

О Т З Ы В

на диссертацию Винника Дениса Александровича «Физико-химические основы получения монокристаллических материалов на основе гексагональных ферритов для применения в электронике сверхвысоких частот», представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

В настоящее время, согласно данным Web of Science по синтезу, исследованию свойств и широкому применению порошков, пленок, кристаллов и композитов гексаферрита бария (ГФБ) в технике с 1975 года опубликовано 1340 работ, включая 310 статей по росту и характеристике этих кристаллов. Заметная часть этих работ посвящена выращиванию и исследованию магнитных свойств легированных кристаллов ГФБ, что обусловлено необходимостью управлять физическими свойствами кристаллов, используемых в разнообразных устройствах. Поэтому проведенное Д.А. Винником изучение физико-химических основ синтеза монокристаллического ГФБ и его твердых растворов путем термодинамического проектирования феррит-содержащих систем, выращивания монокристаллов, изучения совершенства их структуры и магнитных свойств, легированных отдельно и совместно ионами Al/Ti/Mn/Co/Ni/Cu/W/Zn/Cr, включая в том числе обоснование возможности их применения в устройствах электроники сверхвысоких частот, представляется целесообразным. В настоящее время данная тема является весьма актуальной в виду возросшей необходимости создания ряда устройств на основе эффективных поглотителей высокочастотного электромагнитного излучения.

Во введении диссертации и в автореферате сформулирована цель работы, и поставлены 5 конкретных задач по ее достижению. Четко отмечена в 5-ти пунктах новизна результатов работы, степень их достоверности, соответствие содержания диссертации паспорту специальности, постулирована практическая значимость работы, обозначены 5 защищаемых положений. Представлена апробация работы, публикации, структура и объем работы.

Большим достоинством данной работы является **детальный аналитический обзор**, включающий три пункта с 9-ю подпунктами по кристаллическому строению, типам и свойствам гексагональных ферритов, выращиванию чистых и легированных кристаллов ГФБ, тенденциям в получении кристаллов ГФБ с модифицированным составом и свойствами, применению в электронике. Однако выводы по аналитическому обзору, к сожалению, не содержат вытекающей отсюда постановки задач диссертационного исследования. **Во второй главе** приведено описание разработанного оборудования для получения кристаллических материалов и методы их исследования. **В третьей главе** представлены результаты термодинамического анализа ряда систем вида $\text{BaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Me}(n)\text{O}$, а также полученных по итогам термодинамического моделирования оценок эффективности различных растворителей, включающих легкоплавкие эвтектики на основе оксида натрия и оксида свинца. Для технологических целей тщательно изучена летучесть указанных флюсов. Глава включает два пункта, разделенных на 13 подпунктов, включающих рассмотрение фазовых равновесий, реализующихся в восьми двухкомпонентных системах и в четырех разрезах системы $\text{BaO}-\text{PbO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3$. В итоге показано, что полученные результаты позволяют рационально подходить к выбору режимов выращивания монокристаллов из расплавов Na_2O , B_2O_3 , PbO и $\text{PbO}-\text{B}_2\text{O}_3$. **В четвертой главе** в трех пунктах с 15-ю подпунктами детально описаны методики и результаты выращивания в разных растворителях, итоги характеристики монокристаллов ГФБ, и гекса-хромата бария (ГХБ), а также твердых растворов на их основе. Это позволяет подбирать обоснованные флюсы ($0,8\text{PbO}\cdot 0,2\text{B}_2\text{O}_3$) и оптимальные режимы роста кристаллов для их конкретных применений в технике. В последнем пункте 4.3.10. представлена ключевая взаимосвязь между структурой и свойствами полученных монокристаллов, легированных отдельно/совместно разнообразными компонентами

(Al/Ti/Mn/Co/Ni/Cu/W/Zn/Cr), Здесь для ряда кристаллов твердых растворов на основе $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ установлена кристаллическая структура и распределение ионов легирующих металлов по катионным позициям, а также взаимосвязь механизма и уровня легирования кристаллов на значения намагниченности насыщения. В пятой главе в двух пунктах приведены результаты исследования функциональных характеристик созданных образцов гексагональных ферритов размерами до 20 мм (зависимость вносимых потерь и частот ферро-магнитного резонанса от величины магнитного поля). На этой основе сделаны выводы о возможности практического применения кристаллов в конкретных технических устройствах. Основные результаты диссертационной работы системно сведены к семи обобщающим выводам, охватывающим всю совокупность достижений диссертанта.

Несмотря на четкость изложения, полноту и логичность описания всех разделов диссертации, к ней имеются отдельные редакционные и стилистические замечания:

1. В экспериментальной части не указана чистота примененных стартовых реагентов. В то время как данный фактор может повлиять на результаты количественных измерений.
2. В начале изложения механизмов замещения в твердых растворах было бы уместно дать четкое описание кристаллической структуры чистого $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ и сводку известных параметров ячейки для данного кристалла. Это позволило бы оценить влияние собственных дефектов на структурные параметры кристаллов, полученных в различных условиях.
3. На рисунке 119 (рис.13 автореферата) показана одна кривая зависимости частоты ферромагнитного резонанса f от внешнего магнитного поля H_{ext} , в то время как по тексту обсуждаются две кривые.
4. На стр.18 автореферата отмечено схожее влияние иона меди Cu^{2+} с ионом Co^{2+} . Однако далее по тексту видно, что имеются четкие отличия во влиянии этих ионов на параметры решетки кристалла ГФБ.
5. В оглавлении почему-то пропущено разделение п. 1.3 на три подпункта.
6. В ссылке 18 неверно записано название журнала. Должно быть: Journal of Physical Chemistry C.

Заключение

Сделанные выше замечания и другие недочеты не снижают общую положительную оценку работы, выполненную на современном научном уровне и содержащей новые значительные результаты по термодинамическому моделированию необходимых фазовых диаграмм, использованию новых растворителей и выявлению оптимальных режимов роста кристаллов ГФБ, особенно легированных, а также установлению взаимосвязи между структурой и свойствами монокристаллов. Соответственно, диссертация Дениса Александровича Винника является вполне завершенной научно-квалификационной работой, представляющей новое крупное достижение в области физической химии конденсированного состояния. Соблюдены необходимые принципы соответствия диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней: соответствие целей и задач исследования; достаточное соответствие автореферата и диссертации; соответствие содержания диссертации и содержания опубликованных работ, а также соответствие темы диссертации и научной специальности. Автореферат и диссертация написаны ясно и понятно, аккуратно оформлены, хорошо иллюстрированы четкими и необходимыми 119-ю графиками и 58-ю таблицами. Основные научные положения диссертации полностью отражены в 33-х ведущих

рецензируемых научных журналах, внесенных в Перечень журналов и изданий, утвержденных Высшей аттестационной комиссией, включая 21 публикацию в изданиях индексируемых в системе Web of Science и Scopus. Работа достаточно апробирована на 25 международных и Всероссийских конференциях, а ее прикладная значимость подтверждена в приложении письмами и актами об использовании результатов диссертационной работы.

На основании вышеизложенного считаем, что по актуальности, новизне, достоверности, практической значимости результатов, и большому объему представленная к защите работа соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Винник Денис Александрович без сомнения заслуживает присуждения ему ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.04 – «физическая химия»

Даем согласие на включение наших персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Старший научный сотрудник
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова
Сибирского отделения Российской академии наук
630090, г. Новосибирск, пр. академика Лаврентьева, 13

Кидяров Борис Иванович

Д.ф.-м.н.
Специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния» и
02.00.04 – «физическая химия»
Т. (383) 333-3266.
E-mail: kidyarov@isp.nsc.ru

Заведующий лабораторией оптических материалов и структур
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова
Сибирского отделения Российской академии наук
630090, г. Новосибирск, пр. академика Лаврентьева, 13

Атучин Виктор Валерьевич

К.ф.-м.н.
Специальность 01.04.07 - «физика конденсированного состояния»
т. (383) 330-88-89,
E-mail: atuchin@isp.nsc.ru

Подписи Б.И. Кидярова и В.В. Атучина удостоверяю
Ученый секретарь
Института физики полупроводников СО РАН
к.ф.-м.н.



(Handwritten signature)

С.А. Аржанникова

07.03.2018