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

Расчет рабочих характеристик МЭМС-переключателя последовательно-шунтирующего типа для диапазона частот 0.4-10 ГГц

М. О. Морозов[1,2]✉, **И. В. Уваров**[1]

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

[2]Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия

✉matvey19991@mail.ru

Аннотация. В современных системах связи высокие радиочастотные характеристики коммутационных элементов критически важны. Удовлетворить возрастающим требованиям способны переключатели на основе микроэлектромеханических систем (МЭМС). Они используют последовательный или шунтирующий принципы переключения, оба из которых обеспечивают низкие вносимые потери, но позволяют достичь высокой изоляции лишь в узком диапазоне частот. В настоящей работе для расширения рабочего интервала использовано сочетание этих принципов. Характеристики МЭМС-переключателя рассчитаны методом конечных элементов. Рабочий диапазон составляет 0.4-10 ГГц и превышает диапазон частот стандартных МЭМС-ключей более чем на 5 ГГц. Изоляция в этом диапазоне находится в пределах от 46 до 63 дБ.

Ключевые слова: МЭМС-переключатель, изоляция, вносимые потери, метод конечных элементов.

Введение

Современные системы связи предъявляют все более высокие требования к коммутационным элементам. Соответствовать новым критериям способны МЭМС-переключатели, представляющие собой миниатюрные электромеханические реле. Такие устройства используют последовательный или шунтирующий принципы переключения. В первом случае подвижный электрод замыкает разрыв сигнального проводника линии передач [1], а во втором – замыкает сигнальный и заземленный проводники [2]. Как правило, последовательные ключи работают на частотах от 0 до 4 ГГц, а шунтирующие – на частотах выше 4 ГГц. Ограничение диапазона связано с тем, что высокая изоляция достигается лишь в узком интервале частот. Расширить рабочий диапазон позволяет сочетание последовательного и шунтирующего принципов коммутации. В настоящей работе рассмотрен последовательно-шунтирующий МЭМС-переключатель на основе миниатюрного электростатического актюатора [3]. Исследованы его радиочастотные характеристики в диапазоне 0.1-10 ГГц.

Материалы и методы

Переключатель представляет собой сапфировый чип размерами 3x3x0.46 мм. На поверхности кристалла сформирована копланарная линия передач из алюминия толщиной 3.6 мкм. В нее встроены четыре кантилевера длиной 50 мкм, как показано на Рис. 1. Под кантилеверами располагаются управляющие электроды, подача напряжения на которые приводит кантилеверы в контакт с тонкопленочным конденсатором $Ru/SiO_2/Ru$ толщиной 100/50/100 нм. Ключ находится в замкнутом состоянии, когда кантилеверы, закрепленные на сигнальном проводнике (последовательные кантилеверы), касаются конденсатора. В этом случае сигнал проходит по линии передач с минимальными потерями. Ключ размыкается, когда последовательные кантилеверы возвращаются в исходное положение, а кантилеверы, закрепленные на заземленных проводниках (шунтирующие кантилеверы), приходят в контакт с конденсатором. Разрыв сигнального проводника препятствует прохождению низкочастотного сигнала, а заземление верхней обкладки конденсатора изолирует выход от входа на высоких частотах.

Рабочие характеристики переключателя были рассчитаны методом конечных элементов. Модель содержала $3x10^5$ элементов тетраэдрической формы. Изгиб кантилеверов под действием электростатической силы не моделировали. Смену состояния

ключа осуществляли путем изменения высоты контактных выступов с 0.40 до 0.85 мкм, а контактное сопротивление 5 Ом, характерное для выбранного актюатора, задавали путем подбора удельного сопротивления материала выступов.

Результаты и обсуждение

СВЧ-характеристики переключателя представлены на Рис. 2. На низких частотах вносимые потери были велики, что являлось особенностью последовательного ключа со встроенным конденсатором. Однако они быстро уменьшались с ростом частоты и достигали приемлемой величины 0.5 дБ на частоте 0.4 ГГц. Минимум потерь, составляющий 0.4 дБ, находился на частоте 1.8 ГГц. Уровень 0.5 дБ снова достигался на частоте 10 ГГц. Изоляция в диапазоне 0.4-10 ГГц составляла 46-63 дБ. Она ухудшалась с ростом частоты, но оставалась на высоком уровне по сравнению с другими МЭМС-ключами. Такой результат был достигнут благодаря комбинации последовательной и шунтирующей конфигураций. Этот подход не только расширил рабочий диапазон более чем на 5 ГГц по сравнению с последовательными и шунтирующими ключами, но также увеличил изоляцию более чем на 10 дБ. Такие характеристики делают представленный ключ перспективным для широкополосных СВЧ устройств. Важно отметить, что рабочий интервал 0.4-10 ГГц определялся именно вносимыми потерями. Уменьшение контактного сопротивления за счет подбора материала контактов или изменения конструкции актюатора существенно сократит потери и еще более расширит этот диапазон.

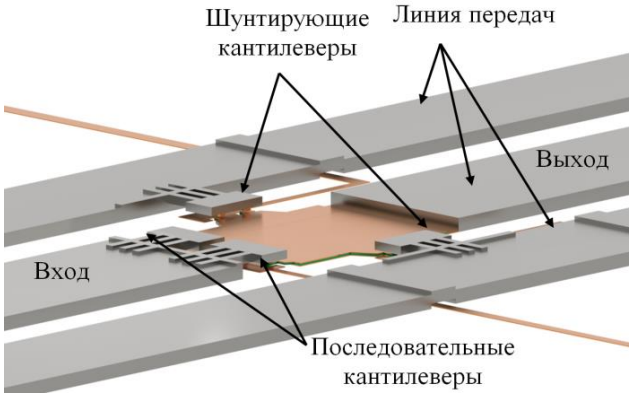

Рис. 1. Схематичное изображение ключа.

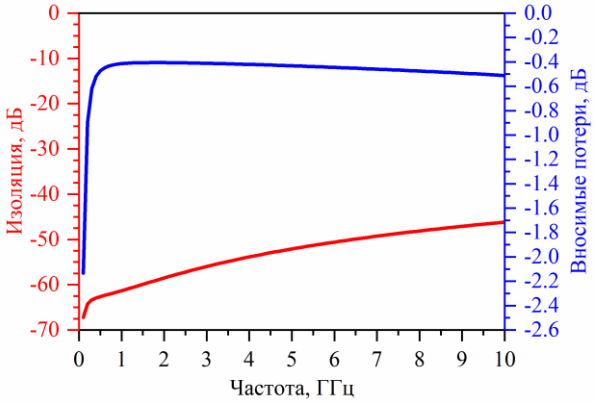

Рис. 2. Зависимость радиочастотных характеристик ключа от частоты коммутируемого сигнала.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания НИЦ «Курчатовский институт».

Список литературы

[1] D. Bansal, A. Bajpai, P. Kumar, M. Kaur, K. Rangra. J. Micro/Nanolithogr., MEMS, MOEMS., **15**(4), 045001 (2016).

[2] D. Bansal, A. Kumar, A. Sharma, P. Kumar, K. J. Rangra. Microsyst. Technol., **20**(2), 337 (2014).

[3] I. A. Belozerov, I. V. Uvarov. St. Petersburg Polytech. Univ. J. Phys. Math., **83**(3.2), 168 (2025).