

ТОНКИЕ ПЛОСКИЕ ФЕРРОМАГНИТНЫЕ ПЛЕНКИ И
ИНДУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТОРОИДАЛЬНОГО ТИПА

И.С. Лискер, Ю.Л. Данилевский

Как известно [1,2], пленочные плоские индуктивные элементы вычислительной техники, например дроссели, параметроны и др., в настоящее время изготавливаются на основе сплошных магнитных пленок с одноосной анизотропией.

Общим недостатком таких элементов являются большие потери энергии из-за рассеяния магнитного потока по воздуху, что приводит к необходимости питать индуктивные элементы большими токами. Кроме того, имеется недостаток и в технологии их изготовления, а именно: необходимо поддерживать постоянные магнитные поля с помощью колец Гельмгольца, чтобы создать в процессе напыления одноосную анизотропию в плоских сплошных магнитных пленках. Подобная технология значительно усложняет конструкцию экспериментальной установки, в частности её вакуумной части.

Магнитопровод плоских сплошных магнитных пленок с одноосной анизотропией (пленочных магнитных пятен) является открытым, то есть в случае их однодоменного состояния магнитный поток замыкается вне образца. Однако наличие размагничивающего поля вне пленки увеличивает её эффективные размеры, так как возмущение этого поля приводит к возмущению распределения намагниченности в самой пленке. При этом даже малые внешние воз-

мущения могут привести к сильному перераспределению намагниченности в пленке, особенно вблизи её краев.

В практических устройствах источниками внешних возмущений являются размагничивающие магнитные поля пятен, соседних по отношению к данному, экранирующее действие проводящих поверхностей, неизбежно проходящих вблизи пленки [3], магнитное поле Земли и т.п. Так, величина размагничивающего поля H_p при намагниченности пленки J в первом приближении [4] будет:

$$H_p = N \cdot J,$$

где N — размагничивающий фактор, определяемый геометрией пленки и её расположением в магнитном поле;

$$N = \frac{\alpha}{\ell},$$

здесь α — толщина пленки,
 ℓ — её линейные размеры.

Потоки рассеяния, связывающие между собой отдельные магнитные пятна, ограничивают возможность повышения плотности элементов в единице объема. Уменьшение линейного размера пленки ℓ при той же самой α увеличивает вредное действие размагничивающего поля, поскольку его величина пропорциональна отношению толщины пленки к её линейному размеру. Поэтому возникает необходимость уменьшать толщину пленок, чтобы процесс перемагничивания не изменялся и был близок к процессу вращения, обеспечивающему максимальное быстроедействие запоминающего устройства. Но сигнал считывания пропорционален квадрату диаметра пленки при указанных выше условиях, поэтому уменьшение диаметра пленки, например вдвое, влечет за собой уменьшение сигнала считывания в четыре раза. Кроме того, жесткие требования предъявляются также к величине поля анизотропии и направлению её оси. Разброс этих важных характеристик, увеличивающийся с увеличением действия размагничивающих полей, приводит к необходимости увеличения токов записи и считывания, к снижению общей надежности запоминающего устройства.

Вместо сплошных магнитных пленок в последнее время предлагаются более совершенные пленочные устройства с замкнутой магнитной структурой, например двуслойные запоминающие магнитные элементы [3] для неразрушающего считывания информации, замкнутые цилиндрические пленки на стеклянных стержнях ("род") с различными вариациями направлений осей анизотропии на поверхности цилиндра [5]. Хотя последние и обеспечивают

получение больших сигналов считывания, однако изготовление их технологически весьма сложно.

Очевидно, что описанными пленочными конструкциями [3, 5] не ограничиваются принципиальные возможности создания других элементов с замкнутыми магнитопроводами, в связи с чем представляет существенный интерес проведение дальнейших поисков в этом направлении.

В данной статье рассматривается новая конструкция плоских тонких кольцевых магнитных пленок с круговой анизотропией и на их основе тороидальных индуктивных элементов, а также дается описание технологии их изготовления [6]. Ниже, в качестве примера, приводится описание способа изготовления магнитных пленок и индуктивных элементов вакуумным распылением исходных материалов на изоляционную подложку. Однако при изготовлении последних не исключаются и другие технологические приемы: катодное распыление материала магнитопровода и электропровода через маску; нанесение на подложку материала магнитопровода (также через соответствующие маски) с помощью транспортных реакций, а токовых витков с помощью вакуумного распыления или химического взвешивания; электролитический и др. Материалы магнитопровода в зависимости от назначения пленок и элементов могут быть самыми различными: простыми веществами (железо, пермаллой и т.п.) и сложными (ферриты и аналогичные им соединения).

Принципиальная схема получения пленок представлена на рис. 1. В центре подложки 1 из изолирующего материала (например, стекла) предварительно просверливают круглое отверстие 2. Для получения кольцевого магнитопровода 3 на подложку симметрично отверстию накладывают маску, состоящую из двух деталей: прямоугольника 4 с круглым отверстием, ограничивающим внешний край магнитопровода, и кольца 5, ограничивающего его внутренний край. Отверстие в кольце 5 совмещается с отверстием в подложке. Далее, в отверстие 2 вставляют перпендикулярно плоскости подложки токопровод 6. Кольцевой испаритель 7 располагается симметрично относительно оси токопровода 6. Таким образом, в процессе распыления ферромагнитного материала в круговом магнитном поле (создаваемом постоянным током в токопроводе) образуется кольцевая пленка с круговой анизотропией.

На рис. 2 приведена принципиальная схема получения пленочных плоских тороидальных элементов [6]. Здесь предусматривается следующий порядок выполнения операций. Чтобы получить

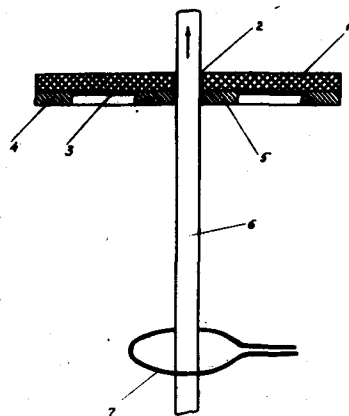


Рис. 1. Принципиальная схема метода получения плоских торoidalных ферромагнитных пленок.

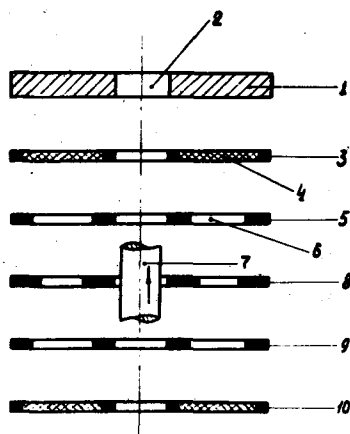


Рис. 2. Принципиальная схема метода получения пленочных индуктивных элементов торoidalного типа.

нижнюю половину полоски (образующих в дальнейшем вместе с верхними проводящими полосками единый замкнутый магнитопровод), на подложку симметрично относительно центрального отверстия 2 накладывается маска с узкими, расположенными по окружности радиальными отверстиями 4 и производится напыление. Затем проводящие полоски частично покрываются электрической изоляцией, для чего вместо маски 3 устанавливают маску 5 с кольцевым отверстием 6, ширина которого меньше длины полоски.

Для напыления плоского кольца из ферромагнитного материала накладывается маска 8 и в отверстие 2 вставляется токопровод. Затем вновь с помощью маски 9 (сняв предварительно токопровод 7 и маску 8) наносят пленку электрической изоляции, закрывающей только ферромагнитный материал. И, наконец, верхние полоски (образующие вместе с нижними обмотки) напыляют при помощи маски 10. При этом концы её отверстий совмещают с оголенными концами нижних металлических полосок.

В итоге получается пленочный плоский индуктивный элемент торoidalного типа, общий вид которого показан на рис. 3. Элемент состоит из подложки 1, кольцевого магнитопровода 2, электрической изоляции 3 и токовых обмоток 4.

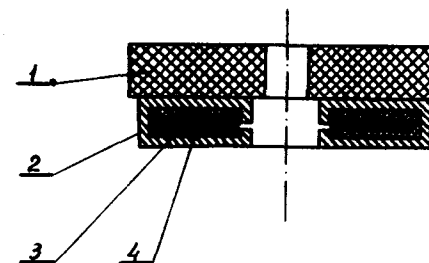


Рис. 3. Общий вид индуктивного элемента торoidalного типа: 1 - подложка; 2 - магнитопровод; 3 - электрическая изоляция; 4 - токовые обмотки.

На фото 4 изображен внешний вид подложек и масок на различных стадиях выполнения технологических операций. Горизонтальные стрелки показывают последовательность напыления индуктивного элемента, вертикальные - маски, соответствующие наносимой на данном этапе компоненте элемента.

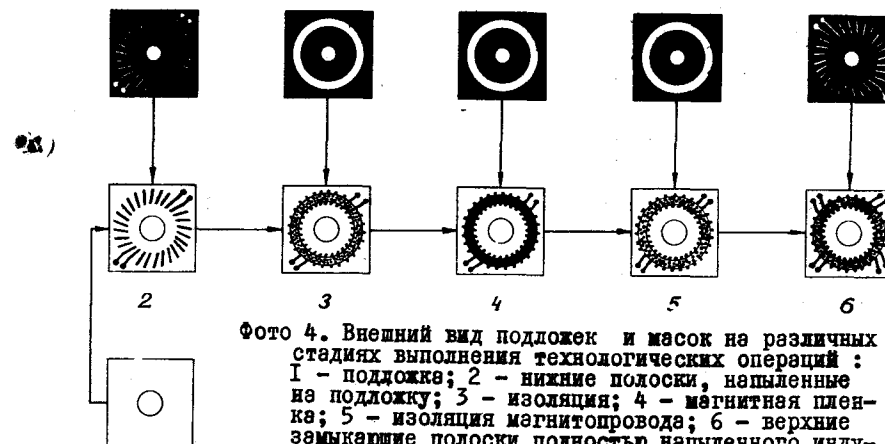


Фото 4. Внешний вид подложек и масок на различных стадиях выполнения технологических операций: 1 - подложка; 2 - нижние полоски, напыленные на подложку; 3 - изоляция; 4 - магнитная пленка; 5 - изоляция магнитопровода; 6 - верхние замыкающие полоски полностью напыленного индуктивного элемента.

Таким образом, наиболее существенным в описанных конструкциях и технологии является возможность создания магнитных пленок с круговой анизотропией и индуктивных элементов с замкнутыми магнитопроводами. Однако создание круговой анизотропии

нии при помощи витка с током, проходящего через центральное отверстие в подложке, в ряде случаев может оказаться неудобным, поэтому для её получения в настоящее время испытываются и другие способы создания круговой анизотропии, не требующие изготовления отверстий в подложке. Последнее обстоятельство позволит значительно увеличить плотность размещения пленок и индуктивных элементов.

Предлагаемый способ получения магнитных пленок существенно отличается от способа получения магнитных пленок с одноосной анизотропией. Различие в способах получения приводит к различию физических свойств.

В настоящее время физические свойства пленок с одноосной анизотропией исследованы достаточно подробно [7]. Поэтому в дальнейшем необходимо провести исследование физических свойств плоских кольцевых ферромагнитных пленок с круговой анизотропией: температурной зависимости анизотропии; зависимости точки Кюри от толщины пленки; структуры доменов; величины коэрцитивной силы и точки Кюри по изменению электросопротивления пленок в магнитном поле; структуры пленок в зависимости от примесных атомов и способов их получения.

На эффективности работы индуктивных элементов существенно сказываются не только физические свойства магнитной пленки, изолирующих слоев и токопроводящих обмоток, но и их геометрические размеры. Поэтому важно также знать оптимальные геометрические соотношения между различными компонентами индуктивного элемента в зависимости от режима его работы в каких-либо устройствах.

Есть основания надеяться, что описанные выше индуктивные элементы могут найти применение в различных схемах автоматического контроля, измерительных системах, в вычислительной технике при разработке различных вариантов логических элементов и устройств вычислительной техники (например, двоичных, троичных и многостабильных параметронов [8], а также устройств с неразрушающим считыванием информации как аналогичных описанным [9-12], так и другого типа и т.п.), построенных на основе плоских индуктивных тороидальных элементов. Некоторые результаты упомянутых здесь исследований рассматриваются в других статьях данного сборника.

Л и т е р а т у р а

1. Л.В. Киренский, В.А. Буравихин. Материалы Симпозиума по тонким ферромагнитным пленкам (4-7 июля 1960 г., Красноярск). Изв. АН СССР, сер. физич., 1961, 25, 5, стр. 569.
2. Тонкие ферромагнитные пленки. Сборник переводов под редакцией Р.В. Телеснина. М., Изд-во "Мир", 1964 г.
3. Long T.R. J. Appl. Phys. 1960, 31, N 5, p. 123.
4. Р. Бозорт. Ферромагнетизм, М., ИЛ, 1956.
5. Meier D.A. J. Appl. Phys. 1959, 30, N1, pp. 122-123.
6. И.С. Лискер, Ю.Л. Данилевский. Способ изготовления катушек индуктивности тороидального типа. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки. М., ЦНИИПИ, 1966, № I, авт. св. СССР № 177472 от 22.3.1965 г., стр. 39.
7. В.А. Буравихин, А.Г. Шишкин. Доменная структура и анизотропия тонких ферромагнитных пленок. (Обзор). - Уч. зап. Иркутского госпединститута. 1964 г. вып. 21, стр. 19-94.
8. В.П. Комолов. Многостабильные параметроны. Автоматика и телемеханика, 1965, № II, стр. 2012-2018.
9. Кибернетика и электронно-вычислительная техника. Сб. статей. М., Госэнергоиздат, 1962.
10. Tillman R.M. Fluxlok high-speed core memory. Instrumentation and Control Systems. 1961, 34, N 5.
11. C.L. Wanless, S.D. Wanless. Biax high speed magnetic computer element. "IRE Wescon Convent. Record". 1959, vol. 3, p. 4.
12. M.E. Cookman. Magnetic thin film Stores. Brit. Commun. and Electron, 1965, 12, N 5, pp. 298-300.

Поступила в редакцию
4.I.1966 г.