

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.315.4

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕДАЧИ И ОТРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОКОРУНДА

Д.И. ПЕНЬЯЛОСА ОВАЛЬЕС

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь*

*Поступила в редакцию 22 ноября 2017*

**Аннотация:** Приведены результаты исследования экранирующих свойств порошковых материалов на основе электрокорунда в диапазоне частот 0,7...17 ГГц.

**Ключевые слова:** порошковый материал, электрокорунд, коэффициент передачи, коэффициент отражения.

**Abstract:** The investigation results of the shielding properties of powder materials based on electrocorund in frequency range 0.7...17 GHz are presented.

**Keywords:** powder material, electrocorund, transmission coefficient, reflection coefficient.

**Doklady BGUIR. 2017, Vol. 110, No. 8, pp. 99-102**  
**Investigation of electromagnetic radiation transmission and reflection coefficients**  
**of powder materials based on electrocorund**  
**D.I. Penaloza Ovalles**

#### Введение

В настоящее время экранирующие и поглощающие материалы широко применяются для обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), защиты информации от утечки по каналам побочных электромагнитных излучений и наводок, снижения радиолокационной заметности объектов военной техники, защиты РЭА от поражающего воздействия электромагнитных импульсов [1].

Разнообразие резистивных, магнитных и диэлектрических свойств порошковых материалов различной природы позволяют использовать их при создании экранов электромагнитного излучения (ЭМИ) [2].

В современных условиях использование технических каналов утечки информации из средств вычислительной техники представляет собой значительную угрозу защищаемой информации [3]. При разработке конструкций экранов или поглотителей электромагнитных волн используются различные материалы, обладающие способностью отражать или поглощать электромагнитные излучения в определенном диапазоне частот [4].

Целью настоящей работы является исследование коэффициента передачи и отражения в порошковых материалах на основе электрокорунда и определение возможности их использования для создания экранов ЭМИ.

#### Методика эксперимента

В качестве материала для исследований был выбран порошок электрокорунда без добавок, на котором были проведены исследования коэффициента передачи и отражения

ЭМИ. Для изучения влияния количества порошков электрокорунда на коэффициенты передачи и отражения были изготовлены полиэтиленовые пакеты разных размеров, которые заполнялись изучаемым порошковым материалом, а затем закреплялись на полиэтиленовом листе того же материала, в результате чего была получена гибкая конструкция экрана ЭМИ с рельефной поверхностью в виде псевдоэллипсов (рис. 1). Затем к каждому образцу добавляли по 0,5 мл воды и проводили повторные измерения.



Рис. 1. Внешний вид разработанной гибкой конструкции экрана ЭМИ с рельефной поверхностью в виде псевдоэллипсов

Эффективность экранирования ЭМИ порошковым материалом оценивали соотношением между напряженностями электрического поля в точке пространства при отсутствии и наличии в ней порошкового материала и характеризовали коэффициентами отражения и передачи ЭМИ.

Для исследования экранирующих характеристик использовали панорамный измеритель коэффициентов передачи и отражения SNA 0,01-18, работающий по принципу раздельного выделения и непосредственного детектирования уровней падающей и отраженной волн. Для повышения статистической достоверности результатов все измерения выполняли по три раза с расчетом среднего результата [5].

### Обсуждение результатов

Для описанных выше образцов проводили измерения характеристик ослабления и отражения в диапазоне частот 0,7...17 ГГц. Результаты измерения зависимости коэффициентов передачи от частоты представлены на рис. 3. Анализ экспериментальных результатов, приведенных на рис. 3, показывает, что коэффициент передачи остается неизменным в диапазоне 0,7–11,41 ГГц. Превышение этого диапазона приводит к существенному увеличению коэффициента передачи в образцах, не содержащих воды, по отношению к образцам, содержащим воду.

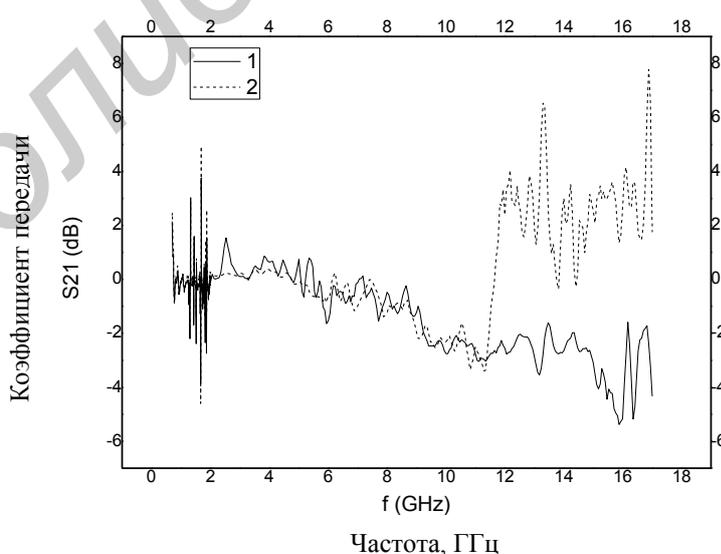


Рис. 3. Частотные зависимости коэффициентов передачи пористых порошков электрокорунда, не содержащих (1) и содержащих воду (2)

Результаты измерения зависимости коэффициентов отражения от частоты для порошковых материалов на основе электрокорунда показаны на рис. 4.

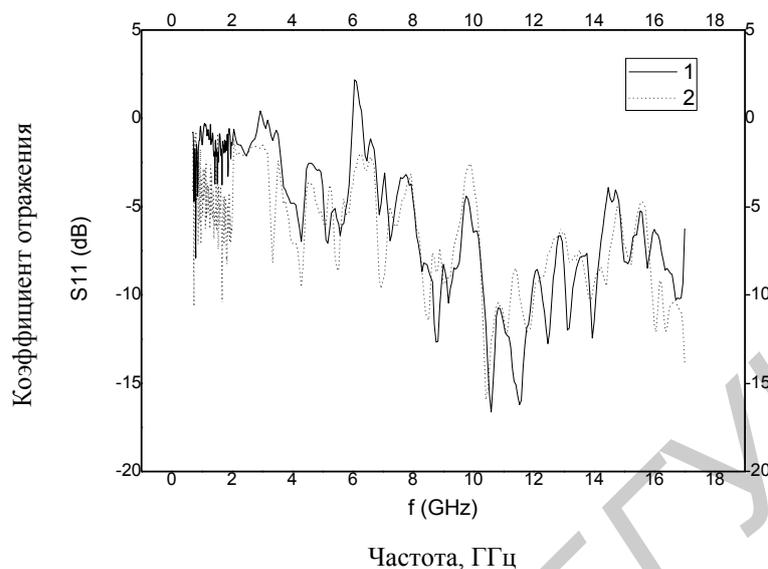


Рис. 4. Частотные зависимости коэффициентов отражения порошков электрокорунда, не содержащих (1) и содержащих воду (2)

Анализ данных, приведенных на рис. 4, показывает, что в диапазоне 0,87–2,00 ГГц коэффициент отражения изменяется до минус 7,3 дБ. Результаты измерения зависимости коэффициентов отражения от частоты для порошкового материала на основе электрокорунда при использовании металлического отражателя показаны на рис. 5.

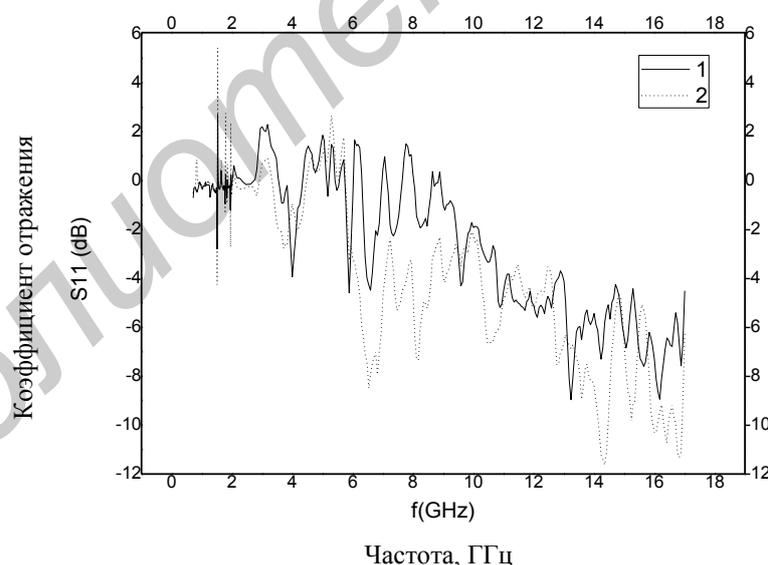


Рис. 5. Частотные зависимости коэффициентов отражения порошкового электрокорунда не содержащих (1) и содержащих воду (2) (измерения проведены при использовании металлического отражателя)

Данные, приведенные на рис. 5, показывают, что в диапазоне 0,7–2,00 ГГц в результате добавления воды существенных изменений коэффициента отражения не наблюдается, в диапазоне частот от 5,9 до 9,4 ГГц наблюдается изменение до 5,7 дБ. В диапазоне 13,35–14,82 Гц наблюдается изменение до 5,59 дБ, и в диапазоне 15,77–17,00 ГГц – изменение до 4,62 дБ. Таким образом, можно констатировать, что наиболее эффективным является добавление воды к порошковому электрокорунду в целях снижения его коэффициента

отражения в диапазоне частот от 5,9 до 9,4 ГГц. Такие характеристики порошкового материала представляются перспективными для создания экранов ЭМИ.

### Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований получены зависимости коэффициентов передачи и отражения ЭМИ от частоты для порошковых материалов на основе электрокорунда, в том числе содержащих воду. Показано, что при применении порошков электрокорунда, содержащих воду, а также при использовании металлического отражателя значения коэффициента отражения увеличиваются, а значения коэффициентов передачи изменяются незначительно для всех образцов. Такие характеристики материала представляются перспективными для создания экранов ЭМИ.

### Список литературы

1. Электромагнитные характеристики углеродсодержащего нетканого материала с геометрическими неоднородностями / Х.Д.А. Абудхади [и др.] / Докл. БГУИР. 2017. № 1 (103). С. 87–91.
2. Пулко Т.А., Аяад Х.А.Э., Мохамед А.М.А. Насыпные композиты на основе углеродсодержащих порошкообразных материалов для электромагнитного экранирования // Нефтехимический комплекс. Приложение к журналу «Вестник Белнефтехима». 2017. № 1 (16). С. 19–20.
3. Шерстнёва Ю.А. Защита информации от утечки по техническим каналам (современный зарубежный опыт) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.itsec.ru/doc/sherstneva.doc](http://www.itsec.ru/doc/sherstneva.doc). – Дата доступа: 22.11.2017.
4. Новые материалы для экранов электромагнитного излучения / Л.М. Лыньков [и др.] // Докл. БГУИР. 2004. № 3. С. 152–167.
5. Гусинский А.В., Шаров Г.А., Костринки А.М. Векторные анализаторы цепей миллиметровых волн. Кн. 1. Минск: БГУИР, 2008. 240 с.

### References

1. Jelektromagnitnye harakteristiki uglerodsoderzhashhego netkanogo materiala s geometricheskimi neodnorodnostjami / H.D.A. Abudhadi [i dr.] / Dokl. BGUIR. 2017. № 1 (103). S. 87–91. (in Russ.)
2. Pulko T.A., Ajad H.A.Je., Mohamed A.M.A. Nasyptye kompozity na osnove uglerodsoderzhashhih poroshkoobraznyh materialov dlja jelektromagnitnogo jekranirovaniya // Neftehimicheskij kompleks. Prilozhenie k zhurnalu «Vestnik Belneftehima». 2017. № 1 (16). С. 19–20. (in Russ.)
3. Sherstnjova Ju.A. Zashhita informacii ot utechki po tehnicheskim kanalām (sovremennyj zarubezhnyj opyt) [Electronic data]. – Access mode: [www.itsec.ru/doc/sherstneva.doc](http://www.itsec.ru/doc/sherstneva.doc). – Date of access: 22.11.2017. (in Russ.)
4. Novye materialy dlja jekranov jelektromagnitnogo izlucheniya / L.M. Lyn'kov [i dr.] // Dokl. BGUIR. 2004. № 3. S. 152–167. (in Russ.)
5. Gusinskij A.V., Sharov G.A., Kostrinki A.M. Vektornye analizatory cepej millimetrovyh voln. Kn. 1. Minsk: BGUIR, 2008. 240 s. (in Russ.)

### Сведения об авторе

Пеньялоса Овальес Д.И., аспирант кафедры защиты информации Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

### Information about the author

Peñaloza Ovalles D.I., PG student of information security department of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

### Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,  
г. Минск, ул. П. Бровки, д. 6,  
Белорусский государственный  
университет информатики и радиоэлектроники  
тел. +375-29-616-83-81;  
e-mail: [deivis28@hotmail.com](mailto:deivis28@hotmail.com)  
Пеньялоса Овальес Дейвис Исаиас

### Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,  
Minsk, P. Brovka st., 6,  
Belarusian state university  
of informatics and radioelectronics  
tel. +375-29-616-83-81;  
e-mail: [deivis28@hotmail.com](mailto:deivis28@hotmail.com)  
Peñaloza Ovalles Deivis Isaias