

## ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ КАФЕДРЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Кафедра полупроводниковой электроники и физики полупроводников (ППЭ и ФПП) образовалась на базе кафедры физики полупроводников и кафедры полупроводниковых приборов в 1970 г.



Сотрудники кафедры ППЭ и ФПП в 2004 г.

Первую из указанных выше кафедр создал и возглавил в 1962 г. **Петр Семенович Киреев**, в прошлом выпускник физического факультета МГУ, который закончил с отличием в 1952г., после защиты диссертации в 1957г. работал ассистентом на кафедре «Атомная физика и электронные явления» МГУ, а затем доцентом кафедры полупроводниковых приборов Московского энергетического института, заместителем заведующего кафедрой. С 1961г. научный сотрудник одного из НИИ Министерства среднего машиностроения, в котором организовал теоретический отдел и лабораторию полупроводниковых детекторов ядерного излучения. При создании новой кафедры Петр Семенович пригласил молодых специалистов из МЭИ - Л. Н. Стрельцова, И. В. Новобранцева, Ю.В.Потапова, Н. А. Анастасьеву, А. Н. Лупачову. Основными направлениями работы кафедры стали разработка методов получения сложных полупроводниковых соединений, изучение свойств получаемых материалов и создание приборов на их основе. В связи с широким кругом научных интересов на кафедру для чтения спецкурсов студентам и повышения квалификации молодых сотрудников и преподавателей были приглашены из ФИАН СССР доктор физико-математических наук лауреат Ленинской премии Ю. М. Попов и профессор Г. М. Страховский — специалисты в области разработки квантовых генераторов, заведующий лабораторией ВНИИТ, лауреат Ленинской и Государственной премий, доктор физико-

математических наук А. П. Ландсман — один из крупнейших ученых страны в области фотопреобразования солнечной энергии (в том числе в условиях космоса), крупный специалист в области методов измерения параметров полупроводников Ю. А. Концевой и другие. С сентября 1963 г. на работу на кафедру в роли ассистента принята выпускница физического факультета МГУ Л. Г. Спицына.



Л.Г. Спицына

Сотрудничество с выдающимися учеными, приглашенными на кафедру, помогло П.С.Кирееву создать новую специализацию кафедры «Физика полупроводников» - «Разработка и проектирование новых полупроводниковых приборов на основе кремния и полупроводниковых соединений  $A^3B^5$  и  $A^2B^6$ ». Эта специализация и сейчас продолжает существовать на кафедре «Полупроводниковой электроники и физики полупроводников». В этом же ключе развивалась и научная работа кафедры по созданию полупроводниковых детекторов ядерного излучения и фотоприемников из кремния и  $A^2B^6$ . Благоприятным фактором для развития научных направлений кафедры явилось и то, что проблемная ла-

лаборатория чистых металлов и полупроводниковых материалов МИСиС практически целиком к концу 1963 г. переключилась на получение соединений  $A^2B^6$ . В результате П. С. Киреев и А. В. Ванюков (научный руководитель лаборатории) установили хорошие деловые связи, и кафедра получала в нужном количестве объекты для исследования полупроводниковых свойств (электрофизических, термоэлектрических, оптических, фотоэлектрических, фотомагнитных, термомагнитных и др.), влияния на них условий получения, отклонения от стехиометрии, примесей и установления других важных закономерностей. Указанные работы легли в основу диссертации П. С. Киреева, на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, посвященную исследованию физических явлений в широкозонных и узкозонных соединениях типа  $A^2B^6$  и приборах на их основе, которую П.С.Киреев успешно защитил в 1973г. Диссертация, которая послужила основой для создания новых фотоприемников и детекторов ядерного излучения, остается актуальной и в настоящее время, поскольку позволяет понять физические явления в этом классе новейших полупроводниковых приборов и, в частности, фотоприемниках ИК-диапазона.

Уделяя большое внимание методической работе, П.С. Киреев написал классический учебник «Физика полупроводников», вышедший двумя изданиями и переведенный на английский и французские языки. Учебник издавался в ГДР, Венгрии и Польше, а написанный им «Краткий справочник по физике и физике полупроводников издавался во Вьетнаме и Польше. Учебником «Физика полупроводников» пользуются до настоящего времени не только студенты и аспиранты технических вузов, но и МГУ, СПГУ и других университетов.

Лучшие дипломники того времени были оставлены на кафедре в качестве аспирантов (В.Н. Мартынов; Е.А. Выговская, Г.И.Кольцов, Л.В. Прыткина, Ю.А. Рахштадт и другие). Целый ряд профессоров, доцентов и научных работников высокой квалификации Научно-исследовательского технологического университета «МИСиС», других Университетов и НИИ России являются учениками П.С.Киреева.



В.Н. Мартынов

Кафедру полупроводниковых приборов, работая в Министерстве электронной промышленности, возглавлял Лауреат Ленинской премии *Яков Андреевич Федотов*.



Федотов Я.А.

Выдающийся ученый, именем которого назван один из эффектов, имеющий место в биполярных СВЧ – транзисторах – эффект Кирка – Федотова. Для работы на кафедре Яков Андреевич привлек в качестве доцентов Лауреата Государственной премии Г. А. Кубецкого, талантливейшего и ведущего технолог того времени С. Г. Мадоян, (которую студенты любовно называли «бабушкой советского транзистора»), конечно не за ее достаточно молодой возраст, а отдавая дань уважения Сусанне Гукасовне за ее вклад в развитие

советской полупроводниковой электроники), в качестве заместителей — директора одного из крупных московских НИИ МЭП Ю. С. Акимова, главного инженера одного из главков МЭП, позднее директора Томилинского завода полупроводниковых приборов Л. А. Петрова и других. С их помощью удалось в короткое время оснастить лаборатории кафедры, создать условия для выполнения дипломных и аспирантских работ. Основным предметом и направлением педагогической и научной работы кафедры была разработка нового типа приборов на основе гетероструктур  $A^{III}B^V$  и  $A^{II}B^{VI}$  на подложках Ge и Si, в то время это была абсолютно новаторская работа. После слияния указанных выше подразделений факультета новую кафедру возглавил Я. А. Федотов.



Я.А. Федотов с М.П. Шаскольской

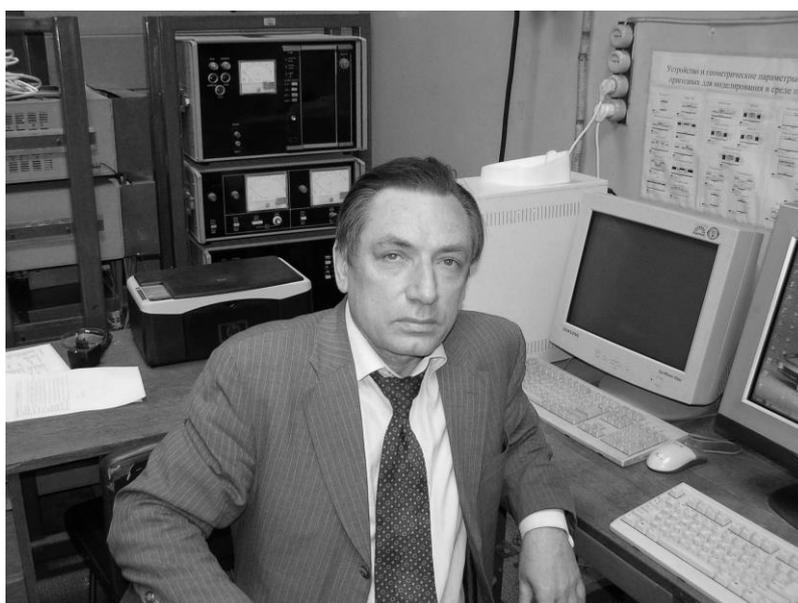
В 1972 г. руководство кафедрой перешло к *Сергею Александровичу Медведеву*, который руководил ею до 1977 г. Во время работы профессора С. А. Медведева на кафедре было сформировано научное направление «Технология получения и физика оптоэлектронных приборов на основе высокочистых соединений  $A^3B^5$  и  $A^2B^6$ ».

С 1977 г. по 2005 г. кафедру возглавлял доктор технических наук *Евгений Александрович Ладыгин* — выпускник МЭИ, много лет проработавший в электронной промышленности.



Заведующий кафедрой ППЭ и ФПП Ладыгин Е.А. со своим бессменным ученым секретарем Кольцовым Г.И.

Профессор Е. А. Ладыгин привлек из промышленности и НИИ к работе на кафедре в качестве доцентов Н. Н. Горюнова (впоследствии профессор), В. Н. Мурашева (ныне д. т. н., профессор), А. И. Курносова, С. П. Кобелеву, К.И. Таперо, в качестве научного сотрудника — А. П. Галеева.



В.Н. Мурашев

В разное время на кафедре работали видные ученые и организаторы электронной промышленности государства: лауреат Ленинской премии, профессор, доктор техниче-

ских наук Станислав Сергеевич Булгаков — заместитель министра электронной промышленности СССР, генеральный директор НПО «Дельта»; профессор, доктор технических наук Геннадий Дмитриевич Шнырев — начальник отдела науки Госплана СССР; крупнейший ученый в области радиационной физики, профессор, доктор физико-математических наук Николай Андреевич Ухин — заведующий лабораторией института Атомной энергии им. И. В. Курчатова и другие. В этот период стали докторами наук успешно работавшие впоследствии на кафедре профессора В. Н. Мартынов и Г. И. Кольцов. Из вчерашних выпускников кафедры стали кандидатами наук, доцентами А. В. Паничкин и С. Ю. Юрчук, С. И. Диденко, П. Б. Лагов, М.П. Коновалов, М.Н. Орлова, С.А. Леготин, старшими преподавателями — А.Л. Мельников, А.М. Мусалитин, И.В. Борзых.



Кольцов Г.И. со своими учениками



В.Н. Мурашев со своим учеником Леготиным С.А.

В 2005 года кафедру ППЭ и ФПП возглавил последний декан ПМП, а ныне заместитель директора института новых материалов и нанотехнологий по учебно-воспитательной работе *Осипов Юрий Васильевич*.



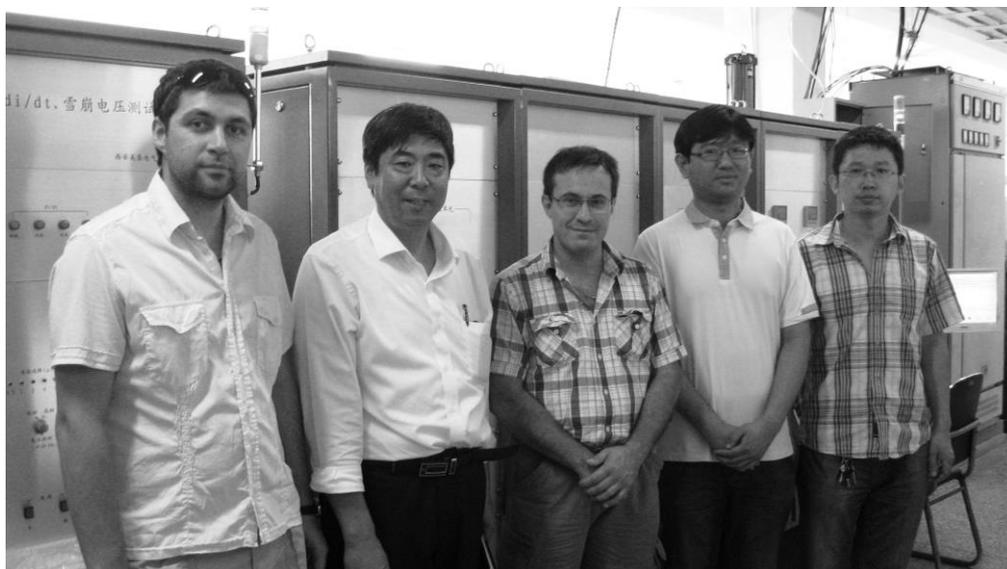
Последний декан ПМП Осипов Ю.В. со студентами и своим заместителем Юрчуком С.Ю.

С декабря 2015 года и по настоящее время кафедру ППЭ и ФПП возглавляет её выпускник к.ф.-м.н., доцент Диденко Сергей Иванович. Под его руководством на кафедре выполнен ряд значимых проектов в области солнечной энергетики. Кроме того, начиная с 2017 года, сотрудники кафедры активно включились в работу международной коллаборации ЛНСб (ЦЕРН, Женева), где заняты разработкой радиационно-стойких фотоприемников и детекторов на основе широкозонных полупроводников (GaAs, C-алмаз, перовскит).



Сергей Иванович Диденко

Сегодняшний день и перспективы кафедры связаны с разработкой элементной базы электроники со сверхбольшой степенью интеграции, детекторов ионизирующего излучения, оптических излучателей, фотопреобразователей, а также фотоприемных устройств для информационных систем нового типа. По этой тематике за последние пять лет кафедра выполнила свыше 20 государственных контрактов и хозяйственных договоров.



Доцент Лагов П.Б. и инженер Дренин А.С. со своими китайскими коллегами

И устоявшиеся, и самые современные технологии получения материалов электроники и приборов на их основе имеют один существенный недостаток, связанный с возникновением в указанных объектах большого числа неустойчивых дефектов, которые в значительной степени влияют на рабочие параметры готовых изделий и их стабильность во времени. В связи с этим на кафедре активно развиваются и совершенствуются методи-

ки и технологии, связанные с удалением из материалов и приборных структур дефектов. Таким образом, получают дальнейшее развитие радиационно-лучевая физика и технология материалов и приборов твердотельной электроники. Для решения этой задачи на кафедре имеется оборудование, обеспечивающее отжиг образцов, облучение их электромагнитным излучением с высокой энергией квантов и быстрыми электронами.



Мурашев В.Н. с Нобелевским лауреатом по физики Прохоровым А.М. (1964 г.) и генеральным директором ОАО «НИИМЭ и Микрон» (г. Зеленоград) Г.Я. Красниковым

Кроме того, будут продолжены работы по созданию наноразмерных объектов с использованием кафедрального ускорителя тяжелых ионов и начаты исследования свойств наноструктур на основе органических соединений.

Продолжатся разработки в области диагностики качества и надежности полупроводниковых приборов и изделий микро- и оптоэлектроники, а также развитие методик и аппаратуры для исследования и диагностики природы и параметров локальных дефектов (центров) в полупроводниковых кристаллах, пленках и структурах.

Зарождается новое инновационное направление, связанное с созданием на кафедре студенческих коллективов, нацеленных на разработку измерительных приборов и устройств, сопряженных с ЭВМ, что определит их относительно невысокую стоимость для кафедры, института, общеобразовательных школ, на модернизацию лабораторных практикумов с высокой степенью их автоматизации.

**Учебный процесс.** Студенты кафедры специализируются в области схемотехники, конструирования, технологии и исследования приборов полупроводниковой микроэлектроники, интегральных микросхем, приборов оптоэлектроники, микропроцессоров на ос-

нове больших интегральных схем, а также в области сертификации и обеспечения качества изделий электронной техники. Наряду с фундаментальными и общетехническими дисциплинами студенты изучают специальные учебные курсы: физику полупроводниковых и оптоэлектронных приборов, теорию и расчет активных элементов микросхем, микросхемотехника, радиационно-технологические процессы микроэлектроники, проектирование больших и сверхбольших интегральных схем, сверхвысокочастотных приборов, метрологию и сертификацию изделий электронной техники.

При выполнении научных исследований в лабораториях студенты приобретают навыки работы с современным исследовательским, измерительным и технологическим оборудованием, предназначенным для изучения электрофизических и оптических параметров полупроводников и приборных структур, для напыления тонких пленок в вакууме, ионной имплантации, лучевой обработки, фотонного и лазерного отжига. Студенты и аспиранты кафедры регулярно участвуют в конкурсе программы «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» (далее «программы «У.М.Н.И.К.»»). В последние годы победителями этого конкурса являлись: Черных А.В., Леготин С.А., Щемеров И.В., Дре-нин А.С., Борщевский З.В., Токарева Е.З.



Проф. Кольцов Г.И. и доц. Диденко С.И. с выпускниками 2007 года

В 2009 году кафедра ППЭ и ФПП получила финансовую поддержку «РоснаноТех» на разработку и апробацию образовательной программы опережающей подготовки кадров и учебно-методического комплекса (УМК), ориентированных на инвестиционные проекты «РоснаноТех» в области производства мультикаскадных наногетероструктурных солнечных элементов и солнечных батарей космического назначения на основе полупроводни-

ковых материалов  $A^3B^5$ . Для реализации этой программы кафедра Полупроводниковой электроники и физики полупроводников совместно с базовой кафедрой Наноструктурные преобразователи энергии открыла магистратуру в соответствии с ФГОС по направлению «Электроника и нанoeлектроника». Программа рассчитана на студентов, прошедших подготовку в объеме бакалавриата по электронике. Обучение в магистратуре проводится на современном исследовательском оборудовании ЦКП «Металлургия и Материаловедение» МИСиС и технологическом ОАО «НПП «Квант». В конце второго семестра лучшим студентам была организована выездная научно-исследовательская практика в CESI (Милан, Италия). Цель этой образовательной программы – подготовить специалистов, обладающих необходимыми компетенциями в области физики и технологии наногетероструктурных солнечных элементов, для предприятий, реализующих инвестиционные проекты «Роснано».

В связи с созданием и расширением высокотехнологических производств и внедрением на таких производствах новых технологий, реализация проектов требует новых компетенций персонала. Одним из факторов развития нанотехнологий в Российской Федерации, является значительное улучшение кадрового обеспечения организаций и предприятий, разрабатывающих и использующих нанотехнологии. Качество производимой продукции, а также уровень научных исследований в этой междисциплинарной области определяется квалификацией кадров. В 2015 году кафедра реализовала проект «Роснано» связанный с разработкой и реализацией образовательной программы профессиональной переподготовки, ориентированной на инвестиционные проекты по разработке и производству матричных фотоприемных устройств инфракрасного диапазона для предприятий Московский завод «Сапфир» и ОАО «Германий и приложения».

Выпускники кафедры работают на предприятиях, изготавливающих и применяющих полупроводниковые приборы и интегральные схемы, в академических и отраслевых научно-исследовательских институтах и конструкторских бюро, где создаются и применяются полупроводниковые приборы, микросхемы и устройства для радио- и оптоэлектроники, вычислительной техники, современных средств связи, в научно-технических центрах по сертификации и обеспечению качества продукции, совместных предприятиях и фирмах, работающих в области радиоэлектроники, современных средств связи и телекоммуникаций, космической и военной электроники.