

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ТЕТРАЦИКЛИНА ГИДРОХЛОРИДА В ПРИСУТСТВИИ СТРУКТУР Al/TiO_2 И $\text{Al/TiO}_2:\text{Au}$

О.П. ЛИННИК¹, М.А. ЖУКОВСКИЙ¹, Г.Н. СТАРУХ¹, Н.П. СМИРНОВА¹,
Н.В. ГАПОНЕНКО², А.М. АШАРИФ², Т.И. ОРЕХОВСКАЯ²

¹ Институт химии поверхности им. А.А. Чуйко НАН Украины,
ул. Генерала Наумова, 17, г. Киев, Украина

² Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
nik@nano.bsuir.edu.by

Синтезированы мезопористые пленки диоксида титана на алюминиевых подложках различной морфологии. Исследовано влияние типа подложки на адсорбционные и фотокаталитические свойства индивидуального и модифицированного наночастицами золота диоксида титана в виде тонких пленок, синтезированных золь-гель методом в процессе фотокаталитического разложения тетрациклина гидрохлорида.

Ключевые слова: диоксид титана, золь-гель синтез, фотокатализ, тетрациклина гидрохлорид.

Диоксид титана является актуальным материалом для применения в гетерогенном фотокатализе для устранения загрязнителей окружающей среды в связи с его низкой себестоимостью, высокой биологической совместимостью, стабильностью полупроводниковых свойств и возможностью проведения в присутствии диоксида титана одновременно реакций окисления и восстановления. Интересным представляется использование иммобилизованных фотокатализаторов, сформированных в виде тонких пленок диоксида титана на различных подложках, таких как стекло, керамика, сталь, мембраны пористого анодного оксида алюминия (ПАОА) и др. [1]. Пленки диоксида титана на мембранах ПАОА проявляют высокую фотокаталитическую активность в водных растворах органических красителей при облучении ультрафиолетом как вдоль каналов пор ПАОА, так и под углом 45°, с глубоким окислением красителя без образования устойчивых промежуточных продуктов реакции [2]. При модифицировании оксидных пленок наночастицами (НЧ) благородных металлов можно получить материалы с необычными оптическими, сенсорными, электрохимическими и каталитическими свойствами [3, 4].

Для изготовления фотокаталитически активных структур на алюминиевых подложках использовались пленки ПАОА, сформированные двухстадийным анодированием алюминиевой фольги в марки А99 в 5% растворе щавелевой кислоты при напряжениях 60 В, температуре 12 °С. Текстурированные подложки алюминия были получены растворением ПАОА в растворе на основе ортофосфорной кислоты (30%) и хромового ангидрида (10%) при температуре 60-70°С. Мезопористые пленки диоксида синтезировались золь-гель методом [5] при совместном гидролизе тетраизопропоксида титана $\text{Ti}(\text{i-Pro})_4$ с добавлением триблоксополимера оксидов этилена и пропилена $(\text{PEO})_{20}(\text{PPO})_{70}(\text{PEO})_{20}$ (Pluronic P123). В качестве комплексообразователя использовался ацетил ацетон. Мольное соотношение компонентов в полученном золе составляет: $\text{Ti}(\text{i-Pro})_4:\text{P123}:\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COCH}_3:\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{HClO}_4 = 1:0,05:0,5:1:40:1$. Пленки TiO_2 , модифицированные НЧ золота, синтезировались аналогично с добавлением ко всем

компонентам 0,25 М водного раствора тетрахлорауратной кислоты. Соотношение элементов в растворе составляло Ti:Au=1:0.01. Пленки наносились на подложки методом «dip-coating» со скоростью вытягивания 1,5 мм/с и отжигались при температуре 400 °С.

Для исследования фотокаталитической активности синтезированных структур их погружали в кварцевый реактор объемом 40 мл, содержащий водный раствор тетрациклина гидрохлорида (ТС) с концентрацией $2 \cdot 10^{-5}$ М (9,6 мг/л). Облучение проводили ртутной лампой (1000 Вт) при поддержании постоянной температуры реакционной смеси (20° С) без дополнительного насыщения системы кислородом. Уровень pH раствора составлял 6-7. Понижение концентрации ТС определялось изменением оптической плотности максимума поглощения при 358 нм, регистрируемым через каждые 20 мин. Спектры поглощения приведены на рис. 1.

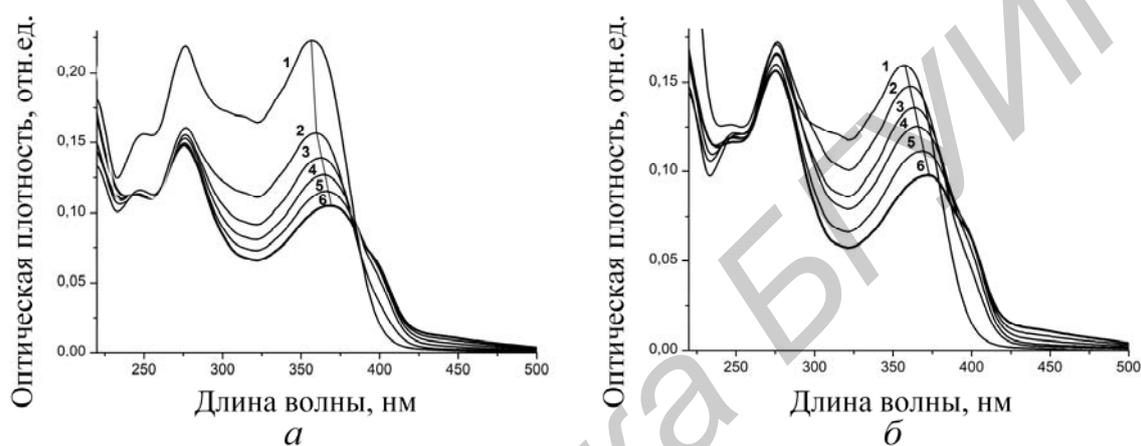


Рис. 1. Эволюция спектров поглощения тетрациклина в присутствии плёнок Al/TiO₂:Au (а), Al/Al₂O₃//TiO₂:Au (б): исходная концентрация (1); после адсорбции (2) и облучения в течение 20 мин (3), 40 мин (4), 60 мин (5), 90 мин (6)

Наличие инкорпорированных НЧ золота в матрице диоксида титана незначительно увеличивает эффективность процесса, что свидетельствует об образовании значительного количества рекомбинационных центров, как следствие влияния золота и подложки. При детальном анализе спектров поглощения тетрациклина, наблюдался заметное смещение максимума полосы с 357 нм до 360 нм после адсорбции в темноте, после 90 минут облучения до 370 нм для Al/Al₂O₃//TiO₂:Au и до 368 нм для Al/TiO₂:Au с уширением полосы поглощения со сдвигом края в видимую область.

Список литературы

1. N.V. Gaponenko, V.S. Kortov, N. P. Smirnova, T.I. Orekhovskaya, I.A. Nikolaenko, V.A. Pustovarov, S.V. Zvonarev, A.I. Slesarev, O. P. Linnik, M. A. Zhukovskii, V.E. Borisenko // *Microelectronic Engineering*. 2012. № 90. P.131–137.
2. Н.В. Гапоненко, Т.И. Ореховская, И.А. Николаенко, О.П. Линник, М.А. Жуковский, Н.П. Смирнова, С.Я. Прислопский // *Журнал прикладной спектроскопии*. 2010. № 77(3) С. 25-29.
3. N. Smirnova, V. Vorobets, O. Linnik, E. Manuilov, G. Kolbasov // *Surface and Interface Analysis*. 2010. Vol. 42. P. 1205-1208.
4. O. Linnik, N. Smirnova, O. Korduban, A. Eremenko // *Materials Chemistry and Physics* 2013. Vol. 142, P. 318-324.
5. O. Linnik, N. Smirnova, M. Zhukovskiy, T. Orekhovskaya, A. Asharif, V. Borisenko, N. Gaponenko // *Advanced Science, Engineering and Medicine*. – 2013. – Vol. 5, pp. 371–376.