ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

SaintPetersburg OPEN 2026

26-29 мая 2026

OPEN CONFERENCE

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

13-й Школы-конференции с международным участием по Оптоэлектронике, Фотонике и Наноструктурам SPbOPEN 2026

26-29 мая 2026

Санкт-Петербург

Авторские права © 2026 Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» — Санкт-Петербург и отдельные авторы. Все права защищены. Никакие части данной электронной публикации не могут быть многократно скопированы, сохранены в поисковой системе или переданы в любой форме или любыми средствами, электронными, механическими, фотокопированием, записью или иным образом, без письменного разрешения издателя. Разрешается изготовление фотокопий отдельных статей для личного использования или исследований.

13-я Школа-конференция с международным участием по оптоэлектронике, фотонике и наноструктурам Saint Petersburg OPEN продолжает традицию ежегодных научных семинаров для молодежи по актуальным проблемам физики и техники, основанную по инициативе лауреата Нобелевской премии по физике академика Жореса Ивановича Алфёрова.

Место проведения конференции:

НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург, Санкт-Петербург, 25-я линия Васильевского острова, дом 6, корпус 1, Российская Федерация.

Более подробная информация о Школе и конференции представлена на https://spb.hse.ru/spbopen/.

В сборник включены тезисы работ, отобранных для участия в Школе-конференции, оформленные в соответствии с требованиями к оформлению тезисов. Данный том был составлен НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург на основе электронных файлов, предоставленных авторами. При составлении сборника были внесли лишь незначительные технические исправления.

Председатель Программного и Организационного комитетов

чл.-корр. РАН А.Е. Жуков (НИУ ВШЭ - Санкт-Петербург)

Программный Комитет

А.А. Липовский (СПбПУ Петра Великого)

П.Н. Брунков (ФТИ им. Иоффе РАН)

Г.Э. Цырлин (СПбАУ РАН им. Ж.И. Алфёрова)

Н.В. Крыжановская (НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург)

В.В. Журихина (НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург)

В.Г. Дубровский (СПбГУ)

С.В. Макаров (ИТМО)

Организационный Комитет

Н.В. Крыжановская (НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург)

А.С. Драгунова (НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург)

Э.И. Моисеев (НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург)

А.А. Образцова (НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург)

Е.А. Русаловская (НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург)

Программа конференции

26 мая 2026 (вторник)

Весь день **Прибытие, свободное время**

27 мая 2026 (среда)

09:00 - 10:00 **Регистрация участников (НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург, 25-я линия Васильевского острова, дом 6, корпус 1)**

10:00 - 10:10 **Открытие Алексей Жуков** *(ВШЭ – Санкт-Петербург)*

10:10 - 10:40 **Многоуровневая настройка однослойных углеродных нанотрубок для их применений в оптоэлектронике Альберт Насибулин** *(Сколтех)*

10:40 - 11:10 **Фотоэлектрические преобразователи лазерного излучения Максим Шварц** *(ФТИ им. А.Ф. Иоффе)*

11:10 - 11:40 **Anisotropic semiconductor nanocrystals and their light-emitting devices Fangze Liu** *(Beijing Institute of Technology, P.R. China)*

11:40 - 12:00 **Кофе-брейк**

12:00 - 12:30 **Перовскитный поляритонный лазерный диод Анатолий Пушкарев** *(Сколтех)*

12:30 - 13:00 **Оптические микролазеры на основе III-N гетероструктур: эпитаксия, изготовление и исследование Наталья Крыжановская** *(НИУ ВШЭ – СПб)*

13:00 - 13:30 **Сессия «Презентации в лифте» I**

(Молодые ученые представляют основную идею своих постеров в 1-минутной презентации, используя 1-2 слайда)

13:30 - 15:00 **Обед**

По желанию: 14:00 - 15:00 **Круглый стол " МШГ микролазеры для ультрафиолетового и видимого диапазонов спектра на подложках кремния и сапфира "** *по материалам совместного исследования в рамках проекта НИУ ВШЭ «Международное академическое сотрудничество» (Academic Cooperation) Международной лаборатории квантовой оптоэлектроники НИУ ВШЭ Санкт-Петербург и научного коллектива Центра «Широкозонная нано- и микроэлектроника» Института физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси.*

15:00 - 16:30 **Постерная сессия I**

1. Полупроводниковые лазеры, солнечные элементы, другие оптоэлектронные приборы

3. Синтез и структурные свойства полупроводниковых материалов и наноструктур

6. Другие аспекты нанотехнологий

16:30 - 17:00 **Кофе-брейк**

17:00 - 18:00 **Постерная сессия I** (продолжение)

28 мая 2026 (четверг)

09:00 - 10:00 **Регистрация участников (НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург, 25-я линия Васильевского острова, дом 6, корпус 1)**

10:00 - 10:30 **Фотонные интегральные схемы: состояние и перспективы** **Алексей Устинов** *(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)*

10:30 - 11:00 **Сверхпроводниковый однофотонный детектор - ключевой элемент квантовых фотонных интегральных схем** **Григорий Гольцман** *(МПГУ / НИУ ВШЭ)*

11:00 - 11:30 **Терагерцовое излучение: физика и возможности применения** **Дмитрий Хохлов** *(МГУ / ФИАН)*

11:30 - 12:00 **Кофе-брейк**

12:00 - 12:30 **Когерентные волоконно-оптические системы: от глобальных телекоммуникаций до медицинской диагностики** **Николай Ушаков** *(СПбПУ Петра Великого)*

12:30 - 13:00 **Полупроводниковые нанопровода в фотонике** **Алексей Большаков** *(МФТИ)*

13:00 - 13:30 **Сессия «Презентации в лифте» II**

(Молодые ученые представляют основную идею своих постеров в 1-минутной презентации, используя 1-2 слайда)

13:30 - 15:00 **Обед**

15:00 - 16.30 **Постерная сессия II**

2. Электрические, магнитные и СВЧ приборы и свойства полупроводниковых материалов и структур
4. Нанофотоника, спектроскопия, микрорезонаторы, оптические свойства, плазмоника
5. Биомедицинские применения полупроводниковых материалов и приборов, биофизика, нанобиотехнологии, биофотоника

16:30 - 17:00 **Кофе-брейк**

17:00 - 18:00 **Постерная сессия II** (продолжение)

18:00 - 18:30 **Закрытие конференции и церемония награждения**

Алексей Жуков *(ВШЭ – Санкт-Петербург)*

29 мая 2026 (пятница)

Весь день **Отъезд, свободное время**

По желанию: Экскурсия с сопровождающим в Международную лабораторию квантовой оптоэлектроники НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург (12.00-14.00)

Содержание сборника

1. Полупроводниковые лазеры, солнечные элементы, другие оптоэлектронные приборы			
1-00	Крыжановская Наталья Владимировна	НИУ ВШЭ	Оптические микролазеры на основе III-N гетероструктур: эпитаксия, изготовление и исследование (Приглашенный)
1-01	Козлов Илья Александрович	АО «КОНЦЕРН «ЦНИИ «ЭЛЕКТРОПРИБОР»	Методика оценки сдвига мгновенной оптической частоты импульсного излучения, формируемого полупроводниковым оптическим усилителем
1-02	Реутов Алексей Алексеевич	ООО Курэйт	Анализ безопасности квантового распределения ключей с декойными состояниями при backflash и лазерной инжекции/сидинг источника
1-03	Комаров Сергей Дмитриевич	НИУ ВШЭ – Санкт-Петербург	Низкопороговая генерация на модах шепчущей галереи в микродисковых лазерах InGaN/GaN
1-04	Зеленский Глеб Викторович	Московский педагогический государственный университет Институт физики, технологии и информационных систем	Исследование характеристик детекторов терагерцового диапазона излучения на основе пленок углеродных нанотрубок.
1-05	Михайлов Олег Павлович	СПбАУ РАН имени Ж. И. Алфёрова	Исследование радиационной стойкости GaP/Si гетероструктурных солнечных элементов методами емкостной спектроскопии
1-06	Харченко Антон Александрович	Алферовский университет, ФТИ им. А.Ф. Иоффе	Полупроводниковый оптический усилитель спектрального диапазона 1020-1075 нм с активной областью на основе квантовых яма-точек InGaAs/GaAs
1-07	Образцова Анна Александровна	НИУ ВШЭ - Санкт-Петербург	Анализ параметров усиления квантовых точек в коротких лазерных полосках
1-09	Кунков Роман Эдуардович	ФТИ им. А. Ф. Иоффе	Поверхностно облучаемые фотодиоды для спектральной области λ = 2 – 5 мкм на основе ДГС N-InAsSbP/InAsSb/P-InAsSbP
1-10	Баранцев Олег Вячеславович	СПбАУ РАН им. Ж.И. Алферова	Влияние конструкции InAlAs метаморфных буферных слоев на электрофизические характеристики кристаллов InGaAs фотодиодов ближнего ИК-диапазона
1-11	Васильев Андрей Андреевич	АО "ОКБ-Планета"	Особенности технологии изготовления вертикально-излучающего лазера с длиной волны 850 нм
1-13	Мазун Екатерина Дмитриевна	Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого/Акционерное общество «ОКБ-Планета»	Применение полиимида в оптоэлектронике
1-14	Данилова Виктория Владиславовна	Санкт-Петербургский государственный университет	Использование метода лазерной очистки при реставрации объектов культурного наследия с каменным декором из песчаника
1-15	Би Цзячэнь	Университет науки и технологий МИСИС	Использование кремниевых квантовых точек для предотвращения нагрева солнечных элементов
1-16	Пан Хайхун	Лаборатория перспективной солнечной энергетики НИТУ МИСИС	Низкотемпературное Ионно-Лучевое Напыление (IBS) Nio Для Лёгких И Гибких Перовскитных Солнечных Элементов

2-19	Фудин Дмитрий Геннадьевич	МПГУ	Терагерцевый монолитный интерферометр Маха-Цендера на основе кремниевых волноводов без подложки
2-20	Драгомерецкий Иван Олегович	Московский физико-технический институт	Моделирование отражающего мета-атома на базе жидких кристаллов
2-22	Розенблит Алина Дмитриевна	Университет ИТМО	Топологические краевые состояния высокого порядка в квадратной решётке из разомкнутых кольцевых резонаторов с дипольным и квадрупольным откликом
2-23	Белозеров Игорь Александрович	НИЦ «Курчатовский институт»	Контактное сопротивление и ресурс МЭМС-переключателя при разных токах коммутации
2-24	Богуш Инна Юрьевна	ФГАОУВО "Южный федеральный университет"	Импедансометрия электродных материалов на основе сульфидов переходных металлов: количественный анализ кинетики электрохимических реакций
2-25	Ружевич Максим Станиславович	СПбГЭТУ «ЛЭТИ»	Фотолюминесценция и фотоотражение гетероструктур HgTe/CdHgTe с «узкими» квантовыми ямами
2-26	Чижиков Сергей Владимирович	Севастопольский государственный университет	Исследование возможности применения новой конструкции полевых транзисторов для повышения энергоэффективности монолитных интегральных схем приемного тракта радиометра
2-27	Кропотов Арсений Андреевич	Университет ИТМО	Оптическое детектирование радиальной динамики частиц, локализованных в квадрупольных электродинамических ловушках
2-28	Фролов Илья Владимирович	Ульяновский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук	Электрофизические характеристики полимерных нанокомпозитов на основе эпоксидной смолы с углеродными наноструктурами и магнитными частицами
2-29	Шлепаков Павел Сергеевич	НИЦ "Курчатовский институт"	Влияние диаметра рабочей камеры на перемещение и развиваемую силу взрывного актюатора
2-30	Морозов Матвей Олегович	Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова / Обособленное подразделение «Отдел микротехнологий» – Ярославль ОФТИ им. К.А. Валиева НИЦ «Курчатовский институт»	Расчет рабочих характеристик МЭМС-переключателя последовательно-шунтирующего типа для диапазона частот 0.4-10 ГГц
2-31	Кожуховский Алексей Константинович	Московский Педагогический Государственный Университет, Лаборатория Квантовых Детекторов	Субтерагерцовый волноводный монолитный аттенюатор без подложки на основе материала с фазовой памятью GST
2-32	Чиглинцев Эмиль Олегович	МФТИ, РКЦ	Внеплоскостная терагерцевая эмиссия, обусловленная анизотропией в композиционно упорядоченном двумерном сплаве ДПМ
2-33	Хрошин Даниил Алексеевич	Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет им. В.И. Ульянова (Ленина)	Разработка модели интегрально-оптического волновода трапецеидального поперечного сечения

3. Синтез и структурные свойства полупроводниковых материалов и наноструктур

3-22	Алешина Марина Юрьевна	МФТИ	Влияние морфологии наночастиц золота на SERS-усиление сформированных сухой аэрозольной печатью плазмонных структур
3-23	Сидоров Евгений Александрович	Государственный университет "Дубна"	Исследование влияния функционализации на оптические свойства борных квантовых точек
3-24	Духан Денис Дмитриевич	Лаборатория эпитаксиальных технологий ИНЭП ЮФУ	Стабилизация условий формирования капельных наноструктур In/GaAs путем предварительного осаждения металлического Ga
3-25	Агафонов Дмитрий Вячеславович	АО Пензенский научно-исследовательский институт электронно-механических приборов	Исследование полупроводниковых и пьезоэлектрических свойств широкозонных полупроводников SiC и AlN, полученных методом магнетронного распыления
3-26	Кугаевский Александр Дмитриевич	ИНЭП ЮФУ	Исследование влияния температуры роста на селективность и оптические свойства ННК GaAs на ФИП модифицированных подложках Si(111)
3-27	Харламова Анастасия Александровна	Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова	Исследование структуры монокристаллических алмазных методом поляризационной микроскопии
3-28	Грушевский Егор Алексеевич	Отдел микротехнологий-Ярославль, ОФТИ им. К.А. Валиева, НИЦ Курчатовский институт	Исследование фазового состава ферромагнитных нанопроволок в процессе электрохимического осаждения в поры анодного окисла алюминия
3-29	Панков Егор Романович	СПбГУ	Моделирование динамики контактного угла капли и кристаллической фазы нитевидных нанокристаллов тройных соединений III-V
3-30	Шандыба Никита Андреевич	Лаборатория эпитаксиальных технологий ИНЭП ЮФУ	Влияние пассивации массивов ННК GaAs, сформированных на ФИП-модифицированных подложках Si(111), на их оптические свойства
3-31	Солодовник Наталия Евгеньевна	Лаборатория эпитаксиальных технологий, Южный федеральный университет	Исследование механизмов локального травления GaAs в точках ФИП-модификации
3-32	Ерёменко Михаил Михайлович	Лаборатория эпитаксиальных технологий ИНЭП ЮФУ	Исследование капельной эпитаксии наноструктур Ga на структурированных подложках Si(001)
3-33	Торгунаков Виталий Геннадьевич	Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)	Формирование полупроводникового канала на основе IGZO с применением технологии аэрозольной печати для тонкопленочных транзисторов
3-34	Жигаев Данила Алексеевич	Самарский университет	Моделирование индукционного нагрева экспериментального CVD-реактора
3-35	Пикин Данил Игоревич	Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж. И. Алфёрова Российской академии наук	Синтез субмикронных кристаллов InGaN на SiC/Si(111) подложках методом молекулярно-пучковой эпитаксии
3-36	Папылев Денис Сергеевич	Университет ИТМО	Влияние буферных слоев InP/InGaAs в гетероструктурах квантово-каскадных лазеров на ширину гетерограниц сверхрешеток InGaAs/InAlAs, выращенных методом молекулярно-пучковой эпитаксии

Исследование фазового состава ферромагнитных нанопроволок в процессе электрохимического осаждения в поры анодного окисла алюминия.

Е. А. Грушевский[1]✉, **Н. Г. Савинский**[1], **О. С. Трушин**[1], **В. В. Наумов**[1], **Р. В. Селюков**[1]

[1] Обособленное подразделение "Отдел микротехнологий" - Ярославль Федерального государственного бюджетного учреждения науки Отделения физико-технологических исследований имени К.А. Валиева Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Ярославль, Россия;

✉yaregor@mail.ru

Аннотация. Данная работа посвящена изучению влияния процесса электрохимического осаждения массивов ферромагнитных нанопроволок (НП), в поры матрицы из Al2O3 на фазовый состав НП. Образцы пористого оксида алюминия были получены методом двойного электрохимического анодирования подготовленной фольги в 0,5 М щавелевой кислоте при напряжении 60 В и температуре 25 °С и исследованы с помощью сканирующей электронной микроскопии. Диаметр пор составляет около 85 нм. Электроосаждение НП осуществляли в трехэлектродной ячейке на подготовленных матрицах из Al2O3 в импульсном режиме. Морфология поверхности пористых мембран и геометрия НП изучались с помощью сканирующей электронной микроскопии. Фазовый состав ферромагнитных НП изучался с методом рентгено - фазовой дифрактометрии.

Ключевые слова: анодирование, пористые матрицы из оксида алюминия, нанопроволоки, электрохимическое осаждение, рентгено-фазовый анализ.

Введение

Одним из лучших и наиболее распространенных методов обеспечения повторяемости и высокого качества получаемых наноструктур является использование шаблонов из пористого анодного оксида алюминия (ПААО) [1-3], в частности, массивов для выращивания контролируемых, самоорганизующихся, а также высокоупорядоченных структур, включая наностержни, нанопроволоки, нанотрубки, нанокомпозитные материалы со строгим соблюдением размеров изделия при плотности упаковки 10^9-10^{11} единиц/см² [4]. В последнее время большое внимание уделяется изучению магнитных наноматериалов и наноструктур с сильной анизотропией формы, перспективных для использования в наносенсорах, спинтронных устройствах и магнитной записи высокой плотности. Известно, что одним из наиболее распространенных методов получения таких нанопроволок является матричный синтез – заполнение требуемым материалом узких каналов в пористой матрице. Электрохимический метод, безусловно, является перспективным методом получения таких нанопроволок [5-6]. Состав таких наноструктур сильно зависит от условий синтеза и в значительной мере влияет на их свойства [7].

Материалы и методы

Для создания упорядоченных массивов ферромагнитных нанопроволок была разработана технология электроосаждения с использованием Пористого анодного алюминия оксида (ПААО) в качестве шаблона. Полированная алюминиевая фольга толщиной 500 мкм (99,95%) была анодирована в два этапа при постоянном потенциале 60В в термостатированной ячейке при 25°С в 0.5М растворе щавелевой кислоты. В результате анодирования формируется пористая пленка ПААО толщиной 35 мкм и с максимумом диаметров пор около 85 нм. Оставшийся слой алюминия после анодирования растворяли в растворе соляной кислоты с однохлористой медью. Барьерный слой оксида алюминия был удален в H_3PO_4 + CrO_3. На последнем этапе изготовления на шаблон ПААО был нанесен слой Ti/Ag/Cu суммарной толщиной 310 нм методом магнетронного распыления. Электрохимическое осаждение металлов в порах осуществлялось в трехэлектродной термостатируемой ячейке при постоянном перемешивании магнитной мешалкой в сульфатных электролитах. На рисунке 1а представлена морфология массивов нанопроволок полученная с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM) на электронном микроскопе Supra 40.

Результаты и обсуждение

Фазовый состав ферромагнитных нанопроволок был исследован с помощью дифрактометра DRON 2. Измерения проводились в геометрии Брэгга-Брентано с использованием излучения CuKa (λ = 1,5418 Å) в диапазоне 2θ от 30 до 80 градусов. Для высвобождения нанопроволок, матрица анодного окисла растворялась в 10% NaOH. На рисунке 1б представлена дифрактограмма никелевых нанопроволок. Самый интенсивный пик никеля Ni (111) гранецентрированной кубической решетки (ГЦК) $44{,}5^0$ перекрывается с пиком серебра Ag (200) 44.3^0. Второй, менее интенсивный пик Ni (200) ГЦК так же перекрывается с пиком меди Cu (200). Кроме серебра, зафиксированы металлы напыленные на мембрану ПАОА титан Ti(100), (002), (101) и медь Cu (200). Пики этих металлов малоинтенсивные, поскольку удалены из образца во время растворения ПААО.

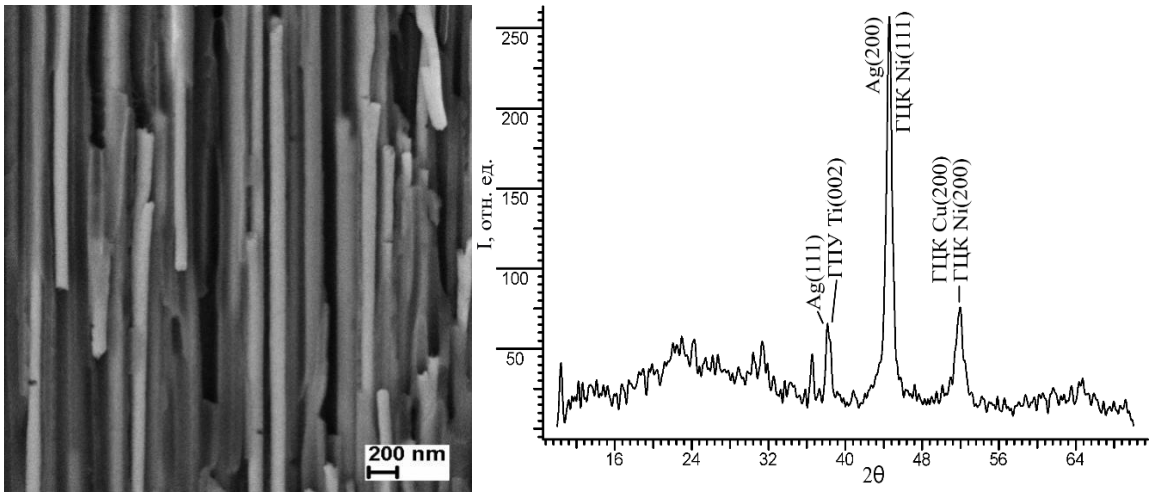

Рис. 1. (а) СЭМ изображение нанопроволок в пористой матрице, (б) дифрактограмма никелевых нанопроволок.

Заключение

В заключение, в данном исследовании синтезированы нанопроволоки никеля в матрице пористого оксида алюминия с аспектным соотношением более 50. Проведен рентгено-фазовый анализ массива нанопроволок, свидетельствующий о преимуществе ГЦК структуры в полученных наноструктурах никеля.

Благодарности

Работа проведена в рамках государственного задания НИЦ «Курчатовский институт». Некоторые экспериментальные результаты получены с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Диагностика микро и нано структур» при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

Список литературы

[1] H. Masuda, H. Yamada, M. Satoh, Appl. Phys. Lett., **71**, 2770 (1997).
[2] Е.Н. Муратова, канд. дисс., Санкт-Петербург, ЕТУ «ЛЕТИ», 2014.
[3] A.I. Vorobeva, E. A. Utkina, O. M. Komar, Russian Microelectronics, **42**, 79 (2013).
[4] Q. Hao, H. Huang, X. Fan, Nanotechnology, **28**, 105301 (2017).
[5] A. Safeer, N. Ahmad, S. Khan, L. Azam, D. Bashir, J. Appl. Phys., **125**, 034302 (2019).
[6] G. Varvaro, F. Casoli, Ultrahigh–density magnetic recording storage materials and media designs. Stanford: Pan Stanford Publishing, 2016.
[7] V. Vega, T. Böhnert, S. Martens, M. Waleczek, J. M. Montero-Moreno, D. Görlitz, V. M. Prida, K. Nielsch, Nanotechnology, **23**, 465709 (2012).