



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК
G01B 7/30 (2006.01)
A61H 1/02 (2006.01)
A61B 5/11 (2006.01)
(52) СПК
G01B 7/30 (2021.02)
A61H 1/02 (2021.02)
A61B 5/11 (2021.02)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 02.07.2021)
Пошлина: учтена за 1 год с 24.12.2020 по 24.12.2021. Установленный срок для уплаты пошлины за 2 год: с 24.12.2020 по 24.12.2021. При уплате пошлины за 2 год в дополнительный 6-месячный срок с 25.12.2021 по 24.06.2022 размер пошлины увеличивается на 50%.

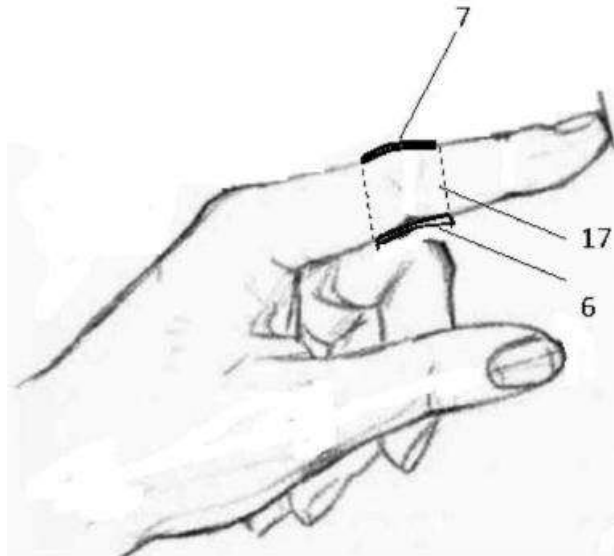
(21)(22) Заявка: **2020142960**, **24.12.2020**
(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.12.2020
Дата регистрации:
12.05.2021
Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **24.12.2020**
(45) Опубликовано: **12.05.2021** Бюл. № **14**
(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **US 9612102 B2, 04.04.2017. US**
10378975 B1, 13.08.2019. US 9476692 B2,
25.10.2016. WO 2016030752 A1, 03.03.2016.
US 10602965 B2, 31.03.2020. RU 2679533 C2,
11.02.2019.
Адрес для переписки:
443099, РФ, Самара, Самарская область,
ул. Чапаевская, 89, ФГБОУ ВО
"Самарский государственный
медицинский университет" Минздрава РФ

(72) Автор(ы):
Колсанов Александр Владимирович (RU),
Чаплыгин Сергей Сергеевич (RU),
Ровнов Сергей Викторович (RU),
Кузьменко Николай Викторович (RU)
(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Самарский
государственный медицинский
университет" Министерства
здравоохранения Российской Федерации
(RU)

(54) ДАТЧИК ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ СГИБА**(57) Реферат:**

Полезная модель относится к области измерительной техники, а именно к измерительному оборудованию – датчикам, которые могут применяться в различных областях техники, где требуется предельно точное измерение углов сгиба в пространстве, а также идет совместное использование технологий виртуальной или дополненной реальности. Могут применяться в устройствах для восстановления мелкой моторики рук при двигательных нарушениях, а также при контроле реабилитационного процесса. Технический результат предлагаемой полезной модели заключается в обеспечении повышенной по сравнению с аналогами чувствительности датчика, обеспечивающей высокую точность измерения углов сгиба и возможность применения датчика для работы с виртуальной средой. Технический результат достигается в датчике измерения углов сгиба, содержащем чувствительный элемент с электродами, соединенными с полимером, преобразователь, выполненный таким образом, что изменение геометрии полимера вызывает электрическое изменение в преобразователе, считывающий модуль, выполненный с возможностью обнаружения электрического изменения, чувствительный элемент содержит два конденсатора, каждый из которых состоит из трех эластичных слоев: двух электродов и расположенного между ними диэлектрика, каждый электрод выполнен из реактопласта с гомогенизированными по объему углеродными нанотрубками, преобразователь содержит коммутатор, прецизионный компаратор, микроконтроллер, который связан с коммутатором, компаратором и с тактовым генератором с температурной стабилизацией частоты, имеется малощумящий источник опорного напряжения с температурной компенсацией, каждый конденсатор чувствительного элемента подключен к коммутатору, выполненному с возможностью коммутирования поочередно первого и второго конденсаторов с источником тока, параллельно конденсаторы подключены ко входу компаратора, выполненного с возможностью сравнения мгновенного значения напряжения на указанных конденсаторах с напряжением опорного источника, выход компаратора подключен к счетным

регистрам микроконтроллера, выполненным с обеспечением записи значений компаратора независимо от программного обеспечения микроконтроллера, считывающий модуль в виде гарнитуры выполнен с возможностью передачи результатов измерений на компьютер или мобильное устройство по беспроводному интерфейсу, а также с возможностью питания измерительного преобразователя. 3 ил.



Фиг.3

Полезная модель относится к области измерительной техники, а именно к измерительному оборудованию – датчикам, которые могут применяться в различных областях техники, где требуется предельно точное измерение углов сгиба в пространстве, а также где применяется технология виртуальной реальности. Датчики могут применяться в устройствах для восстановления мелкой моторики рук при двигательных нарушениях, а также при контроле реабилитационного процесса.

Известен аналог – датчик измерения углов сгиба, входящий в состав умной одежды для амбулаторной регистрации движения человека – US20160338644, 17.09.2013, содержащей предмет одежды, который носит человек, излучатель электромагнитной энергии, приемник электромагнитной энергии, спиралевидный путепровод электромагнитной энергии, в котором электромагнитная энергия течет от излучателя электромагнитной энергии к приемнику электромагнитной энергии по пути, который при этом путь сконфигурирован так, чтобы охватывать сустав тела человека так, что при растяжении или изгибании траектории изменяется один или несколько параметров потока электромагнитной энергии от излучателя к приемнику, и процессор данных, в котором процессор данных анализирует изменения в одном или нескольких параметрах, чтобы измерить движение сустава тела.

Недостатком аналога является сложность конструкции, обусловленная необходимостью использования спиралевидного путепровода электромагнитной энергии, что в конечном счете снижает точность измерения движений.

Известен аналог – датчик измерения углов сгиба - US6809462, 05.04.2000, принятый в качестве прототипа, содержащий чувствительный элемент в виде двух электродов, соединенных с полимером, преобразователь, выполненный таким образом, что изменение геометрии полимера вызывает электрическое изменение в преобразователе, и считывающую электронику, связанную с чувствительным элементом и преобразователем с возможностью обнаружения электрического изменения.

Недостатком аналога является не высокая чувствительность датчика и низкая точность измерения углов сгиба.

Технический результат предлагаемой полезной модели заключается в обеспечении повышенной по сравнению с аналогами чувствительности датчика, обеспечивающей высокую точность измерения углов сгиба и возможность применения датчика для работы с виртуальной средой.

Технический результат достигается в датчике измерения углов сгиба, содержащем чувствительный элемент с электродами, соединенными с полимером, преобразователь, выполненный таким образом, что изменение геометрии полимера вызывает электрическое изменение в преобразователе, считывающий модуль, выполненный с возможностью обнаружения электрического изменения, чувствительный элемент содержит два конденсатора, каждый из которых состоит из трех эластичных слоев: двух электродов и расположенного между ними диэлектрика, каждый электрод выполнен из реактопласта с гомогенизированными по объему углеродными нанотрубками, преобразователь содержит коммутатор, прецизионный компаратор, микроконтроллер, который связан с коммутатором, компаратором и с тактовым генератором с температурной стабилизацией частоты, имеется

малошумящий источник опорного напряжения с температурной компенсацией, каждый конденсатор чувствительного элемента подключен к коммутатору, выполненному с возможностью коммутирования поочередно первого и второго конденсаторов с источником тока, параллельно конденсаторы подключены к входу компаратора, выполненного с возможностью сравнения мгновенного значения напряжения на указанных конденсаторах с напряжением опорного источника, выход компаратора подключен к счетным регистрам микроконтроллера, выполненным с обеспечением записи значений компаратора независимо от программного обеспечения микроконтроллера, считывающий модуль в виде гарнитуры выполнен с возможностью передачи результатов измерений на компьютер или мобильное устройство по беспроводному интерфейсу, а также с возможностью питания измерительного преобразователя.

На фиг. 1 изображена схема датчика измерения углов сгиба.

На фиг. 2 изображен конденсатор датчика измерения углов сгиба.

На фиг. 3 изображены конденсаторы датчика измерения углов сгиба на руке пациента.

Датчик измерения углов сгиба, схема которого представлена на фиг. 1, содержит чувствительный элемент 1 с электродами 2, соединенными с полимером 3, как показано на фиг. 2, преобразователь 4, изображенный на схеме фиг. 1, выполненный таким образом, что изменение геометрии полимера 3 вызывает электрическое изменение в преобразователе 4, считывающий модуль 5, выполненный с возможностью обнаружения электрического изменения, чувствительный элемент 1 содержит два конденсатора 6, 7, каждый из которых состоит из трех эластичных слоев: двух электродов 2 и расположенного между ними диэлектрика 8, как показано на фиг. 2, каждый электрод 2 выполнен из реактопласта с гомогенизированными по объему углеродными нанотрубками 9, преобразователь 4 содержит коммутатор 10, прецизионный компаратор 11, микроконтроллер 12, который связан с коммутатором 10, компаратором 11 и с тактовым генератором 13 с температурной стабилизацией частоты, имеется малошумящий источник опорного напряжения 14 с температурной компенсацией, каждый конденсатор 6 и 7 чувствительного элемента 1 подключен к коммутатору 10, выполненному с возможностью коммутирования поочередно первого 6 и второго 7 конденсаторов с источником тока 15, параллельно конденсаторы 6, 7 подключены ко входу компаратора 11, выполненного с возможностью сравнения мгновенного значения напряжения на указанных конденсаторах 6, 7 с напряжением опорного источника напряжения 14, выход компаратора 11 подключен к счетным регистрам 16 микроконтроллера 12, выполненным с обеспечением записи значений компаратора 11 независимо от программного обеспечения микроконтроллера 12, считывающий модуль 5 в виде гарнитуры выполнен с возможностью передачи результатов измерений на компьютер или мобильное устройство по беспроводному интерфейсу, а также с возможностью питания преобразователя 4.

Рассмотрим пример конкретной реализации датчика измерения углов сгиба. Датчик применяется в медицине в составе устройства для контроля движения рук при проведении реабилитационного процесса восстановления мелкой моторики. Датчик применяется для измерения углов сгиба суставов руки. Конденсаторы 6, 7 выполнены в виде эластичных пластин, зашитых в эластичную ткань 17, как показано на фиг. 3. Конденсаторы 6, 7 расположены на каждой фаланге пальцев. Конденсатор 6 снизу сустава, конденсатор 7 сверху. Преобразователь 4 располагается на внутренней стороне ладони и связан с конденсаторами проводниками. Источник тока 15 в виде аккумулятора расположен с наружной стороны ладони и связан с преобразователем проводниками. Перечисленные элементы объединены эластичной тканью 17, которая представляет собой подобие перчатки, позволяя разместить все элементы датчика в пределах руки.

Каждый электрод 2 конденсатора 5, 6 изготовлен с применением технологии реактопласта – смешение компонентов через химическую реакцию. Пропорции компонентов выбираются исходя из обеспечения необходимой жесткости/твердости конечного изделия, реакция происходит при нормальных условиях окружающей среды. Для гомогенизации углеродных нанотрубок 8 применяется высокооборотный миксер и специализированная мешалка. Далее идет послойное нанесение с запеканием каждого слоя – проводниковый слой (электрод 2), затем диэлектрик (изолятор 8), как показано на фиг. 2, затем следующий проводниковый слой. Для этого применяется ракельная машина. Благодаря описанной конструкции электрода 2 обеспечивается его эластичность и при этом он выполняет функцию проводника. Этим достигается высокая точность измерения изменения электрической емкости конденсаторов 6, 7, которая происходит в результате изгиба пальцев руки.

Для обеспечения повышенной чувствительности датчика в качестве источника опорного напряжения 14 применяется малошумящий источник напряжения ADR4525, погрешность выходного напряжения которого $\pm 0.02\%$, температурный коэффициент $1 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$, размах шума на выходе 1 мкВ ($0.1\text{-}10 \text{ Гц}$). В качестве компаратора 11 применяется прецизионный компаратор LMP7300, имеющий характеристики: задержка формирования выходного сигнала - 4 мкс , напряжение смещения 0.3 мВ , точность опорного напряжения 0.25% , коэффициент подавления синфазной помехи 100 дБ . В качестве тактового генератора 13 с температурной стабилизацией применен

термокомпенсированный кварцевый генератор FOX924В-20.000 с базовой погрешностью установки частоты $\pm 1.5ppm$.

Для обеспечения высокой скорости обработки сигнала, необходимой для обеспечения высокой чувствительности датчика, выход компаратора 11 подключен напрямую к счетным регистрам 16 микроконтроллера 12, выполненным с обеспечением записи значений компаратора 11 независимо от программного обеспечения микроконтроллера 1. Выходы компаратора 11 подключены к соответствующим входам таймеров микроконтроллера 12, сконфигурированных таким образом, что при изменении сигнала от компаратора 11 происходит срабатывание логической схемы таймера, выполняющей захват текущего значения счетного регистра таймера и сохранение этого значения в регистре захвата с формированием признака "захват таймера". Описанная процедура захвата значения таймера выполняется жесткой логикой таймера без участия команд микроконтроллера 12, и для целей измерения емкости время захвата допускается не учитывать. Чтение и обработка результатов из регистра 16 захвата выполняется в цикле программы микроконтроллера 12, если значение признака "захват таймера" соответствует значению "истина". Элементы преобразователя размещены на общей печатной плате преобразователя 4.

Считывающий модуль 5 в виде гарнитуры связан с преобразователем проводником. Он предназначен для передачи результатов измерений на компьютер или мобильное устройство по беспроводному интерфейсу. Благодаря этому исключается наличие дополнительного оборудования рядом с датчиком, снижается вероятность влияния помех от данного оборудования на датчик, обеспечивается необходимая точность измерения углов сгиба.

Рассмотрим пример применения датчика измерения углов сгиба. Описываемый датчик имеет несколько чувствительных элементов 1. Они предназначены для измерения углов сгиба суставов пальцев пациента: по два чувствительных элемента 1 на пальцы с указательного по мизинец (по два сустава на каждом пальце), один чувствительный элемент 1 на сустав на большом пальце. Высокоточный датчик измерения углов сгиба решает задачу снятия показаний сгибания конечностей у пациента, проходящего реабилитацию мелкой моторики. При снятии показаний датчик за счет малых размеров не мешает пациенту выполнять комплекс упражнений, направленных на восстановление утраченной двигательной функции.

Пациент изгибает палец. При этом происходит изгиб чувствительного элемента 1 в сторону утонения диэлектрика 8 конденсатора 7, как показано на фиг. 3, и утолщения диэлектрика 8 конденсатора 6. В результате этого происходит соответственно увеличение емкости конденсатора 7 и уменьшение емкости конденсатора 6 относительно состояния покоя. Микроконтроллер 12 формирует цикл измерений: синхронно запускает заряд конденсаторов 6, 7 чувствительного элемента 1 и тактирование счетчиков регистра 16 от генератора 13. Коммутатор 10 переключает конденсаторы 6, 7 на заряд от источника тока 15 по команде микроконтроллера 12. Параллельно компаратор 11 сравнивает мгновенное значение напряжения на указанных конденсаторах 6, 7 с напряжением опорного источника 14. Фиксация значений счетных регистров 16 происходит аппаратно по сигналу срабатывания компаратора 11, что повышает чувствительность датчика по сравнению с аналогами. Результатом является разность количества импульсов счетных регистров 16 за один цикл измерения. Значение угла изгиба вычисляется микроконтроллером по заданной функции зависимости угла изгиба от разности количества импульсов. Считывающий модуль 5 в виде гарнитуры 5 осуществляет опрос преобразователя 4 и передачу результатов измерений на компьютер или мобильное устройство по беспроводному интерфейсу.

Пересчет кодов в градусы, компенсация начального смещения выполняются в соответствии с формулой:

$$\alpha = KЧЭ \cdot КИП \cdot (N - N_0), \text{ где}$$

α – результат измерений, $^{\circ}$,

$KЧЭ$ – коэффициент преобразования чувствительного элемента, [$^{\circ}/\text{пФ}$],

$КИП$ – коэффициент преобразования измерительного преобразователя, [$\text{пФ}/(\text{имп.})$],

N_0 – смещение нуля,

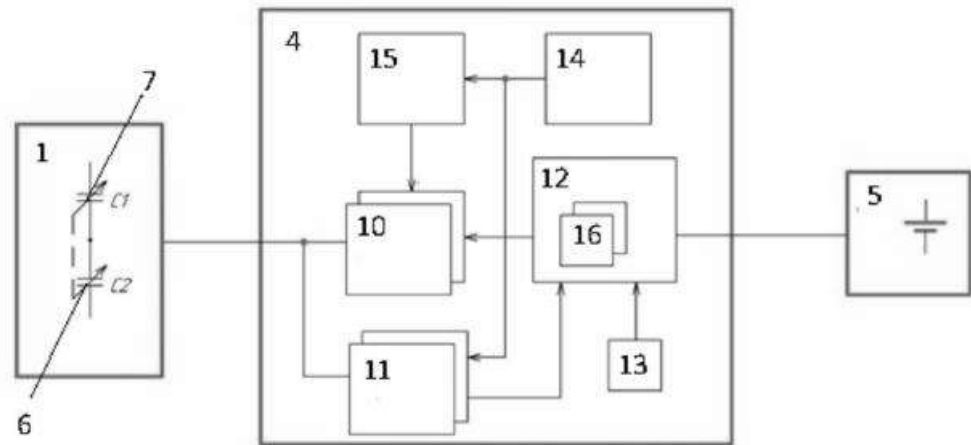
N – количество импульсов, равное разности счетных регистров 16.

Благодаря высокой чувствительности датчика данные с датчика хорошо синхронизируются с изображением руки в виртуальной реальности с возможностью управлять данным изображением благодаря применению датчика измерения углов сгиба.

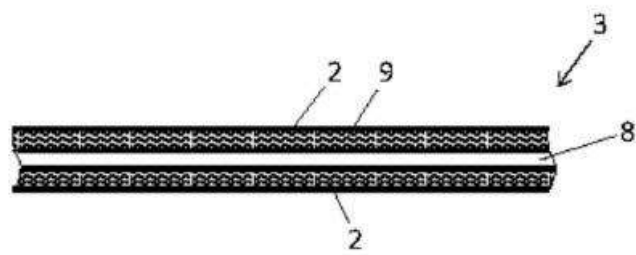
Формула полезной модели

Датчик измерения углов сгиба, содержащий чувствительный элемент с электродами, соединенными с полимером, преобразователь, выполненный таким образом, что изменение геометрии полимера вызывает электрическое изменение в преобразователе, считывающий модуль, выполненный с возможностью обнаружения электрического изменения, отличающийся тем, что чувствительный элемент содержит два конденсатора, каждый из которых состоит из трех эластичных слоев: двух

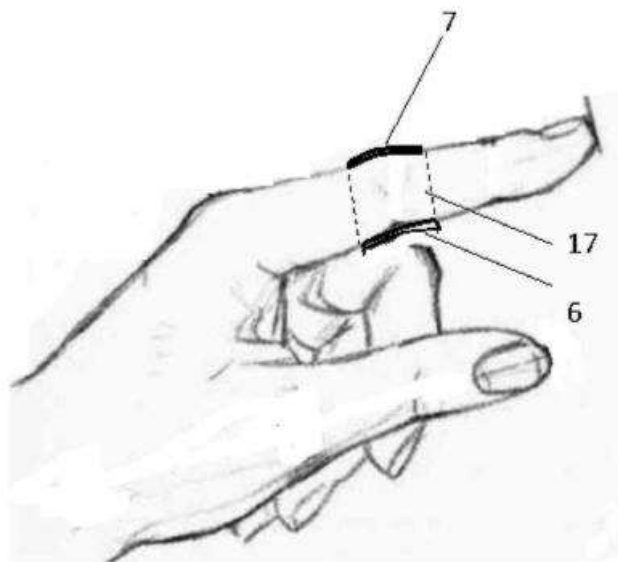
электродов и расположенного между ними диэлектрика, каждый электрод выполнен из реактопласта с гомогенизированными по объему углеродными нанотрубками, преобразователь содержит коммутатор, прецизионный компаратор, микроконтроллер, который связан с коммутатором, компаратором и с тактовым генератором с температурной стабилизацией частоты, имеется малошумящий источник опорного напряжения с температурной компенсацией, каждый конденсатор чувствительного элемента подключен к коммутатору, выполненному с возможностью коммутирования поочередно первого и второго конденсаторов с источником тока, параллельно конденсаторы подключены ко входу компаратора, выполненного с возможностью сравнения мгновенного значения напряжения на указанных конденсаторах с напряжением опорного источника, выход компаратора подключен к счетным регистрам микроконтроллера, выполненным с обеспечением записи значений компаратора независимо от программного обеспечения микроконтроллера, считывающий модуль в виде гарнитуры выполнен с возможностью передачи результатов измерений на компьютер или мобильное устройство по беспроводному интерфейсу, а также с возможностью питания измерительного преобразователя.



Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3