

величине времени жизни ННЗ 40 нс и более значение оптимальной толщины достигает величины 7.5 мкм и далее не увеличивается. Вероятно это связано с тем, что на этой толщине практически все фотоны успевают поглотиться в слое $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ: № 16-12-00023.

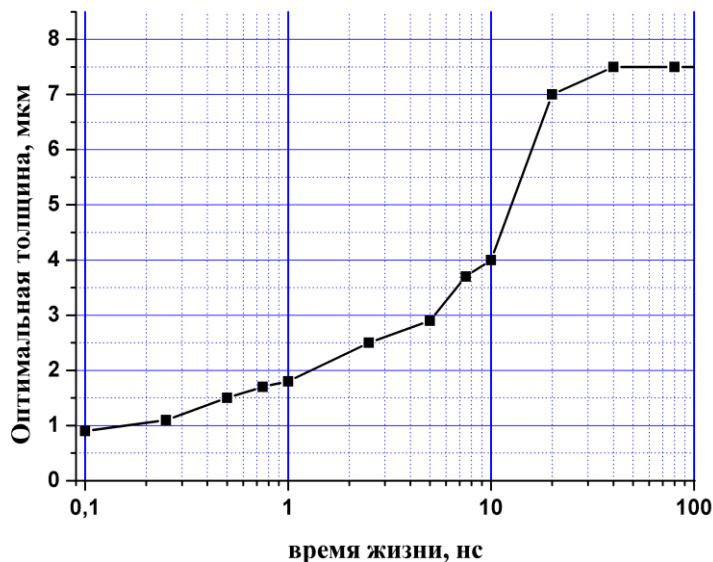


рис. 1. Зависимость оптимальной толщины поглощающего слоя $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ трехкаскадного $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}/\text{GaAs}/\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ солнечного элемента от величины времени жизни ННЗ в этом слое

Список публикаций:

- [1] King R. et al. *Advanced Multijunction Solar Cells for Space* // *Conference Record of the 2006 IEEE 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Waikoloa, Hawaii, Vol. 2, pp. 1757-1762*
- [2] J. F. Geisz et al., *High-efficiency GaInP/GaAs/InGaAs triple-junction solar cells grown inverted with a metamorphic bottom junction*, *Applied Physics Letters* 91, 023502 (2007)
- [3] В. М. Андреев и др., патент №2436191

Определение пьезокоэффициентов микротрубок дифенилаланина локальными и интегральными методами

Нураева Алла Сергеевна

Васильев Семен, Светлана Копыл, Зеленковский Павел, Тофаил Саид, Холкин Андрей Леонидович
Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
Шур Владимир Яковлевич, д.ф.-м.н.
alla.nuraeva@urfu.ru

Самоорганизующиеся органические материалы могут быть использованы для изготовления функциональных нано- и микроустройств с заданными свойствами. Пептиды являются важными молекулярными «строительными блоками», благодаря их гибкости и большому разнообразию формирующихся структур. Такие структуры имеют широкий диапазон применений от остовов для клеточной инженерии [1] до светодиодов [2] и биосенсоров [3]. Широко исследуемый короткий дипептид дифенилаланин (ФФ) самоорганизуется в микротрубки, обладающие выраженными пьезоэлектрическими свойствами [4], что в сочетании с высокой жесткостью [5] открывает возможности использования в качестве «зеленых» электромеханических систем, а также различных биоприложений.

Сравнительно малые размеры микротрубок ФФ (МКТ-ФФ) позволяют использовать для исследования их пьезоэлектрических свойств только локальные методы [4]. При этом экспериментальные данные могут быть искажены электростатическим взаимодействием зонда с поверхностью образца, что затрудняет количественную оценку пьезоэлектрических коэффициентов [6]. Таким образом, возникла необходимость верификации локальных методов исследования пьезоэлектрических свойств.

В данной работе пьезоэлектрические свойства МКТ-ФФ исследовались одновременно интегральными и локальными методами. МКТ-ФФ с рекордными размерами: длиной до 5 мм и диаметром до 700 мкм были выращены в водно-спиртовом растворе в процессе длительной инкубации (рис.1). Такие размеры были достаточны для манипулирования и измерения интегральными методами.

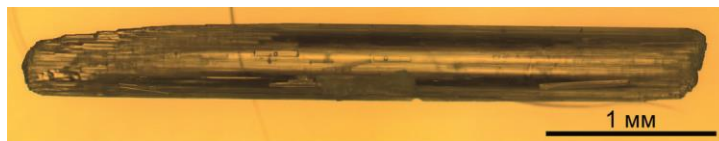


рис.1. Оптическое изображение исследованной микротрубки ФФ, выращенной в водно-спиртовом растворе.

В качестве локального метода использовалась силовая микроскопия пьезоэлектрического отклика с помощью зондового микроскопа. Регистрировались локальные вертикальные и латеральные колебания поверхности МКТ-ФФ под действием приложенного напряжения между проводящим зондом (верхний электрод) и подложкой с проводящим напылением (нижний электрод). Были определены пьезоэлектрические коэффициенты $d_{15}^{local} = 60$ пК/Н и $d_{33}^{local} = 9$ пК/Н.

В качестве интегрального метода исследования диэлектрических свойств использовалась импедансная спектроскопия с помощью 4-зондового метода. По измеренным частотным зависимостям импеданса пучков МКТ-ФФ были определены два набора частот резонанс-антирезонанс. Зная значения плотности и диэлектрической проницаемости МКТ-ФФ, а также, учитывая длину образца, были вычислены $d_{15}^{int} = 50$ пК/Н и $d_{33}^{int} = 6$ пК/Н.

Значения пьезокоэффициентов МКТ-ФФ, полученные локальным и интегральным методами хорошо согласуются между собой, что позволяет использовать быстрые локальные методы для исследования пьезоэлектрических свойств микро- и нанотрубок ФФ.

Список публикаций:

- [1] Y.L. Yang, U. Khoe, X.M. Wang, A. Horii, H. Yokoi, S.G. Zhang, *Nano Today*, 4, 193 (2009).
- [2] C. A.E. Hauser and S. Zhang, *Nature*, 468, 516 (2010).
- [3] V.L. Sedman, X. Chen, S. Allen, C.J. Roberts, V.V. Korolkov, and S.J.B. Tendler, *J. Microsc.*, 249, pp. 165–172 (2013).
- [4] S. Vasilev, P. Zelenovskiy, D. Vasileva, A. Nuraeva, V.Ya. Shur, and A.L. Kholkin, *J. Phys. Chem. Solids*, 93, 68, (2016).
- [5] P. Zelenovskiy, I. Kornev, S. Vasilev, and A. Kholkin, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 18, 29681 (2016).
- [6] N. Balke, P. Maksymovych, S. Jesse, I.I. Kravchenko, Q. Li, and S.V. Kalinin, *ACS Nano*, 8, 10229 (2014).

Разработка твердотельных источников излучения в зеленом спектральном диапазоне на основе сильно легированных слоев AlGaN:Si с содержанием алюминия выше 0.5

Осинных Игорь Васильевич

Малин Тимур Валерьевич, Журавлев Константин Сергеевич

Институт физики полупроводников СО РАН

igor-osinnykh@isp.nsc.ru

Нитриды металлов III группы и их твердые растворы являются прямозонными полупроводниками с шириной запрещенной зоны, покрывающей широкий диапазон от 0.7 эВ для InN до 6.1 эВ для AlN, что соответствует диапазону длин волн 200-1770 нм. Это делает их перспективными для изготовления светоизлучающих приборов, излучающих во всей видимой и ультрафиолетовой областях спектра. Развитие технологии Al₃-нитридных полупроводников увенчалось присуждением Нобелевской премии по физике 2014 года японским ученым Исаму Акасаки, Хироси Аmano, Суджи Накамура за разработку голубых оптических диодов на основе InGa_N/Ga_N гетероструктур, позволивших внедрить яркие и энергосберегающие источники света, что подчеркивает важность данного материала. Дальнейшие перспективы нитридной оптоэлектроники связаны с продвижением в фиолетовую и зеленую области спектра, созданием высокоэффективных светодиодов и лазеров, источников одиночных фотонов, работающих при комнатной температуре.

Зеленый диапазон спектра до сих пор освоен лишь частично. Создание мощных эффективных и долгоживущих твердотельных источников лазерного излучения зеленого диапазона спектра, в частности, инжекционных полупроводниковых лазеров и светодиодов спектрального диапазона 520–550 нм, соответствующего максимальной чувствительности человеческого глаза, является важной задачей. В настоящее время зеленые лазерные диоды прямого излучения не распространены. Создание полупроводниковых лазеров и светодиодов зеленого диапазона длин волн, однако, наталкивается на серьезные затруднения фундаментального