

08

Исследование особенностей получения методом шликерного литья пленок гексаферритов для подложек сверхминиатюрных микрополосковых ферритовых развязывающих приборов коротковолновой части миллиметрового диапазона длин волн

© В.Г. Костишин,¹ В.Г. Андреев,¹ А.Г. Налогин,² А.А. Алексеев,¹ Д.Н. Читанов,¹ Е.А. Белоконь¹

¹ Национальный исследовательский технологический университет „МИСиС“,
119049 Москва, Россия

² АО „НПП „Исток“ им. Шокина“,
141190 Фрязино, Московская обл., Россия
e-mail: drvgkostishyn@mail.ru

(Поступило в Редакцию 20 октября 2016 г.)

С использованием полиэлектrolитов впервые разработаны экологически безопасные технологии получения пленочных элементов из гексаферритов литьем водных шликеров взамен существующих технологических процессов с применением связок на органических растворителях. Использование в качестве связующих веществ полиэлектrolитов позволило на 20–30% снизить энергоемкость сушки на операции литья пленки.

DOI: 10.21883/JTF.2017.06.44526.2074

Введение

В области создания перспективных невзаимных СВЧ-ферритовых приборов с ростом рабочей частоты возникают конструктивные и технологические трудности, что предопределяет поиск новых ферритовых материалов. Характерный для сегодняшней электроники путь интеграции определяет потребность в материалах, которые могут быть использованы при создании микрополосковых СВЧ-ферритовых приборов миллиметрового диапазона с существенно меньшими размерами магнитной системы или вообще без таковой [1,2]. Такими материалами являются поликристаллические гексагональные ферриты в виде пластин или пленок.

Пленочная технология, предусматривающая литье тонких пленок из шликера, получила широкое применение в производстве тонких магнитов из гексаферритов [1], используемых в качестве подложек СВЧ-устройств. Известно, что по сравнению с методом прессования в магнитном поле пленочная технология дает возможность получать магниты толщиной менее 0.5 mm с достаточно высокой плотностью и однородностью структуры [2,5]. Большим преимуществом пленочных магнитов является также высокая прочность на изгиб, которая достигается за счет приложения высокого давления в процессе прокатки. Однако известные технологии [6] предусматривают использование шликеров на основе органических растворителей (спирт, толуол, трихлорэтилен), что повышает пожароопасность и экологическую опасность производства пленок. Поэтому весьма актуальны исследования по изучению возможности пленочных магнитов с использованием шликеров на водной основе.

Результаты исследований

В настоящей работе изготавливались шликеры на водной основе путем перемешивания порошка гексаферрита с водой и связующими веществами в аттриторе. В состав шликера вводили вещества различного функционального назначения: пленкообразователь (связующее), пластификатор и поверхностно-активное вещество. В качестве связующего использовались высокомолекулярные полиэлектrolиты, позволяющие снизить влажность суспензий ниже 30 wt.% и обеспечить высокую скорость высыхания отлитой пленки (полиакриловая кислота, полиэтиленмин). В качестве пластификатора использовали триэтаноламин и глицерин. Использование этих связок позволяет повысить производительность помольного, сушильного и литьевого оборудования в 2–3 раза по сравнению с использованием связки на основе поливинилового спирта, когда влажность суспензий не может быть снижена даже до 40 wt.%.

Схема литья пленки из шликера на литьевой машине „Кармадон“ показана на рис. 1. Тонкие магниты-пластинки изготавливались последующей прокаткой от литой пленки, вырубкой пленки с помощью штампа и обжигом вырубленных заготовок. Известно, что благоприятным фактором для формирования текстуры при изготовлении стронциевых ферритов по пленочной технологии является чешуйчатая форма частиц с магнитным моментом, ориентированным вдоль нормали к плоскости чешуйки (рис. 2) [2].

Исследования показали, что уже в процессе литья пленки из шликера частицы чешуйчатой формы частично ориентируются вдоль плоскости пленки. Это обеспечивает формирование магнитной анизотропии вдоль

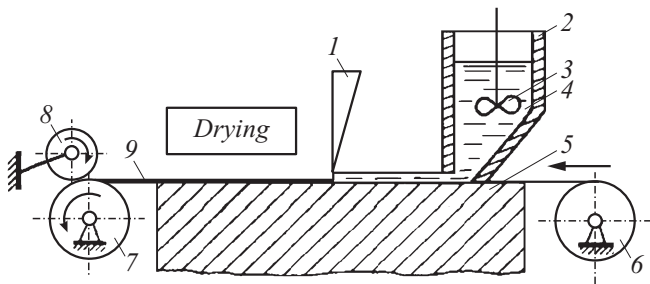


Рис. 1. Схема литья пленок на движущуюся подложку: 1 — формирующий нож, 2 — бункер с фильерой, 3 — мешалка, 4 — шликер, 5 — подложка, 6 — рулон с пленкой подложки, 7 — формирующий барабан, 8 — прижимной барабан, 9 — отливаемая пленка.

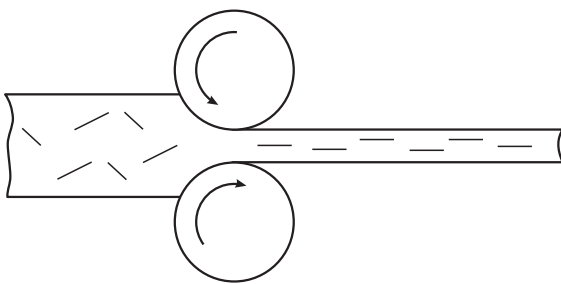


Рис. 2. Схема формирования текстуры в пленке гексаферрита при прокатке на вальцах.

нормали к поверхности пленки. Однако, как показали исследования, эта текстура слабая и для ее увеличения отлитые пленки требуют обработки прокаткой на вальцах. В этом процессе под действием прижимающих усилий между вальцами чешуйчатые частицы гексаферрита ориентируются вдоль направления движения пленки (рис. 2). С помощью многократной прокатки можно достичь высокой степени текстуры, достигающей 85% и толщины пленки менее 0.5 mm (рис. 3).

Исследования показали, что полиакриловая кислота, обладающая высокой поверхностной активностью, вызывает высокую адгезию изделий к стенкам формы, используемой при литье шликеров. В результате затрудняется съем изделий из форм после литья. Для уменьшения этой адгезии в шликер вводились небольшие количества жирных кислот (олеиновой кислоты) или жирных спиртов (октанол), образующих тонкую адсорбционную пленку на поверхности шликера. Это исключает прямой контакт макромолекул связки с формой и облегчает съем изделий (рис. 4).

В производстве пленочных изделий из Ва- и Sr-ферритов для подложек сверхминиатюрных микрополосковых ферритовых развязывающих приборов коротковолновой части миллиметрового диапазона длин волн предпочтительнее использование в качестве связки полиакрилата триэтаноламмония. Это позволяет получить текучие суспензии с содержанием воды не более 30 wt.%,

тем самым обеспечивая высокую скорость сушки отлитой пленки. Пленка после удаления воды приобретает эластичные свойства благодаря эластичным свойствам полиакрилата триэтаноламмония и легко поддается операции вырубки, замоноличивания слоев, прокатке.

Установлено, что оптимальное количество вводимого в суспензию или шликер полиэлектролита зависит от дисперсности частиц порошка феррита. Увеличение удельной поверхности вызывает возрастание количества центров, на которых адсорбируются молекулы, и поэтому оптимальная концентрация примерно пропорциональна удельной поверхности. При среднем размере частиц гексаферрита 2 μm количество полиакрилата триэтаноламмония составило 9 wt.%.

В таблице приведены электромагнитные параметры пленочных магнитов из гексаферритов, полученных с использованием в качестве связки полиакрилата триэтаноламмония. Высокий уровень электромагнитных пара-

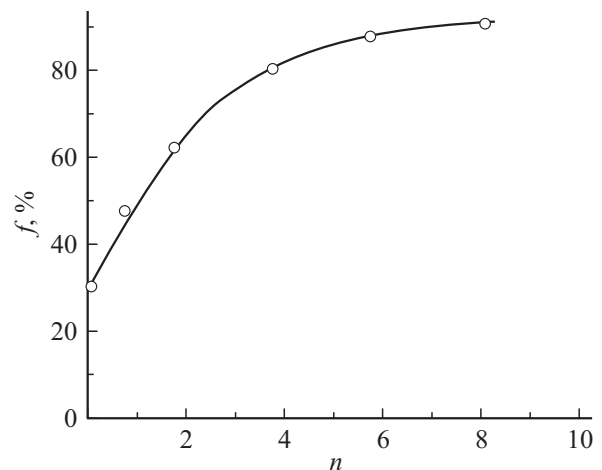


Рис. 3. Влияние числа прокаток на вальцах n на степень текстуры в пленке гексаферрита стронция.

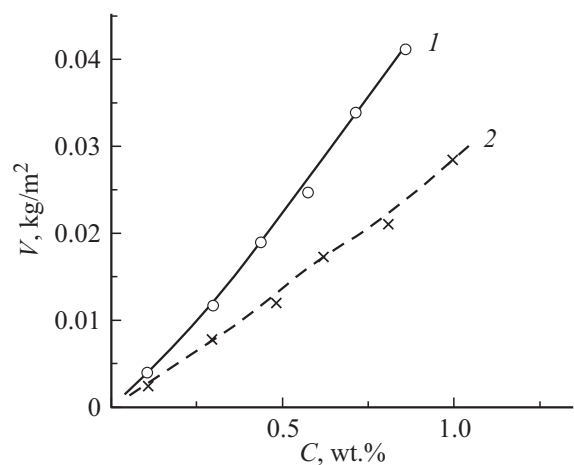


Рис. 4. Влияние добавок олеиновой кислоты (1) и октанола (2) на прочность сцепления отлитой пленки Sr-феррита к подложке (связка 8 wt.% полиакрилата триэтаноламмония).

Свойства полученных ферритовых пленочных магнитов для подложек

Феррит	B_r , Т при 25°C	$H_{св}$ кА/м	$H_{см}$, кА/м	W , кДж/м ³
Sr-феррит	0.4	215	255	14
Ba-феррит	0.4	210	233	14

метров изделий достигается за счет снижения межчастичного трения в формовочных массах, что обеспечивает повышение плотности как сырых заготовок, так и спеченных изделий.

Выводы

Разработана экологически безопасная технология получения пленочных элементов из ферритовых материалов литьем водных шликеров взамен существующих технологических процессов с применением связок на органических растворителях. Установлено, что чешуйчатая форма частиц является благоприятным фактором формирования текстуры при литье пленки и позволяет получить пленочные магниты с высоким уровнем свойств.

По разработанной технологии получены пленочные магниты толщиной 0.2–1 мм из Sr-ферритов, по уровню свойств соответствующие марке 28CA250, и Ba-ферритов, по уровню свойств соответствующие марке 28BA230.

Полученные по разработанной технологии структуры могут быть использованы в качестве подложек сверхминиатюрных микрополосковых ферритовых развязывающих приборов коротковолновой части миллиметрового диапазона длин волн.

Работа выполнена в НИТУ „МИСиС“ при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках соглашения о предоставлении субсидии № 14.575.21.0030 от 27 июня 2014 г. (RFMEFI57514X0030).

Список литературы

- [1] *Kostishyn V.G., Korovushkin V.V., Chitanov D.N., Korolev Yu.M.* // J. Nano- and Electronic Phbysics. 2015. Vol. 7. N 4. P. 04057 (4pp).
- [2] *Kostishyn V.G., Andreev V.G., Ursulyak N.D., Nalogin A.G., Chitanov D.N., Timofeev A.V., Komlev A.S., Adamtsov A.Y.* // J. Surface Investigation. 2015. Vol. 9. N 6. P. 1271–1276.
- [3] *Rousselle D., Autissier D.* // J. Phys. IV France 03. 1993. P. 7–783-7–788.
- [4] Проблемы порошкового материаловедения. Ч. IV. Материаловедение поликристаллических ферритов. В.Н. Анциферов, Л.М. Летюк, В.Г. Андреев и др. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. С. 394.
- [5] *Kaneva I.I., Andreev V.G., Podgornaya S.V., Tikhonov A.N.* // Izv. Vyssh, Uchebn. Zaved. Mater. Elektron. Tekh. 2010. N 2. P. 43–47.
- [6] *Kaneva I.I., Kostishyn V.G., Andreev V.G., Chitanov D.N., Nikolaev A.N., Kislyakova E.N.* // Russuan Microelectronics. 2015. Vol. 44. N 8. P. 517–522.
- [7] *Smit J., Wijn H.P.* Willey. N. Y.: Ferrites. 1959. P. 290.