

отношению к падающей ЭМВ) представляет собой композиционный материал с наполнителем из влагосодержащего керамзита толщиной 4 мм. Второй слой – диэлектрик (полиуретановая мастика) толщиной 2 мм.

В результате исследований установлено, что в диапазоне частот 0,9–3 ГГц увеличение расстояния между первым слоем покрытия и металлической подложкой (за счет увеличения толщины второго слоя) позволяет снизить значения коэффициента отражения. Установлено, что увеличение на 2 мм толщины второго слоя приводит к снижению значения коэффициента отражения с –0,8 дБ до –19,3 дБ, на 4 мм — с –0,8 дБ до –26,6 дБ, на 6 мм — с –0,8 дБ до –25,8 дБ.

Показано, что в диапазоне частот 3–17 ГГц увеличение расстояния между первым слоем МРПП и металлической подложкой позволяет снизить значения коэффициента отражения в следующих соотношениях: увеличение толщины второго слоя на 2 мм приводит к снижению значений коэффициента отражения с –1,2 дБ до –4,7 дБ, на 4 мм — с –1,2 дБ до –5,7 дБ; на 6 мм — с –1,2 дБ до –11,3 дБ.

Полученные в результате исследований характеристики МРПП обуславливают возможность его использования для снижения заметности наземных объектов в радиолокационном диапазоне.

#### **Литература**

1. *Саванович С.Э. и др. // Технические средства защиты информации: тезисы докладов XIII Белорусско-российской науч.-техн. конф. 2015, 4–5 июня. Минск, 2015. С. 78.*

### **ПРОГРЕССИВНОЕ КОМБИНИРОВАННОЕ КОДИРОВАНИЕ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ СЕРИЙ**

Б.Дж. Садик, М.Н. Бобов, В.Ю. Цветков, И. Жад, А.С.Д. Алкалби, В.В. Новицкий

В настоящее время все большую актуальность приобретают задачи формирования, кодирования и передачи мультиспектральных изображений. Такие изображения имеют до нескольких сотен спектральных каналов, битовую глубину до 16 разрядов, размеры около 1000×2000 пикселей и частоту повторения около 1 Гц. Это делает актуальной задачу их сжатия, а также криптографического кодирования. Причем, как правило, требуется сжатие без потерь, что делает неэффективным применение многих алгоритмов кодирования изображений. Для решения данной задачи предложен алгоритм прогрессивного комбинированного кодирования, основанный на использовании алгоритмов архивации данных. Особенностью данного алгоритма является группирование битовых плоскостей и применение для каждой из них наиболее эффективного кодера. Причем, для младших битовых плоскостей кодирование может не использоваться из-за низкой эффективности. Для защиты сжатых мультиспектральных изображений от несанкционированного доступа предлагается использовать криптографические алгоритмы с различной длиной ключа для каждой группы битовых плоскостей. Для группы старших битовых плоскостей ключ должен иметь максимальную длину, поскольку эти битовые плоскости дают представление о структуре изображения и содержат крупные площадные объекты. Для группы младших битовых плоскостей выбирается ключевая последовательность минимальной длины, так как эти битовые плоскости содержат информацию о мелких деталях, которая без информации о структуре изображения не представляет особого интереса.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ С АНТИСТАТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

А.Р. Семёнов, В.Н. Кохнюк

Целью данной работы является исследование наноструктурированных покрытий на текстильных материалах для фильтров, сформированных высокоэнергетическими потоками плазмы, для придания им антистатических свойств. Материал покрытий – медь. Материал основы – текстильные материалы, изготовленные из полиэфирных, полиамидных и вискозных нитей различной линейной плотности. Толщина покрытий составила от 0,4 до 0,9 мкм. Уровни напряженности электростатического поля определялись с помощью прибора измерительного ИПЭП-1. Измерения удельного поверхностного электрического сопротивления проводились на приборе ИЭСП-2.

Анализ приведенных результатов показывает, что уровень напряженности электростатического поля текстильных фильтровальных материалов без покрытия меди при натирании войлоком увеличивается в 20–30 раз, а с наноструктурированным покрытием меди

уровень напряженности электростатического поля, после натирания увеличивается только в 5–15 раз, что свидетельствует о появлении у текстильных фильтровальных материалов антистатических свойств.

Наименьшим удельным электрическим поверхностным сопротивлением 106 Ом обладают опытные образцы тканых материалов и трикотажных полотен с медным наноструктурированным покрытием. Такой эффект влияет на пониженную способность фильтровального материала накапливать статическое электричество на своей поверхности.

На основании полученных результатов исследований показано, что нанесение металлических покрытий придаёт текстильным материалам антистатические свойства. Полученные материалы с новыми свойствами позволяют значительно снизить риск возникновения пожаров в результате электростатических разрядов.

## **ЭКРАНИРУЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШЛАКОВ НИКЕЛЕВЫХ И МЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

В.Б. Соколов

Предлагается использовать для создания высокоэффективных широкополосных композиционных радиопоглощающих материалов (РПМ) полимерную композицию, содержащую в качестве основной поглощающей компоненты шлаки никелевых и медных производств, которые благодаря практически оптимальному соотношению магнитных свойств и диэлектрической проницаемости в СВЧ-диапазоне обладают высокими показателями поглощения ЭМИ в широком частотном диапазоне. Наиболее высокие поглощающие свойства имеет композиция, изготовленная из шлаков низкой основности (кислые шлаки), с высоким содержанием оксидов железа. Такие составы характерны для шлаков заводов цветной металлургии, производящих никель и медь, а также для шлаков тепловых электростанций, работающих на энергетических бурых углях (табл. 1).

Таблица 1. Состав шлаков

Наименование оксида	SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cu	Ni	FeO
Содержание, % по масс.	24–45	1,6–12	10–17	3,38	2–17	3–10	0,3–0,9	0,1–0,7	25–60

В качестве герметизирующего материала использовался состав, представляющий собой полимерную композицию с высокой адгезией к широкому ряду материалов. Процентное соотношение порошкообразных РПМ и герметизирующего материала варьировалось от 15% (по объёмному содержанию) до 70% в композиции. Также варьировался состав порошкообразных РПМ (по объёмному содержанию веществ). Были подготовлены составы с различным содержанием исходных компонентов. Дисперсность порошкообразных РПМ составляла 20 мкм–1,5 мм. Толщина слоя полимеризованной композиции составляла 1 – 3 мм с отражающим металлическим покрытием толщиной 7 мкм. Измерения уровней мощности ЭМИ осуществлялись с помощью установки SNA0,01-18 в диапазоне частот 3...18 ГГц. Установлено, что значение коэффициента передачи для исследуемых образцов составляет –15...–30 дБ при значении коэффициента отражения –10...–15 дБ.

## **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ ПРИ РЕШЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

В.А. Столер

В последнее время успешно развивается так называемая трехмерная печать для изготовления предметов с использованием 3D принтера. Такой принтер способен распечатать любой физический предмет, например защитный экран ЭМИ, который смоделирован на компьютере.

Фирмами разработано больше десяти технологий объемной печати и создано сотни 3D принтеров, использующих их. Существует несколько базовых технологий трехмерной печати, которые отличаются друг от друга по типу используемого материала и способам его нанесения. Наибольшее распространение получили следующие технологии: 1) стереолитография (SLA), 2) лазерное спекание материалов (DMLS), 3) технология струйного моделирования (3DP), 4) послойная печать расплавленной полимерной нитью (FDM), 5) изготовление объектов методом ламинирования (LOM).

В общем случае трехмерная печать – это выполнение ряда повторяющихся операций, связанных с созданием объемных объектов путем нанесения на рабочий стол установки тонкого слоя расходных материалов, смещением рабочего стола вниз на высоту сформированного слоя и