

Радиопоглощающие покрытия

Большие значения диэлектрических и магнитных потерь в гранулированных структурах позволяют их рассматривать в качестве эффективных поглощающих покрытий электромагнитных волн в СВЧ диапазоне [11]. Эффективное поглощение электромагнитных волн определяется большими значениями диэлектрических и магнитных потерь в гранулированных структурах. Магнитные потери обусловлены быстрым затуханием спиновых возбуждений наночастиц $3d$ -металлов, которое происходит благодаря спин-поляризационному механизму релаксации. Диэлектрические потери в области порога перколяции определяются потерями, происходящими при поляризации электронов на кластерных электронных состояниях. Пленки a -C:H(Co) были выращены на поликорковых подложках и на кевларовой ткани (Рис. 1 и 2). Размеры частиц Co составляли 2.2 - 3.5 nm на поликорковых подложках и 80 - 800 nm на кевларовой ткани.

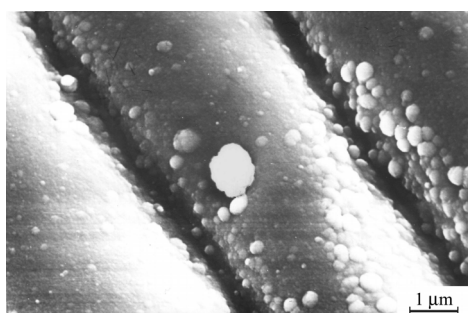


Рис. 1. Покрытие толщиной 1.2 μm на основе структуры a -C:H(Co), напыленное на кевлар. Концентрация Co $x = 60$ at.%.

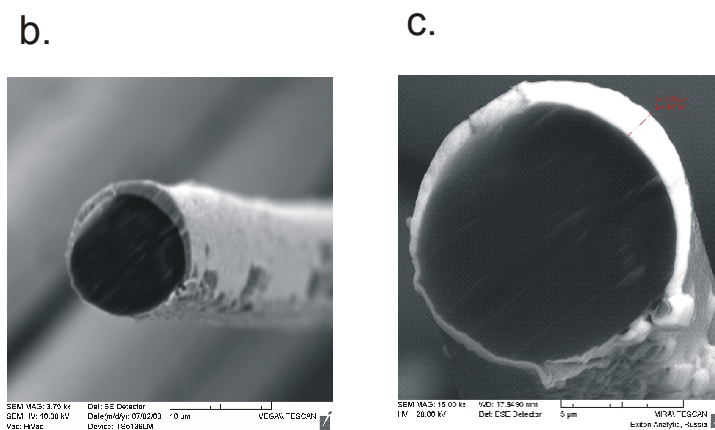
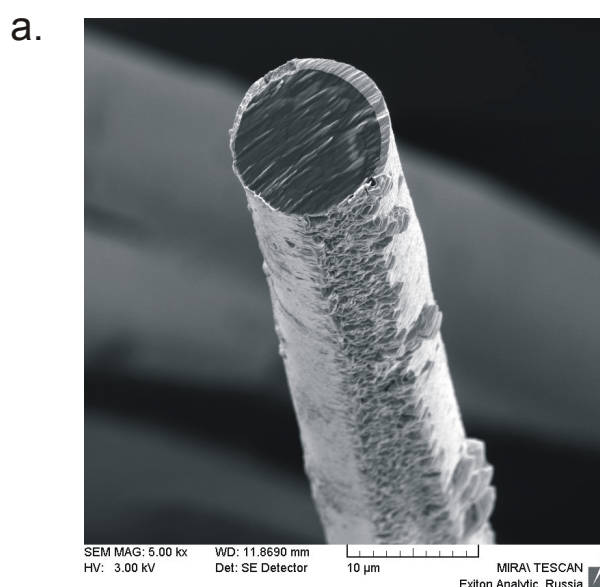


Рис. 2. Покрытие a -C:H(Co), напыленное на арамидном волокне кевлара. (a) SE изображение, полученное при 3 kV среза нити с помощью ионного пучка в PECS Slope cutting tool, (b) SE изображение при 10 kV и (c) изображение при 20 kV.

На основе проведенных исследований гранулированных пленок были разработаны покрытия, поглощающие электромагнитные волны в широком СВЧ диапазоне [Л.В. Луцев, Г.А. Николайчук, В.В. Петров, С.В. Яковлев, *Многоцелевые радиопоглощающие материалы на основе магнитных наноструктур: получение, свойства и применение*, Нанотехника, 2008, 2(14), с. 36-43]. Радиопоглощающие покрытия состоят из нескольких слоев с разной концентрацией

ферромагнитных металлических наночастиц и, следовательно, с разными значениями ε и μ . Слои представляют собой кевларовую ткань с напыленной структурой гидрогенизированного углерода с наночастицами Co и Ni. Толщина напыленной структуры и концентрации Co и Ni для каждого слоя подбираются таким образом, чтобы (1) увеличить поглощение в каждом слое и (2) использовать резонансные условия между слоями в том случае, если половина длины электромагнитной волны $\lambda/(\varepsilon\mu)^{1/2}$ соответствует расстоянию между определенными слоями поглощающего покрытия. Большие значения ε и использование резонансных условий позволяют максимально расширить диапазон поглощаемых частот. Расчет и подбор слоев производился таким образом, чтобы волновой импеданс покрытия $Z = \left(\frac{\mu' + i\mu''}{\varepsilon' + i\varepsilon''}\right)^{1/2}$ был близок к волновому импедансу свободного пространства, $Z = 1$. Разработанные покрытия обладают следующими свойствами.

1. Диапазон частот: 8 – 80 GHz.
2. Поглощение в диапазоне 8 – 80 GHz: не менее 10 dB.
3. Масса покрытия: 1,0 - 1,5 kG/m².
4. Толщина покрытия: 1,5 – 2 mm.
5. Температурный диапазон: -100 - +200 °C.
6. Химически стойкое.
7. Механически стойкое.

Ниже приведена частотная зависимость 5-слойного покрытия на основе гидрогенизированного углерода с наночастицами Co и Ni (Рис. 3}). Разработанные радиопоглощающие покрытия обладают преимуществами перед покрытиями, основанными на ферритах - они в 7 - 10 раз легче, в 5 - 7 раз тоньше и являются гибкими. Поглощение электромагнитного излучения происходит в широком диапазоне частот. В противоположность этому, ферритовые покрытия имеют поглощение в более узком частотном диапазоне, который определяется естественным ферромагнитным резонансом этого покрытия.

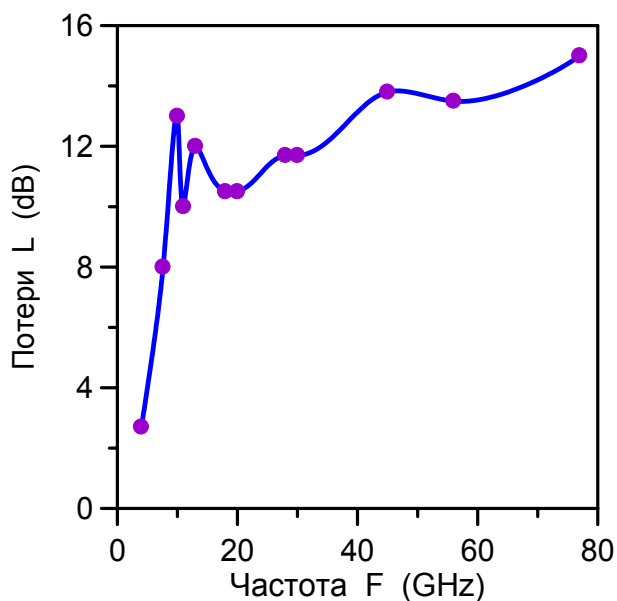


Рис. 3. Частотная зависимость 5-слойного покрытия на основе гидрогенизированного углерода с наночастицами Co и Ni.