

Н.Х. Ибраев, А. Е. Садықова, Л.А. Болатова
*Институт молекулярной нанофотоники, Карагандинский государственный
университет им. Е.А. Букетова, г. Караганда, Республика Казахстан. E-mail address:
sadikova-aigul@mail.ru*

Исследование фотокаталитической активности мультислойных пленок на основе оксида графена и TiO₂

Процессы фотодеградации органических загрязнителей привлекают все большее внимание в последние десятилетия.

Наночастицы полупроводника при их использовании в фотокаталитических и фотодетектирующих ячейках легко образуют агломераты, в которых происходит снижение генерации и транспорта носителей заряда к электродам сема. При использовании с графеном эта проблема может быть решена. Результатом этого является улучшенный фотокаталитический и фотодетектирующий эффект композитов с графеном [1], который может быть присвоен трем факторам, включающим улучшенное разделение электрон-дырочных пар для высокой квантовой эффективности, улучшенное поглощение видимого света и значительное улучшение реакционной адсорбирующей способности. Образование Ti-O-C связей для расширения границы поглощения диоксида титана также рассматривается как одно из главных свойств. К сожалению, агломерация наночастиц TiO₂ на графене запрещает прямой химический контакт между этими двумя компонентами. Указанная проблема может быть решена двумя путями – путем расположения наночастиц графена и полупроводника в виде планарной структуры и при использовании упорядоченной структуры полупроводника.

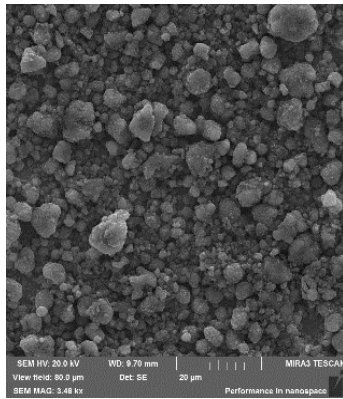
В настоящей работе было проведено исследование слоистых композитных пленок на основе оксида графена (GO) и TiO₂.

С целью исследования влияния архитектуры пленки на ее физические свойства были приготовлены образцы с различным расположением пленок GO относительно полупроводникового слоя – над и под титаном. Кроме того, толщина слоев GO также была различной – 2 и 30 слоев. Одну серию образцов отжигали в условиях атмосферы, а вторую – в инертном газе. Для проведения фотокаталитических измерений пленки наносили на поверхность стеклянных подложек, покрытых проводящим слоем FTO (<7 Ωsq). Для оптических измерений – на поверхность кварцевых подложек.

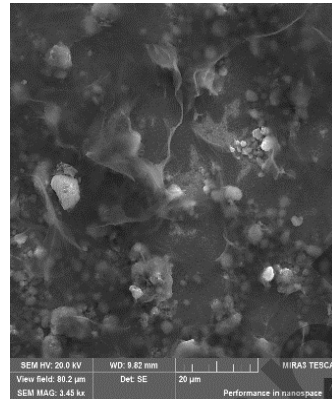
Пленки оксида графена наносили методом аэрографического распыления водно-изопропаноловой дисперсии SLGO (4 мг оксида графена на 1,8 мл C₃H₈O и 0,4 мл H₂O). Полученную смесь обрабатывали ультразвуком в течении 2 часов. Для удаления крупных частиц дисперсию центрифугировали при 3000 об/мин. Качество полученной дисперсии определяли по распределению размеров графеновых частиц в растворе на анализаторе Zetasizer nano (Malvern). До обработки ультразвуком в растворе размер частиц варьируется от 400 до 600 нм. После диспергирования оксида графена преобладают частицы с диаметром от 200 до 300 нм. Для нанесения пленок использовали графический аэрограф с диаметром сопла 0,9 мм. Расстояние от подложки до распылителя подбиралось таким образом, чтобы получаемое покрытие было наиболее равномерным. Полученные пленки высушивали при 80°C в сушильном шкафу не менее 3 часов для полного удаления растворителя.

Для нанесения полупроводниковых пленок были использованы пасты на основе порошка TiO₂ и этанола. Пасту наносили методом spin-coating при скорости вращения подложки 3000 об/мин. Полученные пленки отжигали в атмосфере при: 325 и 375 °C по 5 минут, 450 и 500 °C – по 15 минут, 15 минут.

При изучении структурных характеристик синтезированных образцов с помощью СЭМ (рисунок 1) было обнаружено, в мультислойных образцах, как и в образцах чистого TiO_2 , частицы диоксида титана агрегированы.



2 сл TiO_2/GO отжиг в атмосфере



30 сл TiO_2/GO отжиг в боксе

Рисунок 1 - СЭМ изображения мультислойных наноконпозитов

Из СЭМ-изображений пленок, в которых толщина пленок оксида графена была равна 2 слоям видно, что GO наносится в виде островковой пленки и его количество мало. При толщине пленок GO, равных 30 слоям, оксид графена почти полностью покрывает подложку. При этом на поверхности TiO_2 ясно различимы складки и морщины, которые образуются во время напыления оксида графена. Отжиг в атмосфере уменьшает количество оксида графена в мультислойных ансамблях. Из изображений видно, что в пленках, которые кальцинировали в инертном газе оксид графена больше. Наилучшие фотокаталитические характеристики были зарегистрированы для пленок GO/TiO_2 , с большим количеством слоев (рисунок 1). Более тонкие пленки генерируют ток ненамного меньше. При этом, для образцов, где оксид графена был нанесен поверх полупроводникового слоя, были зарегистрированы показатели на 10% меньше. Аналогичные результаты были получены и для образцов, кальцинированных на воздухе.

Можно отметить, что наименьшая фотокаталитическая активность была зарегистрирована для тонких пленок оксида графена. Тонкие пленки неоднородны и обладают гораздо большими значениями сопротивления транспорта электронов, чем 30-слойные пленки GO.

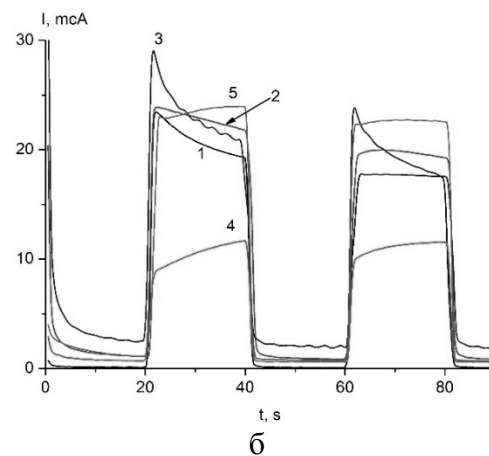
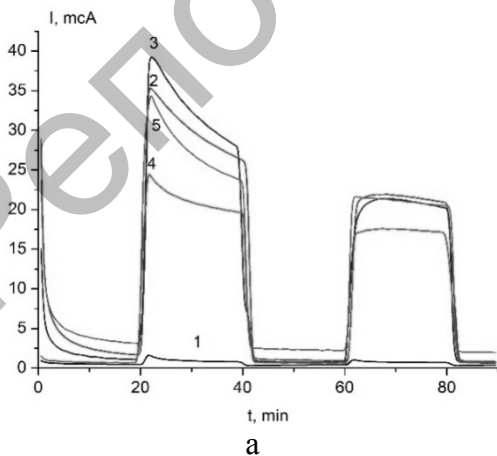


Рисунок 2– Фотоиндуцированный ток пленок: 1 – TiO_2 ; 2 – GO/TiO_2 (2 слоя); 3 – GO/TiO_2 (30 слоев); 4 – TiO_2/GO (2 слоя); 5 – TiO_2/GO (30 слоев). (а) – отжиг в Ag; (б) – отжиг в атмосфере

Высокие значения фототока зарегистрированы при кальцинировании образцов на воздухе, это связано более развитой удельной поверхностью, которая образуется при спекании TiO_2 на воздухе. Однако можно однозначно утверждать, что присутствие оксида графена в пленках TiO_2 приводит к повышению фотокаталитической активности. При этом, фотокаталитическая активность эффективней, когда оксид графена расположен под слоем TiO_2 .

Литературы:

1. Zhang H., Lv X.J., Li Y.M., Wang Y., Li J.H. P25-graphene composite as a high performance photocatalyst // ACS Nano. – 2010. – № 4. – P. 380-6.
2. Bach U., Lupo D., Comte P., Moser J.E. et al. Solid-state dye-sensitized mesoporous TiO_2 solar cells with high photon-to-electron conversion efficiencies // Nature. – 1998. – Vol. 395. – P. 583–585.
3. Y. Zhang, Z-R. Tang, X. Fu and Y. Xu TiO_2 Graphene Nanocomposites for Gas-Phase Photocatalytic Degradation of Volatile Aromatic Pollutant: Is TiO_2 Graphene Truly Different from Other TiO_2 Carbon Composite Materials? ACS Nano 2010, vol. 4, № 12, 7303–7314.
4. X. Pan, Y. Zhao, S. Wang, Zh. Fan. TiO_2 /graphene nanocomposite for photocatalytic application. Materials and processes for energy: communicating current research and technological developments. 2013.

В.И. Гончаренко¹, С.Л. Васильев¹, С.А. Дмитриев¹, С.А. Юргенсон¹, В.М. Юров²
¹ *Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия, fv0@mai.ru.* ² *Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Караганда, Республика Казахстан, exciton@list.ru*

Экспериментальное исследование методом вычислительной рентгеновской томографии изменения структуры полимерного композиционного материала

В настоящее время технологии производства элементов и изделий из композиционных материалов (КМ) развиваются опережающими темпами практически во всех промышленно развитых странах. Особенность КМ состоит в том, что они не являются монолитным материалом, как, например, металлы. КМ – это конструкция, создаваемая в процессе изготовления изделия [1-3]. Стоит проблема объективной оценки качества КМ, возможности применения различных физических методов для контроля их качества. Расчетно-аналитические методы исследования не всегда позволяют получить полную картину всех возникающих при эксплуатации эффектов в полимерных композиционных материалах [4, 5].

Оценку соответствия материалов, заготовок и конечной продукции можно проводить с применением различного лабораторного и промышленного оборудования. Одним из методов дефектоскопии и анализа геометрических размеров изделия является метод вычислительной рентгеновской томографии [5].

Промышленная рентгеновская вычислительная томография (ВРТ) – высокоэффективный метод неразрушающего радиационного контроля, сочетающий возможности рентгеновского излучения и цифровой техники, позволяющий с высокой точностью получать плоские сечения и объемные изображения контролируемых изделий. Наличие такого оборудования на кафедре «Технологическое проектирование и управление качеством» Московского авиационного института (национального исследовательского университета) позволяет проводить некоторые работы по оценке соответствия военной продукции [6, 7].

Предлагаемая работа находится на стыке нескольких направлений – развития методики применения высокоэнергетической томографии в механике структурно-неоднородных материалов и технологического проектирования [8-14]. В рамках данных направлений предлагается разработать перспективные методы исследования новых материалов, скорректировать методики проектирования изделий из полимерных композиционных