

ОПТИКА И СПЕКТРОСКОПИЯ

УДК 546.4

DOI: 10.17223/00213411/63/4/55

С.А. КУЗНЕЦОВА¹, А.Г. МАЛЬЧИК², В.В. КОЗИК¹СВОЙСТВА ПЛЕНОК ZnO:Al, ZnO:Al–SiO₂, ПОЛУЧЕННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ-МЕТОДОМ ИЗ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ РАСТВОРОВ*

Золь-гель-методом из этанольных пленкообразующих растворов на основе $\text{Zn}[\text{C}_6\text{H}_4\text{OHCOO}]\text{NO}_3$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ на стеклянных подложках получены пленки ZnO, ZnO:Al (5 мас. %) и ZnO:Al (5 мас. %) – SiO₂ (5 мас. %). Исследованы их пропускающая способность в видимой области спектра, сопротивление и фотокаталитические свойства. Показано, что добавка Al практически не оказывает влияние на пропускающую способность пленок ZnO в видимой области спектра, но увеличивает проводимость, снижая поверхностное сопротивление до 10^7 Ом. Наибольшей пропускающей способностью обладают пленки ZnO:Al–SiO₂ (до 95 %). Добавка SiO₂ не оказывает влияние на проводимость пленок ZnO:Al. Наибольшей фотокаталитической активностью обладают пленки ZnO:Al. Константа скорости фоторазложения метилового оранжевого составляет $1.47 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$, что на порядок выше скорости разложения метилового оранжевого в присутствии коммерческого фотокатализатора Degussa P25. Добавка SiO₂ снижает степень кристалличности пленок ZnO:Al и уменьшает их фотокаталитическую активность.

Ключевые слова: пленки ZnO:Al, ZnO:Al–SiO₂, поверхностное сопротивление, фотокатализ органических красителей, прозрачные пленки, морфология поверхности.

Введение

Оксид цинка в дисперсном и тонкопленочном состояниях, являясь широкозонным полупроводником *n*-типа проводимости, находит широкое применение в различных областях промышленности. В последние годы появилось достаточно большое количество публикаций, в которых исследователи предлагают использовать оксид цинка в качестве фотокатализатора в процессах очистки природной воды от органических загрязнителей [1–6]. Известно также, что применение прозрачного слоя оксида цинка на фотоаноде приводит к повышению эффективности работы сенсibilизированного солнечного элемента [7, 8]. Прозрачные проводящие тонкие пленки оксида цинка хорошо пропускают в видимом диапазоне спектра ~ 90 %, так как ширина их запрещенной зоны обычно составляет ~ 3.2–3.8 эВ, а значит и фотоны в таких материалах практически не поглощаются, а также имеют поверхностное сопротивление $< 10^9$ Ом. При этом поглощение в ближней УФ-области позволяет оксиду цинка проявлять фотокаталитические свойства. Несмотря на это, к недостаткам пленок оксида цинка, проявляющих фотокаталитическую активность, следует отнести уменьшение ее во времени и быструю рекомбинацию электрон-дырочных пар, а к недостаткам прозрачных пленок оксида цинка в сенсibilизированных солнечных элементах относят их низкую проводимость. Поэтому в настоящее время для улучшения как электрофизических, так и фотокаталитических свойств ZnO в тонкопленочном состоянии предлагают проводить его легирование алюминием [9–11] и разрабатывают новые методы и методики получения оксида [12–15]. Еще в 2012 г. авторы работы [16] сообщили, что пленки ZnO, полученные методом пиролиза, толщиной 1114 нм проявляют фотокаталитическую активность в реакции фоторазложения органического красителя метилового оранжевого (МО) при воздействии различных источников света.

В работе показано, что добавка алюминия 0.12 ат. % в пленку ZnO приводит к увеличению ее толщины до 2151 нм, росту коэффициента сорбции МО и усилению фотокаталитической активности как под воздействием ультрафиолета, так и солнечного света. Константа скорости разложения МО на таких образцах ZnO:Al под УФ-облучением составляет $1.913 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$, что на порядок больше константы скорости разложения этого же красителя в присутствии коммерческого фотокатализатора Degussa P25 (на основе TiO₂) ($k_0 = 6.02 \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$) [17]. Тонкие пленки ZnO с добавкой 4 ат. % Al, толщиной 165 нм, полученные из пленкообразующих растворов методом вытягивания, при $\lambda = 254 \text{ нм}$ также обладают фотокаталитическими свойствами в реакции фотодегградации органического красителя родамина 6G (константа скорости составляет $3.4 \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$) [18]. В дан-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 18-29-11037.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>