Радиопоглощающие покрытия широкого функционального применения

Анатолий ФИРСЕНКОВ
генеральный директор,
ОАО «Завод Магнетон»
Сергей ЛЕУХИН
инженер-технолог,
ОАО «Завод Магнетон»

К настоящему времени интенсивное использование радиотехнических средств привело к появлению в окружающей среде переменных электромагнитных полей с широким спектром частот и повышенной плотности электромагнитной энергии. С одной стороны, положительной составляющей является возможность передачи больших информационных потоков, а с другой, электромагнитные колебания отрицательно влияют на здоровье людей и на работоспособность радиоэлектронной аппаратуры.

Вопрос защиты живых существ и технических средств от электромагнитных помех (ЭМП) является, несомненно, актуальным. Для снижения влияния ЭМП во всем мире ведутся разработки материалов, свойства которых позволяют эффективно поглощать вредное излучение.

С развитием СВЧ-техники появился ряд задач, требующих решений, среди которых можно выделить несколько основных:

- обеспечение электромагнитной совместимости компонентов или комплексов РЭА;
- заполнение и герметизация полостей и стыков РЭА;
- защита биологических и технических объектов от электромагнитного излучения;
- обеспечение радиолокационной маскировки военных объектов;
- защита информации от несанкционированного доступа.

ОАО «Завод Магнетон» разрабатывает и производит радиопоглощающие материалы (РПМ) и покрытия (РПП) разных видов исполнения на основе частиц ферритовых, магнитодиэлектрических и иных материалов, связанных полимерной матрицей:

- РПП в виде красок, которые наносятся на разнообразные по форме и структуре поверхности — композиционные покрытия марки КРП;
- тканевые поглотители марки ОС-156;
- гибкие и жесткие листовые покрытия из композитных составов марки ПЭВ-Л.

Основным качественным показателем РПМ является поглощение, которое обычно характеризуется коэффициентом отражения (КО).

Листы ПЭВ-Л, выпускающиеся по ЕСКФ 757115.001 ТУ, являются гибким материалом на основе полиэтилена с наполнением из ферритовых порошков с разными магнитодиэлектрическими свойствами.

Диапазон рабочих температур, при которых поглощение и линейные размеры материала изменяются менее 1%, составляет –10…100 °С. Удельная плотность РПМ (ПЭВ-Л): ~ 4 г/см^3. Твердость по Шору А для данного РПМ (ПЭВ-Л) составляет 92 ед.

Рис. 1. Листовой радиопоглощающий материал

Этот материал выпускается в виде листов или изделий по чертежам заказчика с линейными размерами, не превышающими 150×150 мм (рис. 1). Толщина листов ПЭВ-Л варьируется в пределах 0,4–5 мм. Крепление материала может осуществляться вложением РПМ в направляющие каркаса, изготовленного из того же материала, или наклеиванием на поверхности несущей конструкции.

Материал обладает хорошими адгезионными свойствами с клеями. На рис. 2 представлены экспериментальные зависимости КО от частоты для разных значений толщины ПЭВ-Л.

Среди достоинств данного материала можно выделить повышенную гибкость, достаточный уровень поглощения в узких диапазонах частот, а также возможность повторной переработки сырьевых остатков, что позволяет сократить себестоимость готовых изделий. Кроме того, ПЭВ-Л поддается вырубке и лазерной резке, благодаря

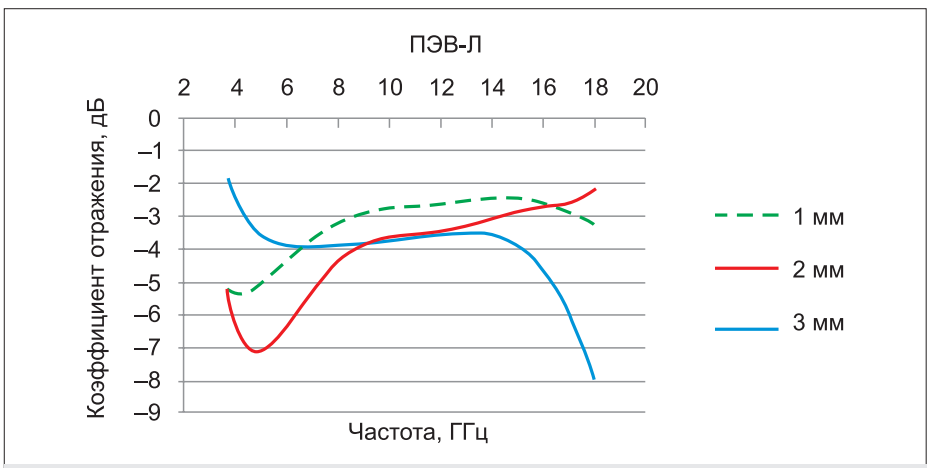

Рис. 2. Частотная зависимость КО для ПЭВ-Л с разными значениями толщины

Рис. 3. Композиционные покрытия марки КРП

чему можно изготавливать радиопоглощающие изделия сложных форм. Сферы применения РПМ ПЭВ-Л различны: например, их можно использовать в виде фальшпакетов для покрытия внутренних поверхностей помещений (в медицинских учреждениях) или как конструкционный материал в блоках радиоэлектронной аппаратуры (РЭА).

Поглощающие материалы на основе эпоксидных смол выпускаются по ЕСКФ 757115.002 ТУ. Композиционное радиопоглощающее покрытие (КРП) представляет собой систему из двух составляющих, одна из которых является структурированной смесью эпоксидной смолы (компонент А) с магнитодиэлектрическим наполнителем, а вторая — отвердителем (компонент Б) (рис. 3). Перед применением оба компонента смешиваются в определенных пропорциях, а полученный состав наносится на защищаемую поверхность ровным слоем или заливается в требуемую форму.

Измеренные зависимости КО от частоты для двух типов покрытий КРП представлены на рис. 4а–б. Как видно из графиков, покрытия отличаются диапазонами рабочих частот, а максимальный КО не превышает –10 дБ.

Диапазон рабочих частот КРП-3.5Х: 4–8 ГГц; КРП-5 С: 8–12 ГГц.

КРП-3.5Х наносится слоем в 3,5 мм и имеет пик КО равный –20 дБ на частоте 10 ГГц; КРП-5 С наносится слоем в 5 мм, а его пик КО составляет –22 дБ на частоте 5 ГГц.

Удельная плотность композиционного покрытия: 3 г/см³. Рабочим считается диапазон температур, в котором параметры материала изменяются менее чем на 5% (–10…60 °С).

Покрытие обладает высокими адгезионными свойствами. Например, усилие на отрыв от ровной металлической поверхности при комнатной температуре и нормальной влажности составляет не менее 1,4 МПа.

Достоинствами этих покрытий являются низкий уровень КО в широком диапазоне частот, а также возможность их нанесения на поверхности со сложной топологией. Кроме того, КРП применяется для заполнения и герметизации полостей и стыков, а также для изготовления радиопоглощающих изделий методом литья в форму.

Тканевое радиопоглощающее покрытие ОС-156 (рис. 5) изготавливается по ЕСКФ 750710.034 ТУ и представляет собой пластины, полученные путем склеивания слоев ткани. Волокна ткани имеют радиопоглощающий слой, созданный методом магнетронного напыления. Ткань поставляется в виде пластин размером 360×360 мм. Разновидности ткани: ОС-156 и ОС-156С.

ОС-156С отличается от ОС-156 тем, что имеет дополнительный защитный стеклопластиковый слой толщиной 0,5 мм, позволяющий увеличить срок службы поглотителей этого типа. Крепление ОС-156

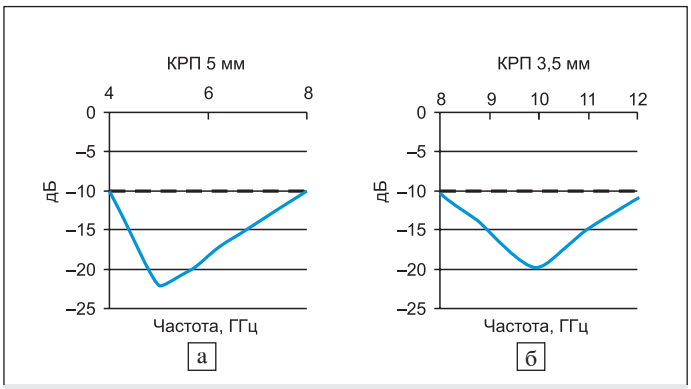

Рис. 4. Частотная зависимость КО для: а) КРП-3.5Х; б) КРП-5С

Рис. 5. Тканевый поглотитель ОС-156

осуществляется при помощи направляющих, фиксаторов или клеевых составов.

Толщина тканевого поглотителя ОС-156 составляет 3 мм, удельная плотность — 0,8 г/см³. Диапазон рабочих температур: –60…100 °С. КО в частотном диапазоне 8–37,5 ГГц: не менее –10 дБ. Достоинством этого поглотителя является малый удельный вес при широком диапазоне рабочих частот. Этот материал часто используется в измерительных комнатах для снижения переотражения при тестировании антенн и иной связной аппаратуры СВЧ-диапазона.

Разработанные на базе ОАО «Завод Магнетон» радиопоглощающие материалы разных типов имеют широкий спектр применения и позволяют эффективно решать задачи электромагнитной совместимости. Комбинируя эти материалы, можно формировать комплексированные слоистые поверхности, снижающие коэффициент отражения в расширенном частотном диапазоне. Создание РПМ производится на основе собственного заводского сырья и компонентов, что позволяет гибко подстраивать техническое решение под специфические требования заказчиков и сокращать сроки выполнения заказов.

Следует также упомянуть, что ОАО «Завод Магнетон» проводит исследования в таких перспективных направлениях как:

- объемные поглотители электромагнитных волн с разной конфигурацией (БЭК);
- конструкционные радиопоглощающие материалы;
- 3D-прототипирование и печать радиопоглощающих изделий сложной конфигурации;
- материалы для создания метаповерхностей с заданными радиопоглощающими свойствами.

Реализация этих научных направлений позволяет ОАО «Завод Магнетон» находить новые технические и технологические решения, которые расширяют спектр решаемых задач в области радиопоглощения.

Статья опубликована в журнале «Электронные компоненты» № 09'2020