

核-壳光催化剂 Cu-CdS@C₃N₄ 的制备及其性能研究

江珍珍,郑晋生,王 晟

(浙江理工大学先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室,杭州 310018)

摘 要:以商业 CdS 粉末为原料,以硝酸铜(CuNO₃)为铜源,在 NaOH 溶液的溶剂中通过水热法合成 Cu²⁺ 掺杂六方相 CdS 微米棒,并在其表面包覆一层 C₃N₄ 以制备得到一种具有核壳结构的光催化剂 Cu-CdS@C₃N₄。利用 SEM、TEM、XRD、UV-Vis、FT-IR 等测试手段对其形貌结构及相关性能进行表征,并使用亚甲基蓝(MB)溶液作为目标污染物,通过改变 Cu²⁺ 的掺杂量和包覆 C₃N₄ 的比率,研究 Cu-CdS@C₃N₄ 光催化性能。实验结果表明:当 Cu²⁺ 掺杂量为 10 wt%,包覆的 C₃N₄ 量为 20 wt% 时,可得到形貌规整且光催化性能最佳的可见光催化剂。

关键词:可见光催化;水热法;Cu²⁺ 掺杂;核-壳光催化剂

中图分类号: O611.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851 (2017) 01-0024-07

0 引 言

在高科技迅猛发展的今天,人们日益关注工业生产和生活污染物的清除,利用光催化技术降解污染物成为近年来研究的热点。由于可见的太阳光取之不尽,用之不竭且绿色无污染,因此深受人们的青睐。如何高效地利用自然光进行光催化反应,开发能够被可见光激发的光催化剂正日益引起人们的兴趣^[1]。

半导体光催化剂具有强氧化性、污染物矿化完全、可直接利用太阳光等优点,近年来该类催化剂研究取得了较大进展^[2-3]。CdS 是一种重要的 II-VI 族半导体材料,其禁带宽度在室温下为 2.42 eV,表现出良好的光学性质和光电特性,被广泛应用于光、磁、电、催化等领域。近年来,CdS 材料在物理学、化学、材料学和生物医学等多学科引发关注的热点^[4]。目前有众多关于 CdS 材料的各种形貌的报道,如球^[5]、纳米管^[6]、纳米线^[7]、纳米棒^[8]和花状^[9]等。此外,虽然 CdS 被认为是一种优秀的可见光催化剂,但是也存在光腐蚀问题^[10-11]。近年来,很多方法被研发用来提高 CdS 的光催化活性以及光稳定性,

如将 CdS 与高分子的杂化^[12]、与其他纳米材料的杂化^[3]、金属离子的掺杂^[13]等等。其中利用离子掺杂可以使 CdS 催化剂的禁带宽度变小,同时还可以扩大材料对可见光区的利用范围,从理论上可使得 CdS 催化剂具备更好的可见光光催化活性,因此日益受到研究者的青睐。例如,Yang 等^[13]利用 Zn 掺杂水热合成的 CdS 微米球,在摩尔比 Zn : Cd = 1 : 10 时比纯 CdS 的光催化性能与光稳定性更好。Li 等^[14]用微波合成法制备出 Zn_xCd_{1-x}S 纳米棒,其中 Zn_{0.28}Cd_{0.72}S 的样品在可见光光照下降解甲基橙的能力远超过纯 CdS 和 P25。除了锌之外,还有其他金属如铂^[15]、金^[16],也都被尝试掺杂到 CdS 光催化剂中,都能获得增强的光催化性能和稳定性。

目前,一维 CdS 微米材料已经实现了多种方法合成,如 Peng 等^[17]通过电化学沉积的方法合成了 CdS 微米管;Cao 等^[7]用阳极 Al₂O₃ 为模板通采用溶胶-凝胶法(Sol-Gel)制得 CdS 纳米线;Soumitra Kar 等^[18]利用硅片作为基底制备出定向生长的 CdS 微米线。在熟知的众多试验方法中,溶剂热法因为有着合成工艺简单、可批量化生产的潜质,更加受到关注。通常用有机胺类如乙二胺、十二烷胺等

收稿日期:2016-04-22 网络出版日期:2017-01-03

基金项目:国家自然科学基金项目(51372227)

作者简介:江珍珍(1991-),女,安徽桐城人,硕士研究生,主要从事纳米催化剂方面的研究。

通信作者:王 晟,E-mail:wangsheng571@hotmail.com

作为溶剂热法中的溶剂,钱逸泰课题组在这方面做了深入的研究^[19-21]。Jun 等^[22]在十六胺中热分解单一分子前驱体 Cd(S₂CNEt₂)₂,制得了多壁 CdS 纳米棒;Li 等^[4]以乙二胺为溶剂通过溶剂热的方法合成了 CdS 微米棒,然而有机胺类有毒性且价格不便宜,难以实现工业化生产。所以对于研究一种成本低廉 CdS 光催化剂材料制备方法意义重大。衣晓凤等^[23]利用 NaOH 溶液水热生长合成 CdS 光催化剂既简单又环保。

另一方面,光催化剂 C₃N₄^[10]被作为新型的无金属催化剂应用于催化反应中,主要靠单氰胺高温煅烧合成。由于其高热稳定性和化学稳定性,以及可见光响应,吸引了大量的关注。Fu 等^[11]已经通过在 C₃N₄上沉积 CdS 合成有机无机复合光催化剂作为一种可见光光催化剂,提高光催化性能,另外 Zhang 等^[10]简单的在 CdS 上包覆 C₃N₄,在提高光催化性能的同时加强了抗腐蚀性。

本文基于 NaOH 溶液合成 CdS 微米棒的方法,以商业 CdS 粉末为原料,在 NaOH 溶液的溶剂中通过水热生长法一步合成六边棱柱状的六方相 CdS 微米棒。探索 NaOH 溶液的浓度对其形貌影响,在此基础上,成功实现 Cu 掺杂提高其光催化性能,同时在 CdS 表面包覆 C₃N₄ 形成核-壳结构光催化剂 Cu-CdS@C₃N₄。Cu 掺杂提高了 CdS 的可见光吸收范围,而 C₃N₄ 的包覆,在减少 CdS 光腐蚀的同时,三者之间的协同效应使复合物光催化剂获得了增强的可见光活性以及循环稳定性。为开发高效、环保 CdS 基可见光催化剂提供了有效的制备方案。

1 实验部分

1.1 实验试剂

硫化镉(CdS, 95%, 上海金山亭新化工试剂厂),氢氧化钠(NaOH, 98%~100.5%, 阿拉丁),硝酸铜(CuNO₃, AR, 天津市永大化学试剂有限公司),单氰胺(CH₂N₂, 99%, 阿拉丁),P25(TiO₂, AR, 德国 Degussa 公司),无水乙醇(C₂H₅OH, 99.7%, 国药集团化学试剂有限公司),亚甲基蓝(MB, 上海三爱思试剂有限公司);实验用水为二次蒸馏水。

1.2 实验仪器

XPA-2 光化学反应仪(南京胥江机电厂, 500 W 氙灯, 插入滤光片, 滤掉波长在 420 nm 以下的光源), SXL-1008 马弗炉(上海精宏实验设备有限公司), S-4800 发射扫描电子显微镜(FESEM,

HITACHI), TEM-2010(HR)透射电子显微镜(日本电子公司), Bruker D8X X 射线粉末衍射仪(XRD, 美国热电 ARL 公司), INGA-Energy 200 电子能谱(EDS, 英国 Oxford 公司), LAMBDA 900 紫外分光光度计(美国 PERKIN ELMER 公司), NICOLET 5700 傅立叶红外光谱仪(美国热电公司)。

1.3 表征与测试

使用 S-4800 发射扫描电子显微镜观察光催化剂的微观形貌;采用 TEM-2010(HR)透射电子显微镜进一步观察光催化剂的微观形貌;采用 Bruker D8X X 射线粉末衍射仪测定不同光催化剂晶型;使用 INGA-Energy 200 电子能谱分析光催化剂中的元素;采用 LAMBDA 900 紫外分光光度计测试光催化剂的光催化性能,并以 KBr 为背景测得样品的紫外-可见漫反射光谱;采用 NICOLET 5700 傅立叶红外光谱仪以 KBr 为背景测得样品的红外光谱图。

1.4 Cu-CdS 微米复合材料的制备

首先根据已有文献^[23]中的实验方案将 0.2 g CdS 粉末投入 15 mL 一定浓度的 NaOH 溶液中(浓度依次取 10、12、16、20 M),充分搅拌。待 CdS 粉末与 NaOH 溶液混合均匀后,将其倒入带有对位聚苯(PPL)内衬的不锈钢反应釜中,置于 240 °C 下分别反应 48 h。反应釜自然冷却后将产物用蒸馏水和无水乙醇多次洗涤、过滤。将洗涤过滤后的产物置于 80 °C 的烘箱中干燥 5 h。

称量 0.2 g CdS、适量的 CuNO₃(含量依次取 0、5、10、15 wt%)及 DTA-Na(EDTA-Na 作为络合剂 CuNO₃: EDTA = 1:1)投入盛有 15 mL 20 M NaOH 溶液的 PPL 反应釜内衬中,接下来的操作和上面相同。称量 0.2 g CdS、10 wt% CuNO₃、10 wt% EDTA-Na(EDTA-Na 作为络合剂 CuNO₃: EDTA = 1:1)投入盛有 15 mL 20 M NaOH 溶液的 PPL 反应釜内衬中,接下来的操作和前面相同。

1.5 Cu-CdS@C₃N₄ 复合光催化剂的制备

称取一定量的 CH₂N₂ 放入方形刚玉坩埚中,在 500 °C 的马弗炉中煅烧 4 h 得到 C₃N₄,称取适量 C₃N₄ 投入 20 mL 甲醇溶液中超声 2 h,再加入制备好的 0.2 g Cu-CdS 超声 3 h,搅拌 20 h。C₃N₄ 的含量依次取 10、20、30、50 wt% 分别记为 Cu_{0.1}Cd_{0.9}S@C₃N₄-10、Cu_{0.1}Cd_{0.9}S@C₃N₄-20、Cu_{0.1}Cd_{0.9}S@C₃N₄-30、Cu_{0.1}Cd_{0.9}S@C₃N₄-50。

1.6 Cu-CdS@C₃N₄ 复合光催化剂降解亚甲基蓝

采用可见光光催化降解目标污染物亚甲基蓝溶液,可见光光催化降解使用的亚甲基蓝溶液的浓度为 5 mg/L,使用 500 W 氙灯作为反应光源(插入滤光片,滤掉波长在 420 nm 以下的光源)。测试亚甲基蓝溶液降解的吸光度来评价 Cu-CdS@C₃N₄ 光催化剂的可见光光催化活性。将 15 mg P25、纯 CdS、Cu-CdS、及 Cu_{0.1}Cd_{0.9}S@C₃N₄ 复合物分别加入 20 mL 的亚甲基蓝溶液中,遮光搅拌 30 min,超声分散 15 min,使均匀分散。用 500 W 氙灯进行催化降解,反应时每隔一段时间取样,离心后取上清液在紫外-可见分光光度计下测其吸光度。

2 结果与讨论

2.1 产物形貌表征

不同浓度 NaOH 溶液中生长得到的 CdS 形貌如图 1 所示,从图中可以看出生成的 CdS 均为棒状形貌,且随着 NaOH 溶液浓度的增大,CdS 微米棒的形貌逐渐规整。如图 1(a-b)所示,在浓度为 10 M 和 12 M 的 NaOH 溶液中所制备的 CdS 微米棒直径大小不一(50~400 nm),而当 NaOH 溶液的浓度为 16 M 时可得到形貌规整,大小均一的棒状结构,其直径规整至 400 nm 左右,如图 1(c)。当 NaOH 溶液的浓度进一步提高到 20 M 时,如图 1(d),微米棒的尺寸再次变得不均一,尺寸分布在 400~800 nm。因此,后续实验选取 16 M 为 Cu 掺杂 CdS 的最佳制备浓度。

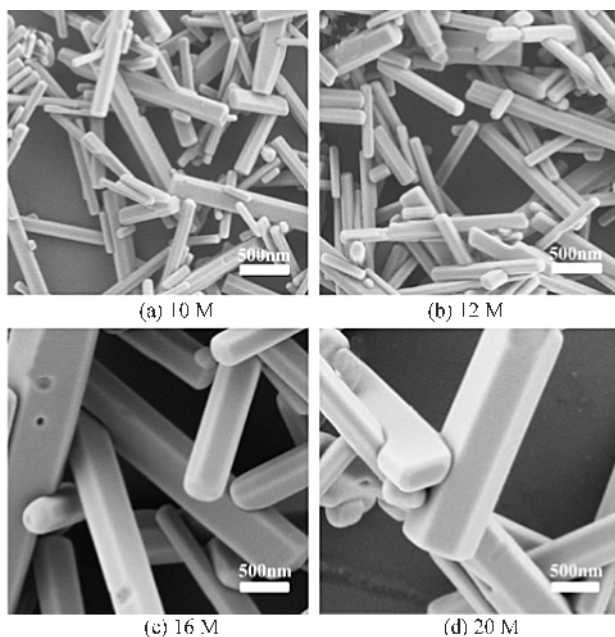


图1 不同 NaOH 浓度中制备的 CdS 微米棒的扫描电镜图

图 2 为 Cu²⁺ 掺杂及包覆 C₃N₄ 后 CdS 微米棒的扫描电镜图和透射电镜图。实验中,以不同比重的 Cu²⁺ 掺杂,以提高 CdS 微米棒光催化性能。掺杂过程中,当 CdS 微米棒形貌受到破坏时,其光催化稳定性将受到影响。如图 2(a)、图 2(b),当铜掺杂量为 5 wt% 和 10 wt% 时,CdS 微米棒基本没有破损,而当 Cu²⁺ 的掺杂量达 15 wt% 时,CdS 微米棒的形貌已被破坏。图 2(d) 是 Cu²⁺ 的掺杂量 10 wt% 时,包覆 C₃N₄ 的 CdS 微米棒 SEM 图,图中因 C₃N₄ 包覆量小,因此很难看出。但在图 2(e) 的透射电镜照片中,可以明显看出 C₃N₄ 包覆层,其厚度约 10 nm。经 C₃N₄ 包覆,不仅可以提高 CdS 微米棒的光催化性能,增强其光催化稳定性,减少光腐蚀,而且还可减小剧毒 CdS 引起的潜在伤害。图 2(f) 为高倍镜的 TEM 图,图中 CdS 微米棒的晶格条纹清晰可见,其晶面间距约 0.67 nm 左右。

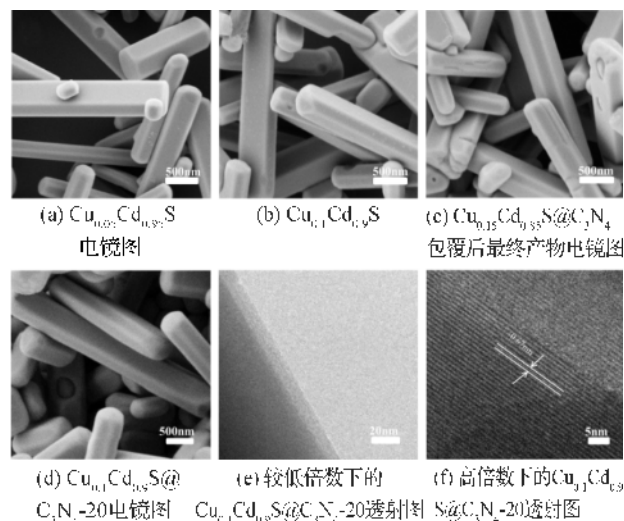
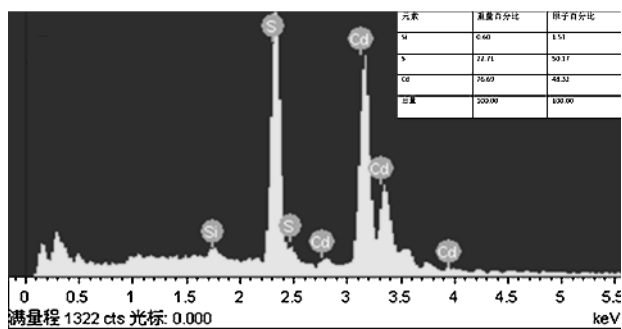


图2 16 M NaOH 溶液反应液所获得的不同掺杂比率的 Cu-CdS 的扫描电镜图和透射图

2.2 EDS 分析

不同光催化剂的 X 射线能谱(EDS)图如图 3 所示。图 3(a) 中,除去硅片产生的 Si 原子外,所制 CdS 微米棒仅含有 Cd 和 S 原子。而图 3(b) 和 3(c) 中分别出现了 Cu 原子、C 原子和 N 原子,表明实验成功实现了 Cu²⁺ 掺杂和 C₃N₄ 包覆。



(a) CdS 微米棒

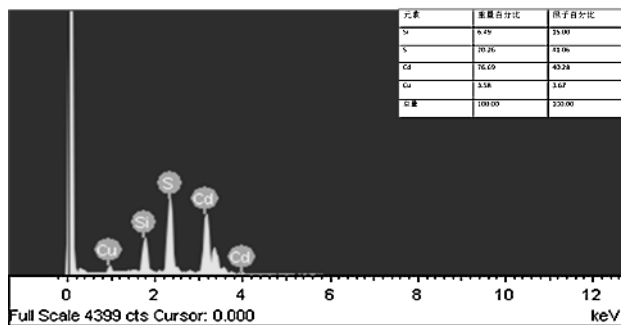
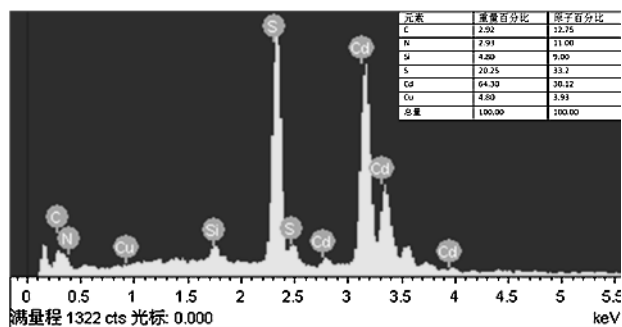
(b) $\text{Cu}_{0.05}\text{Cd}_{0.95}\text{S}$ 复合微米棒(c) $\text{Cu}_{0.1}\text{Cd}_{0.9}\text{S}@C_3N_4-20$ 复合物微米棒

图 3 不同光催化剂的 X 射线能谱图

2.3 XRD 分析

不同催化剂样品的 X 射线衍射谱见图 4。从图 4 中可以看出,用水热法合成的 CdS 光催化剂的特征峰值 2θ 分别为 24.80° 、 26.50° 、 28.18° 、 36.62° 、 43.18° 、 47.83° 、 50.88° 、 51.82° 、 52.79° 、 54.58° 、 58.27° 、 60.83° 、 66.77° 和 69.26° ,与之对应的晶面值为 (100)、(002)、(101)、(102)、(110)、(103)、(200)、(112)、(201)、(004)、(202)、(104)、(203) 和 (210),各个衍射峰与 CdS 标准卡片一致。图中的衍射峰高且尖锐,说明 CdS 的结晶度很高,其中 (002) 晶面相对峰值远低于 (100) 和 (101) 晶面,这是因为 CdS 微米棒择优在 [001] 方向沿 c 轴生长。当掺杂 Cu^{2+} 之后,结晶完好性略有降低,表现为 XRD 谱线相对峰值稍稍降低, (002) 面的相对峰值升高。

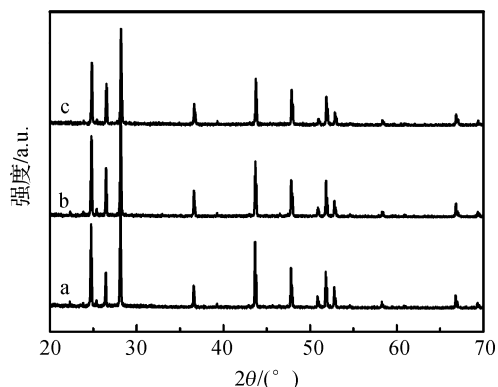


图 4 不同催化剂样品的 X 射线衍射谱图:

(a. CdS 微米棒, b. $\text{Cu}_{0.05}\text{Cd}_{0.95}\text{S}$ 复合物微米棒, c. $\text{Cu}_{0.1}\text{Cd}_{0.9}\text{S}@C_3N_4-20$ 复合物微米棒)

2.4 红外光谱及紫外可见漫反射光谱分析

$\text{Cu-CdS}@C_3N_4$ 复合物微米棒的红外光谱图如图 5 所示,纯 C_3N_4 有三个特征吸收峰,其中小于 1000 cm^{-1} 的吸收峰源于 N-H 键的拉伸振动, $1200\sim 1700\text{ cm}^{-1}$ 吸收峰是由于碳氮杂环化合物的拉伸振动,而三嗪的收缩振动在 800 cm^{-1} 左右出现了吸收峰。上述三个峰表明在以 C_3N_4 包覆的过程中, C_3N_4 并没有发生结构变化。

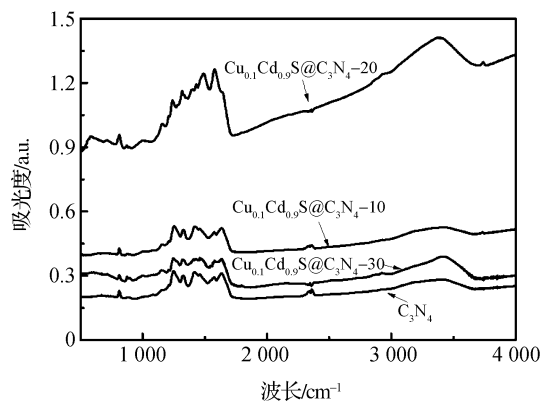
图 5 纯 C_3N_4 以及 $\text{Cu-CdS}@C_3N_4$ 复合物微米棒的红外光谱图

图 6 分别为纯 C_3N_4 、 $\text{Cu}_{0.1}\text{Cd}_{0.9}\text{S}$ 和包覆不同 C_3N_4 量的样品的紫外可见漫反射光谱图。纯 C_3N_4 样品的基本吸收边缘在 460 nm 左右。在掺杂 Cu^{2+} 后, Cu-CdS 复合物吸收边缘发生红移,对可见光区的吸收有所增强。这是因为铜离子掺杂使硫化镉催化剂的禁带宽度变小,增大了对应的最大激发波长,即掺杂扩大了光催化剂对可见光区的利用范围。在包覆 C_3N_4 时,随着包覆 C_3N_4 量的增加,其吸收强度呈现先增大后减小的趋势,研究表明复合材料 $\text{Cu}_{0.1}\text{Cd}_{0.9}\text{S}@C_3N_4-20$ 吸收峰值达到最高。

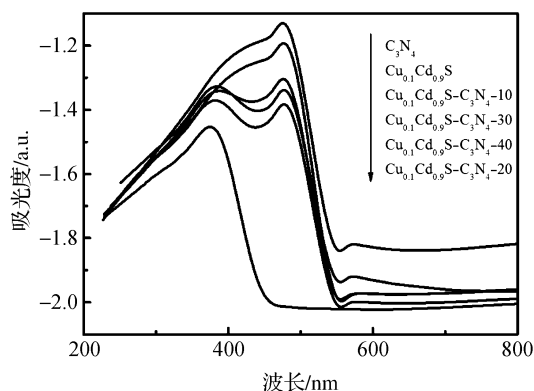


图6 纯 C_3N_4 和不同包覆量的 $Cu-CdS@C_3N_4$ 复合材料的紫外可见漫反射图谱

3 光催化活性分析

不同催化剂在可见光下对 MB 溶液的降解效果列于图 7 中。经可见光照射 120 min 后,加入 P25 催化剂 MB 浓度降低约为 70%。相比 P25,纯 CdS, $Cu_{0.1}Cd_{0.9}S$, $Cu_{0.1}Cd_{0.9}S@C_3N_4$, $Cu_{0.1}Cd_{0.9}S@C_3N_4-20$ 对 MB 的降解率分别达到 75%、80%、90%、100%。其中, $Cu_{0.1}Cd_{0.9}S@C_3N_4-20$ 样品可见光催化性能最好。

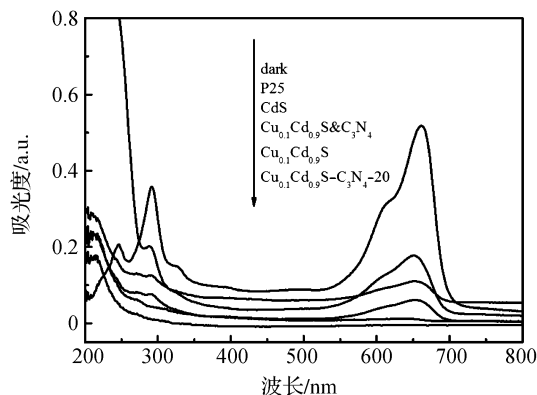


图7 同光催化剂降解亚甲基蓝(MB)的紫外可见吸收光谱图

(可见光照射 $\lambda > 450$ nm), 催化剂用量: 15 mg, MB 溶液: 5 mg/L, 20 mL。

上述结果证明 $Cu_{0.1}Cd_{0.9}S@C_3N_4-20$ 复合材料是一种有效的可见光催化剂。鉴于实际应用对光催化剂催化稳定性的需求,图 8 进行了纯 CdS 和 $Cu_{0.1}Cd_{0.9}S@C_3N_4-20$ 复合材料光降解循环测试。很明显,由于 CdS 的光腐蚀性,纯 CdS 光催化性能是非常不稳定的,其光催化活性在循环周期中呈现

逐步衰减的现象。经过 4 次循环后,纯 CdS 光催化能力下降到 40% 左右。然而, $Cu_{0.1}Cd_{0.9}S@C_3N_4-20$ 复合材料在经过 4 个周期后,其光催化活性没有明显降低,表明包覆 C_3N_4 后,复合材料光催化稳定性明显提高。

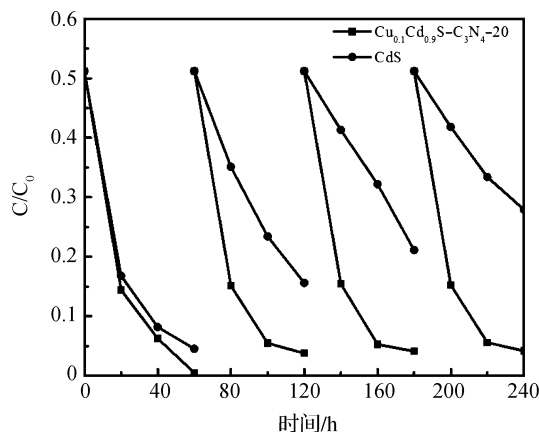


图8 纯 CdS 和 $Cu_{0.1}Cd_{0.9}S@C_3N_4-20$ 光催化降解 MB 的速率曲线。

4 结论

本文在 NaOH 溶液中,以水热法合成核-壳结构光催化剂 $CdS@C_3N_4$ 。研究表明,NaOH 溶液浓度为 16 M 时,所得 CdS 微米棒形貌规整、结晶度高。在此基础上,成功实现了 Cu^{2+} 掺杂及 C_3N_4 对 CdS 微米棒的包覆,且发现当掺铜量为 10 wt%, C_3N_4 包覆量为 20 wt% 时,可得到形貌规整,光催化性能良好的光催化微米棒复合物。光催化降解 MB 的实验证明, Cu^{2+} 掺杂提高了 CdS 的可见光波长吸收范围,而 C_3N_4 的包覆,在减少 CdS 光腐蚀的同时,三者之间的协同效应使复合物光催化剂获得了增强的可见光活性以及循环稳定性。上述研究结果为开发高效、环保 CdS 基可见光催化剂提供了有效的技术支撑。

参考文献:

- [1] 陈崧哲,张彭义,祝万鹏,等. 可见光响应光催化剂研究进展[J]. 化学进展,2004,16(4):613-619.
- [2] KLIMOV V I, IVANOV S A, NANDA J, et al. Single-exciton optical gain in semiconductor nanocrystals [J]. Nature,2007,447(7143):441-446.
- [3] BAEK S W, SHIM J H, SEUNG H M, et al. Effect of core quantum-dot size on power-conversion-efficiency for

- silicon solar-cells implementing energy-down-shift using CdSe/ZnS core/shell quantum dots [J]. *Nanoscale*, 2014, 6(21):12524-12531.
- [4] LI Y, HU Y, PENG S, et al. Synthesis of CdS nanorods by an ethylenediamine assisted hydrothermal method for photocatalytic hydrogen evolution[J]. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2009, 113(21): 9352-9358.
- [5] BAO N, SHEN L, TAKATA T, et al. Self-templated synthesis of nanoporous CdS nanostructures for highly efficient photocatalytic hydrogen production under visible light[J]. *Chemistry of Materials*, 2007, 20(1): 110-117.
- [6] JIMMY C. Photochemical growth of cadmium-rich CdS nanotubes at the air-water interface and their use in photocatalysis [J]. *Journal of Materials Chemistry*, 2009, 19(37):6901-6906.
- [7] CAO S, LOW J, YU J, et al. Polymeric photocatalysts based on graphitic carbon nitride [J]. *Advanced Materials*, 2015, 27(13):2150-2176.
- [8] AN X, YU X, JIMMY C Y, et al. CdS nanorods/reduced graphene oxide nanocomposites for photocatalysis and electrochemical sensing[J]. *Journal of Materials Chemistry A*, 2013, 1(16):5158-5164.
- [9] HU Y, GAO X, YU L, et al. Carbon - Coated CdS Petalous Nanostructures with Enhanced Photostability and Photocatalytic Activity[J]. *Angewandte Chemie*, 2013, 125(21):5746-5749.
- [10] ZHANG J, WANG Y, JIN J, et al. Efficient visible-light photocatalytic hydrogen evolution and enhanced photostability of core/shell CdS/g-C₃N₄ nanowires[J]. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2013, 5(20): 10317-10324.
- [11] FU J, chANG B, TIAN Y, et al. Novel C₃N₄-CdS composite photocatalysts with organic-inorganic heterojunctions; in situ synthesis, exceptional activity, high stability and photocatalytic mechanism [J]. *Journal of Materials Chemistry A*, 2013, 1(9): 3083-3090.
- [12] ZHANG H, ZHU Y. Significant visible photoactivity and antiphotocorrosion performance of CdS photocatalysts after monolayer polyaniline hybridization [J]. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2010, 114(13):5822-5826.
- [13] YANG F, YAN N N, HUANG S, et al. Zn-doped CdS nanoarchitectures prepared by hydrothermal synthesis: mechanism for enhanced photocatalytic activity and stability under visible light [J]. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2012, 116(16):9078-9084.
- [14] LI W, LI D, ZHANG W, et al. Microwave synthesis of Zn_xCd_{1-x}S nanorods and their photocatalytic activity under visible light [J]. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2010, 114(5):2154-2159.
- [15] CONCA E, ARESTI M, SABA M, et al. Charge separation in Pt-decorated CdSe @ CdS octapod nanocrystals[J]. *Nanoscale*, 2014, 6(4):2238-2243.
- [16] LIU S, XU Y J. Efficient electrostatic self-assembly of one-dimensional CdS-Au nanocomposites with enhanced photoactivity, not the surface plasmon resonance effect [J]. *Nanoscale*, 2013, 5(19):9330-9339.
- [17] PENG T, YANG H, DAI K, et al. Fabrication and characterization of CdS nanotube arrays in porous anodic aluminum oxide templates[J]. *Chemical Physics Letters*, 2003, 379(5):432-436.
- [18] KAR S, CHAUDHURI S. Shape selective growth of CdS one-dimensional nanostructures by a thermal evaporation process [J]. *The Journal of Physical Chemistry B*, 2006, 110(10):4542-4547.
- [19] LI B, XIE Y, HUANG J, et al. Solvothermal synthesis to NiE₂ (E = Se, Te) nanorods at low temperature [J]. *Nanostructured Materials*, 1999, 11(8):1067-1071.
- [20] YANG J, ZENG J H, YU S H, et al. Formation process of CdS nanorods via solvothermal route[J]. *Chemistry of Materials*, 2000, 12(11):3259-3263.
- [21] LI Y, LIAO H, DING Y, et al. Solvothermal elemental direct reaction to CdE (E = S, Se, Te) semiconductor nanorod[J]. *Inorganic Chemistry*, 1999, 38(7):1382-1387.
- [22] JUN Y, LEE S M, KANG N J, et al. Controlled synthesis of multi-armed CdS nanorod architectures using monosurfactant system [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2001, 123(21):5150-5151.
- [23] 衣晓凤, 郑晋生, 赵一兵. NaOH 溶液中 CdS 微米棒的水热合成[J]. *高等学校化学报*, 2012, (12):2597-2603.

Preparation of Core-Shell Photocatalyst Cu-CdS@C₃N₄ and Study on Its Performance

JIANG Zhenzhen, ZHENG Jinsheng, WANG Sheng

(Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Cu²⁺-doped CdS microrods (Cu-CdS) were prepared via hydrothermal method by using CdS and Cu(NO₃)₂ as raw material and copper source respectively in NaOH solution. Then, Cu-CdS was coated with a layer of C₃N₄ to produce a visible-light photocatalyst with core-shell structure Cu-CdS@C₃N₄. The morphology, structure and relevant performance of Cu-CdS @ C₃N₄ composites were characterized by SEM, TEM, XRD, UV-Vis and FT-IR. Besides, methylene blue (MB) solution was used as the target pollutant to study photocatalytic performance of Cu-CdS@C₃N₄ by changing doping content of Cu²⁺ and the ratio of coated C₃N₄. The experimental results reveal that the visible-light photocatalysis with regular morphology and optimal photocatalytic performance could be gained under the following conditions: doping content of Cu²⁺ 10 wt% and amount of coated C₃N₄ 20 wt%.

Key words: visible-light photocatalysis; hydrothermal method; Cu²⁺ doping; core-shell photocatalyst

(责任编辑: 唐志荣)