[2] 殷志强，孟宪淦．向太阳索取——中国太阳光－热与光－电应用现状与展望 [J]. 太阳能学报，2003, 24(5): 575 － 588.
[3] Pfann W G, Roosbroeck W V. Radioactive and Photoelectric p-n Junction Power Sources [J]. Journal of Applied Physics, 1954, 25(11): 1422 － 1434.
[4] 彭娟，邓建国，黄奕刚．太阳能电池导电银浆的研究进展与市场现状 [J]. 材料导报，2012, 26(19): 141 － 144.
[5] 陈龙，卢玉荣，王仕鹏，等．PERC 电池激光开窗技术应用研究 [J]. 太阳能，2017(1): 28 － 31.
[6] Mulligan W P, Rose D H, Cudzinovic M J, et al. Manufacture of solar cells with 21% efficiency[EB/OL]. https://www.researchgate.net/publication/267974795_Manufacture_of_solar_cells_with_21_efficiency, 2004.
[7] 常欣．高效晶体硅太阳电池技术及其应用进展 [J]. 太阳能，2016, (8): 33 － 36.
[8] Varache R, Kleider J P, Gueunier-Farret M E, et al. Silicon heterojunction solar cells: Optimization of emitter and contact properties from analytical calculation and numerical simulation[J]. Materials Science & Engineering B, 2013, 178(9): 593 － 598.
[9] De Wolf S, Descoeudres A, Holman Z C, et al. High-efficiency Silicon Heterojunction Solar Cells: A Review[J]. Green, 2012, 2(1):7 － 24.
[10] Louwen A, Sark W V, Schropp R, et al. A cost roadmap for silicon heterojunction solar cells[J]. Solar Energy Materials & Solar Cells, 2016, 147: 295 － 314.
[11] Taguchi M, Yano A, Tohoda S, et al. 24.7% Record Efficiency HIT Solar Cell on Thin Silicon Wafer[J]. IEEE Journal of Photovoltaics, 2013, 4(1): 96 － 99.
[12] Hilali M M, Al-Jassim M M, To B, et al. Understanding the Formation and Temperature Dependence of Thick-Film Ag Contacts on High-Sheet-Resistance Si Emitters for Solar Cells[J]. Journal of the Electrochemical Society, 2005, 152(10): G742 － G749.
[13] Li W, Wu T, Jiao R, et al. Effects of silver nanoparticles on the firing behavior of silver paste on crystalline silicon solar cells[J]. Colloids & Surfaces A Physicochemical & Engineering Aspects, 2015, 466(466): 132 － 137.
[14] Cui H W, Kowalczyk A, Li D S, et al. High performance electrically conductive adhesives from functional epoxy, micron silver flakes, micron silver spheres and acidified single wall carbon nanotube for electronic package[J]. International Journal of Adhesion & Adhesives, 2013, 44(10): 220 － 225.
[15] 闫方存，滕媛，严继康，等．片状银粉对太阳能电池银浆料电性能影响研究 [J]. 功能材料与器件学报，2015, 21(4): 31 － 35.
[16] 张亚萍，杨云霞，郑建华，等．玻璃粉的润湿性对硅太阳电池性能的影响 [J]. 硅酸盐学报，2008, 36(7): 1022 － 1026.
[17] 陈宁，张丽英，张耀中，等．银浆中的玻璃粉对晶硅太阳电池串联电阻的影响 [J]. 电子工艺技术，2011, 32(3): 125 － 128.
[18] 曹秀华，黄子怀，陆建鑫，等．Nb_2O_5 对碲铅铋铌系玻璃结构和性能的影响 [J]. 材料科学与工程学报，2015, 33(3): 335 － 338.
[19] 彭娟，邓建国，黄奕刚．太阳能电池导电银浆的研究进展与市场现状 [J]. 材料导报，2012, 26(19): 141 － 144.
[20] Chunduri S, Schmel M. Market survey metallization paste 2017[EB/OL]. http://taiyangnews.info/reports/market-survey-on-metallization-pastes/, 2017-06.
[21] Wolf S D, Kondo M. Nature of doped a-Si:H/c-Si interface recombination[J]. Journal of Applied Physics, 2009, 105(10): 1211 － 1214. 太阳能

(接第 74 页)

结果表明，石墨烯镀膜玻璃拥有卓越的超亲水效果，它可以让玻璃表面的积灰快速被雨水带走，且没有污水水渍残留，并让玻璃表面保持长久的清洁效果，以此大幅提升了光伏组件的发电水平。

不同于社会上大部分以石墨烯为时髦概念但并未产业化应用的一些公司，目前，正信光电石墨烯镀膜玻璃初步具备了 500 MW 组件的配套生产能力，计划到今年年底产能进一步扩大到 2 GW，到 2019 年底，产能将扩大到 5 GW 左右，具有规模化成本优势。

多主栅技术是行业公认的一种性价比很高的技术，它不但能提高组件功率，同时还能大幅减少银浆用量、降低隐裂带来的损失。正信光电 12 主栅技术在电池图形设计、组件封装及生产制程等多方面进行创新，电流在细栅上传导距离缩短，降低了串联电阻、隐裂热阻及效率衰减，增加了组件功率和寿命，但综合生产成本基本未增加。

因此，基于以上石墨烯镀膜玻璃技术和多主栅技术的叠加效应，相较于常规组件产品，正信光电石墨烯高效光伏组件的输出功率可有效增加 2.5%～3% 左右，并且寿命增加，在生产成本基本不变的情况下，为降低光伏发电度电成本奠定了基础。

据王栋介绍，在传统单、双玻组件生产工艺基础上，正信光电石墨烯多主栅组件将现有多主栅电池技术、石墨烯应用技术、PERC、n 型双面、黑硅电池工艺等现行前沿技术相融合，为产业加速实现降本增效再添助力。太阳能

2018.04印刷.indd 37 2018-4-23 19:20:32

技术创新推动光伏行业变革

——正信光电重磅推出石墨烯光伏新品

本刊记者 ■ 李鹏

近年来，在国家政策扶持的外力驱动下，我国光伏市场爆发，光伏发电成本快速下降，用户侧光伏发电平价上网的目标即将实现，光伏产业技术创新正是实现这一目标的根本内生动力。日前，正信光电重磅推出石墨烯光伏新品，成为技术创新推动光伏行业变革的一个标志性事件。

正信光电石墨烯系列光伏产品重磅发布



图 1 正信光电石墨烯系列光伏产品发布会

3 月 26 日，以“G12 变革时代”为主题的正信光电石墨烯系列光伏产品发布会在北京召开。国家应对气候变化战略研究和国际合作中心原主任李俊峰研究员、中国可再生能源学会光伏专委会秘书长吕芳、中国科学技术大学院长周兴国、中国科学技术大学吕鹏博士等政府领导及专家学者受邀出席，与近百位业内人士共同见证了 G12 变革时代的创新性技术——石墨烯 12 栅常规、石墨烯 12 栅双玻组件、石墨烯 5 栅常规与双玻组件等系列新品的重磅问世。这些创新性技术产品凭借超越同类产品的透光率、超强亲水性及独特的自清洁能力等众多差异化核心竞争力成为业内关注的焦点。正信光电总裁王迎春、营销总裁李倩、技术质量总经理王栋和运营中心副总裁章伟等一众领导共同为这一创新技术揭幕。

在本次发布会上，王迎春表示：“历经十余年发展，我国光伏产业已经在技术、规模、成本等多方面占据全球领先优势，而在产业加速转型升级的大趋势下，业内始终涌动着一场‘着力于技术研发、加速核心技术迭代’的汹涌浪潮，以期尽快推进光伏发电度电成本下降。作为新三板挂牌上市的最大的光伏发电企业，正信光电始终秉承‘以技术创新为先导’的理念，在技术创新上敢于探索，敢于做第一个吃螃蟹的人，并依托于强大坚实的技术创新实力培育出了石墨烯系列高效光伏组件，为尽早实现光伏发电平价上网再添助力。我们相信，随着正信石墨烯光伏产品的推出，之后将有更多的企业加入到对石墨烯技术在光伏行业的应用研究中去，这必将加速推动石墨烯和光伏技术的发展。”

王栋指出：“2018 年，我国光伏产业会继续呈现稳步上升的发展趋势，技术的更新速度会加快，并向如何提高发电效率和降低成本等方向加速靠拢。而石墨烯技术是符合产业技术持续迭代发展大势的先进技术。石墨烯最大的特点在于它可以提高玻璃透光率与玻璃自清洁能力，从而达到进一步提升光伏组件功率、提升光伏组件发电量的目的。就自清洁能力而言，常见的光伏组件技术往往只具备超亲水或者光触媒效果，而将这

2018.04印刷.indd 73 2018-4-23 19:20:46

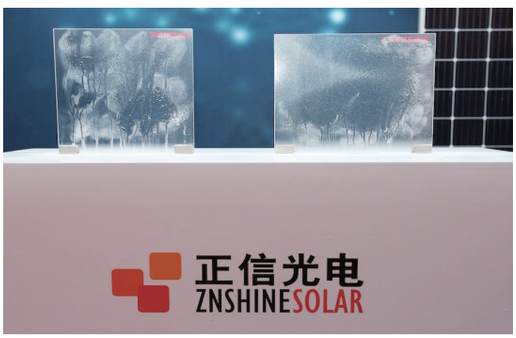


图 2 常规镀膜玻璃（左）与
正信石墨烯镀膜玻璃（右）的自清洁效果对比

两种技术完美融合在一起的只有石墨烯技术。”随后，他还就石墨烯光伏组件自清洁能力进行了现场演示，赢得在场嘉宾一致称赞。

李俊峰表示，目前我国光伏产业已经进入到理性发展阶段，单靠“讲故事”的企业已经没有了生存空间，企业无论规模大小，要在严峻的市场中生存发展下来，靠的是在核心技术上的创新实力。

在技术创新的过程中，产学研的深度合作是先进技术快速产业化应用的关键，据吕鹏博士介绍，石墨烯镀膜玻璃技术是正信光电与中国科技大学合作开发的成果。石墨烯是一种神奇的材料，在太阳能领域有十分广泛的应用前景，玻璃镀膜技术只是其中的应用之一，也是石墨烯在光伏行业首个实现产业化应用的技术。今后双方还会在双面组件背面玻璃、正面玻璃双面镀膜，以及高效电池等方面展开深化合作，开发出更多的以石墨烯为核心的高效光伏新产品。

“探秘”石墨烯高效光伏组件

我国光伏产业经历了跌宕起伏、惊心动魄的发展历程，大浪淘沙，早年创业的一些光伏企业如今已经破产重组或销声匿迹，而正信光电作为创业 30 年的光伏企业，一路筚路蓝缕，默默耕耘。营销总裁李倩坦言，这些年正信光电做得多，说得少。笔者想，或许就是正信光电持续不断在做创新的事情，才避免了那些简单模仿和盲目扩张的光伏企业的多桀命运，行稳致远到如今。

本刊作为太阳能行业专业科技媒体对此次发布新品的相关技术格外关注，笔者以为，光伏技术进步的最终目标归根到底在于降低光伏发电度电成本。因此，带着对石墨烯的好奇和一个个“问号”，在发布会上、在书面采访中，乃至在 3 月 27 日开幕的“2018 中国国际太阳能发电应用展览会”正信光电的展位上，笔者与王栋进行了多次探讨。



图 3 正信光电新品展出

正信光电这次推出的新品主要是基于石墨烯镀膜玻璃与多主栅技术叠加的新型光伏组件，其性价比自然是很关键的指标。

积灰是影响到光伏电站发电量的一个主要因素，光伏组件表面清洁是光伏电站运维的重要环节。按照业内人士的估计，一座装机容量为 50 MW 的光伏电站，所需的清洁维护费用可能高达约 100 万元 / 年。据了解，目前市场上也有光伏玻璃自清洁技术，但并未得到普及化应用，究其原因，主要在于这种技术自清洁以牺牲玻璃透光率为代价，需要对常规玻璃的镀膜工艺进行较大调整，工艺不成熟、品质不稳定，且成本过高。正信光电的石墨烯镀膜工艺与常规镀膜玻璃并无太大区别，并且采用了水相体系镀膜液，更加环保，易于推广。正信光电的 300 mm×300 mm×3.2 mm 石墨烯镀膜玻璃透光率达到 94.3% 以上，板面硬度大于 3H，耐老化、耐腐蚀、耐摩擦等性能通过第三方权威测试机构评估，通过超亲水性和光触媒效果双重保障了玻璃的自清洁效果。针对石墨烯镀膜玻璃的自清洁性能，正信光电研发团队也进行了专门的户外模拟测试。测试 （转第 37 页）

2018.04印刷.indd 74 2018-4-23 19:20:47