

УДК 544.032.65

СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРОВ НЕПРЕРЫВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Ширманкин А.В. (Университет ИТМО), Ширманкин А.В. (Университет ИТМО), Малеева
К.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – ассистент института лазерных технологий Самохвалов А.А.
(Университет ИТМО)

Введение. В настоящее время наноматериалы на основе графена широко изучаются благодаря их уникальным физическим и химическим свойствам [1]. Благодаря различным технологиям синтеза графен может иметь пористую и трехмерную (3D) структуру, что обеспечивает широкий спектр применений от различных устройств гибкой электроники до устройств накопления энергии. Тем не менее, несмотря на огромные достижения, современные методы синтеза графена требуют либо высокотемпературной обработки [2], либо многоэтапных способов химического синтеза [3], что уменьшает их коммерческий потенциал. Таким образом, прямой – одноэтапный синтез графена для массового производства по-прежнему является технологически важной целью для создания коммерциализированных микроустройств и в частности для развивающейся отрасли носимой электроники.

Одним из наиболее эффективных способов создания таких углеродных материалов является карбонизация различных полимеров. Впервые еще в 2014 году была получена графеновая пленочная структура при сканировании полимера сфокусированным импульсно-периодическим излучением CO₂ лазера, которая в последствии получила название ЛИГ (лазерно-индуцированный графен). В основном для синтеза графена методом прямой лазерной записи используют импульсно-периодические лазерные комплексы работающие в различных спектральных диапазонах. Низко частотное импульсно-периодическое лазерное воздействие не может обеспечить однородность синтезируемой структуры [4]. В результате этого для формирования более равномерных структур представляет интерес непрерывное лазерное излучение.

Основная часть. Для исследования в качестве прекурсора и одновременно подложки был выбран полимерный материал Polyimide Kapton (полиимид каптон) толщиной примерно 100 мкм. Для формирования ЛИГ на поверхности пленки использовались непрерывный диодный УФ и инфракрасный CO₂ лазер с длиной волны 405 нм и 10,6 мкм соответственно. Образцы облучались с шагом по мощности и скорости сканирования. Так были получены режимы от начала видимой модификации и вплоть до признаков разрушения материала. Таким образом, определялись пороговые и граничные параметры обработки.

Изначально оценка полученных структур производилась по визуальным критериям, что включало получение снимков на оптическом микроскопе Zeiss. Далее при помощи спектроскопии комбинационного рассеяния (КРС) производилось определение полученных форм углеродных структур.

В результате работы были определены:

- Пороговые и граничные параметры обработки, а также режим получения пористого - многослойного графена.

Выводы. В результате исследований были изучены режимы получения многослойного графена на полимерном материале Polyimide Kapton (полиимид каптон) при облучении УФ и ИК лазерами. Минимальный латеральный размер графена который удалось получить с помощью CO₂ лазера составил примерно 120 мкм. Для того, чтобы увеличить разрешающую способность было решено использовать непрерывный УФ лазер с длиной волны 405 нм. При работе с УФ лазером были получены графеновые структуры с минимальным размером примерно 10 мкм, что может стать эффективным методом создания

высококочувствительных датчиков. Кроме того, следует отменить, что для создания ЛИГ не нужно использование различных инертных сред. В сочетании с преимуществом одностадийной обработки ЛИГ и использованием коммерческих полимерных листов (рулонов) масштабное производство ЛИГ можно достигнуть за счет оптимизаций настроек лазера и проектирования автоматизированной построчной линии.

Список использованных источников:

1. Geim, A. K. Graphene: status and prospects // Science - 2009.- 324. - С.1530–1534
2. Wang, X. B. et al. Three-dimensional strutted graphene grown by substrate-free sugar blowing for high-power-density supercapacitors // Nat. Commun – 2013. – 4. – С. 2905.
3. Chen, Z. P. et al. Three-dimensional flexible and conductive interconnected grapheme networks grown by chemical vapour deposition // Nat. Mater. – 2011. – 10. – С. 424–428.
4. L.X. Duy, Z. Peng, Y. Li, J. Zhang, Y. Ji, J.M. Tour // Carbon N.Y. – 2018. - 126. – С. 472.

Ширманкин А.В. (автор)

Подпись

Самохвалов А.А. (научный руководитель)

Подпись