

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Кириенко Дмитрия Александровича на тему:

«Переключение и электрохромный эффект в нано- и микроструктурах на основе оксидов переходных металлов»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – Физическая электроника

Диссертационная работа Кириенко Дмитрия Александровича посвящена физико-химическим основам получения нано- и микроструктур на основе оксидов переходных металлов (ванадий и вольфрам), обладающих переключением и электрохромизмом, и изучению этих эффектов в структурах, сформированных по технологиям, которые предложил автор исследования.

Актуальность темы исследования.

Неординарные свойства соединений переходных металлов, к которым относятся оксиды ванадия и вольфрама, обусловлены спецификой поведения d-электронов. Одно из ярких проявлений указанных свойств – явление фазового перехода металл-полупроводник (ФПМП), происходящее в диоксиде ванадия при температуре, близкой к комнатной. Для оксидов ванадия характерно также явление переключения, связанное с развитием токовых неустойчивостей в сильных электрических полях, приводящее к появлению на вольтамперных характеристиках участков с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Одна из причин, обуславливающих актуальность исследований таких материалов – перспектива практических применений, например, в запоминающих устройствах, фотонных кристаллах, оптических затворах для импульсных лазерных генераторов, датчиков температуры и т. п.

К сожалению, успешному применению новых материалов препятствует отсутствие технологий их получения, адаптированных под нужды конкретных научно-технических задач. В этой связи, актуальным является научное обоснование технологий производства устройств пленок, обладающих эффектом переключения и электрохромизма.

Новизна. Степень обоснованности научных положений и выводов. Достоверность.

В диссертации получен и обоснован обширный спектр важных с научной и практической точки зрения **новых результатов**. К элементам научной новизны в настоящей работе относятся впервые проведенные комплексные исследования фазового перехода и электрохромных свойств в зависимости от условий формирования нано- и микроструктур на основе оксидов ванадия и вольфрама, полученных с помощью новой модификации золь-гель метода.

Обоснованность научных положений и выводов обеспечивается комплексным применением методов теоретического анализа, математического моделирования, а также экспериментальных методов исследования.

Достоверность результатов обеспечивается разнообразием используемых автором экспериментальных методов исследования (электрофизические и оптические измерения, рентгенофазовый анализ, атомно-силовая микроскопия) и реализацией предложенных Кириенко Д. А. технологических решений для создания нано- и микроструктур с заданными свойствами.

Практическая значимость.

Практическая ценность полученных в диссертации результатов определяется, прежде всего, запросами практики, послужившими исходной точкой при проведении исследований. Разработанные Д. А. Кириенко физико-химические основы получения нано- и микроструктур позволят повысить их качество, в частности, снизить потребляемую мощность устройств памяти, увеличить число циклов переключений, увеличить степень контраста и пропускания оптических материалов. Полученные Кириенко Д.А. нано- и микрогабаритные волокна пентаоксида ванадия, могут найти применение в микроэлектронике, например, при производстве сенсорных и переключающих устройств. Предложенные диссертантом технологические решения приблизят перспективу создания переключаемых оптических материалов, индикаторов, энергосберегающих «умных» оконных покрытий и т. д.

Оценка содержания диссертации.

Диссертация объемом 127 страниц состоит из введения, четырех глав, заключения. Диссертация содержит список из 120 наименований литературных источников.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель, новизна, научная и практическая значимость работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава (литературный обзор) посвящена теоретическому анализу физико-химических свойств оксидов переходных металлов, эффектов электрохромизма и фазового перехода в оксидах ванадия и вольфрама. Приводится обзор золь-гель и электроспиннинговых технологий получения пленок и нановолокон. В заключении первой главы представлены выводы и конкретизированы задачи, решаемые в ходе диссертационной работы.

Во второй главе описаны способы получения пленок диоксида ванадия, триоксида вольфрама и нанонитей пентаоксида ванадия, а также методики экспериментальных исследований их физико-химических свойств.

Первая часть **третьей главы** посвящена исследованию физических свойств полученных пленок и нановолокон оксида ванадия. Показано, что наибольшее влияние на фазовый состав и структуру пленок оказывает этап восстановительного отжига. В данной части главы приводится аналитическое исследование процесса переключения в пленках диоксида ванадия, сопоставляются результаты теории и эксперимента. Во второй части главы приведены результаты моделирования процесса формирования нанонитей пентаоксида ванадия и проведено сравнение численных расчетов с экспериментом.

В четвертой главе представлен подробный анализ фотоэлектрохимических свойств разработанной Кириенко Д. А. электрооптической ячейки, которая создана на основе оксида вольфрама. Механизм изменения оптических свойств ячейки описывается двумя параллельно идущими электрохимическим и электрооптическим процессами.

Замечания по работе.

К сожалению, по рассматриваемой работе можно сделать **ряд замечаний**, наиболее существенные, из которых заключаются в следующем:

1. Автором не четко описана вольтамперная характеристика структуры Au-VO₂-Si и соответствующие ей этапы переключения (рис. 3.18). В частности, не понятно, как часто и каким образом может происходить переход структуры из состояния I в состояние III; по какой из ветвей ВАХ будет происходить изменение тока при смене полярности напряжения с «+» на «-». Автор утверждает, что на участке 6-7 (рис. 3.18) в пленке VO₂ реализуется переход металл-изолятор, однако изменение тока при этом происходит менее, чем на порядок. На представленных экспериментальных ВАХ не видны участки с отрицательным дифференциальным сопротивлением, которые, как утверждает автор, обусловлены моделью критической температуры.

2. Не ясно, что является результатом моделирования процесса электроспиннинга для получения нанонитей оксида ванадия. В тексте диссертации (стр. 90) сказано, что «... на основании численных расчетов применены следующие параметры». По-видимому, речь идет о поиске диапазона параметров, оптимальных для получения нанонитей с заданными свойствами, и последующем экспериментальном подтверждении указанных расчетов.

3. В ряде случаев не приводятся погрешности определения значений измеряемых величин (например, стр. 52, 55, 90) и статистика по образцам (стр. 99, 109), что затрудняет восприятие и трактовку полученных результатов.

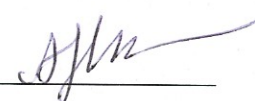
4. Обращает на себя небрежность в оформлении текста диссертации и описании излагаемого материала. Часто слова не отделены пробелами (см., например, стр. 9, 11, 28, 40, 73, 104, 109). В тексте присутствуют жаргонные выражения, например, «промывалка» на стр. 50, «электрическое давление» на стр. 89, «неустойчивость типа формовки» на стр. 17, «трудно измерить аналитически» на стр. 29 и т. п.

Заключение.

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы, выполненной на высоком профессиональном уровне. Основное содержание работы опубликовано в научных изданиях, в т. ч. двух работах из списка ВАК, и обсуждалось на международных и Всероссийских конференциях. Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы.

Характеризуя работу в целом, можно сделать вывод, что диссертация Кириенко Д. А. на соискание ученой степени кандидата наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи имеющей существенное значение для разработки научных основ получения структур переходных металлов, обладающих свойствами переключения и электрохромизма, что соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Официальный оппонент, доцент, доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук, заведующей кафедрой общей физики Петрозаводского государственного университета


А. И. Назаров

18 ноября 2013

