Солтанова Н.Б.

Институт физики Национальной Академии Наук Азербайджана (НАНА)

Баку, Азербайджан

doi 10.18411/gdsn-28-02-2017-09

idsp 000001:gdsn-28-02-2017-09

**Институт физики и математики Академии наук Азербайджана (Азерб.ССР)
– головная организация по физике Se и Tl в СССР
(вторая половина XX века)**

Soltanova N.B.

**Institute of Physics and Mathematics of the Academy of Sciences of Azerbaijan
(Azerb. SSR) - the parent organization for physics Se and Tl in the USSR(Second
half of the XX century)**

Abstract

The article deals with the leading role of the Institute of Physics, Academy of Sciences of the Azerb.SSR on "Physics of selenium and tellurium. Techniques and instrument engineering based on them "throughout the Soviet Union (USSR). Institute of Physics of the Azerbaijan Academy of Sciences. SSR in the world of science has been recognized as a leading scientific institution for the study of the physical properties of GaSe and Se.

Вторая половина XX века. Технический прогресс, широкая применяемость полупроводников в промышленности, в технике, в быту уже громко говорили в мире о себе. Сильно потребовалось уделение внимания данной проблеме. Зарубежные ученые по этой теме далеко опережали советскую науку. Одним из затруднений для советских ученых была закрытость Советского Союза. Т.е. советским ученым было не так-то уж и легко добраться до зарубежной научной информации, литературы, до зарубежных научных новостей. Советским ученым приходилось работать самостоятельно, с нуля, вслепую.

1955 год. В Институте Физики и математики АН Азерб.ССР активизируется деятельность доктора физ.-мат. наук, член-корреспондента АН Азерб. ССР Г.Б.Абдуллаева. В годовом плане (1955г.) уже появилась Проблема под его руководством («Полупроводники и их техническое применение»). Г.Б.Абдуллаев был одним из тех, кто ясно видел актуальность проблемы. Его научная интуиция помогла уловить пульс времени. И будучи энергичным и влюбленным в свою работу, он усердно вступил на научную тропинку, по которой нужно было не идти, а бежать.

Наука и промышленность – это два взаимосвязанных поля деятельности Человечества. Путь науки к промышленному внедрению проходит через фундаментальные исследования, которые порождают многочисленные ветви прикладных научных направлений, а последние, в свою очередь, являются движущими силами развития различных отраслей промышленности. Промышленность, в свою очередь, ставит новые задачи перед наукой. Таким образом, наука и промышленность, как взаимосвязанные звенья одной цепи, способствуют взаимному обновлению и развитию.

В отделе физики – ведущем отделе Института физики и математики АН АзССР – основными проблемами, над которыми работали физики, были физика нефти и физика полупроводников. Эти две проблемы постепенно сменились местами. Первое место уже заняла физика полупроводников.

Методом меченных атомов изучена диффузия примесей брома, железа, селены, ртути, цинка, стронция в селен. Получены результаты, позволяющие выявить физический механизм процессов, приводящих к старению, самозакорачиванию и расформовке селеновых выпрямителей.

Изучено влияние примесей брома и йода на электронные спектры поглощения селена. Исходя из полученных результатов, предложен оптический метод для обнаружения в селене примесей брома, что имеет важное значение для экстренного определения чистоты селена, потребляемого при изготовлении селеновых выпрямителей. Селен постепенно становится центром обсуждений. Было изучено влияние примесей брома и йода на физические свойства селена. В Азербайджанском Государственном университете в 1956г. по инициативе Г.Б. Абдуллаева была открыта кафедра физики полупроводников – это одна из первых кафедр физики полупроводников в Советском Союзе. В 1959г. же открыт самостоятельный физический факультет в АГУ. В 1957 году Г.Б.Абдуллаев назначен директором Института физики и математики АНАзССР. За короткий промежуток времени Институт физики и математики, благодаря работам Г.Б.Абдуллаева и его учеников по получению кристаллов селена, теллура, их сложных соединений, комплексному изучению их физических свойств и созданию новых полупроводниковых преобразователей приобрел авторитет одного из ведущих научных центров Советского Союза.

В 1957 г. Институт физики и математики АНАзССР утвержден головной организацией в СССР научно-технического направления «Физика и техника приборов на основе селена». Полученная репутация была последствием высокого уровня исследований. Институт уже официально приобрел свое научное направление.

Тема о полупроводниках существовала в Азербайджане еще с 30-х годов. Вопросами физики твердого тела занимались проф. С.Н.Усатый (20-е годы), проф. Е.Б.Лопухин, проф. Х.И.Амирханов. Одним из первых, ярких работ было открытие теплового выпрямления (1939 г.). Руководителем-консультантом в этом направлении был сам проф.А.Ф.Иоффе. Резкое взмывание ввысь за короткий промежуток времени - становление Института головной организацией по физике Se в Союзе в истории Института физики и математики АНАзССР-яркий

пик. Головная организация по всему Союзу – это не простая заслуга. Это очень ответственная и сложная работа. Г.Б.Абдуллаев- талантливый ученый, чувствовал, видел актуальные проблемы и ветви, которые отходили от проблем, сумел найти подход к решению появившихся вопросов, сумел решить ряд сложных задач. Сильная научная интуиция, большая трудоспособность, научная активность, стремление к поставленной цели были опорой на творческом пути ученого. Он за короткое время стал директором Института физики и математики АНАЗССР, сумел собрать вокруг себя талантливых, активных ученых. В Институте появилась живая, энергичная атмосфера. Г.Б.Абдуллаев сам направлял молодых ученых, увлеченных наукой, учиться у ведущих ученых, мастеров. Так назревала, зарождалась научная школа. Школа – это такой мир, в преддверии которого стоишь: полон энергии, умен, талантлив, но не совсем знаешь как всем этим пользоваться, а перешагнув через ворота и пройдя школу, уже выходишь мастером, специалистом – увидев явление, причину ловишь налет. За 1957 г. были получены ценные результаты. Методом меченных атомов проведено экспериментальное исследование диффузии железа, таллия, сурьмы, ртути, серы, индия, цинка в германие, селене, а также диффузия компонент в полупроводниках BiSe , Bi_2Se_3 , Tl_2Se_3 , InSe и в сплавах CdSn , CdSn-Tl в зависимости от температуры, электрического поля в степени разрыхленности кристалла. Для всех указанных элементов изучены механизм перемещения атомов в решетке, зависимость коэффициента диффузии от атомного радиуса, установлен экспоненциальный закон зависимости коэффициента диффузии от температуры; найдены значения энергии активации и влияния на него степени чистоты полупроводника. Эти результаты позволили выяснить причину ряда важных явлений, происходящих в селеновых и германиевых выпрямителях.

Исходя из результатов исследований диффузии таллия и индия в селене получены селеновые выпрямители с искусственными слоями, допускающие большое рабочее напряжение и высокую температуру. Синтезированы вещества: Tl_2Se , SnSe , Bi_2Se_3 , BiSe , CdSb , SnSb , InSe и методом меченных атомов изучена в них диффузия компонент.

Было изучено влияние примесей хлора, брома, и йода на электропроводность, термо-э.д.с., теплопроводность и оптические свойства селена.

Было получено влияние металлических примесей (Sn и Sb) на теплопроводность селена. Для изготовления образцов сконструирована и изготовлена специальная вакуумная печь с вибрационным устройством.

Был предложен экспериментальный метод для определения поглощения, рентгеновского, γ - и β - лучей в слое вещества, заключенного между плоскими поглотителями. Даны расчетные формулы для вычисления к.п.д. и квантового выхода фотоэлементов, непосредственно превращающих энергию рентгеновского, γ и β – лучей в электрическую.

Выяснено, что электрическая формовка увеличивает в несколько раз фототок и фото э.д.с. селеновых фотоэлементов и смещает их спектральную чувствительность в область коротких волн.

Исследования велись с большой интенсивностью и на высоком уровне. На ряде полупроводников и полупроводниковых систем испытывались процессы

диффузии, упругости насыщенных паров, влияние примесей на фотоэлектрические, оптические и др. свойства.

Исследовано влияние электрической формовки на фотоэлектрическую характеристику селеновых фотоэлементов. Исследовано также влияние термической обработки на фотоэлектрическую характеристику селеновых фотоэлементов.

В конце 50-х годов применение селеновых полупроводниковых приборов возросло весьма значительно. В Институте для очистки сырого Se высокой степени была собрана установка, дающая возможность дистиллировать Se в вакууме. Исследованы электрические свойства Se с чистотой 99,999%.

Велись исследования при низких температурах уже в Криогенном корпусе ИФАНАЗССР.

Расширяются международные связи Института. Проф. Г.Б.Абдуллаев участвует в 1961г. в Совещании по исследованию полупроводников сложного химического состава (США), в 1962 г. - Международном конгрессе по физике полупроводников (Англия), в 1963 г. – в Польше, на Совещании по сложным полупроводникам.

В 1963 г. была завершена работа, выполненная Э.Ю. Салаевым совместно с Физическим институтом АН СССР, в результате которой впервые показана возможность получения в селениде галлия инверсной заселенности и создан полупроводниковый лазер с электронной накачкой.

В 1968 г. Основное внимание было уделено исследованию ряда важных полупроводников типа АIII BV, АIII BVI, AIV халькогенидов меди и серебра, полупроводников сложного химического состава – типа АII B2III C4VI полупроводниковых твердых растворов, антиферромагнитных полупроводников и физических процессов, происходящих в селеновых и кремниевых р-п переходах и соединения АIII BV.

Исследования по разделу «Физики полупроводников» велись по некоторым вопросам теории кинетических явлений и энергетического спектра полупроводников. Получены температурная и полевая зависимости магнитосопротивления в квантовом пределе для полупроводников с непарболической зоной.

На основе развитой ранее теории косвенного обмена построена микроскопическая теория появления обменно-связанного дипольного электрического момента и электрического момента, связанного с существованием слабого ферромагнетизма.

Установлено, что независимо от валентности вводимых примесей, теплопроводность решетки в образцах р-типа больше чем п-типа. Выявлена общность этого факта как для соединений АIII BVI, так и полупроводников AIV и объяснена взаимодействием между примесями и заряженными вакансиями.

На примере тройных систем Jn-Sb-Te и Ga-Sb-Te показано, что при наличии собственных дефектов политропия примесей элементов группы IV прояв-

ляется при их более низких концентрациях. По-видимому, это носит общий характер для всех тройных систем AIII - BV - CVI.

Исследования, проведенные в Институте, позволили выявить новый класс сложных полупроводников, представляющих собой двойные и тройные соединения селена и теллура, оказавшихся перспективными для квантовой электроники, радио и электротехники. Впервые на монокристаллах селенида галлия было получено индуцированное излучение и созданы оптические квантовые генераторы видимого диапазона.

Институт успешно выполнил цикл работ по физике и химии тонких полупроводниковых пленок. Результаты этой работы нашли широкое применение на заводах микроэлектроники МЭП СССР.

Из ЭПР исследований впервые установлено, что Se имеет две характеристические температуры: $-620\text{ }^{\circ}\text{K}$, при которой происходит крошение длинных цепей в короткие и $-740\text{ }^{\circ}\text{K}$, выше которой цепочечная структура селена полностью разрушается.

Впервые получены монокристаллы гексагонального селена с электронной проводимостью ниже $2000\text{ }^{\circ}\text{K}$, что является предпосылкой разработки р-п переходов, работающих при низких температурах.

Другое важное направление проблемы «Физика полупроводников» – это исследование энергетического спектра элементарных возбуждений в полупроводниках, их взаимодействий друг с другом. В этом направлении получен ряд интересных результатов.

Теоретические и экспериментальные исследования зонной структуры и явлений переноса в полупроводниковых соединениях AIII BV и AII BVI, а также твердых растворов на их основе позволили определить степень влияния непараболичности зоны проводимости на рассеяние электронов.

Впервые обнаружено появление полос люминесценции в кристалле селенида галлия, легированного оловом, германием и йодом.

Под действием пучка быстрых электронов получены сильные рекомбинационные излучения в соединениях типа AIII B2VI C4VI ($\text{Cd Jn}_2\text{ S}_4$, $\text{Cd Ga}_2\text{S}_4$, $\text{Cd Jn}_2\text{ Se}_4$, $\text{Cd Ga}_2\text{ Se}_4$) и исследованием оптических фотоэлектрических и фото-магнитных свойств интерпретированных в спектрах спонтанного излучения. Большое значение придавалось излучению взаимодействия ультразвука с электронами проводимости полупроводника в связи с возможностью создания УЗ-х генераторов.

Впервые, благодаря научным изысканиям Г.Б.Абдуллаева, электронографически было показано, что механизм выпрямления в фотоэлементах и выпрямителях обусловлен образованием в них гетеро-переходов, вследствие электрической формовки. Исследования физических процессов в селеновых выпрямителях позволили разработать научные основы совершенствований существующих технологий и создание новых высокоэффективных технологий изготовления селеновых диодных структур. Работы Г.Б.Абдуллаева по исследованию селена привели к созданию новых высокоэффективных селеновых преобразователей и десятков устройств на их основе. Эти приборы и устройства по

категории качества находились на уровне мировых стандартов. В середине 60-х годов проф. Г.Б.Абдуллаев выдвинул вопрос об изучении новых сложных структурных аналогов анизотропных полупроводников. Группа сотрудников Института физики под руководством Г.Б.Абдуллаева первой в Союзе приступила к получению и всестороннему систематическому изучению физических особенностей новых к тому времени бинарных полупроводниковых соединений. Была разработана технология получения совершенных монокристаллов типа АIII BVI, их твердых растворов и сложных аналогов.

С именем Г.Б.Абдуллаева связан цикл фундаментальных работ по исследованию оптических свойств и энергетической структуры полупроводников типа АIII BVI, который значительно расширил возможности полупроводниковой электроники. Было установлено, что кристаллы селенида галлия по многим параметрам значительно превосходят в настоящее время другие нелинейные кристаллы в ИК-области и являются перспективными для квантовой электроники, нелинейной оптики и создания генераторов с перестраиваемой частотой излучения. Была разработана система оптической связи с применением частотной модуляции лазерного излучения. В приемном устройстве системы связи преобразователем частотно-модулированных сигналов в амплитудно-модулированные служил «Дешифратор» на основе кристалла GaSb.

Исследования физических свойств халькогенидов первой и третьей групп таблицы Менделеева и процессов в диодных структурах на их основе впервые привели к обнаружению управляемых эффектов, полярнозависимых и независимых переключений и памяти.

На основе монокристаллов соединений АIII BVI был создан практически идеальный бистабильный прибор, в котором высокоомное состояние обладает металлической проводимостью. Созданы многофункциональные переключающие приборы с памятью, управляемые электрическим полем и освещением. В результате изучения халькогенидов первой группы Г.Б.Абдуллаевым с авторами установлено, что эти полупроводниковые кристаллы имеют дефектную кристаллическую структуру, обуславливающую эффект самолегирования. Высокая концентрация носителей тока в этих материалах, сравнительно большая ширина запрещенной зоны, а также высокая температура плавления дали возможность установить, что управляемые эффекты полярно-зависимых переключения и памяти основаны на инжекции высокоподвижных ионов меди и серебра. Эти исследования позволили впервые разработать в Институте физики накопитель информации для постоянного запоминающего устройства с электрической переписью информации на основе переключателя с долговременной электрической памятью.

В 1969 г. Институт физики АН Азербайджана был повторно утвержден головным в Советском Союзе по теме «Физика селена и теллура. Техника и приборостроение на их основе». Институт физики АН Аз ССР в мировой науке был признан ведущим научным учреждением по исследованию физических свойств GaSe и Se.

На основе комплексного исследования нестационарных электронных процессов в структурах на основе Si, Ge и GaP предложен способ определения основных параметров полупроводникового диода, основанный на измерении напряжения инверсии реактивного сопротивления в прямом направлении. Впер

вые разработан способ изготовления переключателя на основе n-Si, предложена ячейка памяти с электрической перезаписью и диодная матрица с идентичными параметрами прямого падения напряжения.

В 70-х, 80-х годах академиком Г.Б.Абдуллаевым совместно с сотрудниками предсказано и получено большое число новых более сложных полупроводников-аналогов АШ ВVI. Исследования фотоэлектрических особенностей монокристаллов новых тройных аналогов АШ ВVI выявили, в частности, перспективность практического применения их в качестве эффективных приемников для видимой и ИК- областей спектра. Особенно эффективными оказались детекторы рентгеновских и нейтронных излучений на их основе. Академиком Г.Б.Абдуллаевым обнаружены явления световой памяти и эффект переключения также в монокристаллах тройных соединений, показана возможность управления этим эффектом при помощи света, а также разработана технология создания чувствительных электрофотографических слоев на основе сложных соединений, позволяющих их многократное использование.

Под руководством академика Г.Б.Абдуллаева и при его непосредственном участии в Институте физики получили значительное развитие исследования в области низких температур, применение различных резонансных методов, таких как ЭПР, ЯМР, ЯГР, и т.д. Так, впервые в мире, было обнаружено явление ЭПР поглощения в селене. Поэтому, далеко не полному, перечню результатов, полученных Г.Б.Абдуллаевым, можно судить о диапазоне его научных интересов, о глубине исследований, проводимых под его руководством. Открытий и изобретений в тот период в Институте физики АНАзербайджана (Азерб.ССР) было выполнено и получено немало. Потому и Институт был повторно отмечен ведущим, головным Институтом по всему СССР по определенной теме.

Список используемых источников информации

1. Солтанова.Н.Б. История развития физики в Азербайджане . Академик Г.Б.Абдуллаев. LAP,Германия , 2014, 270 с
2. Материалы архива НАНА (Отдела сбора и систематизации научного наследия Азербайджана – Фонд 4;5;7;14)