



《光伏应用电子产品设计与制作》 联盟课程标准

课程负责人： _____ 冯源 _____

学 校： _____ 佛山职业技术学院 _____

新能源类专业教学资源库共建共享联盟课程指导小组

2018 年 2 月 4 日



《晶硅太阳能电池生产工艺》联盟课程标准

适用对象：高职三年制

适用专业：新能源类专业

课程类别：岗位主干领域课程

修课方式：必修

教学时数：64

总 学 分：4.0 （按四舍五入的原则，每 16 课时为 1 学分计算）

一、课程的性质和任务

（一）课程定位

该课程是光伏应用技术专业和光伏产品检测专业的核心课程，目标是让学生掌握晶硅太阳能电池生产相关能力，它是以《半导体材料基础》课程的学习为基础，也是进一步学习《光伏组件生产工艺》课程的基础。

（二）学习领域目标

太阳能电池生产工艺课程采用“模块化-项目-任务”的模式组织教学内容，依据太阳能电池生产工序流程，将各个工序的工作内容及需要掌握的知识模块化，并通过项目-任务的方法引导学生。

1. 专业能力目标：



- (1) 独立完成硅片、太阳能电池片的外观检测;
- (2) 能够熟练完成硅片清洗工艺;
- (3) 能够掌握硅片制绒原理及常规操作工艺;
- (4) 能够掌握扩散原理, 熟悉扩散工艺;
- (5) 能够操作常规太阳能电池制绒设备、前后清洗设备及扩散设备;
- (6) 能够对太阳能电池的性能进行准确测试;
- (7) 能够掌握制备减反膜原理及管式 PECVD 设备操作工艺;
- (8) 能够掌握丝网印刷电极的工艺原理, 熟悉丝网印刷设备操作方法。

2. 社会能力目标:

- (1)熟练掌握电路基础与电工技术、太阳能电池材料、半导体材料基础等相关课程, 热爱光伏行业并有吃苦耐劳的精神。
- (2) 具有较好的电子技术基础知识、基本技能。
- (3)有一定的逻辑思维能力, 有较强的分析问题和解决问题能力, 对电子和光伏技术相关知识有一定的兴趣和爱好。

3.方法能力目标:

- (1) 具有一定的独立分析、设计、实施、评估的能力;
- (2) 具有获取、分析、归纳、交流知识和新技术的能力;
- (3) 具有自学能力、理解能力与表达能力;
- (4) 具有将知识与技术综合运用能力;
- (5) 具有团队协作的能力。

(三) 前导课程



半导体材料基础

(四) 后续课程

光伏组件设计与生产工艺、并网光伏系统设计与施工、离网光伏系统设计与施工

二、课程内容标准

(一) 工作任务划分及学时分配

表 1 工作任务划分及学时分配表

序号	工作任务	知识点	训练或工作项目	教学要求	教学情境与教学设计	参考学时
1	认识硅材料	1.硅材料的物理化学性质; 2.硅材料的半导体特性;	分析硅材料作为太阳能电池材料的原因	掌握硅材料的物理化学性质 掌握硅材料的半导体特性	太阳能电池材料分析	1
2	硅锭的制备	1.多晶硅的制备方法; 2.单晶硅锭的拉直方法; 3.多晶硅铸锭方法; 4.单晶硅锭与多晶硅锭的性质特点;	分析单晶硅锭和多晶硅锭铸锭方法的异同	掌握单晶硅锭的拉直方法 掌握多晶硅铸锭方法 掌握单晶硅锭与多晶硅锭的性质特点	单晶硅和多晶硅片分析	1
3	硅片的生产	1.硅片生产流程; 2.硅片生产过程中的损伤;	描述硅片生产流程 分析硅片表面缺陷	掌握硅片生产流程 掌握硅片生产过程中的损伤	硅片生产企业环境视频	1
4	认识晶硅太阳能电池	1.单晶硅太阳能电池结构及特点; 2.多晶硅太阳能电池结构及特点;	1.分析对比单晶硅太阳能电池与多晶硅太阳能电池的异同	1.掌握单晶硅太阳能电池结构及特点; 2.掌握多晶硅太阳能电池结构及特点;	多晶硅和单晶硅太阳能电池片	1
5	硅片清洗原理及方式	1. 湿法去除晶硅损伤层的原理 2. 硅片清洗原理 3. 硅片清洗工艺及特点	1.区分不同类型的硅片污染; 2.对不同类型的污染提出	1.掌握湿法去除晶硅损伤层的原理; 2.掌握硅片清洗原理; 3.掌握硅片清洗工艺及特点;	硅片清洗	1



			适合的清洗方案;			
6	硅片制绒工艺原理	1.各向异性腐蚀原理; 2.各向同性腐蚀原理; 3.硅片制绒后的表面特性;	1.对各向同性腐蚀和各向异性腐蚀进行对比及特点描述; 2.对各向同性腐蚀液体系进行设计;	1.掌握各向异性腐蚀原理; 2.掌握各向同性腐蚀原理; 3.掌握硅片制绒后的表面特性;	硅片化学腐蚀制绒	2
7	清洗制绒设备结构与组成	1.清洗制绒设备原理结构; 2.清洗制绒设备的特点; 3.清洗制绒设备维护与保养;	1.对清洗制绒设备进行详细描述;	1.掌握清洗制绒设备原理结构; 2.掌握清洗制绒设备的特点; 3.掌握清洗制绒设备维护与保养;	RENA 设备	2
8	清洗制绒设备操作及常见问题处理	1.清洗制绒设备安全使用规范; 2.清洗制绒设备的操作流程; 3.清洗制绒设备的功能界面; 4.常见清洗制绒设备的故障及处理;	1.识别并清洗制绒设备操作界面; 2.对常见设备问题进行处理;	1.掌握清洗制绒设备安全使用规范; 2.掌握清洗制绒设备的操作流程; 3.掌握清洗制绒设备的功能界面; 4.掌握常见清洗制绒设备的故障及处理;	RENA 设备	2
9	清洗制绒生产作业	1.清洗制绒生产的材料和工具; 2.清洗制绒生产流程; 3.清洗制绒岗位工作内容及要求; 4.清洗制绒生产注意事项;	1.正确填写工作流程卡; 2.独立完成清洗制绒岗位准备工作; 3.独立检查来料是否有不良片;	1.掌握清洗制绒生产的材料和工具; 2.掌握清洗制绒生产流程; 3.掌握清洗制绒岗位工作内容及要求; 4.掌握清洗制绒生产注意事项;	RENA 设备	2



			4.正确完成硅片手动上料与下料;			
10	清洗制绒设备换液作业	1.清洗制绒设备换液流程; 2.清洗制绒设备换液注意事项;	1.通过操作清洗制绒主界面完成设备换液;	1.掌握清洗制绒设备换液流程; 2.掌握清洗制绒设备换液注意事项;	RENA 设备	1
11	清洗制绒生产过程监控	1.清洗制绒生产检测内容; 2.清洗制绒生产检测标准; 3.清洗制绒检测相关设备;	1.独立使用清洗制绒检测设备; 2.正确完成 SPC 统计表;	1.掌握清洗制绒生产检测内容; 2.掌握清洗制绒生产检测标准; 3.掌握清洗制绒检测相关设备;	RENA 设备	1
12	扩散原理	1.扩散的定义; 2.扩散形成的条件及结的形成过程; 3.扩散工艺的目的;	1.对结形成过程进行描述;	1.掌握扩散的定义; 2.掌握扩散形成的条件及结的形成过程; 3.掌握扩散工艺的目的;	扩散炉	2
13	硅片扩散制结原理及特点	1.了解硅片扩散制结生产原料; 2.制备 PN 结的化学过程; 3.三氯氧磷扩散工艺流程;	1.描述三氯氧磷含氧扩散的原理; 2.能够对扩散工艺过程进行描述分析;	1.了解硅片扩散制结生产原料; 2.掌握制备 PN 结的化学过程; 3.掌握三氯氧磷扩散工艺流程;	扩散炉	2
14	认识扩散生产设备	1.扩散设备组成; 2.熟悉扩散设备软件系统操作界面; 3.扩散设备常见问题及处理方法;	1.对扩散设备各组成系统功能进行描述; 2.简单操作扩散设备软件	1.掌握扩散设备组成; 2.熟悉扩散设备软件系统操作界面; 3.掌握扩散设备常见问题及处理方法;	扩散炉	2



			系统主界面; 3.对识别并处理扩散设备 常见问题;			
15	石英器件 清洗及饱 和作业	1.熟悉石英器件清洗作业的原理; 2.石英管酸液清洗过程; 3.其他石英器件酸洗过程; 4.石英器件饱和过程;	1.对 HF 酸损伤进行正确的 处理; 2.与他人配合操作石英器 件清洗设备, 完成清洗;	1.熟悉石英器件清洗作业的原理; 2.掌握石英管酸液清洗过程; 3.掌握其他石英器件酸洗过程; 4.掌握石英器件饱和过程;	扩散炉	2
16	三氯氧磷 扩散生产 作业	1.扩散车间 5S 标准 扩散生产准备工作要求; 2.舟叉、石英舟、石英吸笔、卸片盒 等辅助工具的使用方法; 3.扩散生产的工序流程; 3.扩散工序的注意事项;	1.正确使用舟叉、石英舟、 石英吸笔、卸片盒等辅助工 具; 2.对扩散设备软件系统进 行操作; 3.正确完成石英舟插片和 卸片;	1.掌握扩散车间 5S 标准; 2.掌握扩散生产准备工作要求; 3.掌握舟叉、石英舟、石英吸笔、卸片盒等辅 助工具的使用方法; 4.掌握扩散生产的工序流程; 5.掌握扩散工序的注意事项;	扩散炉	2
17	扩散生产 工艺监控	1.认识方块电阻 认识少子寿命; 2.方块电阻的测量方法; 3.少子寿命的测量方法;	1.熟练使用四探针电阻测 试仪; 2.熟练使少子寿命测试仪; 3.使用正确方法测量硅片	1.认识方块电阻 认识少子寿命; 2.掌握方块电阻的测量方法; 3.掌握少子寿命的测量方法;	扩散炉	2



		4.影响方块电阻的因素; 5.影响少子寿命的因素;	电阻和少子寿命;	4.掌握影响方块电阻的因素; 5.掌握影响少子寿命的因素;		
18	扩散设备 换源作业	1.扩散设备换源流程; 2.换源作用注意事项;	1.通过鼓泡实验对换源进行检测;	1.掌握扩散设备换源流程; 2.掌握换源作用注意事项;	扩散炉	2
19	扩散返工 生产	1.扩散返工生产的标准; 2.返工生产的流程; 3.返工片的监控标准;	对需要返工的硅片进行分类; 2.按返工片的类型进行返 工工艺调整;	1.掌握扩散返工生产的标准; 2.掌握返工生产的流程; 3.掌握返工片的监控标准;	扩散炉	2
20	刻蚀生产 工艺原理	1.了解硅片刻蚀的目的和方法; 2.湿法刻蚀的原理;	1.对硅片湿法刻蚀作用进 行分析;	1.了解硅片刻蚀的目的和方法; 2.掌握湿法刻蚀的原理;	后清洗设备	1
21	湿法刻蚀 (后清 洗)生产 工艺流程	1.湿法刻蚀生产的工艺流程; 2.生产过程中各反应槽的化学反应原 理;	1.对各反应槽中的反应及 作用进行描述;	1.掌握湿法刻蚀生产的工艺流程; 2.掌握生产过程中各反应槽的化学反应原理;	后清洗设备	2
22	刻蚀(后 清洗)生 产设备的 操作及常	1.熟悉刻蚀(后清洗)生产设备; 2.刻蚀(后清洗)生产设备的安全注 意事项; 3.刻蚀(后清洗)生产设备的操作方	1.对刻蚀(后清洗)生产设 备进行特点描述; 2.熟练操作刻蚀(后清洗) 生产设备;	1.熟悉刻蚀(后清洗)生产设备; 2.掌握刻蚀(后清洗)生产设备的安全注意事 项; 3.掌握刻蚀(后清洗)生产设备的操作方法;	后清洗设备	2



	见问题处理	法; 4.刻蚀（后清洗）生产设备的常见问题;	3.对生产常见问题进行正确处理;	4.掌握刻蚀（后清洗）生产设备的常见问题;		
23	刻蚀（后清洗）生产作业	1.刻蚀（后清洗）生产的工作准备; 2.RENA-InOxide 刻蚀（后清洗）设备的工艺控制; 3.操作 RENA-InOxide 刻蚀（后清洗）设备注意事项;	1.规范完成生产前工作准备; 2.对来片进行品质鉴定; 3.正确完成硅片手动上料与下料; 4.正确填写生产流程单; 5.对生产工艺进行适当的调整;	1.掌握刻蚀（后清洗）生产的工作准备; 2.掌握 RENA- InOxide 刻蚀（后清洗）设备的工艺控制; 3.掌握操作 RENA-InOxide 刻蚀（后清洗）设备注意事项;	后清洗设备	2
24	刻蚀（后清洗）生产过程监控	1.刻蚀（后清洗）生产检测内容; 2.刻蚀（后清洗）生产检测标准; 3.刻蚀（后清洗）检测相关设备;	1.独立使用清洗制绒检测设备; 2.正确完成 SPC 统计表;	1.掌握刻蚀（后清洗）生产检测内容; 2.掌握刻蚀（后清洗）生产检测标准; 3.掌握刻蚀（后清洗）检测相关设备;	后清洗设备	2
25	刻蚀（后清洗）返工作业	1.刻蚀（后清洗）返工生产的标准; 2.返工生产的流程; 3.返工片的监控标准;	1.对需要返工的硅片进行分类; 2.按返工片的类型进行返	1.掌握刻蚀（后清洗）返工生产的标准; 2.掌握返工生产的流程; 3.掌握返工片的监控标准;	后清洗设备	2



			工工艺调整;			
26	PECVD 制备减反 射膜原理	1.了解等离子体概念; 2.PECVD 原理及特点; 3.SiNx 膜特点; 4.H 钝化技术; 5.PECVD 工艺流程;	1.对 PECVD 原理及作用进行描述; 2.对 PECVD 工艺进行分析;	1.了解等离子体概念; 2.掌握 PECVD 原理及特点; 3.掌握 SiNx 膜特点; 4.掌握 H 钝化技术; 5.掌握 PECVD 工艺流程;	PECVD 炉	1
27	PECVD 生产设备的 操作及 常见问题 处理	1.熟悉 PECVD 生产设备; 2.PECVD 生产设备的安全注意事项; 3.PECVD 生产设备的操作方法; 4.PECVD 生产设备的常见问题;	1.对刻蚀(后清洗)生产设备进行特点描述; 2.熟练操作 PECVD 生产设备; 3.对 PECVD 生产常见问题进行正确处理;	1.熟悉 PECVD 生产设备; 2.掌握 PECVD 生产设备的安全注意事项; 3.掌握 PECVD 生产设备的操作方法; 4.掌握 PECVD 生产设备的常见问题;	PECVD 炉	2
28	管 式 PECVD 生产作业	1.扩散车间 5S 标准 扩散工艺准备工作要求; 2.下舟小推车、载片盒、黑片盒、真空吸笔、工业酒精、无尘布和耐高温胶带等辅助工具的使用方法; 3.PECVD 生产的作业流程;	1.熟练使用下舟小推车、载片盒、黑片盒、真空吸笔、工业酒精、无尘布和耐高温胶带等辅助工具; 2.对 PECVD 设备软件系统进行操作;	1.掌握 PECVD 生产准备工作要求; 2.掌握下舟小推车、载片盒、黑片盒、真空吸笔、工业酒精、无尘布和耐高温胶带等辅助工具的使用方法; 3.掌握 PECVD 生产的作业流程; 4.掌握 PECVD 生产的注意事项;	PECVD 炉	2



		4.PECVD 生产的注意事项;	3.正确完成石英舟插片和卸片; 4.正确填写生产流程单;			
29	管 式 PECVD 生产监控 与常见工 艺问题处 理	1.PECVD 生产检测内容及标准; 2.PECVD 检测相关设备; 3.PECVD 生产过程中常见的工艺问题;	1.独立使用 PECVD 检测设备; 2.正确完成 SPC 统计表; 3.按照 PECVD 异常情况作业指导书对异常情况进行处理;	1.掌握 PECVD 生产检测内容及标准; 2.掌握 PECVD 检测相关设备; 3.掌握 PECVD 生产过程中常见的工艺问题;	PECVD 炉	2
30	PECVD 补镀与返 工生产作 业	1.PECVD 补镀作业标准; 2.PECVD 返工生产的标准; 3.PECVD 补镀生产流程; 4.返工生产的流程; 5.PECVD 补镀监控标准; 6.返工片的监控标准;	1.对补镀工艺进行参数设定; 2.正确完成补镀生产过程; 3.做好 PECVD 返工生产准备; 4.对返工作业进行监控鉴定;	1.掌握 PECVD 补镀作业标准; 2.掌握 PECVD 返工生产的标准; 3.掌握 PECVD 补镀生产流程; 4.掌握返工生产的流程; 5.掌握 PECVD 补镀监控标准; 6.掌握返工片的监控标准;	PECVD 炉	2
31	认识丝网 印刷制备	1.丝网印刷的工艺流程; 2.烧结的方法及作用;	1.对丝网印刷工艺流程及作用进行描述;	1.掌握丝网印刷的工艺流程; 2.掌握烧结的方法及作用;	丝网印刷设 备	2



	电极					
32	认识烧结炉设备结构与特点	1.烧结炉设备结构与组成; 2.熟悉烧结炉设备软件系统操作界面; 3.烧结炉设备常见问题及处理方法;	1.对烧结炉设备各组成系统功能进行描述; 2.简单操作烧结炉设备软件系统主界面; 3.识别并处理烧结炉设备常见问题;	1.掌握烧结炉设备结构与组成; 2.熟悉烧结炉设备软件系统操作界面; 3.掌握烧结炉设备常见问题及处理方法;	丝网印刷设备	2
33	丝网印刷生产设备的操作及常见问题处理	1.熟悉丝网印刷生产设备; 2.丝网印刷生产设备的安全注意事项; 3.丝网印刷生产设备的操作方法; 4.丝网印刷生产设备的常见问题;	1.对丝网印刷生产设备进行特点描述; 2.熟练操作丝网印刷生产设备; 3.对丝网印刷生产常见问题进行正确处理;	1.熟悉丝网印刷生产设备; 2.掌握丝网印刷生产设备的安全注意事项; 3.掌握丝网印刷生产设备的操作方法; 4.掌握丝网印刷生产设备的常见问题;	丝网印刷设备	1
34	丝网印刷生产作业	1.丝网印刷准备工作要求; 2.浆料准备方法及使用规范; 3.网版准备和安装的方法; 4.PECVD 生产的注意事项;	1.熟料操作丝网印刷软件系统界面; 2.正确安装和调节回墨刀; 3.正确安装刮条和自动调节平衡;	1.掌握丝网印刷准备工作要求; 2.掌握浆料准备方法及使用规范; 3.掌握网版准备和安装的方法; 4.掌握丝网印刷生产的注意事项;	丝网印刷设备	1



			4.正确上料和下料;			
35	烧结生产 作业与监 控	1.烧结准备工作要求; 2.烧结作业的流程; 3.烧结生产的注意事项;	1. 熟料操作烧结软件系统 界面; 2.对烧结作业进行检测监 控;	1.掌握烧结准备工作要求; 2.掌握烧结作业的流程; 3.掌握烧结生产的注意事项;	烧结炉	2
36	丝网印刷 返工作业	1.丝网印刷返工生产的标准; 2.丝网印刷返工生产的流程; 3.丝网印刷返工片的监控标准;	1.对需要丝网印刷返工的 硅片进行分类; 2.按返工片的类型进行返 工工艺调整;	1.掌握丝网印刷返工生产的标准; 2.掌握丝网印刷返工生产的流程; 3.掌握丝网印刷返工片的监控标准;	烧结炉	1
37	认识测试 分选设备	1.测试分选设备结构与组成 2.熟悉测试分选设备软件系统操作界 面 3.测试分选设备常见问题及处理方 法;	1.对测试分选设备各组成 系统功能进行描述; 2.简单操作测试分选设备 软件系统主界面; 3.识别并处理测试分选设 备常见问题;	1.掌握测试分选设备结构与组成; 2.熟悉测试分选设备软件系统操作界面; 3.掌握测试分选设备常见问题及处理方法;	I-V 测试仪	1
38	测试分选 作业与监 控	1.掌握测试分选的目的; 2.掌握测试分选准备工作要求; 3.标准片的校准;	1.熟练操作测试分选软件 系统界面; 2.完成重复性和差异性测	1.掌握测试分选的目的; 2.掌握测试分选准备工作要求; 3.掌握标准片的校准;	I-V 测试仪	2



		4.测试分选生产的注意事项; 5.测试分选监控标准;	试; 3.对晶体硅太阳能电池进行有效监控 (如印刷质量、弯曲度、电性能等) ;	4.掌握测试分选生产的注意事项; 5.掌握测试分选监控标准;		
39	包装入库作业	1.包装入库准备工作要求; 2.包装入库流程; 3.包装入库的注意事项;	1.独立准备小包装盒; 2.对 OEM 电池片进行包装;	1.掌握包装入库准备工作要求; 2.掌握包装入库流程; 3.掌握包装入库的注意事项;	包装入库流程	1



(二) 工作任务描述

根据专业课程目标和涵盖的工作任务要求，确定课程内容和要求，说明学生应获得的知识、技能与态度。

序号	工作任务	知识要求	技能要求
1	认识硅材料	● 硅材料的物理化学性质 ● 硅材料的半导体特性	● 分析硅材料作为太阳电池材料的原因
2	硅锭的制备	● 多晶硅的制备方法 ● 单晶硅锭的拉直方法 ● 多晶硅铸锭方法 ● 单晶硅锭与多晶硅锭的性质特点	● 分析单晶硅锭和多晶硅锭铸锭方法的异同
3	硅片的生产	● 硅片生产流程 ● 硅片生产过程中的损伤	● 描述硅片生产流程 ● 分析硅片表面缺陷
4	认识晶硅太阳电池	● 单晶硅太阳电池结构及特点 ● 多晶硅太阳电池结构及特点	● 分析对比单晶硅太阳电池与多晶硅太阳电池的异同
5	硅片清洗原理及方式	● 湿法去除晶硅损伤层的原理 ● 硅片清洗原理 ● 硅片清洗工艺及特点	● 区分不同类型的硅片污染 ● 对不同类型的污染提出适合的清洗方案
6	硅片制绒工艺原理	● 各向异性腐蚀原理 ● 各向同性腐蚀原理 ● 硅片制绒后的表面特性	● 对各向同性腐蚀和各向异性腐蚀进行对比及特点描述 ● 对各向同性腐蚀液体系进行设计
7	清洗制绒设备结构与组成	● 清洗制绒设备原理结构 ● 清洗制绒设备的特点 ● 清洗制绒设备维护与保养	● 对清洗制绒设备进行详细描述
8	清洗制绒设备操作及常见问题处理	● 清洗制绒设备安全使用规范 ● 清洗制绒设备的操作流程 ● 清洗制绒设备的功能界面 ● 常见清洗制绒设备的故障及处理	● 识别并清洗制绒设备操作界面 ● 对常见设备问题进行处理
9	清洗制绒生产作业	● 清洗制绒生产的材料和工具 ● 清洗制绒生产流程 ● 清洗制绒岗位工作内容及要求 ● 清洗制绒生产注意事项	● 正确填写工作流程卡 ● 独立完成清洗制绒岗位准备工作 ● 独立检查来料是否有不良片 ● 正确完成硅片手动上料与下料



序号	工作任务	知识要求	技能要求
10	清洗制绒设备换液作业	- 清洗制绒设备换液流程 - 清洗制绒设备换液注意事项	通过操作清洗制绒主界面完成设备换液
11	清洗制绒生产过程监控	- 清洗制绒生产检测内容 - 清洗制绒生产检测标准 - 清洗制绒检测相关设备	- 独立使用清洗制绒检测设备 - 正确完成 SPC 统计表
12	扩散原理	- 扩散的定义 - 扩散形成的条件及结的形成过程 - 扩散工艺的目的	对结形成过程进行描述
13	硅片扩散制结原理及特点	- 了解硅片扩散制结生产原料 - 制备 PN 结的化学过程 - 三氯氧磷扩散工艺流程	- 描述三氯氧磷含氧扩散的原理 - 能够对扩散工艺过程进行描述分析
14	认识扩散生产设备	- 扩散设备组成 - 熟悉扩散设备软件系统操作界面 - 扩散设备常见问题及处理方法	- 对扩散设备各组成系统功能进行描述 - 简单操作扩散设备软件系统主界面 - 对识别并处理扩散设备常见问题
15	石英器件清洗及饱和作业	- 熟悉石英器件清洗作业的原理 - 石英管酸液清洗过程 - 其他石英器件酸洗过程 - 石英器件饱和过程	- 对 HF 酸损伤进行正确的处理 - 与他人配合操作石英器件清洗设备，完成清洗
16	三氯氧磷扩散生产作业	- 扩散车间 5S 标准 - 扩散生产准备工作要求 - 舟叉、石英舟、石英吸笔、卸片盒等辅助工具的使用方法 - 扩散生产的工序流程 - 扩散工序的注意事项	- 正确使用舟叉、石英舟、石英吸笔、卸片盒等辅助工具 - 对扩散设备软件系统进行操作 - 正确完成石英舟插片和卸片
17	扩散生产工艺监控	- 认识方块电阻 - 认识少子寿命 - 方块电阻的测量方法 - 少子寿命的测量方法 - 影响方块电阻的因素 - 影响少子寿命的因素	- 熟练使用四探针电阻测试仪 - 熟练使少子寿命测试仪 - 使用正确方法测量硅片电阻和少子寿命
18	扩散设备换源作业	- 扩散设备换源流程 - 换源作用注意事项	通过鼓泡实验对换源进行检测



序号	工作任务	知识要求	技能要求
19	扩散返工生产	- 扩散返工生产的标准 - 返工生产的流程 - 返工片的监控标准	- 对需要返工的硅片进行分类 - 按返工片的类型进行返工工艺调整
20	刻蚀生产工艺原理	- 了解硅片刻蚀的目的和方法 - 湿法刻蚀的原理	对硅片湿法刻蚀作用进行分析
21	湿法刻蚀（后清洗）生产工艺流程	- 湿法刻蚀生产的工艺流程 - 生产过程中各反应槽的化学反应原理	对各反应槽中的反应及作用进行描述
22	刻蚀（后清洗）生产设备的操作及常见问题处理	- 熟悉刻蚀（后清洗）生产设备 - 刻蚀（后清洗）生产设备的安全注意事项 - 刻蚀（后清洗）生产设备的操作方法 - 刻蚀（后清洗）生产设备的常见问题	- 对刻蚀（后清洗）生产设备进行特点描述 - 熟练操作刻蚀（后清洗）生产设备 - 对生产常见问题进行正确处理
23	刻蚀（后清洗）生产作业	- 刻蚀（后清洗）生产的工作准备 - RENA-InOxide 刻蚀（后清洗）设备的工艺控制 - 操作 RENA-InOxide 刻蚀（后清洗）设备注意事项	- 规范完成生产前工作准备 - 对来片进行品质鉴定 - 正确完成硅片手动上料与下料 - 正确填写生产流程单 - 对生产工艺进行适当的调整
24	刻蚀（后清洗）生产过程监控	- 刻蚀（后清洗）生产检测内容 - 刻蚀（后清洗）生产检测标准 - 刻蚀（后清洗）检测相关设备	- 独立使用清洗制绒检测设备 - 正确完成 SPC 统计表
25	刻蚀（后清洗）返工作业	- 刻蚀（后清洗）返工生产的标准 - 返工生产的流程 - 返工片的监控标准	- 对需要返工的硅片进行分类 - 按返工片的类型进行返工工艺调整
26	PECVD 制备减反射膜原理	- 了解等离子体概念 - PECVD 原理及特点 - SiNx 膜特点 - H 钝化技术 - PECVD 工艺流程	- 对 PECVD 原理及作用进行描述 - 对 PECVD 工艺进行分析
27	PECVD 生产设备的操作及常见问题处理	- 熟悉 PECVD 生产设备 - PECVD 生产设备的安全注意事项 - PECVD 生产设备的操作方法 - PECVD 生产设备的常见问题	- 对刻蚀（后清洗）生产设备进行特点描述 - 熟练操作 PECVD 生产设备 - 对 PECVD 生产常见问题进行正确处理



序号	工作任务	知识要求	技能要求
28	管式 PECVD 生产作业	● 扩散车间 5S 标准 ● 扩散工艺准备工作要求 ● 下舟小推车、载片盒、黑片盒、真空吸笔、工业酒精、无尘布和耐高温胶带等辅助工具的使用方法 ● PECVD 生产的作业流程 ● PECVD 生产的注意事项	● 熟练使用下舟小推车、载片盒、黑片盒、真空吸笔、工业酒精、无尘布和耐高温胶带等辅助工具 ● 对 PECVD 设备软件系统进行操作 ● 正确完成石英舟插片和卸片 ● 正确填写生产流程单
29	管式 PECVD 生产监控与常见工艺问题处理	● PECVD 生产检测内容及标准 ● PECVD 检测相关设备 ● PECVD 生产过程中常见的工艺问题	● 独立使用 PECVD 检测设备 ● 正确完成 SPC 统计表 ● 按照 PECVD 异常情况作业指导书对异常情况进行处理
30	PECVD 补镀与返工生产作业	● PECVD 补镀作业标准 ● PECVD 返工生产的标准 ● PECVD 补镀生产流程 ● 返工生产的流程 ● PECVD 补镀监控标准 ● 返工片的监控标准	● 对补镀工艺进行参数设定 ● 正确完成补镀生产过程 ● 做好 PECVD 返工生产准备 ● 对返工作业进行监控鉴定
31	认识丝网印刷制备电极	● 丝网印刷的工艺流程 ● 烧结的方法及作用	● 对丝网印刷工艺流程及作用进行描述
32	认识烧结炉设备结构与特点	● 烧结炉设备结构与组成 ● 熟悉烧结炉设备软件系统操作界面 ● 烧结炉设备常见问题及处理方法	● 对烧结炉设备各组成系统功能进行描述 ● 简单操作烧结炉设备软件系统主界面 ● 识别并处理烧结炉设备常见问题
33	丝网印刷生产设备的操作及常见问题处理	● 熟悉丝网印刷生产设备 ● 丝网印刷生产设备的安全注意事项 ● 丝网印刷生产设备的操作方法 ● 丝网印刷生产设备的常见问题	● 对丝网印刷生产设备进行特点描述 ● 熟练操作丝网印刷生产设备 ● 对丝网印刷生产常见问题进行正确处理
34	丝网印刷生产作业	● 丝网印刷准备工作要求 ● 浆料准备方法及使用规范 ● 网版准备和安装的方法 ● PECVD 生产的注意事项	● 熟料操作丝网印刷软件系统界面 ● 正确安装和调节回墨刀 ● 正确安装刮条和自动调节平衡 ● 正确上料和下料
35	烧结生产作业与监控	● 烧结准备工作要求 ● 烧结作业的流程 ● 烧结生产的注意事项	● 熟料操作烧结软件系统界面 ● 对烧结作业进行检测监控

序号	工作任务	知识要求	技能要求
36	丝网印刷返工作业	● 丝网印刷返工生产的标准 ● 丝网印刷返工生产的流程 ● 丝网印刷返工片的监控标准	● 对需要丝网印刷返工的硅片进行分类 ● 按返工片的类型进行返工工艺调整
37	认识测试分选设备	● 测试分选设备结构与组成 ● 熟悉测试分选设备软件系统操作界面 ● 测试分选设备常见问题及处理方法	● 对测试分选设备各组成系统功能进行描述 ● 简单操作测试分选设备软件系统主界面 ● 识别并处理测试分选设备常见问题
38	测试分选作业与监控	● 掌握测试分选的目的 ● 掌握测试分选准备工作要求 ● 标准片的校准 ● 测试分选生产的注意事项 ● 测试分选监控标准	● 熟练操作测试分选软件系统界面 ● 完成重复性和差异性测试 ● 对晶体硅太阳能电池进行有效监控(如印刷质量、弯曲度、电性能等)
39	包装入库作业	● 包装入库准备工作要求 ● 包装入库流程 ● 包装入库的注意事项	● 独立准备小包装盒 ● 对 OEM 电池片进行包装

三、课程实施建议

(一) 教学建议

主要在实训中心开展，课程内容根据岗位技能分为多个相对独立的模块。与对应的岗位技能要求相结合，将课程内容分为若干个相对独立、同时有机联系的典型企业真实任务（案例）。教学内容即以这些相对独立的子项目开展，每一个子项目都有与企业标准相对应的考核标准。

(二) 教学基本条件

专业教师应具备企业实际工作经历或有实习经历，熟悉生产现场真实情况，能够将企业相关岗位技能要求和相关信息传递给学生。同时，教师应该具备一定的科研能力，能够对生产工艺有所研究。

(三) 教材选用与编写

本课程选用《晶硅太阳能电池制造工艺与原理》（作者：段春艳、卢东亮主编，出版社：印刷工业出版社：2014-6-1），教材内容与现阶段晶体硅太阳能电池生产相适应，能够反映现实生产情况。

(四) 课程资源的开发与利用

课程资源开发与利用：教辅材料主要包括太阳能电池生产相关工艺书籍，如《光伏电池制备工艺》（作者：张存彪、黄建华 主编，出版社：化学工业出版社出版时间：2012-2-1）、《光伏电池原理与工艺》（作者：罗玉峰 主编出版社：中央广播电视大学出版社 出版时间：2011-8-1）等；实训指导手册依据企业作业指导书编制而成，能够真实反应实际操作；网络资源主要有相关网络视频课程和网络学习资料；仿真软件是由澳大利亚悉尼新南威尔士大学光伏研究中心开发的 PC1D 太阳能电池模拟软件，能够对太阳能电池生产工序不同工艺作用进行模拟。

四、教学评价

(1) 学业评价：学生考试成绩，统一采用百分制，期末考试采用闭卷考试，占 60-70%，平时成绩占 30-40%(含作业、提问、课堂讨论、测验、实验、实习、出勤、听课的学习态度等)。具体比例在教学大纲中规定。评定学生考查课程的成绩，可采用等第评分制，一般分优、良、及格和不及格差。

(2) 过程和目标评价相结合，结合课堂提问、现场操作、模块考核等手段，加强实践性教学环节的考核，注重平时采分。注重考核学生所拥有的综合职业能力及水平，在教学中分任务领域评分，课程结束时进行综合考核。突出阶段评价、目标评价、理论与实践一体化评价。关注评价的多元性。

期末考核方式可以采用线上测试试卷+综合项目考核、线下实操考核或具有课程特点的其他考核方式。

证书示例：



图 《晶硅太阳能电池生产工艺》课程结业证书

五、教材及参考资料

(一) 教辅材料



晶硅太阳能电池生产工艺课程必须有相应的教辅材料。教辅材料教材的开发应根据实训教学大纲选用或编写，要对课程中的工序名称、内容、学时、设施、操作规程、注意事项、实训结果、数据处理等做出明确规定。

(二) 教材选用与编写

本课程选用《晶硅太阳能电池生产工艺》(作者：段春艳、卢东亮主编)，教材内容与现阶段太阳能电池生产相适应，能够反映现实生产情况。

(三) 课程资源的开发与利用

教辅材料主要包括太阳能电池生产相关书籍，太阳能电池生产实训指导手册应随人才培养方案和实训教学大纲的变化作相应修订。

(四) 工学结合

根据太阳能电池生产工艺课程的特点，我们与相关光伏企业进行联系沟通，合理的安排学生到尽可能专业对口的岗位上参加工学结合下厂实习。为学生提供了包括专业技能和综合能力两方面能力培养的实践环境，使学生在真实的环境下进行岗位实践，培养学生解决生产实际和工程项目中实际问题的技术及管理能力和领导艺术才能等个人综合素质，为学生今后从事各项工作打下基础。

学校也安排教师到企业下厂学习，使教师的实践教学能力得以提升，教师可以根据在工厂里面的学习经历与企业开发“厂中校”课程资源，更好的为学生和企业服务。

(五) 网络资源

网络资源可以作为学生从事课程学习学习活动的辅助性工具。为此，老师可以引导学生积极有效地将网络资源用于数学学习活动之中。例如，借助网络资源查阅太阳能电池的知识及生产方法、注意事项等。

(六) 仿真软件

使用有效的仿真软件绘制太阳能电池的结构、呈现抽象对象的直观背景，使学生加深对相关教学内容的理解，帮助学生形成解决问题的基本策略和方法等。

制定人：冯源

审 核：新能源类专业教学资源库共建共享联盟

课程指导小组