微电子所等在二维材料异质结构光电器件研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/7272.html

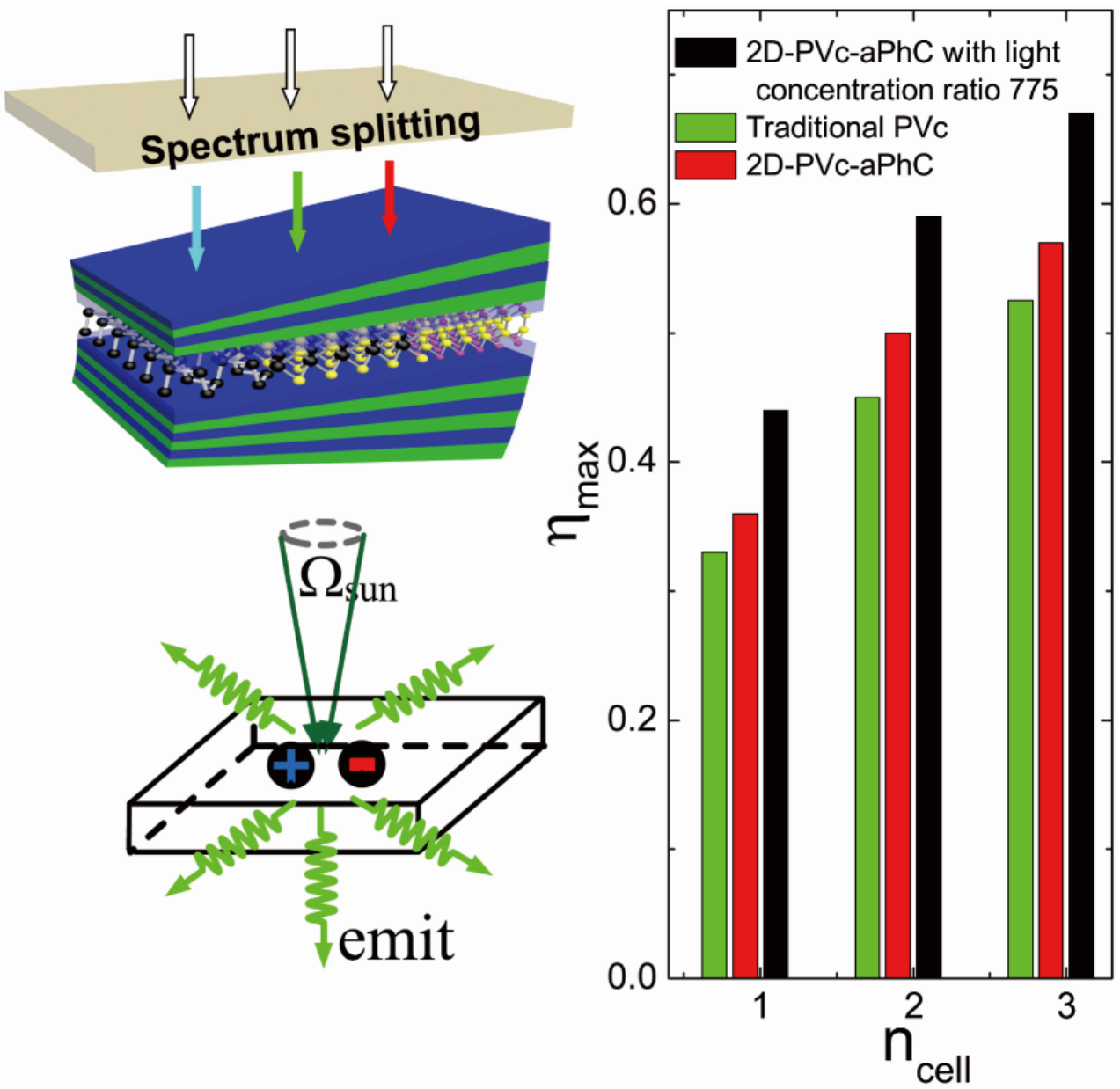
本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

微电子所等在二维材料异质结构光电器件研究中取得进展。半导体光伏结构因其能够有效地将太阳能转化为电能，被认为是实现清洁能源的重要途径。然而早在1961年，美国科学家肖克莱、德国科学家凯赛尔便提出光伏单元的效率由于难以避免的损耗而存在理论极限。其中，由于光子吸收和再辐射导致的自发辐射损耗最为关键，这种损耗正比于自发辐射立体角和太阳光立体角的比值。太阳光的立体角仅为6x10-5球面度，而自发辐射的立体角为4π球面度。这种损耗使得传统光伏单元的开路电压降低300毫伏以上，极大降低了光伏单元的效率。

近年来，新兴的二维层状半导体材料因其可通过厚度变化调控能带结构，同时通过独特的范德瓦耳斯结构实现灵活的异质集成功能设计、构筑高效率的光伏单元，而成为当前的研究热点。其中的关键科学问题是如何有效控制自发辐射损失，从而提高光伏单元的光吸收效率。此外，基于二维材料异质结光伏单元的效率极限及其相比于传统半导体光伏结构是否有优势尚不明确。

针对上述问题，贵州民族大学教授刘江涛和中国科学院微电子研究所研究员吴振华开展了系列理论研究，提出了利用单层二硫化钼构筑准一维光子晶体结构实现光子局域态的方案，并通过转移矩阵方法证明了该结构的光发射和吸收效率较单层二硫化钼提升2~3个量级[Scientific Reports, 7:16391, (2017)]，证明了通过金属微腔可实现二维光伏单元的宽光谱增强吸收[Nanotechnology, 29:14401 (2018)]。

最近联合研究团队提出了一种将二维材料异质结与契型金属微腔结合的新型光伏单元设计方案(如图所示)。该方案在极大增强二维异质光伏单元光吸收的同时，有效降低自发辐射立体角以及自发辐射立体角和太阳光立体角的比值，从而降低光子吸收和再辐射导致的损耗。理论计算证明，新型光伏单元吸收效率极限大约为传统光伏器件的1.1X倍。在此基础上，团队进一步提出了通过易于集成的普通光聚焦系统进行优化的方案，优化后的吸收效率可达到传统光伏单元在完美聚焦理论假设下的性能水平。由于自发辐射损失随着光伏单元厚度增加而增加，该研究基于二维材料的设计是当前趋于极限厚度的最佳方案。未来，技术成熟后新型二维光伏单元有望取代传统半导体光伏单元，具有广泛应用前景。该项研究工作近期发表于Phys.Rev.Appl., 12:034023,(2019)。



新型二维异质结构光伏单元示意图及吸收效率基准参照

研究团队单位：微电子研究所

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发