



(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.04.15

(21) Номер заявки
202090664

(22) Дата подачи заявки
2018.10.04

(51) Int. Cl. *H01Q 3/44* (2006.01)

(54) АНТЕННА С ЧАСТИЧНО НАСЫЩЕННОЙ РАССЕИВАЮЩЕЙ ФЕРРОМАГНИТНОЙ ПОДЛОЖКОЙ

(31) 1759284

(32) 2017.10.04

(33) FR

(43) 2020.07.31

(86) PCT/FR2018/052456

(87) WO 2019/069033 2019.04.11

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТДФ; ЮНИВЕРСИТЕ ДЕ РЕНН 1
(FR)

(72) Изобретатель:
Каверин Евгений, Палю Себастьян,
Коломбель Франк, Химди Мохамед
(FR)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) D.M. POZAR ET AL.: "Magnetic tuning of a microstrip antenna on a ferrite substrate", ELECTRONICS LETTERS, vol. 24, no. 12, 9 June 1988 (1988-06-09), page 729, XP055482034, GB ISSN: 0013-5194, DOI: 10.1049/el:19880491, figure 1, page 729, 730

ASHISH SAINI ET AL.: "Magneto-dielectric properties of doped ferrite based nanosized ceramics over very high frequency range", ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY, AN INTERNATIONAL JOURNAL, vol. 19, no.

2, 26 January 2016 (2016-01-26), pages 911-916, XP055482531, ISSN: 2215-0986, DOI: 10.1016/j.jestch.2015.12.008, table 1, abstract, page 912-914, figure 3, 5

US-A1-2007001921

CORTES NINO JULY PAOLA ET AL.: "Modeling antennas printed on magnetized substrate: Application to the design of a tunable PIFA antenna", 2015 EUROPEAN MICROWAVE CONFERENCE (EUMC), EUMA, 10 September 2015 (2015-09-10), pages 933-936, XP032823012, DOI: 10.1109/EUMC.2015.7345917, page 934; figure 1

ATIF SHAMIM ET AL.: "Ferrite LTCC-Based Antennas for Tunable SoP Applications", IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS, PACKAGING AND MANUFACTURING TECHNOLOGY, IEEE, USA, vol. 1, no. 7, 27 June 2011 (2011-06-27), pages 999-1006, XP011336016, ISSN: 2156-3950, DOI: 10.1109/TCPMT.2011.2143411, figure 6, page 1002

US-A1-2016013561

MISHRA R. K. ET AL.: "TUNING OF MICROSTRIP ANTENNA ON FERRITE SUBSTRATE", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 41, no. 2, 1 February 1993 (1993-02-01), pages 230-233, XP000303632, ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/8.214616, abstract; figure 1

US-B1-6677901

(57) Изобретение относится к антенне, содержащей по меньшей мере две пластинки из цветного металла, при этом по меньшей мере одна первая пластинка образует излучающую часть (4_Н) и вторая пластинка образуют заземляющую плоскость (4_В), по меньшей мере одну подложку, расположенную между заземляющей плоскостью (4_В) и излучающей частью (4_Н), и облучатель длиной, по меньшей мере равной толщине подложки, простирающийся между заземляющей плоскостью (4_В) и излучающей частью (4_Н) и соединенный с излучающей частью (4_Н), и выполненный с возможностью питания антенны, отличающейся тем, что подложка является рассеивающей ферромагнитной подложкой, называемой рассеивающим ферритом (1), которая в качестве магнитных характеристик обладает высокой относительной магнитной проницаемостью, составляющей от 10 до 10000, и большим тангенсом угла магнитных потерь, превышающим 0,1, при этом упомянутая антенна содержит средства для постепенного и локального уменьшения магнитных характеристик рассеивающего феррита (1).

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к антенне с ферромагнитной подложкой. В частности, изобретение относится к антенне с ферромагнитной подложкой, которая является сверхкомпактной в вертикальной плоскости по сравнению с длиной волны и которую можно использовать при приеме или при передаче в диапазонах километровых (30-300 кГц), гектометровых (0,3-3 МГц), декаметровых (3-30 МГц) и метровых (30-300 МГц) частот.

Антенна предназначена для применения, например, в широкополосных или узкополосных системах передачи средней или большой мощности, передающих информацию в виде модулированных или не модулированных сигналов, которые распространяются по радиоканалу. В некоторых вариантах выполнения антенна способствует распространению волны в приоритетном направлении (направленная антенна).

Уровень техники

Небольшие с электрической точки зрения антенны имеют сопротивление с сильной реактивной составляющей, которая не позволяет их использовать эффективно и напрямую в системах со стандартным реальным сопротивлением (как правило, 50 Ом).

Адаптация сопротивления антенны этого типа часто является сложной и, как правило, обеспечивает согласование только на узкой полосе частот. Часто узкая полоса пропускания такой антенны является нестабильной, что создает проблемы при передаче, в частности, для приложений большой мощности.

Была попытка найти решения для стабилизации этого колебания сопротивления, чтобы увеличить полосу пропускания антенны. Однако эти решения значительно снижают эффективность излучения антенны, что делает невозможным ее использование в требуемых условиях.

В статье под названием "Magnetic tuning of a microstrip antenna on a ferrite substrate", опубликованной в Electronic Letters 9 июня 1998 г., том 24, № 12, стр. 730-731 (в дальнейшем называемой Д1), D.M. Pozar and V. Sanchez, описано согласование сопротивления микрополосковой антенны с ферритовой подложкой для высокочастотных приложений, то есть работающих на частоте выше 2,8 ГГц. Для этого предусмотрено воздействие магнитным полем на упомянутую подложку, выполненную из YIG G-113 ферритмагнитного типа и характеризующуюся слабыми потерями на высоких частотах. Было установлено, что использование этого материала ограничивает степень миниатюризации антенны.

В статье "Magneto-dielectric properties of a doped ferrite based nanosized ceramics over very high frequency range", Engineering Science and Technology, an international Journal 19 (2016), pp. 911-916, Ashish Saini et al. описан магнитоэлектрический материал, в котором необходимо уменьшить диэлектрические и магнитные потери, чтобы добиться миниатюризации радиолокационных антенн, работающих на частоте около 100 МГц.

Задачи изобретения

Задачей изобретения является устранение, по меньшей мере, некоторых недостатков известных небольших с электрической точки зрения антенн.

В частности, изобретение призвано предложить, по меньшей мере, в варианте выполнения изобретения сверхкомпактную широкополосную антенну с вертикальной поляризацией в вертикальной плоскости, которая может работать на передачу.

Изобретение призвано также предложить, по меньшей мере, в варианте выполнения изобретения антенну, обеспечивающую высокую эффективность излучения и одновременно позволяющую сохранить широкую полосу пропускания за счет стабилизации колебания сопротивления.

Изобретение призвано также предложить, по меньшей мере, в варианте выполнения изобретения направленную антенну.

Раскрытие изобретения

Для этого изобретение относится к антенне, содержащей

по меньшей мере две пластинки из цветного металла, расположенные в основном в горизонтальной плоскости, при этом по меньшей мере одна первая пластинка образует излучающую часть и вторая пластинка образует заземляющую плоскость,

по меньшей мере одну подложку, расположенную в основном в горизонтальной плоскости между заземляющей плоскостью и излучающей частью,

облучатель длиной, по меньшей мере равной толщине подложки, расположенный между заземляющей плоскостью и излучающей частью, соединенный с излучающей частью и выполненный с возможностью питания антенны,

отличающейся тем, что подложка является рассеивающей ферромагнитной подложкой, называемой рассеивающим ферритом, которая в качестве магнитных характеристик обладает высокой относительной магнитной проницаемостью, составляющей от 10 до 10000, и большим тангенсом угла магнитных потерь, превышающим 0,1, при этом упомянутая антенна содержит средства локального изменения магнитных характеристик рассеивающего феррита таким образом, чтобы относительная магнитная проницаемость и магнитные потери рассеивающего феррита уменьшались постепенно и локально.

По определению рассеивающий феррит характеризуется большими диэлектрическими потерями и/или большими магнитными потерями. Рассеивающая ферромагнитная подложка, используемая в рам-

ках настоящего изобретения, выполнена, в частности, из шпинельного феррита, который хорошо подходит для изготовления широкополосных магнитных антенн небольшого размера. Таким образом, благодаря использованию рассеивающей ферромагнитной подложки (рассеивающий феррит), которая является частично насыщенной (то есть в которой магнитные потери и относительная магнитная проницаемость уменьшаются локально и постепенно), заявленная антенна обеспечивает высокую эффективность излучения, сохраняя при этом широкую полосу пропускания за счет стабилизации колебания сопротивления. Действительно, рассеивающий феррит обеспечивает эту стабилизацию сопротивления, но значительно ослабляет излучение. Кроме того, рассеивающий феррит может быстро нагреваться и ухудшать свои характеристики вблизи точки Кюри во время долговременных и мощных излучений. Постепенное и локальное изменение характеристик феррита позволяет компенсировать это ослабление излучения, чтобы получить приемлемый коэффициент усиления, одновременно сохраняя стабилизацию сопротивления, причем с меньшим нагревом в режиме передачи.

Выполненная таким образом антенна является сверхкомпактной широкополосной антенной с вертикальной поляризацией в вертикальной плоскости (например, высотой $\lambda/1400$ при $\lambda=30$ МГц), которая может работать на передачу. Термины "вертикальная плоскость" и "горизонтальная плоскость" следует понимать, рассматривая антенну при ее расположении во время ее приоритетной работы с вертикальной поляризацией, при этом антенна может, естественно, иметь и другую ориентацию, когда она не работает и/или когда требуемая поляризация является другой (в частности, горизонтальной).

Высокая относительная магнитная проницаемость является характерной для ферромагнитных материалов и намного превышает 1, в частности составляет от 10 до 10000. Большой тангенс угла магнитных потерь, соответствующий большим магнитным потерям, часто обозначают символом $\tan \delta$, и его значение превышает 0,1. Тангенс угла магнитных потерь соответствует отношению воображаемой части к реальной части относительной магнитной проницаемости. Большое значение этих магнитных характеристик зависит от используемой частоты. Эти значения получают на рабочей частоте антенны, то есть на частоте, заключенной в частотный диапазон, в котором осуществляют адаптацию сопротивления антенны. В рамках настоящего изобретения можно напомнить, что антенна предназначена для приема или передачи на частоте, входящей в километровые (30-300 кГц), гектометровые (0,3-3 МГц), дециметровые (3-30 МГц) или метровые (30-300 МГц) частотные диапазоны. Таким образом, максимальная рабочая частота составляет порядка 300 МГц (то есть соответствует верхней границе метрового частотного диапазона 30-300 МГц).

На этих частотах, в частности на частотах, находящихся внизу диапазонов (то есть 30 кГц, 0,3 или 30 МГц) высокая относительная магнитная проницаемость позволяет увеличить степень миниатюризации антенны. Например, антенна, показанная на фиг. 1, имеет максимальный размер менее $0,03 \lambda$ на рабочей частоте, равной 30 МГц (где λ обозначает соответствующую длину волны), или менее $0,01 \lambda$, если рассматривать только излучающие металлические части антенны.

Для сравнения, максимальный размер излучающей части антенны из Д1 может быть ограничен значением $0,22 \lambda$ на этой же рабочей частоте. Такое ограничение связано с тем, что в уменьшении размера антенны участвует только высокая диэлектрическая проницаемость материала YIG G-113. С другой стороны, согласно данному изобретению и магнитная проницаемость, и относительная диэлектрическая проницаемость рассеивающего феррита способствуют повышению степени миниатюризации, причем участие магнитной проницаемости больше, чем участие диэлектрической проницаемости. Постепенное и локальное изменение позволяет уменьшать эти значения локально и постепенно, в частности, до относительной магнитной проницаемости, меньшей, чем проницаемость феррита, как правило, составляющей от 1 до 100 и всегда превышающей 1, и до меньшего тангенса угла магнитных потерь. Таким образом, рассеивающий феррит не является однородным.

Кроме того, антенна имеет направленность в горизонтальной плоскости без необходимости введения в решетку с другими антеннами и не прибегая к использованию одного или нескольких внешних паразитных элементов.

Образующий пластинки цветной металл может быть, например, медью, латунью, алюминием и т.д.

Согласно вариантам изобретения средства локального изменения магнитных характеристик рассеивающего феррита представляют собой магнит (постоянный магнит или электромагнит) или по меньшей мере одну деталь из материала с низкой относительной магнитной проницаемостью и с небольшим тангенсом угла потерь.

Магнит расположен на металлической пластинке антенны, предпочтительно на излучающей части.

Если магнит является электромагнитом, он получает питание от генератора постоянного тока, предпочтительно регулируемого, что позволяет изменять силу магнитного поля, генерируемого электромагнитом, и, следовательно, изменять характеристики антенны (параметры S , коэффициент усиления и форму диаграммы излучения). Коэффициент усиления может, например, меняться по команде, или можно регулировать сопротивление, чтобы достичь необходимого значения сопротивления в системе, с которой связана антенна, например 50 Ом.

Вставленная деталь или вставленные детали материала включены при изготовлении феррита. Рас-

положение этих деталей может быть предусмотрено для получения требуемых характеристик.

Предпочтительно согласно изобретению рассеивающий феррит имеет размер в горизонтальной плоскости, превышающий размер металлических пластинок.

Согласно этому аспекту изобретения размер ферритов, превышающий размер металлических пластинок, позволяет повысить эффективность излучения. Если антенна является несимметричным вибратором, эта характеристика позволяет также увеличить направленность. Размер ферритов может быть превышающим только в одном направлении.

Предпочтительно согласно изобретению антенна содержит по меньшей мере один короткозамыкатель, соединяющий заземляющую плоскость и излучающую часть и входящий в контакт с краем рассеивающего феррита.

Согласно этому аспекту изобретения антенна без короткозамыкателя является антенной типа несимметричного вибратора, антенна, имеющая короткозамыкатель, является антенной полукрытого типа, и антенна, имеющая короткозамыкатель, расположенный противоположно к облучателю на уровне рассеивающего феррита, образует петлевую антенну.

Предпочтительно согласно изобретению антенна содержит последовательность из рассеивающих ферритов и магнитов, уложенных поочередно в ярусы (слои) между излучающей частью и заземляющей плоскостью.

Согласно этому аспекту изобретения антенна образует многоярусную антенну.

Многоярусные (многослойные) антенны позволяют получать более высокие коэффициенты усиления. Кроме того, можно менять степень насыщения рассеивающих ферритов по слоям, что позволяет изменять адаптацию, коэффициент усиления и излучение.

Предпочтительно согласно этому последнему аспекту изобретения излучающая часть содержит металлическую пластинку между каждым ферритом и магнитом.

Предпочтительно согласно этому последнему аспекту изобретения металлические пластинки соединены между собой.

Изобретение относится также к антенне, характеризующейся комбинацией всех или части вышеупомянутых или описанных ниже признаков.

Список фигур

Другие задачи, отличительные признаки и преимущества изобретения будут более понятны из нижеследующего описания, представленного лишь в качестве не ограничительного примера со ссылками на прилагаемые фигуры, на которых

фиг. 1 - схематичный вид в перспективе и в разборе антенны согласно первому варианту выполнения изобретения;

фиг. 2 - схематичный вид в перспективе и в разборе антенны согласно второму варианту выполнения изобретения;

фиг. 3 - схематичный вид сбоку в разрезе антенны согласно первому варианту выполнения изобретения;

фиг. 4 - схематичный вид сбоку в разрезе антенны согласно третьему варианту выполнения изобретения;

фиг. 5 - схематичный вид сбоку в разрезе антенны согласно второму варианту выполнения изобретения;

фиг. 6 - отображение магнитного поля, показывающее распределение радиочастотного магнитного поля в рассеивающем феррите антенны, вид сверху, согласно первому варианту выполнения изобретения без магнита;

фиг. 7 - отображение магнитного поля, показывающее распределение радиочастотного магнитного поля в рассеивающем феррите антенны, вид сверху, согласно первому варианту выполнения изобретения с магнитом;

фиг. 8 - отображение магнитного поля, показывающее распределение статического магнитного поля в рассеивающем феррите антенны, вид сверху, согласно первому варианту выполнения изобретения с магнитом;

фиг. 9 - график, показывающий тангенс угла магнитных потерь в рассеивающем феррите антенны согласно варианту выполнения изобретения в зависимости от частоты в отсутствие или в присутствии магнитов, имеющих разные значения магнитной индукции;

фиг. 10a и 10b - графики, показывающие соответственно реальную часть и воображаемую часть относительной магнитной проницаемости в рассеивающем феррите антенны согласно варианту выполнения изобретения в зависимости от частоты в отсутствие или в присутствии магнитов, имеющих разные значения магнитной индукции;

фиг. 11a, 11b и 11c - схематичные виды сверху рассеивающего феррита антенн согласно различным вариантам выполнения изобретения, содержащих магнит;

фиг. 12 - схематичный вид сверху антенны согласно варианту выполнения изобретения, содержащей электромагнит;

фиг. 13 - график, показывающий коэффициент отражения S_{11} антенны согласно первому варианту

выполнения изобретения в отсутствие или в присутствии магнитов, имеющих разные значения магнитной индукции;

фиг. 14 - график, показывающий коэффициент отражения S_{11} антенны согласно первому варианту выполнения изобретения в отсутствие или в присутствии постоянного магнита на 2000 гауссов (Гс);

фиг. 15 - график, показывающий коэффициент отражения S_{11} антенны согласно второму варианту выполнения изобретения в отсутствие или в присутствии постоянного магнита на 2000 гауссов (Гс);

фиг. 16 - диаграмма излучения антенны согласно первому варианту выполнения изобретения в отсутствие или в присутствии постоянного магнита на 2000 гауссов (Гс);

фиг. 17 - диаграмма излучения антенны согласно второму варианту выполнения изобретения в отсутствие или в присутствии постоянного магнита на 2000 гауссов (Гс);

фиг. 18a, 18b и 18c - схематичные виды сверху рассеивающего феррита антенн согласно различным вариантам выполнения изобретения, содержащих вставленную часть;

фиг. 19 - схематичный вид так называемой многоярусной антенны согласно четвертому варианту выполнения изобретения;

фиг. 20 - схематичный вид так называемой многоярусной антенны согласно пятому варианту выполнения изобретения;

фиг. 21 - схематичный вид так называемой многоярусной антенны согласно шестому варианту выполнения изобретения;

фиг. 22 - схематичный вид так называемой многоярусной антенны согласно седьмому варианту выполнения изобретения;

фиг. 23 - схематичный вид так называемой многоярусной антенны согласно восьмому варианту выполнения изобретения;

фиг. 24 - схематичный вид так называемой многоярусной антенны согласно девятому варианту выполнения изобретения;

фиг. 25 - схематичный вид так называемой многоярусной антенны согласно десятому варианту выполнения изобретения;

фиг. 26 - примеры позиционирования магнита на излучающей части антенны в случае антенны в виде несимметричного вибратора;

фиг. 27 - пример позиционирования магнита на излучающей части антенны в случае полуоткрытой (петлевой) антенны.

Подробное описание варианта выполнения изобретения

Описанные ниже варианты выполнения являются лишь примерами. Хотя описание ссылается на один или несколько вариантов выполнения, это не обязательно значит, что каждая ссылка относится к одному и тому же варианту выполнения или что признаки применимы только к одному варианту выполнения. Простые признаки различных вариантов выполнения можно также комбинировать для реализации других вариантов. В целях иллюстрации и ясности масштабы и пропорции на фигурах строго не соблюдены.

В настоящей заявке значения магнитной индукции магнитов выражены в гауссах, при этом 1 гаусс (символ Гс) равен 10^{-4} теслы (символ Тл).

Показанные антенны представлены согласно их предпочтительному варианту выполнения с вертикальной поляризацией. λ обозначает длину волны на основной частоте (центральной частоте, если передача в диапазоне частот) передачи или приема антенны.

На фиг. 1 в перспективе и в разборе схематично показана антенна согласно первому варианту выполнения. На фиг. 3 антенна схематично показана сбоку в разрезе согласно первому варианту выполнения.

Антенна содержит две пластинки из цветного металла (например, из меди, латуни, алюминия и т.д.), при этом первая пластинка образует излучающую часть 4_н, а вторая пластинка образует заземляющую плоскость 4_в. Между двумя металлическими пластинками расположена рассеивающая ферромагнитная подложка, называемая рассеивающим ферритом 1. Металлические пластинки и рассеивающий феррит 1 имеют плоскую форму, простирающуюся в основном в горизонтальной плоскости, поэтому они имеют минимальный вертикальный размер для антенны с вертикальной поляризацией.

Излучающая часть 4_н полностью или частично перекрывает рассеивающий феррит 1 и может состоять из нескольких соединенных между собой деталей разной формы. Излучающая часть 4_н может также иметь сложные формы, например форму меандра, как показано на фиг. 25 в варианте выполнения изобретения.

В этом варианте выполнения рассеивающий феррит 1 имеет больший горизонтальный размер, чем пластинки из металла (пластинки являются квадратными, тогда как рассеивающий феррит 1 является прямоугольным), что позволяет улучшить излучение (больший коэффициент усиления). Согласно другим вариантам выполнения феррит и пластинки имеют одинаковый размер в горизонтальной плоскости или имеют разную форму.

Рассеивающий феррит 1 содержит отверстие 8 для прохождения облучателя 6, соединенного с соединителем 7. Если соединитель 7 является выводом коаксиального типа, его сердечник соединен с об-

лучателем 6, а его наружный проводник соединен с заземляющей плоскостью. Излучающая часть и заземляющая плоскость не соединены напрямую через проводящий элемент, такой как короткозамыкатель, и полученная таким образом антенна является несимметричным вибратором.

Антенна содержит средства локального изменения магнитных характеристик рассеивающего феррита, в данном случае магнита 5, расположенного на одной из металлических пластинок, предпочтительно на излучающей части, как показано в этом варианте выполнения. Располагая магнит 5 на излучающей части антенны, можно добиться более высокого КПД антенны с более высоким коэффициентом усиления в данном направлении.

Например, магнит 5 имеет прямоугольную форму. Он имеет длину 47 мм, ширину 22 мм и высоту 12 мм. Подложка образована ферритовой плиткой из материала с артикулом 4S60. Плитка имеет квадратную форму. Она имеет длину 100 мм, ширину 100 мм и толщину 7 мм. Таким образом, магнит 5 имеет площадь, соответствующую примерно 10,34% общей площади подложки. Такие пропорции обеспечивают, в частности локальное и постепенное изменение магнитом магнитных характеристик рассеивающего феррита.

Расстояние между излучающей частью и заземляющей плоскостью, соответствующее толщине феррита, обычно составляет от $\lambda/50000$ до $\lambda/500$ в зависимости от используемой частоты.

На фиг. 2 схематично в перспективе и в разборе показана антенна согласно второму варианту выполнения изобретения. На фиг. 5 антенна согласно второму варианту выполнения изобретения показана схематично сбоку в разрезе.

Второй вариант выполнения идентичен первому варианту выполнения, если не считать присутствия короткозамыкателя 2, соединяющего излучающую часть с заземляющей плоскостью, при этом короткозамыкатель 2 удален от облучателя 6 таким образом, чтобы получить антенну полуоткрытого типа (или типа полуоткрытой петли), благодаря отсутствию короткозамыкателя на уровне зоны 3, противоположной к короткозамыкателю 2.

На фиг. 4 схематично сбоку в разрезе показана антенна согласно третьему варианту выполнения изобретения.

Этот вариант выполнения подобен второму варианту выполнения, в котором облучатель 6 расположен не в центре феррита, проходя через него насквозь, а на краю феррита, между заземляющей плоскостью 4_в и излучающей частью 4_н на уровне отверстия из второго варианта выполнения. Таким образом, облучатель 6, излучающая часть 4_н, короткозамыкатель 2 и заземляющая плоскость 4_в образуют петлю и антенна является, таким образом, антенной петлевого типа.

На фиг. 6 представлено отображение магнитного поля, где показано распределение радиочастотного магнитного поля в рассеивающем феррите антенны, вид сверху, согласно первому варианту выполнения изобретения без магнита, а на фиг. 7 представлено отображение магнитного поля, где показано распределение радиочастотного магнитного поля в рассеивающем феррите антенны, вид сверху, согласно первому варианту выполнения изобретения с магнитом. Измерение радиочастотных магнитных полей производят в дБмкА/м. На фиг. 8 представлено отображение магнитного поля, где показано распределение статического магнитного поля в рассеивающем феррите антенны, вид сверху, согласно первому варианту выполнения изобретения с магнитом. Статическое магнитное поле выражено в гауссах (Гс). Например, магнит 5 является постоянным магнитом, излучающим статическое поле 200 Гс, то есть 0.2 теслы (Тл).

На фиг. 7 можно отметить введение асимметрии по амплитуде, связанной с неоднородностью генерируемого магнитом статического поля управления (показано на фиг. 8). Это генерируемое магнитом статическое поле вызывает локальное изменение характеристик рассеивающего феррита. В частности, это изменение представляет собой локальное и постепенное уменьшение относительной магнитной проницаемости и магнитных потерь рассеивающего феррита. С точки зрения работы антенны это выражается в появлении асимметрии в диаграмме излучения, что приводит к увеличению направленности антенны, как показано, например, на фиг. 16. Дополнительно, поскольку относительная магнитная проницаемость и потери феррита уменьшились (см. фиг. 9), это в значительной мере способствует повышению коэффициента усиления.

Для получения этой асимметрии предпочтительно магнит 5 располагают со смещением от центра относительно облучателя 6. Предпочтительно магнит 5 располагают рядом с одной из боковых сторон ферритовой подложки 1. Например, когда антенна является антенной в виде несимметричного вибратора, магнит 5 предпочтительно располагают в одной из четырех зон 51, 52, 53, 54, как показано на фиг. 26. Когда антенна является антенной полуоткрытого типа, магнит 5 предпочтительно располагают на уровне зоны, образующей отверстие (показано позицией 3 на фиг. 2 и 5). В этом случае магнит 5 располагают в смещенной от центра зоне 50 противоположно к короткозамыкателю 2, как показано на фиг. 27.

В примере, описанном выше со ссылками на фиг. 1, магнит 5 перекрывает около 10,34% площади подложки 1. Однако магнит 5 может также перекрывать всю площадь поверхности феррита, и в этом случае диаграмма излучения не меняется, но антенна имеет более высокую эффективность излучения.

Рассеивающий феррит без локального изменения характеристик позволяет стабилизировать колебание сопротивления антенны и тем самым увеличить полосу пропускания антенны, но приводит к сни-

жению эффективности излучения. Локальное изменение характеристик позволяет сохранить это преимущество стабилизации колебания сопротивления и увеличения полосы пропускания и одновременно компенсировать снижение эффективности излучения для получения эффективной антенны.

На фиг. 9 представлен график, показывающий на логарифмической шкале магнитные потери, выраженные тангенсом угла магнитных потерь в рассеивающем феррите антенны согласно варианту выполнения изобретения, в зависимости от частоты (в МГц на логарифмической шкале), в отсутствие (кривая 0 Гс) или в присутствии магнитов, имеющих разные значения магнитной индукции (620, 1680 и 2410 Гс). На фиг. 10a и 10b представлены графики, показывающие соответственно реальную часть и воображаемую часть относительной магнитной проницаемости в рассеивающем феррите антенны согласно варианту выполнения изобретения, в зависимости от частоты (в МГц на логарифмической шкале), в отсутствие (кривая 0 Гс) или в присутствии магнитов, имеющих разные значения магнитной индукции (620, 1680 и 2410 Гс). Экспериментальные результаты, представленные на диаграммах на фиг. 9 и 10, были получены с ферритом NiZn, выпускаемым в продажу под артикулом 4S60 и обычно используемым с учетом его свойств ослабления радиоволн на частотах сверх 1 ГГц.

Аналогичные результаты можно получить с другими рассеивающими ферритами, в частности с шпинельными ферритами, которые обеспечивают одновременно высокую относительную магнитную проницаемость, составляющую от 10 до 10000, и большой тангенс угла магнитных потерь, превышающий 0,1. Следует напомнить, что относительная магнитная проницаемость и тангенс угла магнитных потерь зависят не только от материала, но также от рабочей частоты рассматриваемой антенны. В рамках настоящего изобретения рабочая частота остается ниже 300 МГц.

Реальные и воображаемые части относительной магнитной проницаемости обычно обозначаются соответственно символами μ' и μ'' .

Тангенс угла магнитных потерь (часто обозначаемый символом $\tan \delta$) является отношением воображаемой части к реальной части относительной магнитной проницаемости.

Тангенс угла магнитных потерь и реальные и воображаемые части относительной магнитной проницаемости измеряют в рассеивающем феррите на уровне зон, где магнитные характеристики рассеивающего феррита изменяются.

Как видно на графиках, в присутствии магнита магнитные потери и относительная магнитная проницаемость уменьшаются, что позволяет повлиять на коэффициент усиления и на излучение, как было указано выше. Это уменьшение тем значительнее, чем больше значение магнитной индукции магнита.

На графиках на фиг. 10a и 10b уменьшение относительной магнитной проницаемости особенно проявляется на частотах от 1 до 30 МГц, которые входят в частотный диапазон, предусмотренный изобретением. Сверх 100 МГц относительная магнитная проницаемость является низкой во всех случаях.

Шпинельные рассеивающие ферриты, в частности NiZn, известные своей высокой магнитной проницаемостью, обычно используют для получения покрытий, предназначенных для поглощения электромагнитных волн, в частности, для стенок безэховых камер, работающих на частотах до 1000 МГц. В рамках настоящего изобретения предпочтительно используют этот тип феррита.

На фиг. 11a, 11b и 11c представлен схематичный вид сверху антенн согласно различным вариантам выполнения изобретения, содержащих постоянный магнит. Форму магнита можно изменять, что приводит к разному распределению генерируемого магнитного поля. Это разное распределение приводит к изменению диаграммы излучения антенны, которую можно адаптировать в зависимости от потребностей. Показанные формы являются, например, прямоугольными (фиг. 11a), круглыми (фиг. 11b) или треугольными (фиг. 11c).

На фиг. 12 представлен схематичный вид сверху антенны согласно варианту выполнения изобретения, содержащей электромагнит 5. Электромагнит может заменять постоянный магнит в различных вариантах выполнения антенны. Электромагнит получает питание от регулируемого генератора 9 тока, что позволяет изменять значение генерируемого им магнитного поля. Это позволяет влиять на такие характеристики, как параметры S антенны, коэффициент усиления и форма диаграммы излучения.

На фиг. 13 представлен график, показывающий коэффициент отражения S_{11} антенны согласно первому варианту выполнения изобретения в отсутствие (кривая 0 Гс) или в присутствии магнитов, имеющих разные значения магнитной индукции (780, 850, 1430 Гс), например электромагнита, в зависимости от частоты (в МГц). Коэффициент отражения S_{11} позволяет определить адаптацию сопротивления антенны. При помощи соответствующего магнита или при регулировании с электромагнитом можно выбрать значение магнитного поля таким образом, чтобы добиться требуемой адаптации сопротивления, например, 50 Ом.

На фиг. 14 представлен график, показывающий коэффициент отражения S_{11} антенны согласно первому варианту выполнения изобретения в отсутствие (кривая SA для случая "без магнита") или в присутствии (кривая AA для случая "с магнитом") постоянного магнита 2000 Гс, в зависимости от частоты (в МГц). В данном случае антенна является антенной в виде несимметричного вибратора.

На фиг. 15 представлен график, показывающий коэффициент отражения S_{11} антенны согласно второму варианту выполнения изобретения в отсутствие (кривая SA) или в присутствии (кривая AA) посто-

янного магнита 2000 Гс, в зависимости от частоты (в МГц). В данном случае антенна является антенной полукрытого типа.

На фиг. 16 показана диаграмма излучения антенны согласно первому варианту выполнения изобретения в отсутствие (кривая SA) или в присутствии (кривая AA) постоянного магнита 2000 Гс.

Антенна без магнита является антенной всенаправленного излучения в одной плоскости с низким коэффициентом усиления, тогда как антенна в виде несимметричного вибратора с магнитом в соответствии с изобретением является направленной и имеет более высокий коэффициент усиления во всех направлениях. На фиг. 17 показана диаграмма излучения антенны согласно второму варианту выполнения изобретения в отсутствие (кривая SA) или в присутствии (кривая AA) постоянного магнита 2000 Гс.

Антенна без магнита является направленной антенной с низким коэффициентом усиления, тогда как полукрытая антенна с магнитом согласно изобретению имеет по существу аналогичную диаграмму, но с более значительным коэффициентом усиления во всех направлениях.

Как правило, диаграмму излучения антенны, показанную на фиг. 16 и 17, можно тоже корректировать в зависимости от относительного положения магнита 5 по отношению к подложке 1.

На фиг. 18a, 18b и 18c представлены схематичные виды сверху рассеивающего феррита антенн согласно различным вариантам выполнения изобретения, содержащего вставленную деталь.

Вставленные детали 10 являются деталями из материала с низкой относительной магнитной проницаемостью и с низкими магнитными потерями, вставленными в рассеивающий феррит и вызывающими постепенное и локальное уменьшение магнитной проницаемости и магнитных потерь рассеивающего феррита.

Под низкой относительной магнитной проницаемостью следует понимать значения относительной магнитной проницаемости менее 10. Под низкими магнитными потерями следует понимать значения тангенса угла магнитных потерь менее 0,1. Как было указано выше, эти значения следует рассматривать на рабочей частоте антенны, то есть на частоте, включенной в частотный диапазон, в котором осуществляют адаптацию сопротивления антенны.

Вставленная деталь или вставленные детали 10 могут заменять магнит (постоянный или электрический) во всех описанных выше вариантах выполнения изобретения. В случае магнита они могут принимать различные формы, например, показанные на фиг. 18a, 18b и 18c. Фигуры, аналогичны фиг. 11a, 11b и 11c, но в данном случае детали 10 вставлены в рассеивающий феррит 1, а не располагаются над металлической пластинкой (как магнит). Показанные заштрихованные зоны могут представлять собой одну моноблочную вставленную деталь или несколько расположенных рядом друг с другом вставленных деталей. Различные вставленные детали могут иметь разные значения проницаемости и/или тангенса угла потерь (но всегда меньшие, чем у рассеивающего феррита).

Как и в случае магнита формы могут влиять на характеристики антенны, в частности, на ее направленность.

На фиг. 19 представлен схематичный вид в перспективе так называемой многоярусной антенны согласно четвертому варианту выполнения изобретения.

Многоярусная антенна согласно изобретению содержит несколько рассеивающих ферритов и несколько магнитов, уложенных в ярусы между заземляющей плоскостью и по меньшей мере одной металлической пластинкой излучающей части.

В этом четвертом варианте выполнения изобретения излучающая часть 4_H образована несколькими пластинками из металла, соединенными в виде S или зигзага, между которыми с чередованием расположены рассеивающий феррит или магнит, при этом число рассеивающих ферритов равно числу магнитов. Например, в данном случае антенна содержит два рассеивающих феррита 1_1 и 1_2 и два постоянных магнита S_1 и S_2 . Излучающая часть 4_H связана с плоскостью 4_B через короткозамыкатель 2. Через все ферриты и магниты проходит облучатель 6, который соприкасается только с верхней пластинкой излучающей части 4_H .

На фиг. 20 представлен схематичный вид в перспективе так называемой многоярусной антенны согласно пятому варианту выполнения изобретения.

Антенна из этого варианта выполнения идентична четвертому варианту выполнения, если не считать того, что облучатель вынесен на место короткозамыкателя и питает антенну между заземляющей плоскостью 4_B и пластинкой части 4_H , ближайшей к заземляющей плоскости 4_B .

На фиг. 21 представлен схематичный вид в перспективе так называемой многоярусной антенны согласно шестому варианту выполнения изобретения.

Антенна из этого варианта выполнения идентична четвертому варианту выполнения, если не считать того, что она не содержит короткозамыкателя 2.

На фиг. 22 представлен схематичный вид в перспективе так называемой многоярусной антенны согласно седьмому варианту выполнения изобретения.

В этом варианте выполнения антенна содержит только одну металлическую пластинку, образующую излучающую часть 4_H , и между излучающей частью 4_H и заземляющей плоскостью 4_B находится набор в виде ярусов из чередующихся рассеивающих ферритов и магнитов, в данном случае из двух рассеивающих ферритов 1_1 и 1_2 и двух постоянных магнитов S_1 и S_2 .

На фиг. 23 представлен схематичный вид в перспективе так называемой многоярусной антенны согласно восьмому варианту выполнения изобретения.

В этом варианте выполнения антенна содержит несколько металлических пластинок $4_{Н1}$, $4_{Н2}$, $4_{Н3}$ и $4_{Н4}$, образующих излучающую часть. Каждая металлическая пластинка соединена с облучателем 6. Между заземляющей плоскостью $4_{В}$ и пластинкой $4_{Н4}$ находится рассеивающий феррит 1₂, между пластинкой $4_{Н4}$ и пластинкой $4_{Н3}$ находится магнит 5₂, между пластинкой $4_{Н3}$ и пластинкой $4_{Н2}$ находится рассеивающий феррит 1₁ и между пластинкой $4_{Н2}$ и пластинкой $4_{Н1}$ находится магнит 5₁.

На фиг. 24 представлен схематичный вид в перспективе так называемой многоярусной антенны согласно девятому варианту выполнения изобретения.

Антенна из этого варианта выполнения подобна восьмому варианту выполнения и содержит множество металлических пластинок $4_{Н1}$, $4_{Н2}$, $4_{Н3}$, $4_{Н4}$, $4_{Н5}$, $4_{Н6}$, $4_{Н7}$ и $4_{Н8}$ круглой формы, образующих излучающую часть и соединенных с облучателем 6. Между металлическими пластинками поочередно расположены рассеивающий феррит 1₁, 1₂, 1₃ или 1₄ круглой формы или магнит 5₁, 5₂, 5₃ или 5₄ круглой формы.

На фиг. 25 представлен схематичный вид в перспективе так называемой многоярусной антенны согласно десятому варианту выполнения изобретения.

Антенна из этого варианта выполнения подобна первому варианту выполнения и содержит магнит, расположенный на излучающей части $4_{Н}$ антенны, которая отделена от заземляющей плоскости $4_{В}$ подложкой из рассеивающего феррита 1.

Согласно отличительному признаку этого варианта выполнения вторая пластинка, образующая излучающую часть $4_{Н}$, разрезана таким образом, что образует плоскую прямоугольную спираль. Например, эта пластинка центрована вокруг облучателя 6 антенны.

Изобретение не ограничивается только описанными вариантами выполнения. В частности, рассеивающие ферриты, магниты, вставленные детали или металлические пластинки могут иметь другие формы. Магниты могут иметь другие значения, отличные от значений, показанных в графиках. Многоярусные антенны могут содержать больше слоев.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Антенна, выполненная с возможностью приема или передачи по меньшей мере на одной рабочей частоте, содержащая

по меньшей мере две пластинки из цветного металла, простирающиеся в основном в горизонтальной плоскости, при этом по меньшей мере одна первая пластинка образует излучающую часть ($4_{Н}$, $4_{Н1}$, $4_{Н2}$, $4_{Н3}$, $4_{Н4}$; $4_{Н1}$, $4_{Н2}$, $4_{Н3}$, $4_{Н4}$, $4_{Н5}$, $4_{Н6}$, $4_{Н7}$, $4_{Н8}$) и вторая пластинка образует заземляющую плоскость ($4_{В}$),

по меньшей мере одну подложку (1; 1₁, 1₂; 1₁, 1₂, 1₃, 1₄), простирающуюся в основном в горизонтальной плоскости, расположенную между заземляющей плоскостью ($4_{В}$) и излучающей частью ($4_{Н}$), причем упомянутая по меньшей мере одна подложка является ферромагнитной подложкой, называемой ферритом;

облучатель (6) длиной, по меньшей мере равной толщине подложки, простирающийся между заземляющей плоскостью ($4_{В}$) и излучающей частью ($4_{Н}$), соединенный с излучающей частью ($4_{Н}$) и выполненный с возможностью питания антенны, при этом упомянутая антенна отличается тем, что

упомянутая по меньшей мере одна рабочая частота находится в диапазоне километровых (30-300 кГц), гектометровых (0,3-3 МГц), декаметровых (3-30 МГц) и метровых (30-300 МГц) частот;

подложка является рассеивающим ферритом (1; 1₁, 1₂; 1₁, 1₂, 1₃, 1₄), которая на упомянутой по меньшей мере одной рабочей частоте в качестве магнитных характеристик обладает высокой относительной магнитной проницаемостью, составляющей от 10 до 10000, и большим тангенсом угла магнитных потерь, превышающим 0,1,

упомянутая антенна содержит средства (5; 5₁, 5₂; 5₁, 5₂, 5₃, 5₄; 10) локального изменения магнитных характеристик рассеивающего феррита (1; 1₁, 1₂; 1₁, 1₂, 1₃, 1₄), причем упомянутое средство (5; 5₁, 5₂; 5₁, 5₂, 5₃, 5₄; 10) локального изменения размещено со смещением от центра относительно облучателя (6) таким образом, чтобы относительная магнитная проницаемость и магнитные потери рассеивающего феррита уменьшались постепенно и локально.

2. Антенна по п.1, отличающаяся тем, что средства (5; 5₁, 5₂; 5₁, 5₂, 5₃, 5₄; 10) локального изменения магнитных характеристик рассеивающего феррита (1; 1₁, 1₂; 1₁, 1₂, 1₃, 1₄) представляют собой магнит (5; 5₁, 5₂; 5₁, 5₂, 5₃, 5₄), расположенный на одной из пластинок ($4_{В}$, $4_{Н}$, $4_{Н1}$, $4_{Н2}$, $4_{Н3}$, $4_{Н4}$; $4_{Н1}$, $4_{Н2}$, $4_{Н3}$, $4_{Н4}$, $4_{Н5}$, $4_{Н6}$, $4_{Н7}$, $4_{Н8}$) из цветного металла и генерирующий магнитное поле, приводящее к постепенному и локальному уменьшению относительной магнитной проницаемости и магнитных потерь рассеивающего феррита.

3. Антенна по п.2, отличающаяся тем, что магнит (5) расположен на упомянутой по меньшей мере одной первой пластинке, образующей излучающую часть ($4_{Н}$, $4_{Н1}$, $4_{Н2}$, $4_{Н3}$, $4_{Н4}$; $4_{Н1}$, $4_{Н2}$, $4_{Н3}$, $4_{Н4}$, $4_{Н5}$, $4_{Н6}$, $4_{Н7}$, $4_{Н8}$) антенны.

4. Антенна по п.2, отличающаяся тем, что магнит (5; 5₁, 5₂; 5₁, 5₂, 5₃, 5₄) является постоянным маг-

нитом.

5. Антенна по п.2, отличающаяся тем, что магнит является электромагнитом, питаемым от регулируемого электрического генератора (9) постоянного тока.

6. Антенна по одному из пп.2-4, отличающаяся тем, что содержит последовательность из рассеивающих ферритов ($1_1, 1_2; 1_1, 1_2, 1_3, 1_4$) и магнитов ($5_1, 5_2; 5_1, 5_2, 5_3, 5_4$), уложенных поочередно в ярусы между излучающей частью ($4_H, 4_{H1}, 4_{H2}, 4_{H3}, 4_{H4}; 4_{H1}, 4_{H2}, 4_{H3}, 4_{H4}, 4_{H5}, 4_{H6}, 4_{H7}, 4_{H8}$) и заземляющей плоскостью (4_B).

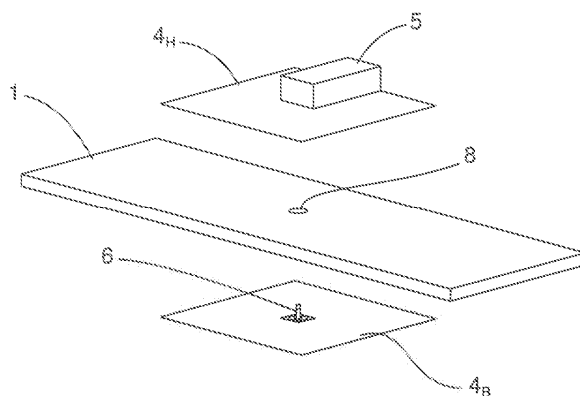
7. Антенна по п.5, отличающаяся тем, что излучающая часть содержит металлическую пластинку ($4_{H2}, 4_{H3}, 4_{H4}; 4_{H2}, 4_{H3}, 4_{H4}, 4_{H5}, 4_{H6}, 4_{H7}, 4_{H8}$) между каждым ферритом ($1_1, 1_2; 1_1, 1_2, 1_3, 1_4$) и магнитом ($5_1, 5_2$).

8. Антенна по п.6, отличающаяся тем, что металлические пластинки соединены между собой.

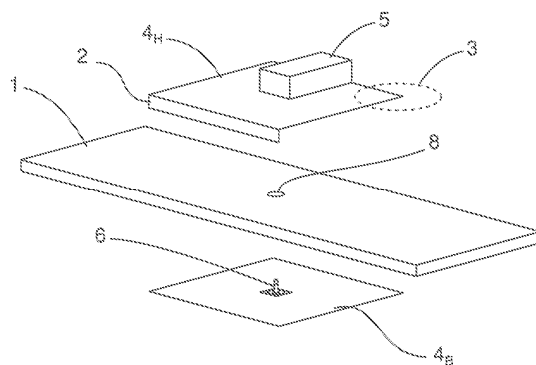
9. Антенна по п.1, отличающаяся тем, что средства локального изменения магнитных характеристик рассеивающего феррита (1) представляют собой по меньшей мере одну деталь (10) из материала с низкой относительной магнитной проницаемостью и с небольшим тангенсом угла потерь, вставленную в рассеивающий феррит и приводящую к постепенному и локальному изменению магнитной проницаемости и магнитных потерь рассеивающего феррита.

10. Антенна по одному из пп.1-7, отличающаяся тем, что рассеивающий феррит (1) имеет размер в горизонтальной плоскости, превышающий размер металлических пластинок.

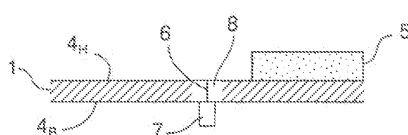
11. Антенна по одному из пп.1-8, отличающаяся тем, что содержит по меньшей мере один короткозамыкатель (2), соединяющий заземляющую плоскость (4_B) и излучающую часть (4_H) и входящий в контакт с краем рассеивающего феррита (1).



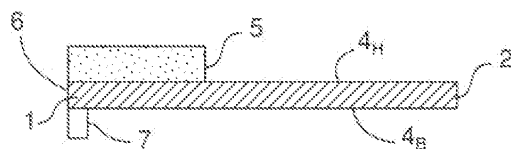
Фиг. 1



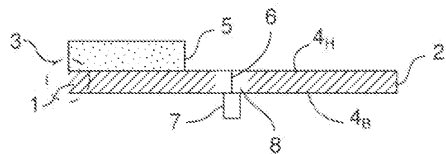
Фиг. 2



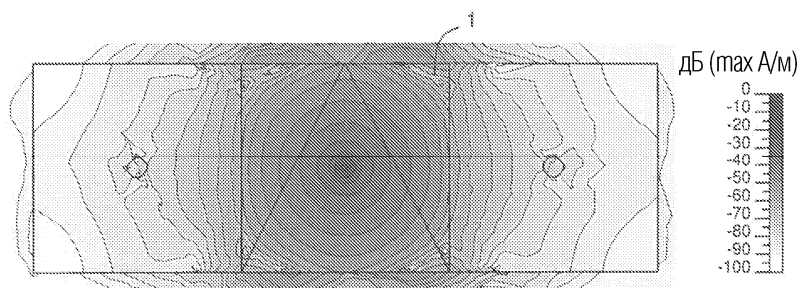
Фиг. 3



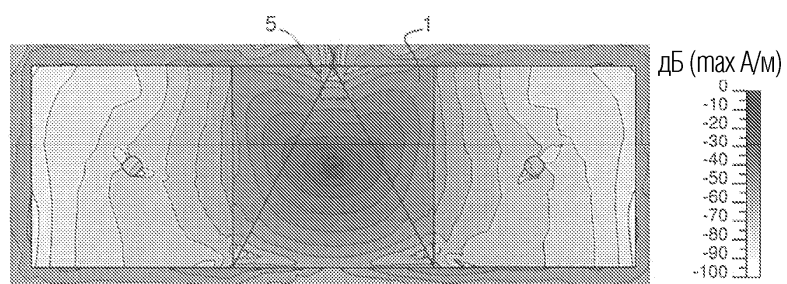
Фиг. 4



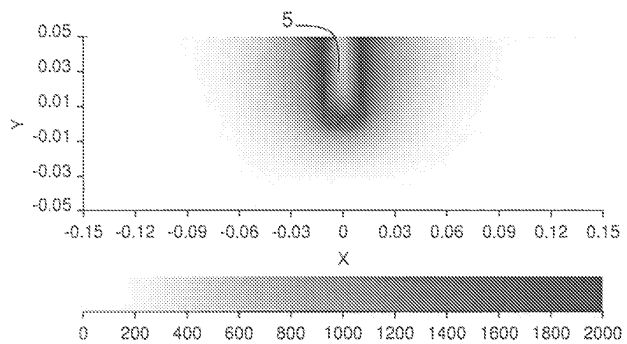
Фиг. 5



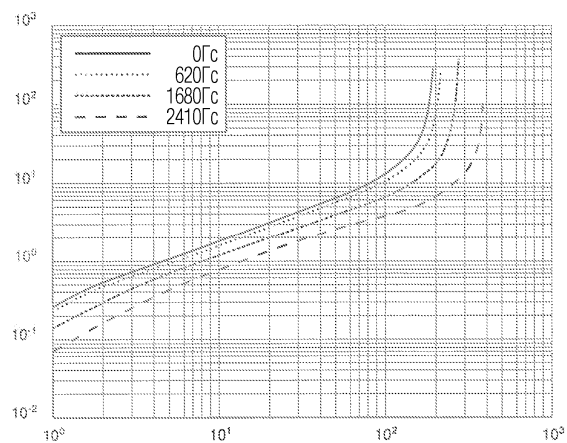
Фиг. 6



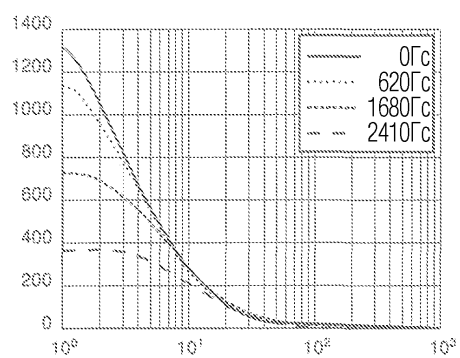
Фиг. 7



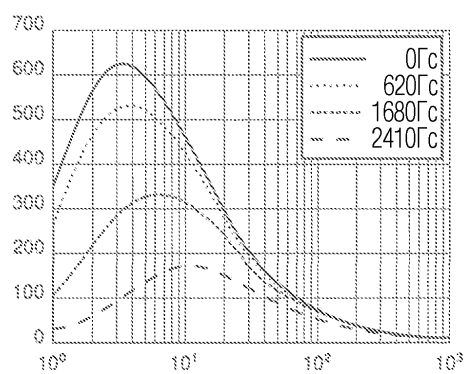
Фиг. 8



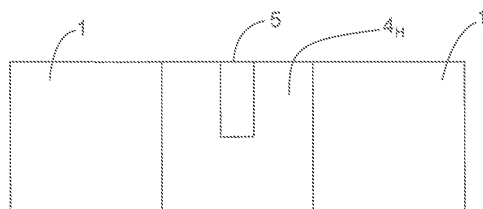
Фиг. 9



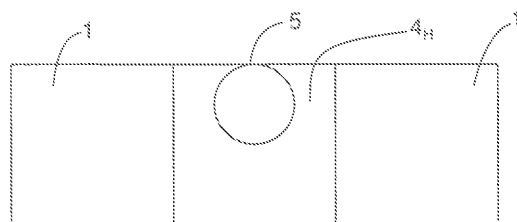
Фиг. 10a



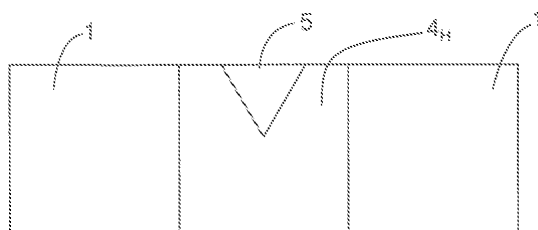
Фиг. 10b



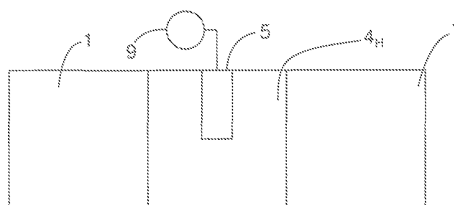
Фиг. 11a



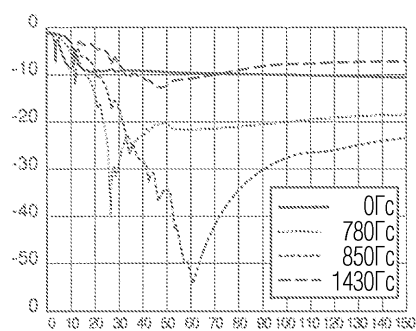
Фиг. 11b



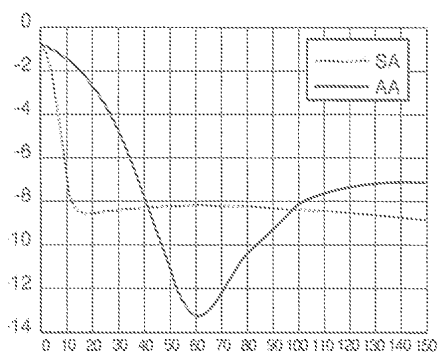
Фиг. 11с



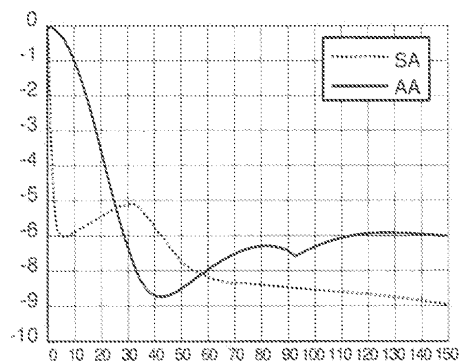
Фиг. 12



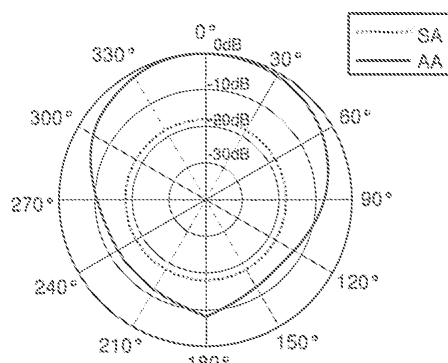
Фиг. 13



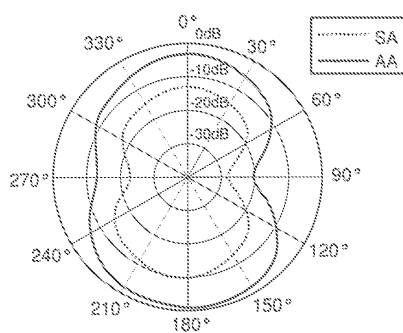
Фиг. 14



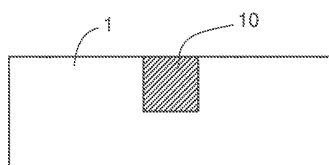
Фиг. 15



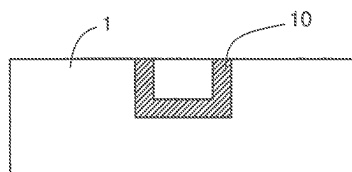
Фиг. 16



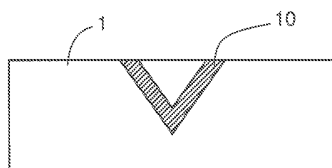
Фиг. 17



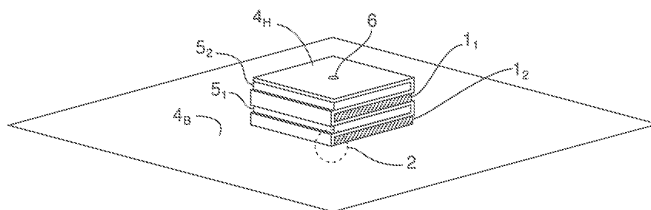
Фиг. 18a



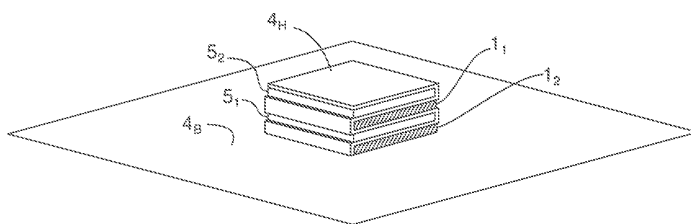
Фиг. 18b



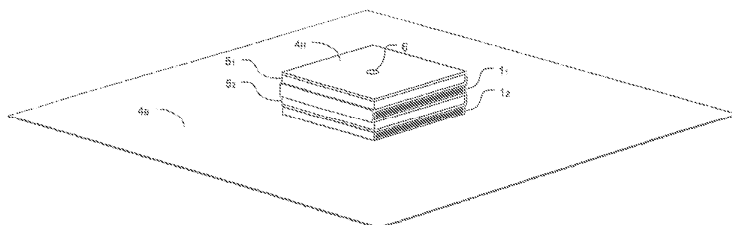
Фиг. 18c



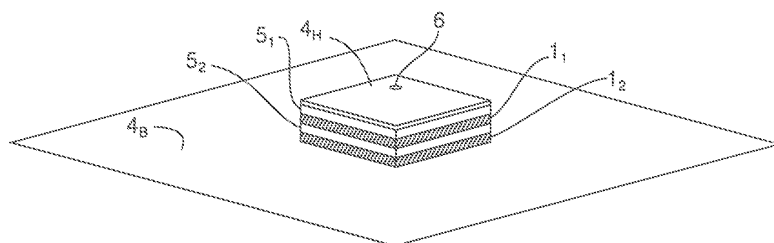
Фиг. 19



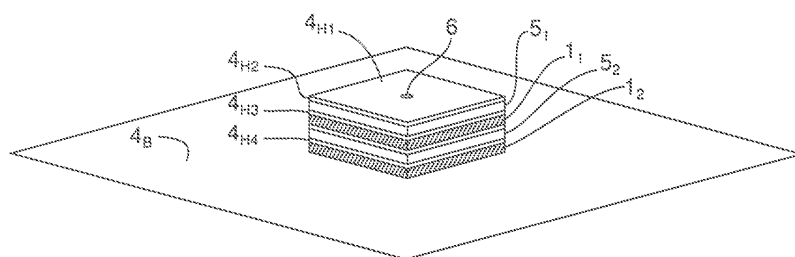
Фиг. 20



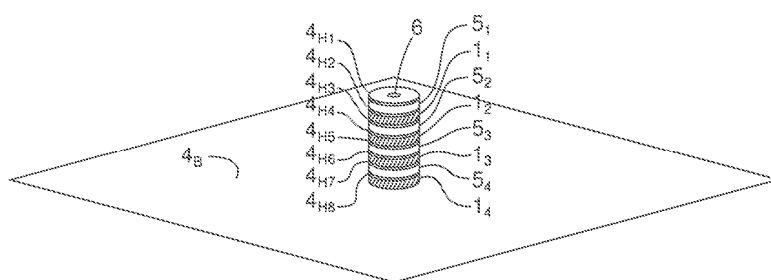
Фиг. 21



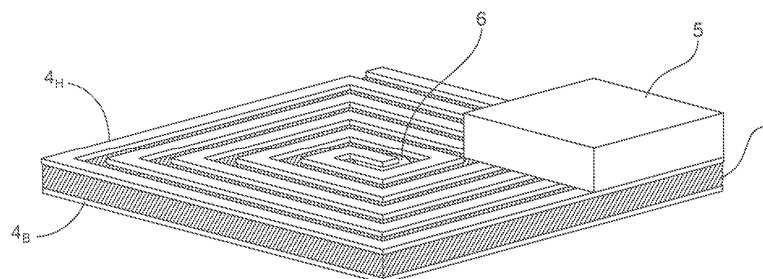
Фиг. 22



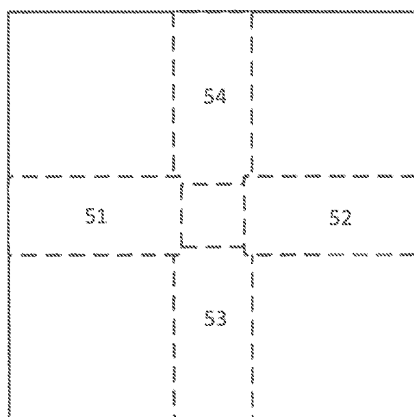
Фиг. 23



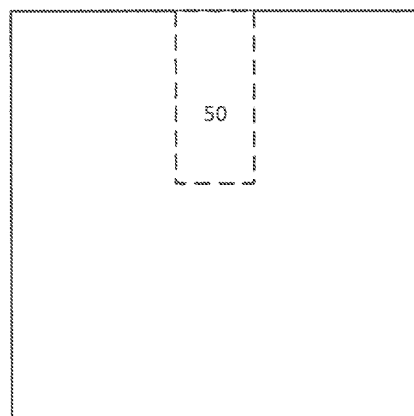
Фиг. 24



Фиг. 25



Фиг. 26



2 ↗

Фиг. 27

