

# 《太阳能电池原理与技术》课程教学大纲

## 一、课程基本信息

|      |                                                        |      |            |
|------|--------------------------------------------------------|------|------------|
| 英文名称 | Solar cells: principle and technology                  | 课程代码 | PHYS2020   |
| 课程性质 | 专业选修课程                                                 | 授课对象 | 物理学专业      |
| 学 分  | 3 学分                                                   | 学 时  | 54 学时      |
| 主讲教师 | 苏晓东                                                    | 修订日期 | 2021 年 9 月 |
| 指定教材 | Martin A. Green 主编,《太阳能电池工作原理、技术和系统应用》,上海交通大学出版社,2010. |      |            |

## 二、课程目标

### (一) 总体目标:

本课程是物理学专业的专业选修课,其任务是通过本课程的教学,使学生了解太阳能电池技术的发展概况,掌握主要太阳能电池器件的原理以及主要的制备技术。使学生在完成本课程学习后,对该领域基本概念和基本原理有充分的理解,培养学生的学习和研究的兴趣,为从事相关领域的工作奠定良好的基础。

### (二) 课程目标:

**课程目标 1:** 通过系统地学习太阳能电池基本原理,让学生掌握太阳光的特性和基本原理,半导体能带理论、掺杂、费米能级、本征和杂质半导体、载流子的产生与复合、载流子的输运、非平衡载流子、复合理论、半导体 P N 结以及太阳能电池基本原理。

**课程目标 2:** 通过学习硅太阳能工艺技术,让学生对太阳电池实际生产工艺非常好的感性认识,培养学生理论基础联系实际应用的思维习惯,从而让学生系统性地了解晶硅太阳能电池制备的各个步骤,深刻理解电池工艺技术和电池特征参数之间的关联性,培养应用理论知识去分析和解决实际问题的能力。

**课程目标 3:** 应用太阳能电池基本原理分析讨论目前产业化中太阳能电池遇到的技术难题,适当介绍一些太阳能电池的前沿技术,以问题的形式抛向学生,引导他们头脑风暴,培养他们理论联系实际的思维习惯同时,培养学生的科学研究能力。

**课程目标 4:** 通过学习一些光伏系统相关知识,让学生对光伏系统的应用和设计有感性的认识,使得学生在学习太阳能电池理论知识的同时,也能参与到实际应用的环节,激发学生在已掌握的知识框架下对光伏系统设计进行进一步的探究,同时激发学生的学习兴趣。

**课程目标 5:** 通过学习和了解太阳能电池技术发展史、光伏行业重大事件、重要人物故事,以及中国光伏行业从“两头在外”到“全产业链全球第一”的发展史,培养学生的爱国

热情和对光伏技术探索的兴趣，为学生未来成为该领域研究和技术人员奠定基础。

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

表 1：课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表

| 课程目标   | 对应课程内容                                                                                                | 对应毕业要求                                 |                                                                                                                 |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 课程目标 1 | 第一章 太阳能电池和太阳光<br>第二章 半导体的特性<br>第三章 产生、复合及器件物理学的基本方程<br>第四章 pn 结二极管<br>第五章 效率极限、损失和测量                  | 具有终身学习和专业发展意识，了解太阳能电池技术前沿以及国内、外行业发展动态。 | 掌握太阳光的特性和基本原理；掌握 Si 晶体结构特性，半导体能带的基本特性，光生伏特原理，半导体中载流子的各种输运规律，以及会灵活运用电流密度方程和连续性方程。                                |
| 课程目标 2 | 第六章 标准硅太阳能电池工艺<br>第七章 硅电池工艺的改进<br>第八章 硅太阳能电池的设计                                                       |                                        | 通过学习太阳能电池原理，运用硅太阳能电池设计要点，分析和讨论硅太阳能电池工艺改进方向，深刻理解电池工艺和电池特征参数之间的关联性，培养学生应用理论知识去分析和解决实际问题的能力。                       |
| 课程目标 3 | 第七章 硅电池工艺的改进<br>第八章 硅太阳能电池的设计<br>第九章 其他器件结构及半导体                                                       |                                        | 应用太阳能电池基本原理分析讨论目前产业化中太阳能电池遇到的技术难题，适当介绍一些太阳能电池的前沿技术，引导学生头脑风暴，培养他们理论联系实际的思维习惯同时，培养学生的科学研究能力                       |
| 课程目标 4 | 第十章 聚光型系统<br>第十一章 光伏系统的组成与应用<br>第十二章 独立光伏系统的设计<br>第十三章 住宅用和集中型光伏电力系统                                  |                                        | 通过学习一些光伏系统相关知识，让学生对光伏系统的应用和设计有感性的认识，使得学生在学习太阳能电池理论知识的同时，也能参与到实际应用的环节，激发学生在已掌握的知识框架下对光伏系统设计进行进一步的探究，同时激发学生的学习兴趣。 |
| 课程目标 5 | 第一章 太阳能电池和太阳光<br>第六章 标准硅太阳能电池工艺<br>第七章 硅电池工艺的改进<br>第八章 硅太阳能电池的设计<br>第九章 其他器件结构及半导体<br>第十四章 新型太阳电池知识讲座 |                                        | 通过学习和了解光伏技术发展史、光伏行业重大事件、重要人物故事，以及中国光伏行业从“两头在外”到“全产业链全球第一”的发展史，培养学生爱国热情和对光伏技术探索的兴趣，为学生未来成为该领域研究和技术人员奠定基础。        |

## 三、教学内容

### 第一章 太阳能电池和太阳光

#### 1.教学目标

掌握太阳光的特性和基本原理，理解太阳常数、大气光学质量、日照度的含义并会简单计算。

#### 2.教学重难点

太阳偏向角、高度角、方位角以及地面不同位置太阳辐照强度的计算。

#### 3.教学内容

##### 3.1 引言

太阳能电池的发展概况，太阳能的利用形式，阐明太阳能电池的优点和缺点，当前太阳能利用研究的热点及其发展方向。

##### 3.2 太阳光物理

太阳光和太阳能的基础知识介绍，使学生掌握太阳光的基本物理参数，如：光子能量、光子通量、光照度以及辐射强度等等；使学生理解太阳视运动，掌握太阳的高度角、天顶角、偏向角和纬度的关系；结合太阳能电池，加深太阳方位对光电转换影响的理解。

#### 4.教学方法

教师讲授，师生讨论等。

#### 5.教学评价

课后思考题、作业习题。

### 第二章 半导体的特性

#### 1.教学目标

掌握 Si 晶体中的原子结合及其晶体结构特性，并理解两者的内部关联性；掌握半导体能带的基本特性，会能带理论来解释 PN 结形成和光生伏特原理；掌握半导体中载流子的各种运输规律，理解并会灵活运用电流密度方程和连续性方程；了解半导体的重要参数，以及它们的测试方法，如：迁移率、电阻率、多数载流子浓度及少数载流子寿命等。

#### 2.教学重难点

能带理论的理解；杂质半导体载流子的计算；电导率、迁移率的计算，以及它们之间的关系；强电场效应；复合理论的理解，以及连续性方程的运用。

#### 3.教学内容

##### 3.1 引言

介绍半导体材料与器件相关知识，让学生理解半导体器件是太阳能电池的核心；介绍常用的太阳能电池材料及其优缺点。

### 3.2 半导体晶体学知识

介绍晶体学基本知识；单晶、多晶、非晶，及其表征方法。

### 3.3 能带理论

半导体的两类载流子的定义和特征；典型半导体材料的能带介绍和应用特点等；能带理论在太阳能电池中的应用。

### 4.教学方法

教师讲授，师生讨论等。

### 5.教学评价

课后思考题、作业习题。

## 第三章 产生、复合及器件物理学的基本方程

### 1.教学目标

理解半导体材料中过量载流子的产生和复合的概念，以及所涉及的物理机制；掌握半导体器件物理学的基本方程组。

### 2.教学重难点

泊松方程；电流密度方程；连续性方程

### 3.教学内容

#### 3.1 引言

介绍太阳能光伏器件中光与半导体相互作用；理解太阳能电池中光子、电子的角色。

#### 3.2 光与半导体的相互作用

光与载流子相互作用的物理模型；光的吸收、复合。

#### 3.3 半导体器件基本方程

泊松方程；电流密度方程；连续性方程。

### 4.教学方法

教师讲授，师生讨论等。

### 5.教学评价

课后思考题、作业习题。

## 第四章 p-n 结二极管

### 1.教学目标

掌握 pn 结二极管的物理特性、能带结构以及接触电势差的计算；掌握势垒电容、I-V 特性的推导；理解 pn 结的击穿机制以及隧道效应。

### 2.教学重难点

空间电荷区的理解；pn 结接触电势差，载流子分布，势垒电容，I-V 特性的推导；击穿机制以及隧道效应的理解

### 3.教学内容

#### 3.1 引言

载流子的类型；PN 结器件分类与应用。

#### 3.2 PN 结静电学

耗尽层的形成过程；耗尽层电容及其检测技术。

#### 3.3 载流子注入

理想情况的载流子注入；非理想情况的载流子注入；载流子注入的连续性方程描述。

#### 3.4 准中性区中的载流子输运

漂移与扩散；重要参数介绍。

#### 3.5 暗电流和光照特性

暗电流产生的物理机制；光照下太阳能电池的描述方程以及输出参数

### 4.教学方法

教师讲授，师生讨论等。

### 5.教学评价

课后思考题、作业习题。

## **第五章 效率极限、损失和测量**

### 1.教学目标

理解太阳电池的效率极限；掌握太阳能电池的重要参数以及它们之间的关联性；了解太阳能电池的 I-V 曲线测试原理、设备和方法。

### 2.教学重难点

太阳能电池的效率极限计算；太阳能电池各种损失机制的理解。

### 3.教学内容

#### 3.1 引言

各种太阳能电池的效率极限；减少损失的技术介绍

#### 3.2 效率的极限

单晶硅电池的效率极限计算；太阳能电池片的重要参数：开路电压、短路电流和填充因子；太阳能电池片的 I-V 曲线测量原理、设备和方法。

### 4.教学方法

教师讲授，师生讨论等。

## 5.教学评价

课后思考题、作业习题。

# 第六章 标准硅太阳能电池工艺

## 1.教学目标

了解砂还原为冶金硅，冶金级硅提出为半导体级硅，以及半导体级硅转变为单晶硅片的方法；掌握硅太阳能电池的生产工艺；了解太阳能封装成太阳能电池组件的工艺流程。

## 2.教学重难点

硅提纯的方法；硅太阳能电池的生产工艺。

## 3.教学内容

### 3.1 引言

标准硅电池工艺的演变；硅电池片的分类和应用。

### 3.2 原料硅的提纯

传统硅冶炼技术；硅冶炼的技术难题。

### 3.3 单晶硅制备技术

西门子法；提拉法。

### 3.4 太阳能电池片制备技术

介绍传统硅太阳能电池片的制备技术。

### 3.5 太阳能电池组件技术

介绍太阳能电池组件制备的工艺流程。

## 4.教学方法

教师讲授，师生讨论等。

## 5.教学评价

课后思考题、作业习题。

# 第七章 硅电池工艺的改进

## 1.教学目标

了解硅太阳能电池工艺的改进方向；介绍一些前景较好的新技术。

## 2.教学重难点

硅太阳能电池工艺的改进方法；组件温度效应。

## 3.教学内容

### 3.1 引言

介绍硅太阳能电池工艺的改进意义；单硅、多晶、非晶硅电池片的分类和应用。

### 3.2 太阳能电池级硅提纯

介绍太阳能电池级硅提纯的方法。

### 3.3 硅片技术

硅锭技术；切片技术。

### 3.4 太阳能电池制造与互连技术

绒面技术；钝化技术；接触技术；组件互联及封装技术

## 4.教学方法

教师讲授，师生讨论等。

## 5.教学评价

课后思考题、作业习题。

## 第八章 硅太阳能电池的设计

### 1.教学目标

了解硅太阳能电池设计的主要考量点；熟悉衬底的掺杂、顶层的限制、上电极的设计方法等，掌握光学设计和光谱响应等有关太阳能电池设计的相关知识。

### 2.教学重难点

上电极的设计；光学设计；光谱响应。

### 3.教学内容

#### 3.1 主要考量

光生载流子的收集几率；结深的；顶层的横向电阻。

#### 3.2 衬底的掺杂

介绍掺杂浓度的要求。

#### 3.3 背面场

介绍硅太阳能电池背面场。

#### 3.4 光学设计

电极设计；减反射膜；绒面；光谱响应。

#### 3.5 顶层设计

死层；高掺杂效应；对饱和电流密度的影响。

## 4.教学方法

教师讲授，师生讨论等。

## 5.教学评价

课后思考题、作业习题。

# 第九章 其他器件结构及半导体

## 1.教学目标

了解晶硅电池前沿技术；了解其他光伏器件结构以及它们的基本工作原理。

## 2.教学重难点

晶硅电池前沿技术；光电化学电池。

## 3.教学内容

### 3.1 引言

介绍半导体基太阳能电池的分类。

### 3.2 晶硅电池前沿技术

介绍晶硅电池前沿技术，如：MWT、黑硅、PERC、Topcon、HIT 等。

### 3.3 其他器件结构及半导体

介绍目前结构器件；其他类型半导体光伏电池。

## 4.教学方法

教师讲授，师生讨论等。

## 5.教学评价

课后思考题、作业习题。

# 第十章 聚光型系统

## 1.教学目标

了解聚光器的性质，理解聚光器的原理；了解聚光电池的设计和超高效率系统。

## 2.教学重难点

固定式和定期调整式聚光器；聚光电池的设计。

## 3.教学内容

### 3.1 引言

介绍聚光型光伏系统的工作原理；对聚光系统所涉及的电池和其他元件进行介绍。

### 3.2 聚光型系统

理想聚光器；固定式和定期调整式聚光器；跟踪式聚光器；聚光电池的设计；超高效率系统。

## 4.教学方法

教师讲授，师生讨论等。

## 5.教学评价

课后思考题、作业习题。

# 第十一章 光伏系统的组成与应用

## 1.教学目标

了解能量的存储方法；了解功率调节装置和光伏系统的组成与应用。

## 2.教学重难点

光伏系统的组成与应用；功率调节装置。

## 3.教学内容

### 3.1 引言

介绍光伏发电系统所需要的除电池片本身外的其他部件，以及整个系统的性能以及商业生产的可能性。

### 3.2 光伏系统的组成与应用

能量的储存；功率调节装置；光伏系统的组成；光伏应用。

## 4.教学方法

教师讲授，师生讨论等。

## 5.教学评价

课后思考题、作业习题。

# 第十二章 独立光伏系统的设计

## 1. 教学目标

了解光伏组件的性能；了解蓄电池的性能；了解功率控制、光伏水泵等知识；掌握系统规模的制定。

## 2. 教学重难点

系统规模的制定；光伏组件的性能。

## 3.教学内容

### 3.1 引言

介绍独立型系统的设计。

### 3.2 独立光伏系统的设计

太阳能组件的性能；蓄电池的性能；系统规模的制定。

## 4.教学方法

教师讲授，师生讨论等。

5.教学评价

课后思考题、作业习题。

第十三章 住宅用和集中型光伏电力系统

3. 教学目标

了解住宅用和集中光伏电力系统的特点。

4. 教学重难点

住宅用系统；集中型发电站。

3.教学内容

3.1 引言

介绍住宅用和大规模集中型光伏电力系统的基础知识。

3.2 住宅用和集中型光伏电力系统

住宅用系统，包括储能方式的选用、组件的安装、供热、系统布局等；介绍光伏电站建设设计的一般考虑、运行模式、卫星太阳能电站等。

4.教学方法

教师讲授，师生讨论等。

5.教学评价

课后思考题、作业习题。

四、学时分配

表 2：各章节的具体内容和学时分配表

| 章节  | 章节内容             | 学时分配 |
|-----|------------------|------|
| 第一章 | 太阳能电池和太阳光        | 6 学时 |
| 第二章 | 半导体的特性           | 6 学时 |
| 第三章 | 产生、复合及器件物理学的基本方程 | 3 学时 |
| 第四章 | pn 结二极管          | 6 学时 |

|      |               |      |
|------|---------------|------|
| 第五章  | 效率极限、损失和测量    | 3 学时 |
| 第六章  | 标准硅太阳能电池工艺    | 6 学时 |
| 第七章  | 硅电池工艺的改进      | 6 学时 |
| 第八章  | 硅太阳能电池的设计     | 6 学时 |
| 第九章  | 其他器件结构及半导体    | 6 学时 |
| 第十章  | 聚光型系统         | 3 学时 |
| 第十一章 | 光伏系统的组成与应用    | 1 学时 |
| 第十二章 | 独立光伏系统的设计     | 1 学时 |
| 第十三章 | 住宅用和集中型光伏电力系统 | 1 学时 |

## 五、教学进度

表 3：教学进度表

| 周次  | 章节名称 | 内容提要             | 授课时数 | 作业及要求                                                                        | 备注 |
|-----|------|------------------|------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1-2 | 第一章  | 太阳能电池和太阳光        | 6    | 习题 1.1、1.2、1.3、1.4、思考题<br>掌握太阳光基本物理参数；理解太阳高度角、天顶角、偏向角和纬度的关系                  |    |
| 3-4 | 第二章  | 半导体的特性           | 6    | 习题 2.3、2.5、2.6、2.7、2.8、2.9、2.10、思考题<br>掌握 Si 晶体的结构特性，半导体能带的基本特性，以及载流子的各种输运规律 |    |
| 5   | 第三章  | 产生、复合及器件物理学的基本方程 | 3    | 习题 3.1、3.4、3.5、思考题<br>理解半导体材料中过量载流子的产生、复合的物理机                                |    |

|       |     |            |   |                                                                             |  |
|-------|-----|------------|---|-----------------------------------------------------------------------------|--|
|       |     |            |   | 制；掌握半导体器件物理学的基本方程组                                                          |  |
| 6-7   | 第四章 | p-n 结二极管   | 6 | 习题 4.1、4.2 、4.5、补充例题<br><br>掌握 p-n 结二极管的物理特性、能带结构以及接触电势差的计算；掌握结电容、I-V 特性的推导 |  |
| 8     | 第五章 | 效率极限、损失和测量 | 3 | 习题 5.1、5.2、5.3、5.5、思考题<br><br>掌握太阳能电池的效率极限计算，重要参数以及它们之间的关联性，温度对电池效率的影响      |  |
| 9-10  | 第六章 | 标准硅太阳能电池工艺 | 6 | 习题 6.1、6.2、6.3<br><br>掌握硅太阳能电池制备的主要步骤；组件串联方式及工艺流程；理解工作温度与环境温度之间的差别          |  |
| 11-12 | 第七章 | 硅电池工艺的改进   | 6 | 习题 7.1、7.2、7.3；<br><br>掌握杂质浓度对电池效率的影响；电池效率、组件功率以及发电量之间的关系                   |  |
| 13-14 | 第八章 | 硅太阳能电池的设计  | 6 | 习题 8.1、8.2、8.3、8.4<br><br>掌握衬底杂质、顶层限制、上电极对电池性能的影响                           |  |
| 15-16 | 第九章 | 其他器件结构及半导体 | 6 | 习题 9.2、9.3、9.4<br><br>理解肖特基 MIS 电池、光电解电池的电性能                                |  |
| 17    | 第十章 | 聚光型系统      | 3 | 习题 11.2、11.4<br><br>理解标准光照与非标准光照下电池性能差异                                     |  |

|    |      |               |   |                                     |  |
|----|------|---------------|---|-------------------------------------|--|
| 18 | 第十一章 | 光伏系统的组成与应用    | 3 | 讨论题、思考题<br>了解光伏习题的组成与应用；理解光伏系统的设计要点 |  |
|    | 第十二章 | 独立光伏系统的设计     |   |                                     |  |
|    | 第十三章 | 住宅用和集中型光伏电力系统 |   |                                     |  |

## 六、教材及参考书目

1. 《固体物理学》，黄昆 编著，北京大学出版社
2. 《半导体器件器件与物理》，施敏 著，赵鹤鸣 等译，苏州大学出版社
4. 《太阳能光伏发电应用技术》，杨金焕 于化丛 葛亮 编著，电子工业出版社
5. 《硅太阳能电池高级原理与实践》，Martin A Green 主编，上海交通大学出版社
6. 《应用光伏学》，S.R. Wenha, Martin A Green 等编著，上海交通大学出版社

## 七、教学方法

课堂教学将围绕太阳能电池基本原理和工艺技术两个方面重点讲授，理论基础结合实际应用；采用板书和电子讲义的方式，兼取传统与现代化教学手段的优势；采用讲授、讨论、翻转课堂等教学方法和模式，提升学生的课堂参与度和积极性；教学中始终突出以学生为本的教育理念，重视课程的规划和建设，按照课程体系制定规范的教学大纲和教学进度表因材施教，使学生掌握太阳能电池技术的发展脉络，培养他们的科学思维方法，使学生变被动学习为主动学习，真正达到从会学到好学，最终达到学以致用；通过启发式教学培养学生较强的主动思考习惯，注重对学生创新思维和解决实际问题能力的培养，培养研究型学习的思维和能力；及时与学生进行有效沟通，布置课后作业，必要时进行习题讲解。课堂中通过对光伏重大事件和重要人物的穿插讲述，建立学生对光伏行业和工艺技术的感性认识，为学生未来成为该领域研究和技术人员奠定基础。

## 八、考核方式及评定方法

### （一）课程考核与课程目标的对应关系

表 4：课程考核与课程目标的对应关系表

| 课程目标 | 考核要点 | 考核方式 |
|------|------|------|
|------|------|------|

|        |        |              |
|--------|--------|--------------|
| 课程目标 1 | 相关教学内容 | 过程化考试+平时学习表现 |
| 课程目标 2 | 相关教学内容 | 过程化考试+平时学习表现 |
| 课程目标 3 | 相关教学内容 | 过程化考试+平时学习表现 |
| 课程目标 4 | 相关教学内容 | 过程化考试+平时学习表现 |

## （二）评定方法

### 1. 评定方法

总分=平时成绩（作业、讨论等）20% +期中 20%+闭卷考试 60%。

加分鼓励：提问和回答问题优秀者,每计一次总分加 1 分。

### 2. 课程目标的考核占比与达成度分析

表 5：课程目标的考核占比与达成度分析表

| 考核占比<br>课程目标 | 平时  | 期中  | 期末  | 总评达成度                                                                                                                                              |
|--------------|-----|-----|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 课程目标 1       | 50% | 50% | 50% | （例：课程目标 1 达成度<br>$=\{0.2 \times \text{平时目标 1 成绩} + 0.2 \times \text{期中目标 1 成绩} + 0.6 \times \text{期末目标 1 成绩}\} / \text{目标 1 总分}$ 。<br>按课程考核实际情况描述） |
| 课程目标 2       | 30% | 30% | 30% |                                                                                                                                                    |
| 课程目标 3       | 10% | 10% | 10% |                                                                                                                                                    |
| 课程目标 4       | 5%  | 5%  | 5%  |                                                                                                                                                    |
| 课程目标 5       | 5%  | 5%  | 5%  |                                                                                                                                                    |

## （三）评分标准

| 课程<br>目标   | 评分标准                                                                                        |                                                                                            |                                                                                              |                                                                                             |                                                                                             |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | 90-100                                                                                      | 80-89                                                                                      | 70-79                                                                                        | 60-69                                                                                       | <60                                                                                         |
|            | 优                                                                                           | 良                                                                                          | 中                                                                                            | 合格                                                                                          | 不合格                                                                                         |
|            | A                                                                                           | B                                                                                          | C                                                                                            | D                                                                                           | F                                                                                           |
| 课程<br>目标 1 | 完全掌握太阳光的特性和基本原理，半导体能带理论、掺杂、费米能级、本征和杂质半导体、载流子的产生与复合、载流子的输运、非平衡载流子、复合理论、半导体 P N 结以及太阳能电池基本原理。 | 掌握了太阳光的特性和基本原理，半导体能带理论、掺杂、费米能级、本征和杂质半导体、载流子的产生与复合、载流子的输运、非平衡载流子、复合理论、半导体 P N 结以及太阳能电池基本原理。 | 较好地掌握太阳光的特性和基本原理，半导体能带理论、掺杂、费米能级、本征和杂质半导体、载流子的产生与复合、载流子的输运、非平衡载流子、复合理论、半导体 P N 结以及太阳能电池基本原理。 | 基本掌握太阳光的特性和基本原理，半导体能带理论、掺杂、费米能级、本征和杂质半导体、载流子的产生与复合、载流子的输运、非平衡载流子、复合理论、半导体 P N 结以及太阳能电池基本原理。 | 没有掌握太阳光的特性和基本原理，半导体能带理论、掺杂、费米能级、本征和杂质半导体、载流子的产生与复合、载流子的输运、非平衡载流子、复合理论、半导体 P N 结以及太阳能电池基本原理。 |
| 课程<br>目标 2 | 非常熟悉晶硅太阳能电池制备的各个步骤，深刻理解电池工艺技术和电池特征参数之间的关联性，能很好地应用理论知识去分析和解决实际问题的能力。                         | 熟悉晶硅太阳能电池制备的各个步骤，理解了电池工艺技术和电池特征参数之间的关联性，能较好地应用理论知识去分析和解决实际问题的能力。                           | 较为熟悉晶硅太阳能电池制备的各个步骤，较好地理解了电池工艺技术和电池特征参数之间的关联性，能应用理论知识去分析和解决实际问题的能力。                           | 基本熟悉晶硅太阳能电池制备的各个步骤，基本理解了电池工艺技术和电池特征参数之间的关联性，基本能应用理论知识去分析和解决实际问题的能力。                         | 不熟悉晶硅太阳能电池制备的各个步骤，不理解电池工艺技术和电池特征参数之间的关联性，不能应用理论知识去分析和解决实际问题的能力。                             |
| 课程<br>目标 3 | 正确应用太阳能电池基本原理分析讨论目前产业化中太阳能电池遇到的技术难题，有很好的科学研究能力。                                             | 可以较好地应用太阳能电池基本原理分析讨论目前产业化中太阳能电池遇到的技术难题，有较好的科学研究能力。                                         | 可以应用太阳能电池基本原理分析讨论目前产业化中太阳能电池遇到的技术难题，有一定的科学研究能力。                                              | 基本能够应用太阳能电池基本原理分析讨论目前产业化中太阳能电池遇到的技术难题，有初步的科学研究能力。                                           | 不能准确应用太阳能电池基本原理分析讨论目前产业化中太阳能电池遇到的技术难题，科学研究能力比较薄弱。                                           |
| 课程         | 正确应用太阳能电池理论知识以及光                                                                            | 可以较好地应用太阳能电池理论知识                                                                           | 可以应用太阳能电池理论知识以                                                                               | 基本能够应用太阳能电池理论知                                                                              | 不能准确应用太阳能电池理论知                                                                              |

| 课程<br>目标   | 评分标准                                                                                                        |                                                                                                       |                                                                                                             |                                                                                                           |                                                                                                         |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | 90-100                                                                                                      | 80-89                                                                                                 | 70-79                                                                                                       | 60-69                                                                                                     | <60                                                                                                     |
|            | 优                                                                                                           | 良                                                                                                     | 中                                                                                                           | 合格                                                                                                        | 不合格                                                                                                     |
|            | A                                                                                                           | B                                                                                                     | C                                                                                                           | D                                                                                                         | F                                                                                                       |
| 目标 4       | 伏系统知识分析讨论光伏系统应用中实际遇到的问题。                                                                                    | 以及光伏系统知识分析讨论光伏系统应用中实际遇到的问题。                                                                           | 及光伏系统知识分析讨论光伏系统应用中实际遇到的问题。                                                                                  | 识以及光伏系统知识分析讨论光伏系统应用中实际遇到的问题。                                                                              | 识以及光伏系统知识分析讨论光伏系统应用中实际遇到的问题。                                                                            |
| 课程<br>目标 5 | 非常了解太阳能电池技术发展史、光伏行业重大事件、重要人物故事，以及中国光伏行业从“两头在外”到“全产业链全球第一”的发展史，有很高的爱国热情和对光伏技术探索的兴趣，非常好地具备了从事该领域研究和技术人员的基础知识。 | 了解太阳能电池技术发展史、光伏行业重大事件、重要人物故事，以及中国光伏行业从“两头在外”到“全产业链全球第一”的发展史，有很高的爱国热情和对光伏技术探索的兴趣，具备了从事该领域研究和技术人员的基础知识。 | 较好地了解太阳能电池技术发展史、光伏行业重大事件、重要人物故事，以及中国光伏行业从“两头在外”到“全产业链全球第一”的发展史，有很高的爱国热情和对光伏技术探索的兴趣，较好地具备了从事该领域研究和技术人员的基础知识。 | 基本了解太阳能电池技术发展史、光伏行业重大事件、重要人物故事，以及中国光伏行业从“两头在外”到“全产业链全球第一”的发展史，有很高的爱国热情和对光伏技术探索的兴趣，基本具备了从事该领域研究和技术人员的基础知识。 | 不了解太阳能电池技术发展史、光伏行业重大事件、重要人物故事，以及中国光伏行业从“两头在外”到“全产业链全球第一”的发展史，有很高的爱国热情和对光伏技术探索的兴趣，不具备了从事该领域研究和技术人员的基础知识。 |