

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044512**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.08.31

(51) Int. Cl. *A61N 1/36* (2006.01)
A61N 1/04 (2006.01)

(21) Номер заявки
202191672

(22) Дата подачи заявки
2019.12.13

(54) **УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С МОЗГОМ**

(31) **1820468.5**

(56) WO-A2-2012094621
US-B1-8958882
WO-A1-2018213622

(32) **2018.12.14**

(33) **GB**

(43) **2021.09.20**

(86) **PCT/IB2019/060767**

(87) **WO 2020/121274 2020.06.18**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
БРЕЙНПАТЧ ЛТД (GB)

(72) Изобретатель:
**Высоков Николай, Толеуханов
Даурен, Тарасенко Илья, Оганесян
Михаил (GB)**

(74) Представитель:
Зуйков С.А. (RU)

(57) Устройство взаимодействия с мозгом, которое предоставляет, при работе, мониторинг мозговой активности и стимуляцию мозга пользователя, содержащее приспособление головного убора, которое должно размещаться или располагаться на голове пользователя, при этом приспособление головного убора содержит электродное приспособление, содержащее группу электродов, которая осуществляет электрический контакт с волосистой частью головы пользователя, приспособление ввода/вывода, которое принимает электрические сигналы от группы электродов и передает мозговые стимулы посредством протокола стимуляции мозга группе электродов, приспособление обработки данных, которое обрабатывает обнаруженные электрические сигналы, принятые от приспособления ввода/вывода, и создает протокол стимуляции мозга, соответствующий принятым электрическим сигналам, при этом приспособление обработки данных содержит модуль памяти; и блоки питания, которые подают электроэнергию приспособлению ввода/вывода и приспособлению обработки данных. Приспособление обработки данных сравнивает принятые электрические сигналы с заданным набором эталонных данных для создания анализа принятых электрических сигналов, и применяет алгоритм машинного обучения или другой вычислительный алгоритм для анализа при создании протокола стимуляции мозга.

B1

044512

044512
B1

Область техники, к которой относится изобретения

Изобретение относится к устройствам нейромодуляции и к способам использования вышеупомянутых устройств нейромодуляции. Более конкретно, настоящее изобретение относится к устройству, взаимодействующему с мозгом, и способам использования такого устройства, например, применением искусственного интеллекта (адаптивное обучение), реализованного посредством вычислительных приспособлений, которые изменяют метод работы устройства взаимодействия с мозгом при обработке сигналов, проходящих через него, когда оно работает. Дополнительно, настоящее изобретение касается компьютерных программных продуктов, содержащих машиночитаемый носитель, предназначенный для длительного хранения информации, имеющий машиночитаемые инструкции, хранящиеся в нем, причем машиночитаемые инструкции выполняются компьютеризированным устройством, содержащим обрабатывающее аппаратное средство для выполнения вышеупомянутых способов.

Уровень техники

В последнее время, оборудование, которое выполнено с возможностью стимулировать нервную систему человека, значительно эволюционировало. Однако электрохимические сигналы, исходящие из данного мозга данного человека, изолируются от внешних воздействий черепом данного мозга, причем электрохимические сигналы распространяются пространственно черепом. Кроме того, неинвазивные системы стимуляции мозга (NIBS) в настоящее время используют для стимуляции мозга. В примере, функцию нервной системы изменяют применением электрической стимуляции к нервной системе для управления восприятием боли нервной системой, или используют другой протокол стимуляции мозга для улучшения производительности нервной системы при выполнении когнитивных задач.

Как правило, электрохимические сигналы, исходящие из данного мозга данного человека, обнаруживают соединением электродов, контактирующих с волосистым участком головы данного человека. В общем, сигналы, захваченные из данного мозга использованием электродов, соединенных в контакте с волосистым участком головы, имеют амплитуду порядка от десятков до сотен микровольт. Эти сигналы или параметры, полученные из этих сигналов, связаны с различными состояниями мозга, когнитивной активностью и особыми нарушениями. Также можно использовать те же или другие электроды для передачи электрических токов для неинвазивной стимуляции мозга (NIBS). Кроме того, большинство традиционных неинвазивных систем стимуляции мозга (NIBS) полагаются на "единый" протокол, а именно, общий протокол, используемый в общем для различных типов мозга. И наоборот, оказалось, что человеческий мозг в высшей степени индивидуалистичен, а именно взаимно отличаются друг от друга тем, как они отвечают на стимулы. Кроме того, жесткая традиционная система позиционирования электродов (также известная, как система 10/20), которая учитывает размер черепа и используется как для электрической записи, так и для электрической стимуляции, полагается на помощь медсестры или техника, однако она по-прежнему не учитывает особенности мозга и алгоритмы обработки сигнала, а стимуляция, которая не адаптируется, таким образом, может приводить к плохой воспроизводимости и неожиданным исходам в экстремальных случаях. Следовательно, такая единая конструкция устройства в соответствии с "единым" протоколом, является грубым и неэффективным подходом.

Такие индивидуалистичные требования выявляют главную задачу и необходимость в области оптимизации стимуляции в отношении межиндивидуальных структурных вариабельностей, а также в отношении индивидуальной динамики сигнализации, и даже в отношении быстро меняющегося состояния мозга в реальном времени. Поскольку стимуляция мозга влияет на состояние мозга, стимуляция потенциально нуждается в соответствующей адаптации, таким образом, создавая "петлю обратной связи". Если эта адаптация происходит автоматически в реальном времени без вовлечения любой третьей стороны, этот тип петли известен как "замкнутая петля". Если стимуляция была неэффективной при изменении состояния мозга до желаемого состояния, то коллективные параметры стимуляции, которые могут быть определены как "протокол стимуляции мозга", должны быть настроены в этой петле обратной связи, пока не будет достигнут желаемый эффект. Таким образом, мы определяем любые приспособления для обработки входящего сигнала или для настройки протокола стимуляции мозга, который может адаптироваться к межиндивидуальной разнице и к разнице между состояниями, в качестве "алгоритмов адаптивного обучения".

Однако большинство существующих специализированных устройств ограничены в своей способности устанавливать действительно неинвазивную стимуляцию мозга (NTBS) типа замкнутой петли. Примечательно, что, существующее специализированное оборудование испытывает нехватку протоколов реального времени для настройки и оптимизации стимуляции, что приводит к плохой воспроизводимости полезных эффектов, которые способна предоставлять неинвазивная стимуляция мозга (NTBS). Кроме того, большинство усилий, предпринятых в этом направлении, до сих пор были сосредоточены преимущественно на запуске стимуляции в ответ на положительную или отрицательную фазу записанных мозговых волн. Например, чтобы запускать стимуляцию в фазе с записанными мозговыми волнами данного субъекта, в настоящее время используют форму "фазовой синхронизации", как описано в публикации WIPO WO 2017015428 A1.

Несмотря на достижения, которые были выполнены в вышеупомянутом оборудовании нейромодуляции, параметры стимуляции нуждаются в дополнительной оптимизации для достижения улучшенной

оптимизации неинвазивной стимуляции мозга (NIBS) в реальном времени. Следовательно, в свете выше-изложенного обсуждения, имеется необходимость преодолевать вышеупомянутые недостатки, связанные с традиционной системой неинвазивной стимуляции мозга (NIBS).

Сущность изобретения

Настоящее изобретение стремится предоставлять улучшенное устройство взаимодействия с мозгом, например, устройство NIBS, которое лучше способно адаптировать свои параметры стимуляции к индивидуальным требованиям и свойствам каждого человека, к которому применяют устройство.

Кроме того, настоящее изобретение стремится описывать улучшенный способ использования улучшенного устройства взаимодействия с мозгом, например, устройство NIBS, которое лучше способно динамически адаптировать свои параметры стимуляции к требованиям индивидуума и к свойствам каждого человека, к которому применяют устройство, в зависимости от отклика мозга индивидуума на стимуляцию.

Задача настоящего изобретения заключается в том, чтобы предоставлять решение, которое преодолевает по меньшей мере частично, проблемы, встречающиеся в NIBS известного уровня техники, и предоставлять улучшенное устройство взаимодействия с мозгом пользователям.

В первом аспекте варианты выполнения настоящего изобретения предоставляют устройство взаимодействия с мозгом, которое запускает, при работе, мониторинг мозговой активности и стимуляцию мозга пользователя, при этом устройство содержит:

(i) приспособление головного убора, которое должно размещаться или располагаться на голове пользователя, при этом приспособление головного убора содержит электродное приспособление, содержащее группу электродов, которая осуществляет электрический контакт с волосистой частью головы пользователя, при работе, для обнаружения электрических сигналов от него, и для подачи к нему мозговых стимулов;

(ii) приспособление ввода/вывода, которое принимает электрические сигналы от по меньшей мере одного из группы электродов и передает мозговые стимулы посредством по меньшей мере одного из группы электродов, при работе;

(iii) приспособление обработки данных, которое обрабатывает обнаруженные электрические сигналы, принятые от приспособления ввода/вывода, и создает протокол стимуляции мозга, который зависит от принятых электрических сигналов, при работе, при этом приспособление обработки данных содержит модуль памяти; и

(iv) блок питания, который подает электроэнергию приспособлению ввода/вывода и приспособлению обработки данных, отличающееся тем, что приспособление обработки данных сравнивает принятые электрические сигналы с заданным набором эталонных данных для создания анализа принятых электрических сигналов, и применяет по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения или другой вычислительный алгоритм к процессам анализа и создания протокола стимуляции мозга. Преимущество настоящего изобретения заключается в том, что оно предоставляет персонализированное устройство взаимодействия с мозгом, способное предоставлять конкретную для пользователя стимуляцию адаптивным образом и в реальном времени, таким образом, приводящую к среде стимуляции, удобной для пользователя, для достижения желаемых эффектов.

Варианты выполнения изобретения предпочтительны с точки зрения предоставления устройства взаимодействия с мозгом, которое имеет потенциал для уменьшения интенсивности симптомов, связанных с бессонницей, синдромом дефицита внимания с гиперактивностью, эпилепсией и тремором при болезни Паркинсона, посредством нейромодуляции, оптимизированной к индивидуальной динамике мозговых сигналов. Кроме того, устройство настоящего изобретения предоставляет решение для достижения безопасной и эффективной транскраниальной стимуляции, неинвазивной записи мозговой активности и оптимизации в реальном времени мозговых стимулов в соответствии с откликом, принятым от мозга.

Во втором аспекте варианты выполнения настоящего изобретения предоставляют способ использования устройства взаимодействия с мозгом, которое предоставляет, при работе, мониторинг мозговой активности и стимуляцию мозга пользователя, содержащий этапы, на которых:

(i) используют блок питания для подачи электроэнергии к приспособлению ввода/вывода и к приспособлению обработки данных;

(ii) размещают или располагают приспособление головного убора на голове пользователя, при этом приспособление головного убора содержит электродное приспособление, содержащее группу электродов, которая осуществляет электрический контакт с волосистой частью головы пользователя, при работе, для обнаружения электрических сигналов от него, и для подачи к нему мозговых стимулов;

(iii) используют приспособление ввода/вывода для приема электрических сигналов от по меньшей мере одного из группы электродов, и для передачи мозговых стимулов по меньшей мере одному из группы электродов;

(iv) используют приспособление обработки данных для обработки обнаруженных электрических сигналов, принятых от приспособления ввода/вывода, и для создания протокола стимуляции мозга, оптимизированного в отношении принятых электрических сигналов, при этом приспособление обработки

данных содержит модуль памяти; и

(v) сравнивают принятые электрические сигналы и заданный набор эталонных данных для создания анализа и применения по меньшей мере одного алгоритма адаптивного обучения или другого вычислительного алгоритма для анализа для создания протокола стимуляции мозга.

В третьем аспекте варианты выполнения настоящего изобретения предоставляют компьютерный программный продукт, содержащий машиночитаемый носитель, предназначенный для долговременного хранения информации, имеющий машиночитаемые инструкции, хранящиеся на нем, причем машиночитаемые инструкции выполняются компьютеризированным устройством, содержащим обрабатывающее аппаратное средство для выполнения вышеупомянутого способа.

Дополнительные аспекты, преимущества, признаки и задачи настоящего изобретения, станут очевидными из чертежей и подробного описания иллюстративных вариантов выполнения, истолкованных в сочетании с приложенной формулой изобретения, которая следует далее.

Будет понятно, что признаки настоящего изобретения могут быть объединены в различных совокупностях без отступления от объема настоящего изобретения, как определено приложенной формулой изобретения.

Краткое описание чертежей

Вышеприведенная сущность изобретения, а также следующее подробное описание иллюстративных вариантов выполнения, лучше понятны при чтении в сочетании с приложенными чертежами. В целях иллюстрации настоящего изобретения, примерные варианты выполнения изобретения, показаны на чертежах. Однако настоящее изобретение не ограничено конкретными способами и инструментами, раскрытыми в настоящем документе. Кроме того, специалист в области техники поймет, что чертежи выполнены не в масштабе. Там, где это возможно, подобные элементы были обозначены идентичными позициями.

Варианты выполнения настоящего изобретения теперь будут описаны только в качестве примера со ссылкой на следующие схемы, на которых:

фиг. 1 представляет собой схематичную иллюстрацию блок-схемы устройства взаимодействия с мозгом для мониторинга мозговой активности и стимуляции мозга пользователя, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения;

фиг. 2А и 2В представляют собой иллюстрации примерных реализаций устройства взаимодействия с мозгом с фиг. 1, примененного на пользователе, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения;

фиг. 3 представляет собой иллюстрацию системы замкнутой петли для реализации по меньшей мере одного алгоритма адаптивного обучения, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения;

фиг. 4 представляет собой иллюстрацию примерной реализации устройства взаимодействия с мозгом, содержащего блок управления и приспособление внешней стимуляции, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения;

фиг. 5 представляет собой иллюстрацию примерной реализации устройства взаимодействия с мозгом, содержащего приспособление внешней стимуляции, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения;

фиг. 6 представляет собой иллюстрацию примерной реализации устройства взаимодействия с мозгом с другим приспособлением головного убора, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения;

фиг. 7 представляет собой примерный интерфейс пользователя для приема инструкции от пользователя или для отображения персонализированного протокола стимуляции мозга, приложенного к пользователю, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения;

фиг. 8А, 8В показывают спектрограммы и сигналы, обнаруженные из О1 (канал 7 и канал 8, соответственно) области мозга пользователя, в ответ на различные частоты стимуляции, используемые для определения оптимальной частоты стимуляции для пользователя, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения;

фиг. 9 показывает график, иллюстрирующий нелинейное отношение между частотой стимуляции, переданной светодиодами, и мощностью отклика мозгового сигнала с частотой, соответствующей частоте стимуляции со светодиодным светом, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения; и

фиг. 10 представляет собой иллюстрацию этапов способа мониторинга мозговой активности и стимуляции мозга пользователя, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения.

На сопровождающих чертежах подчеркнутую позицию применяют для представления элемента, над которым расположена подчеркнутая позиция, или элемента, которому подчеркнутая позиция является смежной. Не подчеркнутая позиция относится к элементу, обозначенному линией, связывающей не подчеркнутую позицию с элементом. Когда позиция не подчеркнута и сопровождается соответствующей стрелкой, не подчеркнутую позицию используют для обозначения общего элемента, на который указывает стрелка.

Подробное описание вариантов выполнения

Следующее подробное описание иллюстрирует варианты выполнения настоящего изобретения и пути, которыми они могут быть реализованы. Хотя некоторые режимы выполнения настоящего изобретения были раскрыты, специалисты в области техники должны признать, что также возможны и другие варианты выполнения для выполнения или осуществления настоящего изобретения.

В одном аспекте вариант выполнения настоящего изобретения предоставляет устройство взаимодействия с мозгом, которое предоставляет, при работе, мониторинг мозговой активности и стимуляцию мозга пользователя, при этом устройство содержит:

(i) приспособление головного убора, которое должно размещаться или располагаться на голове пользователя, при этом приспособление головного убора содержит электродное приспособление, содержащее группу электродов, которая осуществляет электрический контакт с волосистой частью головы пользователя, при работе, для обнаружения электрических сигналов от него и для подачи к нему мозговых стимулов;

(ii) приспособление ввода/вывода, которое принимает электрические сигналы от по меньшей мере одного из группы электродов и передает мозговые стимулы по меньшей мере одному из группы электродов, при работе;

(iii) приспособление обработки данных, которое обрабатывает обнаруженные электрические сигналы, принятые от приспособления ввода/вывода, и создает протоколы стимуляции мозга, которые зависят от принятых электрических сигналов, при работе, при этом приспособление обработки данных содержит модуль памяти; и

(iv) блок питания, который подает электроэнергию приспособлению ввода/вывода и приспособлению обработки данных,

отличающееся тем, что приспособление обработки данных сравнивает принятые электрические сигналы с заданным набором эталонных данных для создания анализа принятых электрических сигналов, и применяет по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения или другой вычислительный алгоритм к процессам анализа и создания протокола стимуляции мозга.

В другом аспекте вариант выполнения настоящего изобретения предоставляет способ использования устройства взаимодействия с мозгом, которое предоставляет, при работе, мониторинг мозговой активности и стимуляцию мозга пользователя, отличающийся тем, что способ содержит этапы, на которых:

(i) используют блок питания для подачи электроэнергии к приспособлению ввода/вывода и к приспособлению обработки данных;

(ii) размещают или располагают приспособление головного убора на голове пользователя, при этом приспособление головного убора содержит электродное приспособление, содержащее группу электродов, которая осуществляет электрический контакт с волосистой частью головы пользователя, при работе, для обнаружения электрических сигналов от него, и для подачи к нему мозговых стимулов;

(iii) используют приспособление ввода/вывода для приема электрических сигналов от по меньшей мере одного из группы электродов, и для передачи мозговых стимулов по меньшей мере одному из группы электродов;

(iv) используют приспособление обработки данных для обработки обнаруженных электрических сигналов, принятых от приспособления ввода/вывода и для создания протокола стимуляции мозга, зависящего от принятых электрических сигналов, при этом приспособление обработки данных содержит модуль памяти; и

(v) сравнивают принятые электрические сигналы и заданный набор эталонных данных для создания анализа и применения по меньшей мере одного алгоритма адаптивного обучения или другого вычислительного алгоритма для анализа для создания протокола стимуляции мозга.

Настоящее изобретение предоставляет вышеупомянутое устройство и вышеупомянутый способ предоставления мониторинга мозговой активности и стимуляции, при работе. Устройство, описанное в настоящем документе, является простым, прочным, недорогим, и позволяет предоставлять электрические стимулы эффективным образом. Устройство эффективно воспринимает мозговую активность и предоставляет мозговые стимулы в качестве обратной связи от нее, прочным, эффективным, и адаптивным образом.

На протяжении настоящего изобретения термин "пользователь", используемый в настоящем документе, относится к любому человеку (т.е. человеческому существу), использующему вышеупомянутое устройство. Возможно, пользователь может быть человеком, имеющим определенное физическое или умственное нарушение, такое как эпилепсия, травма головы, энцефалит, опухоль мозга, энцефалопатия, проблемы, связанные с памятью, нарушения сна, инсульт, слабоумие и т.д. Альтернативно, пользователь может быть человеком, желающим достигать конкретного состояния ума, такого как улучшенная концентрация, расслабление, умственные способности или, в общих чертах, улучшение производительности для выполнения задачи.

На протяжении настоящего изобретения, термин "мониторинг мозговой активности", используемый в настоящем документе, относится к мониторингу электрических сигналов, принятых от мозга способом электроэнцефалографии (EEG). Возможно, мониторинг мозговой активности может содержать обнару-

жение сигналов, которые содержат, но не ограничиваются, сигналы или совокупность сигналов, полученных посредством электрополевой энцефалографии (EFEG), ближней инфракрасной спектроскопии (NIRS), магнитоэнцефалографии (MEG), электромиографии (EMG), содержащей сигналы, приходящие от электродов, расположенных пространственно удаленно от волосистой части головы данного пользователя, электрокардиографии (ECG), отслеживания зрения и/или функциональной магнитной резонансной визуализации (fMRI). Более возможно, мониторинг мозговой активности относится к мониторингу изменения электрической активности мозга пользователя при предоставлении внешних электрических стимулов к мозгу пользователя. Более возможно, электрическая активность мозга пользователя может указывать на биологические параметры, относящиеся к умственному и физическому здоровью пользователя, содержащие, но не ограниченные, частоту ударов сердца, частоту дыхания и проводимость кожи.

На протяжении настоящего изобретения, термин "мозговой стимул" или "мозговые стимулы" (множественное число от "стимул"), используемый в настоящем документе, относится к внешнему электрическому току или к определенной последовательности или к множественным последовательностям амплитуд электрического тока между парой, несколькими парами или любой совокупностью электродов, приложенных к волосистой части головы пользователя, или к расположениям, пространственно удаленным от волосистой части головы пользователя, для изменения и/или улучшения электрической активности в мозге пользователя или в нервных тканях, которые способен достигать ток. Кроме того, в примере мозговые стимулы, поданные к волосистой части головы пользователя, представляют собой аналоговые внешние электрические сигналы, имеющие напряжение в диапазоне от 1 милливольт до 50 вольт, и имеющие ток в диапазоне от 0,1 миллиампера до 20 миллиампер.

На протяжении настоящего изобретения, термин "стимуляция", используемый в настоящем документе, относится к изменению (относящемуся к повышению, понижению или другой модуляции) уровня физиологической или нервной активности в мозге или в тканях, пространственно удаленных от мозга данного пользователя. Примечательно, что, стимуляцию мозга пользователя выполняют с помощью электрических сигналов, поданных к волосистой части головы пользователя с помощью одного или нескольких электродов. Дополнительно, стимуляцию мозга достигают использованием любого одного из способов минимально инвазивной стимуляции мозга или неинвазивной стимуляции мозга или, возможно, обоих.

На протяжении настоящего изобретения, термин "электроды", используемый в настоящем документе, относится к одному или нескольким электрическим проводникам, причем материалы этих проводников содержат, но не ограничиваются, нержавеющей сталь, платину, серебро, покрытое хлоридом серебра, углеродную резину, графен и другие материалы, а также гидрогели, силикон, губки, пену или любой абсорбент с проводящей средой, причем там, где необходимо размещать между проводниками и волосистой частью головы или кожей, содержат, но не ограничиваются, электропроводящие гели и пасты (такие как паста Ten20), а также жидкости (такие как физиологический соляной раствор) с такой ионной композицией, чтобы образовывать электрический путь для обнаружения электрических сигналов, созданных нейронами внутри мозга, и предоставлять мозговые стимулы к нейронам и/или другим клеткам, присутствующим внутри мозга пользователя. Кроме того, электроды выполнены с возможностью преобразовывать ионный потенциал в электрический потенциал и индуцировать электромагнитные поля на волосистой части головы и внутри черепа. Кроме того, электроды могут быть минимально инвазивного (такого как игольчатые электроды или микроэлектроды) или неинвазивного типа (такого как поверхностные электроды), или возможно обоими. В примере электроды содержат узел из пропитанной соляным раствором пены, проводящего углерода и металлического контакта. В таком примере металлический контакт оперативно соединен с одним или несколькими компонентами устройства взаимодействия с мозгом (такими как приспособление ввода/вывода и/или приспособление обработки данных, позже описанными подробно в настоящем документе).

Устройство взаимодействия с мозгом в соответствии с настоящим изобретением содержит приспособление головного убора, содержащее группу электродов. При использовании группу электродов размещают или располагают на волосистой части головы пользователя для образования электрического контакта с нейронами в мозгу пользователя. Такой электрический контакт образует электрический путь для обнаружения электрических сигналов, созданных нейронами, для предоставления мозговых стимулов к нейронам и/или другим клеткам, присутствующим внутри мозга пользователя. Группа электродов обнаруживает электрические сигналы, созданные внутри мозга пользователя активностью нейронов, при этом обнаруженные электрические сигналы предоставляют приспособлению ввода/вывода. В общем, амплитуда обнаруженных электрических сигналов находится в диапазоне от 1 микровольт до 100 микровольт. Группа электродов может, возможно, быть выполнена в виде любого подходящего электродного приспособления EEG, известного в области техники. Группа электродов представляет собой гибридные электроды, которые могут функционировать как для записи EEG и/или для электрической стимуляции, например, транскраниальной токовой стимуляции (tCS), транскраниальной стимуляции постоянным током (tDCS), транскраниальной стимуляции переменным током (tACS), транскраниальной стимуляции случайным шумом (tRNS), транскраниальной стимуляции временными помехами (TI), транскраниальной временной суммации (TS) и/или любого другого произвольного протокола транскраниальной стимуляции

электрическим током, созданной адаптивными алгоритмами (tES). Группа магнитных катушек может использоваться вместо электродов для передачи транскраниальной стимуляции статическим магнитным полем (tSMS), магнитной стимуляции слабым полем (LFMS), повторяющейся транскраниальной магнитной стимуляции (rTMS) и/или любым другим произвольным протоколом транскраниальной магнитной стимуляции (TMS), созданным адаптивными алгоритмами. Альтернативно, также, группа ультразвуковых генераторов может использоваться для передачи протоколов стимуляции фокусированным ультразвуком (FUS), также созданных адаптивными алгоритмами. На протяжении настоящего изобретения термины "головной убор" или "приспособление головного убора", используемые в настоящем документе, относятся к элементу одежды, который носят пользователи на своей голове. Возможно, приспособление головного убора может содержать, но не ограничиваться, любое из: кепку, шапку, шлем, наушники, повязку, очки или шляпу. Более возможно, приспособление головного убора может быть изготовлено таким, что оно содержит слой электроизолирующего материала. В примере приспособление головного убора может быть изготовлено из одного из материалов, содержащих, но не ограниченных, дерево, хлопок, полиэстер, резину, лайкру, нейлон или клееное полотно.

На протяжении настоящего изобретения термин "приспособление ввода/вывода", используемый в настоящем документе, относится к программируемым и/или непрограммируемым компонентам, которые, при работе, принимают, изменяют, преобразовывают, обрабатывают или создают один или несколько типов сигналов. Возможно, приспособление ввода/вывода реализуют в виде аппаратного средства или программного обеспечения или их совокупности.

На протяжении настоящего изобретения термин "приспособление обработки данных", используемый в настоящем документе, относится к программируемым и/или непрограммируемым компонентам, которые, при работе, выполняют одно или несколько приложений программного обеспечения для хранения, обработки и/или предоставления общего доступа к данным и/или набор инструкций. Возможно, блок обработки данных может содержать, например, компонент, содержащийся в сети электронного сообщения. Кроме того, приспособление обработки данных может содержать аппаратное средство, программное обеспечение, прошивку или их совокупность, подходящие для хранения и обработки различной информации и услуг, доступных одним или несколькими пользователями посредством одного или нескольких единиц пользовательского оборудования. Возможно, приспособление обработки данных может содержать функциональные компоненты, например, процессор, память, сетевой адаптер и т.д. Например, приспособление обработки данных может быть реализовано посредством компьютера, телефона (например, смартфона), локального сервера, серверной компоновки (такой как, компоновка из двух или нескольких серверов сообщающимся образом соединенных друг с другом), облачного сервера, квантового компьютера и т.д. На протяжении настоящего изобретения термин "модуль памяти", используемый в настоящем документе, относится к не сохраняющему или сохраняющему носителю информации, такому, как электрический контур, магнитный диск, виртуальная память или оптический диск, в котором компьютер и/или приспособление обработки данных может хранить данные в течение любой продолжительности. Возможно, модуль памяти может быть не сохраняющим запоминающим устройством, таким, как материальный носитель информации.

На протяжении настоящего изобретения термин "блок питания", используемый в настоящем документе, относится к источнику питания, выполненному с возможностью снабжать электроэнергией один или несколько компонентов устройства взаимодействия с мозгом. Возможно, блок питания может содержать один или несколько аккумуляторов или батарей, способных предоставлять электроэнергию. В примере блок питания может предоставлять электрическое питание 12 Вольт генератору стимулов в приспособлении ввода/вывода, и электрическое питание 5 Вольт приспособлению обработки данных. Возможно, блок питания может также содержать генератор фиксированного напряжения и контур регулятора для преобразования питания 3,7 В от батареи в питание 5 В для устройства взаимодействия с мозгом, и питание 12-40 В для генератора стимулов. Возможно, блок питания может также содержать контур, который содержит разветвитель напряжения для предоставления $\pm 12-40$ В генератору стимулов.

На протяжении настоящего изобретения термин "заданный набор эталонных данных", используемый в настоящем документе, относится к данным, полученным из записей EEG от группы людей. Дополнительно, группа людей может быть группой различного возраста, пола, умственного и физического состояния здоровья, и географического положения.

На протяжении настоящего изобретения термин "алгоритм адаптивного обучения", используемый в настоящем документе, относится к программному обеспечению на основе алгоритмов, которое выполняется на вычислительном аппаратном средстве, и выполнено с возможностью адаптировать и настраивать свои рабочие параметры в зависимости от информации, которая представлена, одновременно пытаюсь минимизировать заданную метрику ошибки/потери, или обрабатываться алгоритмами на основе программного обеспечения при выполнении на вычислительном аппаратном средстве.

На протяжении настоящего изобретения термин "реальное время" относится к любому процессу или набору процессов, которые выполняют согласованно или чередуют во времени с небольшой временной задержкой между этими чередованиями. Кроме того, если набор процессов должен быть выполнен последовательно, то термин "согласованно" будет относиться к процессам, выполняемым параллельно с

минимальной задержкой/временным сдвигом относительно друг друга.

На протяжении настоящего изобретения термин "протокол стимуляции мозга", используемый в настоящем документе, относится к электрическому сигналу, содержащему информацию о мозговых стимулах, которые должны быть созданы. Следует отметить, что в варианте выполнения настоящего изобретения, где группа электродов содержит электроды, размещенные в положениях, удаленных от волосистой части головы данного пользователя, протокол стимуляции мозга может также содержать информацию о стимулах, которые должны быть созданы в этих электродах. Также следует отметить, что протокол стимуляции мозга также относится к информации, которая может меняться на протяжении длительности стимуляции в результате процесса оптимизации, описанного в настоящем изобретении. Например, информация содержит одно или несколько электрических свойств для каждого электрода, таких как амплитуда, период времени, фаза, одна или несколько частот и мощность этих частот, способствующих возникновению конкретной последовательности мозговых стимулов, которые должны быть созданы. Созданные мозговые стимулы будут иметь форму определенной последовательности или множества последовательностей амплитуд электрических токов между парой, несколькими парами или любой совокупности электродов. Возможно, протокол стимуляции мозга содержит продолжительность времени, в течение которого мозговые стимулы должны быть поданы к волосистой части головы пользователя. Возможно, протокол стимуляции мозга относится к информации о по меньшей мере одном из: визуальной стимуляции, аудиостимуляции и/или стимуляции виртуальной реальности для создания и предоставления пользователю.

Возможно, группа электродов может содержать отдельные электроды, выполненные с возможностью записывать EEG и выполнять электрическую стимуляцию, соответственно. Альтернативно, электродное приспособление может содержать индивидуальный электрод для каждого положения, в котором он может быть желаем для обнаружения сигналов EEG и/или предоставления электрической стимуляции.

В варианте выполнения группа электродов находится в электрическом контакте с существенной областью волосистой части головы данного пользователя; например, электроды могут быть электродами, заменяемыми пользователем, и могут быть слегка подпружиненными для предоставления положительного контакта на волосистой части головы пользователя, когда приспособление головного убора надето пользователем. Более возможно, конец электродов может содержать 2-D группу небольших заостренных подэлектродов, измененных проводящей средой для безопасной передачи достаточного тока, при этом конец может иметь область любого размера, содержащую, но не ограниченную, 4 мм × 4 мм, но могут использоваться другие выделенные области, причем подэлектроды заострены и могут находить путь между волосами волосистой части головы, чтобы осуществлять контакт на коже волосистой части головы. Конкретно, группа электродов пространственно расположена так, что напряжение, приложенное к электродам, создает электромагнитное поле в конкретных частях мозга.

Кроме того, группа электродов, при активной передаче тока и при контакте с волосистой частью головы пользователя, подает электромагнитные поля к мозгу пользователя, действующие как мозговые стимулы. Такие мозговые стимулы предоставляют помощь созданных протоколов стимуляции мозга, принятых приспособлением ввода/вывода от приспособления обработки данных. Созданные протоколы стимуляции мозга, принятые от приспособления обработки данных, обрабатывают приспособлением ввода/вывода, а именно преобразовывают в аналоговую форму и настраивают на желаемую амплитуду тока до подачи в качестве мозговых стимулов к волосистой части головы пользователя.

В варианте выполнения группа электродов, используемая для предоставления мозговых стимулов к мозгу пользователя, может быть расположена в одной паре, в более чем одной паре или в любой совокупности стимулирующих электродов, как определено протоколом стимуляции мозга.

Приспособление ввода/вывода содержит приспособление обработки входного сигнала, содержащее препроцессор и входной преобразователь. Приспособление обработки входного сигнала, при работе, обрабатывает и/или изменяет электрические сигналы, принятые от мозга пользователя. Возможно, препроцессор содержит усилитель, более конкретно, он может содержать программируемый усилитель напряжения, который стабилизирует электрические сигналы, принятые от мозга, и усиливает сигналы с коэффициентом усиления в диапазоне от 2× до 100× для получения усиленного сигнала, при этом коэффициент усиления 2× используют для очень высокого динамического диапазона аналогово-цифрового преобразования для возможности цифровой предварительной обработки и вычитания артефакта. Возможно, препроцессор может содержать один или несколько аналоговых фильтров (таких как фильтр электрического шума или фильтр артефактов стимуляции) для уменьшения конкретных артефактов и/или шума. Электрические сигналы, принятые от мозга, изменяются во времени, а именно являются аналоговыми по природе. Однако приспособление обработки данных только понимает (а именно, обрабатывает) цифровые биты, следовательно, оно необходимо для преобразования принятого электрического сигнала (аналогового по природе) от мозга в цифровые биты, чтобы приспособление обработки данных было способно понимать (а именно, обрабатывать) принятые электрические сигналы от мозга после аналогово-цифрового преобразования. Входной преобразователь принимает усиленный сигнал и преобразовывает

его в форму, подходящую для анализа и обработки. Кроме того, входной преобразователь содержит аналогово-цифровой преобразователь. В примере приспособление обработки входного сигнала принимает аналоговые электрические сигналы, имеющие амплитуду в диапазоне от 1 микровольта до 12 вольт от волосистой части головы пользователя, а преобразователь удаляет некоторые артефакты и шум, и усиливает сигналы для создания соответствующих усиленных сигналов, имеющих амплитуды в диапазоне до 12 В. Впоследствии усиленные сигналы преобразуют в соответствующие цифровые сигналы, имеющие последовательность дискретных значений, представляющих соответствующий диапазон.

Приспособление ввода/вывода дополнительно содержит выходной преобразователь и генератор стимулов. При эксплуатации, протокол стимуляции мозга принимают от приспособления обработки данных, которое сообщаемым образом соединено с приспособлением ввода/вывода. Принятый протокол стимуляции мозга имеет форму цифрового или дискретного сигнала. Кроме того, принятый протокол стимуляции мозга посылают в выходной преобразователь, при этом, выходной преобразователь преобразует принятый протокол стимуляции мозга в аналоговый сигнал, имеющий амплитуду переменного напряжения в отношении времени. Генератор стимулов принимает преобразованные аналоговые сигналы от выходного преобразователя и может, возможно, преобразовывать установленные сигналы напряжения в определенные токовые сигналы. Выход генератора стимулов действует в виде мозговых стимулов, а созданные мозговые стимулы подают к волосистой части головы пользователя посредством одной пары, более чем одной пары, или любой совокупности стимулирующих электродов, как определено протоколом стимуляции мозга. Возможно, генератор стимулов представляет собой изолированный генератор стимулов, питаемый отдельным блоком питания, стимулятор постоянного тока или преобразователь напряжения в ток. Альтернативно приспособление ввода/вывода может соединяться с источником постоянного напряжения.

Приспособление обработки данных содержит блок обработки и модуль памяти. Модуль памяти содержит заданный набор эталонных данных или набор параметров, полученных из них. Возможно, заданный набор эталонных данных может содержать записи EEG или данные, полученные из записей EEG от группы человек, при этом запись EEG присутствует в форме цифровых электрических сигналов или данных, которые их представляют.

Приспособление обработки данных обрабатывает обнаруженные электрические сигналы, принятые от приспособления ввода/вывода, и создает протокол стимуляции мозга, соответствующий принятым электрическим сигналам, при работе. Возможно, блок обработки данных применяет алгоритмы адаптивного обучения для обработки и анализа обнаруженных электрических сигналов, принятых от приспособления ввода/вывода. Возможно, обработанные электрические сигналы, принятые от приспособления ввода/вывода, сравнивают с одной или несколькими записями EEG заданного набора эталонных данных, присутствующего в модуле памяти.

В варианте выполнения сравнение обработанных электрических сигналов или набора параметров, извлеченных из сигналов с заданным набором эталонных данных, выполняют, например, с помощью компаратора или одного или нескольких алгоритмов искусственного интеллекта или других алгоритмов обработки данных, реализованных в блоке обработки приспособления обработки данных. После этого приспособление обработки данных создает анализ сравненных электрических сигналов. Кроме того, анализ, возможно, содержит меру по меньшей мере одного из: отклонения параметра, полученного из идеального эталонного сигнала, хранящегося в заданном наборе эталонных данных; причины такого отклонения от идеального эталонного сигнала; и/или параметр, полученный после разложения формы сигналов анализом индивидуального компонента, анализом основного компонента или преобразованием Фурье, периодограммы, вейвлет разложением, вейвлет преобразованием, адаптивными фильтрами, такими как фильтры Вейнера/Калмана, и другими способами, обычно используемыми специалистами в области техники.

Кроме того, приспособление обработки данных создает протокол стимуляции мозга реализацией одного или нескольких алгоритмов адаптивного обучения или других вычислительных алгоритмов после анализа электрических сигналов, принятых от приспособления ввода/вывода. Конкретно, протокол стимуляции мозга может содержать, но не ограничивается, по меньшей мере один из следующих параметров стимуляции: амплитуду, фазу, одну или несколько частот с соответствующей мощностью для мозговых стимулов, которые должны создаваться, причем эти параметры получают посредством одного или нескольких алгоритмов адаптивного обучения или других вычислительных алгоритмов. Возможно, протокол стимуляции мозга может способствовать мозговым стимулам в форме дискретного сигнала или произвольной непрерывной формы сигнала. Кроме того, созданные мозговые стимулы или протокол стимуляции мозга, возможно, передают приспособлению обработки входного сигнала для сравнения и вычитания созданных артефактов стимулов, при этом приспособление обработки входного сигнала сообщаемым образом соединено с генератором стимулов или с приспособлением обработки данных.

Устройство взаимодействия с мозгом дополнительно содержит один или несколько блоков питания. Блоки питания электрически соединяют с приспособлением ввода/вывода и с приспособлением обработки данных, и подают электроэнергию приспособлению ввода/вывода и приспособлению обработки данных, при работе. Возможно, блок питания может содержать по меньшей мере один из следующих источ-

ников, содержащих, но не ограниченных: никель-кадмиевую (NiCd), никель-цинковую (NiZn), никель-металлогидридную (NiMH), твердотельную батарею (например, батарею на основе керамики, батарею на основе стекла или батарею на основе сульфида) и литий-ионную (Li-ion) или литий-полимерную (Lipo) батарею, а также генератор энергии от источников, таких как перемещение или солнечная энергия, приемник для одной из технологий беспроводной передачи энергии, или защищенный от перегрузки вход со стороны сети.

В варианте выполнения устройство взаимодействия с мозгом содержит по меньшей мере два блока питания для предоставления изолированной электроэнергии входному участку (содержащему блоки/приспособления, ответственные за запись или мониторинг и обработку электрического сигнала, принятого от мозга пользователя) и выходному участку (содержащему блоки/приспособления, ответственные за создание мозговых стимулов) приспособления ввода/вывода, соответственно.

В варианте выполнения один или несколько блоков питания выполнены с возможностью подавать электроэнергию устройству взаимодействия с мозгом при приеме инструкции от пользователя через блок управления. Кроме того, пользователь может предоставлять устройству взаимодействия с мозгом, после ношения приспособления головного убора для инициализации работы устройства взаимодействия с мозгом. Возможно, один или несколько блоков питания выполнены с возможностью автоматически включать подачу электроэнергии к устройству взаимодействия с мозгом в ситуации, когда пользователь носит приспособление головного убора устройства взаимодействия с мозгом.

Предпочтительно, устройство взаимодействия с мозгом предоставляет удобную для пользователя среду стимуляции для пользователя для достижения желаемых эффектов систем NIBS на мозг пользователя. Желаемые эффекты могут содержать, но не ограничиваться, одно или несколько из: когнитивное улучшение пользователя, улучшение двигательного управления мышцами пользователя, улучшение настроения пользователя, улучшение обучения пользователя, улучшение расслабления пользователя, улучшение концентрации пользователя, облегчение тремора, поражающего пользователя, облегчение депрессии, поражающей пользователя, и облегчение эпилепсии, поражающей пользователя.

В варианте выполнения заданный набор эталонных данных хранят в модуле памяти, а в некоторых примерах он может обновляться итеративно в реальном времени, при работе устройства взаимодействия с мозгом.

В одном варианте выполнения работа модуля памяти может содержать обновление заданного набора эталонных данных на основе электрических сигналов или параметров, принятых от этих электрических сигналов, полученных от мозга пользователя, хранением принятых электрических сигналов или параметров в модуле памяти во время работы. В примере электрические сигналы, принятые от мозга пользователя, обрабатывают и/или изменяют приспособлением ввода/вывода, а затем посылают приспособлению обработки данных. Кроме того, приспособление обработки данных хранит принятые электрические сигналы в модуле памяти. После этого, приспособление обработки данных сравнивает принятые электрические сигналы или параметры, полученные от принятых электрических сигналов, с заданным набором эталонных данных, для создания анализа принятых электрических сигналов. Возможно, это может содержать алгоритм машинного обучения или другие вычислительные алгоритмы для обновления обработки, используемой для создания меры отклонения обнаруженного электрического сигнала от идеального эталонного сигнала или набора параметров, полученных от эталонного сигнала, хранящегося в заданном наборе эталонных данных, или причину такого отклонения от идеального эталонного сигнала.

В варианте выполнения приспособление обработки данных может анализировать принятые электрические сигналы в реальном времени, чтобы электрические сигналы обнаруживались на волосистой части головы пользователя согласованно с мозговыми стимулами, поданными к мозгу пользователя.

В примере обработанные и/или измеренные электрические сигналы, принятые от приспособления обработки входного сигнала, могут отправляться приспособлению обработки данных для сравнения с заданным набором эталонных данных для создания анализа принятых электрических сигналов, при этом по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения применяют для создания анализа принятых электрических сигналов, и по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения применяют для создания протокола стимуляции мозга. Возможно, протокол стимуляции мозга может содержать по меньшей мере один из следующих параметров стимуляции: амплитуду, форму сигнала, воспринимаемую при отображении на экране осциллографа, одну или несколько частот с соответствующей мощностью и разностью фаз для мозговых стимулов, которые должны быть поданы к мозгу пользователя. После этого, протокол стимуляции мозга передают генератору сигнала приспособления ввода/вывода, где генератор сигнала создает мозговые стимулы, соответствующие принятому протоколу стимуляции мозга от приспособления обработки данных. Впоследствии созданные мозговые стимулы подают к волосистой части головы пользователя использованием по меньшей мере одного электрода или группы электродов. Конкретно, обнаружение, обработку и анализ электрических сигналов, принятых от мозга, и подачу стимулов мозга к волосистой части головы пользователя, выполняют согласованно или одновременно таким образом, что в вышеупомянутой работе имеется минимальная задержка.

В другом варианте выполнения приспособление обработки данных может обрабатывать электриче-

ские сигналы, принятые от приспособления обработки входного сигнала, временно чередующиеся с мозговыми стимулами, поданными к пользователю; такой подход дает потенциально меньшую перекрестную связь между стимулами и обнаруженными сигналами от электродов, по сравнению с согласованной подачей стимулов и приемом обнаруженных сигналов от электродов. В примере электрические сигналы, принятые от приспособления обработки входного сигнала, анализируются приспособлением обработки данных посредством по меньшей мере одного алгоритма адаптивного обучения или других вычислительных алгоритмов. Кроме того, на основе анализа, создают протокол стимуляции мозга, и в соответствии с протоколом стимуляции мозга, создают мозговые стимулы. Такие записи принятого электрического сигнала приспособлением ввода/вывода и подачей созданных мозговых стимулов, выполняют чередующимся образом с небольшим временным зазором между ними. Кроме того, такой анализ принятого электрического сигнала приспособлением обработки данных и подачу созданных мозговых стимулов к пользователю, выполняют временно чередующимся образом.

В еще одном варианте выполнения мозговые стимулы подают к волосистой части головы пользователя через группу электродов электродного приспособления, и к другим частям пользователя, пространственно удаленным от волосистой части головы данного пользователя, содержащим, например, одну или несколько из конечностей, спинной мозг или блуждающий нерв. Кроме того, мозговые стимулы или стимулы к другим частям пользователя создают генератором стимулов приспособления ввода/вывода в соответствии с протоколом стимуляции мозга, принятым от приспособления обработки данных. После этого созданные мозговые стимулы подают к волосистой части головы и другим частям пользователя одним или несколькими из группы электродов.

Возможно, созданные мозговые стимулы могут подаваться к другим частям тела, таким как части, содержащие, но не ограниченные, шею, позвоночник, сердце, грудь, живот, кисти, ступни, руки и ноги, которые пространственно удалены или расположены вдали от волосистой части головы данного пользователя, и здесь термин "электродное приспособление" содержит расположение электрода на любой из вышеупомянутых частей тела. В примере один или несколько из группы электродов находится в электрическом контакте с шеей пользователя для стимуляции блуждающего нерва для уменьшения частоты ударов сердца, и электрический сигнал подают к ним согласованно с мозговыми стимулами, поданными к волосистой части головы пользователя.

Приспособление обработки данных использует по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения или другие вычислительные алгоритмы, реализованные в виде по меньшей мере одного из выполняемых программного обеспечения и цифрового аппаратного средства (например, FPGA, ASIC, аппаратного средства заказной конструкции кремниевой микросхемы). Кроме того, по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения может содержать по меньшей мере одно из аппаратных средств, выполняемых программным обеспечением или цифровым аппаратным средством (например, FPGA, ASIC, аппаратным средством заказной конструкции кремниевой микросхемы), выполненным с возможностью использовать технологию адаптации в реальном времени мозговых стимулов таким образом, который минимизирует время отклика между обработкой сигнала и созданием протокола стимуляции мозга. Кроме того, приспособление обработки данных, содержащее алгоритмы адаптивного обучения, отслеживает эффекты, которые различные протоколы стимуляции мозга имеют на мозг пользователя. Кроме того, такое приспособление обработки данных является достаточно универсальным для анализа его собственных действий и, следовательно, использует по меньшей мере один из алгоритмов адаптивного обучения или другие вычислительные алгоритмы для оптимизации протокола стимуляции мозга на основе более значимых обучающих наборов данных.

Кроме того, обучающие наборы данных могут содержать, но не ограничиваться, записи предыдущих действий, данные от группы других аналогичных систем, заданные эталонные данные и исторические данные. В варианте выполнения устройство взаимодействия с мозгом, реализующее алгоритм адаптивного обучения, выполнено с возможностью записывать и извлекать один или несколько потенциальных целевых маркеров для нейромодуляции. Возможно, один или несколько потенциальных целевых маркеров представляет собой изменения или действия, вызванные в мозге пользователя в форме изменения мозговых волн или уменьшения отклика на болезненные стимулы, при этом изменения или действия вызываются в ответ на использование одного или нескольких лекарств, введенных пользователю. В варианте выполнения один или несколько потенциальных целевых маркеров хранят в базах данных для реализации алгоритмов искусственного интеллекта. Устройство взаимодействия с мозгом способно передавать и оптимизировать протокол стимуляции мозга, чтобы индуцировать эффекты, аналогичные тем, которые индуцированы лекарствами, влияющими на конкретные нейронные рецепторы. Благоприятно то, что такая оптимальная стимуляция помогает при ингибировании или усилении действия, аналогичного лекарствам без их побочных эффектов. В другом варианте выполнения устройство взаимодействия с мозгом, реализующее алгоритм адаптивного обучения, выполнено с возможностью стимулировать или имитировать изменения или действия, вызванные в мозге пользователя, в формах изменения мозговых волн на основе записанных целевых маркеров. Следовательно, использование устройства и алгоритмов (i) для записи и извлечения потенциальных целевых маркеров для нейромодуляции; (ii) для модуляции мозговых волн, связанных с событием потенциалов или других сигналов для имитации изменений, дос-

тигнутых лекарствами; (iii) для улучшения эффектов лекарств; (iv) для уменьшения нежелательных побочных эффектов лекарств на мозговую активность, имеет последствия для замены обычных лекарств, таких как опиаты, или другие преимущества в медицинских условиях.

Благоприятно то, что алгоритм адаптивного обучения способствует в значительной степени достижению более персонализированной и, таким образом, более эффективной стимуляции мозга для пользователя. Дополнительно, алгоритм адаптивного обучения или другой вычислительный алгоритм непрерывно, по замкнутой петле, изучает паттерны отклика мозга пользователя на прошлую стимуляцию для лучшей настройки будущих мозговых стимулов для достижения оптимизированных результатов. Кроме того, реализация алгоритмов адаптивного обучения помогает в улучшении терапевтического вклада устройства нейромодуляции, такого как устройство взаимодействия с мозгом настоящего изобретения.

В варианте выполнения алгоритм адаптивного обучения может содержать, но не ограничивается, по меньшей мере один из алгоритмов машинного обучения, который, в свою очередь, содержит, но не ограничивается: алгоритм к ближайших соседей, регрессионный анализ, ансамбль древовидных алгоритмов, отслеживание точки максимальной мощности, скрытую модель Макарова, искусственную нейронную сеть, рекуррентную нейронную сеть, алгоритм долгой краткосрочной памяти, генеративно-состязательные или адаптивные состязательные нейронные сети, сверточную нейронную сеть или глубокую сверточную нейронную сеть, алгоритм обучения с подкреплением, алгоритм случайного леса, адаптивный алгоритм отжига, машины опорных векторов, рекомендательную систему, генетический алгоритм, алгоритм Q обучения и глубокого Q обучения, при этом по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения или другой подходящий вычислительный алгоритм реализуют в системе замкнутой петли. Кроме того, алгоритм машинного обучения относится к сложному исходному коду, реализованному по меньшей мере на одном из выполняемых программных обеспечений и цифровом аппаратном средстве (например, FPGA, ASIC, кремниевой микросхемы заказной конструкции), при этом такую реализацию алгоритма машинного обучения предварительно обучают извлекать информацию из данных входного сигнала или из набора параметров, полученных из данных входного сигнала, в реальном времени с минимальной задержкой, или обучают во время запуска обучающим алгоритмом, сравнивая желаемый исход и настраивая протоколы стимуляции мозга, соответственно. Кроме того, алгоритм использует различные правила для настройки набора параметров, при этом параметры встраивают в алгоритм, чтобы образовывать паттерны для выполнения процесса принятия решения. Возможно, в случае, когда новые или дополнительные данные становятся доступными, алгоритм при работе, автоматически настраивает параметры для создания изменения в паттерне сравнением существующего паттерна с предыдущим паттерном.

В другом варианте выполнения алгоритм обучения с подкреплением представляет собой категорию алгоритмов на основе ориентированных на цель алгоритмов, которые учат, как достигать сложной задачи (цели) или максимизировать по особому параметру на протяжении многих этапов, применением понятия совокупной выгоды; например, максимизируя мощность и продолжительность высокой альфа-активности в течение длительного периода стимуляции, который действует как совокупная выгода. Кроме того, алгоритм обучения с подкреплением обучается из выгод, которые он получает в ответ на действие, выполненное системой, реализующей алгоритмы обучения с подкреплением, и адаптируется соответственно для максимизации совокупных выгод в ответ на последующие действия.

Кроме того, возможно, алгоритм глубокого Q обучения относится к категории алгоритмов, которые содержат как алгоритм обучения с подкреплением, так и алгоритм нейронной сети с несколькими скрытыми слоями, для достижения оптимизированного выхода в реальном времени, при реализации в системе замкнутой петли. Кроме того, алгоритм нейронной сети относится к ряду алгоритмов, которые пытаются распознавать основные взаимосвязи в наборе данных посредством процесса, который имитирует то, как работает человеческий мозг. Кроме того, алгоритм нейронной сети предоставляет "глубокое обучение" посредством иерархического расположения набора параметров, при этом параметры встраивают в алгоритм для образования паттернов для выполнения процесса принятия решения. Кроме того, в случае, когда новые или дополнительные данные становятся доступными, алгоритм при работе, автоматически настраивает параметры для создания изменения в паттернах.

В варианте выполнения по меньшей мере один из вышеупомянутых алгоритмов адаптивного обучения реализуют в системе замкнутой петли. Кроме того, система замкнутой петли содержит электродное приспособление, приспособление ввода/вывода, приспособление обработки данных и блок питания. Кроме того, приспособление ввода/вывода содержит препроцессор, входной преобразователь, генератор стимулов и выходной преобразователь. Кроме того, приспособление обработки данных содержит блок обработки и модуль памяти, при этом блок обработки и модуль памяти сообщаются образом соединены. Кроме того, электродное приспособление, препроцессор, входной преобразователь, генератор стимулов, выходной преобразователь и приспособление обработки данных сообщаются образом соединены друг с другом непосредственно или косвенно. Кроме того, электрические сигналы, созданные в мозге пользователя, обнаруживают электродным приспособлением, а затем передают в блок обработки посредством препроцессора и входного преобразователя. Кроме того, блок обработки применяет по меньшей мере один из алгоритмов адаптивного обучения для создания и передачи протокола стимуляции

мозга выходному преобразователю. Кроме того, выходной преобразователь обрабатывает и передает обработанный протокол стимуляции мозга генератору стимулов, при этом генератор стимулов создает мозговые стимулы и передает созданные мозговые стимулы электродному приспособлению для стимуляции мозга пользователя. Возможно, для вычитания артефакта, копию созданных мозговых стимулов также отправляют приспособлению предварительной обработки. Кроме того, различные типы сигналов обрабатывают в замкнутой петле так, что, протокол стимуляции мозга обновляется итеративно для достижения целевой электрической активности, и таким образом, достижения персонализированной и оптимизированной стимуляции мозга в реальном времени.

Благоприятно то, что системы замкнутой петли, реализующие алгоритмы машинного обучения в системах неинвазивной стимуляции мозга (NIBS), предоставляют настройку протокола в реальном времени и оптимальную стимуляцию, что приводит к более персонализированной и эффективной стимуляции мозга пользователя.

На протяжении настоящего изобретения термин "целевая электрическая активность", используемый в настоящем документе, относится к желаемому общему или конкретному паттерну электрической активности в мозге пользователя или параметрам, полученным из анализа такой активности, которые должны быть получены для уменьшения интенсивности симптомов, связанных с особым состоянием дисбаланса умственного здоровья у людей, или другого клинически значимого состояния, которое может быть облегчено вышеупомянутым способом. Кроме того, целевая электрическая активность может также быть желаемой электрической активностью для предоставления или индуцирования конкретного настроения, эмоции в мозге пользователя или другого конкретного состояния ума, которое может достигаться вышеупомянутым способом.

В варианте выполнения приспособление обработки данных использует по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения для настройки мозговых стимулов итеративно, так что электрическую активность мозга данного пользователя настраивают на приблизительную целевую электрическую активность мозга, по желанию. После подачи созданных мозговых стимулов к волосистой части головы пользователя, электрические сигналы от мозга пользователя обнаруживают снова и анализируют приспособлением обработки данных в замкнутой петле. Возможно, анализ обнаруженных электрических сигналов содержит определение изменений в обнаруженной электрической активности или в параметрах, полученных от обнаруженной электрической активности мозга, следующей за подачей мозговых стимулов в предыдущей итерации. Более возможно, анализ обнаруженных электрических сигналов дополнительно содержит определение положительного или отрицательного значения или набора значений, требуемых для настройки любого из параметров протокола стимуляции мозга, для достижения желаемой целевой электрической активности мозга. Такой анализ приспособлением обработки данных может выполняться с помощью по меньшей мере одного алгоритма адаптивного обучения таким образом, что протокол стимуляции мозга, который должен быть применен, может быть настроен итеративно после подачи каждого мозгового стимула и обнаружения эффекта поданных мозговых стимулов. Конкретно, итеративную работу настройки мозговых стимулов выполняют в реальном времени для подачи настроенных мозговых стимулов к волосистой части головы пользователя для конечного достижения желаемой целевой электрической активности мозга. В этом контексте, в реальном времени означает, что: запись принятого электрического сигнала приспособлением ввода/вывода; обработку приспособлением обработки данных, содержащую выполнение алгоритма адаптивного обучения; настройку параметров протокола стимуляции мозга; подачу созданных мозговых стимулов выполняют либо согласованно, либо последовательно, либо чередующимся образом, причем цикл завершают в пределах небольшой области. Кроме того, возможно, время для завершения цикла снижают до нескольких миллисекунд реализацией цифрового аппаратного средства для обработки данных и выполнением алгоритмов адаптивного обучения.

Альтернативно, в реальном времени означает с интервалами цикла меньше 5 мин, более возможно с интервалами цикла меньше 1 мин, более возможно с интервалами цикла меньше 1 с, более возможно с интервалами цикла меньше 1 мс, и еще более возможно с помощью вышеупомянутых реализаций цифрового аппаратного средства с интервалами цикла меньше 1 мс.

На протяжении настоящего изобретения термин "петля обратной связи" относится к адаптации стимуляции мозга, используемой для воздействия на состояние мозга пользователя, в отношении: межиндивидуальных структурных вариабельностей; индивидуальной сигнальной динамики и быстро меняющегося состояния мозга в реальном времени.

В варианте выполнения адаптацию стимуляции мозга автоматически в реальном времени без вовлечения любой третьей стороны называют "замкнутой петлей". Кроме того, если стимуляция не эффективна при изменении состояния мозга до желаемого состояния, то протокол стимуляции мозга нуждается в настройке в этой петле обратной связи до достижения желаемого эффекта. Кроме того, возможно, любой алгоритм, который обрабатывает входящий сигнал или настраивает протокол стимуляции мозга, который может адаптироваться к межиндивидуальным различиям и различиям между состояниями, определяют как алгоритмы адаптивного обучения.

В варианте выполнения устройство взаимодействия с мозгом дополнительно содержит блок управления, который принимает, при работе, вход от по меньшей мере одного пользователя или устройства

третьей стороны, при этом блок управления сообщаемым образом соединен с приспособлением обработки данных и содержит модуль сообщения для образования сообщения между устройством и устройством третьей стороны.

На протяжении настоящего изобретения термин "блок управления", используемый в настоящем документе, относится к приспособлению, выполненному с возможностью принимать инструкцию от пользователя или устройства третьей стороны через интерфейс пользователя, при этом интерфейс пользователя выполнен с возможностью записывать инструкцию посредством по меньшей мере одного из: кнопочного интерфейса, беспроводного интерфейса, интерфейса сенсорного экрана, интерфейса жестов, микрофонного интерфейса (голосовое обнаружение), или устройства взаимодействия с мозгом, действующего в этом контексте для управления стимуляцией. Возможно, блок управления, при работе, предоставляет приспособление обработки данных с рабочими параметрами для персонализации стимуляции мозга на основе входа от пользователя или устройства третьей стороны. Кроме того, рабочие параметры содержат по меньшей мере одно из: состояние включено/выключено, режим стимуляции, время стимуляции, возраст пользователя, пол пользователя, любая значимая медицинская история и медицинское состояние пользователя, подвергнувшегося стимуляции мозга, или желаемое умственное состояние пользователя. Возможно, приспособление блока управления загружает в приспособление обработки данных программу, содержащую по меньшей мере один из алгоритмов адаптивного обучения, предназначенный для оптимизации обнаружения мозговых сигналов, указанных программой, или для оптимизации стимуляции для достижения целевой электрической активности, определенной программой. Альтернативно, возможно, блок управления содержит модуль сообщения для образования проводного или беспроводного соединения, содержащего, но не ограниченного, соединение через Интернет между устройством взаимодействия с мозгом и устройством третьей стороны. Возможно, это может позволять устройству третьей стороны загружать программу в приспособление обработки данных через блок управления. Возможно, это может сообщать входные и выходные сигналы устройству третьей стороны, чтобы устройство третьей стороны было реализовано в виде компьютера, телефона (например, смартфона), локального сервера, серверной компоновки (такой, как, компоновка из двух или нескольких серверов, сообщаемым образом соединенных друг с другом), облачного сервера или квантового компьютера, чтобы позволять устройству третьей стороны действовать как приспособление обработки данных. Дополнительно, блок управления выполнен с возможностью управлять приспособлением внешней стимуляции на основе входа от по меньшей мере одного пользователя и устройства третьей стороны. Кроме того, блок управления выполнен с возможностью принимать электроэнергию от блока питания.

На протяжении настоящего изобретения термин "устройство третьей стороны", используемый в настоящем документе, относится к внешнему устройству, сообщаемым образом соединенному с блоком управления через модуль сообщения, при этом сообщение осуществляют посредством проводного или беспроводного соединения, содержащего, но не ограниченного, соединение через Интернет, Bluetooth® и т.д. Возможно, устройство третьей стороны содержит по меньшей мере одно из: смартфон, компьютер (может быть персональным, облачным, распределенным или планшетным компьютером), смарт-часы, удаленное управление, медицинское устройство, локальный сервер, серверную компоновку (такую, как компоновка из двух или нескольких серверов, сообщаемым образом соединенных друг с другом), облачный сервер и квантовый компьютер. Более возможно, устройство третьей стороны выполнено с возможностью принимать информацию мониторинга, связанную с электрическими сигналами, обнаруженными от мозга пользователя, при этом информация мониторинга содержит по меньшей мере одно из: электроэнцефалограмму (EEG), электрополевую энцефалографию (EFEG), близкую инфракрасную спектроскопию (NIRS), магнитоэнцефалографию (MEG), электромиографию (EMG), электрокардиографию (ECG), монитор частоты сердца и/или дыхания, отслеживание зрения и/или функциональную магнитную резонансную визуализацию (fMRI). Дополнительно, устройство третьей стороны выполнено с возможностью управлять приспособлением внешней стимуляции через блок управления. Возможно, устройство взаимодействия с мозгом, при работе, использует устройство третьей стороны, сообщаемым образом соединенное с блоком управления, для передачи рабочих параметров в блок управления, который содержит, но не ограничивается, по меньшей мере одно из: состояние включения/выключения, режим стимуляции, время стимуляции, возраст пользователя, пол пользователя, любую значимую медицинскую историю и медицинское состояние пользователя, подвергнувшегося стимуляции мозга, или желаемое умственное состояние пользователя. Дополнительно, возможно, устройство взаимодействия с мозгом, при работе, использует устройство третьей стороны для загрузки в приспособление обработки данных через блок управления программы, содержащей по меньшей мере один из алгоритмов адаптивного обучения, предназначенный для оптимизации обнаружения мозговых сигналов, указанных программой, или для оптимизации стимуляции для достижения целевой электрической активности, определенной программой.

Благоприятно то, что блок управления и устройства третьей стороны предоставляют лучшее взаимодействие с пользователем посредством удобного для пользователя интерфейса. Возможно, блок управления позволяет устройству третьей стороны выполнять заказной алгоритм адаптивного обучения вместо блока обработки данных, что может быть благоприятным там, где мощность обработки, требуемая для выполнения алгоритма адаптивного обучения, превышает мощность блока обработки данных.

Кроме того, использование устройств третьей стороны позволяет пользователю выбирать по желанию рабочие параметры устройства для создания заказного протокола стимуляции мозга. Предпочтительно, чтобы устройство взаимодействия с мозгом также предоставляло открытую платформу для ученых и врачей исследовать функциональные аспекты человеческого мозга более подробно и в реальном времени (как упомянуто выше) с помощью информации мониторинга, такой как электроэнцефалограмма (EEG), электрополевая энцефалография (EFEG), близкая инфракрасная спектроскопия (NIRS), магнитоэнцефалография (MEG), электромиография (EMG), электрокардиография (ECG), отслеживание зрения и/или функциональная магнитная резонансная визуализация (fMRI).

В варианте выполнения устройство дополнительно содержит приспособление внешней стимуляции для предоставления по меньшей мере одного из: визуальной стимуляции, аудиостимуляции и/или стимуляции виртуальной реальности для мозга пользователя, при этом приспособление внешней стимуляции сообщаемым образом соединено с блоком управления. Возможно, приспособление внешней стимуляции сообщается с приспособлением обработки данных непосредственно или через блок управления. Более возможно, по меньшей мере одно из: визуальная стимуляция, аудиостимуляция и/или стимуляция виртуальной реальности мозга пользователя, предоставляемые приспособлением внешней стимуляции, находится в синхронизации с мозговыми стимулами, поданными к мозгу пользователя.

В варианте выполнения параметры по меньшей мере одного из: визуальной стимуляции, аудиостимуляции и/или стимуляции виртуальной реальности становится частью протокола стимуляции мозга, оптимизированной блоком управления.

На протяжении настоящего изобретения термин "приспособление внешней стимуляции", используемый в настоящем документе, относится к разъемно соединенному внешнему устройству, используемому для аудио-визуальной стимуляции или стимуляции виртуальной реальности посредством по меньшей мере одного из: устройства виртуальной реальности, устройства дисплея, очков, наушников, внутриушных наушников, динамика, терапевтического массажера, электродов, размещенных в других местах на теле, и/или смарт-объектива (такого, как Google Lens (RTM)). Кроме того, приспособление внешней стимуляции выполнено с возможностью принимать электроэнергию от одного или нескольких блоков питания.

В примере приспособление внешней стимуляции предоставляет аудиовизуальную стимуляцию для расслабления пользователя и снижения уровня стресса при работе в синхронизации с мозговыми стимулами. Предпочтительно, приспособление внешней стимуляции предоставляет изоляцию пользователю уменьшением нежелательного света, попадающего в глаза пользователя, и шума, попадающего в уши пользователя. Такая изоляция помогает пользователю дополнительно уменьшать нежелательную мозговую активность, что приводит к улучшению эффективности протоколов стимуляции мозга.

В примерной работе, блок управления реализуют в виде микроконтроллера, связанного с генератором стимулов и/или приспособлением внешней стимуляции. Кроме того, устройство третьей стороны реализуют в виде портативного компьютера (например, портативного компьютера MacBook™) так, что микроконтроллер сообщаемым образом соединен с портативным компьютером через облачную платформу. Портативный компьютер обрабатывает рабочие параметры, связанные со стимуляцией мозга, которые должны быть предоставлены пользователю, и впоследствии, передает рабочие параметры микроконтроллеру, связанному с приспособлением внешней стимуляции. Кроме того, портативный компьютер передает рабочие параметры микроконтроллеру в реальном времени. В таком примере приспособление внешней стимуляции содержит светоиспускающий диод (называемый "светодиод" в настоящем документе) или, альтернативно, узел светодиодов, а модуль сообщения содержит микросхему WiFi, так, что светодиод соединен с микроконтроллером, а микроконтроллер сообщаемым образом соединен с портативным компьютером через облачную платформу. Кроме того, портативный компьютер управляет мозговыми стимулами, переданными посредством светодиода, например, регулированием частоты, ширины импульса и/или яркости света, испускаемого светодиодом. Кроме того, группа электродов содержит пару электродов, расположенных на волосистой части головы пользователя, соответствующей расположению затылочной доли (такой как, в расположениях O1 и O2, в соответствии с 10-20 системой расположения EEG), а эталонный электрод и смещающие электроды расположены на висках пользователя (таких как, в расположениях T3 и T4, соответственно). Группа электродов записывает активность зрительной коры головного мозга пользователя, так что активность отражает восприятие пользователя, связанную с визуальными стимулами, переданными светодиодом. Группа электродов сообщаемым образом соединена с приспособлением ввода/вывода, которое может быть реализовано посредством OpenBCI Cyton PCB. Приспособление ввода/вывода имеет программируемый аналогово-цифровой преобразователь усиления для усиления и преобразования аналоговых сигналов, обнаруженных на каждом из группы электродов, в цифровые данные. Кроме того, приспособление ввода/вывода сообщаемым образом соединено с устройством третьей стороны, реализованным в виде портативного компьютера, и беспроводным образом передает цифровые данные устройству третьей стороны. Таким образом, устройство третьей стороны принимает информацию от мозга через приспособление ввода/вывода и действует в виде приспособления обработки данных для создания и оптимизации протокола стимуляции мозга, переданного посредством вышеупомянутых светодиодов.

В другой примерной работе блок управления реализуют в виде микроконтроллера, связанного с генератором стимулов и/или приспособлением внешней стимуляции. Кроме того, устройство третьей стороны реализуют в виде смартфона. В таком примере прикладное программное обеспечение (или "приложение") устанавливают на смартфоне, так что смартфон (или пользователь, связанный со смартфоном) передает и принимает рабочие параметры, связанные со стимуляцией мозга, которые должны быть предоставлены пользователю, приспособлению головного убора и/или приспособлению внешней стимуляции через приложение. В одном примере такие рабочие параметры соответствуют одному или нескольким рабочим режимам устройства взаимодействия с мозгом. В другом примере, смартфон (или пользователь, связанный со смартфоном) может измерять по меньшей мере одно из: ток, переданный группе электродов для предоставления стимуляции мозга, напряжение тока, переданного для предоставления стимуляции мозга (такое как, напряжение, требуемое для передачи постоянного тока группе электродов, связанной с электродным приспособлением) и импеданс на группе электродов электродного приспособления (так, чтобы определять, что группа электродов надлежащим образом расположена на волосистой части головы пользователя). В еще одном примере группа электродов может располагаться над средне-видным отростком височной кости пользователя для нацеливания на черепные нервы и более глубокие области мозга пользователя. Например, для создания входа для приспособления ввода/вывода, группу электродов (выполненную с возможностью записывать мозговую активность пользователя), располагают над лобными частями мозга. Кроме того, группу электродов соединяют с приспособлением ввода/вывода с усилителем и цифро-аналоговым преобразователем, который может быть реализован посредством изменения OpenBCI Cyton PCB, чтобы измененный OpenBCI Cyton PCB мог быть общающимся образом соединен через Интернет с приспособлением обработки данных через облачную платформу, а также приложение, установленное в устройстве третьей стороны.

В варианте выполнения по меньшей мере один из генераторов стимулов и другая часть конфигурации аппаратного средства содержит предохранительное приспособление, при этом предохранительное приспособление запрещает передачу мозговых стимулов электродному приспособлению, в случае электрической неисправности устройства или запроса от пользователя прекратить стимуляцию мозга. Кроме того, предохранительное приспособление содержит по меньшей мере одно из: защитное реле, датчик сверхтока, датчик перенапряжения, датчик частоты, датчик чрезмерной мышечной/двигательной активности (датчик "дискомфорта") и аварийный переключатель экстренного отключения. Кроме того, предохранительное приспособление общающимся образом соединено с блоком управления через приспособление обработки данных, которое, в свою очередь, также соединено с устройством третьей стороны с удобным для пользователя интерфейсом для прерывания стимуляции/записи. Кроме того, предохранительное приспособление, при работе, принимает данные, связанные с по меньшей мере одним из: током и напряжением на группе электродов, от по меньшей мере одного из: датчика сверхтока и датчика перенапряжения. Кроме того, в одной из реализаций предохранительного приспособления, при работе, оно определяет событие электрической неисправности сравнением данных, связанных с по меньшей мере одним из: током и напряжением на группе электродов с заданными эталонными данными, содержащими эталонные данные, связанные с по меньшей мере одним из: током и напряжением на группе электродов. Кроме того, возможно, предохранительное приспособление также реализовано в приспособлении обработки данных, электродном приспособлении, одном или нескольких блоках питания и приспособлении внешней стимуляции.

На протяжении настоящего изобретения термин "электрическая неисправность", используемый в настоящем документе, относится к нежелательному количеству электрического тока и/или электрического напряжения, возникающего в устройстве взаимодействия с мозгом, при этом такое нежелательное количество электрического тока и/или электрического напряжения может вредить пользователю и/или устройству. Кроме того, в случае электрической неисправности, предохранительное приспособление выполнено с возможностью прерывать подачу электроэнергии к устройству от одного или нескольких блоков питания через защитное реле.

Благоприятно то, что предохранительное приспособление предоставляет улучшенную защиту от любого повреждения пользователя в реальном времени, что приводит к безрисковому использованию устройства взаимодействия с мозгом без какой-либо экспертной помощи. Кроме того, устройство взаимодействия с мозгом предназначено в своей внешней и внутренней компонентной части, а также в своем методе работы, во избежание любого возникновения вреда для пользователя.

Настоящее изобретение также относится к способу, как описано выше. Различные варианты выполнения и варианты, раскрытые выше, применяются с учетом изменений к способу.

Возможно, способ содержит использование приспособления обработки данных для обновления заданного набора эталонных данных итеративно в реальном времени и хранения обновленного заданного набора эталонных данных в модуле памяти. "Реальное время" должно пониматься так, как описано в настоящем изобретении, а не должно быть просто временно непрерывным.

Возможно, способ содержит использование приспособления обработки данных для анализа принятых электрических сигналов в реальном времени, чтобы электрические сигналы обнаруживались на волосистой части головы пользователя согласованно с мозговыми стимулами, поданными к пользователю.

Возможно, способ содержит использование приспособления обработки данных для анализа электрических сигналов, принятых от приспособления обработки сигнала, временно чередующихся с мозговыми стимулами, поданными к пользователю.

Возможно, способ содержит использование группы электродов электродного приспособления для подачи мозговых стимулов к волосистой части головы пользователя и к другим частям пользователя, пространственно удаленным от волосистой части головы пользователя.

Возможно, способ содержит использование по меньшей мере одного алгоритма адаптивного обучения или другого вычислительного алгоритма, реализованного с приспособлением обработки данных в виде по меньшей мере одного из выполняемых программных обеспечений и цифрового аппаратного средства (например, FPGA, ASIC, заказная конструкция микросхемы).

Возможно, алгоритм адаптивного обучения содержит, но не ограничивается, по меньшей мере один из алгоритмов машинного обучения, который, в свою очередь, содержит, но не ограничивается: алгоритм к ближайших соседей, регрессионный анализ, ансамбль древовидных алгоритмов, отслеживание точки максимальной мощности, скрытую модель Макарова, искусственную нейронную сеть, рекуррентную нейронную сеть, алгоритм долгой краткосрочной памяти, генеративно-состязательные или адаптивные состязательные нейронные сети, сверточную нейронную сеть или глубокую сверточную нейронную сеть, алгоритм обучения с подкреплением, алгоритм случайного леса, адаптивный алгоритм отжига, машины опорных векторов, рекомендательную систему, генетический алгоритм, алгоритм Q обучения и глубокого Q обучения, при этом по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения или другой подходящий вычислительный алгоритм реализуют в системе замкнутой петли.

Возможно, способ содержит программирование приспособления обработки данных для использования, но не ограничивается, по меньшей мере одним алгоритмом адаптивного обучения для итеративной настройки протокола стимуляции мозга, чтобы электрическая активность мозга пользователя была настроена на приблизительную целевую электрическую активность мозга, по желанию.

Возможно, способ содержит блок управления для приема входа от по меньшей мере одного пользователя или устройства третьей стороны, при этом блок управления сообщаемым образом соединен с приспособлением обработки данных и содержит модуль сообщения для образования сообщения между устройством и устройством третьей стороны.

Возможно, способ содержит использование приспособления внешней стимуляции для предоставления по меньшей мере одного из: визуальной стимуляции, аудиостимуляции и/или стимуляции виртуальной реальности для мозга пользователя, при этом приспособление внешней стимуляции сообщаемым образом соединено с блоком управления.

В одном примере приспособление внешней стимуляции используют для предоставления визуальной стимуляции в качестве временного отклика на глаза пользователя.

Возможно, способ содержит использование предохранительного приспособления для запрета подачи мозговых стимулов группе электродов, в случае неисправности устройства, при этом предохранительное приспособление сообщаемым образом соединено с приспособлением ввода/вывода.

В варианте выполнения настоящее изобретение предоставляет компьютерный программный продукт, содержащий машиночитаемый носитель информации, предназначенный для долговременного хранения информации, имеющий машиночитаемые инструкции, хранящиеся в нем, причем машиночитаемые инструкции выполняются компьютеризированным устройством, содержащим обрабатывающее аппаратное средство для выполнения способа использования устройства взаимодействия с мозгом, которое предоставляет, при работе, мониторинг мозговой активности и стимуляцию мозга пользователя.

Подробное описание чертежей

Ссылаясь на фиг. 1, показана блок-схема устройства 100 взаимодействия с мозгом для мониторинга мозговой активности и стимуляции мозга пользователя, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Как показано, устройство 100 взаимодействия с мозгом для мониторинга мозговой активности и стимуляции мозга пользователя содержит приспособление 120 головного убора, приспособление 140 обработки данных, приспособление 130 ввода/вывода и один или несколько блоков 150 питания. Кроме того, приспособление 120 головного убора содержит электродное приспособление 110, содержащее группу электродов 112-118, при этом группа электродов расположена таким образом, чтобы осуществлять контакт с волосистой частью головы пользователя для обнаружения мозговой активности. Кроме того, электродное приспособление 110 сообщаемым образом соединено с приспособлением 130 ввода/вывода, при этом приспособление 130 ввода/вывода, при работе, принимает обнаруженные сигналы и передает мозговые стимулы по меньшей мере одному из группы электродов 112-118. Кроме того, приспособление 130 ввода/вывода содержит возможное приспособление предварительной обработки входного сигнала (не показано), которое может содержать возможный усилитель (не показан); фильтр артефактов (не показан); входной преобразователь (не показан); выходной преобразователь (не показан) и генератор стимулов (не показан). Кроме того, приспособление 130 ввода/вывода сообщаемым образом соединено с приспособлением 140 обработки данных. Кроме того, приспособление 140 обработки данных содержит модуль 142 памяти и блок 144 обработки. Один или несколько блоков 150 питания, при работе, предоставляет электроэнергию приспособлению 130 ввода/вывода и приспособлению 140 обра-

ботки данных.

Ссылаясь на фиг. 2А, показана примерная реализация устройства 200 взаимодействия с мозгом (такого, как устройство 100 взаимодействия с мозгом с фиг. 1), расположенного на голове пользователя 201, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Конкретно, примерная реализация представляет собой вид сбоку пользователя 201, носящего устройство 200 взаимодействия с мозгом. Устройство 200 взаимодействия с мозгом содержит приспособление 220 головного убора (такое как приспособление 120 головного убора с фиг. 1) и сборочный блок 270, в котором приспособление 220 головного убора реализовано посредством спортивной кепки в этом примере. Более того, приспособление 220 головного убора содержит электродное приспособление 210 (такое как электродное приспособление 110 с фиг. 1), при этом электродное приспособление 210 содержит группу электродов 212-218 (такую как группа электродов 112-118 с фиг. 1). Кроме того, группа электродов 212-218 соединена со сборочным блоком 270 посредством группы соединительных проводов 272-278, соответственно. Конкретно, один из электродов 218 группы электродов 212-218 представляет собой эталонный электрод, соединенный с неволосистым участком головы пользователя 201.

Ссылаясь на фиг. 2В, показана та же примерная реализация устройства 200 взаимодействия с мозгом, размещенного на голове пользователя 201, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Конкретно, примерная реализация представляет собой вид сзади пользователя 201, носящего устройство 200 взаимодействия с мозгом, содержащее приспособление 220 головного убора и сборочный блок 270. Дополнительно, сборочный блок 270 содержит приспособление 230 ввода/вывода (такое как приспособление 130 ввода/вывода с фиг. 1), приспособление 240 обработки данных (такое как приспособление 140 обработки данных с фиг. 1) и один или несколько блоков 250 питания (таких как один или несколько блоков 150 питания с фиг. 1). Кроме того, приспособление 240 обработки данных содержит модуль 242 памяти (такой как модуль 142 памяти с фиг. 1) и блок 244 обработки (такой как блок 144 обработки с фиг. 1).

Ссылаясь на фиг. 3, проиллюстрировано устройство взаимодействия с мозгом (такое как устройство 100 взаимодействия с мозгом с фиг. 1), работающее в виде системы 300 замкнутой петли. Система 300 замкнутой петли, при работе, реализует по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения или другой вычислительный алгоритм, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Система 300 замкнутой петли содержит электродное приспособление 310 (такое как электродное приспособление 110 с фиг. 1), приспособление 330 ввода/вывода (такое как приспособление 130 ввода/вывода с фиг. 1), приспособление 340 обработки данных (такое как приспособление 140 обработки данных с фиг. 1) и один или несколько блоков 350 питания (таких как один или несколько блоков 150 питания с фиг. 1). Кроме того, приспособление 330 ввода/вывода содержит препроцессор 332, входной преобразователь 334, генератор 336 стимулов и выходной преобразователь 338. Приспособление 340 обработки данных содержит блок 344 обработки (такой как блок 144 обработки с фиг. 1) и модуль 342 памяти (такой как модуль 142 памяти с фиг. 1), при этом блок 344 обработки и модуль 342 памяти сообщаются образом соединены. Электродное приспособление 310, препроцессор 332, входной преобразователь 334, генератор 336 стимулов, выходной преобразователь 338 и приспособление 340 обработки данных сообщаются образом соединены показанным образом. Электрические сигналы, созданные в мозге пользователя, обнаруживают электродным приспособлением 310, а затем передают в блок 344 обработки посредством препроцессора 332 и входного преобразователя 334. Блок 344 обработки применяет по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения или другой вычислительный алгоритм для создания и передачи протокола стимуляции мозга выходному преобразователю 338. Дополнительно, выходной преобразователь 338 обрабатывает и передает обработанный протокол стимуляции мозга генератору 336 стимулов, при этом генератор 336 стимулов создает мозговые стимулы и передает созданные мозговые стимулы электродному приспособлению 310 для стимуляции мозга пользователя. Дополнительно, один или несколько блоков 350 питания, при работе, подает электроэнергию приспособлению 330 ввода/вывода и приспособлению 340 обработки данных.

Ссылаясь на фиг. 4, показана блок-схема примерной реализации устройства 400 взаимодействия с мозгом (такого как устройство 100 взаимодействия с мозгом с фиг. 1), содержащего приспособление 440 обработки данных (такое как приспособление 140 обработки данных с фиг. 1), приспособление 420 головного убора (такое как приспособление 120 головного убора с фиг. 1), приспособление 430 ввода/вывода (такое как приспособление 130 ввода/вывода с фиг. 1), приспособление 440 обработки данных (такое как приспособление 140 обработки данных с фиг. 1), один или несколько блоков 450 питания (таких как один или несколько блоков 150 питания с фиг. 1), блок 460 управления и приспособление 480 внешней стимуляции, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Дополнительно, приспособление 440 обработки данных устройства 400 взаимодействия с мозгом сообщается образом соединено с блоком 460 управления. Блок 460 управления дополнительно содержит модуль 462 общения. Кроме того, блок 460 управления сообщается образом соединен с приспособлением 480 внешней стимуляции, содержащим в этом примере приспособление 482 аудиостимуляции и приспособление 484 стимуляции виртуальной реальности. Дополнительно, один или несколько блоков 450 питания устройства 400 взаимодействия с мозгом, при работе, подает электроэнергию приспособлению 440 обра-

ботки данных (такому как приспособление 140 обработки данных с фиг. 1), и может также, возможно, подавать электроэнергию блоку 460 управления и приспособлению 480 внешней стимуляции.

Ссылаясь на фиг. 5, показана примерная реализация устройства 500 взаимодействия с мозгом (такого как устройство 400 с фиг. 4), содержащего сборочный блок 570 (такой как сборочный блок 270 с фиг. 2А и 2В), приспособление 520 головного убора (такое как приспособление 120 головного убора с фиг. 1) и приспособление 580 внешней стимуляции (такое как приспособление 480 внешней стимуляции с фиг. 4), в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения.

Приспособление 580 внешней стимуляции содержит этот пример приспособления 582 аудиостимуляции (такого как приспособление 482 аудиостимуляции с фиг. 4), и приспособление 584 стимуляции виртуальной реальности (такое как приспособление 484 стимуляции виртуальной реальности с фиг. 4). Дополнительно, приспособление 580 внешней стимуляции сообщаемым образом соединено с блоком управления (не показан). Кроме того, сборочный блок 570 (такой как сборочный блок 270 с фиг. 2А и 2В) содержит блок управления (не показан) и один или несколько блоков питания (не показаны). Кроме того, один или несколько блоков питания, при работе, может также возможно подавать электроэнергию приспособлению 580 внешней стимуляции.

Ссылаясь на фиг. 6, показана примерная реализация устройства 600 взаимодействия с мозгом (такого как устройство 100 с фиг. 1) с приспособлением 620 головного убора типа повязки, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Устройство 600 взаимодействия с мозгом дополнительно содержит сборочный блок 670 (такой как сборочный блок 270 с фиг. 2А и 2В). Дополнительно, приспособление 620 головного убора (такое как приспособление 120 головного убора с фиг. 1) содержит электродное приспособление (такое как электродное приспособление 110 с фиг. 1), содержащее группу электродов 612-616 (такую как группа электродов 112-118 с фиг. 1), при этом группа электродов 612-616 соединена со сборочным блоком 670 посредством группы соединяющих проводов 672-676 (такой как группа соединяющих проводов 272-278 с фиг. 2А и 2В).

Ссылаясь на фиг. 7, показан примерный интерфейс 700 пользователя для приема инструкции от пользователя или для отображения персонализированной стимуляции мозга, приложенной к пользователю, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Как показано, интерфейс 700 пользователя может использоваться пользователем для предоставления инструкций, таких как, связанные с состоянием включено/выключено посредством кнопки 702, режим стимуляции из числа tDCS, tACS, импульса или фронт посредством соответствующей кнопки 704 и т.д. Интерфейс 700 пользователя также позволяет пользователю регулировать проверку тока, переданного группе электродов, частоту tACS, импульсы, или свет, испускаемый светодиодом, связанным с приспособлением внешней стимуляции, ширину импульса/фронта и/или смещение использованием соответствующих бегунков 706А-Д. Альтернативно, пользователь может проверять ток, переданный группе электродов, частоту tACS, импульсы, или свет, испускаемый светодиодом, связанным с приспособлением внешней стимуляции, ширину импульса/фронта и/или смещение, которые отображают посредством соответствующих бегунков 706А-Д, так что соответствующие бегунки 706А-Д автоматически меняют свое расположение на интерфейсе 700 пользователя на основе обновленных значений, определенных алгоритмом оптимизации стимуляции. Кроме того, интерфейс 700 пользователя отображает различные параметры стимуляции, такие как, напряжение, ток и импеданс, приложенные к группе электродов для предоставления стимуляции мозга через выходную область 708 интерфейса 700 пользователя.

Ссылаясь на фиг. 8А, 8В показаны спектрограммы 810 и 820 сигналов, обнаруженных из области О1 (канал 7 810 и канал 8 820, соответственно) мозга пользователя, в ответ на различные частоты 810-820 стимуляции пользователя, используемые для определения оптимальной частоты стимуляции для пользователя, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения; Частоты стимуляции 810-820 оптимизируют для максимального изменения мощности мозгового сигнала с частотой, соответствующей частоте стимуляции светодиодным светом, адаптивным алгоритмом отслеживания точки максимальной мощности. Частоты стимуляции 810-820 применяют к светодиодам в течение 25 с, каждая после неактивного базового периода в 25 с. Адаптивный алгоритм отслеживания точки максимальной мощности определяет следующее изменение частоты стимуляции на основе расположения локального максимума. Кроме того, амплитуда такого изменения частоты стимуляции меняется, чтобы позволять точно определять оптимальную частоту стимуляции. Соответственно, амплитуда приложенной частоты стимуляции меняется до тех пор, пока оптимальную частоту стимуляции определяют с точностью меньше $\pm 0,1$ Гц.

Как показано, адаптивный алгоритм отслеживания точки максимальной мощности определяет первую полосу частот стимуляции около 10 Гц, которая становится заметной (изображено белой линией в спектрограмме 810 с фиг. 8А вдоль правой части столбца 10 Гц), а частоты около 10 Гц исследуют для сужения до оптимальной частоты стимуляции. Кроме того, когда адаптивный алгоритм отслеживания точки максимальной мощности применяет различные частоты стимуляции около 9,5 Гц, не определяют дополнительного увеличения алгоритмом отслеживания точки мощности. Следовательно, адаптивный алгоритм отслеживания точки максимальной мощности определяет оптимальную частоту стимуляции, равную 9,5 Гц, для данного пользователя.

Ссылаясь на фиг. 9, показан график 910, иллюстрирующий нелинейное отношение между частотой стимуляции, переданной светодиодами и мощностью отклика мозгового сигнала с частотой, соответствующей частоте стимуляции светодиодным светом, в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Нелинейное отношение между частотой стимуляции, приложенной к светодиодам, и мощностью отклика определяют посредством адаптивного алгоритма отслеживания точки максимальной мощности. Адаптивный алгоритм отслеживания точки максимальной мощности определяет локальный максимум посредством приложения различных частот стимуляции и сужением до оптимальной частоты стимуляции. Впоследствии, адаптивный алгоритм отслеживания точки максимальной мощности определяет локальный максимум, равный около 10 Гц (обозначено 920 на графике 910). Кроме того, адаптивный алгоритм отслеживания точки максимальной мощности пытается определять оптимальную частоту стимуляции около локального максимума посредством приложения различных частот стимуляции около 10 Гц. Будет понятно, что такая технология определения оптимальной частоты стимуляции мигающего светодиода посредством адаптивного алгоритма отслеживания точки максимальной мощности, может применяться, например, в приложениях, связанных с мозго-компьютерным интерфейсом (или связанных с BCI), которые полагаются на зрительные вызванные потенциалы устойчивого состояния. Оптимальная частота стимуляции в таких связанных с BCI приложениях может использоваться для создания надежного отклика на мигающие визуальные стимуляции, чтобы более точно и быстро направлять оборудование, которым пользователь пытается управлять мозгом.

Ссылаясь на фиг. 10, иллюстрируют этапы способа 1000 мониторинга мозговой активности и стимуляции мозга пользователя использованием устройства взаимодействия с мозгом (такого как устройство 100 с фиг. 1), в соответствии с вариантом выполнения настоящего изобретения. Способ инициируется на этапе 1002, а на этапе 1002 один или несколько блоков питания (таких как один или несколько блоков 140 питания с фиг. 1) используют для подачи электроэнергии приспособлению ввода/вывода и приспособлению обработки данных. На этапе 1004 приспособление головного убора (такое как приспособление 120 головного убора с фиг. 1) размещают на голове пользователя для того, чтобы обнаруживать электрические сигналы и подавать к ним мозговые стимулы. На этапе 1006 приспособление ввода/вывода (такое как приспособление 130 ввода/вывода с фиг. 1) используют для приема электрического сигнала от группы электродов (такой как группа электродов 112-118 с фиг. 1) и передачи мозговых стимулов по меньшей мере одному, паре или любой совокупности группы электродов. На этапе 1008 приспособление обработки данных (такое как приспособление 140 обработки данных с фиг. 1) используют для процесса обработки принятого электрического сигнала и создания протокола стимуляции мозга, соответствующего принятому электрическому сигналу. Возможно, принятый электрический сигнал обрабатывают применением по меньшей мере одного из алгоритмов адаптивного обучения или другим вычислительным алгоритмом для создания протокола стимуляции мозга, соответствующего принятому электрическому сигналу. На этапе 1010 приспособление обработки данных сравнивает принятый электрический сигнал с заданным набором эталонных данных для создания анализа применением по меньшей мере одного из алгоритмов адаптивного обучения или другого вычислительного алгоритма для создания протокола стимуляции мозга. Способ 1000 заканчивается на этапе 1010, если достигают заданной цели стимуляции или заданной точки остановки, в противном случае этапы 1004-1010 повторяют автоматически итеративным образом до достижения заданной цели стимуляции или заданной точки остановки. Дополнительно, процессы 1004-1010 могут функционировать итеративно на основе инструкций, принятых от приспособления обработки данных (такого, как приспособление 140 обработки данных с фиг. 1).

Этапы 1002-1010 являются лишь иллюстративными, и могут предоставляться другие альтернативы, где один или несколько этапов добавляют, один или несколько этапов удаляют, или один или несколько этапов предоставляют в другой последовательности без отступления за объем формулы изобретения в настоящем документе.

Изменения вариантов выполнения настоящего изобретения, описанных в предыдущем, возможны без отступления от объема настоящего изобретения, как ограничено сопровождающей формулой изобретения. Такие выражения, как "содержащий", "включающий", "встроенный", "имеет", "представляет собой", используемые для описания и заявления настоящего изобретения, предназначены для толкования неисключительным образом, а именно, позволяя элементам, компонентам или элементам, явно не описанным, также присутствовать. Ссылка на единственное число также должна толковаться как относящаяся к множественному числу, где это уместно.

Дополнительные аспекты, преимущества, признаки и задачи настоящего изобретения, станут очевидными из чертежей и подробного описания иллюстративных вариантов выполнения, истолкованных в сочетании с приложенной формулой изобретения, которая следует далее.

Будет понятно, что признаки настоящего изобретения могут быть объединены в различных совокупностях без отступления от объема настоящего изобретения, как определено приложенной формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство взаимодействия с мозгом, которое предоставляет, при работе, мониторинг мозговой активности и стимуляцию мозга пользователя, при этом устройство включает:

(i) приспособление головного убора, которое должно размещаться или располагаться на голове пользователя, при этом приспособление головного убора содержит электродное приспособление, содержащее группу электродов, которая осуществляет электрический контакт с волосистой частью головы пользователя, при работе, для обнаружения электрических сигналов от него и для подачи к нему мозговых стимулов;

(ii) приспособление ввода/вывода, которое принимает электрические сигналы от по меньшей мере одного из группы электродов, и передает мозговые стимулы посредством протокола стимуляции мозга по меньшей мере одному из группы электродов, при работе;

(iii) приспособление обработки данных, которое обрабатывает обнаруженные электрические сигналы, принятые от приспособления ввода/вывода, и создает протокол стимуляции мозга, который зависит от принятых электрических сигналов, при работе, при этом приспособление обработки данных содержит модуль памяти; и

(iv) один или несколько блоков питания, которые подают электроэнергию приспособлению ввода/вывода и приспособлению обработки данных,

отличающееся тем, что приспособление обработки данных сравнивает принятые электрические сигналы с заданным набором эталонных данных для создания анализа принятых электрических сигналов, и применяет по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения, включающий алгоритм отслеживания точки максимальной мощности, к процессам анализа и создания протокола стимуляции мозга, при этом алгоритм адаптивного обучения итеративно настраивает протокол стимуляции мозга в режиме реального времени, чтобы применить настроенные стимулы мозга к коже головы пользователя для получения желаемой целевой электрической активности мозга пользователя.

2. Устройство взаимодействия с мозгом по п.1, отличающееся тем, что заданный набор эталонных данных хранят в модуле памяти и обновляют итеративно в реальном времени, когда устройство взаимодействия с мозгом работает.

3. Устройство взаимодействия с мозгом по п.1, отличающееся тем, что приспособление обработки данных анализирует принятые электрические сигналы и применяет протокол стимуляции мозга в реальном времени так, что электрические сигналы обнаруживают на волосистой части головы пользователя согласованно с мозговыми стимулами, поданными к пользователю.

4. Устройство взаимодействия с мозгом по п.1, отличающееся тем, что приспособление обработки данных анализирует электрические сигналы, принятые от приспособления обработки входного сигнала временно с мозговыми стимулами, поданными к пользователю.

5. Устройство взаимодействия с мозгом по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что стимулы также подают к другим частям пользователя, пространственно удаленным от волосистой части головы данного пользователя.

6. Устройство взаимодействия с мозгом по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что приспособление обработки данных использует, но не ограничивается, по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения, реализованный по меньшей мере в виде: выполняемого программного обеспечения, цифрового аппаратного средства (например, FPGA, ASIC, заказная конструкция микросхемы).

7. Устройство взаимодействия с мозгом по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения содержит, но не ограничивается, по меньшей мере один из алгоритмов машинного обучения: алгоритм k ближайших соседей, регрессионный анализ, ансамбль древовидных алгоритмов, отслеживание точки максимальной мощности, искусственную нейронную сеть, глубокую сверточную нейронную сеть, рекуррентную нейронную сеть, алгоритм обучения с подкреплением, алгоритм случайного леса, рекомендательную систему, генетический алгоритм, алгоритм Q обучения и глубокого Q обучения, при этом по меньшей мере один из этих алгоритмов реализуют в системе замкнутой петли.

8. Устройство взаимодействия с мозгом по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что приспособление обработки данных использует, но не ограничивается, по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения для итеративной настройки протокола стимуляции мозга, так что электрическую активность мозга пользователя модулируют до приблизительной цели по желанию.

9. Устройство взаимодействия с мозгом по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что устройство дополнительно включает блок управления, который принимает, при работе, вход от по меньшей мере одного пользователя или устройства третьей стороны, при этом блок управления сообщающимся образом соединен с приспособлением обработки данных и содержит модуль сообщения для образования сообщения между устройством и устройством третьей стороны.

10. Устройство взаимодействия с мозгом по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что устройство дополнительно включает приспособление внешней стимуляции для предоставления по

меньшей мере одного из: визуальной стимуляции, аудиостимуляции и/или стимуляции виртуальной реальности к мозгу пользователя, при этом приспособление внешней стимуляции сообщаемым образом соединено с блоком управления.

11. Устройство взаимодействия с мозгом по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что приспособление ввода/вывода содержит предохранительное приспособление, при этом предохранительное приспособление запрещает подачу любых мозговых стимулов к электродному приспособлению и запись от электродного приспособления, в случае неисправности устройства.

12. Способ использования устройства взаимодействия с мозгом, который предоставляет, при работе, мониторинг мозговой активности и стимуляцию мозга пользователя, отличающийся тем, что способ включает этапы, на которых:

(i) используют один или несколько блоков питания для подачи электроэнергии к приспособлению ввода/вывода и приспособлению обработки данных;

(ii) размещают или располагают приспособление головного убора на голове пользователя, при этом приспособление головного убора содержит электродное приспособление, содержащее группу электродов, которая осуществляет электрический контакт с волосистой частью головы пользователя, при работе, для того, чтобы обнаруживать электрические сигналы от нее и чтобы подавать к нему мозговые стимулы;

(iii) используют приспособление ввода/вывода для приема электрических сигналов от по меньшей мере одного из группы электродов и для передачи мозговых стимулов посредством протокола стимуляции мозга по меньшей мере одному из группы электродов;

(iv) используют приспособление обработки данных для обработки обнаруженных электрических сигналов, принятых от приспособления ввода/вывода и для создания протокола стимуляции мозга, соответствующего принятым электрическим сигналам, при этом приспособление обработки данных содержит модуль памяти; и

(v) сравнивают принятые электрические сигналы и заданный набор эталонных данных для создания анализа и применения по меньшей мере одного алгоритма адаптивного обучения, включающего алгоритм отслеживания точки максимальной мощности для анализа для создания протокола стимуляции мозга, при этом алгоритм адаптивного обучения итеративно настраивает протокол стимуляции мозга в режиме реального времени, чтобы применить настроенные стимулы мозга к коже головы пользователя для получения желаемой целевой электрической активности мозга пользователя.

13. Способ по п.12, отличающийся тем, что способ содержит использование приспособления обработки данных для обновления заданного набора эталонных данных итеративно в реальном времени и хранения обновленного заданного набора эталонных данных в модуле памяти.

14. Способ по п.12, отличающийся тем, что способ содержит использование приспособления обработки данных для анализа принятых электрических сигналов в реальном времени, чтобы электрические сигналы обнаруживались на волосистой части головы пользователя согласованно с мозговыми стимулами, поданными к пользователю.

15. Способ по п.12, отличающийся тем, что способ содержит использование приспособления обработки данных для анализа электрических сигналов, принятых от приспособления ввода/вывода временно, причем мозговые стимулы подают к пользователю.

16. Способ по любому из пп.12-15, отличающийся тем, что способ содержит использование по меньшей мере одного из группы электродов электродного приспособления для подачи мозговых стимулов к волосистой части головы пользователя, и к другим частям пользователя, пространственно удаленным от волосистой части головы пользователя.

17. Способ по любому из пп.12-16, отличающийся тем, что способ содержит расположение для использования приспособления обработки данных, но не ограничивается, по меньшей мере одним алгоритмом адаптивного обучения, реализованным по меньшей мере в виде: выполняемого программного обеспечения, цифрового аппаратного средства (например, FPGA, ASIC, заказная конструкция микросхемы).

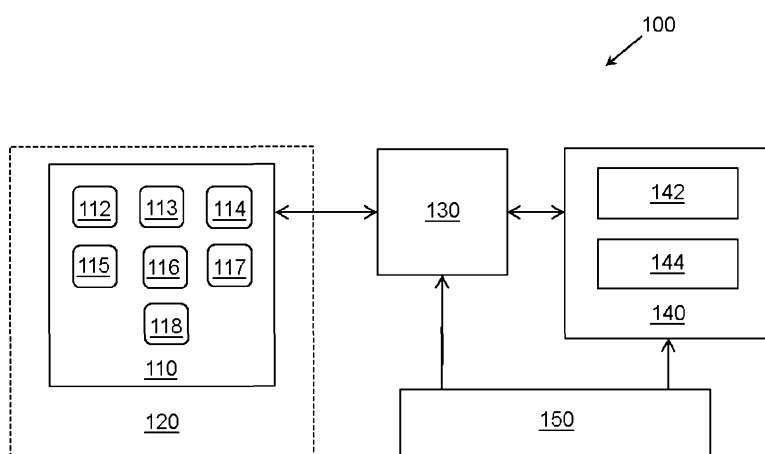
18. Способ по любому из пп.12-17, отличающийся тем, что по меньшей мере один алгоритм адаптивного обучения содержит, но не ограничивается, по меньшей мере один из алгоритмов машинного обучения: алгоритм k ближайших соседей, регрессионный анализ, ансамбль древовидных алгоритмов, отслеживание точки максимальной мощности, искусственную нейронную сеть, глубокую сверточную нейронную сеть, рекуррентную нейронную сеть, алгоритм обучения с подкреплением, алгоритм случайного леса, рекомендательную систему, генетический алгоритм, алгоритм Q обучения и глубокого Q обучения, при этом по меньшей мере один из этих алгоритмов реализуют в системе замкнутой петли.

19. Способ по любому из пп.12-18, отличающийся тем, что способ содержит расположение для использования приспособления обработки данных, но не ограничивается, по меньшей мере одним алгоритмом адаптивного обучения для итеративной настройки мозговых стимулов, так что электрическую активность мозга пользователя настраивают на приблизительную целевую электрическую активность мозга по желанию.

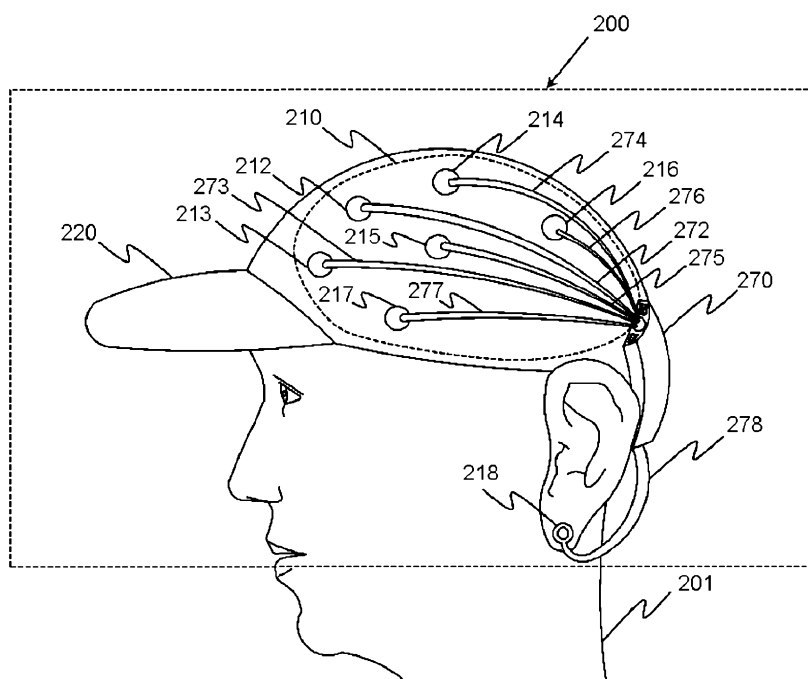
20. Способ по любому из пп.12-19, отличающийся тем, что способ содержит блок управления для приема входа от по меньшей мере одного пользователя или устройства третьей стороны, при этом блок управления сообщаемым образом соединен с приспособлением обработки данных и содержит модуль сообщения для образования сообщения между устройством и устройством третьей стороны.

21. Способ по любому из пп.12-20, отличающийся тем, что способ содержит использование приспособления внешней стимуляции для предоставления по меньшей мере одного из: визуальной стимуляции, аудиостимуляции и/или стимуляции виртуальной реальности для мозга пользователя, при этом приспособление внешней стимуляции сообщаемым образом соединено с блоком управления.

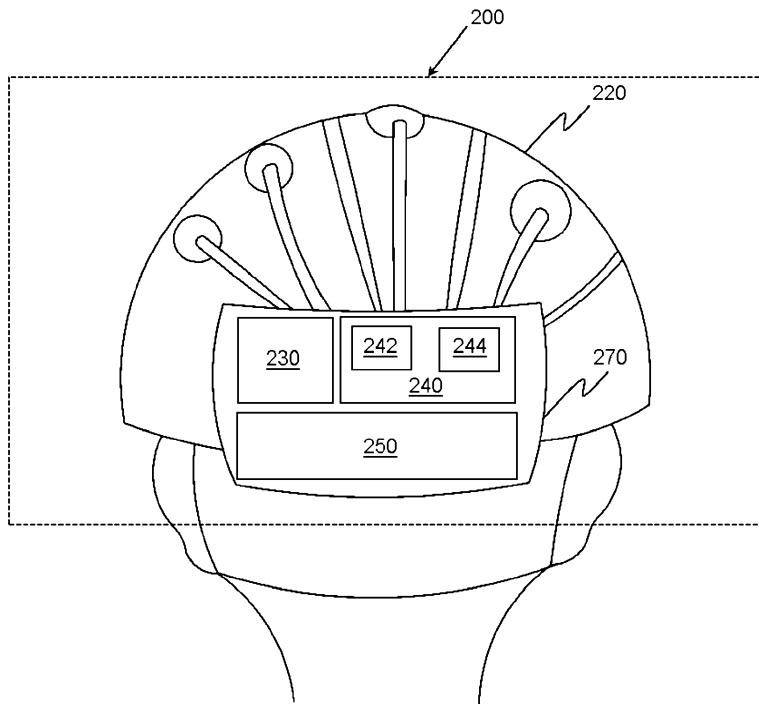
22. Способ по любому из пп.12-21, отличающийся тем, что способ содержит использование предохранительного приспособления для запрета подачи мозговых стимулов электродному приспособлению и для запрета записи электрических сигналов в случае неисправности устройства, при этом предохранительное приспособление сообщаемым образом соединено с приспособлением ввода/вывода.



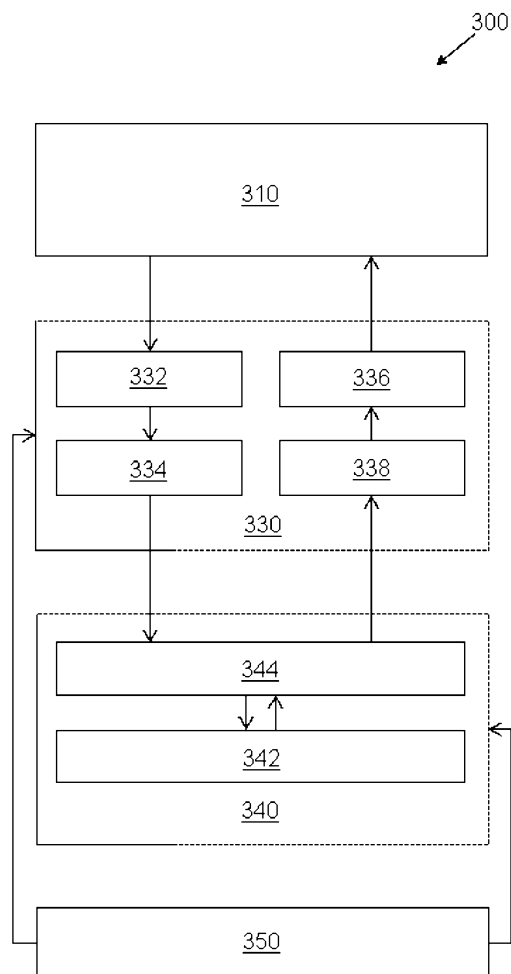
Фиг. 1



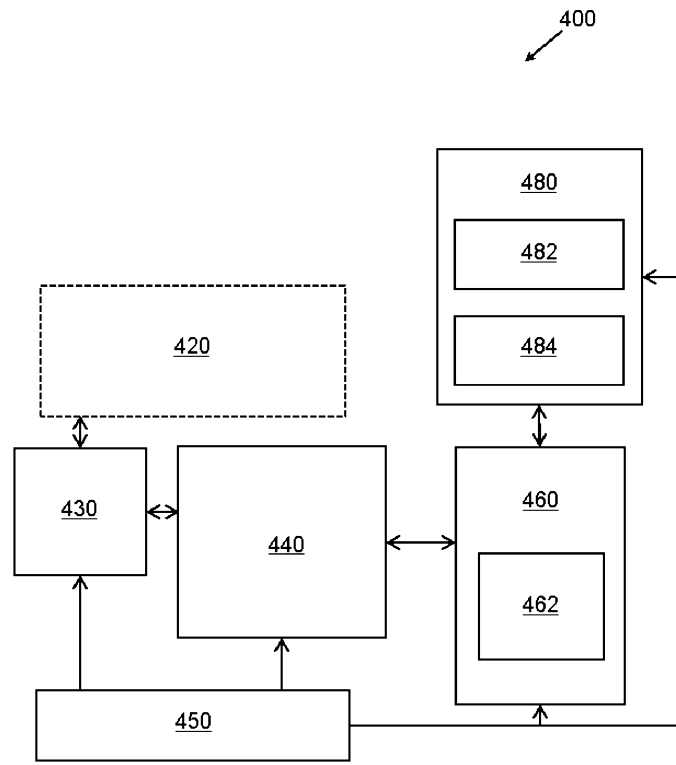
Фиг. 2А



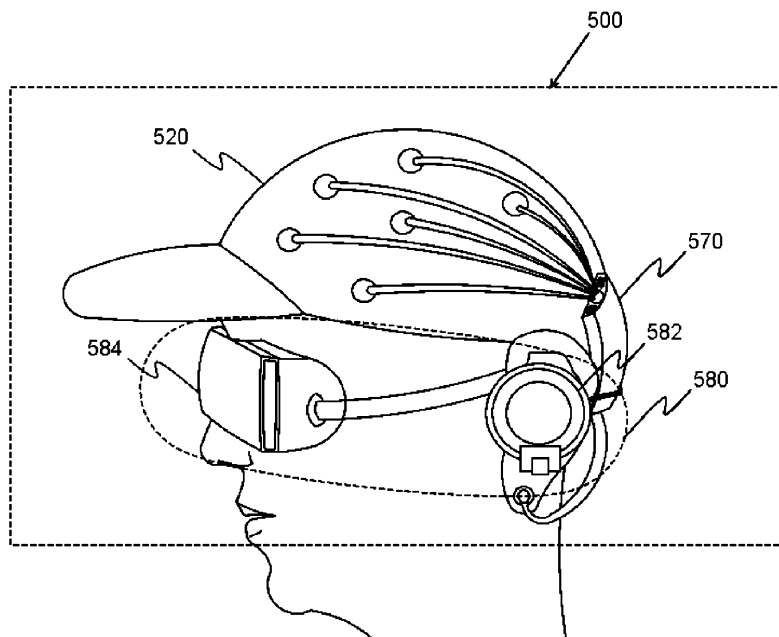
Фиг. 2В



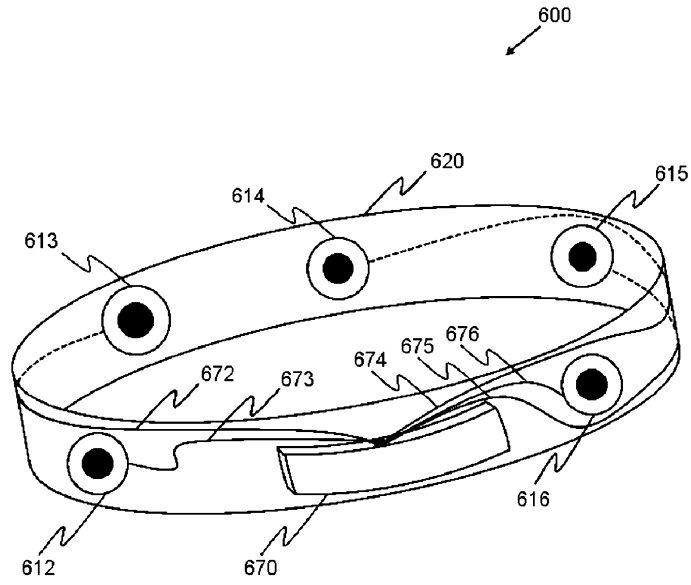
Фиг. 3



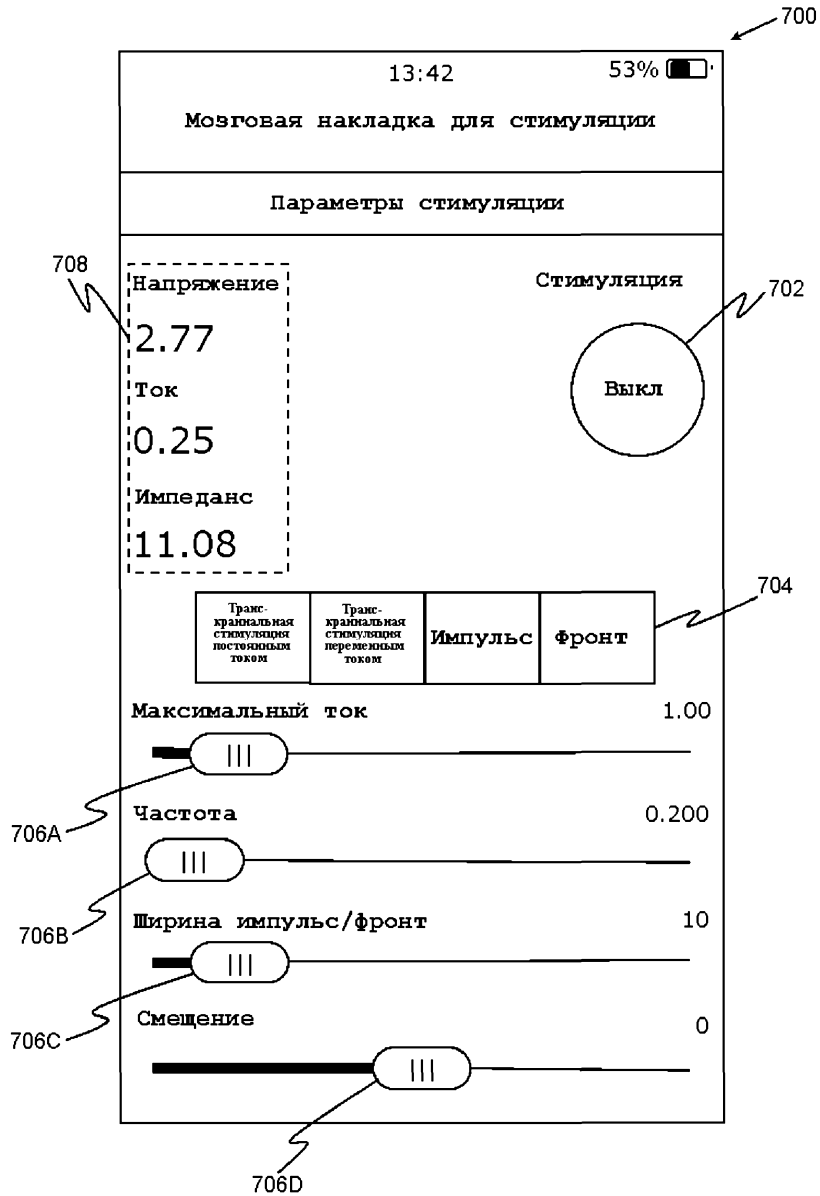
Фиг. 4



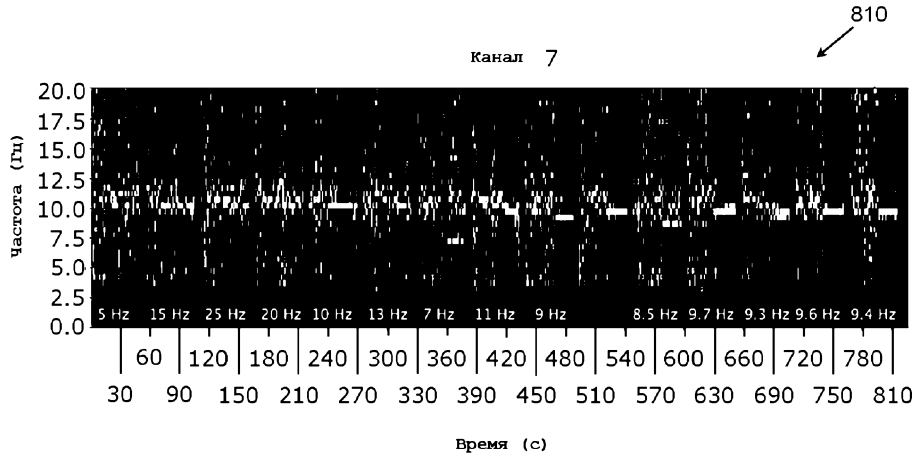
Фиг. 5



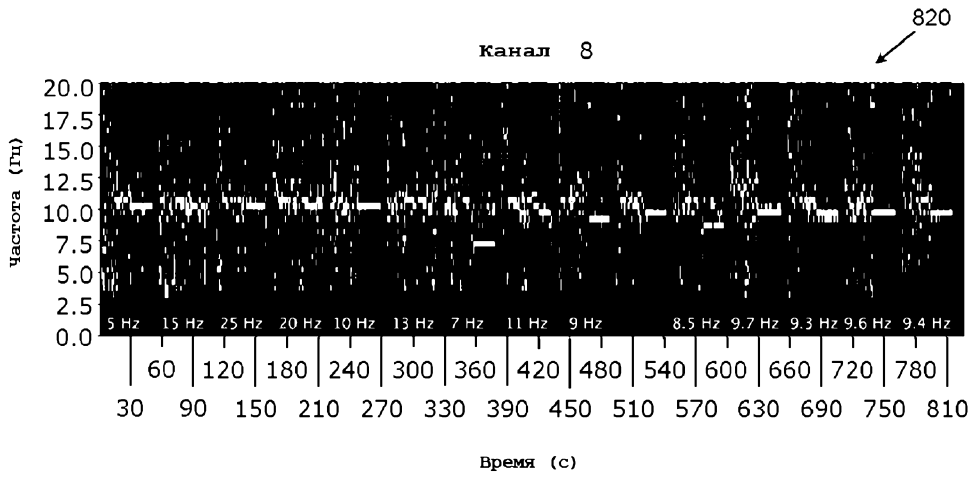
Фиг. 6



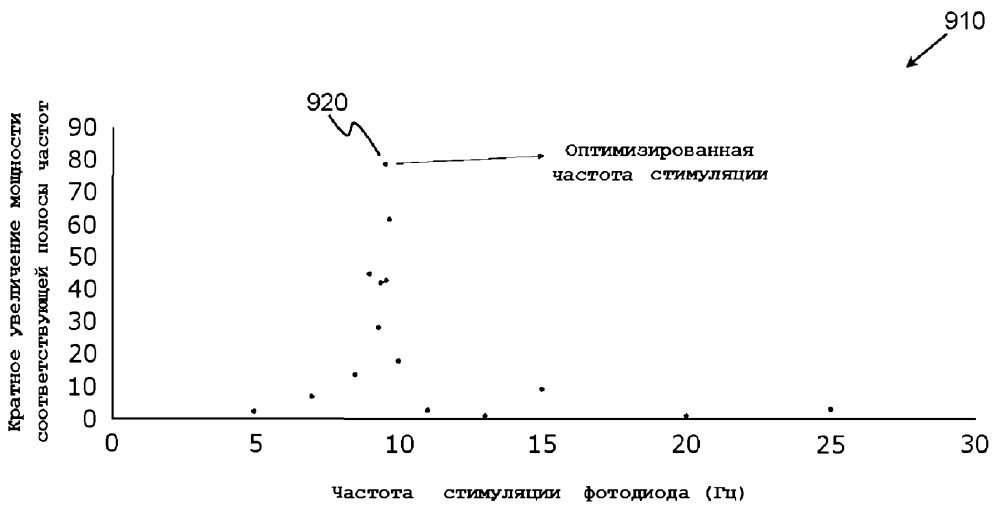
Фиг. 7



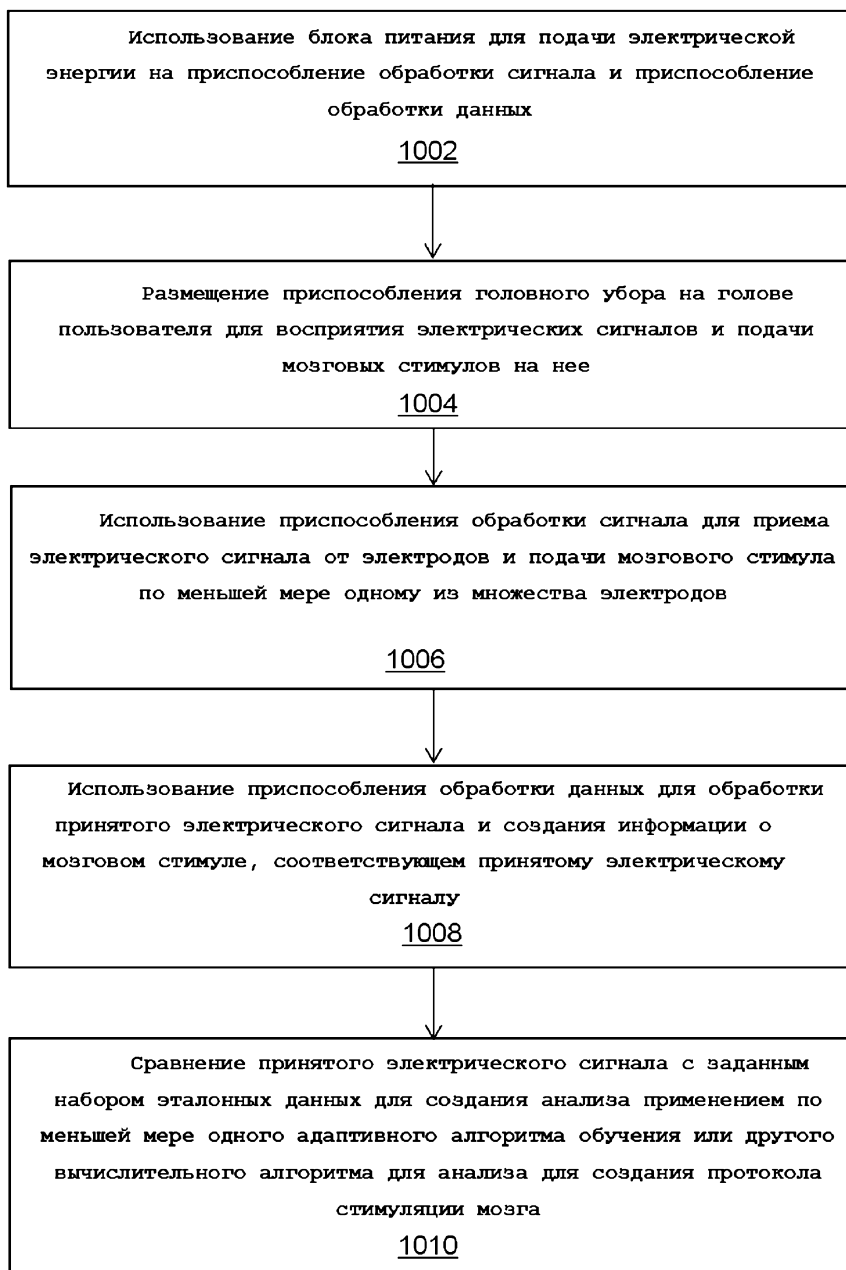
Фиг. 8А



Фиг. 8В



Фиг. 9



Фиг. 10

