

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/4207252>

Effect of solution nature on properties of flexible microwave absorbers

Conference Paper · November 2005

DOI: 10.1109/CRMICO.2005.1565071 · Source: IEEE Xplore

CITATION

1

READS

37

5 authors, including:



Vadim A. Bogush

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

30 PUBLICATIONS 379 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Leonid Lynkov

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

30 PUBLICATIONS 32 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Alexander A. Poznyak

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

40 PUBLICATIONS 80 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



shields [View project](#)



electromagnetic safety [View project](#)

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ РАСТВОРНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИБКИХ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ

Богуш В. А., Зубаревич О. И., Колбун Н. В., Лыньков Л. М., Позняк А. А.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, Минск, 220013, Республика Беларусь
тел.: +375-017-2398957, e-mail: poznyak@bsuir.unibel.by

Аннотация – Рассмотрены микроволновые свойства гибких влагосодержащих экранов электромагнитного излучения на основе машинно-вязаных трикотажных полотен.

I. Введение

Разработка средств подавления электромагнитного излучения (ЭМИ), проводимые в течение более шестидесяти лет, связаны с исследованием различных материалов, включая композиционные, и конструкций электромагнитных экранов и радиопоглощающих покрытий [1].

Специфические свойства воды, такие как высокие значения дипольного момента молекул и диэлектрической проницаемости, обуславливают ее высокие поглощающие свойства по отношению к электромагнитному излучению СВЧ-диапазона. Показано, что при разработке радиопоглощающих материалов воду можно использовать в связанном состоянии, вводя ее в пористые и гигроскопичные материалы [2]. Такие структуры обладают высокой эффективностью подавления ЭМИ и перспективны для использования в конструкциях электромагнитных экранов [3]. Преимуществом влагосодержащих композиционных сред является возможность изменения их свойств за счет изменения характеристик наполнителя, которое осуществляется в зависимости от природы (элементного состава, молекулярной массы, степени диссоциации, подвижности ионов) и концентрации добавок в водных растворах.

В настоящей работе приводятся результаты исследований микроволновых характеристик материалов на основе машинно-вязаных полотен с растворными наполнителями различных составов.

II. Экспериментальная часть

Было показано [3], что ослабление энергии электромагнитной волны влагосодержащими матрицами зависит от коэффициента их влагосодержания, поэтому заполнение машинно-вязаных полотен производилось до полного насыщения раствором. Объем вводимого раствора рассчитывали, исходя из максимального объема воды, поглощаемого единицей массы полотна, составляющего 1,667 мл/г. В качестве капиллярно-пористой матрицы использовалось сверхуплотное полотно с поверхностной плотностью 1313 г/м² из полиакрилонитрильных волокон.

Для пропитки матриц использовали дистиллированную воду, 0,1 М растворы сульфосалициловой, щавелевой, малоновой, винной, лимонной и борной кислот; 0,1 и 1 М растворы хлоридов натрия и калия, гексацианоферрата (III) калия; 0,1 и 0,4 М растворы бихромата калия. Для снижения испарения жидкости с поверхности образцов и стабилизации их свойств после пропитки, производили герметизацию с использованием многослойных полиэтиленовых пленок.

Коэффициенты передачи и отражения ЭМИ исследовали в диапазонах частот 8...11,5; 38...55,4 и 78...118 ГГц. Для измерений использовались панорамные измерители коэффициентов стоячей волны

по напряжению (КСВН) и ослабления с волноводным измерительным трактом и векторные анализаторы параметров четырехполюсников. Образцы размещали внутри волновода или между рупорными антеннами после предварительной калибровки измерительного тракта на передачу и отражение.

III. Результаты и обсуждение

Как показывают исследования во всех частотных диапазонах, свойства гибких экранов на основе волокнистых матриц, пропитанных дистиллированной водой и разбавленными растворами кислот, различаются незначительно, что объясняется доминирующим влиянием растворителя, обладающим высоким коэффициентом подавления ЭМИ. Это приводит к снижению измеряемого сигнала до уровня собственных шумов измерительного оборудования.

Результаты измерения коэффициентов отражения и передачи ($|S_{11}|$ и $|S_{21}|$, соответственно) некоторых образцов в частотном диапазоне 78...118 ГГц представлены в табл. Следует отметить, что зависимости значений коэффициентов передачи и отражения для всех образцов имели неравномерный характер, поэтому измеряли максимальные значения модулей коэффициентов. Тем не менее, можно выделить некоторые закономерности, связанные с влиянием природы и концентрации растворенного вещества: как видно из таблицы, при увеличении концентрации растворенной соли для всех образцов уменьшается максимальное значение коэффициента передачи, что соответствует повышению эффективности экранирования.

Таблица. 1. Результаты измерения коэффициентов передачи и отражения раствороносодержащих машинно-вязаных полотен в частотном диапазоне 78 – 118 ГГц

Table. 1. Transfer constants and solubility of solution-containing machine-tied canvases within 78 – 118 GHz

Наполнитель Filler	Концентрация concentration, M	Максимальное значение S-параметров, дБ S-parameters maximum value, dB		
		$ S_{21} $	$ S_{11} $	
H ₂ O дист.		-25	-7	
Растворы Solutions	KCl	0,1	-28	-10
	KCl	1	-31	-7
	K ₃ [Fe(CN) ₆]	0,1	-24	-12
	K ₃ [Fe(CN) ₆]	1	-31	-14
	K ₂ Cr ₂ O ₇	0,1	-27	-13,7
	K ₂ Cr ₂ O ₇	0,4	-30	-14,6

Наименьшим коэффициентом отражения обладают полотна, пропитанные раствором K₂Cr₂O₇, причем при увеличении концентрации растворимой соли коэффициент отражения уменьшается, что указывает на увеличение коэффициента поглощения ЭМИ. Аналогично ведут себя полотна, содержащие K₃[Fe(CN)₆].

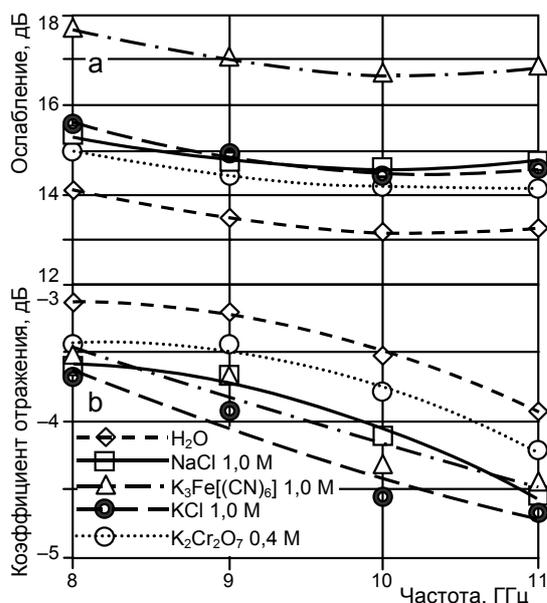


Рис. 1. Частотные зависимости ослабления (а) и коэффициента отражения (б) ЭМИ растворовосодержащих волоконистых матриц.

Fig. 1. Suppression (a) and reflection (b) coefficient of solution-containing fiber matrixes as a function of electromagnetic radiation frequency

При анализе свойств покрытий, пропитанных раствором хлорида калия, установлено, что коэффициент отражения таких полотен уменьшается при увеличении концентрации соли в растворе, что связано с увеличением электропроводности среды и, следовательно, с уменьшением волнового сопротивления экрана. За счет увеличения разницы между волновыми сопротивлениями свободного пространства и полотна происходит увеличение уровня отраженного излучения и повышается общая эффективность экрана.

В частотном диапазоне 38...55,4 ГГц в силу меньшего динамического диапазона измерительной установки различия между характеристиками большинства покрытий не наблюдалось. Практически для всех образцов коэффициент передачи стремился к нулю (т.е. измерялись внутренние шумы установки), а коэффициент стоячей волны имел значение 1,2 – 1,25, что с учетом калибровки на согласованную нагрузку со значением КСВН порядка 1,2 показывает, что практически вся падающая СВЧ мощность поглощается в полотне.

Результаты исследований свойств некоторых пропитанных машинно-вязаных полотен в интервале частот 8...11,5 ГГц, подтверждающие тенденции, характерные для более высокочастотных диапазонов, приведены на рис. В этом случае оптимальными параметрами обладают влагосодержащие матрицы с добавками $K_2Cr_2O_7$ и $K_3[Fe(CN)_6]$ в максимальной концентрации. Экранам, содержащим хлориды калия и натрия, присущи в целом более низкие значения ослабления и повышенное отражение ЭМИ.

IV. Заключение

Предложено использовать машинно-вязаные полотна для пространственной фиксации жидких радиопоглощающих материалов. Оценено влияние концентрации и природы добавок на микроволновые свойства растворовосодержащих полотен.

V. Список литературы

- [1] Петров В. М., Гагулин В. В. Радиопоглощающие материалы // Неорганические материалы. — 2001. — Т. 37, — № 2. — С. 135 – 141.
- [2] Новые материалы для экранов электромагнитного излучения / Л. М. Лыньков, В. А. Богуш, Н. В. Колбун и др. // Доклады БГУИР. — 2004. — Т.2, №5. — С.152 – 167.
- [3] Борботько Т. В., Колбун Н. В., Лыньков Л. М. Электромагнитные излучения средств телекоммуникаций. Методы защиты, безопасность организма человека / Под ред. Л. М. Лынькова. — Мн.: Тонлик, 2004. — 80 с.

EFFECT OF SOLUTION NATURE ON PROPERTIES OF FLEXIBLE MICROWAVE ABSORBERS

Bogush V., Zubarevitch O.,
Kolbun N., Lynkov L., Poznyak A.
Belarusian State University
of Informatics & Radioelectronics
P. Brovki Str. Minsk, 220013, Belarus
Ph.: +375-017-2398957,
e-mail: poznyak@bsuir.unibel.by

Abstract — The paper presents microwave properties of flexible electromagnetic shields based on solution-containing knitted linens.

I. Introduction

Development of electromagnetic shields and microwave absorbers is based on investigation of material properties and screen design [1]. Specific properties of water such as high dipole moment and dielectric constant make it applicable for microwave absorbers where aqueous solution is fixed in porous and hygroscopic media [2]. Such structures demonstrated high efficiency of electromagnetic wave reduction [3]. They are very perspective for electromagnetic shields application with characteristics changed by different nature and concentration of additives in solutions.

The paper presents effect of different solution composition on microwave properties of solution-containing flexible knitted materials.

II. Experimental

It was shown [3] that attenuation of electromagnetic radiation (EMR) by solution-containing matrixes is a function of their moisture content, so impregnation of knitted linen was carried out till full saturation. The volume of solution was 1,667 ml/g, depending on volume of absorbed water. Knitted linen from polyacrylonitrile fibers with surface density of 1313 g/m² was taken as a porous matrix.

We studied effect of distilled water, 0.1 M solutions of sulfosalicylic, oxalic, malonic, tartaric, citric and boric acids, 0.1 and 1 M solutions of KCl, NaCl, $K_3[Fe(CN)_6]$, 0.1 and 1 M solutions of potassium bichromate. Encapsulation by multilayer polymer films was employed for reduction of solution evaporation and stabilization of samples properties. Reflection and transmission coefficients were measured in 8...11,5; 38...55,4 and 78...118 GHz frequency range using panoramic indicator and vector network analyzers with wave guide transmission line and horn antennas. Sample was place between horn antennas or in wave-guide after calibration procedures.

III. Results and Discussion

It was found that microwave characteristics of flexible fiber matrixes with water or diluted acids did not demonstrate big difference due to dominant effect of solvent with high absorption of EMR. This results in decrease of measured signal level down to internal noise of equipment.

Results of measurement of reflection and transmission coefficients ($|S_{11}|$ and $|S_{21}|$, respectively) of some samples in frequency range 78...118 GHz are presented in Table. As shown in table, the higher the concentration of dissolved salt the

smaller the maximum value of the transmission coefficient module that corresponds to higher shielding efficiency.

Reflection coefficient of samples, containing KCl solution, decreased with increase of salt concentration due to increase of material conductivity that results in decrease of shield wave resistance. Increased difference between wave resistance of shield and free space brings to increase of reflected power and total shielding efficiency.

Similar dependences of reflection coefficient and attenuation of solution-containing fiber matrixes was found in frequency ranges 38...55,4 and 8...11,5 GHz.

The lowest reflection coefficient was achieved by using of $K_2Cr_2O_7$ solution while increase of salt concentration leads to decrease the reflection coefficient that indicates the increase of EMR absorbing coefficient. Samples with $K_3[Fe(CN)_6]$ solution demonstrated similar behavior.

IV. Conclusion

We propose application of knitted fiber matrixes for fixation of microwave absorbing liquids. The effect of concentration and nature of additives in aqueous solutions on microwave absorbing properties of solution-containing structures was discussed.