

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники»

УДК 004.353.25-026.66

Мулугета
Валерия Мэлаку

Композиционные материалы на основе титана для экранов
электромагнитного излучения

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-98 80 01 Методы и системы защиты информации,
информационная безопасность

Научный руководитель
Богущ Вадим Анатольевич
д. ф.-м. н, доцент

Минск 2016

ВВЕДЕНИЕ

Проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) и стойкости электронной аппаратуры к воздействию внешнего электромагнитного излучения (ЭМИ) занимает значительную часть этапа разработки и проектирования различных радиоэлектронных систем (РЭС). В связи с бурным развитием полупроводниковых технологий и тенденцией к глобальному снижению габаритных размеров элементов, на сегодняшний день практически любое электронное оборудование имеет малую массу и легко транспортируется. В этом случае с высокой вероятностью можно говорить о непосредственном воздействии одного оборудования на другое, что в свою очередь, ведет к ухудшению работоспособности и надежности этого оборудования, если не применены дополнительные меры по обеспечению стойкости аппаратуры к воздействию электромагнитного излучения (ЭМИ).

Электромагнитные помехи, создаваемые различного рода электроустройствами, электрооборудованием и приборами, электро- и автомобильным транспортом, линиями электропередач и другим оборудованием, занимают особое место среди других непреднамеренных помех. Большинство из них характеризуется сплошным спектром в диапазоне радиочастот. Их источники достаточно плотно размещены в пространстве, часто в непосредственной близости от радиоэлектронных средств (РЭС).

Следовательно, проблема снижения влияния электромагнитных волн любой природы на электронное оборудование является актуальной и серьезной и требует детального и осмысленного рассмотрения. В данной работе, для решения описанной задачи, предлагается использовать комбинированные влагосодержащие материалы на основе порошкообразного диоксида титана, позволяющие получить эффективные поглотители электромагнитного излучения, в том числе гибкие, обладающие низкой, по сравнению с существующими материалами, массой.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является создание и исследование новых материалов для экранирования электромагнитного излучений.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Обосновать выбор порошкообразного диоксида титана в качестве материала для создания экранов электромагнитного излучения со сниженными массогабаритными характеристиками;

2. Исследовать влияние состава дополнительного водного раствора, вводимого в поры, образованные порошкообразными материалами, на характеристики поглощения и отражения электромагнитных волн.

3. Разработать технологию изготовления многокомпонентных экранов электромагнитного излучения на основе влагосодержащих порошкообразных материалов.

Связь с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики

Тема диссертационной работы соответствует:

– п. 13. «Безопасность человека, общества и государства» Приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы утвержденных Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 190 от 12 марта 2015 г.

В диссертации поставлена и решена актуальная задача по исследованию способов экранирования электромагнитного излучения, выбор и обоснование диоксида титана, и изготовление экранов электромагнитного излучения на основе диоксида титана. Научную новизну содержит выбранный за основу диоксид титана, позволяющий получить конструкции, обладающие хорошими массогабаритными показателями и гибкостью, и влагосодержащий поглотитель.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что в ней предложен эффективный способ защиты информации от электромагнитного излучения.

Практическая ценность работы состоит в том, что сформулированные понятия, а также сделанные выводы могут быть непосредственно использованы различными учреждениями для изготовления и установки экранов электромагнитного излучения, а также при построении средств

защиты электронных носителей информации от воздействия высокоинтенсивного электромагнитного излучения.

Положения, выносимые на защиту

1. Предложенные влагосодержащие порошкообразные материалы на основе диоксида титана для создания экранов электромагнитного излучения, что позволило управляемо изменять характеристики ослабления излучения поглощающих материалов при одновременном снижении массогабаритных характеристик до 1,2 кг при площади в 1 м².

2. Предложенные влагосодержащие материалы на основе комбинаций диоксида титана, латексных и силиконовых оснований, что позволило получить гибкие поглотители электромагнитного излучения с высокой стойкостью к механическим воздействиям.

Личный вклад соискателя

Содержание диссертации отражает личный вклад автора. Он заключается в научном обосновании возможности использования порошкообразного диоксида титана в качестве поглотителей электромагнитного излучения, подготовке и проведении экспериментов по исследованию их характеристик и свойств.

Определение целей и задач исследований, интерпретация и обобщение полученных результатов проводились с научным руководителем, доктором физико-математических наук, доцентом В.А. Богушем.

Апробация результатов диссертации

Теоретические и практические результаты диссертационных исследований докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях: XIV Белорусско-российской научно-технической конференции «Технические средства защиты информации», Минск, 25-26 мая 2016 г. и 52-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 25-29 апреля 2016 г.

Опубликованность результатов диссертации

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликованы 2 печатные работы в сборниках тезисов и докладов на научно-технических конференциях.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, основной части из трех глав, заключения, библиографического списка. Полный объем диссертационной работы составляет 51 страница, из них 47 страниц основного текста, библиография из 28 наименований на 4 страницах, включая 2 публикации автора на 1 странице.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, показана необходимость исследования и разработки экранов электромагнитного излучения.

В первой главе описаны основные источники электромагнитного излучения и современные способы экранирования электромагнитного излучения.

Выбор материала экрана проводится исходя из обеспечения заданной эффективности экранирования в рабочем диапазоне частот при соответствующих ограничениях: влияния на экранируемый объект, массогабаритных параметров, а также устойчивости против коррозии, обеспечения механической прочности, технологичности конструкции и т. д.

Наибольшее распространение при экранировании с использованием металлов получили конструкции в виде пластин или листов металла, соединенных между собой. Многослойные комбинированные конструкции экранов, состоящие из последовательно чередующихся немагнитных (медь, алюминий, латунь) и магнитных (сталь, пермаллой) слоев, применяются для получения высокой эффективности экранирования в широком частотном диапазоне, включая область низких частот, и обеспечения малых вносимых потерь в экранируемые цепи радиоэлектронной аппаратуры.

Особое место в экранировании занимают радиопоглощающие материалы. Такие материалы предназначены для уменьшения отражения радиоволн внутри экранируемых объектов (производственных помещений, экранированных камер, каркасов передатчиков и др.).

Токопроводящие краски позволяют изготавливать экраны на любой основе, а также, могут облегчить монтаж сложной конструкции экрана при соединении его листов и элементов между собой. В качестве токопроводящих пигментов используется графит, сажа, коллоидное серебро, оксиды металлов, порошковая медь, алюминий.

Для снижения уровней электромагнитного излучения, распространяющихся за пределы экрана, могут быть использованы влагосодержащие конструкции поглотителей.

При взаимодействии ЭМИ с влагосодержащими диэлектрическими материалами происходит ослабление энергии волны и преобразование ее фазы, величина которых зависит от влажности образца, его толщины и плотности, что широко используется в микроволновой СВЧ-влажнометрии.

Во второй главе приводится обоснованность выбора диоксида титана, методика приготовления образцов и характеристики водосодержащих поглотителей электромагнитного излучения.

Диоксид титана (TiO_2) представляет собой кристаллы белого цвета, которые при перемешивании в воде легко пептизируются с образованием устойчивых коллоидных растворов.

Диоксида титана за свои свойства и порошкообразную структуру может быть использован в качестве основы для влагосодержащих поглотителей электромагнитного излучения.

Способность двуокиси титана легко удерживать водный наполнитель и его малая масса дают возможность изготовления поглотителей электромагнитного излучения, обладающих высокой эффективностью и хорошими массогабаритными показателями. Использование влагосодержащих наполнителей позволяет увеличить эффективность поглощения электромагнитного излучения благодаря способности воды взаимодействовать с электромагнитным излучением.

В третьей главе идет речь о выборе частотного диапазона, так как в настоящее время технические параметры современных радиоэлектронных системы и устройств изменяются в широком диапазоне и не могут быть обобщены в пределах одного диапазона частот. Поэтому для обеспечения требуемых характеристик и функциональности вышеописанного оборудования целесообразно снижать его чувствительность к воздействию внешних электромагнитных излучений, в том числе и импульсных высокоэнергетических радиоизлучений. Поэтому при проведении исследований эффективности предлагаемых поглотителей целесообразно выделить диапазон радиочастот не менее 1 ГГц ... 95 ГГц.

Измерения эффективности экранирования образцов на основе диоксида титана в частотном диапазоне от 8 до 12 ГГц, показали, что наличие полипропилена и маскировочной сети значительно не изменяет характер и величину ослабления ЭМИ образцов. Значение ослабления лежит в пределах 10 – 15 дБ. В данном случае ослабление обусловлено слоем распределенного по объему образца влагосодержащего наполнителя.

Создание экранов электромагнитного излучения на основе диоксида титана позволяет получить конструкции, обладающие хорошими массогабаритными показателями и гибкостью.

Возможные области применения влагосодержащих конструкций экранов ЭМИ включают защиту биологических объектов, защиту информации, обеспечение скрытности военных объектов от радиолокационного обнаружения. Это определяет необходимость

изготовления экранирующей конструкции в виде базового модуля с возможностью образования наборных конструкций.

Для увеличения гибкости конструкции поглотителей на основе диоксида титана в состав модуля может быть введен синтетический сетчатый материал, позволяющий надежно фиксировать технологический наполнитель на основе. В этом случае, дополнительно, по лекалам или шаблонам конструкции производится раскрой сетчатого материала на определенные части. Затем сетка фиксируется на основе с помощью сшивания или склейки. И далее технологический наполнитель наносится на полученную конструкцию плоским предметом.

Введение в состав поглотителя дополнительных материалов позволяющих изменять электрические и магнитные свойства в ряде случаев может привести к улучшению качества экранирования электромагнитного излучения.

Подготовка технологического наполнителя заключается в формировании раствора порошкообразного диоксида титана путем перемешивания с водой. Раствор сернокислого никеля подготавливается аналогичным образом: сухой порошок NiSO_4 перемешивается с водой. Далее полученные растворы переливаются в один сосуд, и производится перемешивание. Затем приготовленную смесь прогревают до температуры $45 - 50^\circ\text{C}$ с помощью печи и добавляют восстановитель в избыточном количестве и помещают сосуд обратно в печь на некоторое время. После того как раствор поменяет окраску с черного на светло-зеленый сливают лишний восстановитель и удаляют лишнюю воду из смеси путем промывания в ацетоне. Для предотвращения дальнейшей химической модификации полученного состава производят дополнительную обработку с помощью низкомолекулярных поверхностно-активных веществ (бутанол).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема создания гибких поглощающих модулей больших площадей, обладающих хорошими массогабаритными и экранирующими характеристиками, способных защитить электронное оборудование при высокоинтенсивном электромагнитном воздействии, требует поиска новых материалов. Формирование многослойных поглотителей на основе таких материалов требует проведения соответствующих измерений и установления закономерностей их изготовления.

Разработана технология создания влагосодержащих гетерогенных поглощающих модулей экранов электромагнитного излучения на основе порошкообразного диоксида титана. Предложено изготавливать наполнитель на основе водных растворов органических соединений, для сохранения характеристик отражения и поглощения электромагнитного излучения модуля при отрицательных температурах.

Предложена технология изготовления гетерогенных влагосодержащих поглотителей электромагнитного излучения на основе диоксида титана, обладающих высокими эксплуатационными показателями и возможностью варьирования электромагнитными характеристиками.

Установлено, что наиболее эффективными поглощающими свойствами в различных климатических условиях обладают конструкции, содержащие в составе технологического наполнителя органические добавки и соли металлов, что позволяет при окружающей температуре минус 15°C сохранить гибкость конструкции и обеспечивает величину ослабления не хуже 12 дБ в диапазоне частот 8...12 ГГц.

Проведены испытания разработанных гибких влагосодержащих гетерогенных поглотителей электромагнитного излучения для защиты человеческого организма от электромагнитного излучения средств мобильных телекоммуникаций. Коэффициент ослабления в диапазоне 400 МГц – 112 ГГц составляет не менее 10 дБ.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1-А. Мулугета В.М. Композиционные материалы на основе титана для экранов ЭМИ / В.М. Мулугета // Студенческая научно-техническая конференция: Тезисы докл. готовятся к публикации – Минск, 2016.

2-А. Мулугета В.М. Радиопоглощающие материалы на основе порошков диоксида титана и технического углерода / В.М. Мулугета, В.А. Богуш // Технические средства защиты информации: Тезисы докладов – Минск, 2016 г.

Библиотека БГУИР