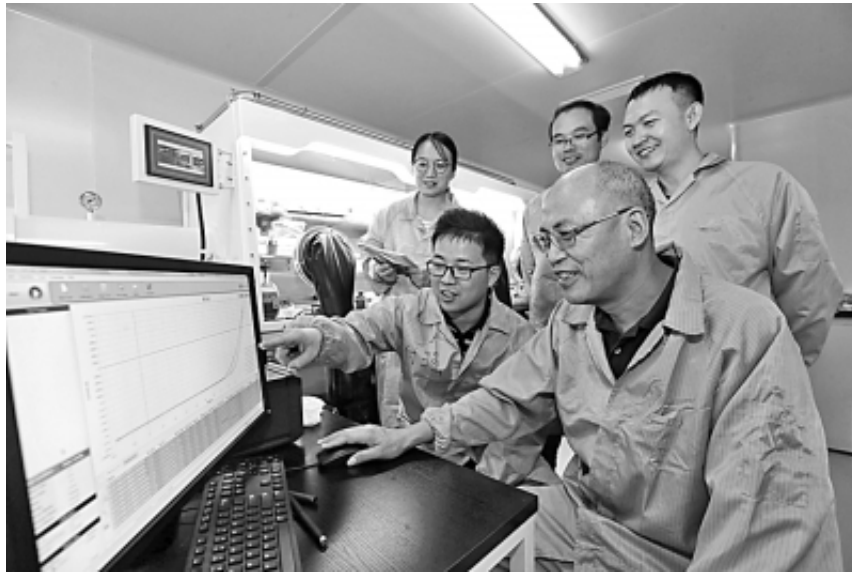


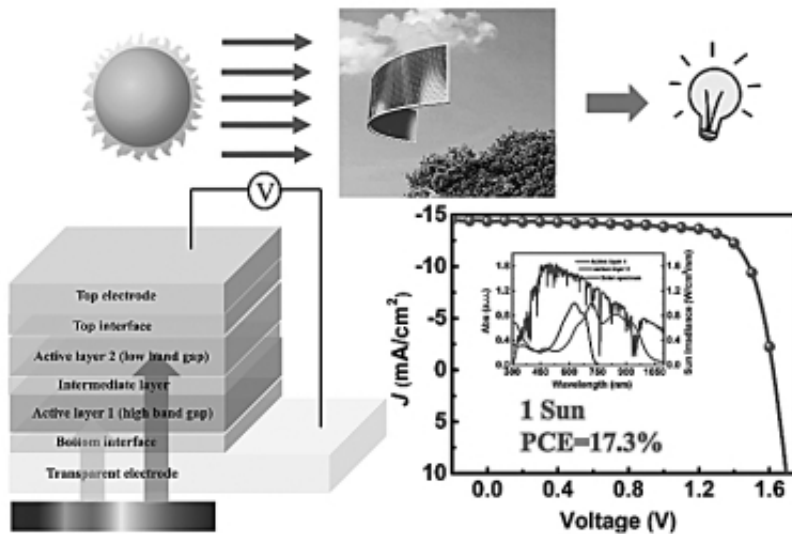
有机太阳能电池是绿色能源未来的新选择



陈永胜和他的科研团队 吴军辉摄/光明图片



陈永胜教授团队制备的柔性有机太阳能电池器件。刘茜摄/光明图片



有机太阳能电池的柔性特征和该研究工作的主要结果示意图

从远古自然火的利用，到钻木取火，直至煤炭、石油的利用，人类文明的发展本质上是能源利用能力的发展。迄今为止，人类当代文明和经济发展很大程度上是建立在化石能源开发利用的基础之上。到了21世纪，由于对地球上不可再生的化石能源储量的担忧，以及化石能源在开采与使用过程中衍生的日益严峻的环境污染，使得人们将探索的目光投向绿色可持续的能源领域，比如太阳能、风能、水能……

“唯有解决高效利用太阳能的科学问题，才是人类永续发展之路。”南开大学化学学院陈永胜教授断言，“太阳是万物之母，能源之‘源’。每时每刻抵达地球的太阳光能量若能被利用万分之二，即可满足目前人类社会的全部能源需求。”也正因为如此，陈永胜教授和他的团队将自己的科研使命浓缩为一句话——“向太阳要能源”！

1.有机太阳能电池有望商业化应用

在人类利用太阳能的各项技术中，太阳能电池，即利用“光伏打效应”将光能直接转换成电能的器件，是当前已获得广泛应用，同时也是最具发展前景的技术之一。

长期以来，人们更多地以晶硅等无机材料为基础制备太阳能电池。但是这种电池生产存在工艺复杂、成本高、能耗大、污染重等弊端。能否找到一种成本低、效率高、柔性强、环境友好的新型有机材料研制出新型太阳能电池，眼下正成为世界各国科学家孜孜以求的目标。

“以地球上最丰富的碳材料为基本原料，通过技术手段获得高效低成本的绿色能源，对于解决目前人类面临的重大能源问题具有极其重大的意义。”陈永胜介绍，从20世纪70年代起步的有机电子学及有机（高分子）功能材料的研究，为这一目标的实现提供了机遇。

与以硅为代表的无机半导体材料相比，有机半导体具有成本低、材料多样性、功能可调、可柔性印刷制备等诸多优点。目前，基于有机发光二极管（OLED）的显示屏已经实现了商业化生产，并在手机和电视显示屏中获得广泛应用。

而基于有机高分子材料作为光敏活性层的有机太阳能电池，具有材料结构多样性、可大面积低成本印刷制备、柔性、半透明甚至全透明等优点，具有无机太阳能电池技术所不具备的许多优良特性。除了作为正常的发电装置外，在其他领域如节能建筑一体化、可穿戴设备等方面亦具有巨大的应用潜力，引起了学术界和工业界的极大兴趣。

“特别是近年来，有机太阳能电池的研究获得了突飞猛进的发展，光电转化效率不断刷新。目前科学界普遍认为有机太阳能电池已经到了商业化的‘黎明前夕’。”陈永胜说。

2.突破瓶颈：努力提高光电转化效率

制约有机太阳能电池发展的瓶颈在于光电转化效率偏低。提高光电转化效率是有机太阳能电池研究的首要目标，也

是其实现产业化的关键。因此，制备出高效率、低成本以及重现性良好的可溶液加工活性材料，则是提高光电转化效率的基础。

陈永胜介绍，早期的有机太阳能电池的研究主要集中在聚合物的给体材料的设计合成，活性层是基于富勒烯衍生物受体的本体异质结构。随着相关研究的不断推进，以及器件工艺对材料的更高要求，具有确定化学结构的可溶液处理寡聚小分子材料开始引起人们的强烈关注。

“这类材料具有结构单一、易提纯、光伏器件结果重现性好等优点。”陈永胜说，早期，大多数小分子溶液处理成膜性不好，因此主要采用蒸镀的方法制备器件，使其应用前景受到很大限制。如何设计合成性能良好并具有确定分子结构的光伏活性层材料，是科学家们公认的关键难题。

凭借对该研究领域敏锐的洞察力和审慎分析，陈永胜果断选择了当时具有重大风险和挑战的新型可溶液加工处理的有机小分子和寡聚物活性材料作为太阳能发电研究的突破点。从分子材料设计，到光伏器件的制备优化，陈永胜带领科研团队夜以继日展开科研攻关，经过10年的不懈努力，终于建构出具有鲜明特色的寡聚小分子有机太阳能材料体系。

从效率5%到超过10%，再到17.3%，他们在不断刷新有机太阳能电池领域光电转化效率的世界纪录。他们提出的设计理念和方法被科学界广泛应用。十几年来，他们在国际著名杂志发表了近300篇学术论文，申请获得50多项发明专利。

3.转化效率一小步，能源界一大步

陈永胜一直在思考：有机太阳能电池到底能达到多高的效率，能否最终媲美硅基太阳能电池？有机太阳能电池产业化应用的“痛点”在哪里，如何去破解？

在过去几年中，虽然有机太阳能电池技术发展迅速，光电转化效率已突破14%，但是与无机和钙钛矿等材料制备的太阳能电池相比，效率仍然偏低。虽然光伏技术应用要考虑效率、成本和寿命等多项指标，但效率始终是第一位的。如何发挥有机材料的优势，通过优化材料设计和改进电池结构及制备工艺，从而获得更高的光电转化效率？

从2015年开始，陈永胜团队开始进行有机叠层太阳能电池方面研究。他认为，要达到甚至超过以无机材料为基础的太阳能电池技术性能的目标，设计叠层太阳能电池是一个极具潜力的方案——有机叠层太阳能电池可以充分利用和发挥有机/高分子材料具有的结构多样性、太阳光吸收和能级可调节等优点，获得具有良好太阳光吸收互补的子电池活性层材料，从而实现更高的光伏效率。

基于上述思路，他们利用团队设计合成的系列寡聚小分子制备获得12.7%的有机叠层太阳能电池，刷新了当时有机太阳能电池领域的效率，研究结果发表在领域顶级期刊《自然·光子学》，该项研究入选“2017年中国光学十大进展”。

有机太阳能电池的光电转化效率究竟有多少提升空间？陈永胜和他的团队系统梳理分析了目前有机太阳能领域材料和器件方面数以千计的文献和实验数据，结合自身的研究积累和实验结果，预测出有机太阳能电池包括多层器件实际可达到的最高光电转化效率，以及对理想活性层材料的参数要求。基于此模型，他们选用在可见和近红外区域具有良好互补吸收能力的前电池和后电池的活性层材料，获得了验证效率为17.3%的光电转化效率，这是目前文献报道的有机/高分子太阳能电池光电转化效率的世界最高纪录，把有机太阳能电池的研究推向了一个新的高度。

“按照我国2016年43.6亿吨标准煤当量的能源需求计算，如果有机太阳能电池光电转化效率提高一个百分点，相应的能源需求由太阳能电池来产生，就意味着每年可减少二氧化碳排放约1.6亿吨。”陈永胜说。

有人说，硅是信息时代最重要的基础性材料，其重要性不言而喻。但在陈永胜看来，硅材料也有其缺点：“且不说硅材料在制备过程中需要付出巨大的能源和环境代价，它的硬、脆特性也难以满足未来人类对于‘可穿戴’器件的柔性要求。因此，以具有良好的可折叠的柔性碳材料为基础的技术产品将是新材料学科可预见的发展方向。”

（本报记者 陈建强 刘茜 本报通讯员 吴军辉）

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/133770.html>