

二氧化钛负载光纤型光催化反应器的研究进展

李冬冬^{1,2*}, 余江波², 王丽莉², 彭波²

(1. 西安邮电学院 电子工程学院, 陕西 西安 710121;

2. 中国科学院 西安光学精密机械研究所 瞬态光学与光子技术国家重点实验室, 陕西 西安 710119)

摘要: 详解了纳米二氧化钛光催化降解有机污染物的反应机理, 综述了为了提高光催化效率, 在光纤型光催化反应器的设计、改进、研制及应用方面所做的工作, 同时讨论了光催化剂负载技术和光催化剂重复利用问题。最后, 简述了近年来光纤型光催化反应器在国内外的研究进展, 针对目前光催化反应器存在的技术瓶颈, 对该项技术未来的发展进行了简要分析并提出了改进建议。

关键词: 二氧化钛; 催化剂; 光纤型光催化反应器

中图分类号: O644. 1; TN253 **文献标识码:** A **doi:** 10. 3788/CO. 20130604. 0513

Research progress in fiber typed photocatalytic reactor with titanium dioxide loading

LI Dong-dong^{1,2*}, SHE Jiang-bo², WANG Li-li², PENG Bo²

(1. School of Electronic Engineering, Xi'an Institute of Post & Telecommunications, Xi'an 710121, China;

2. State Key Laboratory of Transient Optics and Photonics, Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710119, China)

* Corresponding author, E-mail: dongdong@xupt.edu.cn

Abstract: In this article, the degradation mechanism of contaminants with nano-TiO₂ in a photocatalytic reactor is introduced. Then, it points out that the design, modification and development of the fiber-typed photocatalytic reactors have been performed to improve the photocatalytic efficiency and the loading technology and reutilization of photocatalysts also been plaid much attention. Finally, it summarizes the research and application progress of fiber typed photocatalytic reactors at home and abroad, and gives a brief analysis and recommendations to the future development of these technologies based on the technical difficulties of the photocatalytic reactors.

Key words: titanium dioxide; catalysts fiber typed photocatalytic reactor

收稿日期: 2013-03-15; 修订日期: 2013-05-16

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金资助项目 (No. 61108061); 陕西省教育厅专项科研计划资助项目 (No. 12JK0987)

1 引言

随着社会工业化的迅速发展,环境污染问题日益凸现,寻求一种经济高效的环境治理技术已经迫在眉睫。半导体光催化技术利用廉价的太阳能,在常温常压下就能使空气和水中的污染物彻底降解,无二次污染,已逐渐成为一种理想的环境治理技术并受到国内外研究人员的关注。目前,半导体光催化技术在基础研究,如光催化反应机理、相关因素影响、光催化反应器的设计以及生产生活应用方面均取得了较大的进展。

早在 20 世纪 70 年代,科学家 Fujishima 和 Honda^[1]发现二氧化钛(TiO_2)半导体电极在太阳光照射下具有光催化分解水分子的功能,即 TiO_2 作为一种光催化剂可将光能转变成了化学能,自此越来越多的研究者开始关注 TiO_2 用于光催化方面研究。Carey 等人^[2]在 1976 年将 TiO_2 用于降解水体中污染物多氯联苯,开创了 TiO_2 光催化用于污染物处理的新研究领域。以后, TiO_2 用于光催化方面的研究得到迅猛发展。废水中有机污染物可以通过 TiO_2 光催化得到有效降解并矿化,例如染料、农药、表面活性剂等,并可以归结为卤代烃、硝基芳烃、杂环化合物、卤代芳烃、有机酸类、酚类等^[3-9]。废水中的一些有害无机污染物如 Pb^{2+} , An^{3+} , Hg^{2+} , Cr^{6+} 、亚硝酸根、硫氰酸根等^[10-11]可以通过 TiO_2 光催化技术被去除。此外, TiO_2 光催化技术还可以被应用于空气净化、抗菌材料等^[12]。

反应器是光催化技术的核心,它的结构直接决定了光催化处理污染物的效果。如何设计并改进光催化反应器以提高系统光催化反应效率是一些研究人员十分关注的问题。在传统光催化反应器的基础之上,光纤型光催化反应器应运而生。该反应器通过优化反应器中光源的有效利用率,并同时解决光催化剂有效负载和持续利用的问题,较大地提高了光催化反应的效率。目前,该类反应器在光催化研究领域受到广泛关注。本文详解了纳米 TiO_2 光催化降解有机污染物的反应机理,简述了近年来国内外光纤型光催化反应器

的研究进展,并对该方面的研究进行了简要分析和展望。

2 TiO_2 光催化原理

在以 n 型半导体的能带理论为基础的光催化过程中,光催化剂占据主导地位。催化反应过程中,导带电子的氧化还原电位越负,价带空穴的电位越正,则越易生成羟基自由基($\cdot\text{OH}$)或超氧自由基(O_2^-),从而目标物也更容易被催化氧化^[13]。

根据能带理论,当用能量大于或等于禁带宽度的光照射 TiO_2 时, TiO_2 半导体粒子吸收了辐射能,其价带电子将被激发跃迁至导带,从而在导带上产生电子(e^-),在价带产生空穴(h^+)。 e^-/h^+ 对既能在半导体表面或体内复合,也能在半导体表面与其吸附的目标物质发生氧化还原反应。光生空穴具有强氧化性,导带上的电子具有强还原性。图 1 为 TiO_2 半导体光激发产生电子和空穴的过程图。

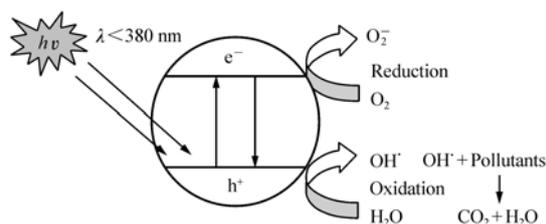
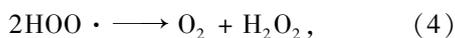
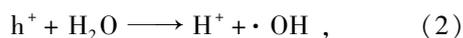
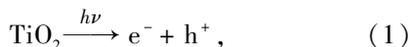


图 1 半导体光催化示意图

Fig. 1 Sketch map of semiconductor photocatalysis

吸附在 TiO_2 粒子表面的氧和溶解氧可以被导带电子还原生成超氧自由基($\cdot\text{O}_2$);而吸附在 TiO_2 粒子上 $\text{OH}-$ 、 H_2O 则被空穴(h^+)氧化生成羟基自由基($\cdot\text{OH}$)。 $\cdot\text{O}_2$ 和 $\cdot\text{OH}$ 都具有较强氧化能力,多种生物不能降解的大环有机物可以被 $\cdot\text{OH}$ 或 $\cdot\text{O}_2$ 所氧化,从而开环或降解生成有机小分子,也可被彻底氧化为 CO_2 、 H_2O 和其他无机物,有毒的无机物也能被 $\cdot\text{O}_2^-$ 氧化失去毒性。因而 TiO_2 表面的光生 e^-/h^+ 对可以直接或间接地氧化和还原大多数有机物和无机物。光催化过程中所发生的氧化还原反应如下:



TiO_2 光催化剂受到紫外或可见光的辐射,光生 e^-/h^+ 对主要发生变化有两种情况:与吸附在催化剂表面的有机物或无机物发生一系列直接或间接的氧化还原反应;光生 e^- 和 h^+ 在催化剂表面或内部产生复合,以光或热的形式释放出能量。在光催化反应过程中,这两种情况都有可能发生,处于此消彼长的状态。为了提高光催化效率,需要抑制光生 e^- 和 h^+ 的复合并使其得到有效利用。 TiO_2 以其化学性质稳定、催化活性高、氧化力强、无毒、廉价等优势在众多种半导体氧化物中脱颖而出,占据重要地位^[14]。此后的几十年,光催化氧化技术用于污染物处理一直是人们比较关注的热点。

3 光纤型光催化反应器的研究进展

与传统高温焚烧技术,常规的催化氧化方法以及活性炭吸附法相比,光催化技术具有两个显著的特点:第一,在光催化反应中,太阳光可被用作光源来活化催化剂,达到有效光催化降解目标物的目的,因而,光催化技术能有效节约能源。第二,光催化无需较高的反应温度,反应条件相对温和,水和空气中的有机污染物在室温条件下即可被完全氧化成无毒的二氧化碳和水,不存在二次污染的问题。

在研究如何提高光催化效率方面,部分研究人员一直致力于光催化反应器的设计改进及研制问题。研究光催化剂负载技术,设计合理的光催化反应器,即在不影响或提高光催化活性的前提下,使光催化剂均匀而牢固地负载于各种载体表面,同时在不影响载体的理化性能前提下,使催化剂能够重复利用。针对目前光催化反应器存在的一些技术瓶颈,改进思路主要有:尽可能增加光源照射下活化的催化剂的数量,提高光源的利用效率;尽可能增加催化剂和反应液的接触面积和

接触时间;尽可能使反应液中接受到的光强分布均匀。

光能与催化剂有效作用,才能激活催化剂使其具有光催化效用,因而用于负载光催化剂的载体材料需要具备以下特点:光透过特性较好、化学稳定性好、机械强度较高、比表面积较大。 TiO_2 的载体材料的性质与结构,对于提高 TiO_2 的光催化活性,提供较强的结合度,保证系统能长时间、重复使用,起着决定性作用。据调查,目前已有的负载技术仍然存在传质、传光受限的问题。在第一代污染物流体的光催化处理器中,为解决纳米尺度的光催化剂与水或气体污染物在反应之后的分离问题,人们开发了床式负载 TiO_2 纳米粒子的光催化反应器。在这种反应器中,光催化剂被固定在反应器的内壁上,或是专门的网式支撑基质上,或是固定在光源的周围,这样的反应器使催化剂与污染物的接触面积不可能很大。为了增加接触面积,人们又尝试了采用具有巨大比表面积的多孔基质,例如,活性炭^[15],空心微珠^[16],沸石^[17]作为 TiO_2 的负载剂。但是因为悬浮在反应体系中的粒子增加了反应体系的浑浊度,减少了入射光的穿透深度,结果削减了光催化分解反应的速率。

以上这些光反应器的缺点都是由于基质仅仅具有承载催化剂的功能。如果将一种既能负载催化剂又能把发生分解反应所需的光能量传递给催化剂粒子的材料作载体,上述问题就迎刃而解。上世纪 70、80 年代,美国科学家 Ollis 和他的学生 Marinangeli^[18-19]提出了用裸石英光导纤维(没有包层材料)作为传输催化光解反应的所需光子的介质,石英纤维的表面作为光催化剂的载体的设想,并从理论上进行了研究。直到 1994 年,Bauer 等人才用 TiO_2 修饰的裸体石英纤维对 Ollis 的理论进行了实验验证。近些年,国外不断有改进型光纤式反应器的报道^[20-25],目的都是为提高 TiO_2 负载量,提高光源的光能利用效率。Hofstadler 等人^[20]首先将光催化剂负载于石英光纤上,然后在管道型反应器中将负载好的石英光纤进行固定,从而制备成一种新型光纤式反应器。Hoffmann 和 Peill^[21-22]研制了一种光纤束反应器,该反应器

主体是 72 根直径为 1 mm 的负载光催化剂 (TiO₂) 的石英光纤, 将汇聚后的光源由裸石英光纤传导至光催化剂, 被光能激活后的光催化剂与四周的溶液物质发生化学反应使其降解为小分子物质。在此石英光纤将负载光催化剂的作用与其本身的导光作用融为一体, 可以有效地提高该系统的光催化反应效率。该反应器增大了有效利用的光催化剂表面积, 从而减少了系统中光的吸收和散射以及传质限制的影响, 可通过远程传递连续控制操作来处理环境中的污染物质。

光纤型光催化反应器如果采用裸露石英纤维, 直接负载 TiO₂ 光催化剂, 存在两个问题: 其一, 在涂膜和反应器制作过程中石英光纤极易发生断裂; 其二, 对于这种结构的光纤, 在靠近光纤的输入端时, 大部分的传输光没有顺利进入光纤端面而是被折射出了光纤, 这就使光在光纤中轴向传播的距离缩短了, 因此减小了该反应器的有效光催化表面积, 同时反应器的光催化降解能力大打折扣。

为了解决这些问题, 东南大学的课题组与南京玻纤院合作^[26], 首先提出采用弥散光纤作为光的传播导体及纳米 TiO₂ 的载体, 开发了 TiO₂ 修饰的侧面发光石英光纤, 制备了能长距离传紫外光的弥散光纤 (达 10 m), 基本解决了 TiO₂ 负载石英光纤不能把紫外光能送到较长距离的技术难题, 他们把自动跟踪太阳光接收系统与基于弥散光纤的光催化反应器进行耦合, 完成了基于弥散光纤负载的纳米 TiO₂ 光催化废水处理示范系统, 如图 2 所示。通过在裸体石英纤维外表面设置高

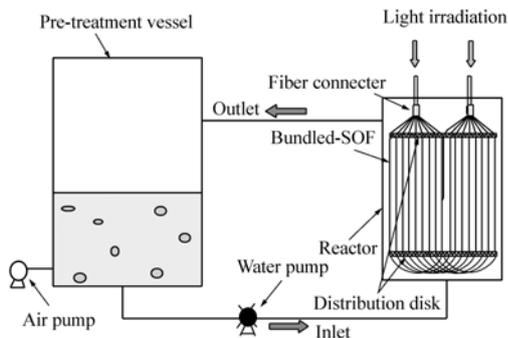


图 2 基于弥散光纤光催化反应器示意图
Fig. 2 Schematic of bundled-SOFs reactor

柔性硅氧烷树脂包层的弥散光纤, 不仅使石英光纤具备了一定的强度及柔韧性, 还通过包层中掺杂的弥散剂把紫外光有效传给 TiO₂ 层, 为光纤式光催化污染流体处理器的发展做出了重要贡献。

近年来, 负载 TiO₂ 的石英光纤用于气体污染物光催化氧化的研究日趋发展起来。Choi 等^[27] 采用一根或四根负载 TiO₂ 的石英光纤构建于一

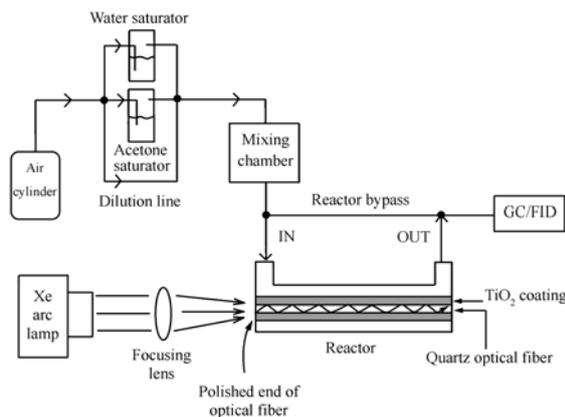
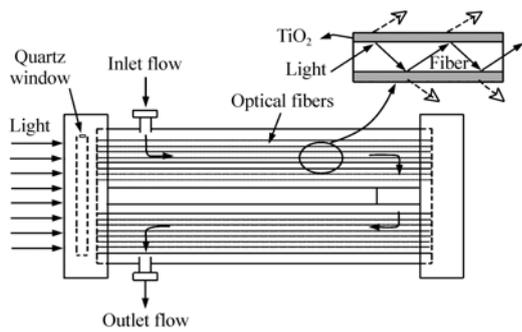


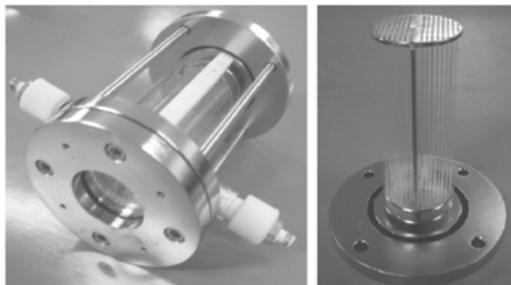
图 3 用于丙酮光催化氧化的负载 TiO₂ 光纤实验装置图

Fig. 3 Schematic of experimental setup for photocatalytic oxidation of acetone on TiO₂-coated optical fiber

个流动式的光催化反应器中并将其应用于空气中丙酮的光催化处理研究 (如图 3 所示), 由于光纤传播的光的强度呈指数减弱, 大部分入射的光被吸收在光纤的前面部分, 一般传播的光沿光纤传播长度不超过 5 cm。在光纤中传播的光被折射到界面处, 从而激发 TiO₂ 涂层的光催化反应。Nguyen 等人^[28] 利用负载 TiO₂-SiO₂ 混合氧化物的光催化剂的光纤构建光催化反应并将其应用于在人工自然光照下 CO₂ + H₂O 经过还原反应为燃料有机物的研究 (如图 4 所示), 相对于传统的填充床反应器, 光纤成为在整个反应器中均匀传输光的有效介质。此外, Denny 等人^[29] 利用一个具有 30 个六方形孔道结构的多孔光纤作为气相光催化反应器的主体, TiO₂ 被采用真空吸入的方式负载于每个孔道内壁, 并将其应用于光催化降解气相乙烯 (如图 5 所示), 这种结构设计由于传导光被完全限制在孔道内, 从而更有利于被 TiO₂ 吸收利用。



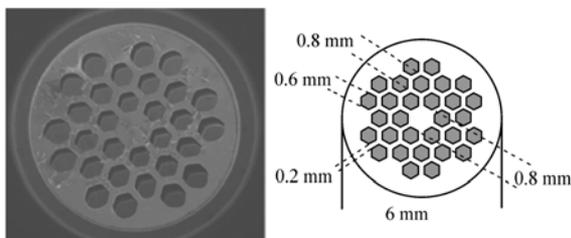
(a) 反应器示意图
(a) Schematic diagram of reactor



(b) 反应器实物图
(b) Photos of reactor

图 4 光纤光催化反应器的示意图和实物图

Fig. 4 Schematic diagram and photos of photoreactor with catalyst coated optical fibers



(a) 多孔光纤横截面的SEM图
(a) SEM micrograph of across-sectional view of channeled optical fibre
(b) 标有孔道直径的示意图
(b) Diagram of channeled optical fibre provided with dimensions

图 5 多孔光纤横截面

Fig. 5 Across-sectional view of a channeled optical fibre

国外近几年又发展出阵列陶瓷管负载 TiO_2 与石英光纤负载光纤一体化光催化反应器技术(如图 6 所示)^[30]。该报道是以陶瓷材料为材质制备的多通道光催化反应器并应用于废水中邻二氯苯和菲光催化降解研究。据相关资料报道:

陶瓷材料对超细颗粒的 TiO_2 具有良好的附着性,陶瓷载体的结构可以是蜂窝状陶瓷柱结构、陶瓷片结构、硅铝陶瓷空心微球、陶瓷纸等。这种构造的反应器相比循环环状反应器和普通光纤式反应器可以提供更高的有效负载光催化剂的比表面积。

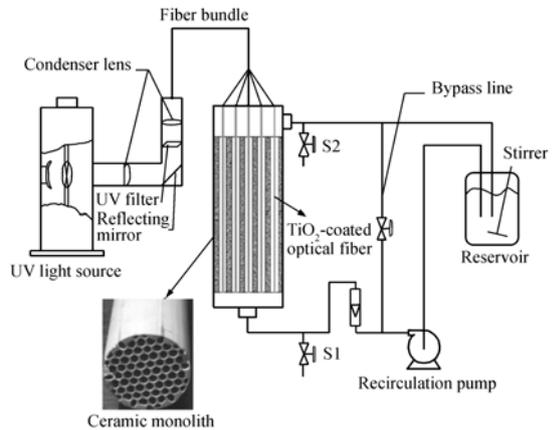
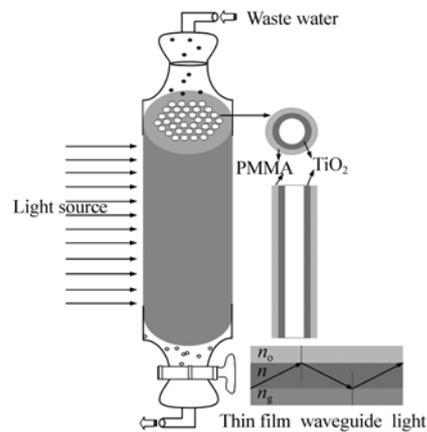


图 6 光纤式反应器的实验装置示意图

Fig. 6 Schematic of optical fiber monolith reactor assembly and experimental setup

2010 年以来,作者所在课题组开展了基于本研究室自行设计的 547 孔微结构聚合物光纤(简



(a) 反应器示意图
(a) Schematic diagram of monolith reactor
(b) 薄膜波导原理图
(b) Thin film waveguide light track

图 7 实验装置和薄膜波导原理图

Fig. 7 Schematic diagram of monolith reactor and thin film waveguide light track

称:MPOF)二次预制棒,通过将TiO₂光催化膜层负载于其孔道内壁制备成新型光催化反应系统的研究工作^[31]。该系统有序复合的阵列化微管结构(如图7所示)不仅对TiO₂纳米粒子起到负载作用,还可以作为光波导介质(rolling-up薄膜波导),聚光、导光进入TiO₂薄膜层、污染物反应流体通道。相对于采用陶瓷材料为材质制备的多通道光催化反应器来说^[30],它具有以下优点:具备良好的光学特性和机械性能,可以作为光波导的理想介质,对入射光起到汇聚和传导作用;所具备的纵向贯穿平行排列的较大数目孔道及其高分子材料的化学稳定性,不仅能提供高的内表面积和体积比,还可以作为需要光催化降解的流体(气体或液体)被容纳并流通的场所。

参考文献:

- [1] FUJISHIMA A, HONDA K. Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode[J]. *Nature*, 1972, 238(5358):37-38.
- [2] CAREY J H, LAWRENCE J, TOSINE H M. Photodechlorination of PCB's in the presence of titanium dioxide in aqueous suspensions[J]. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 1976, 16(6):697-706.
- [3] HOFFMANN M R, MARTIN S T, CHOI W Y, et al. Environmental applications of semiconductor photocatalysis[J]. *Chem. Rev.*, 1995, 95(1):69-96.
- [4] LINSEBIGIER A L, LU C, JR J T Y. Photocatalysis on TiO₂ surface: principle, mechanisms, and selected results[J]. *Chem. Rev.*, 1995, 95(3):735-758.
- [5] HERRTANN J M. Heterogeneous photocatalysis: fundamentals and applications to the removal of various types of aqueous pollutants[J]. *Catalysis Today*, 1999, 53(1):115-129.
- [6] AUGUGLIARO V, PALMISANO L, MINERO C, et al. Photocatalytic degradation of Phenol in aqueous titanium dioxide dispersions[J]. *Toxicology Environmental Chem.*, 1988, 16(2):89-109.
- [7] MATTHEWS R W. Photooxidation of organic material in aqueous suspension of titanium dioxide[J]. *Water Research*, 1986, 20(5):569-574.
- [8] HIDAKA H, YAMADA S, SUENAGA S, et al. Photodegradation of complete degradation of anionic, cationic and nonionic surfactants in aqueous dispersions[J]. *J. Molecular Catalysis A: Chem.*, 1990, 59(3):279-290.
- [9] ABDEL-WAHAB A A, GABER A M. TiO₂-photocatalytic oxidation of selected heterocyclic sulfur compounds[J]. *J. Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 1998, 114(3):213-218.
- [10] LITTER M I. Heterogeneous photocatalysis transition metal ions in photocatalytic systems[J]. *Catalysis B: Environmental*, 1999, 23(2-3):8911.
- [11] DRAPER R B, FOX M. Titanium dioxide photooxidation of thioyanate (SCN⁻)Z-studied by diffuse reflectance flash photolysis[J]. *J. Physical Chem.*, 1990, 94(11):4628-4634.
- [12] SUNADE K, KIKUEHI Y, HASHIMOTO K, et al. Bactericidal and detoxification effects of TiO₂ thin film photocatalysts[J]. *Environmental Sci. Technology*, 1998, 32(5):726-728.
- [13] 高濂, 郑珊, 张青红. 纳米氧化钛光催化材料及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
GAO L, ZHANG SH, ZHANG Q H. *Nano Titanium Dioxide Photocatalytic Materials and Applications* [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002. (in Chinese)
- [14] CHEN C C, LEI P X, JI H W, et al. Photocatalysis by titanium dioxide and polyoxometalate/TiO₂ cocatalysts: intermedi-

4 结束语

综述了国内外在光纤型光催化反应器研究方面的工作,包括光催化反应器的设计改进,光催化剂负载技术(同时在不影响载体的理化性能前提下,使催化剂能够重复利用),及如何提高光催化效率等方面的问题。

不难看出,光纤作为光的传输介质和负载光催化剂的载体,可以有效地提高光的传输效率和光催化效率;而改进光的采集、耦合、传输方式,进一步解决光催化剂与污染物的传质问题以及优化负载光催化剂的光纤的侧面光折射性能及轴向光传输性能是未来将其应用于实际生产中亟待解决的问题。

- ates and mechanistic study[J]. *Environ. Sci. Technol.*, 2004,38(1):329-337.
- [15] TORIMOTO T, IOT S, KUWABATA S, *et al.*. Effects of adsorbents used as supports for titanium dioxide loading on Photocatalytic degradation of propylamide[J]. *Environ. Sci. Technol.*, 1996,30(4):1275-1281.
- [16] TRILLAS M, PEAR J. Photocatalyzed degradation of phenol, 2,4-dichlorophenol, phenoxyacetic acid and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid over supported TiO₂ in a flow system[J]. *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 1996,67(13):237-242.
- [17] ZHANG S C, KBOYAASHI T, NOSAKA Y. Photocatalytic property of titanium silicate zeolite[J]. *J. Mol. Catal. A: Chem.*, 1996,106(1-2):119-123.
- [18] OLLIS D F. Contaminant degradation in water[J]. *Environ. Sci. Technol.*, 1985,19(6):480-484.
- [19] MARINANGELI R E, OLLIS D F. Photo-assisted heterogeneous catalysis with optical fibers: II Nonisothermal single fiber and fiber bundle[J]. *AIChE J.*, 1980,26(6):1000-1008.
- [20] HOSFTADLER K, BUAER R, NOVALLC S, *et al.*. New reactor design for photocatalytic wastewater treatment with TiO₂ immobilized on fused-silica glass fibers: photominearization of 4-chlorophenol[J]. *Environ. Sci. Technol.*, 1994,28(4):670-674.
- [21] PEILL N J, HOFFMANN M R. Development and optimization of a TiO₂-coated fiber-optic cable reactor: photocatalytic degradation of 4-chlorophenol[J]. *Environ. Sci. Technol.*, 1995,29(12):2974-2981.
- [22] PEILL N J, HOFFMANN M R. Chemical and Physical characterization of a TiO₂-coated fiber optic cable reactor[J]. *Environ. Sci. Technol.*, 1996,30(9):2806-2812.
- [23] WANG W, KU Y. Photocatalytic degradation of gaseous benzene in air streams by using a optical fiber photoreactor[J]. *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, 2003,159(1):47-59.
- [24] WANG W, KU Y. The light transmission and distribution in an optical fiber coated with TiO₂ particles[J]. *Chemosphere*, 2003,50(8):999-1006.
- [25] DANION A, DISDIER J, UILLARD C, *et al.*. Characterization and study of a single-TiO₂-coated optical fiber reactor[J]. *Appl. Catal. B: Environ.*, 2004,52(3):213-223.
- [26] HU Y, XU J J, YUAN C W, *et al.*. A single TiO₂-coated side-glowing optical fiber for photocatalytic wastewater treatment [J]. *Chinese Sci. Bull.*, 2005,50(18):1979-1984.
- [27] CHOI W, KO J Y, PARK H, *et al.*. Investigation on TiO₂-coated optical fibers for gas-phase photocatalytic oxidation of acetone[J]. *Appl. Catal. B: Environ.*, 2001,31(3):209-220.
- [28] NGUYEN T V, WU J C S. Photoreduction of CO₂ to fuels under sunlight using optical-fiber reactor[J]. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2008,92(8):864-872.
- [29] DENNY F, SCOTT J, PENG G D, *et al.*. Channelled optical fibre photoreactor for improved air quality control [J]. *Chem. Eng. Sci.*, 2010,65(2):882-889.
- [30] LIN H F, VALSARAJ K T. Development of an optical fiber monolith reactor for photocatalytic wastewater treatment[J]. *J. Appl. Electrochem.*, 2005,35(7):699-708.
- [31] 李冬冬, 王丽莉. 二氧化钛纳米膜修饰微结构聚合物光纤预制棒的制备及其在光催化方面的应用基础研究[J]. *物理学报*, 2012,61(3):0342121.
- LI D D, WANG L L. TiO₂ modified 547 holes microstructured polymer optical fiber preform and basic application on photocatalytic[J]. *Chinese Physical Society*, 2012,61(3):0342121. (in Chinese)

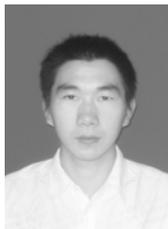
作者简介:



李冬冬(1982—),女,陕西西安人,讲师,2011年于中国科学院西安光学精密机械研究所获得博士学位,主要从事有机聚合物光电功能材料与器件的研究。
E-mail: dongdong@xupt.edu.cn



王丽莉(1957—),女,陕西西安人,研究员,1993年于日本东京工业大学获工学博士学位,主要从事光子晶体聚合物纤维的规模化制造与应用。E-mail: wangll@opt.ac.cn



余江波(1983—),男,陕西西安人,助理研究员,2012年于中国科学院西安光学精密机械研究所获得博士学位,主要从事纳米光电材料的制备与研究。E-mail:shejb@opt.ac.cn



彭波(1962—),男,研究员,1982年于长春光学精密机械学院光学获得学士学位,1994年于东京工业大学获得博士学位,主要从事光学功能玻璃、特种光纤材料的制备与研究。E-mail:bopeng@opt.ac.cn

《中国光学》征稿启事

《中国光学》为双月刊,A4开本;刊号:ISSN 2095-1531/CN 22-1400/04;国内外公开发行,邮发代号:国内12-140,国外BM6782。

- ★ 荷兰 Scopus 数据库
- ★ 美国《乌利希国际期刊指南》
- ★ 美国《化学文献》
- ★ 波兰《哥白尼索引》
- ★ 俄罗斯《文摘杂志》
- ★ 中国光学学会会刊
- ★ 中国科技核心期刊数据库
- ★ 中国期刊全文数据库
- ★ 万方数字化期刊全文数据库
- ★ 中国科技期刊数据库
- ★ 中国光学期刊网数据库

主要栏目:微纳光学、信息光学、集成光电子、光谱学和光谱仪器、激光技术与应用、光学功能材料、光学设计与工艺、大气与空间光学、光学仪器与测试、综述等。

发稿类型:学术价值显著、实验数据完整的原创性论文;研究前景广阔,具有实用、推广价值的技术报告;有创新意识,能够反映当前先进水平的阶段性研究简报;对当前学科领域的研究热点和前沿问题的专题报告;以及综合评述国内外光学技术研究现状、发展动态和未来发展趋势的综述性论文。

欢迎投稿、荐稿。

主管单位:中国科学院

主办单位:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

编辑出版:《中国光学》编辑部

投稿网址:<http://chineseoptics.net.cn>

邮件地址:chineseoptics@ciomp.ac.cn; zgxcn@126.com

联系电话:0431-86176852; 0431-84627061 传 真:0431-84627061

编辑部地址:长春市东南湖大路3888号(130033)