

40 лет

# ИНСТИТУТУ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И ПОЛУПРОВОДНИКОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

*В.М. Рыжковский, зам директора, д. ф-м. н.*

Ускоренное развитие научных исследований по физике началось в Белоруссии в 50 - 60 годы XX столетия. За прошедшее время на счет белорусских физиков появилось много замечательных научных достижений. Сегодня в Отделении физики, математики и информатики Национальной академии наук Беларуси плодотворно работают несколько физических институтов. Достойное место среди них занимает Институт физики твердого тела и полупроводников, которому исполняется 40 лет.

Бурный экономический рост Белорусской ССР в послевоенное время во многом был связан с возникновением и развитием таких новых отраслей промышленности, как радиоэлектроника, вычислительная техника, машиностроение, требующих широкого применения новых материалов, более совершенных технологических процессов их получения и обработки. Потребности промышленности в значительной степени стимулировали постановку научных исследований по физике твердого тела в Академии наук БССР и создали предпосылки для организации в ее системе специального института. Таким образом, учитывая перспективы развития науки и техники, в Академии наук БССР был взят курс на развитие исследований в области физики твердого тела. Большую роль в этом начинании сыграла поддержка таких выдающихся ученых с мировым именем, как академики АФ. Иоффе и П.Л. Капица.

Институт физики твердого тела и полупроводников был создан по решению Совета Министров БССР 5 ноября 1963 года на базе самостоятельного отдела того же наименования, организованного в 1959 году при Президиуме АН БССР. Основателем и первым директором Института был

крупный специалист в области физики и физической химии твердого тела академик НАНБ Николай Николаевич Сирота, приглашенный на работу в Белоруссию из Москвы. С этого времени в Академии наук БССР начались целенаправленные исследования ряда принципиальных вопросов физики твердого тела и полупроводников. Научное направление, разработанное Н.Н. Сиротой при организации Института, оказалось настолько важным и перспективным, что оно не потеряло своей актуальности и во многом сегодня определяет основную тематику научной деятельности Института.

В то время под руководством Н.Н. Сироты был разработан перспективный план развития научных исследований Института, в качестве первоочередных включающий следующие тематические направления:

1. Разработка научных основ создания полупроводниковых, магнитных сверхпроводящих, сверхтвердых и других материалов с особыми физическими свойствами.
2. Решение принципиальных вопросов теории твердого тела, связанных с характером и энергией межатомного взаимодействия в кристаллах.
3. Исследование физических свойств и поведения твердых тел в условиях высоких давлений, низких и высоких температур, при воздействии магнитных и электрических полей, проникающего излучения.

Эти направления, тесно связанные с методом физико-химического анализа академика Н.С. Курнакова и принципом исследования состояния вещества в экстремальных условиях академика П.Л. Капицы, явились основным стержнем, вокруг которого были сконцентрированы исследо-

вания сотрудников молодого института.

В начальный период особое значение имела подготовка научных кадров. С этой целью в Белорусском государственном университете была организована кафедра физики твердого тела (основатель и первый заведующий - академик Н.Н. Сирота), которая стала настоящей кузницей кадров для Института. И сегодня больше половины численного состава научных сотрудников Института - это выпускники Белгосуниверситета, составляющие научно-интеллектуальный костяк коллектива. Многие из них выросли в стенах Института в признанных специалистов в области физики твердого тела (академик Н.М. Олехнович, доктор наук Г.И. Маковецкий, В.М. Рыжковский, А.П. Сайко, И.О. Троянчук, В.М. Федосюк, А.У. Шелег, В.Б. Шипило и др.).

Академик Н.Н. Сирота возглавлял Институт до 1974 года. Его сменил на посту директора академик Б.Б. Бойко, под руководством которого Институт сделал дальнейшие значительные шаги в своем развитии. С 1993 года Институт возглавляет ученик Н.Н. Сироты, пришедший в коллектив молодым специалистом в 1960 году, академик Н.М. Олехнович. В 1975 году при Институте было создано Витебское отделение, которым до преобразования его в 1994 году в Институт технической акустики НАНБ, руководил член-корреспондент (ныне - академик) В.В. Клубович. В 1960-70 годы в Институте работал один из лучших специалистов в области активационного анализа в СССР член-корреспондент Е.М. Лобанов, в настоящее время работает член-корреспондент Ф.П. Коршунов - известный специалист в области радиационных воздействий на материалы, один из старейших сотрудников Института.

За 40 лет своего существования Институт физики твердого тела и полупроводников стал крупным научно-исследовательским учреждением, проводящим исследования на современном теоретическом и экспериментальном уровне, работы которого имеют широкое признание в нашей стране и за рубежом.

Создана неплохая экспериментальная база, которая при всех трудностях нынешнего периода, сохраняется и развивается. Институт имеет технические возможности получать самые различ-

ные материалы в разных агрегатно-кристаллических состояниях (монокристаллы, пленки, порошки, керамика и др.), располагает аппаратурой для всестороннего исследования их физико-химических свойств, в том числе в экстремальных условиях воздействия сверхвысоких давлений (до 100 кбар), радиационных воздействий (электронное- и гамма-излучения), сильных магнитных (до 150 кЭ) и электрических полей, при низких (до -269 °С) и высоких (до +2500 °С) температурах. Есть возможности широко использовать такие современные методы эксперимента, как рентгенографический, электронографический, нейтронографический (к сожалению, без белорусского реактора, с использованием ядерных реакторов Дубны и Обнинска, Россия), ядерно-резонансный, магнитометрический и др.

За прошедшие годы создан крепкий кадровый потенциал. В Институте сегодня работают 14 докторов и 80 кандидатов наук. В аспирантуре обучается 20 человек.

В результате проводимых систематических исследований в области физики конденсированного состояния, охватывающих широкий круг вопросов в рамках обозначенной выше основной тематики, получено много результатов, имеющих важное научное и практическое значение, уровнем которых может гордиться любой Институт.

Из обилия полученных научных результатов такого уровня очень трудно в этой небольшой статье конкретно выделить все наиболее важные. Поэтому я попытаюсь представить их с большой степенью обобщенности, но тем не менее постараюсь максимально отметить их авторов. Ибо люди - непосредственные и заинтересованные участники события, которое мы отмечаем, и главные создатели того, что сделано Институтом за 40 лет его существования. А Институт сегодня по праву считается одним из лучших физических институтов Республики Беларусь.

Выполнены обширные и глубокие фундаментальные исследования по проблеме межатомного взаимодействия в кристаллах и динамике кристаллической решетки. Разработаны методы расчета распределения электронной плотности в кристаллах по экспериментальным рентгенографическим данным функций атомного рассеяния и нахождения по ним ряда физических параметров, характеризующих химическую связь в кристал-

лах. Построены карты распределения электронной плотности и потенциала для кристаллов кремния, германия, олова, соединений  $A^3B^5$ , интерметаллических соединений - сверхпроводников и др. (Н.Н.Сирота, Н.М. Олехнович, А.У. Шелег, Е.М. Гололобов и др.). Разработаны методы расчета и восстановления реальных фоновых спектров кристаллов по данным теплового диффузного рассеяния рентгеновских лучей и неупругого рассеяния холодных нейтронов, которые использованы при определении термодинамических характеристик ряда кристаллов кубической, гексагональной, тетрагональной и ромбической сингоний (Н.Н. Сирота, И.А. Булат, Ч.К. Смолик, Н.С. Орлова, Т.Д. Соколовский и др.).

Впервые получен ряд магнитных интерметаллических сплавов на основе халькогенидов, пниктидов и оксидов переходных и редкоземельных элементов. Разработаны методы синтеза этих новых магнитных материалов, в том числе с применением техники высоких давлений, в виде поли- и монокристаллов, композитов, тонких пленок и наноразмерных структур. Проведено комплексное исследование их структурных, кристаллохимических, магнитных и других физических свойств в зависимости от химического состава, температуры, давления, внешних магнитных и электрических полей, определены термодинамические условия равновесия различных магнитных фаз. По результатам нейтронографических, рентгенографических, магнитометрических, резистометрических, резонансных и дилатометрических измерений впервые построены фазовые диаграммы кристаллического и магнитного состояний материалов. Исследованы взаимосвязи магнитных и структурных характеристик, переноса электрического заряда и магнитного состояния, особенности механизмов обменного взаимодействия и эффекта гигантского магнитосопротивления. Полученные результаты позволяют прогнозировать магнитные свойства материалов указанных классов при изменении внутренних и внешних параметров (состав, температура, давление и др.) и соответственно получать их с задаваемыми и управляемыми свойствами (Г.И. Маковецкий, Э.А. Васильев, В.М. Рыжковский, Г.А. Говор, И.О. Троянчук, В.М. Федосюк

и др.).

Разработаны технологические методы получения путем электролитического осаждения и термического испарения тонких ферромагнитных пленок двойных и тройных сплавов железа, кобальта, никеля. Исследованы их свойства, показана перспективность использования в устройствах хранения и обработки информации (Л.Ф. Ильющенко, М.У. Шелег, А.В. Болтушкин и др.). Позднее получили развитие исследования многослойных композитных пленок с наноразмерными элементами, в которых обнаружен эффект гигантского магнито-сопротивления и другие нетривиальные физические свойства, которые находят применение в практике (В.М. Федосюк, Т.А. Точицкий и др.).

Систематически исследованы условия образования, физические и физико-химические свойства ряда двойных, тройных и более сложных систем ферритов со структурой шпинели, ферритов-хромитов, ферритов-алюминатов, ферритов-гранатов и др. Исследование особенностей магнитных превращений в ферритах и других оксидных материалах, их магнитных и электрических характеристик в сочетании с глубоким кристаллохимическим и кристаллоструктурным анализом позволило установить взаимосвязи между характером и энергией межатомного взаимодействия и физико-химическими свойствами материалов. Построены диаграммы состав - свойство. Результаты этих исследований послужили основой для разработки ряда промышленных марок ферритов (Н.Н. Сирота, Л.А. Башкиров, В.И. Павлов, А.П. Гесь, В.В. Паньков и др.). Ферриты и ферритовые изделия из них серийно производит, обеспечивая ими потребности промышленности Республики Беларусь и поставляя их также в страны ближнего и дальнего зарубежья, учрежденное Институтом ГУП «Феррит» (В.Н. Шамбалев, А.К. Богуш).

Разработаны физические основы технологии и получены полупроводниковые бинарные соединения  $A^{III}B^V$ ,  $A^{II}B^{IV}$ ,  $A^{II}B^V$  и твердые растворы на их основе. Исследованы термодинамика их образования, электрические и магнитные свойства, зонная структура. В ряде полупроводниковых систем обнаружены составы, обладающие комплексом необходимых для практического применения свойств. На их основе были созданы полупроводниковые тензо-датчики с большим коэффициентом тензочувствительности, эффективные датчики ЭДС Холла, излучающие диоды, полученные материалы с высокими термоэлектрическими

характеристиками (Н.Н. Сирота, Э.И. Болванович, Н.Н. Корень, Л.А. Маковецкая, А.И. Лукомский, Э.Е. Матяс, И.В. Боднар, В.В. Михневич и др.). В настоящее время, базируясь на этих результатах, продуктивно работают хозрасчетный отдел твердотельной электроники и учрежденное Институтом предприятие «Холтрон», разрабатывающие и производящие сенсорные и преобразовательные полупроводниковые устройства (А.П. Драпезо и др.).

Очень важные результаты, представляющие большой научный и практический интерес, получены в полупроводниковой тематике за последние годы. Это получение и исследование новых полупроводниковых лазерных кристаллов  $ZnSe:Cr$ , соединений  $A^I B^{III} C_2^{VI}$  и твердых растворов на их основе, используемых в преобразователях солнечной энергии. Предложены молекулярно-лучевые и лазерные методы выращивания высококачественных эпитаксиальных пленок соединений  $A^{II} B^{IV}$ ,  $A^{IV} B^{IV}$ ,  $A^I B^{III} C_2^{VI}$ , а также получены полупроводниковые структуры для высокоэффективных фотоприемников и преобразователей солнечной энергии (В.И. Левченко, В.Ф. Гременок, Е.П. Зарецкая, В.И. Якимович и др.).

Важное место в тематике Института занимает радиационная физика полупроводников и р-п-переходов. Работы в этом направлении начались проводиться в 1962 году под руководством Н.Н. Сироты после пуска атомного реактора в Белоруссии и затем с помощью ускорителей электронов (с энергией 4 -г 25 МэВ) и гамма-установки с изотопом  $Co^{60}$ . Исследования выполнялись, главным образом, на кремнии, арсениде галлия и структурах на их основе, представляющими наибольший интерес для практики. Проведены систематические фундаментальные исследования процессов радиационного дефектообразования в полупроводниках. Определены параметры радиационных дефектов различных типов, скорости их введения при облучении с учетом влияния температуры, включая предварительную термообработку, определены константы радиационного повреждения, обнаружен так называемый «эффект малых доз», приводящий к улучшению важных характеристик полупроводниковых материалов и приборов на их основе и др. В результате разработаны физические принципы и конкретные методы повышения радиационной стойкости полупроводниковых приборов, а также использования проникающих излучений в их

производстве (Ф.П. Коршунов, А.И. Макаревич, Г.В. Гатальский, Н.Ф. Курилович, Ю.М. Богатырев, А.В. Мудрый, Л.И. Мурин, И.Г. Марченко и др.).

Сотрудники Института Ф.П. Коршунов, Н.Н. Косолапов, В.А. Солодуха отмечены Государственной премией БССР (1980 г.) за разработку прогрессивной радиационной технологии производства полупроводниковых приборов, позволяющей существенно улучшить их технические характеристики, снизить брак, исключить из технологического процесса золото.

В Институте получили широкое развитие работы в области физики твердого тела при высоких давлениях и температурах. Создана оригинальная аппаратура техники высокого давления, позволяющая проводить синтез твердотельных объектов и физические измерения в диапазоне давлений до 100 кбар и температур до 2500 °С.

Всесторонне исследовано фазовое превращение гексагонального нитрида бора в его кубическую модификацию, что позволило разработать методы получения монолитных блоков поликристаллического кубического нитрида бора, по твердости близкому к алмазу и превосходящему его по термостойкости, а также композитов на его основе. Полученные результаты явились научной базой создания нового прогрессивного поколения обрабатывающего инструмента (Н.Н. Сирота, А.М. Мазуренко, В.Б. Шпило и др.). За разработку научных основ синтеза сверхтвердых инструментальных материалов А.М. Мазуренко, А.А. Леусенко, В.В. Ничипор, Э.Б. Ракицкий, М.А. Козловский удостоены в 1992 г. Государственной премии Республики Беларусь.

С использованием техники высоких давлений разработаны методы синтеза ряда оксидных сегнетоэлектриков со структурой перовскита и построены фазовые Р-Т диаграммы (Н.М. Олехнович и др.).

При использовании высоких давлений для компактирования материалов разработана новая технология получения сегнето- и пьезокерамики с высокими электрофизическими характеристиками (добротность, пьезомодуль, коэффициент электромеханической связи). Использование высоких давлений позволило упростить технологический цикл, сократить длительность технологического цикла, снизить температуру и время отжига и при этом существенно улучшить качество изделий. Изготовлением изделий электронной керамики занимается учрежденное Институтом НВП «Элкерм» (А.И. Акимов и др.).

Получили развитие теоретические и экспериментальные исследования по высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). Изучено распределение электронной плотности зарядовых состояний атомов в кристаллической решетке ВТСП соединений. Объяснено аномальное температурное поведение упругих и тепловых характеристик кристаллов ВТСП (В.С. Кузьмин, А.П. Сайко и др.). Разработаны технологические методы синтеза и получен ряд высокотемпературных иттрий-, висмут-, таллийсодержащих оксидных сверхпроводников в виде монокристаллов, пленок, волоконных структур. Исследованы их физические свойства в зависимости от состава, условий получения, наличия примесей, внешних воздействий (радиация, давление, магнитное поле и др.) (Б.Б. Бойко, АИ. Акимов, Е.М. Гололобов, В.П. Новиков и др.).

Исследованы физические свойства чистых металлов и сплавов при низких температурах и в сильных магнитных полях. Установлена связь топологии поверхности Ферми алюминия с поведением теплопроводности и термо-ЭДС в сильном магнитном поле, обнаружено значительное увеличение прочности и пластичности алюминия в сильном магнитном поле при понижении температуры до 4,2 К и ряд других эффектов (Н.Н. Сирота, В.И. Гостищев, С.Е. Демьянов, М.Л. Петровский и др.).

Построена феноменологическая теория отражения света от активных (усиливающих) и от нелинейных сред в условиях самовоздействия. Предсказано ранее неизвестное, а впоследствии подтвердившееся на опыте, явление оптического гистерезиса при отражении и преломлении света на границе с нелинейной средой (Б.Б. Бойко, Н.С. Петров). За цикл работ «Отражений света от усиливающих и нелинейных сред» автором присуждена Государственная премия БССР (1990 г.).

Хотя основу тематики Института составляли фундаментальные исследования, большое внимание всегда уделялось их прикладной направленности. Широкий спектр разработок, получивших практическую реализацию — от радиационной технологии производства полупроводниковых приборов; сверхтвердых материалов на основе кубического нитрида бора и алмаза для обрабатываемого инструмента; полупроводниковых датчиков широкого назначения; магнитных и пьезоэлектрических материалов для изделий твердотельной электроники; магнитных пленок в устройствах хранения и обработки информации до медицинских аппаратов магнитотерапии и

высокоэффективных нагревательных элементов нового поколения.

Разработки Института регулярно демонстрируются на международных и республиканских выставках, многие из них удостоены медалей и дипломов.

Институтом учреждены 3 государственные предприятия, доля научно-технических работ которых составляет почти 100 %. Они производят продукцию на сумму, превышающую общий объем финансирования Института. Через эти предприятия и напрямую Институт поддерживает обширные постоянные связи с предприятиями и учреждениями Минпрома, Минздрава и других министерств республики.

Научные исследования Института отмечены тремя Государственными премиями республики (1980 г., 1990 г., 1992 г.), Премией Совета Министров СССР (1990 г.), Премией президентов трех Академий наук - Беларуси, Украины и Молдовы (1997 г.).

Институт поддерживает широкие связи с научными организациями стран СНГ и дальнего зарубежья: России, Украины, Молдовы, Англии, Германии, Франции, Швеции, США, Японии и других стран.

В соответствии с требованиями времени сегодня Институт делает решительные шаги по совершенствованию своей деятельности с целью выхода на новый качественный уровень. Ведется большая работа по критическому пересмотру тематики и организационной структуры, по концентрации сил и средств на приоритетных направлениях фундаментальных исследований, по усилению их прикладной направленности в интересах нашей Республики. Нет сомнения, что коллектив Института приложит все усилия, использует все свои возможности для достижения новых высоких рубежей.

В заключение хотелось бы отметить еще некоторых бывших и нынешних сотрудников Института (конечно же, не охватив всех!), которые внесли большой вклад в его развитие и его достижения. Это — Н.А. Струков, А.И. Олехнович, Л.И. Ганаго, А.Г. Дутов, Н.М. Шишонко, А.В. Мазовко, А.П. Каравай, В.Д. Янович, Е.Ф. Шаповалова, В.И. Гатальская, В.В. Федотова, И.Д. Ломако, И.Т. Боднар, Н.А. Прыткова, В.В. Петрашко, В.П. Яруничев и др.

Большого и славного дальнейшего пути тебе, наш родной юбиляр — Институт физики твердого тела и полупроводников!