

Результаты деятельности научно-исследовательской лаборатории функциональной электроники ВятГУ

В. И. Жаворонков¹, С. И. Жаворонков², А. С. Ситяков³

¹кандидат физико-математических наук, доктор технических наук, профессор, Вятский государственный университет. Россия, г. Киров. E-mail: vzhavoronkov@mail.ru

²научный сотрудник лаборатории функциональной электроники, Вятский государственный университет. Россия, г. Киров

³ведущий специалист лаборатории функциональной электроники, Вятский государственный университет. Россия, г. Киров

Аннотация. Статья посвящена научно-исследовательской работе, которая выполнялась на экспериментальной базе научной лаборатории функциональной электроники (НИЛ ФЭ) КГПИ (ВГПУ, ВятГГУ, ВятГУ). Деятельность лаборатории охватывает период 50 лет. Лаборатория имела совместные исследования с рядом высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов России. Обозначена тематика лаборатории и основные этапы научной деятельности, отмечен существенный вклад в научные разработки сотрудников лаборатории С. И. Жаворонкова и А. С. Ситякова. Представлена научно-педагогическая работа со студентами физического и химического факультетов по выполнению курсовых и дипломных работ. Достижением кафедры физики и НИЛ ФЭ является поступление ряда выпускников ВятГГУ в аспирантуру МПГУ. Важным этапом деятельности НИЛ функциональной электроники было тесное сотрудничество с НИЛ нанохимии и нанотехнологии ВятГГУ.

Ключевые слова: электрон, скоростное осциллографирование, однократные сигналы нано- и пикосекундной длительности, полупроводниковые СВЧ-приборы, сверхпроводимость, электронно-оптическая регистрация, слабосветящиеся процессы, люминесценция, фотон, корпускулярно-волновой дуализм излучения, квантовая оптика, биофизика, нанотехнология.

Научно-исследовательская лаборатория функциональной электроники была создана на базе физического факультета Кировского государственного педагогического университета в 1971 году В. И. Жаворонковым, кандидатом физико-математических наук по специальности «Радиофизика и квантовая электроника» [8]. К этому времени Владимир Иванович уже имел значительный опыт физика-экспериментатора. Еще во время учебы в Ленинградском университете совместно с техником-механиком была смонтирована установка по регистрации однократных быстропротекающих процессов с экрана скоростного осциллографа СВЧ-диапазона. Прибор усиливал яркость практически невидимых глазом изображений на экране. В результате удалось «зацепить» слабосветящийся короткий однократный импульс с экрана осциллографа, зафиксировать его и получить фотоосциллограмму, которую можно исследовать – измерять амплитуду колебаний, длительность, время нарастания и т. д. Осциллограф приобрел новое качество, стало возможным использовать его в нано- и субнаносекундном диапазоне длительности [9]. За три года напряженных исследований в аспирантуре был смонтирован уникальный осциллограф и с его помощью исследованы физические процессы, протекающие в полупроводниковых СВЧ-приборах. Зарегистрированный однократный импульс имел передний фронт длительностью $\tau_{п.ф.} \approx 0,5$ нс при скорости записи порядка $\sim 8 \cdot 10^7$ м/с [8]. Прибор открыл новые возможности для развития и применения полупроводниковой электроники СВЧ [8; 10].

В становлении лаборатории функциональной электроники принимали участие специалисты и научные сотрудники радиофизической лаборатории Московского государственного педагогического института (в дальнейшем МПГУ, г. Москва), Глазовского государственного педагогического института и филиала Ижевского государственного технического университета (г. Глазов), НИИ промышленной и морской медицины (г. Санкт-Петербург). Они помогали в оснащении материально-технической базы лаборатории и финансировании научных разработок.

В дальнейшем финансирование научной лаборатории осуществлялось в основном за счет выполнения хозяйственных работ. Разработки лаборатории внедрялись в МПГУ, ГГПИ, филиал ИжГТУ, в лаборатории атмосферного электричества Тартуского госуниверситета (Эстония), Высокогорном геофизическом институте (г. Нальчик, Кабардино-Балкарская республика), НИИ МАШ (г. Дзержинск Горьковская обл.), НИИ ПММ (г. Санкт-Петербург), лаборатории физической механики НИИ математики и механики Санкт-Петербургского государственного университета.

Тематика исследований лаборатории функциональной электроники охватывала широкую область экспериментальной физики, радиофизики и квантовой электроники. Научные интересы руководителя лаборатории В. И. Жаворонкова, как исследователя квантовых эффектов, привлекали, в первую очередь, пограничные области знания и практики, в которых ранее даже не предполагалась или недооценивалась значимость проявления квантовой природы на общем фоне сложившихся представлений о казавшихся исчерпывающими описаниях физических механизмов проявления на неклассическом языке.

Ранее не была разработана и соответствующая методология исследований, вероятно, прежде всего из-за того, что результаты исследований в этих областях, получаемые с помощью существующих к тому времени химических, биологических, да и биофизических методик, включая оптику, представлялись адекватными по поставленным целям и полноте.

Основными направлениями деятельности НИЛ функциональной электроники стали:

1) осциллографирование однократных быстропротекающих процессов нано- и пикосекундной длительности при уровне сигнала менее 1 Вольта. Это позволило исследовать генерацию колебаний в диодах Ганна с частотой колебаний 3 ГГц и более [8];

2) применение электронно-оптических методов регистрации и изучения слабосветящихся биологических объектов, химических реакций, нанобъектов, акустических процессов, результатов антропогенного воздействия на состояние биологических систем в экологических исследованиях [6; 7];

3) применение электронно-оптических преобразователей (ЭОП) и усилителей яркости оптического изображения в учебном физическом эксперименте; разработка новых лекционных демонстраций и лабораторных работ по оптике и квантовой физике с применением ЭОП и видеотехники [13; 18];

4) разработка высокочувствительных электронно-оптических методов изучения функционального состояния клеток крови и применение их в клинической практике [6].

В последнее время НИЛ функциональной электроники ВятГУ стала проводить исследования явления сонолюминесценции, которое сейчас привлекает к себе внимание физиков в связи с совершенной неясностью самого механизма возникновения вспышек света, а также с возможностью научного прорыва в проблеме генерации излучения в пузырьке пара внутри жидкости. Решение этой проблемы позволит разработать новые подходы к вопросам получения энергии.

Лаборатория осуществляла научно-техническое сотрудничество со следующими вузами и институтами: Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины (г. Санкт-Петербург), Институт нефте-химического синтеза РАН (г. Москва), МПГУ, кафедра общей и экспериментальной физики (г. Москва), Кировский государственный медицинский университет, кафедра физики и медицинской информатики (г. Киров), Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, лаборатория криофизиологии крови (г. Сыктывкар), НИИ гематологии и переливания крови (г. Киров), ВятГУ (г. Киров) и др.

После многочисленных экспериментов с помощью сотрудников лаборатории (С. И. Жаворонков, А. С. Ситяков) была создана серия электронных приборов, позволяющих увидеть и исследовать недоступное человеческому глазу [4; 7; 12]. Высокочувствительный электронно-оптический прибор (индикатор) для регистрации сверхслабых излучений биологических объектов нашел широкое применение в научно-исследовательской практике, в решении вопросов прикладной физики, кавитационной нанотехнологии и медицины. Совместно с учеными Всесоюзного научно-исследовательского института оптико-физических измерений и института прикладной физики (г. Москва) удалось довести спектральную чувствительность до предельного уровня, который позволял регистрировать единичные фотоны входного излучения. Прибор стал востребован в научно-исследовательских институтах разных профилей [1; 6; 21].

В 1998 г. руководитель лаборатории В. И. Жаворонков защитил докторскую диссертацию по теме «Специализированные высокочувствительные оптико-электронные информационно-измерительные устройства и системы для исследования однократных быстропротекающих и слабосветящихся процессов в экспериментальной физике» [17] и стал первым доктором технических наук в истории педагогического вуза по специальности «Информационно-измерительные системы».

Соратники

В создании, разработке и монтаже установок нужен был высококвалифицированный физик-механик и его понимание того, что он монтирует и для чего. **Первый помощник** в реализации научных идей В. И. Жаворонкова – его брат **Сергей Иванович Жаворонков**. Вдумчивый, разносторонний исследователь, великолепный экспериментатор, обладающий энциклопедическими знаниями. Он получил высшее образование по специальности «Радиофизика» в Московском физико-техническом институте (г. Долгопрудный Московской обл.) и Горьковском государственном универси-

тете им. Н. И. Лобачевского (1962–1967). С 1974 по 2017 г. был научным сотрудником НИЛ функциональной электроники, выполняя работы по хоздоговорным темам.

Еще в 1970-х гг. в лаборатории была разработана группа приборов на основе электронно-оптических преобразователей для регистрации слабого свечения объектов и однократных импульсов наносекундной длительности, наблюдаемых на экране осциллографов [10; 21].

За разработку и создание высокочувствительного электронно-оптического индикатора для научных исследований Сергей Иванович был награжден серебряной медалью ВДНХ СССР и значком Федерации радиоспорта СССР «Мастер-радиоконструктор» (1977 г.).

Сергеем Ивановичем была также разработана и изготовлена установка для изучения квантовых флуктуаций сверхслабых оптических излучений (2007 г.). Она позволяет экспериментально подтвердить корпускулярно-волновую природу света. Удалось зарегистрировать границу перехода волновой оптики в квантовую оптику [19].

Сергей Иванович разработал и создал установку для исследования и применения явления кавитации [12]. Он является соавтором патента на полезную модель «Магнитострикционный излучатель» (2015 г.).

Созданное Сергеем Ивановичем современное экспериментальное оборудование позволяет исследовать сверхслабое свечение, сопровождающее химические и биохимические процессы.

В 2016 г. вышло учебное издание С. И. Жаворонкова «Методические указания для проведения лабораторных работ по курсу “Применение ЭОП в физическом эксперименте”» [18].

Спецпрактикум содержит описание системы из 6 серий экспериментов, основанных на применении электронной оптики. В практикуме приводятся 23 оригинальных варианта известных экспериментов по оптике, квантовой и атомной физике, люминесценции для использований в учебном физическом эксперименте вуза.

В зависимости от требований программы применение технических средств электронной оптики позволяет поставить новые учебные физические эксперименты для использования в курсе преподавания общей физики вуза.

В частности, использование электронной оптики позволяет визуализировать некоторые физические и физико-химические процессы, что повышает привлекательность физического эксперимента для студентов. Особенно это важно при изучении быстропротекающих процессов, к которым, например, относится наблюдение развития электрического разряда в однородном или неоднородном электрическом поле. Это позволяет, в частности, лучше понять природу образования и существования плазмоидов типа шаровой молнии.

Результаты исследования были внедрены в учебный процесс кафедры общетехнических дисциплин Глазовского филиала Ижевского государственного технического университета.

Методические разработки докладывались на международных, всероссийских и региональных научно-методических конференциях: на 7-й всероссийской конференции «Учебный физический эксперимент: актуальные проблемы. Современные решения», г. Глазов, январь 2002 г.; на 7-й международной конференции стран Содружества «Современный физический практикум», проводившейся Министерством образования РФ и Ассоциацией кафедр физики технических вузов России под председательством академика РАН Ж. И. Алферова, г. С.-Петербург, 28–30 мая 2002 г. и других.

Афраим Сайфуллович Ситяков пришел в лабораторию функциональной электроники в 2008 г. после многолетней работы в лаборатории физики твердого тела. Научные интересы Афраима Сайфулловича на редкость разносторонние. Он ученый-физик, ученый-эколог и инженер-конструктор – автор целого ряда уникальных разработок по тематике лаборатории физики твердого тела, автор ряда уникальных конструкторских разработок для космической отрасли в сфере материаловедения, в области электронной оптики и дистанционного зондирования поверхности Земли, соавтор целого ряда книг и учебных пособий по экологии. Опубликовал свыше 100 научных работ. Он заслуженный работник Вятского государственного гуманитарного университета, удостоен звания «Отличник народного просвещения». За актуальные работы в области экологии он удостоен Премии Правительства Кировской области.

В лаборатории функциональной электроники он проводил серьезные разработки в области электронной оптики и кавитационной нанотехнологии [3]. Им разработана и изготовлена установка для звуковой и ультразвуковой кавитации в растворах, которая осуществляет регулирование размеров коллоидных частиц в растворе, диспергирование их до микро- и наноразмерного уровней.



Научный сотрудник
лаборатории С. И. Жаворонков

Проведено исследование воздействия кавитации на характеристики коллоидных систем, например, коллоидной фракции лечебной иловой грязи, изучались физические и химические процессы, вызываемые кавитацией [5].



*Ведущий специалист лаборатории
А. С. Ситяков*

Успешно работали студенты на базе лаборатории и по научному направлению «Физические методы экологических исследований». Например, было проведено интересное исследование по теме «Оценка шумовой и электромагнитной нагрузки на территории города Кирова», в котором участвовали студенты 3-го курса факультета информатики, математики и физики. Также студентами (П. И. Копанев, А. А. Рзаев, Д. Ю. Куклин, И. И. Заболотский) было проведено исследование «Оценка электромагнитного излучения во втором корпусе ВятГУ» (научные руководители – А. С. Ситяков, В. И. Жаворонков). Данная работа была представлена на конкурсе студенческих научных исследований 2012 года и отмечена грамотами.

В рамках Кировского областного фестиваля «АРХИМЕД – 2011» было представлено 8 технических проектов, в которых участвовало 14 студентов третьего курса факультетов ИМиФ и химического. Все студенты награждены сертификатами областного фестиваля технических проектов «АРХИМЕД – 2011». Руководителями научных проектов были профессор кафедры физики и методики обучения физике

В. И. Жаворонков и ст. преподаватель той же кафедры А. С. Ситяков.

Научно-педагогическая деятельность

На экспериментальной базе лаборатории функциональной электроники Вятского государственного гуманитарного университета выполнялись курсовые и дипломные работы, проводились научные исследования студентов по тематике лаборатории.

В 1987 году В. И. Жаворонков был награжден золотой медалью ВДНХ «За подготовку студентов педвузов в организации научно-технического творчества». В 1988 году – серебряной медалью ВДНХ на выставке «Изобретательство и рационализация» за регистрирующее устройство к скоростному осциллографу [2]. Дипломами участника выставки отмечены исполнители данной разработки: С. И. Жаворонков, И. М. Юшков – старший преподаватель, А. И. Тырин – учебный мастер и Н. В. Губин – студент вуза.

Большое значение имела работа, которую провели В. И. Жаворонков, С. И. Жаворонков, врач-рентгенолог В. К. Вшивцев и студент-заочник физического факультета В. Ю. Зиборов. В результате был создан электронно-оптический прибор, позволяющий усиливать слабое свечение люминофорного экрана в несколько десятков раз. По задумке ученого он должен был передавать «картинку» на фотоприемник, а тот – на монитор телевизора или сразу в компьютер. Уже первые же эксперименты показали действенность методики. Во-первых, врач мог наблюдать «картинку» с рентген-аппарата на экране монитора, находясь за защитной стенкой. А во-вторых, для обследования пациента требовалось примерно в 10 раз меньшее излучение, чем при обычном «фотографировании».

Параллельно с основной разработкой ученые-практики создали простую, но оригинальную систему обработки и архивирования рентгеновских изображений. Владимир Зиборов написал компьютерную программу, создающую карточку к каждому рентгеновскому снимку с описанием истории болезни, данными о пациенте и рентгеновским снимком, скопированным миниатюрной видеокамерой прямо с негатоскопа.



Владимир Юрьевич Зиборов, Владимир Иванович Жаворонков и врач-рентгенолог Вячеслав Константинович Вшивцев за настройкой лечебного аппарата, 2006 г.

Установка для просмотра рентгеновских снимков и программа создания рентгенографической базы данных были запатентованы авторами в Федеральном институте промышленной собственности [11; 15].



*В. И. Жаворонков и М. В. Горшечников, аспирант ВятГГУ,
после защиты кандидатской диссертации, 2004 г.*

После окончания физического факультета М. В. Горшечников стал проводить исследования на экспериментальной базе научной лаборатории, опубликовал ряд статей, которые послужили основой для поступления в аспирантуру. Им было проведено результативное исследование по разработке и внедрению учебных установок на базе электронно-оптических преобразователей. Входящие в установки другие блоки и детали доступны в вузовских и школьных условиях. Разработанные автором варианты опытов позволяют существенно расширить возможности учебного физического эксперимента по разделам «Оптика», «Физика твердого тела», «Квантовая физика» при проведении лекционных демонстраций и организации практикумов. После окончания аспирантуры М. В. Горшечников защитил кандидатскую диссертацию по теме «Применение электронной оптики в учебном физическом эксперименте» по специальности «Методика преподавания физики» [14]. Ему присвоена ученая степень кандидата педагогических наук.

На базе лаборатории были проведены эксперименты и написана дипломные работы студентов физического факультета Ольги Фетищевой и Андрея Минина. Они решили опробовать на высокочувствительном приборе регистрацию сверхслабого излучения олеиновой кислоты. По интенсивности сверхслабого излучения этой и других органических кислот можно судить о качестве этих объектов. Фактически был разработан метод измерения энергетических характеристик биологических объектов и контроля за содержанием в них вредных веществ [19].

За участие в Национальной системе развития научной, творческой и инновационной деятельности молодежи России «ИНТЕГРАЦИЯ» четыре студента физического факультета ВятГГУ: А. С. Минин, О. В. Фетищева, а также А. С. Яцын, К. М. Гайсин – были награждены в 2007 г. дипломами и медалями.

В 2007 г. на базе лаборатории функциональной электроники студенты физического факультета А. А. Лобастова и Д. Ю. Исупов выполнили дипломные работы по применению инфракрасного излучения в учебном физическом эксперименте. Студенты были рекомендованы к поступлению в аспирантуру, и с 2008 г. они аспиранты кафедры общей и экспериментальной физики МПГУ.

На протяжении многих лет между кафедрой общей физики КГПИ (ВГПУ, ВятГГУ) и кафедрой общей и экспериментальной физики Московского педагогического государственного университета (МПГУ) осуществлялось научно-техническое и методическое сотрудничество.

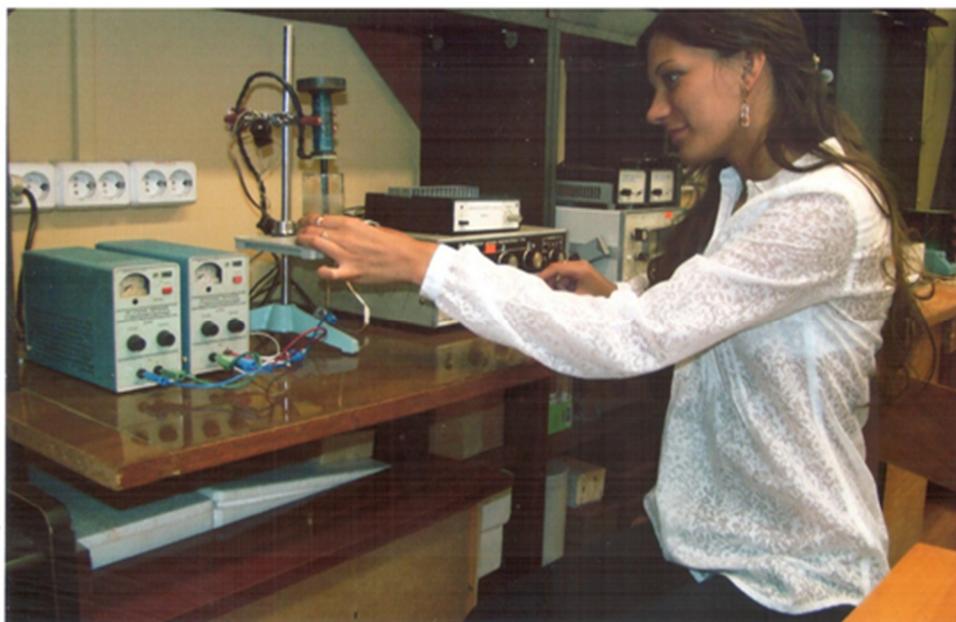
Работа сотрудников лаборатории функциональной электроники немало способствовала взаимовыгодному партнерству двух вузов. В рамках сотрудничества с МПГУ проводилась разработка новых лекционных демонстраций, лабораторных работ, методических рекомендаций, осуществлялось совершенствование подготовки студентов, аспирантов, повышение квалификации преподавателей и сотрудников [13].



В. И. Жаворонков и выпускники ВятГГУ (КГПИ) – аспиранты кафедры общей и экспериментальной физики МПГУ: В. А. Селезнев, Р. В. Ожегов, И. В. Пентин, П. А. Ларионов, М. В. Елезов, Д. Ю. Исупов, А. А. Лобастова, А. С. Шураков. Юбилей радиофизической лаборатории, 2008 г.

Не менее эффективно выполнили свои дипломные эксперименты на базе лаборатории и студенты химического факультета.

В 2015 г. студентка 5-го курса М. А. Мошкова (в настоящее время аспирант КОЭФ МПГУ) выполнила исследование по дипломной работе «Влияние акустического воздействия на физико-химические характеристики коллоидных растворов», а студент В. В. Григорьев – по теме «Регулирование размера микро- и наночастиц GeO_2 в коллоидных растворах методом звуковой и ультразвуковой кавитации». Научно-техническую помощь студентам оказывал Афраим Сайфуллович Ситяков [5]. В 2016 г. студентка химического факультета В. Э. Владыкина проводила эксперименты по исследованию качества растительных масел на установке по регистрации сверхслабого свечения биологических объектов.



Студентка 5 курса химического факультета ВятГГУ М. А. Мошкова, 2015 г. Научные руководители: доц. Д. Н. Данилов и проф. В. И. Жаворонков. С 2016 г. М. А. Мошкова – аспирант КОЭФ МПГУ

История сотрудничества МПГУ и Вятского государственного педагогического университета представляет собой эталонный пример создания преемственности между университетским образованием и дальнейшей научной деятельностью молодых ученых [13].

В рамках научно-образовательного центра ВятГГУ на основе НИЛ функциональной электроники (НИЛ ФЭ) была организована исследовательская работа студентов в сфере нанотехнологий. Результаты проводимых исследований также обсуждались на различных региональных и республиканских конференциях и семинарах [3; 7].

Следует отметить тесное взаимодействие НИЛ функциональной электроники и НИЛ нанохимии и нанотехнологии ВятГГУ. Лаборатория функциональной электроники накопила огромный интеллектуальный потенциал по разработке и созданию высокочувствительных приемников оптического диапазона. Фотоприемники способны регистрировать единичные фотоны в диапазоне 200–1500 нм. Сочетание высокой чувствительности, разрешающей способности и быстродействия, позволяет успешно использовать предложенный метод для исследования широкого круга явлений в области биологии, химии и физической электроники. Фотоприемники позволяют измерять оптические характеристики (уровень излучения, размерность **фотон/(с*см²)**, спектральный состав излучения, пространственное и временное распределение) в реальном масштабе времени. Данный электронно-оптический метод регистрации и исследования объектов и структур в области нанотехнологий существенно дополняет современные микроскопические и спектральные методы и позволяет получить наиболее объективные и достоверные результаты изучаемых явлений и процессов. В результате сотрудниками лаборатории функциональной электроники получены интересные результаты по изучению био-хемилюминесценции цианобактерий [3; 7].

Результатом совместной работы явилось создание экспериментальной площадки для люминесцентных исследований на базе НИЛ нанохимии и нанотехнологии, публикация более 10 совместных работ, совместные выступления на конференциях различного уровня, участие с работами на Всероссийской выставке научно-технического творчества молодежи (Москва, ВВЦ, 2010 и 2011 годы), научная стажировка студентов химического факультета в МПГУ [7].

Представляется, что результаты работы лаборатории функциональной электроники, ее методология – багаж знаний, разработанных средств и оборудования, экспериментальных методик и анализа результатов – могут послужить базой для дальнейших исследований в области биофизики, медицины и фармакологии.

Основные экспериментальные результаты исследований НИЛ ФЭ

1. На скоростном СВЧ-осциллографе зарегистрирован передний фронт *импульсного сигнала* длительностью $\tau_{нф} = 0,5$ нс и амплитудой импульса менее $U_{имп} = 1$ В (размер по вертикали 4 см). При этом скорость нарастания переднего фронта импульса (скорость записи) была $v_z \approx 8 \cdot 10^7$ м/с. Это позволило проводить исследования однократных физических процессов в нано- и субнаносекундном диапазоне длительностей (1973 г.) [9].

2. С помощью метода автоэлектронной эмиссии (увеличение 10^6 раз) на экране проектора получено четкое электронное *изображение кристаллической решетки вольфрама с разрешением порядка 10 Å*. Автоэлектронное изображение решетки с экрана регистрировалось электронно-оптическим усилителем яркости (1982 г.) [21].

3. Проведены эксперименты по регистрации *аннигиляционных фотонов, возникающих при столкновении позитронов и электронов*. Предлагаемый анализатор позволяет улучшить метод измерения углового распределения аннигиляционных фотонов (1983 г.) [1].

4. Зарегистрированы и исследованы квантовые флуктуации фотонного излучения в оптическом диапазоне. В опыте по дифракции при малых уровнях освещенности наблюдались флуктуации изображений боковых максимумов (первого и второго) дифракционной картины. Таким образом, *зафиксирована квантовая структура наблюдаемой дифракционной картины* (1997 г.) [17; 18].

5. Совместно с сотрудниками ПРФЛ МПГУ [17] проведено *исследование динамики процесса воздействия однократного импульсного лазерного излучения и последующей релаксацией в сверхпроводниковой тонкой NbN пленке (нитрид ниобия)*. С экрана скоростного осциллографа С7-19 и ЭОП был зафиксирован фотоотклик на импульсное лазерное излучение длительностью $\tau_n \leq 20$ пс [17], а позднее измерены его временные параметры в нано-пикосекундном диапазоне (10^{-9} – 10^{-11})с.

6. **Впервые зарегистрирована фотолюминесценция листа герани** в инфракрасном диапазоне, как результат фотоотклика на короткое световое воздействие. Это экспериментальное *доказательство явления фотосинтеза* в растительном мире (2001 г.) [14].

7. Электронно-оптическим методом с помощью высокочувствительного фотоприемника на основе трехкамерного ЭОП зарегистрирован *мин. уровень излучения*, который составлял по статистике порядка 3-10 фотонов за секунду на квадратный сантиметр излучающей поверхности в ви-

димой области ($\lambda = 400$ нм., квантовый выход 0,1-0,3). Это позволило наблюдать флуктуации интенсивности формируемого изображения щели в сверхслабых световых потоках (2002 г.) [17, 20].

8. В 2016 году вышло учебное издание С. И. Жаворонкова «Специальный физический практикум». Автор впервые применил ЭОП и усилители яркости оптического изображения в учебном физическом эксперименте. В процессе выполнения лабораторных работ *доказана необходимость и доступность элементов электронной оптики и ее технических приложений студентами высших учебных заведений (2016 г.)* [16].

Юбилейная встреча, посвященная 80-летию кафедры общей и экспериментальной физики и 60-летию радиофизической лаборатории МПГУ (14 декабря 2018 г.)



Профессор ВятГУ В. И. Жаворонков и д. ф.-м. н., профессор РАН, зав. каф. теоретической физики МПГУ А. В. Наумов (выпускник КГПИ 1996 г.)

Литература о В. И. Жаворонкове

1. «Здесь я независим»: профессор Владимир Жаворонков о любимой науке / беседовала Елена Курбатова // Аргументы и факты. 2015. 14–20 янв. (№ 3). С. 3 : фот.
2. Борноволоков Э. Сделано любителями : [об участии братьев В. и С. Жаворонковых в двадцать восьмой Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ] / Э. Борноволоков // Наука и жизнь. 1977. № 11. С. 112–113.
3. Владимир Жаворонков: роман с наукой / [беседа с Владимиром Жаворонковым, записала Татьяна Пименова] // Вятский край. 2014. 16 дек. (№ 192). С. 6–7.
4. Воронова В. Найти свою звезду : [регистрирующее устройство к скоростному осциллографу В. И. Жаворонкова на выставке «Изобретательство и рационализация – 88»] / В. Воронова // Кировская правда. 1988. 17 апр. (№ 90). С. 4.
5. Дюшева Л. Почему витамины светятся: кировчанин создал прибор, позволяющий «вычислить» фальсифицированные лекарства / Л. Дюшева // Аргументы и время. 2006. 22 июня (№ 7). С. 20.
6. Жаворонков В. И. История сотрудничества КГПИ – МПГУ в области подготовки студентов и аспирантов за период с 1968–2018 гг. / В. И. Жаворонков ; Кировская гос. универс. обл. науч. библиотека им. А. И. Герцена, патентный сектор ; сост. Т. В. Сорокина. Киров : Герценка, 2019. 60 с.
7. Петров И. Нобелевская оценка Вятки: профессор ВятГГУ получил редкую награду: [медалью им. А. Нобеля награжден В. И. Жаворонков] / Иван Петров // Новый вариант. 2007. 15 нояб. (№ 46). С. 7: фот.
8. Vladimir Ivanovich Zhavoronkov is a Doctor of Technical Sciences, a Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Research Laboratory of Functional Electronics // READINGS IN PHYSICS AND PHYSICISTS : учеб. пособие по англ. языку / И. В. Маркова. Киров : ВятГГУ. 2015. С. 61–78.

Список литературы

1. Анализатор углового распределения аннигиляционных фотонов на основе электронно-оптического преобразователя / В. И. Жаворонков, А. Д. Мокрушин, В. Н. Бакулин, К. П. Осокин, В. М. Сюткин [и др.] // Приборы и техника эксперимента. 1983. № 1. С. 31–33.
2. Библиографический указатель опубликованных работ и изобретений доктора технических наук В. И. Жаворонкова / Киров. ордена Почета гос. универс. обл. науч. б-ка им. А. И. Герцена. Киров, 2016. 96 с.

3. Изучение кавитации в научно-исследовательской работе студентов / В. И. Жаворонков, Е. Н. Резник // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010. № 12. С. 142.
4. В. И. Жаворонков. Избранные научные труды по радиофизике и квантовой электронике / сост. Т. В. Сорокина, С. С. Курбатова. Киров, 2016. 200 с., ил.
5. Изменение среднего радиуса частиц коллоидной фракции иловой лечебной грязи при воздействии акустической кавитации / Д. Н. Данилов, В. И. Жаворонков, М. А. Мошкова, Е. Н. Резник, А. С. Ситяков // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностики живых систем : материалы XI Всерос. науч.-практ. конф.-выст. инновационных эколог. проектов, г. Киров, 26–28 нояб. 2013 г. Киров, 2013. С. 55–57.
6. Метод электронно-оптической регистрации сверхслабых излучений биологических объектов / В. И. Жаворонков, И. О. Рясик // Наука, информация, сознание : тезисы VI междунар. науч. конгресса по ГРБ биоэлектрографии. СПб., 2002. С. 76–77.
7. Научные исследования и образование в сфере нанотехнологий ВятГГУ / Д. Н. Данилов, В. И. Жаворонков // Нанотехнологии: экология, производство. 2012. № 2. С. 48–49.
8. Осциллографирование однократных быстропротекающих процессов и его применение в полупроводниковой СВЧ-электронике : дис. канд. ... физ.-мат. наук / В. И. Жаворонков. Москва : МГПИ, 1973. 189 с.
9. Осциллографирование радиоимпульсов с несущей СВЧ диапазона / М. М. Филиппов, А. Н. Букин, В. И. Жаворонков // Приборы и техника эксперимента. 1967. № 3. С. 88–92.
10. Осциллографическая установка для исследований в области полупроводниковой СВЧ электроники / В. И. Жаворонков, П. И. Чиликин, С. И. Жаворонков // Приборы и техника эксперимента. 1973. № 2. С. 151–154.
11. Патент на ПМ 54303 РФ, МПК А61В 6/00. Установка для просмотра рентгеновских снимков / В. И. Жаворонков, В. Ю. Зиборов, В. К. Вшивцев. 2006107157/22; заявл. 07.03.2006; опубл. 27.06.2006. Бюл. № 18. 2 с.
12. Патент на ПМ 153988 РФ, МПК Н04R 15/00. Магнитоотрицательный излучатель / В. И. Жаворонков, С. И. Жаворонков, В. М. Сюткин; заявитель и патентообладатель Жаворонков В. И. 2015100423/28 ; Заявл. 12.01.2015 ; опубл. 10.08.2015. Бюл. № 22. 2 с.
13. Применение электронно-оптического преобразователя в демонстрационном эксперименте по курсу общей физики / В. И. Жаворонков, А. Н. Мансуров // Известия высших учебных заведений. Серия : Физика. 1986. № 7. С. 112–114.
14. Применение электронной оптики в учебном физическом эксперименте: дис. ... канд. пед. наук / М. В. Горшечников. Киров, 2004. 211 с.
15. Программа 2007611053 РФ, ПСРБД 1.03. Программа создания рентгенографической базы данных / В. И. Жаворонков, В. Ю. Зиборов, В. К. Вшивцев. Опубл. 12.03.2007. Бюл. № 2 (59), (ч. 2). С. 244.
16. Регистрация пространственного распределения интенсивности флуоресценции хлорофилла / В. И. Жаворонков, Е. Н. Резник // Водные экосистемы и организмы 3. М., 2001. С. 60.
17. Специализированные высокочувствительные оптико-электронные информационно-измерительные устройства и системы для исследований однократных быстропротекающих и слабосветящихся процессов в экспериментальной физике : дис. ... д-ра техн. наук : 05.11.16 / В. И. Жаворонков. Киров : Изд-во ВГПУ, 1998. 300 с.
18. Специальный физический практикум : метод. указания для магистрантов физических специальностей ун-тов / С. И. Жаворонков. Киров : Изд-во ВятГУ, 2016. 82 с.
19. Экспериментальное подтверждение корпускулярной – волновой природы света / В. И. Жаворонков, С. И. Жаворонков, А. С. Минин, О. В. Фетищева // Проблемы учебного физического эксперимента : сб. науч. тр. Глазов, 2007. Вып. 25. С. 42–43.
20. Электронно-оптическая регистрация квантовых флуктуаций сверхслабых световых потоков / В. И. Жаворонков // Преподавание физики в высшей школе. 1997. № 11. С. 21–25.
21. Электронно-оптическая регистрация нестационарной адсорбции на поверхности металлов / В. И. Жаворонков, С. П. Манохин, А. А. Антонов [и др.] // Приборы и техника эксперимента. 1982. № 6. С. 120–123.

Results of activity of the research laboratory of functional electronics of Vyatka State University

V. I. Zhavoronkov¹, S. I. Zhavoronkov², A. S. Sityakov³

¹PhD of Physical and Mathematical Sciences, doctor of Technical Sciences, Professor,
Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: vizhavoronkov@mail.ru

²junior researcher of the laboratory of functional electronics, Vyatka State University. Russia, Kirov

³senior researcher at the laboratory of functional electronics, Vyatka State University. Russia, Kirov

Abstract. The article is devoted to the research work that was carried out on the experimental basis of the scientific laboratory of functional electronics (SL FE) KSPI (VSPU, VyatSHU, VyatSU). The activity of the laboratory covers a period of 50 years. The laboratory had joint research with a number of higher educational institutions and research institutes in Russia. The subject of the laboratory and the main stages of scientific activity are marked, the significant contribution to the scientific development of the laboratory employees S. I. Zhavoronkov and A. S. Sityakov is noted.

Scientific and pedagogical work with students of physical and chemical faculties on the implementation of term papers and theses is presented. The achievement of the Department of physics and SL FE is the admission of a number of graduates of VyatSHU to the graduate school of MPSU. An important stage of the activity OF nil functional electronics was close cooperation with SL of nanochemistry and nanotechnology of VyatSHU.

Keywords: electron, high-speed oscillography, single-time signals of nano-and picosecond duration, semiconductor microwave devices, superconductivity, electron-optical registration, low-luminous processes, luminescence, photon, particle-wave dualism of radiation, quantum optics, biophysics, nanotechnology.

References

1. *Analizator uglovogo raspredeleniya annigilyacionnykh fotonov na osnove elektronno-opticheskogo preobrazovatelya* – An analyzer of the angular distribution of annihilation photons based on an electron-optical converter / V. I. Zhavoronkov, A. D. Mokrushin, V. N. Bakulin, K. P. Osokin, V. M. Syutkin [et al.] // *Pribory i tekhnika eksperimenta* – Devices and experimental techniques. 1983. No. 1. Pp. 31–33.
2. *Bibliograficheskij ukazatel' opublikovannykh rabot i izobretenij doktora tekhnicheskikh nauk V. I. Zhavoronkova* – Bibliographic index of published works and inventions of Doctor of Technical Sciences V. I. Zhavoronkov / Kirov. State University regional scientific library n.a. A. I. Herzen of the Order of Honor. Kirov, 2016. 96 p.
3. *Izuchenie kavitacii v nauchno-issledovatel'skoj rabote studentov* – The study of cavitation in the research work of students / V. I. Zhavoronkov, E. N. Reznik // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanij* – International journal of applied and fundamental research. 2010. No. 12. P. 142.
4. *V. I. Zhavoronkov. Izbrannye nauchnye trudy po radiofizike i kvantovoj elektronike* [Selected scientific works on radiophysics and quantum electronics] / comp. T. V. Sorokina, S. S. Kurbatova. Kirov. 2016. 200 p.
5. *Izmenenie srednego radiusa chastic kolloidnoj frakcii ilovoj lechebnoj gryazi pri vozdejstvii akusticheskoy kavitacii* – Change in the average radius of particles of colloid fraction of silt therapeutic mud under the influence of acoustic cavitation / D. N. Danilov, V. I. Zhavoronkov, M. A. Moshkova, E. N. Reznik, A. S. Sityakov // *Aktual'nye problemy regional'noj ekologii i biodiagnostiki zhivykh sistem : materialy XI Vseros. nauch.-prakt. konf.-vyst. innovacionnykh ekolog. proektov, g. Kirov, 26–28 noyab. 2013 g.* – Actual problems of regional ecology and biodiagnostics of living systems : materials of XI all-Russia scient.-prakt. conf.-exhibition of innovative ecological projects, Kirov, 26–28 Nov. 2013. Kirov. 2013. Pp. 55–57.
6. *Metod elektronno-opticheskoy registracii sverhslabykh izluchenij biologicheskikh ob'ektov* – Method of electron-optical registration of ultra-weak radiation of biological objects / V. I. Zhavoronkov, I. O. Rysasik // *Nauka, informaciya, soznanie : tezisy VI mezhdunar. nauch. kongressa po GRB bioelektrografii* – Science, information, consciousness : theses of the VI international conference of scient. congress on GRB Bioelectrography. SPb. 2002. Pp. 76–77.
7. *Nauchnye issledovaniya i obrazovanie v sfere nanotekhnologii VyatGGU* – Scientific research and education in the field of nanotechnology VyatSHU / D. N. Danilov, V. I. Zhavoronkov // *Nanotekhnologii: ekologiya, proizvodstvo* – Nanotechnology: ecology, production. 2012. No. 2. Pp. 48–49.
8. *Oscillografirovaniye odnokratnykh bystroprotekeyushchih processov i ego primenenie v poluprovodnikovoj SVCh-elektronike : dis. kand. ... fiz.-mat. nauk* – Oscillography of single-time fast-flowing processes and its application in semiconductor microwave electronics: dis. PhD ... of Physical and mathematical Sciences. / V. I. Zhavoronkov. M. MSPI. 1973. 189 p.
9. *Oscillografirovaniye radioimpul'sov s nesushchej SVCh diapazona* – Oscillography of radio pulses with a carrier of the microwave range / M. M. Filippov, A. N. Bukin, V. I. Zhavoronkov // *Pribory i tekhnika eksperimenta* – Devices and equipment of the experiment. 1967. No. 3. Pp. 88–92.
10. *Oscillograficheskaya ustanovka dlya issledovanij v oblasti poluprovodnikovoj SVCh elektroniki* – Oscillographic installation for research in the field of semiconductor microwave electronics / V. I. Zhavoronkov, P. I. Chilikin, S. I. Zhavoronkov // *Pribory i tekhnika eksperimenta* – Devices and equipment of the experiment. 1973. No. 2. Pp. 151–154.
11. Patent for PM 54303 of the Russian Federation, IPC A61B 6/00. Installation for viewing x-ray images / V. I. Zhavoronkov, V. Yu. Ziborov, V. K. Vshivtsev. 2006107157/22; declared on 07.03.2006; publ. 27.06.2006. Bull. No. 18. 2 p. (in Russ.)
12. Patent for PM 153988 of the Russian Federation, IPC H04R 15/00. Magnetostrictive emitter / V. I. Zhavoronkov, S. I. Zhavoronkov, V. M. Syutkin; applicant and patentee Zhavoronkov V. I. 2015100423/28; declared on 12.01.2015; publ. 10.08.2015. Bull. No. 22. 2 p. (in Russ.)
13. *Primenenie elektronno-opticheskogo preobrazovatelya v demonstracionnom eksperimente po kursu obshchej fiziki* – Application of an electron-optical converter in a demonstration experiment on the course of general physics / V. I. Zhavoronkov, A. N. Mansurov // *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Seriya: Fizika* – News of higher educational institutions. Series: Physics. 1986. No. 7. Pp. 112–114.
14. *Primenenie elektronnoj optiki v uchebnom fizicheskom eksperimente: dis. ... kand. ped. nauk* – Application of electronic optics in educational physical experiment: dis. ... PhD of Ped. Sciences / M. V. Gorshechnikov. Kirov. 2004. 211 p.
15. *Programma 2007611053 RF, PSRBD 1.03. Programma sozdaniya rentgenograficheskoy bazy dannykh* – The program 2007611053 of the Russian Federation, PSRLD 1.03. Program for creating a radiographic database / V. I. Zhavoronkov, V. Yu. Ziborov, V. K. Vshivtsev. Publ. 12.03.2007. Bull. No. 2 (59), (part 2). P. 244.
16. *Registraciya prostranstvennogo raspredeleniya intensivnosti fluorescencii hlorofilla* – Registration of spatial distribution of chlorophyll fluorescence intensity / V. I. Zhavoronkov, E. N. Reznik // *Vodnye ekosistemy i organizmy 3* – Water ecosystems and organisms 3. M. 2001. P. 60.

17. *Specializirovannye vysokochuvstvitel'nye optiko-elektronnye informacionno-izmeritel'nye ustrojstva i sistemy dlya issledovanij odnokratnyh bystroprotekayushchih i slabosvetyashchihsya processov v eksperimental'noj fizike : dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.11.16* – Specialized high-sensitivity optoelectronic information-measuring devices and systems for research of single fast-flowing and low-luminous processes in experimental physics : dis. ... Dr. of Techn. Sciences: 05.11.16 / V. I. Zhavoronkov. Kirov. VSPU. 1998. 300 p.

18. *Special'nyj fizicheskij praktikum : metod. ukazaniya dlya magistrantov fizicheskikh special'nostej un-tov* – Special practical course in physics : method. instructions for graduate students of physical specialties of universities / S. I. Zhavoronkov. Kirov. VyatSU. 2016. 82 p.

19. *Eksperimental'noe podtverzhenie korpuskulyarnoj – volnovej prirody sveta* – Experimental confirmation of the corpuscular-wave nature of light / V. I. Zhavoronkov, S. I. Zhavoronkov, A. S. Minin, O. V. Fetishcheva // *Problemy uchebnogo fizicheskogo eksperimenta : sb. nauch. tr.* – Issues of educational physical experiment : coll. of scient. works. Glazov. 2007. Is. 25. Pp. 42–43.

20. *Elektronno-opticheskaya registraciya kvantovyh fluktuacij sverhslabyh svetovyh potokov* – Electron-optical registration of quantum fluctuations of ultra-weak light flows / V. I. Zhavoronkov // *Prepodavanie fiziki v vysshej shkole* – Teaching physics in higher school. 1997. No. 11. Pp. 21–25.

21. *Elektronno-opticheskaya registraciya nestacionarnoj adsorbicii na poverhnosti metallov* – Electron-optical registration of non-stationary adsorption on the surface of metals / V. I. Zhavoronkov, S. P. Manokhin, A. A. Antonov [et al.] // *Pribory i tekhnika eksperimenta* – Devices and experimental techniques. 1982. No. 6. Pp. 120–123.