

BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯的简易制备及 增强可见光催化性能研究*

张文东^{1,2}, 孙建敏¹, 梁毅¹

(1. 重庆师范大学 科研处, 重庆 401331; 2. 重庆大学 材料科学与工程学院, 重庆 400044)

摘要:【目的】以 BiCl₃ 和 NaOH 为原料, 以石墨烯纳米片为模板, 通过一步常温沉淀法制备得二维 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯纳米复合物。【方法】通过 X 射线衍射(XRD)、扫描电镜(SEM)、透射电镜(TEM)、高倍透射电镜(HRTEM)、紫外-可见漫反射光谱(UV-Vis DRS)、BET-BJH 等手段对样品进行了表征分析。【结果】BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯纳米复合物的可见光催化活性明显高于纯 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂ 纳米片。【结论】BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯纳米复合物表现出明显增强的可见光催化活性可以归因于可见光利用能力增强、比表面积和孔容增大、光生电子-空穴对分离能力提高等因素的协同作用。研究结果为制备新型 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂ 基可见光催化剂提供了一种新思路。

关键词: BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯; 简易制备; 可见光; 光催化性能

中图分类号: X511

文献标志码: A

文章编号: 1672-6693(2018)04-0103-06

光催化技术作为一种新型的绿色技术, 在环境净化和太阳能转化领域均表现出巨大的应用前景^[1-3]。目前, 已报道的光催化材料主要有以下 3 类: 一是半导体类光催化材料^[4-10], 如 TiO₂、Fe₂O₃、Ga₂O₃、(BiO)₂CO₃、g-C₃N₄、聚酰亚胺、单质 Bi 等; 二是导体类光催化材料^[11], 如聚 1,4-二苯基丁二炔等; 三是绝缘体光催化材料^[12], 如 BaCO₃、SrSO₄、BaSO₄、Sr₃(PO₄)₂ 等。但是, 上述光催化材料都存在一些常见的问题, 例如太阳光利用率低、光生载流子复合率高、光化学稳定性较差、氧化还原能力较弱、合成条件苛刻等, 这些因素极大地限制了光催化技术的规模化应用。因此, 亟需开发一种制备简单、高效稳定和可见光驱动的光催化材料。

BiOCl 是一种具有高度各向异性的间接带隙的层状结构半导体, 因良好的可见光催化性能受到广泛关注。但是, BiOCl 因存在较大的禁带宽度和较高的光生载流子的复合率等缺陷, 仍不能满足实际应用需求。目前, 已报道可采用多种方法来增强 BiOCl 的可见光催化性能, 如形貌调控、金属或非金属掺杂、构建等离子体、组建二维异质结等^[13-15]。通过密度泛函理论(DFT)的计算研究表明, BiOCl 的价带(VB)是由 Cl 4p 和 O 2p 的杂化轨道构成, 导带(CB)由 Bi 6p 轨道占据。最近, 有研究报道 Cl/O 比值越低, 它的半导体价带位置越低, 从而导致半导体材料的禁带宽度减小和可见光利用能力增强^[16]。因此, 探索制备一类新型非整比 Bi_xO_yCl_z 光催化材料及与之相关的应用研究将是未来的研究热点之一, 如已报道的 Bi₃O₄Cl、Bi₁₂O₁₅Cl₁₆、Bi₁₂O₁₇Cl₁₂、Bi₂₄O₃₁Cl₁₀ 等^[17-19]。最近, 笔者所在课题组采用简易的常温一步沉淀法制备得到具有良好可见光催化性能的 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂ 纳米片光催化材料, 但是 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂ 异质结的量子效率仍然不高, 因而在提高 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂ 异质结可见光催化性能方面还有很大的改进空间; 并且, 还未见报道 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂ 基三元复合物的可见光催化去除气相氮氧化物的研究。因此, 有必要采用一种简易且环境友好的方法来改进 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂ 光催化材料, 同时研究该材料的物理化学特性及可见光催化去除氮氧化物的性能增强机制。

在本研究中, 分别以 BiCl₃ 为原料和无水乙醇为溶剂, 用 NaOH 溶液调节 pH, 采用简易的常温沉淀法制得 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯纳米复合物。结果表明, BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯纳米复合物对 10⁻⁹ 级 NO 的可见光催化去除效果明显优于 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂ 异质结。本研究提供了一种环境友好且简易的 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@

* 收稿日期: 2017-08-17 修回日期: 2018-05-14 网络出版时间: 2018-07-26 16:50

资助项目: 国家自然科学基金青年基金(No. 51708078); 重庆市博士后科研项目(No. Xm2016027); 重庆师范大学博士启动基金(No. 16XLB011)

第一作者简介: 张文东, 男, 副研究员, 博士后, 研究方向为可见光催化材料制备及环境净化应用, E-mail: w5i1@163.com

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20180726.1650.034.html>

石墨烯纳米复合物制备方法,提出了 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯纳米复合物的生成机理,并且通过表征测试解释了对 NO 可见光催化去除的增强机制,为 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂ 基光催化材料的设计合成与结构优化及环境净化应用提供了新的思路。

1 实验部分

1.1 催化剂制备

首先,分别称取 0.07 g 石墨烯(购自德阳烯碳科技有限公司)和 1.33 g BiCl₃ 溶于 50 mL 无水乙醇,然后超声处理 30 min;然后,将 12.6 mL 浓度为 2.0 mol·L⁻¹的 NaOH 溶液逐滴加入至上述 BiCl₃ 溶液,在室温条件下强力搅拌 4 h;最后,将制备的固体产物用去离子水和无水乙醇各清洗 2 次,随后在 60 °C 下烘干得到 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯纳米复合物,所得样品标记为 BOC@Ge。在不添加石墨烯条件下,按照上述相同步骤制得 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂,所得样品标记为 BOC。

1.2 催化剂表征

采用 X 射线衍射仪(XRD; model D/max RA, Rigaku Co., 日本)分析样品的晶体结构;采用扫描电子显微镜(SEM; JEOL model JSM-6490, 日本)和透射电镜(TEM; JEM-2010, 日本)分析样品的形貌结构;采用 N₂ 吸附-解析仪(ASAP 2020, 美国)测定样品的比表面积和孔结构;采用紫外-可见漫反射光谱(UV-vis DRS; UV2550PC, SHIMADZU, 日本)分析样品的光学性质。

1.3 可见光催化活性评价

在室温下,通过监测连续流反应器中 10⁻⁹级 NO 的体积分数来对光催化活性进行评价。将 0.2 g 样品超声分散在直径为 12 cm 的玻璃圆盘中,于 70 °C 烘干,自然冷却后放入容积为 4.5 L(30 cm×15 cm×10 cm)的矩形反应器中心,反应器上面覆盖了 1 层石英玻璃,1 个 150 W 的商业卤钨灯垂直安置在反应器上方 20 cm 处。对于可见光催化活性测试,采用滤光片去除光束中小于 420 nm 的紫外光。采用标准空气和初始体积分数为 100×10⁻⁶的 NO 标准气体来配置低体积分数的 NO。调节空气流速为 2.4 L·min⁻¹,NO 气体流速为 15 mL·min⁻¹,通过三通阀将空气流和 NO 气流混合,得到初始体积分数为 470×10⁻⁹的 NO。将稀释后的 NO 通入反应器中,待 NO 体积分数稳定后开灯。NO_x 分析仪(Thermo Scientific, 42i-TL)每隔 1 min 进行采样检测并记录 NO、NO₂ 和 NO_x(NO_x 包括 NO 和 NO₂)的体积分数。NO 的去除率可用下式计算:

$$\eta = (1 - C/C_0) \times 100\%$$

式中: C 代表开灯后反应器出口处的 NO 体积分数; C₀ 代表开灯前达到吸附解吸平衡时的 NO 体积分数。

2 结果与讨论

2.1 晶相结构分析

通过 XRD 分析样品的晶相结构和纯度。如图 1 所示,从 BOC 样品中可以明显观察到,12.1°和 36.6°两个特征衍射峰分别归属于 BiOCl (JCPDS No. 06-0249)的(001)和(003)两个晶面,其余衍射峰均能很好地对应四方晶相 Bi₁₂O₁₇Cl₂ (JCPDS No. 37-0702)。并且,在 BOC 样品中没有检测到其他杂峰,表明 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂ 二元复合物具有很高的结晶度和纯度,这和笔者的报道一致^[20]。在 BOC@Ge 纳米复合物中可以明显检测到 BiOCl 和 Bi₁₂O₁₇Cl₂ 两种物质的特征衍射峰,但未能检测到石墨烯的特征衍射峰,分析其中原因可归因于两方面:一是石墨烯的量非常少,二是石墨烯均匀分布在 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂ 二元复合物的表面。

2.2 形貌结构分析

图 2 给出了 BOC 的 SEM 图像。由图 2 可知,BOC 是由不规则的纳米片相互堆叠形成的层状结构。图 3 给出了 BOC@Ge 的 SEM 和 TEM 图像。由图 3 可知,BOC@Ge 纳米复合物是由光滑纳米片相互堆积形成的酥

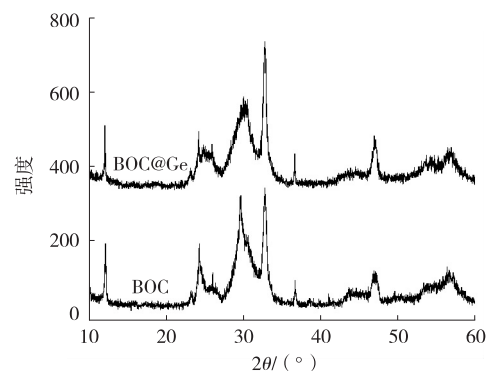


图 1 BOC 与 BOC@Ge 的 XRD 图谱

Fig. 1 The XRD patterns of BOC and BOC@Ge

松且无规则形貌结构,但由于石墨烯纳米薄片超薄的原因,导致未能从 SEM 观察到。从图 3c 可以发现,石墨烯纳米薄片均匀且紧密的分布在 BOC 纳米片表面。从图 3d 可以看到,两种晶格条纹分别归属于 BiOCl 的(003)晶面和 Bi₁₂O₁₇Cl₂ 的(006)晶面。结果表明,在 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂ 二元复合物表面成功构建了 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯纳米复合物。

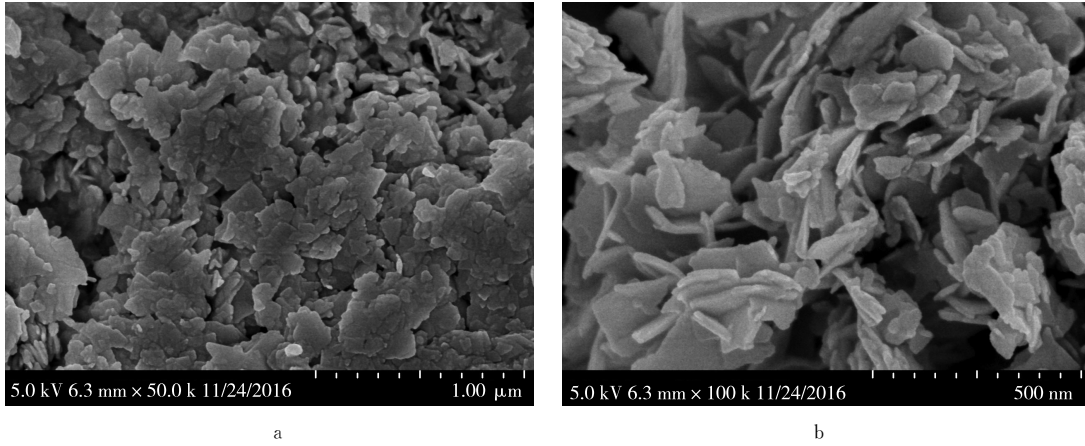


图 2 BOC 的 SEM 图像
Fig. 2 SEM images of BOC

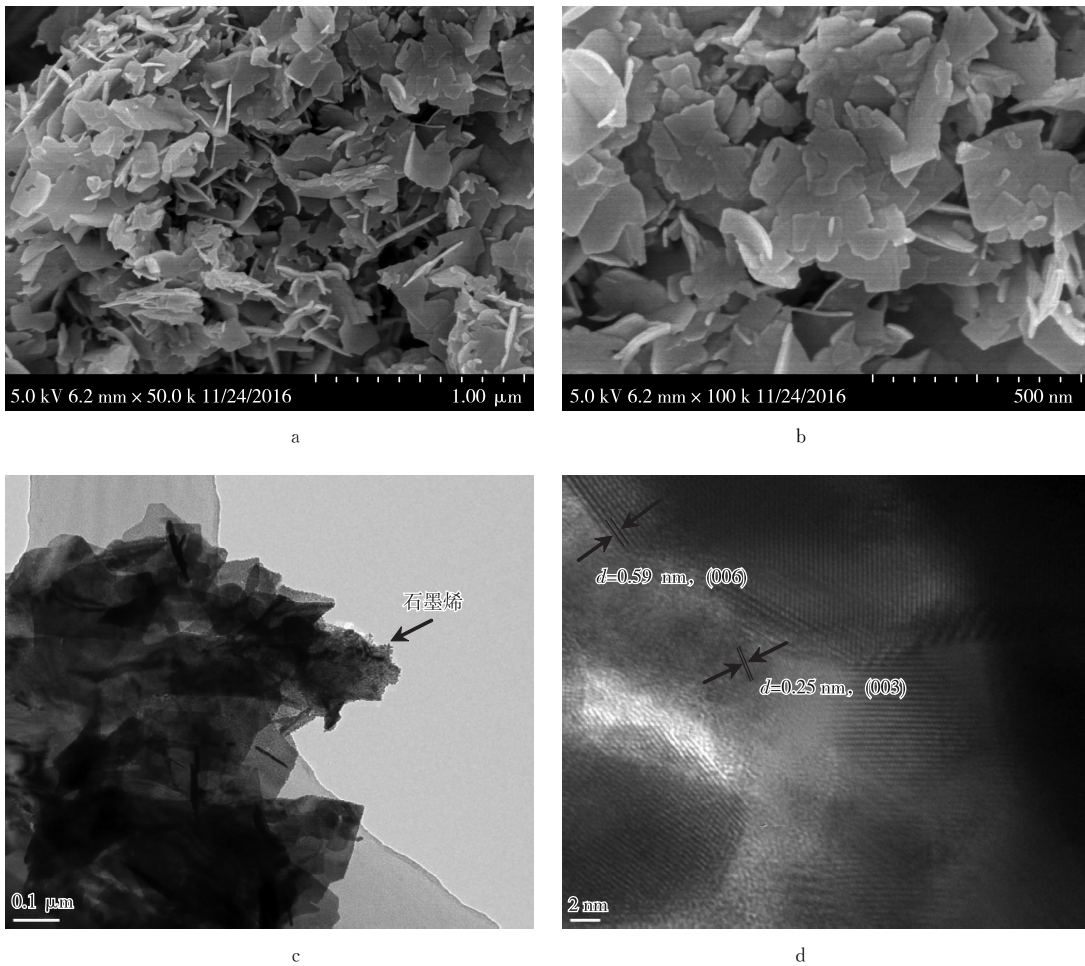


图 3 BOC@Ge 的 SEM 和 TEM 图像
Fig. 3 SEM and TEM images of BOC@Ge

2.3 比表面积和孔结构分析

图 4 为 BOC 与 BOC@Ge 样品的 N₂ 吸附-脱附等温线和孔径分布曲线。从图 4a 可知,BOC 和 BOC@Ge

样品的吸附-脱附等温线可归属于特征 IV 型且具有 H3 型滞后回环的等温线,表明 BOC 与 BOC@Ge 样品均存在介孔,并且纳米片的相互堆叠形成了裂缝孔。从图 4b 可见,BOC 和 BOC@Ge 样品均具有小介孔和大介孔,但 BOC@Ge 样品的孔径分布明显更加丰富。当 BOC 与石墨烯纳米片成功复合后,BOC@Ge 样品的比表面积($29.85 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)和孔容($0.17 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)明显大于 BOC 样品的比表面积($26.28 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)和孔容($0.15 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)。

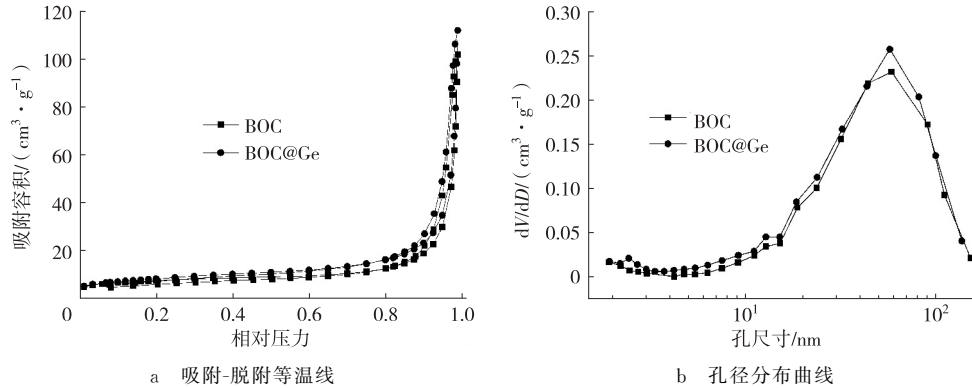


图 4 BOC 与 BOC@Ge 的 N_2 吸附-脱附等温线和孔径分布曲线

Fig. 4 Nitrogen adsorption-desorption isotherms and corresponding pore size distribution curve of BOC and BOC@Ge

2.4 光学性质分析

如图 5 所示,与 BOC 样品的紫外-可见漫反射吸收光谱相比,BOC@Ge 样品的吸收带边发生了明显的蓝移。这是由于 Ge 样品颜色影响导致光吸收蓝移。但是,BOC@Ge 样品在 $470 \sim 800 \text{ nm}$ 对可见光的吸收能力明显比 BOC 更强,表明在引入石墨烯纳米薄片且成功构建纳米复合物后可以显著增强它对可见光的吸收和利用能力。分析原因是由于 BOC 与石墨烯纳米片相互紧密结合,石墨烯纳米片可以作为电子陷阱,从而有利于光生电子捕获和增强光学性能^[21]。

2.5 可见光催化性能评价

为了评价样品的可见光催化活性,在实验中将低体积分数气相 NO 分别通过可见光照射下的 BOC 和 BOC@Ge 样品。从图 6 可知,在可见光照射下的最初几分钟,NO 体积分数迅速下降,在光催化反应 30 min 左右达到动态平衡。结果表明,BOC 和 BOC@Ge 对 NO 的去除率分别为 38.2% 和 54.4%,BOC@Ge 表现出明显增强的可见光催化活性。分析其中原因主要有以下 3 个方面^[22-26]:一是当 BOC 与石墨烯纳米片复合后,构建的 BOC@Ge 纳米复合物的比表面和孔容得到一定程度的增大,更大的比表面积和孔容可以吸附更多的反应底物和提供更多的活性位点参与光化学反应;二是 BOC@Ge 纳米复合物对可见光的吸收和利用能力明显增强;三是当 $\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ 生成光生电子-空穴对后,一部分光生电子从 $\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ 的导带迁移至 BiOCl 的导带,另一部分光生电子从 $\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ 的导带直接迁移至石墨烯纳米薄片的表面,因而石墨烯纳米片在纳米复合物中的作用类似电子接受器,可以明显促进 BiOCl/ $\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ @石墨烯纳米复合体系中的光生电子-空穴对的有效分离。通过上述 3 个方面的协同作用,导

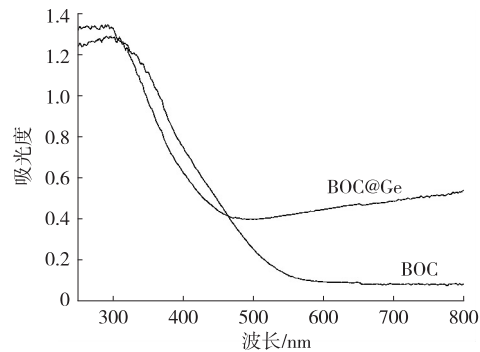


图 5 BOC 与 BOC@Ge 的紫外-可见漫反射光谱

Fig. 5 UV-vis diffuse reflectance spectra of BOC and BOC@Ge

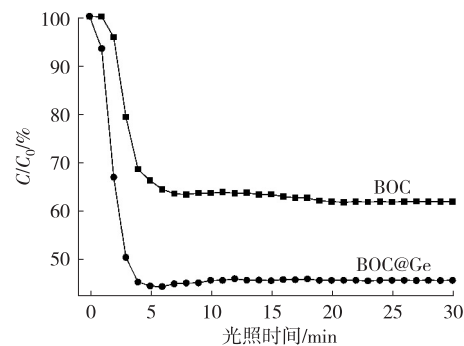


图 6 BOC 与 BOC@Ge 可见光($\lambda > 420 \text{ nm}$)催化去除 NO 的活性

Fig. 6 Visible-light($\lambda > 420 \text{ nm}$) photocatalytic activity of BOC and BOC@Ge for removal of NO

致 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯纳米复合物表现出显著增强的可见光催化性能。

3 结论

总之,本研究以 BiCl₃ 为前驱体,以 NaOH 溶液为 pH 调节剂,以石墨烯纳米薄片为模板,采用简易的常温一步沉淀法成功制备得到 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯纳米复合物。在引入石墨烯纳米片成功构建纳米复合体系后,不仅可以增大样品的比表面积和孔容,还可以增强 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯纳米复合物对可见光的吸收和利用能力,同时石墨烯纳米薄片作为电子接收器可以明显促进光生电子-空穴对的有效分离,导致 BiOCl/Bi₁₂O₁₇Cl₂@石墨烯纳米复合物表现出更优异的可见光催化去除 NO 的性能。本研究结果不仅为构建新型非整比 Bi/O/Cl 复合物提供新思路和简易方法,还为环境净化和太阳能转化应用提供了一种新材料。

参考文献:

- [1] 王冰,赵美明,周勇,等. 光催化还原二氧化碳制备太阳燃料研究进展及挑战[J]. 中国科学:科学技术,2017,47(3): 286-296.
WANG B,ZHAO M M,ZHOU Y, et al. Recent progress and challenge in research of photocatalytic reduction of CO₂ to solar fuels[J]. Scientia Sinica Technologica,2017,47(3): 286-296.
- [2] 王泽岩,黄柏标,戴瑛. 高效光催化材料的设计与制备[J]. 中国材料进展,2017,36(1):7-16.
WANG Z Y,HUANG B B,DAI Y. Design and synthesis of highly reactive photocatalysts[J]. Materials China,2017,36(1):7-16.
- [3] 任川齐,门泉福,高晓强,等. 光催化技术在功能性空气过滤材料中的应用研究[J]. 环境工程,2015,33(2):72-75.
REN C Q,MEN Q F,GAO X Q, et al. Research on the application of photocatalytic technology for functional air filter material[J]. Environmental Engineering, 2015, 33(2): 72-75.
- [4] WANG S J,COLE L S,LI Q. Quantum-confined bandgap narrowing of TiO₂ nanoparticles by graphene quantum dots for visible-light-driven applications[J]. Chem Comm,2016, 52(59):9208-9211.
- [5] ZHANG N S,GUO Y S,WANG X, et al. A beta-Fe₂O₃ nanoparticle-assembled film for photoelectrochemical water splitting[J]. Dalton Transactions, 2017, 46(32): 10673-10677.
- [6] WANG X,XU Q,LI M R, et al. Photocatalytic overall water splitting promoted by an α - β phase junction on Ga₂O₃ [J]. Angewandte Chemie International Edition,2012, 52(52):13089-13092.
- [7] DONG F,BIAN J,SUN Y J, et al. The rapid synthesis of photocatalytic (BiO)₂CO₃ single-crystal nanosheets via an eco-friendly approach[J]. Cryst Eng Comm,2014,16:3592-3604.
- [8] WANG X C,MAEDA K,THOMAS A, et al. A metal-free polymeric photocatalyst for hydrogen production from water under visible light[J]. Nature Materials,2009,8(1):76-80.
- [9] CHU S,WANG Y,WANG C C, et al. Bandgap modulation of polyimide photocatalyst for optimum H₂ production activity under visible light irradiation[J]. International Journal of Hydrogen Energy,2013,38(25):10768-10772.
- [10] DONG F,XIONG T,SUN Y, et al. A semimetal bismuth element as a direct plasmonic photocatalyst[J]. Chemical Communications,2014,50(72):10386-10389.
- [11] SRABANTI G,NATALIE A K,LAURENCE R, et al. Conducting polymer nanostructures for photocatalysis under visible light[J]. Nature Materials, 2015, 14(5): 505-511.
- [12] DONG F,XIONG T,SUN Y J, et al. Exploration the Photocatalysis mechanism on insulators[J]. Applied Catalysis B:Environmental,2017,219:450-458.
- [13] JIANG J,ZHAO K,XIAO X Y, et al. Synthesis and facet-dependent photoreactivity of BiOCl single crystalline nanosheets[J]. Journal of the American Chemical Society, 2012, 134(10): 4473-4476.
- [14] XIONG J Y,JIAO Z B,LU G X, et al. Facile and rapid oxidation fabrication of BiOCl hierarchical nanostructures with enhanced photocatalytic properties[J]. Chemistry-A European Journal,2013,19(29):9472-9475.
- [15] LI T B,CHEN G,ZHOU C, et al. New photocatalyst BiOCl/BiOI composites with highly enhanced visible light photocatalytic performances [J]. Dalton Transactions, 2011,40(25):6751-6758.
- [16] LI K L,LEE W W,LU C S, et al. Synthesis of BiOBr, Bi₃O₄Br, and Bi₁₂O₁₇Br₂ by controlled hydrothermal method and their photocatalytic properties[J]. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers,2014,45(5): 2688-2697.
- [17] BI C J,CAO J,LINA H L, et al. Enhanced photocatalytic activity of Bi₁₂O₁₇Cl₂ through loading Pt quantum dots as a highly efficient electron capturer[J]. Applied Catalysis

- B; Environmental, 2016, 195:132-140.
- [18] HE G P, XING C L, XIAO X, et al. Facile synthesis of flower-like $\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2/\beta\text{-Bi}_2\text{O}_3$ composites with enhanced visible light photocatalytic performance for the degradation of 4-tert-butylphenol[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2015, 170/171:1-9.
- [19] XIAO X Y, JIANG J, ZHANG L Z. Selective oxidation of benzyl alcohol into benzaldehyde over semiconductors under visible light; the case of $\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ nanobelts[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2013, 142/143:487-493.
- [20] ZHANG W D, DONG X A, JIA B, et al. 2D $\text{BiOCl}/\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ nanojunction: enhanced visible light photocatalytic NO removal and in situ DRIFTS investigation[J]. Applied Surface Science, 2018, 430(2):571-577.
- [21] ZHANG W D, DONG F, XIONG T, et al. Synthesis of BiOBr -graphene and BiOBr -graphene oxide nanocomposites with enhanced visible light photocatalytic performance [J]. Ceramics International, 2014, 40(7):9003-9008.
- [22] PAN X, ZHAO Y, LIU S, et al. Comparing Graphene- TiO_2 Nanowire and Graphene- TiO_2 Nanoparticle Composite Photocatalysts [J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2012, 4(8):3944-3950.
- [23] DU A, SANVITO S, LI Z. Hybrid graphene and graphitic carbon nitride nanocomposite: gap opening, electron-hole puddle, interfacial charge transfer, and enhanced visible light response[J]. Journal of the American Chemical Society, 2012, 134(9):4393-4397.
- [24] 董帆, 李秋燕, 何詠基, 等. 微结构优化与 GO 耦合大幅提高 $(\text{BiO})_2\text{CO}_3$ 可见光催化性能[J]. 科学通报, 2015, 60(20):1915-1923.
- DONG F, LI Q Y, HO W K, et al. The mechanism of enhanced visible light photocatalysis with micro-structurally optimized and graphene oxide coupled $(\text{BiO})_2\text{CO}_3$ [J]. Chinese Science Bulletin, 2015, 60(20):1915-1923.
- [25] 陈鹏, 李红婧, 董帆, 等. 可见光诱导 Ag/AgX 等离子体光催化净化 NO 的性能与机理[J]. 科学通报, 2016, 61(32):3482-3489.
- CHEN P, LI H J, DONG F, et al. Performance and mechanism of visible-light-induced plasmonic photocatalytic purification of NO with Ag/AgX [J]. Chinese Science Bulletin, 2016, 61(32):3482-3489.
- [26] 董兴安, 何文杰, 王红, 等. $(\text{BiO})_2\text{CO}_3$ 和 N 掺杂 $(\text{BiO})_2\text{CO}_3$ 分级微球可见光催化氧化 NO 机理的原位红外光谱[J]. 科学通报, 2017, 62(22):2534-2543.
- DONG X A, HE W J, WANG H, et al. In situ FT-IR investigation on visible light photocatalytic NO oxidation mechanism with $(\text{BiO})_2\text{CO}_3$ and N-doped $(\text{BiO})_2\text{CO}_3$ hierarchical microspheres[J]. Chinese Science Bulletin, 2017, 62(22):2534-2543.

Facile Synthesis of $\text{BiOCl}/\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ @Graphene with Enhanced Visible Light Photocatalytic Performance

ZHANG Wendong^{1,2}, SUN Jianmin¹, LIANG Yi¹

- (1. Department of Scientific Research Management, Chongqing Normal University, Chongqing 401331;
2. College of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: [Purposes] Two-dimensional $\text{BiOCl}/\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ @Graphene nanocomposites, using BiCl_3 and NaOH as raw materials, and graphene as template, were synthesized by depositing $\text{BiOCl}/\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ nanosheets onto the surface of graphene at room temperature. [Methods] The as-obtained samples are characterized by XRD, SEM, TEM, HRTEM, UV-Vis DRS and BET-BJH. [Findings] The as-obtained $\text{BiOCl}/\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ @Graphene nanocomposites exhibit much higher visible light photocatalytic activity than that of pure $\text{BiOCl}/\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ nanosheets. [Conclusions] The enhanced photocatalytic activity of $\text{BiOCl}/\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ @Graphene nanocomposites resulted from the synergistic effect of the improved visible light absorption, enlarged special surface areas and pore volumes, and efficient photo-generated electron-hole pairs separation. The present work could provide a new route for the synthesis of $\text{BiOCl}/\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ based visible light photocatalysts.

Keywords: $\text{BiOCl}/\text{Bi}_{12}\text{O}_{17}\text{Cl}_2$ @Graphene; facile synthesis; visible light; photocatalytic performance

(责任编辑 许 甲)