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

2-01	Нестеренко Павел Евгеньевич	НИИТ НИУ ВШЭ	Терагерцовая гибридная антенная сборка с металлическими и диэлектрическими элементами
2-02	Козлов Алексей Константинович	МФТИ (НИУ)/НИИМЭ	TCAD моделирование резистивного переключения элемента хранения ReRAM на основе оксида гафния
2-03	Давиденко Валерия Анатольевна	Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета (ИНЭП ЮФУ)	Моделирование отклика сенсора диоксида азота на основе TiO2-SnO2 пленок
2-04	Брулев Артем Игоревич	Университет ИТМО/ФТИ им. А.Ф. Иоффе	Взаимодействие между магнонными модами в редкоземельных ортоферритах
2-05	Ушаков Вадим Михайлович	Лаборатория квантовых детекторов, МПГУ, Москва, Россия	Экспериментальная демонстрация и оценка предотвращения блокировок в сетях 6G субтерагерцового диапазона
2-06	Мартыненко Егор Викторович	Московский физико-технический институт	Исследования эффективной диэлектрической проницаемости жидкостей в СВЧ-диапазоне методом классической молекулярной динамики
2-09	Стекольщиков Егор Владимирович	ФГБУ "Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт""	Двунаправленный датчик скорости потока газа на основе технологии МЭМС
2-10	Ершова Маргарита Игоревна	Научно-исследовательский институт телекоммуникаций, НИУ ВШЭ; Лаборатория квантовых детекторов, МПГУ	Полностью кремниевая фокусирующая пластина D-диапазона
2-11	Слепченков Михаил Михайлович	ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»	Электрофизические свойства гибридных графен-нанотрубных пленок, функционализированных наночастицами оксидов металлов
2-12	Игнатович Владислав Олегович	Южный Федеральный университет	Применение плоских и объемных метаповерхностей для защиты наземной радиоаппаратуры от помех в дальней зоне
2-13	Антошкин Герман Владимирович	Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)	Устройство управления характеристик антенной системы на основе метаповерхности
2-14	Бабичек Илья Викторович	МФТИ/АО "НИИМЭ"	Влияние флуктуаций показателя преломления на распространение света в диэлектрическом двухмерном волноводе
2-15	Рожкова Полина Вадимовна	Научно-исследовательский институт телекоммуникаций, НИУ ВШЭ	Суб-терагерцовый оптоэлектронный модулятор на основе перфорированного кремния
2-16	Ромашкин Алексей Валентинович	Национальный исследовательский университет «МИЭТ»	Различия резистивного отклика на пары изопропанола, этанола и воды для карбоксилированных и амидированных углеродных нанотрубок
2-17	Приходько Анатолий Николаевич	Научно-исследовательский институт телекоммуникаций НИУ ВШЭ	Терагерцовый пространственный модулятор на основе арсенида галлия
2-18	Львов Андрей Валерьевич	НИИ телекоммуникаций НИУ ВШЭ	Планарная антенна X-диапазона, интегрированная с транзистором

Двунаправленный датчик скорости потока газа на основе технологии МЭМС

Стекольщиков Е. В.[✉ 1,2], **Лях М. А.**[1,2], **Уваров И. В.**[2]

[1]*Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова, Физическо-технический факультет, Ярославль, Россия*

[2] *Отдел микротехнологий - Ярославль ОФТИ им. К.А. Валиева НИЦ «Курчатовский институт», Ярославль, Россия*

[✉]*e-mail: stekolshikov.egor.ru@gmail.com*

Аннотация. Представлен калориметрический датчик скорости потока газа на основе платиновых проводников длиной 1 мм и толщиной 130 нм, вывешенных над каналом в кремнии. Вывешивание выполнено методом плазмохимического травления кремния, исключающим обрыв проводников под действием капиллярных сил. Чувствительность датчика составляет 6.7 мВ/(м/с) для направления *X* и 6.0 мВ/(м/с) для направления *У* в диапазоне скорости потока 0 – 3 м/с при мощности нагрева 10 мВт.

Ключевые слова: МЭМС, датчик потока газа, двунаправленный датчик, платина, плазменное травление.

Введение

Тепловые МЭМС-датчики потока газа отличаются малыми размерами, низким энергопотреблением и высокой чувствительностью. Калориметрические датчики регистрируют перепад температур на фронте и спаде теплового облака, создаваемого нагревателем [1]. Чувствительный элемент (ЧЭ) содержит несколько вывешенных над каналом проводников и обеспечивает высокое быстродействие благодаря их малой теплоемкости. Предложена технология вывешивания платиновых проводников методом плазмохимического травления кремния. Исследована чувствительность датчика в двух взаимно перпендикулярных направлениях потока азота и азимутальная характеристика в потоке воздуха.

Материалы и методы

ЧЭ содержит две группы перпендикулярно расположенных проводников длиной 1 мм, вывешенных над каналом глубиной 180 мкм (рис. 1). В каждой группе центральный проводник шириной 10 мкм выполняет функцию нагревателя, а боковые шириной 2 мкм служат терморезисторами для измерения скорости потока. Нагреватель создает тепловое облако, которое смещается под действием потока. Возникающая разность температур терморезисторов преобразуется электронной схемой, измеряющей их сопротивление, в выходной сигнал, содержащий информацию о скорости и направлении потока.

Изготовление ЧЭ проводили на кремниевых пластинах диаметром 100 мм. После термического окисления и вскрытия окон в SiO_2 формировали Ti/Pt-проводники методом взрывной фотолитографии. Далее выполняли двухстадийное травление кремния: анизотропное травление в Bosch-процессе (плазма SF_6/C_4F_8) на глубину 180 мкм и последующее изотропное травление (плазма SF_6) для полного освобождения проводников.

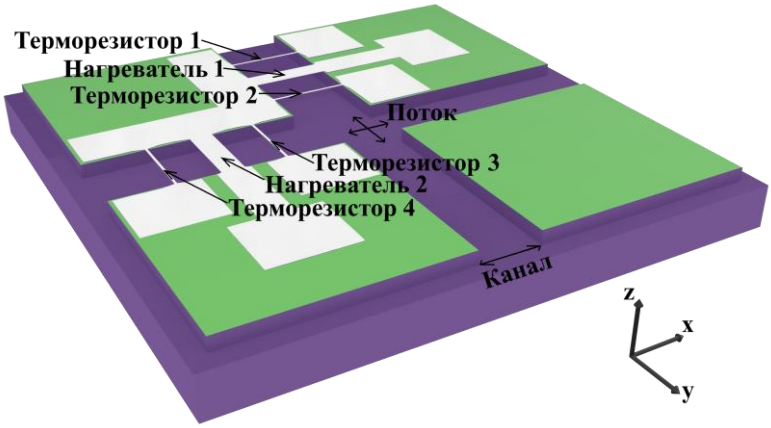

Рис. 1. Схематичное изображение ЧЭ двунаправленного датчика потока газа

Результаты и обсуждение

Чувствительность датчика представляла собой угловой коэффициент зависимости выходного сигнала пары терморезисторов ΔU от скорости потка V (рис. 2, а). Зависимость сохраняла линейный характер до скорости потока около 3 м/с. Чувствительность составляла 6.7 мВ/(м/с) и 6.0 мВ/(м/с) для направлений X и Y соответственно. Несовпадение чувствительности в разных направлениях было обусловлено технологическим разбросом характеристих терморезисторов. Чувствительность датчика была сопоставима с известными аналогами [2], однако достигалась при существенно меньшей мощности нагрева.

Азимутальная характеристика (рис. 2, б) предствляла собой зависимость выходных сигналов ортогональных пар терморезисторов от угла α, под которым поток набегает на датчик. За начало отсчёта принимали ось X. Каждая группа проводников имела область нечувствительности шириной около 60°, характеризующуюся малым изменением ΔU при изменении α. Однако область нечувствительности одной группы соответсвовала зоне высокой чувствительности другой группы. Таким образом, датчик охватывал все 360°.

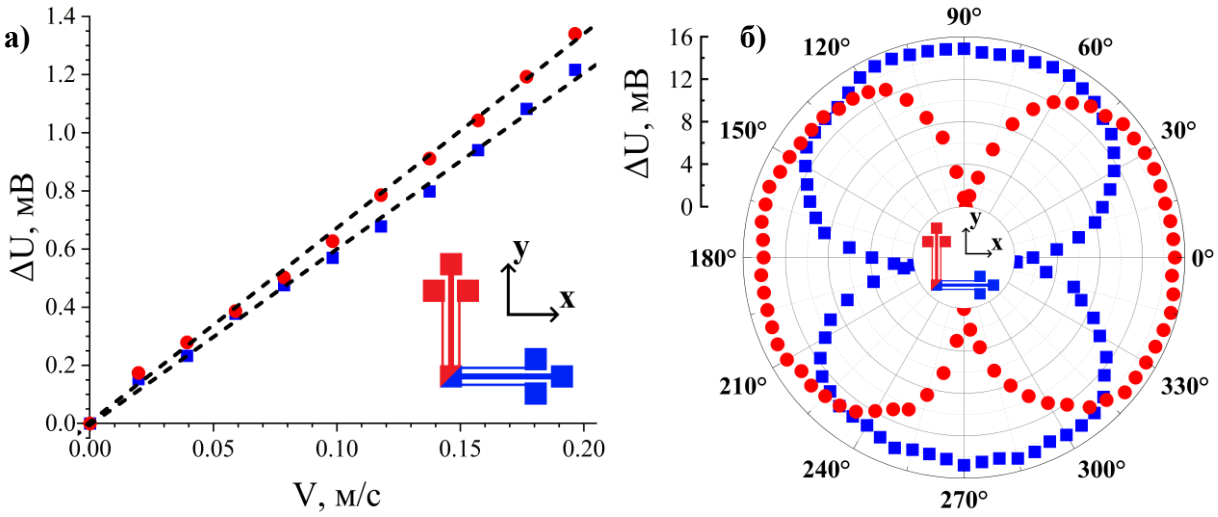

Рис. 2. Зависимость выходного сигнала датчика от скорости потока (а) и азимутальная характеристика датчика (б)

Заключение

Результаты испытаний подтвердили эффективность предложенной конструкции датчика потока газа и технологии его изготовления. Комбинация двух ортогональных пар терморезисторов позволяла измерять модуль скорости потока в диапазоне от 0 до 3 м/с и его направление в диапазоне от 0 до 360°. Представленный датчик является перспективным для измерения свойств газов и определения направления звуковых волн.

Благодарности

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

Список литературы

[1] Z. Gong, W. Di, Y. Jiang, Z. Dong, Z. Yang, H. Ye, H. Zhang, H. Liu, Z. Wei, Z. Tu, D. Li, J. Xiang, X. Ding, D. Zhang, H. Chen, Flexible calorimetric flow sensor with unprecedented sensitivity and directional resolution for multiple flight parameter detection. Nature Communications. 2024. V. 15. P. 3091.

[2] S. Kim, T. Nam, S. Park, Measurement of flow direction and velocity using a micromachined flow sensor. Sens. Actuators A. Phys. 2004. V. 114. N. 2–3. P. 312–318.