

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

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемые читатели!

Перед вами специальный выпуск журнала «Вестник Томского государственного университета», посвященный 50-летию организации в ТГУ научного и образовательного направления по физике и технике полупроводников.

Двадцатое столетие в науке было веком физики. К наиболее значимым для развития человечества достижениям науки XX века относится создание полупроводникового транзистора и последовавшее за этим развитие микро- и оптоэлектроники. Наукой доказано, что полупроводники -это особый класс материалов, оптимальные свойства которых могут быть реализованы только при создании технологий высокого уровня. Были поставлены задачи создания новых технологий и подготовки специалистов для этой области науки и техники.

Развитие физики полупроводников в Томском госуниверситете шло в ногу со временем. В 1930-е годы, когда в науке происходило накопление экспериментальных данных по свойствам полупроводников, аналогичные работы по оптическим свойствам кристаллофосфоров (ZnO , SnO_2) проводились в Сибирском физико-техническом институте и Томском госуниверситете под руководством профессоров В.М. Кудрявцевой и П.С. Тартаковского. В 1950-е годы, когда после изобретения транзистора (1947) началось интенсивное развитие физики и техники полупроводников, в Томском госуниверситете в 1954 г. по инициативе профессора В.А. Преснова был начат выпуск специалистов по полупроводникам, а в СФТИ открылась первая в Сибири лаборатория полупроводников. В 1964 г. в Томске был открыт НИИ полупроводниковых приборов, в научно-технических разработках которого получили развитие исследования, выполненные в СФТИ и ТГУ (технология газопазовой эпитаксии GaAs, диффузионные и радиационные технологии, разработки по диодам Ганна и диодам с барьером Шоттки, сенсоры давлений и датчики излучений). Началось серийное производство приборов на основе GaAs, Si и других материалов. Специалисты Томского госуниверситета составили костяк руководства НИИПП. В последующие годы НИИПП активно пополнялся выпускниками ряда факультетов ТГУ.

Дальнейшему развитию полупроводниковой тематики в Томске способствовало формирование полупроводникового направления в институтах СО АН СССР (Институте неорганической химии, Институте физики полупроводников, Институте оптики атмосферы) в 1960-е годы.

За 50-летие, прошедшее с начала работ по полупроводникам в ТГУ и СФТИ, подготовлены кадры ведущих специалистов (более 40 докторов наук, более 160 кандидатов наук), выполнены в больших объемах исследования по актуальным направлениям физики и техники полупроводников.

В юбилейном выпуске журнала «Вестник Томского государственного университета» представлены материалы по истории формирования основных научных направлений и подготовке кадров по физике и технике полупроводников в Томске, а также обзоры важнейших научных результатов.

Поздравляю преподавателей, сотрудников и студентов, посвятивших свою жизнь физике и технике полупроводников, и желаю дальнейших успехов в этом благородном и необходимом Родине деле.

Ректор
Томского государственного университета
профессор



Г.В. Майер

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНОГО И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЙ

А.П. Вяткин, М.А. Кривов, Л.Г. Лаврентьева

ИСТОРИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И СТАНОВЛЕНИЯ НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПО ФИЗИКЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ В ТОМСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И СИБИРСКОМ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

Двадцатое столетие в науке было веком физики, развитие которой привело к достижению ряда вершин человеческого разума. Нобелевский лауреат Ж.И. Алферов [1] отмечает три открытия XX века, определивших на долгие годы развитие науки и техники: искусственное деление урана, транзисторы, лазеры. Среди них наиболее значимым для развития человечества является создание транзистора на полупроводниках и последовавшее за этим создание и развитие микро- и оптоэлектроники – основы современной техники связи и информатики.

Колыбелью новых физических направлений в нашей стране был Ленинградский физико-технический институт, созданный в 1918 г. по инициативе А.Ф. Иоффе (ныне ФТИ им. А.Ф. Иоффе). Именно ЛФТИ был инициатором создания ряда физико-технических институтов на территории СССР, в том числе Сибирского физико-технического института (1928) в Томске, носящего теперь имя своего организатора академика В.Д. Кузнецова. Исследования по физике полупроводников проводились в ЛФТИ и СФТИ в 20-е и 30-е гг. XX века. Однако уровень технологии еще не позволял полностью реализовать технические возможности полупроводников. Основные усилия ученых в эти годы были направлены на исследование механизмов электропроводности в полупроводниках и диэлектриках. Было открыто явление электронно-дырочной проводимости в полупроводниках (ЛФТИ, Я.И. Френкель). В СФТИ (В.М. Кудрявцева) изучали люминесценцию и оптические свойства широких полупроводников («кристаллофосфоров» – по терминологии того времени), создавалась теория электронных состояний в твердых телах.

На принципиально новый уровень исследования в области полупроводников вышли после изобретения транзистора (1947), гетероперехода, светоизлучающего диода и интегральной схемы (1960-е).

Стало очевидным, что полупроводники – это особый класс материалов, свойства которых могут быть полностью реализованы только при условии создания технологий нового уровня (high tech – высокие технологии). Уже в начале 1950-х гг. были разработаны технологии получения высокочистых германия и кремния в форме монокристаллов, и почти сразу же начались исследования сложных полупроводников.

Анализируя зависимости свойств материалов от их структуры, А.Ф. Иоффе высказал гипотезу об определяющем влиянии ближнего порядка (то есть типа химической связи) на свойства твердых тел. Поскольку

идеальными полупроводниками являются кристаллы с ковалентным типом сил связи (кремний, германий), то их аналоги сложного состава с алмазоподобной структурой также должны быть полупроводниками. К таким веществам, в первую очередь, следовало отнести соединения 3-й и 5-й групп таблицы Д.И. Менделеева, общая формула которых A^3B^5 .

Во многих странах мира начались работы по синтезу и кристаллизации этих вещества. В СССР работы по синтезу сложных полупроводников были начаты Н.А. Горюновой в ЛФТИ. Под ее руководством и при ее непосредственном участии были синтезированы многие из бинарных полупроводников A^3B^5 , в том числе и арсенид галлия – прямой аналог самого популярного в те годы полупроводника – германия. Позднее работы по поиску алмазоподобных полупроводников были продолжены и были синтезированы их тройные (трехкомпонентные) аналоги.



Виктор Алексеевич Преснов

За решением проблемы выращивания монокристаллов сложных полупроводников Н.А. Горюнова обращалась в ряд организаций, в том числе и в лабораторию полупроводников СФТИ. Это краткое сотрудничество в значительной мере способствовало тому, что в СФТИ начались активные работы по синтезу и кристаллизации GaAs, а в последующем – тройных полупроводниковых соединений. Установились постоянные контакты с отделом полупроводников ЛФТИ.