



КАЗАНСКИЙ  
ФИЗИКО-  
ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ

ИМЕНИ  
Е. К. ЗАВОЙСКОГО

2007

ЕЖЕГОДНИК

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

КАЗАНСКИЙ  
ФИЗИКО–ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ

ИМЕНИ Е. К. ЗАВОЙСКОГО

2007



ЕЖЕГОДНИК

ФИЗТЕХПРЕСС

## Памяти Ильдуса Бариевича Хайбуллина. К 70-летию со дня рождения

11 октября 2007 года исполнилось 70 лет со дня рождения Ильдуса Бариевича Хайбуллина – известного учёного и организатора науки, члена-корреспондента РАН, академика АН РТ, почётного члена многих национальных академий, лауреата Государственных премий СССР и РТ. Лишь семь месяцев Ильдус Бариевич не дожил до этой даты, и трудно осознавать, что этого яркого человека нет с нами. В последние годы Ильдус Бариевич возглавлял отдел радиационных воздействий на материалы и лабораторию радиационной физики, одновременно являясь главным учёным секретарем Академии наук РТ. Ильдус Бариевич – основоположник нового для казанской научной школы направления – ионной имплантации. Со времени основания направления (1971–1972 гг.) Казанский физтех стал не только одним из ведущих научных центров радиоспектроскопии, но и передовым центром по физике взаимодействия высокоэнергетичных ионных и лазерных пучков с веществом и по применению их в микро-, опто- и нанoeлектронике.

А начиналось всё с окончания радиофака Казанского авиационного института (1960 г.), когда молодые выпуск-



Ильдус Бариевич Хайбуллин  
(11.10.1937–23.02.2007)

ники, обученные новой (в то время) полупроводниковой технике, были направлены на предприятия “оборонки”. На номерном заводе (ныне ПО “Электрон”) Ильдус Бариевич занимался разработкой телеметрической аппаратуры для космических кораблей. Уже тогда молодой специалист, благодаря высокой квалификации, энергии и организаторским способностям, возглавил лабораторию радиотехнического отдела, ему также была предложена должность заместителя главного инженера крупного предприятия. Но не



За установкой лазерного отжига (1988 год).  
И. Б. Хайбуллин, Е. И. Штырков, М. М. Зарипов.

таков был Ильдус Бариевич, чтобы замыкаться лишь на организации производства. В то время Казанский физтех остро нуждался в технических специалистах, особенно в радиофизиках и электронщиках, поскольку ещё не было серийных радиоспектрометров, а новые научные результаты получали, в основном, на самодельных установках и самостоятельно выращенных кристаллах. В 1966 году он переходит в физтех по приглашению Б. М. Козырева в его отдел, где уже работали его “однокашники” (И. Х. Музеев, А. Н. Гильманов, Д. Я. Осокин и В. К. Нурмухаметов), на должность старшего инженера. В 1967 году акад. Е. К. Завойский, работающий в то время в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова, предложил установить в

КФТИ ионный ускоритель для контролируемого введения различных примесей в кристаллы с последующими исследованиями их радиоспектроскопическими методами.

Ионный ускоритель ИЛУ был разработан в Курчатовском институте для масс-сепарационного разделения изотопов в малых количествах, но вскоре оказался востребован в микроэлектронике для имплантационного примесного легирования полупроводников взамен традиционного метода, диффузионного. Один из первых ионных ускорителей ИЛУ был смонтирован на передовом предприятии советской микроэлектроники – НПО “Микрон” (г. Зеленоград), возглавляемом членом-корр. АН СССР К. А. Валиевым, для производства интегральных микросхем, являющихся элементной базой отечественных ЭВМ.

Для ознакомления с заказанным ускорителем (а предложено было установить 3 экземпляра) Б. М. Козырев направляет в Курчатовский институт молодого инженера. Ильдус Бариевич, увидев размеры установки и количество потребляемого ею жидкого азота, срочно шлёт телеграмму примерно такого содержания: “Установка малогабаритна лишь по меркам Курчатовского института, следует отказаться от заказа, либо ограничиться только одной”. Установка прибыла отдельным вагоном, а Ильдус Бариевич в 1969 году был направлен в аспирантуру Курчатовского института, где проводил исследования имплантированных полупроводников методом ИК-спектроскопии. Одновременно он координировал работы по монтажу и наладке в КФТИ ионного ускорителя (1971–1972 гг.), проводимые в лаборатории электронного парамагнитного резонанса (зав. лабораторией М. М. Зарипов). Работы потребовали значительных усилий, особенно в тогдашних условиях дефицита: потребовались подготовка помещения, доукомплектование вакуумным и силовым оборудованием, доработка установки, создание методов исследований. В 1973 году Ильдус Бариевич защитил в Москве кандидатскую диссертацию и возглавил небольшую группу ионной имплантации (ст. инженер Р. М. Баязитов, ст. лаборант В. В. Марьин). Прежде всего, были расширены возможности ускорителя за счёт изготовления дополнительных источников ионов. В результате вплоть до настоящего времени установка имеет наиболее оснащённый в России парк источников, позволяющий проводить эксперименты с пучками ионов самых различных элементов и высокими дозами.

Первые успехи группы были достигнуты в 1974 году совместно с сотрудниками той же лаборатории Е. И. Штырковым



Ильдус Бариевич с сотрудниками (1982 год).  
Слева направо, первый ряд: Я. В. Фаттахов,  
И. Б. Хайбуллин, Р. М. Баязитов; второй ряд:  
И. З. Илалтдинов, В. И. Нурджин, Г. Г. Закиров,  
В. Ю. Петухов.



Президент Республики Татарстан М. Ш. Шаймиев и И. Б. Хайбуллин возле ионного ускорителя ИЛУ во время посещения института Президентом (1994 год).

и М. Ф. Галяутдиновым, которые занимались поиском новых материалов для лазерной записи отражательных голограмм. Известно, что ионная имплантация резко изменяет оптические свойства полупроводников за счёт введения дефектов. Свойства восстанавливаются после термического отжига, устраняющего дефекты. А почему бы не попытаться вместо термического отжига использовать воздействие лазерным пучком? Первый же эксперимент, проведённый на кремнии, имплантированном ионами фосфора, показал – есть новый материал для записи голограмм! Но ещё более впечатляющим оказалось то, что электрические свойства облучённого лазером слоя значительно лучше, чем после термического отжига, необходимого после ионной имплантации, а это значит – есть новый метод легирования полупроводников! Новый метод и неизвестное ранее явление, названные “лазерным отжигом” (хотя и связаны с обратным процессом – закалкой в сильно неравновесном состоянии), обнаружили необычайные возможности. Высокая локальность, отсутствие ростовых дефектов, создание кристаллических слоёв с аномально высокой



Во время вручения Международной премии им. Е. К. Завойского проф. Дж. Х. Фриду (1998 год). Слева направо: акад. К. А. Валиев, член-корр. РАН К. М. Салихов, член-корр. РАН И. Б. Хайбуллин, проф. Дж. Х. Фрид.

растворимостью примесей, не встречаемой в природе и недостижимой другими методами, послужили бурному развитию направления импульсной модификации свойств материалов как в нашей стране, так и во всём мире, а полученные результаты оценивались как новый прорыв в микроэлектронике. Как писал Президенту АН СССР директор Института по исследованию дефектов твёрдых тел (США) проф. Дж. К. Корбетт: “Конечно, лазерный отжиг является настолько важным, что его открытие было лишь вопросом времени. Но является фактом, что пионерские работы казанской группы открыли волнующие перспективы научного и технологического планов. Это является достижением, которым они и Советский Союз могут гордиться”. К настоящему времени технология обработки материалов импульсными пучками интенсивных излучений получила устойчивый термин – быстрый термический отжиг (Rapid Thermal Annealing) и широко используется в производстве современных интегральных микросхем. Открытие явления быстрой ориентированной кристаллизации твёрдых тел (лазерный отжиг) удостоено Государственной премии СССР (1988 г., совместно с Е. И. Штырковым, М. М. Зариповым, М. Ф. Галяутдиновым, Р. М. Баязитовым и другими сотрудниками академических институтов страны).

Необычайные энергия и коммуникабельность Ильдуса Бариевича позволили быстро развернуть исследования и по другим направлениям ионной имплантации. В 1975–1980 гг. группа значительно расширилась (Г. Г. Закиров, В. Ю. Петухов, И. А. Файзрахманов, В. И. Нуждин, М. И. Ибрагимова и Я. В. Фаттахов). Начались работы, в которых были заинтересованы предприятия Татарстана (модификации оптических покрытий и узкозонных полупроводников для оптико-механической промышленности, ГИПО), а также по основным направлениям института (создание и исследование новых магнитных тонкоплёночных материалов).

При этом существенно расширилась область применения ионной имплантации. Например, впервые было предложено использовать воздействие на границу “покрытие-подложка” ускоренных ионов, что стимулировало реакции и приводило к резкому возрастанию адгезии. Обработка ионными пучками дорогостоящих нарезных дифракционных решёток за счёт повышения адгезии и ионного синтеза защитных покрытий позволило в несколько раз повысить количество производимых с них дифракционных решёток-реплик. Более того, был обнаружен эффект ионной полировки отражающих покрытий, что позволило уменьшить более чем на порядок их светорассеяние, благодаря чему повышались разрешающая способность и чувствительность оптических спектрометров. К концу 80-х годов XX века возникла острая необходимость в голографических дифракционных решётках, которые по ряду параметров превосходили классические. При этом необходимо было разработать методы прецизионного управления формой штрихов таких решёток на нанометровом уровне. На основе проведённых исследований такая технология была разработана, что являлось очень крупным достижением

оптико-механической промышленности СССР. Результаты этих работ и их промышленное внедрение были удостоены Государственной премии РТ (1998 г., совместно с И. А. Файзрахмановым и сотрудниками ГИПО).

Ильдус Бариевич всегда остро чувствовал любые новейшие направления и тенденции современной науки и с удовольствием поддерживал все пионерские исследования в их развитии. Так, в его группе в конце 70-х годов XX века было впервые предложено использовать высокодозную имплантацию для ионного синтеза силицидов и тонких ферромагнитных плёнок. Теперь ионно-лучевой синтез магнитных наноструктур и модификация свойств тонких плёнок при высокодозной имплантации ионов переходных металлов стали одним из основных направлений работы его отдела.

В 1985 году Ильдус Бариевич защитил докторскую диссертацию в форме научного доклада по лазерному отжигу ионно-легированных полупроводников, а в 1991 г. был избран членом-корреспондентом Российской академии наук. В 1989 году руководимая им группа получила статус лаборатории радиационной физики, а затем и отдела радиационных воздействий на материалы (2003 г.), состоящего из трёх лабораторий. Одновременно с руководством лабораторией с 1988 по 1992 гг. Ильдус Бариевич активно работал как заместитель директора института по научной работе. В этот тяжёлый для страны и науки период в значительной мере удалось сохранить финансирование института и избежать оттока научных кадров. Его активная

деятельность позволила значительной части сотрудников института улучшить свои жилищные условия путём участия в работе молодёжного жилищного комплекса.

Талант Ильдуса Бариевича как организатора научных исследований особо проявился на посту главного учёного секретаря Академии наук Татарстана (с 1992 г.). Координация деятельности самых различных научных школ Республики как в естественных, так и в гуманитарных науках требовала высокой эрудиции, знания проблем науки, промышленности, образования, культуры. Причём эта работа требовала как интенсивной законотворческой деятельности совместно с комитетами Госсовета Республики, так и внимательного рассмотрения многочисленных предложений отдельных научных работников. Но, несмотря на высокую занятость, обсуждение любых вопросов научной работы отдела было для Ильдуса Бариевича приоритетным, и он всегда находил для этого время.

В последнее время научная школа, основанная Ильдусом Бариевичем Хайбуллиным, костяк которой составляют отдел радиационных воздействий на материалы и его многочисленные ученики, занимается решением широкого круга проблем микро-, опто-, магнитоэлектроники, медицины, машиностроения, включая синтез и исследование новых наноструктурированных материалов. И развитие этих направлений, безусловно, связано с именем этого яркого человека.

*Р. М. Баязитов, В. Ю. Петухов, И. А. Файзрахманов*