

# Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 纳米薄膜的制备及其光催化降解罗丹明 B 的性能

李爱昌, 崔志鹏, 李文菊

(廊坊师范学院, 河北 廊坊 065000)

**摘要:** 以光还原法沉积 Ag 修饰 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>, 制备 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 纳米薄膜, 讨论紫外光照时间、光照强度、AgNO<sub>3</sub> 浓度等工艺条件对光催化活性的影响。用 XRD 和 SEM 对薄膜的结构、表面形貌和化学组成进行表征, 以罗丹明 B 为模拟污染物对光催化性能进行测定。结果表明, 最佳条件下制备的 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜, Ag 负载量为 0.51%(at%), Ag 簇直径在 30~90 nm 之间。薄膜具有较高的光催化活性, 对罗丹明 B 的降解率是修饰前 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜的 1.92 倍, 是相同质量 TiO<sub>2</sub>/ITO 薄膜的 2.54 倍。催化活性的提高, 源于反应机制的改变。薄膜中 Ag-TiO<sub>2</sub> 异质结的引入, 一方面进一步促使光生电荷分离, 另一方面加速了氧气与激发电子的还原反应。

**关键词:** 银; TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 纳米薄膜; 光沉积; 光催化; 罗丹明 B

**中图分类号:** TG146.3; TB383

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-185X(2009)02-0303-05

近年来, 纳米 TiO<sub>2</sub> 光催化降解污染物引起国内外研究者极大的兴趣<sup>[1~4]</sup>。TiO<sub>2</sub> 不仅能催化降解绝大部分有机物, 还能杀死微生物和还原溶液中有毒的金属离子。由于 TiO<sub>2</sub> 的能隙为 3.2 eV, 只能吸收波长小于 387 nm 的光子, 而到达地球表面的紫外光辐射只占整个太阳光谱的 4% 左右, 因此 TiO<sub>2</sub> 利用太阳光的效率受到很大限制, 研究人员采用多种技术对 TiO<sub>2</sub> 纳米粒子进行掺杂或表面改性, 如在 TiO<sub>2</sub> 表面贵金属沉积、过渡金属离子掺杂、染料敏化及复合半导体修饰等<sup>[5]</sup>。

复合半导体修饰利用能隙不同的 2 种半导体之间光生载流子的输运与分离, 有效地提高了催化剂的光催化活性, 成为近年来研究较为活跃的方法<sup>[6]</sup>。目前采用溶胶-凝胶法制备的 TiO<sub>2</sub> 复合体系已有较多报道, 如 WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>、FeO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>、SnO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> 等, 但以复合电沉积方法制备此类薄膜少见报道。

在 TiO<sub>2</sub> 表面沉积适量贵金属相当于在其表面构成一个以 TiO<sub>2</sub> 和金属为电极的短路微电池, 有利于光生电子与空穴的有效分离, 降低还原反应的超电势, 大大提高光催化活性。虽然 Ag-TiO<sub>2</sub> 的光催化活性没有掺铂或其它贵金属高, 但因其低成本、易制备而备受青睐。目前对负载银 TiO<sub>2</sub> 的研究主要集中在制备方法及其与催化活性相关方面<sup>[4,7]</sup>。

当前人们对 Ag-TiO<sub>2</sub> 和 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜已有广泛

探讨, 而同时利用贵金属沉积和半导体修饰对纳米 TiO<sub>2</sub> 改性的研究在国内外鲜见报道。本研究用复合电沉积的方法制备纳米 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜<sup>[8]</sup>, 然后用 Ag 修饰制得 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜, 以罗丹明 B 为模拟污染物考察其光催化性能。

## 1 实验方法

### 1.1 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜的制备

TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜用复合电沉积法制备, 制备方法见文献<sup>[8]</sup>。将 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜浸泡在 AgNO<sub>3</sub> 溶液中, 用磁力搅拌器搅拌一定时间后取出置于紫外灯(18 W, 主波长为 365 nm)下垂直照射, 用二次蒸馏水淋洗后即得银修饰的 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜。紫外光强度用 UA-A 型紫外辐照计测量。

### 1.2 TiO<sub>2</sub> 薄膜的制备

把 4.5 g P-25TiO<sub>2</sub> 纳米粉加入到 150 mL 二次蒸馏水中, 加入 0.188 g 聚乙二醇(800)粘合剂, 在 200 W 超声波中处理 1.5 h, 此为涂敷液。将导电玻璃(ITO, 15 Ω/□)放入涂敷液中, 用提拉法制备薄膜, 湿膜在空气中自然晾干, 重复涂敷 3 次, 最后放在 450 °C 的电阻炉中保温 1 h, 自然冷却至室温。

### 1.3 薄膜组成、形貌及结构分析

薄膜中的 Sn 用络合滴定法测定。Ti 用分光光度法测定。薄膜表面形貌用 LEO1530 热场发射扫描电镜

收到初稿日期: 2008-01-28; 收到修改稿日期: 2008-03-29

作者简介: 李爱昌, 男, 1957 年生, 教授, 廊坊师范学院化学与材料科学学院, 河北 廊坊 065000, 电话: 0316-2197299, Email:aichangli@hotmail.com

观察,并以 oxford 7426 型能谱仪测定其表面组成。用 D/max-RB 型 X 射线衍射仪(Cu K $\alpha$ )以 1.5° 掠角测定薄膜的晶体结构。

### 1.4 光催化实验

室温下,将 14 mL 的 pH=5.0、浓度 1.0 mg/L 的罗丹明 B 溶液置于硬质试管(6 cm×2 cm)中,将 Ag-SnO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> 薄膜电极放入其中,以 150 W 卤钨灯为光源进行照射,使薄膜距离光源(以下简称光距)为 18.5 cm,氧气流量为 50 mL/min。每 20 min 取样一次,用 721 型分光光度计(波长 552 nm)测定罗丹明 B 溶液的吸光度。

## 2 结果与讨论

### 2.1 Ag 修饰 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜制备工艺对光催化活性的影响

#### 2.1.1 紫外光照时间的影响

将 4 片 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜在浓度为 1.0×10<sup>-5</sup> mol/L AgNO<sub>3</sub> 溶液中浸泡 30 min,取出后置于紫外灯下,薄膜处紫外光强度为 0.098 mW/cm<sup>2</sup>,分别垂直照射 15, 30, 60 和 120 min,制得 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜。用其光催化降解罗丹明 B 溶液,紫外辐照时间对薄膜光催化性能的影响如图 1 所示。

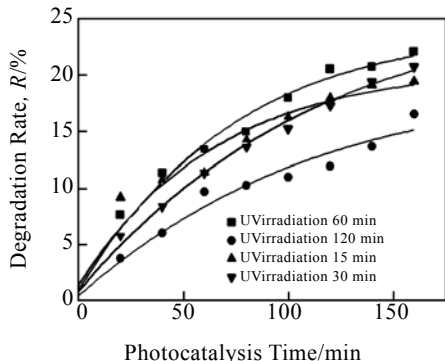


图 1 紫外光照时间对 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜光催化活性的影响  
Fig.1 Effect of UV irradiation time on the photocatalytic activity of Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> films

由图 1 可知,在其它工艺条件相同的情况下,光照时间对 Ag 修饰 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜光催化降解性能有较大影响。照射 60 min 所制 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜光催化活性最高,修饰时间过长或过短均不利于罗丹明 B 的降解。在光还原 Ag 过程中,随光照时间的增长,Ag<sup>+</sup> 被还原生成单质 Ag 的量增多,Ag 负载量增加导致 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 表面 Ag 纳米团簇粒径增大<sup>[7]</sup>。文献[9]表明,银团簇粒径在合适范围内光催化活性才高,粒径太大

和太小都会使活性降低。这就是光照时间过短、特别是过长使薄膜催化活性降低的主要缘故。

#### 2.1.2 紫外光强度的影响

把 4 片 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜在浓度为 1.0×10<sup>-5</sup>mol/L AgNO<sub>3</sub> 溶液中浸泡 30 min,取出后分别置于紫外光强度为 0.35, 0.21, 0.087 和 0.056 mW/cm<sup>2</sup> 处照射 60 min,制得 4 片不同 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜。它们对罗丹明 B 的光催化降解效果如图 2 所示。由图可见,紫外光强度为 0.21 mW/cm<sup>2</sup> 时所制 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 光催化活性最高,光强度过大或过小都不利于薄膜光催化活性的提高。

光强度对银簇尺度的影响有两重性:一是当光照强度不大时,增加光照强度有利于生成粒度较小的银簇,这是因为,光照强度越大,被修饰薄膜表面光生电子的产生速率就越快,因而银的沉积速率越快,根据结晶学原理,这有利于晶核的形成,从而使银簇尺度减小;二是当光照强度较大时,增加光照强度有利于生成粒度较大的银簇,这主要是由于沉积速率过大而导致银担载量明显增加引起的。因此,只有光强度适中才能生成尺度恰当的银簇,才能使光催化活性最佳。

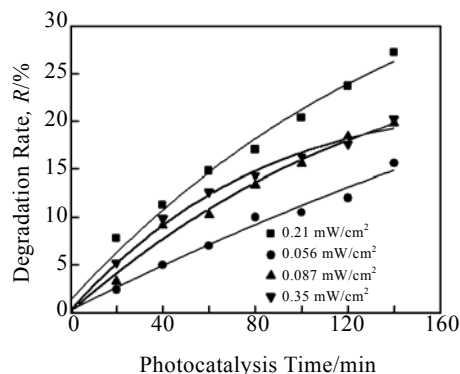


图 2 紫外光强度对 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜光催化活性的影响  
Fig.2 Effect of UV irradiation intensity on the photocatalytic activity of Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> thin films

#### 2.1.3 浸泡时间和 AgNO<sub>3</sub> 溶液浓度的影响

将 4 片 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜在浓度为 1.0×10<sup>-5</sup> mol/L AgNO<sub>3</sub> 溶液中分别浸泡 10, 30, 60 和 180 min,取出后置于紫外光强度为 0.21 mW/cm<sup>2</sup> 处照射 60 min,制得不同的 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜。它们对罗丹明 B 的光降解效果如图 3 所示。图 3 表明,在其它制备条件相同情况下,浸泡时间 30 min 所制薄膜光催化活性最高,随着浸泡时间的增长或减小,其光催化活性逐渐降低。

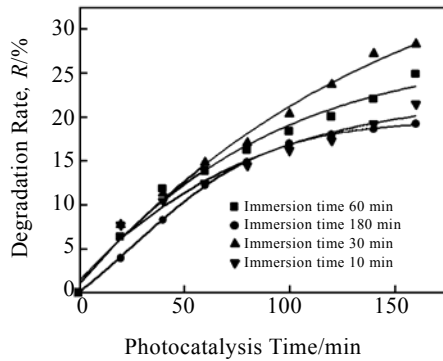


图3 浸泡时间对 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜光催化活性的影响  
Fig.3 Effect of immersion time on the photocatalytic activity of Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> thin films

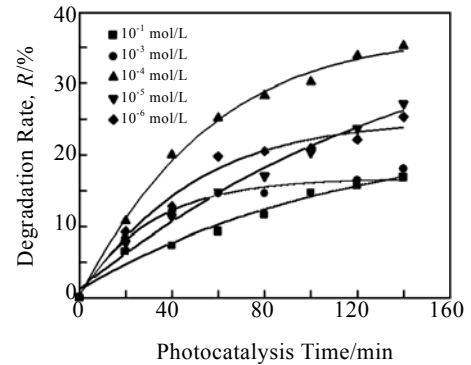


图4 AgNO<sub>3</sub> 浓度对 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜光催化活性的影响  
Fig.4 Relation between the concentration of AgNO<sub>3</sub> solution and the photocatalytic properties of Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> thin films

图4是AgNO<sub>3</sub>溶液浓度对修饰薄膜光催化活性的影响。AgNO<sub>3</sub>浓度分别为10<sup>-6</sup>、10<sup>-5</sup>、10<sup>-4</sup>、10<sup>-3</sup>和10<sup>-1</sup> mol/L,其它制备条件为:TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>薄膜浸泡时间为30 min,在紫外光强度0.21 mW/cm<sup>2</sup>下垂直照射60 min。由图4可知,AgNO<sub>3</sub>浓度对修饰薄膜光催化活性影响显著。AgNO<sub>3</sub>溶液浓度为1.0×10<sup>-4</sup> mol/L所制薄膜光催化活性最佳,浓度过大或过小都会使Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>薄膜活性降低。

浸泡时间和AgNO<sub>3</sub>浓度对制备薄膜光催化活性的影响是由薄膜Ag<sup>+</sup>的表面吸附量或表面浓度引起的。在吸附未达平衡的条件下,薄膜在溶液中浸泡时间越长,越接近吸附平衡,Ag<sup>+</sup>的表面吸附量越大。另外,根据吸附理论,在吸附未达平衡时,AgNO<sub>3</sub>溶液浓度越大,吸附速率越快,在一定时间内Ag<sup>+</sup>的表面吸附量越大;或者在吸附达平衡条件下,AgNO<sub>3</sub>溶液浓度越大,Ag<sup>+</sup>在薄膜表面的平衡吸附量也越大。总之,浸泡时间越长和AgNO<sub>3</sub>溶液浓度越大,会使Ag<sup>+</sup>在薄膜上表面浓度增大。Ag<sup>+</sup>表面浓度增大会引起单质Ag在薄膜表面负载量增加,从而使银簇粒径增大,粒径过大将导致Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>光催化活性降低。此外,银负载量过大还会造成薄膜较多地被覆盖,使

催化剂接受光的有效面积减少,而使催化活性降低。这就是浸泡时间过长或AgNO<sub>3</sub>浓度过高引起薄膜光催化活性降低的原因。同理,浸泡时间过短或AgNO<sub>3</sub>浓度过小,会使Ag负载量和银簇粒径太小,也会使催化剂的活性降低。只有适中的浸泡时间和AgNO<sub>3</sub>浓度才使薄膜的光催化活性最佳。

综合以上结果,本研究确定的Ag修饰TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>薄膜最佳工艺条件为:AgNO<sub>3</sub>浓度为1.0×10<sup>-4</sup> mol/L,浸泡时间为30 min,紫外光强度0.21 mW/cm<sup>2</sup>,光照时间60 min。

## 2.2 薄膜组成及SEM、XRD表征

图5a是未修饰TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>薄膜的SEM照片。由图可以清楚地看到,这是一个颗粒分布基本均匀的多孔膜,其中鹅卵石状颗粒是SnO<sub>2</sub>,直径在0.2-0.7 μm之间。虫卵状颗粒为TiO<sub>2</sub>,直径在100 nm左右,它是由纳米TiO<sub>2</sub>团聚形成的。图5b是修饰后所得Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>薄膜的表面形貌。与图5a相比较,Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>薄膜的颗粒清晰度降低,在大颗粒上分布着细小颗粒。将图5b左下方局部放大得图5c。可知细小颗粒的直径在30~90 nm之间。EDS分析表明,这些细小颗粒是银簇。

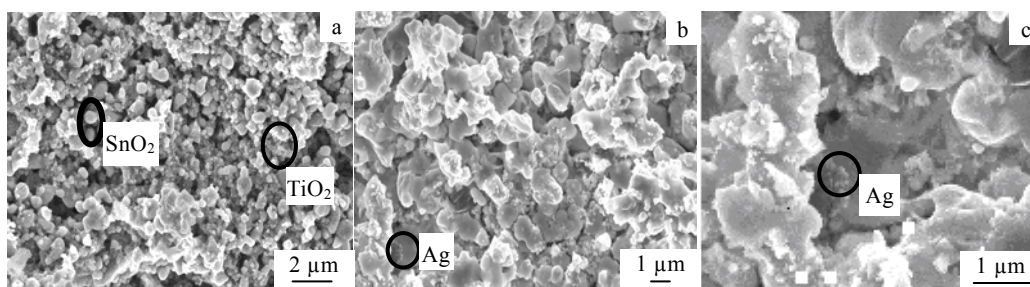


图5 修饰前后的TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>薄膜SEM照片

Fig.5 SEM images of semiconductor films: (a) TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>; (b) Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>; and (c) local Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>

图 6a 和图 6b 分别是  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜和  $\text{Ag-TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜的 EDS 图谱。测试表明,  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜各元素的含量(原子分数, 下同): O 为 69.19%, Ti 为 3.63%, Sn 为 27.18%; 其中  $\text{Ti}/(\text{Ti}+\text{Sn})$  为 11.78%;  $\text{Ag-TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜表面各元素的含量: O 为 68.98%, Ti 为 3.43%, Sn 为 27.08%, Ag 为 0.51%; 其中  $\text{Ti}/(\text{Ti}+\text{Sn})$  为 11.24%。用化学分析法对  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜测试,  $\text{Ti}/(\text{Ti}+\text{Sn})$  为 28.14%, 这表明复合薄膜内部  $\text{TiO}_2$  的含量远大于薄膜表面。

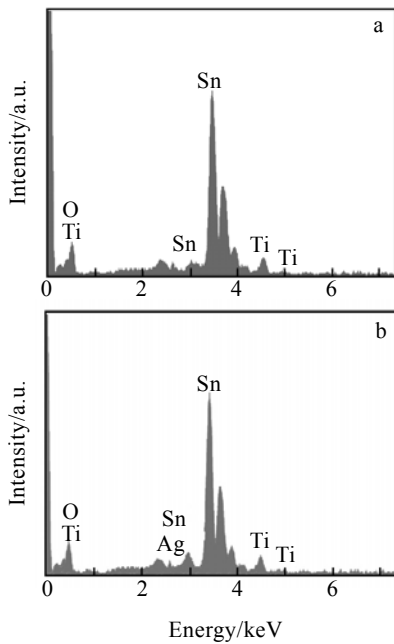


图 6 修饰前后的  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  EDS 图谱

Fig.6 EDS spectrum of  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  film (a) and silver modified  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  film (b)

图 7 是  $\text{Ag-TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜的 XRD 图谱。它与复合电沉积制备的  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜图谱基本相同<sup>[8]</sup>, 膜中  $\text{SnO}_2$  分别以平均晶粒尺寸为 8.5 和 12.5 nm 的金红石相(PDF010657)和正交晶系相(PDF291484)两相并存, 不能确定 Ag 及其氧化物存在。这可能是银在薄膜表面含量较低, 并且以粒径很小的银簇分散存在, 未形成或很少形成晶格所致。图中出现 Sn 的衍射峰, 说明在薄膜内层仍有未氧化的单质 Sn 存在。

### 2.3 $\text{Ag-TiO}_2/\text{SnO}_2$ 薄膜、 $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$ 薄膜和 $\text{TiO}_2/\text{ITO}$ 薄膜光催化活性的比较

图 8 是最佳工艺条件下制备的  $\text{Ag-TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜、 $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  和  $\text{TiO}_2/\text{ITO}$  薄膜光催化降解罗丹明 B 的降解率随反应时间的变化。未修饰前的  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  和  $\text{TiO}_2$  膜质量均为 0.4 mg, 薄膜面积均为  $2 \text{ cm}^2$ 。由图可见, 光催化降解 160 min 时,  $\text{Ag-TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜

降解率是 36.83%,  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  和  $\text{TiO}_2/\text{ITO}$  薄膜降解率分别是 19.16%和 14.48%, 即修饰后所得  $\text{Ag-TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜的降解率是修饰前  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜的 1.92 倍, 是  $\text{TiO}_2/\text{ITO}$  的 2.54 倍。由图 8 还可以看到, 在光降解 6 h 后,  $\text{Ag-TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜的催化活性远大于  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜。

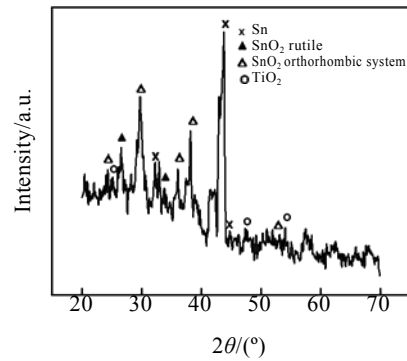


图 7  $\text{Ag-TiO}_2/\text{SnO}_2$  薄膜的 XRD 图谱

Fig.7 XRD spectrum of  $\text{Ag-TiO}_2/\text{SnO}_2$  thin film

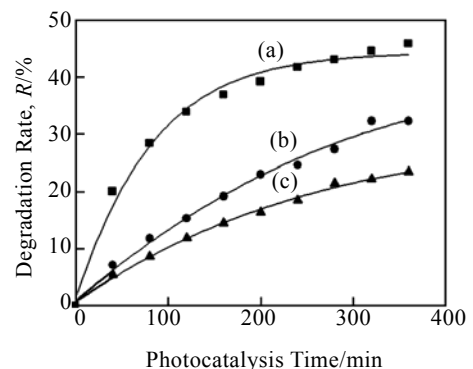


图 8 不同薄膜光催化活性的比较

Fig.8 Dependence of Rhodamine B degradation rate on the nature of semiconductor films: (a) $\text{Ag-TiO}_2/\text{SnO}_2$ ; (b) $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$ ; and (c) $\text{TiO}_2/\text{ITO}$

### 2.4 $\text{Ag-TiO}_2/\text{SnO}_2$ 薄膜光催化罗丹明的机制

实验所用光波包括紫外和可见 2 部分, 可认为光催化降解罗丹明 B 按 2 种不同机制进行。

一是紫外光照下的反应机制。人们已较多的研究了  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  复合体系<sup>[10,11]</sup>, 认为在紫外光波的照射下,  $\text{TiO}_2$  和  $\text{SnO}_2$  中价带电子激发跃迁到导带,  $\text{SnO}_2$  因导带位置低于  $\text{TiO}_2$ , 从而起到富集电子的储库作用, 而  $\text{TiO}_2$  的价带位置高于  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  起到富集空穴的仓库作用。这种耦合体系使光生电荷得到有效分离, 因而比单一物质光催化活性提高。对于  $\text{Ag-TiO}_2/\text{SnO}_2$  体系, Ag 的费

米能级位于 TiO<sub>2</sub> 和 SnO<sub>2</sub> 导带之间, 光激发到 TiO<sub>2</sub> 导带上的电子既可以迁移到 SnO<sub>2</sub> 导带上, 也可以迁移到 Ag 簇费米能级上, 相比于 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 体系, 多出一个富集电子的储库。此外, 由于银原子簇的作用, 使原来较慢的 SnO<sub>2</sub> 或 TiO<sub>2</sub> 导带电子和氧气分子的还原反应变成一个快速过程<sup>[10,12]</sup>, 因而使 TiO<sub>2</sub> 导带电子的传输速率加快, 从而使光催化活性提高。

二是可见光照射下的反应机制。尤先峰等人<sup>[7]</sup>研究了可见光照射下的 Ag-TiO<sub>2</sub> 催化降解甲基橙的反应并提出了反应机制。他们认为, 在可见光照射下, 光催化剂 TiO<sub>2</sub> 不能产生光生电荷, 吸附在 TiO<sub>2</sub> 上的染料吸收可见光后被激发, 随之向 TiO<sub>2</sub> 导带注入电子, 由于 Schottky 能垒的作用, 激发电子由 TiO<sub>2</sub> 向银簇富集, 并在 Ag 表面和吸附 O<sub>2</sub> 分子发生反应生成 O<sub>2</sub><sup>-</sup>、HO<sub>2</sub><sup>·</sup>、OH<sup>·</sup> 等活性物种, 这些活性物种进攻染料分子而将其降解。可认为, Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜中 Ag-TiO<sub>2</sub> Schottky 能垒作用以及银簇对 O<sub>2</sub> 分子的还原催化作用是其在可见光下催化降解活性相对于 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 提高的主要原因。

### 3 结 论

1) 用光还原沉积法以 Ag 修饰 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 制备出 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜, 本研究确定的最佳修饰工艺是: AgNO<sub>3</sub> 浓度 1.0×10<sup>-4</sup> mol/L, TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜浸泡时间 30 min, 紫外光强度 0.21 mW/cm<sup>2</sup>, 光照时间 1 h。

2) 光催化活性最佳薄膜 Ag 的担载量为 0.51%(at%), 银簇直径在 30~90 nm 之间。

3) 修饰所得 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜光催化活性显著提高。对罗丹明 B 光催化降解 160 min, 其降解率是修

饰前 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜的 1.92 倍, 是同质量 TiO<sub>2</sub>/ITO 薄膜的 2.54 倍。

4) 薄膜中 Ag-TiO<sub>2</sub> 异质结的引入在光催化降解染料中有 2 个重要作用: 一是强化了电荷分离; 二是加速了氧气与激发电子的还原反应。这是 Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜相对于修饰前的 TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> 薄膜光催化活性提高的根本原因。

### 参考文献 References

- [1] Fujishima A *et al.* *Photochem Photobiol C*[J], 2000, 1(1): 1
- [2] Carp O *et al.* *Progr Solid State Chem*[J], 2004, 32(1~2): 33
- [3] Zhao J *et al.* *Building Environ*[J], 2003, 38(5): 645
- [4] Ren Xuechang(任学昌) *et al.* *Chinese Journal of Catalysis*(催化学报)[J], 2006, 27(9): 815
- [5] Wang Chuanyi(王传义) *et al.* *Chemical Journal of Chinese Universities*(高等学校化学学报)[J], 1998, 19(12): 2013
- [6] Lin Xi(林 熙) *et al.* *Chemical Journal of Chinese Universities*(高等学校化学学报)[J], 2005, 26(4): 727
- [7] You Xianfeng(尤先峰) *et al.* *Chinese Journal of Catalysis*(催化学报)[J], 2006, 27(3): 270
- [8] Li Aichang(李爱昌) *et al.* *Materials Science and Technology*(材料科学与工艺)[J], 2008, 16(1): 163
- [9] Liu Shouxin(刘守新) *et al.* *Chinese Journal of Catalysis*(催化学报)[J], 2004, 25(2): 133
- [10] Vinodgopal K *et al.* *Environ Sci Technol*[J], 1995, 29(3): 841
- [11] Peng Feng(彭 峰) *et al.* *Chinese Journal of Catalysis*(催化学报)[J], 2003, 24(4): 243
- [12] Christian D G *et al.* *Journal of Electroanalytical Chemistry*[J], 2002, 522: 40

## Preparation and Photocatalytic Activity for Rhodamine B of Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> Thin Films

Li Aichang, Cui Zhipeng, Li Wenju

(Langfang Normal College, Langfang 065000, China)

**Abstract:** Silver-modified TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> thin films (Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> thin films) were prepared by the photodeposition method. The effects of preparation conditions on the photocatalytic activity of Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> thin films were discussed. The surface morphology, chemical composition and structure of the films were characterized by SEM and XRD, and its photocatalytic properties were evaluated with Rhodamine B as model compound. The results show that the optimum content of Ag on the film surface was 0.51at% and the diameter of Ag particles was about 30~90 nm. The photocatalytic degradation rate of Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> film is 1.92 times and 2.54 times higher than the TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> film and the TiO<sub>2</sub>/ITO film, respectively, mainly duo to the change in the reaction mechanism. The heterojunction of Ag-TiO<sub>2</sub> in Ag-TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> film efficiently promoted the separation of charges and accelerated the reaction of excited electrons and oxygen relatively to TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> film in photocatalytic degradation for Rhodamine B.

**Key words:** silver; TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> nanofilm; photodeposition; photocatalysis; Rhodamine B

Biography: Li Aichang, Professor., Faculty of Chemistry and Material Science, Langfang Normal College, Langfang 065000, P. R. China, Tel: 0086-316-2197299, Email: aichangli@hotmail.com