

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Говор Г.А., Вечер А.К., Пацино Е.В.

ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», г. Минск, Республика Беларусь ,
vetcher@physics.by

Тимошков Ю.В., Курмашев В.И., Грапов Д.В.

БГУИР, г.Минск, Республика Беларусь, timoshkovlge@yahoo.com

Введение

Современные электромагнитные машины и системы требуют новых материалов с улучшенными свойствами. Гетерогенные трехмерные наномодифицированные магнитомягкие материалы могут эффективно применяться в таких системах. Хорошей возможностью для повышения их надежности является использование нанокompозитных материалов. Для получения образцов для исследования использовалась методика гальванического нанесения нанокompозитных магнитных материалов на специальные подложки. Совместное осаждение магнитомягких сплавов с инертными твердыми наночастицами позволяет получать материалы с магнитной проницаемостью до $\mu = 10^4$, магнитной индукцией $B_s = (0,62-1,3)$ Т с улучшенными физическими свойствами.

Методика эксперимента

Были изготовлены 6 комплектов колец следующих составов:

- 1) 80/20А –80% никеля 20% железа.
- 2) 82/18В –82% никеля 18% железа.
- 3) 50/50А –50% никеля 50% железа.
- 4) 50/50В –50% никеля 50% железа.
- 5) CoP –кобальт-фосфор
- 6) SMC в магнитомягкой матрице на основе сплава никель-железо.

Магнитомягкие матрицы для SMC порошков электрохимически осаждались на кольца из медной фольги толщиной 50 мкм, основания. Для изготовления медных колец использовался лазерный станок для высокоточной резки тонколистового металла FMC 280.



Рисунок 1 - Измерительные медные кольца

Проводилось одностороннее и двухстороннее осаждение магнитомягких SMC матриц. Это объясняется внутренними напряжениями осажденных пленок и, как следствие этого, деформацией медного основания и самих осажденных магнитомягких SMC матриц. Наносилось два слоя SMC (магнитно-мягкий порошок) порошка. Количество слоев: два. Диэлектрический слой - оксид фосфора, проводящий слой - Co и Ni.

Таблица 1 - Магнитные свойства SMC порошка

Магнитные свойства порошков					
$\mu_i(k)$	$\mu_m(k)$	Bs(T) @4000A/m	Bs(T) @10000A/m	Br(T)	Hc(A/m)
0.087095	0.23165	0.9284	1.3165	0.2097	464.75

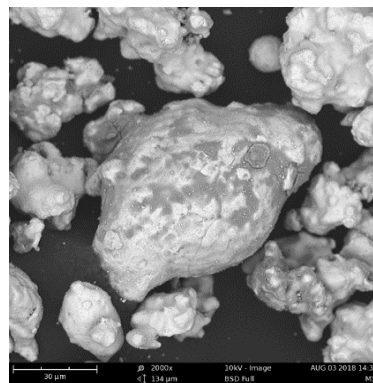
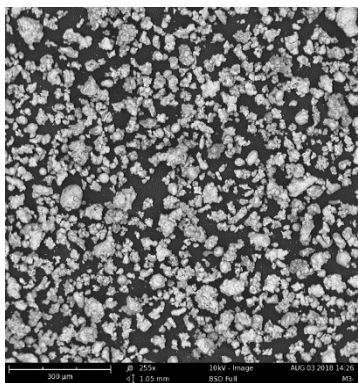


Рисунок 2 - SEM фотографии SMC порошков

Результаты и их обсуждение. Для обеспечения эффективного внедрения SMC порошков и интегрирования в процесс соосаждения, SMC порошки должны быть а) инертными и стабильными в электролитах и б) иметь проводящую поверхность. Оба эти условия могут быть выполнены путем капсулирования SMC частиц в проводящую оболочку, например, Ni или Co.

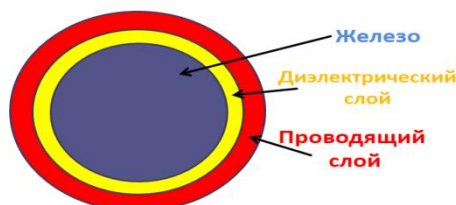


Рисунок 3 Структура отдельной частицы SMC порошка для процесса соосаждения.

Для каждого типа магнитомягких SMC матриц были проведены измерения магнитных свойств в трансформаторном режиме на синусоидальном сигнале. Частота сигнала при измерениях – 200Гц. Результаты измерений приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты измерений магнитных свойств магнитомягких SMC матриц

Образец	Bs, T	H, A/m	Hc, A/m	Br, T
80/20A	1,65	6960	150	0,67
82/18B	0,74	6750	1150	0,53
50/50A	1,04	6880	520	0,63
50/50B	0,77	6820	510	0,21
CoP	0,54	6920	100	0,15
Fe/Ni-SMC	0,86	7000	460	0,55

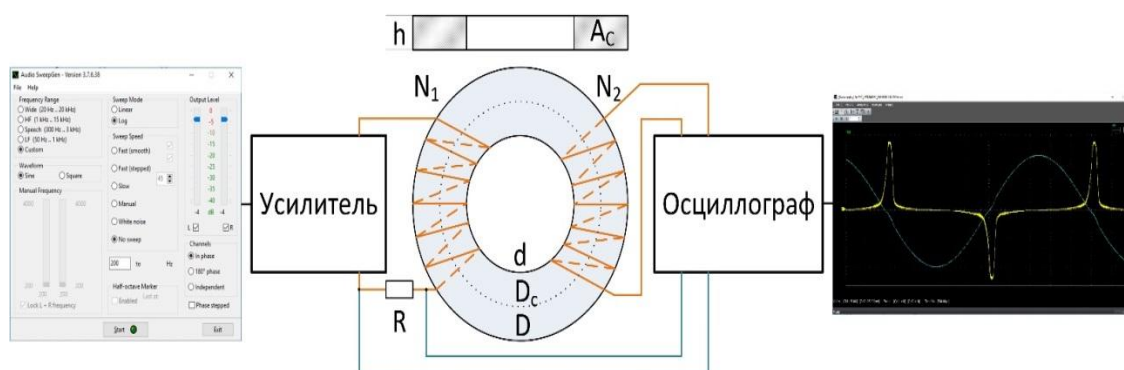
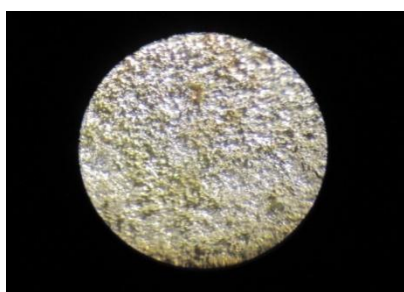


Рисунок 4 - Схема установки для проведения измерений магнитных параметров колец

Кольцо, подготовленное для измерений, подключалось к системе измерений магнитных параметров. Измерительная система состоит из генератора синусоидального сигнала и усилителя. Ток в индуцирующей обмотке N_1 измеряется по падению напряжения на токоограничительном резисторе $R = 4$ Ом (рис. 20). Напряжение в измерительной обмотке непосредственным образом измеряется вторым каналом осциллографа.

Осциллограф подключен к компьютеру, что дает возможность сохранить осциллограмму для дальнейшей обработки. Для автоматизации обработки сохраненных осциллограмм была написана специализированная программа, позволяющая пересчитывать осциллограммы с учетом геометрических параметров образца и количества витков индуцирующей и измерительной обмотки. Результаты пересчета представляют собой кривые гистерезиса, сохраненные в csv формате.

Важно отметить, что были получены образцы гетерогенного материала с магнитомягкой матрицей Fe-Ni и внедренными в нее SMC порошками.



(a)



(b)

Рисунок 5 - Фото поверхности медного кольца после операции захвата SMC порошка (a) после заравнивания Fe-Ni матрицей (b)

Отчетливо видно качественное заравнивание SMC порошка магнитомягкой матрицей.

Выводы: В результате проведенных исследований показано, что применение методики нанесения композиционных наномодифицированных материалов на специальную подложку позволит формировать гетерогенные композиционные магнитные компоненты с внедрением SMC материала для микроэлектротехники.

Литература

- [1] P. Jansson, Advance in Soft Magnetic Composites. Soft Magnetic Materials 98, Barcelona. (1998). 7p
- [2] Iron and steel powders: Handbook. Hoganas AB. (2001) 244p.
- [3] Patent of Russia RU 2465669 H0 1F/24 (2012).
- [4] I. Timoshkov, V. Kurmashev, and V. Timoshkov, in Nanocomposites, ed. by A. Hashim InTech. (2011). Chapter 3, p. 73.