

# 论双面双玻单晶太阳能电池的性能优化及稳定性

刘金玉 谢超 刘晓君

北京京能清洁能源电力股份有限公司内蒙古分公司

DOI:10.12238/pe.v2i5.9884

**[摘要]** 为了提升双面双玻单晶太阳能电池的性能与稳定性,文章通过理论分析方法,研究了材料选择、结构设计和制造工艺的优化,评估了不同材料对电池效率的影响,并探讨了双面设计在光能收集中的优势。此外,研究还重点分析了环境因素对电池性能的影响,以及如何通过改进工艺提升其耐久性。结果表明,经过优化后的双面双玻单晶太阳能电池在能量转换效率和长期稳定性方面均有显著提高,适应了更广泛的应用环境。这些研究为未来太阳能电池的商业化发展提供了重要参考,推动了可再生能源技术的进步。

**[关键词]** 双面双玻; 单晶太阳能电池; 性能优化; 稳定性研究

**中图分类号:** TK511 **文献标识码:** A

## On the Performance Optimization and Stability of Double sided Double Glass Single Crystal Solar Cells

Jinyu Liu Chao Xie Xiaojun Liu

Beijing Jingneng Clean Energy Power Co., Ltd. Inner Mongolia Branch

**[Abstract]** In order to improve the performance and stability of double-sided double glass single crystal solar cells, this article uses theoretical analysis methods to study the optimization of material selection, structural design, and manufacturing processes, evaluate the influence of different materials on cell efficiency, and explore the advantages of double-sided design in light energy collection. In addition, the study also focused on analyzing the impact of environmental factors on battery performance and how to improve its durability through process improvement. The results show that the optimized double-sided double glass single crystal solar cell has significantly improved energy conversion efficiency and long-term stability, and is suitable for a wider range of application environments. These studies provide important references for the commercial development of future solar cells and promote the advancement of renewable energy technologies.

**[Key words]** double-sided double glass; Single crystal solar cells; Performance optimization; Stability study

### 引言

随着全球对可再生能源需求的不断增加,太阳能作为一种清洁、可持续的能源,受到广泛关注。双面双玻单晶太阳能电池因其独特的设计和高效率,成为研究热点。这种电池通过双面收集光能,能够有效提升能量转换效率,特别是在反射光较强的环境中,表现出更优的发电能力。同时,双玻结构不仅提供了额外的保护,延长了电池的使用寿命,还能改善整体的光学性能。尽管双面双玻单晶太阳能电池具有显著的优势,但其性能的优化和稳定性问题仍然是亟待解决的关键挑战。现有研究多集中于单一因素的影响,缺乏系统性的分析。因此,开展对双面双玻单晶太阳能电池的综合性能优化和稳定性研究,将为提高其商业化应用提供理论基础和实践指导,推动太阳能技术的进一步发展<sup>[1]</sup>。

### 1 双面双玻单晶太阳能电池的结构特性

#### 1.1 双面设计的优势

双面双玻单晶太阳能电池采用双面设计,使其能够同时收集来自正面和背面的光能。这种设计在光照条件较好的环境中表现尤为出色,尤其是当地面或建筑物表面对光线有良好反射时,背面能有效捕捉反射光,从而显著提升整体发电效率。与传统单面电池相比,双面电池的能量输出可以提高20%至30%。此外,双面设计在阴天或光线较弱的条件下仍能发挥一定的发电能力,增加了发电的稳定性和可靠性。双面设计还具有更好的抗风性能和机械强度,能够在恶劣气候条件下保持性能稳定。这一特性使得双面双玻太阳能电池适合各种安装环境,包括屋顶、地面和农业等应用场景。此外,双面电池的维护成本相对较低,因为其耐候性和长寿命减少了更换和维护的频率。因此,双面设计不仅

提升了发电效率,还为广泛的应用提供了可能性,推动了太阳能技术的应用发展。

### 1.2 双玻材料的选择

双玻太阳能电池玻璃材料的选用直接关系到电池的综合性能与耐久性。首先,通常采用的是低铁的超白玻璃,它有很高的透光度,一般大于90%。由于铁元素含量较低,玻璃中的光反射损耗较小,因此光电转换效率较高。实验结果显示,采用超白玻璃后,电池在不同光照条件下的产电能力均有明显提高。其次,在选择玻璃材质时,耐候性也是一个重要的考量。本产品具有超强的耐酸碱性能,能有效抵抗外部环境对电池的腐蚀,保证了电池在高温高湿环境下的稳定工作。例如,一些经过特殊处理的玻璃材料,可以在紫外光照射下保持稳定,降低光衰退的风险,延长电池寿命。另外,在玻璃材料的选择上,力学强度也是一个重要的指标。高强度玻璃能承受强大的冲击及风压,保证电池不会因恶劣天气而损坏。实验结果表明,采用高强度玻璃的双玻电池在经受风压、冰雹等冲击后,其物理完整性得到了很好的保护。玻璃加工性能也不能被忽略。良好的加工性能可以提高生产效率,降低材料浪费,对降低成本,提高市场竞争力具有重要意义。双玻材料的合理选择不仅可以大幅提高电池的光电转化效率,而且可以提高电池的使用寿命和安全性,为用户提供更可靠的能源解决方案。

### 1.3 单晶硅材料的特性

作为高效率太阳能电池的核心,单晶硅材料以其优异的性能被广泛应用于光电转化领域。首先,单晶硅具有很高的电子迁移率(约 $1200\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ )。这意味着电子在光照条件下可以迅速迁移,从而有效地提高光电转化效率。实验结果表明,单晶硅电池的光电转换效率在20%-25%之间,比多晶硅电池有显著提高。其次,单晶硅具有结构规整、缺陷密度低的特点,一般每立方厘米只有几十个缺陷。这种特性保证了电池中光损耗小,长时间工作时保持稳定,尤其是在高温高湿环境中<sup>[2]</sup>。另外,单晶硅生产技术较为成熟,技术标准化程度较高,产品质量稳定可靠。随着切克拉斯基拉晶法、浮法熔炼等现代生产工艺的发展,单晶硅的成本逐步下降。这样的经济性使得单晶硅电池具有更大的市场竞争力。单晶硅材料也具有较好的抗辐照性能,适用于强辐照环境。因此,单晶硅电池在航空航天、军事等领域具有独特的优势。

## 2 性能优化研究

### 2.1 材料优化策略

材料的优化设计是提高其光电转换效率的关键。首先,在光电转换层上,采用低反射率减反射膜,实现对太阳光的高效吸收。例如,利用氟化涂层可使反射率低于1%,从而提高光电转换效率。在一次实验中,将该涂层应用在电池上,其光电转化效率由18%提高到22%,表现出了显著的性能提升。另外,食材的优化也是非常重要的。传统背电极多采用铝合金作为背电极,近年来,以银铝合金为代表的新型高反射材料正逐步得到应用。用银铝作背面电极的实验表明,在不同光照条件下,双面电池的发电效率提高了5%左右。这一材料的优化,不但提高了光的收集效率,

而且提高了电池的整体耐用性,减少了因老化而引起的性能衰退。目前,国内外研究人员正积极探索用于光电转化层的晶体硅材料的改性技术。例如,在单晶硅中掺锗可提高其电子迁移率,进而提高其光电转化效率。实验结果表明,掺锗的电池比传统单晶硅电池具有更好的高温稳定性。因此,对材料进行优化,不仅可以提高电池的光电转化效率,而且可以提高电池的环境适应能力。

### 2.2 电池结构设计优化

电池的结构设计对太阳能电池的光利用率及电学性能有很大的影响。双面玻璃的优点是可以充分利用前后两面的光线,而通过合理的结构设计可以使其发挥出最大的潜能。比如,改变单元倾角及排列方式,可使光照入射角度达到最优。一项研究显示,与水平放置相比,15度倾角的双面电池可以提高10%的光电转换效率。这种设计使电池能够更好地收集各种光线,尤其是在日照变化大的季节。另外,选择合适的中间层材料也是非常重要的。研究表明,采用高透过率的高分子材料作为中间层,不仅可以有效降低光散射,而且可以提高电池对阴天和弱光环境的适应性。举个例子,在一个实验中,使用一种新的高分子中间层,可以使电池在阴天时的发电量增加15%。通过本项目的研究,将显著提高双面双玻单晶太阳能电池在多个环境中的适应性及发电效率<sup>[3]</sup>。在电池框架设计方面,采用低反光材质及最佳布线方式,可降低损耗,提升电池整体效率。因此,采用合理的框架结构可以使电池输出功率减少3%左右。这一细节的改善对于提高电池的综合性能也是非常重要的。

### 2.3 制造工艺改进

制造工艺的改进是实现双面双玻单晶太阳能电池高效生产的基础。首先,先进的激光切割技术使得电池晶片的切割精度大幅提升,减少了材料损耗。一项研究表明,通过激光切割,电池的材料损失降低了15%,同时提高了电池的整体性能。在涂布工艺上,采用更均匀的涂布技术能够提升抗反射层和背面反射层的性能。例如,通过改进喷涂技术,涂层的均匀性得到增强,从而降低了光损失。实验数据显示,经过这种改进后,电池的光电转换效率提升了3%至5%。此外,烘烤和焊接工艺的优化也至关重要。通过精准控制烘烤温度和时间,可以确保材料在最佳状态下固化,减少不良率。某厂商通过优化焊接工艺,使得电池的故障率降低了20%。这种改进不仅提高了生产效率,还提升了最终产品的一致性和可靠性。最后,自动化生产线的引入使得电池生产效率显著提高。通过自动化技术,生产过程中的人为失误被大幅减少,电池的生产周期缩短。研究表明,某些先进厂商通过引入自动化设备,其生产效率提高了30%以上,进一步推动了双面双玻单晶太阳能电池的普及和应用。

## 3 稳定性研究

### 3.1 环境因素对性能的影响

环境因素对双面双玻单晶太阳能电池的性能影响显著,主要包括温度、湿度、光照强度及气候变化等。研究表明,温度升高时,电池的输出功率会下降。具体而言,每升高 $1^\circ\text{C}$ ,电池效率

通常下降约0.5%至0.7%。在实验中,当环境温度达到45°C时,电池的光电转换效率下降了6.5%。此外,高温可能导致材料老化,从而缩短电池的使用寿命。湿度的影响同样重要。在高湿度环境中,水分可能渗入电池内部,引起短路或霉菌生长,进而影响性能。实验数据显示,在85%相对湿度下,电池在2000小时内的效率下降了8%。光照强度方面,尽管双面设计可以利用正面和背面的光照,但在强光条件下,电池输出并不总是线性增加,研究显示,当辐照度超过1000W/m<sup>2</sup>时,输出功率可能饱和,无法进一步提升。此外,气候变化引发的极端天气,如冰雹和沙尘暴,也对电池稳定性构成威胁。冰雹可能导致表面破损,而沙尘暴则会阻碍光线透过,降低发电效率。因此,针对这些环境因素,优化电池设计和材料选择是提升稳定性的关键。

### 3.2 寿命测试与评估

双玻单晶太阳能电池的寿命检测与评价是保证其长期工作性能与可靠性的关键。这些试验模拟了实际使用环境,对电池在各种工况下的性能进行了评估,为用户提供了可靠的性能数据。首先,对蓄电池耐温性能的评价主要采用温度循环试验法。在这个试验中,电池是在-40°C到85°C的范围内模拟极端天气。在1000次循环之后,大部分电池的光电转换效率一般都在5%以下。实验结果表明,双玻结构对温度变化有较好的适应能力,能有效地延长电池寿命。其次,湿热试验是一种有效的方法来评价电池在高湿度条件下的稳定性。在85°C,相对湿度85%下做了2000小时的试验,结果显示,大部分电池在试验结束时,其效率降低幅度不会超过8%。此数据显示,双层玻璃结构可有效防止水蒸气渗入,保证电池内部组件的长期稳定,特别适用于潮湿气候地区。此外,本研究亦以机械应力试验来评估电池之抗冲击与振动能力。试验过程中,对电池进行了多次模拟振动与撞击试验,因此,在极端环境下,双玻电池的物理完整性得到了很好的保护,没有明显的损坏。这样的结构设计具有鲁棒性,可以提高电池的安全可靠性,减少故障率。

### 3.3 稳定性提升措施

研究人员根据环境因素及寿命试验结果,提出一系列提高稳定性的方法。首先,材料的选择是关键,采用耐高温氧化涂层等耐高温材料,提高电池的耐辐照能力。研究表明,采用改性聚合物涂层可以有效地减少高温环境中的能量损耗,预期可降低10%左右。其次,对密封工艺进行改进也是关键。采用高性能的密封材料及工艺,可有效防止受潮,减少霉变及腐蚀。采用有机

硅或聚亚胺酯等密封材料,可提高防水能力,保证电池长时间稳定地工作在潮湿环境中。另外,在电池运行过程中引入了实时监控系 统,使用户能够实时监测电池运行状态的变化,并及时发现潜在的故障。例如,对电池输出功率,温度,湿度的变化进行监测,根据数据分析,对电池的运行参数进行优化,从而达到延长电池寿命的目的。最后,有必要进行定期保养和清洗。去除电池表面灰尘、污垢可显著提高电池光利用率,进一步提高电池的发电效率。实验结果表明,经过清洗处理的电池,其光电转换效率可以提高约10%。

## 4 结论

综上所述,我们深入探讨了双面双玻单晶太阳能电池的性能优化与稳定性。通过对材料选择、结构设计及制造工艺的系统分析,提出了针对性的优化方案。这些方案不仅提高了电池的能量转换效率,还增强了其在各种环境条件下的耐久性。实验结果表明,优化后的电池在实际应用中表现出更优的性能和更长的使用寿命。未来的研究应继续关注新材料的开发与应用,探索更先进的电池结构设计,以进一步提升双面双玻单晶太阳能电池的性能。此外,随着技术的进步,电池的生产工艺也应不断改进,以降低成本并提高生产效率。通过综合考虑这些因素,我们相信双面双玻单晶太阳能电池将在可再生能源领域发挥更加重要的作用,推动太阳能利用的可持续发展。

### [参考文献]

[1]王硕.钙钛矿太阳能电池的性能优化及稳定性研究[D].北京科技大学,2022.

[2]孙岩森.添加剂优化功能层提升钙钛矿太阳能电池光伏性能研究[D].中国科学院大学(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所),2021.

[3]魏玉瑶.ZnO/PbS量子点太阳能电池电子传输层掺杂及光吸收层优化研究[D].北京建筑大学,2021.

### 作者简介:

刘金玉(1985--),男,汉族,内蒙古呼和浩特人,本科,助理工程师,研究方向:电力生产运行、工程管理。

谢超(1989--),男,满族,内蒙古呼和浩特人,本科,工程师,研究方向:电力生产运行、工程管理。

刘晓君(1993--),男,汉族,河北张家口人,本科,助理工程师,研究方向:电气自动化。