

УДК 621.317.411

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ШЛАМА ОЧИСТКИ ВАГРАНОЧНЫХ ГАЗОВ

М.Р. НЕАМАХ, В.Б. СОКОЛОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 20 декабря 2012

Приведен анализ результатов исследования магнитных характеристик (зависимостей относительной магнитной проницаемости от величины индукции внешнего магнитного поля и температуры окружающей среды) порошкообразного шлама очистки ваграночных газов, который предложено использовать для формирования экранирующих конструкций, способствующих обеспечению электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств.

Ключевые слова: индукция насыщения, магнитная индукция, относительная магнитная проницаемость, температурный коэффициент магнитной проницаемости, ферромагнетик, ферромагнетик, шлам очистки ваграночных газов.

Введение

Магнитные материалы (ферро- и ферримагнетики) в настоящее время находят применение в различных областях радиотехники и электроники. Значения относительной магнитной проницаемости (μ) данных материалов зависят от величины внешнего магнитного поля. У ферромагнетиков эти значения изменяются в пределах от 10^2 до 10^6 , у ферримагнетиков – от 1 до 10^2 .

К ферромагнетикам относятся железо, никель, кобальт, а также сплавы данных металлов. Основными недостатками ферромагнетиков являются подверженность воздействию коррозии, высокие значения индукции насыщения и низкая температурная стабильность магнитных свойств. Данным недостаткам лишены ферримагнетики, к которым относятся оксидные соединения металлов, в частности, ферриты. Поэтому на сегодняшний день ферримагнетики применяются чаще ферромагнетиков при конструировании устройств радиотехники и электроники. Так как перечень требований к свойствам последних является разнообразным и постоянно расширяющимся, то набор существующих ферримагнетиков следует совершенствовать, дополняя его новыми образцами. Базовый этап поиска новых ферримагнетиков включает в себя процессы выявления особенностей и исследования магнитных характеристик ранее не исследованных оксидных соединений металлов. К числу последних относится шлам очистки ваграночных газов (ШОВГ), в состав которого входят 22,66 % по масс. оксида кальция, 11,37 % по масс. оксида трехвалентного железа, 3,57 % по масс. оксида магния, 3,38 % по масс. оксида натрия, 3,25 % по масс. оксида алюминия, 1,96 % по масс. оксида калия, а также 24,35 % по масс. оксида кремния, 2,68 % по масс. оксида серы и др. ШОВГ представляет собой порошкообразные отходы, образующиеся в результате фильтрации и обработки в осевом циклоне газов, отбираемых через трубы вагранок в процессе переплавки в них чугуна. Отличительной особенностью ШОВГ по сравнению с ферритами и иными оксидными соединениями металлов является его низкая стоимость.

В рамках настоящей работы были проведены измерения параметров магнитных характеристик (зависимостей относительной магнитной проницаемости от величины индукции внешнего магнитного поля и температуры окружающей среды) образцов порошкообразного ШОВГ, отличающихся друг от друга степенью измельчения фракций. У образцов №1 и №2 размер фракций составил 5 и 20 мкм соответственно (мелкоизмельченные фракции), у образца №3 – 30 мкм (среднеизмельченные фракции).

Экспериментальная часть

Измерения параметров магнитных характеристик ШОВГ проводились с использованием вибрационного магнитометра Cryogenic 14T VIBRATING SAMPLE MAGNETOMETER. Основными его узлами являются генератор механических колебаний, электронный измерительный блок, соленоид, измерительные катушки, датчик поля Холла, шток с кварцевым держателем образца. В конструкцию генератора механических колебаний входит емкостной датчик, стабилизирующий амплитуду колебаний образца. Электронный измерительный блок имеет модульную структуру. В его состав входят источник питания, генератор синусоидального сигнала с усилителем мощности для питания генератора механических колебаний, модуль управления, фазовый детектор, усилитель сигнала, поступающего с измерительных катушек, измеритель поля Холла, регистрирующий значения магнитной индукции исследуемого образца.

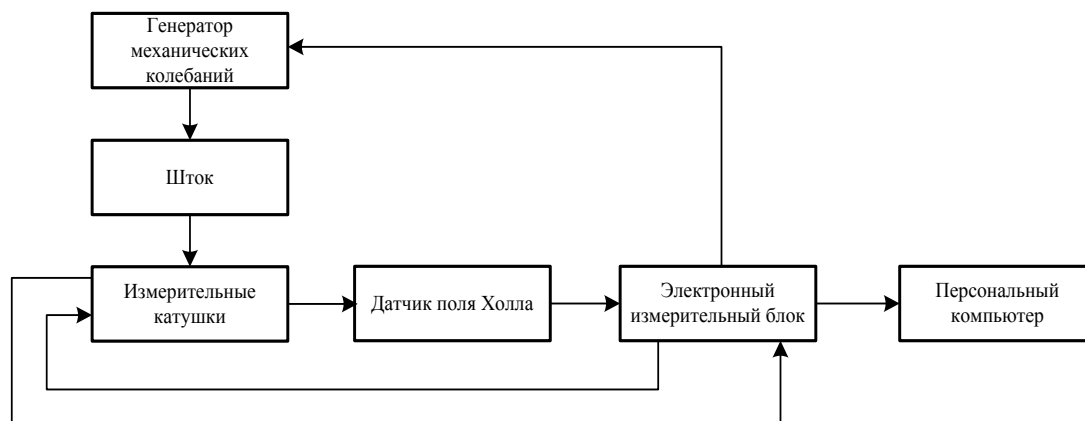


Рис. 1. Структурная схема вибрационного магнитометра

В процессе измерений исследуемый образец помещался в пластиковую трубку и закреплялся между фиксаторами штока. Источником магнитного поля служил соленоид. Направление колебаний образца – вертикальное, а магнитный момент образца, индуцированный внешним магнитным полем, был ориентирован горизонтально. Сигнал от измерительных катушек после фазового детектирования и усиления поступал на вход измерителя поля Холла. Генератором механических колебаний выступал электродинамический громкоговоритель, движение образцу передавалось от него посредством штока. Амплитуда колебаний образца была постоянной и составляла 0,0344 м.

Измерения значений магнитной индукции образцов ШОВГ проводились при комнатной температуре и значениях индукции внешнего магнитного поля (B), изменяющихся с шагом 0,02 Тл в пределах диапазона –3 Тл...3 Тл. Кроме того, были проведены измерения значений магнитной индукции образцов ШОВГ в диапазоне от комнатной температуры до гелиевой при постоянном значении B , равном 0,5 Тл. При этом измерительные катушки помещались в резервуар с жидким гелием.

Относительная погрешность проведенных измерений равна $\pm 1\%$. Источником погрешности является нестабильность частоты колебаний образца, составляющая 10^{-2} Гц. Возникновение данной нестабильности может быть связано с дрейфом электрических параметров схемы, питающей генератор механических колебаний [1].

Результаты и их обсуждение

На основании измеренных значений магнитной индукции образцов ШОВГ выполнены расчеты их относительной магнитной проницаемости. По данным расчета построены графические зависимости относительной магнитной проницаемости ШОВГ от величины индукции внешнего магнитного поля (рис. 2) и температуры окружающей среды (рис. 3).

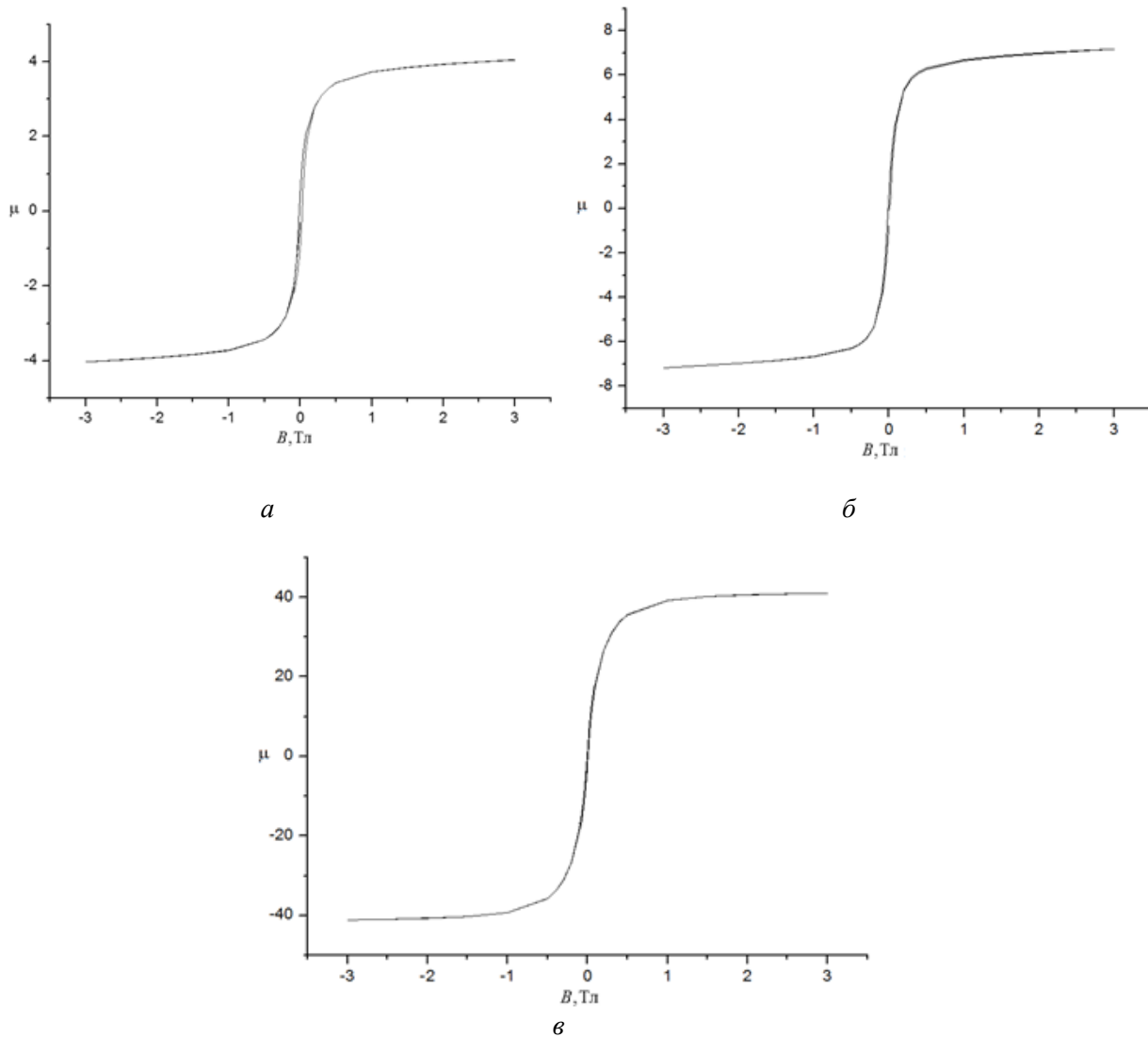


Рис. 2. Зависимость относительной магнитной проницаемости от величины индукции внешнего магнитного поля для образца №1 (*a*), образца №2 (*б*), образца №3 (*в*)

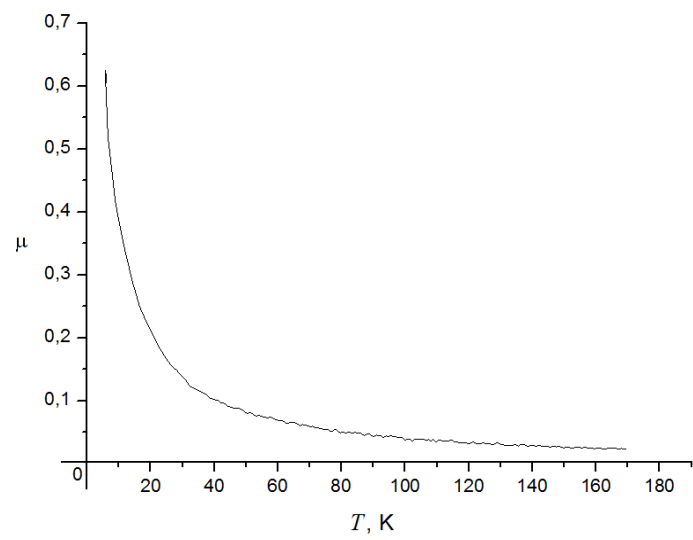


Рис. 3. Зависимости относительной магнитной проницаемости образца №1 от величины температуры окружающей среды

Установлено, что относительная магнитная проницаемость ШОВГ увеличивается по мере увеличения индукции внешнего магнитного поля. Значение начальной относительной магнитной проницаемости (при $B=0$) для образца №1 составляет 0,28, для образца №2 – 0,53, для образца №3 – 1,1; значения максимальной относительной магнитной проницаемости равны 4,04; 7,18; 41,1 соответственно. Кроме того, для образцов ШОВГ характерны явления остаточной намагниченности.

Для описания характера изменения магнитных свойств материала при изменении температуры окружающей среды используется температурный коэффициент магнитной проницаемости (TK_{μ}) [2]:

$$TK_{\mu} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_1} \cdot \frac{1}{T_2 - T_1},$$

где μ_1 и μ_2 – значения относительной магнитной проницаемости материала при температурах T_1 и T_2 соответственно.

Выявлено, что относительная магнитная проницаемость ШОВГ изменяется с изменением температуры окружающей среды. В диапазоне отрицательных температур (169 К...6 К) среднее значение температурного коэффициента магнитной проницаемости (TK_{μ}) ШОВГ составляет $0,055 \text{ K}^{-1}$. В области гелиевых температур (27 К...6 К) значение относительной магнитной проницаемости ШОВГ начинает резко возрастать и TK_{μ} при этом составляет $0,2 \text{ K}^{-1}$. Подобное поведение присуще температурным зависимостям относительной магнитной проницаемости ферромагнетиков (в частности, ферритов) [3].

Заключение

Порошкообразный ШОВГ можно отнести к новым образцам ферромагнетиков: величины его относительной магнитной проницаемости ниже 10^2 , но при этом они зависят от величины внешнего магнитного поля, характеризуются малыми значениями индукции насыщения, не превышающими 3 Тл, и достаточно высокой температурной стабильностью. Размер фракций ШОВГ оказывает влияние на магнитные характеристики данных порошкообразных материалов, в частности, увеличение размера фракций ШОВГ приводит к увеличению значений его относительной магнитной проницаемости.

На основе порошкообразного ШОВГ можно формировать экранирующие конструкции, которые будут обеспечивать эффективное ослабление энергии электромагнитного излучения, обусловленное ее потерями на магнитную проницаемость [4]. Одна из разновидностей таких конструкций может быть реализована путем засыпания порошка ШОВГ со среднеизмельченными фракциями в каналы листа сотового поликарбоната. В диапазоне частот 0,7...16 ГГц значения коэффициентов отражения этих конструкций изменяются в пределах от –8 до –16 дБ, а коэффициентов передачи – от –5 до –16 дБ. Кроме того, на основе порошкообразного ШОВГ возможно реализовать многослойные экранирующие конструкции градиентного типа, в которых относительная магнитная проницаемость будет увеличиваться по мере перехода электромагнитной волны от одного слоя к другому. При этом в качестве первого слоя должен выступать лист сотового поликарбоната, заполненный порошком ШОВГ, обладающим наименьшим значением относительной магнитной проницаемости (т. е. с размером фракций 5 мкм), второго и третьего – порошком ШОВГ с размером фракций 20 и 30 мкм соответственно. Таким образом будет улучшено согласование волновых сопротивлений начальной среды распространения электромагнитных волн (т. е. воздуха) и материала подобной экранирующей конструкции, что приведет к уменьшению ее коэффициента отражения и расширению рабочего диапазона частот относительно соответствующих параметров однослойных конструкций.

Предложенные экранирующие конструкции могут использоваться для обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств (РЭУ) (например, применяться при отделке внутренних стен помещений, в которых располагаются РЭУ, способные вносить помехи в работу других устройств, а также подвергаться воздействию излучений последних).

SLUDGE TREATMENT CUPOLA GASES MAGNETIC PROPERTIES

M.R. NEAMAN, V.B. SOKOLOV

Abstract

The analysis of the powdered sludge treatment cupola gases magnetic properties (relative permeability dependence on the value of external magnetic field and ambient temperature) study results is presented. It is proposed to use this material for the shielding constructions formation, promoting radioelectronic devices electromagnetic compatibility.

Список литературы

1. Великанов Д.А., Юркин Г.Ю., Патрин Г.С. // Научное приборостроение. 2008. №3 (18). С. 86–94.
2. Ивлев Ю.Н. Химия радиоматериалов. М., 2003.
3. Смит Я., Вейн Х. Ферриты. М., 1962.
4. Козловский В.В., Софиенко И.И. // Вісник ДУІКТ. 2009. № 7 (3). С. 233–245.