

Отзыв

официального оппонента доктора физико-математических наук, профессора, лауреата Государственной премии РФ, профессора кафедры технологии и исследования материалов Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

Немова Сергея Александровича

на диссертационную работу

Молодых Анатолия Андреевича

«Полупроводниковый сульфид самария и тензорезисторы на его основе»,

представленную в диссертационный совет Д 002.205.02 при Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе РАН на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников

Диссертационная работа Анатолия Андреевича Молодых посвящена исследованиям электрических свойств полупроводникового сульфида самария и разработке тензорезисторов на его основе. В работе удачно сочетаются экспериментальные исследования свойств исходного материала и твердых растворов на его основе, теоретическое осмысление полученных результатов, а также разработка прототипа готового устройства. Представленная диссертация выгодно отличается ярко выраженной практической направленностью и оригинальностью подходов. Сочетание вышперечисленных факторов определяет значительность рассматриваемой диссертации.

Актуальность темы

Первичные полупроводниковые преобразователи (ППП) находят применение в той или иной мере практически во всех областях техники. Тензорезисторные датчики являются в настоящее время наиболее распространенным и перспективным видом датчиков механических величин. Существующие на сегодняшний день полупроводниковые тензорезисторы обладают рядом недостатков, связанных с особенностями материалов, которые делают их использование весьма ограниченными. В работе А.А. Молодых продемонстрировано, что полупроводниковый сульфида самария превосходит все другие существующие материалы по чувствительности электросопротивления к деформациям (как одноосной, так и деформации все-

стороннего сжатия), а также обладают высокой термостойкостью (температура плавления $\text{SmS } 2300^\circ\text{C}$). В добавок к этому, была исследована возможность допирования материала другими редкоземельными элементами, что заметно повышает эксплуатационные параметры устройств. Более того, сам материал обладает рядом физических предпосылок для обеспечения высокой технологичности производства полупроводниковых структур на их основе: большая концентрация носителей заряда, изотропность эффектов, наличие контролируемого фазового перехода полупроводник-металл и др.

Исходя из вышеперечисленного, нет никаких сомнений, что тематика диссертационной работы А.А. Молодых, посвященной исследованию электрических свойств полупроводникового сульфида самария и твердых растворов на его основе, весьма актуальна.

Содержание диссертационной работы

Во введении кратко освещено современное состояние проблемы, сформулированы цель исследования и обоснована его актуальность, охарактеризована научная новизна, приведены выносимые на защиту положения.

Обзор литературы (Глава I) представлен двумя большими блоками. На основании изложенного в первом блоке материала обосновывается выбор исследуемого в диссертации полупроводникового материала. Во втором блоке этой главы диссертант приводит общие сведения о металлических и полупроводниковых тензорезисторах.

Глава II посвящена описанию технологии изготовления экспериментальных образцов и методике эксперимента. Следует отметить, что большая часть экспериментальных установок была собрана А.А. Молодых собственноручно.

В главе III описывается исследование электропереноса и зонной структуры моносульфидов самария и европия, а также твердых растворов $\text{Sm}_{1-x}\text{Eu}_x\text{S}$. Основным выводом данной главы, на мой взгляд, является то, что EuS и SmS имеют сходные системы примесных донорных уровней (E_i) вблизи дна зоны проводимости, с глубиной залегания отличающейся примерно на порядок. С практической точки зрения представляет интерес рекордно высокая величина коэффициента тензочувствительности в твердом растворе $\text{Sm}_{0,75}\text{Eu}_{0,25}\text{S}$.

В IV главе диссертации приведено исследование электрических свойств SmS под давлением. Наиболее значимым результатом данных исследований является впервые измеренная экспериментально величина барического сдвига в монокристаллах SmS. Особый интерес вызывает возникновение термовольтаического эффекта в SmS стехиометрического состава.

В V главе рассмотрены особенности свойств тонкопленочных тензорезисторов на основе SmS, наглядно демонстрирующие возможности практического применения исследуемых объектов.

Достоверность результатов, полученных в работе, обосновывается их совпадением с данными теоретических рассмотрений, а также с литературными данными (если таковые имеются). Большая часть представленных результатов получена автором **впервые** и, несомненно, имеет как **научное**, так и **практическое значение**.

Результаты, представленные в диссертации, опубликованы 7 научных работ в реферируемых журналах (ФТТ, ПЖТФ, Научное приборостроение) и материалах двух конференций, получен патент на изобретение, а также имеется и 3 акта о внедрении.

Однако имеются следующие **замечания** по содержанию и оформлению диссертационной работы:

- В работе представлено исследование монокристалла и тонкой поликристаллической пленки SmS под давлением, однако, исследования объемного поликристалла под давлением проведены не были?
- Было бы уместно представить данные исследования фазового перехода в тонких пленках, напыленных не только на стекло, но и на другие подложки.
- Из работы осталось неясным, чем обусловлена максимальная температура измерений до 180 °С, если в обзоре литературы говорится, что они работоспособны до 400 °С?
- Известно, что редкоземельные элементы достаточно неустойчивы - в присутствии кислорода, воздуха и влаги быстро окисляются. Как эта проблема решена в предлагаемых в работе тензорезисторах?
- Кроме того, текст автореферата и диссертации не свободны от опечаток, а так же орфографических и синтаксических ошибок. Например:

- Стр. 36, Забзац, 1 предложение. Разный размер шрифта.

- Стр. 49. Два рисунка имеют номер 2.3. Следует отметить, что эта опечатка не повлекла дальнейшего сдвига в нумерации рисунков. Текст диссертации ссылается на правильные рисунки.

Высказанные выше замечания, тем не менее, не снижают общей достаточно высокой оценки научного уровня диссертационной работы. Автором была избрана актуальная тема диссертации, полученные результаты обладают практической ценностью и научной новизной. Работа представляет собой законченное научное исследование. Структура и содержание диссертации соответствуют целям и задачам исследования. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Полагаю, таким образом, что диссертационная А.А. Молодых «Полупроводниковый сульфид самария и тензорезисторы на его основе», в полной мере отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе критериям II-го раздела Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор, Анатолий Андреевич Молодых, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Профессор кафедры технологии и исследования материалов Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, лауреат гос. Премии РФ в области науки и техники, д.ф.-м.н.

Подпис: _____
УДОСТОВЕРЯЮ
Ведущий специалист
по кадрам <i>А.И.И.</i>
«05» 05 2017 г.

5 мая 2017 г.