

文章编号:1673-9981(2010)01-0001-04

太阳能电池封装技术

余谟鑫, 戴子林, 陈少纯, 李桂英

(广州有色金属研究院, 广东 广州 510650)

摘要:主要介绍了目前使用和研究的太阳能电池封装材料和工艺. 太阳能电池封装主要分为玻璃封装和非玻璃封装两大类. 太阳能电池非玻璃封装是以含氟树脂配合其它透明树脂替代玻璃作封装材料, 它具有许多玻璃封装无法比拟的优势. 开发新型密封材料替代玻璃是未来太阳能电池封装的发展方向.

关键词:太阳能电池; 封装; 玻璃; 含氟树脂

中图分类号: TM615

文献标识码: A

太阳能光伏电池组件的主要部件是太阳能电池片. 由于太阳能电池片不能直接暴露在阳光、雨水等自然条件下, 因此, 要实现太阳能发电的实际应用, 就要对其进行保护性封装, 并形成电池组件. 目前, 太阳能电池一般采用 EVA(乙烯-醋酸乙烯共聚物)-玻璃作封装材料, 这种封装虽能满足太阳能电池封装的基本要求, 但仍存在很多不足. 于是人们在不断完善玻璃封装技术的同时, 又开发了含氟透光树脂类等新型非玻璃封装技术, 本文就目前使用和开发的几种太阳能电池封装技术做了介绍, 阐述了它们各自的优点和不足, 并指出了太阳能电池封装技术的发展方向.

1 玻璃封装

1.1 EVA 胶

对太阳能电池组件的封装有以下基本要求: 组件的工作寿命在 25 年以上, 即使用 20 年, 效率不低于初始效率的 80%; 密封性和电绝缘性良好, 绝缘电阻不能低于 200 MΩ; 足够的机械强度; 紫外光辐照下稳定性好; 效率损失小; 电池之间通过互连条连接可靠; 封装成本低^[1]. 大面积太阳能电池组件通常采用真空层压封装: 将太阳能电池片夹在两层热塑性 EVA 胶膜中间, 通过真空加热层压使 EVA 胶膜将

电池片、低铁钢化玻璃正面盖板和聚氟乙烯复合膜背板黏合为一体, 周边用铝合金边框固定(图 1). 另外, 还有采用双面玻璃封装的太阳能电池组件(图 2), 这种封装的太阳能电池外形美观, 可部分透光, 已广泛应用于光伏建筑.

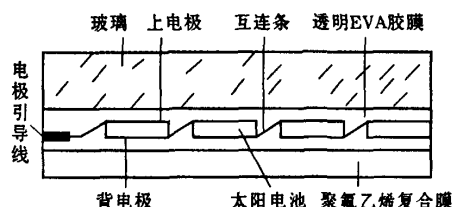


图1 玻璃-聚氟乙烯复合膜封装

Fig.1 Encapsulation with glass and polyvinyl fluoride combination membrane

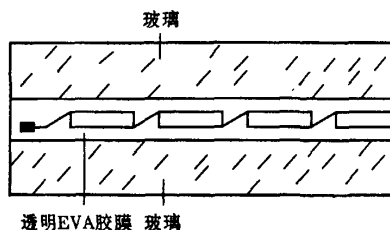


图2 双面玻璃封装

Fig.2 Encapsulation with double-face glass

收稿日期:2009-10-12

作者简介:余谟鑫(1978—),男,安徽安庆人,博士.

用于真空层压封装太阳能电池的材料主要有玻璃、EVA、聚氟乙烯或聚氟乙烯复合薄膜(TPT或TPE)、互连条、铝框和接线盒等。其中,EVA胶和玻璃是最重要的部分。目前所使用的EVA为改性EVA胶膜,是以EVA为原料,添加改性剂后加热挤出成型而制得。其透光率大于90%,交联度大于65%;玻璃与胶膜的剥离强度大于30 N/cm;TPT(或TPE)与胶膜的剥离强度大于15 N/cm,适用温度为-40~80℃,具有较好的耐紫外光照射性能。封装用的玻璃是采用透光率高的低铁钢化白玻璃,厚度一般为3.0~4.0 mm,在320~1100 nm的波长范围内,其透光率达90%以上,对于波长大于1200 nm的红外线有较高的反射率,耐紫外光辐射性能好^[1]。

现有的EVA-玻璃封装工艺经过30多年的发展,已基本能满足太阳能电池工业化的需求。其优点是工艺成熟稳定,能进行大规模生产,但也存在不少缺陷,如工艺复杂,成本较高。目前,其封装成本高达1.5美元/W,占太阳能电池组件成本的30%以上;生产效率低。由于需要将玻璃-EVA-电池-EVA-TPT(或TPE)层叠并在150℃左右层压固化20 min,极大地降低了太阳能电池的生产效率。EVA膜的抗老化性能较差,在使用过程中,容易发黄老化,降低了太阳能电池的使用寿命和光电转换效率。采用这种封装工艺对玻璃的要求甚高,若玻璃表面被污染或霉变,就会使玻璃的透光率降低,损失了光电转化效率。另外,这种封装的太阳能电池还存在维修困难和运输不便等不足。上述缺陷严重地制约了太阳能电池的发展,为推动太阳能电池的进步和应用,人们不断对该封装工艺进行改进和完善。

1.2 丙烯类热塑性树脂组合物

由于EVA的熔点低,在太阳能电池的使用环境温度下,会由于耐热性不足而产生热变形,虽然可通过配合有机过氧化物形成交联结构,提高其耐热性,但交联工序所需时间太长,影响了太阳能电池的生产效率。另外,长期使用时,EVA的分解气体(乙酸气体)以及EVA自身具有的乙酸乙烯酯基使发电组件受到不良影响,降低发电效率。为解决上述问题,保谷裕等人^[2]发明了一种在非交联状态下具有良好机械强度、密封性、透明性、耐候性的太阳能电池密封片材的热塑性树脂组合物。该热塑性树脂由丙烯类聚合物和丙烯类共聚物构成,其中丙烯类共

聚物为丙烯与至少一种除丙烯之外的碳原子数为2~20的 α -烯烃形成的共聚物。为了提高热塑性树脂组合物层与含有具有极性基团树脂、含有50%以上金属及玻璃上无机化合物等其它层的粘合性,在封装时,还应使用诸如硅烷类的偶联剂。采用该热塑性树脂,在一定程度上缩短了层压时间,提高了太阳能电池的生产效率。

1.3 乙烯-(甲基)丙烯酸酯类

由于EVA的吸湿性较高,水分会导致密封材料层的绝缘性下降。另外,在增加热量、紫外线、吸湿量等特定条件下,EVA会产生极微量的乙酸,有可能会腐蚀电极或母线等而使发电效率降低。近年来,西岛孝一等人^[3]以乙烯-(甲基)丙烯酸酯共聚物为原料,添加特定的有机过氧化物并按一定的比例加入交联助剂,能够得到性能很好的密封材料。该材料克服了EVA吸湿性高和易产生乙酸的缺点,同时,由于加入了适量的交联助剂还解决了在乙酸-(甲基)丙烯酸酯共聚物上有机过氧化物交联难以及在使用过多有机过氧化物时容易渗出的难题。交联助剂可以是聚烯丙基化合物或聚(甲基)丙烯酸酯氧化合物之类的不饱和化合物,如邻苯二甲酸二烯丙酯、乙二醇二甲基丙烯酸酯等。为增强该密封材料的抗紫外老化性能,可添加二苯酮类、苯并三唑类等紫外线吸收剂。

此外,由于太阳能光伏电池板上的采光玻璃在户外日照雨淋及受到外界环境的污染,一段时间后玻璃表面会形成一层脏污层影响光线的穿透率,大大降低太阳能光伏电池的转换效率。为解决这一难题,国外最近成功研制出一种涂布纳米涂层,使用该涂层后,玻璃具有自清洁功能,可以长时间保持表面干净,光透过率保持在新玻璃的95%以上。该涂层由含TiO₂、SiO₂及二甲基酰胺的醇类溶剂用常规方法喷镀制得^[4]。

太阳能电池玻璃封装是目前应用最广泛,也最为成熟的一项技术。但这种封装的成本较高,工艺复杂,运输困难,更为不便的是,封装后电池组件不能随意改变形状,极大地限制了其应用范围。

2 非玻璃封装

为了克服玻璃封装带来的各种缺陷,人们大力开发新型太阳能电池封装技术,提出以轻质、透明、

低折射率的各种透明树脂板材替代玻璃。但普通的透明树脂的耐候性、耐试剂性、耐污染较差。氟树脂基于分子内的 C—F 键的高能量和极低化率而具有优异的耐候性、低折射率、耐试剂性、防水防油性和耐污染性,被应用于各种用途^[5-6]。由于氟系膜的机械强度较低,用其作为封装材料会使太阳能电池组件的机械强度低,太阳能电池元件易损坏。因此,将透明树脂和含氟树脂配合使用,可生产出高耐水解性、透明性、耐候性和轻量化且机械强度高的密封膜。

2.1 乙烯-不饱和脂肪羧酸共聚物

片冈一郎等人^[7]采用某种树脂作为填充物,覆盖太阳能电池元件的粗糙表面,并保护元件避开外界环境。该填充物由乙烯和不饱和脂肪羧酸的共聚物树脂构成,主要包括:乙烯-丙烯酸甲酯共聚物、乙烯-丙烯酸乙酯共聚物、乙烯-丙烯酸丁酯共聚物、乙烯-甲基丙烯酸甲酯共聚物及乙烯-甲基丙烯酸乙酯共聚物。从实用性和成本上看,乙烯-丙烯酸甲酯共聚物和乙烯-丙烯酸乙酯是合适的,而乙烯-丙烯酸乙酯的透光率更好。使用氢过氧化物和过氧化酯等可提高填充树脂的交联性,而使用聚氟树脂充当填充物的表面膜可提高密封膜的耐候性和防水性等性能。聚氟树脂可选用四氟乙烯-乙烯共聚物树脂、聚氟乙烯树脂、聚偏氟乙烯树脂、聚四氟乙烯树脂、四氟乙烯-六氟丙烯共聚物及聚三氟氯乙烯树脂等。其中聚偏氟乙烯树脂的耐候性能好,而四氟乙烯-乙烯共聚物的耐候性和机械强度的综合性能最佳。

2.2 聚酯聚合物

宫治新一郎等人^[8]采用机械特性和加工性优异的廉价聚酯膜为基材,在此基材上附上一层由金属、金属氧化物或无机化合物中的至少一种构成的膜,制成太阳能电池组件用的复合密封膜。聚酯聚合物以芳香族二羧酸、脂肪族二羧酸或脂肪族二羧酸和二醇作为主要组分,其中所合成的聚对苯二甲酸乙二醇的双拉伸膜和聚-2,6-萘二甲酸乙二醇酯的双轴拉伸膜的性能最好。此外,还可由含聚酰亚胺树脂的聚酯聚合物进行拉伸得到膜。在基材上附上金属、金属氧化物或无机化合物等构成薄膜的目的是为了提高密封膜的阻气性,可通过蒸镀法或溅射法使该膜层附加到聚酯膜上,首选的化合物有氧化铝、氧化硅等。为了提高密封膜的耐候性,还可叠成氟树脂片、聚碳酸酯树脂或丙烯酸树脂构成的树脂层。所选

用的氟树脂片有由聚四氟乙烯、全氟烷氧基树脂、四氟乙烯与六氟丙烯共聚物等形成的树脂片。通过多层叠加制备的密封膜的透光率在 85% 以上,且具有较好的耐湿性、耐候性和机械强度。

长门大等人^[9]采用聚碳酸酯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、丙烯酸树脂、聚乙烯等透明树脂作为密封膜的基材。其中聚碳酸酯的透明性优异,透光率达 90% 以上,且硬度等机械性能良好,但耐擦伤性、耐候性较差,可涂布固化性氟树脂组合物提高其性能。固化性氟树脂由氟树脂和固化剂组成。其中氟树脂是由具有氟代烯烃单元、乙烯醚单元和具有固化部位的单体单元的共聚物或具有氟代烯烃单元、乙烯醚单元和具有固化部位单体单元的共聚物。固化剂则采用异氰酸酯系或氨基树脂系固化剂。太阳能电池密封膜是厚度为 100 μm 的聚碳酸酯,并在其上涂布干燥后膜厚为 50 μm 的氟树脂组合物。

在透明树脂上涂布一层含氟树脂,不仅能保证密封膜具有较高的机械强度和透光率,而且还具有很好的耐湿、耐候和耐久性,能够满足太阳能电池封装的要求。同时,该密封膜较薄且柔软,可做成重量轻、具有挠性的太阳能电池组件,也使得太阳能电池的维修变得简便,极大地拓宽了其应用范围。这种封装的不足之处是,由于透明树脂和含氟树脂是分别涂布在元件表面的,使封装工艺较繁琐,叠成界面容易剥离。

3 其它封装

德国拜尔公司利用一种耐光热塑性聚氨酯制成了商品名为 VISTASOLAR 的新型聚氨酯薄膜,将其用作太阳能电池的封装材料替代 EVA 薄膜,不仅使太阳能电池的生产更为方便和快捷,还大大提高了太阳能电池的发电效率^[10]。此外,还有人发明了太阳能电池用聚酯树脂片^[11],该聚酯树脂片是由数均分子量为 18500~40000 的一个或多个层而成的聚酯树脂片,在该聚酯树脂片上具有至少一层以上 $w(\text{TiO}_2)$ 为 5%~40% 的 TiO_2 层。该聚酯树脂片的透光率在 85% 以上,且具有较好的耐水解性和机械强度。

4 结 语

以 EVA-玻璃为主的封装技术基本能满足太阳

能电池的封装要求,但其存在成本较高、EVA易黄变老化、运输不便等不足。以透明树脂叠成聚氟树脂构成的密封膜,结合透明树脂和聚氟树脂两者的优势,使其具有高的光透过率和机械强度以及较好的耐水解性、耐酸性、耐候性和轻质化,是未来太阳能电池封装技术的发展方向。而要真正实现该密封膜的大规模工业化应用,还需解决含氟树脂和透光树脂的粘合难题,最好能开发出一种集含氟树脂和透明树脂功能为一身的新型涂层,这样不仅可以减少涂布次数,还可彻底解决叠成界面容易剥离的难题。

参考文献:

- [1] 邵燕瑛. 太阳能电池组件封装技术的探讨[J]. 能源工程, 2008(3): 32-34.
- [2] 保谷裕, 野田公宪. 热塑性树脂组合物、太阳能电池密封用片材及太阳能电池: 中国, 101421346A[P]. 2009-04-29.
- [3] 西岛孝一, 细合康久, 新家洋一. 太阳能电池密封材料: 中国, 101375409A[P]. 2009-02-25.
- [4] 刘瑾玮. 一种具有自清洁功能的太阳能光伏电池: 中国, 201181709Y[P]. 2009-01-14.
- [5] CHEN K Y, KUO J F. Synthesis and properties of novel fluorinated aliphatic polyurethanes with Fluor chain extenders[J]. Macromol Chem Phys, 2000, 201(18): 2676-2686.
- [6] TONELLI C, TROMBETTA T, SCICCHITANO M, et al. New fluorinated thermo-plastic elastomers[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1996, 59(2): 311-327.
- [7] 片冈一郎, 森隆弘, 山思聪, 等. 透光树脂密封的太阳能电池组件: 日本, 114151[P]. 1996-01-03.
- [8] 宫本新一郎, 野口昌和, 川治直树. 太阳能电池组件用密封膜和太阳能电池: 中国, 101273465A[P]. 2008-09-24.
- [9] 长门大, 前田昌彦, 加藤雅己, 等. 太阳能电池的保护罩用涂料组合物: 中国, 101317274[P]. 2008-12-03.
- [10] 毛霞. 拜尔推出太阳能电池用聚氨酯薄膜[J]. 工程塑料应用, 2008, 36(7): 42.
- [11] 藤井秀树, 川口雅博. 太阳能电池用聚酯树脂片、使用该聚酯树脂片的叠层品、太阳能电池背面保护片以及组件: 中国, CN 101401217A[P]. 2009-04-01.

Encapsulation technology of photovoltaic module

YU Mo-xin, DAI Zi-lin, CHEN Shao-chun, LI Gui-ying

(Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals, Guangzhou 510650, China)

Abstract: The encapsulation technology of photovoltaic module is reviewed in this paper. There are mainly two kinds of encapsulation technology: glass and non-glass. The non-glass encapsulation technology which uses the fluor resin and other transparence resins has more advantageous than the glass. It is promising to develop new material to substitute the EVA and glass encapsulation.

Key words: solar photovoltaic module; encapsulation; glass; fluor resin