

ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННЫЙ КОМПОЗИТ МЕЖДУ ГРАФЕНОМ И СТЕКЛОМ

М. И. Фаткуллин¹, А. С. Гарсия¹, И. С. Петров¹, А. А. Аверкиев¹,
А. А. Липовка¹, Л. Лу², С. В. Щаденко¹, Р. Ванг³, Д. Сун³, К. Ли⁴,
К. Джиа², Ч. Ченг⁴, О. Канун⁵, Р. Д. Родригес¹, Е. С. Шеремет¹
Научный руководитель – PhD, профессор Р. Д. Родригес

¹Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, д. 30, mif1@tpu.ru.

²Университет Шихэцзы
832003, Шихэцзы, Китай.

³Шанхайский институт керамики Китайской академии наук
200050, г. Шанхай, Китай.

⁴Сычуаньский университет
610065, Ченду, Китай.

⁵Технический университет Хемница
09111, Хемний, Германия.

Одной из важнейших задач современного материаловедения является дизайн функциональных материалов. Данное направление включает в себя не только непосредственно синтез новых материалов, но и изменение свойств уже существующих. Так, стекло, являясь одним из самых распространенных материалов на планете, представляется перспективным кандидатом для придания ему «функциональности». Существующие методы для изменения свойств стекла являются дорогостоящими и технологически сложными.

В рамках данной работы мы разработали простой и недорогостоящий способ получения композита графен/стекло [1]. Данный способ представляет собой лазерно-индуцированный обратный перенос восстановленного оксида графена и сопутствующую его интеграция в по-

верхность стекла. В качестве прекурсора графена мы использовали пленку оксида графена, нанесенную на полиэтилентерефталат, сверху на которую помещалось стекло (рис. 1). Далее «сэндвич» структура подвергалась лазерному облучению со стороны стекла, что приводило к восстановлению оксида графена, его переносу, и интеграции в поверхность стекла (Рисунок 1). Такой подход позволяет нам «рисовать» проводящие структуры произвольной формы на стекле, которые состоят из наиболее высокого качества восстановленного оксида графена, являются механически стабильными и имеют низкое поверхностное сопротивление ~ 160 Ом/кв.

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и DFG, проект № 21-53-12045.

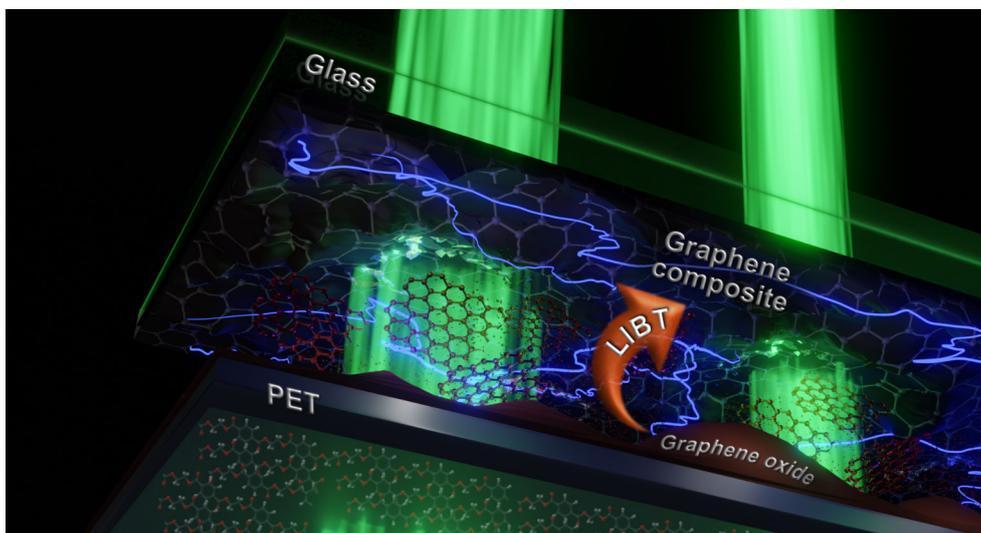


Рис. 1. Схематическое изображение процесса лазерно-индуцированного обратного переноса

Список литературы

1. *Rodriguez R. D., Fatkullin M., Garcia A., Petrov I., Averkiev A., Lipovka A., et al. Laser-Engineered Multifunctional Graphene-Glass Electronics // Adv Mater., 2022. – 34: e2206877.*

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ТРАНСПОРТА И МОРФОЛОГИИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

А. А. Федоров^{1,2}, В. А. Кузнецов^{1,2}, Б. Ч. Холхоев³

Научный руководитель – к.т.н., старший научный сотрудник В. А. Кузнецов^{1,2}

¹Новосибирский государственный технический университет
630073, Россия, Новосибирск, проспект К. Маркса, 20

²Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН
630090, Россия, Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 3

³Байкальский институт природопользования СО РАН
670047, Россия, Респ. Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, andrew_fedorov_1999@mail.com

Последние несколько десятилетий исследователи со всего мира уделяют особое внимание функциональным материалам, которые находят свое применение в различных сферах жизни человека, в частности в электронике. К таким материалам относятся полимерные композиционные материалы (ПКМ), перспективные в гибкой и носимой электронике. В рамках работы предлагается рассмотреть применимость ПКМ в качестве чувствительного элемента для высокотемпературных тензометрических датчиков. Учитывая направленность исследования, для создания таких ПКМ необходимы полимеры с максимально высокой температурой стеклования, поэтому в качестве полимерных матриц использованы полибензимидазол (ПБИ) и ароматический полиамид (МПА), сохраняющие свои механические свойства выше температуры 250 °С. Для придания полимерному композиту электропроводящих свойств в его матрицу необходимо поместить электропроводящую фазу. В настоящей работе использованы одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ), поскольку они позволяют получить высокую проводимость при сравнительно низком массовом содержании и улучшить механические свойства ПКМ. Были синтезированы полимерные композиты на основе ПБИ с ОУНТ с массовыми содержаниями последних 1, 2, 3 и 5 % (масс.) и МПА с ОУНТ с содержаниями от 0,1 до 5 % (масс.).

С фундаментальной точки зрения для синтезированных ПКМ важно определить морфологию и механизм электронного транспорта.

В качестве экспериментальных образцов были использованы тонкие пленки синтезированных композитов. Для измерений вырезались прямоугольные образцы длиной 10 мм и шириной 1,5 мм, толщина пленок в 30–40 мкм. Серебряная паста была использована в качестве контактов для измерения электросопротивления четырехконтактным способом. Температурные зависимости образцов были измерены в два этапа. Сначала в печи в условиях высокого вакуума от комнатной температуры до 573 К, а затем от комнатной температуры до 4,2 К.

Всем зависимостям $R(T)$ серии образцов характерна одинаковая тенденция, с уменьшением массового содержания ОУНТ наклон кривых возрастает. Однако для образцов на основе МПА этот наклон меньше, чем для образцов на основе ПБИ. Первый цикл отжига приводит к значительному увеличению электросопротивления, для минимального содержания ОУНТ (1 % для ПБИ и 0,1 % для МПА) у композитов на основе ПБИ – до 500 раз, а у композитов на основе МПА всего до 10 раз. Этот значительный рост связан с десорбцией кислорода с нанотрубок [1] в условиях эксперимента. В нормальных условиях они имеют р-тип проводимости, но при десорбции кислорода их удельное сопротивление возрастает, а основной вклад в проводимость вносят металлические нанотрубки. Величина этого изменения в разных композитах объясняется различными структурами полимера. В обоих случаях при синтезе композитов в суспензиях происходит стабилизация углеродных нанотрубок за счет