观测,调节粗定位样品台201,使所述基底移动至设定位置;开启电子束发射及调控模块102的成像功能,调节所述精定位样品台202、电子束物镜103和所述电子束发射及调控模块102,使所述基底的纳米线和纳米颗粒团簇在显示装置108上呈现出清晰的成像。这里,为了增大所述精定位样品台202的空间裕度,先对所述粗定位样品台进行移动,使所述纳米光学天线基底先调整至设定位置,该位置使所述纳米光学天线基底位于电子束物镜103正下方,然后通过所述精定位样品台202进行微调。实际操作过程中,先调节粗定位样品台201,使所述基底上表面距离电子束物镜103正下方10-15mm处;开启电子束发射及调控模块102的成像功能,设置电子束发射及调控模块102中的电子束加速电压为5-10KeV,调节电子束物镜103的放大倍数,放大倍数在2000-5000倍之间,使所述基底的纳米线和纳米颗粒团簇在显示装置108上呈现出清晰的成像。

[0150] S3步骤中利用利用纳米操作装置对目标纳米线进行定位步骤包括:调节所述粗定位样品台201的旋转自由度,使所述精定位样品台202倾斜,倾斜角度为 $\alpha$ ,实际操作中 $\alpha$ 在5-10°之间;调节所述精定位样品台202,选取目标纳米线使其位于成像视图的中央;调节电子束物镜103和电子束发射及调控模块102,使所述目标纳米线在显示装置108上呈现出清晰的成像。这里,调节电子束物镜103在于增大电子束物镜103的放大倍数,放大倍数在5000-15000倍之间,调节电子束发射及调控模块102在于调节电子束的加速电压等电子束相关参数。这样设置的好处在于,这里通过粗定位样品台特殊的旋转自由度,使精定位样品台先倾斜适当的角度,使AFM探针处于较佳的操作角度,便于后续目标纳米线和目标纳米颗粒团簇的移动。

[0151] S4中所述利用执行端操作装置对目标纳米线进行移动步骤包括:调节电子束物镜103,缩小电子束物镜103的放大倍数,这里电子束物镜103的放大倍数在2000-5000倍之间;这里,所述第二运动机构上安装有AFM探针,控制第二运动机构204,使AFM探针不断接近目标纳米线,调节所述电子束物镜103和所述电子束发射及调控模块102,直至使所述AFM探针的针尖和所述目标纳米线均在显示装置108上呈现出清晰的成像,这里,所述AFM探针的针尖与所述目标纳米线的最小距离为10nm,捕捉所述AFM探针的针尖与所述目标纳米线的作用位置;控制第二运动机构,使所述AFM探针的针尖移动至所述目标纳米线的作用位置,并推动所述目标纳米线至待连接位置;依次重复上述步骤,将不同的所述目标纳米线的首尾两端相对接,如图19所示。

[0152] S5步骤中所述利用纳米操作装置对目标纳米颗粒团簇进行定位步骤包括:调节所述精定位样品台202,;选取目标纳米颗粒团簇使其位于成像视图的中央;调节电子束物镜103和电子束发射及调控模块102,使所述目标纳米颗粒团簇在显示装置108上呈现出清晰的成像。这里,调节电子束物镜103在于增大电子束物镜103的放大倍数,放大倍数在5000-15000倍之间,调节电子束发射及调控模块102在于调节电子束的加速电压等电子束相关参数。

[0153] S6步骤中所述利用执行端操作装置对目标纳米颗粒团簇进行移动步骤;包括:调节电子束物镜103,缩小电子束物镜103的放大倍数,这里电子束物镜103的放大倍数在

2000-5000倍之间;控制第二运动机构,使AFM探针不断接近目标纳米颗粒团簇,调节所述电子束发射及调控模块102,直至使所述AFM探针的针尖和所述目标纳米颗粒团簇均在显示装置108上呈现出清晰的成像,这里,所述AFM探针的针尖与所述目标纳米颗粒团簇的最小距离为10nm,捕捉所述AFM探针的针尖与所述目标纳米颗粒团簇的作用位置;控制第二运动机构,使所述AFM探针的针尖移动至所述作用位置,并推动所述目标纳米颗粒团簇至所述目标纳米线的对接处;依次重复上述步骤,使多个所述目标纳米颗粒团簇包裹相邻所述目标纳米线的对接处,如图19所示。

[0154] 这里,先对所述基底进行定位,然后对所述目标纳米线或目标纳米颗粒团簇进行定位,在基底定位的基础之上进行目标纳米线或目标纳米颗粒团簇的定位,避免了直接进行目标纳米线或目标纳米颗粒团簇定位所造成的对焦困难,提高了对焦效率。

[0155] S7步骤中采用近场光作为热源,采用所述目标纳米颗粒团簇作为焊剂,进行不同所述目标纳米线之间的连接步骤包括:

[0156] 控制第二运动机构,使所述AFM探针的针尖位于所述目标纳米线的对接处,这里,使所述AFM探针的针尖位于所有目标纳米颗粒团簇之上,并与所述目标纳米颗粒团簇的最小距离为1-5nm。

[0157] 开启激光发射装置,调节激光功率、波长等激光参数,这里,激光功率设置为10-65mW,激光波长设置为808nm,控制第一运动机构调整光纤探针的角度及位置,使激光从所述光纤探针出射至所述目标纳米线对接处的目标纳米颗粒团簇,并使所述AFM探针的针尖位于激光辐照的范围内。此时,所述AFM探针的针尖以及目标纳米颗粒团簇之间会产生近场光,通过控制近场光作用时间1-5min,可以将目标纳米颗粒团簇融化,进而将两根目标纳米线连接。这里,目标纳米颗粒团簇充当连接媒介,通过纳米颗粒团簇的融化实现不同的所述目标纳米线之间的连接。这里通过移动一个第二运动机构至带动所述AFM探针至不同的空间位置,实现了纳米线和纳米颗粒团簇的移动,辅助实现了近场光的发生。

[0158] 本实施例的好处在于,通过将纳米线和纳米颗粒团簇按照一定比例混合后均匀分散于硅片表面,避免了直接涂覆纳米线和纳米颗粒团簇造成的过于集中或过于疏散的现象的发生,提高了纳米线操作及连接的效率;通过粗定位平台与精定位平台的配合,可以更加高效地对纳米颗粒团簇和纳米线进行捕捉,提高了纳米线操作的效率;通过粗定位平台与第二运动机构的配合,使AFM探针的操作更加便捷,提高了纳米线操作的效率;通过将远场光转化为近场光,并利用近场光进行纳米颗粒团簇的连接,避免激光的作用面积过大,造成纳米线和纳米颗粒的损毁,提高了纳米线的连接质量。

[0159] 在利用所述纳米颗粒完成不同所述纳米线之间的互联后,关闭所述电子束发射及调控模块102,并对所述真空腔101进行卸载真空,同时打开保护气体引入装置105,将保护气体通入所述真空腔101中,然后打开舱门,取出样品。这样设置的好处在于,当所述真空腔101打开时,保护气体可以避免所述纳米线和纳米颗粒被氧化及减少外界空气对所述真空腔101内部的污染。

[0160] 需要说明的是,本实施例只是利用纳米连接装置完成不同纳米线操作及连接的较佳实施例,纳米连接装置也可通过其他方式完成不同纳米线的连接,本实施例所具备的好处已在前文说明,在此不再累述。因此,本实施例并不构成对纳米连接装置的限制。

[0161] 实施例十一

[0162] 一种纳米线与电极的连接方法,如图22,包括:

[0163] S1:获取纳米颗粒团簇和纳米线分散于硅片表面的硅基底,获取刻画有纳米电极的电极基底,将所述硅基底和所述电极基底同时固定于精定位样品台202上;

[0164] S2,调节电子束物镜103和电子束发射及调控模块102,移动样品台进行所述硅基底的定位;

[0165] S3:调节电子束物镜103和电子束发射及调控模块102,移动样品台对目标纳米线进行定位;

[0166] S4:调节所述电子束物镜103和所述电子束发射及调控模块102,利用执行端操作装置带动执行端夹取所述目标纳米线;

[0167] S5:移动样品台带动所述电极基底移动,使两个目标电极分别位于所述目标纳米线的两端的正下方,移动纳米操作装置,将所述目标纳米线放置于电极结构上;

[0168] S6:调节电子束物镜103和电子束发射及调控模块102,移动样品台带动所述硅基底移动,对目标纳米颗粒团簇进行定位;

[0169] S7:调节所述电子束物镜103和所述电子束发射及调控模块102,利用执行端操作装置带动执行端夹取所述目标纳米颗粒团簇;

[0170] S8:移动纳米操作装置带动电极基底移动,使所述电极基底位于所述目标纳米颗粒团簇正下方,移动纳米操作装置,将所述目标纳米颗粒团簇移动到所述目标纳米线与电极的连接处,并依此重复S5-S7步骤;

[0171] S9:开启近场光发生装置,采用近场光作为热源,采用所述纳米颗粒团簇作为焊剂,进行所述纳米线与所述电极之间的连接。

[0172] 需要说明的是,S1步骤中获取刻画有纳米电极的电极基底步骤包括:

[0173] S11:在硅片表面涂覆电子束胶层。这里,利用匀胶机在硅片上均匀的旋涂聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA C2)电子束胶,所述匀胶机的旋转速度为4000转/分,旋涂时间为45秒-75秒,并优选1分钟。

[0174] S12:对所述电子束胶层进行加热,使所述电子束胶层固化。这里,对所述电子束胶层进行烘焙,烘焙温度为150℃-200℃并优选180℃,烘焙时间为12分钟-18分钟并优选15分钟。

[0175] S13:进行纳米电极图案的设计。利用工控机的纳米图案化生成系统对电极结构进行设计。

[0176] S14:初步调整调整电子束发射及调控模块102的参数,控制电子束发射及调控模块102通过电子束曝光的方式在所述电子束胶层上进行所述纳米电极图案的刻画。其中,电子束光刻参数设置为:加速电压30kV,放大倍数为1200倍,电子束电流为68pA。

[0177] S15:显影处理,去除曝光区域的电子束胶层。这里,将涂覆有所述电子束胶层的硅片置于显影液中进行显影,显影液中甲基异丁基酮(MIBK):间苯二甲酸(IPA)的质量比为1:3,显影时间为90秒;并采用去离子水对显影区域进行冲洗,冲洗时间为15s,最后采用氮气枪对显影区域进行吹拂,吹拂时间为1min,获得所述纳米电极图案。

[0178] S16:在所述纳米电极图案区域蒸镀金层。这里,采用高温真空热蒸发设备进行金属材料蒸镀,采用钛材料作为粘结层,所述粘结层适于金属材料与硅片的连接。蒸镀实验条件为:钛材料的蒸镀电压为3V,蒸镀速度为1.2nm/s,钛材料的厚度为2nm;金材料的蒸镀电压

为2.1V,蒸镀速度为1.2nm/s,金材料的厚度为30nm。由于金的价格昂贵,此处采用钛材料作为粘接层,提高了金的粘附效果,另一方面,采用钛材料作为粘接层,钛材料本身具备一定的厚度,可以减少金材料的用量。

[0179] S17:去除所有所述电子束胶层,获得所述具备纳米电极图案的电极基底。这里,将所述电子束胶层完全置于丙酮溶液中,在温度为75℃的条件下浸泡约2小时。

[0180] S1步骤包括:硅片的清洗和纳米颗粒团簇及纳米线的分散。对所述硅片进行清洗,这里,将所述硅片置于装有去离子水的玻璃瓶中,然后将玻璃瓶中放置在超声清洗机中进行超声清洗,超声清洗时间为10-20分钟并优选15分钟;取出所述硅片,然后将所述硅片置于装有丙酮溶液的玻璃瓶中,进行二次超声清洗,二次超声清洗时长为12-18分钟并优选15分钟。取出清洗后的所述硅片,用氮气气枪对所述硅片表面进行吹拂,获得表面无细微杂物附着的所述硅片,若表面存在明显的污渍,则重复上述步骤再次清洗。这里分别采用去离子水和丙酮溶液依次对硅片清洗的好处在于去除细小的污染物和颗粒杂质。

[0181] 纳米颗粒团簇及纳米线的分散:首先,进行纳米溶液的配备,采用精密电子天平称取适量纳米颗粒团簇及纳米线,将酒精和称取的纳米颗粒团簇及纳米线混合于塑料器皿中,将所述塑料器皿置于超声波清洗机中进行超声处理15分钟,获得混合溶液;取所述混合溶液置于玻璃瓶中,再次进行超声处理15分钟。需要说明的是,在超声处理过程中,需要不断更换超声清洗机中的水溶液,保证超声处理过程中的水温在30摄氏度以下。然后,进行纳米颗粒团簇及纳米线的旋涂,利用移液器吸取纳米溶液,滴少许溶液至经S11步骤清洗后的硅片上,将硅片置于匀胶机上,设定不同转速将滴有纳米颗粒团簇及纳米线的溶液在硅片上进行均匀旋涂,最后制备得到均匀分散的纳米线及纳米颗粒团簇的基底。此处,纳米颗粒团簇采用银纳米颗粒,纳米线采用碳纳米管,纳米线和纳米颗粒各取0.1-0.3mg,酒精溶液100ml。需要说明的是,纳米颗粒团簇也可以采用银纳米颗粒和铜纳米颗粒,纳米线也可以采用氧化锌纳米线和硅纳米线,其中,纳米颗粒的直径小于20nm,纳米线的直径大于100nm。

[0182] 这里,S11步骤和S12步骤中均进行了超声处理,S11步骤中的超声处理的目的是在于对所述硅片进行清洗,而S12中超声处理的目的在于通过超声使纳米溶液产生激振,使二者混合均匀,相比于传统中采用搅拌的方式,本方法可以避免造成纳米线和纳米颗粒的损坏。先采用塑料器皿进行操作的目的是塑料表面粗糙,摩擦力较大,可以缩短超声处理的时间,而采用玻璃瓶的目的是,玻璃瓶表面光滑,减少纳米颗粒与纳米线的粘附,玻璃材料导热性能较佳,避免玻璃瓶内温度过高,使纳米颗粒和纳米线产生变性。

[0183] S1步骤和S2步骤之间,还包括:进行真空腔101的抽真空处理:关闭真空腔101,并对所述真空腔101进行抽真空。这样设置的好处在于,在校准时对所述真空腔101进行抽真空处理,使电子束处于真空的工作环境中,提高了电子束成像的精度。

[0184] S2步骤中,通过CCD相机106对所述真空腔101内环境进行观测,调节粗定位样品台201,使所述硅基底移动至设定位置;开启电子束发射及调控模块102的成像功能,调节所述精定位样品台202、电子束物镜103和所述电子束发射及调控模块102,使所述硅基底的纳米线和纳米颗粒团簇在显示装置108上呈现出清晰的成像。这里,为了增大所述精定位样品台202的空间裕度,先对所述粗定位样品台进行移动,使所述电极基底先调整至设定位置,该位置使所述电极基底位于电子束物镜103正下方,然后通过所述精定位样品台202进行微调。实际操作过程中,先调节粗定位样品台201,使所述基底上表面距离电子束物镜103正下

方10-15mm处;开启电子束发射及调控模块102的成像功能,设置电子束发射及调控模块102中的电子束加速电压为5-10KeV,调节电子束物镜103的放大倍数,放大倍数在2000-5000倍之间,使所述硅基底的纳米线和纳米颗粒团簇在显示装置108上呈现出清晰的成像。

[0185] S3步骤包括:调节所述粗定位样品台201的旋转自由度,使所述精定位样品台202倾斜,倾斜角度为 $\alpha$ ,实际操作中 $\alpha$ 在 $5-10^\circ$ 之间;调节所述精定位样品台202,选取目标纳米线使其位于成像视图的中央,;调节电子束物镜103和电子束发射及调控模块102,使所述目标纳米线在显示装置108上呈现出清晰的成像。这里,调节电子束物镜103在于增大电子束物镜103的放大倍数,放大倍数在5000-15000倍之间,调节电子束发射及调控模块102在于调节电子束的加速电压等电子束相关参数。这样设置的好处在于,这里通过粗定位样品台特殊的旋转自由度,使精定位样品台先倾斜适当的角度,使AFM探针处于较佳的操作角度,便于后续纳米线和纳米颗粒团簇的移动。

[0186] S4步骤包括:利用执行端操作装置带动执行端夹取所述目标纳米线包括:调节电子束物镜103,缩小电子束物镜103的放大倍数,这里电子束物镜103的放大倍数在2000-5000倍之间;这里,所述第一运动机构203有两套,所述第二运动机构204有一套,分别在其中两套所述第一运动机构203上安装AFM探针,所述第二运动机构204上安装钨针,通过所述两套第一运动机构203分别将所述AFM探针移动,使AFM探针不断接近目标纳米线,直至使所述AFM探针的针尖和所述目标纳米线均在显示装置108上呈现出清晰的成像,这里,两套所述AFM探针的针尖与所述目标纳米线的最小距离为10nm,捕捉所述AFM探针的针尖与所述目标纳米线的作用位置;控制所述第一运动机构,使两套所述AFM探针的针尖移动至所述目标纳米线的作用位置,使两个AFM探针的针尖形成镊子,将所述目标纳米线夹持住。

[0187] S5步骤包括:调节所述精定位样品台202的平动自由度,使目标纳米线与硅基底脱离;调节粗定位样品台201的平动自由度,移动所述电极基底,使电极基底位于所述目标纳米线正下方;调节所述精定位样品台202的平动自由度,使所述目标纳米线的两端分别位于两个电极的正上方,并使所述目标纳米线的两端分别与两个电极接触。这是因为纳米线本身具有一定的刚度;为避免纳米线沾附于所述AFM探针而难以实现放置,通过所述第二运动机构204控制钨针的运动,将所述目标纳米线压紧至所述电极基底上,辅助将被夹持的纳米线放置在电极上;控制两套所述第一运动机构203,使所述两个AFM探针的针尖与纳米线分离,借助于纳米线自身重力及钨针的辅助,将纳米线放置于电极上。这里,充分利用了所述精定位样品台202和粗定位样品台201组合的优势,所述纳米操作装置使得纳米线的移动更加灵活。

[0188] S6步骤包括:移动所述粗定位样品台201,带动所述硅基底及电极基底运动,使所述硅基底位于视野中央;调节所述精定位样品台202;选取目标纳米颗粒团簇使其位于成像视图的中央;调节电子束物镜103和电子束发射及调控模块102,使所述纳米颗粒团簇在显示装置108上呈现出清晰的成像。这里,调节电子束物镜103在于增大电子束物镜103的放大倍数,放大倍数在5000-15000倍之间,调节电子束发射及调控模块102在于调节电子束的加速电压等电子束相关参数。

[0189] S7步骤包括:利用执行端操作装置带动执行端夹取所述目标纳米颗粒团簇包括:调节电子束物镜103,缩小电子束物镜103的放大倍数,这里电子束物镜103的放大倍数在2000-5000倍之间;这里,所述第一运动机构203有三套,其中一套所述第一运动机构203上

安装有上述光纤探针,另外两套所述第一运动机构203上分别安装有AFM探针,所述第二运动机构204上安装有钨针,通过两套所述第一运动机构203分别将所述AFM探针移动,使AFM探针不断接近目标纳米颗粒团簇,直至使所述AFM探针的针尖和所述目标纳米颗粒团簇均在显示装置108上呈现出清晰的成像,这里,两套所述AFM探针的针尖与所述目标纳米颗粒团簇的最小距离为10nm,捕捉所述AFM探针的针尖与所述目标纳米颗粒团簇的作用位置;控制所述第一运动机构203,使两套所述AFM探针的针尖移动至所述目标纳米颗粒团簇的作用位置,使两个AFM探针的针尖形成镊子,将纳米颗粒团簇夹持住。

[0190] S8步骤包括:调节所述精定位样品台202的平动自由度,使目标纳米颗粒团簇与硅基底脱离;调节粗定位样品台201的平动自由度,使所述电极基底移动,并使电极基底位于所述目标纳米颗粒团簇正下方;调节所述精定位样品台202的平动自由度,使所述电极基底移动,使所述目标纳米颗粒团簇位于所述电极的正上方;调节纳米操作装置,使AFM探针释放所述目标纳米颗粒团簇,使所述目标纳米颗粒团簇位于所述目标纳米线与电极的连接处,这里,可通过移动所述样品台,使所述目标纳米颗粒团簇移动至所述目标纳米线与电极的连接处,也可以通过调节所述执行端操作装置,使所述目标纳米颗粒团簇移动至所述目标纳米线与电极的连接处。这里,充分利用了所述精定位样品台202和粗定位样品台201组合的优势,所述纳米操作装置使得纳米线的移动更加灵活。并依次重复S5-S7的步骤,将多个所述目标纳米颗粒团簇移动至所述目标纳米线与电极的连接处。

[0191] S9步骤中采用近场光作为热源,采用所述纳米颗粒团簇作为焊剂,进行所述纳米线与电极之间的连接步骤包括:

[0192] 调节第一运动机构,使其中一套所述AFM探针的针尖位于所述纳米线与电极的连接处,这里,使所述AFM探针的针尖位于纳米颗粒之上,并与所述纳米颗粒团簇的最小距离为1-5nm。

[0193] 开启激光发射装置,调节激光功率、波长等激光参数,这里,激光功率设置为10-65mW,激光波长设置为808nm,控制第一运动机构调整光纤探针的角度及位置,使激光从所述光纤探针出射至所述纳米线对接处的纳米颗粒团簇,并使所述AFM探针的针尖位于激光辐照的范围内。此时,所述AFM探针的针尖以及纳米颗粒团簇之间会产生近场光,通过控制近场光作用时间1-5min,可以将纳米颗粒团簇融化,进而将两根纳米线连接。这里,纳米颗粒团簇充当连接媒介,通过纳米颗粒团簇的融化实现不同的所述纳米线之间的连接。这里通过移动一个第一运动机构至带动所述AFM探针至不同的空间位置,实现了纳米线和纳米颗粒的移动,辅助实现了近场光的发生。

[0194] 本实施例的好处在于,通过将纳米线和纳米颗粒按照一定比例混合后均匀分散于硅片表面,避免了直接涂覆纳米线和纳米颗粒团簇造成的过于集中或过于疏散的现象的发生,提高了纳米线与电极连接的效率;通过粗定位平台与精定位平台的配合,可以更加高效地对纳米颗粒团簇和纳米线进行捕捉,提高了纳米线连接与电极连接的效率;通过粗定位平台与第一运动机构的配合,使AFM探针的操作更加便捷,提高了纳米线与电极连接的效率;通过将远场光转化为近场光,并利用近场光进行纳米颗粒团簇的连接,避免激光的作用面积过大,造成纳米线和纳米颗粒的损毁,提高了纳米线与电极的连接质量。

[0195] 在利用所述纳米颗粒团簇完成所述纳米线与电极之间的连接后,关闭所述电子束发射及调控模块102,并对所述真空腔101进行卸载真空,同时打开保护气体引入装置105,



将保护气体通入所述真空腔101中,然后打开舱门,取出样品。这样设置的好处在于,当所述真空腔101打开时,保护气体可以避免所述纳米线和纳米颗粒被氧化及减少外界空气对所述真空腔101内部的污染。

[0196] 需要说明的是,本实施例只是利用纳米连接装置完成不同纳米线连接的较佳实施例,纳米连接装置也可通过其他方式完成不同纳米线的连接,本实施例所具备的好处已在前文说明,在此不再累述。因此,本实施例并不构成对纳米连接装置的限制。

[0197] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

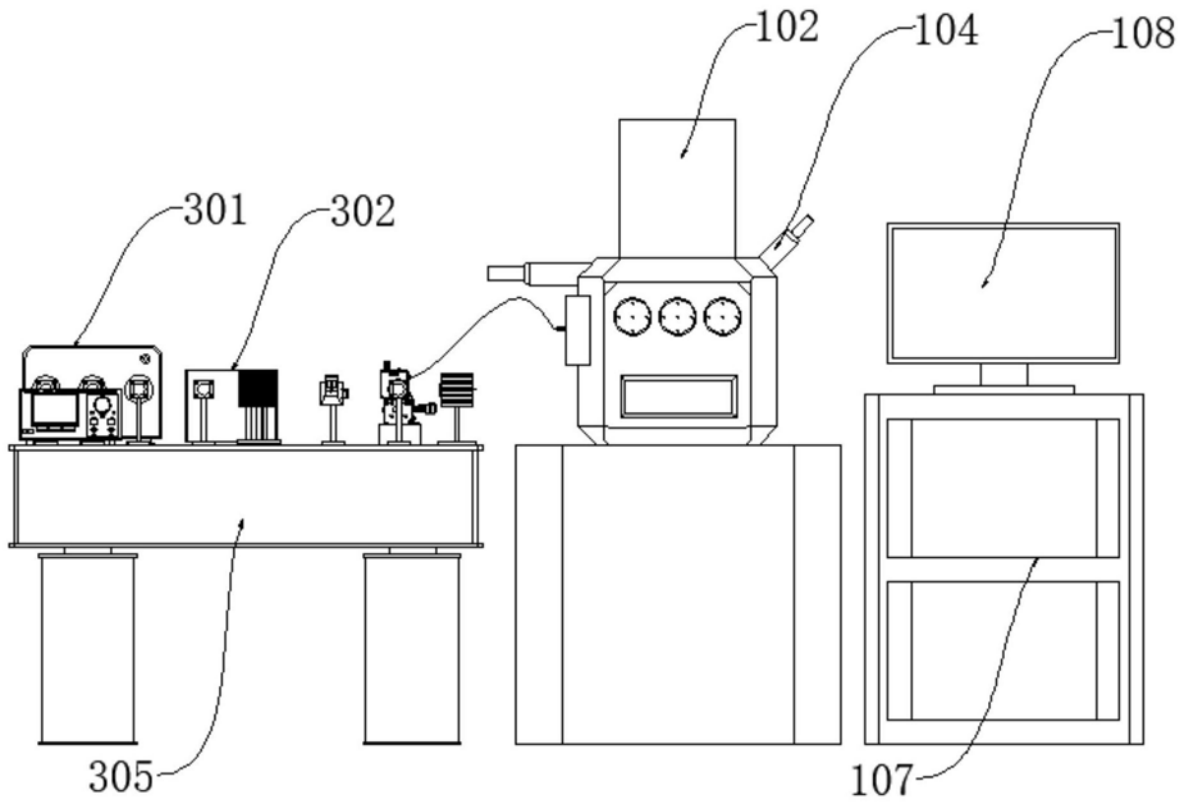


图1

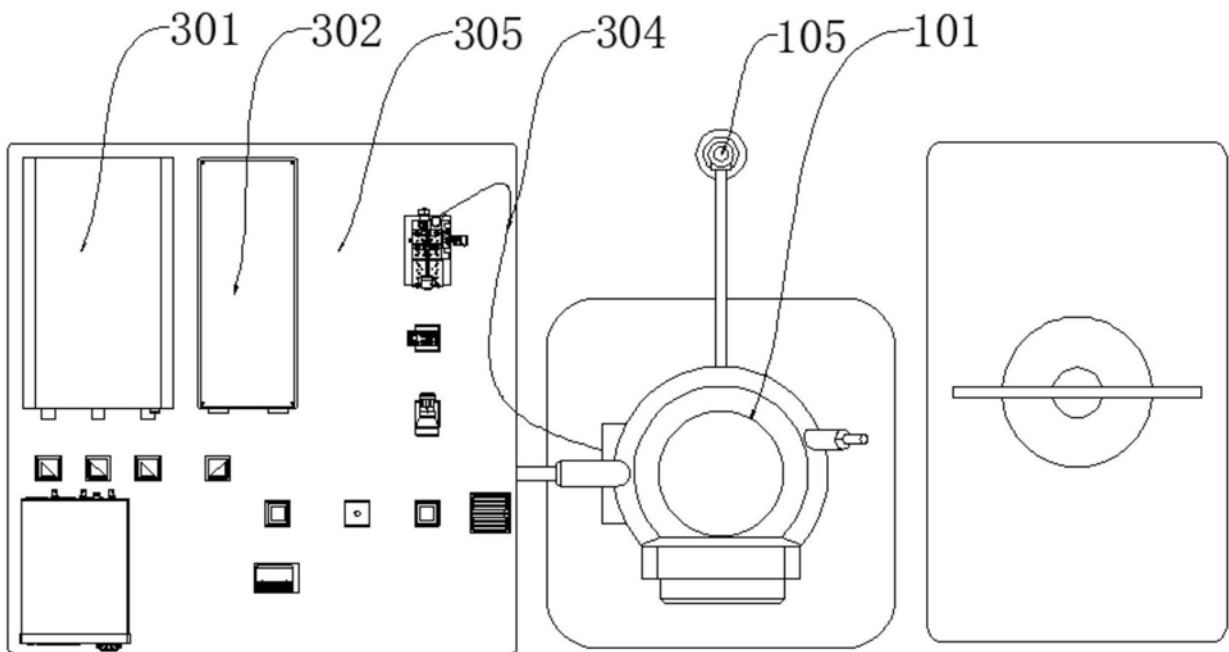


图2

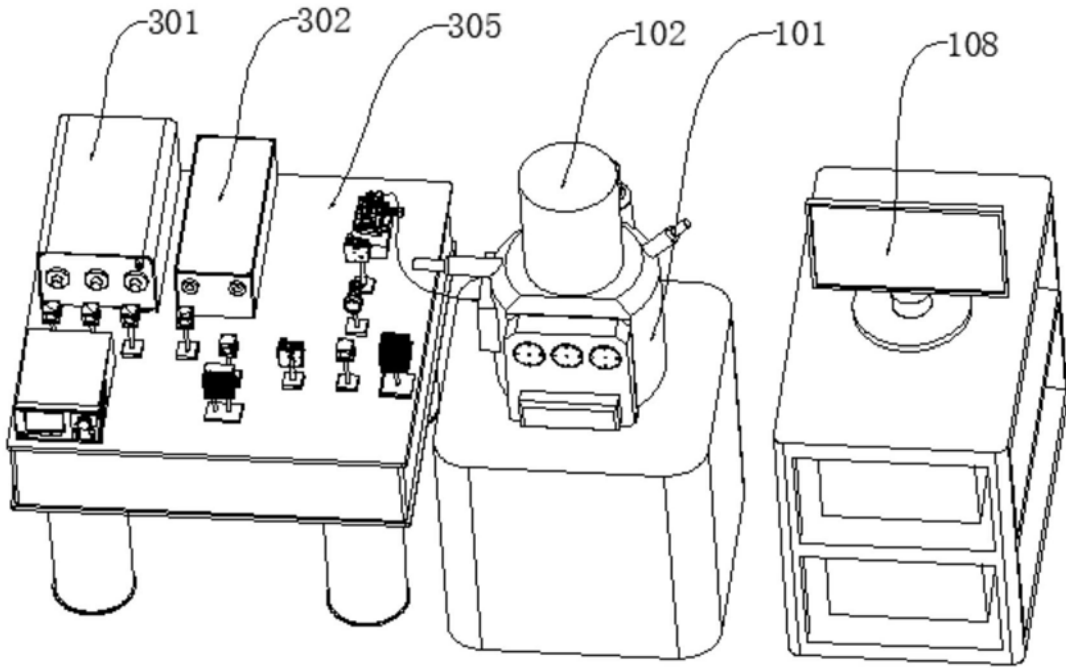


图3

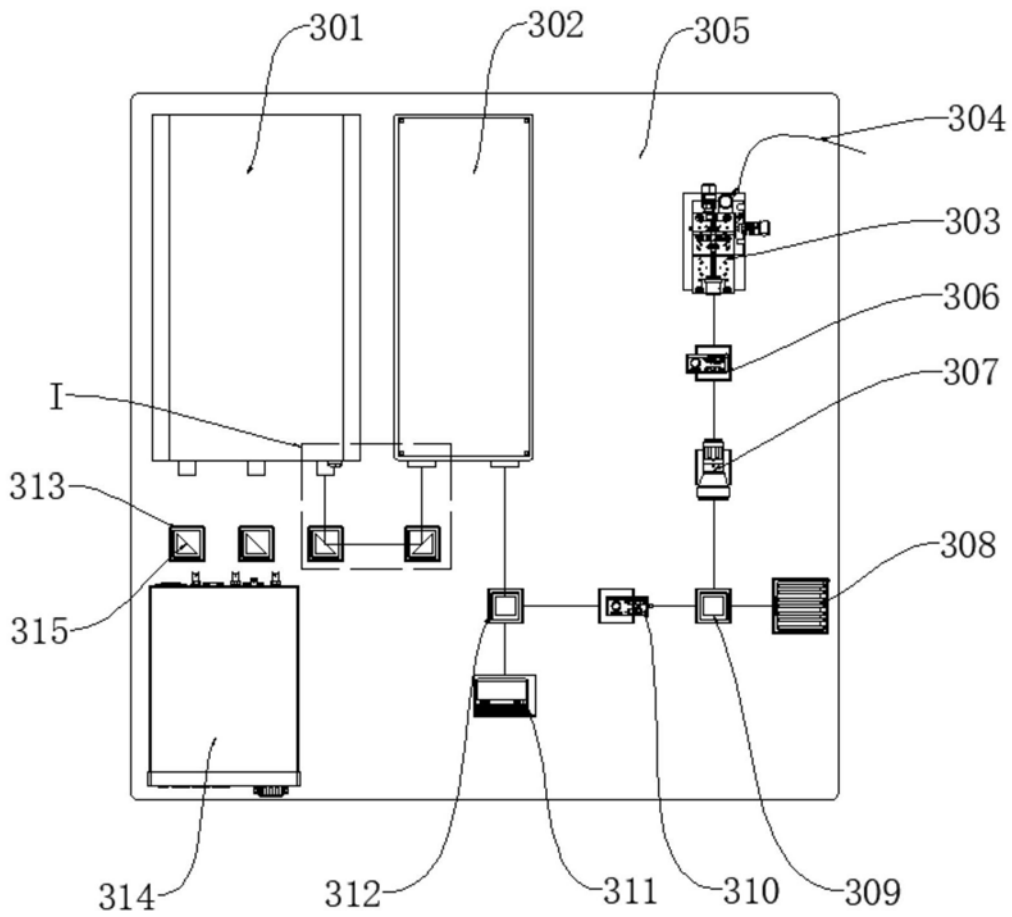


图4

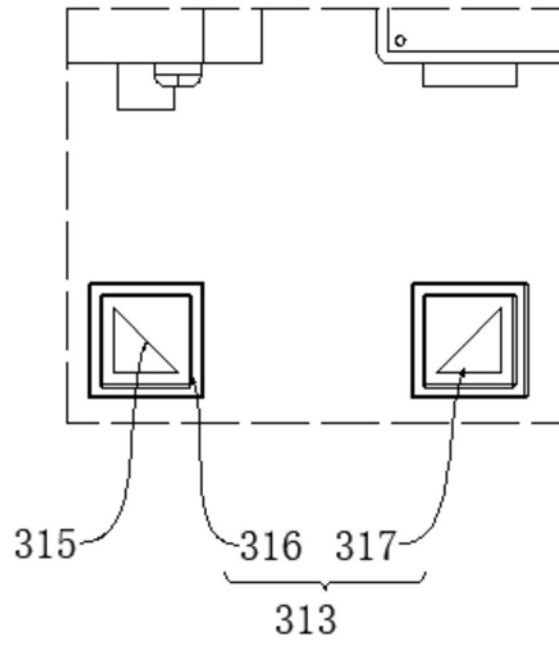


图5

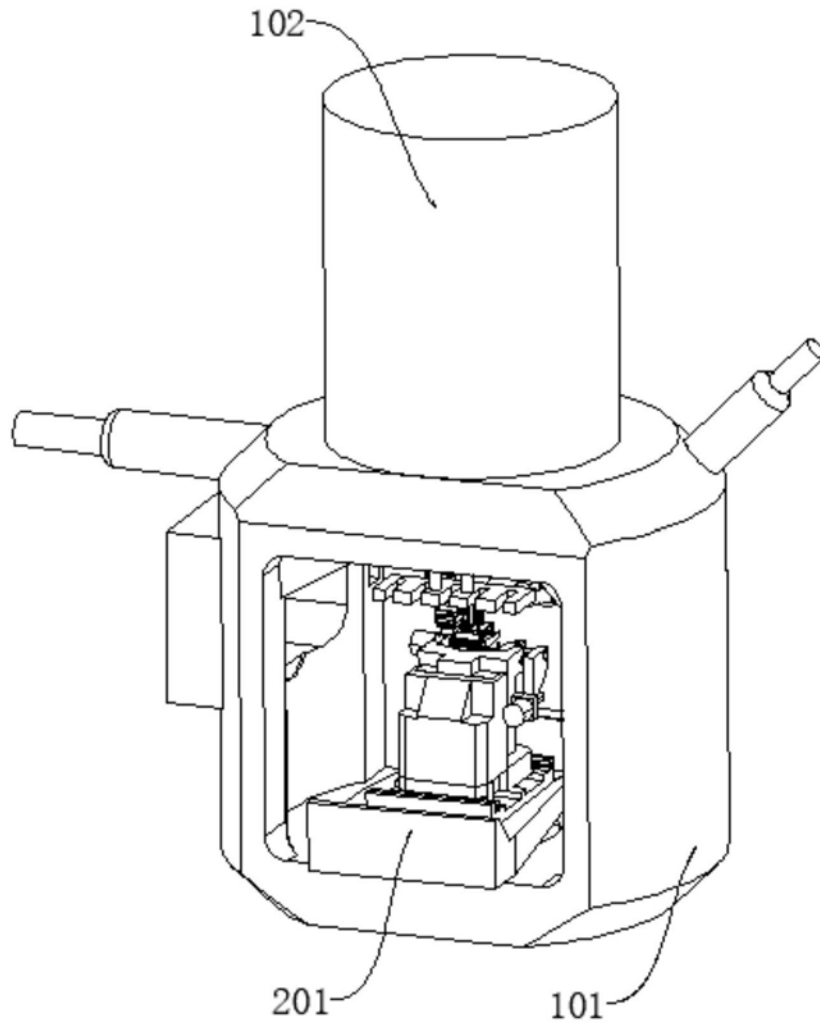


图6

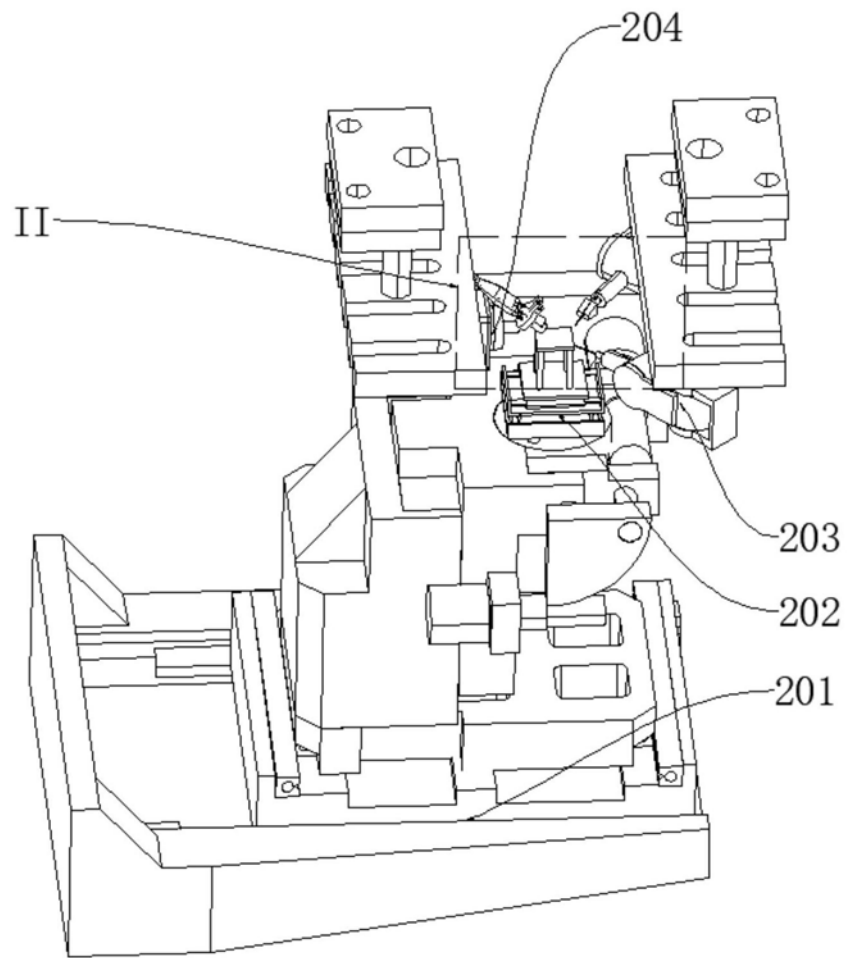


图7

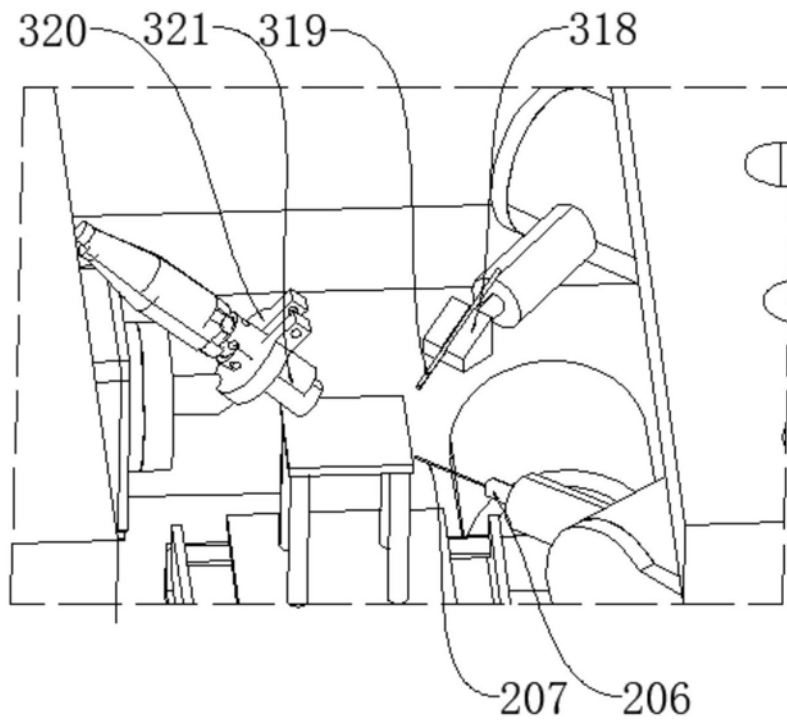


图8

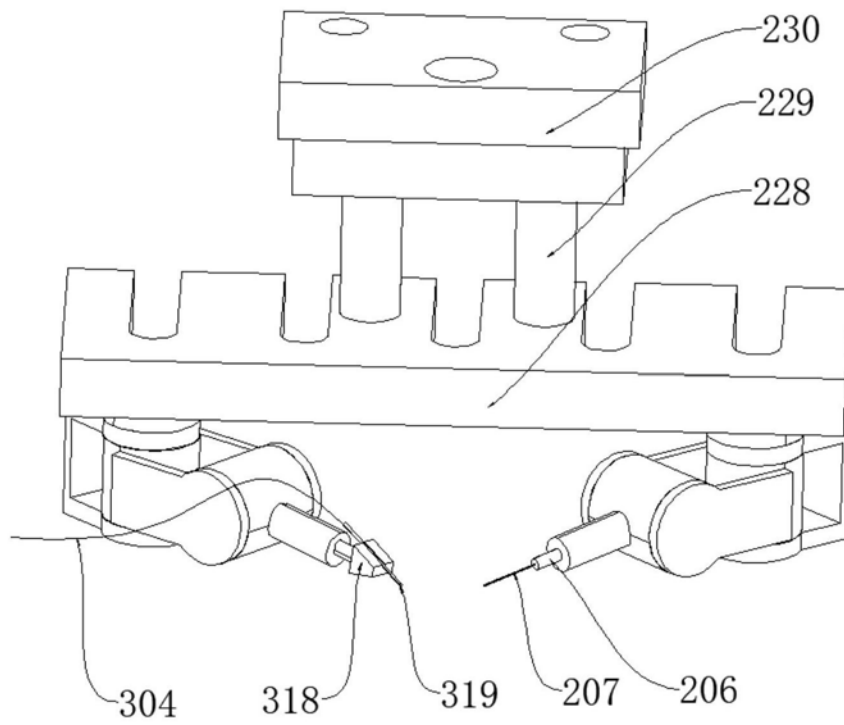


图9

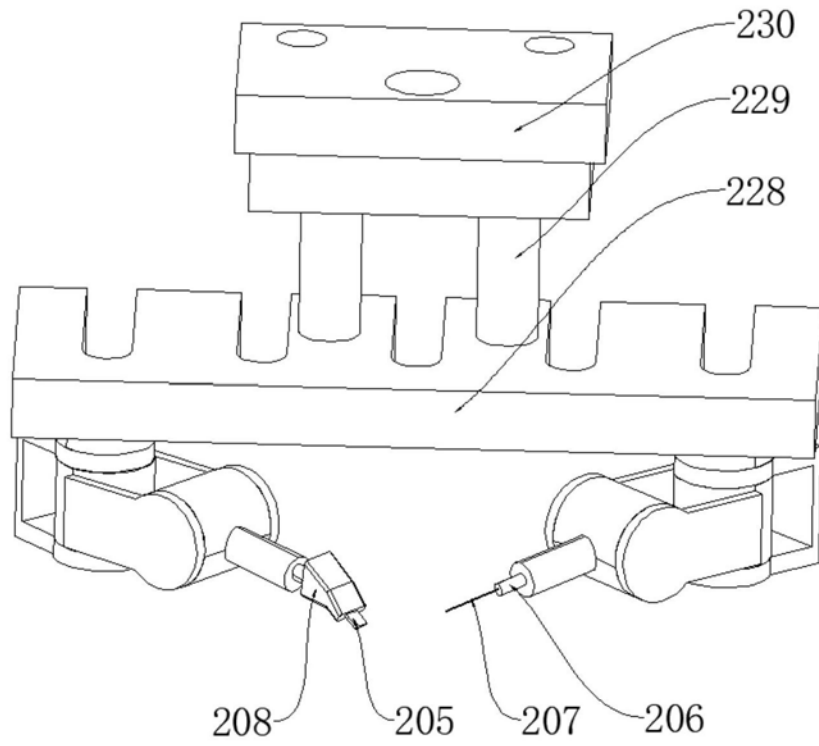


图10

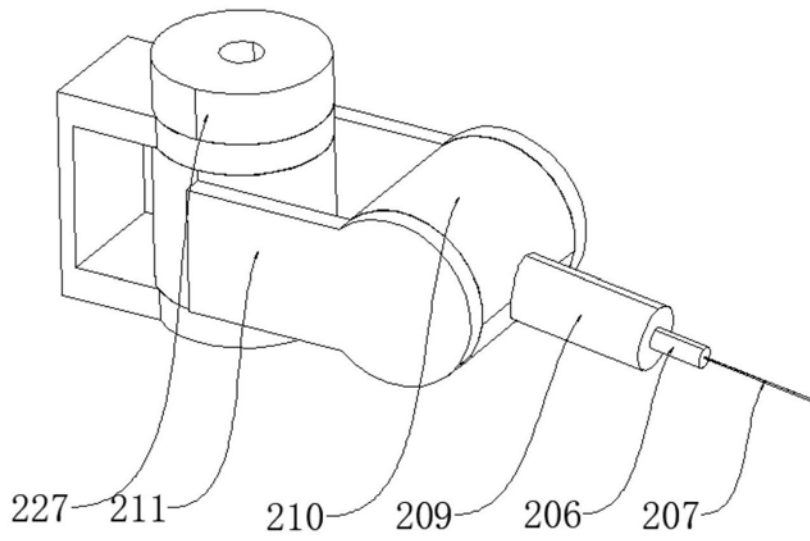


图11



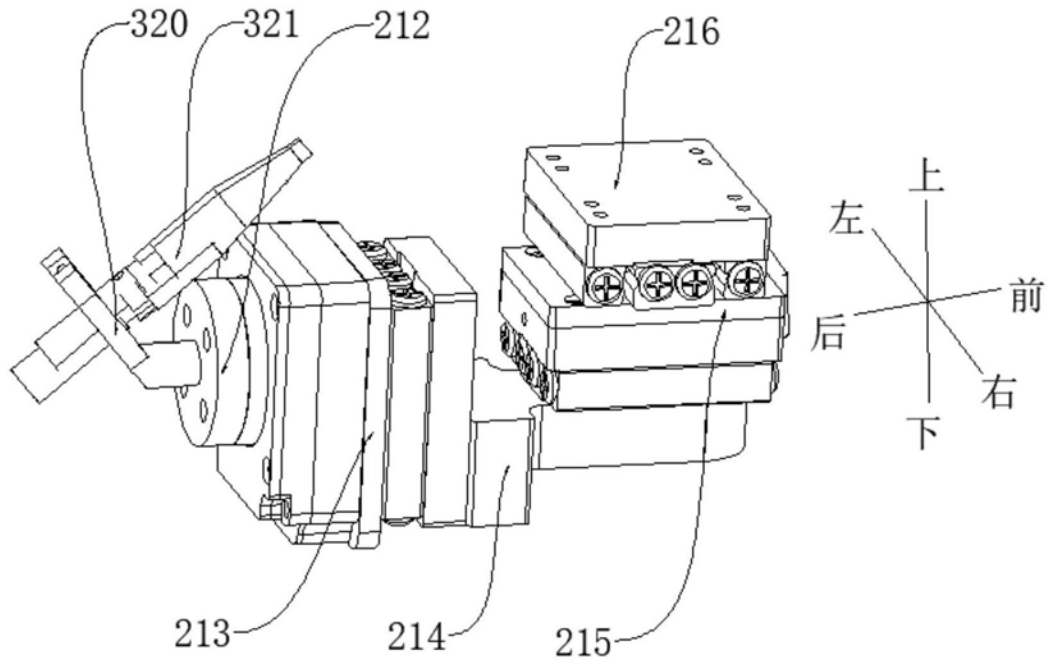


图12

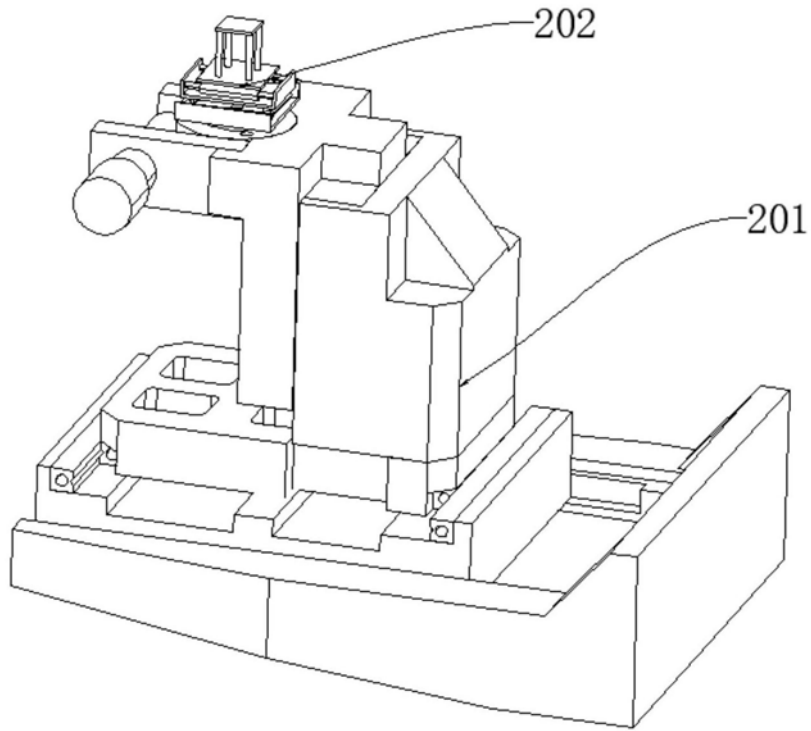


图13

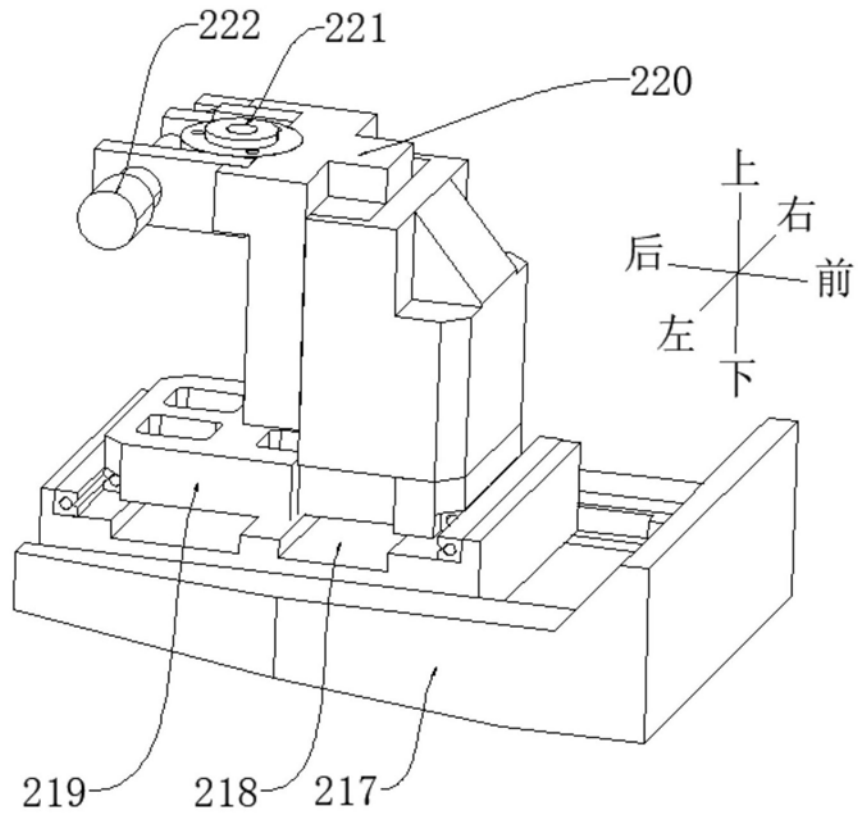


图14

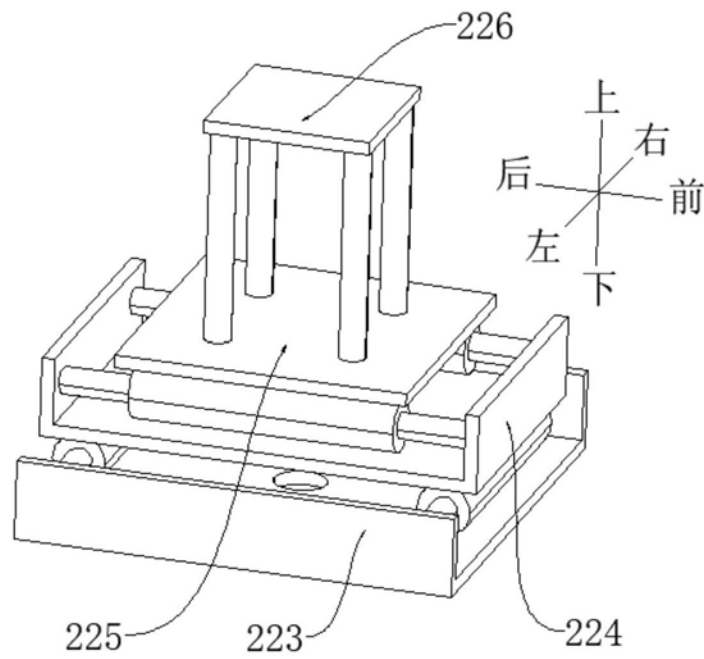


图15

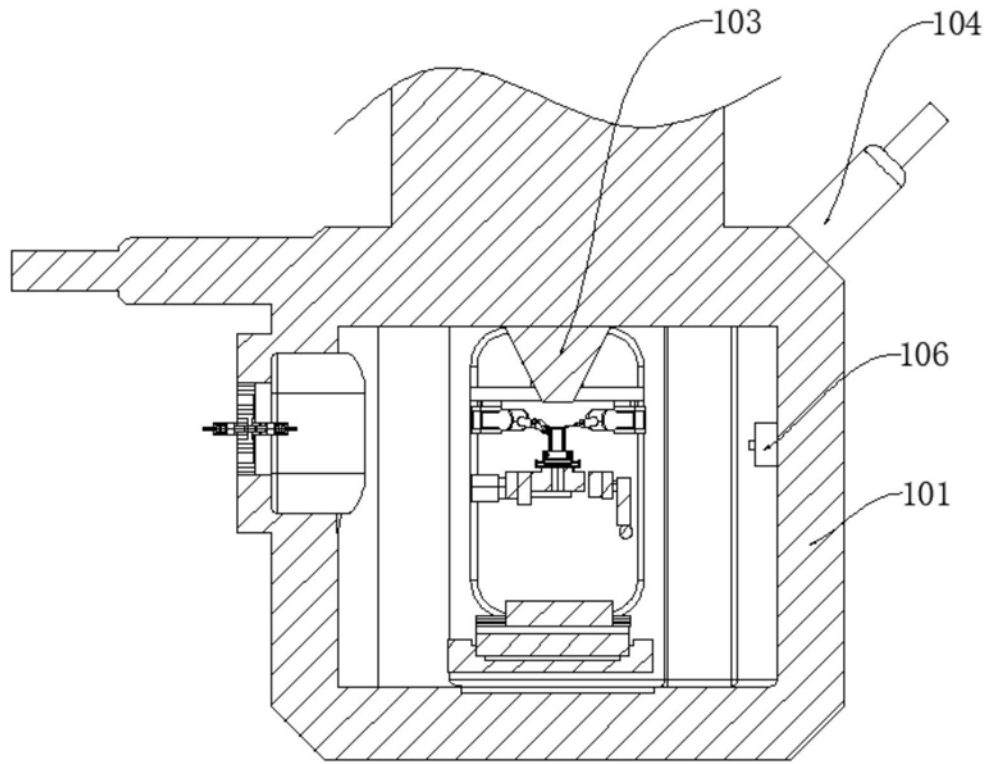


图16

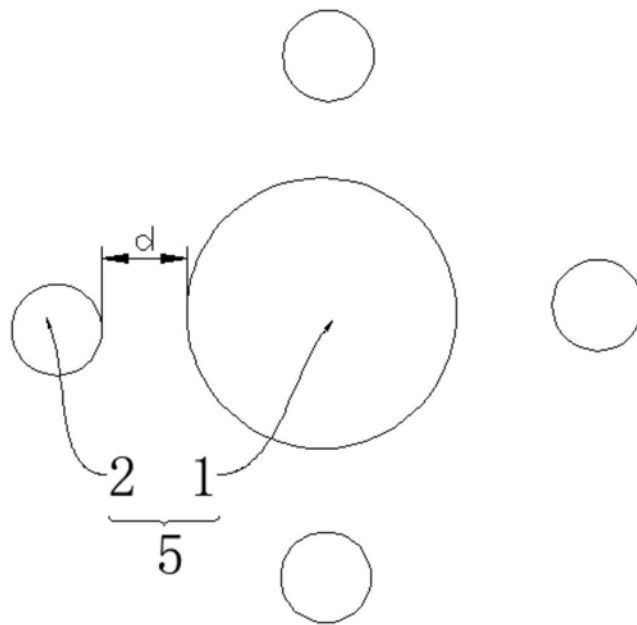


图17

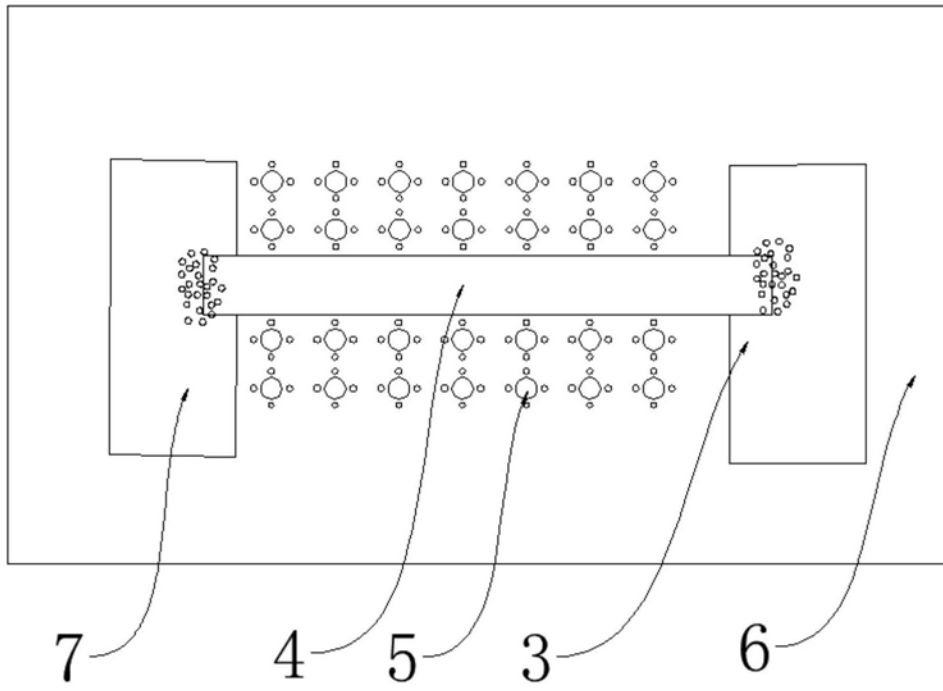


图18

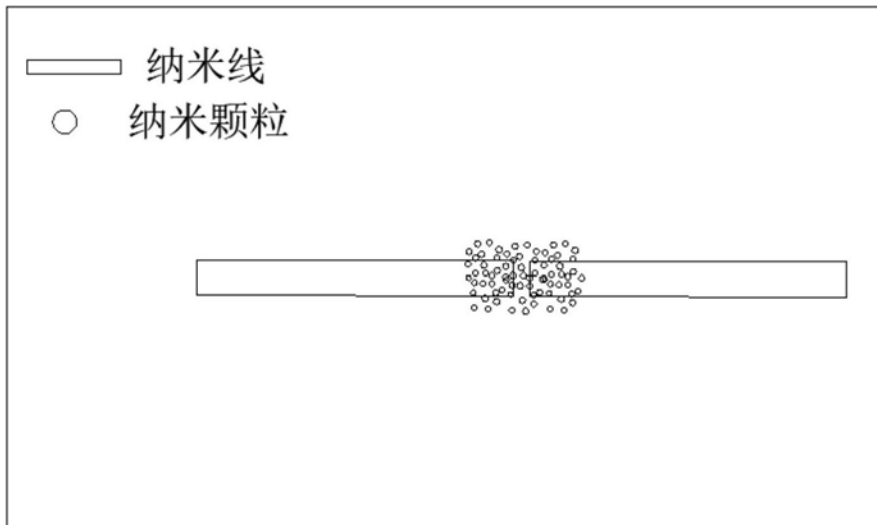


图19

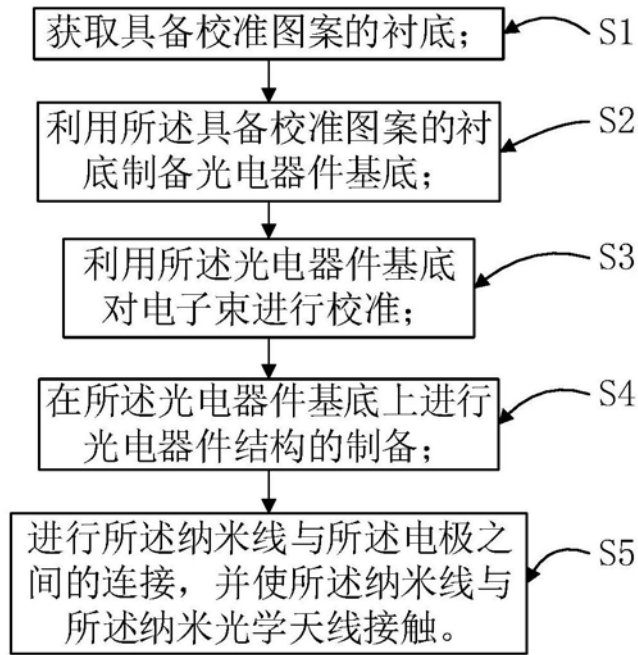


图20

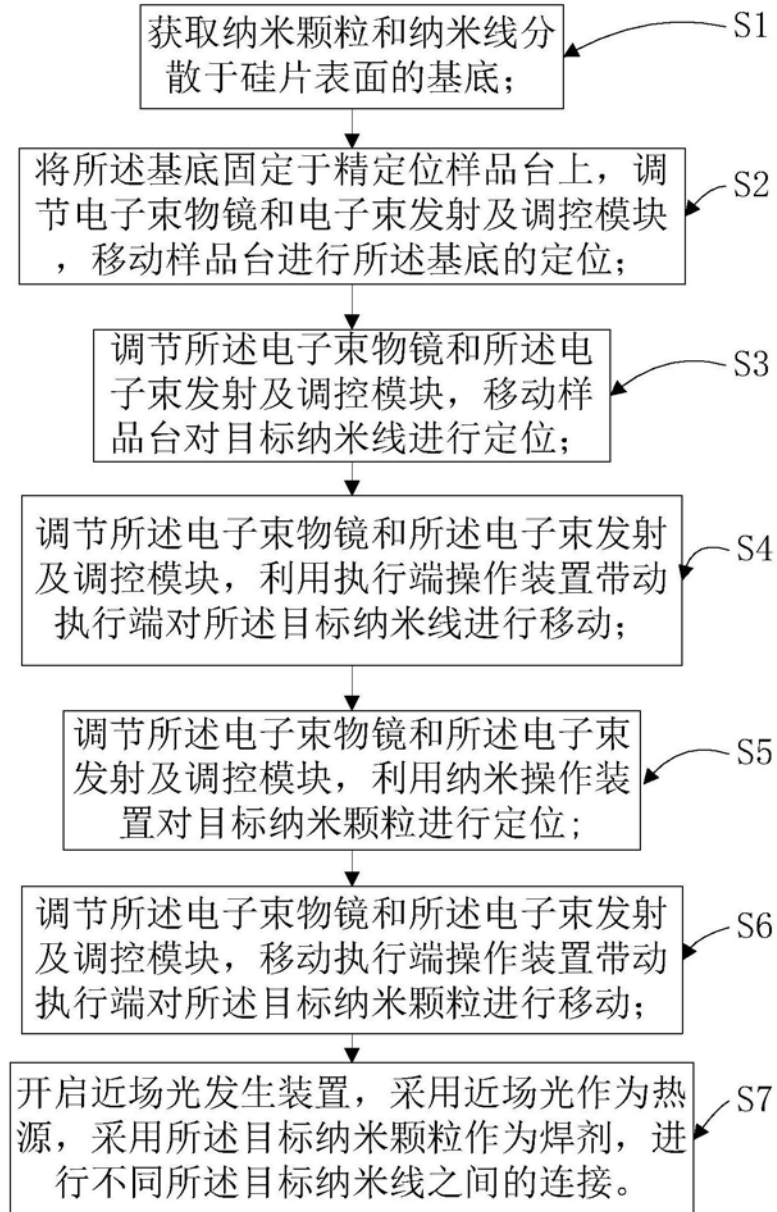


图21

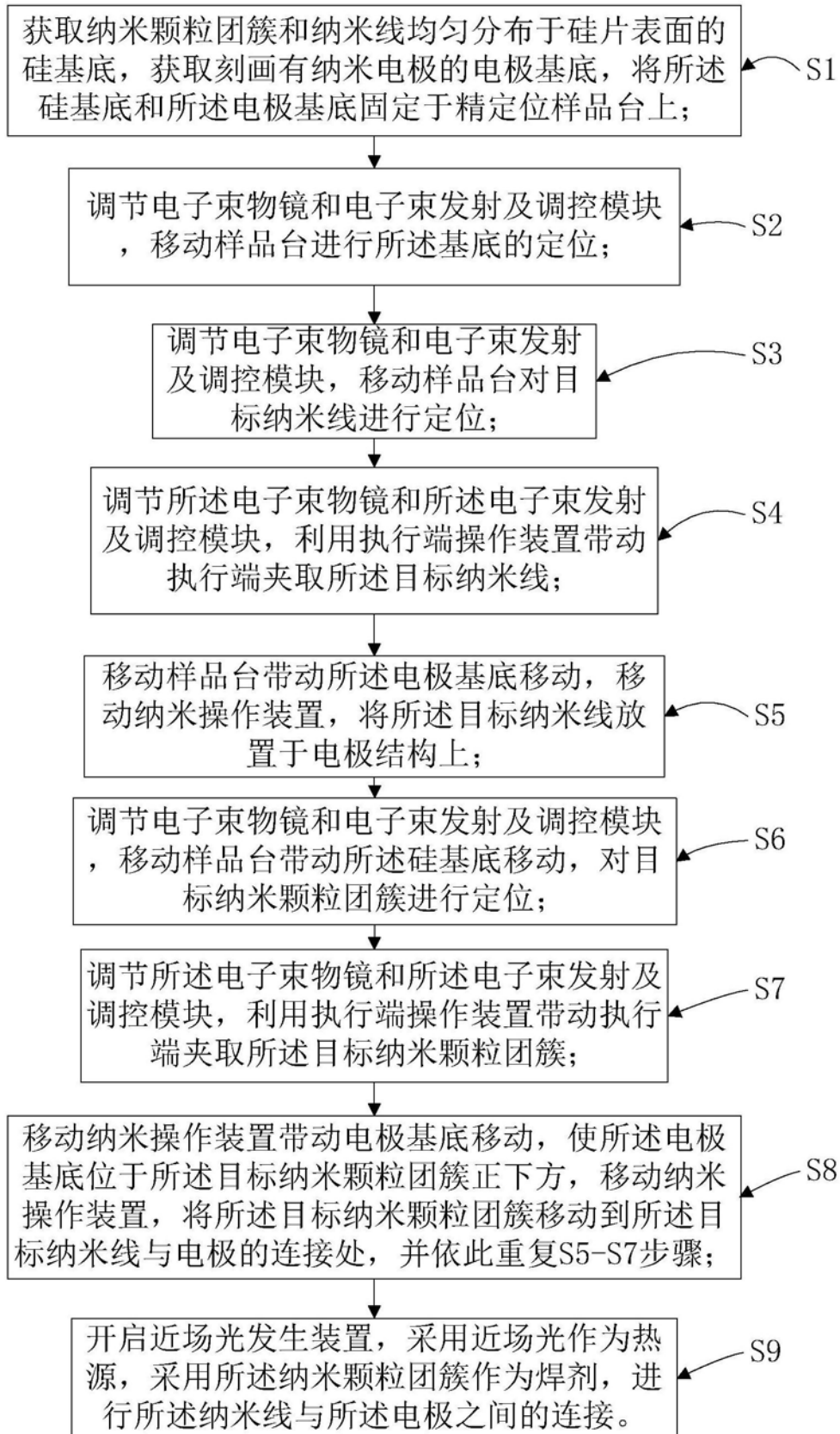


图22