

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**В Е С Т Н И К
ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА****ОБЩЕНАУЧНЫЙ ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

№ 285

Январь

2005

Серия «Физика»

Свидетельства о регистрации: бумажный вариант № 018694, электронный вариант № 018693
выданы Госкомпечати РФ 14 апреля 1999 г.ISSN: печатный вариант – 1561-7793; электронный вариант – 1561-803X
от 20 апреля 1999 г. Международного Центра ISSN (Париж)**СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК,
посвященный 50-летию организации в ТГУ научного и образовательного направлений
по физике полупроводников****СОДЕРЖАНИЕ****ПРЕДИСЛОВИЕ** 2**ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ
НАУЧНОГО И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЙ**

Вяткин А.П., Кривов М.А., Лаврентьева Л.Г. История организации и становления научного направления по физике полупроводников в Томском университете и Сибирском физико-техническом институте	3
Романова И.Д. Научно-исследовательскому институту полупроводниковых приборов 40 лет.....	13
Лаврентьева Л.Г., Ивонин И.В. Основные этапы развития научного направления по эпитаксии полупроводников в СФТИ.....	17
Воеводин В.Г. Лаборатория полупроводникового материаловедения СФТИ.....	24
Хлудков С.С. Становление и развитие лаборатории физики полупроводников.....	28
Вяткин А.П., Вилисов А.А. Развитие физико-технологических основ создания полупроводниковых приборов	33
Войцеховский А.В., Коханенко А.П. Высокочувствительные приемники оптического излучения	39
Мокроусов Г.М. Физико-химические аспекты электронного материаловедения.....	43
Войцеховский А.В., Гаман В.И., Гермогенов В.П., Ивонин И.В., Лаврентьева Л.Г., Мокроусов Г.М. Подготовка специалистов в области физики и техники полупроводников в Томском госуниверситете.....	47

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ (ОБЗОРЫ)

Караваев Г.Ф., Гриняев С.Н., Чернышов В.Н. Исследование электронных процессов в наноструктурах.....	53
Воеводин В.Г., Чалдышев В.А. Исследование тройных полупроводников $A^2B^4C_2^5$	63
Лаврентьева Л.Г., Вилисова М.Д., Ивонин И.В. Газофазовая эпитаксия арсенида галлия	74
Хлудков С.С. Диффузия примесей в арсениде галлия, диффузионные структуры и приборы	84
Брудный В.Н. Радиационные эффекты в полупроводниках.....	95
Гермогенов В.П. От сплавных контактов к эпитаксиальным гетероструктурам.....	103
Гаман В.И. Электронные процессы в полупроводниковых диодах и структурах металл – диэлектрик – полупроводник.....	112
Вяткин А.П., Максимова Н.К., Филонов Н.Г. Электрофизические свойства структур с барьером Шоттки на GaAs	121
Божков В.Г., Лукаш В.С. Полупроводниковые СВЧ-приборы	129
Криворотов Н.П., Изаак Т.И., Ромась Л.М., Свинолупов Ю.Г., Щеголь С.С. Микроэлектронные сенсоры давления	139
Вилисов А.А. Светоизлучающие диоды	148
Толбанов О.П. Детекторы ионизирующих излучений на основе компенсированного арсенида галлия.....	155
Войцеховский А.В., Несмелов С.Н. Фотоэлектрические инфракрасные детекторы с управляемой спектральной характеристикой	164

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ 172**РЕФЕРАТЫ СТАТЕЙ НА РУССКОМ И АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКАХ**..... 174

*А.В. Войцеховский, В.И. Гаман, В.П. Гермогенов,
И.В. Ивонин, Л.Г. Лаврентьева, Г.М. Мокроусов*

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ И ТЕХНИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ В ТОМСКОМ ГОСУНИВЕРСИТЕТЕ

НАЧАЛО

Подготовка специалистов в области физики полупроводников и полупроводниковых приборов началась в Томском госуниверситете на кафедре физики диэлектриков физического факультета (ФФ) почти одновременно с развертыванием работ по исследованию полупроводников по инициативе доцента кафедры Виктора Алексеевича Преснова.

В 1953 г. кафедра физики диэлектриков вместе с кафедрами радиофизики и электромагнитных колебаний физфака вошла в состав вновь образованного радиофизического факультета (РФФ). В этом же году кафедра диэлектриков была переименована в кафедру полупроводников и диэлектриков. Формально В.А. Преснов был избран заведующим кафедрой в 1958 г. после отъезда прежнего заведующего – профессора К.А. Водопьянова в г. Горький, но реально он выполнял эти обязанности уже с 1954 г., когда К.А. Водопьянов ушел в длительный творческий отпуск.

Первый выпуск специалистов по полупроводникам в Томском госуниверситете состоялся в 1954 г., в этом же году в Сибирском физико-техническом институте (СФТИ) при Томском госуниверситете была открыта лаборатория полупроводников.

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ

Организация новой специализации потребовала изменения учебного плана, разработки новых лекционных курсов, постановки практических и лабораторных работ. Уже на начальном этапе были поставлены лекционные курсы по физике полупроводников и полупроводниковых приборов, теории твердого тела, физике поверхности полупроводников, материаловедению полупроводников, методам исследования структуры, а также соответствующие учебные лаборатории (по физике полупроводников и полупроводниковых приборов, материаловедению полупроводников, методам исследования структуры). Этой работой занимались новые сотрудники кафедры, бывшие аспиранты В.А. Преснова – Л.Г. Лаврентьева, В.Ф. Сыдоров, сотрудники СФТИ М.А. Кривов, В.А. Чалдышев, М.П. Якубеня, А.П. Вяткин, А.П. Изергин, инженеры К.А. Иванов, Б.А. Селиванов, а также молодые специалисты Е.В. Малисова, З.М. Алексеева. Учебный процесс на кафедре был организован таким образом, что студенты уже с третьего курса принимали участие в научных исследованиях свойств соединений $A^{III}B^V$ – в соответствии с тематикой лаборатории полупроводников СФТИ.

Первоначально кафедра располагалась в корпусе СФТИ на пл. Революции рядом с лабораторией полупроводников. Лабораторные работы выполнялись на том же оборудовании, на котором проводились науч-

ные эксперименты. Позднее (примерно в 1958 г.) кафедре было выделено помещение в цокольном этаже главного корпуса ТГУ, рядом с лабораторией радиационной физики. Второй учебный корпус, предназначившийся физическим факультетам, еще достраивался, в строительных работах участвовали студенты.

Кафедра имела рабочие связи с другими кафедрами ТГУ: аналитической химии (зав. Г.А. Катаев), теоретической физики (зав. В.А. Жданов, затем Е.И. Чеголоков), радиоэлектроники (зав. Э.С. Воробейчиков), где велась подготовка специалистов в смежных областях науки и техники. Именно в это время формировались направления комплексных работ.

На химическом факультете в 1957 г. под руководством доцента кафедры аналитической химии Г.А. Катаева (с 1959 г. зав. кафедрой) студентами 5 курса химфака впервые начали выполняться дипломные работы по исследованию химической активности полупроводниковых соединений, а также по очистке веществ и методам определения в них микропримесей. Первыми студентами и аспирантами, занимающимися этими проблемами, были Л.Н. Возмилова (впоследствии зав. лаб. НИИПП, известный специалист в области обработки и профилирования поверхности полупроводников), О.В. Чашина, Э.А. Захарова и др. В этом же году Г.А. Катаевым была создана научно-исследовательская группа по химии полупроводников в проблемной лаборатории химии полупроводников ТГУ для разработки методов очистки исходных веществ, необходимых для синтеза нового полупроводникового соединения – арсенида галлия. К исследованиям активно начали привлекаться студенты 3 – 5 курсов. В 1963 г. на кафедре аналитической химии была официально открыта новая и редкая по тем временам специализация «химия полупроводников». Молодые специалисты распределялись на отраслевые предприятия Томска, Новосибирска, Москвы, Риги и др. городов.

На кафедре теоретической физики ФФ была начата подготовка специалистов по теории полупроводников. Курсовые и дипломные работы выполнялись на базе лаборатории теоретической физики СФТИ, где проводились расчеты электронных спектров и физических свойств полупроводников (рук. В.А. Чалдышев).

На кафедре радиоэлектроники РФФ изучались возможности использования полупроводников в СВЧ-технике, а затем и в фотоприемниках (рук. В.Н. Дединко, А.С. Петров). Уже в 1958 г. доценты Э.С. Воробейчиков и В.А. Преснов разработали и начали читать спецкурс «Квантовая электроника».

В.А. Преснов руководил кафедрой полупроводников и диэлектриков вплоть до открытия в 1964 г. в Томске НИИ полупроводниковых приборов (НИИПП, ныне ОАО «НИИПП»), директором которого он был назначен.

В этот период (1954 – 1964) в ТГУ были подготовлены специалисты для профильных кафедр университета и лабораторий СФТИ, а также кадры, которые создали костяк руководящего состава НИИПП: В.В. Дьяков (гл. инженер), В.И. Домнин (зам. гл. инженера), начальники отделов НИИПП: Л.Л. Люзе, С.С. Хлудков, Б.С. Азиков, Б.А. Наливайко, начальники лабораторий: Ю.К. Пантелеев, Б.Г. Захаров, С.В. Машнин, И.М. Викулин, В.Г. Божков, И.К. Ковалев, Г.Ф. Караваев, И.И. Отмахов, Л.Н. Возмилова. В числе первых аспирантов и соискателей В.А. Преснова, защитивших кандидатские диссертации по полупроводниковой тематике, были: В.Ф. Сыноров (1956), А.П. Вяткин (1959), В.Н. Вертопрахов (1961), Л.Л. Люзе (соруководитель – проф. Г.А. Катаев) (1963), Б.Г. Захаров (1966), С.С. Хлудков (1966).

С сентября 1964 по ноябрь 2000 г. – в течение 36 лет – кафедре полупроводников и диэлектриков (с 1983 г. – кафедра полупроводниковой электроники) возглавлял В.И. Гаман. При нем кафедра была передислоцирована во второй учебный корпус университета и получила дальнейшее развитие. Произошла смена преподавательского состава, поскольку доцент В.Ф. Сыноров перешел на работу в Воронежский университет, доцент Л.Г. Лаврентьева – в лабораторию полупроводников СФТИ в качестве организатора работ по эпитаксии полупроводников. На кафедру пришли доценты Г.И. Потахова, С.В. Малянов, старший преподаватель А.А. Сироткин, ассистент Н.Н. Иванова, инженер Э.Ш. Зинатов.

Программа ряда курсов была переработана, реорганизованы учебные лаборатории. Большое внимание стало уделяться методической работе, выпуску учебной литературы. Направления научной подготовки студентов, аспирантов и научных исследований сотрудников кафедры продолжали оставаться тесно связанными с тематикой лаборатории, а затем отдела физики полупроводников СФТИ и структурных подразделений НИИПП. Научными руководителями курсовых и дипломных работ являлись ведущие специалисты этих коллективов.

На кафедре под руководством профессора В.И. Гамана был выполнен цикл работ, посвященных теоретическим и экспериментальным исследованиям характеристик полупроводниковых приборов. В 1969 г. он защитил докторскую диссертацию на тему: «Переходные процессы в полупроводниковых и диэлектрических диодах». Всего за прошедшее время В.И. Гаманом подготовлено 23 кандидата и 4 доктора наук.

Лабораторию и отдел физики полупроводников СФТИ в течение 33 лет (с 1962 по 1995) возглавлял выпускник кафедры диэлектриков кандидат физико-математических наук А.П. Вяткин. Занимаясь исследованиями контактных явлений в полупроводниковых структурах, он активно участвовал в подготовке аспирантов и соискателей. Под его руководством было защищено 11 кандидатских диссертаций. Четверо его учеников защитили докторские диссертации.

Наряду с изучением процессов в полупроводниках и полупроводниковых приборах, в отделе физики полупроводников проводились исследования, направленные на разработку технологии изготовления полупроводниковых материалов – эпитаксиальных слоев

бинарных соединений $A^{III}B^V$ (лаборатория эпитаксиальных структур) и трехкомпонентных полупроводников $A^{II}B^{IV}C_2^V$ (лаборатория полупроводникового материаловедения). По этой тематике выполнялось значительное число курсовых и дипломных работ, эффективно шла подготовка кадров высшей квалификации. Постоянно работал научный семинар, одной из основных задач которого было повышение квалификации сотрудников в области материаловедения полупроводников. На семинаре выступали с докладами и лекциями ведущие специалисты из академических и отраслевых организаций. Сотрудники лаборатории принимали активное участие в работе материаловедческих конференций разного уровня. В 1982 г. докторская диссертация «Кинетика и механизм газофазовой эпитаксии полупроводников типа $A^{III}B^V$ (на примере арсенида галлия)» была защищена заведующей лабораторией эпитаксиальных структур Л.Г. Лаврентьевой. По данной тематике было защищено 2 докторских и 12 кандидатских диссертаций.

С 1970 г. на кафедре квантовой электроники и фотоники РФФ (ранее – кафедра радиоэлектроники) началась подготовка специалистов по полупроводниковой оптоэлектронике и фотонике. Переход к полупроводникам, а затем к интегральной технике и приборам квантовой электроники выдвинул на первое место не схемные решения, а технологию создания новых электронных устройств и материалов для них. Поэтому в конце 1970-х – начале 1980-х гг. исследовательская деятельность части сотрудников, аспирантов и студентов кафедры в кооперации с коллективами лабораторий электроники и квантовой электроники СФТИ была связана с решением таких проблем, как оптимизация фотоприёмников с СВЧ-смещением; изучение оптических, фотоэлектрических и шумовых свойств полупроводниковых материалов и структур для фотоприёмников, стабилизацией их параметров физико-химическими способами. Разрабатывались методы контроля параметров полупроводниковых материалов: на кафедре этой проблемой продуктивно занимался М.В. Детинко, защитивший кандидатскую диссертацию и к концу 1980-х гг. поднявший метрологический уровень разработанной им методики до приемлемого в промышленном производстве.

Результаты НИР использовались при чтении новых спецкурсов, например по оптике полупроводников (А.С. Петров). Совместно с кафедрой физики полупроводников было подготовлено и издано учебное пособие по оптике полупроводников (А.В. Войцеховский, А.С. Петров, Г.И. Потахова). В 1983 г. в связи с переходом А.С. Петрова на должность проректора, заведовать кафедрой стал А.В. Войцеховский, при котором в полной мере развернулись исследования и подготовка специалистов в области фотоники, а также радиационной физики узкозонных полупроводниковых соединений и фотоэлектрических структур на их основе. Были продолжены физические исследования закономерностей радиационных воздействий на сложные полупроводниковые соединения и разработаны физические основы получения фоточувствительных материалов и структур с заданными параметрами. В прикладном плане созданы опытные образцы фотоприёмников ИК-излучения для активных и пас-

сивных оптических систем различного назначения. Не менее важным результатом является развитие физических представлений об электронных процессах на границах раздела диэлектрик – узкозонный полупроводник, разработка и исследование приборных структур типа металл – диэлектрик – полупроводник (МДП) на основе узкозонных полупроводниковых соединений и создание фоточувствительных МДП-датчиков излучения для регистрации слабых световых потоков. Научным итогом этих исследований стала защита трех докторских диссертаций (В.Н. Давыдов, А.П. Коханенко, Т.Д. Малиновская).

По мере развития электронной промышленности формировался устойчивый спрос на специалистов по химии полупроводников и повышались требования к их подготовке. Для лучшей адаптации выпускников кафедры аналитической химии ХФ ТГУ на новом месте работы программу по специализации «химия полупроводников» было решено привести в соответствие с местом будущей деятельности молодых специалистов. В качестве базового предприятия кафедры, помимо НИИПП, выбрали активно развивающееся НПО «Восток» (г. Новосибирск), с которым были согласованы все учебные курсы (программа, почасовая раскладка, приоритетность курсов). Были подготовлены и изданы «Учебные программы по специализации «химия полупроводников». Специальность 2018 – химия. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1979» (под ред. нач. отдела НПО Н.И. Гаврюшкиной). На основании договора о подготовке молодых специалистов НПО «Восток» оснастил кафедру аналитической химии необходимым оборудованием, в частности фотолитографическим. Два преподавателя кафедры (Г.М. Мокроусов, Е.Н. Гудымович) стажировались на предприятии для более полного понимания содержания современных технологий микроэлектроники и научных задач, стоящих перед предприятием и отраслью.

В 1980-е гг. начался новый этап в развитии полупроводниковой электроники, связанный с созданием СБИС, активным использованием квантово-размерных структур, сверхрешеток, гетеропереходов, нелинейно-оптических систем. Решение этих задач стало возможно с глобальным использованием эпитаксиальных технологий, с расширением круга используемых полупроводниковых материалов. Все это потребовало организации подготовки специалистов в области материаловедения полупроводников.

Подготовка таких специалистов началась в 1982 г., когда на кафедре физики твердого тела ФФ по инициативе заведующей лабораторией эпитаксиальных структур СФТИ Л.Г. Лаврентьевой была организована специализация по физике полупроводников. В 1991 г. кафедра физики полупроводников стала самостоятельным учебно-научным подразделением ФФ (зав. кафедрой профессор Л.Г. Лаврентьева). Костяк сотрудников новой кафедры составили выпускники кафедры полупроводников и диэлектриков РФФ В.Г. Божков, С.Е. Торопов, И.В. Ивонин, М.П. Рузайкин, В.Н. Брудный, а также физики-теоретики, выпускники ФФ: В.А. Чалдышев, С.Н. Гриняев, Ю.Ю. Эрвье. На первом этапе организации материаловедческого направления в подготовке кадров активно участвовали В.В. Крыгин, В.А. Горюнов, Г.Ф. Караваев,

О.В. Воеводина и др. сотрудники отдела физики полупроводников, а также сотрудники НИИПП Н.Н. Бакин, А.А. Вилисов.

В учебный план специалистов, выпускаемых этой кафедрой, наряду с традиционными предметами (физика твердого тела, физика полупроводников, физика полупроводниковых приборов, оптика полупроводников), был включен ряд курсов материаловедческого направления: кристаллография, кристаллохимия, кристаллофизика, теория роста кристаллов, физика низкоразмерных структур, физическое материаловедение полупроводников, методы анализа структуры и состава твердых тел. Налажено тесное взаимодействие с НИИПП, сотрудники которого проводят учебные занятия на кафедре и являются научными руководителями студентов. Кроме того, учитывая, что научные исследования в области современных полупроводниковых технологий ведутся в Институте физики полупроводников СО РАН (г. Новосибирск), между ТГУ и ИФП в рамках ФЦП «Интеграция» был составлен проект по подготовке специалистов высшей квалификации, а в ИФП создан филиал кафедры физики полупроводников. Выпускники кафедры проходили стажировку в ИФП, а сотрудники института становились аспирантами и докторантами кафедры. В рамках этой программы только сотрудниками ИФП было защищено 4 кандидатских и 3 докторских диссертации.

Профильными кафедрами ТГУ уделялось большое внимание методической работе, выпуску учебной литературы. В Издательстве Томского университета было издано 22 учебных пособия и 34 учебно-методических указания по общим и специальным дисциплинам. Профессор В.И. Гаман, в течение многих лет читающий курс лекций по физике полупроводниковых приборов, написал учебное пособие «Физика полупроводниковых приборов», которое вышло двумя изданиями (1979, 2000) и рекомендовано Госкомитетом СССР по народному образованию и Министерством образования РФ для студентов вузов.

Профессор В.И. Гаман в 1979 – 1984 гг. был членом Научно-методического совета по физическому университетскому образованию Минвуза СССР, а также членом секции физики и химии полупроводников Научно-технического совета Минвуза СССР. Участвовал в работе по составлению типовых программ по полупроводниковой электронике для университетов. Профессор А.В. Войцеховский был членом координационного совета АН СССР по физике полупроводников (секция узкозонных полупроводников) в период 1986 – 1992 гг. Профессор В.Н. Брудный является членом Научного совета РАН по радиационной физике. Профессор Л.Г. Лаврентьева является членом Научного совета РАН «Физико-химические основы материаловедения полупроводников». На одном из заседаний этого совета (23.03.2000) детально рассматривался вопрос о подготовке специалистов-материаловедов в области электроники.

СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ КАФЕДР

В настоящее время подготовка специалистов по полупроводникам по-прежнему ведется на радиофизическом (кафедры полупроводниковой электроники,

квантовой электроники и фотоники), физическом (кафедра физики полупроводников) и химическом (кафедра аналитической химии) факультетах.

Кафедра полупроводниковой электроники РФФ (заведующий – профессор В.П. Гермогенов) обеспечивает чтение общих лекционных курсов по физике твердого тела (В.М. Калыгина), твердотельной электронике (В.И. Гаман) и физической химии (В.П. Гермогенов), а также специальных курсов. Учебную базу кафедры составляют учебные лаборатории физики твердого тела, твердотельной электроники, оптоэлектроники и учебно-научная лаборатория физики полупроводниковых приборов. Базовым научным подразделением для кафедры является отдел физики полупроводниковых приборов СФТИ, которым заведует доктор физико-математических наук, профессор кафедры О.П. Толбанов. В лабораториях отдела студенты выполняют курсовые, бакалаврские и дипломные работы, магистерские диссертации, а также проходят производственную практику. Научная работа сотрудников, аспирантов и студентов кафедры связана с исследованием электронных процессов в полупроводниковых структурах различных типов с целью использования их в качестве активных элементов датчиков внешних воздействий. Эти исследования и соответственно подготовка студентов ведутся в следующих научных направлениях: детекторы излучений и заряженных частиц; полупроводниковые сенсоры; исследование и разработка элементов СВЧ-электроники, исследование свойств сложных полупроводников для целей опто- и наноэлектроники.

Кафедра квантовой электроники и фотоники (заведующий – профессор А.В. Войцеховский) обеспечивает общий курс «Функциональная электроника», включающий лекции (А.В. Войцеховский) и лабораторно-компьютерный эксперимент (А.Г. Коротаев). На кафедре читаются общие для РФФ курсы «Квантовая радиофизика» (проф. О.К. Войцеховская) и «Физическая электроника» (доц. С.П. Кулаев). Профессором А.П. Коханенко разработан спецкурс по волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС), дополненный в 2002 г. лабораторным практикумом. С 1997 г. доцент кафедры Б.Н. Пойзнер читает студентам кафедры спецкурс по основам оптической синергетики. Базовыми организациями при подготовке кадров на кафедре стали отдел радиоэлектроники СФТИ при ТГУ (зав. отделом А.В. Войцеховский) и академические институты – ИСЭ, ИОА и ИОМ СО РАН. В новом веке кафедра установила деловые связи с зарубежными партнерами: Университетом Лохборо (Великобритания) и Университетом прикладных наук (Германия). В последнем прошёл стажировку в 2002 г. магистрант кафедры М. Филатов. С 2002 г. действует программа молодых педагогических и научных кадров посредством института «преддокторантуры», организованного ректоратом ТГУ. К лету 2003 г. преддокторантами кафедры КЭиФ стали её бывшие аспиранты: В.А. Светличный, С.Н. Несмелов, Э.А. Соснин, И.В. Измайлов (все они – лауреаты премии Томской области в сфере образования и науки, а также победители ряда конкурсов).

Кафедра физики полупроводников (зав. профессор И.В. Ивонин) обеспечивает курс лекций и практиче-

ские занятия по термодинамике и статистической физике на РФФ (доценты Ю.Ю. Эрвье, С.Е. Торопов), лекционный курс по физической химии на ФФ (профессор Л.Г. Лаврентьева). Базовыми подразделениями кафедры являются отдел физики полупроводников СФТИ (зав. отделом профессор В.Н. Брудный), отдел молекулярно-лучевой эпитаксии ИФП СО РАН (зав. отделом профессор О.П. Пчеляков), отдел материалов ОАО «НИИПП» (зав. отделом доцент Н.Н. Бакин). Как в ИФП СО РАН, так и ОАО «НИИПП» действуют филиалы кафедры. Сотрудники кафедры и перечисленных институтов активно участвуют в учебном процессе, выполняют совместные научные исследования и ведут подготовку специалистов по актуальным проблемам физики и технологии полупроводников: получение сложных полупроводниковых структур (методами газовой и молекулярно-лучевой эпитаксии); физика поверхностных процессов (теория и компьютерное моделирование процессов формирования структур с пониженной размерностью); теория твердого тела (электронные свойства полупроводниковых систем с пониженной размерностью); структурные дефекты в полупроводниках (радиационное модифицирование, ионное легирование полупроводников); физика полупроводниковых приборов (СВЧ-электроника, полупроводниковые приборы для медицинской техники).

Появление новых научных проблем повлекло за собой изменение в тематике лекционных курсов, ориентированных на подготовку специалистов в области полупроводниковых нанотехнологий. Контакты с зарубежными учеными приводят к возникновению совместной научной тематики. В частности, в настоящее время коллективом кафедры физики полупроводников, ИФП СО РАН и Научного Центра (г. Юлих, Германия) выполняется грант INTAS, направленный на теоретико-экспериментальное исследование процессов формирования квантовых точек при молекулярно-лучевой эпитаксии кремния и германия.

На кафедре аналитической химии расширен профиль подготовки специалистов: в 1998/99 г. была открыта специализация по химическому материаловедению. В 2001 г. были пересмотрены и изданы учебные программы по специализации «химическое материаловедение (материалы и процессы электронной техники)», специальность 011000 – химия. В последние годы увеличивается спрос на специалистов этого профиля, в том числе в НИИПП. На основании решения Президиума НТС НИИПП от 11.06.03 и решения учёного совета ТГУ от 25.06.03 в 2003 г. был открыт филиал кафедры аналитической химии в НИИПП для совместной подготовки кадров – специалистов в области материалов и технологий микро- и наноэлектроники. В рамках сотрудничества в 2003/04 учебном году нач. лаб. НИИПП, д.т.н А.А. Вилисов прочитал курс лекций по физике полупроводников студентам 4 курса химического факультета.

В Томске функционирует два докторских диссертационных совета по специальности 01.04.10 «Физика полупроводников», членами которых являются профессор, ведущие специалисты профильных кафедр ТГУ и лабораторий СФТИ (В.Н. Брудный, А.В. Войцеховский, В.П. Гермогенов, И.В. Ивонин, Г.Ф. Кара-

ваев, Л.Г. Лаврентьева, О.П. Толбанов, С.С. Хлудков). Ведущие специалисты входят в состав редколлегий научных журналов «Известия вузов. Физика» (В.И. Гаман – зам. редактора, А.В. Войцеховский), «Известия вузов. Материалы электронной техники» (Л.Г. Лаврентьева).

ВЫПУСКНИКИ

Среди выпускников и аспирантов кафедры полупроводниковой электроники – генеральные директора предприятий электронной промышленности СССР (Б.С. Матусевич, С.И. Новотный, Ю.К. Пантелеев), руководители подразделений ТГУ и СФТИ (В.Н. Брудный, В.Г. Воеводин, В.П. Воронков, В.П. Гермогенов, И.В. Ивонин, С.В. Малянов, Н.Г. Филонов, С.С. Хлудков). Десятки выпускников работали и работают в ОАО «НИИПП». Среди руководителей подразделений этого предприятия: В.Г. Божков – д.т.н., нач. отдела СВЧ-электроники; А.А. Вилисов – д.т.н., заслуженный изобретатель РФ, Г.Ф. Ковтуненко – главный конструктор предприятия; Н.П. Криворотов – д.т.н., нач. лаборатории сенсорной микроэлектроники; О.Ю. Малаховский – к.ф.-м.н., нач. научно-производственного комплекса СВЧ-электроники; Е.В. Олексив – к.ф.-м.н., руководитель разработок целого ряда изделий полупроводниковой оптоэлектроники, И.Д. Романова – к.т.н., секретарь Совета директоров ОАО «НИИПП», заслуженный конструктор РФ, Л.Г. Шаповал – к.т.н., главный конструктор направления по диодам Ганна сантиметрового диапазона длин волн, создатель первого отечественного диода Ганна ЗА703. Выпускником кафедры является и профессор ТУСУРа В.Ф. Агафонников – изобретатель «кремлевской таблетки» (стимулятора желудочно-кишечного тракта).

Среди выпускников кафедры квантовой электроники и фотоники, специализировавшихся в области СВЧ-полупроводниковой электроники, И.Н. Воженин – лауреат Государственной премии, профессор, ген. директор НПО «Фонон»; П.Е. Кандыба – лауреат Государственной премии, профессор, ген. директор НПО «Квант»; А.С. Петров и Г.Е. Дунаевский – профессора ТГУ; А.С. Петров, Ю.В. Медведев, Ю.С. Михеев, Г.И. Тюльков, Н.П. Солдаткин, Б.А. Наливайко – лауреаты премии Ленинского комсомола за работы в области фотоэлектроники.

Выпускники кафедры физики полупроводников работают на предприятиях Российской Федерации, в зарубежных институтах. Так, выпускники 1996 г. к.ф.-м.н. С.Н. Филимонов (стипендия фонда Гумбольдта) и к.ф.-м.н. С.В. Субач работают в научно-исследовательских институтах Германии. И.Н. Криворотов является профессором Корнельского университета в США.

В целом профильными кафедрами ТГУ подготовлено более тысячи двухсот специалистов в области физики и техники полупроводников, полупроводниковой электроники и фотоники, химии полупроводников (дипломированных специалистов, бакалавров, магистров). Примерно 160 из них стали кандидатами и более 40 – докторами наук. Ниже приводится список (неполный) докторов наук с указанием темы диссертации и года защиты.

1. **Преснов Виктор Алексеевич.** Исследования по физике спая. Д.т.н., 1959.
2. **Катаев Григорий Алексеевич.** Исследование физико-химических явлений на поверхности германия. Д.х.н., 1967.
3. **Гаман Василий Иванович.** Переходные процессы в полупроводниковых и диэлектрических диодах. Д.ф.-м.н., 1969.
4. **Люзе Леонгард Леонгардович.** GaAs диоды Ганна. Д.т.н., 1973.
5. **Петров Алексей Сергеевич.** Физические основы создания фоторезисторных приемных устройств с высокочастотным смещением. Д.ф.-м.н., 1974.
6. **Лаврентьева Людмила Германовна.** Кинетика и механизм газоплазменной эпитаксии полупроводников типа $A^{III}B^V$ (на примере арсенида галлия). Д.ф.-м.н., 1982.
7. **Караваев Геннадий Федорович.** Нелинейные эффекты электрических неустойчивостей в ограниченных полупроводниках. Д.ф.-м.н., 1986.
8. **Поплавной Анатолий Степанович.** Зонная структура, динамика решетки и явления переноса в некоторых сложных полупроводниках. Д.ф.-м.н., 1983.
9. **Захаров Борис Георгиевич.** Исследование и разработка технологии и способов получения подложек и эпитаксиальных слоев полупроводниковых материалов с высоким структурным совершенством. Д.т.н., 1984.
10. **Войцеховский Александр Васильевич.** Управление характеристиками фоточувствительных структур на основе узкозонных твердых растворов. Д.ф.-м.н., 1984.
11. **Захаров Иван Сафонович.** Оптико-электронные процессы в фоточувствительных электрооптических кристаллах типа силленита и многослойных структурах на их основе. Д.ф.-м.н., 1986.
12. **Медведев Юрий Васильевич.** Физические основы локальной СВЧ-диагностики электрофизических и фотоэлектрических параметров полупроводников. Д.ф.-м.н., 1986.
13. **Божков Владимир Григорьевич.** Исследование контакта металл – полупроводник с барьером Шоттки и разработка на его основе преобразовательных диодов мм и субмм диапазонов длин волн. Д.т.н., 1987.
14. **Агафонников Виктор Филиппович.** Автономные электростимуляторы органов и тканей и датчики различного назначения. Д.т.н., 1988.
15. **Хлудков Станислав Степанович.** Арсенид-галлиевые структуры с глубокими уровнями и приборы на их основе. Д.ф.-м.н., 1989.
16. **Табарин В.А.** Фотоприемные устройства для диагностики загрязнений атмосферы. Д.ф.-м.н., 1991.
17. **Тюльков Геннадий Иванович.** Радиоволновая диагностика неоднородных материалов. Д.ф.-м.н., 1992.
18. **Дунаевский Григорий Ефимович.** Квазиоптические резонаторные преобразователи и их применения. Д.т.н., 1992.
19. **Брудный Валентин Натанович.** Радиационная модификация и дефекты некоторых алмазопо-

- добных полупроводников сложного состава. Д.ф.-м.н., 1993.
20. **Солдаткин Николай Петрович.** Фотоприемные устройства для систем атмосферной оптики. Д.т.н., 1993.
 21. **Полыгалов Юрий Иванович.** Зонная структура, оптические свойства и химическая связь в некоторых тетрагональных полупроводниках сложного состава и композиционных алмазоподобных сверхрешетках. Д.ф.-м.н., 1993.
 22. **Давыдов Валерий Николаевич.** Электрические свойства и дефекты решетки узкозонных полупроводниковых соединений A^2B^5 . Д.ф.-м.н., 1996.
 23. **Окунев Владимир Дмитриевич.** Примеси и дефекты в тонкопленочных системах с неупорядоченной структурой. Д.ф.-м.н., 1996.
 24. **Гермогенов Валерий Петрович.** Эпитаксиальные структуры на основе твердого раствора $Al_xGa_{1-x}Sb$ (физические основы технологии, свойства, применение). Д.ф.-м.н., 1997.
 25. **Ивонин Иван Варфоломеевич.** Ступени роста и процессы на фронте кристаллизации при газофазовой эпитаксии полупроводников A^3B^5 . Д.ф.-м.н., 1998.
 26. **Тютрев Валерий Григорьевич.** Спектры колебаний решетки и связанные с ними физические свойства сложных кристаллов. Д.ф.-м.н., 1999.
 27. **Пешев Владимир Викторович.** Образование и отжиг радиационных дефектов в арсениде галлия и фосфиде индия. Д.ф.-м.н., 1999.
 28. **Толбанов Олег Петрович.** Арсенид галлия, компенсированный примесями с глубокими уровнями (электронные свойства, структуры, применение). Д.ф.-м.н., 1999.
 29. **Мокроусов Геннадий Михайлович.** Межфазные явления в системах многокомпонентное соединение – раствор, оксид, металл. Д.х.н., 1999.
 30. **Коханенко Андрей Павлович.** Радиационная модификация свойств узкозонных полупроводников КРТ и структур на его основе для фотоприемников ИК-диапазона. Д.ф.-м.н., 2000.
 31. **Филонов Николай Григорьевич.** Контакты с барьером Шоттки на основе арсенида галлия: структура, электрические свойства. Д.ф.-м.н., 2000.
 32. **Вилисов Анатолий Александрович.** Мощные излучающие диоды на основе двойных гетероструктур в AlGaAs: разработка и применение. Д.т.н., 2001.
 33. **Криворотов Николай Павлович.** Тензоэлектрические свойства и надежность приборов на основе арсенида галлия. Д.т.н., 2002.
 34. **Воеводина (Преснова) Ольга Викторовна.** Процессы синтеза и дефектообразования в тройных полупроводниках для нелинейной оптики ИК-диапазона. Д.ф.-м.н., 2002.
 35. **Воеводин Валерий Георгиевич.** Элементы оптической электроники на основе соединений $A^2B^4C^5_2$: получение, свойства и применение. Д.ф.-м.н., 2003.
 36. **Градобоев Александр Васильевич.** Радиационная стойкость СВЧ-приборов на основе арсенида галлия. Д.т.н., 2003.
 37. **Борисенко Сергей Иванович.** Анализ особенностей оптических и электрических свойств сложных алмазоподобных полупроводников и гетероструктур на их основе. Д.ф.-м.н., 2004.
 38. **Малиновская Татьяна Дмитриевна.** Физико-химические основы технологии оксидов редких и рассеянных элементов как функциональных материалов инфракрасной области спектра. Д.х.н., 2004.
 39. **Айзенштат Геннадий Исаакович.** Физико-технологические вопросы разработки полупроводниковых приборов на полуизолирующем арсениде галлия. Д.т.н., 2004.