

Ионная имплантация

С 23 по 26 октября в Новосибирске проходили совместно IV Всероссийская конференция «Физические и физико-химические основы ионной имплантации» (с участием иностранных учёных) и Международная молодежная конференция «Радиационно-термические эффекты и процессы в неорганических материалах». Конференции были посвящены памяти профессора, доктора физико-математических наук, лауреата Государственной премии СССР, Заслуженного деятеля науки и техники Леонида Степановича Смирнова.

В научном форуме приняли участие более 200 специалистов из ближнего и дальнего зарубежья, около 100 из которых являлись молодыми учёными, аспирантами и студентами. Это представители различных учебных и научно-исследовательских организаций, производственных предприятий России из Москвы, Санкт-Петербурга, Черноголовки, Казани, Чувашии, Томска, Ярославля и, конечно же, НГУ и академических институтов СО РАН.

Зарубежные участники прибыли из НПЦ НАН Беларуси (Минск), Белорусского государственного университета, Университета Пуаттье (Франция), Университета Мельбурна (Австралия) и Австралийского национального университета, Университета Хельсинки (Финляндия), Университета технологии (Делфт, Нидерланды) и Университета Тулузы (Франция).

Также в работе форума участвовали представители крупных фирм, производителей аналитического и вакуумного оборудования, включая ионные имплантеры: НТ-МДТ, Токио Бозки ЛТД, ЗАО «Научное оборудование», TechnoInfo Ltd.

Всего на конференциях было представлено 109 докладов (устные доклады — 61, из них 27 по приглашению Оргкомитета конференции, ориентированных на молодых учёных, а также 48 стендовых докладов). Треть докладов была представлена молодыми учёными.

Конференция была организована Институтом физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН при поддержке Сибирского отделения РАН, Научного Совета РАН по проблеме «Радиационная физика твёрдого тела», Министерства образования и науки Российской Федерации, Российского фонда фундаментальных исследований, Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (ННГУ), Новосибирского государственного университета, Томского государственного университета. IV Всероссийская конференция «Физические и физико-химические основы ионной имплантации» и Международная молодежная конференция «Радиационно-термические эффекты и процессы в неорганических материалах» были посвящены следующим направлениям: «Общие физические и физико-химические проблемы ионной имплантации и радиационной физики твёрдого тела, физические явления в электрических и тепловых полях», «Физические проблемы ионной имплантации в полупроводниках», «Физические проблемы ионной имплантации в непроводниковых материалах», «Ионно-лучевое формирование наноструктур, объектов спинтроники и их свойства», «Физические явления дальнего действия при ионном облучении и смежные вопросы», «Физические проблемы технологии ионной имплантации и сфокусированных ионных пучков», «Применение радиационно-термических процессов в нанотехнологии», «Методы исследования радиационно-термической модификации свойств материалов».

Идея применения ускорительной техники для насильственного введения тех или иных элементов в твердотельные материалы являлась крайне привлекательной для осуществления легирования материала на необходимую глубину, любыми элементами из таблицы Менделеева, с прецизионным контролем уровня вводимой концентрации элементов. Предложение такого подхода связывают с работой, выполненной в лаборатории А.Ф. Иоффе М.М. Бредовым, А.Р. Регелем и Р.Ф. Комаровой (Коноплевой) и опубликованной в 1954 году в ДАН. Однако реализация этой идеи оказалось достаточно трудным делом с преодолением многих проблем, которые, как

временами казалось, заставят навсегда отказаться от возможности их решения.

Главная проблема заключалась в огромном количестве дефектов, возникающих в материале при насильственном введении даже единичного элемента с помощью ускорительной техники (в настоящее время — метод ионной имплантации). В процессе торможения ускоренных частиц в твёрдом теле возникал каскад смещений атомов среды из их исходных положений, что катастрофически изменяло свойства материала, особенно полупроводников, как наиболее чувствительных к внешним воздействиям даже при слабых потоках частиц. Дефекты фактически маскировали проявление легирования материала — изменение свойств, связанных с внедренным элементом.

Попытки решения проблемы дефектов с помощью очевидных подходов — высокотемпературных термообработок — не дали ожидаемых результатов. Нагрев приводил к трансформации дефектов и значительная их часть сохранялась вплоть до высоких температур, после прогрева при которых начинали необратимо меняться исходные свойства материала. Это вызывало скептическое отношение к самой идее ионного легирования. Высказывались предположения, что ионное легирование способно обеспечить лишь создание чистого источника необходимых элементов в приповерхностной области твёрдого тела для последующей их диффузии из дефектного слоя в объём материала. Такая перспектива значительно ограничивала ожидаемые возможности ионного легирования, особенно в части получения тонких (нм) легированных слоев и больших градиентов в пространственном распределении внедренных элементов. Именно эти параметры являются часто востребованными при разработке многих приборов и схем.

Исследование формирования и перестройки дефектов, перехода кристалла в аморфное состояние при ионном облучении привело к заметному успеху в решении проблем легирования материала и достижения проявления ожидаемых достоинств ионной имплантации. Температура перекристаллизации аморфизированных ионной имплантацией слоев оказалась заметно ниже температуры отжига точечных и протяжённых дефектов кристаллической структуры. Совершенство структуры после перекристаллизации аморфного слоя оказалось достаточно высоким. Это было одним из первых успехов в решении проблем ионной имплантации.

Прорывным успехом в решении проблемы устранения дефектов стало «Открытие явления импульсной ориентированной кристаллизации твёрдых тел (лазерный отжиг)» — Государственная премия СССР 1988 года, присужденная И.Б. Хайбуллину, Е.И. Штыркову, М.Ф. Галаяудинову, Р.М. Баязитову, Л.С. Смирнову, Л.Н. Александрову, Г.А. Качурину, А.В. Двуреченскому, Ю.В. Ковальчуку, Ю.В. Погорельскому, Ю.В. Копяеву. Короткие времена воздействия электромагнитного излучения на облученные ионами полупроводниковые слои обеспечивали восстановление кристаллической структуры и сохранение исходного пространственного распределения внедренных в твёрдое тело элементов.

В настоящее время технология ионной имплантации является главной и фактически единственной в процессах легирования полупроводников при производстве изделий электронной техники в мире. Импульсный (лазерный) отжиг стал также базовой технологией в ведущих мировых фирмах производителей

различных схем и приборов, в частности, большеформатных матриц полевых транзисторов, используемых для управления жидкокристаллическими дисплеями при массовом производстве мониторов.

На конференции основное внимание уделялось фундаментальным проблемам взаимодействия быстрых частиц с твёрдым телом (полупроводники, металлы, керамические материалы и полимеры), радиационно-термическим эффектам и процессам синтеза наноструктур и их модификации, ионно-стимулированной самоорганизации, формирования нанорельефа, сверхнизкоэнергетической ионной имплантации, облучения сфокусированными ионными пучками, одиночными ионами, многозарядными ионами, быстрыми тяжёлыми и кластерными ионами, ионами из плазмы (плазменная иммерсионная имплантация).

Исследование наноструктур, переход к нанометровым размерам поставили перед ионной имплантацией и другими методами радиационной модификации материалов новые задачи: от формирования нанометровых ионных пучков и нанометровых легированных областей до имплантации отдельных атомов в нанобъекты типа фотонных кристаллов, квантовых точек, одноэлектронных транзисторов и однофотонных излучателей, микро- и нанорезонаторов, приборов спинтроники, оптоэлектроники и атомарного зондирования. Понимание и управление этими процессами может быть ключом к реализации технических и технологических прорывов в нескольких критических направлениях науки и техники.

Ряд проблем радиационных воздействий в области фундаментальных исследований решается методами компьютерного моделирования. На конференции представлялись доклады по изучению элементарных процессов, происходящих при внедрении ионов в твёрдые тела методом молекулярной динамики и по исследованию более длительных радиационно-термических процессов с учётом статистического аспекта задачи — методом Монте-Карло.

Молодежная конференция охватывала наиболее важные фундаментальные и прикладные аспекты использования радиационных и радиационно-термических воздействий для решения современных научных и технологических задач нано- и микроэлектроники.

На заключительном заседании выступил председатель СО РАН, председатель программных комитетов конференций академик А.Л. Асеев, отметивший важность развиваемых направлений для полупроводниковой электроники, вклад научной школы профессора Л.С. Смирнова в работы по радиационной физике полупроводников.

Участники конференций в своих выступлениях высоко оценили уровень представленных работ, новизну и оригинальность полученных результатов. Доклады по приглашению отражали как обзор работ в наиболее актуальных направлениях, так и анализ ярких явлений и закономерностей при облучении материалов быстрыми частицами, что было особенно важно для молодых учёных. Следующая конференция по ионной имплантации планируется через два года в г. Нижний Новгород.

А.В. Двуреченский, чл.-корр. РАН, сопредседатель организационного комитета, зам. председателя программного комитета конференций
На снимке: — коллективная фотография участников заключительного заседания конференций.

Конкурс

Тюменский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики СО РАН (ТюмФ ИТПМ СО РАН) объявляет конкурс на замещение вакантной должности научного сотрудника по специальности 01.02.05 «механика жидкости, газа и плазмы». Срок конкурса — два месяца со дня опубликования объявления. Документы направлять по адресу: 625026, г. Тюмень, ул. Таймырская, 74, а/я 1507. Объявление о конкурсе и перечень необходимых документов опубликованы на сайте ТюмФ ИТПМ СО РАН (www.timms.tnmsc.ru).

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН объявляет конкурс на замещение следующих вакантных должностей на условиях срочного трудового договора по соглашению сторон: научного сотрудника лаборатории генетики клеточного цикла по специальности 03.01.07 «молекулярная генетика» — 1 вакансия. Дополнительно требуется опыт создания генно-инженерных конструкций и публикации по клеточной биологии везикулярного трафика; научного сотрудника лаборатории молекулярной цитогенетики по специальности 03.01.07 «молекулярная генетика» — 1 вакансия; старшего научного сотрудника лаборатории генетики «ка» — 1 вакансия. Дополнительно требуется опыт создания генно-инженерных конструкций и публикации по клеточной биологии везикулярного трафика; научного сотрудника лаборатории молекулярной цитогенетики по специальности 03.01.07 «молекулярная генетика» — 1 вакансия; старшего научного сотрудника лаборатории цитогенетики животных по специальности 03.01.07 «молекулярная генетика» — 1 вакансия; младшего научного сотрудника лаборатории цитологии и апоптоза растений по специальности 03.02.07 «генетика» — 1 вакансия. Требования к кандидатам — в соответствии с квалификационными характеристиками, утвержденными постановлением Президиума РАН от 25.03.2008 г. № 196. Срок проведения конкурса — через два месяца со дня публикации объявления. Документы принимаются по адресу: 630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 8/2, ИМКБ СО РАН. Подробная информация о конкурсе размещена на сайтах Президиума СО РАН (www.sbras.ru) и института (mcb.nsc.ru). Справки по тел.: 8-952-916-7858 (ученый секретарь), e-mail: info@mcb.nsc.ru.

Конструкторско-технологический филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН объявляет конкурс на замещение должностей: научного сотрудника по специальности 01.02.04 «механика деформируемого твёрдого тела», имеющего ученую степень кандидата или доктора наук и специализирующегося в области обработки материалов взрывом (полная ставка); младшего научного сотрудника по специальности 01.02.06 «динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», специализирующегося в области измерения напряжений и деформаций в конструкциях, подвергающихся импульсным нагрузкам (полная ставка); младшего научного сотрудника по специальности 01.02.06 «динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», специализирующегося в области проведения прочностных расчётов конструкций, подвергающихся импульсным нагрузкам (0,5 ставки). Срок подачи заявления и необходимых документов — не позднее двух месяцев со дня опубликования объявления. Конкурс состоится 18 января 2013 года в 10:00 в конференц-зале института. Требования к кандидатам — в соответствии с квалификационными характеристиками, утвержденными постановлением Президиума РАН от 25.03.2008г. № 196. Документы направлять в конкурсную комиссию по адресу: 630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 15. Справки по тел.: 333-22-24 (отдел кадров). Объявление о конкурсе и перечень необходимых документов размещены на сайтах института (<http://www.hydro.nsc.ru>) и Президиума СО РАН (<http://www.sbras.nsc.ru>).

