

Рисунок 1 – Картина рентгеновской дифракции образца, полученного при определенных параметрах синтеза

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках государственного задания FSWW-2023-0011.

#### Список литературы

1. Tripathy H., Sudha C., Thomas Paul V. et al. High temperature thermophysical properties of spark plasma sintered tungsten carbide // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2022. – Vol. 104. – P. 105804.
2. Sohail U., Pervaiz E., Ali M. et al. Role of tungsten carbide (WC) and its hybrids in electrochemical water splitting application- A comprehensive review // FlatChem. – 2022. – Vol. 35. – P. 100404.
3. Singh H., Pandey O.P. Single step synthesis of tungsten carbide (WC) nanoparticles from scheelite ore // Ceramics International. – 2013. – Vol. 39. – № 6. – P. 6703–6706.
4. Pak A.Ya., Shanenkov I.I., Mamontov G.Y. et al. Vacuumless synthesis of tungsten carbide in a self-shielding atmospheric plasma of DC arc discharge // International Journal of Refractory Metals & Hard Materials. – 2020. – Vol. 93. – P. 105343.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ГРАФЕНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Ю. А. КОЛЕСНИКОВА, Ф. А. ГУБАРЕВ, Е. Г. АБЫЗОВА, Е. С. ШЕРЕМЕТ

Научный руководитель – ph.d, профессор Е.С. Шеремет

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: [yak35@tpu.ru](mailto:yak35@tpu.ru)

Углеродные материалы давно зарекомендовали себя как одни из наиболее перспективных нанонаполнителей, способных улучшить свойства композитных материалов на основе органических полимеров. Современные источники подтверждают, что такие композиты

являются перспективными многофункциональными материалами с широкой областью применения, в том числе в области биомедицины. Интеграция углеродных материалов, таких как графен (Г), оксид графена (ОГ) и восстановленный оксид графена (ВОГ) в полимерную матрицу, позволяет не только улучшить характеристики материала, но и приводит к синергетическому эффекту. Наряду с улучшением механических свойств композита, возможно также улучшение электро- и теплопроводности, пьезорезистивного отклика, биосовместимости [1].

В данной работе исследовались плёнки ОГ на полимерных подложках под действием лазерного облучения с помощью метода высокоскоростной съёмки, в результате чего возможно формирование композитов. В качестве полимерных матриц были выбраны термопластичные полимеры, температуры плавления которых сравнимы с температурным диапазоном термического восстановления ОГ (250-600 °С). Выбор полимеров также основывался на исследованиях, которые ранее проводились в группе. Большое внимание было уделено биосовместимым материалам.

Плёнки ОГ наносились на полимерные подложки, затем сушились на открытом воздухе в течение трёх суток и облучались. Мощность лазерного излучения варьировалась для достижения восстановления ОГ.

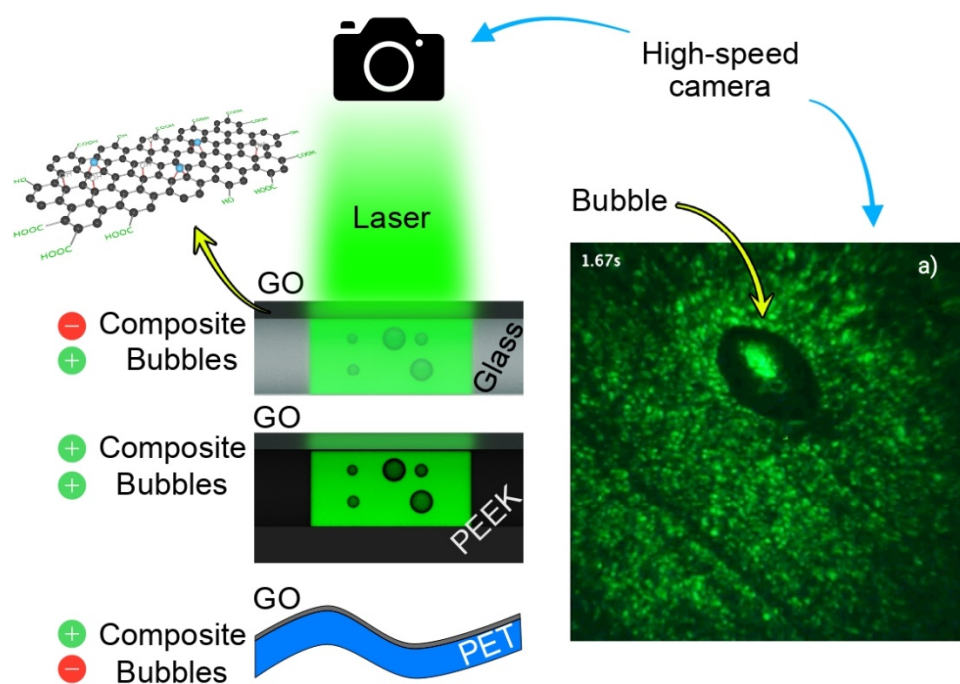


Рисунок 1 – Концептуальная схема эксперимента высокоскоростной съёмки на примере двух образцов: плёнки ОГ на предметном стекле и на подложке из полиэфирэфиркетона. а) Стоп-кадр записи облучения образца на полэфирэфиркетоне (PEEK) с чётко различимым образованием пузырька

Облучение плёнки ОГ на стекле сопровождается выделением газов, что приводит к образованию характерных «кратеров» [2].

Образец на основе ПЭТ визуально ведёт себя в соответствии с классическим описанием взаимодействия лазерного излучения с веществом. Наблюдается образование ванны расплава, движение конвективных потоков, чётко видна граница жидкости. Однако аналогичное поведение наблюдается не со всеми полимерными подложками. В ходе эксперимента в случае отдельных полимеров отмечалось образование пузырьков в жидкой

фазе, что свидетельствует о выделении газов и возможном испарении вещества, абляционные эффекты, деструкция, вплоть до полного сгорания в точке облучения, каскадный процесс деструкции вследствие образования кислоты и прочее.

Первоначально предполагалось, что интеграция осуществляется посредством перемешивания расплава полимера с ВОГ с образованием «sandwich structures», однако результаты эксперимента показывают, что модификация поверхности не всегда сопровождается фазовым переходом и возникновением жидкой фазы. В тоже время на примере полистирола (PS) предположение также опровергается, так как образование расплава не влечет за собой интеграции углеродного материала (структура нестабильна). Однако результаты на первый взгляд трудно поддаются описанию и требуют дополнительных исследований.

Исходя из полученных данных, можно классифицировать полимеры, основываясь на их термомеханических свойствах, как наиболее перспективные для создания проводящих композитов. Однако для полного понимания причин наблюдаемых эффектов, необходимо дальнейшее исследование, в частности, растровая электронная микроскопия.

### Список литературы

1. Du, J., & Cheng, H.-M. (2012). The Fabrication, Properties, and Uses of Graphene/Polymer Composites. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 213(10-11), 1060–1077.
2. Photoinduced flexible graphene/polymer nanocomposites: Design, formation mechanism, and properties engineering / A. A. Lipovka, I. S. Petrov, M. I. Fatkullin [et al.] // *Carbon* . – 2022 . Vol. 194 . – [P. 154-161] . – Title screen. – [References: 48 tit.].
3. Murastov G., Bogatova E., Brazovskiy K., Amin I., Lipovka A., Dogadina E., Cherepnyov A., Ananyeva A., Plotnikov E., Ryabov V., Rodriguez R. D., & Sheremet E. // *Biosensors & Bioelectronics*, 2020. – 112426. – 166.
4. Kim H., Macosko C.W., “Morphology and properties of polyester/exfoliated graphite nanocomposites”, *Macromolecules* 41(2008)3317-3327.
5. Айзенштейн Э. М. Полиэтилентерефталат // *Химическая энциклопедия*: в 5 т. / Гл. ред.: И. Л. Кнунянц (Т.1–3), Н. С. Зефирова (Т.4–5). – М.: Советская энциклопедия (Т. 1–2); Большая Российская энциклопедия (Т. 3–5), 1988–1998.
6. Brech F. and Cross L. Optical Microemission Stimulated by a Ruby MASER // *Appl. Spectrosc.* – 1962. – № 16. – С. 59–61.
7. Анисимов С.И., Лукьянчук Б.С. Избранные задачи теории лазерной абляции // *Успехи физических наук*. – 2002. – № 127. – С. 301.
8. Сун Дж., Гао Х., Чжу Г., Цао Х., Ши Х., Ван Ю. Получение и характеристика биокompозитных каркасов из нановолокна из поликапролактон / оксида графена и их применение для управления поведением клеток. *Углерод*. 2015; 95 : 1039–1050.

## КОМПОЗИТНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ЛЮМИНОФОРЫ ДЛЯ СВЕРХЪЯРКИХ СВЕТОДИОДОВ

Д.Ю.КОСЬЯНОВ<sup>1</sup>, А.А.ВОРНОВСКИХ<sup>1</sup>, О.О.ШИЧАЛИН<sup>1</sup>, А.П.ЗАВЬЯЛОВ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Дальневосточный федеральный университет, Россия

<sup>2</sup>Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Россия

E-mail: [kosianov.diu@dvfu.ru](mailto:kosianov.diu@dvfu.ru)

Освоение твердотельной светотехники взамен традиционным источникам света является общемировым трендом последних десятилетий. Основными преимуществами