

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202193000** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.03.31

(51) Int. Cl. *A61B 5/06* (2006.01)
A61B 5/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.04.30

(54) НОСИТЕЛЬ ДАТЧИКА

(31) 62/842,025

(32) 2019.05.02

(33) US

(86) PCT/EP2020/062086

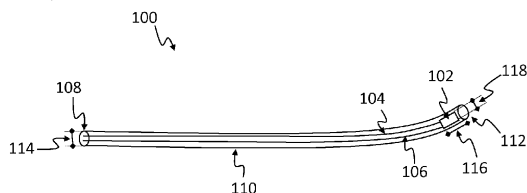
(87) WO 2020/221885 2020.11.05

(71) Заявитель:
**ИНТЕРСЕКТ ИЭнТи
ИНТЕРНЭШНЛ ГМБХ (DE)**

(72) Изобретатель:
**Муха Дирк, Дезингер Кай (DE),
Норман Николас (US)**

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

(57) Изобретение относится к вспомогательному инструменту для вставления в сосуды или просветы с малыми внутренними диаметрами. Вспомогательный инструмент имеет проксимальный конец и дистальный конец и имеет по меньшей мере один локализационный элемент, чье положение и ориентация могут быть определены электромагнитной системой детектирования положения. Локализационный элемент расположен непосредственно смежно с или, по меньшей мере, вблизи дистального конца вспомогательного инструмента и выполнен с возможностью улавливать переменное электромагнитное поле. От дистального конца вспомогательного инструмента до проксимального конца локализационного элемента простирается дистальная концевая область вспомогательного инструмента, так что локализационный элемент расположен в дистальной концевой области. В той части дистальной концевой области, в которой расположен локализационный элемент, вспомогательный инструмент имеет, по меньшей мере, местами низкую изгибную жесткость, меньшую 10 Нмм². По меньшей мере две линии проведены от локализационного элемента до проксимального конца вспомогательного инструмента и электропроводно соединены, по меньшей мере, с локализационным элементом. Локализационный элемент имеет длину такой величины, которая по меньшей мере в десять раз больше величины внешнего диаметра локализационного элемента.



A1

202193000

202193000

A1

НОСИТЕЛЬ ДАТЧИКА

Настоящее изобретение относится к вспомогательному инструменту для вставления в сосуды или просветы с малыми внутренними диаметрами.

В настоящее время сложные хирургические вмешательства внутри человеческого тела осуществляются в рамках малоинвазивной хирургии. При этом, хирургические инструменты, такие как эндоскопы, проводятся через отверстие тела в человеческое тело к их целевому местоположению внутри человеческого тела. Для помощи хирургу в наведении хирургических инструментов внутри человеческого тела могут быть использованы оптические, ультразвуковые или электромагнитные системы детектирования положения.

Например, известны электромагнитные системы детектирования положения, в которых генератор поля генерирует переменное электромагнитное поле. Локализационный элемент, образованный одной или более катушками, затем располагают в хирургическом инструменте. Дополнительно, эталонный датчик, также содержащий катушки, обычно обеспечивается и располагается в фиксированном положении относительно пациента. Переменное электромагнитное поле генератора возбуждает в катушках электрические токи, которые зависят от ориентации соответствующей катушки относительно переменного электромагнитного поля. Когда хирургический инструмент, снабженный таким локализационным элементом, перемещается в генерируемом переменном электромагнитном поле, можно определять положение и ориентацию локализационного элемента относительно стационарного эталонного датчика на основе возбужденных токов.

Как описано, среди прочего, в документе DE 10 2011 119 073 A1, тогда положение и ориентация локализационного элемента может непрерывно определяться электромагнитной системой детектирования положения, например, во время хирургической процедуры. Тогда текущее положение хирургического инструмента с локализационным элементом, зарегистрированным в системе детектирования положения, может отображаться для хирурга на мониторе в томографических, предоперационных изображениях в разрезе соответствующей части тела.

Задачей изобретения является разработка вспомогательного инструмента с локализационным элементом, чье положение и ориентация могут быть определены электромагнитной системой детектирования положения, и хирургического инструмента с таким вспомогательным инструментом.

В отношении вспомогательного инструмента эта задача достигается вспомогательным инструментом для вставления в сосуды или для вставления в просветы с малыми внутренними диаметрами. Вспомогательный инструмент имеет проксимальный конец и дистальный конец и содержит по меньшей мере один локализационный элемент, чье положение и ориентация могут быть определены электромагнитной системой

детектирования положения. По меньшей мере один локализационный элемент расположен непосредственно смежно с дистальным концом вспомогательного инструмента или по меньшей мере рядом с дистальным концом вспомогательного инструмента. По меньшей мере один локализационный элемент выполнен с возможностью улавливать переменное электромагнитное поле. От дистального конца вспомогательного инструмента до проксимального конца локализационного элемента простирается дистальная концевая область вспомогательного инструмента, и локализационный элемент расположен в этой дистальной концевой области. В той части дистальной концевой области, в которой расположен по меньшей мере один локализационный элемент, вспомогательный инструмент имеет, по меньшей мере местами, малую изгибную жесткость, меньшую 10 Нмм^2 . По меньшей мере две линии проведены от по меньшей мере одного локализационного элемента до проксимального конца вспомогательного инструмента и электропроводно соединены по меньшей мере с локализационным элементом. По меньшей мере один локализационный элемент имеет длину, чья величина по меньшей мере в десять раз больше величины внешнего диаметра по меньшей мере одного локализационного элемента.

Настоящее изобретение включает в себя признание того, что в целом такой вспомогательный инструмент пригоден к адаптивному использованию. Такой вспомогательный инструмент может быть, например, вставлен в просвет другого инструмента, такого как хирургический инструмент или катетер, для получения хирургического инструмента или катетера, чье положение может быть детектировано посредством электромагнитной системы детектирования положения. Вышеупомянутый инструмент может быть также использован в качестве независимого инструмента в хирургической процедуре. Соответственно, сосуды или просветы с малыми внутренними диаметрами могут быть сосудами или просветами человеческого тела или просветами хирургического инструмента. Соответствующий просвет хирургического инструмента может быть, например, выполнен так, чтобы вспомогательный инструмент согласно настоящему изобретению мог быть вставлен в этот просвет.

Особенно предпочтительное применение вспомогательного инструмента содержит вставление вспомогательного инструмента в такие просветы общеизвестного инструмента, которые были исходно предусмотрены для проволочного направителя. Обычно, для таких инструментов, проволочный направитель сначала проводят в его целевое местоположение, и затем инструмент продвигают по проволочному направителю и проводят вдоль проволочного направителя в его целевое местоположение. Проволочный направитель продвигается в обеспеченном просвете инструмента, в то время как инструмент скользит вдоль проволочного направителя.

Если теперь вместо проволочного направителя в просвет инструмента или катетера вставить вспомогательный инструмент описанного здесь типа и использовать затем этот инструмент или катетер со вспомогательным инструментом, то положение самого инструмента может быть определено с использованием системы детектирования

положения, и проволочный направитель больше не потребуется.

Инструментами и имплантатами, которые могут быть использованы со вспомогательным инструментом, описанным здесь, являются, например, иглы Джамшиди, метчики, отвертки и транспедикулярные винты, которые могут быть вставлены отверткой и, подобно отвертке, имеют непрерывный центральный просвет для проволочного направителя.

Также, посредством вспомогательного инструмента, описанного здесь, баллонные катетеры или другие катетеры, используемые для дилатации сосудов тела, могут быть превращены в катетер, чье положение может быть определено посредством системы детектирования положения во время, например, хирургического вмешательства для точного определения местоположения дилатации.

Поскольку вспомогательный инструмент согласно настоящему изобретению имеет по меньшей мере один локализационный элемент, который выполнен с возможностью улавливать переменное электромагнитное поле, вспомогательный инструмент или хирургический инструмент со вспомогательным инструментом может быть соединен с электромагнитной системой детектирования положения. Тогда положение и ориентация упомянутого по меньшей мере одного локализационного элемента могут непрерывно определяться соответствующей электромагнитной системой детектирования положения и использоваться для помощи хирургу во время хирургической процедуры. Например, детектированное положение и ориентация по меньшей мере одного локализационного элемента могут быть использованы для отображения положения вспомогательного инструмента или хирургического инструмента со вспомогательным инструментом в томографических изображениях в разрезе части тела пациента. Например, вспомогательный инструмент может быть съемно расположен в игле Джамшиди, так что положение и ориентация самой иглы Джамшиди могут быть определены системой детектирования положения при проникании в часть тела, такую как тело позвонка позвоночника. Тогда хирург может виртуально следить за прониканием иглы Джамшиди в тело позвонка в томографических изображениях в разрезе тела позвонка на мониторе. По окончании размещения иглы Джамшиди, вспомогательный инструмент может быть удален, и просвет иглы Джамшиди может быть использован для вставления другого инструмента.

Настоящее изобретение включает в себя дополнительное признание того, что в общепринятом локализационном элементе хирургического инструмента обычно является предпочтительным, чтобы величина длины локализационного элемента была практически равной или по меньшей мере незначительно большей величины внешнего диаметра локализационного элемента. Обычно таким образом стремятся обеспечить локализационный элемент, имеющий как можно меньшую длину. Поскольку внешний диаметр общепринятого локализационного элемента, имеющего малую длину, должен быть сравнительно большим для обеспечения отношения сигнал-шум, которое является достаточным для определения положения и ориентации локализационного элемента,

такой локализационный элемент, в частности, непригоден для вставления в сосуды или просветы с малыми внутренними диаметрами. Таким образом, тонкие хирургические инструменты, которые, соответственно, имеют просветы с малыми внутренними диаметрами, не могут быть соединены с системой детектирования положения с общепринятыми локализационными элементами.

Предпочтительно, чтобы вспомогательный инструмент согласно настоящему изобретению был таким гибким, по меньшей мере местами, чтобы он мог адаптироваться к данной форме сосуда или просвета, или чтобы он мог следовать по направлению сосуда или просвета с малым внутренним диаметром. Согласно настоящему изобретению, это обеспечивается тем, что вспомогательный инструмент, в частности, в той части дистальной концевой области, в которой расположен упомянутый по меньшей мере один локализационный элемент, имеет, по меньшей мере местами, малую изгибную жесткость, меньшую 10 Нмм^2 . Изгибная жесткость является результатом произведения модуля упругости и геометрического момента инерции. Сравнительно малая изгибная жесткость локализационного элемента является следствием, в частности, сравнительно малого геометрического момента инерции. Сравнительно малый геометрический момент инерции локализационного элемента является следствием того факта, что внешний диаметр локализационного элемента может быть выбран сравнительно малым, поскольку вследствие того, что длина локализационного элемента является по величине по меньшей мере в десять раз большей его внешнего диаметра, даже при малом внешнем диаметре может быть сгенерирован сигнал напряжения с отношением сигнал-шум, достаточным для определения положения и ориентации.

Вспомогательный инструмент, таким образом, имеет по меньшей мере один локализационный элемент со сравнительно малым внешним диаметром и поэтому пригоден для вставления в сосуды или просветы с малыми внутренними диаметрами. Дополнительно, вспомогательный инструмент является, в частности, в дистальной концевой области по меньшей мере посекционно гибким и может, таким образом, адаптироваться к заданной форме или направлению сосуда или просвета, хотя упомянутый по меньшей мере один локализационный элемент имеет сравнительно большую длину, предпочтительно большую 10 мм. В то же время, вспомогательный инструмент может быть соединен с системой детектирования положения для определения положения и ориентации упомянутого по меньшей мере одного локализационного элемента, в частности, во время вставления в сосуд или просвет.

В отношении хирургического инструмента вышеупомянутая цель достигается хирургическим инструментом, имеющим внешне доступный просвет, в котором съемно располагается вспомогательный инструмент, причем вспомогательный инструмент имеет по меньшей мере признаки вспомогательного инструмента согласно настоящему изобретению, описанному выше.

Просвет хирургического инструмента может быть, например, трубчатым или может иметь форму канюли и может иметь сравнительно малый внутренний диаметр,

который имеет такой размер, что только вспомогательный инструмент с внешним диаметром, меньшим, например, 0,5 мм, может быть вставлен в просвет с таким точным соответствием, чтобы он предпочтительно располагался в просвете неподвижно.

Вспомогательный инструмент может быть вставлен в просвет хирургического инструмента и удален из него, при необходимости, в виде модуля. Например, вспомогательный инструмент может быть вставлен в просвет хирургического инструмента до хирургического вмешательства для соединения хирургического инструмента с системой детектирования положения.

После позиционирования первого хирургического инструмента в целевом месте, а также после хирургической процедуры, вспомогательный инструмент может быть удален из просвета первого хирургического инструмента и затем, при необходимости, вставлен в просвет другого хирургического инструмента для соединения этого другого хирургического инструмента с системой детектирования положения.

Предпочтительно, вспомогательный инструмент может быть использован для соединения с хирургическими инструментами, которые выполнены различными способами, при условии, что они имеют просвет, который доступен снаружи, в который вспомогательный инструмент может быть вставлен таким образом, чтобы он располагался затем внутри.

Предпочтительно, чтобы хирургический инструмент был по меньшей мере частично изготовлен из титана или хромоникелевой стали. Предпочтительно, чтобы хирургический инструмент был изготовлен из парамагнитного материала, такого как парамагнитная сталь или титан, чтобы он мог быть использован в электромагнитной системе детектирования положения без влияния на генерируемое электромагнитное поле.

Хирургический инструмент со вспомогательным инструментом может быть, например, катетером, в просвете которого располагается вспомогательный инструмент. Тогда катетер, например, сердечный катетер, всасывающий катетер или катетер для диализа, может быть соединен с системой детектирования положения с использованием вспомогательного инструмента. Катетер со вспомогательным инструментом может быть использован в хирургической процедуре и может быть, например, введен в мочевой пузырь, желудок, кишечник, сосуды, а также в ухо или сердце пациента. Во время вставления может быть определено положение катетера со вспомогательным инструментом, и информация о положении может быть сделана доступной для хирурга. Например, положение катетера может быть отображено в томографических изображениях в разрезе для помощи хирургу в наведении катетера внутри тела пациента.

Катетер со вспомогательным инструментом может быть также баллонным катетером, снабженным баллоном, который может быть увеличен в объеме, например, сжатым воздухом или жидкостью. Баллонный катетер со вспомогательным инструментом может быть соединен с системой детектирования положения, которая может быть использована для определения положения баллонного катетера во время хирургической процедуры. Тогда баллонный катетер может быть проведен в целевое местоположение в

человеческом теле для увеличения там его объема. Такой баллонный катетер со вспомогательным инструментом может быть использован, например, для дилатации суженных или заблокированных кровеносных сосудов, т.е., в ангиопластике, или в урологии для дренирования мочи из мочевого пузыря, или в ортопедии для лечения переломов позвоночника с использованием процедуры баллонной кифопластики, или в пульмонологии либо для дилатации, либо для временной герметизации бронха, например, для хирургического вмешательства, а также в гинекологии для уменьшения кровотечения в приросшей плаценте.

Вспомогательный инструмент может быть также расположен в просвете иглы Джамшиди и использован вместе с иглой Джамшиди. Например, иглой Джамшиди со вспомогательным инструментом может быть осуществлена костномозговая пункция, при которой положение иглы Джамшиди может определяться системой детектирования положения при проведении иглы Джамшиди в кость, например, в тело позвонка позвоночника. Положение иглы Джамшиди может быть, например, отображено в томографических изображениях в разрезе, чтобы хирург мог виртуально наблюдать за прониканием иглы Джамшиди в кость и проводить иглу Джамшиди соответствующим образом.

Вспомогательный инструмент может быть также расположен в просвете режущего инструмента, в частности, резбового инструмента, например, резбовой фрезы или метчика. Например, внешние резьбы для костных винтов могут быть нарезаны метчиком. Когда метчик со вспомогательным инструментом соединен с системой детектирования положения, положение метчика может быть отображено в томографических изображениях в разрезе для помощи хирургу в точном позиционировании метчика выше кости и в оценивании продвижения в нарезании резьбы.

Подобно хирургическим отверткам транспедикулярные винты канюлированы таким образом, что вспомогательный инструмент может быть расположен в отвертке и транспедикулярном винте таким образом, чтобы дистальный конец вспомогательного инструмента простирался в кончик транспедикулярного винта. Транспедикулярный винт и отвертка с расположенным вспомогательным инструментом могут быть затем соединены с системой детектирования положения. Положение транспедикулярного винта, в частности, может быть затем отображено в томографических изображениях в разрезе, так что хирург может ориентироваться по томографическим изображениям в разрезе при размещении транспедикулярного винта. В частности, хирург может точно определять местоположение для ввинчивания транспедикулярного винта в кость и может контролировать глубину проникания в кость, например, в тело позвонка позвоночника, на основе положения транспедикулярного винта на томографических изображениях в разрезе. После размещения транспедикулярного винта, вспомогательный инструмент может быть удален из просвета отвертки и транспедикулярного винта и может быть использован для соединения с дополнительным хирургическим инструментом. Транспедикулярные винты или другие винты с просветом, в котором располагается

вспомогательный инструмент, могут быть использованы, например, в контексте спондилодеза, т.е., соединения винтами или подкрепления тел позвонков позвоночника.

Дополнительными хирургическими инструментами, которые могут быть снабжены вспомогательным инструментом, являются хирургические инструменты, которые обычно не имеют просвета, но которые были доработаны с обеспечением просвета, или которые изначально изготавливаются с просветом для такого вспомогательного инструмента. Таким хирургическим инструментом может быть скальпель, хирургическая пила, например, костная пила, костный напильник, прижигатель, или пинцет. Хирургический инструмент со вспомогательным инструментом может быть затем соединен и использован с системой детектирования положения.

Поскольку вспомогательный инструмент имеет локализационный элемент со сравнительно малым внешним диаметром, просвет хирургического инструмента может иметь сравнительно малый внутренний диаметр. Предпочтительно, хирургический инструмент, который имеет просвет с малым внутренним диаметром, сам может быть сравнительно тонким и может быть все же соединен с системой детектирования положения посредством вспомогательного инструмента, выполненного согласно настоящему изобретению. Предпочтительно, чтобы уже сконструированный гибким хирургический инструмент оставался также гибким с расположенным вспомогательным инструментом. Предпочтительно, хирургический инструмент может также иметь несколько просветов с малыми внутренними диаметрами, в которые, например, могут быть вставлены по-разному сконструированные вспомогательные инструменты.

Ниже описаны предпочтительные варианты осуществления вспомогательного инструмента согласно настоящему изобретению.

Предпочтительно, локализационный элемент имеет внешний диаметр 0,5 мм или менее, в частности, менее 0,3 мм. Локализационный элемент с внешним диаметром 0,5 мм предпочтительно имеет длину 5 мм или более. Соответственно, длина локализационного элемента, имеющего внешний диаметр 0,3 мм, составляет по меньшей мере 3 мм. Предпочтительно, чтобы длина локализационного элемента с внешним диаметром 0,5 мм или менее составляла по меньшей мере 10 мм. Даже когда по меньшей мере один локализационный элемент вспомогательного инструмента имеет длину, которая составляет по меньшей мере 10 мм, вспомогательный инструмент в той части дистальной концевой области, в которой расположен по меньшей мере один локализационный элемент, имеет, по меньшей мере местами, низкую изгибную жесткость, меньшую 10 Нмм².

Вспомогательный инструмент может также иметь по меньшей мере два локализационных элемента, каждый из которых электропроводно соединен с по меньшей мере двумя электрическими линиями. Предпочтительно, чтобы упомянутые по меньшей мере два локализационных элемента были электрически независимы друг от друга и могли быть использованы для разных функций. Предпочтительно, упомянутые по меньшей мере два локализационных элемента расположены в дистальной концевой

области, которая тогда простирается от проксимального конца локализационного элемента, который расположен ближе к проксимальному концу вспомогательного инструмента, до дистального конца вспомогательного инструмента. В той части дистальной концевой области, в которой расположены упомянутые по меньшей мере два локализационных элемента, вспомогательный инструмент, имеет по меньшей мере поперечно низкую изгибную жесткость, меньшую 10 Нмм^2 . Каждый из локализационных элементов может быть образован единственной катушкой или узлом катушек, образованным несколькими электрически соединенными катушками.

Локализационный элемент может быть пространственно расположен во вспомогательном инструменте так, чтобы дистальный конец по меньшей мере одного локализационного элемента образовывал дистальный конец вспомогательного инструмента. В этом случае длина дистальной концевой области соответствует длине локализационного элемента. Однако когда локализационный элемент расположен рядом с дистальным концом вспомогательного инструмента, и локализационный элемент находится на некотором расстоянии от дистального конца вспомогательного инструмента, длина дистальной концевой области является длиной локализационного элемента плюс расстояние до дистального конца вспомогательного инструмента.

Предпочтительно, чтобы упомянутые по меньшей мере две электрические линии, соединенные с локализационным элементом, были электрически изолированы друг от друга и от локализационного элемента.

Упомянутый по меньшей мере один локализационный элемент, имеющий длину, которая по меньшей мере в десять раз больше внешнего диаметра локализационного элемента, предпочтительно имеет общую индуктивность, которая находится между 2 мГн и 4 мГн . Когда упомянутый по меньшей мере один локализационный элемент образован единственной катушкой или узлом катушек, эта катушка или узел катушек, соответственно, предпочтительно имеет общую индуктивность между 2 мГн и 4 мГн .

Переменное электромагнитное поле, обычно генерируемое генератором поля системы детектирования положения, возбуждает электрический ток в катушке или узле катушек, образующей локализационный элемент, согласно принципу электромагнитной индукции, причем возбуждаемый электрический ток зависит от ориентации локализационного элемента в переменном электромагнитном поле. Тогда через линии, электрически соединенные с локализационным элементом, может быть снят сигнал напряжения, представляющий электрическое напряжение, возбуждаемое в локализационном элементе. Поскольку локализационный элемент предпочтительно выполнен так, что общая индуктивность локализационного элемента находится между 2 мГн и 4 мГн , в локализационном элементе может быть возбуждено достаточно высокое напряжение, так что снимаемый сигнал напряжения предпочтительно имеет такое отношение сигнал-шум, что сравнительно надежно на основании снимаемого сигнала напряжения системой детектирования положения могут быть определены положение и ориентация локализационного элемента в переменном электромагнитном поле.

Предпочтительно, по меньшей мере один локализационный элемент, имеющий длину, которая по меньшей мере в десять раз больше внешнего диаметра локализационного элемента, выполнен так, что он имеет электрическое сопротивление, которое находится между 70 Ом и 100 Ом. Когда локализационный элемент образован единственной катушкой или несколькими катушками, образующими узел катушек, они имеют электрическое сопротивление, которое находится между 70 Ом и 100 Ом.

Локализационный элемент с длиной, в десять раз большей его внешнего диаметра, может быть образован единственной катушкой, имеющей два конца катушки. На каждом из соответствующих концов катушки, катушка может быть электропроводно соединена с соответствующей одной из электрических линий. Тогда сигнал напряжения, снимаемый через электрические линии, представляет напряжение, приложенное между двумя концами катушки. Катушка предпочтительно имеет внешний диаметр, меньший 0,5 мм, в частности, меньший 0,3 мм, но больший 0,05 мм. Катушки с внешним диаметром этой величины описаны, среди прочего, в документе EP 0691663 A1. Когда длина l катушки велика по сравнению с диаметром A поперечного сечения катушки, индуктивность L можно приблизительно получить по формуле:

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 A}{l},$$

где μ_0 является магнитной постоянной, μ_r - относительная магнитная проницаемость, N - число витков, и A - площадь поперечного сечения катушки. Для изготовления катушки с индуктивностью, которая находится между 2 мГн и 4 мГн, число витков, поперечное сечение катушки, и длина катушки должны быть выбраны соответствующим образом. В случае, когда катушка не намотана вокруг сердечника катушки, относительная магнитная проницаемость равна 1. Индуктивность катушки может быть, таким образом, увеличена тем, что катушка наматывается вокруг сердечника катушки, который изготавливается из материала с высокой магнитной проницаемостью. В качестве дополнительного граничного условия может рассматриваться доступная толщина провода катушки. Длина катушки получается в результате произведения числа витков и толщины используемого провода катушки. Обычно, длина катушки с индуктивностью между 2 мГн и 4 мГн больше 10 мм. В частности, вследствие предпочтительно малого внешнего диаметра катушки и предпочтительной малой толщины провода катушки, подлежащего использованию, в общем, такая катушка имеет изгибную жесткость, значительно меньшую 10 Нмм². Изгибная жесткость является произведением модуля упругости используемого материала и геометрического момента инерции. Модуль упругости является постоянной материала. На изгибную жесткость, например, катушки, может, таким образом, в частности, влиять изменение геометрического момента инерции, т.е., изменение геометрии поперечного сечения.

Во вспомогательном инструменте могут быть также расположены по меньшей мере два локализационных элемента, каждый из которых образован единственной катушкой. Предпочтительно, каждая из катушек электропроводно соединена с по

меньшей мере двумя линиями и электрически независима от упомянутой по меньшей мере одной другой катушки. Предпочтительно, линии проводятся от соответствующей катушки до проксимального конца вспомогательного инструмента. Тогда с каждой катушки может сниматься отдельный сигнал напряжения. Поскольку катушки обеспечивают независимые сигналы напряжения, эти катушки могут быть использованы для разных функций.

Во вспомогательном инструменте, по меньшей мере два локализационных элемента могут быть также расположены в дистальной концевой области, причем каждый из этих локализационных элементов образован узлом катушек. Также возможно, чтобы вспомогательный инструмент содержал первый локализационный элемент, образованный единственной катушкой, и дополнительный локализационный элемент, образованный узлом катушек.

По меньшей мере одна катушка может быть намотана вокруг сердечника катушки. Как упомянуто выше, индуктивность катушки может быть увеличена сердечником катушки. Пригодным материалом для сердечника катушки является, например, мягкое железо, которое может иметь магнитную проницаемость вплоть до 10000. Сердечник катушки может быть образован единственной деталью, которая тогда предпочтительно простирается от по меньшей мере одного дистального конца катушки до проксимального конца этой катушки. Сердечник катушки может быть также образован множеством выровненных деталей, которые подвижны друг относительно друга, причем выровненные детали тогда предпочтительно простираются от по меньшей мере одного дистального конца катушки до проксимального конца этой катушки. Когда сердечник катушки образован несколькими деталями, которые выровнены подвижно, может быть предпочтительным, чтобы эти несколько деталей точно устанавливались друг в друга, например, подобно шаровому шарниру. Тогда сердечник катушки, образованный несколькими деталями, может сравнительно гибко адаптироваться к данной форме сосуда или просвета. Даже когда сердечник катушки изготовлен из единственной детали, сердечник катушки может иметь изгибную жесткость, значительно меньшую 10 Нмм^2 , вследствие его малого внешнего диаметра. В общем, сердечник катушки может быть изготовлен из разных материалов. Предпочтительно, однако, чтобы используемый материал имел высокую магнитную проницаемость.

Когда катушка намотана вокруг сердечника катушки, первый конец катушки может быть электропроводно соединен с первой из по меньшей мере двух линий, и второй конец катушки может быть электропроводно соединен с дистальным концом сердечника катушки. Тогда проксимальный конец сердечника катушки может быть электрически соединен со второй из по меньшей мере двух линий. Тогда сердечник катушки устанавливает электропроводящее соединение между вторым концом катушки и второй линией.

В варианте осуществления, в котором катушка намотана вокруг сердечника катушки, и первый конец катушки электропроводно соединен с первой из упомянутых по

меньшей мере двух линий, и второй конец катушки электропроводно соединен с дистальным концом сердечника катушки, может быть предпочтительным, чтобы сердечник катушки на его проксимальном конце не был электропроводно соединен со второй из упомянутых по меньшей мере двух электрических линий, а простирается от дистального конца катушки до проксимального конца вспомогательного инструмента. В этом варианте сердечник катушки может образовывать одну из по меньшей мере двух линий вспомогательного инструмента.

Также может быть предпочтительным, чтобы сердечник катушки простирался за пределы дистального конца катушки по направлению к проксимальному концу вспомогательного инструмента, но не до проксимального конца вспомогательного инструмента. На его проксимальном конце сердечник катушки затем предпочтительно электропроводно соединяется со второй линией из по меньшей мере двух линий. Однако, в этом варианте осуществления, вторая из упомянутых по меньшей мере двух линий простирается не от конца катушки до проксимального конца вспомогательного инструмента, а от проксимального конца сердечника катушки до проксимального конца вспомогательного инструмента.

Когда упомянутый по меньшей мере один локализационный элемент образован единственной катушкой или узлом катушек, по меньшей мере одна катушка может также иметь по меньшей мере одну изгибающуюся секцию, в пределах которой катушка является сравнительно гибкой относительно остальной части этой катушки. Например, изгибающаяся секция катушки может быть выполнена так, чтобы в этой секции число витков на единицу длины катушки было меньшим, чем в остальной части катушки. Такая катушка может быть также намотана вокруг сердечника катушки и, в частности, в изгибающейся секции катушки может иметь изгибную жесткость, меньшую 10 Нмм^2 .

По меньшей мере один локализационный элемент может быть также образован узлом катушек, образованным несколькими электрически соединенными катушками. Узел катушек предпочтительно образуется некоторым числом катушек, соединенных последовательно. Предпочтительно, узел катушек имеет по меньшей мере одну изгибающуюся секцию, расположенную между двумя катушками узла катушек. Изгибающаяся секция узла катушек, расположенная между двумя катушками, имеет сравнительно меньшую прочность на изгиб, в частности, по сравнению с катушками узла катушек. В частности, в той части вспомогательного инструмента, в которой расположена изгибающаяся секция узла катушек, вспомогательный инструмент имеет изгибную жесткость, меньшую 10 Нмм^2 . Возможно, чтобы между двумя изгибающимися секциями или, в общем, за пределами изгибающейся секции, вспомогательный инструмент имел изгибную жесткость, большую 10 Нмм^2 .

Первая катушка, расположенная на проксимальном конце узла катушек, предпочтительно соединяется на ее проксимальном конце катушки с первой из по меньшей мере двух линий. Дополнительная катушка, расположенная на дистальном конце этого узла катушек, предпочтительно электропроводно соединяется на ее дистальном

конце катушки со второй из упомянутых по меньшей мере двух линий. Через упомянутые по меньшей мере две электрические линии с узлом катушек может быть затем снят сигнал напряжения, который представляет напряжение, возбуждаемое в узле катушек, которое приложено между дистальным концом узла катушек и проксимальным концом узла катушек.

Когда узел катушек образован некоторым числом катушек, соединенных последовательно, общую индуктивность локализационного элемента получают аддитивно на основании соответствующих индуктивностей отдельных катушек узла катушек. Тогда отдельные катушки узла катушек могут быть, например, выполнены так, чтобы каждая из них имела индуктивность, которая меньше 2 мГн. Тогда изгибание узла катушек происходит практически в пределах изгибающейся секции, так что сами катушки узла катушек изгибаются сравнительно мало под действием внешней силы. Механическая нагрузка на сами отдельные катушки может быть, таким образом, сравнительно низкой. Это справедливо, в частности, в сравнении с локализационным элементом, образованным единственной катушкой, имеющей длину, сравнимую с длиной узла катушек, и индуктивность между 2 мГн и 4 мГн при внешнем диаметре, меньшем 0,5 мм.

Катушки узла катушек и, в частности, каждая катушка узла катушек может быть намотана вокруг сердечника катушки, соответственно, который тогда предпочтительно простирается от проксимального конца соответствующей катушки до дистального конца этой катушки. Предпочтительно, сердечник катушки не предусмотрен в изгибающейся секции между двумя катушками узла катушек. Сердечник катушки позволяет увеличить индуктивность единственной катушки без увеличения изгибной жесткости в изгибающейся секции, так что изгибная жесткость может быть значительно меньше 10 Нмм². Также возможно, чтобы все катушки узла катушек были намотаны вокруг общего сердечника катушки. Тогда проводные соединения между отдельными катушками могут все же образовывать изгибающуюся секцию узла катушек, в которой узел катушек предпочтительно изгибается под действием внешней силы.

Узел катушек может быть также электропроводно соединен с по меньшей мере третьей линией. Предпочтительно, тогда первая катушка, расположенная на проксимальном конце узла катушек, электропроводно соединяется на ее проксимальном конце катушки с первой из упомянутых по меньшей мере двух линий, и дополнительная катушка, расположенная на дистальном конце узла катушек, электропроводно соединяется на ее дистальном конце катушки со второй из упомянутых по меньшей мере двух линий. Тогда по меньшей мере третья линия электропроводно соединяется с узлом катушек, предпочтительно, в секции между дистальным концом и проксимальным концом узла катушек. Предпочтительно, по меньшей мере третья линия электропроводно соединяется с узлом катушек в изгибающейся секции. Тогда между по меньшей мере третьей линией и первой линией и/или между по меньшей мере третьей линией и второй линией может быть снят сигнал напряжения.

Когда узел катушек электропроводно соединен с по меньшей мере третьей линией,

может быть снято несколько сигналов напряжения.

Например, когда узел катушек содержит две катушки, и третья линия электропроводно соединяется с узлом катушек в изгибающейся секции между двумя катушками, сигнал напряжения, представляющий возбуждаемое напряжение, прикладываемое между концами катушки, расположенной между первой линией и по меньшей мере третьей линией, может быть снят через первую линию и по меньшей мере третью линию. Соответственно, через по меньшей мере третью линию и вторую линию может быть снят сигнал напряжения, представляющий возбуждаемое напряжение, прикладываемое концами катушки, расположенной между по меньшей мере третьей линией и второй линией. Дополнительно, через первую линию и вторую линию может быть снят сигнал напряжения, который представляет напряжение, которое прикладывается между проксимальным концом узла катушек и дистальным концом узла катушек и может быть присвоено самому узлу катушек.

Снимаемые сигналы напряжения могут быть затем оценены отдельно, и извлеченная информация может быть объединена для обеспечения повышенной надежности в определении положения и ориентации локализационного элемента в переменном электромагнитном поле. Также возможно, чтобы некоторая информация могла быть собрана посредством сравнения снимаемых сигналов напряжения в ходе оценивания. Например, возможно, чтобы посредством сравнения сигналов напряжения могли быть более надежно отличены друг от друга шум и фактический сигнал напряжения.

В частности, когда вспомогательный инструмент предназначен для вставления в просвет хирургического инструмента для его расположения в этом просвете, может быть достаточным, чтобы вспомогательный инструмент содержал только по меньшей мере один локализационный элемент и электрические линии, электрически соединенные с по меньшей мере одним локализационным элементом. Однако может быть предпочтительным, чтобы вспомогательный инструмент имел дополнительную механическую стабилизацию. Упомянутый по меньшей мере один локализационный элемент и упомянутые по меньшей мере две линии могут быть, например, окружены трубкой. Тогда трубка предпочтительно имеет внешний диаметр, меньший 0,6 мм, но, в частности, больший внешнего диаметра окружаемого локализационного элемента. Посредством трубки, вспомогательному инструменту может быть придана дополнительная механическая стабильность, и, в то же время, локализационный элемент и линии могут быть защищены от внешних воздействий.

Стенка трубки предпочтительно имеет толщину 0,1 мм или менее. Предпочтительно, трубка изготавливается из материала, который обеспечивает изгибную жесткость, меньшую 10 Нмм^2 . В частности, в той части дистальной концевой области вспомогательного инструмента, в которой расположен локализационный элемент, изгибная жесткость может также по существу определяться изгибной жесткостью трубки вспомогательного инструмента. Вспомогательный инструмент с внешним диаметром,

меньшим 0,6 мм и задаваемым трубкой, все же является, таким образом, сравнительно гибким, по меньшей мере местами, и тонким и пригоден, таким образом, для вставления в сосуды или просветы, которые имеют малый внутренний диаметр, а также имеют криволинейное направление, или которые могут быть труднодоступными.

Предпочтительно, трубка вспомогательного инструмента изготавливается из биосовместимого материала, и/или внешняя поверхность трубки покрывается биосовместимым материалом. Вспомогательный инструмент с такой трубкой, в частности, пригоден к использованию в хирургической процедуре внутри человеческого тела. Пригодными биосовместимыми материалами, из которых может быть изготовлена трубка вспомогательного инструмента, являются, например, полиуретан (PUR), полиэтилен, силиконовый каучук или полиэфирэфиркетон (PEEK). Вспомогательный инструмент с трубкой, изготовленной из одного из этих материалов, предпочтительно может повторно стерилизоваться, является биосовместимым и прозрачным для рентгеновского излучения. Таким образом, в трубке вспомогательного инструмента можно также располагать рентгеновские маркеры, например, изготовленные из золота, которые являются видимыми, например, в интраоперационных рентгеновских изображениях и могут служить для определения положения и ориентации вспомогательного инструмента во время хирургической процедуры. Таким образом, электромагнитное детектирование положения может быть объединено с рентгеноскопическим детектированием положения. Также может быть предпочтительным, чтобы вспомогательный инструмент с трубкой, в которой размещены рентгеновские маркеры, был расположен в просвете хирургического инструмента, чтобы хирургический инструмент мог быть соединен с электромагнитной системой детектирования положения и мог быть детектирован рентгеноскопической системой детектирования положения.

На проксимальном конце вспомогательного инструмента может быть расположено соединение для электрического контактирования, которое предпочтительно электропроводно соединяется с по меньшей мере двумя выводами. Соединение может иметь разъем и/или соединитель. Посредством соединения вспомогательный инструмент может быть соединен через кабель с устройством обработки данных, таким как общепринятый компьютер, для передачи снимаемого сигнала напряжения устройству обработки данных. Устройство обработки данных предпочтительно является частью системы детектирования положения. Устройство обработки данных предпочтительно выполнено с возможностью оценивать принимаемый сигнал напряжения и вычислительно определять положение и ориентацию локализационного элемента.

Расстояние между проксимальным концом и дистальным концом вспомогательного инструмента предпочтительно находится между 10 см и 200 см, в частности, между 20 см и 150 см, предпочтительно между 30 см и 100 см. В общем вспомогательный инструмент может быть изготовлен с разными длинами. В зависимости от применения может быть предпочтительной меньшая или большая длина

вспомогательного инструмента. Возможно, чтобы вспомогательный инструмент имел длину, которая имеет такой размер, чтобы локализационный элемент простирался на протяжении сравнительно большей части длины вспомогательного инструмента. Когда, например, вспомогательный инструмент имеет длину 30 см, локализационный элемент может простираться на протяжении длины, например, 3 см и, таким образом, на протяжении одной десятой длины вспомогательного инструмента.

Вспомогательный инструмент может также иметь проксимальный локализационный элемент дополнительно к упомянутому по меньшей мере одному локализационному элементу, расположенному в дистальной концевой области. Этот проксимальный локализационный элемент предпочтительно располагается на расстоянии от дистальной концевой области, начиная с дистальной концевой области, в направлении проксимального конца вспомогательного инструмента. Проксимальный локализационный элемент может быть расположен непосредственно смежно с дистальной концевой областью. Предпочтительно, однако, чтобы расстояние между проксимальным локализационным элементом и дистальной концевой областью составляло несколько сантиметров, например, от 5 см до 15 см. Проксимальный локализационный элемент выполнен с возможностью улавливать переменное электромагнитное поле. Подобно упомянутому по меньшей мере одному локализационному элементу, расположенному в дистальной концевой области, проксимальный локализационный элемент может быть также образован катушкой или узлом катушек. В частности, проксимальный локализационный элемент может быть выполнен так же, как локализационный элемент, расположенный в дистальной концевой области вспомогательного инструмента.

Положение и ориентация локализационного элемента могут быть полностью определены посредством определения шести степеней свободы, трех поступательных и трех вращательных степеней свободы. В частности, когда локализационный элемент образован единственной катушкой, этой катушкой могут определяться только пять степеней свободы. Шестая степень свободы локализационного элемента, а именно, вращение вокруг продольной оси катушки, не может быть определена. Однако когда вспомогательный инструмент имеет два локализационных элемента, каждый из которых образован единственной катушкой, которые могут быть, например, проксимальным локализационным элементом и локализационным элементом, расположенным в дистальной концевой области, можно реконструировать шестую степень свободы каждой соответствующей катушки на основе определенных пяти степеней свободы, соответственно. Это, в частности, возможно, когда дистальная концевая область вспомогательного инструмента и, таким образом, локализационный элемент, расположенный в этой области, расположены под углом к проксимальному локализационному элементу. Тогда продольные оси двух локализационных элементов не направлены в одном и том же направлении, а находятся под углом друг к другу.

Предпочтительно, чтобы вспомогательный инструмент, имеющий проксимальный локализационный элемент, в области, в которой расположен проксимальный

локализационный элемент, имел, по меньшей мере местами, низкую изгибную жесткость, меньшую 10 Нмм^2 . Предпочтительно, тогда вспомогательный инструмент остается сравнительно гибким даже в области, в которой расположен проксимальный локализационный элемент, и может адаптироваться к жесткой форме просвета при вставлении в просвет. В частности, тогда вспомогательный инструмент может быть также расположен в таких хирургических инструментах, чей просвет имеет одну или более криволинейных секций. Хирургический инструмент, который сам уже является гибким, предпочтительно остается гибким с расположенным вспомогательным инструментом, имеющим дополнительный проксимальный локализационный элемент, также и в той области, в которой расположен проксимальный локализационный элемент.

Предпочтительно, проксимальный локализационный элемент имеет длину такой величины, которая по меньшей мере в десять раз больше величины внешнего диаметра проксимального локализационного элемента. Подобно упомянутому по меньшей мере одному локализационному элементу, расположенному в дистальной концевой области, проксимальный локализационный элемент может также иметь сравнительно малый внешний диаметр и, тем не менее, вследствие его по меньшей мере в десять раз большей длины может быть выполнен с возможностью выводить сигнал напряжения с отношением сигнал-шум, которое является достаточным для определения положения и ориентации локализационного элемента. Поскольку вследствие по меньшей мере в десять раз большей длины внешний диаметр может быть выбран сравнительно малым, например, $0,5 \text{ мм}$ или менее, вспомогательный инструмент может также иметь, по меньшей мере местами, низкую изгибную жесткость, меньшую 10 Нмм^2 , в частности, также в той области, в которой расположен проксимальный локализационный элемент.

Предпочтительно, чтобы проксимальный локализационный элемент был выполнен с возможностью иметь общую индуктивность между 2 мГн и 4 мГн . Также, в проксимальном локализационном элементе может быть возбуждено достаточно высокое напряжение таким образом, чтобы снимаемый сигнал напряжения предпочтительно имел такое отношение сигнал-шум, чтобы на основании снимаемого сигнала напряжения положение и ориентация проксимального локализационного элемента в переменном электромагнитном поле могли быть сравнительно надежно определены системой детектирования положения.

С использованием вспомогательного инструмента, имеющего дополнительный проксимальный локализационный элемент, с одной стороны, способ реконструкции изгиба в дистальной концевой области вспомогательного инструмента может быть осуществлен особенно предпочтительно.

С использованием вспомогательного инструмента с дополнительным проксимальным локализационным элементом, с другой стороны, может быть также осуществлен особенно предпочтительно способ реконструкции внешней формы хирургического инструмента, в просвете которого расположен вспомогательный инструмент. В частности, внешняя форма хирургического инструмента может быть

реконструирована в той области хирургического инструмента, которая расположена между двумя локализационными элементами вспомогательного инструмента, расположенного в просвете хирургического инструмента.

Как способ реконструкции изгиба дистальной концевой области вспомогательного инструмента, так и способ реконструкции внешней формы хирургического инструмента предпочтительно содержат следующие этапы:

- генерирование переменного электромагнитного поля,
- выведение сигнала напряжения с помощью локализационного элемента, расположенного в дистальной концевой области, причем сигнал напряжения представляет напряжение, возбуждаемое в локализационном элементе,
- выведение сигнала напряжения с помощью проксимального локализационного элемента, который расположен на расстоянии от дистальной концевой области, начиная с дистальной концевой области в направлении проксимального конца вспомогательного инструмента, причем упомянутый сигнал напряжения представляет напряжение, возбуждаемое в проксимальном локализационном элементе,
- определение положения и ориентации локализационного элемента, расположенного в дистальной концевой области, на основе сигнала напряжения, выводимого из упомянутого локализационного элемента, и
- определение положения и ориентации проксимального локализационного элемента, расположенного на расстоянии от дистальной концевой области, на основе сигнала напряжения, выводимого из упомянутого проксимального локализационного элемента.

В способе реконструкции изгиба дистальной концевой области вспомогательного инструмента изгиб предпочтительно реконструируют на основе определенных положения и ориентации локализационного элемента, расположенного в дистальной концевой области, и определенных положения и ориентации проксимального локализационного элемента, расположенного на расстоянии от дистальной концевой области.

В способе реконструкции внешней формы хирургического инструмента внешнюю форму хирургического инструмента, в просвете которого расположен вспомогательный инструмент, реконструируют, предпочтительно, на основе определенных положения и ориентации локализационного элемента, расположенного в дистальной концевой области, и определенных положения и ориентации проксимального локализационного элемента, расположенного на расстоянии от дистальной концевой области. Реконструкция внешней формы хирургического инструмента относится, в частности, к внешней форме хирургического инструмента в области, лежащей между двумя локализационными элементами. Реконструкция внешней формы хирургического инструмента в этой области, в частности, облегчается тем, что положение и ориентация как проксимального локализационного элемента, так и локализационного элемента, расположенного в дистальной концевой области, определяются независимо друг от друга. Для реконструкции внешней формы хирургического инструмента может потребоваться учесть

дополнительные механические граничные условия, такие как пространственное соотношение между двумя локализационными элементами и их расположение внутри вспомогательного инструмента.

Внешняя форма хирургического инструмента, реконструируемая пригодным устройством обработки данных, может быть визуально отображена на мониторе различными способами.

Возможное применение способа реконструкции внешней формы хирургического инструмента находится, например, в области малоинвазивной отоларингологической (ENT) хирургии. Например, внешняя форма баллонного катетера может быть реконструирована при его вставлении в человеческое тело. Когда объем баллона увеличивается, например, сжатым воздухом или текучей средой, форма увеличенного баллона может быть реконструирована на основе определенных положения и ориентации локализационного элемента, расположенного в дистальной концевой области, и определенных положения и ориентации проксимального локализационного элемента, расположенного на расстоянии от дистальной концевой области. Тогда вспомогательный инструмент располагают в баллонном катетере таким образом, чтобы баллон был расположен между проксимальным локализационным элементом и локализационным элементом вспомогательного инструмента, расположенным в дистальной концевой области. Размер, до которого баллон увеличивается - т.е., например, приблизительный диаметр увеличенного баллона - может быть определен на основе давления или количества текучей среды (газа или жидкости), введенной в баллон для увеличения объема баллона, так что нет необходимости в обеспечении датчиков для детектирования увеличения объема баллона. Однако, такие датчики, выполненные с возможностью воспринимать увеличение объема баллона, могут быть обеспечены.

Этапы «реконструкции изгиба в дистальной концевой области вспомогательного инструмента» и «реконструкции внешней формы хирургического инструмента» могут быть также частью одного и того же способа. В этом способе может быть реконструирован как изгиб дистальной концевой области вспомогательного инструмента, так и внешняя форма хирургического инструмента.

Ниже варианты осуществления изобретения описываются со ссылкой на фигуры. На этих фигурах:

Фиг. 1 показывает схематичную и упрощенную иллюстрацию вспомогательного инструмента с локализационным элементом, который окружен трубкой;

Фиг. 2 показывает схематичную и упрощенную иллюстрацию локализационного элемента, который образован катушкой, которая на каждом из ее концов электропроводно соединена с соответствующей электрической линией;

Фиг. 3 показывает схематичную и упрощенную иллюстрацию локализационного элемента, который образован катушкой, намотанной вокруг сердечника катушки;

Фиг. 4 показывает схематичную и упрощенную иллюстрацию сердечника катушки, который образован несколькими элементами, которые подвижно стянуты вместе;

Фиг. 5 показывает схематичную и упрощенную иллюстрацию единственной детали сердечника катушки, которая может быть образована несколькими такими деталями, стянутыми вместе;

Фиг. 6 показывает схематичную и упрощенную иллюстрацию локализационного элемента, образованного катушкой, намотанной вокруг сердечника катушки, причем первый конец катушки электропроводно соединен с первой электрической линией, и второй конец катушки электропроводно соединен с дистальным концом сердечника катушки, и проксимальный конец сердечника катушки электропроводно соединен со второй электрической линией;

Фиг. 7 показывает схематичную и упрощенную иллюстрацию локализационного элемента, образованного катушкой, намотанной вокруг сердечника катушки, причем первый конец катушки электропроводно соединен с первой электрической линией, второй конец катушки электропроводно соединен с дистальным концом сердечника катушки, и сердечник катушки является второй электрической линией;

Фиг. 8 показывает схематичную и упрощенную иллюстрацию локализационного элемента, образованного катушкой, намотанной вокруг сердечника катушки, причем упомянутая катушка имеет изгибающуюся секцию;

Фиг. 9 показывает схематичную и упрощенную иллюстрацию локализационного элемента, образованного узлом катушек, содержащем две катушки, соединенные последовательно, причем изгибающаяся секция расположена между катушками, и узел катушек электропроводно соединен с третьей электрической линией в изгибающейся секции;

Фиг. 10 показывает схематичную и упрощенную иллюстрацию локализационного элемента, образованного узлом катушек, причем узел катушек образован катушками, соединенными последовательно;

Фиг. 11 показывает схематичную и упрощенную иллюстрацию локализационного элемента, образованного узлом катушек, причем узел катушек образован катушками, соединенными последовательно, и каждая из катушек намотана вокруг соответствующего сердечника катушки;

Фиг. 12 показывает схематичную иллюстрацию иглы Джамшиди со вспомогательным инструментом.

Фиг. 1 демонстрирует схематично показанный вспомогательный инструмент 100 с локализационным элементом 102. Локализационный элемент 102 электропроводно соединен с двумя электрическими линиями 104, 106. Провода 104, 106 проведены от локализационного элемента 102 до проксимального конца 108 вспомогательного инструмента 100.

Локализационный элемент 102 и линии 104, 106 окружены трубкой 110, причем трубка простирается от проксимального конца 108 до дистального конца 112 вспомогательного инструмента. Трубка 110 изготовлена из биосовместимого материала, так что вспомогательный инструмент 100, в частности, пригоден к использованию в

хирургической процедуре внутри человеческого тела. Трубка 110 имеет внешний диаметр 114, составляющий 0,5 мм, и стенка трубки имеет толщину 0,1 мм. Трубка 110 простирается за пределы дистального конца локализационного элемента 102, так что дистальный конец трубки 110 образует дистальный конец 112 вспомогательного инструмента 100. Таким образом, локализационный элемент 102 расположен вблизи дистального конца 112 вспомогательного инструмента 100 таким образом, что дистальная концевая область 116 простирается от проксимального конца локализационного элемента 102 до дистального конца трубки 110. Локализационный элемент 102, таким образом, расположен в дистальной концевой области 116 близко от дистального конца 112 вспомогательного инструмента 100.

Локализационный элемент 102 имеет внешний диаметр 118, который составляет 0,4 мм, и индуктивность, которая находится между 2 мГн и 4 мГн. Локализационный элемент 102 может быть, например, образован катушкой, описанной со ссылкой на фиг. 2, 3, 6, 7 или 8, или узлом катушек, описанным со ссылкой на фиг. 9, 10 или 11. В частности, когда локализационный элемент 102 образован катушкой или узлом катушек, вспомогательный инструмент 100 в той части дистальной концевой области 116, в которой расположен локализационный элемент 102, имеет, по меньшей мере местами, низкую изгибную жесткость, меньшую 10 Нмм^2 . Трубка, изготавливаемая из РЕЕК, имеющая размеры, приведенные здесь, обычно имеет изгибную жесткость между 5 Нмм^2 и 10 Нмм^2 , так что изгибная жесткость вспомогательного инструмента 100 в той части дистальной концевой области 116, в которой расположен локализационный элемент 102, предпочтительно по меньшей мере посекционно, практически соответствует изгибной жесткости трубки 110. Между секциями или за пределами секций с изгибной жесткостью, меньшей 10 Нмм^2 , вспомогательный инструмент 100 может также иметь изгибную жесткость, большую 10 Нмм^2 , в частности, в той части дистальной концевой области 116, в которой расположен локализационный элемент 102. Однако, в локализационном элементе 102, имеющем катушку с внешним диаметром, меньшим 0,5 мм, и длиной, большей 5 мм, предпочтительно, большей 10 мм, возможно, чтобы изгибная жесткость используемой трубки 110 была больше изгибной жесткости локализационного элемента 102. Это может быть, в частности, в случае, когда стенка трубки имеет толщину того же порядка, что и толщина внешнего диаметра локализационного элемента локализационного элемента, или даже значительно большую толщину.

Вследствие малого внешнего диаметра 118 локализационного элемента 102 и малого внешнего диаметра 114 трубки 110, сам вспомогательный инструмент 100 является сравнительно тонким и особенно пригоден к вставлению в сосуды или к вставлению в просветы с малыми внутренними диаметрами, даже когда они являются сравнительно труднодоступными. Таким образом, предпочтительно, чтобы вспомогательный инструмент 100, в частности, в той части дистальной концевой области 116, в которой расположен локализационный элемент 102, был по меньшей мере посекционно гибким. Вспомогательный инструмент 100, таким образом, имеет сравнительно малый внешний

диаметр и является тем не менее сравнительно гибким, по меньшей мере местами, особенно в дистальной концевой области. Вспомогательный инструмент 100 может быть, таким образом, расположен или вставлен в сосуды или просветы с малыми внутренними диаметрами и может гибко адаптироваться к форме, определяемой сосудом или просветом. Когда, например, сосуд человеческого тела имеет разные ветви, ветвь может быть выбрана посредством изгибания вспомогательного инструмента в дистальной концевой области, и остальная часть вспомогательного инструмента может затем следовать за дистальным концом вспомогательного инструмента в эту ветвь.

Вспомогательный инструмент 100 с локализационным элементом 102, чье положение и ориентация могут быть определены электромагнитной системой детектирования положения, может быть предпочтительно соединен с такой системой детектирования положения. Тогда положение и ориентация локализационного элемента 102 могут быть определены системой детектирования положения при вставлении вспомогательного инструмента в сосуд. Информация о положении и ориентации локализационного элемента 102 и полученное на ее основе положение и ориентация вспомогательного инструмента 100 могут быть сделаны доступными для пользователя вспомогательного инструмента 100 во время вставления в сосуд, так что он сможет изменять или адаптировать управление вспомогательным инструментом 100 на основе информации, сделанной доступной для него. Например, положение вспомогательного инструмента или хирургического инструмента с расположенным вспомогательным инструментом может быть отображено в томографических изображениях в разрезе исследуемого объекта во время вставления в человеческое тело на мониторе для пользователя. Таким образом, предпочтительно, могут быть предотвращены ошибки, и/или может быть уменьшена механическая нагрузка на человеческую ткань при вставлении вспомогательного инструмента в сосуд или при вставлении хирургического инструмента со вспомогательным инструментом в человеческое тело. Благодаря определению положения и ориентации локализационного элемента, пользователь может, таким образом, использовать вспомогательный инструмент или хирургический инструмент со вспомогательным инструментом более прицельным и управляемым способом. Это особенно важно, когда сосуд имеет крайне малый внутренний диаметр, является труднодоступным и/или имеет чувствительное состояние, например, имеет чувствительную внешнюю стенку, и/или хирургический инструмент должен быть точно расположен, и/или проникание хирургического инструмента в чувствительную ткань, например, костную ткань, должно быть осуществлено с улучшенным управлением.

Для использования вспомогательного инструмента 100 вместе с системой детектирования положения вспомогательный инструмент 100 обычно соединяют посредством кабеля (не показан) с устройством обработки данных (не показано) системы детектирования положения так, чтобы снимаемый сигнал напряжения мог быть передан от локализационного элемента 102 устройству обработки данных через электрические линии 104, 106 и оценен устройством обработки данных. Вспомогательный инструмент

100 может быть, например, соединен через разъемное соединение (не показано) с соответствующим кабелем. Например, вспомогательный инструмент 100 может иметь соединение (не показано), электропроводно соединенное с электрическими линиями 104, 106 и расположенное на проксимальном конце 108 вспомогательного инструмента 100.

Длина показанного вспомогательного инструмента 100 может быть адаптирована к планируемому использованию вспомогательного инструмента 100. Предпочтительно, однако, чтобы вспомогательный инструмент 100 имел длину между 10 см и 150 см.

Вспомогательный инструмент 100 также пригоден к вставлению в просвет хирургического инструмента (не показан). Поскольку вспомогательный инструмент 100 имеет локализационный элемент 102, чье положение и ориентация могут быть определены электромагнитной системой детектирования положения, вспомогательный инструмент 100 может быть использован для соединения хирургического инструмента с системой детектирования положения. Предпочтительно, чтобы такой хирургический инструмент имел просвет с малым внутренним диаметром, в котором может быть расположен вспомогательный инструмент 100. Просвет может иметь малый внутренний диаметр, который имеет именно такой размер, который позволяет вспомогательному инструменту неподвижно располагаться в просвете. Соответственно, сам хирургический инструмент с просветом может быть также сравнительно тонким.

Поскольку вспомогательный инструмент 100 имеет сравнительно малый внешний диаметр и, в то же время, несмотря на локализационный элемент, является сравнительно гибким по меньшей мере посекционно, в частности, в дистальной концевой области, вспомогательный инструмент может адаптироваться к данной форме или направлению просвета хирургического инструмента и может быть неподвижно расположен в просвете.

Фиг. 2 показывает локализационный элемент, образованный катушкой 200. На каждом из двух концов 202, 204 катушки, катушка 200 электропроводно соединена с соответствующей одной из электрических линий 206, 208 вспомогательного инструмента (не показан). Катушка 200 выполнена с возможностью улавливать переменное электромагнитное поле, генерируемое, например, генератором поля (не показан) системы детектирования положения. Посредством изменения плотности магнитного потока, электрическое поле генерируется в катушке 200 согласно принципу электромагнитной индукции. Таким образом, электрический ток, возбуждаемый в катушке 200, зависит от ориентации катушки относительно переменного электромагнитного поля. Через электрические линии 206, 208 может быть снят характерный сигнал напряжения, который представляет возбуждаемое напряжение, прикладываемое между концами 202, 204 катушки. Сигнал напряжения может быть затем передан устройству обработки данных (не показан) системы детектирования положения и оценен им. Системой детектирования положения может быть определено положение и ориентация катушки относительно переменного электромагнитного поля.

Для обеспечения того, чтобы снимаемый сигнал напряжения имел достаточно хорошее отношение сигнал-шум, катушка 200 выполнена с возможностью иметь

индуктивность между 2 мГн и 4 мГн. При данном внешнем диаметре катушка 200 должна, таким образом, иметь соответствующее число витков и длину, чтобы обеспечить индуктивность в этом диапазоне. Внешний диаметр, меньший 0,5 мм, обычно обеспечивает катушку 200, имеющую длину, большую 10 мм.

Вспомогательный инструмент может также иметь несколько локализационных элементов, каждый из которых образован катушками 200, показанными на фиг. 2. Предпочтительно, чтобы каждая из катушек была затем электропроводно соединена с по меньшей мере двумя электрическими линиями, соответственно. Предпочтительно, чтобы несколько катушек не были электрически соединены друг с другом, чтобы отдельный и, в частности, независимый сигнал напряжения мог быть снят с каждой из катушек.

Фиг. 3 показывает локализационный элемент, образованный катушкой 300, намотанной вокруг сердечника 302 катушки. Катушка 300 предпочтительно выполнена так, как описано со ссылкой на фиг. 2. Вследствие сравнительно малого внешнего диаметра катушки 300, меньшего 0,5 мм, сердечник 302 катушки обычно имеет изгибную жесткость, значительно меньшую 10 Нмм^2 , вследствие низкого геометрического момента инерции. Таким образом, когда локализационный элемент образован катушкой 300 с сердечником 302 катушки, описанной здесь, и окружен трубкой (не показана) вспомогательного инструмента, возможно, чтобы релевантная изгибная жесткость вспомогательного инструмента определялась изгибной жесткостью трубки.

Когда сердечник 302 катушки изготовлен из материала с высокой магнитной проницаемостью, индуктивность катушки 300 может быть значительно увеличена таким образом, чтобы индуктивность между 2 мГн и 4 мГн, например, могла быть уже обеспечена меньшим числом витков. Когда диаметр провода катушки сохраняется постоянным, меньшее число витков приводит к меньшей длине катушки 300. Например, сердечник 302 катушки может быть изготовлен из мягкого железа, которое может иметь магнитную проницаемость вплоть до 10000. Показанный сердечник 302 катушки образован из единственного элемента и простирается от проксимального конца 304 катушки 300 до дистального конца 306 катушки 300.

Однако может быть также предпочтительным, чтобы сердечник катушки был образован несколькими деталями, которые подвижно стянуты вместе. Такой сердечник 400 катушки показан на фиг. 4. Когда на такой сердечник 400 катушки наматывается катушка, это приводит к синергетическому эффекту увеличения индуктивности катушки с одновременным увеличением подвижности деталей сердечника 400 катушки, подвижно стянутых вместе. Область основания цилиндрических деталей сердечника 400 катушки может быть выполнена в виде ровной поверхности, показанной на фиг. 4. Однако, для предотвращения образования больших полостей во время изгибания такого сердечника 400 катушки, образованного несколькими деталями, может быть предпочтительным, чтобы детали такого сердечника 400 катушки имели области основания разной формы.

Фиг. 5 показывает деталь 500, которая является одной деталью сердечника катушки, образованного несколькими деталями (не показаны). Эта цилиндрическая деталь

500 не имеет ровных областей основания. Вместо этого, одна область 502 основания имеет вогнутую кривизну, а противоположная область 504 основания имеет выпуклую кривизну. Тогда сердечник катушки, образованный такими деталями 500, может быть собран так, чтобы соответствующая вогнутая кривизна одной детали примыкала к выпуклой кривизне смежной детали, и эти детали предпочтительно точно устанавливались друг в друга. Тогда эти две детали могут перемещаться друг относительно друга подобно шарниру. Также возможно, чтобы деталь (не показана) имела две вогнутые криволинейные области основания, и сердечник катушки был образован из нескольких таких деталей, стянутых вместе. Тогда отдельные детали могут качаться друг относительно друга на их вогнутых криволинейных областях основания для обеспечения сравнительно хорошей подвижности сердечника катушки.

Фиг. 6 показывает локализационный элемент, образованный катушкой 600, намотанной вокруг сердечника 602 катушки. Первый конец 604 катушки электрически соединен с первой линией 606. Вторым концом 608 катушки электрически соединен с дистальным концом 610 сердечника 602 катушки. Проксимальный конец 612 сердечника 602 катушки электропроводно соединен со второй линией 614. Сердечник 602 катушки, таким образом, устанавливает электропроводящее соединение между вторым концом 608 катушки 600 и второй электрической линией 614. Катушка 600 имеет внешний диаметр, меньший 0,5 мм, и длину, предпочтительно большую 10 мм, и, в частности, имеет число витков и длину, выбранные таким образом, чтобы катушка 600 имела индуктивность между 2 мГн и 4 мГн. Предпочтительно, индуктивность катушки 600 может быть увеличена сердечником катушки, образованным из материала с высокой магнитной проницаемостью, чтобы, в свою очередь, сравнительно меньшее число витков могло быть выбрано для обеспечения индуктивности между 2 мГн и 4 мГн. Когда сердечник 602 катушки устанавливает электропроводящее соединение между вторым концом 608 катушки и второй линией 614, нет необходимости проводить вторую линию 614 мимо катушки 600 по направлению к дистальному концу катушки 600 для электрического соединения второй линии 614 со вторым концом 608 катушки 600. Тогда внешний диаметр локализационного элемента предпочтительно не увеличивается линией, проходящей мимо катушки 600.

Фиг. 7 показывает локализационный элемент, образованный катушкой 700, намотанной вокруг сердечника 702 катушки. На первом конце 704 катушки катушка 700 электропроводно соединена с первой линией 706. Вторым концом 708 катушка 700 электропроводно соединена с дистальным концом 710 сердечника 702 катушки. На его проксимальном конце 712 сердечник катушки простирается за пределы проксимального конца катушки и, в частности, до проксимального конца вспомогательного инструмента (не показан). В отличие от варианта осуществления, описанного со ссылкой на фиг. 6, в котором сердечник катушки электропроводно соединен на его проксимальном конце со второй линией, в показанном здесь варианте осуществления не обеспечены никакие дополнительные линии. Вместо этого сердечник катушки сам образует вторую линию,

которая простирается до проксимального конца вспомогательного инструмента (не показан) и может быть электропроводно соединена с соединением (не показано), в частности, с соединительными контактами соединения. Возможно, чтобы вспомогательному инструменту могла быть придана дополнительная механическая стабильность сердечником катушки, простирающимся до проксимального конца вспомогательного инструмента.

Фиг. 8 показывает катушку 800, намотанную вокруг сердечника 802 катушки и имеющую изгибающуюся секцию 804. В изгибающейся секции 804 катушка 800 является сравнительно гибкой по сравнению с остальной частью катушки 800. Изгибающаяся секция 804 катушки 800 выполнена так, что в этой секции число витков на единицу длины катушки 800 меньше, чем в остальной части катушки 800. Только в качестве примера в показанном варианте осуществления в изгибающейся секции обеспечены только два витка. Предполагается, что это обеспечит лучшее понимание изгибающейся секции 804 катушки 800, описанной здесь, которая, в более реалистичном варианте осуществления катушки с изгибающейся секцией, может обычно иметь несколько сотен витков в такой изгибающейся секции, в то время как смежные остальные части катушек могут также иметь несколько тысяч витков. В отличие от катушки с постоянным числом витков на единицу длины, изгибающаяся секция 804 катушки 800, показанная здесь, определяет секцию, которая, вследствие меньшего числа витков на единицу длины, предпочтительно изгибается при приложении силы к катушке. Остальные части такой катушки, таким образом, подвергаются воздействию сравнительно меньшей механической нагрузки. Единственная катушка может также иметь несколько изгибающихся секций, в которых число витков на единицу длины катушки меньше, чем в остальной части катушки. Тогда под действием силы, катушка, образованная таким образом, предпочтительно изгибается в нескольких изгибающихся секциях.

Катушка 800 с изгибающейся секцией 804, показанная на фиг. 8, электропроводно соединена на первом конце 806 катушки с первой линией 808 и на втором конце 810 катушки со второй линией 812. Однако возможно, чтобы на ее втором конце 810, катушка 800 была электропроводно соединена с проксимальным концом сердечника 802 катушки, как это описано со ссылкой на фиг. 6. Тогда дистальный конец сердечника 802 катушки может быть электропроводно соединен со второй линией 812 или может простираться до проксимального конца вспомогательного инструмента, как это описано со ссылкой на фиг. 7, для образования второй электрической линии им самим. Сердечник 802 катушки в показанном варианте осуществления образован из единственной детали, но может быть также образован несколькими деталями, подвижно стянутыми вместе, как это описано со ссылкой на фиг. 4 или 5.

Фиг. 9 показывает узел 900 катушек, образованный двумя катушками 902, 904, соединенными последовательно. Узел 900 катушек имеет изгибающуюся секцию 906, расположенную между катушками 902 и 904. Вследствие простого проводного соединения двух катушек 902, 904 в этой изгибающейся секции 906, узел 900 катушек

является сравнительно гибким. Изгибающаяся секция 906, таким образом, определяет секцию, в которой узел 900 катушек предпочтительно изгибается под действием силы таким образом, что сами катушки изменяют свою форму сравнительно меньше под действием силы.

Катушки 902, 904 имеют длину, внешний диаметр и число витков, которые выбираются таким образом, чтобы соответствующие индуктивности отдельных катушек 902, 904 суммировались в общую индуктивность, которая находится между 2 мГн и 4 мГн.

Катушка 902, расположенная на проксимальном конце 908, электропроводно соединена на ее проксимальном конце катушки с первой линией 910. На ее дистальном конце 904 катушки, катушка 904, расположенная на дистальном конце 912 узла 900 катушек, электропроводно соединена со второй линией 914. Через первую линию 910 и вторую линию 914 может быть снят сигнал напряжения, представляющий напряжение, прикладываемое между проксимальным концом катушки 902 и дистальным концом катушки 904. Узел 900 катушек также электропроводно соединен с третьей линией 916. В показанном варианте осуществления третья электрическая линия 916 электропроводно соединена с узлом 900 катушек в изгибающейся секции 906. Таким образом, через первую линию 910 и третью линию 916 может быть снят дополнительный сигнал напряжения, представляющий напряжение, прикладываемое между дистальным концом катушки 902 и проксимальным концом катушки 902. Дополнительно, через третью линию 916 и вторую линию 914 может быть снят третий сигнал напряжения, представляющий напряжение между дистальным концом катушки 904 и проксимальным концом катушки 904.

Через электрические линии 910, 914, 916, электропроводно соединенные с узлом катушек, показанным здесь, могут быть сняты сигналы напряжения, присвоенные отдельным катушкам 902, 904, и сигнал напряжения, присвоенный узлу 900 катушек. Все сигналы напряжения могут быть переданы и оценены устройством обработки данных (не показано). На основании отдельных сигналов напряжения или на основании комбинации передаваемых сигналов напряжения затем могут быть определены положение и ориентация узла 900 катушек локализационного элемента. Когда надежное определение положения и ориентации невозможно на основании одного единственного сигнала напряжения, например, вследствие отношения сигнал-шум, близкого к или меньшего одного, посредством сравнения сигналов напряжения может оказаться возможным, тем не менее, сделать выводы о положении и ориентации узла катушек в переменном электромагнитном поле.

Только в качестве примера, узел 900 катушек образован только из двух катушек 902, 904. Однако чтобы узел катушек имел общую индуктивность между 2 мГн и 4 мГн, может потребоваться, в зависимости от индуктивностей отдельных катушек, чтобы узел катушек имел больше двух катушек. Предпочтительно, чтобы между этими несколькими катушками находились изгибающиеся секции. В изгибающихся секциях узел катушек может быть электропроводно соединен с дополнительной линией, соответственно, чтобы сигналы напряжения, присвоенные соответствующим катушкам, могли быть сняты через

две соответствующие линии. Например, сигнал напряжения может быть снят через четвертую и пятую линию, причем четвертая линия электропроводно соединена с узлом катушек в изгибающейся секции, смежной с проксимальным концом соответствующей катушки, и пятая линия электропроводно соединена с узлом катушек в изгибающейся секции, смежной с дистальным концом упомянутой соответствующей катушки. Также возможно, чтобы дополнительные линии были электропроводно соединены с узлом катушек таким образом, чтобы мог быть снят сигнал напряжения, который представляет напряжение, прикладываемое между проксимальным концом первой катушки и дистальным концом смежной катушки, и который может быть, таким образом, присвоен этим нескольким катушкам.

Фиг. 10 показывает узел 1000 катушек, образованный тремя катушками 1002, 1004, 1006, соединенными последовательно. Между каждыми двумя из катушек 1002, 1004, 1006 имеется изгибающаяся секция 1008, 1010. Вследствие простых проводных соединений в этой изгибающейся секции 1008, 1010 узел 1000 катушек является сравнительно гибким по сравнению с областями, где расположены катушки 1002, 1004, 1006. Только в качестве примера, здесь, число катушек 1002, 1004, 1006 выбрано равным трем. В вариантах осуществления, не показанных здесь, узел катушек может быть также образован двумя катушками, соединенными последовательно, или более чем тремя катушками, соединенными последовательно. Поскольку индуктивности отдельных катушек 1002, 1004, 1006 суммируются в общую индуктивность узла 1000 катушек, находящуюся между 2 мГн и 4 мГн, предпочтительно увеличивать число катушек 1002, 1004, 1006 в такой степени, чтобы узел 1000 катушек имел общую индуктивность в этом диапазоне. В частности, когда катушки 1002, 1004, 1006 имеют сравнительно малое число витков и, соответственно, сравнительно малую индуктивность, сравнительно большое число таких катушек 1002, 1004, 1006 может потребоваться, чтобы узел катушек имел общую индуктивность между 2 мГн и 4 мГн.

На ее проксимальном конце катушка 1002, расположенная на проксимальном конце 1012 узла 1000 катушек, электропроводно соединена с первой линией 1014. Катушка 1006, расположенная на дистальном конце 1016 узла 1000 катушек, электропроводно соединена ее дистальным концом со второй линией 1018, так что через первую линию 1014 и вторую линию 1018 может быть снят сигнал напряжения, который представляет напряжение, прикладываемое между проксимальным концом 1012 катушки и дистальным концом 1016 катушки узла 1000 катушек. Узел 1000 катушек, показанный здесь, может быть электропроводно соединен с другими линиями, в частности, в изгибающихся секциях 1008, 1010, как это описано со ссылкой на фиг. 9. Когда узел 1000 катушек в изгибающихся секциях 1008, 1010 электропроводно соединен с дополнительной электрической линией, соответственно, могут быть сняты соответствующие дополнительные сигналы напряжения. Эти дополнительные сигналы напряжения могут быть, например, присвоены соответствующей катушке 1002, 1004, 1006 узла 1000 катушек.

Фиг. 11 показывает узел 1100 катушек, образованный тремя катушками 1102, 1104, 1106, соединенными последовательно. Между двумя из катушек 1102, 1104, 1106, соответственно, имеется изгибающаяся секция 1103, 1105, в которой узел катушек является сравнительно гибким. Каждая из катушек 1102, 1104, 1106 намотана вокруг соответствующего сердечника 1108, 1110, 1112 катушки. Каждый из сердечников 1108, 1110, 1112 катушек простирается от проксимального конца соответствующей катушки 1102, 1104, 1106 до дистального конца упомянутой соответствующей катушки 1102, 1104, 1106. Поскольку каждый из сердечников 1108, 1110, 1112 катушек простирается только от проксимального конца до дистального конца соответствующей катушки 1102, 1104, 1106, в частности, никакие сердечники 1108, 1110, 1112 катушек не расположены в изгибающихся секциях 1103, 1105. На изгибную жесткость изгибающейся секции 1103, 1105, таким образом, не влияет сердечник 1108, 1110, 1112 катушки, и она определяется исключительно проводным соединением между катушками 1102, 1104, 1106.

Катушка 1102, которая расположена на проксимальном конце узла 1114 катушек, электропроводно соединена на ее проксимальном конце катушки с первой линией 1116. Катушка 1106, расположенная на дистальном конце 1118 узла 1000 катушек, электропроводно соединена на ее дистальном конце катушки со второй линией 1120. Как описано со ссылкой на фиг. 9, узел 1100 катушек может быть электропроводно соединен, в частности, в изгибающихся секциях 1103, 1105 с дополнительной линией (не показана), соответственно. Через первую линию 1116 и вторую линию 1118 может быть снят сигнал напряжения, присвоенный узлу 1100 катушек, и через необязательные дополнительные электрические линии могут быть сняты дополнительные сигналы напряжения, например, присвоенные отдельным катушкам 1102, 1104, 1106.

Каждая из катушек 1102, 1104, 1106 может также иметь дополнительную изгибающуюся секцию, которая реализована таким образом, что в этой секции число витков на единицу длины меньше, чем в остальной части соответствующей катушки 1102, 1104, 1106, как это описано со ссылкой на фиг. 8. Таким образом, дополнительно к изгибающимся секциям 1103, 1105, уже обеспеченным между двумя из катушек 1102, 1104, 1106, могут быть реализованы дополнительные изгибающиеся секции, которые выполнены так, как описано со ссылкой на фиг. 8, в которых узел 1100 катушек предпочтительно изгибается под действием силы.

Фиг. 12 демонстрирует схематично показанную иглу 1200 Джамшиди в качестве примера хирургического инструмента со вспомогательным инструментом. В просвете 1202 иглы 1200 Джамшиди расположен вспомогательный инструмент 1204. Вспомогательный инструмент 1204 содержит локализационный элемент 1206, который может быть образован катушкой, как это описано со ссылкой на фиг. 2, 3, 6, 7 или 8, или узлом катушек, как это описано со ссылкой на фиг. 9, 10 или 11. Локализационный элемент 1206 соединен с двумя линиями 1208, 1210, которые проведены от локализационного элемента 1206 до соединения 1212 вспомогательного инструмента 1204 для электрического контактирования с дополняющим соединением, например, кабеля (не

показан). Кабель может быть соединен на его другом конце с системой детектирования положения, которая также не показана.

Локализационный элемент 1206 и линии 1208, 1210 окружены трубкой 1214, которая придает вспомогательному инструменту 1204 дополнительную стабильность. Тогда через линии 1208, 1210 и кабель, сигнал напряжения, представляющий напряжение, возбуждаемое в локализационном элементе 1206, может быть передан и оценен системой детектирования положения для определения положения и ориентации локализационного элемента 1206. На основании определенных положения и ориентации локализационного элемента 1206 затем может быть вычислено положение и ориентация иглы 1200 Джамшиди. Например, локализационный элемент 1206 может быть откалиброван для кончика иглы 1200 Джамшиди перед хирургическим вмешательством с использованием иглы 1200 Джамшиди.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Вспомогательный инструмент для вставления в сосуды или для вставления в просветы с малыми внутренними диаметрами, имеющий проксимальный конец и дистальный конец и по меньшей мере один локализационный элемент, чье положение и ориентация могут быть определены электромагнитной системой детектирования положения, причем

- локализационный элемент расположен непосредственно смежным с дистальным концом вспомогательного инструмента или по меньшей мере вблизи дистального конца вспомогательного инструмента, причем локализационный элемент выполнен с возможностью улавливать переменное электромагнитное поле,

- от дистального конца вспомогательного инструмента до проксимального конца локализационного элемента простирается дистальная концевая область вспомогательного инструмента, так что локализационный элемент расположен в этой дистальной концевой области,

- в той части дистальной концевой области, в которой расположен локализационный элемент, по меньшей мере местами, вспомогательный инструмент имеет низкую изгибную жесткость, меньшую 10 Нмм^2 ,

- по меньшей мере две линии проведены от локализационного элемента до проксимального конца вспомогательного инструмента и электропроводно соединены по меньшей мере с локализационным элементом, и

- величина длины локализационного элемента по меньшей мере в десять раз больше величины внешнего диаметра локализационного элемента.

2. Вспомогательный инструмент по пункту 1, причем локализационный элемент выполнен имеющим общую индуктивность, которая составляет между 2 мГн и 4 мГн.

3. Вспомогательный инструмент по пункту 1 или 2, причем локализационный элемент выполнен имеющим электрическое сопротивление, которое составляет между 70 Ом и 100 Ом.

4. Вспомогательный инструмент согласно по меньшей мере одному из пунктов 1-3, причем упомянутый по меньшей мере один локализационный элемент образован по меньшей мере одной катушкой, которая имеет два конца катушки и внешний диаметр 0,5 миллиметра или менее.

5. Вспомогательный инструмент по пункту 4, содержащий по меньшей мере один дополнительный локализационный элемент, расположенный в дистальной концевой области и образованный катушкой, причем упомянутые по меньшей мере две катушки электрически не соединены друг с другом, и каждая из катушек электропроводно соединена с по меньшей мере двумя линиями, проведенными от соответствующей катушки до проксимального конца вспомогательного инструмента.

6. Вспомогательный инструмент по пункту 4, причем упомянутая по меньшей мере одна катушка намотана вокруг сердечника катушки, образованного из единственной детали, простирающейся по меньшей мере от дистального конца катушки до

проксимального конца катушки, или вокруг сердечника катушки, образованного из нескольких деталей, подвижно стянутых вместе, причем сердечник катушки простирается по меньшей мере от дистального конца катушки до проксимального конца катушки.

7. Вспомогательный инструмент по пункту 6, причем первый конец катушки электропроводно соединен с первой из упомянутых по меньшей мере двух линий, а второй конец катушки электропроводно соединен с дистальным концом сердечника катушки, и проксимальный конец сердечника катушки электропроводно соединен со второй из упомянутых по меньшей мере двух линий так, что сердечник катушки устанавливает электропроводящее соединение между вторым концом катушки и второй линией.

8. Вспомогательный инструмент по пункту 6, причем первый конец катушки электропроводно соединен с первой из упомянутых по меньшей мере двух линий, а второй конец катушки электропроводно соединен с дистальным концом сердечника катушки, и причем сердечник катушки простирается от дистального конца катушки до проксимального конца вспомогательного инструмента и является одной из упомянутых по меньшей мере двух линий вспомогательного инструмента.

9. Вспомогательный инструмент согласно по меньшей мере одному из пунктов 4, 6-8, причем катушка имеет по меньшей мере одну изгибающуюся секцию, в которой катушка является сравнительно менее жесткой по сравнению с остальной частью катушки, причем изгибающаяся секция образована так, что в этой секции число витков на единицу длины катушки меньше, чем в остальной части катушки.

10. Вспомогательный инструмент согласно по меньшей мере одному из пунктов 1-4, причем упомянутый по меньшей мере один локализационный элемент образован узлом катушек, содержащим некоторое число соединенных последовательно катушек, причем узел катушек имеет по меньшей мере одну изгибающуюся секцию, которая расположена между двумя катушками узла катушек и которая является сравнительно гибкой по сравнению с катушками узла катушек, и причем первая катушка, расположенная на проксимальном конце узла катушек, электропроводно соединена на ее проксимальном конце с первой из упомянутых по меньшей мере двух линий, и дополнительная катушка, расположенная на дистальном конце узла катушек, электропроводно соединена на ее дистальном конце со второй из упомянутых по меньшей мере двух линий.

11. Вспомогательный инструмент по пункту 10, причем каждая катушка узла катушек намотана вокруг соответствующего сердечника катушки, простирающегося от проксимального конца соответствующей катушки до дистального конца этой катушки, так, что сердечник катушки не расположен в изгибающейся секции между двумя катушками.

12. Вспомогательный инструмент по пункту 10 или 11, причем узел катушек электропроводно соединен с по меньшей мере третьей линией так, что напряжение может быть снято по меньшей мере между третьей линией и первой линией и/или между третьей линией и второй линией.

13. Вспомогательный инструмент согласно по меньшей мере одному из пунктов 1-12, причем локализационный элемент и упомянутые по меньшей мере две линии окружены трубкой, имеющей внешний диаметр, который меньше 0,6 миллиметра, но больше внешнего диаметра окруженного локализационного элемента.

14. Вспомогательный инструмент по пункту 13, причем трубка изготовлена из биосовместимого материала, и/или внешняя поверхность трубки покрыта биосовместимым материалом.

15. Вспомогательный инструмент согласно по меньшей мере одному из пунктов 1-14, причем соединение для электрического контакта расположено на проксимальном конце вспомогательного инструмента и электропроводно соединено с упомянутыми по меньшей мере двумя линиями.

16. Вспомогательный инструмент согласно по меньшей мере одному из пунктов 1-15, причем расстояние между проксимальным концом и дистальным концом вспомогательного инструмента находится между 10 см и 150 см.

17. Вспомогательный инструмент согласно по меньшей мере одному из пунктов 1-16, содержащий проксимальный локализационный элемент, который, начиная с дистальной концевой области в направлении проксимального конца вспомогательного инструмента, расположен на расстоянии от дистальной концевой области и который выполнен с возможностью улавливать переменное электромагнитное поле.

18. Вспомогательный инструмент по пункту 17, который в той части, в которой расположен проксимальный локализационный элемент, по меньшей мере местами, имеет низкую изгибную жесткость, меньшую 10 Нмм^2 .

19. Вспомогательный инструмент по пункту 17 или 18, причем проксимальный локализационный элемент имеет длину такой величины, которая по меньшей мере в десять раз больше величины внешнего диаметра проксимального локализационного элемента, и выполнен таким образом, что он имеет общую индуктивность, которая составляет между 2 мГн и 4 мГн.

20. Хирургический инструмент, содержащий по меньшей мере один внешне доступный просвет, в котором съемно расположен вспомогательный инструмент, который выполнен согласно по меньшей мере одному из пунктов 1-19.

21. Способ реконструкции изгиба дистальной концевой области вспомогательного инструмента, выполненного согласно по меньшей мере одному из пунктов 17-19, включающий этапы:

- генерирование переменного электромагнитного поля,
- выведение сигнала напряжения с помощью локализационного элемента, расположенного в дистальной концевой области, причем сигнал напряжения представляет напряжение, возбуждаемое в локализационном элементе,
- выведение сигнала напряжения с помощью проксимального локализационного элемента, который, начиная с дистальной концевой области в направлении проксимального конца вспомогательного инструмента, расположен на расстоянии от

дистальной концевой области, причем упомянутый сигнал напряжения представляет напряжение, возбуждаемое в проксимальном локализационном элементе,

- определение положения и ориентации локализационного элемента, расположенного в дистальной концевой области, посредством оценивания сигнала напряжения, выводимого из упомянутого локализационного элемента,

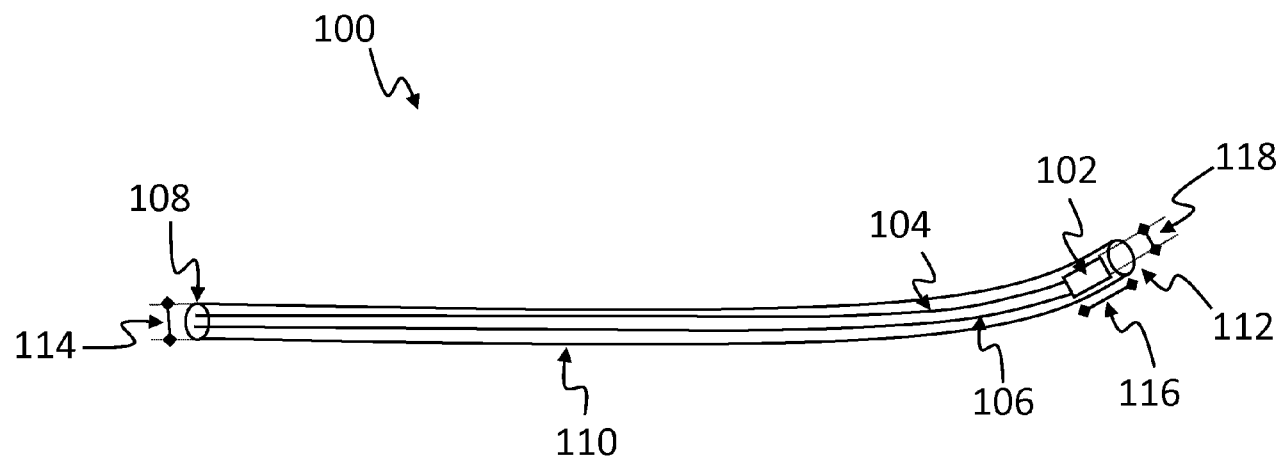
- определение положения и ориентации проксимального локализационного элемента, который расположен на расстоянии от дистальной концевой области, посредством оценивания сигнала напряжения, выводимого из упомянутого проксимального локализационного элемента, и

- реконструирование изгиба дистальной концевой области вспомогательного инструмента на основе определенных положения и ориентации локализационного элемента, расположенного в дистальной концевой области, и определенных положения и ориентации проксимального локализационного элемента, расположенного на расстоянии от дистальной концевой области,

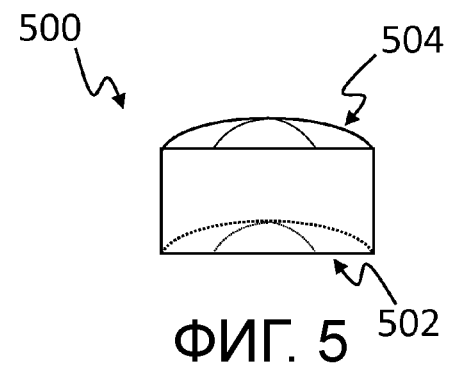
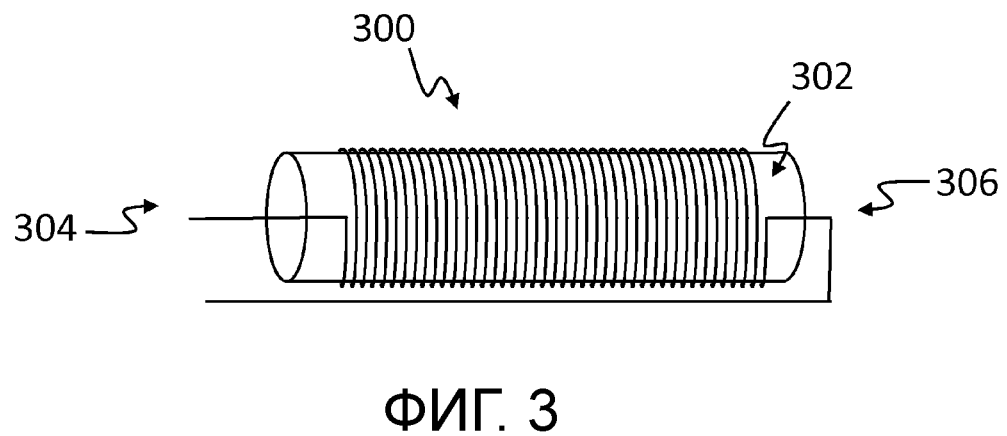
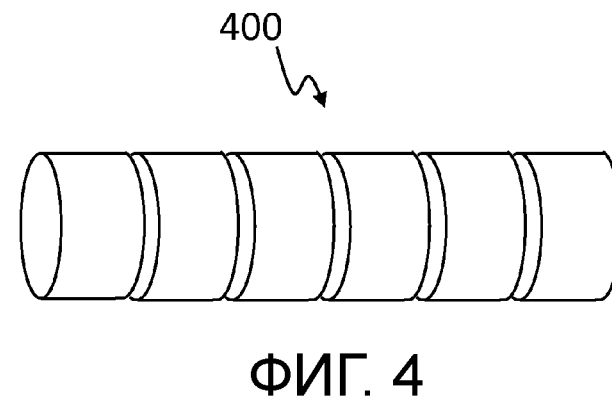
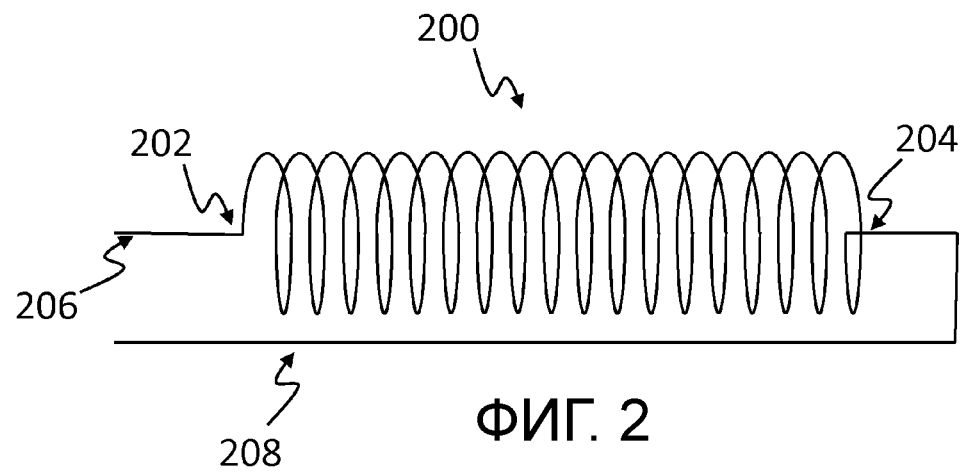
и/или

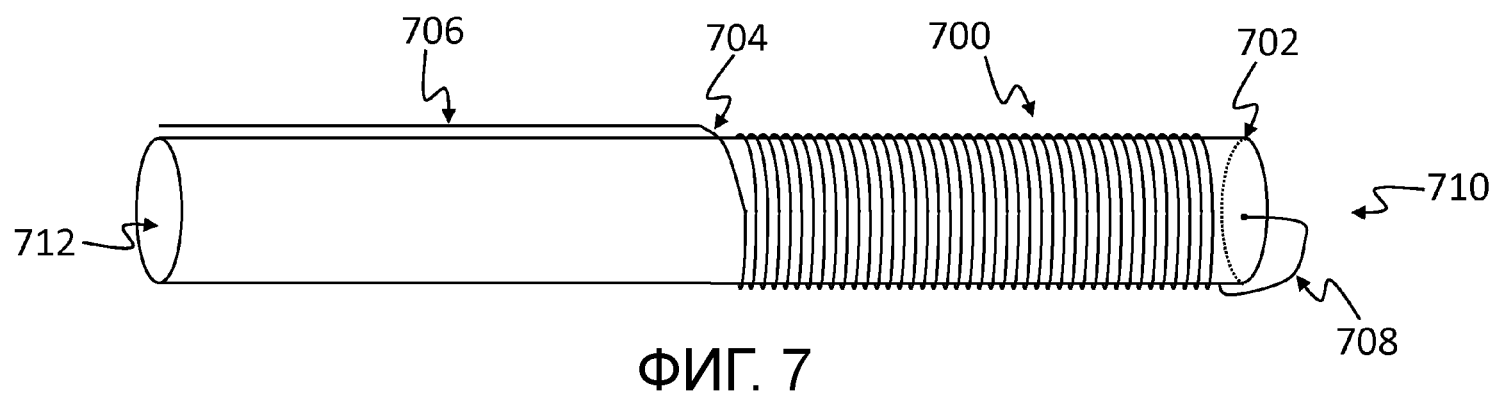
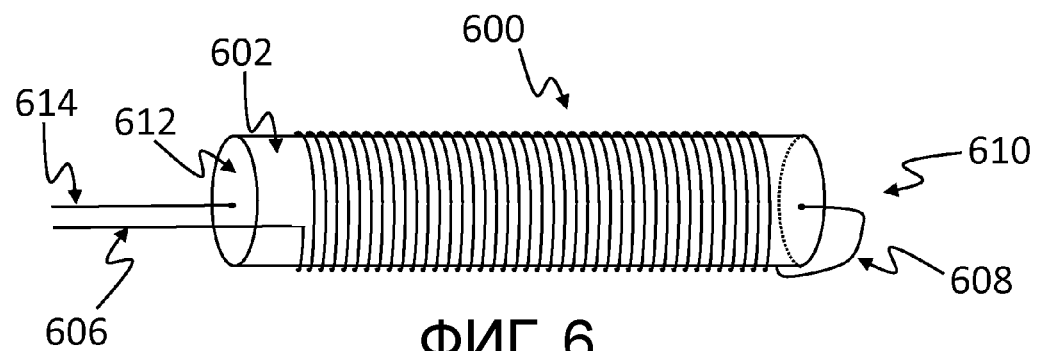
- реконструирование внешней формы хирургического инструмента с просветом, в котором расположен вспомогательный инструмент, на основе определенных положения и ориентации локализационного элемента, расположенного в дистальной концевой области, и определенных положения и ориентации проксимального локализационного элемента, расположенного на расстоянии от дистальной концевой области.

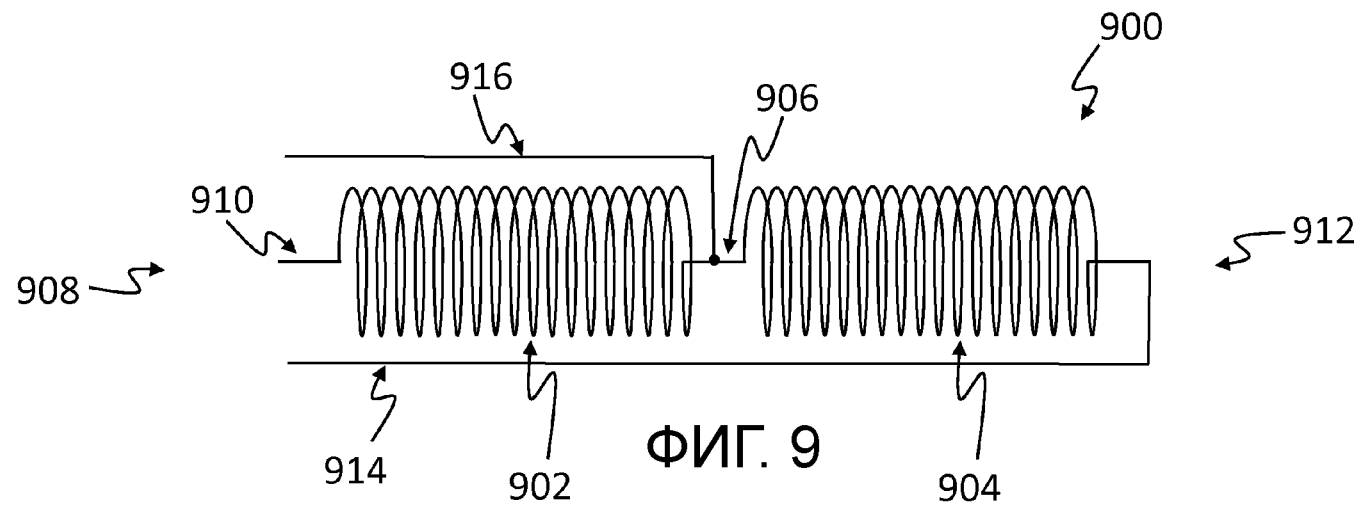
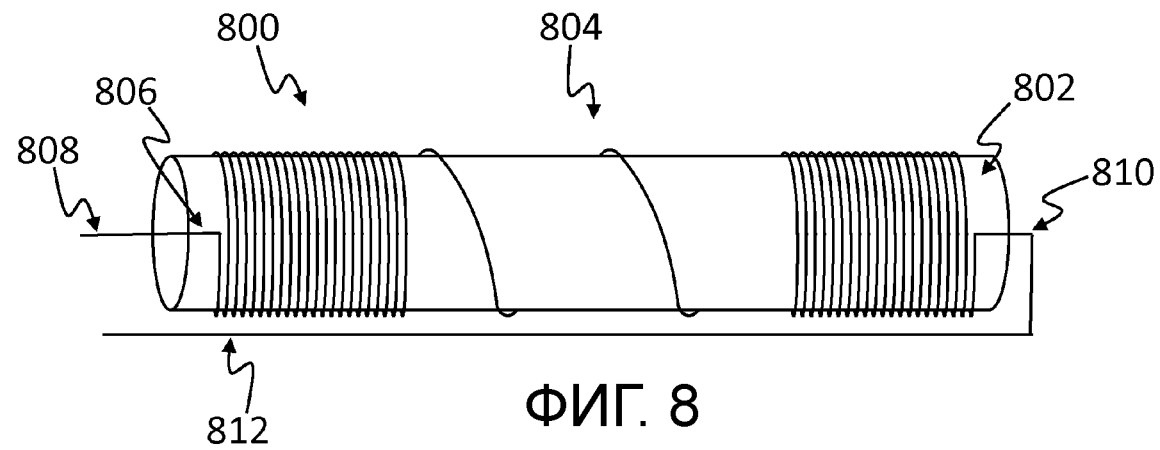
По доверенности

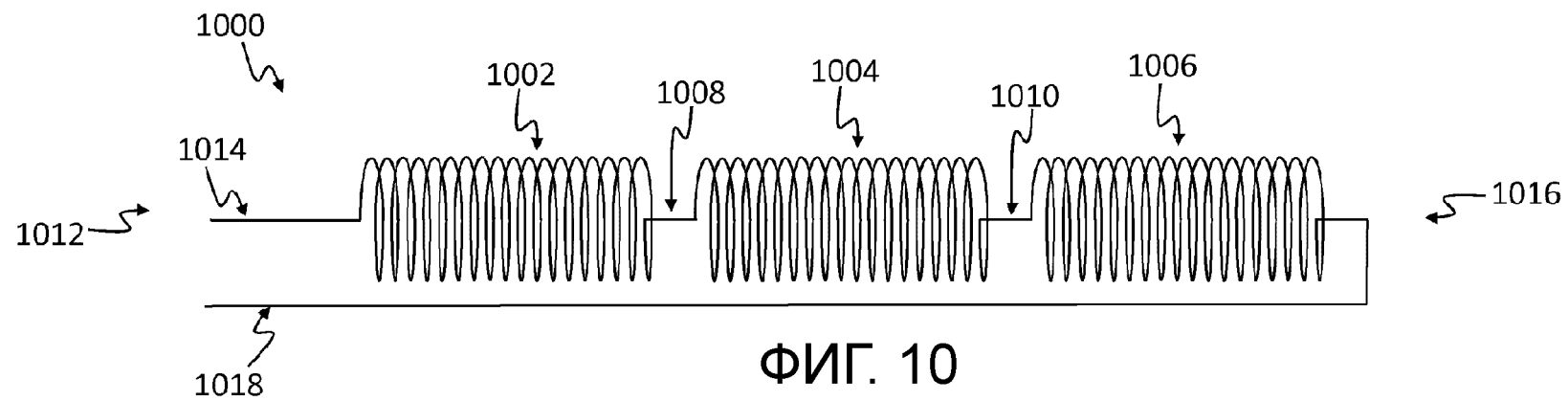


ФИГ. 1

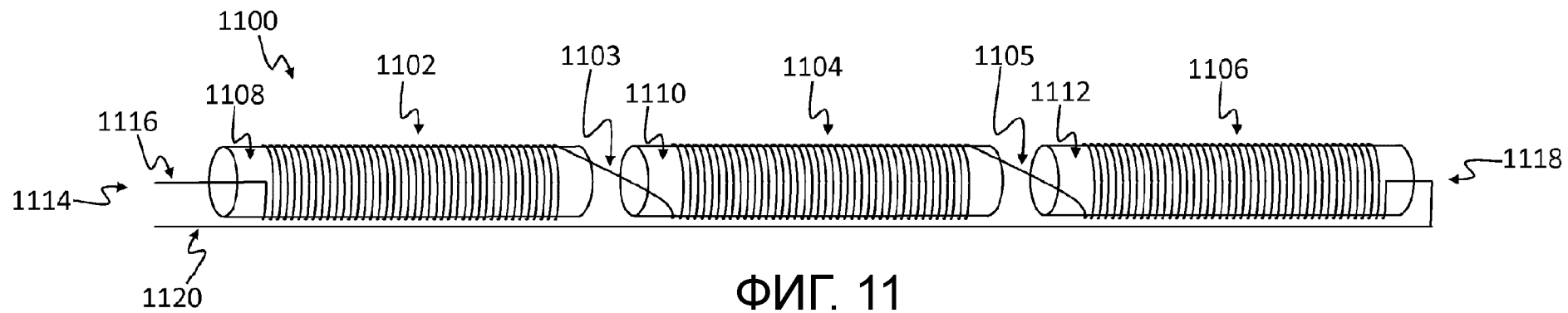




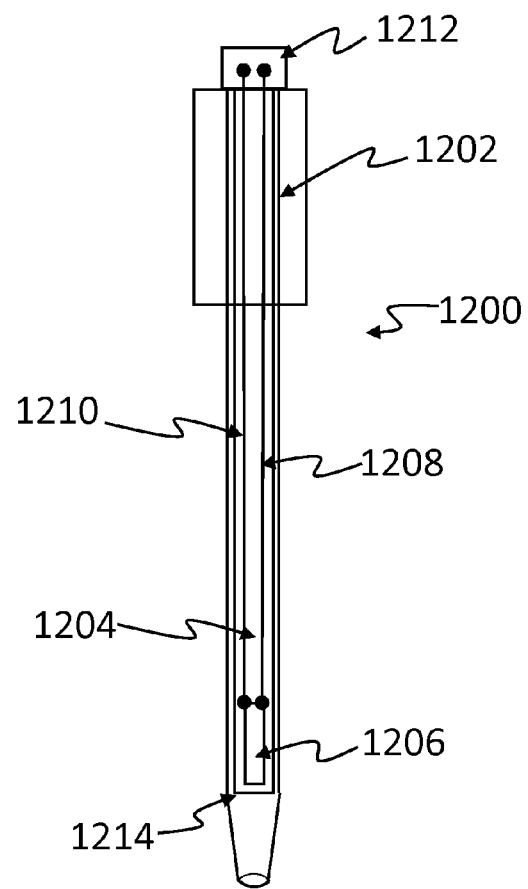




ФИГ. 10



ФИГ. 11



ФИГ. 12