

## (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  
2022年5月19日 (19.05.2022)



(10) 国际公布号  
**WO 2022/099437 A1**

(51) 国际专利分类号:  
*G01N 21/01* (2006.01) *C07K 1/00* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/127709

(22) 国际申请日: 2020年11月10日 (10.11.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 赵海涛 (ZHAO, Haitao); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 喻学锋 (YU, Xuefeng); 中国广东

省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 李龙 (LI, Long); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 何睿 (HE, Rui); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 北京市诚辉律师事务所 (BEIJING CHENGHUI LAW FIRM); 中国北京市朝阳区朝阳北路99号2号楼905, Beijing 100123 (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

(54) Title: FUNCTIONAL MATERIAL AUTOMATION PLATFORM BASED ON ROBOT AND MATERIAL INTERFACE GENETIC ENGINEERING

(54) 发明名称: 基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台

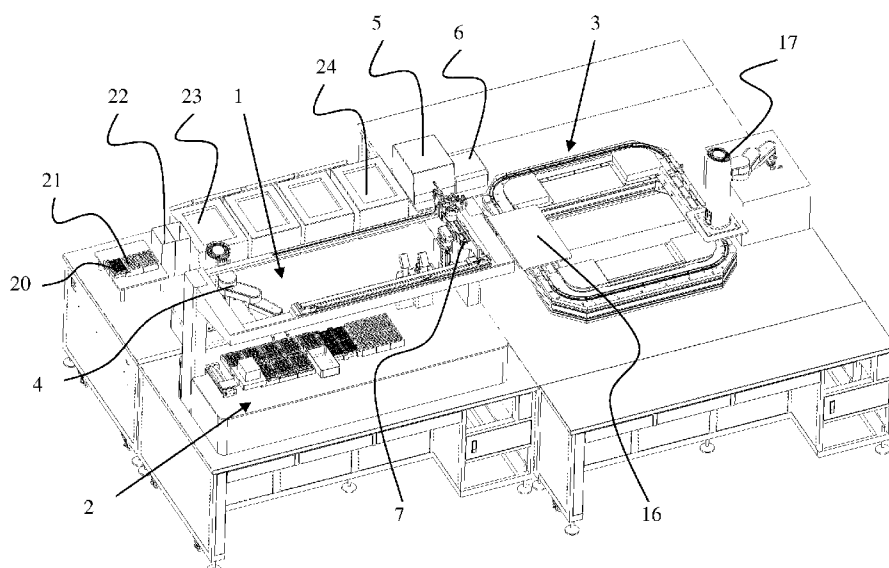


图1

(57) Abstract: A functional material automation platform based on a robot and material interface genetic engineering. The platform comprises: a first operation area, a second operation area, a third operation area, a first manipulator, a second manipulator and a third manipulator, wherein the first manipulator transfers materials between the three operation areas; the second manipulator is used for extracting, transferring and mixing materials in the second operation area; and the third manipulator is used for extracting, transferring and mixing materials in the third operation area.

[见续页]



WO 2022/099437 A1

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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))。
- 

**(57) 摘要:** 一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台, 包括第一操作区、第二操作区、第三操作区、第一机械手、第二机械手、第三机械手; 第一机械手将物料在三个操作区之间进行转移; 第二机械手用于将第二操作区内的物料进行提取、转移和混合; 第三机械手用于将第三操作区内的物料进行提取、转移和混合。

## 基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台

### 技术领域

本发明涉及高端装备制造、新材料、智能制造、新一代信息技术及生物技术领域，尤其涉及一种机器人与数字制造相结合的新型高性能能源环保、生物医药与电子信息相关领域功能材料结构设计、制备与评价不同功能分区的“岛”及其整体平台。

### 背景技术

目前，高性能材料的能源环保、生物医药与电子信息相关领域生物化学合成与制备仍然是劳动密集型的，一些制备方法和步骤存在错误或模糊性，因此，需要将新材料研发由“科学直觉与试错”的传统模式向“理论预测结合实验验证”的新模式转变，全面提高功能材料从发现到应用的速度，降低成本。

另外，功能材料传统研发过程成本高、耗时长，对实验的效率和可重复性都有很高的要求，实验的低效和浪费将是对研究成本和人才的极大消耗。若只依赖于人工手动操作不仅耗费时间、体力，更容易产生误差，这将很大程度影响实验结果的可重复性。另一方面，传统的方法在预测材料的特性与成分，加工条件等关系上，有明显的不足。此外，一些有毒性的固体试剂在提取和称样的过程中存在很大的风险，不仅可能对实验人员造成伤害，更将对环境造成不可控的污染。

随着 21 世纪信息科学的蓬勃发展，数据密集型科学发现（Data-intensive Scientific Discovery）正成为“第四研究范式”。探索第四范式与高端装备制造、新材料、智能制造、新一代信息技术、和生物等技术领域的交叉融合，将为生物医药与电子信息等领域关键科学问题的解决以及“卡脖子”技术的突破提供全新的方法论。传统生物医药与电子信息等领域的功能材料研发需经历海量分子的合成与测试，是研发的关键瓶颈之一。

因此，结合目前学科发展的最前沿技术，开发“人-人工智能-机器人”协

作的基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台；机器人化学家数字化自动化多功能平台；数字化生物化学功能材料制备智能岛意义重大，将开启新型功能材料在能源环保、电子信息、和生物医学技术、及其交叉领域的快速发展，为能源、信息、高端装备制造和人类健康等战略性新兴产业的发展提供坚实的理论基础和技术支撑，促进生物化学材料合成云端化，IT化，数据化，AI化，自动化，服务高性能材料数据要素市场的建立。

## 发明内容

本发明的目的在于提供一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，解决了现有技术中存在的高性能材料的生物化学合成与制备劳动密集型、方法和步骤存在错误或模糊性，缺乏数字化规范性的问题，实现数字化“设计—测试—表征—学习—再设计”新型功能材料迭代创新。

本发明解决上述问题的技术方案是：一种数字化高性能能源环保、生物医药与电子信息相关领域功能材料的结构设计、制备与评价自动化平台，其特殊之处在于：

包括第一操作区、第二操作区、第三操作区、第一机械手；

所述第一操作区包括存储区、温控区、分析区、离心区；

第二操作区包括第二机械手、光照区、制备区、反应区、振动区、移液头收集区、移液头放置区、原料盒和底物盒；

第三操作区包括交互区、第三机械手；

第一机械手用于将物料在第一操作区、第二操作区、第三操作区之间进行转移；

所述第二机械手用于将第二操作区内的物料进行提取、转移和混合；

第三机械手用于将第三操作区内的物料进行提取和转移。

进一步地，还包括监测装置，监测装置设置在第一操作区、第二操作区的下部，监测装置包括相机及运动装置，所述运动装置带动相机移动。

进一步地，还包括上位机，所述上位机控制第一机械手、第二机械手、第三机械手进行动作，上位机与监测装置连接，用于获取监测装置采集的图像信息。

进一步地，上述存储区包括移液头存储区、底物存储区和废弃物存储区。

进一步地，上述温控区包括恒温区和室温区，恒温区包括恒温箱，恒温箱包括恒温箱，恒温箱采用第一气缸来控制开启和关闭。

进一步地，上述第一机械手包括移动底座、旋转机构、竖直运动机构、伸缩机构以及夹爪；

旋转机构固定在在移动底座上，竖直运动机构设置在旋转机构上，伸缩机构设置在竖直运动机构上，夹爪固定在伸缩机构的末端。

移动底座带动旋转机构进行移动，旋转机构带动其上设置的竖直运动机构、伸缩机构进行角度调整，竖直运动机构带动伸缩机构上下运动使其达到预设高度，伸缩机构带动夹爪抓取物料，然后再进行转移。

进一步地，上述第三机械手与第一机械手的结构相同。

进一步地，所述第二机械手包括三轴机构以及设置在三轴机构上的物料提取装置，所述物料提取装置用于将第二操作区内的物料进行提取和转移；

三轴机构包括x方向运动机构、y方向运动机构和z方向运动机构，z方向运动机构包括固定板，物料提取装置设置在固定板上。

进一步地，物料提取装置的数量至少有两个，物料提取装置包括移动杆、移动气缸和移液枪，所述移动杆和移动气缸固定在固定板上，移动气缸带动移动杆上下运动，移液枪设置在移动杆的末端。

进一步地，光照区包括UV灯，制备区和反应区上部设有无影灯。

进一步地，上述振动区的底部设有振动马达。

进一步地，上述光照区、制备区、反应区、振动区上设有若干个透明的多孔反应板，所述多孔反应板上设有若干反应孔。

进一步地，上述原料盒用于放置不同的原液和/或原料，所述原料盒呈透明长方体状，且所述原料盒上端开口。

进一步地，上述废弃物存储区包括废料收集区槽，所述废料收集槽呈矩形。

本发明的优点：

本发明采用机械手代替操作人员进行物料提取、样品制备，大大减小了操作人员的劳动强度，节省了时间，并且能提高实验的准确性；

本发明可采用上位机对各运动机构、监测机构进行控制，避免操作人员在实验过程中受到伤害；

本发明通过装置进行高通量（即短时间内大量重复进行操作）的试验，从而节省了成本以及耗时，使原本需要数年乃至数十年才能完成的功能材料研发缩短至数月；

本发明还可以通过各分区模块的自由组合，从而实现不仅可以对生物医药进行研发，还可以对电子信息以及能源环保等方面的材料进行研发，以及提供指导数据。

## 附图说明

图 1 为本发明基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台 的整体结构图；

图 2 为图 1 的另一个方向视图；

图 3 为本发明的操作流程图中；

图 4 为图 1 中第二操作区结构图；

图 5 为图 4 另一个方向视图；

图 6 为图 1 中物料提取装置结构图；

图 7 为图 1 中监测装置结构图；

图 8 为图 1 中第一机械手结构图；

图 9 为图 1 中光照区结构图；

图 10 为图 1 中恒温区结构图。

1、第一操作区，2、第二操作区，3、第三操作区，4、第一机械手，5、分析区，6、离心区，7、第二机械手，8、光照区，9、制备区，10、反应区，11、振动区，12、移液头收集区，13、移液头放置区，14、原料盒，15、底物盒，16、交互区，17、第三机械手，18、相机，19、运动装置，20、移液头存储区，21、底物存储区，22、废弃物存储区，23、恒温区，24、室温区，25、移动底座，26、旋转机构，27、竖直运动机构，28、伸缩机构，29、夹爪，30、x方向运动机构，31、y方向运动机构，32、z方向运动机构，33、固定板，34、移动杆，35、移动气缸，36、移液枪，37、振动马达，38、多孔反应板，39、恒温箱盖，40、第一气缸，41、UV灯，42、同步带，43、电机，44、第二气缸，45、U型轨道，46、冰箱。

### 具体实施方式

为使本发明实施方式的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施方式中的附图，对本发明实施方式中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施方式是本发明一部分实施方式，而不是全部的实施方式。基于本发明中的实施方式，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方式，都属于本发明保护的范围。因此，以下对在附图中提供的本发明的实施方式的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围，而是仅仅表示本发明的选定实施方式。

参见图1-图3，一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，包括桌面平台，桌面平台上设有第一操作区1、第二操作区2、第三操作区3、第一机械手4、监测装置。所述第一操作区1包括存储区、温控区、分析区5、离心区6；第二操作区2包括第二机械手7、光照区8、制备区9、反应区10、振动区11、移液头收集区12、移液头放置区13、原料盒14和底物盒15；第三操作区3包括交互区16、第三机械手17。第一机械手4用于将物料在第一操作区1、第二操作区2、第三操作区3之间进行转移；所述第二机械手7用于将第二操作区2内

的物料进行提取、转移和混合；第三机械手17用于将第三操作区3内的物料进行提取、转移和混合。

桌面平台的底部设有滚轮，方便进行移动。

作为本发明的一个优选实施例，还包括上位机，所述上位机控制第一机械手4、第二机械手7、第三机械手17进行动作，上位机与监测装置连接，用于获取监测装置采集的图像信息。上位机可以是计算机，其获取、存储和显示其获取的信息。上位机包括智能控制分析中心，对监测装置、分析区5所采集的数据上传至其内的数据库并通过软件进行计算、分析以及机器学习，并按照软件内预设模型输出计算结果，实现高通量的试验。

作为本发明的一个优选实施例，参见图1-3和图10，所述存储区包括移液头存储区20、底物存储区21和废弃物存储区22。

所述温控区包括恒温区23和室温区24。恒温区23包括三个恒温箱，可以同时样品进行不同温度的测试。恒温箱内设有温度调节装置和温度传感器，温度传感器获取恒温箱的温度参数后传送至上位机，上位机通过温度调节装置对恒温箱的温度进行调节。恒温箱的恒温箱盖39采用气缸进行控制，气缸对其进行打开或关闭。

所述光照区8、制备区9、反应区10、振动区11上设有若干个透明的多孔反应板38，所述多孔反应板38上设有若干反应孔，孔反应板38可以采用96孔板。所述原料盒14用于放置不同的原液和/或原料，所述原料盒14呈透明长方体状，且所述原料盒14上端开口；废弃物存储区22包括废料收集区槽，所述废料收集槽呈矩形。分析区5包括酶标仪。

参见图8，作为本发明的一个优选实施例，所述第一机械手4包括移动底座25、旋转机构26、竖直运动机构27、伸缩机构28以及夹爪29。旋转机构26固定在移动底座25上，竖直运动机构27设置在旋转机构26上，伸缩机构28设置在竖直运动机构27上，夹爪29固定在伸缩机构28的末端。



移动底座25的动力装置和传动装置可以采用电机带动滚轮的形式实现；旋转机构26采用步进电机实现转动角度的精确控制；竖直运动机构27采用直线电机来实现，其定子垂直设置在旋转机构26上，动子座与伸缩机构28相连接；伸缩机构28包括三个转臂，相邻两个转臂处通过一个步进电机相连，以控制转动精度，夹爪29与最后一个转臂连接。

第一机械手4用于将第一操作区、第二操作区2、第三操作区3内的移液头、底物、原料、样品等进行转移。例如，第一机械手4利用气夹爪29将第二操作区2内制备区9内的样品转移至第三操作区3的交互区。

参见图1和图2，第三机械手17的结构和第一机械手4的结构类似，不同的是，其移动底座在预设的U型轨道45上进行移动，第三操作区3上还设置贴膜机或者冰箱46等设备，第三机械手17用于将交互区16的物品进行转移，已送至贴膜机贴膜或者冰箱46进行存储。

作为本发明的一个实施例，参见图4和图5，所述第二机械手7包括三轴机构以及设置在三轴机构上的物料提取装置，所述物料提取装置用于将第二操作区2内的物料进行提取和转移。三轴机构包括x方向运动机构30、y方向运动机构31和z方向运动机构32，z方向运动机构32包括固定板33，物料提取装置设置在固定板33上。

三轴机构设置在一个框架上，框架位于第二操作区2上部，x方向运动机构30、y方向运动机构31和z方向运动机构32均采用直线电机，x方向运动机构30的定子导轨设置在框架上，动子座上设置y方向运动机构31，为增加稳定性，框架上还设有一个与定子导轨平行的导轨，y方向运动机构31的定子导轨与x方向运动机构30的定子导轨垂直设置，z方向运动机构32的定子导轨固定在y方向运动机构31的动子座上，物料提取装置通过固定板33固定在z方向运动机构32的动子座上。

参见图4和图6，作为本发明的一个优选实施例，为提高移液的效率，缩短实验时间，物料提取装置的数量至少有两个，物料提取装置包括移动杆34、移

动气缸35和移液枪36。所述移动杆34和移动气缸35固定在固定板33上，移动气缸35带动移动杆34上下运动，移液枪36设置在移动杆34的末端。

根据需要，可以通过移动气缸35对不使用的移液枪进行上移，避免移液枪左右移动时，未使用的移液枪干涉实验。当需要多个移液枪时，通过移动气缸35将移液枪36进行下移。

参见图9，作为本发明的一个优选实施例，所述光照区8包括365nm的UV灯41和多孔反应板，UV灯41位于多孔反应板之上，且UV灯41与第一气缸40的伸缩杆连接，伸缩杆带动UV灯41在其对应的多孔反应板上前后移动，用于提供UV光照。

作为本发明的一个优选实施例，所述振动区11包括多孔反应板，其底部设有振动马达37，振动马达37振动，加速液体混合，缩短试验所需时长。

参见图4和图7，作为本发明的一个优选实施例，监测装置设置在第一操作区1、第二操作区2的下部，监测装置包括相机18及运动装置19，所述运动装置19带动相机18移动。第一操作区1、第二操作区2的上部设有无影灯。无影灯可以使得拍照时所述多孔反应板的反应孔之间不会因为光线的差别而使得各个反应孔拍照时光线互相影响而造成照片成像会呈现较多阴影的情况，通过无影灯将原本的阴影覆盖而使得实时拍摄出的照片更加清晰，同时也更加便于后台的智能控制分析中心对所述多孔反应板内产生的颜色反应进行区分，从而更加便于进行机器学习。

以第二操作区2的下部的监测装置为例，运动装置19包括横向移动机构和纵向移动机构，纵向移动机构设置在底板上，横向移动机构设置在纵向移动机构上。纵向移动机构包括第二气缸44，横向移动机构包括电机43，电机43带动同步带42转动，同步带带动相机18移动，第二气缸44带动横向移动机构前后移动。相机18采用500w彩色相机，镜头为定焦镜头，不会随图像亮度的改变而改变焦距，以保证图像之间的可比较性，同时配置抗畸变镜头。

实施例1：

使用本发明用于MOFs蛋白的制备

第一步：利用第一机械手4将配体A，B和C溶液各1000 $\mu$ l，五种金属离子（ $\text{Cu}^{2+}$ ， $\text{Zn}^{2+}$ ， $\text{Co}^{2+}$ ， $\text{Ni}^{2+}$ 和 $\text{Cd}^{2+}$ ）各1000 $\mu$ l，酶溶液500 $\mu$ l转移到原料盒14储存区的96孔深孔板中，作为原料区母液。

第二步：利用第二机械手7吸取并转移原料盒14内五种金属离子（ $\text{Cu}^{2+}$ ， $\text{Zn}^{2+}$ ， $\text{Co}^{2+}$ ， $\text{Ni}^{2+}$ 和 $\text{Cd}^{2+}$ ）置于制备区9的96孔板中，重复3次。

第三步：利用第二机械手7吸取并转移酶溶液50  $\mu$ l置于与第二步制备区每一个相同孔位置。

第四步：利用第二机械手7吸取并转移配体A，B和C溶液各50  $\mu$ l置于制备区9的96孔板中，与金属离子混合，确保三种配体与每一种金属离子充分混合并反应，通过机器手臂移动到振动区震荡。

第五步：电机43启动，带动相机18拍照观察不同制备区9中96孔板中溶液颜色变化。

第六步：利用第二机械手7将50ul丁香醛连氮，10ul缓冲液一次转移到反应区10的96孔板同一孔中，重复15次。

第七步：利用第二机械手7将步骤四产生的15种反应液吸取并转移至第六步反应区10的15个孔中充分混合。

第八步：利用第一机械手4将步骤七的96孔板转移至分析区5的酶标仪中，进行数据分析和动力学监测。

第九步：从酶标仪导出数据进行酶活性分析。

第十步：利用第一机械手4转移96孔板剩余的反应液至离心区6离心分离，随后对固体进行评价分析。

以上步骤根据需要通过移液枪36吸取不同液体之后均会移至移液头存储区20更换枪头。

实施例2：

1. 第二机械手7操作移液枪36分别吸取底物盒15中1-10ml  $\text{PbX}_2$ 和CsX的饱和DMF溶液（X=F, Cl或者Br），加入到原料盒14中的前驱液样品槽中。
2. 第二机械手7操作移液枪36吸取底物盒15中长碳链有机酸（含碳量10-20）和长碳链小分子胺（含碳量10-20），吸取体积在0.1-2ml之间，加入到原料盒14中的前驱液样品槽中。
3. 第二机械手7操作移液枪36反复吸取-释放原料盒15中的前驱液样品，使其混合均匀。
4. 第二机械手7操作移液枪36吸取溶剂（包括但不限于甲苯、氯仿、正己烷、乙酸乙酯等）加入到振动区11的96孔板中，加料体积在1-20ml之间，作为不良溶剂用于后续钙钛矿量子点制备。
5. 振动马达37开启振动模式，第二机械手7操作移液枪吸取原料盒中的前驱液0.1-1ml，以预设速度加入到不良溶剂中，快速合成钙钛矿量子点。
6. 每隔一分钟，停止振动次，使用相机18在可见光下对材料进行拍摄，然后第一机械手4将96孔板放置在UV灯41光照区，使用相机18在365-395nm波长范围内对材料进行拍摄。
7. 每次拍摄完成后第一机械手4将96孔板放回震动区继续震动反应，总计反应时间为30分钟。
8. 反应结束后第一机械手4将96孔板放入酶标仪中，对材料的吸光性能进行测试。
9. 完成全部测试后，第一机械手4将96孔板转移至交互区16，第三机械手17将对96孔板进行贴膜密封，并将样品放入冰箱46中保存。
10. 随后，上位机中的智能运算系统将对拍摄相片进行数字化分析，将拍摄的所有信息转换为数据并进行图表化处理，获得样品发光和吸光性能随时间的变化曲线，以及不同材料之间性能差异。
11. 同时，上位机中的智能图像处理系统将对图片进行剪切拼接，将同一样品不同时间的图片进行汇总横向排列，以及将不同样品汇总图进行纵向排列，

形成一张材料发光随时间变化的颜色矩阵，便于更加直观地对样品变化规律进行总结分析。

注：整个操作过程均由上位机控制机械手根据设定程序自动完成，每次通过移液枪吸取不同液体之后均会移至移液头存储区20更换枪头。

本申请重点研究以上位机控制自动化平台实现功能材料自动化制备技术及装置，通过二者的顶层设计和交互联动，初步实现类似“身体”和“大脑”的配合，赋能功能材料自动化制备技术及装置（“数字机体”），具体研究内容与技术路线如下：

采用上位机作为“大脑”，有效利用已有材料大数据库（例如，Materials Project 和 CCDC 等）和针对性开发数据挖掘程序，应用机器学习实现数据驱动材料初步筛选；利用 VASP 和 CP2K 等量子化学计算程序并开发高通量计算程序，选用催化体系适用的描述符（Descriptor），实现高通量计算筛选并建数据库；构建晶型晶相预测数学模型（例如逆 Wulff 模型等），实现模拟预测 SEM 和 TEM 衍射斑点图谱并建数据库；设计有效的材料界面原位快速表征实验（例如原位拉曼等），实现功能材料界面特征研究并建数据库；进一步拓展高通量理论计算-高通量原位表征实验-功能材料界面基因组专有数据库及机器学习分析平台。

以本申请功能材料自动化制备平台作为“身体”，在功能材料界面基因组工程指导下，拓展工业 4.0 方法在功能材料制备技术的创新应用，在“新基建”建设的大背景下，整合机械、电子、信息等多领域的技术成果，通过设计桌面机械手臂/机器人，初步搭建移液、搅拌、振动、加热、煅烧、视频监控等自动化模块，实现不同功能材料高通量、高精度、高产量自动化制备，搭建不同工序流水线模块化的桌面机器人功能材料自动化制备装置。

通过“身体”和“大脑”的配合，实现功能材料自动化制备技术及装置（“数字机体”），基于智能化、自动化及高通量装置，结合设计与机器学习的深度研发，融合功能材料界面基因组并赋能自动化制备平台，“身体”进行高通量实验数据补充“大脑”，快速、低成本、多循环地完成“设计—表征—测试—学

习一再设计”的闭环，实现功能材料自动化制备模块化装置“数字机体”特定功能材料的理性设计、可控合成和迭代创新。

本发明采用机械手代替操作人员进行物料提取、样品制备，大大减小了操作人员的劳动强度，节省了时间，并且能提高实验的准确性；本发明可采用上位机对各运动机构、监测机构进行控制，避免操作人员在实验过程中受到伤害；本发明通过装置进行高通量（即短时间内大量重复进行操作）的试验，从而节省了成本以及耗时，使原本需要数年乃至数十年才能完成的功能材料研发缩短至数月；本发明还可以通过各分区模块的自由组合，从而实现不仅可以对生物医药进行研发，还可以对电子信息以及能源环保等方面的材料进行研发，以及提供指导数据。

以上所述仅为本发明的实施例，并非以此限制本发明的保护范围，凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的系统领域，均同理包括在本发明的保护范围内。

## 权利要求书

1、一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，其特征在于：

包括第一操作区（1）、第二操作区（2）、第三操作区（3）、第一机械手（4）；

所述第一操作区（1）包括存储区、温控区、分析区（5）、离心区（6）；第二操作区（2）包括第二机械手（7）、光照区（8）、制备区（9）、反应区（10）、振动区（11）、移液头收集区（12）、移液头放置区（13）、原料盒（14）和底物盒（15）；第三操作区（3）包括交互区（16）、第三机械手（17）；

第一机械手（4）用于将物料在第一操作区（1）、第二操作区（2）、第三操作区（3）之间进行转移；

所述第二机械手（7）用于将第二操作区（2）内的物料进行提取、转移和混合；

第三机械手（17）用于将第三操作区（3）内的物料进行提取、转移和混合。

2、根据权利要求1所述的一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，其特征在于：

还包括监测装置，监测装置设置在第一操作区（1）、第二操作区（2）的下部，监测装置包括相机（18）及运动装置（19），所述运动装置（19）带动相机（18）移动。

3、根据权利要求2所述的一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，其特征在于：

还包括上位机，所述上位机控制第一机械手（4）、第二机械手（7）、第三机械手（17）进行动作，上位机与监测装置连接，用于获取监测装置采集的图像信息。

4、根据权利要求1-3任一所述的一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，其特征在于：

所述存储区包括移液头存储区（20）、底物存储区（21）和废弃物存储区（22）。

5、根据权利要求1-3任一所述的一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，其特征在于：

所述温控区包括恒温区（23）和室温区（24），恒温区（23）包括恒温箱，恒温箱包括恒温箱39，恒温箱39采用第一气缸（40）来控制开启和关闭。

6、根据权利要求1-3任一所述的一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，其特征在于：

所述第一机械手（4）包括移动底座（25）、旋转机构（26）、竖直运动机构（27）、伸缩机构（28）以及夹爪（29）；

旋转机构（26）固定在在移动底座（25）上，竖直运动机构（27）设置在旋转机构（26）上，伸缩机构（28）设置在竖直运动机构（27）上，夹爪（29）固定在伸缩机构（28）的末端。

7、根据权利要求1-3任一所述的一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，其特征在于：



所述第二机械手（7）包括三轴机构以及设置在三轴机构上的物料提取装置，所述物料提取装置用于将第二操作区（2）内的物料进行提取和转移；

三轴机构包括x方向运动机构（30）、y方向运动机构（31）和z方向运动机构（32），z方向运动机构（32）包括固定板（33），物料提取装置设置在固定板（33）上。

8、根据权利要求7所述的一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，其特征在于：

物料提取装置的数量至少有两个，物料提取装置包括移动杆（34）、移动气缸（35）和移液枪（36），

所述移动杆（34）和移动气缸（35）固定在固定板（33）上，移动气缸（35）带动移动杆（34）上下运动，移液枪（36）设置在移动杆（34）的末端。

9、根据权利要求1-3任一所述的一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，其特征在于：

所述光照区（8）包括UV灯（41），制备区（9）和反应区（10）上部设有无影灯，UV灯（41）与第一气缸（40）的伸缩杆连接，伸缩杆带动UV灯（41）前后移动，用于提供UV光照。

10、根据权利要求1-3任一所述的一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，其特征在于：

所述振动区（11）的底部设有振动马达（37）。

11、根据权利要求1-3任一所述的一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，其特征在于：

所述光照区（8）、制备区（9）、反应区（10）、振动区（11）上设有若干个透明的多孔反应板（38），所述多孔反应板（38）上设有若干反应孔。

12、根据权利要求1-3任一所述的一种基于机器人与材料界面基因工程的功能材料自动化平台，其特征在于：

所述原料盒（14）用于放置不同的原液和/或原料，所述原料盒（14）呈透明长方体状，且所述原料盒（14）上端开口；

废弃物存储区（22）包括废料收集区槽，所述废料收集槽呈矩形。

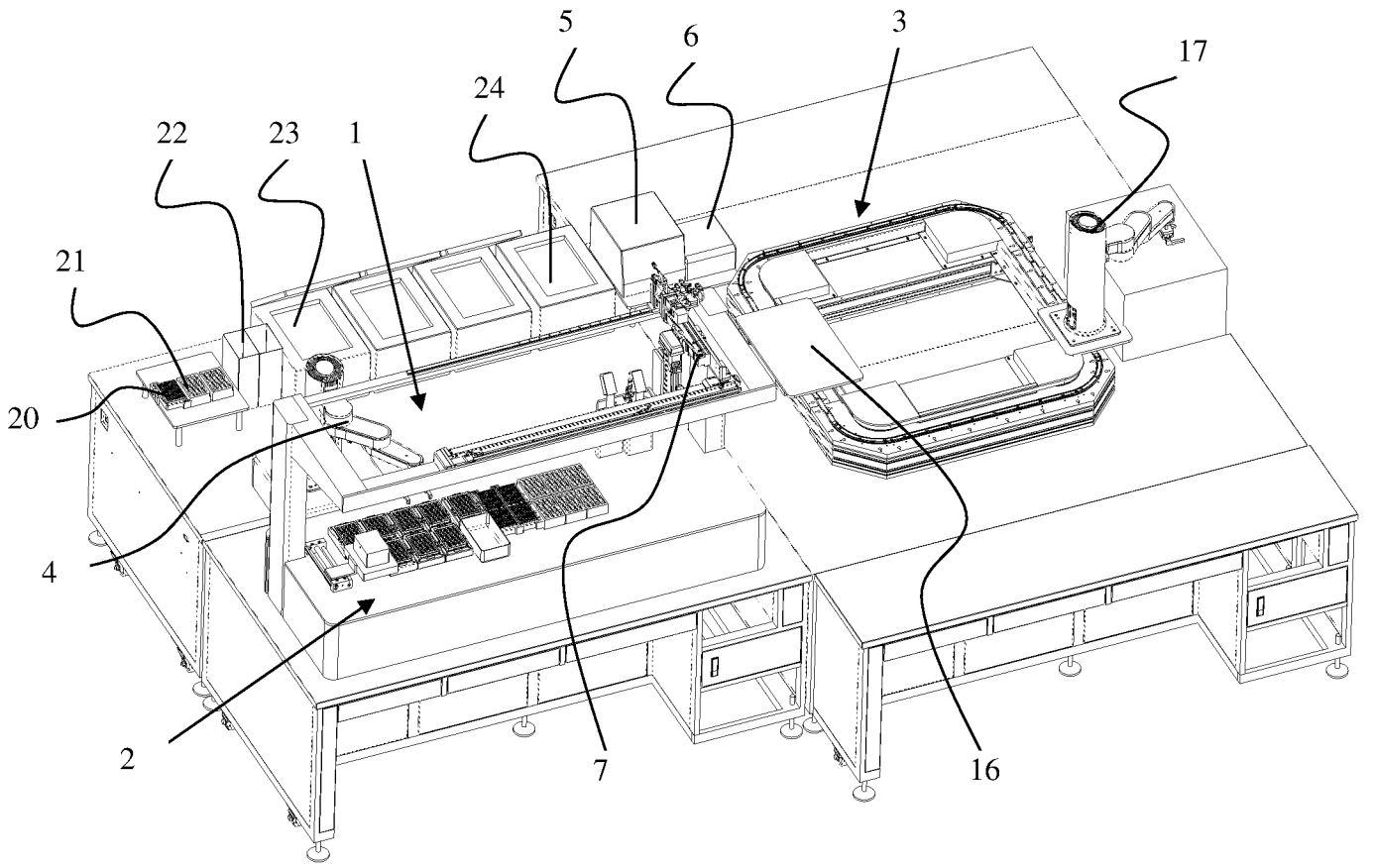


图1

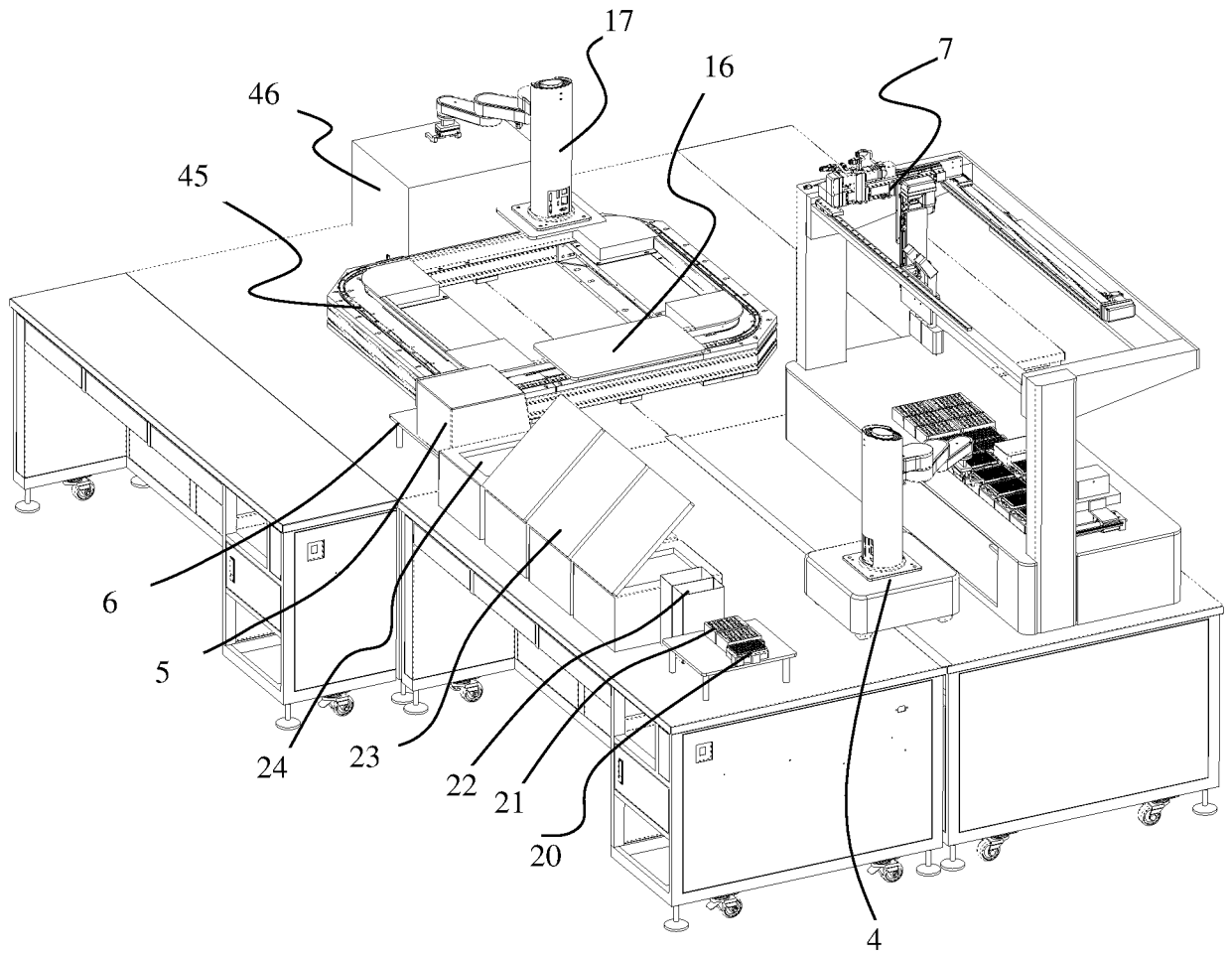


图2

整机主要运动由行走机械手+环形轨道机械手+移液区XYZ三轴+底部CCD相机的运动结构构成。

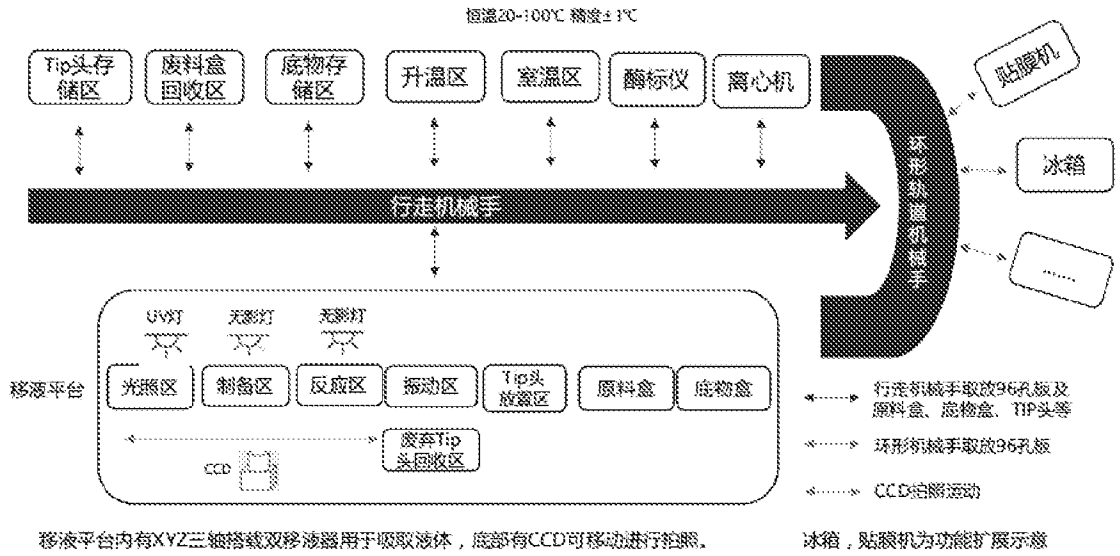


图3

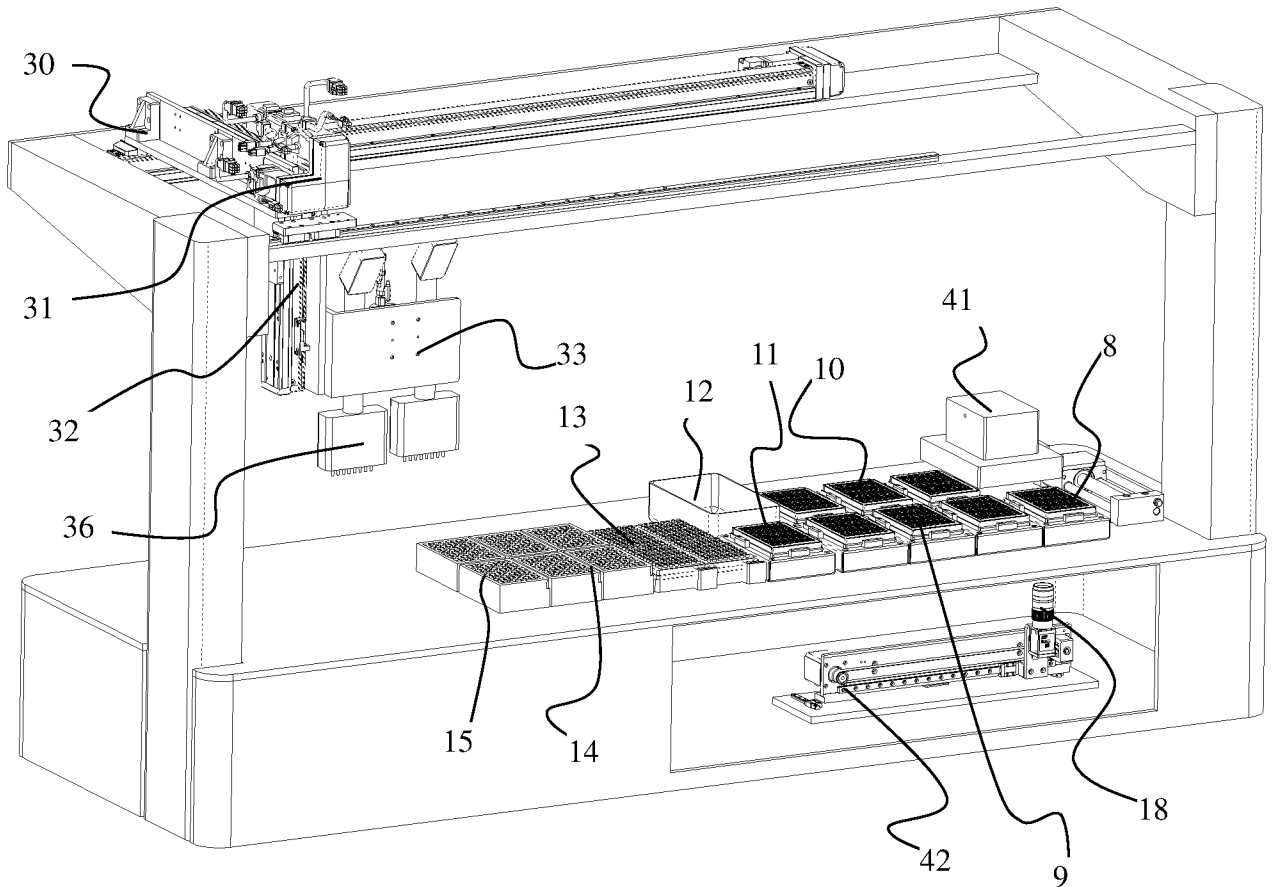


图4

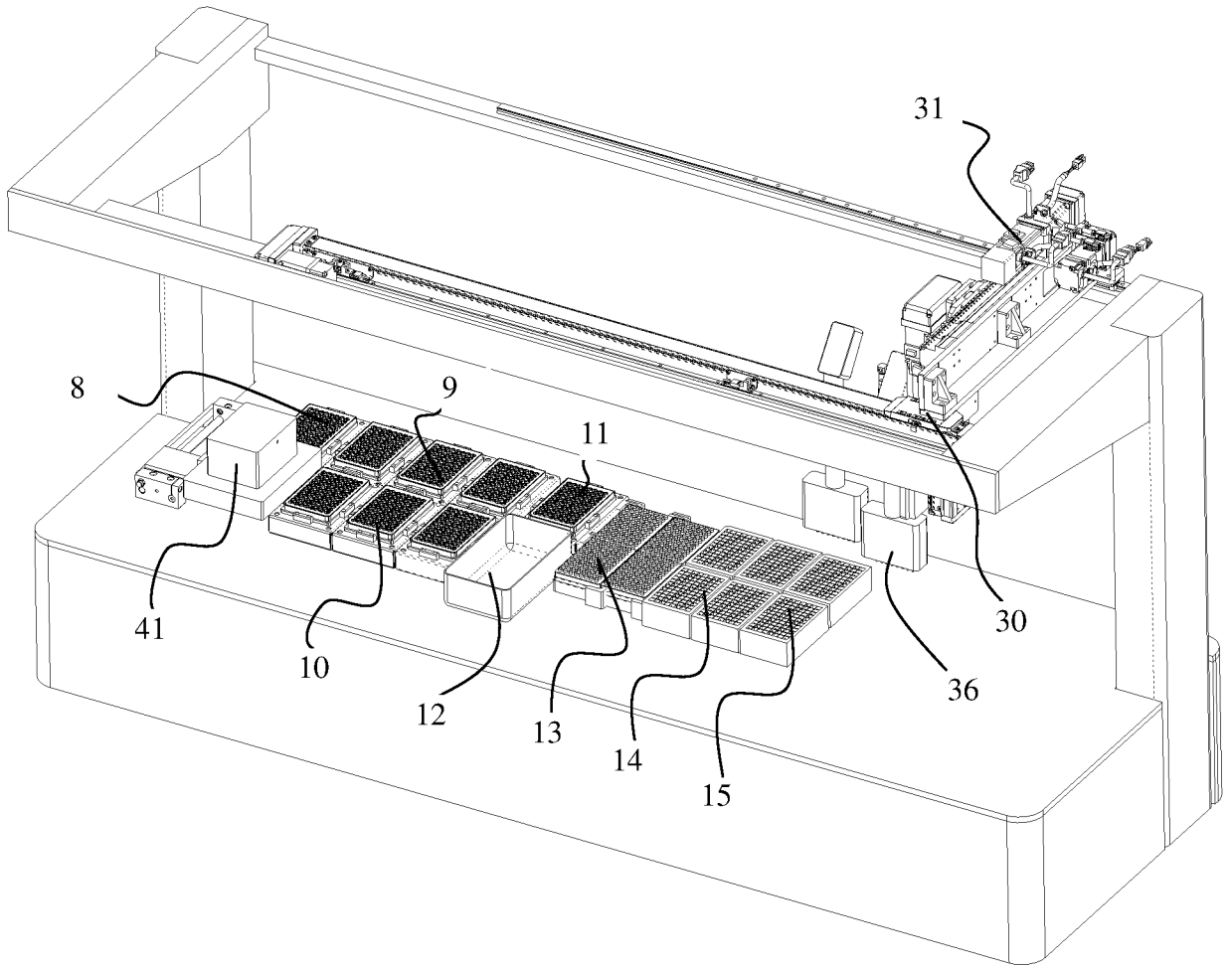


图5

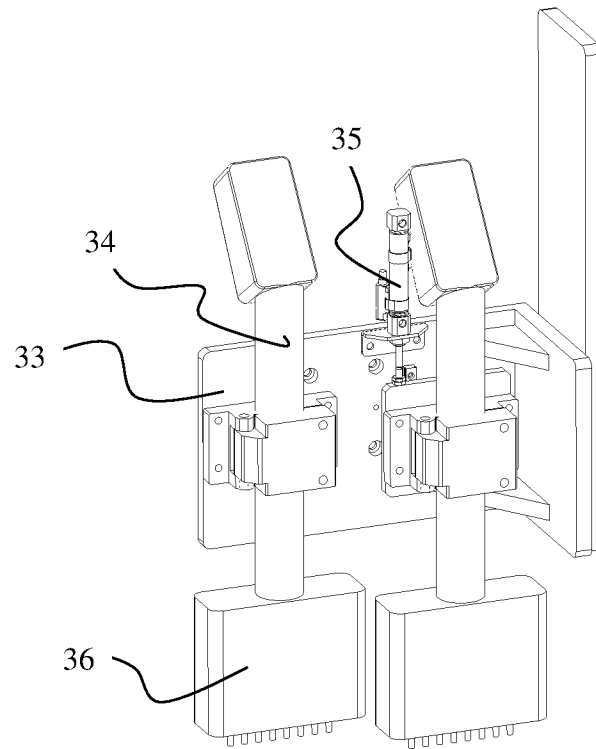


图6

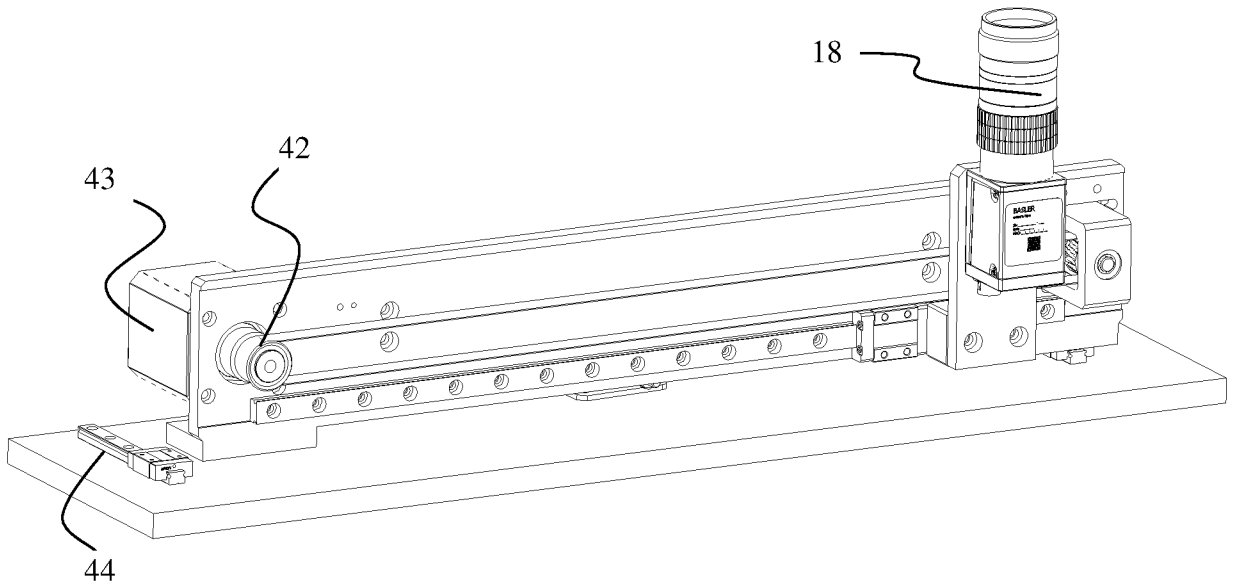


图7

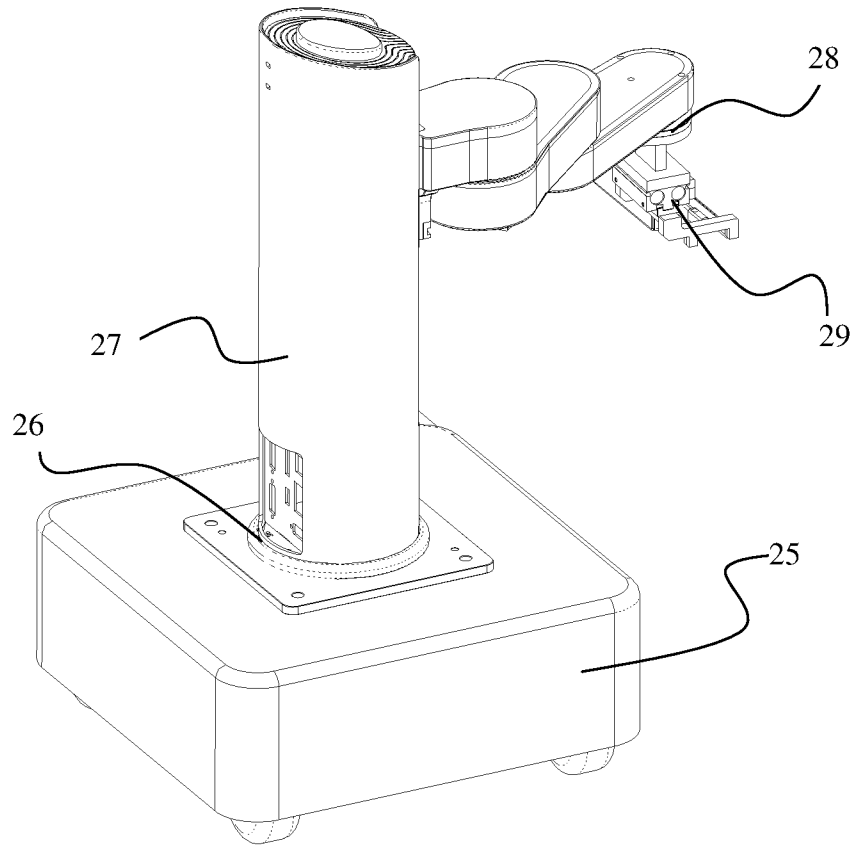


图8



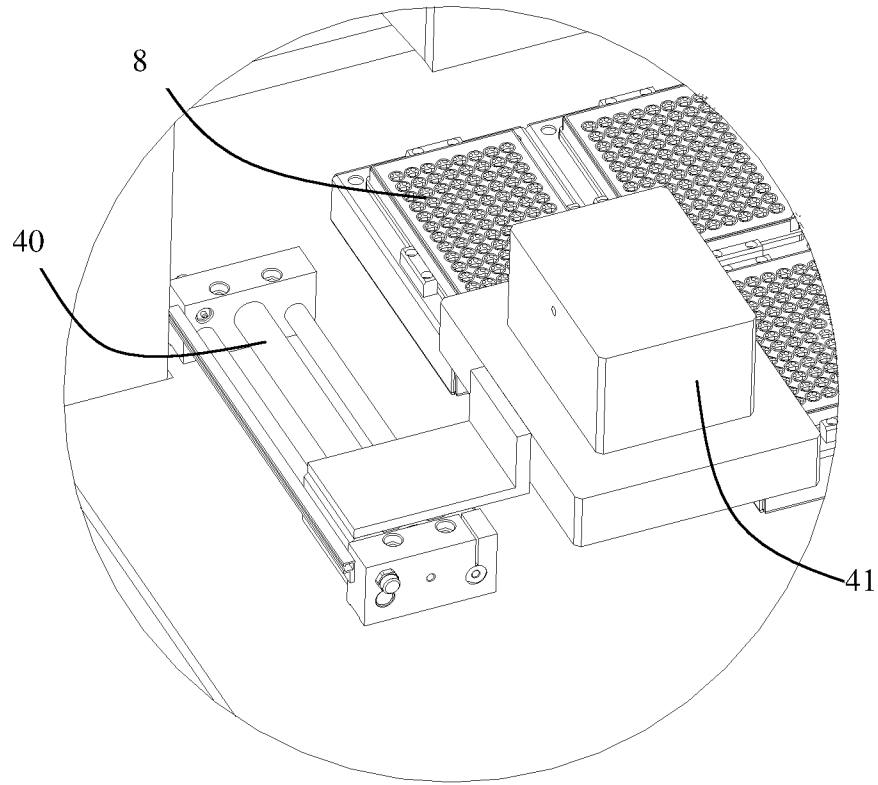


图9

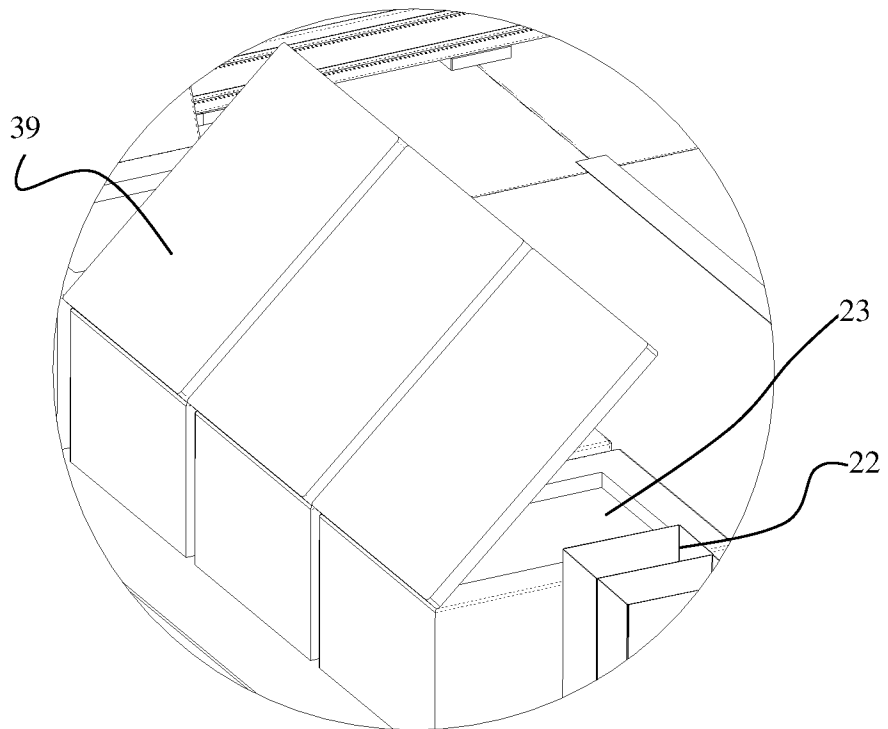


图10

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/127709

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
G01N 21/01(2006.01)i; C07K 1/00(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01N;C07K		
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, PubMed, CNKI, ISI Web of Knowledge, 自动, 合成, 平台, 机械臂, 机械手, 机器人, 光照, 紫外, 移液, 观察, 操作区, robot, auto, syntheti+, platform, mechanical arm, robot arm, UV, ultraviolet, pipette, space, area		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LI, Jiagen et al. "Toward "On-Demand" Materials Synthesis and Scientific Discovery through Intelligent Robots" <i>Adv. Sci.</i> , 03 February 2020 (2020-02-03), abstract, 2. System Architecture, figures 1-4, Additional Materials	1-12
A	CN 107144691 A (JIANGNAN UNIVERSITY) 08 September 2017 (2017-09-08) entire document	1-12
A	CN 111699242 A (SHANGHAI RENDU BIOTECHNOLOGY CO., LTD.) 22 September 2020 (2020-09-22) entire document	1-12
A	CN 110997147 A (MEON MEDICAL SOLUTIONS GMBH & CO., KG.) 10 April 2020 (2020-04-10) entire document	1-12
A	CN 111482212 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 04 August 2020 (2020-08-04) entire document	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>14 July 2021</b>		Date of mailing of the international search report <b>11 August 2021</b>
Name and mailing address of the ISA/CN <b>China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China</b> Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer  Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2020/127709**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 106257291 A (SHENZHEN MINDRAY BIO-MEDICAL ELECTRONICS CO., LTD.) 28 December 2016 (2016-12-28) entire document	1-12
.....		

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2020/127709**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	107144691	A	08 September 2017	US	2019004073	A1	03 January 2019
				CN	107144691	B	08 October 2019
CN	111699242	A	22 September 2020	JP	2021508250	A	04 March 2021
				WO	2019071450	A1	18 April 2019
				US	2020292565	A1	17 September 2020
CN	110997147	A	10 April 2020	BR	112020000403	A2	14 July 2020
				WO	2019010514	A1	17 January 2019
				EP	3651905	A1	20 May 2020
				EP	3769842	A1	27 January 2021
				CN	112014581	A	01 December 2020
				WO	2019010514	A9	09 May 2019
CN	111482212	A	04 August 2020	None			
CN	106257291	A	28 December 2016	None			

<b>A. 主题的分类</b> G01N 21/01(2006.01)i; C07K 1/00(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>B. 检索领域</b> 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01N;C07K  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, PubMed, CNKI, ISI Web of Knowledge, 自动, 合成, 平台, 机械臂, 机械手, 机器人, 光照, 紫外, 移液, 观察, 操作区, robot, auto, syntheti+, platform, mechanical arm, robot arm, UV, ultraviolet, pipette, space, area		
<b>C. 相关文件</b>		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	LI, Jiagen et al. "Toward "On-Demand" Materials Synthesis and Scientific Discovery through Intelligent Robots" Adv. Sci., 2020年 2月 3日 (2020 - 02 - 03), 摘要, 2. System Architecture, 附图1-4, 补充材料	1-12
A	CN 107144691 A (江南大学) 2017年 9月 8日 (2017 - 09 - 08) 全文	1-12
A	CN 111699242 A (上海仁度生物科技有限公司) 2020年 9月 22日 (2020 - 09 - 22) 全文	1-12
A	CN 110997147 A (迈恩医疗解决方案有限公司) 2020年 4月 10日 (2020 - 04 - 10) 全文	1-12
A	CN 111482212 A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2020年 8月 4日 (2020 - 08 - 04) 全文	1-12
A	CN 106257291 A (深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司) 2016年 12月 28日 (2016 - 12 - 28) 全文	1-12
<input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。		
<input checked="" type="checkbox"/> 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 "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	国际检索报告邮寄日期	
2021年 7月 14日	2021年 8月 11日	
ISA/CN的名称和邮寄地址	授权官员	
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	刘宝  电话号码 86-(10)-53962038	

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/127709

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	107144691	A	2017年 9月 8日	US	2019004073	A1	2019年 1月 3日
				CN	107144691	B	2019年 10月 8日
CN	111699242	A	2020年 9月 22日	JP	2021508250	A	2021年 3月 4日
				WO	2019071450	A1	2019年 4月 18日
				US	2020292565	A1	2020年 9月 17日
CN	110997147	A	2020年 4月 10日	BR	112020000403	A2	2020年 7月 14日
				WO	2019010514	A1	2019年 1月 17日
				EP	3651905	A1	2020年 5月 20日
				EP	3769842	A1	2021年 1月 27日
				CN	112014581	A	2020年 12月 1日
				WO	2019010514	A9	2019年 5月 9日
CN	111482212	A	2020年 8月 4日	无			
CN	106257291	A	2016年 12月 28日	无			