

高结晶度氮掺杂介孔TiO₂的制备及光催化活性

刘二强¹, 郭晓玲², 秦雷¹, 申国栋², 王向东^{1,*}

¹西安交通大学理学院, 陕西西安 710049; ²西安工程大学纺织与材料学院, 陕西西安 710048

LIU Erqiang¹, GUO Xiaoling², QIN Lei¹, SHEN Guodong², WANG Xiangdong^{1,*}

¹School of Science, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, Shaanxi, China; ²School of Textile and Materials, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, Shaanxi, China

- 摘要
- 参考文献
- 相关文章

Download: PDF (1774KB) [HTML](#) (1KB) Export: BibTeX or EndNote (RIS) Supporting Info

摘要 以钛酸丁酯为钛源, 尿素为氮源, 聚丙烯酰胺 (PAM) 和聚乙二醇 (PEG) 为复合模板剂, 采用溶胶-凝胶法, 在氮气和空气气氛中分段煅烧, 制得高结晶度氮掺杂介孔 TiO₂ 光催化剂. 利用 X 射线衍射、透射电镜、N₂ 吸附-脱附、X 射线光电子能谱和紫外-可见漫反射光谱等技术对其进行了表征. 结果表明, 当 PAM 和 PEG 的质量比为 1:4 时, 先在氮气中 600 °C 煅烧, 后在空气中 500 °C 煅烧所得样品是锐钛矿相, 具有良好的孔隙结构和较高的结晶度, 平均孔径为 5.11 nm, 晶粒尺寸为 12.5 nm, 比表面积 110.8 m²/g. 掺杂介孔 TiO₂ 的氮主要以取代氮和化学吸附分子 γ-N₂ 的形式存在, 少量以间隙氮形式存在. 氮掺杂使 TiO₂ 的能带变窄, 吸收带边明显红移, 且使光吸收强度显著增大. 光催化降解甲基橙实验结果表明, 与未掺杂样品相比, 氮掺杂介孔 TiO₂ 在可见光作用下表现出较高的催化活性.

关键词: 介孔二氧化钛 氮掺杂 高结晶度 光催化活性 甲基橙

Abstract: Highly crystalline nitrogen doped mesoporous TiO₂ photocatalysts were fabricated by the sol-gel method using tetrabutyl titanate as the Ti source, urea as the N source, and polyacrylamide (PAM) and polyethylene glycol (PEG) as the templates, and then by calcining in nitrogen and air. The photocatalysts were characterized by X-ray diffraction, transmission electron microscopy, N₂ adsorption, X-ray photoelectron spectroscopy, and UV-Vis spectroscopy. When the mass ratio of PAM and PEG was 1:4, the sample prepared by calcining at 600 °C in nitrogen and 500 °C in air had the anatase phase and a mesoporous structure and high crystallinity. The average pore size, crystallite size, and specific surface area were 5.11 nm, 12.5 nm, and 110.8 m²/g, respectively. Nitrogen atoms were incorporated into the TiO₂ lattice mainly as substitutional N and molecularly chemisorbed γ-N₂, and a small amount of interstitial N. Nitrogen doping narrowed the band gap and allowed light absorption in the visible light region. Compared with undoped mesoporous TiO₂, the absorption band edge of nitrogen doped samples exhibited a red shift and the light absorption intensity was increased. Photocatalytic degradation of methyl orange showed that the nitrogen doped mesoporous TiO₂ had a higher photocatalytic activity than undoped mesoporous TiO₂ under visible light.

Keywords: mesoporous titanium dioxide, nitrogen doped, high crystallinity, photocatalytic activity, methyl orange

收稿日期: 2012-05-06; 出版日期: 2012-09-24







引用本文:

刘二强, 郭晓玲, 秦雷等. 高结晶度氮掺杂介孔TiO₂的制备及光催化活性[J]. 催化学报, 2012, V33(10): 1665-1671

LIU Erqiang, GUO Xiao-Ling, QIN Lei etc. Fabrication and Photocatalytic Activity of Highly Crystalline Nitrogen Doped Mesoporous TiO₂[J]. Chinese Journal of Catalysis, 2012, V33(10): 1665-1671

链接本文:

[http://www.chxb.cn/CN/10.1016/S1872-2067\(11\)60437-3](http://www.chxb.cn/CN/10.1016/S1872-2067(11)60437-3) 或 <http://www.chxb.cn/CN/Y2012/V33/I10/1665>

- [1] Wu C W, Ohsuna T, Kuwabara M, Kuroda K. J Am Chem Soc, 2006, 128: 4544 
- [2] Wan Y, Yang H F, Zhao D Y. Acc Chem Res, 2006, 39: 423 
- [3] Hao H Y, Zhang J L. Microporous Mesoporous Mater, 2009, 121: 52 
- [4] 向全军, 余家国. 催化学报 (Xiang Q J, Yu J G. Chin J Catal), 2011, 32: 525 
- [5] Bleta B, Alphonse P, Lorenzato L. J Phys Chem C, 2010, 114: 2039 
- [6] Liu Y J, Szeifert J M, Feck J M, Mandmeier B, Rathousky J, Hayden O, Fattakhova-Rohlfing P, Bein T. ACS Nano, 2010, 4: 5373 

Service

- ▶ 把本文推荐给朋友
- ▶ 加入我的书架
- ▶ 加入引用管理器
- ▶ Email Alert
- ▶ RSS

作者相关文章

- ▶ 刘二强
- ▶ 郭晓玲
- ▶ 秦雷
- ▶ 申国栋
- ▶ 王向东

- [7] Liu S W, Yu J G, Jaroniec M. Chem Mater, 2011, 23: 4085 [crossref](#)
- [8] Kim D S, Kwak S Y. Appl Catal A, 2007, 323: 110 [crossref](#)
- [9] Serrano D P, Calleja G, Sanz R, Pizarro P. J Mater Chem, 2007, 17: 1178 [crossref](#)
- [10] Liang G, Xu J, Xu W, Shen X, Zhang H, Yao M. J Optoelectronic Adv Mater, 2010, 12: 1758
- [11] Lee J, Oriall M C, Warren S C, Kamperman M, Disalvo F J, Wiesner U. Nature Mater, 2008, 7: 222 [crossref](#)
- [12] Asahi R, Morikawa T, Ohwaki T, Aoki K, Taga Y. Science, 2001, 293: 269 [crossref](#)
- [13] Liu G, Yang H G, Wang X W, Cheng L N, Pan J, Lu G Q, Cheng H M. J Am Chem Soc, 2009, 131: 12868 [crossref](#)
- [14] Cong Y, Zhang J L, Chen F, Anpo M, He D N. J Phys Chem C, 2007, 111: 10618 [crossref](#)
- [15] Yang K S, Dai Y, Huang B B, Whangbo M H. J Phys Chem C, 2009, 113: 2624 [crossref](#)
- [16] Pan J H, Zhang X W, Du A J, Sun D D, Leckie J O. J Am Chem Soc, 2008, 130: 11256 [crossref](#)
- [17] Liu S W, Yu J G, Cheng B, Jaroniec M. Adv Colloid Interface Sci, 2012, 173: 35 [crossref](#)
- [18] Periyat P, McCormack D E, Hinder S J, Pillai S C. J Phys Chem C, 2009, 113: 3246 [crossref](#)
- [19] Xu P, Lu J, Xu T, Gao S M, Huang B B, Dai Y. J Phys Chem C, 2010, 114: 9510 [crossref](#)
- [20] Wang D H, Jia L, Wu X L, Lu L Q, Xu A W. Nanoscale, 2012, 4: 576 [crossref](#)
- [21] Tian G H, Fu H G, Jing L Q, Xin B F, Pan K. J Phys Chem C, 2008, 112: 3083 [crossref](#)
- [22] Ren W J, Ai Z H, Jia F L, Zhang L Z, Fan X X, Zou Z G. Appl Catal B, 2007, 69: 138 [crossref](#)
- [23] Zhang Y, Li J, Wang J. Chem Mater, 2006, 18: 2917 [crossref](#)
- [24] Xu X M, Li X N, Lin P Y, Chen T, Yuan R S, Ding Z X, Wu L, Wang X X, Li Z H. Chem Commun, 2011, 47: 2538 [crossref](#)
- [25] Wang D H, Ma Z, Dai S, Liu J, Nie Z M, Engelhard M H, Huo Q S, Wang C M, Kou R. J Phys Chem C, 2008, 112: 13499 [crossref](#)
- [26] Yu J C, Zhang L Z, Yu J G. Chem Mater, 2002, 14: 4647 [crossref](#)
- [27] Wang X J, Hu D D, Yang J X. Chem Mater, 2007, 19: 2610 [crossref](#)
- [28] Irie H, Watanabe Y, Hashimoto K. J Phys Chem B, 2003, 107: 5483 [crossref](#)
- [29] Choi H, Antoniou M G, Pelaez M, Dela Cruz A A, Shoemaker J A, Dionysiou D D. Environ Sci Technol, 2007, 41: 7530 [crossref](#)
- [30] Shieh D L, Lin Y S, Yeh J H, Chen S C, Lin B C, Lin J L. Chem Commun, 2012, 48: 2528 [crossref](#)
- [31] Wang J, Tafen D N, Lewis J P, Hong Z L, Manivannan A, Zhi M J, Wu N Q. J Am Chem Soc, 2009, 131: 12290 [crossref](#)
- [32] Mitoraj D, Kisch H. Angew Chem, Int Ed, 2008, 47: 9975 [crossref](#)
- [33] Etacheri V, Seery M K, Hinder S J, Pillai. Chem Mater, 2010, 22: 3843 [crossref](#)
- [34] Yang G D, Jiang Z, Shi H H, Xiao T C, Yan Z F. J Mater Chem, 2010, 20: 5301 [crossref](#)
- [35] Morikawa T, Asahi R, Ohwaki T, Aoki K, Taga Y. Jpn J Appl Phys, 2001, 40: 561 [crossref](#)
- [36] Xiang Q J, Yu J G, Jaroniec M. Phys Chem Chem Phys, 2011, 13: 4853
- [37] Xiang Q J, Yu J G, Wang W G, Jaroniec M. Chem Commun, 2011, 47: 6906 [crossref](#)
- [38] Lin Z, Orlov A, Lambert R M, Payne M C. J Phys Chem B, 2005, 109: 20948 [crossref](#)
- [39] Spadavecchia, F, Cappelletti G, Ardizzzone S, Bianchi C L, Cappelli S, Oliva C, Scardi P, Leoni M, Fermo P. Appl Catal B, 2010, 96: 314 [crossref](#)
- [40] Wu G S, Nishikawa T, Ohtani B, Chen A C. Chem Mater, 2007, 19: 4530 [crossref](#)
- [41] Zabek P, Eberl J, Kisch H. Photochem Photobiol Sci, 2009, 8: 264 [crossref](#)
- [42] Fujishima A, Zhang X T, Tryk D A. Surface Science Reports, 2008, 63: 515 [crossref](#)
- [43] 张晓茹, 林艳红, 张健夫, 何冬青, 王德军. 物理化学学报 (Zhang X R, Lin Y H, Zhang J F, He D Q, Wang D J. Acta Phys-Chim Sin), 2010, 26: 2733

- [1] 尹伟, 林花香, 章永凡, 黄昕, 陈文凯. 铜族金属与完整及氮掺杂石墨烯的相互作用[J]. 催化学报, 2012,33(9): 1578-1585
- [2] 丛燕青, 李哲, 张轶, 王齐, 徐谦, 伏芳霞. Fe₂O₃/TiO₂ 纳米管的制备及其光电催化降解染料废水性能[J]. 催化学报, 2012,33(8): 1402-1409
- [3] 吴德智, 范希梅, 代佳, 刘花蓉, 刘红, 张冯章. 硫化亚铜/四针状氧化锌晶须纳米复合材料的制备及其光催化性能[J]. 催化学报, 2012,33(5): 802-807
- [4] 王卫, 陆春华, 苏明星, 倪亚茹, 许仲梓. N 掺杂富含 (001) 晶面 TiO₂ 纳米片的制备及 N 掺杂浓度对可见光催化活性的影响[J]. 催化学报, 2012,33(4): 629-636
- [5] 任远航, 辜敏, 胡怡晨, 岳斌, 江磊, 孔祖贺, 贺鹤勇. 稀土负载钛-硅沸石 ETS-10 的制备及其光催化性质[J]. 催化学报, 2012,33(1): 123-128
- [6] 高伟洁, 郭淑静, 张洪波, 潘秀莲, 包信和. 氮掺杂碳纳米管对其负载的 Ru 催化剂上合成氨的促进作用[J]. 催化学报, 2011,32(8): 1418-1423

- [7] 马鹏举, 闫国田, 钱俊杰, 张敏, 杨建军. 新型 N-TiO₂ 的固相法制备及其光催化性能[J]. 催化学报, 2011,32(8): 1430-1435
- [8] 罗海英, 聂信, 李桂英, 刘冀锴, 安太成. 水热法合成的介孔二氧化钛的结构表征及其对水中 2,4,6-三溴苯酚的光催化降解活性[J]. 催化学报, 2011,32(8): 1349-1356
- [9] 王仕发, 杨华, 县涛. 新型半导体可见光催化剂纳米锰酸钪[J]. 催化学报, 2011,32(7): 1199-1203
- [10] 蒋海燕, 戴洪兴, 孟雪, 张磊, 邓积光, 吉科猛. 单斜 BiVO₄ 可见光催化降解甲基橙的形貌效应[J]. 催化学报, 2011,32(6): 939-949
- [11] 蔡陈灵, 王金果, 曹锋雷, 李和兴, 朱建. 非水溶剂热法制备 (001) 面暴露的 F/TiO₂ 纳米晶及其光催化活性[J]. 催化学报, 2011,32(5): 862-871
- [12] 县涛 1,2, 杨华 1,2, 戴剑锋 1,2, 魏智强 1,2, 马金元 2, 冯旺军 2. 粒径可控的纳米铁酸铋的制备及其光催化性能[J]. 催化学报, 2011,32(4): 618-623
- [13] 向全军, 余家国. 暴露 {001} 面 TiO₂ 纳米片分等级花状结构的制备及其光催化活性[J]. 催化学报, 2011,32(4): 525-531
- [14] 崔华楠, 赵振华, 梁业如, 石建英, 吴丁财, 刘鸿, 符若文. 炭气凝胶孔结构对其负载的 TiO₂ 光催化降解甲基橙性能的影响[J]. 催化学报, 2011,32(2): 321-324
- [15] 路莹, 陈硕, 全燮, 于洪涛. TiO₂/Au 纳米棒阵列的制备及其光催化性能[J]. 催化学报, 2011,32(12): 1838-1843