

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Баротова Намозкула Иноятовича на тему «Исследование физико-химических параметров легированных полупроводниковых материалов на основе антимонида индия», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04.-физическая химия

Актуальность и необходимость проведения исследования по диссертации. В области физики и химии полупроводников имеются вопросы, которые создают трудности в различных аспектах, в частности, процессы плавления и кристаллизации, поиска новых материалов и изучение их комплекса физико-химических свойства в твердом и жидком состоянии. Причем проектирование и создание более современных полупроводниковых приборов для дальнейшей их эксплуатации необходимо знать важнейшие параметры полупроводников, такие как концентрация, подвижность, определение знака носителей зарядов и др. Вместе с тем необходимость совершенствования технологии производства полупроводниковых материалов и улучшение их качества требует дальнейшего всестороннего комплексного исследования физико-химических свойств полупроводниковых материалов в твёрдом и жидком состоянии. Решение вопросов легирования полупроводников неотделимо от изучения примесных уровней, возникающих в полупроводниках при легировании.

Таким образом, поиск новых материалов, имеющих оптимальные параметры путем легирования, играет важную роль в науке и технике, и работа большинства электронных полупроводниковых приборов и аппаратуры связана с использованием примесного механизма проводимости. Поэтому, возникает проблема легирования полупроводника или добавках в контролируемых количествах, исследование физико-химических, электрофизических, теплофизических и других свойств легированных

полупроводников. Такие исследования также позволяют судить о взаимодействии между лигатурами и соединениями.

Вышесказанное позволяет сделать вывод об актуальности проведения экспериментов по исследованию электрофизических и теплофизических свойств расплавов металлов и полупроводников.

В связи с выше изложенным в настоящей работе рассматриваются диаграммы состояния соединений $A^{III}B^V$ комплексный подход к исследованию электрофизических и технологических, термоэлектрических свойств и методические приёмы полупроводников различных структурных групп в широком диапазоне температур, включая и жидкую фазу; управление свойствами полупроводников путем легирования различных примесей, экспериментальное исследование электропроводности, термо-эдс и эффекта Холла расплавленных веществ, обладающих к тому же значительной химической активностью.

Цель исследования является выявление закономерностей изменения коэффициентов электропроводности, термо-эдс и Холла в полупроводниках с различными типами меж частичного взаимодействия в твёрдом и жидком состоянии, вблизи точки плавления.

Структура, содержание и объём работы Диссертационная работа Баротова Н.И. состоит из введения, четырех глав и выводов, изложена на 141 страницах компьютерного набора, иллюстрирована 22 рисунками и содержит 15 таблиц. Список литературы включает 178 наименований.

Во **введении** приведён литературный обзор и обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, выбраны объекты исследования, научная и практическая значимость экспериментальных результатов, приведено описание моделей электронных расплавов.

Первая глава представляет собой вводную часть, анализ и выводы об электрофизических и термоэлектрических свойствах полупроводниковых соединениях типа $A^{III}B^V$, современные модели описания структуры твердых и жидких металлов и полупроводников.

Во второй главе приведено описание и даны принципиальные блок-схемы установки; экспериментальные методики для исследования электропроводности, коэффициентов термо-эдс и эффекта Холла в полупроводниковых материалах в широком диапазоне температур, включая и жидкую фазу.

Третья глава посвящена технологическим процессам синтеза и подготовки образцов к измерениям.

В четвертой главе приведены анализ экспериментальных результатов по электропроводности, термо-эдс и эффекта Холла. Полученные экспериментальные результаты т.е. температурные зависимости электропроводности, термо-эдс и коэффициента Холла антимонида индия.

Достоверность результатов работы. Полученные экспериментальные данные подтверждаются использованием электрофизических и термоэлектрических методик исследования; современными электронными приборами; воспроизводимостью экспериментальных результатов в широком диапазоне температур; поиском и находкой новых высокоэффективных активных элементов для создания электронных приборов.

Научная новизна исследования заключается:

1. Синтез образцов антимонида индия с содержанием серебра ($\text{InSb}+\text{Ag}$) и получена температурная зависимость важных электрофизических параметров, а именно: электропроводность, коэффициента термо-эдс и Холла.
2. На основе экспериментальных данных рассчитаны подвижность и концентрация носителей заряда. Впервые проведено комплексное исследование электрофизических свойств - эффекта Холла, термо-эдс и электропроводности в расплавах InSb , а также образцах легированных серебром $\text{InSb}+\text{Ag}$.
3. Впервые сделан количественный анализ исследованных свойств веществ на основе различных моделей, предложенных М. Катлером и классической теорией свободных электронов.

4. Основываясь на экспериментальных и расчетных данных, можно классифицировать соединения $A^{III}B^V$, в частности, антимонида индия (InSb) и их легирования серебром (InSb+Ag) в твердом состоянии как полуметалл, а при переходе из твердого в жидкое состояние как полуметалл-металл
5. Можно отметить, что образцы InSb с содержанием 0,1 масс. % Ag имеют более высокое значение коэффициента термо-эдс, которые могут играть важную роль в изготовлении термодатчиков.

Практическая ценность исследования. Проведённый количественный анализ применимости теоретических моделей М. Катлера, Н. Ф. Мотта, Андерсона, описывающих физические свойства исследованных расплавов полупроводников, а также веществ с подобной физико-химической природой. Полученные количественные данные по изученным физическим свойствам полупроводников представляют интерес для разработчиков аппаратуры электронной техники и технологов при создании и эксплуатации технологического оборудования для получения полупроводниковых материалов и приборов на базе исследованных твёрдых растворов.

Получен большой объём экспериментальных данных высокой точности, надежности по электропроводности, термо-эдс и эффекта Холла чистого антимонида индия (InSb), легированного серебром (InSb+Ag) результаты которых внедрены в полученных образцах в народном хозяйстве.

Предложена методика одновременного измерения электропроводности, термо-эдс и коэффициента Холла в широком диапазоне температур, которая позволяет экономить материал ячейки, исследуемое вещество и время для подготовки ячейки к измерениям. Вместо разовых измерительных ячеек предлагается использование многоразовых после полного изучения исследуемого вещества, проводить специальные приёмы и ячейка будет готова к новому измерению.

Личное участие и вклад соискателя в работу, выполненную в соавторстве, состоял в систематизации литературных данных по теме диссертации, постановке задач исследования, получении экспериментальных данных, анализе и обобщение результатов, формулировке основных выводов диссертации, внедрении результатов исследования в народном хозяйстве, получении авторского свидетельства.

Общая оценка работы. Диссертационная работа Баротова Намозкула Иноятовича представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком экспериментальном и теоретическом уровне. В работе решена важная задача в области физической химии. Полученные диссертантом экспериментальные и теоретические результаты представляют собой решение важной научно-практической проблемы, вносящей существенный вклад в развитие представлений об исследованиях физико-химических параметров легированных полупроводниковых материалов.

В целом, автореферат и научные публикации автора позволяют сделать вывод, что его диссертация является законченной научно- квалификационной работой, выполненной самостоятельно на должном научном уровне в соответствии с паспортом специальности 02-00-04- физическая химия и отвечает требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени кандидата наук.

Полученные диссертантом результаты прошли достаточно хорошую апробацию на ряде Международных, региональных, республиканских и внутри вузовских симпозиумах и конференциях. По результатам исследований опубликовано 23 статьи, из которых 7 в журналах рекомендуемых ВАК Республики Таджикистан, а также одно изобретения и 15 тезисов докладов конференций различного уровня.

Таким образом, представленная Баротова Намозкула Иноятовича диссертационная работа является законченным научным исследованием, которое вносит определенный вклад в физическую химию.

При чтении диссертации и автореферата имеются следующие замечания и пожелания:

1. В диссертации и в автореферате в научной новизне и положениях, выносимых на защиту, недостаточно отражены результаты по применению исследованных соединений в электронной промышленности и в народном хозяйстве.
2. В автореферате следовало бы дать диаграмму состояния системы In-Sb.
3. Не проведено сравнительный анализ исследованного объекта с другими соединениями этой группы.
4. В работе приведено 9 пунктов задачи и обобщено 6 выводами. Было бы уместно сократить и привести задач в обобщенной форме.
5. В списке литературы из 178 наименований 120 (67%) приходится на долю литератур давних времён 1900 – 2000 годы, у некоторых 85; 24; 126; 131; 132; 133; отсутствует полное название. Было бы уместно диссертантом включении современных литератур и их правильное оформление.
6. В работе встречается ошибки редакционного характера

Отмеченные недостатки не умаляют научной и практической ценности диссертационного исследования, не снижают его актуальность и грамотно аргументированы.

Представленный в работе обширный, экспериментальный и теоретический материал дают основание утверждать, что диссертационная работа Баротова Н.И. на тему: «Исследование физико-химических параметров легированных полупроводниковых материалов на основе антимонида индия» отвечает требованиям «Положение о порядке присуждения ученых степеней» ВАК при Президенте Республики Таджикистан, утвержденного постановлением Правительство Республики Таджикистан от 26.11.2016 за № 505, а её автор, Баротов Намозкул Иноятович вполне достоин присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04-физическая химия.

В целом, автореферат и научные публикации автора позволяют сделать вывод, что его диссертация является законченной научно- квалификационной работой, выполненной самостоятельно на должном научном уровне в соответствии с паспортом специальности 02-00-04- физическая химия и отвечает требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени кандидата наук. Автор диссертационного исследования - Баротов Намозкул Иноятович- заслуживает присуждения искомой учёной степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04- физическая химия

Официальный оппонент:

Доктор химических наук, профессор,

02.00.04-физическая химия

734026. Республика Таджикистан,

г. Душанбе, район Сино, улица Сино 29-31

e-mail: umarali55@mail.ru

Телефон: (+992) 907 46 48 29

Зав. кафедрой фармацевтической

и токсикологической химии

ГОУ «Таджикского государственного

медицинского университета

имени Абуали ибни Сино»



Раджабов Умарали

имзои/подпись	<i>Раджабов Умарали</i>
ТАСДИҚ МЕНАМОЯМ/ЗАВЕРЯЮ / САРДОРИ БАХШИ КАДРИИ РҶК/ НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА КАДРОВ УРК	
" 26 " 04	20 24 с/г