

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ВАРИАНТОВ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

В последние годы в научно-технической литературе широко обсуждаются вопросы, связанные с радиопоглощающими материалами (РПМ). Описаны различные способы изготовления, типы, области применения, требования, предъявляемые к РПМ. При анализе существующих РПМ можно прийти к выводу, что есть целый ряд вопросов, которые еще не полностью изучены. К ним, в частности, относится разработка таких технологий, которые бы обеспечивали повторяемость параметров изготавливаемого РПМ от образца к образцу. Одним из возможных путей достижения положительных результатов в данном направлении является введение периодичности структуры РПМ. Данная работа посвящена экспериментальному исследованию некоторых вариантов РПМ подобного типа.

Были проведены исследования структур на основе волокнистых материалов, состоящих из поглощающего — угольного и согласующего — асбестового волокон.

Промоделированы четыре варианта структур РПМ, характеризующихся, в первую очередь, чередованием и направлением волокнистых материалов (рис. 1), где 1 — поглощающий слой (углеволокно), 2 — согласующий, 3 — основание.

Первый вариант РПМ (рис. 1, а) представляет собой линейчатую структуру, включающую поглощающие и согласующие слои материалов, причем чередование этих слоев и их количество изменялось в широких пределах, так же как и высота согласующего и поглощающего слоев.

Второй вариант (рис. 1, б) представляет собой решетку из чередующихся поглощающих и согласующих слоев с изменяющимся периодом решетки. Причем решетка образована перпендикулярным друг к другу расположением волокон поглощающего материала.

Третий вариант (рис. 1, в) отличается тем, что структура РПМ состоит из спиралевидных ячеек, в которых слой угольного волокна находится между слоями согласующего волокна. Причем ячейки расположены так, что образуют плотную упаковку на поверхности за счет помещения следующего ряда ячеек в углубления предыдущего ряда. Такие образцы могут быть изготовлены с различной плотностью при одновременной различной периодичностью ячеек, а также с различным соотношением количества слоев поглощающих волокон.

Измерение параметров образцов проводилось на панорамном измерителе КСВ и ослабления типа Р2-61 с рупорной антенной. При измерении РПМ прижимался вплотную к апертуре рупора.

При испытании первого варианта РПМ в случае ориентирования поглощающих и согласующих слоев параллельно электрической компоненте падающей волны в диапазоне 8,0—12,0 ГГц КСВ = 1,3—1,12.

Если расположить сзади РПМ металлическую фольгу, КСВ увеличивается до 2,3—1,6. При расположении слоев перпендикулярно электрической компоненте падающей волны КСВ для материала без фольги равен 1,18—1,15, а с фольгой — 3,9—2,5. В диапазоне 5,6—8,2 ГГц для параллельной поляризации имеем среднее значение КСВ 1,5 без фольги и 1,8 с фольгой, а для перпендикулярной поляризации, соответственно 1,3 и 3,0. В диапазоне 3,2—5,6 ГГц КСВ примерно такой же.

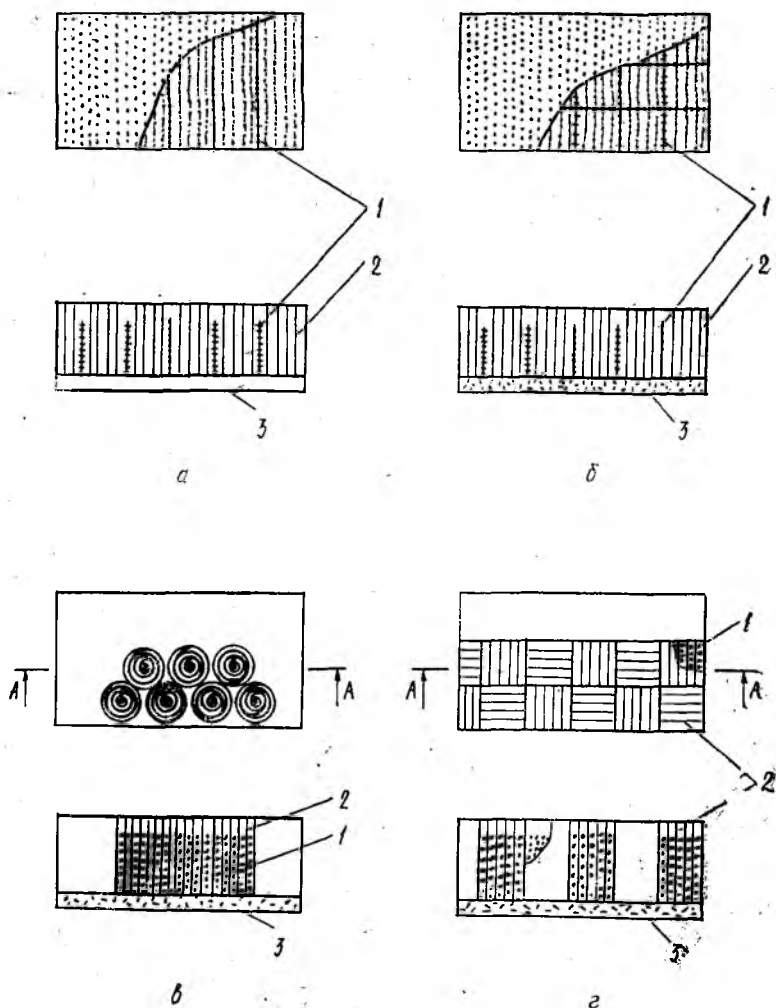


Рис. 1

Для второго варианта при расположении сгласующих слоев параллельно электрической компоненте падающей волны в диапазоне 8,0—12,0 ГГц КСВ для РПМ без фольги равен 1,35, а при перпендикулярном расположении слоев — 1,7—2,4.

Для третьего варианта в диапазоне 8,0—12,0 ГГц КСВ равен 1,5, в диапазоне 5,6—8,2 ГГц — 1,35, а в диапазоне 3,2—5,6 ГГц — 2,0—1,7.

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы: КСВ для РПМ первого варианта сильно зависит от поляризации падающей волны по сравнению с РПМ второго и третьего варианта. Анизотропные свойства материала в третьем варианте проявляются меньше, чем в первом и втором, а технология изготовления третьего варианта сложнее, чем первого.

Четвертый вариант РПМ (рис. 1,2) представляет собой ячейки из параллельно расположенных слоев поглощающего и согласующего волокон. В этом варианте было изготовлено четыре различных конструкции РПМ. В состав всех четырех конструкций входили угольное волокно «Углен-У9Р», асбест, жидкое стекло (силикат натрия).

Первая конструкция была изготовлена следующим образом: асбестовую ленту (шириной 20 мм, толщиной 2—3 мм, длиной 200 мм) складывали вместе с угольной лентой (шириной 10 мм, толщиной 0,2 мм, длиной 180 мм) в виде гармошки. При этом с одной стороны ленты находились на одном уровне, а с другой стороны край асбестовой ленты выступал за край угольной. Эта сторона является рабочей, на которую падает электромагнитная волна. Гармошки представляют собой ячейки, состоящие из чередующихся слоев поглощающего и согласующего волокна. Из таких элементарных ячеек изготавливали образцы размерами 250 × 250 × 20 мм, ячейки в образце разместили в шахматном порядке так, чтобы слои каждой последующей ячейки образовывали угол 90° с предыдущими.

Нерабочая сторона (основание) для скрепления ячеек и лент между собой пропитывались жидким стеклом, содержащим 3—5 % по весу угольного волокна длиной 3—5 мм. Добавка угольного волокна увеличивала ослабление электромагнитного поля до —30 дБ против —10—15 дБ для случая без волокна, практически не увеличивая коэффициент отражения.

Вторая конструкция была изготовлена таким образом: на асбестовую ленту (размеры, как в первом случае) наносили заранее приготовленную смесь жидкого стекла с нарезанным углеволокном, т. е. поглощающий слой, который покрывал лишь половину ширины асбестовой ленты. Элементарные ячейки разместили так же, как и в предыдущей конструкции РПМ. Нерабочую поверхность покрывали смесью жидкого стекла с измельченным углеволокном.

Третья конструкция была изготовлена следующим образом: асбестовая лента была нарезана в виде прямоугольников размером 20 × 20 мм (толщина ленты 2—3 мм). Половину поверхности таких прямоугольников покрывали смесью нарезанного углеволокна (длиной 2—5 мм) с жидким стеклом. Собранные ячейки с размерами 20 × 20 × 20 мм представляли собой чередующиеся слои поглощающего и согласующего волокон. Из таких ячеек изготовили образец по способу предыдущей конструкции.

Четвертая конструкция была изготовлена подобно третьей конструкции. Отличие состояло в том, что поглощающий материал со-

... в основном количестве и покрывал 3/4 ширины согласующего слоя.

Измерения параметров описанных четырех конструкций дали зависимости КСВ от частоты, приведенные на рис. 2.

Из графика рис. 2, а видно, что первая и вторая конструкции в диапазоне частот 3,2—5,6 ГГц имеют малые значения КСВ, а третья и четвертая в этом диапазоне работают плохо.

Эти же конструкции в диапазоне частот 8,0—12,0 ГГц ведут себя иначе (см. рис. 2, б). Вторая и третья конструкции РПМ имеют КСВ

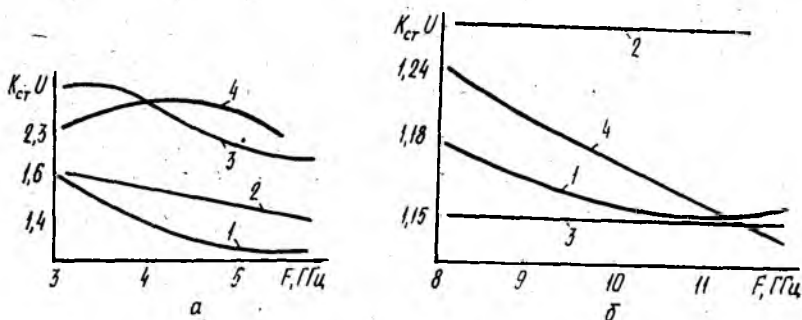


Рис. 2

(1,26 и 1,15, соответственно) во всем диапазоне постоянный, т. е. электромагнитная энергия равномерно распределяется в структуре благодаря равномерному распределению поглощающих волокон. Для того чтобы получить равномерное распределение поглощающих свойств, эти конструкции были изготовлены из однородных элементарных ячеек, представляющих собой периодическую ячеистую структуру.

Такая технология изготовления обеспечивает повторяемость данных конструкций, позволяет исключить анизотропность свойств и облегчает расчет параметров.

На основании данных экспериментов можно сделать вывод, что в диапазоне частот 8,0—12,0 ГГц оптимальными являются вторая и третья конструкции четвертого варианта РПМ с периодической ячеистой структурой. Рассмотренные материалы имеют объемную массу порядка 0,5—0,7 г/см³. Поскольку использование асбеста является нежелательным, его можно заменить другой термостойкой тканью, например, оксалоновой или из амидных волокон. Опыты показали, что электрические свойства РПМ при этом не ухудшаются.

Поступила в редколлегию 15.01.90