

SiO₂/Ag 复合微球的制备及光催化性能研究

魏琦,周彬,杨帆,汪洋

(浙江理工大学理学院,杭州 310018)

摘要:采用水热法在 SiO₂ 纳米微球表面修饰 Ag 纳米颗粒,制备二元 SiO₂/Ag 复合微球(SiO₂/Ag CMs)。通过改变 AgNO₃ 用量,调控 Ag 纳米颗粒的尺寸及分布,并利用透射电子显微镜、X 射线衍射等技术探究产物的表面形貌、微观结构及组成。相比于单分散性的 SiO₂ 微球和 Ag 纳米颗粒, SiO₂/Ag CMs 的光吸收峰发生明显红移,且具有较宽的 SPR 光吸收范围。以亚甲基蓝(MB)为有机染料模型,研究 SiO₂/Ag CMs 对 MB 的光催化降解性能,结果表明: SiO₂/Ag CMs 光催化剂催化性能优于 SiO₂ 纳米微球及 Ag 纳米颗粒;当 AgNO₃ 用量为 0.10 g 时所制备的 SiO₂/Ag CMs 表现出较为优异的光催化活性,且在可见光照射 80 min 时其催化效率达到 97.7%。

关键词:水热法; SiO₂/Ag 复合微球; 催化性能

中图分类号: TB33

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851 (2017) 06-0810-07

0 引言

半导体光催化剂能够利用太阳能来解决目前的能源与环境问题,受到了广泛的关注^[1-7]。然而,半导体材料在可见光区低的光催化效率和高的载流子复合率限制了其进一步应用^[8-9]。为了解决这一问题,许多研究者致力于二元、三元及多元等复合微球光催化剂的制备,以提高其光催化效率^[10-12]。相对于一元光催化剂,二元、三元及多元等复合微球材料不仅可降低纳米颗粒催化剂发生聚集、迁移的机率,还能增强电子传输能力,改善催化剂的催化性能。氧化物/贵金属二元复合微球材料作为一种特殊的光催化剂,在充分发挥各组分性能的同时产生协同效应,使其达到对反应物进行吸附、传输和释放的效果,因此在生物、医药和光催化等诸多领域展现出巨大的应用前景。

SiO₂ 是一种新型的无机氧化物材料,由于本身具有高比表面积、大量孔道结构以及化学稳定性、热稳定性和表面强吸附性等特性,而被认为是较为理想的惰性载体和模板材料。因此, SiO₂ 作为新材

料、复合材料体系中的有效载体与模板,可以在其表面修饰贵金属纳米颗粒,制备具有良好球形度和均匀性的复合结构。该结构具有更好的物化性能,兼具 SiO₂ 和贵金属的特性;同时以 SiO₂ 为载体相对于贵金属而言节省了其使用量,具有较高的经济效益和潜在的应用价值^[13]。与此同时,贵金属 Ag 纳米颗粒作为一种应用广泛的金属材料,具有优异的导电性、化学稳定性等物化性能,而且在可见光范围内具有表面等离子共振(SPR)响应,是目前降解有机污染物的一种新型光催化剂^[14-15]。然而, Ag 纳米颗粒具有较大的比表面积和高表面能,在实际应用中会因范德华作用力而引起团聚,严重影响其应用性能^[16-17]。SiO₂ 是一种惰性载体,结构非常稳定,易于阻止纳米颗粒之间的团聚。在所负载的 Ag 纳米颗粒的催化剂中, Ag 是主要的活性中心,要获得高催化性就必须使 Ag 纳米颗粒均匀分散在载体上。因此,以 SiO₂ 氧化物为载体,贵金属 Ag 纳米颗粒为负载体,使 Ag 纳米颗粒均匀分散在 SiO₂ 微球表面,形成二元 SiO₂/Ag CMs,在充分发挥各组分性能的同时,不仅有利于解决 Ag 纳米颗粒的团

聚性问题,还有利于提高其光催化活性,而且应用简单,易于从反应体系分离。

本文以 SiO₂ 纳米微球作为载体,以 AgNO₃ 为 Ag 纳米颗粒的前驱物,在高温高压条件下通过水热法制备二元 SiO₂/Ag CMs。以 SiO₂/Ag CMs 作为催化剂,催化降解亚甲基蓝(MB)溶液,并探讨催化剂的催化性能。

1 实验

1.1 试剂与材料

正硅酸乙酯(TEOS)、氨水(NH₃·H₂O)、无水乙醇(EtOH)、AgNO₃(≥99.8%)、聚乙烯吡咯烷酮(PVP)、抗坏血酸(C₆H₈O₆, AA)和氢氧化钠(NaOH)均为分析纯,由阿拉丁试剂有限公司生产。

1.2 SiO₂/Ag CMs 的制备

将 100 mL H₂O、100 mL EtOH 和 30 mL NH₃·H₂O 混合加入 250 mL 的圆底烧瓶中,在磁力搅拌作用下搅拌 15 min,使之形成均匀的混合液。然后加入 5 mL 的 TEOS,5 min 后混合液由澄清变为乳白色溶液,这表明 SiO₂ 胶粒开始形成。将上述混合液在室温下搅拌 24 h,反应后将其离心、洗涤,置于干燥箱中 70 °C 干燥备用。经 SEM 尺寸与图像处理软件(SmileView)测量分析,最终得到粒径为 250~260 nm 的均匀的、单分散性 SiO₂ 微球。

取 0.5 g 干燥后的 SiO₂ 纳米微球和 1.0 g PVP 加入 13 mL EtOH 中超声分散,形成 A 液。然后,取一定量的 AgNO₃ (用量分别为 0.06 g、0.10 g 和 0.14 g,所制备的样品分别标记为 SA1、SA2 和 SA3) 加入 H₂O 和 NH₃·H₂O 的混合液中,形成均一、透明溶液,记为 B 液。将 A 液和 B 液混合,磁力搅拌使其充分分散。最后将其混合液放入聚四氟乙烯反应釜中 120 °C 反应 12 h,依次用去离子水和乙醇离心洗涤各 2 次,得到 SiO₂/Ag CMs。

1.3 Ag 纳米颗粒的制备

将 0.8 g PVP 加入 5×10⁻⁴ M、80 mL 的 AA 溶液中搅拌 15 min,把 0.1 M、1.4 mL 的 NaOH 溶液加入上述混合液中,继续磁力搅拌 15 min;然后再加入 0.8 mL、0.1 M AgNO₃ 溶液,在 30 °C 水浴条件下反应 15 min。反应后将其混合液在 80 °C 水浴中陈化 30 min,得到灰黄色 Ag 溶胶,最后将 Ag 溶胶置于干燥箱中干燥后得到 Ag 纳米颗粒。

1.4 光催化性能测试方法

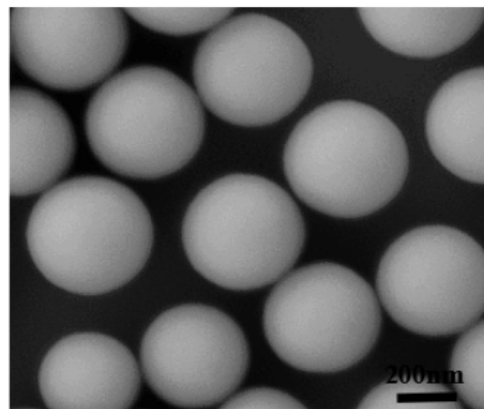
以亚甲基蓝(MB)溶液为检测剂,研究 SiO₂/Ag CMs 的光催化性能。将 0.04 g 的光催化剂加

入 2×10⁻⁵ M、100 mL 的 MB 溶液中。在光照射之前,将悬浮液在暗态环境下搅拌 30 min,以达到光催化剂与 MB 分子之间的吸附平衡。然后将 300 W 氙灯(λ>400 nm)放置在距离悬浮液 10 cm 的位置处,将其作为可见光光源。在光催化过程中,悬浮液要不断进行搅拌并通入循环水,以保证悬浮液温度在室温状态。每间隔 20 min 抽取 3 mL 的反应液进行离心,移除反应液中的光催化剂颗粒,并采用 Hitachi U-3900 型紫外-可见(UV-Vis)分光光度计测试 MB 溶液的吸光度。MB 溶液的光吸收峰在 664 nm 处,被用来评估光催化剂的催化效率。

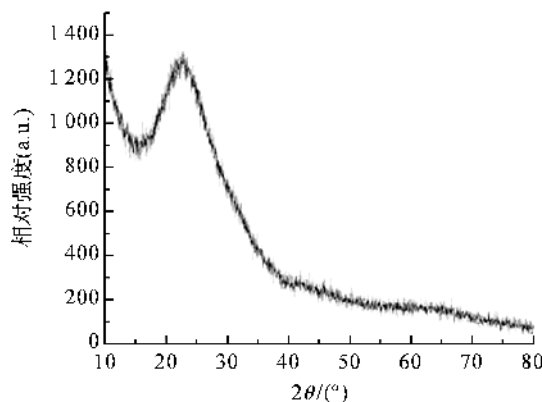
2 结果与讨论

2.1 SiO₂ 及 SiO₂/Ag CMs 的形貌和微观结构

图 1 为 SiO₂ 纳米微球的 SEM 和 XRD 图谱。由图 1(a)分析表明, SiO₂ 纳米球尺寸分布较为均匀,直径在 250~260 nm 范围内,微球表面光滑,具有较好的单分散性,且产物中几乎无杂质粒子出现。图 1(b)XRD 图谱表明 SiO₂ 为非晶态,且不存在其它杂峰,说明该产物中不存在其它杂质。



(a) SiO₂微球的SEM图片



(b) SiO₂微球的XRD图谱

图1 SiO₂ 纳米微球的 SEM 图及 XRD 图谱

以 AgNO_3 为 Ag 纳米颗粒的前驱溶液合成 SiO_2/Ag CMs, 其微观结构与成分如图 2 所示。图 2(a) 为 SiO_2 微球的 TEM, 其表面光滑, 无其他物质。 SiO_2/Ag CMs 的 TEM 如图 2(b) 所示, 与原始图 2(a) 中 SiO_2 微球不同, SiO_2/Ag CMs 表面形貌发生了很大的变化, 有大量的纳米颗粒吸附在 SiO_2 表面。图 2(c) 为 SiO_2/Ag CMs 的 XRD 图谱, 分析表明在 2θ 为 $30^\circ \sim 85^\circ$ 范围呈现出五个衍射峰, 这些衍射峰分别归属于 Ag 的 (111)、(200)、(220)、

(311) 和 (222) 晶面的衍射峰, 这表明在 SiO_2 微球表面形成了具有面心立方结构的 Ag 纳米颗粒。除此之外, 图 2(d) 中 EDS 分析表明在所制备的 SiO_2/Ag CMs 中含有 Ag 成分存在。图 2(f) 是在图 2(e) 中所选红色区域的 HRTEM 图谱, 分析计算得到立方结构 Ag 纳米颗粒的晶格间距为 0.235 nm, 相对应与 Ag 的 (111) 晶面。因此, 综合 TEM、XRD、EDS 和 HRTEM 分析表明, 有大量 Ag 纳米颗粒在 SiO_2 微球表面形成。

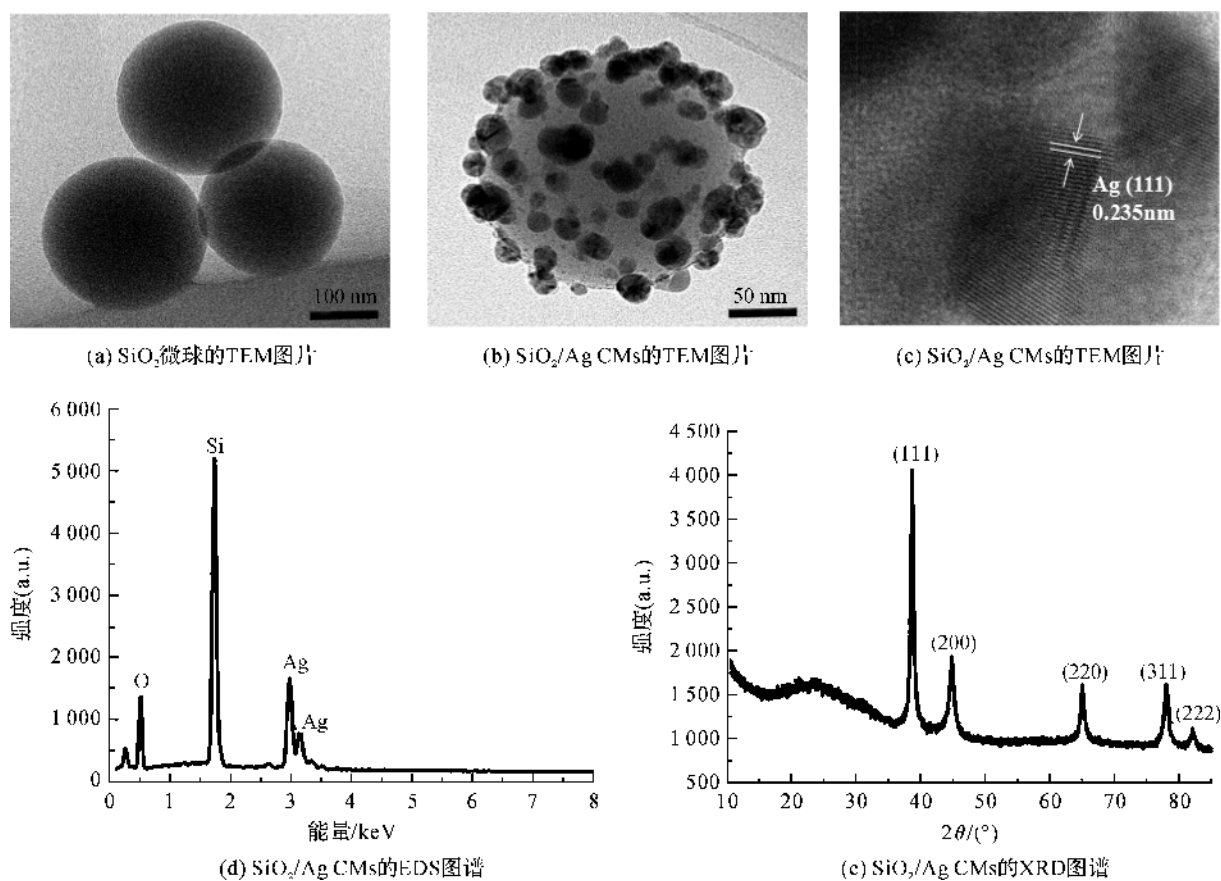
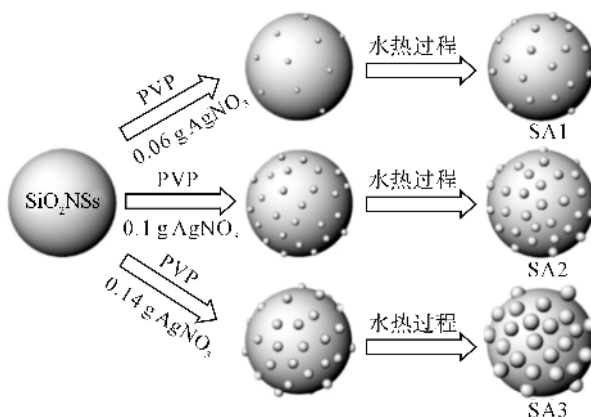
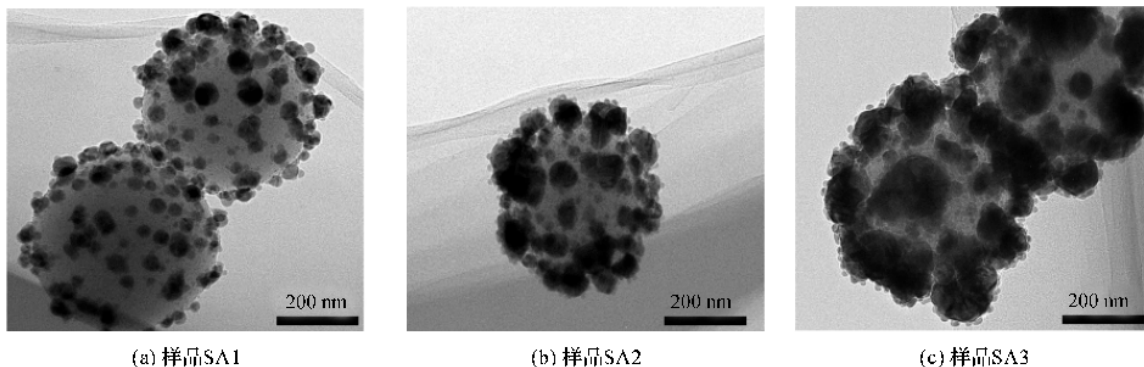


图 2 SiO_2 纳米微球及 SiO_2/Ag CMs 的微观结构图

SiO_2/Ag CMs 的形成过程如图 3 所示。 SiO_2 的等电点位于 pH 值为 2 处, 当 pH 值大于 2 时, SiO_2 表面带负电。在碱性条件下, SiO_2 纳米微球表面的 Si—O 键被破坏, 从而形成 $-\text{SiO}^-$ 基团, 使其产生大量的表面电荷^[18-19]。因此, 在弱碱性环境中 SiO_2 纳米微球表面形成大量功能化的 $-\text{SiO}^-$ 基群, 使其表面带有负电性, 在静电吸引的作用下, 正电性的 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 或 Ag^+ 与 $-\text{SiO}^-$ 相互作用, 吸附在 SiO_2 微球表面, 通过还原剂被逐渐还原为 Ag 种子。在后续水热过程中, Ag 种子逐步实现结晶化, 通过原位生长使其形成 SiO_2/Ag CMs。在此过程

中, 通过调控 AgNO_3 的含量来研究 SiO_2/Ag CMs 的形貌分布及性能。图 4 显示了不同 AgNO_3 含量 SiO_2/Ag CMs 的 TEM 图谱。当 AgNO_3 含量为 0.06 g 时, SiO_2 表面有少许细小的 Ag 纳米颗粒形成, 修饰密度较小, 如图 4(a) 所示; 当 AgNO_3 含量为 0.10 g 时, SiO_2 表面覆盖有大量尺寸 (30 ~ 40 nm) 较为均一、修饰密度较大的 Ag 纳米颗粒, 如图 4(b) 所示; 随 AgNO_3 含量进一步增加到 0.14 g 时, 大量 Ag 种子在 SiO_2 表面富集, 在水热过程中以 Ag 种子自身为核逐步生长, 形成的 Ag NPs 尺寸较大 (大于 50 nm), 如图 4(c) 所示。

图3 SiO₂/Ag CMs的形成过程图4 不同AgNO₃含量的SiO₂/Ag CMs的TEM图片

2.2 SiO₂及SiO₂/Ag的UV-Vis吸收光谱分析

图5为SiO₂、Ag及SiO₂/Ag CMs的UV-Vis光吸收图谱。由图5分析表明, SiO₂纳米微球没有明显的吸收峰。对于Ag纳米颗粒, 在可见光区416 nm处检测到SPR吸收峰, 且峰型相对较窄。对于SiO₂/Ag CMs, SA1、SA2及SA3的SPR吸收峰位置分别为435、464和451 nm, 相对于Ag纳米颗粒的吸收峰发生明显红移, 且具有更长的光吸收范围(400~800 nm)。对于SA3, 由于SiO₂表面修饰的Ag纳米颗粒尺寸较大, SPR效应较弱, 使其吸收峰相对减弱。就SA2而言, SPR吸收峰均比SA1、SA3大, 且其SPR吸收峰从可见光区延长至近红外光区(400~800 nm)。这表明当贵金属Ag纳米颗粒与SiO₂相接触时, 产生了表面电磁耦合^[20]。在电磁耦合的作用下增强了电子云的极性, 降低了等离子共振的能量, 使SPR吸收峰从416 nm红移到464 nm处。除此之外, 电介质SiO₂的存在改变了Ag纳米颗粒周围的介电环境, 增加了Ag纳米颗粒之间电磁耦合性, 导致SPR吸收峰红移。同时, 由于SiO₂具有较大的折射率(1.45), 与Ag纳米颗粒形成复合微球, 进一步促进了SPR红移。另一方面, 当贵金属纳米颗粒尺寸小于电子平均自由程时, 电子约束效应会影响金属的介

电函数, 从而改变SPR的线性关系。由图4(b)TEM分析可知, SA2试样中Ag纳米颗粒团聚较弱, 分布均匀且尺寸小于块体Ag的电子平均自由程, 因此SA2表现出更大的SPR吸收峰红移程度(464 nm)及更长的光吸收范围(400~800 nm)。

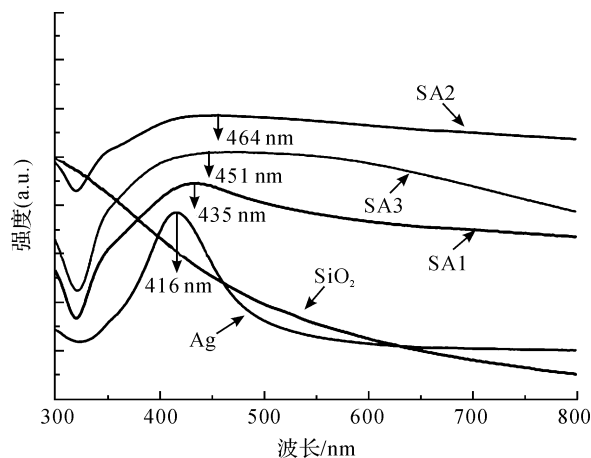


图5 不同样品的UV-Vis吸收光谱图

2.3 SiO₂/Ag的光催化性能

光催化是一种有效衡量光能与化学能之间转化效率的方法。由于SiO₂/Ag CMs具有较长的光吸收范围, 推测其在光激性过程中会产生大量的载流子, 有利于光催化过程。这个推测能够通过SiO₂/

Ag CMs 对有机污染物的光催化降解效率得到证实。MB 是一种典型的有机染料,能够利用催化剂在光照条件下对其进行催化降解,且降解速率可通过 UV-Vis 吸收光谱的特征吸收峰强度进行表征。MB 水溶液的特征吸收峰位于 664 nm 处,因此在相同的实验条件下,SiO₂ 纳米微球、Ag 纳米颗粒及 SiO₂/Ag CMs (SA1、SA2、SA3) 五种光催化剂被应用对 MB 进行光催化降解。当在 MB 中加入 SiO₂ 纳米微球、Ag 纳米颗粒催化剂时,MB 在 664 nm 处

的特征吸收峰无明显变化,如图 6(a)、图 6(b)所示。在 MB 中分别加入相同质量催化剂 SA1、SA2 和 SA3,并测试反应过程中溶液 UV-Vis 吸收光谱的变化,如图 6(c)~(e)所示。与 SiO₂ 纳米微球、Ag 纳米颗粒的 UV-Vis 吸收光谱变化相比,这三种催化剂能在相同的时间内具有更好的催化效率,且加入样品 SA2 时,MB 在 664 nm 处特征吸收峰在 80 min 时较低(图 6(d)),表明样品 SA2 具有较好的光催化活性和较高的催化效率。

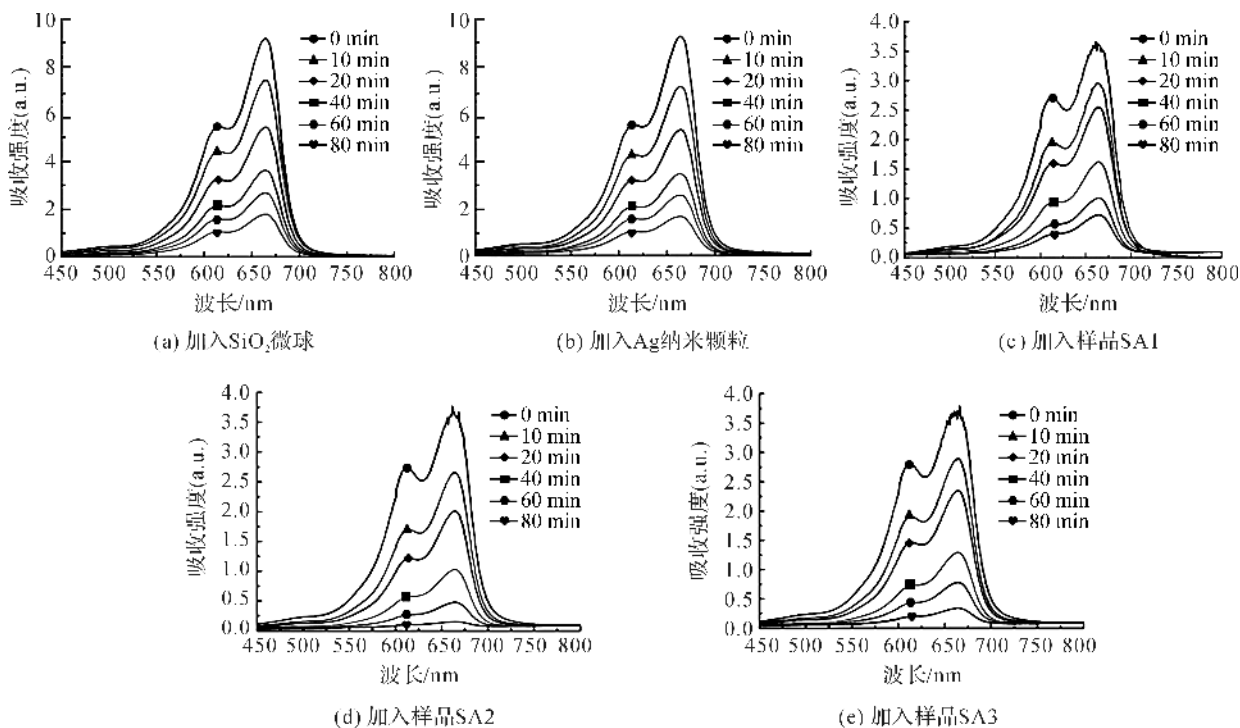


图6 不同催化剂的 UV-Vis 吸收光谱图

在光催化降解过程中,MB 的浓度变化可以用其 664 nm 处特征吸收峰的强度变化替代。为了定量比较以上五种光催化剂的催化活性和催化效率,绘制了反应物相对浓度变化与反应时间的关系曲线,如图 7 所示。图 7(a)为 MB 浓度(C/C_0)与催化时间 t 的关系曲线,计算可知试样 SiO₂ NSs、Ag NPs 及 SA1、SA2、SA3 的光催化效率分别为 3.32%、8.92%、90.9%、97.7%和 95.8%,这表明在相同时间内试样 SA1、SA2 及 SA3 的光催化效率均比 SiO₂ 纳米微球和 Ag 纳米颗粒的催化效率高,且 SA2 的光催化效果最好。进一步通过计算机进行线性拟合,得出反应物相对浓度 $\ln(C_0/C)$ 与光照时间 t 呈近线性关系,如图 7(b)所示,这说明该反应与一级动力学反应相符合。通过动力学方程计算并得到五种催化剂降解 MB 的表观速率常数(K_{MB})和活性因子,如表 1 所示。其中试样 SA2 的表观速率

常数和活性因子最大,分别为 0.03885 s^{-1} 和 $0.9713 \text{ s}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$,具有最高的催化活性。SiO₂/Ag CMs 具有高效的光催化效率主要有以下几个原因:a) 采用水热法在 SiO₂ 表面修饰纳米 Ag 颗粒,使其形成 SiO₂/Ag CMs,该结构具有优异的电子迁移率,同时具有更大的比表面积,能够提供更多的活性位点,具有优异的光吸收特性;b) 样品 SA2 相比于 SA1、SA3,具有更强的光吸收性和等离子共振性,光催化效果最好;c) MB 是一种阳离子染料,具有相对较低的还原电位(+0.01 V),有利于从 Ag 纳米颗粒捕获光激性电子而被催化降解^[21-22];d) 由于 SiO₂ 与 Ag 的功函数不同,当二者接触时,会产生电磁耦合效应,从而引起贵金属 Ag 的局域电子结构发生变化,使得 SiO₂/Ag CMs 的催化活性优于 SiO₂ 纳米微球与 Ag 纳米颗粒催化剂的催化活性。

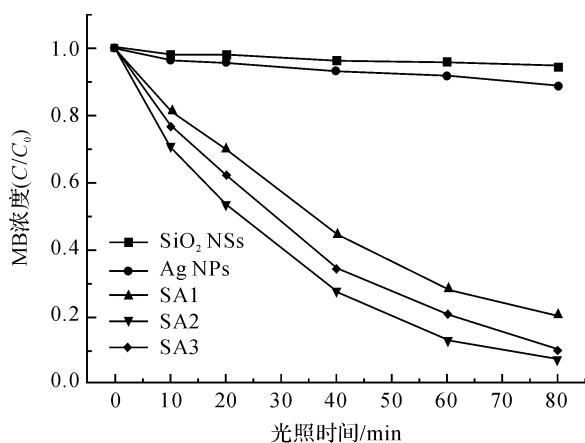
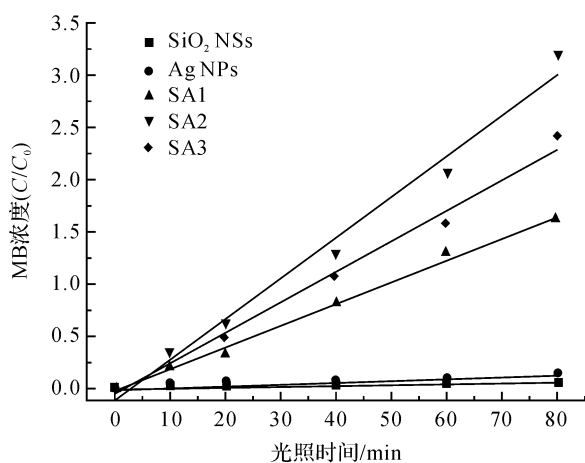
(a) 不同催化剂 C/C_0 - t 的关系曲线(b) 不同催化剂 $\ln(C/C_0)$ - t 的关系曲线

图 7 不同催化剂的降解曲线及速率常数曲线

表 1 五种催化剂降解 MB 的速率常数和活性因子

催化剂	催化剂 质量/g	速率 常数/ S^{-1}	活性因子/ ($S^{-1} \cdot g^{-1}$)
SiO ₂ NSs	0.04	0.00063	0.0158
Ag NPs	0.04	0.00158	0.0395
SA1	0.04	0.02076	0.5190
SA2	0.04	0.03885	0.9713
SA3	0.04	0.02932	0.7330

3 结 论

本文以 SiO₂ 纳米微球作为载体,以 AgNO₃ 为 Ag 纳米颗粒的前驱物,在高温高压条件下通过水热法制备二元 SiO₂/Ag CMs。以 MB 为有机染料模型,研究 SiO₂/Ag CMs 光催化性能,其结果表明 SiO₂/Ag CMs 光催化性能优于 SiO₂ 纳米微球及 Ag 纳米颗粒的催化能。其中,当 AgNO₃ 量为 0.10 g 时,所制备的 SiO₂/Ag CMs 对 MB 的光催化效率较高,经 80 min 可见光照射后对 MB 降解率达 97.7%。

参考文献:

- [1] IWASE A, NG Y H, ISHIGURO Y, et al. Reduced graphene oxide as a solid-state electron mediator in Z-scheme photocatalytic water splitting under visible light [J]. Journal of the American Chemical Society, 2011, 133(29):11054-11057.
- [2] ZHAO W, MA W, CHEN C, et al. Efficient degradation of toxic organic pollutants with Ni₂O₃/TiO_(2-x)B_x under visible irradiation [J]. Journal of the American Chemical Society, 2004, 126(15):4782-3.
- [3] SON J S, YU J H, KWON S G, et al. Colloidal synthesis of ultrathin two-dimensional semiconductor nanocrystals [J]. Advanced Materials, 2011, 23(28):3214-3219.
- [4] WANG D, KAKO T, YE J. Efficient photocatalytic decomposition of acetaldehyde over a solid-solution perovskite (Ag_{0.75}Sr_{0.25})(Nb_{0.75}Ti_{0.25})O₃ under visible-light irradiation [J]. Journal of the American Chemical Society, 2008, 130(9):2724-2725.
- [5] YU T, PARK J, MOON J, et al. Synthesis of uniform goethite nanotubes with parallelogram cross section [J]. Journal of the American Chemical Society, 2007, 129(47):14558-14559.
- [6] BI Y, HU H, OUYANG S, et al. Photocatalytic and photoelectric properties of cubic Ag₃PO₄ sub-microcrystals with sharp corners and edges [J]. Chemical Communications, 2012, 48(31):3748-3750.
- [7] CHENG G, DI J, WANG Y. Chiroptical study of metal/ semiconductor-molecule composites: Interaction between cysteine and Ag/Ag₃PO₄ core-shell hybrid nanorods [J]. The Journal of Physical Chemistry C, 2015, 119(38):22122-22130.
- [8] TIAN G, FU H, JING L, et al. Preparation and characterization of stable biphasic TiO₂ photocatalyst with high crystallinity, large surface area, and enhanced photoactivity [J]. The Journal of Physical Chemistry C, 2008, 112(8):3083-3089.
- [9] LAI Y, MENG M, YU Y, et al. Photoluminescence and photocatalysis of the flower-like nano-ZnO photocatalysts prepared by a facile hydrothermal method with or without ultrasonic assistance [J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2011, 105(3):335-345.
- [10] ZENG H, LIU P, CAI W, et al. Controllable Pt/ZnO porous nanocages with improved photocatalytic activity [J]. The Journal of Physical Chemistry C, 2008, 112(49):19620-19624.
- [11] SHIM S, PHAM X H, CHA M G, et al. Size effect of gold on Ag-coated Au nanoparticle-embedded silica

- nanospheres[J]. RSC Advances, 2016, 6(54):48644-48650.
- [12] REN S, WANG B, ZHANG H, et al. Sandwiched ZnO/Au/Cu₂O nanorod films as efficient visible-light-driven plasmonic photocatalysts [J]. ACS applied materials & interfaces, 2015, 7(7):4066-4074.
- [13] WU H M, TSENG W J. Electroless nickel metallization to prepare SiO₂-Ni composite particles via polyelectrolytes route [J]. Ceramics International, 2015, 41(1):1863-1868.
- [14] KANDULA S, JEEVANANDAM P. Synthesis of Cu₂O@Ag polyhedral core-shell nanoparticles by a thermal decomposition approach for catalytic applications [J]. European Journal of Inorganic Chemistry, 2016(10):1548-1557.
- [15] SASMAL A K, PAL J, SAHOO R, et al. Superb dye adsorption and dye-sensitized change in Cu₂O-Ag crystal faces in the dark[J]. The Journal of Physical Chemistry C, 2016, 120(38):21580-21588.
- [16] YUAN C, LIU R, WANG S, et al. Single clusters of self-assembled silver nanoparticles for surface-enhanced raman scattering sensing of a dithiocarbamate fungicide [J]. Journal of Materials Chemistry, 2011, 21(40):16264-16270.
- [17] LUO H, ZHOU J, ZHONG H, et al. Polyhedron Cu₂O/Ag composite microstructures: synthesis, mechanism analysis and structure-dependent SERS properties[J]. RSC Advances, 2016, 6(101):99105-99113.
- [18] REN N, WANG B, YANG Y, et al. General method for the fabrication of hollow microcapsules with adjustable shell compositions[J]. Chemistry of materials, 2005, 17(10):2582-2587.
- [19] WANG Y, ZOU B, LI G, et al. A facile method to synthesize hierarchical SiO₂/CdSe and CdSe hollow spheres[J]. Materials Letters, 2011, 65(11):1601-1604.
- [20] CHEN K H, PU Y C, CHANG K D, et al. Ag-nanoparticle-decorated SiO₂ nanospheres exhibiting remarkable plasmon-mediated photocatalytic properties [J]. The Journal of Physical Chemistry C, 2012, 116(35):19039-19045.
- [21] LIN Q, SUN Z. Optical extinction properties of aggregated ultrafine silver nanoparticles on silica nanospheres[J]. The Journal of Physical Chemistry C, 2010, 115(5):1474-1479.
- [22] CHEN Y C, PU Y C, HSU Y J. Interfacial charge carrier dynamics of the three-component In₂O₃-TiO₂-Pt heterojunction system [J]. The Journal of Physical Chemistry C, 2012, 116(4):2967-2975.

Preparation and Photocatalytic Performance of SiO₂/Ag Composite Microsphere

WEI Qi, ZHOU Bin, YANG Fan, WANG Yang

(School of Sciences, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Ag nano-particles were modified on the surface of SiO₂ nanospheres by hydrothermal method to prepare binary SiO₂/Ag composite microspheres (SiO₂/Ag CMs) in this paper. The size and distribution of Ag nanoparticles were controlled by changing the amount of AgNO₃, and the morphology, microstructure and components of the as-prepared SiO₂/Ag composite microsphere were investigated by transmission electron microscopy and X-ray diffraction technology. The light absorption peak of SiO₂/Ag CMs shows significant red shift and has relatively broad SPR absorption scope, compared with the individually dispersed SiO₂ and Ag nanoparticles. Photocatalytic degradation property of SiO₂/Ag CMs on methylene blue (MB) was investigated by using MB as the organic dyestuff model. The results indicate that the catalytic performance of SiO₂/Ag CMs photocatalyst is better than that of SiO₂ nanospheres and Ag nanoparticles. When the AgNO₃ dosage is 0.10 g, the photocatalytic efficiency of SiO₂/Ag CMs is excellent, and the photocatalytic efficiency can reach 97.7% when the irradiation time of visible light is 80 min.

Key words: hydrothermal method; SiO₂/Ag CMs; catalytic performance

(责任编辑:唐志荣)