



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A24F 40/46 (2021.08); A24F 40/50 (2021.08); A24F 40/57 (2021.08); A61M 15/06 (2021.08); H02J 7/0063 (2021.08); H02J 7/007182 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2019138048, 12.04.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
12.04.2018Дата регистрации:  
16.12.2021

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
03.05.2017 EP 17169337.7

(43) Дата публикации заявки: 03.06.2021 Бюл. № 16

(45) Опубликовано: 16.12.2021 Бюл. № 35

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 03.12.2019(86) Заявка РСТ:  
EP 2018/059477 (12.04.2018)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2018/202403 (08.11.2018)Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО  
"Юридическая фирма Городиский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

РОБЕР, Жак (CH),  
КУРБА, Жером Кристиан (CH),  
БЕССАН, Мишель (CH)

(73) Патентообладатель(и):

ФИЛИП MORRIS ПРОДАКТС С.А. (CH)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: WO 2016115893 A1, 28.07.2016. US  
2013104916 A1, 02.05.2013. US 2014299137 A1,  
09.10.2014. RU 2606711 C1, 10.01.2017. US  
2016057811 A1, 25.02.2016.(54) СИСТЕМА И СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИ  
НАГРЕВАЕМОМ УСТРОЙСТВЕ, ГЕНЕРИРУЮЩЕМ АЭРОЗОЛЬ

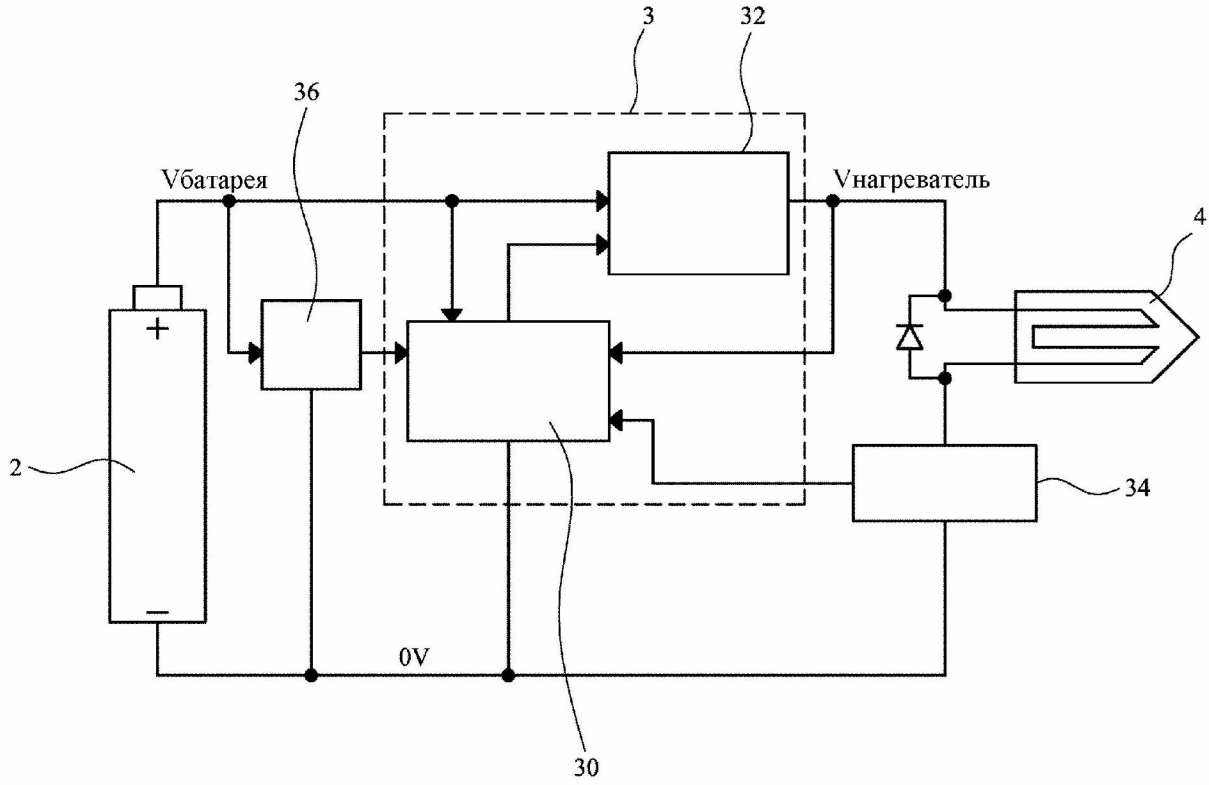
(57) Реферат:

Настоящее изобретение относится к нагреваемым устройствам, генерирующим аэрозоль, и, в частности, к регулированию температуры нагревателя в устройстве, генерирующем аэрозоль, питаемым от батареи. Устройство (1), генерирующее аэрозоль, для генерирования вдыхаемого аэрозоля, причем устройство (1) содержит резистивный нагреватель (4), батарею (2), причем батарея (2) выполнена с возможностью генерирования напряжения

батареи (Vбатарея), и блок (3) управления, причем указанный блок (3) управления содержит преобразователь (32) постоянного тока в постоянный, предназначенный для приема в качестве входного сигнала напряжения батареи (Vбатарея) от батареи и вывода выходного напряжения (Vнагреватель) на резистивный нагреватель (4), и микроконтроллер (30), выполненный с возможностью управления указанным преобразователем (32) постоянного

тока в постоянный, для регулирования выходного напряжения на основе заданного температурного профиля для резистивного нагревателя (4). Технический результат заключается в обеспечении

возможности управления напряжением на всем нагревателе и, следовательно, регулирования максимального тока, поступающего от батареи. 2 н. и 12 з.п. ф-лы, 6 ил.



ФИГ. 2

RU 2762188 C2

RU 2762188 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11)**2 762 188**<sup>(13)</sup> **C2**(51) Int. Cl.  
*A24F 47/00* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*A24F 40/46* (2021.08); *A24F 40/50* (2021.08); *A24F 40/57* (2021.08); *A61M 15/06* (2021.08); *H02J 7/0063* (2021.08); *H02J 7/007182* (2021.08)

(21)(22) Application: **2019138048, 12.04.2018**(24) Effective date for property rights:  
**12.04.2018**Registration date:  
**16.12.2021**

Priority:

(30) Convention priority:  
**03.05.2017 EP 17169337.7**(43) Application published: **03.06.2021 Bull. № 16**(45) Date of publication: **16.12.2021 Bull. № 35**(85) Commencement of national phase: **03.12.2019**(86) PCT application:  
**EP 2018/059477 (12.04.2018)**(87) PCT publication:  
**WO 2018/202403 (08.11.2018)**Mail address:  
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO  
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**ROBERT, Jacques (CH),  
COURBAT, Jerome Christian (CH),  
BESSANT, Michel (CH)**

(73) Proprietor(s):

**PHILIP MORRIS PRODUCTS S.A. (CH)**

**(54) SYSTEM AND METHOD FOR TEMPERATURE CONTROL IN ELECTRICALLY HEATED AEROSOL GENERATING DEVICE**

(57) Abstract:

FIELD: tobacco industry.

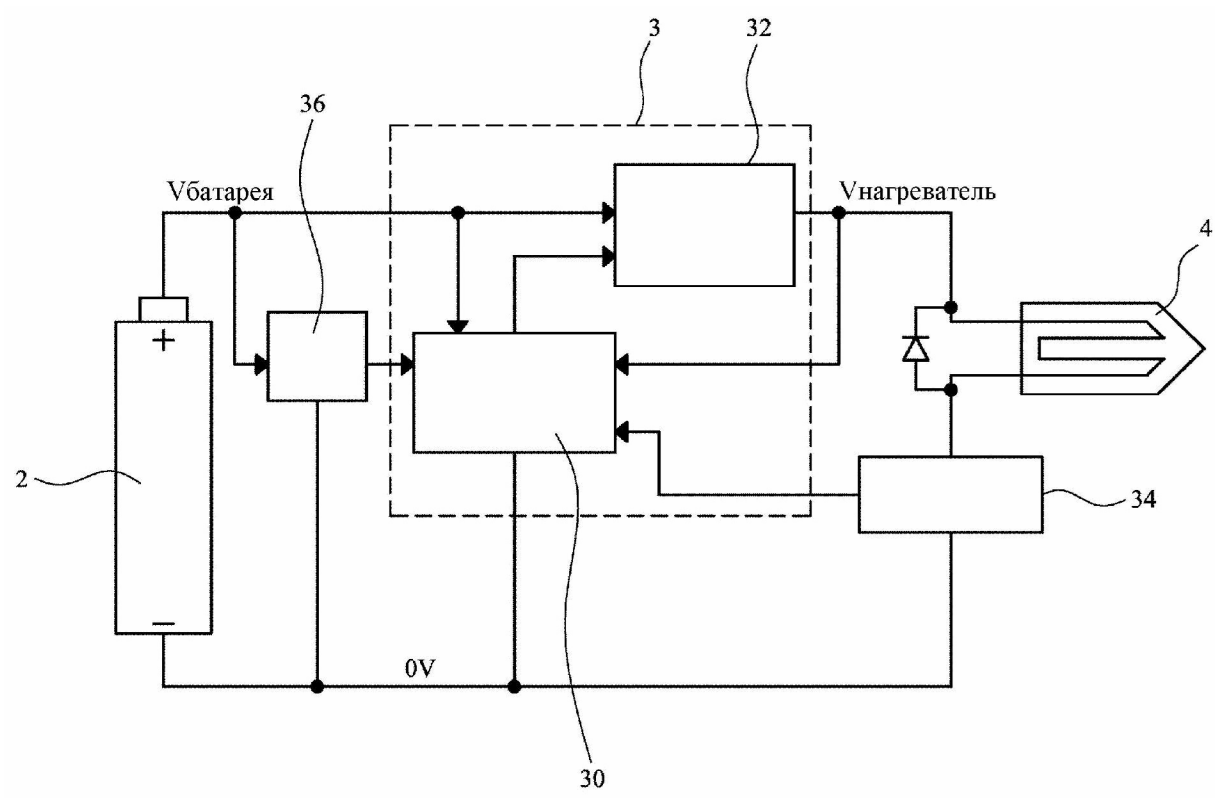
SUBSTANCE: present invention relates to heated aerosol generating devices, and, in particular, to control of the temperature of a heater in the aerosol generating device powered by a battery. Aerosol generating device (1) for generating inhaled aerosol contains resistive heater (4), battery (2), wherein battery (2) is made with the possibility to generate battery voltage (V battery), and control unit (3), wherein specified control unit (3) contains DC-to-DC converter (32) designed to receive

battery voltage (V battery) from the battery as an input signal and output the output voltage (V heater) to resistive heater (4), and microcontroller (30) made with the possibility of controlling specified DC-to-DC converter (32) for regulating the output voltage based on a given temperature profile for resistive heater (4).

EFFECT: possibility of controlling the voltage on the entire heater and, consequently, regulating the maximum current coming from the battery.

14 cl, 6 dwg

C 2  
8  
1  
2  
9  
7  
2  
R UR U  
2  
7  
6  
2  
1  
8  
8  
C 2



ФИГ. 2

Настоящее изобретение относится к нагреваемым устройствам, генерирующим аэрозоль, и, в частности, к регулированию температуры нагревателя в устройстве, генерирующем аэрозоль, питаемым от батареи.

5 Как правило, в нагреваемом устройстве, генерирующем аэрозоль, питаемом от батареи, электрически резистивный нагревательный элемент используется для нагрева субстрата, образующего аэрозоль. Субстрат, образующий аэрозоль, содержит одно или более летучих соединений, которые испаряются посредством резистивного нагревательного элемента, а затем охлаждаются с образованием аэрозоля. Температура резистивного нагревательного элемента имеет большое значение в определении как  
10 количества, так и качества образованного аэрозоля. Следовательно, в таких устройствах необходимо обеспечить регулирование температуры нагревательных элементов внутри устройства.

Кроме того, желательно иметь возможность регулирования температуры нагревательного элемента для отслеживания конкретного температурного профиля с течением времени. Изменения состояния субстрата, образующего аэрозоль, и изменения  
15 прохождения потока воздуха через устройство может означать, что простое управление нагревательным элементом, чтобы он находился при одной целевой температуре, не обеспечивает оптимальные результаты.

Как правило, широтно-импульсная модуляция (PWM) напряжения, подаваемого на  
20 нагревательный элемент или элементы, используется для регулирования температуры нагревательного элемента. Это обеспечивает простое и высокоактивное регулирование температуры нагревательного элемента. Однако существует ряд ограничений использования широтно-импульсной модуляции в качестве единственного способа регулирования температуры. Было бы целесообразно обеспечить альтернативные  
25 способ и систему для регулирования температуры нагревательного элемента в системе, генерирующей аэрозоль.

В первом аспекте настоящего изобретения предлагается блок управления для устройства, генерирующего аэрозоль, причем устройство, генерирующее аэрозоль, содержит резистивный нагреватель для нагрева субстрата, образующего аэрозоль, и  
30 батарею, причем батарея выполнена с возможностью генерирования напряжения батареи, причем указанный блок управления содержит:

преобразователь постоянного тока в постоянный, предназначенный для приема в качестве входного сигнала напряжения батареи от батареи и вывода выходного напряжения на резистивный нагреватель; и

35 микроконтроллер, выполненный с возможностью управления указанным преобразователем постоянного тока в постоянный, для регулирования выходного напряжения на основе заданного температурного профиля для резистивного нагревателя.

Использование преобразователя постоянного тока в постоянный для регулирования  
40 напряжения постоянного тока, подаваемого на резистивный нагреватель, имеет значительные преимущества по сравнению с использованием только широтно-импульсной модуляции (PWM), особенно когда масса резистивного нагревателя является небольшой. Хотя управление PWM является относительно простым и недорогим для выполнения, а также является высокоактивным, при использовании управления PWM  
45 существует опасность, что резистивный нагреватель перегреется во время рабочих периодов, если масса конструкции резистивного нагревателя является недостаточной для эффективного усреднения температуры между рабочим и нерабочим периодами. Нецелесообразно просто увеличивать частоту PWM для предотвращения этой проблеме,

поскольку эффективность устройства упадет, когда частота PWM станет слишком высокой. Подобным образом, увеличение массы конструкции нагревателя посредством включения крупной конструкции для передачи тепла между резистивным нагревательным элементом или элементами и субстратом, образующим аэрозоль, для уменьшения скачков температуры в субстрате, образующем аэрозоль, приносит свои собственные проблемы. Если масса конструкции нагревателя является слишком большой, нагреватель будет слишком долго нагреваться до необходимой рабочей температуры.

Таким образом, нахождение правильного баланса между параметрами управления PWM и конструкцией резистивного нагревателя может быть очень сложным. Использование управления PWM существенно ограничивает свободу при разработке конструкции нагревателя.

В отличие от этого, использование преобразователя постоянного тока в постоянный для управления напряжением, подаваемым на резистивный нагреватель в соответствии с целевым температурным профилем, обеспечивает намного большую свободу действий при создании нагревателя и, в частности, обеспечивает возможность для небольшой массы нагревателя.

Существует другая проблема с управлением PWM, когда она используется с резистивными нагревателями, которые имеют низкое электрическое сопротивление, когда они находятся в холодном состоянии. Термин «PWM» означает, что полное напряжение батареи подается во время рабочих периодов. При низкой температуре, когда устройство включается первый раз, присутствует низкое сопротивление нагревателя и, следовательно, высокий ток, который батарея может не иметь возможности подать, особенно когда батарея также находится в холодном состоянии. Это может привести к полной поломке устройства.

Использование преобразователя постоянного тока в постоянный обеспечивает возможность управления напряжением на всем нагревателе и, следовательно, регулирования максимального тока, поступающего от батареи.

В контексте настоящего документа термин «преобразователь постоянного тока в постоянный» обозначает электронную схему или электромеханическое устройство, которое преобразовывает источник постоянного тока (DC) с одного уровня напряжения на другой. Преобразователь постоянного тока в постоянный может представлять собой, например, понижающий преобразователь, повышающий преобразователь или комбинированный преобразователь. Преобразователь постоянного тока в постоянный может содержать более одной стадии силового преобразователя. Преимущественно преобразователь постоянного тока в постоянный представляет собой программируемый преобразователь постоянного тока в постоянный.

Блок управления может дополнительно содержать цифровой потенциометр, присоединенный между микроконтроллером и преобразователем постоянного тока в постоянный. Цифровой потенциометр может быть использован для установки выходного напряжения от преобразователя постоянного тока в постоянный. Цифровой потенциометр может быть программируемым.

Блок управления может дополнительно содержать энергонезависимое запоминающее устройство, хранящее заданный температурный профиль или профиль электрического сопротивления. Заданный температурный профиль или профиль напряжения может храниться в справочной таблице. Запоминающее устройство может хранить дополнительные справочные таблицы или программы, подвязывающие параметры нагревателя или преобразователя постоянного тока в постоянный друг к другу.

Преимущественно микроконтроллер выполнен с возможностью управления указанным преобразователем постоянного тока в постоянный на основе измеренного или вычисленного сопротивления или температуры резистивного нагревателя. В одном варианте осуществления электрическое сопротивление электрически резистивного нагревателя зависит от его температуры. В этом случае микроконтроллер может быть выполнен с возможностью управления указанным преобразователем постоянного тока в постоянный на основе вычисленного электрического сопротивления электрически резистивного нагревателя. Блок управления может быть выполнен с возможностью вычисления электрического сопротивления электрически резистивного нагревателя на основе измерений напряжения и тока.

В другом варианте осуществления блок управления может содержать датчик температуры, соединенный с микроконтроллером и расположенный вблизи от электрически резистивного нагревателя. В этом случае микроконтроллер может быть выполнен с возможностью управления указанным преобразователем постоянного тока в постоянный на основе сигналов от датчика температуры.

Микроконтроллер может быть выполнен с возможностью управления схемой управления по замкнутому контуру. Схема управления по замкнутому контуру может быть реализована в качестве программы в программно-аппаратном обеспечении микроконтроллера. Схема управления по замкнутому контуру может подходить для регулирования температуры нагревателя в течение относительно продолжительного периода времени, например, нескольких минут, как это необходимо в непрерывно нагреваемых системах, генерирующих аэрозоль. Схема управления по замкнутому контуру может быть предназначена для управления преобразователем постоянного тока в постоянный для регулирования температуры электрически резистивного нагревателя с целью достижения целевой температуры. Целевая температура может изменяться со временем в соответствии с сохраненным целевым температурным профилем. Целевой температурный профиль может быть преобразован в целевой профиль сопротивления на основе температурного коэффициента сопротивления электрически резистивного нагревателя. Блок управления может хранить целевой профиль сопротивления в энергонезависимом запоминающем устройстве или может генерировать целевой профиль сопротивления на основе целевого температурного профиля, сохраненного в энергонезависимом запоминающем устройстве.

Микроконтроллер может быть выполнен с возможностью выполнения функции пропорционально-интегрально-дифференциального (PID) регулятора для регулирования температуры электрически резистивного нагревателя с целью достижения целевой температуры в схеме управления по замкнутому контуру. Альтернативно микроконтроллер может быть выполнен с возможностью использования прогнозирующего алгоритма для регулирования температуры электрически резистивного нагревателя с целью достижения целевой температуры в схеме управления по замкнутому контуру.

Альтернативно микроконтроллер может быть выполнен с возможностью управления схемой управления по разомкнутому контуру. В этом случае блок управления может хранить целевой профиль для ввода контрольного значения в преобразователь постоянного тока в постоянный. Контрольное значение может определять уровень выходного сигнала  $V_{\text{нагреватель}}$  из преобразователя постоянного тока в постоянный. Микроконтроллер может быть выполнен с возможностью предоставления указанного преобразователя постоянного тока в постоянный с контрольным значением в соответствии с целевым профилем для контрольного значения. Схема управления по

разомкнутому контуру может подходить для управления электрически резистивным нагревателем в течение относительно коротких периодов времени, например, нескольких секунд, в активируемой при затяжке системе, генерирующей аэрозоль, в которой питание подается на нагреватель только во время осуществления пользователем затяжки.

5 Микроконтроллер может быть дополнительно выполнен с возможностью регулирования среднего значения тока, подаваемого на резистивный нагреватель от преобразователя постоянного тока в постоянный, посредством управления работой переключателя, соединенного последовательно с резистивным нагревателем и преобразователем постоянного тока в постоянный. Микроконтроллер может быть  
10 выполнен с возможностью использования управления широтно-импульсной модуляцией переключателя. Таким образом, микроконтроллер может быть выполнен с возможностью управления схемой управления PWM в дополнение к управлению посредством использования преобразователя постоянного тока в постоянный. Основное регулирование температуры может выполняться посредством использования  
15 преобразователя постоянного тока в постоянный и, поскольку она обеспечивает более высокое быстродействие, схема управления PWM может быть использована для точной настройки температуры.

Микроконтроллер может быть выполнен с возможностью отслеживания тока, проходящего через резистивный нагреватель, и управления преобразователем  
20 постоянного тока в постоянный для обеспечения того, что ток, проходящий через резистивный нагреватель, не превышает максимальное пороговое значение тока. Это предотвращает перегрузку батареи, которая может привести к поломке устройства.

Микроконтроллер может управлять преобразователем постоянного тока в постоянный для обеспечения поддержания напряжения батареи на уровне  
25 минимального напряжения батареи или выше. Минимальное напряжение батареи может представлять собой минимальное напряжение, необходимое для работы конкретного компонента или компонентов в устройстве, такого как микроконтроллер. Это обеспечивает возможность постоянной работы этих компонентов и, в частности, микроконтроллера.

30 Альтернативно, или в дополнение, устройство может содержать второй источник напряжения для микроконтроллера. Второй источник напряжения может представлять собой вторую батарею или может представлять собой регулятор напряжения, такой как второй преобразователь постоянного тока в постоянный или линейный регулятор с малым падением напряжения (LDO), присоединенный между батареей и  
35 микроконтроллером. Он может использоваться для обеспечения возможности приема микроконтроллером и другими электронными компонентами минимального требуемого напряжения.

Микроконтроллер может представлять собой любой подходящий микроконтроллер, но предпочтительно является программируемым.

40 Во втором аспекте настоящего изобретения предлагается устройство, генерирующее аэрозоль, для генерирования вдыхаемого аэрозоля, причем устройство содержит: резистивный нагреватель для нагрева субстрата, образующего аэрозоль, батарею, причем батарея выполнена с возможностью генерирования напряжения батареи, и

45 блок управления согласно первому аспекту настоящего изобретения.

Устройство, генерирующее аэрозоль, может быть выполнено с возможностью размещения субстрата, образующего аэрозоль.

Резистивный нагреватель может содержать электрически резистивный материал.

Подходящие электрически резистивные материалы включают, но без ограничения: полупроводники, такие как легированная керамика, электрически «проводящую» керамику (такую как, например, дисилицид молибдена), углерод, графит, металлы, сплавы металлов и композиционные материалы, изготовленные из керамического материала и металлического материала. Такие композитные материалы могут содержать легированную или нелегированную керамику. Примеры подходящей легированной керамики включают легированные карбиды кремния. Примеры подходящих металлов включают титан, цирконий, тантал, платину, золото и серебро. Примеры подходящих сплавов металлов включают нержавеющую сталь, никель-, кобальт-, хром-, алюминий-, титан-, цирконий-, гафний-, ниобий-, молибден-, тантал-, вольфрам-, олово-, галлий-, марганец-, золото- и железосодержащие сплавы, а также суперсплавы на основе никеля, железа, кобальта, нержавеющей стали, Timetal® и сплавы на основе железа-марганца-алюминия. В композиционных материалах электрически резистивный материал может быть необязательно встроено в изоляционный материал, инкапсулирован в него или покрыт им, или наоборот, в зависимости от кинетики переноса энергии и требуемых внешних физико-химических свойств.

Устройство, генерирующее аэрозоль, может содержать внутренний резистивный нагреватель или внешний резистивный нагреватель или как внутренний, так и внешний резистивные нагреватели, где «внутренний» и «внешний» относятся к субстрату, образующему аэрозоль. Внутренний резистивный нагреватель может иметь любую подходящую форму. Например, внутренний резистивный нагреватель может иметь форму нагревательного лезвия. Альтернативно внутренний резистивный нагреватель может иметь форму гильзы или субстрата, имеющего различные электропроводящие части, или форму электрически резистивной металлической трубки. Альтернативно внутренний резистивный нагреватель может представлять собой одну или более нагревательных игл или стержней, которые проходят через центр субстрата, образующего аэрозоль. Другие альтернативы включают нагревательную проволоку или нить накала, например Ni-Cr (хромоникелевую), платиновую, вольфрамовую или проволоку из сплавов, или нагревательную пластину. Необязательно внутренний резистивный нагреватель может быть нанесен в жестком материале-носителе или на нем. В одном таком варианте осуществления электрически резистивный нагреватель может быть образован с использованием металла, имеющего определенное соотношение между температурой и удельным сопротивлением. В таком приведенном в качестве примера устройстве металл может быть выполнен в виде дорожки на подходящем изоляционном материале, таком как керамический материал, а затем уложен между двумя слоями другого изоляционного материала, такого как стекло. Образованные таким образом нагреватели могут быть использованы как для нагрева, так и для отслеживания температуры нагревательных элементов во время работы.

Внешний резистивный нагреватель может иметь любую подходящую форму. Например, внешний резистивный нагреватель может иметь форму одного или более листов гибкой нагревательной фольги на диэлектрической подложке, такой как полиимидная. Листам гибкой нагревательной фольги может быть придана форма, соответствующая периметру полости для размещения субстрата. Альтернативно внешний нагревательный элемент может иметь форму металлической решетки или решеток, гибкой печатной платы, литого соединительного устройства (MID), керамического нагревателя, гибкого нагревателя из углеродного волокна, или он может быть образован с помощью технологии нанесения покрытия, такой как плазменное осаждение из паровой фазы на субстрате подходящей формы. Для образования

нагревателя также могут быть использованы другие методы, такие как испарение, химическое травление, лазерное травление, графаретная печать, глубокая печать и струйная печать. Внешний резистивный нагреватель может быть также образован с использованием металла, имеющего определенное соотношение между температурой и удельным сопротивлением. В таком приведенном в качестве примера устройстве металл может быть выполнен в виде дорожки между двумя слоями подходящих изоляционных материалов. Образованный таким образом внешний резистивный нагреватель может использоваться как для нагрева, так и для отслеживания температуры внешнего нагревательного элемента во время работы.

Резистивный нагреватель преимущественно нагревает субстрат, образующий аэрозоль, за счет проводимости. Резистивный нагреватель может по меньшей мере частично контактировать с субстратом или носителем, на который нанесен субстрат. Альтернативно тепло от внутреннего или от внешнего нагревателя может быть проведено к субстрату посредством теплопроводного элемента.

Резистивный нагреватель может иметь массу от 0,1 г до 0,5 г, и более предпочтительно от 0,15 г до 0,25 г. Батарея может представлять собой перезаряжаемую батарею. Батарея может представлять собой литий-ионную батарею, например, литий-кобальтовую, литий-железо-фосфатную, литий-титанатную или литий-полимерную батарею. Альтернативно батарея может иметь другую форму перезаряжаемой батареи, такую как никель-металлогидридная батарея или никель-кадмиевая батарея.

Микроконтроллер может быть выполнен с возможностью непрерывной подачи тока на резистивный нагреватель от преобразователя постоянного тока в постоянный в течение более 5 секунд. Микроконтроллер может быть выполнен с возможностью управления преобразователем постоянного тока в постоянный на основе целевого температурного профиля, который изменяется со временем после активации устройства.

В контексте настоящего документа термин «устройство, генерирующее аэрозоль» относится к устройству, которое взаимодействует с субстратом, образующим аэрозоль, с генерированием аэрозоля. Субстрат, образующий аэрозоль, может быть частью изделия, генерирующего аэрозоль. Устройство, генерирующее аэрозоль, может представлять собой устройство, которое взаимодействует с субстратом, образующим аэрозоль, изделия, генерирующего аэрозоль, с генерированием аэрозоля, который может непосредственно вдыхаться в легкие пользователя через рот пользователя. Субстрат, образующий аэрозоль, может полностью или частично содержаться в устройстве.

Субстрат, образующий аэрозоль, может представлять собой твердый субстрат, образующий аэрозоль. Альтернативно субстрат, образующий аэрозоль, может представлять собой жидкость или может содержать как твердые, так и жидкие компоненты. Субстрат, образующий аэрозоль, может содержать табакосодержащий материал, содержащий летучие табачные вкусоароматические соединения, которые высвобождаются из субстрата при нагреве. Альтернативно субстрат, образующий аэрозоль, может содержать нетабачный материал. Субстрат, образующий аэрозоль, может дополнительно содержать вещество для образования аэрозоля. Примерами подходящих веществ для образования аэрозоля являются глицерин и пропиленгликоль.

Если субстрат, образующий аэрозоль, представляет собой твердый субстрат, образующий аэрозоль, то твердый субстрат, образующий аэрозоль, может содержать, например, одно или более из: порошка, гранул, шариков, кусочков, тонких трубок, полосок или листов, содержащих одно или более из: травяных листьев, табачных листьев, фрагментов табачных жилок, восстановленного табака, гомогенизированного

табака, экструдированного табака, табачного формованного листа и расширенного табака. Твердый субстрат, образующий аэрозоль, может иметь рассыпную форму или может быть предусмотрен в подходящей емкости или картридже. Необязательно твердый субстрат, образующий аэрозоль, может содержать дополнительные табачные или нетабачные летучие вкусоароматические соединения, предназначенные для высвобождения при нагреве субстрата. Твердый субстрат, образующий аэрозоль, может также содержать капсулы, которые содержат, например, дополнительные табачные или нетабачные летучие вкусоароматические соединения, и такие капсулы могут плавиться во время нагрева твердого субстрата, образующего аэрозоль.

10 Необязательно твердый субстрат, образующий аэрозоль, может быть предусмотрен на термостабильном носителе или встроен в него. Носитель может иметь форму порошка, гранул, шариков, кусочков, тонких трубок, полосок или листов.

Альтернативно носитель может представлять собой трубчатый носитель, имеющий тонкий слой твердого субстрата, нанесенного на его внутреннюю поверхность, или на его наружную поверхность, или как на внутреннюю, так и на наружную поверхности. Такой трубчатый носитель может быть выполнен, например, из бумаги или материала, подобного бумаге, нетканого мата из углеродных волокон, легкого сетчатого металлического экрана или перфорированной металлической фольги, или любой другой термостабильной полимерной матрицы.

20 Твердый субстрат, образующий аэрозоль, может быть нанесен на поверхность носителя в форме, например, листа, пеноматериала, геля или суспензии. Твердый субстрат, образующий аэрозоль, может быть нанесен на всю поверхность носителя или, альтернативно, он может быть нанесен в виде узора с целью обеспечения неоднородной доставки вкусоароматической добавки во время использования.

25 Несмотря на то, что выше упоминаются твердые субстраты, образующие аэрозоль, специалисту в данной области техники будет понятно, что с другими вариантами осуществления могут быть использованы другие формы субстрата, образующего аэрозоль. Например, субстрат, образующий аэрозоль, может представлять собой жидкий субстрат, образующий аэрозоль. Если предусмотрен жидкий субстрат, образующий аэрозоль, то устройство, генерирующее аэрозоль, предпочтительно содержит средства для удержания жидкости. Например, жидкий субстрат, образующий аэрозоль, может удерживаться в емкости. Альтернативно или дополнительно жидкий субстрат, образующий аэрозоль, может быть поглощен пористым материалом-носителем.

30 Пористый материал-носитель может быть изготовлен из любой подходящей поглощающей заглушки или детали, например, из вспененного металлического или пластмассового материала, полипропилена, терилена, нейлоновых волокон или керамики. Жидкий субстрат, образующий аэрозоль, может удерживаться в пористом материале-носителе перед использованием устройства, генерирующего аэрозоль, или альтернативно материал жидкого субстрата, образующего аэрозоль, может

40 высвободиться в пористый материал-носитель во время использования или непосредственно перед использованием. Например, жидкий субстрат, образующий аэрозоль, может быть предусмотрен в капсуле. Оболочка капсулы предпочтительно плавится при нагревании и высвобождает жидкий субстрат, образующий аэрозоль, внутрь пористого материала-носителя. Капсула может необязательно содержать твердое вещество в сочетании с жидкостью. Альтернативно носитель может представлять собой нетканое полотно или пучок волокон, в которые были включены табачные компоненты. Нетканое полотно или пучок волокон может содержать, например, углеродные волокна, натуральные целлюлозные волокна или волокна из производных целлюлозы.

Во время работы субстрат, образующий аэрозоль, может полностью содержаться внутри устройства, генерирующего аэрозоль. В этом случае пользователь может осуществлять затяжку на мундштуке устройства, генерирующего аэрозоль.

Альтернативно во время работы изделие, образующее аэрозоль, содержащее субстрат, образующий аэрозоль, может частично содержаться в устройстве, генерирующем аэрозоль. В этом случае пользователь может осуществлять затяжку непосредственно на изделии, образующем аэрозоль.

Изделие, образующее аэрозоль, может иметь по существу цилиндрическую форму. Изделие, образующее аэрозоль, может быть по существу удлиненным. Изделие, образующее аэрозоль, может иметь длину и окружность, по существу перпендикулярную длине. Субстрат, образующий аэрозоль, может иметь по существу цилиндрическую форму. Субстрат, образующий аэрозоль, может быть по существу удлиненным. Субстрат, образующий аэрозоль, также может иметь длину и окружность, по существу перпендикулярную длине.

Изделие, образующее аэрозоль, может иметь общую длину от приблизительно 30 мм до приблизительно 100 мм. Изделие, образующее аэрозоль, может иметь наружный диаметр от приблизительно 5 мм до приблизительно 12 мм. Изделие, образующее аэрозоль, может содержать заглушку фильтра. Заглушка фильтра может быть расположена на расположенном дальше по ходу потока конце изделия, образующего аэрозоль. Заглушка фильтра может представлять собой ацетилцеллюлозную заглушку фильтра. Заглушка фильтра в одном варианте осуществления имеет длину приблизительно 7 мм, однако может иметь длину от приблизительно 5 мм до приблизительно 10 мм.

В одном варианте осуществления изделие, образующее аэрозоль, имеет общую длину приблизительно 45 мм. Изделие, образующее аэрозоль, может иметь наружный диаметр приблизительно 7,2 мм. Кроме того, субстрат, образующий аэрозоль, может иметь длину приблизительно 10 мм. Альтернативно субстрат, образующий аэрозоль, может иметь длину приблизительно 12 мм. Кроме того, диаметр субстрата, образующего аэрозоль, может составлять от приблизительно 5 мм до приблизительно 12 мм. Изделие, образующее аэрозоль, может содержать наружную бумажную обертку. Кроме того, изделие, образующее аэрозоль, может содержать перегородку между субстратом, образующим аэрозоль, и заглушкой фильтра. Перегородка может иметь размер приблизительно 18 мм, но может иметь размер в диапазоне от приблизительно 5 мм до приблизительно 25 мм.

Устройство предпочтительно представляет собой портативное или удерживаемое рукой устройство, которое удобно держать между пальцами одной руки. Устройство может иметь по существу цилиндрическую форму и иметь длину от 70 до 200 мм. Максимальный диаметр устройства предпочтительно составляет от 10 до 30 мм. В одном варианте осуществления устройство имеет многоугольное поперечное сечение и содержит выступающую кнопку, образованную на одной поверхности. В этом варианте осуществления диаметр устройства составляет от 12,7 до 13,65 мм при измерении от плоской поверхности до противоположной плоской поверхности; от 13,4 до 14,2 мм при измерении от кромки до противоположной кромки (т. е. от линии пересечения двух поверхностей на одной стороне устройства до соответствующей линии пересечения на другой стороне), и от 14,2 до 15 мм при измерении от вершины кнопки до противоположной нижней плоской поверхности.

В третьем аспекте настоящего изобретения предлагается способ управления устройством, генерирующим аэрозоль, причем устройство, генерирующее аэрозоль,

содержит резистивный нагреватель, батарею, причем батарея выполнена с возможностью генерирования напряжения батареи, и блок управления, при этом блок управления содержит преобразователь постоянного тока в постоянный, предназначенный для приема в качестве входного сигнала напряжения батареи от батареи и вывода выходного напряжения на резистивный нагреватель, при этом способ включает:

управление указанным преобразователем постоянного тока в постоянный для регулирования выходного напряжения на основе заданного температурного профиля для резистивного нагревателя.

Преимущественно способ может включать управление указанным преобразователем постоянного тока в постоянный на основе измеренного или вычисленного сопротивления или температуры резистивного нагревателя. В одном варианте осуществления электрическое сопротивление электрически резистивного нагревателя зависит от его температуры. В этом случае способ может включать управление указанным преобразователем постоянного тока в постоянный на основе вычисленного электрического сопротивления электрически резистивного нагревателя. Способ может дополнительно включать вычисление электрического сопротивления электрически резистивного нагревателя на основе измерений напряжения и тока.

Способ может включать управление схемой управления по замкнутому контуру.

Схема управления по замкнутому контуру может быть реализована в качестве программы в программно-аппаратном обеспечении микроконтроллера. Схема управления по замкнутому контуру может подходить для регулирования температуры нагревателя в течение относительно продолжительного периода времени, составляющего несколько минут, как это необходимо в непрерывно нагреваемых системах, генерирующих аэрозоль. Схема управления по замкнутому контуру может быть предназначена для управления преобразователем постоянного тока в постоянный для регулирования температуры электрически резистивного нагревателя с целью достижения целевой температуры. Целевая температура может изменяться со временем в соответствии с сохраненным целевым температурным профилем. Целевой температурный профиль может быть преобразован в целевой профиль сопротивления на основе температурного коэффициента сопротивления электрически резистивного нагревателя.

Способ может включать управление пропорционально-интегрально-дифференциальным (PID) регулятором для регулирования температуры электрически резистивного нагревателя с целью достижения целевой температуры в схеме управления по замкнутому контуру. Альтернативно способ может включать использование прогнозирующего алгоритма для регулирования температуры электрически резистивного нагревателя с целью достижения целевой температуры в схеме управления по замкнутому контуру.

Альтернативно способ может включать управление схемой управления по разомкнутому контуру. Схема управления по разомкнутому контуру может подходить для управления электрически резистивным нагревателем в течение относительно коротких периодов времени, например, в активируемой при затяжке системе, генерирующей аэрозоль, в которой питание подается на нагреватель только во время осуществления пользователем затяжки.

Способ может дополнительно включать регулирование среднего значения тока, подаваемого на резистивный нагреватель от преобразователя постоянного тока в постоянный, посредством управления работой переключателя, соединенного

последовательно с резистивным нагревателем и преобразователем постоянного тока в постоянный. Способ может включать управление переключателем для обеспечения широтно-импульсной модуляции тока, подаваемого на резистивный нагреватель. Этот метод может быть использован для обеспечения точной настройки регулирования напряжения, обеспечиваемого преобразователем постоянного тока в постоянный.

Способ может включать отслеживание тока, проходящего через резистивный нагреватель, и управление преобразователем постоянного тока в постоянный для обеспечения того, что ток, проходящий через резистивный нагреватель, не превышает максимальное пороговое значение тока. Это предотвращает перегрузку батареи, которая может привести к поломке устройства.

Способ может включать управление преобразователем постоянного тока в постоянный для обеспечения поддержания напряжения батареи на уровне минимального напряжения батареи или выше. Минимальное напряжение батареи может представлять собой минимальное напряжение, необходимое для работы конкретного компонента или компонентов в устройстве, таких как микроконтроллер. Альтернативно, или в дополнение, способ может включать управление вторым источником напряжения для микроконтроллера. Второй источник напряжения может представлять собой вторую батарею или может представлять собой регулятор напряжения, такой как второй преобразователь постоянного тока в постоянный или регулятор с малым падением напряжения (LDO), присоединенный между батареей и микроконтроллером.

В четвертом аспекте настоящего изобретения предлагается компьютерная программа, которая, при работе в программируемой электрической цепи в блоке управления электрически управляемого устройства, генерирующего аэрозоль, причем устройство, генерирующее аэрозоль, содержит резистивный нагреватель, батарею, причем батарея выполнена с возможностью генерирования напряжения батареи, и блок управления, причем блок управления содержит преобразователь постоянного тока в постоянный, предназначенный для приема в качестве входного сигнала напряжения батареи от батареи и вывода выходного напряжения на резистивный нагреватель, дает команду программируемой электрической цепи осуществлять способ согласно третьему аспекту настоящего изобретения.

Хотя настоящее изобретение было описано со ссылкой на разные аспекты, должно быть ясно, что признаки, описанные в отношении одного аспекта настоящего изобретения, могут быть применены к другим аспектам настоящего изобретения. В частности, аспекты, описанные в отношении первого аспекта настоящего изобретения, могут быть применимы ко второму и третьему аспектам настоящего изобретения.

Примеры настоящего изобретения будут далее подробно описаны со ссылками на сопроводительные графические материалы, на которых:

на фиг. 1 показано схематическое изображение устройства согласно варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 2 показано схематическое изображение, иллюстрирующее компоненты устройства, задействованные в регулировании температуры нагревателя;

на фиг. 3 показан пример температурного профиля для резистивного нагревателя и соответствующее сопротивление, а также сгенерированные профили напряжения;

на фиг. 4 показан контур управления на основе PID для напряжения нагревателя;

на фиг. 5 показан контур управления, использующий прогнозирующий алгоритм для напряжения нагревателя; и

на фиг. 6 показан другой пример температурного профиля для резистивного

нагревателя и соответствующего профиля напряжения, подходящий для устройства, которое активирует нагреватель только во время вдохов пользователя.

На фиг. 1 компоненты варианта осуществления электрически нагреваемого устройства 1, генерирующего аэрозоль, показаны в упрощенном виде. Элементы электрически нагреваемого устройства 1, генерирующего аэрозоль, на фиг. 1 показаны не в масштабе. Элементы, которые не являются существенными для понимания этого варианта осуществления, для упрощения фиг. 1 были опущены.

Электрически нагреваемое устройство 1, генерирующее аэрозоль, содержит корпус 10 и субстрат 12, образующий аэрозоль, например, изделие, образующее аэрозоль, такое как сигарета. Субстрат 12, образующий аэрозоль, проталкивают внутрь корпуса 10 для достижения тепловой близости с нагревателем 4. В этом примере нагреватель представляет собой лезвие, которое проходит в субстрат, образующий аэрозоль. Субстрат 12, образующий аэрозоль, будет высвобождать ряд летучих соединений при разных температурах. Посредством регулирования рабочей температуры нагревателя таким образом, чтобы она была ниже температуры высвобождения некоторых из летучих соединений, можно избежать высвобождения или образования этих составляющих дыма. Как правило, субстрат, образующий аэрозоль, нагревается до температуры от 170 до 450 градусов по Цельсию. В одном варианте осуществления субстрат, образующий аэрозоль, нагревается до температуры от 170 до 250 градусов по Цельсию, и предпочтительно от 180 до 240 градусов по Цельсию. В другом варианте осуществления субстрат, образующий аэрозоль, нагревается до температуры от 240 до 450 градусов по Цельсию, и предпочтительно от 250 до 350 градусов по Цельсию. Внутри корпуса 10 находится батарея 2, например, перезаряжаемая литий-ионная батарея. Блок 3 управления соединен с нагревательным элементом 4, электрической батареей 2 и интерфейсом 6 пользователя, например, кнопкой или дисплеем. Этот тип системы описан, например, в EP2800486.

Блок 3 управления управляет питанием, подаваемым на нагревательный элемент 4, для регулирования его температуры. Может быть целесообразным изменять температуру в течение однократного использования устройства. В одном примере целесообразно быстро увеличить температуру непосредственно после активации устройства для сведения к минимуму времени, потраченного на выполнение первой затяжки, а затем снизить температуру нагревателя, так что температура субстрата поддерживается постоянной для следующих нескольких затяжек. Затем может быть целесообразным увеличить температуру нагревателя по мере израсходования субстрата, образующего аэрозоль, для обеспечения продолжения доставки достаточного количества аэрозоля пользователю. Этот тип профиля нагрева подробно описан в WO2014/102091.

На фиг. 2 показаны компоненты устройства, задействованные в регулировании температуры нагревателя. В частности, на фиг. 2 показано расположение батареи 2, блока 3 управления и нагревателя 4. Блок управления содержит микроконтроллер 30 и преобразователь 32 постоянного тока в постоянный с цифровым управлением. Преобразователь 32 постоянного тока в постоянный с цифровым управлением присоединен между батареей 2 и нагревателем 4 и управляется микроконтроллером 30. Преобразователь постоянного тока в постоянный принимает в качестве входного сигнала выходное напряжение батареи ( $V_{\text{батарея}}$ ) и выводит выходное напряжение ( $V_{\text{нагреватель}}$ ). В этом примере преобразователь постоянного тока в постоянный представляет собой понижающий, или с пошаговым понижением, преобразователь, так что  $V_{\text{нагреватель}}$  ниже или равно  $V_{\text{батарея}}$ . Однако настоящее изобретение может быть реализовано, например, за счет использования повышающего преобразователя

или комбинированного преобразователя, или сочетания стадий силового преобразователя.

Нагреватель 4 содержит несколько электрически резистивных дорожек на подложке. Дорожки нагревателя могут быть выполнены из платины, а подложка может представлять собой керамический материал, такой как цирконий. Подложка выполнена в форме лезвия для обеспечения ее легкого проникновения в субстрат, образующий аэрозоль, и извлечения из него.

Микроконтроллер управляет преобразователем постоянного тока в постоянный с цифровым управлением для того, чтобы нагреватель действовал в соответствии с требуемым температурным профилем. В этом варианте осуществления схема управления по замкнутому контуру используется на основе сопротивления нагревателя. Электрическое сопротивление платиновых дорожек нагревателя непосредственно связано с температурой нагревателя посредством температурного коэффициента сопротивления платины. Микроконтроллер получает значение измерения  $V_{нагреватель}$  и значение измерения тока, проходящего через нагреватель. Блок 34 измерения тока показан присоединенным между нагревателем и заземлением, при этом устройство вывода соединено с микроконтроллером 30. Блок 34 измерения тока может содержать шунтирующий резистор (с очень низким сопротивлением) последовательно соединенный с нагревателем 4. Ток, проходящий через шунтирующий резистор, который также представляет собой ток, проходящий через нагреватель, может быть измерен посредством усилителя, подсоединенного параллельно к шунтирующему резистору. Затем сопротивление нагревателя вычисляют с помощью закона Ома.

Как показано на фиг. 3, микроконтроллер хранит требуемый температурный профиль, показанный на графике 40 и сохраненный в виде справочной таблицы 41. На графике 40 показана целевая температура нагревателя в зависимости от времени после активации устройства. В этом примере температурный профиль содержит пять различных фаз. В первой фазе температура нагревателя поднимается с температуры  $T_0$  окружающего воздуха до начальной целевой температуры  $T_1$ . Первая фаза длится 30 секунд. Во второй фазе, которая длится одну минуту, температура нагревателя поддерживается на уровне  $T_1$ . В третьей фазе температура падает и поддерживается на уровне второй целевой температуры  $T_2$ . Третья фаза длится две минуты. В четвертой фазе, которая длится 20 секунд, температура постепенно поднимается до уровня третьей целевой температуры  $T_3$ . В заключительной фазе, составляющей еще 2 минуты, температура нагревателя поддерживается на уровне  $T_3$ . После заключительной фазы подача питания на нагреватель прекращается.

Для выполнения схемы управления по замкнутому контуру на основе этого температурного профиля, микроконтроллер преобразовывает целевой температурный профиль в соответствующий целевой профиль электрического сопротивления на основе соотношения между температурой и электрическим сопротивлением для нагревателя. Профиль сопротивления показан в качестве графика 42 и в качестве справочной таблицы 43. Справочная таблица 44 может храниться в микропроцессоре для преобразования температурного профиля в профиль электрического сопротивления.

Не всегда существует необходимость хранения требуемого температурного профиля в виде значений температуры. В некоторых вариантах осуществления может быть целесообразным хранить вместо него требуемый профиль электрического сопротивления. Это температурный профиль, просто преобразованный в профиль сопротивления перед сохранением на устройстве. Если нагреватель не является заменяемым, хранение профиля сопротивления может быть предпочтительным,

поскольку это снижает требования к сохранению данных и стадии обработки на устройстве. Однако, особенно если нагреватель является заменяемым, может быть целесообразным хранение температурного профиля на устройстве, а затем его преобразование в профиль сопротивления на устройстве, поскольку, в итоге, необходимо 5 регулировать именно температуру. При замене нагревателя температурный коэффициент сопротивления нового нагревателя может отличаться от предыдущего нагревателя.

Затем схему управления по замкнутому контуру используют для того, чтобы довести сопротивление нагревателя до целевого сопротивления. Полученное в результате выходное напряжение  $V_{\text{нагреватель}}$  показано на графике 46.

На фиг. 4 показан первый пример схемы управления по замкнутому контуру, которая может быть реализована микропроцессором. На первом этапе 50 получают измерение тока, проходящего через нагреватель, и измерение  $V_{\text{нагреватель}}$ . На втором этапе 52 измерения используют для вычисления электрического сопротивления нагревателя. Вычисленное сопротивление нагревателя сравнивают с целевым сопротивлением на 15 этапе 53, и разницу выводят на пропорционально-интегрально-дифференциальный (PID) регулятор на этапе 54. Выходной сигнал PID регулятора представляет собой требуемое значение для  $V_{\text{нагреватель}}$  для того, чтобы довести электрическое сопротивление нагревателя до целевого сопротивления. Использование PID регулятора является известным методом для управления по замкнутому контуру. PID регулятор 20 имеет фиксированные параметры, независимые от температуры нагревателя или сопротивления. До использования выходного сигнала PID регулятора для управления преобразователем постоянного тока в постоянный, сначала проверяется, является ли ток или напряжение, проходящее через нагреватель или требуемый выходной сигнал от преобразователя постоянного тока в постоянный, большим, чем заданные 25 максимальные пределы. Если ток, проходящий через нагреватель, больше максимального тока, который может доставить батарея, то на этапе 55 требуемое значение для  $V_{\text{нагреватель}}$  устанавливают на значение произведения максимально допустимого тока и вычисленного сопротивления нагревателя. Если значение  $V_{\text{нагреватель}}$ , вычисленное посредством PID регулятора, больше, чем преобразователь 30 постоянного тока в постоянный может обеспечить, то  $V_{\text{нагреватель}}$  устанавливают на значение максимального выходного напряжения преобразователя постоянного тока в постоянный.

Преобразователь постоянного тока в постоянный с цифровым управлением содержит программируемый преобразователь постоянного тока в постоянный и цифровой 35 потенциометр. Микроконтроллер соединен с цифровым потенциометром, и именно цифровой потенциометр устанавливает выходное напряжение программируемого преобразователя постоянного тока в постоянный. Штырь обратной связи преобразователя постоянного тока в постоянный соединен с цифровым потенциометром, и именно значение на этом штыре обратной связи определяет уровень выходного 40 сигнала  $V_{\text{нагреватель}}$  от преобразователя постоянного тока в постоянный. Снова ссылаясь на фиг. 3, профиль напряжения, показанный на графике 46, преобразован в значение, которое необходимо применить к штырю обратной связи преобразователя постоянного тока в постоянный, используя справочную таблицу 48. Справочная таблица 48 может связывать  $V_{\text{нагреватель}}$  со значением, которое необходимо применить к 45 штырю обратной связи преобразователя постоянного тока в постоянный на этапах, например, с 0,05 В. За счет изменения значения цифрового потенциометра, преобразователь постоянного тока в постоянный автоматически регулирует значение  $V_{\text{нагреватель}}$  до требуемого уровня. При такой компоновке можно регулировать

значение  $V_{\text{нагреватель}}$  менее чем за 10 миллисекунд. В этом примере цифровой потенциометр управляется микроконтроллером посредством последовательного периферийного интерфейса (SPI), однако также может управляться, например, посредством I2C или параллельной шины.

5 На фиг. 5 показан альтернативный пример схемы управления по замкнутому контуру, которая может быть реализована микропроцессором. На первом этапе 60 получают измерение тока, проходящего через нагреватель, и измерение  $V_{\text{нагреватель}}$ , а затем, на втором этапе 62, их используют для вычисления электрического сопротивления нагревателя. Вычисленное сопротивление нагревателя сравнивают с целевым  
10 сопротивлением на этапе 63, и разницу выводят на регулятор с прогнозирующим алгоритмом на этапе 64. Регулятор с прогнозирующим алгоритмом может основываться на образцовом или идеальном поведении нагревателя на основе нескольких параметров, таких как температура  $V_{\text{нагреватель}}$ , время прохождения тока и погрешность между целевым сопротивлением и вычисленным сопротивлением. Как показано на контуре  
15 управления по фиг. 4, до использования выходного сигнала регулятора с прогнозирующим алгоритмом для управления преобразователем постоянного тока в постоянный, сначала проверяют, является ли ток или напряжение, проходящее через нагреватель, или требуемый выходной сигнал от преобразователя постоянного тока в постоянный, большим, чем заданные максимальные пределы. Если ток, проходящий  
20 через нагреватель, больше максимального тока, который может доставить батарея, то на этапе 65 требуемое значение для  $V_{\text{нагреватель}}$  устанавливают на значение произведения максимально допустимого тока и вычисленного сопротивления нагревателя. Если значение  $V_{\text{нагреватель}}$ , вычисленное посредством регулятора с прогнозирующим алгоритмом, больше, чем преобразователь постоянного тока в  
25 постоянный может обеспечить, то  $V_{\text{нагреватель}}$  устанавливают на значение максимального выходного напряжения преобразователя постоянного тока в постоянный.

Можно видеть, что управление преобразователем постоянного тока в постоянный может выполняться для обеспечения того, что ток не превышает максимально  
30 допустимый ток, при превышении которого батарея будет перегружена, и что может вызвать поломку устройства. Блок управления также может обеспечить условия для того, чтобы микроконтроллер всегда получал достаточно напряжения от батареи. Минимальное напряжение, которое, как правило, необходимо для работы микроконтроллера, составляет 2,5 Вольта.

35 Целесообразно быстро доводить нагреватель до первой целевой температуры, чтобы пользователю не приходилось долго ждать до выполнения первой затяжки. Чем больше мощность, поданная на нагреватель, тем быстрее будет повышаться его температура. Когда устройство активируется первый раз, нагреватель, как правило, имеет температуру окружающего воздуха. Это означает, что нагреватель с положительным температурным  
40 коэффициентом имеет относительно низкое электрическое сопротивление по сравнению с его сопротивлением во время работы. При низкой температуре батарея также имеет более низкую выходную мощность, поскольку ее выходное напряжение уменьшается, а также поскольку ее внутреннее сопротивление увеличивается, что уменьшает выходной ток. Это сочетание факторов означает, что если при низких температурах от батареи  
45 получают максимальную мощность, то напряжение батареи может быть снижено до уровня ниже минимального рабочего напряжения микроконтроллера.

Как показано на фиг. 2, устройство содержит регулятор 36 напряжения для регулирования напряжения, подаваемого от батареи на микроконтроллер. В этом

примере регулятор напряжения представляет собой линейный регулятор с малым падением напряжения (LDO), но может, например, представлять собой второй преобразователь постоянного тока в постоянный. В этом примере LDO выполнен с возможностью непрерывной подачи стабильного 2,5 В на микроконтроллер. Однако, если напряжение батареи падает ниже 2,5 В, то LDO не будет работать должным образом.

Этой проблемы можно избежать за счет управления преобразователем постоянного тока в постоянный во время первой фазы температурного профиля. Микроконтроллер может быть выполнен с возможностью непрерывного отслеживания напряжения батареи и его сравнения с эталонным напряжением, составляющим, как правило, 2,5 В. Если напряжение батареи выше эталонного напряжения, сигнал управления изменяет значение цифрового потенциометра так, что он увеличивает выходное напряжение преобразователя постоянного тока в постоянный. Если напряжение батареи ниже эталонного значения, сигнал управления изменяет значение цифрового потенциометра так, что он уменьшает выходное напряжение преобразователя постоянного тока в постоянный. Это соответствует управляемой замкнутой системе, в которой выходное напряжение преобразователя постоянного тока в постоянный всегда находится на максимально возможном для него значении, в то же время обеспечивая условия для того, чтобы напряжение батареи никогда не падало ниже минимального напряжения, составляющего 2,5 В. Этот способ обеспечивает наиболее быстрый прогрев нагревателя для заданной температуры батареи.

В некоторых вариантах осуществления может быть предпочтительной схема управления по разомкнутому контуру для преобразователя постоянного тока в постоянный. Например, устройство, генерирующее аэрозоль, по фиг. 1 может работать за счет подачи питания на нагреватель только в ответ на вдохи пользователя. Между вдохами пользователя питание на нагреватель не подается. В этом случае температурный профиль для нагревателя намного короче, только приблизительно 2 или 3 секунды. Нет необходимости в сложном температурном профиле. Нагреватель должен как можно быстрее достигать температуры испарения, поддерживать ее в течение 2 или 3 секунд, а затем выключаться. Температурный профиль этого типа показан на фиг. 6 в качестве графика 70. Соотношение между температурой и сопротивлением нагревателя может быть известно или откалибровано во время изготовления, и температурный профиль или профиль сопротивления может быть преобразован в профиль для контрольного значения, которое необходимо применить к штырю обратной связи преобразователя постоянного тока в постоянный, как показано на графике 72. Профиль хранится в справочной таблице в микроконтроллере. Микроконтроллер управляет преобразователем постоянного тока в постоянный посредством цифрового потенциометра непосредственно в разомкнутом контуре. Микроконтроллер все еще может получать и отслеживать измерения  $V_{\text{нагреватель}}$  и тока для определения аномальных или неисправных состояний, таких как исчерпанный субстрат.

В дополнение к управлению преобразователем постоянного тока в постоянный в схеме управления либо по разомкнутому контуру, либо по замкнутому контуру микроконтроллер может использовать широтно-импульсную модуляцию (PWM) для точной настройки регулирования температуры нагревателя. Переключатель, такой как MOSFET, может быть последовательно соединен с нагревателем и может управляться микроконтроллером для модулирования тока, подаваемого на нагреватель. PWM может быть использована, например, когда погрешность между целевым сопротивлением нагревателя и вычисленным сопротивлением нагревателя меньше

порогового значения. Альтернативно, или в дополнение, PWM может быть использована для обеспечения быстрого времени срабатывания, например, когда температура поднимается слишком быстро.

Использование преобразователя постоянного тока в постоянный, управляемого в соответствии с заданным температурным профилем или профилем напряжения, имеет ряд преимуществ. Температурный профиль нагревателя является более сглаженным, чем с управлением PWM, а также существует намного меньшая вероятность мгновенного перегрева нагревателя. Требуемый мгновенный ток от батареи, особенно непосредственно после активации устройства, ниже, чем при использовании управления PWM, что снижает вероятность возникновения проблем, связанных с низким напряжением батареи при низких температурах. Также использование преобразователя постоянного тока в постоянный обеспечивает намного большую гибкость в конструкционном исполнении нагревателя. Например, если используется повышающий преобразователь постоянного тока в постоянный, то может использоваться нагреватель с более высоким сопротивлением, что может ослабить влияние других сопротивлений в системе, таких как паразитные сопротивления и сопротивления контактов.

#### (57) Формула изобретения

1. Устройство (1), генерирующее аэрозоль, для генерирования вдыхаемого аэрозоля, причем устройство (1) содержит:

резистивный нагреватель (4),  
 батарею (2), причем батарея (2) выполнена с возможностью генерирования напряжения батареи ( $V_{\text{батарея}}$ ), и  
 блок (3) управления, причем указанный блок (3) управления содержит:  
 преобразователь (32) постоянного тока в постоянный, предназначенный для приема в качестве входного сигнала напряжения батареи ( $V_{\text{батарея}}$ ) от батареи и вывода выходного напряжения ( $V_{\text{нагреватель}}$ ) на резистивный нагреватель (4); и  
 микроконтроллер (30), выполненный с возможностью управления указанным преобразователем (32) постоянного тока в постоянный, для регулирования выходного напряжения на основе заданного температурного профиля для резистивного нагревателя (4).

2. Устройство, генерирующее аэрозоль, по п. 1, отличающееся тем, что дополнительно содержит запоминающее устройство, хранящее заданный температурный профиль.

3. Устройство, генерирующее аэрозоль, по п. 1 или 2, отличающееся тем, что микроконтроллер выполнен с возможностью управления указанным преобразователем постоянного тока в постоянный на основе измеренного или вычисленного сопротивления или температуры резистивного нагревателя.

4. Устройство, генерирующее аэрозоль, по п. 3, отличающееся тем, что микроконтроллер выполнен с возможностью управления схемой управления по замкнутому контуру.

5. Устройство, генерирующее аэрозоль, по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что дополнительно содержит средство для измерения температуры или сопротивления нагревателя.

6. Устройство, генерирующее аэрозоль, по пп. 1, 2 или 3, отличающееся тем, что микроконтроллер выполнен с возможностью управления схемой управления по разомкнутому контуру.

7. Устройство, генерирующее аэрозоль, по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что микроконтроллер выполнен с возможностью регулирования

среднего значения тока, подаваемого на резистивный нагреватель от преобразователя постоянного тока в постоянный, посредством управления работой переключателя, соединенного последовательно с резистивным нагревателем и преобразователем постоянного тока в постоянный.

5 8. Устройство, генерирующее аэрозоль, по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что дополнительно содержит цифровой потенциометр, присоединенный между микроконтроллером и преобразователем постоянного тока в постоянный.

10 9. Устройство, генерирующее аэрозоль, по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что микроконтроллер выполнен с возможностью отслеживания тока, проходящего через резистивный нагреватель, и управления преобразователем постоянного тока в постоянный для обеспечения того, что ток, проходящий через резистивный нагреватель, не превышает максимальное пороговое значение тока.

15 10. Устройство, генерирующее аэрозоль, по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что микроконтроллер управляет преобразователем постоянного тока в постоянный для обеспечения поддержания напряжения батареи на уровне минимального напряжения батареи или выше.

11. Устройство, генерирующее аэрозоль, по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что масса резистивного нагревателя составляет от 0,1 г до 0,5 г.

20 12. Устройство, генерирующее аэрозоль, по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что батарея представляет собой литий-ионную батарею.

25 13. Устройство, генерирующее аэрозоль, по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что микроконтроллер выполнен с возможностью непрерывной подачи тока на резистивный нагреватель от преобразователя постоянного тока в постоянный в течение более 5 секунд.

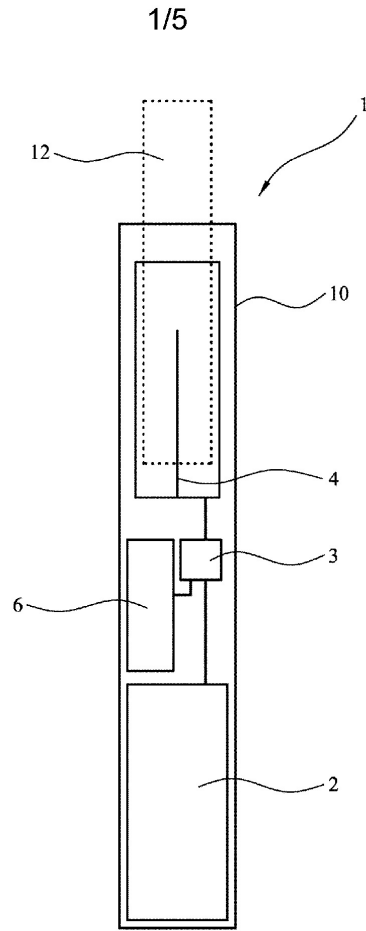
14. Способ управления устройством (1), генерирующим аэрозоль, причем устройство (1), генерирующее аэрозоль, содержит резистивный нагреватель (4), батарею (2), причем батарея (2) выполнена с возможностью генерирования напряжения батареи ( $V_{\text{батарея}}$ ), и блок (3) управления, при этом блок управления содержит преобразователь (32) постоянного тока в постоянный, предназначенный для приема в качестве входного сигнала напряжения батареи ( $V_{\text{батарея}}$ ) от батареи и вывода выходного напряжения ( $V_{\text{нагреватель}}$ ) на резистивный нагреватель (4), при этом способ включает:

35 управление указанным преобразователем (32) постоянного тока в постоянный для регулирования выходного напряжения на основе заданного температурного профиля для резистивного нагревателя (4).

40

45

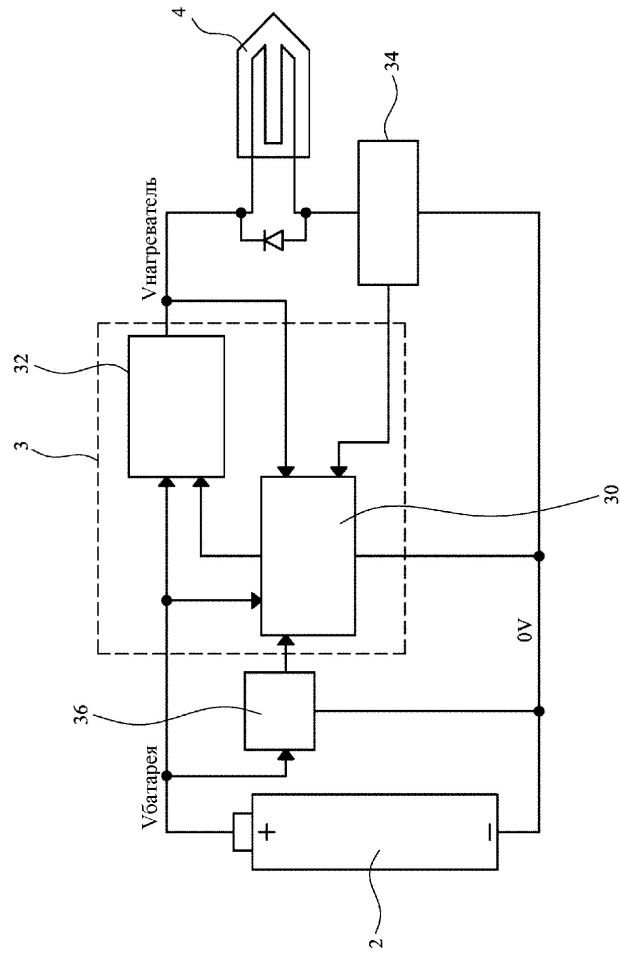
1



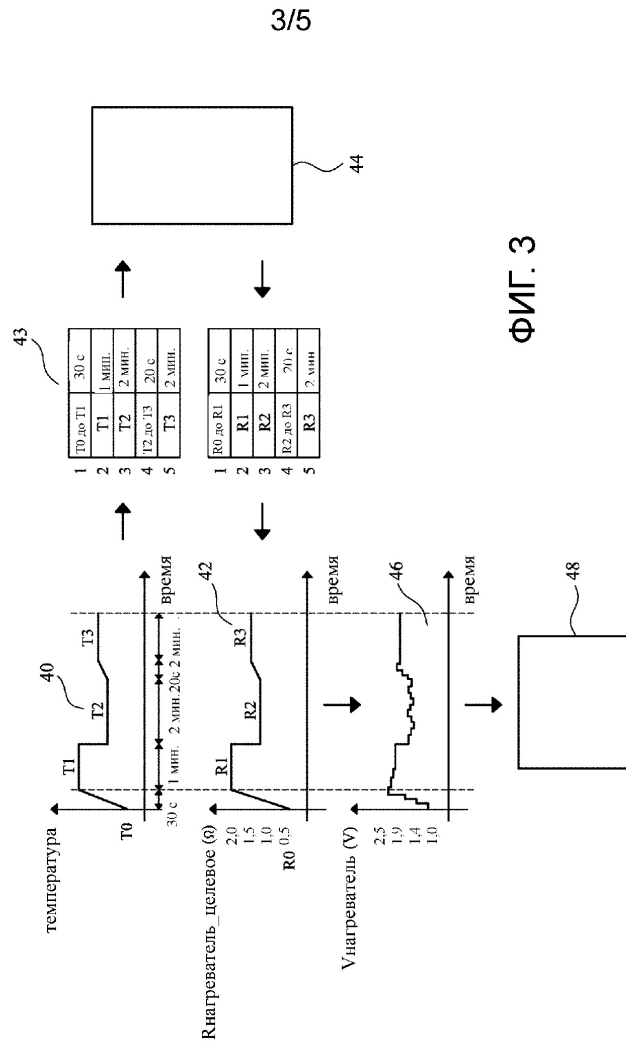
ФИГ. 1

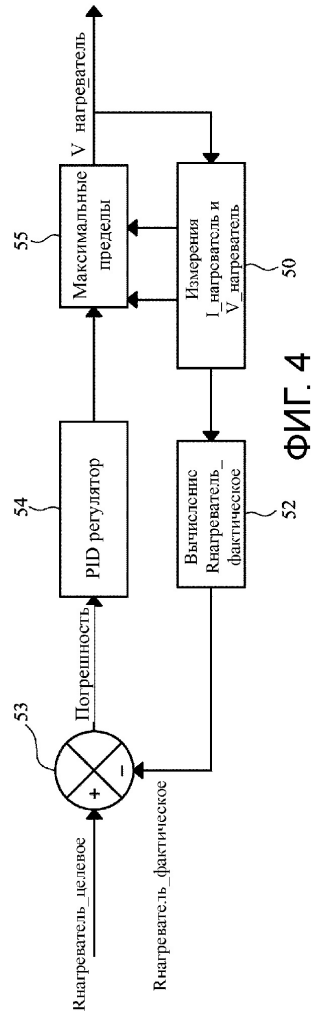
2

2/5

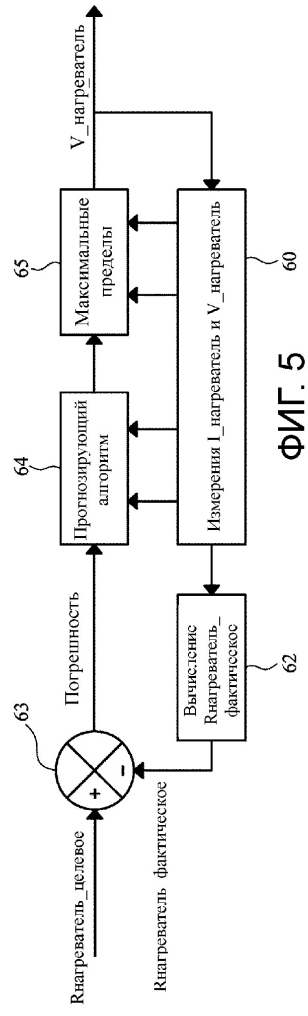


ФИГ. 2



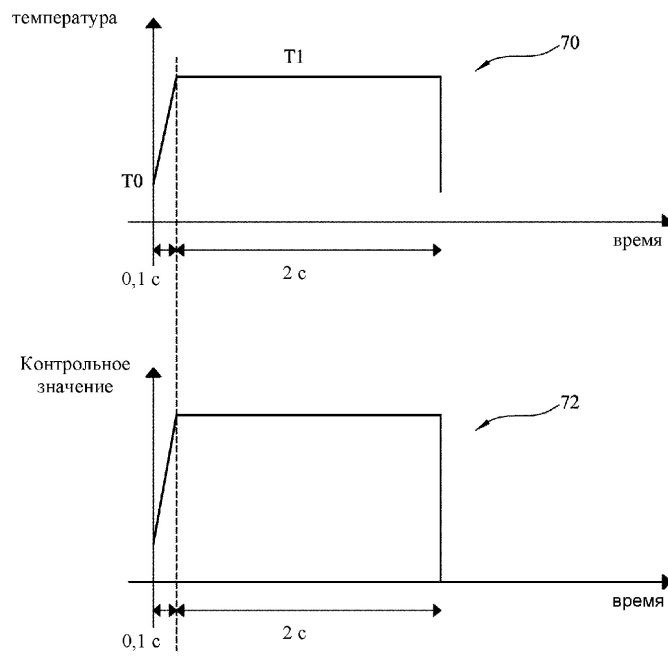


ФИГ. 4



ФИГ. 5

5/5



ФИГ. 6