

金属所新型光催化还原材料研究获进展

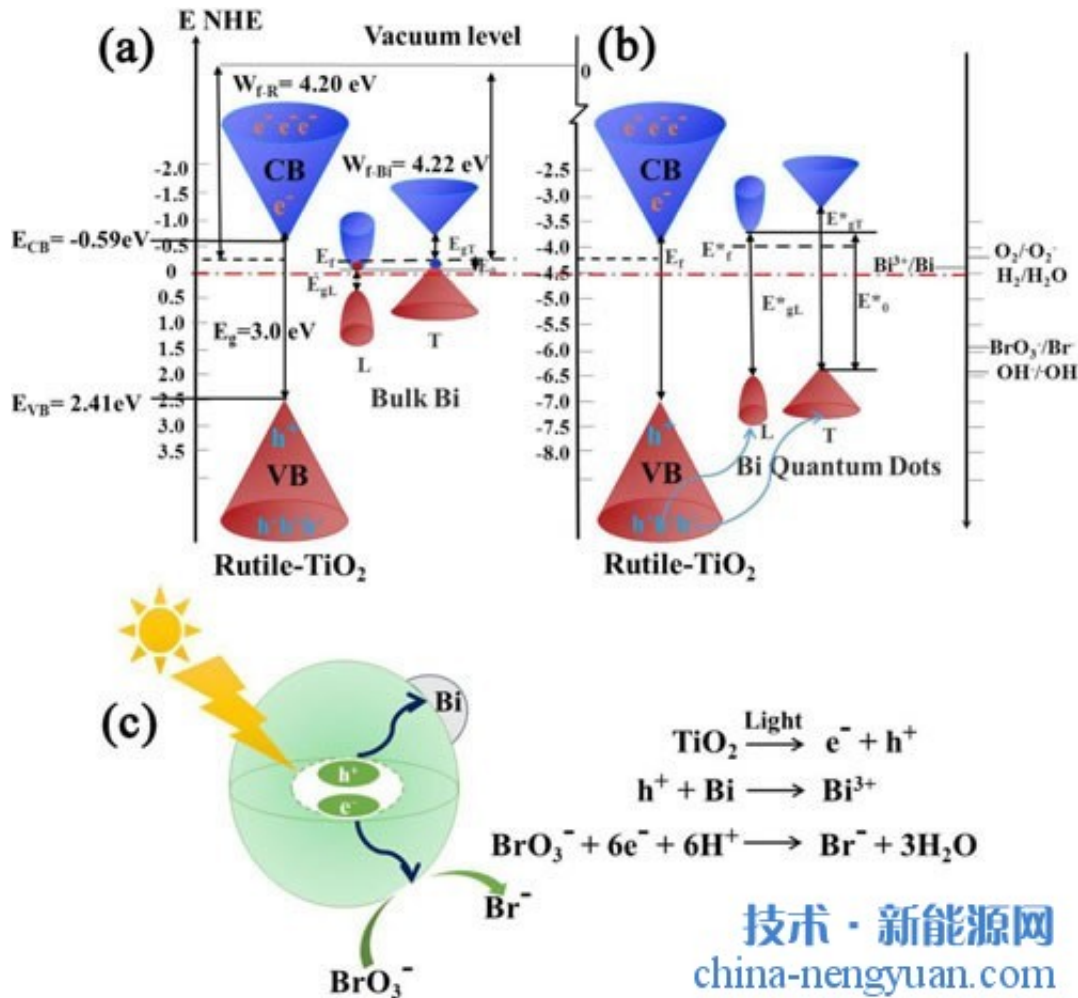


图1 (a)块体Bi/TiO₂ (rutile)与(b)纳米Bi/TiO₂ (rutile)复合光催化材料能带结构对比示意图。(c)纳米Bi/TiO₂ (rutile)复合光催化材料光催化还原溴酸根原理图。

自20世纪70年代以来，光催化技术由于在解决人类面临的能源危机和环境污染上的巨大潜力而受到广泛关注。光催化反应中，半导体光催化材料（如TiO₂）吸收光被激发，产生光生电子和空穴；光生电子和空穴迁移到材料表面后，既可以发生氧化反应，也可以发生还原反应。以光生电子为主导的光催化还原反应能够有效去除水中多种致癌含氧阴离子。然而，现有光催化还原材料的反应效率较低，制约了其实际应用。为了提升光催化还原反应的效率，通常需要在反应体系中加入空穴牺牲剂来消耗光生空穴，从而避免光生空穴对还原反应的影响。但是，这种方法增加了处理成本，容易造成水体的二次污染，不适宜于饮用水处理。

贵金属/过渡金属具有较高的功函数，与光催化材料结合形成异质结，能够捕获光生电子，增强光生电子与空穴的分离，进而提升光催化反应效率，在高效光催化材料设计中得到了广泛应用。但是，这种光催化材料设计并不能有效消耗掉具有强氧化性的光生空穴，实现有效光催化还原反应仍然要依赖在反应体系中加入空穴牺牲剂。在光催化还原材料设计上，如果能够通过空穴捕获与消耗来增强光生电子与空穴的分离，那就可以在提升光催化还原反应效率的同时避免在反应体系中加入空穴牺牲剂，解决现有光催化还原净水材料面临的问题。

在此思路的指导下，中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家（联合）实验室环境功能材料研究部研究员李琦及其研究团队发展出一种高效光催化还原净水材料，无需加入空穴牺牲剂就实现了在可见光下高效去除饮用水中常见的致癌阴离子溴酸根。经过理论分析和材料筛选，他们选择了半金属Bi与金红石TiO₂结合形成异质结。作为一种半金属，Bi有着特殊的物理性质。与贵金属或者过渡金属相比，Bi的功函数比较低，约为4.22eV，与金红石TiO₂比较接近；块体Bi与金红石TiO₂结合形成异质结时TiO₂产生的光生电子依然能够被块体Bi捕获。随着其尺寸减小到纳米尺度，半金

属Bi从金属转变为半导体，伴随此转变纳米Bi出现导带位置上升与价带位置降低的半导体特性。此时，半导体纳米Bi的导带高于金红石TiO₂的导带，光照下产生的具有强还原性的光生电子将不能向纳米Bi转移，而是留在金红石TiO₂上；而光生空穴能够转移到纳米Bi上，并通过将Bi氧化为Bi³⁺从而被消耗掉。因此，此材料体系不仅能够通过提高光生电子的寿命来提升光催化还原反应效率，而且避免了在反应体系中加入空穴牺牲剂，非常适宜于光催化还原技术在饮用水处理中的应用。此项研究提供了一种新型高效光催化还原材料设计的思路，有望获得广泛应用。相关研究结果发表在Applied Catalysis B: Environmental上。

该项研究工作得到了国家自然科学基金、沈阳材料科学国家（联合）实验室基础前沿创新项目以及格平绿色行动-辽宁环境科研教育“123工程”项目的支持。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/112000.html>