

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

УДК 621.3.085.345-026.66+661.86

Гресь  
Григорий Владимирович

Имитаторы естественных сред на основе алюминия и его анодных  
оксидов

### **АВТОРЕФЕРАТ**

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

Научный руководитель  
Гасенкова Ирина Владимировна  
д.ф.-м.н., доцент

Минск 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие современных видов оружия и средств его защиты и противодействия преднамеренным помехам достаточно остро обозначило проблему создания эффективных контрмер, в частности, маскирующих систем, предохраняющих объекты и сооружения от потенциальных угроз со стороны таких систем вооружения.

Существующие маскирующие материалы, хотя и имеют общую цель камуфляжа поверхности объектов и сооружений от наблюдения обнаружения, распознавания и захвата цели на автоматическое сопровождение современных систем вооружения, их принцип защиты основан, как правило, либо на ослаблении (затушевывании) контраста и яркости, в том числе температурного, камуфлируемого объекта по сравнению с окружающим фоном, что не обеспечивает скрытности объекта при достаточно высокой чувствительности современного оборудования, либо на изменении характеристик падающего излучения в узком диапазоне и только в одном направлении длин волн электромагнитного излучения. Последние маскирующие материалы также являются малоэффективными в случае, если рабочий диапазон таких средств достаточно широк и в случае, если они высокочувствительны, при этом они не обеспечивают защиту маскируемого объекта от высокоэнергетического воздействия (лазерного, светового и т.п.).

Следует отметить также, что известный маскирующий материал не позволяет обеспечивать защиту камуфлируемого объекта от высокоэнергетического воздействия современных систем, например, высокоэнергетических лазеров, ядерного светового излучения и т.п.).

Перспективным представляется расширение функциональных возможностей при повышении эффективности маскировки объекта посредством увеличения диапазона изменения характеристик падающего излучения. Расширение функциональных возможностей достигается за счет преобразования падающего излучения в излучение другой области спектра электромагнитного излучения, в том числе как в сторону больших длин волн, так и в сторону меньших длин волн. Кроме того, расширение функциональных возможностей происходит и за счет обеспечения защиты маскируемого объекта не только от аппаратуры наблюдения, обнаружения, опознания и захвата цели на автоматическое сопровождение, но также и от высокоэнергетических современных средств.

Повышение эффективности маскировки объекта не менее чем на 50% возможно посредством расширения диапазона изменения характеристик

падающего света, в том числе посредством его трансформации в другие области спектра электромагнитного излучения, а также за счет снижения температурного контраста камуфлируемого объекта по сравнению с окружающим фоном посредством применения высокоотражающего металлического слоя и применения маскирующего пигмента. Таким образом, разработка новых радиопоглощающих материалов, предназначенных для экранирования отражающих элементов конструкции объектов, весьма важна и является актуальной задачей противодействия средствам технической разведки.

Многозначность и сложность задач, существующих в области информационной безопасности, требуют применения многофункциональных качественных экранированных объемов и конструкций, создание которых возможно только с использованием высокоэффективных экранирующих материалов. Одним из перспективных направлений является использование слоев алюминия и пористого анодного оксида алюминия для создания экранов электромагнитного излучения. Перспективно использование алюминия для этих целей, поскольку он широко представлен в современном строительстве, архитектуре, электронном материаловедении. Прокат из алюминия, тонкие пленки алюминия, формируемые на различных подложках, анодные оксиды алюминия представляют собой весьма важный объект для исследований в качестве материала для экранов электромагнитного излучения. Анодный оксид алюминия – диэлектрик, который имеет пористую микроструктуру с контролируемыми параметрами, заполнение которой позволяет создать в составе оксида активную фазу для снижения коэффициента отражения электромагнитного излучения (ЭМИ). В зависимости от целей применения актуальным является изучение возможности применения анодного оксида алюминия пористого типа, формируемого методом анодирования широкоформатного проката алюминия, фольги для создания твердотельных конструкций экранов в составе с металлом (алюминий). При этом имеется возможность формирования материалов с различными коэффициентами отражения электромагнитных волн путем размещения в порах и на их поверхности различных материалов, включая наноструктурированные. Для эффективного экранирования ЭМИ и создания систем экранирования на основе алюминия и пористого анодного оксида алюминия необходимо установить закономерности взаимодействия ЭМИ с такими неоднородными многослойными экранами, исследовать влияние геометрических параметров отдельных слоев. Поэтому изучение эффективности новых конструкций экранов ЭМИ на основе алюминия и оксида алюминия пористого типа,

исследование коэффициента отражения и ослабления ЭМИ и разработка рекомендаций по его использованию является актуальным.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Цель и задачи исследования**

Целью настоящей работы является изучение эффективности новых конструкций экранов ЭМИ на основе алюминия и оксида алюминия пористого типа для маскировки объектов и обеспечения защиты информации от утечки, исследование коэффициента отражения и ослабления ЭМИ и разработка рекомендаций по его использованию.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести обоснование выбора материала экрана на основе алюминия и оксида алюминия пористого типа в качестве компонентов для создания конструкций экранов ЭМИ.
2. Разработать методы формирования конструкций электромагнитных экранов на основе фольгированных материалов алюминия и оксида алюминия пористого типа с геометрическими неоднородностями поверхности и без них.
3. Оценить значения коэффициентов отражения и передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц конструкций экранов ЭМИ на основе алюминия и оксида алюминия пористого типа, сформированных на основе разработанных методов.
4. Составить рекомендации по использованию разработанных конструкций экранов ЭМИ.

В качестве объекта исследований выбраны конструкции экранов ЭМИ на основе алюминия и оксида алюминия пористого типа.

Предметом исследования являются характеристики отражения и передачи мощности ЭМИ конструкций электромагнитных экранов, изготовленных на его основе алюминия и оксида алюминия пористого типа.

### **Теоретическая и практическая значимость**

Теоретическая значимость заключается в установлении закономерностей размерного влияния геометрических неоднородностей на поверхности

конструкций электромагнитных экранов на коэффициент отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц.

Практическая значимость заключается в возможности использования разработанных слоистых композитов на основе фольгированного алюминия для создания маскирующих комплектов, предназначенных для разворачивания на местности и обеспечивающих снижение заметности наземных объектов в радиолокационном диапазоне длин электромагнитных волн.

### **Личный вклад соискателя**

Все основные результаты, изложенные в диссертационной работе, получены самостоятельно. Соискателю принадлежат определение целей и постановка задач исследования, выбор методов исследования, непосредственное участие в проведении экспериментов по разработке конструкций экранов ЭМИ и изучении их свойств, а также обработка, анализ и интерпретация полученных результатов, формулировка выводов.

Научный руководитель, доктор физико-математических наук, доцент И.В. Гасенкова принимала участие в планировании работы и обсуждении ее результатов.

### **Апробация результатов диссертации**

Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на 52-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, 2016).

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка. Полный объем диссертации составляет 55 страниц машинописного текста. Диссертация содержит 35 рисунков и 2 таблицы. Библиографический список занимает 3 страницы и состоит из 39 наименований использованных источников.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе** представлен аналитический обзор эффективных конструктивных исполнений электромагнитных экранов.

**Во второй главе** приводится описание использованного для исследований оборудования и методик проведения измерений

коэффициентов передачи и отражения исследуемой конструкции экрана ЭМИ.

**В третьей главе** представлены особенности конструкций экранов и приведены результаты экспериментальных исследований коэффициентов передачи и отражения исследуемой конструкции экрана ЭМИ. Сделан вывод об эффективности предложенной конструкции для экранирования ЭМИ в диапазоне 0,7...17,0 ГГц.

### **Заключение (выводы)**

В заключении приводятся основные результаты, полученные в ходе выполненных исследований и сформулированы рекомендации для конструкций электромагнитных экранов на основе алюминия и анодного оксида алюминия.

Показано, что путем формирования геометрических неоднородностей на поверхности конструкций электромагнитных экранов, изготовленных из фольгированных материалов на основе алюминия, может быть обеспечено снижение с  $-0,5...-10$  дБ до  $-0,5...-18$  дБ значений их коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц. Это обусловлено явлением диффузного рассеяния на геометрических неоднородностях ее поверхности электромагнитных волн, взаимодействующих с такой конструкцией. При этом высота таких неоднородностей должна составлять 1 см и более. Так как закрепление конструкций электромагнитных экранов с геометрическими неоднородностями поверхности, изготовленных из фольгированных материалов на основе алюминия, на металлическом отражателе не оказывает существенного влияния на значения их коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7...17 ГГц, то такие конструкции допустимо применять в целях уменьшения энергии стоячих электромагнитных волн в помещениях, экранированных посредством металлических листовых материалов. При этом на поверхностях таких материалов необходимо закреплять предложенные конструкции электромагнитных экранов.

Таким образом, на основе полученных результатов можно сделать вывод о возможности использования исследованных слоистых композитов на основе фольгированных материалов в целях создания маскирующих комплектов, предназначенных для разворачивания на местности и обеспечивающих снижение заметности наземных объектов в радиолокационном диапазоне длин электромагнитных волн.

## **Список опубликованных работ**

1. Гресь Г.В. Имитаторы естественных сред на основе алюминия и его анодных оксидов // Материалы 52-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. БГУИР, Минск, 2016.