

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

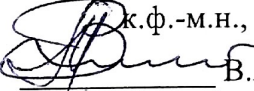
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Радиофизический факультет

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП

к.ф.-м.н., доцент

 В.А. Мещеряков
«29» января 2024 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА СПЕЦИАЛИСТА
(ДИПЛОМНАЯ РАБОТА)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ГЕРМЕТИЗАЦИИ БЛОКОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ
АППАРАТУРЫ

по основной образовательной программе подготовки специалиста
по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Масунов Владимир Владимирович

Руководитель ВКР

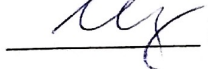
канд. физ.-мат. наук, доцент

 Е.Ю. Коровин

«28» января 2024 г.

Автор работы

студент группы № 778

 В.В. Масунов

«28» января 2024 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Радиофизический факультет
Кафедра радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ООП
В.А. Мещеряков
«8» декабря 2023 г.

ЗАДАНИЕ

на преддипломную практику
студенту 789 группы Масунов Владимир Владимирович

1. Тема работы: Исследование электромагнитных свойств материалов применяемых для электромагнитной герметизации блоков высокочастотной аппаратуры

2. Срок сдачи отчета по заданию на кафедру:

а) на кафедре 29.01.2024

б) в ГЭК 06.02.2024

3. Краткое содержание работы:

Среди обширного количества материалов, применяемых для обеспечения электромагнитной герметизации, выгодно отличаются проводящие эластомеры, представляющие собой резиновую основу с дисперсными включениями металлов. Проводящие эластомеры обеспечивают необходимый уровень электропроводности, что позволяет лучше защитить внутренние компоненты аппаратуры от внешних помех.

4. Календарный график выполнения работы:

а) изучение литературы по теме	22.12.2023–30.12.2023
б) получение навыков работы в CST STUDIO SUITE	31.12.2023–04.01.2024
в) создание блока радиоэлектронной аппаратуры	05.01.2024–07.01.2024
г) провести оценку влияния эластомера на месте технологического зазора на радиоэлектронной аппаратуры	08.01.2024–12.01.2024
д) написание ВКР и сдача в ГЭК	13.01.2024–05.02.2024
е) размещения текста ВКР в электронной библиотеке ТГУ	28.01.2024–03.02.2024

5. Дата выдачи задания «22» декабря 2023 г.

Руководитель работы –
кандидат физ.-мат. наук, доцент
кафедры радиоэлектроники
Задание принял к исполнению




Е.Ю. Коровин

В.В. Масунов

РЕШЕНИЕ

об объёме представления текста дипломной работы,
содержащей закрытую информацию

На заседании кафедры радиоэлектроники РФФ рассмотрена дипломная работа студента 789 группы Масунова Владимира Владимировича «Исследование электромагнитных свойств материалов применяемых для электромагнитной герметизации блоков высокочастотной аппаратуры».

Из дипломной работы «Исследование электромагнитных свойств материалов применяемых для электромагнитной герметизации блоков высокочастотной аппаратуры» может быть представлена печати в форме развернутой аннотации, т.к. содержание работы, представленное автором, готовится к патентованию.

Руководитель ООП,
канд. физ.-мат. наук, доцент


В.А. Мещеряков
«29» января 2024 г.

АННОТАЦИЯ

Отчёт: 63 страницы, 4 главы, 18 рисунков, 9 источников, 1 приложение

КОМПОЗИЦИОННЫЙ ЭЛАСТОМЕР, ЭКРАНИРОВАНИЕ,
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, КЛАСТЕР

Объектом исследования является прокладка из эластомеров на основе силиконовой смеси с добавлением порошка меди и с добавлением магнитных углеродных нано-трубок.

Цель работы – изучение методов электромагнитной герметизации с использованием проводящих эластомеров для повышения помехозащищенности блоков радиоэлектронной аппаратуры.

Методы: компьютерное моделирование.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Проведение литературного обзора по тематике работы.
2. Приобретение навыков работы в программном пакете CST Studio Suite.
3. Создание упрощенной модели исследуемого блока радиоэлектронной аппаратуры.
4. Проведение моделирования для случаев с различными величинами

технологического зазора и толщины стенки исследуемой упрощенной модели с применением проводящего эластомера и без него.

5. Обработка полученных результатов.

Электромагнитная герметизация – это метод повышения помехозащищенности блоков высокочастотной аппаратуры. Это достигается за счет использования проводящих эластомеров, которые помогают защитить аппаратуру как от внешних электромагнитных помех, так и не допустить распространения электромагнитного излучения из блока РЭА в окружающую среду. Эти материалы создают экранирующий слой вокруг аппаратуры, или помещаются в места сочленения элементов блоков аппаратуры, тем самым отражая или поглощая электромагнитные волны, снижая уровень помех и повышая помехозащищенность блока. Это может быть важно для обеспечения работоспособности и надежности важных систем, таких как коммуникационное оборудование, авиационная и космическая техника, медицинское оборудование и т.д.

Проводящие эластомеры обладают хорошей проводимостью электричества, а также гибкостью и долговечностью, что делает их идеальным материалом для герметизации блоков высокочастотной аппаратуры. Использование проводящих эластомеров для герметизации может существенно увеличить эффективность работы аппаратуры и снизить риск неполадок из-за внешних электромагнитных полей.

В ходе выполнения работы получены следующие результаты:

1) Проведен обзор литературных источников, посвящённых проблеме обеспечения электромагнитной совместимости.

2) Проведено проектирование прямоугольного многомодового резонатора трехсантиметрового диапазона. Сравнение измеренных и промоделированных резонансных частот показало хорошее совпадение.

3) Исследованы частотные зависимости комплексной диэлектрической проницаемости эластомеров с различной концентрацией порошков меди. Показано, что при концентрации 80% материал становится проводящим.

4) Проведенное моделирование показало, что введение в эластомер проводящих включений позволяет снизить величину паразитного излучения с 2500 В/м до 50 В/м (до 50 раз), в зависимости от концентрации проводящих включений.

5) Исследованы частотные зависимости комплексной диэлектрической проницаемости эластомеров с различной концентрацией МУНТ. Из полученных результатов видно, что увеличение концентрации введенных МУНТ приводит к равномерному увеличению значений действительных и мнимых частей диэлектрической проницаемости, что свидетельствует о нахождении в доперколяционной области концентраций по проводимости.

6) Проведенное моделирование показало, что увеличение концентрации введенных МУНТ позволяет варьировать уровень электромагнитной экранировки и создавать материалы с электромагнитными свойствами, обеспечивающими требуемый уровень электромагнитной герметизации.

7) Таким образом, применение синтезированных материалов на основе МУНТ с той или иной концентрацией активного компонента могут обеспечивать требуемый уровень электромагнитной герметизации в зависимости от заданных тактико-технических характеристик.



Отчет о проверке

Автор: Масунов Владимир Владимирович

Название документа: Масунов

Проверяющий: Павлова Александра Андреевна

Организация: Томский Государственный Университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ



Совпадения:
25,3%



Оригинальность:
74,7%



Цитирования:
0%



Самоцитирования:
0%



1

«Совпадения», «Цитирования», «Самоцитирования», «Оригинальность» являются отдельными показателями, отображаются в процентах и в сумме дают 100%, что соответствует полному тексту проверяемого документа.



Проверено: 50,97% текста документа, исключено из проверки: 49,03% текста документа. Разделы, отключенные пользователем: Титульный лист, Содержание, Библиография, Приложение

- Совпадения** — фрагменты проверяемого текста, полностью или частично сходные с найденными источниками, за исключением фрагментов, которые система отнесла к цитированию или самоцитированию. Показатель «Совпадения» — это доля фрагментов проверяемого текста, отнесенных к совпадениям, в общем объеме текста.
- Самоцитирования** — фрагменты проверяемого текста, совпадающие или почти совпадающие с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа. Показатель «Самоцитирования» — это доля фрагментов текста, отнесенных к самоцитированию, в общем объеме текста.
- Цитирования** — фрагменты проверяемого текста, которые не являются авторскими, но которые система отнесла к корректно оформленным. К цитированиям относятся также шаблонные фразы; библиография; фрагменты текста, найденные модулем поиска «СПС Гарант: нормативно-правовая документация». Показатель «Цитирования» — это доля фрагментов проверяемого текста, отнесенных к цитированию, в общем объеме текста.
- Текстовое пересечение** — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.
- Источник** — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.
- Оригинальный текст** — фрагменты проверяемого текста, не обнаруженные ни в одном источнике и не отмеченные ни одним из модулей поиска. Показатель «Оригинальность» — это доля фрагментов проверяемого текста, отнесенных к оригинальному тексту, в общем объеме текста.

Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые совпадения проверяемого документа с проиндексированными в системе источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности совпадений или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

Номер документа: 31

Тип документа: Не указано

Дата проверки: 27.01.2024 15:15:07

Дата корректировки: 27.01.2024 18:05:55

Количество страниц: 63

Символов в тексте: 84226

Слов в тексте: 10113

Число предложений: 2983

Комментарий: не указано

ПАРАМЕТРЫ ПРОВЕРКИ

Выполнена проверка с учетом редактирования: Да

Выполнено распознавание текста (OCR): Нет

Выполнена проверка с учетом структуры: Нет

Модули поиска: Интернет Плюс*, Шаблонные фразы, Издательство Wiley, Диссертации НББ, Переводные заимствования по Интернету (EnRu), Цитирование, СМИ России и СНГ, Перефразирования по Интернету, СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация, Переводные заимствования по eLIBRARY.RU (EnRu), Перефразирования по коллекции IEEE, eLIBRARY.RU, Патенты СССР, РФ, СНГ, ИПС Адилет, Кольцо вузов, Сводная коллекция ЭБС, Перефразирования по коллекции издательства Wiley, Медицина, Перефразирования по СПС ГАРАНТ: аналитика, Библиография, Модуль поиска "tsu", Перефразирования по Интернету (EN), Переводные заимствования*, Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте, Переводные заимствования издательства Wiley, Переводные заимствования IEEE, СПС ГАРАНТ: аналитика, Переводные заимствования по коллекции Гарант: аналитика, Переводные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте, Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте, Переводные заимствования (RuEn), Коллекция НБУ, Сводная коллекция РГБ, Перефразирования по eLIBRARY.RU, Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте

ИСТОЧНИКИ

№	Доля в тексте	Доля в отчете	Источник	Актуален на	Модуль поиска	Комментарий
[01]	11,73%	0%	Исследование электромагнитных... http://elibrary.ru	01 Янв 2023	eLIBRARY.RU	Источник исключен. Причина: Текст источника недоступен по ссылке.
[02]	8,25%	1,3%	Экранирование радиоэлектронн... http://elibrary.ru	12 Мая 2015	eLIBRARY.RU	
[03]	8,02%	3,68%	Экранирование радиоэлектронн... http://elibrary.ru	12 Мая 2015	Перефразирования по eLIBRARY.RU	
[04]	7,71%	0,42%	Курс лекций http://portal.tpu.ru:7777	01 Ноя 2017	Интернет Плюс*	
[05]	7,64%	0%	Экранирование радиоэлектронн... https://test-expert.ru	11 Июн 2021	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Техническое совпадение.
[06]	7,64%	0%	Экранирование радиоэлектронн... https://test-expert.ru	23 Мая 2022	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Техническое совпадение.
[07]	7,64%	0%	Экранирование радиоэлектронн... http://test-expert.ru	23 Мая 2022	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Техническое совпадение.
[08]	7,64%	0%	Экранирование радиоэлектронн... https://test-expert.ru	11 Июн 2021	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Техническое совпадение.
[09]	7,52%	0%	https://portal.tpu.ru/SHARED/u/UL... https://portal.tpu.ru	09 Авг 2022	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Техническое совпадение.
[10]	7,44%	0%	Металл для экранирования от эл... https://stal-kom.ru	23 Мая 2022	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Техническое совпадение.
[11]	7,44%	0%	Экранирование радиоэлектронн... https://test-expert.ru	23 Мая 2022	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Техническое совпадение.
[12]	6,39%	0%	https://elar.urfu.ru/bitstream/1099... https://elar.urfu.ru	12 Янв 2022	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Библиография определена неверно.
[13]	6,39%	0%	https://elar.urfu.ru/bitstream/1099... https://elar.urfu.ru	16 Июн 2022	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Библиография определена неверно.
[14]	5,88%	0%	Материалы электромагнитной со... https://rttex.ru	27 Янв 2024	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Техническое совпадение.
[15]	5,85%	0%	ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ... http://elibrary.ru	01 Янв 2023	eLIBRARY.RU	Источник исключен. Причина: Текст источника недоступен по ссылке.
[16]	5,74%	0%	227839 http://e.lanbook.com	10 Мар 2016	Сводная коллекция ЭБС	
[17]	5,03%	0%	http://www.oniip.ru/files/%D0%A2... http://oniip.ru	11 Янв 2024	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Текст источника недоступен по ссылке.
[18]	4,81%	0%	Материалы ЭМС - Электромагнит... https://rttex.ru	27 Янв 2024	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Техническое совпадение.
[19]	4,37%	0%	http://www.oniip.ru/files/%D0%A2... http://oniip.ru	11 Янв 2024	Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте	Источник исключен. Причина: Текст источника недоступен по ссылке.
[20]	4,01%	4,01%	https://eurointech.ru/products/CST... https://eurointech.ru	21 Июн 2023	Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте	

[21]	3,09%	1,05%	Экранирование радиоэлектронн... http://elibrary.ru	15 Янв 2019	Перефразирования по eLIBRARY.RU	
[22]	3,05%	2,63%	СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ ОТРИЦА... http://elibrary.ru	01 Янв 2020	eLIBRARY.RU	
[23]	2,75%	2,01%	http://oniip.ru/files/%D0%A2%D0%... http://oniip.ru	14 Мая 2023	Интернет Плюс*	
[24]	2,67%	0,41%	http://www.eurointech.ru/products... http://eurointech.ru	23 Янв 2023	Интернет Плюс*	
[25]	2,43%	0%	https://videofiles.tpu.ru/user/kgk/C... https://videofiles.tpu.ru	15 Дек 2023	Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте	
[26]	2,24%	0,38%	ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ЛИНИЙ... http://elibrary.ru	14 Янв 2020	eLIBRARY.RU	
[27]	2,04%	0%	Моделирование антенн в режим... http://bsuir.by	30 Янв 2017	Перефразирования по Интернету	
[28]	2,02%	0%	ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ЛИНИЙ... http://elibrary.ru	14 Янв 2020	Перефразирования по eLIBRARY.RU	
[29]	1,9%	0,24%	https://elar.ufu.ru/bitstream/1099... https://elar.ufu.ru	29 Мая 2022	Интернет Плюс*	
[30]	1,9%	0%	https://elar.ufu.ru/bitstream/1099... https://elar.ufu.ru	29 Июн 2022	Интернет Плюс*	
[31]	1,81%	1,81%	Научно-исследовательский инст... http://ru.wikipedia.org	01 Дек 2014	Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте	
[32]	1,81%	0%	Научно-исследовательский инст... http://ru.wikipedia.org	27 Янв 2024	Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте	
[33]	1,77%	0%	Научно-исследовательский инст... http://ru.wikipedia.org	27 Янв 2024	Интернет Плюс*	
[34]	1,77%	0%	Научно-исследовательский инст... https://ru.m.wikipedia.org	27 Янв 2024	Интернет Плюс*	
[35]	1,75%	0,46%	Научно-исследовательский инст... http://ru.wikipedia.org	08 Янв 2017	Перефразирования по Интернету	
[36]	1,68%	0%	Применение ПО CST Microwave St... http://biblioclub.ru	21 Янв 2020	Сводная коллекция ЭБС	
[37]	1,49%	0%	Колганов, Андрей Андреевич Раз... http://dlib.rsl.ru	19 Фев 2018	Сводная коллекция РГБ	
[38]	1,49%	0,24%	Сопоставление методик расчета ... http://elibrary.ru	04 Июл 2015	Перефразирования по eLIBRARY.RU	
[39]	1,48%	0%	UP_Primenenie_PO_CST_Fateev http://studfiles.ru	01 Янв 2017	Перефразирования по Интернету	
[40]	1,39%	0%	Сайченко, Андрей Сергеевич Сов... http://dlib.rsl.ru	27 Дек 2019	Сводная коллекция РГБ	
[41]	1,33%	1,33%	ДИАГНОСТИКА ГИПЕРЗВУКОВОЙ ... https://elibrary.ru	31 Дек 2022	eLIBRARY.RU	
[42]	1,23%	1,23%	❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖❖ ... http://inethub.olvi.net.ua	29 Янв 2017	Перефразирования по Интернету	
[43]	1,12%	0,73%	ПЯТЬ ОСНОВНЫХ ТИПОВ МАГНИ... https://studopedia.net	18 Мар 2021	Интернет Плюс*	
[44]	1,12%	0%	https://uobrep.openrepository.co... https://uobrep.openrepository.com	10 Фев 2023	Переводные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте	
[45]	1,11%	1,11%	http://www.oniip.ru/files/%D0%A2... http://oniip.ru	11 Янв 2024	Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте	
[46]	1,06%	0%	Применение ПО CST Microwave St... https://studfile.net	18 Мая 2023	Интернет Плюс*	
[47]	0,99%	0%	https://videofiles.tpu.ru/user/kgk/C... https://videofiles.tpu.ru	15 Дек 2023	Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте	
[48]	0,94%	0%	139670 http://biblioclub.ru	15 Апр 2016	Сводная коллекция ЭБС	
[49]	0,93%	0,39%	200539_m1-elne21_2022_1	09 Ноя 2022	Кольцо вузов	
[50]	0,82%	0%	Чекренев, Сергей Александрович... http://dlib.rsl.ru	раньше 2011	Сводная коллекция РГБ	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.

[51]	0,77%	0%	http://op.vlsu.ru/fileadmin/Progra... http://op.vlsu.ru	28 Сен 2023	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.
[52]	0,66%	0,66%	Крапивин О.М., Власов В.И. Комм... http://ivo.garant.ru	17 Мар 2012	Перефразирования по СПС ГАРАНТ: аналитика	
[53]	0,62%	0,62%	Переработка полимерных матер... http://studentlibrary.ru	19 Дек 2016	Медицина	
[54]	0,6%	0%	Отраслевой дорожный методиче... http://ivo.garant.ru	09 Апр 2017	СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.
[55]	0,59%	0,59%	Составление и численный анали...	16 Окт 2020	Коллекция НБУ	
[56]	0,56%	0%	The dynamics of unattached benth... https://doi.org	05 Сен 2001	Издательство Wiley	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.
[57]	0,49%	0%	Михайлин Ю. А. Специальные по... http://dlib.rsl.ru	29 Мар 2022	Сводная коллекция РГБ	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.
[58]	0,48%	0%	231831 http://biblioclub.ru	19 Апр 2016	Сводная коллекция ЭБС	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.
[59]	0,44%	0%	ПолиуретанДеталь производст... https://ftor-silikon.ptp64.ru	14 Мая 2023	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.
[60]	0,39%	0%	Экономические аспекты патентн... http://ivo.garant.ru	07 Мая 2022	Переводные заимствования по коллекции Гарант: аналитика	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.
[61]	0,32%	0%	Магнитомягие материалы http://studentlibrary.ru	19 Дек 2016	Медицина	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.
[62]	0,28%	0%	http://ipmfi.vlsu.ru/fileadmin/kafed... http://ipmfi.vlsu.ru	21 Июл 2022	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.
[63]	0,28%	0%	Использование полоксамеров дл...	15 Июн 2021	Кольцо вузов	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.
[64]	0,24%	0%	Содержательный отчет- Отчет о ... http://uchebana5.ru	08 Янв 2017	Перефразирования по Интернету	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.
[65]	0,23%	0%	не указано	29 Сен 2022	Шаблонные фразы	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.
[66]	0,21%	0%	УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ Э... http://elibrary.ru	29 Авг 2014	Перефразирования по eLIBRARY.RU	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.
[67]	0,18%	0%	http://research.sfu-kras.ru/sites/re... http://research.sfu-kras.ru	31 Янв 2021	Интернет Плюс*	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.