

矩形硅片组件高效能设计及其光电性能研究

苑北海

(一道新能源科技股份有限公司 浙江衢州 324000)

摘要:从诞生到现在,光伏产业经历了技术的革新、材料的创新和品质的提高。然而,当模块的功率增大时,其内部部件的质量也会随之增大。与此同时,组件的尺寸也越来越小,以达到更高的效率。随着模块尺寸的减小,系统的体积也会相应增大,因此,在实际工程中,还需综合考虑电池板间的连接方式、支撑结构、抗风性能和支架造价等方面的问题。其中,矩形硅模块因其面积小,可实现更大的连接面积,更小的支撑结构,更便宜的制造工艺而备受关注。本论文就是从这几个角度来研究矩形芯片组件的。

关键词:矩形;硅片组件;高效能设计;光电性能

1 引言

现有主流器件的效率上限仅为 18.5%,而随着工艺水平的不断提高,其器件效率有望突破 20%。然而,受体积限制,要想突破 20% 的最高转换效率,就必须使用大面积的硅单晶。大面积的硅芯片不但可以提高器件的功耗,而且可以通过减小器件的厚度、减小封装材料的使用量,从而达到降低成本的目的。本论文以矩形晶片为研究对象,探索大面积矩形晶片的高效设计方法,为下一代大规模生产提供理论依据。

2 矩形硅片组件分析

在同等面积的情况下,矩形芯片的功耗较矩形芯片提高 5-10% 左右,同时减小芯片的厚度可减少芯片的重量,降低芯片的包装成本。就当前主流晶圆尺寸而言,隆基半导体晶圆尺寸 166 毫米×166 毫米、保利晶圆尺寸 166 毫米×166 毫米、中环 150 毫米×150 毫米。

现在市面上普遍使用的是 210 毫米×210 毫米的矩形晶片。其中,210 毫米的矩形硅片将被用来制造大规模的太阳能电池,210 毫米的单晶硅将被用来制作大面积的太阳能电池,而硅的薄片将被用来制造大面积的太阳能电池。与 210 mm×210 mm 的矩形硅片相比,210 mm×20 mm×15 mm 的多晶硅片与组件片间有一定的间隙,这样就导致了硅料的损失,所以不推荐使用。而 210 毫米×20 毫米×15 毫米硅片则更适用于大规模的太阳能电池板的制造。

3 矩形硅片组件设计关键

3.1 尺寸选择

太阳能电池模块为多个单体模块组成,如果在设计阶段,其体积太大,将降低单位面积的光能利用率,同时将会造成光能利用效率的下降,从而影响到组件的输出^[1]。所以,在进行电池组件的设计时,应充分考虑组件的尺寸、电池片数、光照强度以及支架的安放面积等因素,以保证电池组件的设计符合实际。而在进行光伏发电系统的设计时,需要综合考虑其所处的环境条件、发电量和造价。因为大尺寸的电池板不适合商用,所以针对 166 毫米与 210 毫米两种规格的电池板而言分析:166 毫米的电池板适用于陆地电厂工程;210 毫米电池组可用于陆地电厂工程中。现在 210 毫米规格的电池板具有更高的价格比。

3.2 材料选择

从硅材料自身的特点出发,硅材料的性能会随硅材料的尺寸而提升,现在硅材料有 210 mm×210 mm,210 mm×20 mm×15 mm,210 mm×30 mm×30 mm,210 mm×20 mm×15 mm,相应的硅片直径 150 mm,160 mm,170 mm,180 mm。其中 210 mm×20 mm×30 mm 是当前市场上最常见的一种,它的硅片比较厚,但是它对组件的功率增幅有很大的作用,可以高达 4.5-7%,所以比较推荐使用。当前,各大生产厂商仍在不断开发更大尺寸的硅单晶,如 210×30 毫米×15 毫米、210 毫米 20 毫米×15 毫米。现在市场上最大的硅单晶,也就是 180 毫米的直径,而它的厚度也在 30-50 微米之间。所以,在目前硅晶片的大小相同时,应该优先选用较大尺寸如 210 mm×20 mm×15 mm。

(1)与传统的电池板比较,以该设计为基础的光电元件具有较

高的功率,且电力损耗较小。组件的功耗主要来自于组件表面的太阳辐射,其效率受太阳辐射强度、电池板面积、入射太阳辐射角等多种因素的影响,其中太阳辐射强度最为显著。

(2)通过研究不同面积、不同功率衰减和太阳辐照条件下,获得适合大面积矩形硅晶片的优化设计方法。前侧高反射率太阳能电池模块的前表面设计是考虑电池前、后表面反射率的重要因素。

(3)在不同的电力衰退程度下,分析光电装置的效率,可以发现,在进行优化设计时,必须要兼顾面板的效率与元件功耗的衰减,才能得到最佳的元件效率^[2]。

4 矩形硅片组件高效能设计方向

4.1 光电转换效率提升

在保证器件性能的前提下,提高器件的光电转化效率,并保证其在各种工况下的高稳定性,从而满足各种应用场合的需求。然而,在实际应用中,由于器件自身的损耗和光衰等因素的影响,器件的实际输出功率可能会出现一些偏差。然而,为保证所设计的芯片有高的转换效率和高的可靠性,在设计时应符合下列条件:1、装配体的各部件能很好的联接;2、确保电池板间有足够大的接触面;3、电池板间的接触性能好,接触电阻高;4、装配体之间的联接必须是很好的。

基于以上的几点需求,设计一种矩形的硅片组件,将其按一定的角度切下,确保各部件的贴合,确保它们的连接性好;在此过程中,因为必须确保电池板和支撑件之间有一些接触面积,并且连接结构要好,因此,可通过增大电池板和支撑件的接触面积、增大电池板和支撑件之间的连接结构,来达到相关目的。另外,由于电池板与支撑体的接触面积大,使得电池板中的光生电子更多,所以需要通过增大电池板与支架的连接面积、优化电池板与支架的连接方式,来保证电池板的实际输出功率和光电转化效率的提高。

4.2 透明导电膜设计

透明导电薄膜用于太阳能电池模组的背侧,具有一定的阻障效果,可有效地阻隔长波长的太阳光。然而,在实际应用过程中,由于受光线的影响,其效果往往不够理想。一般来说,当薄膜的厚度约为 40 纳米时,薄膜的透过率可达 90%。

当前,常用的透明导电薄膜可分为三大类:一类是导电玻璃;第二类为金属膜;第三个是硅氧树脂。其中,金属薄膜具有良好的导电性,但成本昂贵,且在低温下性能显著降低。此外,硅基导体薄膜的透过率也会受到温度的影响,当温度升高时,薄膜的透过率会降低。然而,金属薄膜以其较低的成本、较高的透光率和较高的耐高温性能,已逐渐被人们所接受。

除此之外还有一种新型的多层膜结构,即金属膜,它能有效地抑制红外光的吸收。具体来说,采用磁控溅射法在其表面沉积了一层金属多层膜,这也是一种新型的多层复合膜结构,它是由两个金属靶与一个导电介质构成的复合膜,中间填充一种惰性气体。多层复合膜结构是具有多层次膜,它可以有效地阻挡太阳光的照射,也可以将室内的杂质阻挡在外。另外,在多层膜结构中,不同的金属

靶间距可以通过调节喷射角和喷射压强来调节。

利用金属多层膜的光学透过率和光强,在近红外区域能有效的减小吸收。另外,它还具有良好的透光性和稳定性,被广泛地用于太阳能电池。但现在它主要应用在太阳能电池板的背侧,前后板都可以用它来制造。

4.3 结构设计优化

在设计过程中,对于不同应用场景下对结构稳定性和功能性的具体要求进行了深入研究。为了满足这些需求,对现有的结构方案进行了细致的分析与优化,从而形成了一套系统的设计方案。以下是这三种设计方法的详细描述:

(1) 选择传统的固定支撑结构,这种方案通过预设的支架来保证结构的整体稳定性。它具有成本效益高、施工简便等优点,但也存在着一定的局限性,比如可能会限制建筑物的高度或空间布局^[9]。

(2) 采纳固定加支承的混合结构形式。这种结构模式结合了钢支座和钢管支撑两种技术。钢支座提供了必要的承载能力,而钢管支撑则进一步增强了结构的稳定性和延展性。这种结构不仅能够适应各种不同的建筑环境,而且可以根据需要调整支撑的强度,以适应更复杂的工作条件。

(3) 鉴于轻质材料和高效性能的需求,提出一种轻型钢结构加支撑体系。这一体系采用钢结构作为支座,并辅以钢管作为支撑。这种设计理念旨在实现重量轻、强度高以及易于加工和安装的特性。尽管这种结构相对于传统结构来说更加轻便,但其性能和耐久性可能不如前两种方案。

综上所述,这三种设计方法都各有千秋,适用于不同的场合和需求。每种设计都有其独特的优点和不足,因此在实际应用时,我们将综合考虑成本、性能、安全性以及可持续性等多个因素,做出最适合的选择。

4.4 光学设计

在光伏组件的设计和优化过程中,基于规则的几何光学方法发挥着至关重要的作用。这种方法的核心思想在于模拟实际太阳能电池表面的反射率曲线,即通过建立一个精确而详尽的几何模型,来预测其在不同条件下的性能表现。这不仅涉及到对特定类型太阳能电池材料的物理特性进行深入分析,还需要考虑诸如温度、光照强度以及大气环境等因素对其反射率的影响。

要实现这一目标,设计者通常会利用计算机辅助设计软件,将复杂的二维曲线转换成三维曲面模型。这种转换过程是通过一系列算法和技术手段完成的,它们能够处理包括但不限于曲面方程的构建、边界条件的设置以及其他相关参数的精确计算。这样的转换不仅能够确保模拟结果的精确性,而且有助于提高整个设计过程的效率。

由于传统的二维反射率曲线难以捕捉太阳能电池表面的复杂性和多样性,基于规则的几何光学方法提供更为精细和实用的三维曲面模型。通过引入更多维度的信息,设计师可以更好地理解和预测太阳能电池的性能,从而设计出更加高效、可靠的光伏组件。此外,随着计算技术的不断进步,今天的计算机辅助设计软件已经变得更加强大和灵活,它们能够适应各种新的设计挑战,为光伏行业带来革命性的创新。

总之,基于规则的几何光学方法在光伏组件设计领域的应用,标志着材料科学与工程计算相结合的又一次飞跃。它不仅提升了设计的精确性和效率,也推动了光伏产业向着更加智能化、绿色化的未来迈进。随着技术的不断发展和完善,我们有理由相信,这一方法将继续在光伏产业中扮演着不可或缺的角色,为可持续能源的推广和普及做出更大的贡献。

4.5 材料选择

(1) 焊带:焊带的主要作用是确保电池片与玻璃之间能够牢固地结合。为了避免在焊接过程中由于热膨胀或机械应力导致的玻璃破裂,必须严格控制焊带与电池片之间的间距,这样可以有效地减少因焊接不当造成的潜在风险。此外,焊接时还需要特别注意不要让焊带遮挡住电池片,以免影响其正常工作状态。通过精确控制

这些细节,我们可以确保光伏组件的可靠性和长期稳定性。

(2) EVA: EVA 作为一种塑料聚合物,它在光伏组件中扮演着至关重要的角色。这种材料被广泛应用于电池与玻璃面板之间,其主要功能在于有效隔离高温与低温对玻璃造成的损害,从而防止了因温差过大而引起的玻璃破碎现象。这不仅保证了太阳能电池的稳定性和长期寿命,同时也为整个太阳能组件的输出功率提升提供了可能。然而,值得注意的是, EVA 虽然有着上述积极作用,但它在使用过程中会导致整个组件的重量有所增加。重量的增加,无疑会影响到组件的整体结构强度,进而可能对其在风、雪等恶劣环境下的耐久性和抗冲击能力产生负面影响。

因此,在选择 EVA 作为光伏组件的粘接剂时,必须慎重考虑其对组件性能的综合影响^[9]。制造商和工程师需要仔细评估 EVA 所带来的重量变化以及其可能对光伏发电效率的潜在影响,确保在追求高效太阳能转化性能的同时,也能兼顾组件质量的合理性和经济性。只有这样,才能最大程度地发挥 EVA 在光伏产业中的潜力,为实现可持续能源目标贡献力量。

(3) 背板:背板作为光伏组件的核心部分,承担着至关重要的角色。它不仅提供了坚固的结构支持,确保整个组件能够承受各种环境压力,同时还负责为电池片提供必要的防护,防止水分渗透,从而延长电池的使用寿命和保持其性能。然而,由于其直接与外界接触,背板也是最为脆弱的部分,容易遭到破坏。因此,在设计 and 选材时必须格外注意其防水性和抗老化性能,以保证长期稳定地发挥作用。选择具有高防水性和良好耐候性的材料是制作背板的关键所在,这样才能确保组件在恶劣天气条件下依然能保持高效运作,而不会因为物理损伤或化学侵蚀而导致效率下降或功能丧失。

(4) 玻璃:玻璃是光伏组件中最重要的组成部分之一,玻璃不但可以保证玻璃与电池片之间有一定的距离,防止受力时发生变形,同时也能够使整个组件具有更好的透光性。但是在选择玻璃时需要考虑其强度和抗碎性等因素。玻璃在光伏组件的构建中扮演着至关重要的角色。它不仅确保了玻璃与太阳能电池片之间存在适当的间隔,这样做可以有效防止在外力作用下发生弯曲或变形,从而保持组件的结构完整性^[9]。同时,高质量的玻璃还能显著增强整个组件的透光率,提高能量转换效率,使阳光得以更充分地吸收和利用。然而,在选择用于光伏面板的玻璃时,必须仔细考量其性能参数,包括强度和抗压能力,以及是否具备良好的抗冲击和破裂特性。这些因素直接影响到光伏面板的耐用性和长期稳定性,是设计和制造高效、可靠光伏组件不可或缺的要害。

结语

当前,大面积的矩形硅元件已经批量生产,但由于其自身转化效率低下,尺寸不变,效率提高有限。而当前的硅片工艺已经突破了“瓶颈”,再往后的发展空间就会受到限制,从而使得组件的成本不断攀升。为了提高器件的光电转化效率,降低器件的制造成本,需要对其进行优化设计。本文提出在保证功耗的前提下,通过增大面积和减小厚度,减少元件的成本,从而提高器件的转换效率。而要达到这个目的,还必须从电池的效率,背面的反射率,以及背板的设计等方面进行综合考虑。

参考文献:

- [1]滕玥.热点[J].环境经济,2023,(12):6-7.
- [2]刘秀枝.组件尺寸终于统一光伏玻璃企业怎么看? [J].中国建材,2023,(08):91.DOI:10.16291/j.cnki.zgjc.2023.08.044.
- [3]刘灿邦.光伏尺寸之争画上休止符中版型矩形硅片组件明年将大幅替代[N].证券时报,2023-11-24(A06).DOI:10.38329/n.cnki.nzjsb.2023.004740.
- [4]刘灿邦.隆基绿能公示 N 型硅片报价薄片化趋势显现[N].证券时报,2023-12-28(A06).DOI:10.38329/n.cnki.nzjsb.2023.005149.
- [5]殷高峰.光伏行业标准化再迈一步隆基绿能等 6 家企业倡议矩形硅片尺寸标准化[N].证券日报,2023-08-19(B02).DOI:10.28096/n.cnki.ncjrb.2023.004478.