Применение микродисковых лазеров в качестве высокочувствительных активных биодетекторов

Фетисова М.В.¹, Крыжановская Н.В.^{1,2}, Редута И.В.^{1,2,3}, Моисеев Э.И.¹, Корнев А.А.¹,
Букатин А.С.¹, Филатов Н.А.¹, Максимов М.В.¹, Жуков А.Е.^{1,2}

¹ СПбАУ РАН, Академический университет, 194021, Санкт-Петербург, ул. Хлопина, 8 к.3 лит. А

² СПбПУ Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29

³ University of Eastern Finland, 80101, Finland, Joensuu, Yliopistokatu, 7

DOI 10.34077/Semicond2019-414

Сенсоры на основе мод шепчущей галереи (МШГ) демонстрируют высокую чувствительность к изменениям окружающей среды, что является предпосылкой для их применения, например, в регистрации одиночной биомолекулы [1]. Такой механизм обнаружения основан на фиксации изменений длины волны резонансного пика и его полуширины, а также не зависит от типа молекулы, так как эти изменения вызваны потерями в резонаторе. В пассивных детекторах на эффекте МШГ в Si наносферах была продемонстрирована возможность биодетектирования [2]. Лазеры на полупроводниковых МШГ резонаторах являются перспективными для создания активных высокочувствительных детекторов малых размеров из-за высокого контраста показателя преломления резонатора и окружающей среды. Недавно впервые была получена лазерная генерация в микродисковых (МД) $A^{III}B^V$ лазерах, работающих при оптической накачке в водной среде [3]. В этой работе мы представляем результаты возможности детектирования антител на поверхности МД лазеров на основе анализа характеристик МД лазеров: порог лазерной генерации, добротность резонатора и т.д.

Для роста структур использовался метод молекулярно-пучковой эпитаксии, активная область представляет собой 5 слоев $InAs/In_{0.15}Ga_{0.85}As$ квантовых точек. МД изготовлены с помощью фотолитографии и реактивного ионного травления. Диаметр исследуемого МД составлял 10 мкм. На поверхность МД также был нанесен слой SiO_2 толщиной 5 нм, необходимый для прикрепления антител на поверхность МД. Образец поместили в прозрачную камеру из полидиметилсилоксана, которая впоследствии была заполнена фосфатным буферным раствором (показатель преломления ~ 1.34). На МД были помещены первичные антитела. Для оптической накачки одиночного МД использовался YLF:Nd лазер (cw, $\lambda=527$ нм), измерения производились на конфокальном оптическом микроскопе (Ntegra Spectra, NT-MDT) с использованием объектива x100 Mitutoyo при комнатной температуре. После этого, вторичные антитела разместили на поверхности МД и провели повторные измерения. После покрытия МД вторичными антителами наблюдался рост порога лазерной генерации с 1.36 до 1.8 мВт. Полуширина линии лазерной генерации увеличилась с 53 до 60 пм, что может быть объяснено дополнительными потерями резонатора, вызванными вторичными антителами. Таким образом, нами впервые была продемонстрирована возможность детектирования протеинов с характерным размером молекул $\sim 235 \times 40$ Å на поверхности микродисковых лазеров, погруженных в фосфатный буферный раствор.

Работа выполнена при поддержке РФФИ 18-02-00895, Программы фундаментальных исследований Президиума РАН и Минобрнауки РФ (проект 16.9790.2017/Бч).

[1] L. He et al., *Laser Photonics Rev.*, **7**, 1 (2013).

[2] J. Ward et al., *Laser Photonics Rev.*, **5**, 4 (2011).

[3] M. Fetisova et al., *J. Phys. Conf. Ser.*, **1124** 5 (2018)

Рис.1. Зависимость интенсивности резонансной линии от мощности накачки при осаждении первичных и вторичных антител на поверхность МД.