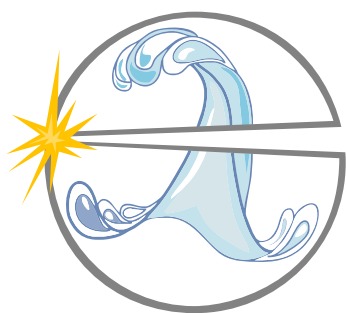


**ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**



ЕНИСЕЙСКАЯ ФОТОНИКА — 2024

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ТОМ 2

**Красноярск
16–20 сентября 2024 года**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Сибирский федеральный университет
Институт инженерной физики и радиоэлектроники

Национальный исследовательский университет ИТМО
Научно-образовательный центр фотоники и оптоинформатики

Российская академия наук
Сибирское отделение
Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр»
Институт физики им. Л. В. Киренского

ЕНИСЕЙСКАЯ ФОТОНИКА – 2024

Всероссийская научная конференция
с международным участием

тезисы докладов

том 2

16 – 20 сентября 2024 г.

Красноярск
2024

УДК 535
ББК 22.34
Е 63

Енисейская Фотоника – 2024. Всероссийская научная конференция с международным участием. Тезисы докладов. 16–20 сентября 2024 года, Красноярск. Т.2. – Изд-во ИФ СО РАН, 2024.– 223 с.

В сборнике представлены тезисы докладов всероссийской научной конференции с международным участием «Енисейская Фотоника – 2024» проходившей в г. Красноярске с 16 по 20 сентября 2024 г. Сборник предназначен для научных сотрудников, аспирантов, преподавателей и студентов, интересующихся проблемами фотоники, оптики и спектроскопии. Печатаются по решению Программного комитета конференции в авторской редакции.

ISBN 978-5-6050879-2-2

ISBN 978-5-6050879-2-2



© Коллектив авторов, 2024
© Сибирский федеральный университет, 2024
© Университет ИТМО, 2024
© Институт физики им. Л. В. Киренского, 2024

БИОМЕДИЦИНСКАЯ НАНОФОТОНИКА: ОПТИМИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИКИ И ТЕРАПИИ ЧЕРЕЗ ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ

Л. А. Осминкина^{1,2*}

¹Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Физический факультет, 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1 стр. 2

²Институт биологического приборостроения РАН, 142290, Московская область, Российская Федерация, Пущино, ул. Институтская, д. 7

*E-mail: osminkina@physics.msu.ru

Уникальные оптические свойства полупроводниковых наночастиц пористого кремния и композитных материалов на их основе, в сочетании со свойствами высокой биосовместимости, открывают колоссальные перспективы их использования в биомедицинской нанофотонике. Представленная работа освещает цикл научных статей, а также новых полученных результатов по использованию наночастиц на основе пористого кремния и различных фотонных методов, от фотолюминесцентной микроскопии до сенсibilизации рентгеновского излучения, для диагностики и терапии социально-значимых заболеваний.

Биомедицинская нанофотоника – стремительно развивающаяся сфера научных исследований, объединяющая в себе нанотехнологии, биомедицину и биофотонику. Она занимается изучением основных механизмов взаимодействия света и наноматериалов с клетками и тканями, а также разработкой технологий для клинической диагностики и терапии. В то время как нанофотоника фокусируется на взаимодействии света и материи в наномасштабе, биофотоника изучает взаимодействие света с биологическими материалами, а наномедицина применяет нанотехнологии для диагностики, профилактики и лечения заболеваний человека.

Потенциал использования полупроводниковых наночастиц в бионанофотонике обусловлен их уникальными оптическими свойствами, которые могут быть настроены под различные биомедицинские приложения, включая диагностику и терапию. Ключевым фактором, обеспечивающим безопасность применения этих частиц в клинической практике, является отсутствие у них токсических свойств.

Наночастицы на основе пористого кремния (пКНЧ), доказано, характеризуется свойствами не только высокой биосовместимости, но и полной биodeградируемости (биорастворимости). При этом продуктом биodeградации является также нетоксичная кремниевая кислота, которая имеет исключительно полезные свойства для организма [1, 2]. ПКНЧ получают измельчением пленок пористого кремния, или массивов пористых кремниевых нанонитей [3]. При этом морфологией и физико-химическими получаемых наночастиц можно управлять, настраивая параметры синтеза исходных пористых пленок или кремниевых нанонитей. Пористая структура пКНЧ (значение пористости может достигать 80% от объема наночастиц) является преимуществом при их использовании в качестве наноконтейнеров, и позволяет обеспечить большую емкость загрузки доставляемого препарата.

ПКНЧ состоят из мелких нанокристаллов кремния (нк-Si) и пор. Фотолюминесцентные (ФЛ) свойства наночастиц, которые обусловлены квантово-размерными эффектами (КРЭ), возникающими в нк-Si с размерами 2-6 нм, открывают потенциал их применения в качестве люминесцентных меток для визуализации раковых клеток [4]. Вместе с тем, нк-Si имеют также собственный уникальный спектр комбинационного рассеяния (КР). При этом уменьшение размеров нк-Si сопровождается сдвигом максимума их спектра ФЛ с коротковолновую область, и также низкочастотным сдвигом максимума спектра КР. Все это показано открывает возможность использования данных оптических методов для исследований процессов биodeградации пКНЧ непосредственно внутри живых клеток. А с помощью микроспектроскопии КР можно не только обнаружить поглощение и распределение пКНЧ, но и оценить эффективность достав-

ляемых ими препаратов-цитостатиков (сунитиниб, доксорубин) внутрь клеток (рис.1) [5, 6].

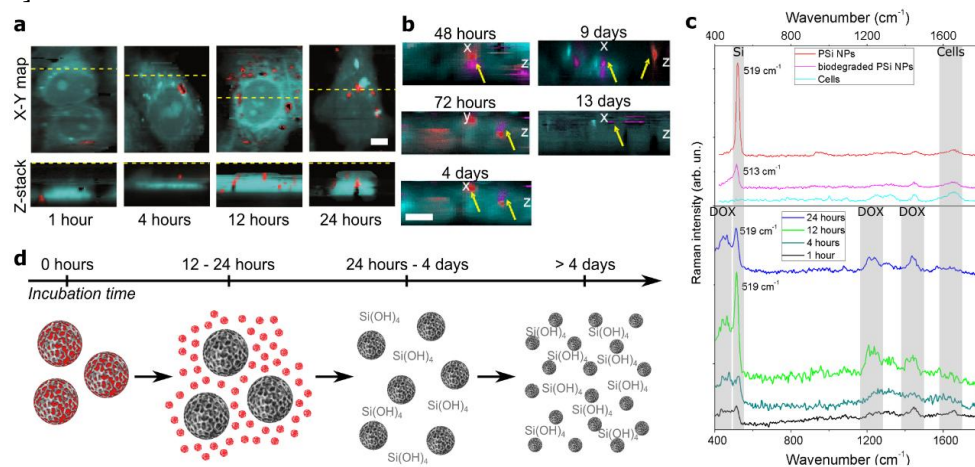


Рис.1. Изучение доставки доксорубина и биодegradации наночастиц пористого кремния внутри раковых клеток методом спектроскопии комбинационного рассеяния [6].

В работе [4] показано, что пКНЧ также могут выступать как эффективные фотосенсибилизаторы для уничтожения раковых клеток. При этом механизм терапевтического действия обусловлен генерацией синглетного кислорода при фотовозбуждении наночастиц, находящихся непосредственно внутри раковых клеток.

Наряду с этим впервые открыта возможность использовать композитные наночастицы пористого кремния и золота в фототермической терапии (ФТТ), а также для повышения эффективности лучевой терапии при воздействии рентгеновского излучения.

Представленные результаты демонстрируют колоссальные перспективы полупроводниковых наночастиц кремния и композитных материалов на их основе в биомедицинской нанофотонике.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-15-00137, <https://rscf.ru/project/24-15-00137/>.

Список литературы

1. L.T. Canham, Nanoscale semiconducting silicon as a nutritional food additive // *Nanotechnology*. vol. 18(18), p. 185704, 2007.
2. J.H. Park, L. Gu, G. Von Maltzahn, et.al. Biodegradable luminescent porous silicon nanoparticles for in vivo applications // *Nature materials*, vol. 8(4), pp. 331-336, 2009.
3. L.A. Osminkina, M.B. Gongalsky, Porous silicon suspensions and colloids // *Handbook of Porous Silicon: Second Edition*. pp. 227-245, 2018.
4. L.A. Osminkina, K.P. Tamarov, A.P. Sviridov, et.al. Photoluminescent biocompatible silicon nanoparticles for cancer theranostic applications // *Journal of biophotonics*, vol. 5(7), pp. 529-535, 2012.
5. E. Tolstik, L.A. Osminkina, C. Matthäus, et.al. Studies of silicon nanoparticles uptake and biodegradation in cancer cells by Raman spectroscopy // *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, vol. 12(7), pp. 1931-1940, 2016.
6. P.V. Maximchik, K. Tamarov, E.V. Sheval, et.al. Biodegradable porous silicon nanocontainers as an effective drug carrier for regulation of the tumor cell death pathways // *ACS Biomaterials Science & Engineering*, vol. 5(11), pp. 6063-6071, 2019.