



职业院校太阳能技术利用专业
光伏技术与应用专业技能方向系列教材

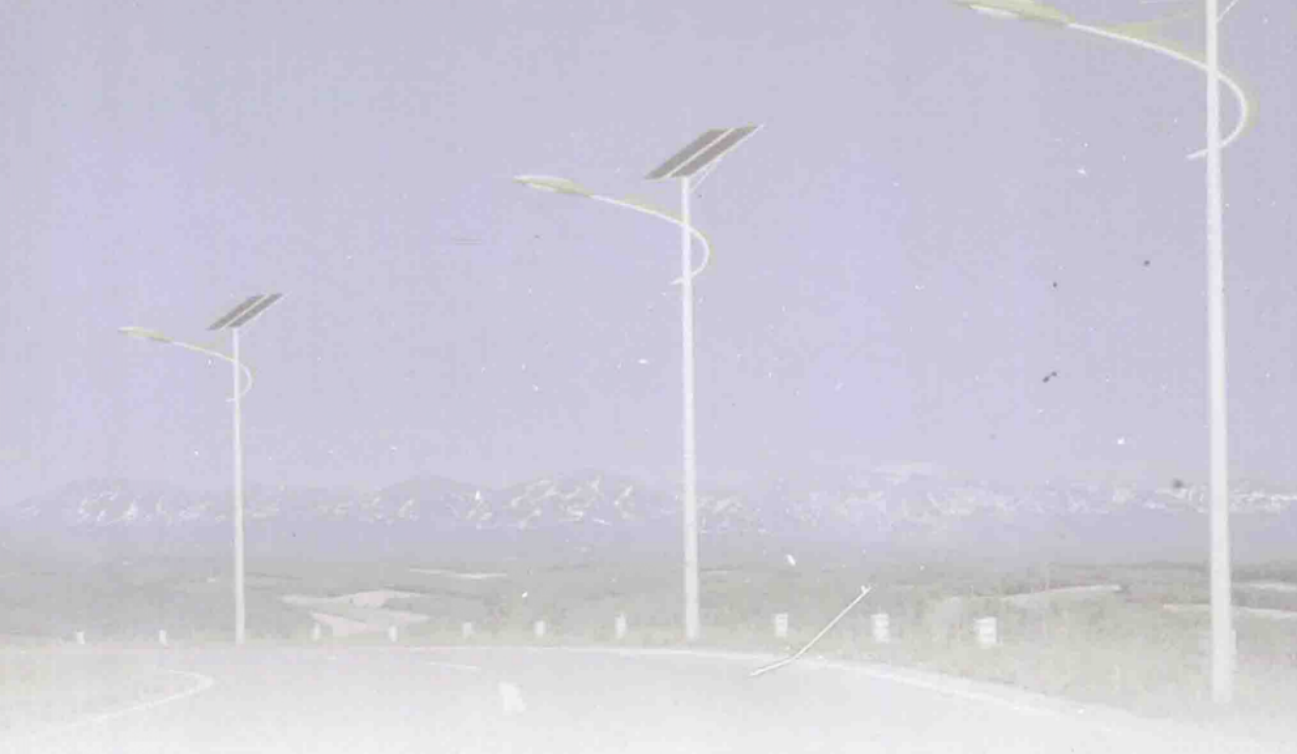
光伏产品开发 与生产工艺

中国半导体行业协会 IC 分会
太阳能光伏产业校企合作职教联盟 组 编
开昂教育股份有限公司

杨 旻 郑 军 总主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



职业院校太阳能技术利用专业
光伏技术与应用专业技能方向系列教材

光伏技术应用

光伏电池制造工艺及应用

光伏组件制造工艺及应用

光伏产品开发与生产工艺

光伏发电系统施工技术

赠送：
100 小时网上学习 免费下载多种资源

增值学习卡

网址：cve-hep.com.cn

网上学习 / 资源下载 / 权威专家在线答疑

防伪查询号码：**106685661280**

免费查询 / 甄别盗版 / 赢取大奖

使用说明详见书内“郑重声明”页

明码 2123 4396 7406 0341

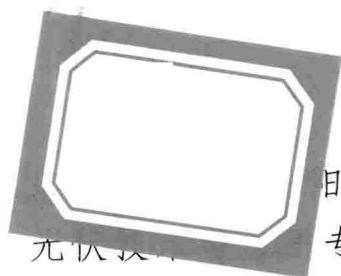
密码

ISBN 978-7-04-033397-8



9 787040 333978 >

定价 23.00 元



智能技术利用专业
专业技能方向系列教材

光伏产品开发与生产工艺

Guangfu Chanpin Kaifa Yu Shengchan Gongyi

中国半导体行业协会 IC 分会
太阳能光伏产业校企合作职教联盟 组编
开昂教育股份有限公司
杨 旻 郑 军 总主编
张 玉 琴 主 编
徐 忆 吴红光 副主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是职业院校太阳能技术利用专业光伏技术与应用专业技能方向系列教材，由中国半导体行业协会 IC 分会、太阳能光伏产业校企合作职教联盟、开昂教育股份有限公司组织编写。

本书主要内容包括光伏产品应用与开发、选购和检测电池片、电池片的激光划片、小片焊接工艺、滴胶工艺、产品外壳设计与制作、电路的设计及制作、小功率光伏产品的应用实例等。

通过本书封底所附学习卡，可登录网站（<http://sve.hep.com.cn>）上网学习及获取相关教学资源。学习卡兼有防伪功能，可查询图书真伪，详细说明见书末“郑重声明”页。

本书是太阳能电池制造工职业技能鉴定指定培训教材，适合作为职业院校太阳能技术利用及相关专业教材，还可供从事光伏技术的专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

光伏产品开发与生产工艺/张玉琴主编；中国半导体行业协会 IC 分会，太阳能光伏产业校企合作职教联盟，开昂教育股份有限公司组编. --北京：高等教育出版社，2011.11

职业院校太阳能技术利用专业、光伏技术与应用专业技能方向系列教材/杨旸，郑军总主编

ISBN 978-7-04-033397-8

I. ①光… II. ①张…②中…③太…④开… III. ①.光电池 - 生产工艺 - 中等专业学校 - 教材 IV. ①TM914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 209559 号

策划编辑 李 刚	责任编辑 李 刚	封面设计 于 涛	版式设计 王艳红
插图绘制 尹 莉	责任校对 张小楠	责任印制 朱学忠	

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400 - 810 - 0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	河北鹏盛贤印刷有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
开 本	787mm × 1092mm 1/16		http://www.landaco.com.cn
印 张	12.5	版 次	2011 年 11 月第 1 版
字 数	230 千字	印 次	2011 年 11 月第 1 次印刷
购书热线	010 - 58581118	定 价	23.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 33397-00

编 委 会

编 委 会 主 任：龙德毅 于燮康

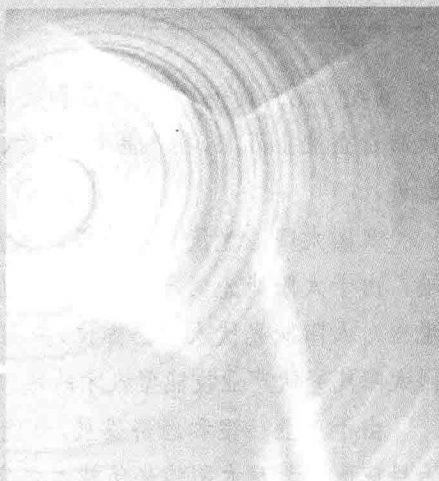
副 主 任：杨 旻 陆 瑛 赵卫国 郑 军 王建华

梅伟芳 张利华

编委会成员名单(按拼音顺序)：

曹建林	陈必群	陈光华	陈建民	陈 涛	陈玉娟	程 周
迟 铮	崔慧林	戴裕崴	冯明潮	傅 亮	葛乐礼	谷朝众
顾力平	顾 强	郭群超	郭 葳	郝国强	贺建明	贺 炜
胡 钢	胡中豪	黄云龙	姜国峰	蒋俊祁	蓝 婷	李成敏
李尤举	廖东进	林 玲	刘海光	卢庆林	陆国平	马魁君
马 松	彭陈平	钱 澄	钱克政	秦凤龙	秦 舒	曲现民
宋锋兵	王春荣	王春瑞	王福荣	王建刚	王利国	王旭升
邬宪伟	吴丁良	吴洪光	吴 燕	徐洪泉	徐 华	徐 忆
许建明	杨建云	杨孝全	杨勇华	于 彪	曾 云	詹万平
赵 杰	张 虎	张世辉	张卫民	张鑫博	张滢清	张玉琴
赵建平	郑德荣					

出版说明



随着全球能源形势趋紧,太阳能光伏作为一种可持续的能源替代方式,正在迅猛发展,并首先在太阳能资源丰富的国家,如德国和日本,得到了大面积的推广和应用。美国也大力发展太阳能、风能等可再生的清洁能源,并提出“领导 21 世纪清洁能源经济的国家将领导全球经济”。

在我国,包括半导体、太阳能光伏、LED、平板显示等在内的中国大半导体产业在过去十年取得了令世人瞩目的巨大成就,被誉为产业发展的“黄金十年”。2010 年大半导体产业经过金融危机后强劲复苏,市场增长速度领跑全球产业。2011 年更被业界看作是开启新一轮增长的起跑年,中国大半导体产业在“十二五”期间仍将迎来大发展。

据中国半导体行业协会等机构统计,2010 年,全球半导体制造设备同比增长幅度创纪录地达到 148%,其中中国半导体设备市场比 2009 年增长 287%,中国的 LED 产业产值规模 2009—2010 年增长了 45%,2011 年增长幅度将会进一步提高,到 2015 年中国大陆 LED 市场规模可望达到 5 000 亿元人民币。面对当前中国大半导体产业的强劲增长趋势,越来越多的地方政府开始推动建设和扩建新的半导体制造工厂、LED 生产工厂、太阳能材料、面板和太阳能组件工厂。移动互联网、物联网、新能源、汽车电子、LED 等新兴技术和产业,正成为半导体市场乃至中国经济的强劲驱动力。

2011 年日本大地震引发的核泄漏警醒世界,德国已率先宣布放弃使用核能。为形成更为合理的能源结构,中国启动了金太阳和屋顶项目,工程发电装机容量合计已经达到 1 400 MW,预计到 2015 年,中国太阳能发电装机容量将达到 5 000 MW,将原计划中的太阳能装机容量扩大 5 倍,中国太阳能电池装机容量年增长率或将超过 40%。

在各国政府对新能源领域的不断重视下,以太阳能光伏应用为主的新能源产业还将继续发展与壮大,可以说未来 20 年这个产业仍将保持一个蓬勃的发展态势。近年来,中国的太阳能产业异军突起,光伏产能已位居全球第一,社会正迈向一个新的太阳能时

代,涌现了无锡尚德、常州天合和天威英利等一大批优秀的光伏企业。目前国内已有光伏制造企业上万家,在多晶硅、切片、电池片、封装等各环节,仍不断有新投资者源源不断进入。

我国太阳能光伏产业的爆炸式发展,使得太阳能光伏技能型人才一时显得相当短缺。由于太阳能光伏产业上游材料加工与下游应用跨区域分布的特点,全国范围内表现出对太阳能光伏人才全方位、多层次的渴求。根据有关数据推算,2011—2015年我国太阳能光伏产业技能型人才的缺口在300万左右。

由于产业转型和经济发展,新能源职业教育人才培养已到了刻不容缓的时候。鉴于目前职业教育太阳能光伏技术与应用专业建设刚刚起步,教材缺乏,由中国半导体行业协会IC分会、太阳能光伏产业校企合作职教联盟和开昂教育股份有限公司联合国内多家职业院校专家和教学骨干,针对目前该专业课程的教学内容和教学特点,重点从生产线工艺流程和设备操作技能出发,在深入太阳能光伏企业现场跟班操作,亲临太阳能光伏基地以及产品市场调研的基础上,组织编写了职业院校太阳能技术利用专业光伏技术与应用专业技能方向系列教材,第一批出版《光伏技术应用》、《光伏电池制造工艺及应用》、《光伏组件制造工艺及应用》、《光伏产品开发与生产工艺》、《光伏发电系统施工技术》共5本教材。

我们希望本系列教材能在一定程度上弥补职业院校太阳能技术利用专业教材的匮乏,并且推动该专业理实一体化教学的开展。在讲义阶段,本系列教材受到了开设太阳能光伏专业的江苏阜宁职教中心、安徽蚌埠机电技师学院、安徽职业技术学院等职业院校的肯定,提出了很多宝贵意见。

太阳能事业前景广阔,充满希望。本系列教材编委会愿与职教界同仁和业内专家通力合作,共同推进中国太阳能事业的发展!

中国半导体行业协会

2011年6月

序



能源产业,尤其是快速发展的新能源产业在金融危机中崛起,已成为强劲的经济支柱。开发“绿色能源”是解决能源危机的重要途径。太阳能、地热能、风能、海洋能、核能以及生物能在全球能源结构中的比重已达到 15%~20%,许多国家都在下大力气研究和开发利用“绿色能源”的新技术、新工艺,并且取得了相当可观的成果。而太阳能光伏发电具有安全可靠、无噪声、无污染、制约少、故障率低、维护简便等优点,在新能源应用中最具发展前景和空间。

我国光伏产业起步于 20 世纪 80 年代末期,90 年代进入稳步探索发展期,进入 21 世纪出现爆发式增长。据统计,从 2002 年至今,中国太阳能电池产量猛增了 100 多倍。至 2008 年,我国太阳能电池产量约占世界总产量的三分之一,到 2010 年,已连续 3 年成为世界第一大太阳能电池生产国。

太阳能光伏产业是一个人才、技术高度密集的产业。近几年,随着新能源产业的高速发展,高素质人才成为企业最迫切的需求。太阳能光伏产业的发展,要求人才队伍建设必须面向产业和企业实际,以培养高层次、高水平、高素质的企业经营管理人才、专业技术人才和高技能人才为重点,逐步构建起与做大、做强产业相适应的多层次、多渠道、多形式的人才培养体系。

中国职业教育技术学会校企合作工作委员会将促进校企合作,共建适应市场发展的新专业,坚持校企合作、工学结合的原则,与中国半导体行业协会 IC 分会、太阳能光伏产业校企合作职教联盟、国内知名光伏企业、天津市、浙江省、江苏省部分职业院校的专家、工程技术人员、专业教师共同合作,编写了这套紧贴太阳能光伏企业工艺内容和生产过程的教材。教材力求紧紧围绕技能型人才培养目标来设计学生的知识、能力、素质结构,突出教材的针对性、实用性,体现职业性和创新性。相信这套教材在推动新专业建设、提高技能型人才培养质量的过程中,能够发挥出积极作用。

希望这些有志于中国职业教育事业的改革者的努力会结出硕果,在企业和院校的共同努力下,不断探索,进一步建设精品教材,打造精品专业。

是为序!

龙德毅^①

2011年6月

① 中国职业技术教育学会副会长,太阳能光伏产业校企合作联盟(集团)理事长。

序



能源和环境问题是本世纪人类面临的重大问题。大力发展可再生能源,优化能源结构是我国能源可持续发展的当务之急。太阳能是目前所找到的最清洁、最直接、同时也是最具可行性的替代能源。根据预测,到 2030 年,我国的能源缺口将达到 50%,而要填补这个缺口很大一部分需要依靠太阳能。20 至 30 年之后,世界上依靠太阳能来发电的比例将占到 70% 以上。中国具有极为丰富的太阳能资源,为大规模开展太阳能利用提供了得天独厚的条件。

我国光伏产业起步于上世纪 80 年代末期,90 年代进入稳步探索发展期,进入 21 世纪出现爆发式增长。据统计,从 2002 年至今,中国太阳能电池产量猛增了 100 多倍。至 2008 年,我国太阳能电池产量约占世界总产量的三分之一,到 2010 年,已连续 3 年成为世界第一大太阳能电池生产国。

太阳能光伏产业的快速发展与技能型人才短缺的矛盾日趋突出。新能源分布式的特点,表现出对人才多方位、多层次的需求。根据国家未来 5 年太阳能光伏产业的规划和发展趋势预测,我国太阳能光伏产业技能人才的缺口非常大。但目前我国光伏教育还比较滞后,很少有学校设置与光伏相关的专业。面对我国光伏产业人才培养起步较晚和光伏产业的高速发展情况,人才匮乏十分突出。因此,加快光伏产业的人才建设,改变人才紧缺的状况迫在眉睫。

中国半导体行业协会集成电路分会与中国职业教育技术学会校企合作工作委员会立足产业前沿,面向教育、面向未来,积极搭建太阳能光伏产业校企合作职业教育联盟平台,组织太阳能光伏行业专家和企业工程师、职业院校相关专业教学骨干共同编写了这套太阳能光伏实用型系列教材。教材突出与产业、企业、岗位的对接。结合行业和企业标准及技术规范,专业教学指导性强。以工作任务为主线,深入浅出、层次分明、图文并茂、实用性强且内容新颖,强调“做中学,做中教”,体现了操作技能培养为主的职业教

育特色。

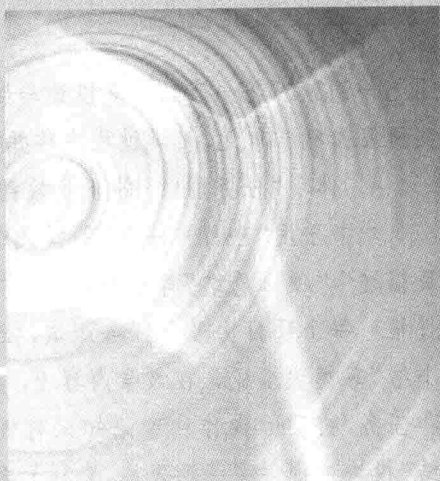
教育兴则国家兴,教育强则国家强,职业教育更是现代新兴产业发展的内驱动。我为这些有志于中国职业教育改革和新能源产业发展倾注心血的同仁倍感欣喜。希望他们的努力和辛劳会结出硕果,在行业协会、企业和院校的共同努力下,不断探索,进一步建设成精品教材,进而打造出精品专业,为新能源产业人才培养探索出有效机制;也希望社会各界关心职业教育和新能源产业发展的同仁给予大力的支持和帮助。

褚君浩^①

2011年9月17日

① 中国科学院院士,华东师范大学信息学院院长。

前言



光伏产业是一个潜力无限的新兴产业,在追求低碳生活的今天,社会越来越重视清洁的可再生能源——太阳能,光伏技术和光伏产业已越来越受到世界各国的重视。

当前,国内系统介绍光伏技术的教材还比较缺乏,并且现有教材主要为科普类或理论性很强的专业研究书籍。为了更好地使职业教育与社会实际用工需求、工作技术要求相接轨,推动光伏产业的发展,探索职业教育教学的新方法,提升太阳能光伏技术与应用专业学生的操作技能和综合素质,中国半导体行业协会 IC 分会、太阳能光伏产业校企合作职教联盟、开昂教育股份有限公司组织编写了职业院校太阳能技术利用专业光伏技术与应用专业技能方向系列教材。编写时,在内容的安排和深度的把握上,结合实际传授必备的理论知识,讲解专业领域的应用实例。

本书内容充实,重点介绍了光伏产品开发与生产工艺。本书的编写有如下几个特色:

1. 紧跟行业发展,体现新兴专业特色

太阳能光伏技术与应用专业是职业院校新兴专业,本书编者都曾经到光伏相关企业的一线岗位参与企业生产和管理。在编写过程中,综合了企业生产一线技术人员和管理人员的经验,参考了企业操作规程,参照了企业质量管理和验收标准、各工作岗位工艺和要求,并请企业工程技术人员、行业专家进行了审核,以保证符合光伏企业和太阳能利用行业标准和技术规范。

2. 立足教学研究,符合专业教学标准

本书立足职业教育精品课程——“太阳能光伏技术应用”,依据太阳能电池制造工职业技能鉴定规范编写。本书是太阳能电池制造工职业技能鉴定指定培训教材。

3. 按照生产流程设计教学单元

本书按照光伏产品制作流程:选购和检测电池片→电池片的激光划片→小片焊接

工艺→滴胶工艺→产品外壳设计与制作→电路的设计及制作→小功率光伏产品的应用实例安排教学单元,教学过程完整并且符合生产实际。

4. 体现“任务引领”的职业教育教学特色,内容注重生产工艺

本书采用“项目-任务”的模式组织教学内容。在项目部分安排了“项目目标”、“项目描述”、“项目总结”等模块,引导学生明确项目的目的,了解项目的情况,总结项目的过程。每个项目由若干任务组成,任务由“任务目标”、“任务描述”、“任务实施”、“任务小结”等模块组成。在教学内容上,本书注重学生对各生产环节工艺的学习。通过项目和任务,将实际操作和理论知识有机地结合在一起,实现理实一体化教学,在“任务小结”模块中提供了评测表格,有利于教学的过程性评价。

5. 图文并茂,增加测试内容

根据中职学生年龄特点和课程内容的特点,本书采用图文并茂的方式,将繁琐的知识、原理和生产流程等用图表形式呈现出来,并加入了大量的实物图,便于学生理解。

本书配套学习卡,可登录网站(<http://sve.hep.com.cn>)获取相关教学资源。学习卡兼有防伪功能,可查询图书真伪,详细说明见书末“郑重声明”页。

完成本书所需要的学时为 102 学时(每周 6 学时 × 17 周),其各单元的学时安排见下表:

项 目	建 议 学 时	合 计 学 时
项目 1 光伏产品应用与开发基础	8	102
项目 2 选购和检测电池片	10	
项目 3 电池片的激光划片	16	
项目 4 小片焊接工艺	16	
项目 5 滴胶工艺	16	
项目 6 产品外壳设计与制作	12	
项目 7 电路的设计及制作	14	
项目 8 小功率光伏产品的应用实例	10	

本书由中国半导体行业协会 IC 分会、太阳能光伏产业校企合作职教联盟、开昂教育股份有限公司组织编写,由美国斯坦福大学电子工程学博士、国家“千人计划”特聘专家、开昂新能源集团公司董事长杨旻,国家级光伏实训基地负责人、衢州中等专业学校郑军担任总主编,衢州中等专业学校张玉琴担任主编,衢州中等专业学校徐忆和吴红光担任副主编。

本书由晶澳(扬州)太阳能科技有限公司宋锋兵主审,审者认真地审核了书稿,提出了很多宝贵的意见和建议。另外,在编写过程中,本书还得到了衢州中等专业学校、

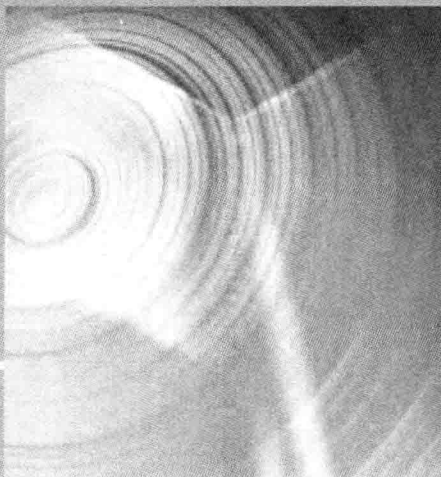
浙江乐叶光伏有限公司、横店东磁太阳能有限公司、常州天合光能公司、丰球光伏科技股份有限公司的领导和技术人员的大力协助和指导,在此一并表示衷心感谢。另外,在本书的编写过程中,参阅了大量的论著与文献,主要部分已列入参考文献,在此对参考文献的作者表示衷心感谢。

由于编者能力有限,不足之处在所难免,诚望广大读者提出宝贵意见,以便进一步修改完善。编者联系邮箱: qzxxd2@163.com。

编 者

2011年6月

目 录



项目 1 光伏产品应用与开发	1	任务 2 滴胶操作	86
任务 1 光伏产品及其应用	2	任务 3 抽真空与固化	90
任务 2 产品设计的基本方法	5	项目 6 产品外壳设计与制作	97
任务 3 光伏产品开发与生产流程	9	任务 1 光伏产品外壳设计基础	98
任务 4 光伏产品电路设计	13	任务 2 AutoCAD 操作基础	103
任务 5 环保、安全与生产规范	16	任务 3 选择外壳材料	109
项目 2 选购和检测电池片	21	任务 4 外壳制作工艺	117
任务 1 选购电池片	22	项目 7 电路的设计及制作	123
任务 2 分选电池片	26	任务 1 电路基础与测量工具	124
任务 3 使用分选机测量电池片的 电性能	30	任务 2 常用电子元器件	127
任务 4 验收与存储电池片	37	任务 3 电路板设计	134
项目 3 电池片的激光划片	41	任务 4 Protel 操作	141
任务 1 激光划片工艺	42	任务 5 电路板制作	145
任务 2 掰片工艺	52	任务 6 电子元器件焊接	147
任务 3 小片测量	56	项目 8 小功率光伏产品的应用 实例	157
项目 4 小片焊接工艺	63	任务 1 太阳能庭院景观灯	158
任务 1 电池片焊接基础	64	任务 2 太阳能手机充电器	164
任务 2 焊接材料制备	68	任务 3 太阳能手电筒	168
任务 3 焊接操作	73	附录 光伏产品认证简介	175
项目 5 滴胶工艺	81	参考文献	180
任务 1 滴胶材料制备	82		

项目 1

光伏产品应用与开发

GUANGFU



项目目标

1. 熟悉光伏产品的应用领域。
2. 掌握光伏新产品的类型和特点。
3. 掌握光伏新产品的开发工艺。
4. 熟悉实训中的环保、安全和规章制度。



项目描述

由于化石资源的枯竭、环境的污染,新能源中太阳能的使用已颇受关注,相应的光伏产品也应运而生。面对生活中出现的越来越多的光伏产品,本项目的学习目的是了解光伏产品的应用与开发。

任务1 光伏产品及其应用



任务目标

1. 了解现阶段能源使用面临的问题。
2. 了解新能源的种类。
3. 了解光伏产品的应用实例。



任务描述

人类生活的衣、食、住、行都离不开能源,开发新能源的光伏技术已成为国际上热门课题,光伏技术可直接将太阳的光能转换为电能,发展应用范围从空间转向地面系统应用,甚至用于驱动交通工具。本任务主要认识光伏技术的内涵以及光伏产品的应用范围。



任务实施

1. 了解光伏技术

据科学估算,包括煤、石油、天然气在内的大部分化石资源已面临枯竭。因此,世界各国纷纷制定政策,开发新能源,着手改善现有的能源结构,开发和利用丰富的太阳能,将是未来新能源发展及应用的重要途径。

广义的太阳能是指直接或间接地从太阳获取的能量,许多能源虽然存在的形式不同,但本质上都是间接或直接利用太阳能。因地球受热不均导致气压不平衡而引起的空气流动所具有的能量称为风能;因光合作用而积聚能量的植物直接或间接为动物和人类提供的能量称为生物能;远古时代植物和动物遗骸在地下特殊环境下经过复杂漫长生化反应所生成的煤、石油、天然气所提供的能量称为化石能;地球上因为受热成云致雨空间转移而形成的水流动所提供的能量称为水能;因为太阳、月球共同作用所造成的海面波动所提供的能量称为潮汐能;海洋因为季风、密度、盐度等引起的宏观流动所提供的能量称为洋流能。因此,风能、生物能、化石能、水能、潮汐能、洋流能都是太阳能。狭义的太阳能是指太阳光辐射能,利用这种能量产生热能和电能称为太阳能利用。