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

1-17	Бермас Вячеслав Романович	Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)	Исследование возможности использования лазерного 3D-сканирования для мониторинга деревянной скульптуры
1-18	Каримова Алина Ильшатовна	НИУ ВШЭ, направление физика	Исследование влияния обработки фокусированным ионным пучком на темновые характеристики волноводных фотодетекторов
1-19	Самарцев Илья Владимирович	ННГУ им. Н.И. Лобачевского	Metamorphic InGaAs photodiode with low dark current on a GaAs substrate for the 1.17 - 1.29 µm range
1-20	Беляева Екатерина Алексеевна	Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»	Исследование связанных микродисковых лазеров с квантовыми точками InGaAs/GaAs.
1-22	Радаев Олег Александрович	УФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН	Зависимость потоков излучения видимого и ближнего инфракрасного участков спектра светодиодных матриц от тока и температуры
1-23	Новиков Андрей Александрович	Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого	Активация вторичных эмиттеров из бериллиевой бронзы
1-24	Башнин Никита Викторович	Санкт-Петербургский институт истории РАН	3D-оцифровка восковых печатей с использованием лазерного 3D-сканирования
1-25	Иванов Владимир Сергеевич	Университет ИТМО	Ионная миграция в перовските MAPbBr2I: эффекты Хоука и Шоттки
1-26	Федосов Игорь Сергеевич	НИУ ВШЭ СПб	Оптоэлектронный логический элемент И/И-НЕ на основе термооптического эффекта в А3В5 микродисковом лазере
1-27	Низаметдинов Азат Маратович	УФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН	Распределенный контроль температуры обмоток трансформатора с помощью перестраиваемого полупроводникового лазера
1-28	Степанов Юлиан Стефанович	Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М. А. Бонч-Бруевича	Исследование когерентных свойств полупроводниковых лазерных источников
1-29	Копытов Павел Евгеньевич	Университет ИТМО	Максимальный КПД одночастотных вертикально-излучающих лазеров спектрального диапазона 1300 нм
1-30	Поздеев Вячеслав Алексеевич	СПбАУ РАН им. Ж.И. Алферова; Академический университет им. Ж.И. Алферова	Исследование влияния поверхностного натяжения суспензии PEDOT:PSS и параметров нанесения на однородность покрытий
1-31	Мысь Дмитрий Александрович	Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)	Лазерный локатор для подводного обнаружения объектов
1-32	Сун Цинхао	Университет ИТМО	Simulation based on optical properties of Halide Perovskite Solar Cells

2. Электрические, магнитные и СВЧ приборы и свойства полупроводниковых материалов и структур

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

Влияние диаметра рабочей камеры на перемещение и развиваемую силу взрывного актюатора

П. С. Шлепаков [1]✉, **И. В. Уваров** [1], **В. Б. Световой** [2]

[1] Обособленное подразделение «Отдел микротехнологий» - Ярославль ОФТИ им. К.А. Валиева НИЦ «Курчатовский институт», Ярославль, Россия;

[2] Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия;

✉p.shlepakov@bk.ru

Аннотация. Микрофлюидные устройства представляют интерес для биотехнологий и медицины, но их широкому применению препятствует отсутствие компактных и эффективных актюаторов. Недавно был представлен актюатор объемом менее 1 мм^3, использующий взрыв водород-кислородной смеси в качестве рабочего принципа. Такой актюатор демонстрирует быстрое срабатывание и большую развиваемую силу, но имеет невысокую рабочую частоту. Повысить частоту удалось за счет увеличения размера рабочей камеры, однако влияние этого параметра на другие характеристики не было изучено. В настоящей работе показано, что увеличение диаметра от 0,5 до 0,75 мм не оказывает влияния на ход мембраны и развиваемую силу. Расширение камеры до 1 мм сокращает перемещение в 3 раза в результате возбуждения колебательных мод высокого порядка.

Ключевые слова: электрохимический актюатор, электролиз переменной полярности, взрыв, перемещение, развиваемая сила.

Введение

Появление микрофлюидных систем открыло новые возможности в анализе веществ, исследовании клеток и диагностике заболеваний [1]. Однако широкое применение таких систем ограничивается отсутствием компактных и эффективных актюаторов, перемещающих жидкость. Недавно был представлен актюатор нового типа, использующий взрыв водород-кислородной смеси в качестве рабочего принципа [2]. Актюатор представляет собой рабочую камеру с электролитом и двумя электродами, закрытую гибкой мембраной. Методом электролиза переменной полярности в камере создается микропузырь, содержащий смесь водорода, кислорода и нанокапель. Наличие последних приводит к взрывному расширению микропузыря, толкающему мембрану. Такой принцип работы обеспечивает большое перемещение за короткое время при объеме устройства менее 1 мм^3. За счет увеличения размера рабочей камеры была на порядок повышена частота срабатывания устройства [3], но влияние этого параметра на ход мембраны и развиваемое усилие не было изучено. В работе исследованы перемещение и сила актюатора в зависимости от диаметра камеры.

Материалы и методы

Актюатор изготавливали на термически окисленной кремниевой пластине. Стенки рабочей камеры высотой 48 мкм формировали в слое фоторезиста SU-8. Камера была закрыта гибкой мембраной из полидиметилсилоксана толщиной 50 мкм и заполнена одномолярным раствором сульфата натрия в дистиллированной воде. Диаметр камеры d составлял 0,5, 0,75 и 1 мм. Внутри камеры находились двухслойные электроды Al/Ru толщиной 500/150 нм. Один электрод заземляли, а на второй с помощью специально изготовленного генератора подавали серию импульсов напряжения переменной полярности частотой 500 кГц. Электролиз создавал нанопузыри водорода и кислорода. По достижении их критической концентрации они сливались в микропузырь, взрывающийся и толкающий мембрану. При амплитуде импульсов в пределах 11-12 В взрыв происходил в течение 20 мс. Генератор отслеживал момент взрыва и подавал сигнал на фотокамеру, закрепленную на оптическом микроскопе. Фотография мембраны сверху позволяла оценить размер микропузыря и его форму. По фотографиям сбоку измеряли ход мембраны. Для измерения развиваемой силы на мембране размещали шар диаметром 1 мм и массой 4,1 мг. Силу рассчитывали по высоте подброса шара.

Результаты и обсуждение

Фотография актюатора в момент взрыва представлена на рис. 1. Мембрана формирует темный силуэт и тень. Зависимость перемещения мембраны и развиваемого усилия от диаметра камеры представлено на рис. 2. Перемещение центра мембраны составляло 76±3 и 65±20 мкм для $d = 0{,}5$ и 0,75 мм соответственно. Средние значения были близки и совпадали в пределах погрешности, но для $d = 0{,}75$ мм наблюдался заметно больший разброс. Он объяснялся попеременным возбуждением первой и второй колебательных мод мембраны. С ростом d собственные частоты мембраны уменьшались, что увеличивало вероятность возбуждения высших мод. По этой причине перемещение мембраны диаметром 1 мм составляло лишь 19 ± 4 мкм.

Для устройств с рабочей камерой $d = 0{,}5$; 0,75 и 1 мм среднее усилие составляло 0,21±0,01; 0,20±0,01 и 0,15±0,01 Н соответственно. Актюаторы с диаметром рабочей камеры 0,5 и 0,75 мм равны по усилию в пределах погрешности. В обоих случаях распределение широкое. Распределение для $d = 1$ мм самое узкое, следовательно такой актюатор создавал относительно стабильное усилие. Форма колебаний мембраны диаметром 1 мм соответствовала высшей моды, при которой перемещение осуществлялось по центру и периметру камеры. Для такой мембраны зафиксировано меньшее усилие, так как шар перед взрывом соприкасался по центру камеры, а отклонения мембраны по периметру не действовали на него и не учитывались. Исходя из осциллограмм тока, начальный размер микропузыря одинаков для всех камер исследуемых диаметров, поэтому величина усилия так же не зависит от диаметра.

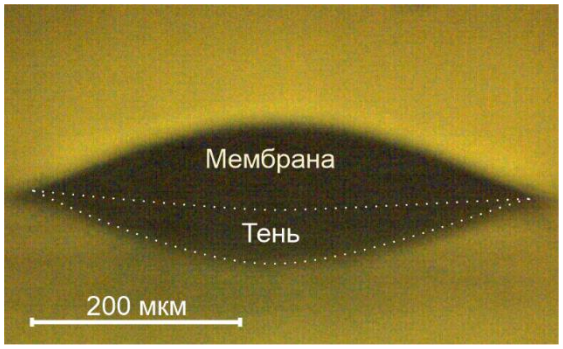

Рис. 1. Фотографии мембраны диаметром 0,5 мм в момент взрыва, сделанная под углом 3° к поверхности образца.

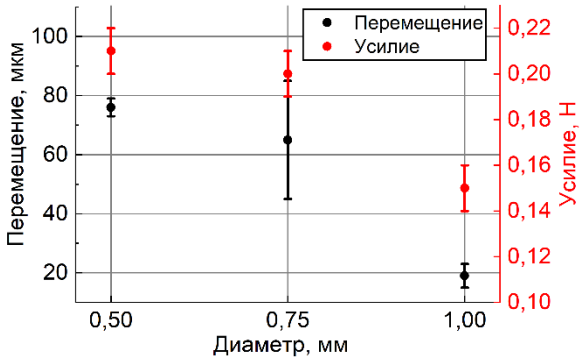

Рис. 2. Зависимость перемещения и развиваемой силы актюатора от диаметра камеры.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 25-29-00292.

Список литературы

[1] P. P. Behera, N. Kumar, M. Kumari, S. Kumar, P. K. Mondal, R. K. Sens. Diagn., **2**(6), 1437-1459 (2023).

[2] I. V. Uvarov, P. S. Shlepakov, V. B. Svetovoy. Adv. Mater. Technol., **9**(18), 2400690, (2024).

[3] P. S. Shlepakov, I. V. Uvarov, V. B. Svetovoy. Russ. Microelectron., **54** (8), 1147–1149, (2025)