

## ЛОКАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЕЙ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ В ГЕКСАГОНАЛЬНОМ НИТРИДЕ БОРА

Гогина О. А.<sup>1,\*</sup>, Петров Ю. В.<sup>1</sup>, Вывенко О. Ф.<sup>1</sup>, Kovalchuk S.<sup>2</sup>, Bolotin K.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия.*

<sup>2</sup>*Free University of Berlin, Berlin, Germany.*

\*o\_gogina@mail.ru

Создание источников одиночных фотонов (ИОФ) является актуальной задачей для развития технологий квантовых вычислений и квантовой криптографии [1]. Благодаря люминесцентным свойствам собственных и ионно-индуцированных дефектов в широкозонном гексагональном нитриде бора (h-BN) возможно создание таких источников с последующим приложением в квантовых технологиях [2]. Поиск методов, которые бы позволили локально управлять свойствами таких источников - одно из приоритетных экспериментальных направлений исследования свойств этого материала. Основным преимуществом h-BN перед другими широкозонными полупроводниками является то, что возможно создание ИОФ, которые будут излучать фотоны как при низких температурах, так и при комнатной, а его характерные полосы люминесценции наблюдаются в широком диапазоне длин волн: 200-700 нм [3-4].

В работе исследовались различные тонкие кристаллы h-BN на кремниевых подложках. Облучение ионами выполнено на образцах, представленных К. Ватанабе и Т. Танигучи (National Institute for Materials Science, Japan), а сами тонкие чешуйки получены методом эксфолиации с последующим переносом на подложку Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/Si [5]. На сканирующем ионно-гелиевом микроскопе Zeiss Orion образцы облучались ионами He<sup>+</sup> с энергией E<sub>He</sub>=30 кэВ с дозами в диапазоне 5·10<sup>13</sup> – 1·10<sup>16</sup> 1/см<sup>2</sup>. Исследование влияния облучения электронным пучком на люминесцентные свойства h-BN проведено на образцах компании Ossila, которые также получены методом отщепления от большого монокристалла с заявленной чистотой 99.99% и последующего переноса на подложку из кремния. Облучение электронами выполнено на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Zeiss SUPRA 40VP с системой регистрации Gatan Mono CL3+ в режиме непрерывного сканирования электронным пучком с энергией 5 кэВ и током 3 нА.

Установлено, что исследуемые образцы обладают характерными полосами люминесценции с энергиями 1.9 эВ, 3.9 эВ и 5.8 эВ. В результате облучения ионами He<sup>+</sup> практически полностью гасится люминесценция у всех наблюдаемых полос, что, вероятнее всего, связано с образованием центров безызлучательной рекомбинации, для полосы 5.8 эВ, и уменьшением концентрации точечных дефектов, отвечающих за полосы 1.9 и 3.9 эВ. Также было замечено, что при последующем длительном сканировании электронным пучком происходит не только восстановление интенсивности полосы 1.9 эВ, но и её дальнейший быстрый рост. Интенсивность люминесценции после такого комплексного воздействия в среднем на 20% превосходит интенсивность исходного образца. Явление, которое могло бы описать такой эффект, описано в работе по исследованию свойств радиационных дефектов GaAs, где было показано, что воздействие электронным пучком стимулирует появление электронно-дырочных пар, вызывая рекомбинационно-усиленную миграцию дефектов, которая, в свою очередь, приводит к перестройке центров рекомбинации в новые центры люминесценции [6]. Эксперименты с образцами Ossila показали, что облучение электронным пучком приводит к образованию новых центров люминесценции с энергией 3.9 эВ. Можно предположить, что в процессе облучения произошло осаждение углеводородов из остаточных газов в камере, из-за чего увеличилась концентрация углеродосодержащих дефектов приписываемых данной полосе [7,8].

Комбинированное ионное и электронное облучение стимулирует разгорание полосы 1.9 эВ, а полоса 3.9 эВ растёт при длительном электронном сканировании необлучённого ионами образца.

*Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 23-22-00067, <https://rscf.ru/project/23-22-00067/>. Экспериментальная часть выполнена на оборудовании междисциплинарного ресурсного центра по направлению “Нанотехнологии” научного парка СПбГУ.*

1. Aharonovich I., Englund D. and M. Toth., Nature Photonics, 2016, 10(10), 631-641.
2. Bourrellier R., Meuret S., Tararan A. et al, Nano letters, 2016, 16(7), 4317-4321.
3. Grosso G., Moon H., Lienhard B et al., Nature Communications, 2017, 8(1), 1-8.
4. Castelletto S., Inam F.A., Sato S. et al., Journal of Nanotechnology, 2020, 11, 740–769.
5. Taniguchi T., Watanabe K., Journal of crystal growth, 2007, 303, 525-529.
6. Pons D., Bourgoïn J., Journal of Physics C: Solid State Physics, 1985, 18(20), 3839.
7. Pelini T., Elias C., Page R. et al., Physical Review Materials, 2019, 3(9), 094001.
8. Vokhmintsev A., Weinstein I. and Zamyatin D., Journal of Luminescence, 2019, 208, 363-370.