

可见光光催化研究新进展

随着社会经济的发展,人们对于能源和生态环境越来越关注,解决能源短缺和环境污染问题是实现可持续发展、提高生活质量和保障国家安全的迫切需要.光催化材料在解决能源和环境问题方面有重要的应用前景.光催化材料能有效利用太阳能,光解水制氢,氢能源是目前最理想的能源,其最终产物是水,不产生污染;与传统治理环境的方法相比,光催化材料能将有机污染物分解成二氧化碳和水,具有成本低、高效,不产生二次污染等优点.虽然光催化研究已进行了若干年,但仍存在着光转换效率低、稳定性差和光谱相应范围窄等问题,因此加强光催化材料的基础研究意义十分重大.

以二氧化钛为代表的传统光催化材料,其带隙宽,只能利用占太阳光能量 3%的紫外光,其应用受到限制.为提高太阳能的利用率,亟待发展具有可见光响应的新一代光催化材料.目前人们的研究主要集中在二氧化钛的掺杂改性、复杂氧化物半导体、贵金属修饰、异质结光催化剂及固熔体光催化材料的研究. Gibaud 课题组通过有效的方法制备出多孔的氮掺杂二氧化钛薄膜,该薄膜在可见光下有很好的光催化性能^[1]. Yu 课题组利用纳米浇铸制备出了多孔有序钒酸铋纳米晶,其在可见光内有较强吸收,具有很好的光催化活性^[2]. Ohtani 课题组把纳米铂颗粒负载在三氧化钨上,从而有效地提高了三氧化钨的活性,其在可见光下分解有机物污染物的能力与 P25 在紫外下的能力相当^[3]. Domen 课题组合成了氧化锌氮化镓固熔体光催化剂,通过贵金属修饰,该催化剂能有效地分解水^[4]. 邹志刚教授等在世界上首次成功

地合成了 $\text{In}_{1-x}\text{Ni}_x\text{TaO}_4$, 在可见光照射下将水分解产生氢气和氧气,发展了一种全新的、具有可见光活性的新型氧化物半导体光催化材料^[5].

不同于传统的研究,黄柏标课题组提出了新型等离子体光催化剂,等离子体光催化剂是一种基于纳米金属表面等离子体效应和半导体光催化效应的新型光催化剂.近来 Awazu 课题组制备了 Ag-TiO_2 等离子体光催化材料^[6],他们指出纳米银金属颗粒被二氧化硅所覆盖,阻止了纳米银与二氧化钛的直接接触,有效地避免了纳米银被二氧化钛氧化,该催化剂具有很高的光催化效率.不同于该等离子体光催化剂,山东大学所制备的 Ag@AgCl 等离子体光催化材料更有效地拓展了其对可见光的吸收,使其在整个可见光区都有很强的吸收,大大提高了对太阳光的利用率(光吸收与反应过程见图 1)^[7].

氯化银作为光敏感材料而被广泛应用于照相底片.氯化银吸收一个光子,即在其内部产生一个电子和空穴.光生电子与银阳离子结合将氯化银还原成金属银.氯化银的不稳定性限制了其在半导体和光催化领域的应用.该研究工作通过离子交换法制得的氯化银结晶性好,纯度高.在光与弱还原剂的作用下,部分氯化银被还原成银.在氯化银中生成的金属银颗粒具有很高表面等离子体效应,使其能够高效的吸收可见光.由于金属银与氯化银的紧密接触,使体系内所产生的电子能更容易传递到金属银颗粒,进而保证了体系的稳定性.这一发现开辟了一条通过金属表面等离子体效应拓展光催化材料可见光吸收,进而提高光催化材料性能的新途径.

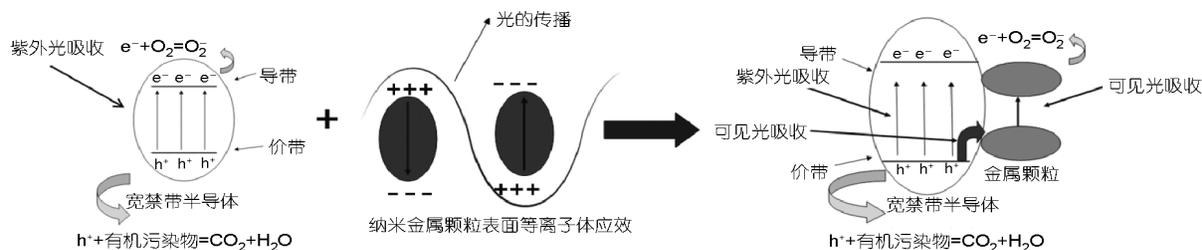


图 1 基于纳米金属表面等离子体效应与半导体光催化效应的反应示意图

参考文献

- Soni S S, Henderson M J, Bardeau J F, et al. Visible-light photocatalysis in titania-based mesoporous thin films. *Adv Mater*, 2008, 20: 1493—498
- Li G S, Zhang D Q, Yu J C. Ordered Mesoporous BiVO_4 through Nanocasting: A superior visible light-driven photocatalyst. *Chem Mater*, 2008, 20: 3983—3992

(下转第 846 页)

- 7 王国梁, 周生路, 赵其国. 土壤颗粒的体积分形维数及其在土地利用中的应用. 土壤学报, 2005, 42(4): 545—550
- 8 徐永福, 史春乐. 用土的分形结构确定土的水份特征曲线. 岩土力学, 1997, 18(2): 40—43
- 9 徐永福, 林飞. 粒状材料的强度与变形. 岩土力学, 2006, 27(3): 348—352
- 10 Mandelbrot B B. The Fractal Geometry of Nature. San Francisco: W.H. Freeman, 1983
- 11 Yu B M, LI J H. Some fractal characters of porous media. Fractals, 2001, 9(3): 365—372
- 12 Friesen W J, Mikula R J. Fractal dimensions of coal particles. Colloid Interface Sci, 1987, 120: 263—271
- 13 徐永福, 傅德明. 非饱和土结构强度的研究. 工程力学, 1999, 16(4): 73—77
- 14 连建发, 慎乃齐, 张杰坤. 分形理论在岩体质量评估中的应用研究. 岩石力学与工程学报, 2001, 20(增刊): 1695—1698
- 15 贺承祖, 华明琪. 储层孔隙结构的分形几何描述. 石油与天然气地质, 1998, 19(1): 15—23
- 16 洪世铎. 油藏物理基础. 北京: 石油工业出版社, 1987
- 17 谢和平, 于广明, 杨伦, 等. 采动岩体分形裂缝网络研究. 岩石力学与工程学报, 1999, 18(2): 147—151
- 18 王金安, 谢和平, 田晓燕, 等. 岩石断裂表面分形测量的尺度效应. 岩石力学与工程学报, 2000, 19(1): 11—17
- 19 李廷芥, 王耀辉, 张梅英. 岩石裂纹的分形特性及岩爆机理研究. 岩石力学与工程学报, 2000, 19(1): 6—10
- 20 Xu Y F, Yin Z Z. Fractal structure of soils—a case study. In: Shen Z J ed. Proceedings of 2nd Int Conf on Soft Soil Engineering. Nanjing: Hohai University Press, 1996. 78—83
- 21 Rieu M, Sposito G. Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties: I. Theory. Soil Sci Soc Am J, 1991, 55: 1231—1238
- 22 Perrier E, Rieu M, Sposito G, Gh de Marsily. Models of the water retention curve for soils with a fractal pore size distribution. Water Resour Res, 1996, 32: 3025—3031
- 23 李向全, 胡瑞林, 张莉. 粘性土固结过程中的微结构效应研究. 岩土工程技术, 1999, (3): 52—56
- 24 孙霞, 吴自勤, 黄响. 分形原理及其应用. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2003
- 25 张季如, 祝杰, 黄丽, 等. 固结条件下软黏土微观孔隙结构的演化及其分形描述. 水利学报, 2008, 39(4): 394—400

· 动态 ·

分离单壁碳纳米管的库伦爆炸法

虽然目前人们能够大量制备单壁碳纳米管, 但由于管与管之间存在比较大的范德华力, 所得到的碳纳米管往往相互纠缠, 形成碳纳米管束. 国家纳米科学中心孙连峰研究组与中国科学院物理研究所解思深等合作, 发展了一种分离碳纳米管的方法——库伦爆炸法. 他们利用静电排斥的原理使一束单壁碳纳米管带上同种电荷, 当电荷之间的排斥力大于管

之间的范德华力时, 碳纳米管束即相互分离, 形成一种独特、新奇的纳米树状格局, 得到直径均一的更小束纳米管和部分单独的碳纳米管. 该分离过程不包含表面活性剂, 是一个一步的物理过程. 该方法为制备和研究单一或多末端单壁碳纳米管提供了新思路. 相关研究论文发表在 2009 年 1 月 14 日 *Nano Lett*, 9(1): 239—244 上.

信息来源: 科技部基础研究司, 科技部基础研究管理中心

(上接第 847 页)

- 3 Abe R, Takami H S, Murakami N Y, et al. Pristine simple oxides as visible light driven photocatalysts: Highly efficient decomposition of organic compounds over platinum-loaded tungsten oxide. *J Am Chem Soc*, 2008, 130: 7780—7781
- 4 Lu D L, Takata T, Saito N, et al. Photocatalyst releasing hydrogen from water. *Nature*, 2006, 440: 295
- 5 Zou Z G, Ye J H, Sayama K, et al. Direct splitting of water under visible light irradiation with an oxide semiconductor photocatalyst. *Nature*, 2001, 414: 625—627
- 6 Awazu K, Fujimaki M, Rockstuhl C, et al. A plasmonic photocatalyst consisting of silver nanoparticles embedded in titanium dioxide. *J Am Chem Soc*, 2008, 130: 1676—1680
- 7 Wang P, Huang B B, Qin X Y, et al. Ag@AgCl: A highly efficient and stable photocatalyst active under visible light. *Angew Chem Int Ed*, 2008, 48, doi: 10.1002/anie.200802483

黄柏标, 王朋, 张晓阳, 秦晓燕, 戴瑛
(东大学晶体材料国家重点实验室, 济南 250100)