

УДК 621.37

ЭКРАНИРУЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОРОШКООБРАЗНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА И ГИПСА

О.В. БОЙПРАВ, Н.А. НЕВЕРОВ, Н.В. БОГУШ, Л.М. ЛЫНЬКОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 6 июня 2018

Аннотация. Исследованы характеристики отражения и передачи электромагнитного излучения композиционных материалов, полученных путем формования в плиты смеси на основе порошкообразного диоксида титана и гипсового связующего, в зависимости от толщины этих материалов. С использованием результатов исследования разработаны подходы к практическому применению исследованных материалов в системах электромагнитного экранирования.

Ключевые слова: диоксид титана, композит, электромагнитное излучение.

Abstract. Electromagnetic radiation reflection and transmission characteristics of composite materials obtained by forming into a plate a mixture based on powdered titanium dioxide and a gypsum binder were studied, depending on the thickness of these materials. According to the research results, approaches to the practical use of studied materials in electromagnetic shielding systems were developed.

Keywords: titanium dioxide, composite, electromagnetic radiation.

Doklady BGUIR. 2018, Vol. 118, No. 8, pp. 71-75

Shielding characteristics of composite materials based on titanium dioxide and gypsum

O.V. Boiprav, N.A. Neverov, N.V. Bogush, L.M. Lynkou

Введение

В работе [1] проведены исследования, направленные на установление закономерностей взаимодействия электромагнитного излучения (ЭМИ) с композиционными материалами на основе порошкообразного диоксида титана в зависимости от типа связующего вещества, в котором он закреплен. На основе результатов такого исследования установлено, что наибольшей эффективностью экранирования ЭМИ в диапазоне частот от 0,7 до 17 ГГц характеризуются материалы на основе гипсового связующего. В настоящей работе представлены результаты исследования характеристик отражения и передачи ЭМИ указанных материалов в зависимости от их толщины.

Методика проведения эксперимента

Предложена усовершенствованная методика получения образцов композиционных материалов определенной толщины. Эта методика основана на использовании лабораторной установки и дополнительной оснастки (форм с пресс-решетками). Лабораторная установка включает в себя следующие элементы: основание, резьбовая стойка, контргайка, резьбовая втулка, несущая обойма, противовес, штанга. Порядок соединения указанных элементов следующий (см. рис. 1). На основании размещается резьбовая стойка с закрепленными контргайкой, резьбовой втулкой и несущей обоймой. На несущей обойме фиксируется штанга, один конец которой соединяется через переходник с подвесом, а другой конец – с противовесом.

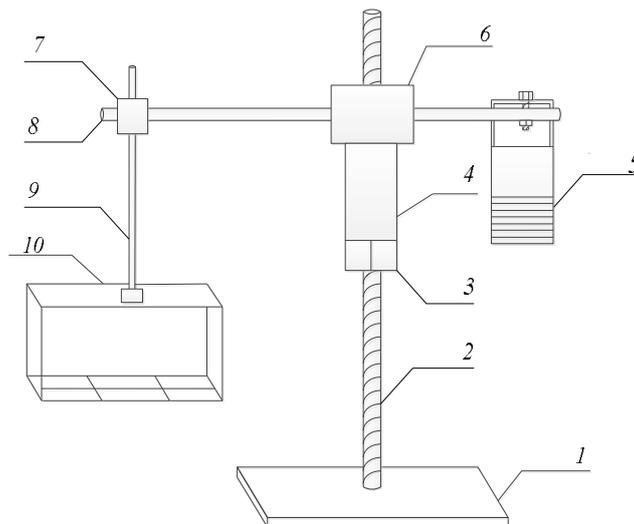


Рис. 1. Схематическое изображение лабораторной установки для получения композиционных материалов заданной толщины: 1 – основание; 2 – резьбовая стойка; 3 – контргайка; 4 – резьбовая втулка; 5 – противовес; 6 – несущая обойма; 7 – переходник; 8 – штанга; 9 – подвес; 10 – оснастка

Описанную установку следует использовать в целях регулирования местоположения пресс-решеток, погружаемых в формы, предназначенные для заполнения смесью, на основе которой изготавливается композиционный материал определенной толщины. При этом необходимо закреплять пресс-решетку на штанге, после чего выполнять накручивание несущей обоймы на резьбовую втулку до тех пор, пока расстояние между дном формы и пресс-решеткой не станет эквивалентным толщине, которую необходимо обеспечить для изготавливаемого композиционного материала. Использование пресс-решеток в процессе изготовления композиционных материалов определенной толщины обусловлено необходимостью ограничения уровня налива смесей, на основе которых они изготавливаются, а также необходимостью выравнивания их поверхности.

Для проведения исследования была изготовлена партия образцов композиционных материалов толщиной 0,5, 1 и 1,5 см. Измерения характеристик отражения и передачи ЭМИ образцов выполнялись по ГОСТ 20271.1-91 Изделия электронные СВЧ. Методы измерения электрических параметров. При этом был использован панорамный измеритель коэффициентов отражения и передачи SNA 0,01–18.

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 представлены частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ исследованных образцов.

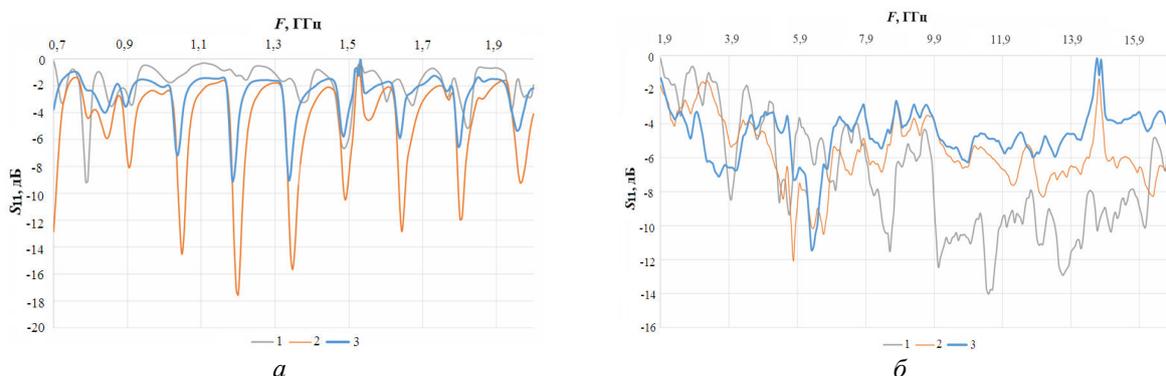


Рис. 2. Частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне 0,7...2 ГГц (а) и 2...17 ГГц (б) образцов материалов толщиной 0,5 см (кривая 1), 1 см (кривая 2) и 1,5 см (кривая 3)

Графики коэффициента отражения ЭМИ исследованных образцов в диапазоне частот 0,7...2 ГГц представляют собой совокупности резонансных кривых. Эти кривые являются

симметричными относительно резонансных частот в связи с тем, что исследованные образцы являются аналогами недиссипативных симметричных четырехполосников [2]. Увеличение толщины образцов обуславливает увеличение ширины резонансных кривых, что связано с ростом волновых потерь в этих образцах.

Пределы, в которых изменяются значения коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7...2 ГГц исследованных образцов, – от –1 до –17 дБ. Наименьшими значениями коэффициента отражения ЭМИ в указанном диапазоне частот характеризуются образцы композиционных материалов толщиной 1 см. Это обусловлено тем, что в рассматриваемом диапазоне частот разность фаз электромагнитных волн, падающих на поверхность материалов указанной толщины и переизлучаемых ею, выше, чем в случае взаимодействия этих волн с образцами толщиной 0,5 или 1,5 см.

Наименьшими значениями коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 2...17 ГГц, изменяющимися в пределах от –2 до –14 дБ, характеризуются исследованные образцы с толщиной 0,5 см. Графики коэффициента отражения ЭМИ исследованных образцов в диапазоне частот 2...17 ГГц, так же как и графики в диапазоне частот 0,7...2 ГГц, представляют собой совокупности резонансных кривых, однако степень убывания резонансных кривых на первых выше, чем на вторых. Это обусловлено тем, что исследованные образцы обеспечивают большее ослабление ЭМИ (характеризуются более низкими значениями коэффициента передачи) в диапазоне частот 2...17 ГГц, чем в диапазоне частот 0,7...2 ГГц, что наглядно демонстрируют графические зависимости, представленные на рис. 3 [3].

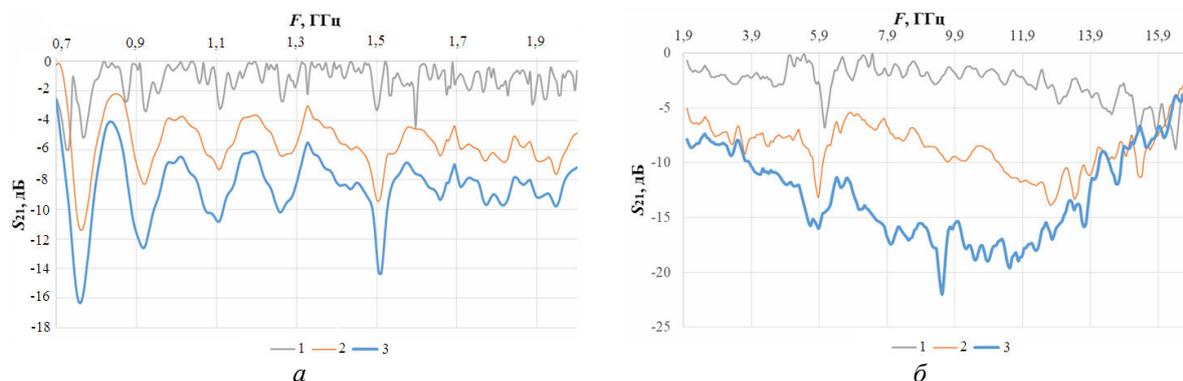


Рис. 3. Частотные зависимости коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне 0,7...2 ГГц (а) и 2...17 ГГц (б) образцов материалов толщиной 0,5 см (кривая 1), 1 см (кривая 2) и 1,5 см (кривая 3)

Из рис. 3 следует, что увеличение с 0,5 до 1,5 см толщины исследованных композиционных материалов приводит к снижению с –0,1...–5 дБ до –5...–20 дБ значений их коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7...15 ГГц. Величина анализируемого параметра в диапазоне частот 15...17 ГГц для исследованных материалов не зависит от их толщины, на основании чего можно сделать вывод о том, что в указанном диапазоне частот глубина проникновения электромагнитных волн в исследованные материалы не превышает 0,5 см.

Проведены исследования характеристик отражения ЭМИ образцов, закрепленных на электромагнитных отражателях. На основе результатов этого исследования получены графики, представленные на рис. 4. Исходя из рисунка, можно сделать вывод о том, что в диапазоне частот от 0,7 до 6 ГГц значения коэффициента отражения ЭМИ образцов толщиной 0,5 см изменяются в пределах от –1 до –2 дБ, а образцов толщиной 1 и 1,5 см – соответственно от –1 до –6 дБ и от –2 до –19 дБ. График коэффициента отражения ЭМИ в рассматриваемом диапазоне частот образцов толщиной 1,5 см характеризуется наличием ярко выраженных резонансов. Частоты, на которых они регистрируются – 0,8, 1, 1,2 и 1,4 ГГц. Это свидетельствует о том, на указанных частотах обеспечивается максимальная разность фаз падающей электромагнитной волны и волны, являющейся суперпозицией волн, отраженных от передней и задней стенок образцов, а также от поверхности металлического отражателя.

Значения коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 6...10 ГГц закрепленных на металлических отражателях исследованных образцов несущественно зависят от толщины последних и изменяются в пределах от –4 до –14 дБ. Это позволяет сделать вывод о том, что

в указанном диапазоне частот на амплитуду и фазу электромагнитной волны, отражаемой от поверхности исследованных материалов, в наибольшей степени влияет величина их диэлектрической проницаемости. В диапазоне частот 10...17 ГГц величина коэффициента отражения образцов толщиной 0,5 см изменяется в пределах от –6 до –12 дБ, а образцов толщиной 1 и 1,5 см – от –1 до –7 дБ. Более высокие значения коэффициента отражения ЭМИ образцов толщиной 1 и 1,5 см по сравнению с образцами толщиной 0,5 см обусловлены тем, что в рассматриваемом диапазоне частот передняя стенка первых отражает бóльшую часть электромагнитных волн.

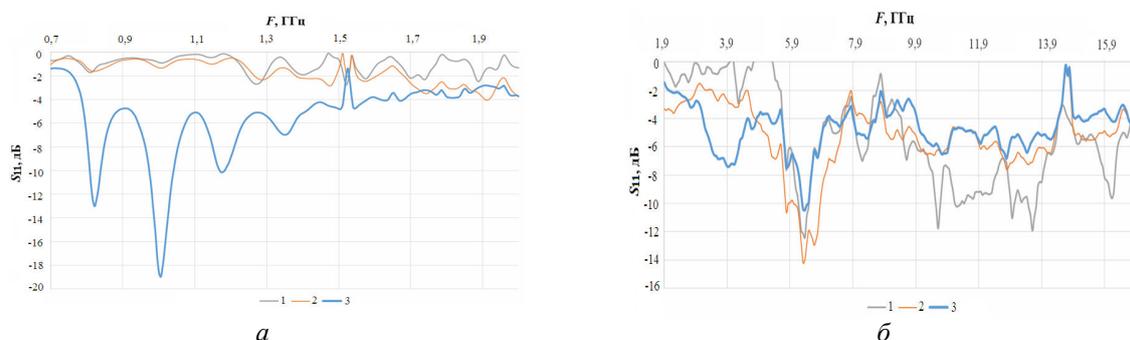


Рис. 4. Частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне 0,7...2 ГГц (а) и 2...17 ГГц (б) образцов материалов толщиной 0,5 см (кривая 1), 1 см (кривая 2) и 1,5 см (кривая 3), закрепленных на электромагнитных отражателях

Заключение

На основе полученных результатов можно заключить, что исследованные композиционные материалы перспективно применять в комплексе с металлическими отражателями для изготовления многослойных конструкций электромагнитных экранов, предназначенных для обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронного оборудования. Наружный и внутренний слой таких конструкций (относительно направления распространения электромагнитной волны) должны формироваться на основе исследованных материалов толщиной не менее 1,5 см, если верхняя граница рабочего диапазона частот оборудования не превышает 10 ГГц, или не более 1 см, если указанная величина превышает 10 ГГц.

Список литературы

1. Бойправ О.В., Богущ Н.В., Лыньков Л.М. Радиозранирующие свойства композитов на основе диоксида титана // Доклады БГУИР. 2017. № 8 (110). С. 67–72.
2. Андреев М.В., Дробахин О.О., Салтыков Д.Ю. Определение резонансной частоты и добротности полудискового диэлектрического резонатора при помощи дробно-рациональной аппроксимации // Радиофизика и радиоастрономия. 2013. Т. 18, № 4. С. 362–372.
3. Ерошенко М.Г. Радиолокационный мониторинг. М.: МАКС Пресс, 2004. 452 с.

References

1. Bojprav O.V., Bogush N.V., Lyn'kov L.M. Radiojekranirujushhie svojstva kompozitov na osnove dioksida titana // Doklady BGUIR. 2017. № 8 (110). S. 67–72. (in Russ.)
2. Andreev M.V., Drobahin O.O., Saltykov D.Ju. Opredelenie rezonansnoj chastoty i dobrotnosti poludiskovogo dijelektricheskogo rezonatora pri pomoshhi drobno-racional'noj approksimacii // Radiofizika i radioastronomija. 2013. T. 18, № 4. С. 362–372. (in Russ.)
3. Eroshenkov M.G. Radiolokacionnyj monitoring. M.: MAKS Press, 2004. 452 s. (in Russ.)

Сведения об авторах

Бойправ О.В., к.т.н., доцент кафедры защиты информации Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Information about the authors

Bojprav O.V., PhD, associate professor of information security department of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Невров Н.А., студент 4 курса факультета инфокоммуникаций Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Neverov N.A., fourth-year student of infocommunication faculty of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Богуш Н.В., научный сотрудник НИЛ 5.3 НИЧ Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Bogush N.V., researcher of SRL 5.3 of R&D department of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Лыньков Л.М., д.т.н., профессор, профессор кафедры защиты информации Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Lynkou L.M., D. Sci., professor, professor of information security department of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
Минск, ул. П. Бровки, 6,
Белорусский государственный
университет информатики и радиоэлектроники
тел. +375-17-293-22-09;
e-mail: boiprav@tut.by
Бойправ Ольга Владимировна

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,
Minsk, P. Brovka st., 6,
Belarusian state university
of informatics and radioelectronics
tel. +375-17-293-22-09;
e-mail: boiprav@tut.by
Boiprav Olga Vladimirovna