[Spotlight]

doi: 10.3866/PKU.WHXB201906028

www.whxb.pku.edu.cn

十年磨一剑：专访非富勒烯受体的先驱者占肖卫教授

《物理化学学报》编辑部

北京大学化学与分子工程学院, 北京 100871

Persistence to Success: Interview with the Pioneer of Non-Fullerene Acceptors, Professor Xiaowei Zhan

Editorial Office of Acta Physico-Chimica Sinica

College of Chemistry and Molecular Engineering, Peking University, Beijing 100871, P. R. China.

Email: whxb@pku.edu.cn.

Published online: June 6, 2019.

自从 1995 年首次报道本体异质结有机太阳能电池以来, 在近二十年时间里, 富勒烯衍生物已成为最广泛使用的电子受体, 非富勒烯受体的器件效率远远低于富勒烯衍生物。而富勒烯太阳光吸收弱、能级调控难、生产成本低、形貌稳定性差的缺点, 限制了有机太阳能电池领域的可持续发展。2015 年以来, 非富勒烯受体领域不断取得突破, 器件效率从低于 7% 快速提升到高于 17%, 并大大超过富勒烯受体, 使人们看到了有机太阳能电池的巨大潜力, 吸引了国际学术界越来越多的研究力量投入到非富勒烯受体领域, 形成了化学和材料领域的国际学术热潮。

可喜的是, 该学术热潮是由中国科学家引领的。中国科学家在非富勒烯受体领域做出了原创性和引领性的贡献, 开创了重要材料体系, 发明了明星分子, 刷新了世界最高效率。“基于非富勒烯受体的聚合物太阳能电池”在 2016 年化学与材料科学领域 10 个热点前沿中排名第一位。中国领跑这个热点前沿, 中国表现了最强的前沿贡献度和前沿引领度, 超过美国等西方发达国家。

本期科学家专访, 我们特别邀请到了全球非富勒烯有机太阳能电池领域的先驱者, 同时也是《物理化学学报》编委——北京大学占肖卫教授。占教授在访谈中为我们介绍了非富勒烯有机太阳能电池领域的发展趋势以及他的工作经历、科研心得和对期刊发展的建议。

问题1: 占教授, 在您以前的科研生涯中主要从事过哪些领域的研究? 是什么促使您选择从事非富勒烯有机太阳能电池领域的研究?

回答: 我在浙江大学攻读博士学位期间从事金属有机催化剂及炔烃聚合反应的研究, 在中国科学院化学研究所做博士后及副研究员期间从事有机电致发光材料和器件的研究, 在美国亚利桑那大学和佐治亚理工大学工作期间从事有机电致发光材料和双光子吸收材料的研究。2006年回国后, 我开始了独立科研生涯, 决定以前做过的工作全部清零, 重新扬帆起航。最终将目光锁定在有机太阳能电池材料上, 因为以前没做过, 有新鲜感。过去

的20年里, 有机光伏材料的研究主要集中在电子给体上。与之形成鲜明对比的是, 电子受体领域局限于富勒烯衍生物, 对于其他受体的探索极少, 进展极其缓慢。然而, 我始终认为, 重给体而轻受体, 仅靠给体一条腿走路是走不远的, 这严重制约了有机太阳能电池的发展。于是, 我决定开始啃这块没有肉的硬骨头, 率先在国内开展了非富勒烯受体的研究。

问题2: 请介绍一下您的课题组在非富勒烯有机太阳能电池领域取得的主要成果。

回答: 我的课题组在非富勒烯有机太阳能电池领

域做出了开创性和引领性的贡献。早在2007年,我们在*Journal of the American Chemical Society*上发表了我国首篇非富勒烯有机太阳能电池的论文,报道了世界上第一个茈萘亚胺高分子受体材料。2015年,我们提出了稠环电子受体新概念,发明了明星分子ITIC,工作发表在*Advanced Materials*上。我们的原创性工作引起了国内外同行的高度关注和广泛跟进,本领域10多个国家/地区的130多个研究组使用ITIC类稠环电子受体。近4年来,因稠环电子受体的发明,非富勒烯有机太阳能电池的效率由不到7%迅速发展到超过17%,大大超越传统的富勒烯。从此,有机太阳能电池迈向新纪元,进入非富勒烯时代。

问题3: 请您简单总结一下有机太阳能电池领域最近十年有哪些最重要的发现。

回答: 有机光伏领域的研究可追溯到上世纪50年代,人们在研究单晶硅时发现了光生伏打现象,这是有机太阳能电池的雏形,但由于当时的效率极低,并没有引起关注。直到1986年,邓青云报道了一种双层有机太阳能电池,效率在1%左右,被认为是有机光伏领域的重大突破。1995年,Heeger等人发明了具有本体异质结结构的有机光伏器件,实现了3%左右的效率,被认为是本领域的又一次重大突破。最近10年有机光伏领域发展迅速,最重要的发现包括: 1) 电子给体材料,俞陆平等人将具有醌式结构的噻吩并噻吩单元和苯并二噻吩单元共聚,制备了窄带隙的PTB系列高分子给体材料,其中,PTB7-Th实现了超过10%的效率; 2) 富勒烯电子受体材料,李永舫等人开发了茈萘成富勒烯电子受体ICBA,把基于经典的P3HT聚合物给体的器件效率从不到4%提升到超过7%; 3) 非富勒烯电子受体材料,我们发明了以明星分子ITIC为代表的稠环电子受体,非富勒烯有机太阳能电池的效率由不到7%迅速发展到超过17%; 4) 界面层材料,黄飞等人开发了水/醇溶性导电高分子如PFN,大幅度提升了有机光伏器件的性能。

问题4: 目前中国非富勒烯有机太阳能电池领域的研究在国际上处于什么水平?

回答: 中国科学家在非富勒烯有机太阳能电池领域做出了原创性和引领性的贡献,在国际上独领风骚,最优异的电子受体材料体系来自中国的原创,最高效率纪录全部由中国创造。“基于非富勒烯受体的聚合物太阳能电池”在2016年化学与材

料科学领域10个热点前沿中排名第一位,2017年再次入选化学与材料科学领域10个热点前沿。中国领跑这个热点前沿,表现了最强的前沿贡献度和前沿引领度,超过美国等发达国家。

问题5: 您对非富勒烯受体在太阳能电池领域的研究前景有何展望,未来是否还会出现更优质的受体来替代非富勒烯受体?

回答: 我认为非富勒烯受体拯救了有机太阳能电池领域,赋予了它第二次生命。目前,非富勒烯有机太阳能电池领域生机勃勃,前程似锦。我相信,器件效率超过20%指日可待。在未来的5至10年,非富勒烯受体有机太阳能电池可能实现产业化,走进百姓家。

问题6: 您认为有机太阳能电池的研究对我们的日常生活有何影响?

回答: 有机太阳能电池可将清洁、可再生的太阳能转换为电能。有机光伏材料具有质轻、柔性、半透明等特性,可采用喷墨打印、涂布印刷、卷对卷加工等低成本工艺制造大面积薄膜器件。有机太阳能电池的轻、薄、柔性、半透明特性将使其在光伏建筑一体化、汽车窗户和便携式电子设备等方面具有广阔的市场前景。

问题7: 在您的科研道路中是否遇到过挫折或困难?

回答: 开辟非富勒烯受体材料的研究领域犹如拓荒,眼前莽莽苍苍,脚下荆棘丛生。初期非富勒烯有机太阳能电池的效率极低(小于1%),在常人眼中这是一条走不通的“死路”,让许多人望而却步。2006年我回国后便开展了非富勒烯受体的研究。当时我们是国内唯一一个进行这项研究的团队,即便在国际上这样的团队也寥寥无几。而在当时,我们在同行中被视为另类和奇葩,不被人理解和认可。效率是太阳能电池领域的敲门砖,具有一票否决权,我们的论文常常因为效率低而被杂志拒稿。审稿人总会给出两个尖锐的否定意见:一是富勒烯已足够好,无需替代。二是非富勒烯效率太低,没有发展前途。出身贫苦农家的我,最不怕的就是坚持与吃苦。我的学生也心甘情愿地跟我走这条风雨凄凄的山路。一次次失败后,我们又一次次地重新开始。功夫不负有心人,我们的真诚和坚守打动了同行,我们实实在在的进步和不断刷新的电池效率鼓舞了同行。令人欣慰的是,近几年来,越来越多的研究者认可了非富勒烯受体材料

的重要性和发展潜力, 加入了这个研究行列。目前, 国内外关于非富勒烯有机太阳能电池的研究开展得如火如荼, 非富勒烯有机太阳能电池领域由5年前的门前冷落华丽变身为门庭若市。

问题8: 您认为科研人员最重要的品质是什么? 您对研究生或年轻的科研工作者有什么建议?

回答: 我认为科研人员最重要的品质是创新和执着。创新就是要做0到1的工作, 不做1到2的工作。不要赶时髦, 不要跟风。甘于坐冷板凳, 并把冷板凳坐热。执着就是要一心一意做一件事, 要十年磨一剑。我经常跟我的学生讲, 年轻人要敢于“吃螃蟹”, 大胆去想, 去闯, 去试新东西, 不要怕失败。要甘于“啃骨头”, 愿意吃苦, 要有韧性, 不畏艰

险。要不怕“吃亏”, 不要贪图捷径, 搭别人的顺风车, 急于求成。

问题9: 如果可以重新选择, 您会选择什么职业?

回答: 如果可以重新选择, 我还会选择现在的职业, 我非常喜欢做一名教书匠和科技工作者。

问题10: 您担任了多个期刊的副主编或编委, 请问您认为什么是期刊发展最重要的因素?

回答: 我现任*Journal of Materials Chemistry C*副主编和*ACS Energy Letters*、*Chemistry of Materials*、*Materials Horizons*、*Solar RRL*、化学学报、物理化学学报编委/顾问编委。我认为学术质量是期刊的“灵魂”, 服务水平和特色体现期刊的“颜值”。

1986.09–1990.06, 浙江大学化学系本科。1993.09–1998.06, 浙江大学高分子系博士。1998.09–2000.11, 中国科学院化学研究所博士后。其中1999年赴香港科技大学化学系做访问学者。2000.12–2002.08, 中国科学院化学研究所副研究员。2002.08–2003.07, 美国亚利桑那大学化学系 Research Associate; 2003.08–2006.05, 美国佐治亚理工大学化学系 Research Scientist。2006.06–2012.08, 中国科学院化学研究所有机固体重点实验室研究员/博士生导师。2012.09–现在, 北京大学工学院材料系教授/博士生导师。现任北京大学工学院材料系副系主任和高分子化学与物理教育部重点实验室副主任。

长期从事有机高分子光电功能材料的设计合成、光电性能表征和器件研究, 特别是在非富勒烯受体太阳能电池领域做出了开创性和引领性的贡献。在*Nature Reviews Materials*、*Nature Photonics*、*Chemical Reviews*、*Chemical Society Reviews*、*Accounts of Chemical Research*、*Journal of the American Chemical Society*、*Advanced Materials*、*Energy & Environmental Science*等国际期刊上发表SCI论文290余篇, 所发表论文被引用25500余次, 单篇引用超过1000次的论文4篇, 超过100次的论文53篇, 61篇论文入选ESI高被引论文, 28篇论文入选ESI热点论文, 7篇论文入选中国百篇最具影响国际学术论文。

2002年获中国化学会青年化学奖, 2006年入选中国科学院“百人计划”(终期评估获得优秀), 2010年获国家杰出青年科学基金, 2014年获中国科学院优秀导师奖, 2015年获中国科学院优秀研究生指导教师奖。2014年当选英国皇家化学会会士。现任*Journal of Materials Chemistry C*副主编和*ACS Energy Letters*、*Chemistry of Materials*、*Materials Horizons*、*Solar RRL*、化学学报、物理化学学报编委/顾问编委。入选爱思唯尔中国高被引学者(2014–2018连续5年)、英国皇家化学会top1%高被引中国作者(2015–2017连续3年)和科睿唯安全球高被引科学家(2017、2018年)。