(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115094521 A
(43)申请公布日 2022.09.23

(21)申请号 202210744882.7

(22)申请日 2022.06.27

(71)申请人 中南大学
地址 410083 湖南省长沙市麓山南路932号

(72)发明人 郭艳 周继承 刘文峰

(74)专利代理机构 长沙朕扬知识产权代理事务所(普通合伙) 43213
专利代理师 钱朝辉

(51)Int.Cl.
C30B 31/06(2006.01)
C30B 31/16(2006.01)
H01L 31/18(2006.01)

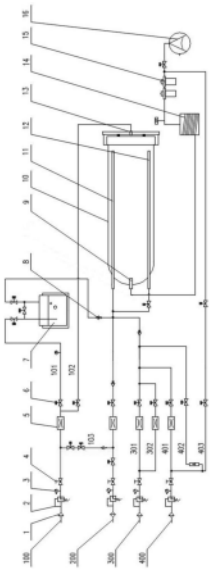
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种硼扩散反应系统及其工艺方法

(57)摘要

本发明提供一种硼扩散反应系统及其工艺方法,硼扩散反应系统的原料管路与进气管路相连接,通过进气管路向反应炉管内输送原料气体;抽气管设置在反应炉管的炉尾处,抽气管位于反应炉管的管轴线位置;进气管路包括第一进气管路和第二进气管路,第一进气管路和第二进气管路的出气口位于炉口处,且第一进气管路和第二进气管路的出气口在反应炉管的竖直方向中分面内上下对称分布。本发明的供气系统结合工艺方法,通过优化硼源管道设置和工艺步骤,通过多次吹扫步骤,尤其是有氧推进后回压前具有吹扫步骤,减少粘附在反应室内壁上酸性气体,降低酸性气体对反应室的污染,提高了方阻均匀性、钝化效果、电池片电性能参数和良率。



CN 115094521 A

1.一种硼扩散反应系统,包括反应炉管(10)和供气系统,其特征在于,所述供气系统包括进气管路、抽气管(9)和原料管路;所述原料管路与进气管路相连接,通过进气管路向反应炉管(10)内输送原料气体;

所述抽气管(9)设置在反应炉管(10)的炉尾处,所述抽气管(9)位于所述反应炉管(10)的管轴线位置;

所述进气管路包括第一进气管路(11)和第二进气管路(12),所述第一进气管路(11)和第二进气管路(12)的出气口位于炉口处,且所述第一进气管路(11)和第二进气管路(12)的出气口在所述反应炉管(10)的竖直方向中分面内上下对称分布。

2.根据权利要求1所述的硼扩散反应系统,其特征在于,所述进气管路在所述反应炉管(10)内部由炉尾处延伸至所述反应炉管(10)的炉口处。

3.根据权利要求1所述的硼扩散反应系统,其特征在于,所述原料管路包括第一氮气管路(100)、硼源管路(200)以及氧气管路(300);

所述第一氮气管路(100)包括水蒸汽管路(101)和炉门充氮管路(102);炉门充氮管路(102)与反应炉管(10)炉门上的炉门进气口(13)相连接,所述炉门进气口(13)位于所述反应炉管(10)的管轴线位置;所述水蒸汽管路(101)与硼源管路(200)、氧气管路(300)汇合后连接所述进气管路;

所述水蒸汽管路(101)连接恒温水槽(7)后再连接至所述汇合处。

4.根据权利要求3所述的硼扩散反应系统,其特征在于,所述第一氮气管路(100)还包括清洗管路(103),所述清洗管路(103)的一端连接到所述硼源管路(200)上,且位于所述硼源管路(200)的单向阀(8)之前。

5.根据权利要求4所述的硼扩散反应系统,其特征在于,所述原料管路还包括第二氮气管路(400),所述第二氮气管路(400)包括为硼掺杂反应提供氮气氛围的工艺氮气管路(401)、用于调控反应炉管(10)内部气压的回压充氮管路(402)以及引导反应炉管(10)内尾气排出的尾气处理氮气管路(403);

所述工艺氮气管路(401)和回压充氮管路(402)与所述水蒸汽管路(101)、硼源管路(200)以及氧气管路(300)汇合后再与所述进气管路连接。

6.根据权利要求5所述的硼扩散反应系统,其特征在于,所述抽气管(9)后连接有尾气处理装置,所述尾气处理装置包括沿气体运动方向依次连接的冷凝装置(14)、过滤装置(15)及耐腐蚀隔膜泵(16);所述尾气处理氮气管路(403)与所述尾气处理装置的出气口相连接,用于为尾气提供氮气混合后排空或者进入后续工艺。

7.根据权利要求5所述的硼扩散反应系统,其特征在于,所述第一氮气管路(100)、硼源管路(200)、氧气管路(300)以及第二氮气管路(400)的每一管路上按照气流流通方向均依次连接有过滤器(1)、减压阀(2)、压力表(3)、手动球阀(4)、质量流量计(5)以及气动隔膜阀(6),气动隔膜阀(6)连接于所述单向阀(8)之前;

所述清洗管路(103)连接所述硼源管路(200)的一端位于手动球阀(4)与质量流量计(5)之间。

8.根据权利要求3所述的硼扩散反应系统,其特征在于,所述硼源管路(200)的外部包裹有加热部件。

9.一种采用权利要求1-8中任一项所述的硼扩散反应系统进行硼扩散的工艺方法,其

特征在于,包含以下步骤:

步骤S1进舟:将制绒后的硅片装入硼扩散反应系统的反应炉管恒温区中,关闭炉门;

步骤S2升温和检漏:启动反应炉管外部加热装置将硼扩散反应系统反应炉管内温度升高至设定值,开通工艺氮气管路为反应炉管内充入氮气并启动耐腐蚀隔膜泵带动抽气管将反应炉管内压力降低至设定值,同时检测炉内是否漏气;

步骤S3前氧:开通氧气管路为反应炉管通入氧气,调节耐腐蚀隔膜泵和反应炉管外部加热装置以保持压力和和温度设定值不变,在硅片表面形成一层氧化层SiO_2;

步骤S4沉积:同时开通氧气管路、通硼源管路以及水蒸汽管路以通入氧气、硼源以及带水蒸气的氮气,调节耐腐蚀隔膜泵和反应炉管外部加热装置以保持压力和温度设定值不变,进行沉积掺杂;

步骤S5无氧推进:沉积完成后关闭氧气管路,调节耐腐蚀隔膜泵以保持压力和温度设定值不变,在不通入氧气环境下进行第一次推进;

步骤S6有氧推进:开通氧气管路为反应炉管通入氧气,调节耐腐蚀隔膜泵以保持压力设定值不变,调节反应炉管外部加热装置将温度设定值升高至设定值,在氧气环境下进行第二次推进;

步骤S7回压:关闭耐腐蚀隔膜泵、氧气管路、通硼源管路、水蒸汽管路以及工艺氮气管路,开通回压充氮管路通入大量氮气使反应炉管回到常压状态;

步骤S8出舟:打开炉门,将掺杂后的硅片从硼扩散反应系统的反应炉管中取出放入冷却区,关闭炉门。

10.根据权利要求9所述的工艺方法,其特征在于,所述步骤S4沉积次数为1-10次;每沉积步骤前后均有吹扫步骤,且沉积步骤后的每次吹扫均是在升温的同时进行吹扫;所述步骤S7回压开炉门前也有吹扫步骤;所述吹扫步骤是指停止向通硼源管路送入硼源,而后通过清洗管路向通硼源管路以及反应炉管送入氮气进行吹扫。

一种硼扩散反应系统及其工艺方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体或太阳能电池的硼扩散设备及其工艺领域，属于太阳能电池生产制造技术领域。

背景技术

[0002] TOPCon电池是下一代具有市场前景的晶硅太阳能电池产品之一，由于晶硅电池材料中的异质结(PN结)会影响禁带宽度、导电类型、介电常数、折射率和吸收系数等；因此晶硅电池材料制造工艺中PN结的制备尤其关键。PN结是太阳能电池的核心，N型电池的PN结是在原有N型硅衬底表面通过高温扩散、离子注入、激光掺杂、化学气相沉积等形成P型发射极。高温扩散工艺作为主要的PN结形成步骤，其原理是通过氮气携带硼源气体进入炉管反应室内，低压高温下硼源与硅衬底发生化学反应完成硼离子的掺杂。但是在掺杂浓度及深度的ECV曲线上相较难以控制，硼原子在扩散时容易向(表面的)氧化层聚集，造成扩散不均匀并且影响钝化效果，最终造成电池电性能参数及良率较差。而之所以出现扩散不均匀等情况，最主要的原因在于扩散工序中各反应气体的扩散分布不一致，所以改善硼扩散设备的供气系将是提升电池电性能参数及良率的重要一环。

发明内容

[0003] 本发明的目的是针对以上背景技术中的至少一项技术问题，提供一种硼扩散反应系统及其工艺方法，以实现进一步提高硼扩散工艺方阻均匀性、钝化效果、电池电性能参数及良率。

[0004] 本发明提供的方案如下：

[0005] 一种硼扩散反应系统，包括反应炉管和供气系统，所述供气系统包括进气管路、抽气管和原料管路；所述原料管路与进气管路相连接，通过进气管路向反应炉管内输送原料气体；

[0006] 所述抽气管设置在反应炉管的炉尾处，所述抽气管位于所述反应炉管的管轴线位置；

[0007] 所述进气管路包括第一进气管路和第二进气管路，所述第一进气管路和第二进气管路的出气口位于炉口处，且所述第一进气管路和第二进气管路的出气口在所述反应炉管的竖直方向中分面内上下对称分布。

[0008] 作为上述技术方案的优选，所述进气管路在所述反应炉管内部由炉尾处延伸至所述反应炉管的炉口处。

[0009] 作为上述技术方案的优选，所述原料管路包括第一氮气管路、硼源管路以及氧气管路；

[0010] 所述第一氮气管路包括水蒸汽管路和炉门充氮管路；炉门充氮管路与反应炉管炉门上的炉门进气口相连接，所述炉门进气口位于所述反应炉管的管轴线位置；所述水蒸汽管路与硼源管路、氧气管路汇合后连接所述进气管路；

[0011] 所述水蒸汽管路经鼓泡原理连接恒温水槽后再连接至所述汇合处。

[0012] 作为上述技术方案的优选，所述第一氮气管路还包括清洗管路，所述清洗管路的一端连接到所述硼源管路上，且位于所述硼源管路的单向阀之前。

[0013] 作为上述技术方案的优选，所述原料管路还包括第二氮气管路，所述第二氮气管路包括为硼掺杂反应提供氮气氛围的工艺氮气管路、用于调控反应炉管内部气压的回压充氮管路以及引导反应炉管内尾气排出的尾气处理氮气管路；

[0014] 所述工艺氮气管路和回压充氮管路与所述水蒸汽管路、硼源管路以及氧气管路汇合后再与所述进气管路连接。

[0015] 作为上述技术方案的优选，所述氧气管路包括并联的大氧管路和小氧管路。

[0016] 作为上述技术方案的优选，所述抽气管后连接有尾气处理装置，所述尾气处理装置包括沿气体运动方向依次连接的冷凝装置、过滤装置及耐腐蚀隔膜泵；所述尾气处理氮气管路与所述尾气处理装置的出气口相连接，用于为尾气提供氮气混合后排空或者进入后续工艺。

[0017] 作为上述技术方案的优选，所述第一氮气管路、硼源管路、氧气管路以及第二氮气管路的每一管路上按照气流流通方向均依次连接有过滤器、减压阀、压力表、手动球阀、质量流量计以及气动隔膜阀，气动隔膜阀连接于所述单向阀之前；

[0018] 所述清洗管路连接所述硼源管路的一端位于手动球阀与质量流量计之间。

[0019] 作为上述技术方案的优选，所述硼源管路的外部包裹有加热部件。

[0020] 基于同一技术构思，本发明还提供一种使用上述硼扩散反应系统进行硼扩散的工艺方法，包含以下步骤：

[0021] 步骤S1进舟：将制绒后的硅片装入硼扩散反应系统的反应炉管恒温区中，关闭炉门；

[0022] 步骤S2升温和检漏：启动反应炉管外部加热装置将硼扩散反应系统反应炉管内温度升高至设定值，开通工艺氮气管路为反应炉管内充入氮气并启动耐腐蚀隔膜泵带动抽气管将反应炉管内压力降低至设定值，同时检测炉内是否漏气；

[0023] 步骤S3前氧：开通氧气管路为反应炉管通入氧气，调节耐腐蚀隔膜泵和反应炉管外部加热装置以保持压力和和温度设定值不变，在硅片表面形成一层氧化层SiO_2；

[0024] 步骤S4沉积：同时开通氧气管路、通硼源管路以及水蒸汽管路以通入氧气、硼源以及带水蒸气的氮气，调节耐腐蚀隔膜泵和反应炉管外部加热装置以保持压力和温度设定值不变，进行沉积掺杂；

[0025] 步骤S5无氧推进：沉积完成后关闭氧气管路，调节耐腐蚀隔膜泵以保持压力和温度设定值不变，在不通入氧气环境下进行第一次推进；

[0026] 步骤S6有氧推进：开通氧气管路为反应炉管通入氧气，调节耐腐蚀隔膜泵以保持压力设定值不变，调节反应炉管外部加热装置将温度设定值升高至设定值，在氧气环境下进行第二次推进；

[0027] 步骤S7回压：关闭耐腐蚀隔膜泵、氧气管路、通硼源管路、水蒸汽管路以及工艺氮气管路，开通回压充氮管路通入大量氮气使反应炉管回到常压状态；

[0028] 步骤S8出舟：打开炉门，将掺杂后的硅片从硼扩散反应系统的反应炉管中取出放入冷却区，关闭炉门。

[0029] 作为上述技术方案的优选，所述步骤S4沉积次数为1-10次；每沉积步骤前后均有吹扫步骤，且沉积步骤后的每次吹扫均是在升温的同时进行吹扫；所述步骤S7回压开炉门前也有吹扫步骤；所述吹扫步骤是指停止向通硼源管路送入硼源，而后通过清洗管路向通硼源管路以及反应炉管送入氮气进行吹扫。

[0030] 作为上述技术方案的优选，使用上述硼扩散反应系统完成的工艺方法包含以下具体步骤：

[0031] 步骤S1进舟：将制绒后的硅片装入硼扩散反应系统反应炉管恒温区中，关闭炉门；

[0032] 步骤S2升温和检漏：启动反应炉管外部加热装置将硼扩散反应系统反应炉管内温度升高至750℃-850℃，开通工艺氮气管路为反应炉管内充入氮气并启动耐腐蚀隔膜泵带动抽气管将反应炉管内压力降低至150-250mbar，同时检测炉内是否漏气；

[0033] 步骤S3前氧：开通氧气管路为反应炉管通入氧气1000-3000sccm，调节耐腐蚀隔膜泵和反应炉管外部加热装置以保持压力和和温度设定值不变，在硅片表面形成一层氧化层SiO_2，时间300-1000s；

[0034] 步骤S4吹扫：停止向通硼源管路送入硼源，而后通过清洗管路向通硼源管路以及反应炉管送入氮气进行吹扫，保持压力和温度设定值不变，通入清洗氮气200-1000sccm吹扫反应炉管和硼源管道，时间100-300s；

[0035] 步骤S5沉积一：同时开通氧气管路、通硼源管路以及水蒸汽管路以通入氧气200-1000sccm、硼源50-500sccm以及带水蒸气的氮气，调节耐腐蚀隔膜泵和反应炉管外部加热装置以保持压力和温度设定值不变，进行沉积掺杂，时间50-300s；

[0036] 步骤S6吹扫：停止向通硼源管路送入硼源，而后通过清洗管路向通硼源管路以及反应炉管送入氮气进行吹扫，保持压力设定值不变，温度设定值升高850℃-950℃，升温的同时通入清洗氮气200-1000sccm吹扫反应炉管和硼源管道，时间100-300s；

[0037] 步骤S7沉积二：同时开通氧气管路、通硼源管路以及水蒸汽管路以通入氧气200-1000sccm、硼源50-500sccm以及带水蒸气的氮气，调节耐腐蚀隔膜泵和反应炉管外部加热装置以保持压力和温度设定值不变，进行沉积掺杂，时间100-500s；

[0038] 步骤S8吹扫：停止向通硼源管路送入硼源，而后通过清洗管路向通硼源管路以及反应炉管送入氮气进行吹扫，调节压力至400-800mbar和温度设定值升高至950℃-1050℃，通入清洗氮气200-1000sccm吹扫反应炉管和硼源管道，时间100-300s；

[0039] 步骤S9无氧推进：吹扫完成后继续向通硼源管路送入硼源并关闭氧气管路，调节耐腐蚀隔膜泵以保持压力和温度设定值不变，在不通入氧气环境下进行第一次推进，时间800-1500s；

[0040] 步骤S10有氧推进：开通氧气管路为反应炉管通入氧气9000-18000sccm，调节耐腐蚀隔膜泵以保持压力设定值不变，调节反应炉管外部加热装置将温度设定值升高至1050℃-1200℃，在氧气环境下进行第二次推进，时间1500-5000s；

[0041] 步骤S11吹扫：停止向通硼源管路送入硼源，而后通过清洗管路向通硼源管路以及反应炉管送入氮气进行吹扫，保持温度设定值不变，降低压力设定值150-250mbar，通入大量氮气5000-20000sccm吹扫反应炉管和硼源管道，时间200-500s；

[0042] 步骤S12回压：设定压力值为常压1000-1100mbar，关闭耐腐蚀隔膜泵关闭耐腐蚀隔膜泵、氧气管路、通硼源管路、水蒸汽管路以及工艺氮气管路，开通回压充氮管路通入大

量氮气使反应炉管回到常压状态,时间50-100s;

[0043] 步骤S13出舟:打开炉门,将掺杂后的硅片硼扩散反应系统反应炉管中取出放入冷却区,关闭炉门。

[0044] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0045] (1)供气系统的进气管路在反应炉管内部由炉尾处延伸至炉口处,抽气管布置在炉尾侧,反应炉管进气可单独使用第一进气管路或同时使用第一进气管路和第二进气管路;炉口处采用多管路进气并配合炉尾侧抽气管抽气,使得在进气之后反应炉管的炉口端短时间形成气体均匀扩散充满状态,保障了反应炉管内的整体扩散均匀性。进气管路由炉尾延伸至炉口,使得所进气体有一段炉内加热段,保障了所进气体的温度一致性;进气管路靠近炉口,并与炉尾的抽气管配合,可引导反应炉管内气体由炉口侧向炉尾侧流动,进一步减少反应炉管内酸性气体流向炉门区域,降低炉门腐蚀概率,使扩散气体有一个均匀扩散的阶段;同时使用第一进气管路和第二进气管路时,反应炉管内气氛场呈对称分布,进一步提高了反应炉管气流场均匀性,从而提高扩散方阻片内均匀性和片间均匀性,保障了钝化效果。

[0046] (2)炉门充氮管路连接至炉门进气口处,通过不锈钢炉门上的环形气道向反应炉管内提供氮气,使得内石英炉门与不锈钢炉门之间空腔形成微正压,防止反应炉管内残留酸性气体流向不锈钢炉门造成腐蚀,降低反应炉管内的金属离子污染,进一步提高硼掺杂工艺钝化效果,电池片电性能参数和良率。

[0047] (3)氮气、氧气、硼源气体在进入反应炉管前就汇合,并且第一供气管路与第二供气管路设置是从炉尾侧伸入延伸至炉口侧,相当于增加了氮气、氧气、硼源气体三种气体充分混合的时间,使得反应气体混合更加均匀,进而提高掺杂均匀性。供气管路进入反应炉管前的每一支路均设置有单向阀,防止反应炉管内回到常压状态时,反应炉管内残余气体倒流回供气管路造成污染。

[0048] (4)硼源管路外部包裹有加热部件以防止三氯化硼等硼源气体液化产生粉末堵塞管道或硼源管路上的质量流量计;清洗管路部包裹有加热部件以防止通入气体温度过低使残留三氯化硼气体液化。

[0049] (5)本发明的供气系统结合工艺方法,通过优化硼源管道与其它气体管道的连接配合以及优化工艺步骤顺序,优化各步骤的压力、温度以及处理时间等工艺参数;使得反应得到的产品钝化效果较佳。通过多次吹扫步骤,尤其是有氧推进后回压前具有吹扫步骤,在较高压力有氧步骤之后再次降低压力,进一步抽空残余气体,减少粘附在反应室内壁上酸性气体,降低酸性气体对反应室的污染,可以进一步提高硼掺杂工艺钝化效果、电池片电性能参数和良率。在有氧推进步骤,氮气通过鼓泡原理携水蒸汽进入反应炉管可加快氧化步骤反应速率,进一步提高硼扩散反应系统产能及硼掺杂质量。

附图说明

[0050] 图1表示本发明的硼扩散反应系统的管路连接示意图。

[0051] 图例说明:100、第一氮气管路;101、水蒸汽管路;102、炉门充氮管路;103、清洗管路;200、硼源管路;300、氧气管路;301、大氧管路;302、小氧管路;400、第二氮气管路;401、工艺氮气管路;402、回压充氮管路;403、尾气处理氮气管路;

[0052] 1、过滤器；2、减压阀；3、压力表；4、手动球阀；5、质量流量计；6、气动隔膜阀；7、恒温水槽；8、单向阀；9、抽气管；10、反应炉管；11、第一进气管路；12、第二进气管路；13、炉门进气口；14、冷凝装置；15、过滤装置；16、耐腐蚀隔膜泵。

具体实施方式

[0053] 为了便于理解本发明，下文将本发明做更全面、细致地描述，但本发明的保护范围并不限于以下具体实施例。

[0054] 除非另有定义，下文中所使用的所有专业术语与本领域技术人员通常理解含义相同。本文中所使用的专业术语只是为了描述具体实施例的目的，并不是旨在限制本发明的保护范围。

[0055] 除非另有特别说明，本发明中用到的各种原材料、试剂、仪器和设备等均可通过市场购买得到或者可通过现有方法制备得到。

[0056] 实施例1

[0057] 如图1所示，一种硼扩散反应系统，包括反应炉管10和供气系统，所述供气系统包括进气管路、抽气管9和原料管路；所述原料管路与进气管路相连接，通过进气管路向反应炉管10内输送原料气体；

[0058] 所述抽气管9设置在反应炉管10的炉尾处，所述抽气管9位于所述反应炉管10的管轴线位置；

[0059] 所述进气管路包括第一进气管路11和第二进气管路12，所述第一进气管路11和第二进气管路12的出气口位于炉口处，且所述第一进气管路11和第二进气管路12的出气口在所述反应炉管10的竖直方向中分面内上下对称分布。

[0060] 在本实施例中，所述进气管路在所述反应炉管10内部由炉尾处延伸至所述反应炉管10的炉口处。

[0061] 在本实施例中，所述原料管路包括第一氮气管路100、硼源管路200以及氧气管路300；

[0062] 所述第一氮气管路100包括水蒸汽管路101和炉门充氮管路102；炉门充氮管路102与反应炉管10炉门上的炉门进气口13相连接，所述炉门进气口13位于所述反应炉管10的管轴线位置；所述水蒸汽管路101与硼源管路200、氧气管路300汇合后连接所述进气管路；

[0063] 所述水蒸汽管路101连接恒温水槽7后再连接至所述汇合处。

[0064] 在本实施例中，所述第一氮气管路100还包括清洗管路103，所述清洗管路103的一端连接到所述硼源管路200上，且位于所述硼源管路200的单向阀8之前。

[0065] 在本实施例中，所述原料管路还包括第二氮气管路400，所述第二氮气管路400包括为硼掺杂反应提供氮气氛围的工艺氮气管路401、用于调控反应炉管10内部气压的回压充氮管路402以及引导反应炉管10内尾气排出的尾气处理氮气管路403；

[0066] 所述工艺氮气管路401和回压充氮管路402与所述水蒸汽管路101、硼源管路200以及氧气管路300汇合后再与所述进气管路连接。

[0067] 在本实施例中，所述氧气管路300包括并联的大氧管路301和小氧管路302。

[0068] 大氧管路301和小氧管路302可根据工艺需求提供两种不同流量范围的氧气。工艺氮气管路401为反应炉管10保持低压状态提供低压气体氛围。回压充氮管路402主要是在打

开炉门前快速充入大量氮气使反应炉管10压力回升到常压状态。尾气处理氮气管路403通过针阀手动控制流量大小，连接至过滤装置后端，用于清洗吹扫耐腐蚀隔膜泵16。

[0069] 在本实施例中，所述抽气管9后连接有尾气处理装置，所述尾气处理装置包括沿气体运动方向依次连接的冷凝装置14、过滤装置15及耐腐蚀隔膜泵16；所述尾气处理氮气管路403与所述尾气处理装置的出气口相连接，用于为尾气提供氮气混合后排空或者进入后续工艺。

[0070] 在本实施例中，所述第一氮气管路100、硼源管路200、氧气管路300以及第二氮气管路400的每一管路上按照气流流通方向均依次连接有过滤器1、减压阀2、压力表3、手动球阀4、质量流量计5以及气动隔膜阀6，气动隔膜阀6连接于所述单向阀8之前；

[0071] 所述清洗管路103连接所述硼源管路200的一端位于手动球阀4与质量流量计5之间。

[0072] 过滤器1用于过滤外围进气管道内的杂质，减压阀2将可在一定范围内调节外围进气管道的压力值，压力表3可数字显示该工艺气体支路的供气压力值，手动球阀4可手动旋开或关闭供气，质量流量计5可调节供气流量大小，气动隔膜阀6配合电气系统在一定条件下可自动开启或关闭供气。

[0073] 在本实施例中，所述硼源管路200的外部包裹有加热部件。

[0074] 实施例2

[0075] 采用实施例1中的硼扩散反应系统进行硼扩散的工艺方法，包括以下步骤：

[0076] 步骤S1进舟：将制绒后的硅片装入硼扩散反应系统反应炉管恒温区中，关闭炉门；

[0077] 步骤S2升温和检漏：启动反应炉管外部加热装置将硼扩散反应系统反应炉管内温度升高至810℃，开通工艺氮气管路为反应炉管内充入氮气并启动耐腐蚀隔膜泵带动抽气管将反应炉管内压力降低至230mbar，同时检测炉内是否漏气，时间720s；

[0078] 步骤S3前氧：开通氧气管路为反应炉管通入氧气2000sccm，调节耐腐蚀隔膜泵和反应炉管外部加热装置以保持压力和和温度设定值不变，在硅片表面形成一层氧化层SiO_2，时间300s；

[0079] 步骤S4吹扫：停止向通硼源管路送入硼源，而后通过清洗管路向通硼源管路以及反应炉管送入氮气进行吹扫，保持压力和温度设定值不变，通入清洗氮气3000sccm吹扫反应炉管和硼源管道，时间230s；

[0080] 步骤S5沉积一：同时开通氧气管路、通硼源管路以及水蒸汽管路以通入氧气360sccm、硼源120sccm以及带水蒸气的氮气，调节耐腐蚀隔膜泵和反应炉管外部加热装置以保持压力和温度设定值不变，进行沉积掺杂，时间120s；

[0081] 步骤S6吹扫：停止向通硼源管路送入硼源，而后通过清洗管路向通硼源管路以及反应炉管送入氮气进行吹扫，保持压力设定值不变，温度设定值升高850℃，升温的同时通入清洗氮气300sccm吹扫反应炉管和硼源管道，时间300s；

[0082] 步骤S7沉积二：同时开通氧气管路、通硼源管路以及水蒸汽管路以通入氧气360sccm、硼源120sccm以及带水蒸气的氮气，调节耐腐蚀隔膜泵和反应炉管外部加热装置以保持压力和温度设定值不变，进行沉积掺杂，时间240s；

[0083] 步骤S8吹扫：停止向通硼源管路送入硼源，而后通过清洗管路向通硼源管路以及反应炉管送入氮气进行吹扫，调节压力至800mbar和温度设定值升高至950℃，通入清洗氮

气300sccm吹扫反应炉管和硼源管道,时间300s;

[0084] 步骤S9无氧推进:吹扫完成后继续向通硼源管路送入硼源并关闭氧气管路,调节耐腐蚀隔膜泵以保持压力和温度设定值不变,在不通入氧气环境下进行第一次推进,时间900s;

[0085] 步骤S10有氧推进:开通氧气管路为反应炉管通入氧气,通入氮气流量1000sccm,氧气流量10000sccm,清洗氮气流量300sccm,调节耐腐蚀隔膜泵以保持压力设定值不变,调节反应炉管外部加热装置将温度设定值升高至1050℃,在氧气环境下进行第二次推进,时间4200s;

[0086] 步骤S11吹扫:停止向通硼源管路送入硼源,而后通过清洗管路向通硼源管路以及反应炉管送入氮气进行吹扫,降低温度至780℃,降低压力设定值200mbar,通入大量氮气50000sccm吹扫反应炉管和硼源管道,时间360s;

[0087] 步骤S12回压:设定压力值为常压1000mbar,温度780℃;关闭耐腐蚀隔膜泵关闭耐腐蚀隔膜泵、氧气管路、通硼源管路、水蒸汽管路以及工艺氮气管路,开通回压充氮管路通入大量氮气使反应炉管回到常压状态,时间70s;

[0088] 步骤S13出舟:打开炉门,将掺杂后的硅片硼扩散反应系统反应炉管中取出放入冷却区,关闭炉门。

[0089] 采用常规工艺方法与本发明供气气体及发明工艺所得的参数指标如下表所示,发明工艺的工艺时间、片内方阻均匀性、片间方阻均匀性、开路电压、短路电流、填充因子、效率等指标均高于现有电池生产线常规工艺。

[0090]

工艺类型	工艺时间(min)	片内方阻均匀性	片间方阻均匀性	Voc(V)	Isc(A)	FF(%)	Eta(%)
常规工艺	210	3.92%	4.53%	0.7043	13.6430	82.35	24.02
发明工艺	195	3.27%	3.96%	0.7152	13.6497	82.47	24.3

[0091] 应当注意的是,以上所述的实施例仅用于解释本发明,并不构成对本发明的任何限制。通过参照典型实施例对本发明进行了描述,但应当理解为其中所用的词语为描述性和解释性词汇,而不是限定性词汇。可以按规定在本发明权利要求的范围内对本发明作出修改,以及在不背离本发明的范围和精神内对本发明进行修订。以上所述仅是本发明的优选实施方式,本发明的保护范围并不仅局限于上述实施例。对于本技术领域的技术人员来说,在不脱离本发明技术构思前提下所得到的改进和变换也应视为本发明的保护范围。

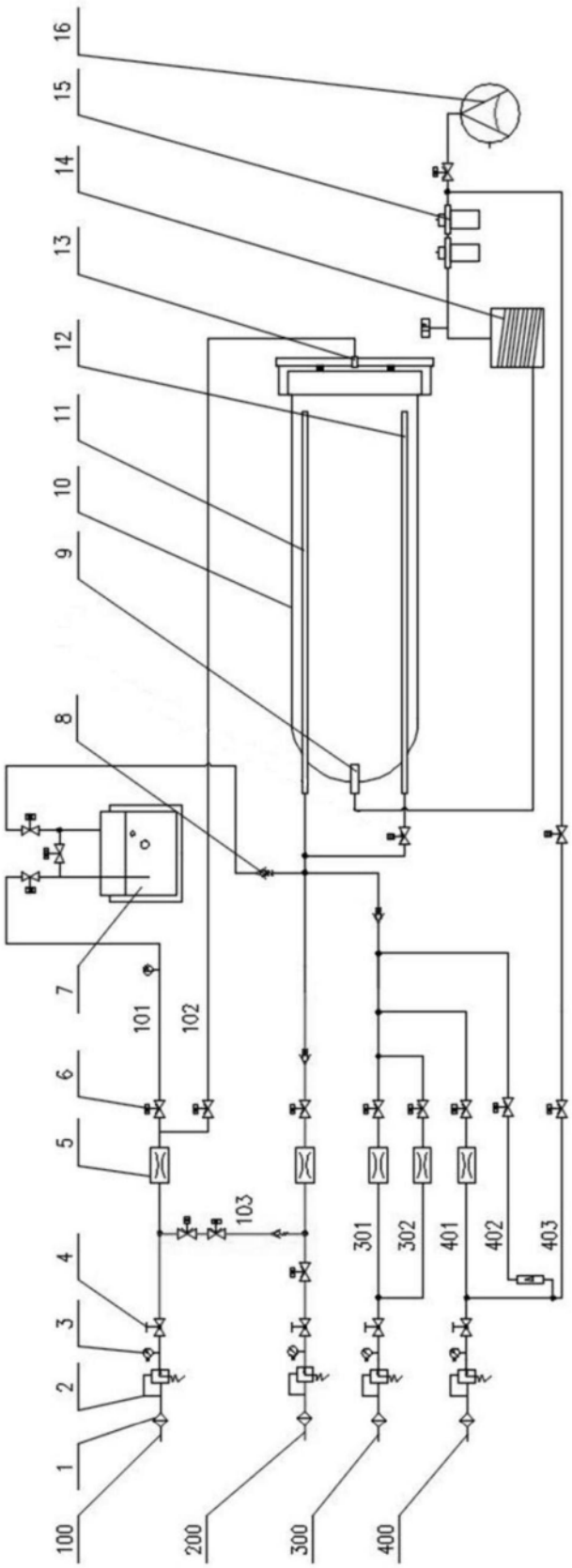

16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
101
102
6
5
103
4
3
2
1
100
200
300
400
301
302
401
402
403

图1