

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе Тамбасова Игоря Анатольевича «Тонкие In_2O_3 , $\text{Fe-In}_2\text{O}_3$ и $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$ пленки, полученные твердофазными реакциями: структурные, оптические, электрические и магнитные свойства», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Полупроводниковые оксидные материалы, сочетающие одновременно высокую прозрачность ($\sim 90\%$) в видимом диапазоне, наличие электрической проводимости и ферромагнитного порядка, представляют большой интерес как для физики конденсированного состояния, так и для практического использования в оптоэлектронике, солнечной энергетике, магнитооптике, микроэлектронике и др. отраслях. Широко исследуемые в настоящее время прозрачные оксиды на основе In_2O_3 , ZnO , SnO_2 , CdO , Ga_2O_3 , TiO_2 и более сложные двойные и тройные системы, как правило, получают в виде тонких пленок с использованием различных сложных, дорогостоящих и трудоемких методов: термическое вакуумное осаждение, магнетронное распыление, импульсно-лазерное осаждение, послойное атомное осаждение и др., порой ограничивающих функциональные и технологические возможности получаемых устройств. Например, при напылении на полимерные подложки, деградирующие под воздействием высоких температур.

Создание недорогих низкотемпературных методов синтеза таких материалов позволит решить многие технологические проблемы получения однородных покрытий с заданными свойствами на полимерной основе, что открывает возможности разработки новых полупроводниковых устройств.

В связи с этим диссертационную работу, посвященную разработке физико-химических подходов, синтезу и изучению структурных, оптических, проводящих и магнитных свойств тонких In_2O_3 , $\text{Fe-In}_2\text{O}_3$ и $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$ пленок, полученных твердофазными реакциями, следует считать актуальной.

Научная новизна полученных результатов заключается в том, что

1. Предложен новый способ низкотемпературного синтеза тонких пленок In_2O_3 с помощью твердофазной реакции автоволнового окисления с температурой инициирования реакции $\sim 180^\circ\text{C}$ при скорости нагрева ≥ 1 К/сек. Установлено, что коэффициент пропускания зависит от величины давления в реакционной камере при проведении реакции автоволнового окисления и в диапазоне длин волн 400-1100 нм увеличивается до 86% по сравнению с исходной пленкой.
2. Показано, что в тонких пленках In_2O_3 под воздействием ультрафиолетового облучения индуцируется переход типа металл-полупроводник с температурой $T_{\text{мпп}} \sim 100^\circ\text{K}$. Установлено, что наблюдаемый переход является обратимым и возобновляемым.
3. Впервые с помощью твердофазной реакции получены тонкие пленки композитного состава $\text{Fe-In}_2\text{O}_3$ и $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$ с высокой

намагниченностью при комнатной температуре. Показано, что температуры начала твердофазных реакций этих составов соответственно равны $\sim 180^\circ\text{C}$ и $\sim 240^\circ\text{C}$. определено, что носителем магнитного момента состава $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$ является фаза магнетита.

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов, представленных соискателем, не вызывает сомнений. Определяющим фактором при этом являются экспериментальные результаты, полученные на высокоточном низковакуумном научном оборудовании с привлечением современных методов исследования структурных, оптических, электрических и магнитных свойств. Кроме того, корректность полученных результатов подтверждается сравнением с известными данными из литературных источников.

Научная и практическая значимость работы заключается в разработке низкотемпературного способа получения тонких пленок In_2O_3 , позволяющего значительно снизить температуру синтеза и обеспечить напыление пленок на термочувствительные подложки. Выявленные закономерности влияния УФ облучения и температуры на электрические и оптические свойства тонких пленок In_2O_3 могут быть использованы в космическом машиностроении для анализа оптических свойств покрытий и разработки газовых сенсоров.

Предложенная методика получения нанокompозиционных пленок может быть применена при разработке прецизионных устройств спинтроники.

Рассматриваемая диссертационная работа не лишена недостатков.

1. В разделе 3.4 утверждается, что коэффициент пропускания пленки уменьшается при повышении давления в вакуумной камере, где проводилось окисление. Максимальное значение коэффициента прозрачности (86%) достигается при давлении 0,5 Торр, где уже подавляется процесс окисления. Каков механизм такой зависимости? Требуется пояснения.
2. В работе утверждается, что при твердофазной реакции на пленке сначала образуется зародыш, который затем разрастается на всю поверхность пленки (стр. 61). Как правило, понятие зародыш относят к монокристаллическому образованию. Так, что на пленке? Согласно приведенного РФА, это зерна размером ~ 25 нм. Тогда центров зародышеобразования должно быть множество.
3. Рассматривая процесс восстановления сопротивления после облучения, автор считает его релаксационным. Возникает естественный вопрос – каковы энергия активации и времена релаксации этого процесса. Почему автор не сделал попытку определить их? Почему релаксационный процесс не зависит от kT ? Это другие источники активации? Какие?
4. Обращается внимание на разные скорости увеличения сопротивления пленки после облучения. До 30 сек – 15 ом/сек, в дальнейшем – 7 ом/сек. Что это, смена механизмов проводимости, появление нового? Поясните.

5. Почему изменение сопротивления пленки оксида индия (Рис. 38) во время фотооблучения при температуре 25 °С в два раза больше, чем при температуре 100 °С, а восстановления наоборот? С чем это связано?

Отмеченные недостатки не влияют на новизну и достоверность полученных результатов и могут послужить основой для дискуссии.

Представленная диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы из 148 наименований. Общий объем диссертации составляет 116 страниц машинописного текста, включая 54 рисунка и 4 таблицы.

Диссертация представляет законченную научно-исследовательскую работу, основные выводы и результаты которой соответствуют поставленной цели и задачам.

Результаты проведенных исследований достаточно полно опубликованы (6 статей в реферируемые журналы, 10 тезисов докладов Всероссийских и международных конференций) в научных изданиях, рекомендованных ВАК России.

Автореферат отражает содержание, основные идеи и выводы диссертации.

На основе вышеизложенного следует считать, что в диссертации проведено научно-техническое обоснование и реализован новый способ синтеза тонких поликристаллических In_2O_3 и композитных $\text{Fe-In}_2\text{O}_3$, $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$ пленок посредством твердофазных реакций, а также исследование их структуры, оптических, электрических и магнитных свойств, то есть, внесен вклад в решение важной материаловедческой задачи создания функциональных материалов с высокими эксплуатационными характеристиками.

Содержание диссертации, ее объем, уровень изложения результатов научных исследований соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Тамбасов Игорь Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
заведующий НОЦ ЮНЕСКО
«Новые материалы и технологии»,
Сибирский федеральный университет
660074 Красноярск, ул. Киренский, 26
Тел. 2 912 119, sfu-unesco@mail.ru

А.А. Лепешев



ФГАОУ ВПО СФУ	
Подпись <u>Лепешев</u>	заверяю
Начальник общего отдела	
« 03 » 10	20 14 г.

СПИСОК
опубликованных научных и учебно-методических работ
Лепешев Анатолий Александрович
Фамилия, имя, отчество

№ п/п	Наименование работы	Вид работы	Выходные данные	Соавторы
1	Получение наноструктурных электроконтактных композиционных материалов в дуговом разряде низкого давления	статья	Технология металлов. 2011. № 8. С. 17-19	Ушаков, А.В. Карпов, И.В. Лепешев, А.А. Крушенко, Г.Г.
2	Физико-химические свойства наномодификаторов на основе электродугового порошка нитрида титана для полимерных нанокomпозиционных материалов	статья	Технология металлов. 2011. № 3. С. 16-20	Ушаков, А.В. Карпов, И.В. Лепешев, А.А. Крушенко, Г.Г.
3	Установка для синтеза нанопорошков в плазме дугового разряда низкого давления	статья	Ремонт, восстановление, модернизация. 2012. № 9. С. 41-44	Ушаков, А.В. Карпов, И.В. Лепешев, А.А. Федоров Л.Ю.
4	Плазменное напыление аморфных и нанокристаллических материалов	монография	Красноярск, СФУ.- ISBN 978-5-7638-2803-0.-2013.-280 с.	Лепешев, А.А.
5	Плазмохимический синтез нанодисперсных порошков и полимерных нанокomпозитов	монография	Красноярск.-ISBN 978-5-7638-2502-02.-СФУ,2012.-328 с.	Лепешев, А.А., Ушаков А.В., Карпов И.В.
6	Устройство для осаждения наночастиц на полимерные порошковые материалы	статья	Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2014. Т. 80. № 4. С. 47-50	Карпов И.В., Ушаков А.В., Федоров Л.Ю., Лепешев А.А.
7	Разработка эффективных путей управления структурой и свойствами твердосплавных композитов, модифицированных наночастицами	статья	Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2014. Т. 7. № 3. С. 270-289	Гордеев Ю.И., Абкарян А.К., Бинчуров А.С., Ясинский В.Б., Карпов И.В., Лепешев А.А., Хасанов О.Л., Двилис Э.С.
8	Оксид меди плазмохимического	статья	Материаловедение. 2013. № 7. С. 29-32	Ушаков А.В., Карпов И.В.,

	синтеза для допирования сверхпроводящих материалов			Лепешев А.А., Федоров Л.Ю., Шайхадинов А.А.
9	Физико-механические и трибологические свойства квазикристаллических покрытий Al-Cu-Fe, полученных плазменным напылением	статья	Физика твердого тела. 2013. Т. 55. № 12. С. 2406-2411	Лепешев А.А., Рожкова Е.А., Карпов И.В., Ушаков А.В., Федоров Л.Ю.
10	Теплофизические свойства нанокomпозиционного материала на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена и нанопорошка TiO ₂ плазмохимического синтеза	статья	Материаловедение. 2013. № 1. С. 40-42	Федоров Л.Ю., Ушаков А.В., Карпов И.В., Лепешев А.А.
11	Исследование технологических свойств нанопорошка TiN, синтезированного в плазме дугового разряда низкого давления	статья	Технология машиностроения. 2013. № 2. С. 39-42	Карпов И.В., Ушаков А.В., Лепешев А.А.
12	Magnetic properties of nanostructured co-based alloys produced by dynamic compaction and plasma spray deposition	статья	Diffusion and Defect Data Pt.B: Solid State Phenomena. 2012. Т. 190. С. 192-195	Kuzovnikova L., Denisova E., Iskhakov R., Kuzovnikov A., Lepeshev A.

Ученый секретарь учёного совета СФУ Быкова Г.С.



Подпись с расшифровкой

Печать организации