



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111286706 B

(45) 授权公告日 2022. 05. 03

(21) 申请号 201811489707.8

(22) 申请日 2018.12.06

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111286706 A

(43) 申请公布日 2020.06.16

(73) 专利权人 北京华业阳光新能源有限公司  
地址 100080 北京市海淀区成府路45号智  
造大街A座305

专利权人 北京启迪清洁能源科技有限公司

(72) 发明人 钟洪伟 刘奎 陈年庚 赵娟  
刘子毓

(74) 专利代理机构 北京科龙寰宇知识产权代理  
有限责任公司 11139

代理人 孙皓晨 李林

(51) Int.Cl.

G23C 14/35 (2006.01)

G23C 14/56 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101343726 A, 2009.01.14

CN 102181839 A, 2011.09.14

CN 105316635 A, 2016.02.10

CN 200996042 Y, 2007.12.26

CN 201695080 U, 2011.01.05

US 6336999 B1, 2002.01.08

审查员 刘欣蕊

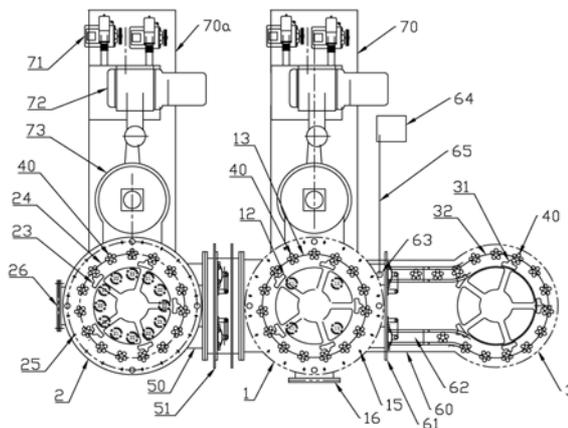
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法

(57) 摘要

本发明提供一种双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,具有第一镀膜室、第二镀膜室、室外装卸工位以及集热管小车,所述第一镀膜室的真空腔体内设有若干根直流磁控溅射靶,所述第二镀膜室设有数根直流磁控溅射靶与数根中频磁控溅射靶;通过在第一镀膜室完成红外反射涂层镀膜工艺,在第二镀膜室完成选择性吸收涂层镀膜工艺,周而复始地高效完成镀膜工作;在工作过程中,第二镀膜室始终保持真空,而第一镀膜室在破真空时使用干燥空气来填充,有效避免了湿空气、污染物影响镀膜质量。



1. 一种双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其特征在于,该方法采用双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜设备,该双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜设备由第一镀膜室、第二镀膜室、室外装卸工位以及集热管小车组成,所述第一镀膜室的真空腔体内设有若干根直流磁控溅射靶,所述第二镀膜室设有数根直流磁控溅射靶与数根中频磁控溅射靶;所述方法包括如下步骤:

初始状态:在第一镀膜室、第二镀膜室以及室外装卸工位中各设置有集热管小车,第一镀膜室中设置的是已完成所有镀膜工艺的已完成集热管,第二镀膜室中设置的是已完成红外反射涂层镀膜工艺的半完成集热管,室外装卸工位中设置的是未完成任何镀膜工艺的待镀集热管;第一镀膜室与第二镀膜室之间保持不连通,第一镀膜室与室外装卸工位也保持不连通;

(1) 向第一镀膜室的真空腔室内充入干燥气体,使第一镀膜室内气压保持高于外部环境的正压状态;当第一镀膜室的室内压力大于室外压力时,将第一镀膜室与室外装卸工位切换为连通状态,并将第一镀膜室内的集热管小车与室外装卸工位中的集热管小车相互交换;已完成集热管进入室外装卸工位后取下,然后装上新的待镀集热管;

(2) 将第一镀膜室与室外装卸工位切换为不连通状态,将第一镀膜室的真空腔室抽真空至设定真空条件,向第一镀膜室的真空腔室充入设定氩气流量,然后开启第一镀膜室内的所述若干根直流磁控溅射靶的电源,进行第一镀膜室的集热管表面金属红外反射涂层的镀膜步骤;

(3) 在第(1)、(2)步骤进行的同时,第二镀膜室在保持处于抽真空状态下进行如下分步骤:

(3.1) 先使用所述数根直流磁控溅射靶和数根中频磁控溅射靶,在具有金属红外反射涂层的半完成集热管的表面共溅形成选择性吸收涂层镀膜;其中,分步骤(3.1)与第(1)步骤同步进行;

(3.2) 然后,单独使用所述数根中频磁控溅射靶,在选择性吸收涂层镀膜上形成减反层镀膜,得到已完成所有镀膜工艺的已完成集热管;其中,分步骤(3.2)与第(2)步骤同步进行;

(4) 将第一镀膜室与第二镀膜室切换为连通状态,将第一镀膜室内的集热管小车与第二镀膜室内的集热管小车相互交换,进入第二镀膜室中的是已完成第一步镀膜工艺的半完成集热管,进入第一镀膜室中的是已完成所有镀膜工艺的已完成集热管;

(5) 将第一镀膜室与第二镀膜室切换为不连通状态,以恢复到初始状态;

重复进行第(1)步骤-第(5)步骤。

2. 根据权利要求1所述的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其特征在于:所述第一镀膜室的真空腔体内的若干根直流磁控溅射靶的中心处同轴布置有第一拨盘,所述第一拨盘的周围设有第一传动齿,在第一拨盘的外周设有第一轨道,第一轨道上的集热管小车能够被所述第一拨盘的第一传动齿带动而在所述第一轨道上移动;

所述第二镀膜室的真空腔体内的数根直流磁控溅射靶与数根中频磁控溅射靶的中心处同轴布置有能够旋转的第二拨盘,所述第二拨盘的周围设有第二传动齿,在第二拨盘的外周设有第二轨道,第二轨道上的集热管小车能够被所述第二拨盘的第二传动齿带动而在所述第二轨道上移动;

所述室外装卸工位中部设置有能够旋转的室外拨盘,在室外拨盘的外围设有室外轨道,室外拨盘圆周设有室外传动齿,所述室外传动齿能够带动室外轨道上的集热管小车旋转移动;

在第一镀膜室与第二镀膜室之间设有真空通道,在真空通道上设有第一板式真空门,在真空通道内还配置有能够将第一轨道与第二轨道相互连通的交换轨道;

在第一镀膜室与室外装卸工位之间设有连接通道,在连接通道上设有第二板式真空门,在连接通道内还配置有能够将第一轨道与室外轨道相互连通的输送轨道。

3. 根据权利要求1所述的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其特征在于:每个所述集热管小车上设有多个集热管支架,每个集热管支架可供安装一根集热管,多个集热管支架能够绕所述集热管小车同心旋转。

4. 根据权利要求1所述的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其特征在于:在第一镀膜室的内壁与其内部的集热管小车之间布置有多个第一布气管,第一布气管连接氩气,而且第一布气管连接质量流量计。

5. 根据权利要求1所述的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其特征在于:在第二镀膜室的内壁与其内部的集热管小车之间布置有多个第二布气管,每两个相邻磁控溅射靶之间布置一组三根第二布气管,三根第二布气管分别连接氩气、氮气和氧气,而且每根第二布气管连接质量流量计。

6. 根据权利要求1所述的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其特征在于:第一镀膜室的若干根直流磁控溅射靶和第二镀膜室的数根直流磁控溅射靶共用一套电源。

## 双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种磁控溅射镀膜方法,特别是一种适用于全玻璃真空太阳能集热管选择性吸收涂层连续式镀膜的方法,属于真空镀膜技术领域。

### 背景技术

[0002] 磁控溅射镀膜机是制备全玻璃真空太阳集热管选择性吸收涂层的关键核心技术,直接影响了全玻璃真空太阳能集热管的吸收比和发射比,进而影响整支集热管,甚至太阳能热利用系统的效率和稳定性。

[0003] 随着太阳能热利用技术的发展与成熟,单靶单室磁控溅射镀膜机已经成熟,其技术改进的空间已经特别小。由于采用单一镀膜室结构,导致太阳能选择性吸收涂层工艺中主要存在以下问题:

[0004] 1、镀膜室采用单一靶材时,选择性吸收涂层的工艺稳定性不足,特别是采用常规铝靶和氮气做铝氮铝选择性吸收涂层时,受限于氮化铝的折射率和常规直流磁控溅射镀膜电源的限制,吸收涂层的吸收比一般仅为0.86-0.90之间,发射比在0.08左右。为解决单靶问题,逐渐提出了单室三靶镀膜工艺。即铜-铝-不锈钢/氮气工艺。使选择性吸收涂层的工艺性能得到较好的提高。常规工艺可以达到吸收比0.90左右,发射比可以达到0.06。

[0005] 但单机单室镀膜时,每次工艺结束均需要将镀膜室暴露大气,这样大气中的水蒸气不断的进入到真空室内,吸附到真空室壁上,随着真空室壁涂层厚度增加,吸附的水蒸气也越来越多,这将导致系统的抽速不断下降,不但影响生产效率,同时也影响生产工艺。

[0006] 规模化生产时,需要大量的单机设备才能满足生产的需求。而过多的设备很难保证产品质量的一致性。在保证产品质量一致性的前提下必然损失产品的性能,这违反了产品规模化生产的目的。

[0007] 过多的设备还增加了产品在生产链上传输的复杂性,增加了集热管外观划伤的比率,降低产品质量,同时也大幅度增加了设备的维护难度,已不符合目前全玻璃真空太阳集热管规模化生产模式。

[0008] 2随着单室多靶工艺的成熟,以及对选择性吸收涂层技术指标的进一步要求,已解决单室镀膜机存在的问题,提出了多真空室连续镀膜设备。如中国专利200610083743.4为代表的多真空室连续镀膜设备,采用三个以上的真空室连成镀膜线,镀膜线两端分别为预抽室和出工件室,中间为一个以上的镀膜室,装备工件的联动转架在镀膜线上以直线运动方式运动。

[0009] 此类五室六锁十二靶位和七室八锁十三靶位连续镀膜机,均采用镀膜室直线串联两端进出,传输轨道室外大回路循环模式,这样解决了单室镀膜机存在的诸多问题,但也同时存在其他方面的问题,如:多真空室直线串联导致系统复杂,故障隐患多;过多的真空室导致真空室之间切换频繁,非工艺时间增加,效率降低;真空腔体和机组较多,不便于真空室的清理和节能;复杂的传输和切换容易造成传输故障;上下工件区域长,产品传输不方便。

[0010] 中国专利200910204318提供了一种连续式真空镀膜方法及其专用设备,采用两个真空室两工位模式,此类方法虽然解决了单室镀膜机镀膜室暴露大气的问题,但依然存在镀膜效率不足的问题,仅仅是通过过渡室将镀膜室单独隔离,使镀膜工艺的稳定性有所提升。但预抽室长时间装卸工件,导致暴露大气,也严重影响抽速,且采用单层镀膜转架、单一靶材直流溅射工艺,难以得到持续稳定的高性能的选择性吸收涂层。

[0011] 同时,多室连续磁控溅射镀膜生产线主要成本包括多室及其真空机组、传动机构、溅射电源及控制系统等几个部分。当增加镀膜室、溅射靶及溅射电源时,可以提高溅射工艺过程中的工艺稳定性。但也大幅度提高了镀膜设备的结构和传动的复杂性,同时配置的电源数量及真空机组也大量增加。进而造成系统的稳定性、可靠性反而变差。

[0012] 因此,如何解决采用多室镀膜机解决单室镀膜机存在的问题,同时能够和工艺完美的匹配,有效降低镀膜系统成本,提高稳定性,是目前全玻璃真空集热管镀膜设备急需解决和技术提升的问题。

### 发明内容

[0013] 本发明提供一种双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其目的是解决以下几个问题:

[0014] 1.通过优化镀膜室、过渡室、装卸工位实现系统镀膜、传输及真空机组最佳化配置,解决镀膜室过多,装卸工位不合理造成的系统复杂,成本高的问题;

[0015] 2.通过设置双层集热管小车,并通过双向内循环模式,实现集热管双向同时传输,实现集热管装载,传输效率最大化;

[0016] 3.通过在预抽室增加设置多支单一材质直流溅射靶材,减少镀膜工艺室镀膜时间,大幅度提高了镀膜效率;

[0017] 4.通过在预抽室设置干燥气体充气孔,解决了常规真空室在暴露大气及装卸集热管过程中,环境杂质水蒸气进入真空室的问题。

[0018] 5.通过在镀膜室采用双靶材直流/中频复合溅射工艺,提高了镀膜工艺的稳定性;

[0019] 6.通过设置预抽室靶电源和镀膜室直流溅射靶电源共用溅射电源,大幅度降低了溅射电源的投资,同时确保镀膜工艺可稳定实现。

[0020] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0021] 一种双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其特征在于,具有第一镀膜室、第二镀膜室、室外装卸工位以及集热管小车,所述第一镀膜室的真空腔体内设有若干根直流磁控溅射靶,所述第二镀膜室设有数根直流磁控溅射靶与数根中频磁控溅射靶;所述方法包括如下步骤:

[0022] 初始状态:在第一镀膜室、第二镀膜室以及室外装卸工位中各设置有集热管小车,第一镀膜室中设置的是已完成所有镀膜工艺的已完成集热管,第二镀膜室中设置的是已完成红外反射涂层镀膜工艺的半完成集热管,室外装卸工位中设置的是未完成任何镀膜工艺的待镀集热管;第一镀膜室与第二镀膜室之间保持不连通,第一镀膜室与室外装卸工位也保持不连通;

[0023] (1)向第一镀膜室的真空腔室内充入干燥气体,使第一镀膜室内气压保持高于外部环境的正压状态;当第一镀膜室的室内压力大于室外压力时,将第一镀膜室与室外装卸

工位切换为连通状态,并将第一镀膜室内的集热管小车与室外装卸工位中的集热管小车相互交换;已完成集热管进入室外装卸工位后取下,然后装上新的待镀集热管;

[0024] (2)将第一镀膜室与室外装卸工位切换为不连通状态,将第一镀膜室的真空腔室抽真空至设定真空条件,向第一镀膜室的真空腔室充入设定氩气流量,然后开启第一镀膜室内的所述若干根直流磁控溅射靶的电源,进行第一镀膜室的集热管表面金属红外反射涂层的镀膜步骤;

[0025] (3)在第(1)、(2)步骤进行的同时,第二镀膜室在保持处于抽真空状态下进行如下分步骤:

[0026] (3.1)先使用所述数根直流磁控溅射靶和数根中频磁控溅射靶,在具有金属红外反射涂层的半完成集热管的表面共溅形成选择性吸收涂层镀膜;

[0027] (3.2)然后,单独使用所述数根中频磁控溅射靶,在选择性吸收涂层镀膜上形成减反层镀膜,得到已完成所有镀膜工艺的已完成集热管;

[0028] (4)将第一镀膜室与第二镀膜室切换为连通状态,将第一镀膜室内的集热管小车与第二镀膜室内的集热管小车相互交换,进入第二镀膜室中的是已完成第一步镀膜工艺的半完成集热管,进入第一镀膜室中的是已完成所有镀膜工艺的已完成集热管;

[0029] (5)将第一镀膜室与第二镀膜室切换为不连通状态,以恢复到初始状态;

[0030] 重复进行第(1)步骤-第(5)步骤。

[0031] 所述的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其中:分步骤(3.1)与第(1)步骤同步进行;分步骤(3.2)与第(2)步骤同步进行。

[0032] 所述的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其中:所述第一镀膜室的真空腔体内的若干根直流磁控溅射靶的中心处同轴布置有第一拨盘,所述第一拨盘的周围设有第一传动齿,在第一拨盘的外周设有第一轨道,第一轨道上的集热管小车能够被所述第一拨盘的第一传动齿带动而在所述第一轨道上移动;

[0033] 所述第二镀膜室的真空腔体内的数根直流磁控溅射靶与数根中频磁控溅射靶的中心处同轴布置有能够旋转的第二拨盘,所述第二拨盘的周围设有第二传动齿,在第二拨盘的外周设有第二轨道,第二轨道上的集热管小车能够被所述第二拨盘的第二传动齿带动而在所述第二轨道上移动;

[0034] 所述室外装卸工位中部设置有能够旋转的室外拨盘,在室外拨盘的外围设有室外轨道,室外拨盘圆周设有室外传动齿,所述室外传动齿能够带动室外轨道上的集热管小车旋转移动;

[0035] 在第一镀膜室与第二镀膜室之间设有真空通道,在真空通道上设有第一板式真空门,在真空通道内还配置有能够将第一轨道与第二轨道相互连通的交换轨道;

[0036] 在第一镀膜室与室外装卸工位之间设有连接通道,在连接通道上设有第二板式真空门,在连接通道内还配置有能够将第一轨道与室外轨道相互连通的输送轨道。

[0037] 所述的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其中:每个所述集热管小车上设有多个集热管支架,每个集热管支架可供安装一根集热管,多个集热管支架能够绕所述集热管小车同心旋转。

[0038] 所述的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其中:在第一镀膜室的内壁与其内部的集热管小车之间布置有多个第一布气管,第一布气管连接氩气,而且第一布气管连

接质量流量计。

[0039] 所述的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其中:在第二镀膜室的内壁与其内部的集热管小车之间布置有多个第二布气管,每两个相邻磁控溅射靶之间布置一组三根第二布气管,三根第二布气管分别连接氩气、氮气和氧气,而且每根第二布气管连接质量流量计。

[0040] 所述的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其中:第一镀膜室的若干根直流磁控溅射靶和第二镀膜室的数根直流磁控溅射靶共用一套电源。

[0041] 所述的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法,其中,已完成所有镀膜工艺的已完成集热管上具有的涂层由内至外包括:100nm铜红外反射层、80nm不锈钢45%+硅/氮(80%摩尔)氧(20%摩尔)低电阻层、120nm不锈钢20%+硅/氮(60%)氧(40%)高电阻层、60nm硅/氮(50%摩尔)氧(50%摩尔)减反层;其中:

[0042] 80nm不锈钢45%+硅/氮(80%摩尔)氧(20%摩尔)低电阻层中不锈钢金属因子占氮氧化硅摩尔比例为45%,硅因子占氮氧化硅摩尔比例为10%;

[0043] 120nm不锈钢20%+硅/氮(60%)氧(40%)高电阻层中不锈钢金属因子占氮氧化硅摩尔比例为20%,硅因子占氮氧化硅摩尔比例为0%;

[0044] 60nm硅/氮(50%摩尔)氧(50%摩尔)减反层中,氮化硅和二氧化硅的摩尔比为1:1。

[0045] 与现有技术相比较,本发明具有的有益效果是:第一镀膜室一方面作为过渡室使用,用于在第二镀膜室以及室外装卸工位之间交换集热管小车,另一方面可以完成金属红外反射涂层镀膜,而第二镀膜室可以一直保持在真空状态,并完成选择性吸收涂层镀膜以及减反层镀膜,如此周转使用,能够减小设备规模的前提下,尽量提高生产效率与镀膜质量。

## 附图说明

[0046] 图1是本发明提供的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜设备的结构原理图;

[0047] 图2是本发明提供的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜设备的电路连接示意图。

[0048] 附图标记说明:第一镀膜室1;直流磁控溅射靶11;第一拨盘12;第一轨道13;第一布气管15;第一维修门16;所述第二镀膜室2;直流磁控溅射靶21;中频磁控溅射靶22;第二拨盘23;第二轨道24;第二布气管25;第二维修门26;所述室外装卸工位3;室外拨盘31;室外轨道32;集热管小车40;真空通道50;第一板式真空门51;连接通道60;第二板式真空门61;输送轨道62;充气孔63;干燥气体发生器64;补气管道65;第一抽真空设备70;第二抽真空设备70a;机械泵71;罗茨泵72;扩散泵73;直流磁控溅射电源90;中频磁控溅射电源91。

## 具体实施方式

[0049] 以下将参照附图以示例性而非限制性的方式详细描述本发明的一些具体实施例。附图中相同的附图标记标示了相同或类似的部件或部分。本领域技术人员应该理解,这些附图未必是按真实比例绘制的。

[0050] 如图1所示,本发明提供一种双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜设备,具有并排设置的第一镀膜室1与第二镀膜室2,在第一镀膜室1相反于第二镀膜室2的一侧设有室外装卸工位3,其中:

[0051] 所述第一镀膜室1的真空腔体内具有呈等角度分布的四根直流磁控溅射靶11,在四根直流磁控溅射靶11的中心处同轴布置有第一拨盘12,第一拨盘12由第一可调速电机驱动而能够旋转;所述第一拨盘12的周围设有第一传动齿,在第一拨盘12的外周设有环形的第一轨道13,第一轨道13上设有多个相互串联的集热管小车40,所述集热管小车40能够被所述第一拨盘12的第一传动齿带动而在所述第一轨道13上移动,所述集热管小车40在沿第一轨道13移动的过程中,还通过集热管小车40上固定的小齿轮(未予图示)与第一镀膜室1上固定的齿圈(未予图示)啮合,实现集热管小车40的自转;

[0052] 在第一镀膜室1的内壁与其内部的集热管小车40之间布置有多个第一布气管15,第一布气管15连接氩气,而且第一布气管15连接质量流量计,以实现单独气体流量控制;

[0053] 第一镀膜室1的内壁上设有屏蔽板(未予图示),用于防止直流磁控溅射靶11将薄膜溅射到真空腔体内壁;

[0054] 第一镀膜室1的一侧设有第一维修门16,用于内部维修;

[0055] 所述第二镀膜室2的真空腔体内具有呈等角度分布的十二个磁控溅射靶(包括四根直流磁控溅射靶21与八根中频磁控溅射靶22,每两根直流磁控溅射靶21之间夹着两根中频磁控溅射靶22),在十二个磁控溅射靶的中心处同轴布置有第二拨盘23,第二拨盘23由第二可调速电机驱动而能够旋转;所述第二拨盘23的周围设有第二传动齿,在第二拨盘23的外周设有环形的第二轨道24,第二轨道24上设有多个相互串联的集热管小车40,所述集热管小车40能够被所述第二拨盘23的第二传动齿带动而在所述第二轨道24上移动;

[0056] 在第二镀膜室2的内壁与其内部的集热管小车40之间布置有多个第二布气管25,每两个相邻磁控溅射靶之间布置一组三根第二布气管25,所述三根第二布气管25分别连接氩气、氮气和氧气,而且每根第二布气管25连接质量流量计,以实现单独气体流量控制;

[0057] 第二镀膜室2的内壁上设有屏蔽板(未予图示),用于防止直流磁控溅射靶11将薄膜溅射到真空腔体内壁;

[0058] 第二镀膜室2的一侧设有第二维修门26,用于内部维修;

[0059] 所述室外装卸工位3中部设置有由室外可调速电机带动的室外拨盘31,在室外拨盘31的外围设有室外轨道32,室外拨盘31圆周设有室外传动齿,所述室外传动齿能够带动室外轨道32上的集热管小车40旋转移动;

[0060] 其中:每个所述集热管小车40又设有五个集热管支架,每个集热管支架可供安装一根集热管,五个集热管支架能够绕所述集热管小车40自转,集热管小车40能够绕第一镀膜室1、第二镀膜室2或室外装卸工位3的中心公转,使得每个集热管的镀膜在圆周上与轴向上都十分均匀;

[0061] 在第一镀膜室1与第二镀膜室2之间设有真空通道50,在真空通道50上设有第一板式真空门51,第一镀膜室1连接有由机械泵71、罗茨泵72以及扩散泵73组成的第一抽真空设备70,相应地,第二镀膜室2连接有第二抽真空设备70a;当第一板式真空门51关闭时,通过第二抽真空设备70a可以使第二镀膜室2内部形成真空并维持在真空状态;当第一板式真空门51开启时,若第一镀膜室1、第二镀膜室2均处于真空状态,则可使第一镀膜室1与第二镀膜室2在保持真空的状态下形成相互连通,此时,第一镀膜室1内的集热管小车40与第二镀膜室2内的集热管小车40能够通过真空通道50内配置的交换轨道(未予图示)完成交换;

[0062] 在第一镀膜室1与室外装卸工位3之间设有连接通道60,在连接通道60上设有第二

板式真空门61;当第二板式真空门61关闭时,通过第一抽真空设备70可以使第一镀膜室1内部形成真空并维持在真空状态;当第二板式真空门61开启时,则可使第一镀膜室1与室外装卸工位3形成相互连通,此时,第一镀膜室1内的集热管小车40与室外装卸工位3的集热管小车40能够通过连接通道60内的输送轨道62完成交换;

[0063] 所述第一镀膜室1的顶部设置有进气孔(未予图示),在所述连接通道60上设有充气孔63,所述进气孔通过进气阀门(未予图示)连接有干燥气体发生器64,所述的干燥气体发生器64可以是单独的氩气、氮气、氧气等干燥正压气体储存容器,也可以是能够对气体进行干燥除油处理的空气压缩机;当第一镀膜室1与室外装卸工位3连通之前,需先通过进气孔以及进气阀门向第一镀膜室1内充入干燥气体,多余的干燥气体从所述充气孔63中溢出,使第一镀膜室1与室外装卸工位3之间气压平衡,并且避免环境杂质以及水蒸气进入第一镀膜室1;

[0064] 在第一镀膜室1与第二板式真空门61之间的连接通道60上设有补气管道65,所述补气管道65一端连接到干燥气体发生器64(可与所述进气孔共用一个干燥气体发生器64),另一端连接到所述充气孔63,当第一镀膜室1与室外装卸工位3连通之后,可关闭进气阀门(也可不关闭),然后通过所述补气管道65向第一镀膜室1内充入干燥气体,形成干燥气体屏障,防止室外装卸工位3中的水蒸气进入第一镀膜室1。

[0065] 如图2所示,是本发明提供的双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜设备的电路连接示意图,为了进一步降低系统硬件配置费用,第二镀膜室2的四根直流磁控溅射靶11和第一镀膜室1的四根直流磁控溅射靶21共用一套直流磁控溅射电源90,这样可以省掉一套电源的费用。

[0066] 上述实施例中,所述直流磁控溅射靶11与中频磁控溅射靶的数量可以进行调整,并不限定在上述实施例中所示出的这一种情况。

[0067] 此外,第一镀膜室1、第二镀膜室2以及室外装卸工位3这三个位置的集热管小车40的数目应当相等,每一个位置的集热管小车40的数量以15-20为宜,每个集热管小车40具有4-6个集热管支架为宜;例如,每一个位置的集热管小车40的数量是18,而每个集热管小车40具有5个集热管支架的话,第一镀膜室1、第二镀膜室2一次可对90支集热管进行镀膜。为保证集热管小车40车队首尾的集热管与中部集热管颜色、性能相同,在集热管小车40车队的头部和尾部设置有工艺挡板(未予图示),工艺挡板模拟集热管小车40的功能。

[0068] 本发明的工作过程如下:

[0069] 初始状态:在第一镀膜室1、第二镀膜室2以及室外装卸工位3中各设置相同数量的集热管小车40,第一镀膜室1中设置的是已完成所有镀膜工艺的已完成集热管,第二镀膜室2中设置的是已完成红外反射涂层镀膜工艺的半完成集热管,室外装卸工位3中设置的是未完成任何镀膜工艺的待镀集热管;

[0070] 1、第一板式真空门51关闭,第二板式真空门61关闭,开启第一镀膜室1的进气孔相连的进气阀门,使第一镀膜室1的真空腔室内充入干燥气体,并通过第二板式真空门61内侧的补气管道65向外释放干燥气体,始终保持第一镀膜室1内气压高于外部环境的正压0.1MPa状态;这样防止了外部湿热空气进入到第一镀膜室1内部,影响镀膜室抽速;

[0071] 当第一镀膜室1的室内压力大于室外压力时,开启第二板式真空门61,使连接通道60内的输送轨道62将第一镀膜室1与室外装卸工位3连通起来,此时第一镀膜室1内的第一

拨盘12与室外装卸工位3内的室外拨盘31同步同向旋转,将第一镀膜室1内的集热管小车40与室外装卸工位3中的集热管小车40相互交换;已完成集热管进入室外装卸工位3后即可取下,然后装上新的待镀集热管;

[0072] 2、关闭第二板式真空门61,关闭进气阀门,开启第一镀膜室1的抽真空设备,抽真空至设定真空条件( $8 \times 10^{-3}$ Pa)后,开启第一布气管15,充入设定氩气流量(42SCCM),然后开启直流磁控溅射靶11的电源(四个直流磁控溅射靶11恒电流设定为 $40A \pm 2V$ ,集热管小车40运行速度为45秒/周),进行第一镀膜室1集热管表面金属红外反射涂层的镀膜步骤;

[0073] 3、在第1、2步骤进行的同时,第二镀膜室2始终处于抽真空状态;

[0074] 3.1先使用直流磁控溅射靶21和中频磁控溅射靶22,在具有金属红外反射涂层的半完成集热管的表面共溅形成选择性吸收涂层镀膜;(此分步骤3.1优选情况下与第1步骤同步进行;)

[0075] 3.2然后,单独使用中频磁控溅射靶22,在选择性吸收涂层镀膜上形成减反层镀膜,得到已完成所有镀膜工艺的已完成集热管;(此分步骤3.2优选情况下与第2步骤同步进行;)

[0076] 上述步骤3的一个较佳实施例如下:

[0077] 当镀膜室2真空度达到 $8 \times 10^{-3}$ Pa时,开启氩气流量计,单组流量计流量为45SCCM,氮气流量52SCCM,氧气流量13SCCM。不锈钢靶电流为25A,硅铝靶电流30A。镀膜时间6分钟。维持真空度为 $0.3Pa \pm 0.025Pa$ ,真空度可通过高真空机组前端的挡板阀开度进行调节。实现低电阻高吸收层镀膜。

[0078] 保持氩气流量计,单组流量计流量为45SCCM不变,氮气流量60SCCM,氧气流量40SCCM。不锈钢靶电流为15A,硅铝靶电流36A。镀膜时间10分钟。维持真空度为 $0.35Pa \pm 0.025Pa$ 。实现高电阻低吸收层镀膜。

[0079] 保持氩气流量计,单组流量计流量为53SCCM不变,氮气流量60SCCM,氧气流量60SCCM。不锈钢靶电流为0A,硅铝靶电流40A。镀膜时间15分钟。维持真空度为 $0.40Pa \pm 0.025Pa$ 。实现减反层镀膜。

[0080] 4、开启第一镀膜室1和第二镀膜室2之间的第一板式真空门51,使真空通道50内的交换轨道将第一镀膜室1的第一轨道13与第二镀膜室2的第二轨道24连通起来,第一镀膜室1的第一拨盘12与第二镀膜室2的第二拨盘23同步同向旋转,将第一镀膜室1内的集热管小车40与第二镀膜室2内的集热管小车40相互交换,进入第二镀膜室2中的是已完成第一步镀膜工艺的半完成集热管,进入第一镀膜室1中的是已完成所有镀膜工艺的已完成集热管;

[0081] 5、关闭第一板式真空门51,恢复到初始状态;

[0082] 如此,重复进行第1步骤-第5步骤,即可实现双室三工位多靶共溅磁控溅射镀膜方法。

[0083] 通过上述工艺方法,可实现如下结构的太阳能选择性吸收涂层,由内至外包括:100nm铜红外反射层、80nm不锈钢45%+硅/氮(80%摩尔)氧(20%摩尔)低电阻层、120nm不锈钢20%+硅/氮(60%)氧(40%)高电阻层、60nm硅/氮(50%摩尔)氧(50%摩尔)减反层;其中:

[0084] 80nm不锈钢45%+硅/氮(80%摩尔)氧(20%摩尔)低电阻层中不锈钢金属因子占氮氧化硅摩尔比例为45%,硅因子占氮氧化硅摩尔比例为10%;

[0085] 120nm不锈钢20%+硅/氮(60%)氧(40%)高电阻层中不锈钢金属因子占氮氧化硅摩

尔比例为20%，硅因子占氮氧化硅摩尔比例为0%；

[0086] 60nm硅/氮(50%摩尔)氧(50%摩尔)减反层中，氮化硅和二氧化硅的摩尔比为1:1。

[0087] 上述工艺实现的选择性吸收涂层，可以实现平均三点吸收比 $0.95 \pm 0.02$ ，发射 $0.06 \pm 0.01$ ，并具有良好的抗400℃真空排气曲线衰减性能。

[0088] 本发明提供的双室三工位多靶连续磁控溅射镀膜设备与方法，可以实现全玻璃真空集热管选择性吸收涂层的高效镀膜，并具有如下优点：

[0089] 1、相对于现有单室或多室连续镀膜机，本镀膜线采用用双室三工位设计模式，第一镀膜室1既作为镀膜室也作为过渡室应用，实现了第二镀膜室2和外部空间的有效隔绝，且充分发挥了第一镀膜室1的纯金属层镀膜功能，提高了镀膜效率。

[0090] 2、第一镀膜室1充气采用正压干燥气体持续充气，保证了第一镀膜室1不受外部湿热空气的影响，有效降低了真空室暴露大气对镀膜室真空抽速的影响。

[0091] 3、第二镀膜室2、第一镀膜室1之间采用两列集热管小车40同步切换运行，第一镀膜室1和室外装卸工位3之间同样采用两列集热管小车40同步切换运行，大幅度提高了工件的交换速度。

[0092] 4、第二镀膜室2、第一镀膜室1之间，第一镀膜室1和室外装卸工位3之间采用板式真空门，适合配置升降轨道(为现有技术，在此不予赘述)，实现集热管小车40的传输和真空室之间的隔断的有效切换。

[0093] 5、集热管小车40行经的各轨道采用双轨布置结构，可同时实现集热管自转，以及绕溅射靶公转的设计，确保镀膜工艺的均匀性和稳定性。

[0094] 6、第一镀膜室1和第二镀膜室2功能区分，显著提高了镀膜效率。同时工艺的合理设计，使同一套直流磁控溅射电源可以实现两个镀膜室之间溅射靶的共用，有效降低了电源部分的投资成本。

[0095] 7、第二镀膜室2始终处于高真空状态，且仅与第一镀膜室1有一个联通门，大幅度提高第二镀膜室2的工艺稳定性。

[0096] 8、第二镀膜室2采用直流磁控溅射靶11和中频磁控溅射靶间布方式，有效解决了单一靶材，及单一直流溅射减反层使效率低下的问题。使镀膜工艺的稳定性得到有效提高。

[0097] 9、第二镀膜室2和第一镀膜室1之间，以及第一镀膜室1和室外装卸工位3之间的转盘能够同步同向旋转，实现上述两者之间的联动传输，使集热管小车40传动稳定性和可靠性得到提高。

[0098] 10、第二镀膜室2、第一镀膜室1均采用多靶均布溅射，不但提高溅射的稳定性，均匀性，也大幅度延长的镀膜溅射靶材的更换时间，大幅度减少的镀膜系统的占空时间，提高了系统使用效率。

[0099] 11、从镀膜工艺角度分析，上述设备设计可以实现第二镀膜室2、第一镀膜室1之间同时溅射工作，且可实现同时工件切换。实现了镀膜工艺的高效稳定。

[0100] 12、从整个系统角度分析，系统仅两个镀膜室，以及一个外部装卸工位，且同时采用了上述多项有效技术创新，综合有效解决了单室镀膜和其他连续镀膜系统存在的诸多问题，既实现了集热管的连续高效镀膜工艺，同时能够实现集热管的选择性吸收涂层的高性能，即连续镀膜条件选择性吸收涂层的吸收比可以达到0.94以上，发射比可以达到0.06以下。基本达到选择性吸收涂层规模化生产的性能极限。

[0101] 以上说明对本发明而言只是说明性的,而非限制性的,本领域普通技术人员理解,在不脱离权利要求所限定的精神和范围的情况下,可作出许多修改、变化或等效,但都将落入本发明的保护范围之内。

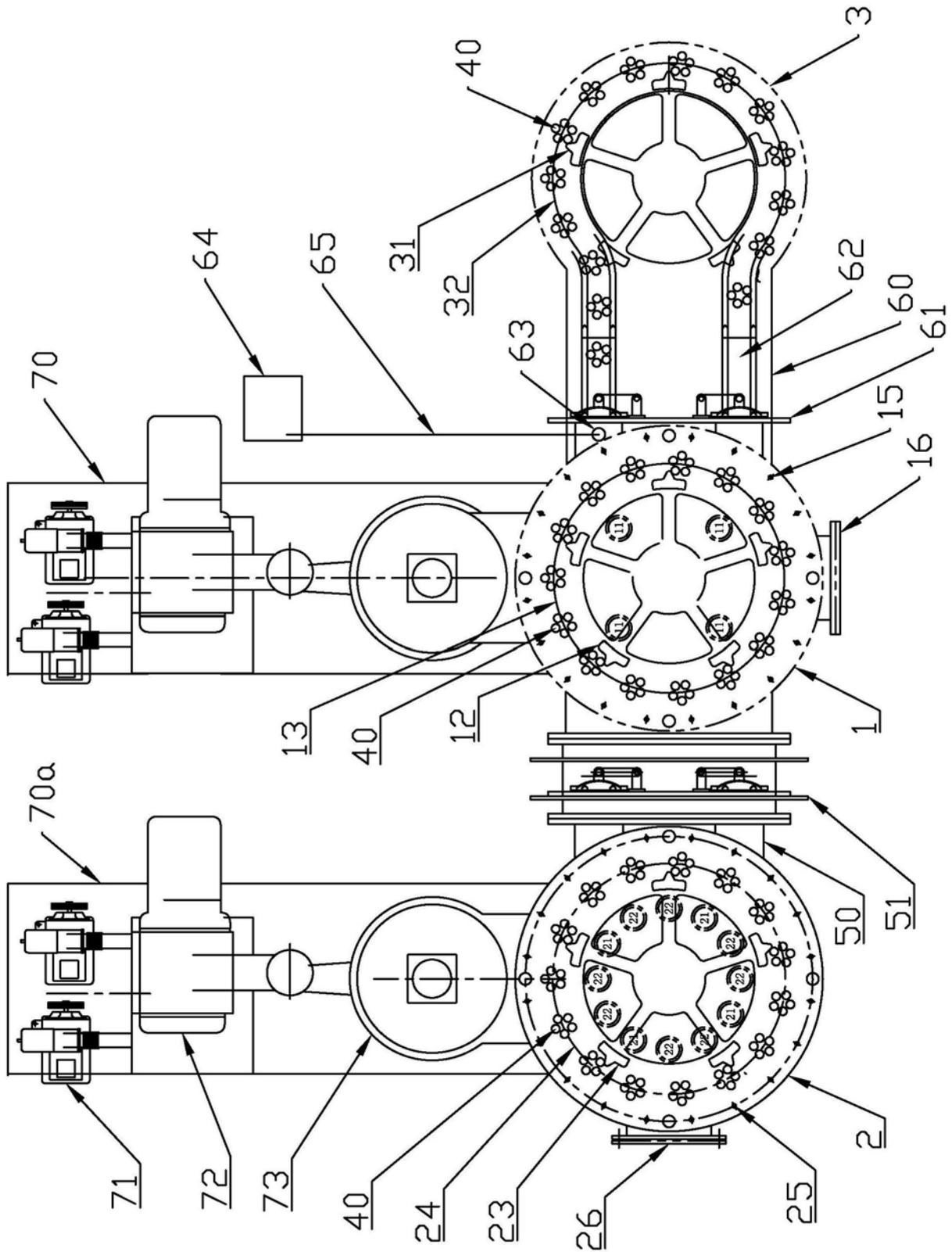


图1

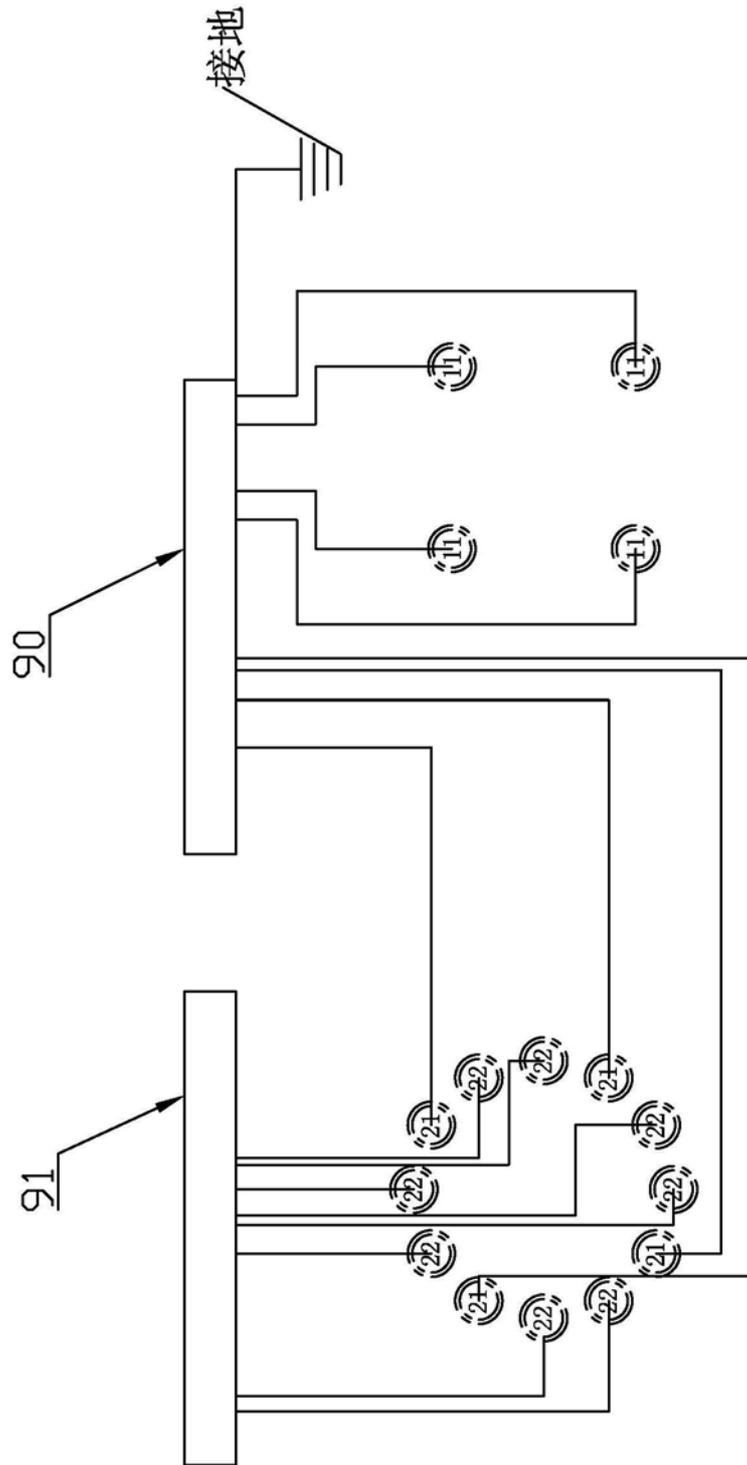


图2