

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации 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 в электронике востребован материал, способный контролируемым образом преобразовывать сигнал в диапазонах сверхвысоких (СВЧ: 3–30 ГГц) и крайне высоких (КВЧ: 30–300 ГГц) частот, сохраняя при этом высокую точность его регулирования. В качестве такого материала хорошо зарекомендовали себя гексагональные ферриты М типа, благодаря наличию требуемых свойств. Они обладают высокой магнитокристаллической анизотропией, высокой частотой естественного ферромагнитного резонанса, высокими значениями диэлектрической проницаемости и магнитной восприимчивости. Возможность регулирования функциональных характеристик материала обеспечивается замещением катионов железа. Материалы излучающих устройств и регуляторов мощности должны обладать узким диапазоном рабочей частоты. Таким требованиям отвечают объемные монокристаллы, которые вследствие низкой плотности дефектов имеют узкие пики резонансов. Поэтому актуальность диссертационного исследования, целью которого являлась разработка и реализация системного подхода к изучению физико-химических основ получения монокристаллических гексагональных ферритов и твердых растворов на их основе путем термодинамического проектирования ферритсодержащих систем, выращивание монокристаллов и изучение их структуры и свойств, в том числе обоснование возможности их применения в устройствах электроники сверхвысоких частот, не вызывает сомнений.

При выполнении работы был получен ряд новых научно обоснованных результатов, наиболее важными из которых являются :

1. Впервые посредством термодинамического моделирования построены согласованные фазовые диаграммы систем $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-PbO}$, BaO-PbO , $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$, $\text{PbO-B}_2\text{O}_3$, $\text{BaO-Fe}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$, $\text{BaO-Fe}_2\text{O}_3\text{-PbO}$, $\text{BaO-Fe}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$, $\text{BaO-Fe}_2\text{O}_3\text{-PbO-B}_2\text{O}_3$.
2. Опираясь на результаты проведённого моделирования впервые выполнена оценка эффективности использования в качестве растворителей Na_2O , B_2O_3 , PbO , $\text{PbO-B}_2\text{O}_3$.
3. Впервые определён комплекс физико-химических параметров (состав питающего раствора, температурный режим), обеспечивающий гарантированное получение объемных монокристаллов составов $\text{Ba}_{1-y}\text{Pb}_y\text{Fe}_{12-x}\text{Me}_x\text{O}_{19}$: (Me – Al/Ti/Mn/Co/Ni/Cu/W/Zn/Cr, x до 5, y – до 0,8).
4. Впервые установлено влияние частичного замещения железа атомами Al/Ti/Mn/Co/Ni/Cu/W/Zn/Cr в объемных монокристаллах твердых растворов на основе гексагональных ферритов, выращенных из раствора на основе оксидов натрия и свинца, на структуру и магнитные свойства полученных монокристаллов.
5. Впервые установлена возможность использования полученных объемных монокристаллов $\text{Ba}_{1-y}\text{Pb}_y\text{Fe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ в качестве элементов устройств электроники высоких частот. Выращенный из раствора на основе оксида натрия монокристалл состава $\text{BaFe}_{11,5}\text{Al}_{0,5}\text{O}_{19}$ обладает резонансной частотой 78,5 ГГц и полосой пропускания 1,6 ГГц на уровне -3 дБ от максимального значения вносимых потерь.

Достоверность и обоснованность полученных экспериментальных результатов также не вызывает никаких сомнений, что подтверждается использованием современных и разнообразных экспериментальных методов: программного обеспечения для термодинамического моделирования FactSage 7.0, растровой электронной микроскопии, порошковой и монокристаллической дифрактометрии, спектроскопии рентгеновского поглощения, дифференциальной сканирующей калориметрии, вибрационной магнитометрии, микроволновой характеристики. Исследование свойств выполнено на современном оборудовании. Полученные экспериментальные результаты хорошо согласуются с теоретическими представлениями в области препаративной химии и физики магнитных явлений.

Однако при внимательном изучении автореферата возникли следующие вопросы и замечания:

1. Из автореферата не совсем понятно, каким способом определяли стехиометрию полученных твердых растворов. На 6 странице даны концентрации замещающих катионов, некоторые из которых очень низкие. Так даны значения $x(\text{Cu})$ – до 0,032, $x(\text{W})$ – до 0,06, $x(\text{Zn})$ – до 0,065, $x(\text{Cr})$ – до 0,07. Какова погрешность измерения в данном случае?
2. На 9 странице используется не вполне корректное понятие “структурочувствительные характеристики”. Как известно, любое свойство твердого тела является следствием определенной структуры.
3. Исследовалась ли возможность замещения в твердых растворах гексаферрита такими катионами как натрий и бор входящими в состав расплава? Доказано ли отсутствие этих катионов в химическом составе полученных твердых растворов?
4. Известно, что стремление макросистемы к электронейтральности может быть реализовано за счет появления ионных вакансий. Исследовалась ли кислородная стехиометрия при гетеровалентном замещении?
5. На 19 странице приведена неточная фраза: “Следует отметить, что магнитные моменты Fe^{3+} в позиции $12k$, $2a$, $2b$ направлены параллельно, а в положении $4f_1$ и $4f_2$ – антипараллельно.”. Из сказанного можно сделать вывод, что в позициях $4f_1$ и $4f_2$ магнитные моменты направлены антипараллельно, тогда как направление магнитных моментов в этих позициях параллельное, но противоположное направлению магнитных моментов в позициях $12k$, $2a$ и $2b$.
6. На 19 странице использована некорректная фраза: “Температуре Кюри соответствует фазовый переход II рода, при котором ...”. Фазовый переход не может соответствовать температуре, в том числе температуре Кюри.
7. Во всем автореферате не уточняется вид излучения дифрактометрии.
8. На 24 странице использована неудачная фраза: “Результирующий магнитный момент гексаферрита бария равен разности суммы моментов ...”. Лучше было бы использовать фразу: “... разности суммарных моментов ...”.
9. На 25 странице также использована неудачная фраза: “... характеристик созданных образцов ...”. Лучше было бы использовать фразу: “... характеристик полученных образцов ...”.

Вместе с тем надо отметить, что указанные недостатки не снижают общего благоприятного впечатления от представленной работы. Полученные результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. Результаты работы прошли надежную апробацию. Они широко известны научной общественности, опубликованы в авторитетных международных научных журналах и докладывались на многочисленных международных конференциях. Автореферат написан достаточно ясно и лаконично. Представляется важным отметить, что выбранное направление исследований весьма перспективно и должно развиваться в дальнейшем.

В целом работа Винника Дениса Александровича “ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГЕКСАГОНАЛЬНЫХ ФЕРРИТОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРОНИКЕ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ” является законченным научным исследованием, заслуживающим самой высокой оценки и удовлетворяющим требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.04 — физическая химия, а ее автор достоин присуждения искомой ученой степени.

Генеральный директор
ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»
член-корреспондент НАН Беларуси
доктор физико-математических наук
220072, Республика Беларусь, Минск
ул. П. Бровки, 19, +375 (17) 284-15-58
priemnaya@physics.by

