

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046518**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.03.22

(21) Номер заявки
202293013

(22) Дата подачи заявки
2021.04.22

(51) Int. Cl. **H02N 2/18** (2006.01)
H02M 7/00 (2006.01)
H02N 2/00 (2006.01)

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ СБОРА ТЕПЛОВОЙ И ВИБРАЦИОННОЙ ЭНЕРГИИ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

(31) **63/013,631**

(32) **2020.04.22**

(33) **US**

(43) **2022.12.16**

(86) **PCT/US2021/028638**

(87) **WO 2021/216870 2021.10.28**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**БОРД ОФ ТРАСТИЗ ОФ ТЕ
ЮНИВЕРСИТИ ОФ АРКАНЗАС (US)**

(72) Изобретатель:
Тибадо Пол (US)

(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(56) **US-A1-20190386584**
US-A-4808886
US-A-4995069
US-B1-6444516
US-A1-20030015997

(57) В изобретении интегральная схема на кристалле может включать в себя множество конденсаторов, которые соединены последовательно и генерируют шумовой сигнал переменного тока. Выбранная полоса частот шумового сигнала переменного тока передается через последовательность конденсаторов в качестве первого сигнала мощности переменного тока. Соответствующие выпрямители расположены для приема положительного цикла первого сигнала мощности переменного тока и отрицательного цикла первого сигнала мощности переменного тока. Выходные клеммы подключены к соответствующим выпрямителям и выполнены с возможностью подключения к схеме, являющейся внешней по отношению к интегральной схеме. Конденсаторы могут представлять собой конденсаторы с фиксированным зазором или конденсаторы с переменным зазором.

B1

046518

046518
B1

Перекрестная ссылка на родственные заявки

Данная заявка испрашивает приоритет для Предварительной патентной заявки США с серийным № 63/013631, поданной 22 апреля 2020 г. под названием "Сбор тепловой и вибрационной энергии окружающей среды" (англ. "Ambient Thermal and Vibration Energy Harvesting") и включает ее в себя посредством ссылки.

Область техники

Описанная технология в целом относится к системам, устройствам и способам для сбора тепловой и вибрационной энергии.

Заявление, касающееся исследований, финансируемых федеральным правительством

Во время проведения научно-исследовательской работы, представленной в этом описании, она не зависела от какого-либо государственного финансирования.

Уровень техники

Сбор энергии - это практический способ улавливания традиционной энергии из внешних источников, а также применение новых технологий для улавливания энергии, возникающей от источников тепловой энергии, источников вибрации (например, транспортных средств, машин, зданий и движений человека) и кинетических источников. Эта уловленная энергия затем может быть использована в различных сферах применения. Например, конденсаторы уже давно являются стандартным оборудованием для хранения энергии, но новые технологии позволяют использовать дополнительные подходы к сбору энергии.

В более новых вариантах осуществления пластины конденсатора могут представлять собой конденсаторы с переменным зазором, которые способны фактически генерировать переменный ток, который затем может быть выпрямлен для накопления энергии. См. публикацию патента США № 20190386584 "Устройства и датчики для сбора энергии и способы их изготовления и применения" (англ.: Energy Harvesting Devices and Sensors and Methods of Making and Use Thereof), которая полностью включена в настоящий документ посредством ссылки. В общедоступной публикации '584 пластина (возможно, графеновая мембрана) закреплена на одном конце и будет вибрировать вверх и вниз между двумя крайними положениями, когда происходит ее возбуждение приложенной энергией - энергией окружающей среды, вибрациями, теплом, светом и т.п. За счет сгибания и колебаний между двумя крайними положениями, деформация/напряжение, проявляющиеся на поверхности пластины, могут быть использованы для улавливания энергии.

В одном примере вибрации на атомном уровне являются присутствующими повсеместно, даже в среде, которая с точки зрения механики находится в состоянии покоя. Это связано со свойствами материала, температуру которого поддерживают на некотором уровне выше абсолютного нуля, и такие вибрации называют тепловыми вибрациями. Различные варианты осуществления, описанные ниже, представлены в отношении этих и других соображений.

Тепловая энергия, такая как та, которая вызывает описанные выше вибрации, также вызывает электрические реакции во многих других схемах. Однако сигналы, генерируемые тепловой энергией, должны быть не только уловлены, но и преобразованы в надежные, согласованные сигналы мощности, если энергию требуется собрать для использования в других практических применениях. В настоящее время в энергетическом секторе существует потребность в схемах, способах и системах, применяемых для сбора электрической энергии, производимой тепловыми системами, даже в тепловых условиях окружающей среды.

Сущность изобретения

В одном варианте осуществления система сбора энергии включает в себя источник постоянного напряжения, подключенный по меньшей мере к одному конденсатору, который генерирует шумовой сигнал переменного тока. Выбранный диапазон частот шумового сигнала переменного тока передается через конденсатор в качестве первого сигнала мощности переменного тока, а соответствующие диоды выпрямляют первый сигнал мощности для зарядки накопительного конденсатора положительного цикла и накопительного конденсатора отрицательного цикла от первого сигнала мощности переменного тока.

В другом варианте осуществления шумовой сигнал переменного тока представляет собой сигнал теплового шума, а по меньшей мере один конденсатор представляет собой множество конденсаторов, соединенных последовательно.

В другом варианте осуществления конденсатор выполнен с накопительной емкостью в 1 пикофарад.

В другом варианте осуществления для получения выходного сигнала мощности во время положительного цикла первого сигнала мощности переменного тока, указанный первый сигнал мощности переменного тока выпрямлен через диод с прямым смещением перехода.

В другом варианте осуществления для получения выходного сигнала мощности во время отрицательного цикла первого сигнала мощности переменного тока, указанный первый сигнал мощности переменного тока выпрямлен через диод с обратным смещением перехода.

В другом варианте осуществления диоды соединены в пары в виде подблока, а указанный подблок подключен к соединению металлической дорожки положительного цикла и соединению металлической

дорожки отрицательного цикла, при этом подблоки повторяются с соответствующими подключениями к соединению металлической дорожки положительного цикла и соединению металлической дорожки отрицательного цикла.

В другом варианте осуществления диод с прямым смещением перехода и диод с обратным смещением перехода подключены к дополнительным диодам по схеме двухполупериодного выпрямителя и умножителя Кокрофта-Уолтона.

В другом варианте осуществления множество конденсаторов в системе сбора энергии представляют собой конденсаторы с переменным зазором, генерирующие как первый сигнал мощности переменного тока от шумового сигнала переменного тока, так и второй сигнал мощности переменного тока от цикла разрядки конденсатора с переменным зазором.

В другом варианте осуществления конденсатор полностью заряжен от источника постоянного напряжения до стабильного состояния.

В другом варианте осуществления диоды выбраны на основе коэффициента проводимости так, чтобы соответствовать конденсатору как источнику шума.

В другом варианте осуществления шумовой сигнал переменного тока содержит проводимость, обусловленную скачкообразными изменениями свойств электропроводного носителя в конденсаторе из-за дефектов решетки.

В другом варианте осуществления источник постоянного напряжения обеспечивает напряжение, соответствующее напряжениям включения диодов.

Другой вариант осуществления данного изобретения представляет собой интегральную схему на кристалле, при этом указанная интегральная схема включает в себя по меньшей мере один конденсатор, подключенный к схеме для генерирования шумового сигнала переменного тока. Выбранная полоса частот шумового сигнала переменного тока передается через конденсатор в качестве первого сигнала мощности переменного тока. Соответствующие выпрямители принимают положительный цикл первого сигнала мощности переменного тока и отрицательный цикл первого сигнала мощности переменного тока. Выходные клеммы подключены к соответствующим выпрямителям и выполнены с возможностью подключения к схеме, являющейся внешней по отношению к интегральной схеме.

В другом варианте осуществления шумовой сигнал переменного тока в цепи происходит от тепловой энергии окружающей среды.

В другом варианте осуществления интегральная схема выполнена с возможностью подключения к внешней схеме, которая имеет источник постоянного напряжения, подключенный к множеству конденсаторов, накопительный конденсатор положительного цикла и накопительный конденсатор отрицательного цикла, заряжаемые первым сигналом мощности переменного тока.

В другом варианте осуществления интегральная схема имеет первый диод, выполненный в качестве первого соответствующего выпрямителя первого сигнала мощности переменного тока для создания первого выходного сигнала мощности из положительного цикла первого сигнала мощности переменного тока.

В другом варианте осуществления интегральной схемы второй диод выполнен в качестве второго соответствующего выпрямителя первого сигнала мощности переменного тока для создания второго выходного сигнала мощности из отрицательного цикла первого сигнала мощности переменного тока.

В другом варианте осуществления интегральной схемы указанная интегральная схема имеет по меньшей мере один конденсатор, генерирующий шумовой сигнал переменного тока. Выбранная полоса частот шумового сигнала переменного тока передается через конденсатор в качестве первого сигнала мощности переменного тока. Соответственно, транзисторы с прямым и обратным смещением перехода выпрямляют соответствующие положительные и отрицательные циклы шумового сигнала переменного тока. Выходные клеммы соединены с транзисторами и выполнены с возможностью подключения к внешней схеме для сбора энергии от выходных сигналов.

В варианте осуществления способа монтажа схемы сбора энергии включает в себя подключение в составе схемы сбора энергии по меньшей мере одного конденсатора; формирование в схеме сбора энергии емкостной области путем ограничения по меньшей мере одного конденсатора с первой пластиной конденсатора, имеющей начальное пространственное разнесение по отношению к первой поверхности свободно расположенной мембраны, при этом первая поверхность свободно расположенной мембраны ограничивает вторую пластину конденсатора; воздействие на свободно расположенную мембрану тепловой энергии окружающей среды обуславливает накопления заряда в емкостной области, при этом тепловая энергия окружающей среды также вызывает тепловой шумовой сигнал переменного тока; выбор емкости конденсатора для выбора полосы частот шумового сигнала переменного тока, передающейся через конденсатор в качестве первого сигнала мощности переменного тока; и

выпрямление первого сигнала мощности переменного тока для зарядки накопительного конденсатора положительного цикла и накопительного конденсатора отрицательного цикла от первого сигнала мощности переменного тока.

В другом варианте осуществления указанный способ включает в себя расположение мембраны относительно первой пластины конденсатора таким образом, что мембрана не имеет помех и может сво-

бодно вибрировать в качестве реакции на тепловую энергию окружающей среды, при этом вибрация мембраны ограничивает образования циклических пульсаций вдоль первой поверхности, и при этом каждое образование пульсации чередуется между пиком и спадом относительно первой пластины конденсатора для изменения начального пространственного разнесения в конденсаторе с переменным зазором.

В другом варианте осуществления указанного способа он включает в себя разрядку емкостной области через соответствующий выпрямитель для направления накопленных зарядов с целью добавления в схемы сбора энергии второго сигнала мощности.

Краткое описание графических материалов

Будут сделаны ссылки на прилагаемые графические материалы, которые не обязательно выполнены в масштабе.

На фиг. 1А показано схематическое изображение схемы для сбора энергии согласно одному варианту осуществления данного изобретения.

На фиг. 1Б показано схематическое изображение схемы, которая является внешней по отношению к интегральной схеме, совместима со схемой сбора энергии по фиг. 1А и предназначена для накопления энергии согласно вариантам осуществления данного изобретения.

На фиг. 2 показано схематическое изображение мощности шумового сигнала Найквиста, график которой построен в координатах напряжения и средней мощности выпрямленного шумового сигнала от схемы сбора энергии по фиг. 1А.

На фиг. 3А показано схематическое изображение схемы сбора энергии согласно другому варианту осуществления данного изобретения и применение схемы умножителя для достижения выходного постоянного тока согласно данному изобретению.

На фиг. 3Б показано схематическое изображение примера схемы сбора энергии, в которой установлены конденсаторы с переменным зазором и гибкая мембрана, подвергающаяся пульсациям под воздействием источников энергии окружающей среды.

На фиг. 3В схематично показано сечение одной секции схемы сбора энергии по фиг. 3Б.

На фиг. 4 показано схематическое изображение тестовой установки для измерения выходных сигналов мощности от шумового сигнала переменного тока, направляемых в выпрямляющую схему по фиг. 3.

На фиг. 5 показан график зависимости обратных значений емкости от среднеквадратичного значения напряжения источника напряжения постоянного тока, показанного на фиг. 1А, при этом обратные значения емкости добавлены в соответствии с последовательностью конденсаторов, как они показаны на фиг. 1А.

На фиг. 6 показано схематическое изображение компьютерной среды, в которой могут действовать способы и системы по данному изобретению.

На фиг. 7 показан график результатов испытания, представляющий напряжение шума от резистора и конденсатора емкостью 10 пФ, которые подключены параллельно. Напряжение шума является максимальным при сопротивлении источника 100 МОм, что соответствует сопротивлению нагрузки.

На фиг. 8 показано графическое представление зависимости усиления от входного напряжения для 18-ступенчатой и 24-ступенчатой схемы Кокрофта-Уолтона на диодах Шоттки.

Подробное описание

Хотя в настоящем документе подробно разъяснены иллюстративные варианты осуществления описанной технологии, следует понимать, что предусмотрены и другие варианты осуществления. Соответственно, не предполагается, что объем описанной технологии ограничен подробностями конструкции и компоновкой компонентов, которые изложены в последующем описании или проиллюстрированы в графических материалах. Могут быть предусмотрены другие варианты осуществления описанной технологии, и она может быть реализована или осуществлена на практике различными способами.

В представленном ниже описании сделаны ссылки на сопроводительные графические материалы, которые образуют его часть и на которых в качестве примера или иллюстрации показаны конкретные варианты осуществления.

Также следует заметить, что применяемые в описании и в прилагаемой формуле изобретения грамматические формы единственного числа включают в себя эквиваленты во множественном числе, если из контекста явно не следует иное. В данном документе диапазоны могут быть выражены, как от "около" или "приблизительно" одного конкретного значения и/или до "около" или "приблизительно" другого конкретного значения. При указании такого диапазона, другие иллюстративные варианты осуществления включают в себя диапазон от одного конкретного значения и/или до другого конкретного значения.

При описании примеров вариантов осуществления будет сделана ссылка к терминологии из соображений ясности. Предполагается, что каждый термин следует понимать в его наиболее широком значении, как его понимают специалисты в данной области техники, и включать в него все технические эквиваленты, которые применяют подобным образом для достижения аналогичной цели. Следует также понимать, что упоминание одного или более этапов способа не исключает наличия дополнительных этапов способа или промежуточных этапов способа между теми его этапами, которые указаны явным образом. Этапы способа могут выполняться в порядке, отличающемся от описанного в настоящем документе, без

выхода за рамки объема описанной технологии. Аналогично, также следует понимать, что упоминание одного или более компонентов в устройстве или системе не исключает наличие дополнительных компонентов или промежуточных компонентов между теми компонентами, которые указаны явным образом.

В данном описании проиллюстрированы аппаратные средства и сопутствующие способы, с помощью которых энергия шума, которая присутствует во всех схемах, может быть направлена в схемы сбора энергии для использования в других применениях. На данном изобретении может быть основано устройство для сбора энергии от колебаний заряда окружающей среды с учетом недавнего открытия того, что выходная мощность может быть значительно увеличена за счет скорости изменения проводимости по отношению к заряду и/или напряжению. Энергия шума может представлять собой заданный сигнал с заранее предусмотренной частотой и амплитудой, генерируемый выбранным оборудованием. В одном неограничивающем варианте осуществления для подачи сигнала шума в схемы выпрямления для выработки мощности применен одиночный источник энергии шума. Такой одиночный источник может представлять собой последовательность конденсаторов, как показано в прилагаемых графических материалах.

Один не ограничивающий пример одиночного источника энергии шума может быть проиллюстрирован с упоминанием опубликованной ранее и общедоступной публикации патента США № 20190386584 ("Energy Harvesting Devices and Sensors and Methods of Making and Use Thereof"), показанный в качестве примера на фиг. 3Б и 3В настоящего документа. На фиг. 3А и 3Б показаны схематические изображения кремниевой интегральной схемы 400, потенциально содержащей миллионы элементов 225 сбора энергии. Эта конструкция имеет только один источник 200 питания и один накопительный конденсатор 275, но это не является ограничивающими факторами.

Первая цепь (обозначенная штриховкой и черточками "- - -") - это когда ток добавляет заряд графеновой мембране, а вторая цепь (обозначена кружками "° ° °") - когда ток добавляет заряд в накопительный конденсатор 275 фиксированной емкости. Кремний имеет массив диодных пар 250А-250п с соответствующим металлическим контактом 225А-225п между каждой парой диодов. Металлические контакты 225 служат в качестве упомянутых выше элементов сбора энергии данной системы. Над металлическим контактом 225 находится свободно расположенный графен 265, который находится в постоянном движении, образуя пики и спады в качестве реакции на энергию окружающей среды, вибрации и т.п., как описано выше. При колебаниях графеновой мембраны каждый малый электрод 225А-225п будет применен для переноса заряда обратно к графену и/или аккумуляторной батарее или в накопительный конденсатор 275. Это один из методов сбора энергии в наномасштабе с помощью миллионов пульсаций графена, каждая из которых вносит в конденсатор электрический заряд.

В иллюстративных целях и без ограничения данного изобретения какой-либо одной конфигурацией, вариант осуществления по фиг. 3А и 3Б примечателен тем, что контакты 225А-225п (или до 225п, где п означает любое количество контактов) служат в качестве точки направления движения для зарядки и разрядки конденсатора переменной емкости в соответствии с ранее описанными вариантами осуществления. Гибкая пластина, показанная как графеновая мембрана 265, покрывающая основные компоненты, может быть использована в качестве первой пластины 335 конденсатора, а металлический контакт 225 может быть использован в качестве второй пластины 235А-235п конденсатора для формирования конденсатора переменной емкости (т.е. в котором расстояние между пластинами изменяется в соответствии с пульсациями мембраны, имеющими пики и спады). Эти типы конденсаторов переменной емкости могут быть использованы в качестве соответствующих конденсаторов, представленных в наборах 105А, 105В, 105С конденсаторов на фиг. 1А. Для образования конденсатора с переменной емкостью мембрана может покрывать, как показано, всю схему или по меньшей мере металлические контакты 225. Этот конденсатор переменной емкости работает так же, как и вышеописанные варианты осуществления в отношении пульсации мембраны 265, происходящей под воздействием тепловой и вибрационной кинетической энергии окружающей среды, что вызывает смещение мембраны 265, а значит, одной из пластин конденсатора, с последующим ее возвращением (циклическое испускание и накопление заряда). Указанные циклы вызывают соответствующее изменение заряда на металлическом контакте 225 так, что, когда емкостная область между металлической пластиной 225 и мембраной 265 увеличивается с точки зрения расстояния между пластинами, заряд, накопленный на металлическом контакте, смещается по направлению к накопительному конденсатору для сбора. Когда емкостная область между пластинами 235, 335 конденсатора 120 переменной емкости является наименьшей (т.е. пластины находятся ближе всего друг к другу во время спада пульсации), емкостной заряд составляет C_{max} при заряде, собранном на металлическом контакте 235. В примере, показанном для интегральной схемы 400, в моменты пиковых пульсаций в области окна графеновой мембраны 265, носители положительного заряда, собранные на металлическом контакте, направляют в накопительный конденсатор, при этом ток протекает в направлении, показанном стрелкой вверх (т.е. заряжая накопительный конденсатор 275 фиксированной емкости). В моменты спадов пульсации в области окна графеновой мембраны 265 носители положительного заряда дополнительно собраны на металлическом контакте, при этом носители отрицательного заряда направлены на графеновую мембрану 265 для протекания тока в направлении, показанном стрелкой вниз (т.е. с заряданием источника 200 напряжения).

На фиг. 3В показан вид сбоку в разрезе интегральной схемы, показанной на фиг. 3Б. Многоуровне-

вая интегральная схема 400 включает в себя описанный выше источник напряжения или аккумуляторную батарею 200, накопительный конденсатор 275 фиксированной емкости и схему сбора, сформированную на подложке, такой как, не ограничиваясь только ней, кремниевая пластина 205. Свободно расположенная мембрана 265 сформирована над указанной структурой, и в этом неограничивающем примере мембрана изготовлена из графена. Диоды 250 сформированы в подложке из кремниевой пластины 205. Установочные опоры 210 обеспечивают надлежащее разделение и являются источниками как тепловой, так и кинетической энергии окружающей среды. Свободно расположенная графеновая мембрана 265 имеет первую поверхность 125А и вторую поверхность 125В, при этом первая поверхность служит в качестве пластины 335 конденсатора. Кремниевая пластина включает в себя металлический контакт 225, который представляет собой другую пластину 235 конденсатора, как обсуждалось выше. В некоторых вариантах осуществления, которые не ограничивают данное изобретение, свободно расположенная графеновая мембрана 265 может быть включена в сетку 258, которая ограничивает области окна для сопряжения с металлическими контактами при формировании конденсатора переменной емкости, описанного в настоящем документе.

В другом иллюстративном предварительном варианте осуществления, описано устройство сбора энергии, имеющее источник питания для сбора окружающей тепловой и вибрационной энергии, имеющее атомарную двумерную мембрану для продольного изгиба с относительно низкой частотой. В неограничивающих вариантах осуществления активным компонентом мембраны может быть углерод из графита, который изолирован. В некоторых вариантах осуществления в источнике может быть использован свободно расположенный графен, который имеет существенно большую составляющую скорости в распределении вероятности скорости. Вибрирующая мембрана может быть источником шумового сигнала, а также другим источником мощности переменного тока, выделяемой во время циклов разрядки конденсатора, оснащенного мембраной; см. публикацию патента США № 20190386584, упомянутую выше.

Устройства согласно вариантам осуществления описанной технологии могут быть включены во множество систем, устройств и способов извлечения энергии, в том числе датчики нагнетания, датчики усилия и массы, а также устройства с автономным питанием, имеющие увеличенную продолжительность работы.

Устройства согласно вариантам осуществления описанной технологии также предполагаются для применения в качестве устройства распознавания массы или датчика напора потока. Например, в некоторых реализациях аналитический компьютерный компонент, функционально связанный с двумерной мембраной, будет иметь заданную чувствительность, которая позволяет распознавать и использовать колебания мембраны с относительно низкой частотой. Соответственно, двумерная мембрана будет подвержена воздействию с некоторой частотой деформации, и когда будет обнаружено заданное изменение, основанное на наличии массы в непосредственной близости от мембраны, будет определен и передан выходной сигнал об обнаружении массы, обусловленный чувствительностью мембраны устройства к вибрациям, которые вызваны силами, исходящими от указанной массы.

Первопричиной или источником энергии, собранной в вышеприведенных неограничивающих примерах, является, прежде всего, тепловая энергия. В некоторых неограничивающих вариантах осуществления технология, применяемая для сбора этой энергии, будет представлять собой кремниевые интегральные схемы, которые были разработаны по индивидуальному заказу. После проектирования и разработки схема может быть изготовлена по коммерческому заказу у доступного производителя полупроводниковых устройств. Это изобретение также позволит производителю работать напрямую со сторонним изготовителем полупроводниковых пластин с ИС различных типов (MPW - англ.: multi-project wafer).

Одна неограничивающая конструкция, рассмотренная ниже, показана на фиг. 1А со ссылкой на фиг. 3Б и 3В. Как показано на фиг. 3Б и 3В и подробно описано в одновременно находящейся на рассмотрении патентной публикации США № 20190386584, имеется последовательность конденсаторов, подключенных к двум диодам, и это представляет собой схему сбора энергии. В одном неограничивающем примере наборы 105А, 105В, 105С конденсаторов по фиг. 1А могут представлять собой конденсаторы с переменным зазором, как показано на фиг. 3Б и 3В, рассмотренных выше и ниже, при этом, когда пластины конденсатора перемещаются, они создают переменное напряжение. Затем диоды по фиг. 1А обеспечивают выпрямление сигнала переменного напряжения.

В верхней части фиг. 1А имеются три контактные площадки, обозначенные D1, С и D2. Они позволяют получить доступ к микросхеме. D1 подключена только к левой линии диодов, D2 подключена только к правым диодам, а С подключена только к последовательности конденсаторов. Термины "справа", "слева", "сверху", "снизу", "вертикально" и "горизонтально" применены в качестве примера ориентации по отношению к схематическому изображению на фиг. 1А и 1Б, и не ограничивают данное изобретение. Таким образом, одна иллюстративная конструкция выполнена из вертикально повторяющихся подблоков, показанных для примера как повторяющиеся группы из пар диодов и наборов последовательно соединенных конденсаторов. Более конкретно, на фиг. 1А первый подблок включает в себя первую пару диодов 110А, 120А и первый набор 105А последовательно соединенных конденсаторов; второй подблок 102В включает в себя вторую пару диодов 110В, 120В и второй набор 105В последовательно соединенных конденсаторов; третий подблок 102С включает в себя третью пару диодов 110С, 120С и

третий набор 105С последовательно соединенных конденсаторов. Таким образом, в иллюстративном варианте осуществления каждый подблок имеет два диода 110А, 120А, 110В, 120В, 110С, 120С подключенных вместе и согласованных для пропускания тока в одном направлении. На фиг. 1А ток положительного цикла схемы будет протекать справа налево.

Продолжая рассматривать фиг. 1А, выходы крайних левых диодов 110А, 110В, 110С соединены общей металлической дорожкой, называемой дорожкой 141 диода 1 (D1). Дорожка 141 D1 также соединена с первой контактной площадкой 130, связанной с D1 -в верхнем левом углу микросхемы на изображении фиг. 1А, которая используется для внешнего доступа к микросхеме. Аналогично, входной сигнал крайних правых диодов 120А, 120В, 120С на неограничивающих графических представлениях объединен с помощью общей металлической дорожки, называемой дорожкой 143 диода 2 (D2). Дорожка 143 D2 также соединена со второй контактной площадкой 140, обозначенной D2, которая находится возле правого верхнего угла на фиг. 1А и используется для внешнего доступа к микросхеме. В каждом подблоке соответствующая средняя металлическая дорожка 145А, 145В, 145С соединяет вместе два диода и имеет соответствующую третью металлическую дорожку 131А, 131В, 131С, отходящую в вертикальном направлении на графическом представлении. Эта третья металлическая дорожка 131А, 131В, 131С соединяется с соответствующими последовательностями 105А, 105В, 105С конденсаторов на первом конце конденсаторов. На втором конце последовательности конденсаторов имеется общая металлическая дорожка, которая называется дорожкой 142 конденсаторов (С). Дорожка 142 С соединяет вместе все вторые концы конденсаторов, а также соединяет конденсаторы с контактной площадкой 135, обозначенной С, расположенной в верхней части и используемой для внешнего доступа к микросхеме. В иллюстративной сборке структура подблоков диодов и конденсаторов далее повторяется тысячи раз в направлениях вниз и по ширине микросхемы, аналогично тому, как показано на фиг. 3Б. Указанная микросхема будет иметь ограниченное количество соединений для внешнего доступа. Минимальное количество контактов для внешнего доступа должно составлять три контакта (D1, D2 и С). Как дополнительно рассмотрено далее, вместо мощности, зависящей исключительно от проводимости, выходной сигнал этого устройства показывает, что мощность также зависит от скорости изменения проводимости. Это может значительно повысить выходную мощность.

Вместо применения описанных выше диодов это изобретение также включает в себя применение полевых МОП-транзисторов для активного выпрямления. Это обеспечит более низкое напряжение "включения" и, следовательно, меньшие потери. При использовании активного выпрямления потребуются дополнительные металлические дорожки и металлические контактные площадки для внешнего доступа к микросхеме. Эти контакты позволяют подавать питание на компоненты микросхемы с полевыми МОП-транзисторами.

Емкость конденсаторов, применение которых описано выше, должна быть как можно более низкой, и в неограничивающих вариантах осуществления она обычно может составлять менее 1 пикофарада (пФ). За счет последовательного добавления конденсаторов, как показано на фиг. 1А (т.е. применяя последовательности 105А, 105В, 105С конденсаторов для каждого одиночного конденсатора переменной емкости 225А-225п по фиг. 3Б), такая конструкция снижает емкость в соответствии с количеством элементов в последовательностях. Другими словами, для каждого из конденсаторов 225А-225п переменной емкости на фиг. 3Б, одна неограничивающая конструкция включает в себя несколько конденсаторов 105А, 105В, 105С переменной емкости в последовательностях, как показано на фиг. 1А, и использование теплового шума этих последовательностей емкостей для увеличения выходной мощности схемы. Например, если последовательно подключить десять конденсаторов емкостью 1 пФ, общая емкость последовательности станет равной 0,1 пФ. Тепловое напряжение, создаваемое конденсаторами, можно рассматривать как источник питания (т.е. источник на энергии шума, рассмотренный выше). Согласование этого напряжения с рабочими характеристиками диода поможет минимизировать потери и максимально повысить выходную мощность.

Недавнее теоретическое открытие, описанное в настоящем документе, демонстрирует повышение мощности по сравнению с традиционной теорией Найквиста, как показано на фиг. 2. Это увеличение мощности происходит, когда применяются нелинейные устройства, такие как диоды и конденсаторы. На фиг. 2 показано сравнение точной теоретической модели, предсказывающей повышение выходной мощности в конструкции по данному изобретению по сравнению с теорией Найквиста, когда применены нелинейные устройства, такие как диоды. Уравнение 1 представляет историческое открытие Найквиста:

$$\left\langle \frac{T}{(R + R_F) C} \right\rangle \dots \text{Ур. 1}$$

Угловые скобки <> означают, что значение, графически отображенное на фиг. 2, является средним значением. Внутри скобок Т обозначает температуру, а R обозначает сопротивление нагрузки (т.е. устройства или установки, подключенных к схеме по фиг. 1А и потребляющих мощность). R имеет постоянное значение. С представляет собой величину емкости, такую как, не ограничиваясь только ей, переменная емкость перехода пластина-графен, как описано в патентной публикации США № 20190386584 и показано на фиг. 3Б. R_F представляет собой эквивалентное сопротивление двух диодов, которые в этом

иллюстративном варианте осуществления расположены друг напротив друга, как показано на фиг. 3В. Значение R_E не является постоянным, а зависит от тока, протекающего в схеме. Ведь ток - это скорость изменения заряда во времени. График 215 Найквиста на фиг. 2 представляет среднюю выходную мощность на D2 140 для напряжений на D2 140 по фиг. 1.

Уравнение 2 представляет по меньшей мере одно усовершенствование, описанное в настоящем документе: 225п

$$\left\langle \frac{\partial}{\partial q} \left(\frac{T}{R + R_E} \frac{\partial H}{\partial q} \right) \right\rangle \dots \text{Ур. 2}$$

Здесь новый член содержит переменную H . H представляет собой полную энергию одной пластины одного конденсатора переменной емкости, такого как графен 265 по фиг. 3Б, 3В (т.е. значение оператора Гамильтона системы). В неограничивающем примере по фиг. 3А, 3Б энергия графеновой мембраны зависит от заряда q . Следовательно, если d представляет изменение (дельта), $dH/dq = q/C$. Если R_E остается постоянной, тогда $d/dq(dH/dq) = 1/C$, что дает нам формулу Найквиста. Но член d/dq также выражает скорость изменения сопротивления диодов при изменении заряда (изменение заряда и является током). Расчет не может быть записан в простой форме, поэтому значение формулы графически отображено как точный результат 208, чтобы графически показать улучшение по сравнению с формулой Найквиста. Испытательная установка 405, отображающая эти результаты 410, 412 для испытательной схемы 418, 422, мониторинг которой осуществляется с помощью компьютера 427, показана на фиг. 4. Во все варианты осуществления настоящего изобретения могут быть включены многочисленные компьютеризированные компоненты.

График на фиг. 5 показывает выходное шумовое напряжение для различных конденсаторов, полученное в ходе испытаний в соответствии с данным описанием. График 505 показывает выходное напряжение в зависимости от величины $1/C$. Следует заметить, что чем больше значения $1/C$, тем больше выходное напряжение. Наименьшая емкость, обозначенная позицией 515, не ограничивает данное изобретение, но составляет 10^{-12} фарад (1 пФ).

Фиг. 1А и 1Б были описаны выше, как показывающие первый неограничивающий вариант осуществления. Система сбора энергии, показанная на фиг. 1Б, включает в себя микросхему 100 (подробно показанную на фиг. 1А) и внешнюю схему 102 (которая может быть сравнима, но не ограничиваться ими, со схемами по фиг. 3А, 3Б для целей обсуждения). Внешняя схема 102 включает в себя источник 150 постоянного напряжения, подключенный к множеству 105А, 105В, 105С конденсаторов в микросхеме 100, которые, как обсуждалось выше, соединены последовательно и генерируют шумовой сигнал переменного тока в линиях 131А, 131В, 131С. Это соединение показано на фиг. 1Б на контактной площадке 135, обозначенной С и подключающей дорожку 142 С по фиг. 1 в качестве источника переменного напряжения. За счет выбора конденсаторов с запланированными характеристиками выбранная полоса частот сигнала шума переменного тока передается через последовательность 105А, 105В, 105С конденсаторов в качестве первого сигнала мощности переменного тока. Для конденсаторов учитывают реакцию на шум, например, измеряют стандартное отклонение шумового сигнала. В одной неограничивающей теории работы, шумовой сигнал переменного тока включает в себя, по меньшей мере, проводимость, обусловленную скачкообразными изменениями свойств электропроводного носителя в конденсаторе из-за дефектов решетки. Первый шумовой сигнал 131А, 131В, 131С переменного тока направлен на соответствующие диоды 110А, 110В, 110С, 120А, 120В, 120С, выпрямляющие первый сигнал мощности для зарядки накопительного конденсатора 160 положительного цикла и накопительного конденсатора 170 отрицательного цикла от первого сигнала мощности переменного тока.

Последовательности конденсаторов уменьшают общую емкость последовательности в целом из-за аддитивного характера взаимно обратных емкостей в иллюстративных последовательностях. В одном неограничивающем варианте осуществления конденсаторы имеют накопительную емкость в один пикофарад (1 пФ).

На фиг. 1 используется преимущество шумового сигнала 131А, 131В, 131С переменного тока, который присутствует в последовательностях конденсаторов, и в одном неограничивающем варианте осуществления указанный шумовой сигнал представляет собой тепловой шум. Тепловой шум можно контролировать, по меньшей мере частично, за счет условий окружающей среды, в которой находится кристалл со схемой, показанной на фиг. 1А и 1Б. Например, для увеличения амплитуды теплового шума схема по фиг. 1А может быть подвергнута воздействию среды с повышенной температурой. Первый шумовой сигнал 131А, 131В, 131С переменного тока представляет собой подмножество частот шумового сигнала окружающей среды, которое передается через конденсаторы. Для получения выходного сигнала мощности во время положительного цикла первого сигнала мощности переменного тока, указанный первый сигнал мощности переменного тока выпрямлен через диод 110А, 110В, 110С с прямым смещением перехода. Для получения соответствующего выходного сигнала мощности во время отрицательного цикла первого сигнала мощности переменного тока, указанный первый сигнал мощности переменного тока дополнительно выпрямлен через диод 120А, 120В, 120С с обратным смещением перехода. Диоды могут быть соединены в пары как часть подблока, а подблок подключен к соединению 141 металлической до-

рожки положительного цикла и соединению 143 металлической дорожки отрицательного цикла. Подблоки повторяются с соответствующими подключениями к соединению металлической дорожки положительного цикла и соединению металлической дорожки отрицательного цикла.

В некоторых неограничивающих версиях варианта осуществления, показанного на фиг. 1А и 1Б, множество конденсаторов полностью заряжено до стабильного состояния от источника постоянного напряжения (аналогичного показанному на фиг. 3Б поз. 200), являющегося либо внешним относительно микросхемы (фиг. 1Б), либо, при необходимости, выполненного на микросхеме. Источник 200 постоянного напряжения обеспечивает напряжение, которое соответствует напряжениям включения диодов или других применяемых нелинейных компонентов схемы. Диоды выбраны на основе коэффициента проводимости так, чтобы соответствовать множеству конденсаторов в качестве источника шума.

В другом варианте осуществления диод с прямым смещением перехода и диод с обратным смещением перехода подключены к дополнительным диодам по схеме двухполупериодного выпрямителя и умножителя Кокрофта-Уолтона, как показано на фиг. 3А. Шумовой сигнал 131А, 131В, 131С переменного тока, показанный на фиг. 1А как выходной сигнал от последовательности 105А, 105В, 105С конденсаторов, может быть подключен к положительной клемме 308А и отрицательной клемме 308В. Двухполупериодный выпрямитель обеспечивает кратность входной мощности в каскадах, имеющих диод 310 с прямым смещением перехода и диод 320 с обратным смещением перехода, а выпрямленные сигналы мощности направлены на выход 365 постоянного тока.

В схемах на соответствующих графических материалах настоящего документа может быть использовано множество конденсаторов 305, имеющих в своем составе конденсаторы с переменным зазором, генерирующие как первый сигнал мощности переменного тока из шумового сигнала переменного тока, так и второй сигнал мощности переменного тока из разряда конденсатора с переменным зазором. Технология конденсаторов с переменным зазором была рассмотрена выше, а в патентной публикации США № 20190386584 "Устройства и датчики для сбора энергии и способы их изготовления и применения" (англ.: Energy Harvesting Devices and Sensors and Methods of Making and Use Thereof), которая полностью включена в настоящий документ посредством ссылки, эта технология рассмотрена подробно.

Как показано на фиг. 1А и 1Б, схема сбора энергии может быть реализована в виде интегральной схемы на кристалле. На фиг. 1А показана интегральная микросхема, имеющая множество конденсаторов, которые соединены последовательно и генерируют описанный выше шумовой сигнал переменного тока. Выбранная полоса частот шумового сигнала переменного тока передается через последовательность конденсаторов в качестве первого сигнала мощности переменного тока. Соответствующие выпрямители принимают положительный цикл первого сигнала мощности переменного тока и отрицательный цикл первого сигнала мощности переменного тока. Выходные клеммы подключены к соответствующим выпрямителям и выполнены с возможностью подключения к схеме, являющейся внешней по отношению к интегральной схеме. В одном неограничивающем варианте осуществления, показанном на фиг. 1Б, внешняя схема может включать в себя сопутствующие схемы, включающие с себя, не ограничиваясь только ими, источник постоянного напряжения, подключенный к множеству конденсаторов, накопительный конденсатор положительного цикла и накопительный конденсатор отрицательного цикла, заряжаемые первым сигналом мощности переменного тока. Когда внешняя схема выполнена, как показано на фиг. 3Б, 3В, обычная работа по разрядке емкостных областей через соответствующий выпрямитель также направляет накопленные заряды с целью добавления в схемы сбора энергии второго сигнала мощности. Другими словами, выпрямленный сигнал 131А, 131В, 131С теплового шума в соответствии с данным изобретением представляет собой первый сигнал мощности, а в некоторых вариантах осуществления обычный сбор энергии конденсатора переменной емкости, как показано на фиг. 3Б, 3В, представляет собой второй сигнал мощности для сбора энергии.

Рассмотренная выше технология конденсаторов с переменным зазором позволяет создать эффективную схему сбора энергии. Этапы этого способа могут включать в себя по меньшей мере подключение последовательностей конденсаторов в схеме сбора энергии; для каждого из последовательно соединенных конденсаторов формирование емкостной области в схеме сбора энергии путем ограничения первой пластины конденсатора, имеющей начальное пространственное разнесение относительно первой поверхности свободно расположенной мембраны. Первая поверхность свободно расположенной мембраны ограничивает вторую пластину конденсатора. Воздействие на свободно расположенную мембрану тепловой энергии окружающей среды вызывает накопления заряда в емкостной области, а тепловая энергия окружающей среды также вызывает тепловой шумовой сигнал переменного тока. Способ включает в себя выбор емкости конденсатора для выбора полосы частот шумового сигнала переменного тока, передающейся через последовательность конденсаторов в качестве первого сигнала мощности переменного тока. В соответствии с остальной частью этого описания, способ включает в себя выпрямление первого сигнала мощности переменного тока для зарядки накопительного конденсатора положительного цикла и накопительного конденсатора отрицательного цикла от первого сигнала мощности переменного тока. Реализация способа включает в себя, в неограничивающих вариантах осуществления, расположение мембраны относительно первой пластины конденсатора таким образом, что мембрана не имеет помех и свободно вибрирует в качестве реакции на тепловую энергию окружающей среды. Вибрация мембраны

ограничивает образования циклических пульсаций вдоль первой поверхности, и при этом каждое образование пульсации чередуется между пиком и спадом относительно первой пластины конденсатора для изменения начального пространственного разнесения в конденсаторе с переменным зазором. Разрядка емкостной области через соответствующий выпрямитель направляет накопленные заряды с целью их добавления в схемы сбора энергии второго сигнала мощности.

Описание экспериментальной части

Как обсуждалось в упомянутой выше патентной публикации, касающейся сбора энергии - публикации патента США № 20190386584 "Устройства и датчики для сбора энергии и способы их изготовления и применения" (англ.: Energy Harvesting Devices and Sensors and Methods of Making and Use Thereof), линейная формула мощности, выведенная из моделей для выходной мощности, является аналогичной формуле Найквиста $P = kBT/RC$. Здесь C - средняя емкость колеблющегося графена. При определенных условиях моделирования общее движение графена может быть сделано небольшим, но формула остается той же. Это означает, что конденсатор с фиксированной емкостью также должен работать и давать ту же самую формулу, где фиксированная емкость представляет собой среднюю емкость. Испытание показало, что выходная мощность увеличивается при более низких частотах. Механизм основной, но не ограничивающей модели, применяемой по данному документу, заключается в более замедлении скорости, с которой графен изменяет свою кривизну на противоположную из-за нарастания деформации. В одном неограничивающем принципе действия считается, что механизм проводимости (скорость пересечения перехода) является источником всего шума $1/f$.

Как выяснилось, $1/f$ -шум присутствует во всей электронике, включая конденсаторы фиксированной емкости (считается, что это связано со скачкообразными изменениями свойств из-за дефектов решетки). Это означает, что конденсатор фиксированной емкости также будет выдавать повышенную мощность на более низких частотах. Колебания напряжения (V_{rms}) на выходе конденсатора с переменным зазором для экспериментов с графеном незначительны и составляют около 30 мВ. Поскольку одной из целей является выпрямление сигнала, лучше всего, чтобы это напряжение было равно или превышало напряжение "включения" диода (200 мВ для диодов Шоттки). Кремниевые диоды (с напряжением включения 700 мВ) также были испытаны на активное выпрямление с применением технологии полевых МОП-транзисторов. Для работы этих устройств требуется небольшое количество энергии, а их напряжение включения составляет всего 10 мВ. По результатам сравнения применений в солнечной энергетике, омические потери в случае применения кремниевых приборов оказались намного больше, чем мощность, используемая для управления полевыми МОП-транзисторами. Это позволяет нам в полной мере воспользоваться преимуществами усилителя, которые обеспечены применением транзисторов.

Один пример проверочной испытательной установки, такой как показан на фиг. 4, был скомпонован в виде двухполупериодного выпрямителя 418 с добавленной схемой десятикратного умножителя из пассивных диодов и конденсаторов. Напоминаем, что шумовой сигнал в действительности мог бы исходить от последовательностей конденсаторов, но когда в смоделированном испытании вводили шумовой сигнал 410, 412, имеющий напряжение V_{rms} 200 мВ (среднее относительно нуля), выходной сигнал 422 составлял 2 В постоянного тока, как показал в эксперименте мультиметр 427.

Поскольку это работало для диодов Шоттки (и кремния при 700 мВ), тот же самый принцип действия будет работать с полевыми МОП-транзисторами при напряжении 10 мВ. Низкое напряжение не является проблемой. Для конденсаторов фиксированной емкости напряжение является более низким, чем для графена, но в лаборатории конденсаторы фиксированной емкости демонстрируют, что при последовательном соединении, например, 16 конденсаторов, выходное напряжение увеличивается в четыре раза. Результаты этого изобретения и связанных с ним испытаний показывают, что, проектируя соответствующие интегральные схемы, пользователи могут получить их от известных производителей полупроводниковых устройств. В одном неограничивающем варианте осуществления схемы могут быть скомпонованы любым желаемым образом и обычно содержат более 10000 элементов схемы на кристалле размером 2,5 мм на 2 мм. В одном примере наименьшая емкость конденсатора, которую изготавливает один производитель, составляет 0,2 пФ, что является достаточно малым значением (плюс крошечная площадь основания). Это приводит нас к выводу, что для создания микросхемы, генерирующей энергию с применением рассматриваемой технологии, можно спроектировать массив этих конденсаторов, сопровождаемый схемой умножителя с активным выпрямлением. Такая микросхема будет иметь низкий уровень риска, низкую стоимость и могла бы помочь нам в работе над созданием более мощной микросхемы с применением графена.

Кроме того, как было дополнительно обнаружено в исследовательской модели, когда конденсаторы скомпонованы с диодами и резисторами по определенной схеме, выходная мощность увеличивается по сравнению с известной формулой Найквиста.

Как показано на фиг. 7, это изобретение привело к успешному и подробному пониманию физической природы напряжения шума Найквиста. Как и предполагалось изначально, шумовое напряжение увеличивается по мере уменьшения емкости. Это описание также демонстрирует увеличение мощности шума примерно в десять раз, когда в испытательную схему параллельно последовательностям 105A, 105B, 105C конденсаторов добавлен резистор с определенным номинальным сопротивлением. Величина

сопротивления должна соответствовать сопротивлению схемы, применяемой для измерения мощности шума. Данные этого исследования показаны на фиг. 7. Здесь шумовое напряжение, создаваемое конденсатором 10 пФ, показано как функция величины сопротивления резистора, подключенного параллельно конденсатору 10 пФ. Когда параллельное сопротивление составляет 100 МОм, шумовое напряжение является максимальным. Это сопротивление совпадает с сопротивлением измерительной схемы. Без параллельного подключения резистора шумовое напряжение падает в 10 раз.

Отсутствие резистора равнозначно параллельному включению чрезвычайно большого сопротивления. Линия тренда для добавления чрезмерно большого сопротивления показана на фиг. 7 квадратами.

Как показано на фиг. 8, в рамках этого изобретения на макетной плате были испытаны три топологии схемы "выпрямитель-умножитель", а затем они же были испытаны с применением источника входной мощности шума. Эти топологии известны как дифференциальная передача, схема подкачки зарядов и схема Кокрофта-Уолтона на диодах Шоттки. К сожалению, дифференциальная передача фактически делит сигнал вместо его умножения. Две другие топологии умножают сигнал, но топология схемы Кокрофта-Уолтона на диодах Шоттки обеспечивает наилучшие характеристики. Коэффициент усиления как для 18-ступенчатой, так и для 24-ступенчатой схемы выпрямителя-умножителя Кокрофта-Уолтона на диодах Шоттки в зависимости от входного шумового напряжения показан на фиг. 8. Когда входное шумовое напряжение имеет среднеквадратичное значение 10 мВ, выходное напряжение составляет примерно в пять раз больше, или 50 мВ постоянного тока. Для микросхем на кремниевой пластине результаты показывают, что среднеквадратичное входное шумовое напряжение составляет 100 мВ, и в этом случае выходное напряжение составляет весьма внушительные 3,5 В постоянного тока.

На фиг. 6 данного описания показано, что компьютеризированная система, описанная в настоящем документе, может быть применена совместно с оборудованием, которое отслеживает сбор энергии или способствует его осуществлению. При необходимости, на различные серверы и облачные серверы могут быть загружены новые модели/функции.

Реализации, описанные выше и связанные с фиг. 1-6, могут быть применены с оборудованием, реализующим компьютеризированные способы, которое приводится в действие с помощью электронного блока 600 управления (ECU - англ.: electronic control unit). В частности, описанное оборудование, включая компьютеры, используемые как часть системы, взаимодействуют с компьютерным процессором, выполненным с возможностью обработки одной или более характеристик и/или профилей принимаемых электрических сигналов. В качестве примера и без ограничения данного изобретения каким-либо конкретным оборудованием или программным обеспечением, на фиг. 6 показана блок-схема системы, описанной в настоящем документе согласно одному варианту реализации.

ECU 600 может включать в себя вычислительный блок 606, системный тактовый генератор 608, модуль 610 вывода и коммуникационное оборудование 612. В своей самой базовой форме вычислительный блок 606 может включать в себя процессор 604 и системное запоминающее устройство 610. Процессор 602 может представлять собой стандартный программируемый процессор, который выполняет арифметические и логические операции, необходимые для работы системы 600 датчиков. Процессор 602 может быть выполнен с возможностью выполнения программного кода, закодированного на материальном машиночитаемом носителе. Например, процессор 602 может выполнять программный код, хранящийся в системной запоминающем устройстве 604, которое может представлять собой энергозависимую или энергонезависимую память. Системное запоминающее устройство 604 является только одним примером материального машиночитаемого носителя. В одном аспекте вычислительный блок 606 можно рассматривать как интегрированное устройство, такое как встроенное программное обеспечение. Другие примеры материальных машиночитаемых носителей включают в себя дискеты, CD-ROM, DVD, жесткие диски, флэш-память или любые другие машиночитаемые носители данных, в которых, когда программный код загружен и выполняется машиной, такой как процессор 602, указанная машина становится устройством для практической реализации описанного объекта.

Может быть использована любая комбинация одного или более машиночитаемых носителей. Машиночитаемый носитель может представлять собой машиночитаемый носитель сигналов или машиночитаемый носитель данных. Машиночитаемый носитель данных может представлять собой, например, не ограничиваясь только ими, электронную, магнитную, оптическую, электромагнитную, инфракрасную или полупроводниковую систему, аппарат или устройство, или любую подходящую комбинацию вышеперечисленного. Более конкретные примеры (неисчерпывающий перечень) машиночитаемого носителя данных могут включать в себя следующее: электрическое соединение, имеющее один или более проводов, портативная компьютерная дискета, жесткий диск, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), стираемое программируемое постоянное запоминающее устройство (СППЗУ или флэш-память), оптическое волокно, постоянное запоминающее устройство на портативном компакт-диске (CD-ROM), оптическое устройство для хранения данных, магнитное устройство для хранения данных или любая подходящая комбинация вышеперечисленного. В контексте этого документа машиночитаемый носитель данных может представлять собой любой материальный носитель, который может содержать или хранить программу для использования системой, аппаратурой или устройством выполнения команд или в связи с ними.

Машиночитаемый носитель сигнала может включать в себя распространяемый сигнал данных с

осуществленным в нем машиночитаемым программным кодом, например, в основной полосе частот или как часть несущей волны. Такой распространяемый сигнал может принимать любую из множества форм, включая, не ограничиваясь ими, электромагнитную форму, оптическую форму или любую их подходящую комбинацию. Машиночитаемый носитель сигнала может быть любым машиночитаемым носителем, который не является машиночитаемым носителем данных и который может передавать, распространять или переносить программу для использования системой, аппаратурой или устройством выполнения команд или в связи с ними.

Программный код, осуществленный на машиночитаемом носителе, может быть передан с применением любого подходящего носителя, включая, но не ограничиваясь только ими, беспроводную связь, проводную линию, оптоволоконный кабель, радиочастотную связь и т.д., или любой подходящей комбинации вышеперечисленного.

Компьютерный программный код для осуществления действий согласно аспектам настоящего изобретения может быть написан с помощью любой комбинации одного или более языков программирования, в том числе на языке объектно-ориентированного программирования, таком как Java, Smalltalk, C++ или подобном, и на традиционных языках программирования, таких как процедурный язык программирования "C" или подобные языки программирования. Программный код может выполняться полностью на компьютере пользователя, частично на компьютере пользователя, как отдельный программный пакет, частично на компьютере пользователя и частично на удаленном компьютере или полностью на удаленном компьютере или сервере. В последнем случае удаленный компьютер может быть подключен к бортовому компьютеру через сеть любого типа, включая локальную сеть (LAN) или региональную сеть (WAN), или такое подключение может быть выполнено к внешнему компьютеру (для, например, через Интернет с помощью поставщика услуг доступа в интернет).

Эти команды компьютерной программы также могут быть сохранены на машиночитаемом носителе, который может предписывать компьютеру, другому программируемому устройству обработки данных или прочим устройствам функционировать определенным образом так, что команды, хранящиеся на машиночитаемом носителе, обеспечивают создание промышленного изделия, включая команды, которые реализуют функцию/действие, указанные в блоке или блоках структурной схемы и/или блок-схемы.

Команды указанной компьютерной программы также могут быть загружены в компьютер, другое программируемое устройство обработки данных или прочие устройства с целью обеспечить выполнение на компьютере, другом программируемом устройстве или прочих устройствах ряда рабочих операций для исполнения реализуемого с помощью компьютера процесса таким образом, что команды, которые выполняются на компьютере или другом программируемом устройстве, обеспечивают процессы для реализации функций/действий, указанных в блоке или блоках структурной схемы и/или блок-схемы.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система для сбора энергии, содержащая источник (150) постоянного напряжения, подключенный по меньшей мере к одному конденсатору (105), который генерирует шумовой сигнал переменного тока;
 - выбранную полосу частот шумового сигнала переменного тока, передающуюся через конденсатор в качестве первого сигнала мощности переменного тока;
 - множество повторяющихся подблоков (105, 110, 120), содержащих соответствующие пары из диода (110) с прямым смещением перехода и диода (120) с обратным смещением перехода, причем повторяющиеся подблоки выполнены с возможностью принимать указанный первый сигнал мощности переменного тока;
 - соответствующие соединения (141) металлической дорожки положительного цикла, подключенные к каждому диоду (110) с прямым смещением перехода;
 - соответствующие соединения (143) металлической дорожки отрицательного цикла, подключенные к каждому диоду (120) с обратным смещением перехода;
 - накопительный конденсатор (160) положительного цикла, подключенный к каждому диоду (110) с прямым смещением перехода с соответствующими соединениями (141) металлической дорожки положительного цикла;
 - накопительный конденсатор (165) отрицательного цикла, подключенный к каждому диоду (120) с обратным смещением с соответствующими соединениями (143) металлической дорожки отрицательного цикла,
 - при этом указанные подблоки (105, 110, 120) повторяются с соответствующими соединениями (141) металлической дорожки положительного цикла, подключенными к накопительному конденсатору (160) положительного цикла, и с соответствующими соединениями (143) металлической дорожки отрицательного цикла, подключенными к накопительному конденсатору (165) отрицательного цикла, для выпрямления указанного первого сигнала мощности переменного тока и зарядки накопительного конденсатора (160) положительного цикла и накопительного конденсатора (165) отрицательного цикла.
2. Система по п. 1, в которой шумовой сигнал переменного тока представляет собой сигнал тепलो-

го шума, а указанный по меньшей мере один конденсатор (105) представляет собой множество конденсаторов, подключенных последовательно.

3. Система по п.1, в которой указанный по меньшей мере один конденсатор (105) выполнен с накопительной емкостью в 1 пикофарад или меньшей.

4. Система по п.1, в которой диоды (110) с прямым смещением перехода и диоды (120) с обратным смещением перехода подключены к дополнительным диодам по схеме двухполупериодного выпрямителя и умножителя Кокрофта-Уолтона.

5. Система по п.1, в которой указанные по меньшей мере один конденсатор представляют собой конденсаторы с переменным зазором, генерирующие как указанный первый сигнал мощности переменного тока из указанного шумового сигнала переменного тока, так и второй сигнал мощности переменного тока от цикла разрядки конденсатора с переменным зазором.

6. Система по п.1, в которой указанный по меньшей мере один конденсатор (105) полностью заряжен от источника постоянного напряжения до стабильного состояния.

7. Система по п.1, в которой диоды (110, 120) выбраны на основе коэффициента проводимости так, чтобы соответствовать конденсатору как источнику шума.

8. Система по п.1, в которой шумовой сигнал переменного тока содержит проводимость, обусловленную скачкообразными изменениями свойств электропроводного носителя в указанном по меньшей мере одном конденсаторе (105) из-за дефектов решетки.

9. Система по п.1, в которой источник постоянного напряжения обеспечивает напряжение, соответствующее напряжениям включения диодов (110, 120).

10. Интегральная схема на кристалле, при этом указанная схема содержит по меньшей мере один конденсатор (105), подключенный к схеме для генерирования шумового сигнала переменного тока;

выбранную полосу частот шумового сигнала переменного тока, передающуюся через указанный по меньшей мере один конденсатор (105) в качестве первого сигнала мощности переменного тока;

множество повторяющихся подблоков (105, 110, 120), содержащих соответствующие пары из диода (110) с прямым смещением перехода и диода (120) с обратным смещением перехода, причем повторяющиеся подблоки выполнены с возможностью принимать указанный первый сигнал мощности переменного тока;

соответствующие соединения (141) металлической дорожки положительного цикла, подключенные к каждому диоду (110) с прямым смещением перехода;

соответствующие соединения (143) металлической дорожки отрицательного цикла, подключенные к каждому диоду (120) с обратным смещением перехода;

выходные клеммы (130, 140), подключенные к соответствующим подблокам (105, 110) и выполненные с возможностью подключения к схеме (102), являющейся внешней по отношению к интегральной схеме,

при этом указанная схема (102), внешняя по отношению к интегральной схеме, содержит источник (150) постоянного напряжения, подключенный к указанному по меньшей мере одному конденсатору (105), накопительный конденсатор (160) положительного цикла и накопительный конденсатор (170) отрицательного цикла, заряжаемые указанным первым сигналом мощности переменного тока,

причем указанные подблоки (105, 110, 120) повторяются с соответствующими соединениями (141) металлической дорожки положительного цикла, подключенными к накопительному конденсатору (160) положительного цикла, и с соответствующими соединениями (143) металлической дорожки отрицательного цикла, подключенными к накопительному конденсатору (165) отрицательного цикла, для выпрямления указанного первого сигнала мощности переменного тока и зарядки накопительного конденсатора (160) положительного цикла и накопительного конденсатора (165) отрицательного цикла.

11. Интегральная схема по п.10, в которой указанный шумовой сигнал переменного тока происходит от тепловой энергии окружающей среды.

12. Интегральная схема по п.10, в которой указанный диод (110) с прямым смещением перехода представляет собой первый диод, выполненный в качестве первого соответствующего выпрямителя указанного первого сигнала мощности переменного тока, для создания первого выходного сигнала мощности из положительного цикла первого сигнала мощности переменного тока.

13. Интегральная схема по п.12, в которой указанный диод (120) с обратным смещением перехода представляет собой второй диод, выполненный в качестве второго соответствующего выпрямителя указанного первого сигнала мощности переменного тока, для создания второго выходного сигнала мощности из отрицательного цикла первого сигнала мощности переменного тока.

14. Интегральная схема, содержащая

по меньшей мере один конденсатор (105), генерирующий шумовой сигнал переменного тока;

выбранную полосу частот шумового сигнала переменного тока, передающуюся через указанный по меньшей мере один конденсатор в качестве первого сигнала мощности переменного тока;

множество повторяющихся подблоков (105, 110, 120), содержащих соответствующие пары из транзистора с прямым смещением перехода и транзистора с обратным смещением перехода, причем повторяющиеся подблоки выполнены с возможностью принимать указанный первый сигнал мощности пере-

менного тока;

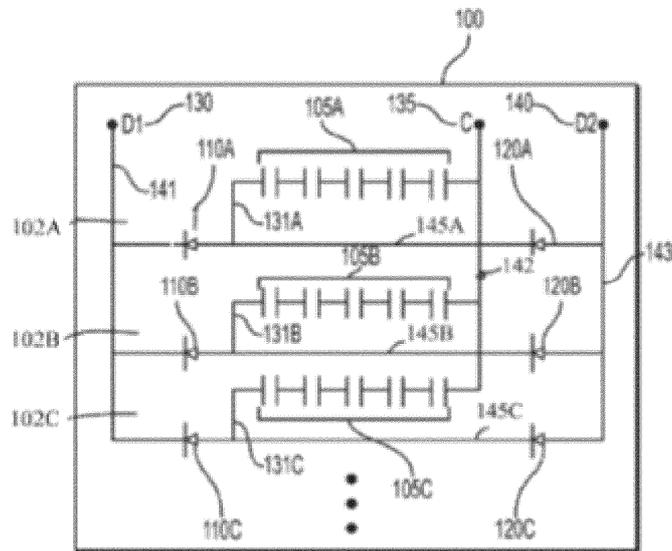
соответствующие соединения (141) металлической дорожки положительного цикла, подключенные к каждому транзистору с прямым смещением перехода;

соответствующие соединения (143) металлической дорожки отрицательного цикла, подключенные к каждому транзистору с обратным смещением перехода;

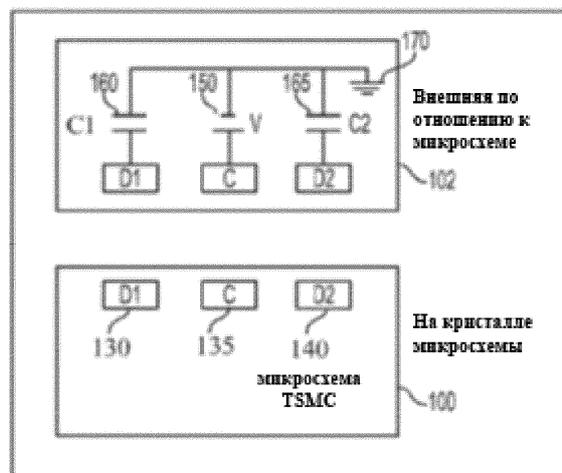
выходные клеммы (130, 140), подключенные к соответствующим подблокам (105, 110, 120) и выполненные с возможностью подключения к схеме (102), являющейся внешней по отношению к интегральной схеме,

при этом указанная схема (102), внешняя по отношению к интегральной схеме, содержит источник (150) постоянного напряжения, подключенный к указанному по меньшей мере одному конденсатору (105), накопительный конденсатор (160) положительного цикла и накопительный конденсатор (165) отрицательного цикла, заряжаемые указанным первым сигналом мощности переменного тока,

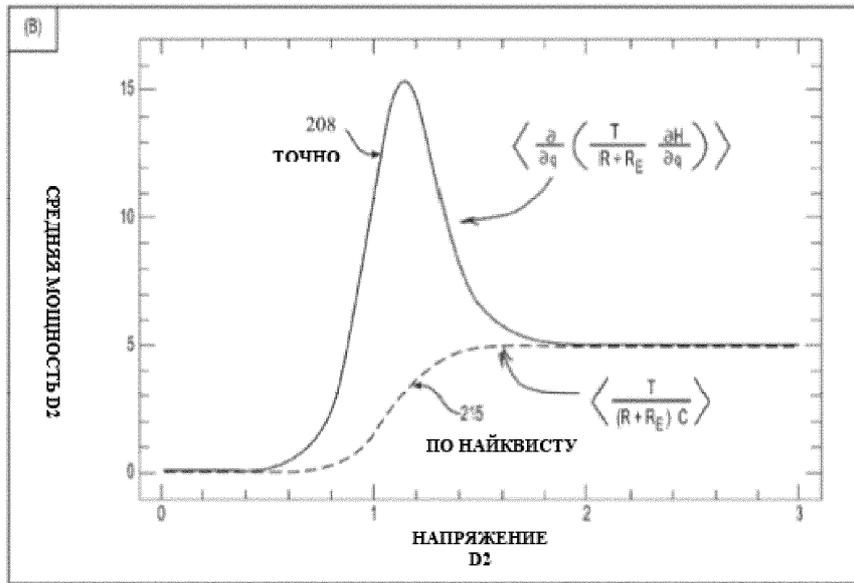
причем указанные подблоки (105, 110, 120) повторяются с соответствующими соединениями (141) металлической дорожки положительного цикла, подключенными к накопительному конденсатору (160) положительного цикла, и с соответствующими соединениями (143) металлической дорожки отрицательного цикла, подключенными к накопительному конденсатору (165) отрицательного цикла, для выпрямления указанного первого сигнала мощности переменного тока и зарядки накопительного конденсатора положительного цикла и накопительного конденсатора отрицательного цикла.



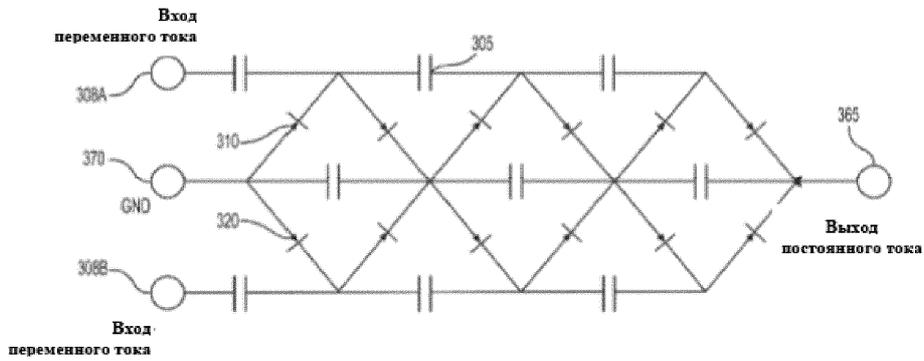
Фиг. 1А



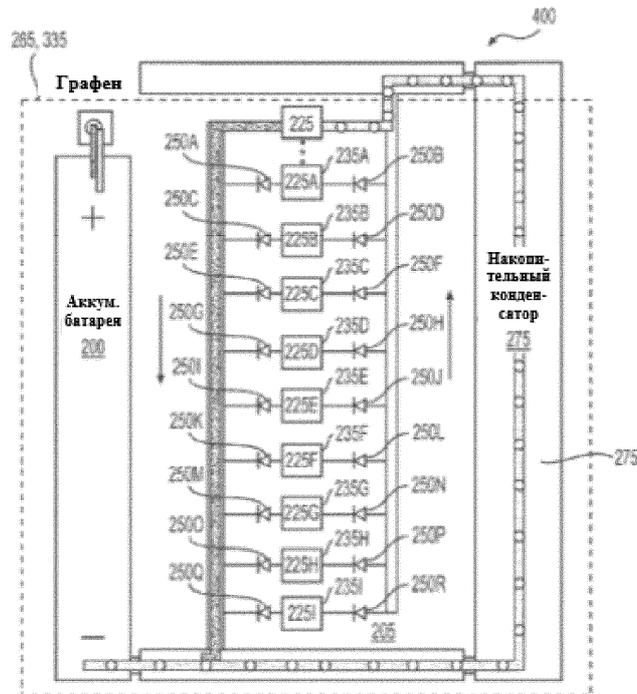
Фиг. 1Б



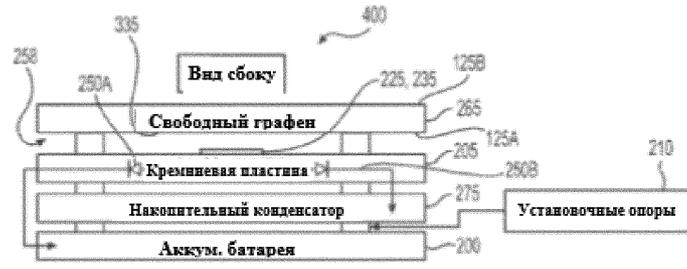
Фиг. 2



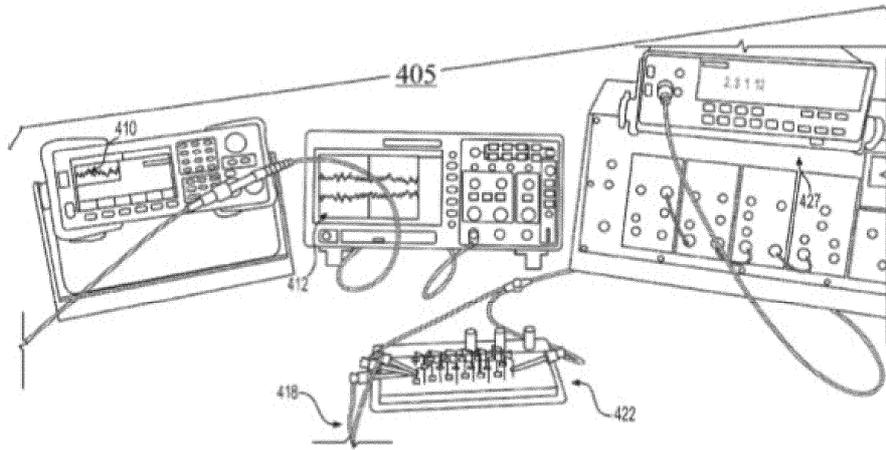
Фиг. 3А



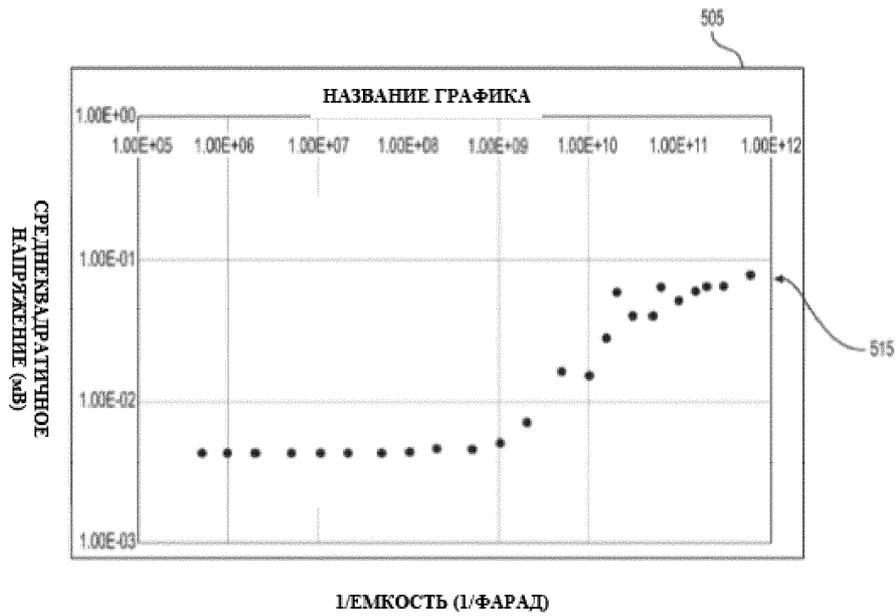
Фиг. 3Б



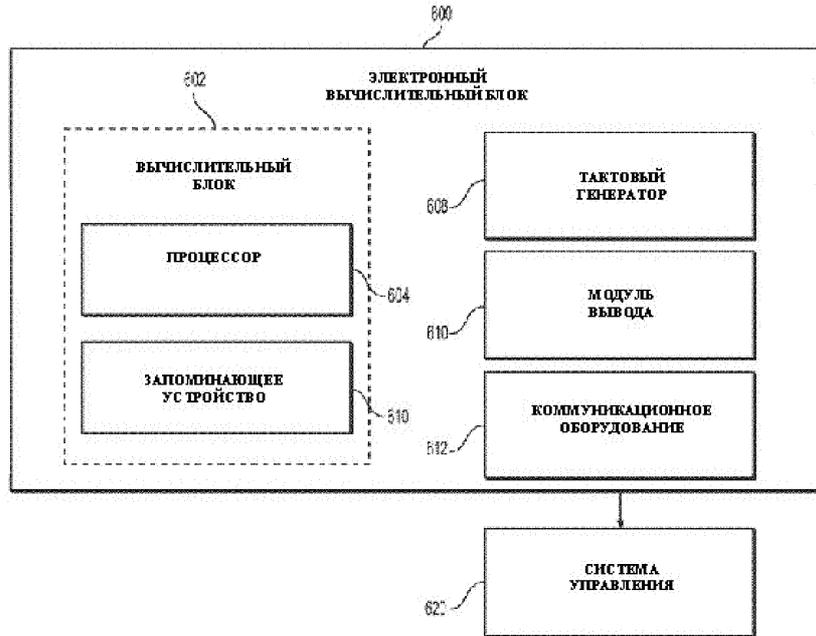
Фиг. 3В



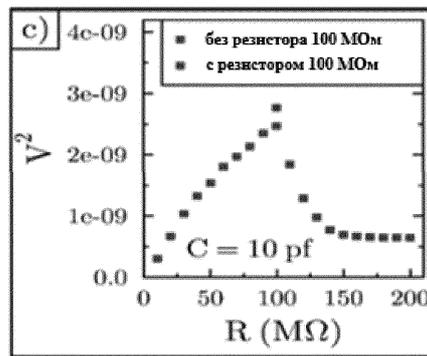
Фиг. 4



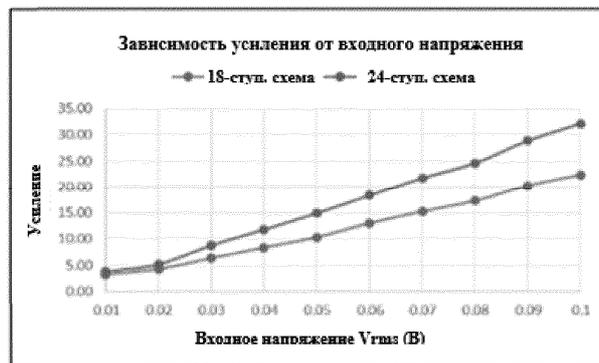
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

