



НИЦ "Курчатовский институт"

Федеральное государственное
автономное научное учреждение
Институт сверхвысокочастотной
полупроводниковой электроники
имени В.Г. Мокерова
Российской академии наук
(Исвчпэ РАН)

117105, г. Москва, Нагорный проезд д. 7, стр. 5
тел./факс 8 (499) 123-44-64
e-mail: iuhfseras2010@yandex.ru, isvch@isvch.ru
www.isvch.ru

ОКПО 58725825, ОГРН 1027726000180
ИНН/КПП 7726318050/772601001

«12» 02 2024 г. № 24-11/29-1
На № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального
государственного автономного
научного учреждения Институт
сверхвысокочастотной
полупроводниковой электроники
имени В.Г. Мокерова
Российской академии наук,
профессор, д.т.н.

С.А. Гамкредидзе



2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию

«Исследование электрофизических характеристик твердых и сыпучих композиционных материалов в X-диапазоне частот», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.13. - «Электрофизика, электрофизические установки»

Разработка новых радиотехнических материалов, имеющих заданные электрофизические характеристики в определенном диапазоне частот является одним из важных направлений современной науки в области электрофизики и радиотехники. Создание новых экранирующих материалов, способных в широком диапазоне частот препятствовать прохождению электромагнитного излучения, позволит снизить влияние внешнего электромагнитного поля на разнообразные электрофизические и радиотехнические устройства. Интересной особенностью представленных результатов является использование в ходе разработки экранирующего материала подходов по оценки таких его электрофизических характеристик, как комплексные относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости. Такой подход позволяет создавать теоретические модели разрабатываемых материалов, описывающие их электрофизические характеристики, что является важным шагом к получению материалов с предварительно заданными характеристиками.

Диссертация Малкина Александра посвящена исследованию электрофизических характеристик твердых и сыпучих композиционных материалов в X-диапазоне частот. Особое внимание в ней уделяется использованию методик экспериментального определения таких электрофизических параметров материалов, как комплексные относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости. **Актуальность** данной работы обусловлена необходимостью решения проблемы обеспечения требований электромагнитной совместимости в разрабатываемых электрофизических и радиотехнических установках. Для решения указанных задач необходимо создавать новые экранирующие материалы, позволяющие минимизировать возможные пути прохождения помехового сигнала, а также работающие в широком диапазоне внешних воздействий. При разработке материалов важным моментом является необходимость обеспечения повторяемости электрофизических характеристик синтезируемого композита. **Научная новизна работы** состоит в реализации программно-аппаратного комплекса измерения электрофизических характеристик как синтезируемого материала, так и всех его исходных компонент. В работе продемонстрировано использование разработанного комплекса при анализе электрофизических существующих и перспективных экранирующих материалов, а также приведен анализ полученных результатов, что позволяет внести изменения в технологический процесс получения материалов для обеспечения заданных электрофизических характеристик. Такой подход может иметь большую **практическую значимость** в области синтеза новых экранирующих радиотехнических материалов.

Во **вводной** главе диссертации автор конкретизирует научные вопросы, составляющие объект исследования, и выдвигает цели и задачи, которые ставит перед данной диссертацией.

В **первой** главе диссертации предоставлена информация о существующих методах анализа электрофизических характеристик материалов в заданном диапазоне частот. Приведены описания особенностей реализации измерений и возможные ограничения области применимости описанных методов.

Во **второй** главе предоставлено описание реализованного программно-аппаратного комплекса для измерения комплексных относительных диэлектрической и магнитной проницаемостей. Представлены методы оценки точности измерения реализованного комплекса и приведены результаты измерения образцов с известными электрофизическими характеристиками.

В **третьей** главе осуществлено детальное исследование влияния добавки микро- наноразмерного порошка TiO_2 к керамике на основе BeO на электрофизических характеристики полученной композитной керамики в X-

диапазоне частот. Исследовано влияние исходных материалов, а также параметров технологического процесса (температура спекания, восстановительный отжиг) на электрофизические характеристики получаемого композита. Полученные результаты позволяют дать рекомендации по изменению технологического процесса получения экранирующего материала на основе BeO с целью повышения стабильности его электрофизических характеристик.

В **четвертой** главе исследования автор представляет исследование низкотемпературной керамики на основе SrMoO_4 с добавлением Bi. Полученные данные позволяют сделать вывод, что появление эффекта сверхструктурного упорядочения образца возможно не только при доли висмута в соединении, превышающей значения 0.3, но и при повышении температуры спекания образцов с содержанием висмута менее 0.3, при этом понижение температуры спекания образца $\text{Sr}_{0.475}\text{Bi}_{0.35}\text{MoO}_4$ привело к смещению резонансной характеристики в более высокочастотную область, что свидетельствует о том, что регулируя температуру спекания образцов керамики типа $\text{Sr}_{1-1.5x}\text{Bi}_{x-0.5x}\text{MoO}_4$ можно изменять частотную характеристику изготавливаемых образцов в диапазоне частот от 8 до 12 ГГц..

В **пятой** главе исследования представлен результат исследования электрофизических характеристик в X-диапазоне частот у синтезированного композиционного экранирующего материала на основе диэлектрической матрицы с добавлением извлеченного углеродного волокна и магнетита.

Представленная работа обладает четкой структурой и объединяет необходимые взаимосвязанные экспериментальные и теоретические результаты. В общем и целом, диссертация оставляет благоприятное впечатление и лишена существенных недостатков, которые могли бы повлиять на ее успешную защиту. Отметим также уровень публикаций (2 публикации Q2) по данной теме. Впрочем, следует выделить следующие некоторые замечания к тексту диссертационной работы:

1. На Рис.2.23 не приведены численные значения рассчитанной систематической погрешности реализованного программно-аппаратного комплекса для измерения электрофизических характеристик твердых и сыпучих материалов.
2. Во второй главе недостаточно подробно описана техника выполнения измерений с использованием реализованного программно-аппаратного комплекса для измерения электрофизических характеристик твердых и сыпучих материалов.

Приведенные замечания не относятся к сути работы, и нисколько не умаляют ее уровня.

Основные результаты работы отражены в научной печати. По материалам диссертации опубликовано 7 печатные работы, входящие в базы научного цитирования Web of Science и Scopus. Личный вклад автора в диссертационную работу является определяющим. Автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации.

Заключение по диссертационной работе:

Диссертационная работа Малкина Александра Ивановича "Исследование электрофизических характеристик твердых и сыпучих композиционных материалов в X-диапазоне частот" заслуживает высокой оценки с точки зрения актуальности темы, обоснованности выводов, качеству публикационного материала, а также значимости полученных результатов для практического применения.

Работа представляет собой законченное исследование, решающее важные и актуальные научные вопросы. Диссертация отвечает всем требованиям высшей аттестационной комиссии и положения о присуждении научных степеней ИЭФ УрО РАН, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации. Автор работы, Малкин Александр Иванович, бесспорно заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.13. - «Электрофизика, электрофизические установки».

Диссертационная работа обсуждена и одобрена на расширенном заседании Ученого совета Федерального государственного автономного научного учреждения Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники имени В.Г. Мокерова Российской академии наук, протокол заседания № 02 от «15» 02 2024 г.

Отзыв подготовил:

Старший научный сотрудник ИСВЧПЭ РАН,
канд. физ.-мат. наук

 А.Э. Ячменев

Почтовый адрес Ученого совета: Нагорный проезд, 7, Москва, 117105

Телефон: (499)123-44-64

Адрес электронной почты: isvch@isvch.ru

Организация: Федеральное государственное автономное научное учреждение Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники имени В.Г. Мокерова Российской академии наук, ИСВЧПЭ РАН