



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012117242/28, 27.09.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.09.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
28.09.2009 US 12/567,961

(43) Дата публикации заявки: 10.11.2013 Бюл. № 31

(45) Опубликовано: 27.10.2015 Бюл. № 30

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 2623923 A, 30.12.1952;. US 3094658
A, 18.06.1963;. US 2003155915 A1, 21.08.2003;. US
4536714 A, 20.08.1985(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 28.04.2012(86) Заявка РСТ:
US 2010/050372 (27.09.2010)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2011/038333 (31.03.2011)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**ВАН Цили (US),
ЧЖАН Дзун (US),
ЛИ Цзин (US),
БОННЕР Стефен Д. (US)**

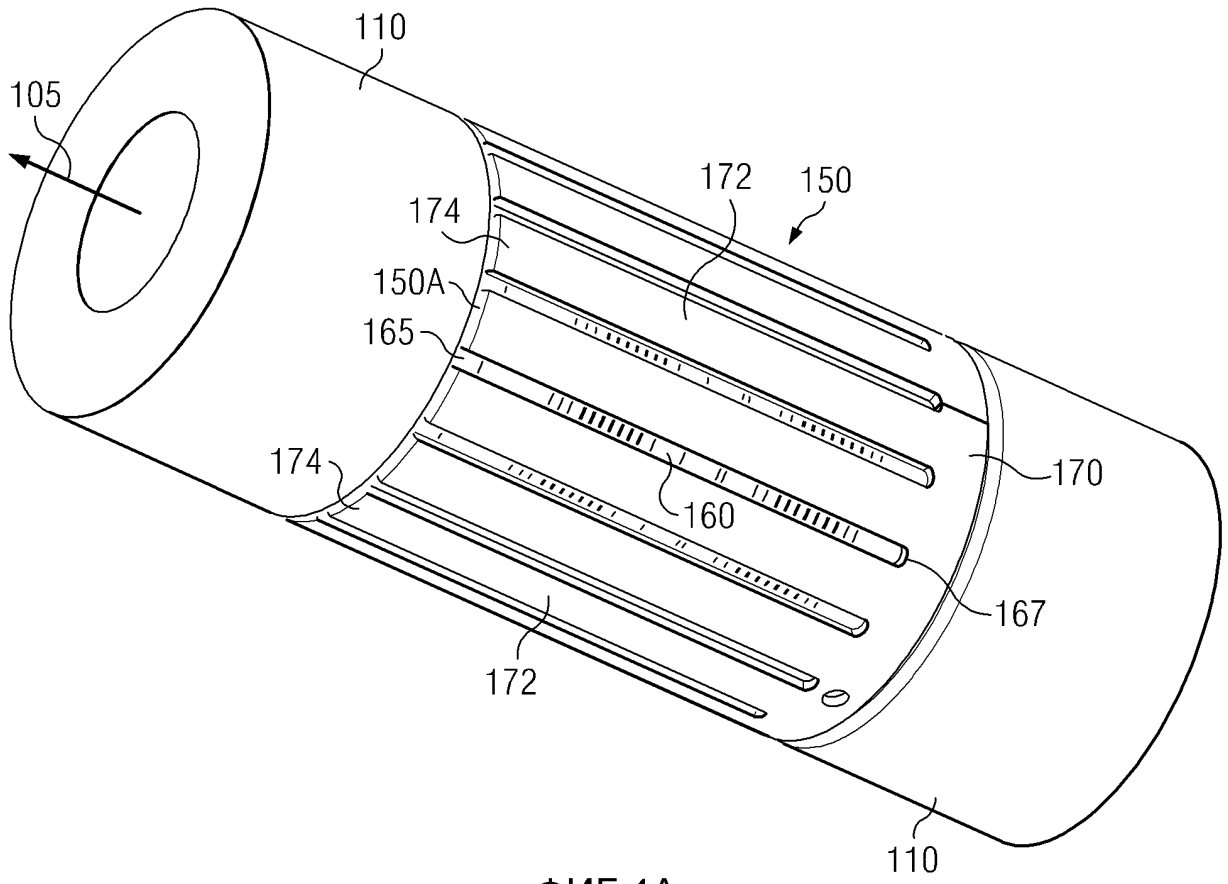
(73) Патентообладатель(и):

ШЛЮМБЕРГЕР ТЕКНОЛОДЖИ Б.В. (NL)**(54) ЭКРАН НАПРАВЛЕННОЙ АНТЕННЫ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к приборам для скважинных измерений, используемым для измерения электромагнитных свойств подземной скважины. Прибор (100) каротажа в процессе бурения включает в себя направленную антенну удельного сопротивления и экран (150, 250, 350, 450, 550) антенны. Экран (150, 250, 350, 450, 550) имеет, по меньшей мере, одну щель (160), имеющую, по меньшей мере, один электрически разомкнутый конец (165), образованную в нем. Экран (150, 250, 350, 450, 550) антенны может включать в себя опорный участок (170, 370) и

множество разнесенных на расстояния пальцев (172, 372), продолжающихся на расстоянии от опорного участка (170, 370), так что концы (174, 374) пальцев электрически изолированы от корпуса (110) прибора и друг от друга. Как вариант, экран (550) антенны может включать в себя множество разнесенных на расстояния пластин (570), которые электрически изолированы от корпуса (110) прибора и друг от друга. Технический результат заключается в обеспечении надлежащей физической защиты чувствительных элементов антенны. 2 н. и 14 з.п. ф-лы, 9 ил.



ФИГ.4А

RU 2566604 C2

RU 2566604 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2012117242/28, 27.09.2010**

(24) Effective date for property rights:
27.09.2010

Priority:

(30) Convention priority:
28.09.2009 US 12/567,961

(43) Application published: **10.11.2013 Bull. № 31**

(45) Date of publication: **27.10.2015 Bull. № 30**

(85) Commencement of national phase: **28.04.2012**

(86) PCT application:
US 2010/050372 (27.09.2010)

(87) PCT publication:
WO 2011/038333 (31.03.2011)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**VAN Tsili (US),
ChZhAN Dzun (US),
LI Tszin (US),
BONNER Stefen D. (US)**

(73) Proprietor(s):

ShLJuMBERGER TEKNOLODZhi B.V. (NL)

(54) **SCREEN OF DIRECTIONAL ANTENNA OF SPECIFIC RESISTANCE**

(57) Abstract:

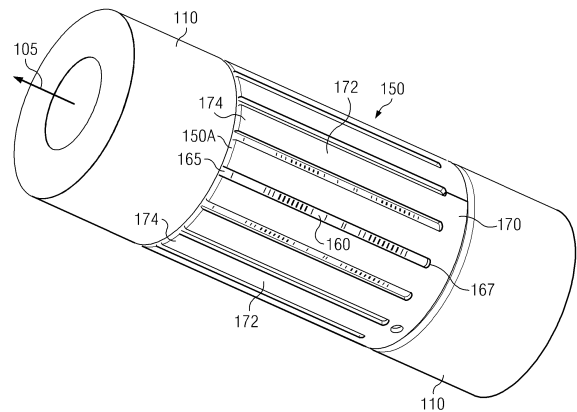
FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: invention relates to instruments for borehole measurements, which are used for measurement of electromagnetic properties of an underground well. Instrument (100) of logging during drilling includes directional antenna of specific resistance and screen (150, 250, 350, 450, 550) of antenna. Screen (150, 250, 350, 450, 550) has at least one slot (160) having at least one electrically open end (165), which is formed in it. Screen (150, 250, 350, 450, 550) of antenna can include support section (170, 370) and a variety of equally spaced pins (172, 372) continued at the distance from support section (170, 370) so that ends (174, 374) of pins are electrically isolated from housing (110) of the instrument and from each other. As an option, screen (550) of antenna can include a variety of equally spaced plates (570) that are

electrically isolated from housing (110) of the instrument and from each other.

EFFECT: proper physical protection of sensitive antenna elements.

16 cl, 9 dwg



RU 2 566 604 C 2

RU 2 566 604 C 2

В общем, настоящее изобретение относится к приборам для скважинных измерений, используемым для измерения электромагнитных свойств подземной скважины. Более конкретно, варианты осуществления этого изобретения относятся к экрану антенны, выполненному с возможностью использования совместно с направленной антенной

5 удельного сопротивления.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Использование способов скважинных электрических измерений, таких как каротаж в процессе бурения (LWD), измерения в процессе бурения (MWD) и кабельный каротаж, хорошо известно из предшествующего уровня техники. Такие способы можно

10 использовать для определения удельного сопротивления подземного пласта, которое вместе с результатами измерения пористости пласта часто используют для выявления присутствия углеводородов в пласте. Например, из уровня техники, известно, что пористые пласты, имеющие высокое электрическое удельное сопротивление, часто содержат углеводороды, такие как сырая нефть, тогда как пористые пласты, имеющие

15 низкое электрическое удельное сопротивление, часто насыщены водой. Должно быть понятно, что в данной области техники термины «удельное сопротивление» и «удельная проводимость» часто используются на равных основаниях. Специалистам в данной области техники должно быть очевидно, что эти величины являются взаимно обратными и что одну можно преобразовывать в другую путем простых математических

20 вычислений. В этой заявке упоминание той или другой делается для удобства описания, и при этом не подразумевается ограничительный смысл.

Кроме того, направленные измерения удельного сопротивления часто используют для получения информации об удаленных геологических объектах (например, об удаленных слоях, границах слоев и/или о контактах флюидов), не пересекаемых

25 измерительным прибором. Такая информация включает в себя, например, расстояние от удаленного объекта и направление на него. При геоуправлении направленные измерения удельного сопротивления можно использовать при принятии решений о направлении последующего бурения ствола скважины. Например, преимущественно горизонтальная секция буровой скважины может проходить через тонкий нефтеносный

30 слой. Вследствие падений и разрывов, которые могут возникать в различных слоях, которые составляют пласт, расстояние между границей слоя и буровым долотом может изменяться во время бурения. Измерения в реальном времени расстояния и направления могут давать оператору возможность корректировать направление бурения с тем, чтобы поддерживать буровое долото на некотором заданном расстоянии от

35 пограничного слоя. Направленные измерения удельного сопротивления также позволяют иметь ценную геологическую информацию, подлежащую оцениванию, в том числе, например, углы падения и простирания границы, а также вертикальные и горизонтальные удельные проводимости пласта.

Из уровня техники известны способы выполнения направленного каротажа удельного

40 сопротивления в процессе бурения. Направленные измерения удельного сопротивления обычно включают в себя передачу и/или прием поперечных электромагнитных волн (х-моды и у-моды) или смешанной моды (например, смешанной х- и z-моды) электромагнитных волн. Из уровня техники известны приборы различных конфигураций для выполнения таких измерений. Например, в патенте США №6181138 (Hagiwara)

45 изложен способ, в котором используют осевую (z-мода) передающую антенну и совмещенные, смещенные по окружности наклонные приемные антенны. В патентах США №6969994 (Minerbo et al.), №7202670 (Omeragic et al.) и №7382135 (Li et al.) изложен способ, в котором используют осевую передающую антенну и две разнесенные в осевом

направлении наклонные приемные антенны. Приемные антенны также смещены по окружности относительно друг друга на угол 180° . В патентах США №№6476609, 6911824, 7019528, 7138803 и 7265552 (Bittar) изложен способ, в котором используют осевую передающую антенну и две разнесенные в осевом направлении наклонные приемные антенны, при этом наклонные антенны наклонены в одном и том же направлении. В патентах США №№7057392 и 7414407 (Wang et al.) изложен способ, в котором используют осевую передающую антенну и две разнесенные в продольном направлении поперечные приемные антенны.

Одна трудность при выполнении каротажа удельных сопротивлений в процессе бурения (обычных и направленных измерений) заключается в построении приемных и передающих антенн, которые могут противостоять трудным скважинным условиям. Как известно специалистам в данной области техники, приборы каротажа в процессе бурения регулярно подвергаются механическим соударениям со стенками ствола скважины и с обломками выбуренной породы в скважинном флюиде. При этих соударениях чувствительные компоненты антенны быстро разрушаются, если они не защищены. В обычных приборах каротажа удельных сопротивлений в процессе бурения в большинстве случаев используют экраны для физической защиты антенн. Надлежащие экраны антенн должны обеспечивать достаточную механическую защиту без искажения и/или чрезмерного ослабления передаваемых и/или принимаемых электромагнитных волн. На практике по существу все экраны антенн, которые обеспечивают надлежащую защиту, также ослабляют или избирательно ослабляют электромагнитные волны вследствие физического барьера, который они создают. При выполнении экрана антенны приходится выбирать трудное компромиссное решение, которым обеспечиваются достаточная механическая защита и низкое неизбирательное ослабление. В общем случае экранам с высокой степенью защиты также свойственна тенденция быть сильно ослабляющими.

В обычных приборах каротажа в процессе бурения обычно используют экраны, имеющие щели (или отверстия), образованные в них. Например, в патенте США №5530358 (Wisler et al.) раскрыт прибор каротажа в процессе бурения, имеющий множество разнесенных по окружности осевых щелей, образованных в наружной поверхности корпуса прибора. Кроме того, известно использование защитной втулки, имеющей осевые щели. Известно, что такие экраны антенн обеспечивают адекватную механическую защиту при достаточно низком ослаблении осевых электромагнитных волн (z-моды). Поэтому экраны с осевыми щелями обычно используют в приборах ненаправленного каротажа удельных сопротивлений (для z-моды).

Хотя известно, что некоторые экраны с осевыми щелями характеризуются достаточно низким ослаблением осевых электромагнитных волн, известно, что эти экраны сильно ослабляют и искажают поперечные электромагнитные волны (x- и y-моды). По существу, общепринятая точка зрения в уровне техники заключается в том, что экраны с осевыми щелями непригодны для использования совместно с направленными антеннами удельного сопротивления (антеннами, которые выполнены с возможностью излучения и/или приема поперечной моды или смешанной моды электромагнитных волн). Поэтому в приборах направленного каротажа удельных сопротивлений обычно используют наклонные, криволинейные и/или круговые щели. Например, в патенте США №6297639 (Clark et al.) раскрыт прибор направленного каротажа удельных сопротивлений, имеющий множество наклонных (не осевых) и/или криволинейных щелей, образованных в наружной поверхности корпуса прибора. В патенте США №6566881 (Omeragic et al.) раскрыт прибор, имеющий множество разнесенных в осевом направлении круговых

щелей, образованных в корпусе прибора. В патенте США №7057392 (Wang et al.) раскрыт прибор направленного каротажа удельных сопротивлений с защитой поперечных антенн, имеющий множество поперечных щелей, образованных в наружной поверхности корпуса прибора.

5 Когда желательно по существу совмещать ненаправленную (осевую) антенну с направленной антенной для выполнения многокомпонентного измерения, часто используют разнонаправленные щели. Эти щели могут нарушать конструктивную целостность прибора. В дополнение к этому для изготовления утяжеленных бурильных
10 труб, имеющих многочисленные наклонные, криволинейные и/или круговые щели, обычно необходима сложная и требующая больших затрат механическая обработка. Поэтому в данной области техники имеется необходимость в усовершенствованном экране антенны, предназначенном для использования в приборе направленного каротажа удельных сопротивлений.

КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

15 Аспекты настоящего изобретения направлены на удовлетворение описанной выше необходимости в усовершенствованных приборах направленного каротажа удельных сопротивлений. Согласно одному примеру осуществления, изобретение включает в себя прибор каротажа в процессе бурения, имеющий, по меньшей мере, одну
20 направленную антенну удельного сопротивления, выполненную с возможностью передачи и/или приема электромагнитных волн, имеющих поперечную составляющую. Изобретение также включает в себя экран антенны, размещенный вокруг направленной антенны удельного сопротивления. Экран включает в себя, по меньшей мере, одну щель (а предпочтительно множество щелей), имеющую, по меньшей мере, один
25 электрически разомкнутый конец, образованный в экране. Некоторые варианты осуществления экрана включают в себя множество защитных пальцев, продолжающихся на расстоянии от опорного участка. Концы пальцев электрически изолированы от корпуса прибора и друг от друга. В этих вариантах осуществления щели между соответствующими концами пальцев включают в себя один электрически разомкнутый
30 конец. Другие варианты осуществления включают в себя множество разнесенных пластин, которые электрически изолированы друг от друга и от корпуса прибора. Щели (или зазоры) между этими пластинами являются электрически разомкнутыми на обоих концах.

Примерные варианты осуществления настоящего изобретения могут обеспечивать несколько технических преимуществ. Например, установлено, что экраны антенн
35 согласно настоящему изобретению обеспечивают надлежащую физическую защиту чувствительных компонентов антенны и в то же самое время характеризуются низким ослаблением z-моды и x-моды (и/или y-моды) электромагнитных волн. Как таковые, экраны согласно настоящему изобретению с достижением преимущества можно использовать для совмещенных многомодовых антенн. Будучи по существу
40 прозрачными для z-моды и x-моды, экраны вносят небольшое искажение в передаваемые и/или принимаемые электромагнитные волны. Кроме того, для экранов, соответствующих настоящему изобретению, нет необходимости использовать наклонные, криволинейные и/или круговые щели. Согласно предпочтительным вариантам осуществления изобретения, используются осевые щели, имеющие, по
45 меньшей мере, один электрически разомкнутый конец, и, следовательно, обеспечивается относительно простое и не требующее больших затрат изготовление.

Согласно одному аспекту, настоящее изобретение включает в себя прибор направленного каротажа удельных сопротивлений в процессе бурения. Направленная

антенна удельного сопротивления размещена на корпусе прибора каротажа в процессе бурения и выполнена с возможностью передачи и/или приема электромагнитных волн, имеющих поперечную составляющую. Металлический экран размещен на корпусе прибора вокруг направленной антенны удельного сопротивления. Экран включает в себя опорный участок и множество разнесенных пальцев, каждый из которых включает в себя конец пальца, который электрически изолирован от корпуса прибора и от каждого из концов других пальцев.

Согласно другому аспекту настоящее изобретение включает в себя прибор направленного каротажа удельных сопротивлений в процессе бурения. Направленная антенна удельного сопротивления размещена на корпусе прибора каротажа в процессе бурения. Направленная антенна удельного сопротивления выполнена с возможностью передачи и/или приема электромагнитных волн, имеющих поперечную составляющую. Металлический экран размещен на корпусе прибора вокруг направленной антенны удельного сопротивления и включает в себя множество разнесенных щелей, имеющих, по меньшей мере, один разомкнутый конец, образованных в нем, так что нет электропроводящей петли вблизи щелей.

Согласно еще одному аспекту, настоящее изобретение включает в себя прибор направленного каротажа удельных сопротивлений в процессе бурения. Первая и вторая совмещенные антенны удельного сопротивления размещены на корпусе прибора каротажа в процессе бурения. Первая антенна выполнена с возможностью передачи и/или приема осевых электромагнитных волн, и вторая антенна выполнена с возможностью передачи и/или приема электромагнитной волны, имеющей по существу чистую поперечную составляющую. Металлический экран размещен на корпусе прибора вокруг направленной антенны удельного сопротивления. Экран включает в себя опорный участок и множество разнесенных пальцев. Каждый из пальцев является параллельным продольной оси корпуса прибора и к тому же включает в себя конец пальца, который электрически изолирован от корпуса прибора и от каждого из концов других пальцев.

Согласно еще одному аспекту, настоящее изобретение включает в себя прибор направленного каротажа удельных сопротивлений в процессе бурения. Первая и вторая совмещенные антенны удельного сопротивления размещены на корпусе прибора, имеющего продольную ось. Первая антенна выполнена с возможностью передачи и/или приема осевых электромагнитных волн, и вторая антенна выполнена с возможностью передачи и/или приема электромагнитной волны, имеющей по существу чистую поперечную составляющую. Металлический экран антенны размещен на корпусе прибора вокруг направленной антенны удельного сопротивления. Экран антенны включает в себя множество разнесенных пластин, каждая из которых электрически изолирована от корпуса прибора и от каждой из других пластин.

Для лучшего понимания подробного описания изобретения, которое следует ниже, выше были изложены в значительной степени широко признаки и технические преимущества настоящего изобретения. Дополнительные признаки, которые образуют предмет изобретения, и преимущества изобретения будут описаны в дальнейшем. Специалистам в данной области техники должно быть понятно, что раскрываемые концепцию и конкретные варианты осуществления можно без труда использовать как основу для модификации или разработки других конструкций для решения тех же задач настоящего изобретения. Кроме того, специалистам в данной области техники должно быть понятно, что такие эквивалентные конструкции не будут отклоняться от сущности и объема изобретения, изложенных в прилагаемой формуле изобретения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Для более полного понимания настоящего изобретения и преимуществ следует обратиться к нижеследующему описанию в сочетании с сопровождающими чертежами, на которых:

5 Фиг. 1 - вид обычной буровой установки, на которой можно использовать примерные варианты осуществления настоящего изобретения;

Фиг. 2 - вид части измерительного прибора, показанного на фиг. 1, согласно одному примеру осуществления;

10 Фиг. 3А, 3В, 3С, 3D и 3Е (фиг. 3) - виды направленных антенн согласно примерным вариантам осуществления, пригодным для использования в настоящем изобретении;

Фиг. 4А и 4В (фиг. 4) - изометрический вид (фиг. 4А) и вид с пространственным разделением деталей (фиг. 4В) измерительного прибора согласно одному примеру осуществления настоящего изобретения;

15 Фиг. 5А и 5В (фиг. 5) - изометрический вид (фиг. 5А) и поперечное сечение (фиг. 5В) измерительного прибора согласно варианту осуществления настоящего изобретения;

Фиг. 6 - вид измерительного прибора согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения;

Фиг. 7 - вид измерительного прибора согласно еще одному варианту осуществления настоящего изобретения;

20 Фиг. 8А и 8В (фиг. 8) - вид измерительного прибора согласно еще одному варианту осуществления настоящего изобретения; и

Фиг. 9 - диаграмма данных испытаний антенн согласно первому и второму примерам осуществлений настоящего изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

25 На фиг. 1-8 показаны примеры осуществлений настоящего изобретения. Что касается фиг. 1-8, должно быть понятно, что признаки или аспекты иллюстрируемых вариантов осуществления могут быть показаны на различных видах. Когда такие признаки или аспекты являются одинаковыми на конкретных видах, они обозначаются одними и теми же позициями. Поэтому признак или аспект, обозначенный конкретной позицией

30 на одном виде на фиг. 1-8, может описываться в этой заявке с учетом позиции, показанной на других видах.

На фиг. 1 показан примерный вариант осуществления прибора 100 каротажа в процессе бурения, используемого в морской нефтяной или газовой буровой компоновке, в целом обозначенной 10. На фиг. 1 полупогружная буровая платформа 12 размещена

35 над нефтяным или газовым пластом (непоказанным), расположенным ниже дна 16 моря. Подводная труба 18 продолжается от палубы 20 платформы 12 до оборудования 22 устья скважины. Платформа может включать в себя буровую вышку и подъемное устройство для подъема и спуска бурильной колонны 30, которая, как показано, продолжается в ствол 40 скважины и включает в себя буровое долото 32 и прибор 100

40 направленного каротажа удельных сопротивлений. Осуществления прибора 100 направленного каротажа удельных сопротивлений включают в себя, по меньшей мере, одну направленную антенну удельного сопротивления, имеющую экран 150 антенны. Экран антенны включает в себя, по меньшей мере, одну щель, имеющую, по меньшей мере, один электрически разомкнутый конец (щели с разомкнутыми концами не

45 показаны на фиг. 1). По желанию бурильная колонна 30 может также включать в себя забойный буровой двигатель, телеметрическую систему с гидроимпульсным каналом связи и один или несколько из многочисленных других датчиков, таких как прибор ядерного каротажа для измерения скважинных характеристик буровой скважины и

окружающего пласта. По желанию бурильная колонна может также включать в себя датчик азимута (передней грани резца), включающий в себя, например, один или несколько акселерометров, магнитометров и/или гироскопов. Изобретение не ограничено в части размещения таких используемых по желанию датчиков.

5 Специалистам в данной области техники должно быть понятно, что размещение, показанное на фиг. 1, является только примерным, предназначенным для описания изобретения, изложенного в этой заявке. Также должно быть понятно, что прибор 100 направленного каротажа удельных сопротивлений согласно настоящему изобретению не ограничен использованием совместно с полупогружной платформой 12, показанной
10 на фиг. 1. Прибор 100 каротажа удельных сопротивлений равным образом хорошо пригоден для использования при подземных буровых работах любого вида в море или на суше. Хотя на фиг. 1 прибор 100 каротажа удельных сопротивлений показан связанным с бурильной колонной 30, также должно быть понятно, что изобретение не ограничено осуществлениями, относящимися к измерениям в процессе бурения и/или
15 каротажу в процессе бурения. Приборы каротажа удельных сопротивлений согласно настоящему изобретению также могут быть выполнены с возможностью использования на каротажном кабеле.

На фиг. 2 показана часть примера осуществления измерительного прибора 100. В показанном примере осуществления измерительный прибор 100 включает в себя
20 множество разнесенных в осевом направлении передающих антенн T и приемных антенн R, размещенных на корпусе прибора. На фиг. 2 показана хорошо известная компоновка, в которой первый и второй приемники R размещены симметрично между одним или несколькими излучателями T. Специалистам в данной области техники должно быть понятно, что такая компоновка дает возможность регистрировать
25 компенсированные измерения удельного сопротивления, однако должно быть понятно, что изобретение не ограничено никаким конкретным размещением излучателя и/или приемника, а также использованием компенсированных или некомпенсированных измерений. Излучатели и/или приемники можно размещать на всем протяжении длины корпуса прибора в по существу любой подходящей компоновке.

30 Примерные варианты осуществления согласно настоящему изобретению включают в себя, по меньшей мере, одну передающую и/или приемную антенну, выполненную с возможностью совершения направленных измерений удельного сопротивления. Сама по себе антенна может быть выполнена с возможностью излучения и/или приема электромагнитных волн, имеющих поперечную составляющую (то есть, по существу
35 чисто поперечной моды волн или смешанных поперечной и осевой мод волн).

Должно быть понятно, что изобретение может включать в себя по существу любую направленную антенну удельного сопротивления, в которой участок антенного провода ориентирован в неортогональном направлении относительно продольной оси. Направленная антенна удельного сопротивления может быть выполнена с
40 возможностью излучения и/или приема по существу чистой х-моды (и/или у-моды) электромагнитных волн или смешанной моды электромагнитных волн (например, смешанных х-моды и z-моды или смешанных х-моды и у-моды волн). Изобретение может включать в себя различные известные антенные конфигурации для излучения и/или приема такой чистой или смешанной моды волн. Например, поперечные антенны, седловидные антенны и непланарные антенны могут быть выполнены с возможностью
45 излучения и/или приема по существу чистой х-моды электромагнитных волн, тогда как обычная наклонная антенна может быть выполнена с возможностью излучения и/или приема смешанной моды электромагнитных волн.

Примерные конфигурации направленных антенн, пригодных для использования совместно с настоящим изобретением, показаны на фиг. 3А-3Е (совместно именуемых фиг. 3). В каждой конфигурации участок антенного провода является неортогональным к (и предпочтительно параллельным) продольной оси 105 корпуса 110 прибора. На 5 фиг. 3А показана конфигурация поперечной антенны, в которой по существу плоская петля из антенного провода 122 размещена параллельно продольной оси 105 (вследствие чего имеется дипольный момент, который является поперечным к оси 105). На фиг. 3В показана конфигурация бипланарной антенны, в которой первый и второй полуэллиптические (или полуовальные) отрезки антенного провода 123 располагаются 10 на соответствующих отдельных геометрических плоскостях. На фиг. 3С показана змеевидная конфигурация, в которой антенный провод 124 делает петлю вокруг корпуса прибора так, что расстояние вдоль оси между непланарной петлей антенного провода 124 и круговой осевой линией антенны изменяется периодически (например, синусоидально) относительно азимутального угла вокруг окружности прибора. 15 Варианты осуществления антенн, показанные на фиг. 3В и 3С, раскрыты в совместно переуступленной и совместно рассматриваемой заявке №12/410153 на патент США, которая полностью включена в эту заявку путем ссылки. На фиг. 3D показана конфигурация седловидной катушки, включающая в себя круговые и осевые участки антенны. Эта конфигурация седловидной катушки описана более подробно ниже со 20 ссылкой на фиг. 4В. Конфигурации, показанные на фиг. 3А-3D, обычно выполняют с возможностью излучения и/или приема по существу чисто поперечных электромагнитных волн (х-моды). На фиг. 3Е показана конфигурация обычной наклонной антенны 126, пригодной для излучения и/или приема смешанной моды (например, смешанных х- и z-мод) электромагнитных волн. Специалистам в данной 25 области техники должно быть понятно, что, по меньшей мере, один участок антенного провода в осуществлениях, показанных на фиг. 3А-3Е, является не ортогональным относительно продольной оси корпуса прибора.

На фиг. 4А и 4В (совместно именуемых фиг. 4) показан один пример осуществления экрана 150 антенны согласно настоящему изобретению. На фиг. 4А экран 150 показан 30 размещенным вокруг направленной антенны удельного сопротивления. Экран 150 антенны включает в себя, по меньшей мере, одну щель 160, имеющую, по меньшей мере, один электрически разомкнутый конец 165, образованный в экране 150. Электрически разомкнутый означает, что электрически проводящий путь вблизи конца 165 щели 160 отсутствует. В противоположность электрически разомкнутому концу 35 электрически замкнутый конец является концом, на котором имеется электрически проводящий путь вблизи конца щели. В примерном варианте осуществления, показанном на фиг. 4А, каждая из щелей 160 имеет один разомкнутый конец 165 и один замкнутый конец 167. Как показано, щели 160 начинаются на осевом конце 150А экрана 150.

Поскольку щели 160 включают в себя, по меньшей мере, один разомкнутый конец 165 40 (и поскольку сама щель 160 является по существу электроизолирующей), экран 150 не может поддерживать электрические вихревые токи, циркулирующие вблизи щели 160.

В примере осуществления, показанном на фиг. 4А и 4В, экран 150 антенны включает в себя множество разнесенных по окружности осевых щелей 160, каждая из которых имеет один электрически разомкнутый осевой конец 165. Осевая щель означает, что 45 протяженность щели 160 является по существу параллельной продольной оси 105 прибора. Хотя осевые щели обычно являются предпочтительными по причине легкости изготовления, изобретение специально не ограничено в этом отношении. Щели могут быть ориентированы по существу под любым углом относительно оси 105 при условии,

что они включают в себя, по меньшей мере, один электрически разомкнутый конец. Хотя показанный пример осуществления включает в себя 16 щелей, изобретение не ограничено каким-либо конкретным числом щелей.

5 Конструкцию экрана антенны, показанную в качестве примера на фиг. 4А и 4В, можно также рассматривать как включающую в себя опорный участок 170 и множество разнесенных по окружности пальцев 172, продолжающихся в осевом направлении на расстояние от опорного участка 170. И в этом случае изобретение не ограничено
10 продолжающимися в осевом направлении пальцами. Описанные выше щели 160 образованы между соседними пальцами 172. Опорный участок 170 может быть физически и электрически соединен (то есть, заземлен) с корпусом 110 прибора, тогда как концы
15 174 пальцев 172 являются электрически плавающими. Электрически плавающие означает, что концы 174 электрически не соединены друг с другом или с корпусом 110 прибора. Концы 174 электрически соединены друг с другом только через опору 170. Как установлено выше, получающаяся в результате конструкция имеет такую конфигурацию,
что вблизи щелей 160 электропроводящая петля отсутствует.

В примерах осуществления, в которых опорный участок 170 экрана 150 физически и электрически соединен с корпусом 110 прибора, экран может обеспечивать статическое и физическое экранирование антенны. В вариантах осуществления (которые могут
20 быть предпочтительными в случае совмещенных многомодовых антенн) экран может быть физически соединен с корпусом прибора и электрически изолирован от него (например, путем размещения электроизолирующего материала внутри экрана). В таких вариантах осуществления экран предназначен для получения физического, но не статического, экранирования антенны. В таких вариантах осуществления экран, как
25 правило, является по существу прозрачным для многочисленных мод электромагнитного излучения. В таких осуществлениях можно создавать дополнительное статическое экранирование (например, путем размещения обычного статического экрана по радиусу внутри относительно экрана 150).

В показанном примере осуществления экрана 150 антенны выполнен в виде двухэлементной втулки (фиг. 4В). Каждый полуцилиндрический элемент может быть
30 прикреплен к корпусу прибора при использовании обычных средств (например, винтов с резьбой), при этом устанавливается физическое и по желанию электрическое соединение между опорным участком 170 и корпусом 110 прибора. Изобретение не ограничено в этом отношении.

Кроме того, что касается фиг. 4В, то примерные варианты осуществления прибора
35 согласно настоящему изобретению включают в себя, по меньшей мере, одну направленную антенну удельного сопротивления (описанную выше со ссылкой на фиг. 3). Показанный пример осуществления включает в себя совмещенные антенны для х-моды и z-моды. Седловидная катушка 140, имеющая первый и второй круговые участки 142 и 143 и первый и второй параллельные осевые участки 144 и 145, выполнена как
40 антенна для х-моды. Должно быть понятно, что в показанном примере осуществления седловидная катушка включает в себя множество пазов для размещения многочисленных витков антенного провода. Катушка 148 обычной антенны для z-моды размещена между первым и вторым круговыми участками антенны для х-моды. Как описывалось выше, изобретение не ограничено осуществлением седловидной катушки.

45 На фиг. 5А и 5В показан вариант осуществления экрана 250 антенны согласно настоящему изобретению. Экран 250 антенны аналогичен экрану 150 антенны в том, что он включает в себя, по меньшей мере, одну щель 160, образованную в нем, имеющую, по меньшей мере, один электрически разомкнутый конец 165. Кроме того, экран 250

антенны можно рассматривать как включающий в себя множество разнесенных металлических пальцев. Экран 250 антенны отличается от экрана 150 тем, что он включает в себя множество пальцев 172, продолжающихся в противоположных направлениях от опорного участка 170. Как описано выше со ссылкой на фиг. 4, концы 5 174 пальцев являются электрически плавающими.

В показанном примерном варианте осуществления экран 250 электрически изолирован от корпуса 110 прибора, хотя изобретение не ограничено в этом отношении. Как показано на фиг. 5В, вставленные по радиусу концы 176 пальцев закреплены на месте между кольцами 180 и корпусом 110 прибора. Прокладки 182 размещены для 10 предотвращения электрического соединения между концами 176 пальцев и кольцами 180. Кольца 180 могут быть физически соединены с корпусом прибора с использованием по существу любых известных способов, например, посредством сваривания или винтового соединения.

На фиг. 6 показан еще один вариант осуществления экрана 350 антенны согласно 15 настоящему изобретению. Экран 350 антенны аналогичен экрану 150 антенны в том, что он включает в себя множество щелей 160, имеющих, по меньшей мере, один электрически разомкнутый конец 165. В показанном примере осуществления щели 160 соединены друг с другом через посредство соответствующих круговых щелевых участков 162, образованных на чередующихся осевых концах 165 щели 160. Поэтому щели 160 20 можно рассматривать как включающие в себя первый и второй электрически разомкнутые концы 165. Кроме того, экран 350 антенны можно рассматривать как имеющий единственную прямоугольную зигзагообразную щель, образованную во втулке. В показанном примере осуществления прямоугольная зигзагообразная щель включает в себя множество осевых щелевых участков 160 и круговых соединительных 25 щелевых участков 162, хотя изобретение не ограничено в этом отношении.

Кроме того, экран 350 антенны можно рассматривать как включающий в себя множество разнесенных пальцев 372. Каждый из пальцев электрически соединен с одним из двух противоположных в осевом направлении опорных участков 370. Как описывалось выше, эти опорные участки могут также быть соединены (то есть, 30 заземлены) с корпусом 110 прибора, однако изобретение не ограничено в этом отношении. Как описано выше со ссылкой на фиг. 4, каждый из пальцев 372 включает в себя электрически плавающий конец 374. В показанном на фиг. 6 примерном варианте осуществления соседние по окружности пальцы электрически соединены с противоположными опорными участками на противоположных осевых концах экрана.

На фиг. 7 показан еще один вариант осуществления экрана 450 антенны согласно 35 настоящему изобретению. Экран 450 антенны аналогичен экранам 150 и 250 антенны в том, что он включает в себя множество разнесенных щелей 160, имеющих, по меньшей мере, один электрически разомкнутый конец 165. Каждая из щелей 160 начинается на осевом конце экрана 450. Экран 450 антенны отличается от экранов 150 и 250 антенны 40 тем, что соседние щели из числа щелей 160 начинаются на противоположных осевых концах экрана 450 (например, щель 160А начинается на осевом конце 450А и соседняя щель 160В начинается на осевом конце 450В). Получающуюся в результате конструкцию экрана можно рассматривать как имеющую прямоугольную зигзагообразную конфигурацию.

На фиг. 8А и 8В показан еще один вариант осуществления экрана 550 антенны 45 согласно настоящему изобретению. Экран 550 антенны аналогичен экрану 250 в том, что он включает в себя множество разнесенных щелей 160, имеющих, по меньшей мере, один электрически разомкнутый конец 165. В этом примере осуществления каждая из

щелей 160 включает в себя первый и второй электрически разомкнутые концы 165. Как показано, каждая из щелей 160 начинается на одном осевом конце 550А экрана 550 и продолжается до противоположного осевого конца 550В экрана 550. Экран 550 антенны также можно рассматривать как включающий в себя множество разнесенных пластин 570 (в показанном примере осуществления разнесенных по окружности). Эти пластины 570 электрически изолированы от корпуса прибора на, по меньшей мере, одном конце 550А, 550В и предпочтительно, чтобы они были электрически изолированы друг от друга и от корпуса 110 прибора на обоих осевых концах 550А, 550В.

Как показано на фиг. 8В, каждая из пластин 570 может включать в себя вставленные по радиусу концы 576, которые могут быть закреплены на месте между кольцами 180 и корпусом 110 прибора. Электроизолирующие прокладки 182 размещены на, по меньшей мере, одном конце 550А, 550В экрана (и, как показано, предпочтительно на обоих концах) с тем, чтобы предотвращать электрическое соединение между пластинами 570 и кольцами 180. Кольца 180 могут быть физически соединены с корпусом прибора при использовании по существу любого известного способа, например, посредством сваривания или винтового соединения.

Хотя не показано на фиг. 4-8, должно быть понятно, что экраны антенн можно с достижением преимущества герметизировать по существу электроизолирующим материалом, таким как полиарилэфиркетон (ПАЭК), чтобы обеспечивать антенну дополнительной защитой и изоляцией от бурового раствора. По существу «электроизолирующий» означает, что электропроводность герметизирующего материала является пренебрежимо малой по сравнению с удельной электропроводностью экрана. Такая изоляция способствует дополнительной электрической изоляции концевых участков пальцев друг от друга и от корпуса прибора.

В примерных вариантах осуществления, показанных на фиг. 4-8, щели 160 показаны как по существу параллельные продольной оси 105 приборов. Хотя такие осевые конфигурации обычно являются предпочтительными (например, по соображениям изготовления), изобретение явно не ограничено в этом отношении. Щели 160 также могут находиться под углом относительно продольной оси. Кроме того, щели показаны имеющими равномерную ширину. Изобретение также не ограничено в отношении ширины пальцев на фиг. 4-7 и пластин на фиг. 8, и она может изменяться на всем протяжении длины пальца/пластины. Например, экраны согласно изобретению могут включать в себя пальцы/пластины, которые шире на одном конце, чем на другом. Изобретение не ограничено в этом отношении.

Настоящее изобретение описано более подробно на основе нижеследующего примера, в отношении которого предполагается, что он является только примером и во всяком случае не должен толковаться как ограничивающий объем. Лабораторный прибор направленного каротажа удельных сопротивлений в процессе бурения, включающий в себя передающую антенну для х-моды, был размещен с возможностью вращения в испытательном цилиндре диаметром 8 дюймов (203,2 мм). Испытательный цилиндр был заполнен соленой водой с 0,156 Ом-м. Передающая антенна для х-моды входила в состав змеевидной антенны, описанной, например, выше применительно к фиг. 3С. Приемник был расположен вне испытательного цилиндра на радиальном расстоянии 30 дюймов (762 мм) от передающей антенны.

Излучение х-моды измеряли для четырех конфигураций экрана прибора каротажа в процессе бурения. Этими конфигурациями были следующие: (а) первая контрольная конфигурация, в которой излучатель х-моды не имел экрана антенны, (б) вторая контрольная конфигурация, в которой антенна для х-моды имела экран антенны из

предшествующего уровня техники, включавший в себя обычные осевые щели с замкнутыми концами, (с) первая тестовая конфигурация, в которой антенна для х-моды имела экран согласно настоящему изобретению, показанный на фиг. 8А-8В, и (d) вторая тестовая конфигурация, в которой антенна для х-моды имела экран согласно настоящему изобретению, показанный на фиг. 4А и 4В. Антенна согласно предшествующему уровню техники была выполнена так, что осевые щели были замкнутыми на концах, то есть так, что вблизи любой из щелей в экране не было электропроводящей петли. Лабораторный прибор каротажа в процессе бурения поворачивали в пределах полного оборота. Излучатель х-моды возбуждался, и соответствующий сигнал принимался на интервалах 15°.

Результаты этого испытания показаны на фиг. 9. Оба экрана согласно изобретению показали в значительной степени повышенное пропускание сигнала (меньшее ослабление) по сравнению с экраном антенны согласно предшествующему уровню техники. В частности, было обнаружено, что коэффициент пропускания первого экрана изобретения (обозначенного 720) составлял около 95% по сравнению с первой контрольной конфигурацией (обозначенной 710), в которой экран не использовался (максимальное отношение принимавшихся энергий составляло 37/39). Было обнаружено, что коэффициент пропускания второго экрана изобретения (обозначенного 730) составлял около 90% по сравнению с первой контрольной конфигурацией (максимальное отношение принимавшихся энергий составляло 35/39). Было обнаружено, что в противоположность антеннам изобретения экран антенны из предшествующего уровня техники (вторая контрольная конфигурация) сильно ослаблял (как показано позицией 740) х-моду электромагнитных волн, при этом имел коэффициент пропускания около 36% по сравнению с первой контрольной конфигурацией (максимальное отношение принимавшихся энергий составляло 14/39). Специалистам в данной области техники должно быть понятно, что первый и второй экраны антенны согласно изобретению являются особенно прозрачными для х-моды электромагнитных волн.

Хотя выше подробно описаны настоящее изобретение и его преимущества, должно быть понятно, что различные изменения, замены и варианты могут быть выполнены без отступления от сущности и объема изобретения, определяемых прилагаемой формулой изобретения.

Формула изобретения

1. Прибор (100) направленного каротажа удельных сопротивлений в процессе бурения, содержащий:

корпус (110) прибора каротажа в процессе бурения, имеющий продольную ось (105); направленную антенну удельного сопротивления, размещенную на корпусе (110) прибора, при этом направленная антенна удельного сопротивления выполнена с возможностью передачи и/или приема электромагнитных волн, имеющих дипольный момент, который является поперечным к продольной оси корпуса прибора; и

металлический экран (150, 250, 350, 450, 550) антенны, размещенный на корпусе (110) прибора вокруг направленной антенны удельного сопротивления, при этом экран (150, 250, 350, 450, 550) антенны физически защищает антенну от механических соударений со стенками ствола скважины и включает в себя одну или более щелей (160), имеющих, по меньшей мере, один электрически разомкнутый конец, так что нет электропроводящей петли вблизи щелей (160), причем щели по существу параллельны продольной оси корпуса прибора и перпендикулярны дипольному моменту направленной антенны удельного сопротивления.

2. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по п. 1, в котором соседние щели из щелей (160) начинаются на противоположных осевых концах (150а) экрана (450).

3. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по п. 1, в котором каждая из щелей (160) включает в себя первый и второй электрически разомкнутые концы (165).

5 4. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по п. 1, в котором каждая из щелей (160) соединена друг с другом через соответствующие круговые щелевые участки (162), образованные на чередующихся концах (165) щелей (160).

10 5. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по п. 1, в котором щели (160) определяют множество разнесенных пальцев (172, 372), продолжающихся от опорного участка (170, 370), так что каждый из пальцев (172, 372) включает в себя конец (174, 374) пальца, который электрически изолирован от корпуса (110) прибора и от каждого из концов (174, 374) других пальцев.

15 6. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по п. 5, содержащий единственную прямоугольную зигзагообразную щель, образованную в экране (350) антенны, при этом зигзагообразная щель определяет множество разнесенных пальцев (372).

7. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по п. 6, в котором первое множество пальцев (172, 372) продолжается от опорного участка (170, 370) в первом направлении и второе множество пальцев (172, 372) продолжается от опорного участка (170, 370) в противоположном втором направлении.

20 8. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по п. 5, в котором каждый из пальцев (172, 372) является по существу параллельным продольной оси (105).

9. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по п. 1, в котором щели (160) определяют множество разнесенных пластин (570), при этом каждая из пластин (570) электрически изолирована от другой и от корпуса (110) прибора.

25 10. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по п. 9, в котором пластины (570) являются по существу параллельными друг другу.

11. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по п. 9, в котором щели (160) расположены между пластинами (570).

30 12. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по п. 9, в котором направленная антенна удельного сопротивления содержит поперечную антенну (122), наклонную антенну (126), антенну (125) с седловидной катушкой, бипланарную антенну (123) или змеевидную антенну (124).

35 13. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по п. 1, в котором направленная антенна удельного сопротивления включает в себя антенный провод (122, 123, 124), при этом по меньшей мере участок антенного провода является по существу параллельным относительно продольной оси (105) корпуса прибора.

14. Прибор (100) направленного каротажа удельных сопротивлений в процессе бурения, содержащий:

корпус прибора каротажа в процессе бурения, имеющий продольную ось;

40 первую и вторую совмещенные антенны удельного сопротивления, размещенные на корпусе прибора, первая антенна или антенна х-моды выполнена с возможностью передачи и/или приема осевых электромагнитных волн, и вторая антенна или антенна z-моды предпочтительно выполнена с возможностью передачи и/или приема электромагнитных волн, имеющих по существу чисто поперечную моду с дипольным моментом, который является поперечным к продольной оси корпуса прибора; и

45 металлический экран антенны, размещенный на корпусе прибора вокруг совмещенных антенн удельного сопротивления, при этом экран антенны выполнен с возможностью физически защищать антенну от механических соударений, экран

антенны включает в себя опорный участок и множество разнесенных пальцев, каждый из пальцев является параллельным продольной оси корпуса прибора и каждый из пальцев также включает в себя конец пальца, который электрически изолирован от корпуса прибора и от каждого из концов других пальцев.

5 15. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по п. 14, в котором вторая совмещенная антенна удельного сопротивления содержит седловидную катушку (125).

16. Прибор (100) каротажа в процессе бурения по любому из предыдущих пунктов, в котором экран (150, 250, 350, 450, 550) антенны является герметизированным и электроизолирующим материалом.

10

15

20

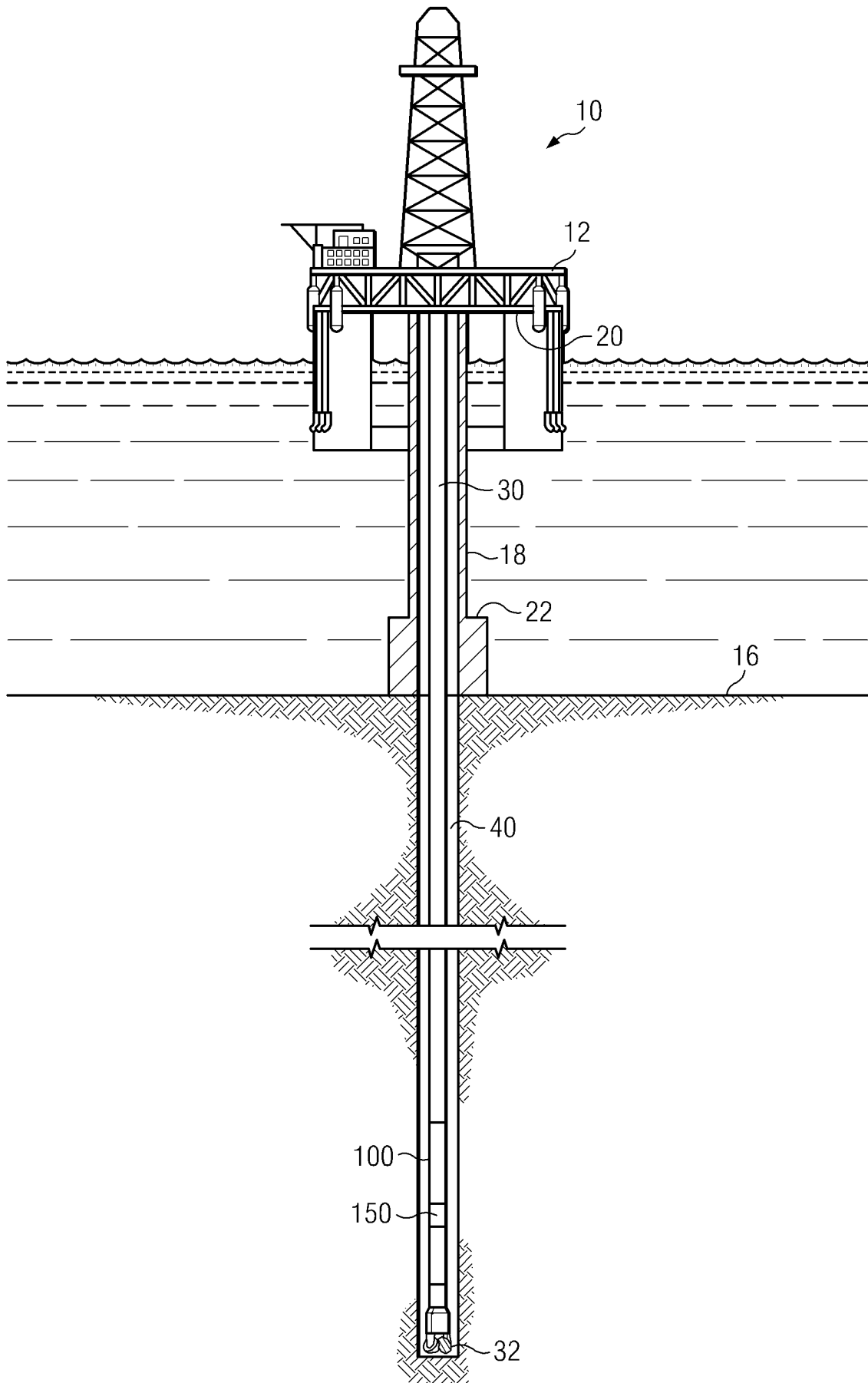
25

30

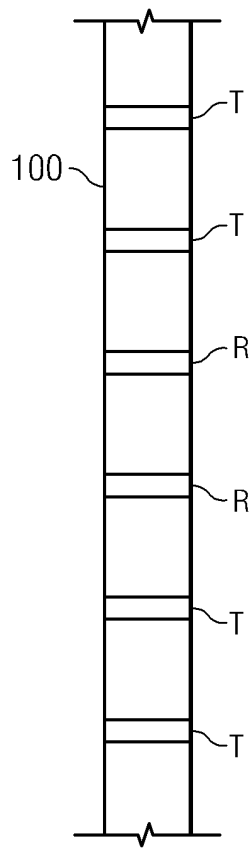
35

40

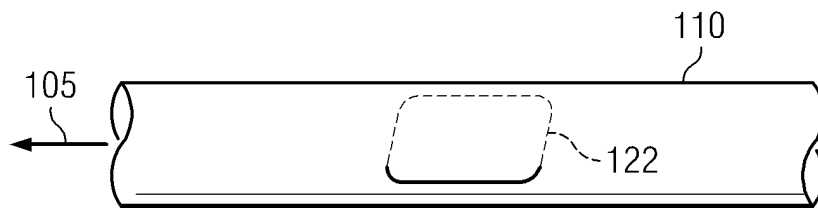
45



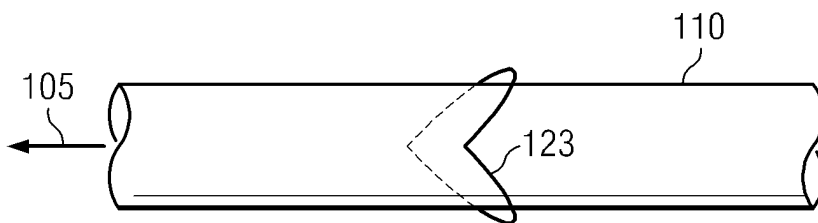
ФИГ.1



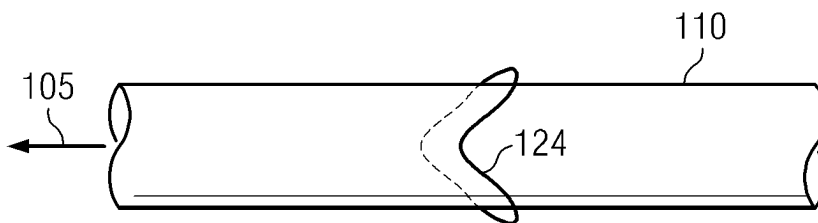
ФИГ.2



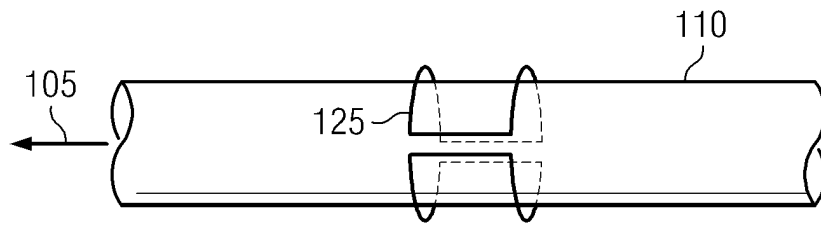
ФИГ.3А



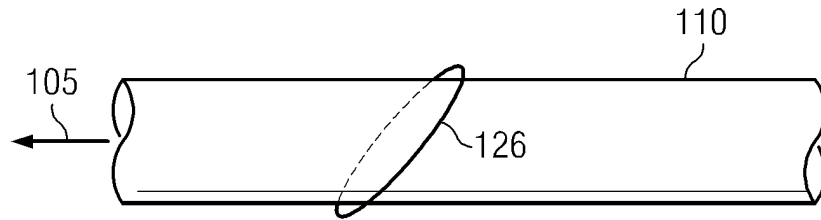
ФИГ.3В



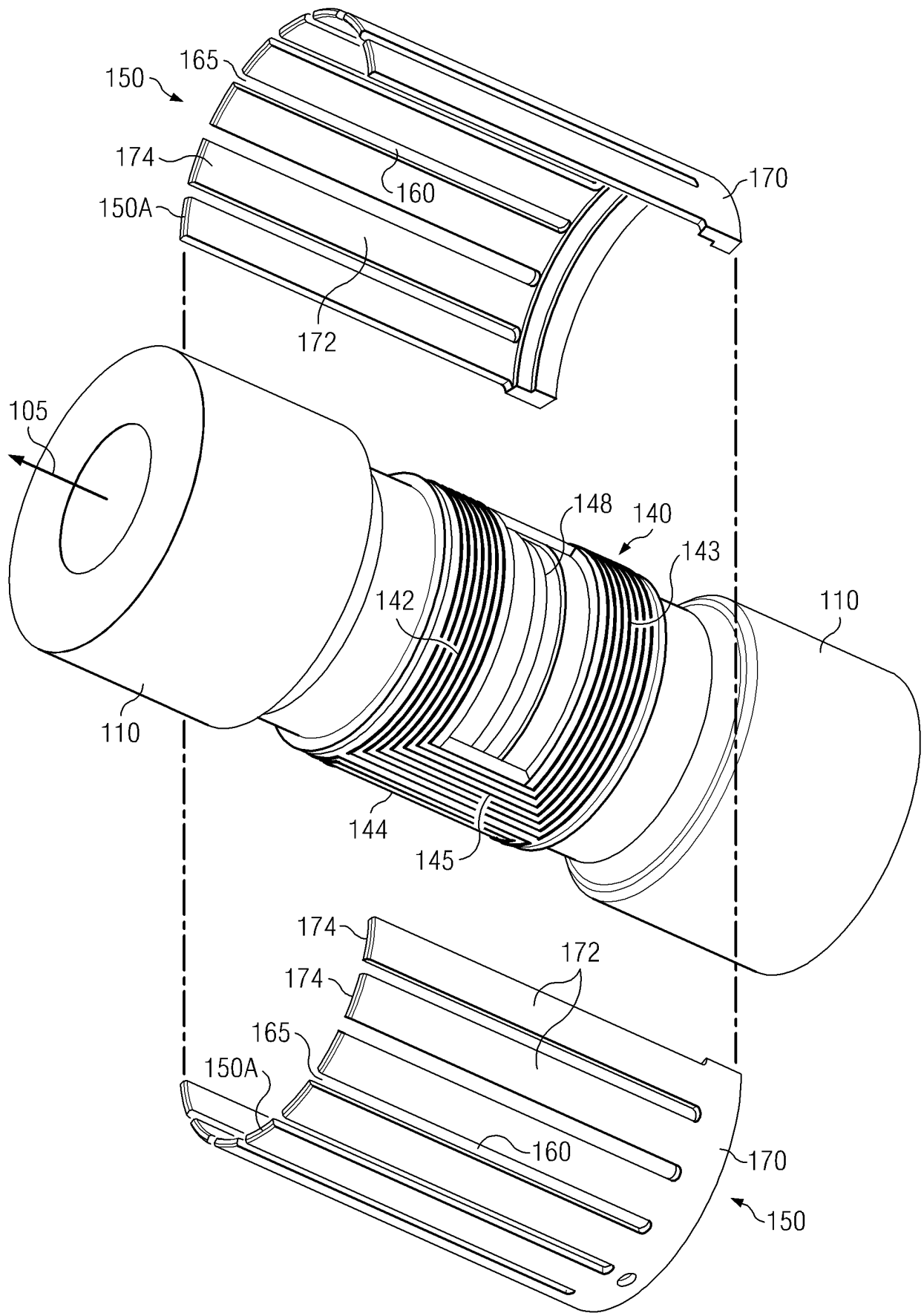
ФИГ.3С



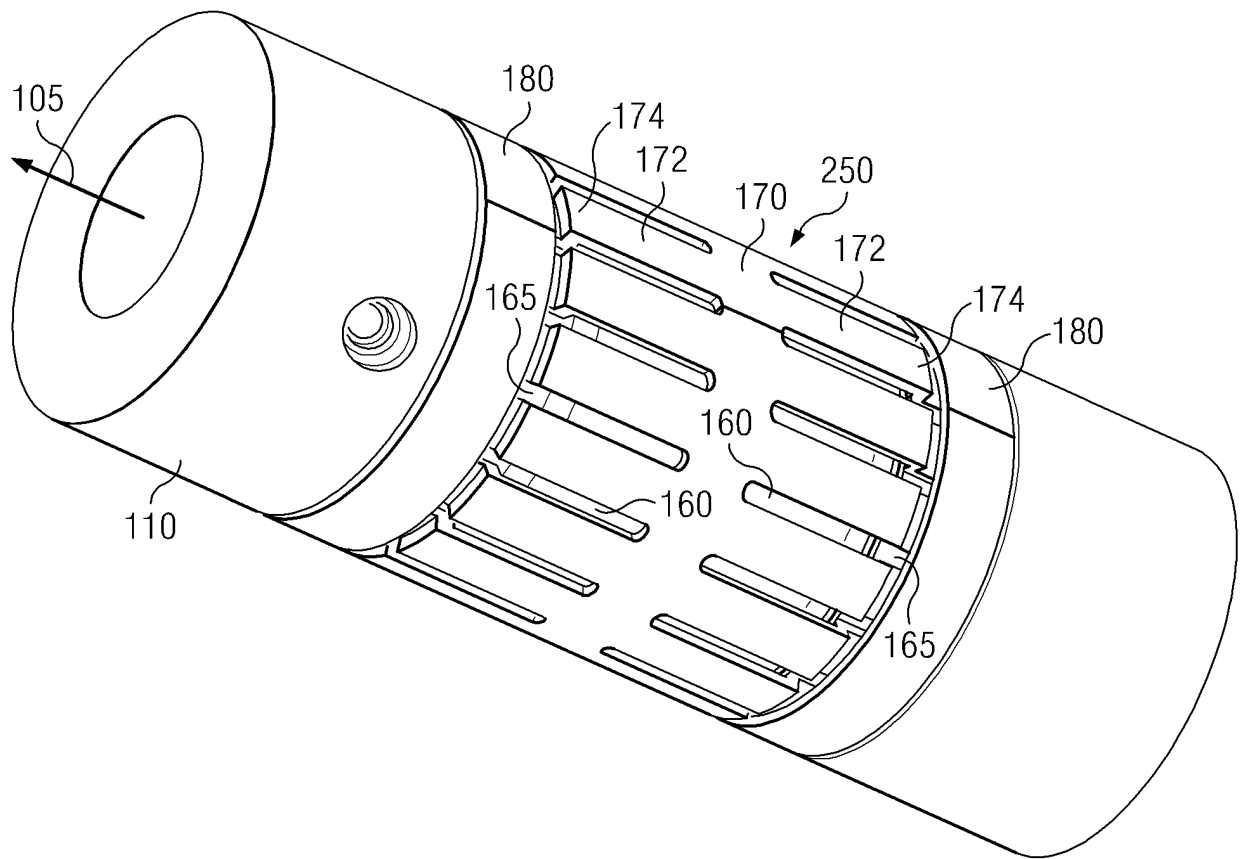
ФИГ.3D



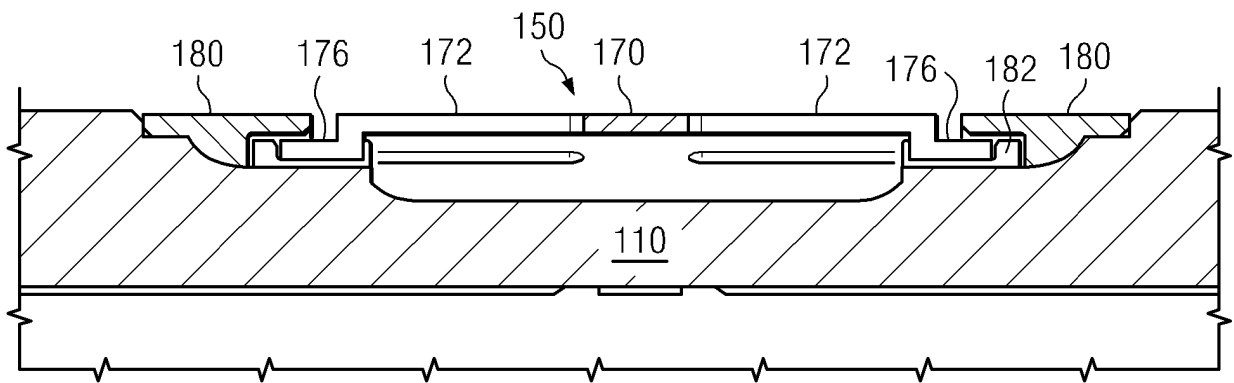
ФИГ.3E



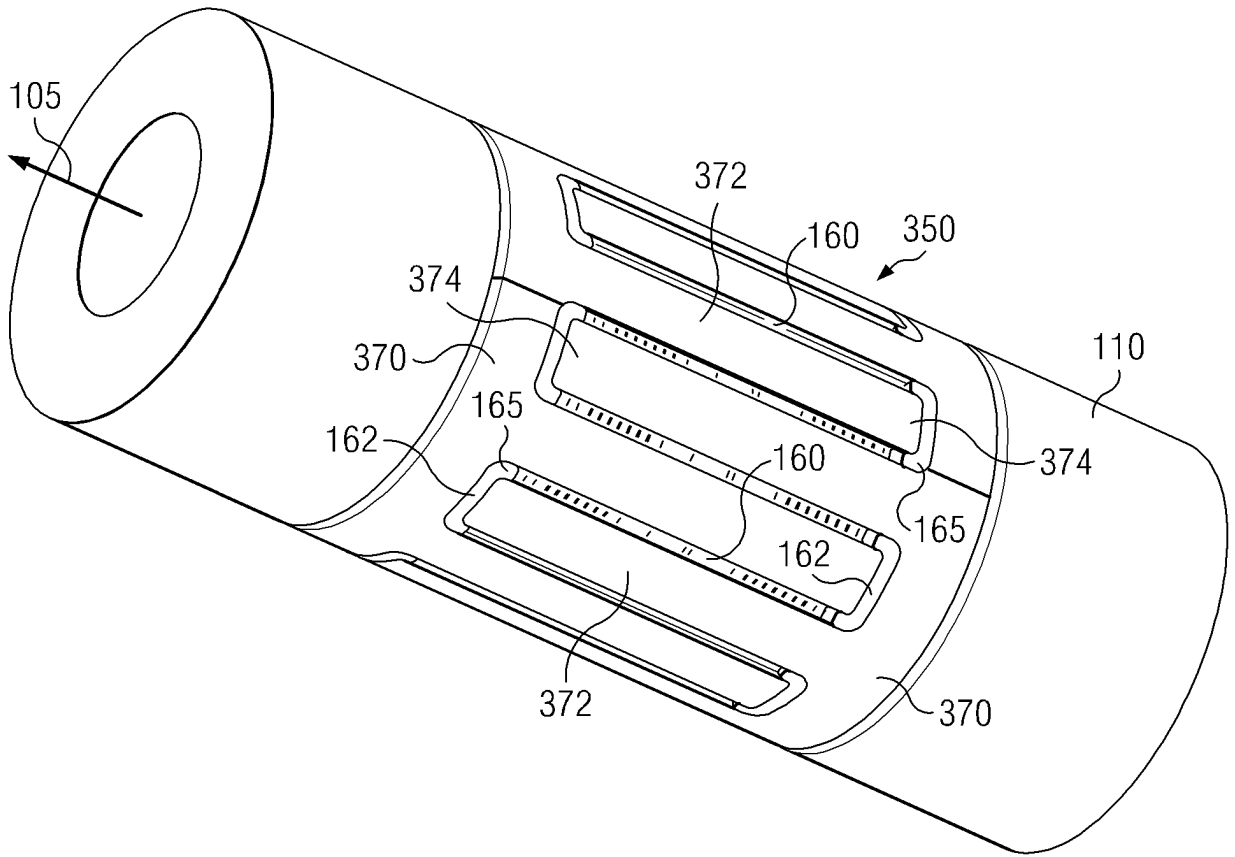
ФИГ.4В



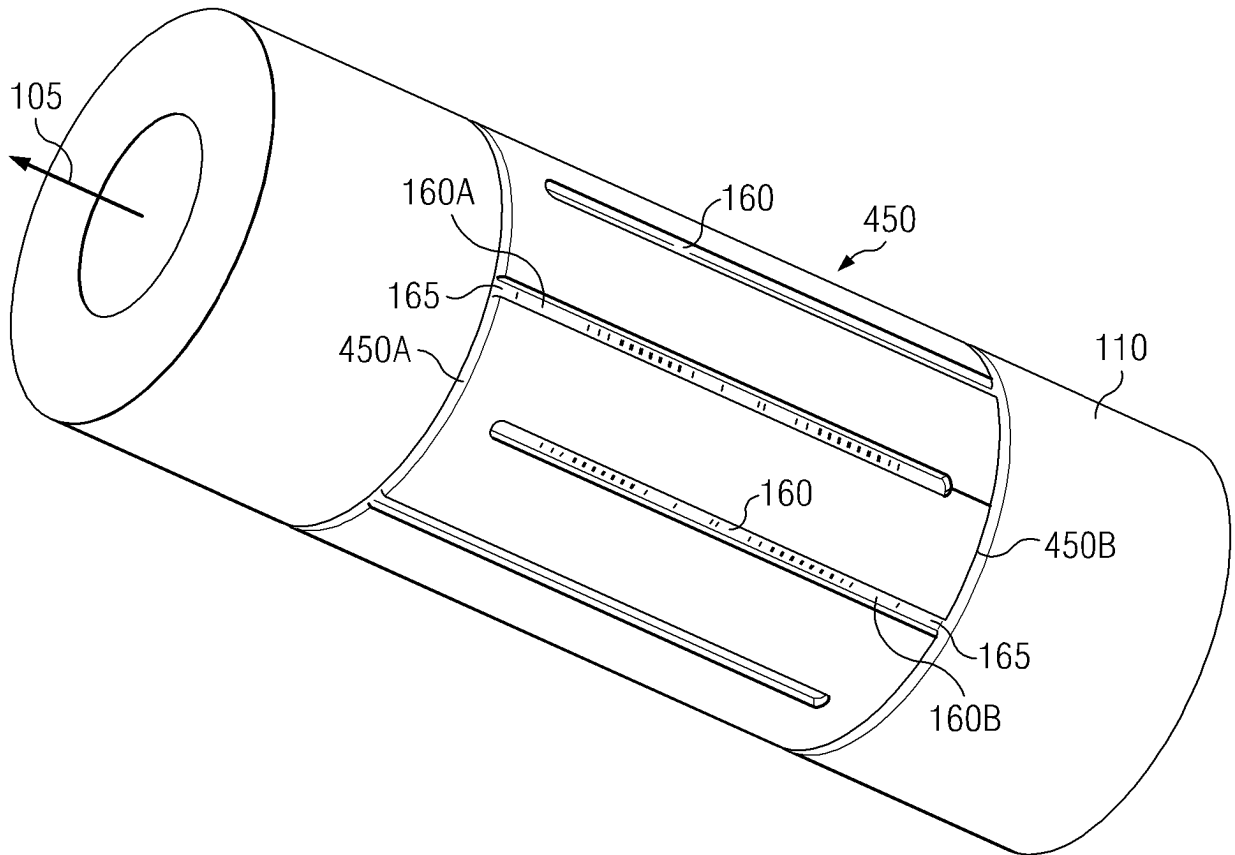
ФИГ.5А



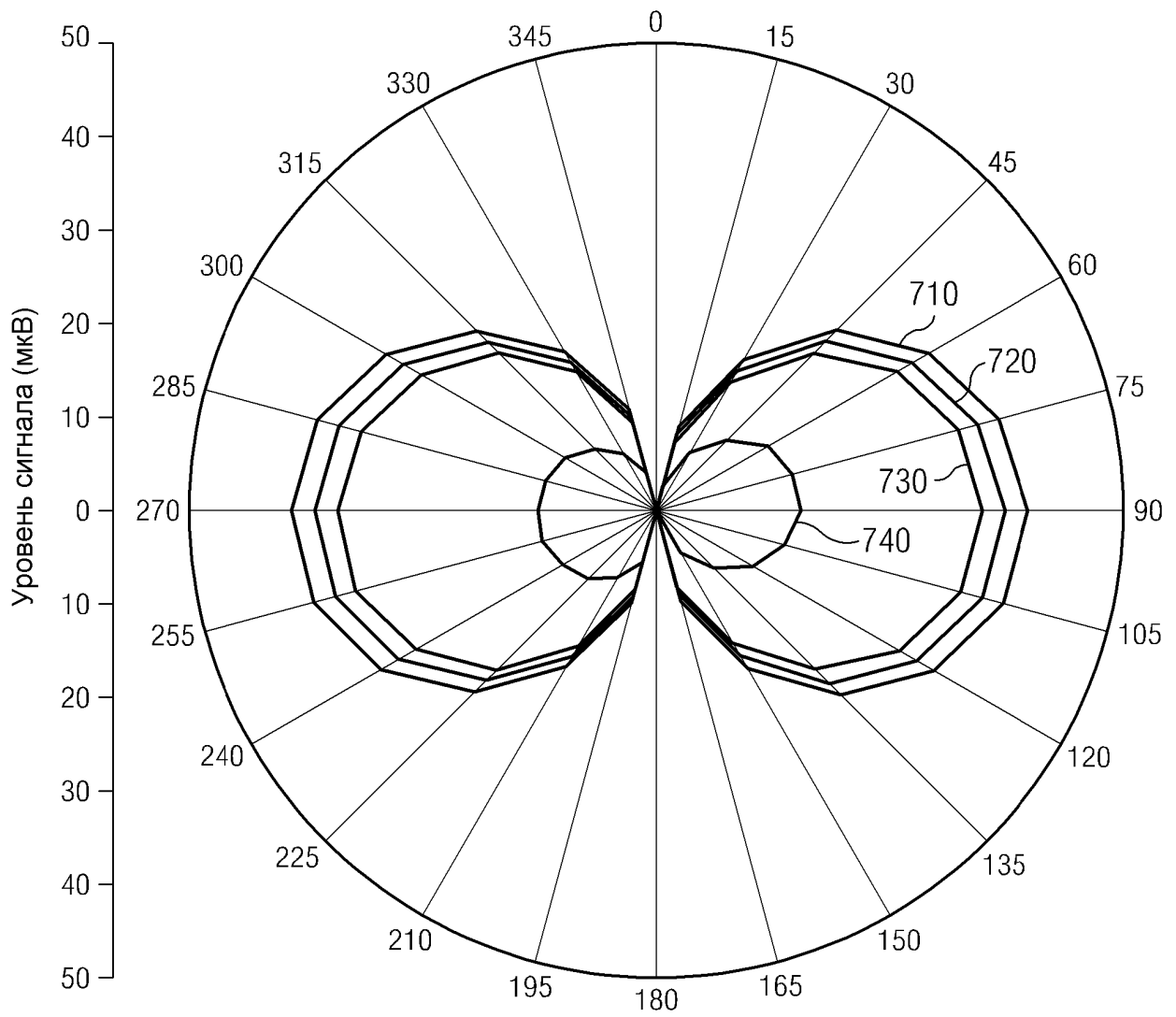
ФИГ.5В



ФИГ.6



ФИГ.7



ФИГ.9