

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ АЛМАЗНЫЕ ЧАСТИЦЫ ТИПА «ЯДРО/ОБОЛОЧКА» ДЛЯ ФОТОИНДУЦИРОВАННОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ

Каляя И.Е. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.ф.-м.н., Богданов К.В.
(Университет ИТМО)

Введение. Создание и модификация современных мультифункциональных технологий для биомедицины, несомненно, является одной из важнейших задач мировой науки. Онкологические заболевания являются одной из ведущих причин смерти в мире; медицинское и научное сообщество сталкивается с рядом проблем в ходе их диагностики и терапии: трудности адресной доставки контролируемого объема лекарств, проявление побочных эффектов, развитие устойчивости к терапевтическим агентам и сложности в отслеживании прогресса терапии. Традиционные методы лечения во многих случаях причиняют существенный вред организму, а сканирование с привычными методами контрастирования игнорируют в теле пациента тяжело детектируемые микрометастазы. Во многом именно от научно-технического прогресса в сфере нанотехнологий для биомедицины зависит успех в терапии и диагностике раковых опухолей.

В данном проекте предложена принципиально новая технология, сочетающая в себе возможности для фотоиндуцированной локальной гипертермии, фотолюминесцентной термометрии и флуоресцентного имаджинга, – алмазные частицы архитектуры «ядро/оболочка» (АЧЯО). Ядро в данной технологии представляет из себя синтезированную методом газофазного осаждения (CVD) алмазную наночастицу, допированную атомами бора. Оболочка – также CVD синтезированные алмазные частицы с внедренными центрами окраски SiV^- .

Основная часть. Синтез АЧЯО методом CVD производится на базе ФТИ им. Иоффе. В качестве подложки используется тонкая опаловая пленка, что позволяет синтезировать алмазные наночастицы по форме наиболее приближенные к сферической, а также снизить теплообмен между подложкой и частицей при ее нагревании лазером из-за низкой теплопроводности опала. Кроме того, АЧЯО стравливаются с опала с помощью фтороводородной кислоты (HF) и предварительного реактивного ионного травления для удаления паразитного аморфного углерода.

Исследования люминесценции и комбинационного рассеяния позволили оптимизировать параметры синтеза частиц, определить оптимальные концентраций примесей в ядре и оболочке алмазной частицы. Содержание бора в алмазном ядре подтверждается наличием Фано резонанса в спектрах комбинационного рассеяния [1], а о факте поглощения свидетельствуют спектры фотолюминесценции, где интенсивность комбинационного рассеяния значительно выше люминесценции. Для подтверждения нагрева допированного бором ядра в камере синтеза были также выращены две алмазные пленки: одна была легирована атомами бора, вторая – без дополнительных примесей. Спектры отражения показали отсутствие типичных для алмазных пленок интерференционных полос в первом случае, что также свидетельствует о значительном поглощении лазерного излучения вследствие допирования атомами бора.

Анализ люминесцентного отклика при варьируемой мощности лазерного излучения был проведен для определения зависимости сдвига полосы люминесценции центра окраски SiV^- от мощности лазера. Широко известные температурные зависимости данного сдвига [2] позволили определить зависимость температуры от мощности излучения накачки.

Были проведены эксперименты по получению коллоидного раствора АЧЯО с помощью стравливания опаловой подложки с предварительным реактивным ионным травлением для удаления паразитной углеродной фазы [3].

Выводы. В работе представлены алмазные частицы архитектуры «ядро/оболочка» с различной функциональностью компонент. Продемонстрирована возможность контролируемого фотоиндуцированного нагрева допированного атомами бора алмазного ядра в диапазоне температур, актуальном для гипертермии. Предложен метод перевода синтезированных на опале частиц в коллоидную систему.

Список использованных источников:

1. Mortet V. et al. Analysis of heavily boron-doped diamond Raman spectrum //Diamond and Related Materials. – 2018. – Т. 88. – С. 163-166.
2. Zaghrioui M., Agafonov V. N., Davydov V. A. Nitrogen and group-IV (Si, Ge) vacancy color centres in nano-diamonds: photoluminescence study at high temperature (25° C–600° C) //Materials Research Express. – 2020. – Т. 7. – №. 1. – С. 015043.
3. Kurdyukov D. A. et al. Ordered porous diamond films fabricated by colloidal crystal templating //Nanotechnology. – 2011. – Т. 23. – №. 1. – С. 015601.