

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки

**ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. Байкова
Российской академии наук
(ИМЕТ РАН)**

119991, ГСП-1, Москва, Ленинский пр., 49

факс (499) 135-86-80; телефон (499) 135-20-60;

эл. почта imet@imet.ac.ru

ИНН/КПП 7736045483/773601001

№ 12202

-145/10

“УТВЕРЖДАЮ”

Зам. директора ИМЕТ РАН
д.ф.-м.н. Заболотный В.Т.

“ 7 ”

2014 г.



Отзыв

ведущей организации на диссертационную работу Гераськина Андрея Александровича "Синтез и свойства пленок $Mg(Fe_{0,8}Ga_{0,2})_2O_{4-\delta}$ на подложках Si с термостабильными межфазными границами", представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.21 - химия твердого тела.

Диссертационная работа Гераськина А.А. связана с созданием магнитных полупроводниковых пленок состава $Mg(Fe_{0,8}Ga_{0,2})_2O_{4-\delta}$ на подложках Si с термостабильными межфазными границами и магнитными характеристиками, сопоставимыми с таковыми у их объемных аналогов, для целей спинтроники. Такие материалы должны удовлетворять определенным требованиям. Значения температуры Кюри должны быть выше комнатных. Желательно, чтобы материал обладал величиной намагниченности насыщения, обеспечивающей высокую степень спиновой поляризации носителей. Необходима также близость величин удельного

электросопротивления немагнитной подложки и ферромагнитной полупроводниковой пленки и технологичность ее получения. В связи с этим актуальность постановки диссертационной работы Гераськина А.А. не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части и главы “Результаты и их обсуждение”. Она изложена на 126 страницах машинописного текста, содержит 3 таблицы и 76 рисунков. Библиографический список насчитывает 150 наименований.

В обзоре литературы представлены сведения о материалах, которые в настоящее время рассматриваются как потенциальные кандидаты на использование в устройствах спинтроники. Приводится их сравнительный анализ. Особое внимание в обзоре литературы уделено структуре, физико-химическим свойствам и способам получения магнитных шпинелей в керамическом и пленочном виде. На основании анализа литературы делается вывод о том, что только ограниченное число материалов можно рассматривать в качестве перспективных для целей спинтроники. Наиболее подходящим, по мнению автора, следует считать состав $Mg(Fe_{0,8}Ga_{0,2})_2O_4$.

В экспериментальной части автором подробно изложена методика синтеза керамических материалов $Mg(Fe_{0,8}Ga(Al)_{0,2})_2O_4$ и особенности получения пленок $Mg(Fe_{0,8}Al_{0,2})_2O_{4-\delta}$ на подложках Si с буферными слоями SiO_2 различной толщины. Описаны методы, с помощью которых они были охарактеризованы. К их числу следует отнести в первую очередь РЭМ-исследования на базе двухлучевой установки (FIB/SEM) Helios NanoLab (FEI Company, США), атомно-силовую микроскопию на базе Ntegra Maximus (НТ–МД). Можно отметить также исследования, направленные на установление распределения элементов по толщине пленки и на межфазной границе пленка-подложка с помощью электронного сканирующего Оже-микрорознда РНІ – 660 (Perkin Elmer, США) и ряд других методов.

Глава, посвященная описанию и обсуждению экспериментальных

результатов, завершается обоснованными выводами.

Автор в работе получил ряд новых научных результатов, главными из которых являются: разработка способа синтеза гомогенных магнитных полупроводниковых пленок состава $Mg(Fe_{0,8}Ga_{0,2})_2O_{4-\delta}$ толщиной 200–2000 нм с термостабильными межфазными границами на подложках Si с буферными слоями SiO_2 , характеризующихся величиной магнитонасыщения $40 \text{ A}\cdot\text{m}^2/\text{кг}$ и температурой Кюри 170°C , не требующих эпитаксиального согласования пленки с подложкой; установление факта существования на межфазной границе слоя $Mg(Fe_{0,8}Ga_{0,2})_2O_{4-\delta}$ с пустотами и полостями, а в приповерхностном слое - формирования плотного крупнокристаллического слоя $Mg(Fe_{0,8}Ga_{0,2})_2O_{4-\delta}$, характеризующегося величиной магнитонасыщения, сопоставимого с аналогичной величиной для керамического аналога. Автор предложил феноменологическую модель процесса кристаллизации $Mg(Fe_{0,8}Ga_{0,2})_2O_{4-\delta}$ на Si с буферным слоем SiO_2 . На основе результатов SRIM-моделирования кинетики процесса распыления мишени ионами аргона и данных Оже-спектрального анализа выявлены особенности состава и морфологии пленок в зависимости от режимов распыления мишени $Mg(Fe_{0,8}Ga_{0,2})_2O_4$ и установлено, что гетероструктуры $Mg(Fe_{0,8}Ga_{0,2})_2O_{4-\delta}/SiO_2/Si$ характеризуются полупроводниковой проводимостью, а также обладают СВЧ свойствами.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенные автором подходы к созданию материалов и структур для спинтроники из-за совместимости с технологическими операциями магнитной электроники могут быть востребованы при создании спинтронных устройств и структур магноники.

Принимая во внимание подробно описанные в работе синтез и исследования образцов, а также согласованность результатов измерений и

используемых физических моделей, можно судить о высокой достоверности полученных научных результатов и обоснованности сделанных выводов.

Результаты, полученные диссертантом, представляются обоснованными (что обеспечено проведением комплексных исследований рассматриваемых систем с использованием современных взаимодополняющих физико-химических методов диагностики и статистической обработки, а также сопоставлением экспериментальных данных с теоретическими оценками и результатами моделирования) и интересными как для химии твердого тела, так и технологии материалов.

По работе можно сделать следующие замечания:

1. В работе приведены результаты послойного Оже-спектрального анализа свеженапыленных пленок $\text{Mg}(\text{Fe}_{0,8}\text{Ga}_{0,2})_2\text{O}_{4-\delta}$ в зависимости от режимов распыления. Оже-спектральный анализ пленок после их кристаллизации отсутствует. Это не позволяет в полной мере сопоставить получаемые данные.

2. Наиболее интересным и значимым результатом работы является вывод автора о том, что в результате разработанного автором подхода к процессу кристаллизации пленок не требуется эпитаксиальное согласование подложки с пленкой, а необходимы хорошая адгезия и отсутствие взаимодействия на межфазной границе. Хотелось бы видеть в работе более полное экспериментальное подтверждение этому факту.

3. В работе показано, что пленка не является однородной по толщине и состоит, по крайней мере, из двух областей с нечеткими границами. При этом в области межфазной границы имеются пустоты. Очевидно, в таком виде использование пленочных структур представляется проблематичным. Желательны рекомендации автора по устранению указанного недостатка.

Приведенные замечания имеют частный характер и не снижают общей положительной оценки работы.

Диссертация соответствует паспорту специальности 02.00.21 – химия твердого тела в пунктах: 1. Разработка и создание методов синтеза

Диссертация соответствует паспорту специальности 02.00.21 – химия твердого тела в пунктах: 1. Разработка и создание методов синтеза твердофазных соединений и материалов; 2. Конструирование новых видов и типов твердофазных соединений и материалов; 3. Изучение твердофазных химических реакций, их механизмов, кинетики и термодинамики, в том числе зародышеобразования и химических реакций на границе раздела твердых фаз, а также топохимических реакций и активирования твердофазных реагентов; 7. Установление закономерностей "состав – структура – свойство" для твердофазных соединений и материалов. 10. Структура и свойства поверхности и границ раздела фаз.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Заключение

По актуальности темы, объему и достоверности экспериментальных результатов, их научной новизне и практической значимости, обоснованности выводов диссертационная работа Гераськина Андрея Александровича "Синтез и свойства пленок $Mg(Fe_{0,8}Ga_{0,2})_2O_{4-\delta}$ на подложках Si с термостабильными межфазными границами" в полной мере отвечает критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует пункту 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842). Её автор – Гераськин А.А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.21 – химия твердого тела.

Результаты исследований и выводы по работе могут быть использованы в ряде организаций, разрабатывающих материалы для электроники, например, в ИМЕТ РАН, МИСИС, НПО МАГНЕТОН (г. Владимир), РХТУ им. Д.И. Менделеева, ИХТТ УрО РАН, Институт металлургии УрО РАН.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании секции Учёного совета ИМЕТ РАН "Неорганическая химия и керамические материалы" 17 апреля 2014 года, протокол № 2 .

Отзыв подготовили:

зам. директора ИМЕТ РАН

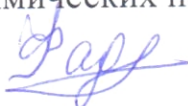
чл.-корр. РАН, доктор технических наук



Баринов Сергей Миронович

Ученый секретарь секции "Неорганическая химия и керамические материалы" Ученого совета ИМЕТ РАН

кандидат химических наук



Фадеева Инна Вилоровна

barinov_s@mail.ru

119991, ГСП-1, Москва, Ленинский пр., 49

*Собственноручные подписи С. М. Баринова
и И. В. Фадеевой удостоверены:*

Чл. специального отдела кадров М. Ю. Щербаков

М. Шенф-

