

Андрей Георгиевич Забродский

(к 60-летию со дня рождения)



26 июня 2006 г. исполняется 60 лет со дня рождения директора Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (ФТИ РАН) Андрея Георгиевича Забродского. Научная деятельность А.Г. Забродского в ФТИ началась в секторе, руководимом Ж.И. Алфёровым, с его дипломной работы, посвященной исследованию пространственного излучения созданных в то время гетеролазеров. После окончания с отличием в 1970 г. Ленинградского политехнического института А.Г. Забродский был призван на службу в армию в должности инженер-лейтенанта. С 1972 г. научная работа А.Г. Забродского всецело связана с исследованиями в области экспериментальной физики и физики полупроводников в стенах ФТИ, где он прошел путь от аспиранта до директора института (с 2003 г.).

Имя А.Г. Забродского в научном мире связано прежде всего с фундаментальными результатами, полученными им в области физики неупорядоченных систем. Мировую известность А.Г. Забродскому принесли пионерские исследования 80-х годов, в ходе которых им было открыто и исследовано фундаментальное для изоляторного состояния легированных полупроводников явление существования на уровне Ферми кулоновской щели, обусловленной притяжением прыгающего по локализованным состояниям электрона к возникающей на его

месте дырке, своего рода „экситонным“ эффектом. На этом пути А.Г. Забродскому пришлось решить ряд принципиальных вопросов о получении однородных образцов с фиксированным уровнем легирования и степенью компенсации, разработать метод (впоследствии названный его именем) прецизионных исследований и идентификации механизмов низкотемпературного прыжкового электронного транспорта с переменной энергией активации, включающий оригинальную методику спектроскопии плотности состояний вблизи уровня Ферми в изоляторном состоянии. Эта методика основана на исследовании прыжковой проводимости с переменными энергией активации и длиной прыжка, чрезвычайно чувствительной к ходу плотности состояний в окрестности уровня Ферми. Результаты А.Г. Забродского по низкотемпературному прыжковому транспорту и кулоновской щели были настолько новы и неожиданны, что им пришлось буквально пробиваться против господствовавших тогда в мире представлений, но с конца 80-х годов они уже были признаны научной общественностью и стали классическими. В 90-х годах А.Г. Забродский вместе со своим учеником А.Г. Андреевым обнаружили аномально узкие кулоновские щели в умеренно заполненных примесных зонах полупроводников, обусловленные многоэлектронными корреляциями при электронных перескоках между локализованными состояниями. Важное приложение описанные выше результаты по исследованию кулоновских щелей имели к одной из центральных проблем физики неупорядоченных систем — проблеме фазового перехода II-го рода металл-изолятор. С их помощью А.Г. Забродскому удалось открыть, что в легированных полупроводниках этот переход связан со схлопыванием кулоновской щели, в какой-то степени наподобие того, что имеет место при переходе из сверхпроводящего состояния в нормальное.

Другое научное направление, где А.Г. Забродский является признанным лидером, лежит на стыке полупроводниковой и ядерной физики. Своим появлением оно обязано предложенным и выполненным им изящным экспериментам по использованию кинетики нейтронного трансмутационного легирования германия в исследовательских целях. В ходе этих экспериментов были существенно уточнены некоторые ядерно-физические постоянные „легирующих“ изотопов германия. Высокая точность была достигнута за счет того, что система трансмутационных примесей выступает как уникальный „внутренний“ детектор с огромной чувствительностью и динамическим диапазоном. Полупроводниковая наука получила совершенно оригинальный метод „фермиуровневой спектроскопии“ электронных состояний в запрещенной зоне германия („метод Забродского“). Метод

основан на том, что в природной смеси изотопов германия введение основной трансмутационной примеси — мелких акцепторов галлия происходит много медленнее, чем неосновных (мелких и глубоких) донорных состояний мышьяка и селена, и потому по мере опустошения донорных уровней происходит сканирование уровнем Ферми состояний в запрещенной зоне германия. Важно заметить, что метод применим и к твердым растворам кремний—германий, если только содержание германия в них превышает 1 ат%.

Из этих работ А. Г. Забродского возник еще целый ряд интересных и неожиданных применений в физике полупроводников, связанных как с возможностью прецизионной характеристики параметров нейтронно-легированного германия и твердых растворов кремний—германий, так и с возможностью управлять этими параметрами в ходе высокооднородного нейтронного легирования. Прикладной выход этих исследований состоял в том, что в сочетании с отмеченными ранее достижениями по изучению (квантового) прыжкового электронного транспорта удалось решить задачу разработки глубоко охлаждаемых приемников теплового излучения (болометров) с рекордной чувствительностью и криотерморезисторов. Эти работы получили высокий отзыв П. Л. Капицы и были удостоены премии Совета Министров СССР в 1983 г.

В последнее десятилетие А. Г. Забродский совместно с А. И. Вейнгером и другими сотрудниками получили ряд приоритетных результатов по магнитным свойствам немагнитных полупроводников в области перехода металл—изолятор, демонстрирующим установление магнитного порядка в предпереходной области изоляторного состояния. Ими были разработаны оригинальные методики использования магнитозависимого сверхвысоко-частотного поглощения для бесконтактной диагностики и исследования малых объемов сверхпроводящих, изоляторных и металлических фаз. С помощью этих методик, например, впервые удалось обнаружить существование квантовых поправок интерференционной природы к низкотемпературной проводимости невырожденных (слабо

легированных) полупроводников, выполнить исследования наноразмерных кластеров в твердых растворах кремний—германий, важные с точки зрения преодоления имеющихся в настоящее время ограничений возможностей приборов на их основе.

В общей сложности профессор А. Г. Забродский является автором и соавтором более 180 научных трудов, повлиявших на развитие ряда разделов экспериментальной физики и физики полупроводников и заслуживших признание научной общественности.

С 2004 г. А. Г. Забродский активно включился в решение научных и технологических проблем водородной энергетики. Он организовал в ФТИ и возглавил направление, связанное с созданием и разработкой микро- и нанотехнологий для водородной энергетики. Речь идет о разработке портативных топливных элементов на основе развиваемых в ФТИ технологий изготовления эффективных монодисперсных нанокатализаторов и микротехнологий пористого кремния, об исследованиях и разработках в области эффективных портативных систем хранения и получения водорода.

Активную научную деятельность профессор А. Г. Забродский совмещает с научно-педагогической и научно-организационной работой. С 1989 г. он заведует известной за пределами ФТИ Лабораторией неравновесных процессов в полупроводниках, базовой для одноименной научной школы, из которой вышло более 20 докторов наук. С 1993 г. он — профессор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. В 2005 году А. Г. Забродский основал и возглавил в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете Кафедру физики и современных технологий твердотельной электроники. А. Г. Забродский является членом Президиума Санкт-Петербургского научного центра РАН, членом Советов РАН по физике полупроводников и по научному руководству и координации НИОКР по водородной энергетике и топливным элементам, руководителем Северо-западного отделения Национальной ассоциации водородной энергетики.

Редколлегия журнала «Физика и техника полупроводников»