

Кабанов И.Н.¹, Комаров В.В.², Мещанов В.П.³

¹ Мытищинский научно-исследовательский институт
радиоизмерительных приборов

² Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.

³ООО НПП «НИКА-СВЧ»

Частотно-селективный поглотитель миллиметровых волн

Предложена концепция создания микроволновых радиопоглотителей на базе метаповерхностей, выполненных по технологии травления тонких металлических пленок, размещаемых на диэлектрической подложке из материала с пренебрежимо малыми потерями. С помощью численной модели проведен анализ двух вариантов таких поглотителей для различных частотных диапазонов.

Ключевые слова: метаповерхность, диэлектрик, поглощение радиоволн.

Для поглощения электромагнитных (ЭМ) волн в микроволновых и терагерцевых системах наряду с традиционными радиопоглотителями могут быть успешно использованы частотно-селективные поверхности (ЧСП) с резонансными элементами различной конфигурации [1, 2]. Практически все из них выполнены в форме двумерно-периодических резистивных элементов (РЭ) на диэлектрической подложке. Технология их производства дает возможность выполнять структуры с весьма сложной топологией [2, 3]. В ряде случаев, например, при создании поляризационно-стабильных поглотителей, применяются РЭ простой формы: кольцевые [4] и крестообразные [5, 6]. Для изготовления частотно-селективных поглотителей с РЭ чаще всего используются такие диэлектрики, как полиимид [2], FR4 [5], диоксид кремния [6] и др.

Метаповерхности в форме перфорированных металлических экранов применяются в настоящее время для фильтрации ЭМ сигналов [7, 8]. Практическая реализация поглощающих ЧСП на их основе сдерживается недостаточной изученностью процессов рассеяния ЭМ волн такими системами. Теоретические и экспериментальные данные исследования поглощающих метаматериалов с РЭ позволяют предположить возможность получения ЧСП с апертурными элементами для аналогичных целей.

На рис.1 показана структура комбинированной ЧСП, предлагаемая в данной работе, состоящей из трех базовых элементов: перфорированного металлического экрана (1), диэлектрической подложки (2) и металлической стенки (3).

Метаповерхность толщиной $d = 0.05$ мм размещается на подложке из диэлектрического материала с продольным размером $h = 0.25$ мм, а вплотную к ней с обратной стороны прилегает сплошная металлическая поверхность, от которой отражается ЭМ волна. Размеры крестообразного апертурного элемента (рис.1) выбираются таким образом, чтобы обеспечить максимальное резонансное поглощение ЭМ энергии на выбранной частоте. Технология изготовления перфорированных экранов ранее уже была апробирована при производстве сеточных поляризаторов терагерцевого диапазона [9].

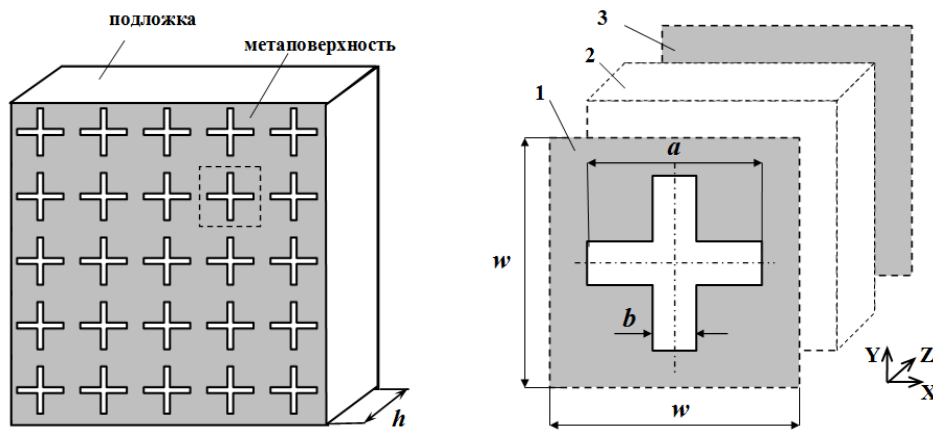


Рисунок 1

Анализ электродинамических характеристик таких ЧСП проводился с помощью трехмерной численной модели на методе конечных разностей во временной области аналогичной модели, описанной в [7]. При этом учитывая особенности конструкции, показанной на рис.1, в рассмотрение вводился один порт, а основным выходным параметром модели был коэффициент отражения (S_{11}). Металлические элементы конструкции выполнялись из сплава 47НХР с электропроводностью $\sigma = 1.1 \cdot 10^6$ Сим/м, а в качестве подложки были выбраны два хорошо известных в микроволновой технике диэлектрика: FR4 и Тефлон.

На рис.2 представлены результаты моделирования в диапазоне 160...180 ГГц для первого из этих материалов и ЧСП с размерами апертурных элементов: $a = 1.63$ мм, $b = 1$ мм, $w = 1.88$ мм. Результаты численного анализа в другом диапазоне 180...200 ГГц при тех же размерах, но для подложки из Тефлона приведены на рис.3.

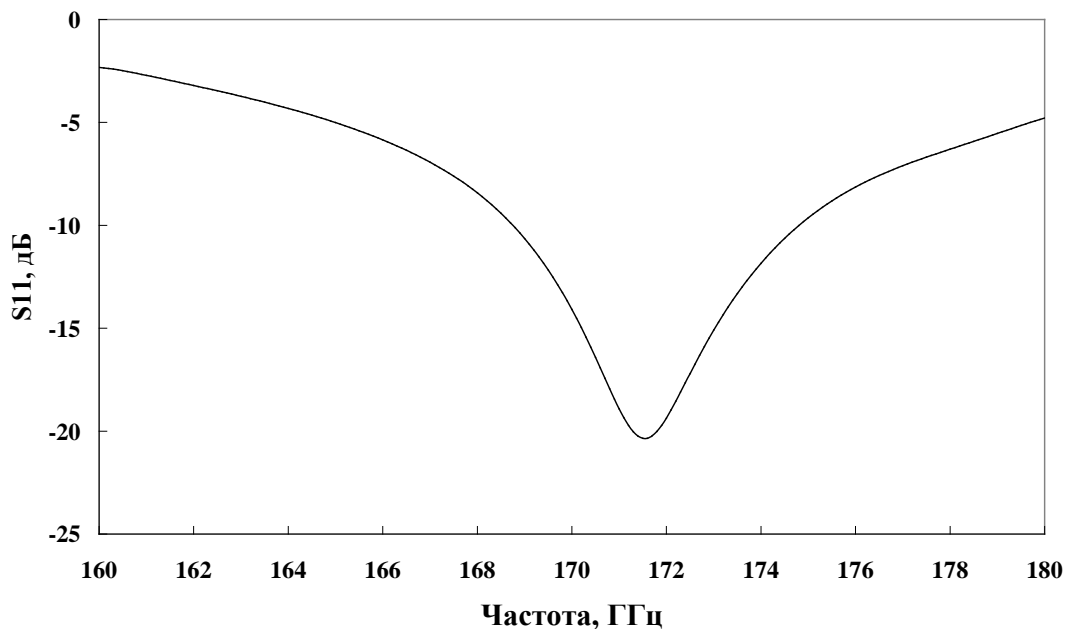


Рисунок 2

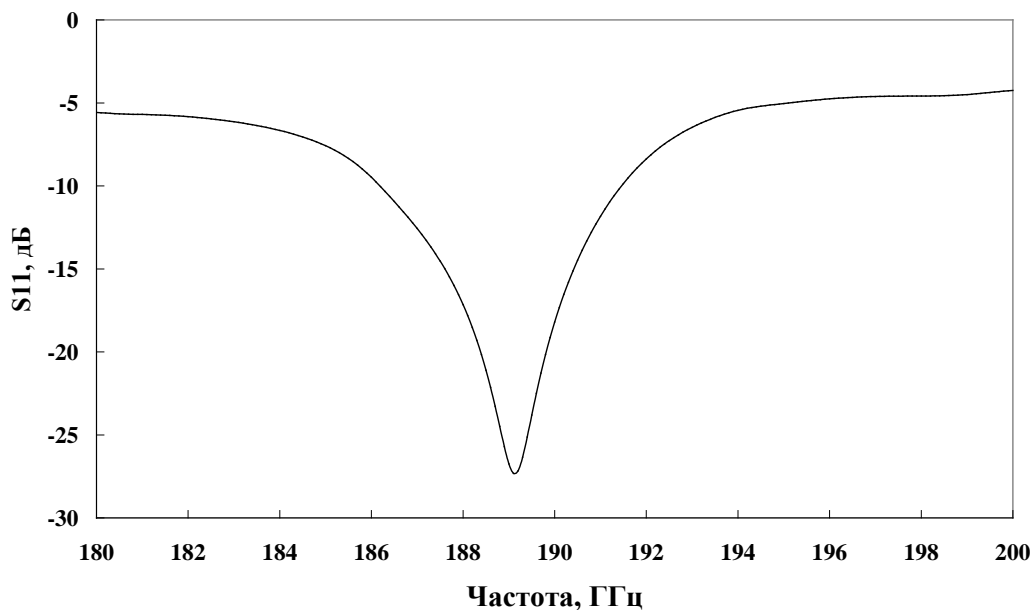


Рисунок 3

В первом случае (рис.2) на частоте 171.5 ГГц был зафиксирован минимум отраженной мощности, которому соответствует коэффициент поглощения $A = 1 - (|S_{11}|)^2 \approx 0.99$. Во втором случае (рис.3) на частоте 189.3 ГГц этот параметр составил $A = 0.998$.

Полученные предварительные данные показали принципиальную возможность создания поглощающих ЧСП комбинированного типа (рис.1). Их отличительными особенностями является простота конструкции и технологичность. Дальнейшие исследования данных частотно-избирательных поглотителей связаны с их оптимизацией с целью расширения рабочей полосы частот.

Библиографический список

1. Sun L.K. Broadband metamaterial absorber based on coupling resistive frequency selective surface / L.K. Sun, H.F. Cheng, Y.J. Zhou, J. Wang // Optics Express. - 2012. - V.20. - N 4. - P. 4675-4680.
2. Singh P.K. Broadband millimeterwave metamaterial absorber based on embedding of dual resonators / P.K. Singh, S.K. Ameri, L. Chao et al. // Progress in Electromagnetics Research. - 2013. - V.142. - P. 625-638.
3. Dincer F. Duan-band polarization independent metamaterial absorber based on omega and octa-starstrip configuration / F. Dincer, M. Karaaslan, E. Unal, C. Sabah // - Progress in Electromagnetics Research. - 2013. - V.141. - P. 219-231.
4. Abdin M. A novel dual-band frequency selective surface absorber / M. Abdin, U. Rafique, F. Malik, et al. // - International Journal of Electromagnetics and Applications. - 2012 - V.2(6). - P. 182-185.
5. Rafique U. Skewed frequency selective surface absorber / U. Rafique, M.A. Khan, M.T. Afzal, et al. // International Journal of Advancements in Research and Technology. - 2012. - V.1.- N 7. - 4 pages.
6. Kong H. Polarization-independent metamaterial absorber for terahertz frequency / H. Kong, G. Li, G. Ma, et al. // International Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves. - 2012. - V.33. - pp. 649-656.
7. Мещанов В.П. Разработка и моделирование двумерных периодических структур для узкополосной фильтрации сигналов / С.А. Алавердян, И.Н. Кабанов, В.В. Комаров // - Радиотехника. - 2014. - № 10. - С.9-13.
8. Wang Y, Micromachined thick mesh filters for millimeter-wave and terahertz applications / B. Yang, Y. Tian, R.S. Donnan, M.J. Lancaster // - IEEE Trans. Terahertz Science and Technology. - 2014. -Vol.4. - N 2. - P.247-253.
9. Алавердян С.А. Сеточные структуры поляризации электромагнитных волн в терагерцевом диапазоне частот / С.А. Алавердян, С.И. Боков, Н.А. Зайцев и др. // - Антенны. - 2012. - Т. 17. - № 12. - С. 47-50.