DOI:10.7524/j.issn.0254-6108.2013.05.005

Bi₂₅ FeO₄₀ -g-C₃ N₄ 磁性催化剂的制备 及其可见光催化性能*

孙爱武^{1,2} 陈 欢¹ 宋春艳¹ 江 芳^{1**} 汪 信²

(1.南京理工大学环境与生物工程学院,南京,210094;2.南京理工大学软化学与功能材料教育部重点实验室,南京,210094)

摘 要采用水热法制备了铁酸铋(Bi₂₅FeO₄₀),将其与类石墨相氮化碳(g-C₃N₄)复合得到 Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄ 磁性光催化剂,用 X-射线衍射(XRD)、扫描电子显微镜(SEM)、BET 比表面积分析、UV-Vis 光谱和磁滞回线对 该磁性光催化剂进行了表征.考察了 Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄复合催化剂对亚甲基蓝的可见光催化降解效果.结果表 明,Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄复合催化剂对亚甲基蓝的可见光催化降解效率远高于 Bi₂₅FeO₄₀.此外,Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄ 表现出顺磁性,可通过磁选分离并回收.

关键词 Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄复合催化剂,可见光催化,磁分离,亚甲基蓝.

可见光光催化技术因具有能耗低、无二次污染等特点,在环境污染治理中发挥着越来越重要的作用.目前研究较多且活性较高的 TiO₂和 ZnO 等宽禁带半导体材料,仅在紫外光下发生光催化反应.为此,将 TiO₂进行改性^[1-2]或者研制新型催化剂使得其在可见光范围具有响应^[3-6],已成为近年来光催化领域的研究热点.

作为可见光催化剂的一种,铁酸铋材料近年来引起了研究者的广泛关注^[7-8].铁酸铋主要包括两种 晶相:软铋矿和钙钛矿^[9-10].其中,Bi₂₅FeO₄₀作为典型的软铋矿材料,较钙钛矿型铁酸铋具有更好的磁 性.研究表明^[11],单相 Bi₂₅FeO₄₀催化剂的禁带宽度为1.8 eV,在可见光照射下对甲基橙具有一定的降解 效果,但较大的催化剂加入量及较低的光催化效率限制了 Bi₂₅FeO₄₀材料在环境治理领域的应用.为了增 强铁酸铋类催化剂的光催化活性,利用其它元素掺杂或者制备复合光催化剂成为研究重点.将铁酸铋与 Gd^[12]、碳纳米管^[13-14]、石墨烯等进行掺杂,或将铁酸铋与窄能带隙的半导体复合来改变催化剂的带隙 宽度均可提高光催化活性.本课题组曾研究过新型 Bi₂₅FeO₄₀-石墨烯复合光催化剂的制备并将其用于亚 甲基蓝溶液的降解,结果显示,在可见光照射下,Bi₂₅FeO₄₀-石墨烯复合光催化剂具有良好的光催化活 性,明显优于 Bi₂₅FeO₄₀.基于上述改性方法,本研究将 Bi₂₅FeO₄₀与类石墨相氮化碳(graphitic carbon nitrides, g-C₃N₄)复合,以期获得具有更高光催化活性的可见光催化剂.

类石墨相氮化碳(g-C₃N₄)是碳氮化合物中的最稳定相,其光学带隙为 2.7 eV,被认为是具有应用 潜力的可见光催化剂^[15-16]. Ge 等^[17]利用 g-C₃N₄和 Bi₂WO₆制得 Bi₂WO₆-g-C₃N₄复合催化剂,并用于甲基 橙的光催化降解,取得了较好的效果.

本文利用混合和焙烧的方法制备了新型 $Bi_{25} FeO_{40}-g-C_3 N_4$ 复合光催化剂,以亚甲基蓝(Methylene Blue,简写为 MB)为目标污染物,考察了 $Bi_{25} FeO_{40}-g-C_3 N_4$ 的可见光催化性能.

1 实验部分

1.1 化学试剂

主要药品及试剂:硝酸铋、硝酸铁、硝酸钾为分析纯,购自成都科龙化工试剂厂;氢氧化钾、双氰胺和

²⁰¹²年12月29日收稿.

^{*}国家自然科学基金(51178223,51208257);江苏省自然科学基金(SBK201240759);江苏省环保科研课题(2012008)资助.

^{* *} 通讯联系人, E-mail:fjiang@ njust.edu.cn

亚甲基蓝为分析纯,购自国药集团化学试剂有限公司.

1.2 催化剂的制备及表征

1.2.1 催化剂的制备

(1)Bi₂₅FeO₄₀的制备

采用水热法制备 Bi₂₅FeO₄₀. 将 5 mmol Bi(NO₃)₃和 5 mmol Fe(NO₃)₃溶于稀硝酸溶液,不断搅拌条 件下将 6 mol·L⁻¹的 KOH 溶液逐滴加入,至溶液呈碱性(pH = 10),离心水洗至中性后将所得沉淀物转 移至高压反应釜中,加入 40 mL 的 KOH 溶液(2 mol·L⁻¹)和 0.1 mol 硝酸钾,强烈搅拌 10 min 后于 160 ℃条件下水热反应 6 h;将上述所得产物离心分离,分别用去离子水和无水乙醇反复洗涤,干燥后得 到 Bi₂₅FeO₄₀.

(2)g-C₃N₄的制备

采用高温焙烧双氰胺的方法制备 g-C₃N₄粉末.称取一定量的双氰胺于坩埚中,在马弗炉中500 ℃下 焙烧2 h,升温速率为10 ℃·min⁻¹;再升温至520 ℃,焙烧2 h,冷却研磨即得 g-C₃N₄粉末.

(3)Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄的制备

将上述制备的 Bi₂₅FeO₄₀与 g-C₃N₄按一定比例(30 wt%、50 wt%、70 wt%、90 wt% g-C₃N₄)研磨均匀, 在 300 ℃下焙烧 1 h 即得. 所得复合催化剂记为 Bi₂₅FeO₄₀-(*x*)g-C₃N₄,*x* 为 Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄中 g-C₃N₄的 质量百分含量.

1.2.2 催化剂的表征

X 射线衍射分析(XRD)采用北京普析通用公司 XD-3 型 X 射线衍射仪,辐射源为 Cu 靶 Kα 射线,电压 30 kV,电流 20 mA,扫描范围为 10°—70°;SEM 分析使用日本株式会社公司 JEOL JSM-6380LV 型扫描电镜,操作电压为 30 kV;BET 比表面积测试使用美国 Micromeritics 公司的 ASAP2020 型 BET 比表面积测定仪;UV-Vis 漫反射光谱在北京瑞利公司 UV1201 型光谱仪上测量,扫描波长范围为 200—800 nm;催化剂的磁性特征采用磁性测试分析(VSM 测试),所使用的振动样品磁强计型号为 Lake Shore 7410 VSM,最大磁感应强度为 2.4 T.

1.3 光催化性能的测定

光催化性能测试在 XPA-7 型石英光化学反应仪中进行,可见光光源为 500 W 氙灯.25 ℃实验条件下,取 200 mL 浓度为 0.06 mmol·L⁻¹的 MB 溶液于光催化反应器中,加入一定量的催化剂,黑暗条件下搅拌至催化剂达到吸附平衡;打开光源,稳定 5 min 后开始计时,每隔一定时间取样 1 次,经磁选分离催化剂后用可见分光光度计(VIS-7220)测定溶液中 MB 的浓度.

2 结果与讨论

2.1 材料的表征分析

图 1 为 $Bi_{25}FeO_{40}$ 、g- $C_{3}N_{4}$ 及 $Bi_{25}FeO_{40}$ -g- $C_{3}N_{4}$ 的 XRD 谱图. 由谱图可以看出,铁酸铋在 2 θ 为 24.8°、 27.7°、30.5°、33.0°、52.4°、55.7°和 61.8°出现特征衍射峰,这与软铋矿立方晶相 $Bi_{25}FeO_{40}$ (JCPDS 46-0416)^[18]的特征衍射峰一致.在g- $C_{3}N_{4}$ 的 XRD 谱图中,2 θ 位于 27.4°和 13.1°处有两个特征衍射峰,其 中,27.4°处的峰为g- $C_{3}N_{4}$ 环间堆积的(002)面的特征峰,其强度较大,而在 13.1°的峰对应的则是 g- $C_{3}N_{4}$ (100)面的特征峰^[17].对于 $Bi_{25}FeO_{40}$ -g- $C_{3}N_{4}$ 复合材料而言,铁酸铋呈现出 $Bi_{25}FeO_{40}$ 晶型,且随着 g- $C_{3}N_{4}$ 量的增加, $Bi_{25}FeO_{40}$ -g- $C_{3}N_{4}$ 复合材料的晶型变化不大.由此可见,g- $C_{3}N_{4}$ 的加入并未改变铁酸铋 的晶型结构,且该复合材料在 13.1°具有微弱的衍射峰,说明 $Bi_{25}FeO_{40}$ -g- $C_{3}N_{4}$ 复合材料保留了 $Bi_{25}FeO_{40}$ 和 g- $C_{3}N_{4}$ 的晶型.

图 2 为 g-C₃N₄、Bi₂₅FeO₄₀及 Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄复合催化剂的 SEM 图. 从图 2 可以看出,g-C₃N₄呈现无 规则的颗粒状,而 Bi₂₅FeO₄₀中大部分材料表现出规则的立方型,少量呈无序状. 随着 g-C₃N₄加入量增 加,复合材料中不规则粒子增多,这可能是由于 g-C₃N₄的加入使 Bi₂₅FeO₄₀的分散性发生了变化,部分区 域 Bi₂₅FeO₄₀颗粒团聚在一起,整体不规则度增加.



图 1 g-C₃N₄、Bi₂₅FeO₄₀及 Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄复合催化剂的 XRD 谱图 Fig. 1 XRD patterns of g-C₃N₄, Bi₂₅FeO₄₀ and Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄ composite photocatalysts



图 2 g-C₃N₄、Bi₂₅FeO₄₀及 Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄复合催化剂的 SEM 图 Fig. 2 SEM images of g-C₃N₄, Bi₂₅FeO₄₀ and Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄ composite photocatalysts

表1列出了几种催化剂的比表面积. 从表1可以看出,g-C₃N₄的比表面积较小,仅为4.4 m²·g⁻¹,与 文献报道的8.0 m²·g⁻¹接近^[19]. Bi₂₅FeO₄₀的比表面积为67.6 m²·g⁻¹,结合 SEM 图可以发现,Bi₂₅FeO₄₀粒 子呈立方块,且相对较小,因此具有更大的比表面积. 比较几种不同复合比例的 Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄材料, 随着 g-C₃N₄含量的增加,比表面积逐渐减小.

Table 1 BET surface area of $g-C_3N_4$, $Bi_{25}FeO_{40}$ and $Bi_{25}FeO_{40}-g-C_3N_4$ composite photocatalysts					
催化剂	$BET/(m^2 \cdot g^{-1})$	催化剂	BET/($m^2 \cdot g^{-1}$)		
$g-C_3N_4$	4.4	${ m Bi}_{25}{ m FeO}_{40}$ -(50)g-C ₃ N ₄	31.4		
$\operatorname{Bi}_{25}\operatorname{FeO}_{40}$	67.6	${ m Bi}_{25}{ m FeO}_{40}$ - (70) g-C ₃ N ₄	5.9		
${\operatorname{Bi}}_{25}\operatorname{FeO}_{40}$ - (30) g-C ₃ N ₄	41.0	${\rm Bi}_{25}{ m FeO}_{40}$ -(90)g-C ₃ N ₄	< 5.0		

表 1 g-C₃N₄、Bi₂₅FeO₄₀及 Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄复合催化剂的比表面积 **ble 1** BET surface area of g-C₂N₄、Bi₂₅FeO₄₀ and Bi₂₅FeO₄₀-g-C₂N₄ composite photoc:

UV-Vis 光谱可用来检测半导体能带结构,表2列出了由 UV-Vis 吸收光谱得到的 Bi25 FeO40、g-C3N4

和Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄复合光催化剂的光吸收阈值 λ_{g} 和带隙能 E_{g} .g-C₃N₄的带隙能为 2.72 eV, Bi₂₅FeO₄₀的 吸收阈值为 688 nm, 计算得到带隙能为 1.80 eV. 不同 g-C₃N₄含量的复合催化剂 Bi₂₅FeO₄₀-(30)g-C₃N₄、 Bi₂₅FeO₄₀-(70)g-C₃N₄和 Bi₂₅FeO₄₀-(90)g-C₃N₄对应的带隙能分别为 1.78、1.76、 1.74 和 1.75 eV. 由此可见, 随着 g-C₃N₄含量由 30% 增大至 70%, Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄复合材料的带隙能减 小. 而当 g-C₃N₄含量进一步增大为 90% 时, Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄复合材料的带隙能有所增加, 这是因为 g-C₃N₄含量过高时, g-C₃N₄不能均匀分布于 Bi₂₅FeO₄₀表面, 从而导致电子转移受到抑制^[17].

Table 2 λ_{g} and E_{g} of g-C ₃ N ₄ , Bi ₂₅ FeO ₄₀ and Bi ₂₅ FeO ₄₀ -g-C ₃ N ₄							
催化剂	$\lambda_{ m g}/ m nm$	$E_{\rm g}/{\rm eV}$	催化剂	$\lambda_{\rm g}/{\rm nm}$	$E_{\rm g}/{\rm eV}$		
g-C ₃ N ₄	456	2.72	${ m Bi}_{25}{ m FeO}_{40}$ -(50)g-C ₃ N ₄	703	1.76		
$\operatorname{Bi}_{25}\operatorname{FeO}_{40}$	688	1.80	${\operatorname{Bi}}_{25}\operatorname{FeO}_{40}$ -(70)g-C ₃ N ₄	712	1.74		
${ m Bi}_{25}{ m FeO}_{40}$ -(30)g-C ₃ N ₄	696	1.78	$\rm Bi_{25} FeO_{40} (90) gC_3 N_4$	708	1.75		

表 2 g-C₃N₄、Bi₂₅FeO₄₀及 Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄复合催化剂的光吸收阈值 λ_{g} 和带隙能 E_{g}

图 3 为 $Bi_{25}FeO_{40}$ 及 $Bi_{25}FeO_{40}$ -g- $C_{3}N_{4}$ 复合催化剂的磁滞回线. 从图 3 可以看出, $Bi_{25}FeO_{40}$ 的饱和磁化 强度为 4. 67 emu · g⁻¹, 为顺磁材料. 当掺杂一定量的 g- $C_{3}N_{4}$ 后, $Bi_{25}FeO_{40}$ -g- $C_{3}N_{4}$ 复合材料的磁化强度有 所减少. 不同 g- $C_{3}N_{4}$ 含量的 $Bi_{25}FeO_{40}$ -(30) g- $C_{3}N_{4}$ 、 $Bi_{25}FeO_{40}$ -(50) g- $C_{3}N_{4}$ 、 $Bi_{25}FeO_{40}$ -(70) g- $C_{3}N_{4}$ 和 $Bi_{25}FeO_{40}$ -(90) g- $C_{3}N_{4}$ 的饱和磁化强度分别为 2. 16、1. 70、1. 13 和 0. 36 emu · g⁻¹. 当 g- $C_{3}N_{4}$ 含量大于 70%时,复合材料的磁性下降较明显,已不能够通过外加磁场进行固液分离;而当 g- $C_{3}N_{4}$ 含量小于 50% 时, $Bi_{25}FeO_{40}$ -g- $C_{3}N_{4}$ 复合材料的磁性较 $Bi_{25}FeO_{40}$ 有一定程度的减弱,但其仍为顺磁性材料. 在外加磁场 条件下, $Bi_{25}FeO_{40}$ -(50) g- $C_{3}N_{4}$ 在 2 min 之内能达到固液分离的目的,分离效果见图 3 中的插图.



图 3 Bi₂₅FeO₄₀及 Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄的磁滞回线(插图为 Bi₂₅FeO₄₀-(50)g-C₃N₄的磁选分离图) **Fig. 3** VSM images of Bi₂₅FeO₄₀ and Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄ composite photocatalysts The insert is the magnetic separation pictures of Bi₂₅FeO₄₀-(50)g-C₃N₄

2.2 光催化活性

图 4 为 Bi₂₅FeO₄₀和 Bi₂₅FeO₄₀-(50)g-C₃N₄对 MB 的可见光催化降解效果. 从图 4 (a)可以看出,光催 化反应 180 min 后,Bi₂₅FeO₄₀和 Bi₂₅FeO₄₀-(50)g-C₃N₄分别将 0.06 mmol·L⁻¹的 MB 降解了 39.5% 和 69.3%. 由此可见,Bi₂₅FeO₄₀-(50)g-C₃N₄复合材料的光催化效果明显优于 Bi₂₅FeO₄₀. 而没有加催化剂的 MB 溶液在可见光照射 180 min 后,几乎没有降解.

对 MB 降解结果进行动力学拟合,其反应过程符合一级动力学模型:

$$r = -\frac{\mathrm{d}C_i}{\mathrm{d}t} = kC_i \tag{1}$$

$$\ln C_0 / C_t = kt \tag{2}$$

其中,r为反应速率, C_i 为反应时间 t时反应液中 MB 的浓度, C_0 为吸附平衡后开始光催化反应时的 MB 初始浓度,k为反应速率常数.

一级动力学的拟合结果如图 4 (b) 所示. 从图中可以看到, $\ln(C_0/C_t)$ 和 t 呈现了较好的线性关系 ($R^2 \ge 0.99$). 曲线的斜率代表其一级反应速率常数 k. 经分析得出: Bi₂₅ FeO₄₀-(50) g-C₃ N₄ 的 k 为 0.0052 min⁻¹, 而 Bi₂₅ FeO₄₀ 的 k 为 0.0029 min⁻¹, 表明复合材料 Bi₂₅ FeO₄₀-(50) g-C₃ N₄ 的光催化活性较 Bi₂₅ FeO₄₀有了较大程度的提高.



图 4 Bi₂₅FeO₄₀和 Bi₂₅FeO₄₀-(50)g-C₃N₄光催化去除 MB 的效果 (a) 历时曲线,(b) 拟合曲线

 $\label{eq:FeO40} Fig.\,4 \quad \mbox{Photocatalytic MB degradation over the } Bi_{25}\mbox{FeO}_{40}\mbox{ and } Bi_{25}\mbox{FeO}_{40}\mbox{-}(50)\mbox{ g-}C_3\mbox{N}_4$

为了更好地阐明 Bi₂₅FeO₄₀-(50)g-C₃N₄光催化降解 MB 的机制,对不同初始浓度的 MB 溶液进行了 光催化反应.在光催化反应中,除了考察催化剂对污染物的降解效率外,催化反应的初始降解速率也是 尤为重要的参数,其大小反应了催化剂的活性大小.对于大多数光催化反应而言,其初始降解速率主要 取决于催化剂表面所吸附的污染物浓度,并且符合 Langmuir-Hinshewood 模型.图 5(a)为初始降解速率 随着 MB 初始浓度的变化曲线,当 MB 的初始浓度由 0.03 mmol·L⁻¹增加到 0.19 mmol·L⁻¹时,光催化初 始反应速率 r_0 由 0.047 mmol·L⁻¹·g⁻¹·h⁻¹提高到 0.059 mmol·L⁻¹·g⁻¹·h⁻¹.在低浓度范围内,初始降解速 率随着初始浓度的增大而增大,高浓度时,初始速率变化较缓慢,最终不再随浓度变化而增大.这一现象 可用 Langmuir-Hinshewood 模型来拟合,Langmuir-Hinshewood 模型如下所示:

$$r_0 = -\frac{dC_0}{dt} = k \frac{bC_0}{1 + bC_0}$$
 (3)

$$\frac{1}{r_0} = \frac{1}{kb} \frac{1}{C_0} + \frac{1}{k}$$
(4)

其中,r₀是初始浓度为 C₀时的初始降解速率,k 为反应速率常数,b 为 MB 在催化剂表面吸附平衡常数.



图 5 (a) MB 初始浓度对光催化活性的影响,(b) 1/r₀与 1/C₀的关系曲线

Fig. 5 (a) Initial MB degradation rates as a function of initial MB concentration and (b) linear plot of $1/r_0$ versus $1/C_0$

通过对初始速率的倒数 $1/r_0$ 与初始浓度的导数 $1/C_0$ 的关系作图可以发现, $1/r_0$ 与 $1/C_0$ 之间呈现了 良好的线性关系($R^2 \ge 0.99$), 如图 5(b). 这表明 Bi₂₅ FeO₄₀-(50)g-C₃N₄ 光催化降解 MB 的过程符合 Langmuir-Hinshewood 模型, 表明 MB 在催化剂表面的吸附是光催化反应的控制步骤, 光催化反应速率与 吸附在催化剂表面的 MB 浓度呈正比.

图 6 (a) 对比了不同 g-C₃N₄含量的 Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄对 MB 的光催化降解效果的影响. 从图 6 可以 看出,随着 g-C₃N₄含量由 30% 增大到 70%, Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄复合材料对 MB 的光催化降解效率不断增 大; 而当 g-C₃N₄含量进一步增大为 90% 时, Bi₂₅FeO₄₀-(90) g-C₃N₄对 MB 的光催化降解效率减小. 图 6 (b)为 g-C₃N₄含量对光催化降解速率的影响,当 g-C₃N₄含量由 30% 增大至 90% 时,光催化降解速 率不断增大至最高点后下降. 这主要是由于随着 g-C₃N₄含量的增加, g-C₃N₄转移电子的能力提高, 减小 了光催化剂中电子和空穴的复合, 有利于光催化活性的提高; 但当 g-C₃N₄含量过高时, 复合催化剂的比 表面积显著降低(表 1), 造成吸附在催化剂表面的污染物减少, 导致光催化活性的降低. 因此, 复合催化 剂的光催化效率是由光量子产率和污染物在催化剂表面的吸附量共同决定的.



图 6 g-C₃N₄含量对 Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄光催化降解 MB 效率(a) 和初始降解速率(b)的影响 **Fig. 6** Influence of g-C₃N₄content on MB degradation efficiency (a) and initial MB degradation rates (b)

3 结论

(1)利用类石墨相氮化碳(g-C₃N₄)和铁酸铋(Bi₂₅FeO₄₀)复合制备得到 Bi₂₅FeO₄₀-(50)g-C₃N₄材料, 用于 MB 的可见光催化降解可取得较好的效果.

(2)Bi25FeO40-(50)g-C3N4复合光催化剂具有良好的磁性特征,可通过外加磁场固液分离.

(3) Bi₂₅FeO₄₀-(50)g-C₃N₄可见光催化降解 MB 的过程符合 Langmuir-Hinshewood 模型,表明光催化 反应速率与吸附在催化剂表面的 MB 浓度呈正比.

参考文献

- [1] Xu J H, Wang W Z, Sun S M, Enhancing visible-light-induced photocatalytic activity by coupling with wide-band-gap semiconductor: A case study on Bi₂WO₆/TiO₂[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2012,111-112: 126-132
- [2] 方艳芬, 兰天龙, 郑云, 等. 碘铈共掺杂纳米 TiO₂的制备及可见光光催化性能[J]. 环境化学, 2012,31(2):135-143
- [3] 王春根,陈建林,安凤霞,等. SnWO4可见光催化降解甲基橙研究[J]. 环境化学, 2011, 30(9): 1564-1568
- [4] 陈亚,陈建林,姚三丽,等. Bi₂MoO₆可见光催化去除 4BS 染料实验研究[J]. 环境化学, 2009, 28(6): 809-812
- [5] Li Q, Guo B D, Yu J G, et al. Highly efficient visible-light-driven photocatalytic hydrogen production of CdS-cluster-decorated graphene nanosheets [J]. Journal of the American Chemical Society, 2011,133(28): 10878-10884
- [6] Zhang Z J, Wang W Z, Yin W Z, et al. Inducing photocatalysis by visible light beyond the absorption edge: Effect of upconversion agent on the photocatalytic activity of Bi₂WO₆[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2010,101(1/2): 68-73
- Xu Q Y, Zheng X H, Wen Z, et al. Enhanced room temperature ferromagnetism in porous BiFeO₃ prepared using cotton templates [J].
 Solid State Communications, 2011,151: 624-627
- [8] 曹枫, 唐培松, 陈海锋, 等. 溶胶-凝胶法制备铁酸铋及其可见光催化性能[J]. 稀有金属材料与工程, 2010, 39: 422-425

- [10] Gao F, Chen X Y, Yin K B, et al. Visible-light photocatalytic properties of weak magnetic BiFeO₃ nanoparticles [J]. Advanced Materials, 2007, 19: 2889-2892
- [11] Li J M, Song J Y, Chen J G, et al. PVA (Polyvincyl Acohol)-assisted hydrothermal preparation of Bi₂₅ FeO₄₀ and its photocatalytic activity [J]. Materials Research Society Symposium Proceedings, 2010,1217:1217-Y03-22
- [12] Guo R Q, Fang L, Dong W. Enhanced photocatalytic activity and ferromagnetism in Gd doped BiFeO₃ nanoparticles [J]. Journal of Physical Chemistry C, 2010,114: 21390-21396
- [13] Zang Y Y, Xie D, Chen Y. Electrical and thermal properties of a carbon nanotube/polycrystalline BiFeO₃/Pt photovoltaic heterojunction with CdSe quantum dots sensitization [J]. Nanoscale, 2012,4:2926-2930
- [14] 李鑫,何世育,李忠.碳纳米管改性铁酸铋光催化还原 CO2合成甲醇[J]. 硅酸盐学报, 2009, 37(11): 1869-1872
- [15] Song L M, Zhang S J, Wu X Q, et al. Graphitic C₃N₄ photocatalyst for esterification of benzaldehyde and alcohol under visible light radiation [J]. Industrial and Engineering Chemistry Research, 2012,51(28):9510-9514
- [16] Wang X C, Blechert S, Antonietti M. Polymeric graphitic carbon nitride for heterogeneous photocatalysis [J]. ACS Catalysis, 2012, 2 (8):1596-1606
- [17] Ge L, Han C C, Liu J. Novel visible light-induced g-C₃N₄/Bi₂WO₆ composite photocatalysts for efficient degradation of methyl orange
 [J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2011,108-109:100-107
- [18] Chen C, Cheng J R, Yu S W, et al. Hydrothermal synthesis of perovskite bismuth ferrite crystallites [J]. Journal of Crystal Growth, 2006,291:135-139
- [19] Wang X C, Maeda K, Chen X F, et al. Polymer semiconductors for artificial photosynthesis: Hydrogen evolution by mesoporous graphitic carbon nitride with visible light [J]. Journal of the American Chemical Society, 2009,131:1680-1681

Preparation of magnetic Bi₂₅FeO₄₀-g-C₃N₄ catalyst and its high visible-light photocatalytic performance

 SUN Aiwu^{1, 2}
 CHEN Huan¹
 SONG Chunyan¹
 JIANG Fang^{1*}
 WANG Xin²

 (1. School of Environmental and Biological Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing, 210094, China;
 2. Key Laboratory of Soft Chemistry and Functional Materials, Nanjing University of Science and Technology,

Ministry of Education, Nanjing, 210094, China)

ABSTRACT

Magnetic $Bi_{25}FeO_{40}$ -g- C_3N_4 visible-light photocatalysts were prepared via the mixture and calcination of graphitic carbon nitrides (g- C_3N_4) and $Bi_{25}FeO_{40}$ synthesized by the hydrothermal methods. $Bi_{25}FeO_{40}$ -g- C_3N_4 catalysts were characterized by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), Brunauer-Emmett-Teller (BET) surface area analysis, UV-vis absorbance and magnetic hysteresis loop measurements. The results showed that $Bi_{25}FeO_{40}$ -g- C_3N_4 composite photocatalyst exhibited prominently enhanced photocatalytic activity for the degradation of Methylene Blue (MB) under visible-light irradiation than that of $Bi_{25}FeO_{40}$. Additionally, the $Bi_{25}FeO_{40}$ -g- C_3N_4 composite was superparamagnetic, and could be readily recovered in an external magnetic field.

 $\label{eq:Keywords: Bi} Keywords: Bi_{25} FeO_{40} \text{-g-C}_3N_4 \text{ photocatalyst, visible-light photocatalysis, magnetic separation, Methylene Blue.}$