

**ЭКРАНЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
С ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ  
НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ ПОРОШКОВ**

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь*

*О. В. Бойправ, М. Р. Немах*

*Т. В. Борботько – д. т. н., доцент*

Рассматриваются результаты измерения зависимостей мощности ЭМИ, прошедшего через экран с геометрически неоднородной поверхностью, изготовленный на основе шлама очистки ваграночных газов, от частоты

Радиоэлектронная аппаратура современности включает в себя генераторное оборудование, работающее на различных несущих частотах, преобразователи и счетчики импульсов, генераторы развертки, а также источники других колебаний несинусоидальной формы. Как правило, рядом с такими устройствами находятся чувствительные радиоприемники, функционирующие на тех же или на других несущих частотах, усилители малых напряжений различных частот, чувствительные импульсные узлы. В связи с этим на сегодняшний день стоит необходимость в решении задачи обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств. Данное решение подразумевает разработку экранирующих электромагнитное излучение (ЭМИ) материалов, отвечающих требованиям эффективности, технологичности, широкодиапазонности и невысокой стоимости.

Все экраны ЭМИ делятся на несколько типов: резонансные, градиентные и экраны с геометрически неоднородной поверхностью (ГНП). Функционирование экранов резонансного типа основано на явлении суперпозиции отраженных от нескольких поверхностей волн. К главным их недостаткам относится узкополосность, устранению которой способствуют экраны градиентного типа. Они представляют собой многослойные структуры с плавным или ступенчатым изменением комплексной диэлектрической проницаемости по мере проникновения ЭМИ вглубь конструкции. Однако экраны этого типа отличаются большой массой и являются наиболее сложными с точки зрения практической реализации. Обозначенных двух недостатков лишены экраны с ГНП, обладающие определенной геометрией наружной или внутренней сторон в виде выступающих шипов, пирамид, конусов. Эти неоднородности способствуют преобразованию плоской падающей электромагнитной волны в поверхностную, которая в дальнейшем погашается в поверхностном слое [2].

В настоящее время одними из наиболее приемлемых материалов, используемых для изготовления экранов ЭМИ, являются ферриты. Они характеризуются высокой технологичностью и большими значениями магнитной проницаемости  $\mu$ , которая позволяет обеспечить лучшее согласование поглощающего слоя со свободным пространством [3, 4]. Этими же свойствами, наряду с низкой стоимостью, обладает и шлам очистки ваграночных газов (ШОВГ), представляющий собой порошкообразное соединение оксидов металлов: железа, кремния, кальция, натрия, магния и т.д. Цель данной работы заключалась в исследовании характеристик (коэффициентов отражения и передачи, уровней проходящей мощности ЭМИ) экранов с ГНП, изготовленных на основе ШОВГ с различным размером фракций в частотном диапазоне 0,8...18 ГГц. Излучениями этого диапазона сопровождается работа средств вычислительной техники, систем радиосвязи, локации и навигации.

При изготовлении экранов использовался ШОВГ с размером фракций 5 мкм, 20 мкм и 30 мкм. Толщина полученных образцов составила 50 мм. Частотные зависимости коэффициентов отражения изготовленных экранов приведены на рисунке 1.

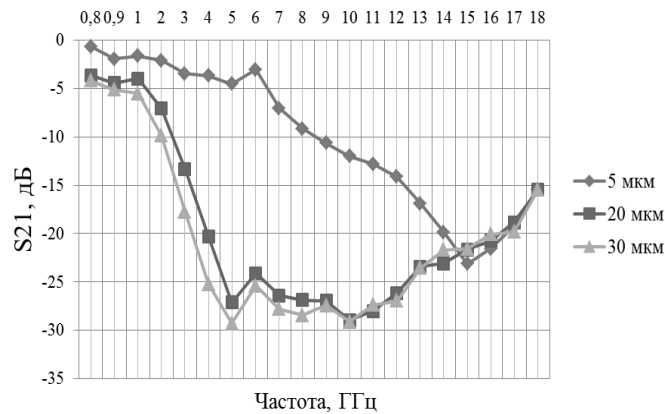


Рис. 1 – Частотные зависимости коэффициентов передачи экранов с ГНП, изготовленных на основе ШОВГ с разным размером фракций

Установлено, что из всех образцов наиболее эффективными являются экраны с ГНП, изготовленные на основе ШОВГ с размером фракций 20 и 30 мкм: в диапазоне частот 3...18 ГГц значения их коэффициентов передачи составляют – 15...–30 дБ при значениях коэффициентов отражения –10...– 15 дБ.

Способность среды поглощать ЭМИ определяется ее электрическими и магнитными свойствами, к которым относятся удельная электропроводность, диэлектрическая и магнитная проницаемости. Размер фракций порошкообразных соединений оксидов металлов влияет на величины их удельного электрического сопротивления, магнитной и диэлектрической проницаемостей: при увеличении размера фракций увеличивается значение магнитной проницаемости, а значит, и возрастает уровень магнитных потерь энергии ЭМИ в порошке. Кроме того при увеличении размера фракций уменьшается площадь контакта между соседними частицами и увеличивается электрическое сопротивление такого материала. Этими явлениями и объясняется улучшение эффективности экранирования с возрастанием размера частиц ШОВГ.

Экраны с ГНП, изготовленные на основе ШОВГ с размером фракций 30 мкм, весьма эффективно подавляют мощность ЭМИ. На рисунке 2 отображены изменения уровней проходящей через этот образец мощности ЭМИ с ростом частоты при равных значениях входной (падающей) мощности.

Таким образом, размер фракций ШОВГ влияет на экранирующие характеристики данного материала. Это позволяет формировать на его основе конструкции экранов ЭМИ с требуемыми значениями коэффициентов передачи и отражения. Данные конструкции приемлемо использовать для внутренней отделки помещений, в которых размещается радиоэлектронная аппаратура.

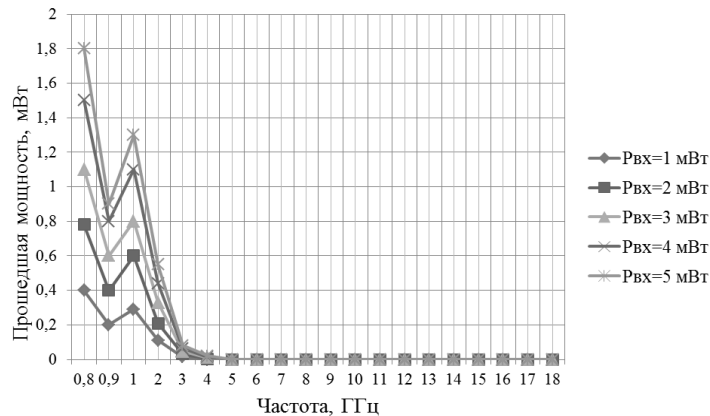


Рис. 2 – Частотные зависимости мощности ЭМИ, прошедшего через экран с ГНП, изготовленный на основе ШОВГ с размером фракций 30 мкм

#### Список использованных источников

1. Волин, М. Л. Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре. – Изд. 2-е, перераб. и доп. / М. Л. Волин. – М.: Радио и связь, 1981. – 296 с.
2. Алексеев, А. Г. Физические основы технологии Stealth / А. Г. Алексеев, Е. А. Штагер, С. В. Козырев. – СПб.: ВВМ, 2007. – 284 с.
3. Ковнеристый, Ю. К. Материалы, поглощающие СВЧ-излучения / Ю. К. Ковнеристый, И. Ю. Лазарева, А. А. Раваев. – М.: Наука, 1982 – 162 с.
4. Шольц, Н. Н. Ферриты для радиочастот / Н. Н. Шольц, К. А. Пискарев. – М.: Энергия, 1966. – 259 с.