

文章编号: 1000-5013(2008) 04 0545- 05

钒掺杂改性层状钙钛矿 $K_2La_2Ti_3O_{10}$ 的光催化性能

魏月琳, 吴季怀, 黄昀昉, 范乐庆, 林建明, 黄妙良, 蔡坤荣

(华侨大学 福建省高校功能材料重点实验室, 福建 泉州 362021)

摘要: 通过高温固相法, 制备出 V^{5+} 掺杂的 $K_{2-x}La_2Ti_{3-x}V_xO_{10}$ ($x = 0 \sim 1.0$) 系列层状钙钛矿. 采用 X 射线衍射、紫外可见漫反射光谱和比表面积对样品进行表征. 研究 $K_{2-x}La_2Ti_{3-x}V_xO_{10}$ 作为光催化剂在波长大于 290 nm 光辐射下, 裂解水产生氢气的光催化活性, 并讨论 V^{5+} 掺杂对层状钙钛矿 $K_2La_2Ti_3O_{10}$ 光催化活性的影响. 实验结果表明, 适量掺杂的 V^{5+} 可有效地提高 $K_2La_2Ti_3O_{10}$ 裂解水的光催化活性, 450 W 汞灯照射 5 h 后, 1 g 的 $K_{2-x}La_2Ti_{3-x}V_xO_{10}$ ($x = 0.1$) 光催化剂可催化分解甲醇溶液(体积分数为 10%) 产生氢气约 16 μmol .

关键词: $K_2La_2Ti_3O_{10}$; 掺杂; 裂解水; 光催化剂

中图分类号: O 643.36; TB 34

文献标识码: A

自 1972 年日本学者 Fujishima 和 Honda 发现 TiO_2 电极分解水产生氢气至今^[1], 半导体光催化的研究取得一定的进展. 目前, 一种具有层状结构的钙钛矿半导体氧化物—— $K_2La_2Ti_3O_{10}$ 成为研究的热点之一^[2-3]. 该化合物具有较高的氢生成活性中心, 能够利用层状空间作为反应点控制逆反应, 在紫外光照射下, 负载 NiO 的 $K_2La_2Ti_3O_{10}$ 光量子效率达 30%. 但是该半导体的能隙较大(3.7 eV), 吸收阈值小于 335 nm, 仅能被占太阳能总能量 4% 的紫外光所激发, 加之为了追求纳米级光催化剂的高活性, 其光吸收带边会因量子尺寸效应而蓝移, 进一步降低了太阳光利用率. 为了克服上述缺陷, 金属离子掺杂被认为是有效的方法之一. $K_2La_2Ti_3O_{10}$ 的催化活性, 主要取决于 Ti^{4+} -3d 轨道和 O^{2-} -2p 轨道强烈杂化构成的能带结构. 当 Ti^{4+} 离子被不同价态的金属离子部分取代时, 就会引入新电荷, 生成各种缺陷, 或改变晶格类型、影响光生电子-空穴的运动状况、分布状态, 或者改变 $K_2La_2Ti_3O_{10}$ 的能带结构. V 离子被认为是比较理想的掺杂剂之一. 研究表明, $BiVO_4$ ^[4], $CaBiVO_8$ ^[5], $InVO_4$ ^[6], $Ti_{1-x}V_xO_2$ 等^[7] 都具有将水分解的高光催化活性. 然而, V 离子掺杂对 $K_2La_2Ti_3O_{10}$ 光催化活性的影响机制尚未见报道. 鉴于此, 本文研究了 V^{5+} 离子的掺杂对 $K_2La_2Ti_3O_{10}$ 在光辐照下裂解水生成氢气光催化活性的影响, 并对光催化剂的改性机理进行了探讨.

1 实验部分

1.1 $K_{2-x}La_2Ti_{3-x}V_xO_{10}$ ($x = 0.1 \sim 1.0$) 的制备

按化学计量比称量 K_2CO_3 , La_2O_3 , TiO_2 , V_2O_5 (均为分析纯, 未作进一步处理, 其中 K_2CO_3 过量 10%, 中国医药集团上海化学试剂公司). 样品经充分研磨后在 1 050 $^{\circ}\text{C}$ 空气中反应 12 h, 再次研磨, 于 1 150 $^{\circ}\text{C}$ 下二次反应 40 h, 反应产物以蒸馏水清洗, 于 500 $^{\circ}\text{C}$ 下干燥, 得到无水 $K_{2-x}La_2Ti_{3-x}V_xO_{10}$ ($x = 0 \sim 1.0$) 光催化剂粉末.

收稿日期: 2008-01-09

作者简介: 魏月琳(1976), 女, 讲师; 通信作者: 吴季怀(1958), 男, 教授, 主要从事复合材料开发的研究. E-mail: jhwu@hqu.edu.cn.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50082003, 50372022); ; 华侨大学科研基金资助项目(08HZR01)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.2 样品的表征

用 D8-Advance 型 X 射线衍射仪(40 kV, 40 mA, Cu/ K α , 波长为 1 540. 5 μ m, 德国布鲁克 AXS 公司) 测定样品的晶体结构. 用带球积分的 Shimadzu UV-3100 型分光光度计(日本岛津公司) 测定样品的漫反射光谱, 由此确定样品的能带. 样品的比表面积由氮吸附法(Omnisorp100 CX 型气体吸附分析仪, 美国库尔特电子仪器公司) 确定.

1.3 光催化活性评价

光解水反应装置的结构示意图, 如图 1 所示. 光解水反应在一个容量为 1. 25 L 的反应容器中进行, 光照方式采用内置型 450 W 高压汞灯作为光源. 高压汞灯悬挂于一个与反应器相嵌的夹套(由 Pyrex 玻璃制成, 以过滤掉波长低于 290 nm 的紫外光) 中, 通过控制夹套中循环水来稳定反应体系中溶液温度. 在 60 $^{\circ}$ C 的水浴中进行反应, 反应前先对反应器和气流管道中充入 N $_2$ 一定时间以驱除空气. 将催化剂分散在溶液中, 测定溶液在光辐照时产生的氢气量即可确定催化剂的活性.

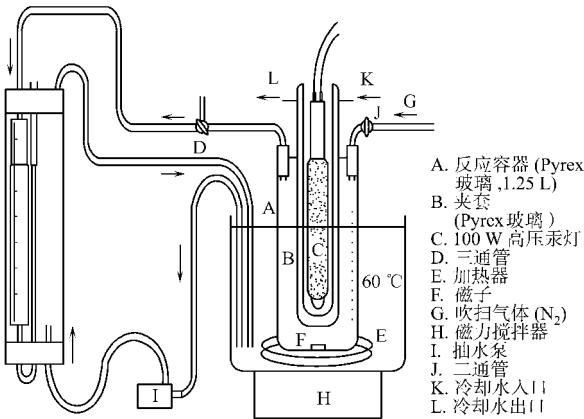


图 1 光解水反应装置的结构示意图

Fig. 1 Schematic illustration of the reaction apparatus used for photocatalytic reaction

2 结果与讨论

2.1 样品的结构

K $_2$ La $_2$ Ti $_3$ O $_{10}$ 是一种具有钙钛矿层板结构的半导体氧化物^[8], 属 Ruddlesden-Popper (RP) 相, 分子通式为 A' $_2$ [A $_{n-1}$ B $_n$ O $_{3n+1}$], 其中 A', A 为碱金属、碱土金属或稀土金属, B 为过渡金属离子. 如图 2 所示, 其结构为体心四方晶系, 空间群为 I4/*mmm*, 晶胞参数为 *a*= *b*= 0. 387 nm, *c*= 2. 980 nm. 以 TiO $_6$ 为中心的八面体通过共边和共角相互连接铺展成片状, 每个层板由 3 个八面体厚度的钙钛矿层 (La $_2$ Ti $_3$ O $_{10}^{2-}$) 沿 [110] 方向偏移 1/2 堆积, 与 12 个氧离子配位的 La $^{3+}$ 占据了钙钛矿晶格中心位置, K $^{+}$ 位于带负电荷的层板中间.

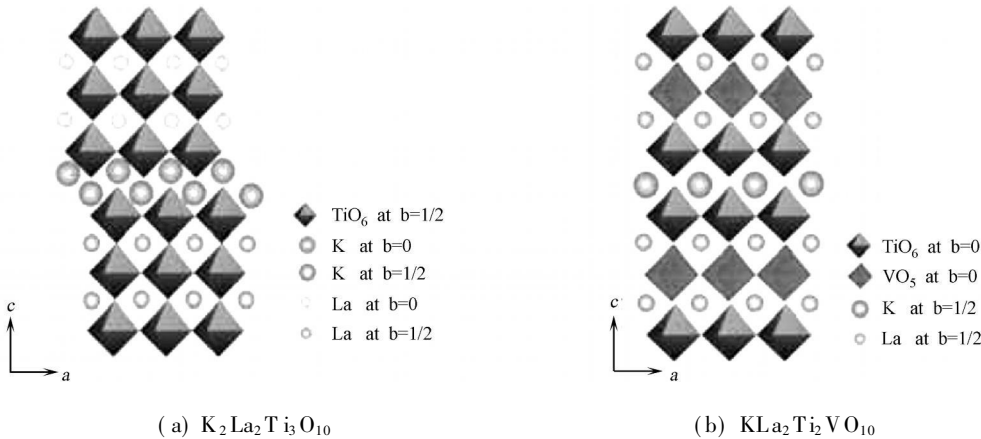
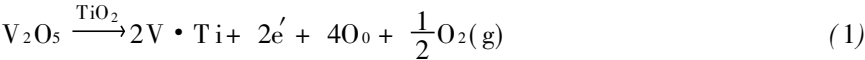


图 2 样品结构示意图

Fig. 2 Crystal structure of samples

图 2(a), (b) 所掺杂的 V 元素主要以 + 5 价的化学价存在, 其他价态的 V 离子含量极少^[7, 9]. 虽然 Ti $^{4+}$ 和 V $^{5+}$ 的化合价不等, 但二者在元素周期表上相邻, 离子半径相近 (V $^{5+}$ 为 0. 059 nm, Ti $^{4+}$ 为 0. 068 nm). 因此, 所掺杂的 V $^{5+}$ 易于部分取代 Ti $^{4+}$ 进入 K $_2$ La $_2$ Ti $_3$ O $_{10}$ 晶格结点位置形成施主掺杂, 其反应式:



从式 (1) 可见, V $^{5+}$ 掺杂后的 K $_{2-x}$ La $_2$ Ti $_{3-x}$ V $_x$ O $_{10}$ 的载流子浓度增加, 有可能使半导体氧化物光催化活性发生改变. 图 3 为样品的 X 射线衍射图谱, 所得的晶格参数与标准卡 (JCPDS Card: 48- 0982) 理

论值对照, 几乎完全吻合. 没有对应于含 V_2O_5 相的衍射峰出现, 说明 V 元素可能是以无定形的化学态存在. 但部分峰位发生微移, 这是由于掺杂的 V^{5+} 进入了钛镧酸的晶格, 取代部分 Ti^{4+} 在晶格中的位置, 引起钛镧酸晶格畸变. 当掺杂量增至 $x = 0.8$ 时, (001) 衍射峰消失, 表明样品已由 $K_{2-x}La_2Ti_{3-x}V_xO_{10}$ ($x = 0.1 \sim 0.7$) 的 Ruddlesden-Popper(RP) 相转变为 $K_{2-x}La_2Ti_{3-x}V_xO_{10}$ ($x = 0.8 \sim 1.0$) 的 Dion-Jacobson(DJ) 相^[10], 空间群为 $Pnam$, 仍然维持原有的层状钙钛矿结构, 每个钙钛矿($La_2Ti_3O_{10}$) 层板沿 $[100]$ 方向偏移 $a/2$ 堆积. 两相之间堆积方式的不同, 是由于在钙钛矿层板间碱金属离子的数目和大小变化到一定程度造成的. 实验表明, 所制备的 $K_{2-x}La_2Ti_{3-x}V_xO_{10}$ ($x = 0 \sim 1.0$) 样品均是完好的钙钛矿型结构. 这是因为钙钛矿的晶体结构稳定, A 位和 B 位皆可容纳一种以上元素的离子, 只要满足了容忍因子和电中性的要求, 90% 的金属元素都可以在钙钛矿结构中稳定存在.

2.2 紫外线-可见光吸收光谱

样品的紫外线-可见光吸收光谱, 如图 4 所示. 从图 4 可知, 所有样品在紫外及近紫外区均有强烈

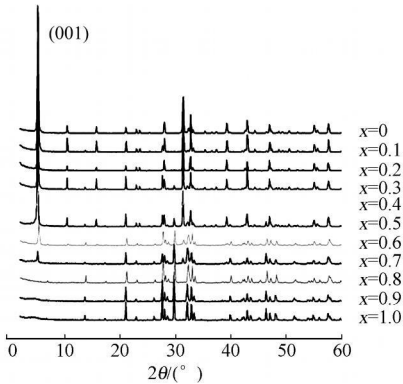


图 3 样品的 XRD 谱图

Fig.3 XRD patterns of the samples

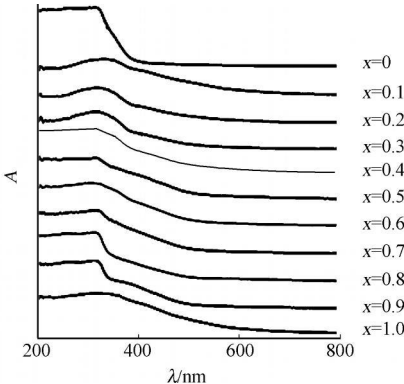


图 4 样品的 UV-Vis 的吸收光谱

Fig.4 UV-Vis spectra of the samples

吸收. 与 $K_2La_2Ti_3O_{10}$ 相比, $K_{2-x}La_2Ti_{3-x}V_xO_{10}$ ($x = 0.1 \sim 1.0$) 的吸收边均向可见光区拓展. 表 1 为样品的光催化裂解水及其物理性能, 其中, E 为能隙, s 为比表面积, $b(H_2)$ 为每克催化剂的 H_2 摩尔质量浓度. 即随着掺杂量的递增, 光催化剂的能隙逐渐减小. 根据半导体光催化机理^[11], 在氧化物半导体中氧

表 1 $K_{2-x}La_2Ti_{3-x}V_xO_{10}$ ($x = 0 \sim 1.0$) 的光催化裂解水及其物理性能

Tab.1 Photocatalytic splitting of water and physical properties of $K_{2-x}La_2Ti_{3-x}Ta_xO_{10}$ ($x = 0 \sim 1.0$)

x	化合物	E/eV	$s/\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$	$b(H_2)/\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$
0	$K_2La_2Ti_3O_{10}$	3.66	4.10	6.0
0.1	$K_{1.9}La_2Ti_{2.9}V_{0.1}O_{10}$	3.66	3.50	16.0
0.2	$K_{1.8}La_2Ti_{2.8}V_{0.2}O_{10}$	3.63	3.60	10.2
0.3	$K_{1.7}La_2Ti_{2.7}V_{0.3}O_{10}$	3.60	3.90	9.1
0.4	$K_{1.6}La_2Ti_{2.6}V_{0.4}O_{10}$	3.44	3.90	8.4
0.5	$K_{1.5}La_2Ti_{2.5}V_{0.5}O_{10}$	3.46	3.60	7.7
0.6	$K_{1.4}La_2Ti_{2.4}V_{0.6}O_{10}$	3.34	3.30	6.7
0.7	$K_{1.3}La_2Ti_{2.3}V_{0.7}O_{10}$	3.23	3.80	6.6
0.8	$K_{1.2}La_2Ti_{2.2}V_{0.8}O_{10}$	3.20	3.20	6.6
0.9	$K_{1.1}La_2Ti_{2.1}V_{0.9}O_{10}$	3.02	3.90	6.2
1.0	$KL_a_2Ti_2VO_{10}$	2.92	3.90	4.3

的 2p 轨道构成价带(VB), Ti^{4+} 的 3d 组态在八面体场中分裂为不同能级的 t_{2g} 和 e_g 二组轨道构成导带(CB). 当受能量等于或大于禁带宽度 E_g (带隙) 的光照射时, 价带电子(e^-) 被激发跃迁至导带, 在价带产生相应的空穴(h^+), 构成电子-空穴对. 这就意味着越窄的带隙, 就越容易导致电子从价带跃迁至导带. 所以, 带隙更窄的光催化剂能够捕获更多的光子以激发电子-空穴对的产生.

适量 V^{5+} 离子的元素掺杂在 $K_2La_2Ti_3O_{10}$ 半导体中, V^{5+} 的 d 电子组态在 TaO_6 八面体场中裂分为不同的能级 t_{2g} 和 e_g 两组轨道, 两组轨道可以与 O 的 2p 轨道构成新的能级, 即在 $K_2La_2Ti_3O_{10}$ 半导体带结构的价带与导带之间构成亚能级^[12]. 价带电子可以分级跃迁, 可以利用能量较低的可见光激发电子,

由价带分两步传输到导带,且每一级跃迁所跨越的能级均小于未掺杂的 $\text{K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ 的能隙. 其整体效果相当于减小了 $\text{K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ 的能隙,拓展了 $\text{K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ 对可见光的响应. 另外, V^{5+} 比 Ti^{4+} 具有更高的正电荷和更小的半径,因而具有更大的电荷半径比,以至于 V 对 O 有较强的极化效应. 上述两种因素使得光催化剂的吸收大大加强,吸收边位置发生明显红移,这将有利于提高太阳光利用率.

2.3 光催化活性

分别称取 1 g 的 $\text{K}_{2-x}\text{La}_2\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{10}$ ($x = 0 \sim 1.0$) 粉末分散在 1.25 L 的光反应器中,加入体积分数为 10% 的甲醇水溶液作为空穴清除剂. 在恒温 60 °C 水浴中,分别于波长 λ 大于 290, 400 nm 的 450 W 的紫外灯辐照 5 h, 累计产氢量. 尽管多数样品在可见光区 ($\lambda > 420 \text{ nm}$) 有较为明显的吸收,但在 λ 大于 400 nm 的辐照下并没有表现出光催化活性,这可能是所吸收的可见光光子还不足以激发电子-空穴对的产生. 实验结果表明,光反应是由紫外光引发的. 如表 1 所示,掺杂适量的 V, $\text{K}_{2-x}\text{La}_2\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{10}$ 的光催化活性得到不同程度的提高,但还是低于贵金属 Pt 或 Ni 修饰的 $\text{K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ 的催化活性相比^[2-3]. 这是因为文献中所负载的贵金属 Pt 经过 H_2 还原后,催化活性点大量增加,既可吸收紫外光又可以吸收可见光.

根据半导体掺杂理论和表征结果,适量 V 掺杂提高 $\text{K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ 光催化活性的机理可能有如下 3 个方面. (1) 在 $\text{K}_{2-x}\text{La}_2\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{10}$ ($x = 0 \sim 0.7$) 中,当 Ti^{4+} 被 V^{5+} 离子部分取代后,由于 V^{5+} 较 Ti^{4+} 多 1 个正电荷,有可能形成正离子空位点缺陷来保持体系的电中性;而带负电荷的空位可捕获光生空穴,降低光生电子和空穴的复合速率,有效地提高 $\text{K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ 的光催化活性. (2) 对于非计量比的化合物而言,由于掺杂加大了化合物的非化学计量比,而非化学计量性(空位)和催化反应物的吸附、氧化还原作用及提高半导体中载流子的传递等都有密切关系. 因而随掺杂量的增加,载流子浓度增加,其光催化活性也随之提高. (3) 适量 V^{5+} 离子掺杂在 $\text{K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ 半导体中,使得的 $\text{K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ 的能隙变窄,拓展了 $\text{K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ 对可见光的利用率^[12].

研究表明,随着 V^{5+} 离子浓度的增加, $\text{K}_{2-x}\text{La}_2\text{Ti}_{3-x}\text{Ta}_x\text{O}_{10}$ 的催化活性逐渐降低. 这是由于金属离子掺杂有一个最佳浓度范围^[13], 高浓度掺杂物易发生集聚,甚至生成新相覆盖在光催化剂的表面,半导体表面的有效面积减小. 同时,俘获并捕获电子或空穴的间距减小,俘获两种载流子致使其复合的几率增大,晶体中空位分布的随机化降低,以致出现空位的局部有序簇排列,造成催化活性降低^[14]. 因此,在 $\text{K}_{2-x}\text{La}_2\text{Ti}_{3-x}\text{Ta}_x\text{O}_{10}$ ($x = 0.1 \sim 0.7$) 系列中, $\text{K}_{1.9}\text{La}_2\text{Ti}_{2.9}\text{Ta}_{0.1}\text{O}_{10}$ 表现出最大光催化活性. 本实验的条件下,辐照 5 h 产氢量达到 $16 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$, 并不是能隙最小的 $\text{K}_{1.3}\text{La}_2\text{Ti}_{2.3}\text{Ta}_{0.7}\text{O}_{10}$ (3.23 eV).

金属离子的掺杂对半导体的晶态结构、晶格的畸变、粒径的大小等有多方面的影响. 当掺杂量增至 $x = 0.8$ 时,样品由 Ruddlesden-Popper (RP) 相转变为 Dion-Jacobson (DJ) 相,因而 $\text{K}_{2-x}\text{La}_2\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{10}$ ($x = 0.8 \sim 1.0$) 的能隙较低,分别为 3.20, 3.02, 2.92 eV, 均低于 $\text{K}_{2-x}\text{La}_2\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{10}$ ($x = 0 \sim 0.7$). 但其光催化活性却低于 $\text{K}_{2-x}\text{La}_2\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{10}$ ($x = 0 \sim 0.7$).

比表面积也是影响催化剂活性的重要参数之一,催化活性随比表面积的增加而增加,但本实验制备样品的比表面积相差不大,表明样品在光催化性能上的差异不是由比表面积所决定的.

3 结束语

通过传统的固相反应制备出系列层状钙钛矿氧化物 $\text{K}_{2-x}\text{La}_2\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{10}$ ($x = 0 \sim 1.0$). 与未掺杂的 $\text{K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ 相比, V^{5+} 离子的掺杂降低了半导体氧化物的能隙,扩大了 $\text{K}_{2-x}\text{La}_2\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{10}$ ($x = 0.1 \sim 1.0$) 的光响应范围,提高了 $\text{K}_{2-x}\text{La}_2\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{10}$ ($x = 0.1 \sim 0.9$) 的光催化活性,其中 $\text{K}_{1.9}\text{La}_2\text{Ti}_{2.9}\text{V}_{0.1}\text{O}_{10}$ 光催化活性最大,达到 $16 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$. 随着掺杂浓度的提高,光催化活性逐渐下降.

参考文献:

- [1] FUJISHIMA A, HONDA K. Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode [J]. Nature, 1972, 238: 37-38.
- [2] TAKATA T, HARA M, DOMEN K, et al. Effect of chromium addition for photocatalytic overall water splitting on $\text{Ni-K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ [J]. Journal of Catalysis, 2000, 196(2): 362-365.

- [3] 崔文权, 刘 利, 冯良荣, 等. $Pt/K_2La_2Ti_3O_{10}$ 催化剂的合成及其光催化分解甲醇水溶液制氢[J]. 中国科学(B 辑): 化学, 2006, 49(2): 139-144.
- [4] KOHTANI S, HIRO J, KUDO A, et al. Adsorptive and photocatalytic properties of Ag-loaded $BiVO_4$ on the degradation 4-*n*-alkylphenols under visible light irradiation [J]. Catalysis Communications, 2005, 6: 185-189.
- [5] YAO Wei-feng, YE Jin-hua. Photocatalytic properties of $CaBiVMO_8$ (where M= W and Mo) compounds [J]. Catalysis Today, 2006, 116(1): 18-21.
- [6] ZHANG Li-wu, FU Hong-bo, ZHU Yong-fa, et al. Synthesis characterization and photocatalytic, properties of $InVO_4$ nanoparticles [J]. Journal of Solid State Chemistry, 2006, 179: 804-811.
- [7] 孙晓君, 井立强, 蔡伟民, 等. 掺 V 的 TiO_2 纳米粒子的制备和表征及其光催化性能 [J]. 硅酸盐学报, 2002, 30: 26-30.
- [8] GOPALAKRISHNAN J, BHAT V. $A_2Ln_2Ti_3O_{10}$ (A= K or Rb; Ln= La or rare earth): a new series of layered perovskites exhibiting ion exchange [J]. Inorganic chemistry, 1987, 26: 4299-4301.
- [9] YU J C, LIN J, KWOK RWM. Enhanced photocatalytic activity of $Ti_{1-x}V_xO_2$ solid solution on the degradation of acetone[J]. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 1997, 111: 199-203.
- [10] UMA S, RAJU A R, GOPALAKRISHNAN J. Bridging the ruddlesden-popper and the diom-jacobson series of layered perovskites: Synthesis of layered oxides, $A_{2-x}La_2Ti_{3-x}Nb_xO_{10}$ (A= K, Rb), exhibiting ion exchange[J]. Journal Material Chemistry, 1993, 3: 709-713.
- [11] MASATO M, KAORI M, SHIGENORI M, et al. Photocatalytic properties of layered perovskite tantalates, $M LnTa_2O_7$ (M= Cs, Rb, Na, and H; Ln= La, Pr, Nd, and Sm) [J]. Journal Material Chemistry, 2003, 13: 1433-1437.
- [12] 谢艳梅, 吴季怀, 林建明, 等. 铬掺杂钙铌酸的制备及其光催化性能[J]. 华侨大学学报: 自然科学版, 2008, 29 (2): 256-259.
- [13] 刘 畅, 暴宁钟, 杨祝红, 等. 过渡金属离子掺杂改性 TiO_2 的光催化性能研究进展[J]. 催化学报, 2001, 22: 215-218.
- [14] 吴 越, 氧化物的非化学计量性和催化作用[J]. 科学通报, 1992, 37(2): 97-106.

Study on Photocatalytic Property of Layered Perovskite-Type Photocatalyst $K_2La_2Ti_3O_{10}$ Doping with V^{5+} Ion

WEI Yue-lin, WU Ji-huai, HUANG Yun-fang, FAN Le-qin,
LIN Jian-ming, HUANG Miao-liang, CAI Kun-rong

(The Key Laboratory for Functional Materials of Fujian Higher Education, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: $K_2La_2Ti_3O_{10}$ ($x=0.1\sim 1.0$) was synthesized by high temperature solid state method. Then, the Powder X-ray diffraction pattern, UV-Vis diffuse reflectance spectrum and specific surface area measurements were carried out to characterize the samples. The influence of doping with V^{5+} ion on photocatalytic property of photocatalyst was studied. Under irradiation with $\lambda>290\text{ nm}$ from a Hg lamp of 450 W for 5 h, about $16\mu\text{mol}$ hydrogen was produced from 1250mL methanol solution (10%) containing 1g of dispersed $K_{1.9}La_2Ti_{2.9}V_{0.1}O_{10}$. The results reveal that the photocatalytic property of $K_{1.9}La_2Ti_{2.9}V_{0.1}O_{10}$ is higher than other samples owing to the appropriately doping with V^{5+} ion.

Keywords: $K_2La_2Ti_3O_{10}$; doping; water splitting; photocatalyst

(责任编辑: 黄仲一 英文审校: 陈国华)