

## Особенности функционализации графена в биосенсорах

*Смирнов А.Н.<sup>1</sup>, Плеханов А.Ю.<sup>2</sup>, Пузык М.В.<sup>3</sup>, Воробьев С.В.<sup>1,4</sup>, Усиков А.С.<sup>1,5</sup>, Дунаевский М.С.<sup>1</sup>, Лебедев А.А.<sup>1</sup>, Лебедев С.П.<sup>1</sup>, Шмидт Н.М.<sup>1</sup>*

*alex.smirnov@mail.ioffe.ru*

<sup>1</sup> ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> НИИ гриппа им. А.А. Смородинцева, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup> НМИЦ им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>5</sup> ГК "Нитридные кристаллы", Санкт-Петербург, Россия

Даже незначительное количество молекул, сорбированное на графене, способно кардинально изменять его проводимость. Это свойство графена стимулирует многочисленные разработки датчиков на его основе. В частности, для выявления биомолекул используют реакцию антитело-антиген на поверхности графена, для чего графен покрывают антителами. Для улучшения связывания антител с графеном его функционализируют, присоединяя к его поверхности молекулы, способные образовывать ковалентные связи с антителом. Такими, например, являются глутараль или активированная 1-пиренмасляная кислота – молекулы длиной в 5 и 4 атомов углерода соответственно [1].

В настоящей работе исследовалось изменение сопротивления (отклик) графена в зависимости от иммобилизации антител на графене с разным типом обработки его поверхности. Исходный графен связывал настолько малое количество антител, что нам не удалось их выявить методом флуоресцентной микроскопии. При этом на графене, функционализированном карбонильными группами (глутараль), связанные антитела выглядели в флуоресцентном микроскопе наподобие "звездного неба" [2]. Однако отклики обоих видов графена, покрытых антителами, на присутствие антигена ( $\tau$ -белок) заметно не различались (рис.1). Возможно, протяженная молекула глутарала выносит связанное ею антитело за пределы  $p$ -электронного облака графена, в результате чего реакции антиген-антитело не вносят заметных возмущений в проводимость графена.

Наше исследование показывает, что, если для закрепления антител на графене необходима "якорная" молекула, ее следует выбирать меньшего размера ( $C_1$ - $C_4$  над поверхностью графена). Например, это может быть флуоресцеин.

*Работа поддержана грантом РФФ № 22-12-00134.*

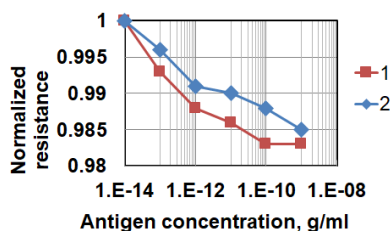


Рис.1. Изменение нормированного сопротивления датчика на основе графена от концентрации антигена ( $\tau$ -белок): 1- исходный графен, 2 - графен, функционализированный глутаралем.

### ССЫЛКИ

1. Y-K. Baek, D-H. Jung, S. M. Yoo, S. Shin, J-H. Kim, H.-J. Jeon, Y.-K. Choi, S. Y. Lee, and H.-T. Jung, J. Nanosci. Nanotechnol. (2011), 11, 4210.
2. С.В. Воробьев, И.К. Терновых, А.Ю. Плеханов, А.А. Лебедев, А.Н. Смирнов, А.С. Усиков, С.П. Лебедев, М.В. Пузык, А.Д. Роенков, Мед. Алфавит (2023), 33, 28.