



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F02K 9/974 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2021134845, 26.11.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.11.2021

Дата регистрации:
20.01.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.11.2021

(45) Опубликовано: 20.01.2023 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

199034, Санкт-Петербург, Университетская
наб., 7/9, Университет, Главное Управление
защиты и использования интеллектуальной
собственности, Матвееву А.А., Матвеевой Т.И.

(72) Автор(ы):

Жижин Евгений Владимирович (RU),
Ревергук Анастасия Андреевна (RU),
Кольчев Алексей Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
государственный университет" (СПбГУ)
(RU),
Общество с ограниченной ответственностью
"ТЭОС" (ООО "ТЭОС") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2511800 C1, 10.04.2014. RU
2610873 C2, 17.02.2017. RU 106666 U1,0
20.07.2011. US 3112612A, 03.12.1963. US 3270501
A, 29.010.1962.

(54) Охлаждаемый составной сопловой блок многокамерной двигательной установки

(57) Реферат:

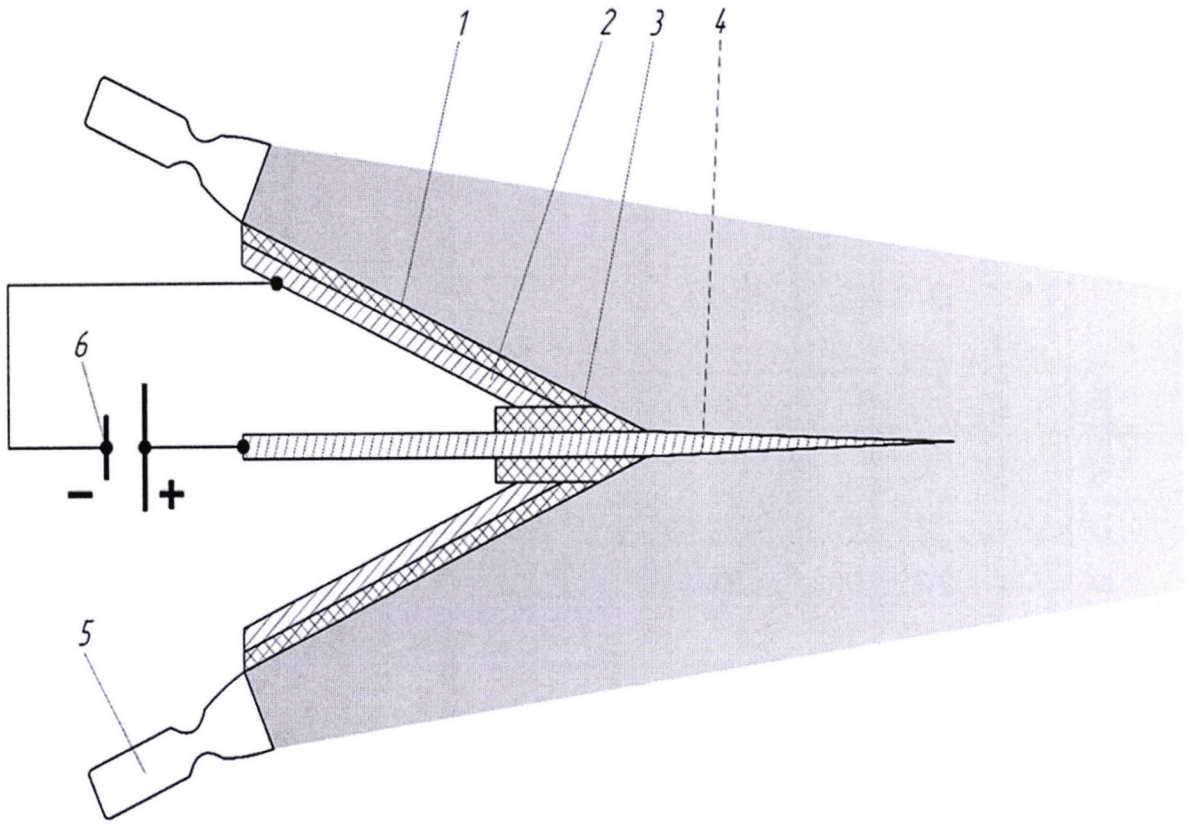
Изобретение относится к ракетно-космической технике, а именно к устройству двигательных установок. Охлаждаемый составной сопловой блок многокамерной двигательной установки, включающий укороченные сопла Лавалья с укороченным центральным телом, внешняя поверхность термоэмиссионного слоя покрыта материалом из группы электридов с эффективной работой выхода электрона 0,01-3,3 эВ, характеризующегося высокой электропроводностью и теплопроводностью при нагреве, при этом центральное тело с термоэмиссионным слоем выполнено в виде катода, а вблизи края центрального тела на

расстоянии не менее 0,1 мм от края центрального тела установлен анод, между катодом и анодом в контакте с ними расположены электронепроводящие элементы, при этом анод соединен через проводящие элементы с входом источника напряжения, выход источника напряжения соединен с центральным телом, которое, в свою очередь, находится в электрическом контакте с термоэмиссионным слоем. Изобретение обеспечивает повышение надежности охлаждаемого составного соплового блока многокамерной двигательной установки за счет термоэмиссионного охлаждения центрального тела. 1 ил.

RU 2 788 489 C 1

RU 2 788 489 C 1

RU 278882 68489 C1



RU 27888489 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
F02K 9/974 (2022.08)

(21)(22) Application: **2021134845, 26.11.2021**

(24) Effective date for property rights:
26.11.2021

Registration date:
20.01.2023

Priority:

(22) Date of filing: **26.11.2021**

(45) Date of publication: **20.01.2023** Bull. № 2

Mail address:

**199034, Sankt-Peterburg, Universitetskaya nab., 7/
9, Universitet, Glavnoe Upravlenie zashchity i
ispolzovaniya intellektualnoj sobstvennosti,
Matveevu A.A., Matveevoj T.I.**

(72) Inventor(s):

**Zhizhin Evgenij Vladimirovich (RU),
Reveguk Anastasiya Andreevna (RU),
Kolychev Aleksej Vasilevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij
gosudarstvennyj universitet" (SPbGU) (RU),
Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu
"TEOS" (OOO "TEOS") (RU)**

(54) **Охлаждаемый составной сопловой блок многокамерной двигательной установки**

(57) Abstract:

FIELD: rocket and space technology.

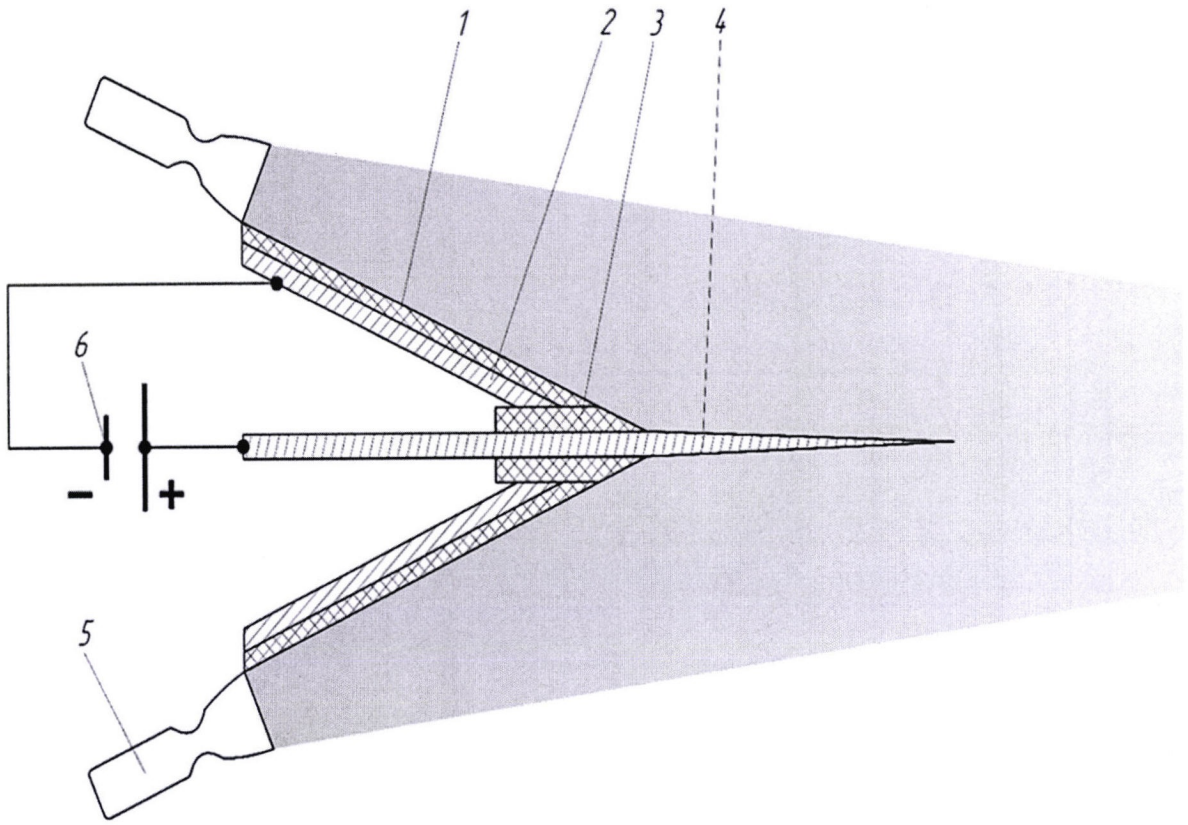
SUBSTANCE: invention relates to rocket and space technology, namely to the device of propulsion systems. A cooled composite nozzle block of a multi-chamber propulsion system, including shortened Laval nozzles with a shortened central body, the outer surface of the thermionic layer is coated with a material from the electrified group with an effective electron work function of 0.01-3.3 eV, characterized by high electrical and thermal conductivity during heating, while the central body with the thermionic layer is made in the form of a cathode, and an anode is installed near the edge of the central body at a distance of at least 0.1 mm from the

edge of the central body, electrically non-conductive elements are located between the cathode and the anode in contact with them, while the anode is connected through conductive elements with voltage source input, the voltage source output is connected to the central body, which, in turn, is in electrical contact with the thermionic layer.

EFFECT: invention provides increased reliability of the cooled composite nozzle block of a multi-chamber propulsion system due to thermionic cooling of the central body.

1 cl, 1 dwg

RU 2788489 C1



RU 2788489 C1

Изобретение относится к ракетно-космической технике, а именно к устройству двигательных установок.

В реализации двигателя с кольцевым соплом разработаны различные конструктивные схемы. Среди них следует отметить схему двигателя с тороидальной камерой сгорания и аэродинамическим штыревым центральным телом и многокамерного двигателя с камерами сгорания, расположенными по периметру штыревого центрального тела, для первых ступеней мощных космических носителей. Центральное тело - осесимметричное тело, которое частично помещается внутри реактивных сопел, а частично выступает наружу за их обрез и предназначено для формирования требуемой формы проточного канала и организации течения рабочего тела (продуктов сгорания). Этим обеспечивается увеличение эффективности двигательной установки за счет дополнительного ускорения выходящего потока рабочего тела [1].

Интерес к установке центрального тела в ракетных двигателях связан с возможным улучшением его характеристик и получением комплексного эффекта уменьшения массы и стоимости ракетно-космической техники. Это особенно актуально в коммерческой космонавтике. Однако, основной проблемой создания и эксплуатации центрального тела является его нагрев в полете. Форма его достаточно сложна для организации эффективного охлаждения жидкостью (компонентом топлива). Поэтому необходим поиск новых устройств его охлаждения, в том числе на ранее не применявшихся физических принципах.

Известен жидкостный ракетный двигатель [2], содержащий кольцевую камеру со смесительной головкой, тарельчатым соплом внешнего расширения, профилированным центральным телом и кольцевым критическим сечением, газогенератор, агрегаты управления и агрегаты питания, включающие турбонасосный агрегат с турбиной и насосами подачи компонентов топлива, расположенные в полости профилированного центрального тела

Известна двигательная установка, включающая [3] комбинированное сопло с центральным телом, состоящее из круглого центрального тела, выполненного в виде штыря, по периметру основания которого установлена торовая камера, а между обечайкой торовой камеры и круглым центральным телом организована узкая кольцевая щель, отличающееся тем, что торовая камера снабжена цилиндрическими камерами сгорания ракетного двигателя, установленными на глухом ее торце, при этом оси камер сгорания параллельны оси центрального тела сопла.

Недостатком известных устройств является низкая надежность из-за избыточного нагрева центрального тела истекающими продуктами сгорания и сложности организации охлаждения классическими методами охлаждения, например, методом прохождения жидкости в каналах охлаждения.

Наиболее близким к заявляемому изобретению является устройство, описанное в п. 2 патента на изобретение [4], включающее первичные укороченные сопла Лавалья с укороченным центральным телом в хвостовой части первой ступени ракеты-носителя и первичные укороченные сопла Лавалья многокамерной двигательной установки второй ступени ракеты-носителя.

Ближайший аналог работает следующим образом. В начальный момент начинают работать камеры сгорания и поток продуктов сгорания с высокой температурой выходит из сопел камер сгорания и движется вдоль центрального тела, нагревая его.

Недостатком ближайшего аналога является низкая надежность, связанная с высоким нагревом центрального тела, что подтверждается в работе [5]. Кроме того, это приводит к большим гидравлическим потерям энергии топлива (энергия от газогенератора идет

на продавливание охладителя в каналах охлаждения) и делает проблематичным создание полноразмерного центрального тела.

Заявленное изобретение свободно от этих недостатков.

5 Технический результат, достигаемый при реализации изобретения заключается в увеличении надежности составного соплового блока многокамерной двигательной установки за счет его термоэмиссионного охлаждения. Кроме того, наличие анода приводит к увеличению длины центрального тела и увеличению удельного импульса заявляемой двигательной установки.

10 Указанная техническая задача решается тем, что в охлаждаемом составном сопловом блоке многокамерной двигательной установки, включающей укороченные сопла Лавалья с укороченным центральным телом, внешняя поверхность термоэмиссионного слоя покрыта материалом из группы электридов с эффективной работой выхода электрона 0.01-3.3 эВ (эффективная работа выхода электронов - термин, обозначающий приведенную работу выхода материала, позволяющую не учитывать в расчетах коэффициент надбарьерного отражения [6]), характеризующегося высокой электропроводностью и теплопроводностью при нагреве, при этом центральное тело с термоэмиссионным слоем выполнено в виде катода, а вблизи края центрального тела на расстоянии не менее 0.1 мм от края центрального тела установлен анод, между катодом и анодом в контакте с ними расположены электронепроводящие элементы, 15 при этом анод соединен через проводящие элементы с входом источника напряжения, выход источника напряжения соединен с центральным телом, которое, в свою очередь, находится в электрическом контакте с термоэмиссионным слоем.

Технический результат, достигаемый при реализации изобретения заключается в увеличении надежности охлаждаемого составного соплового блока многокамерной 25 двигательной установки за счет термоэмиссионного охлаждения центрального тела.

Сущность изобретения поясняется на Фиг.

Охлаждаемый составной сопловой блок многокамерной двигательной установки включает в своем составе термоэмиссионный слой 1, центральное тело 2, электроизолирующие элементы 3, анод 4, камеру сгорания с соплом 5 и источник 30 напряжения 6.

Термоэмиссионный слой 1 предназначен для эмиссии электронов при нагреве, центральное тело 2 - предназначено для функционирования ДУ с центральным телом, электроизолирующие элементы 3 - для предотвращения замыкания катода и анода, анод 4 - для восприятия электронов термоэмиссии, вышедших из термоэмиссионного 35 слоя, камера сгорания с соплом, камеры сгорания с соплом 5 - для создания тяги, источник напряжения 6 - для переноса электронов от анода к катоду.

Заявляемое изобретение работает следующим образом.

При работе камер сгорания с соплом 5 продукты сгорания выходят из сопла и двигаются вдоль центрального тела 2. При этом происходит нагрев центрального тела 40 2 и термоэмиссионного слоя 1, представляющих собой катод. С термоэмиссионного слоя 1 происходит термоэлектронная эмиссия с термоэмиссионным охлаждением. Термоэмиссионный слой 1 и центральное тело 2 при этом охлаждаются. Далее электроны через поток продуктов сгорания от камер сгорания с соплом 5 попадают на анод 4, где «остывают», релаксируя при взаимодействии с кристаллической решеткой анода. 45 Через источник напряжения 6 и центральное тело 2 «остывшие» электроны термоэмиссии возвращаются в термоэмиссионный слой 1 и цикл термоэмиссионного охлаждения повторяется заново. Электроизолирующие элементы 3 выполнены из непроводящего материала, например, окиси алюминия (Al_2O_3). Конкретные примеры реализации

приведены ниже:

Пример 1.

В охлаждаемом составном сопловом блоке многокамерной двигательной установки в качестве термоэмиссионного слоя 1 выступает интеркалированный цезием графен с эффективной работой выхода порядка 1 эВ [7], центральное тело 2 выполнено из жарочного сплава Inconel 718, электроизолирующие элементы - из керамики на основе Al_2O_3 , анод 4 - из Inconel 718, камера сгорания и сопло выполнены из медного сплава БрХЦрТВ.

При работе камер сгорания с соплом 5 продукты сгорания выходят из сопла и двигаются вдоль центрального тела 2, нагревая его. Известно, что тепловые потоки нагрева центрального тела могут достигать величины порядка 1 МВт/м^2 [5]. В отсутствие термоэмиссионного охлаждения центральное тело при указанном тепловом потоке нагрева приобретает температуру около 1900°C . Термоэмиссионный слой по мере нагрева при прикладываемом анодном напряжении до 300 В начинает испускать термоэлектроны. Происходит термоэлектронная эмиссия, сопровождаемая термоэмиссионным охлаждением центрального тела. При работе выхода 1 эВ и плотности тока 100 А/см^2 падение температуры составит до 400°C , т.е. температура центрального тела понизится до 1500°C . Известно, что уменьшение температуры материала приводит к улучшению его прочностных свойств и поэтому к повышению надежности [8].

Такое снижение температуры с центрального тела с термоэмиссионным охлаждением обеспечит многократное применение центрального тела.

Далее электроны через поток продуктов сгорания от камер сгорания с соплом 5 попадают на анод 4 и через источник напряжения 6 и центральное тело 2 термоэлектроны возвращаются в термоэмиссионный слой 1 и цикл термоэмиссионного охлаждения повторяется заново.

Пример 2.

Охлаждаемый составной сопловой блок многокамерной двигательной установки, отличающийся от примера 1 тем, что термоэмиссионный слой 1 выполнен из допированного цезием графена с эффективной работой выхода порядка 2.05 эВ [9].

При работе камер сгорания с соплом 5 продукты сгорания выходят из сопла и двигаются вдоль центрального тела 2, нагревая термоэмиссионный слой 1. Известно, что тепловые потоки нагрева центрального тела могут достигать величины порядка 1 МВт/м^2 [5]. В отсутствие термоэмиссионного охлаждения центральное тело при указанном тепловом потоке нагрева приобретает температуру около 1900°C . Термоэмиссионный слой по мере нагрева при прикладываемом анодном напряжении до 300 В начинает испускать термоэлектроны. Происходит термоэлектронная эмиссия, сопровождаемая термоэмиссионным охлаждением центрального тела. При работе выхода 2.05 эВ и плотности тока 100 А/см^2 величина падения температуры составит до 600°C , т.е. температура центрального тела понизится до 1300°C . Известно, что уменьшение температуры материала приводит к улучшению его прочностных свойств и поэтому к повышению надежности [8].

Далее электроны через поток продуктов сгорания от камер сгорания с соплом 5 попадают на анод 4 и через источник напряжения 6 и центральное тело 2 термоэлектроны возвращаются в термоэмиссионный слой 1 и цикл термоэмиссионного охлаждения повторяется заново.

Таким образом, решается указанная техническая задача и достигается технический

результат, который заключается в увеличении надежности охлаждаемого составного соплового блока многокамерной двигательной установки за счет термоэмиссионного охлаждения центрального тела.

Заявляемое изобретение можно применять при охлаждении центральных тел двигательных установок любой формы, в том числе плоской и осесимметричной.

Список источников информации

1. Н.Д. Коваленко, Г.А. Стрельников, А.Е. Золотко - Газодинамические аспекты и разработки сопел двигателей ступеней ракет с высокой плотностью компоновки // Техническая механика. - 2011. - №2. - С. 36-53.

2. Патент RU 2391538 C1 МПК: F02K 9/64 «Жидкостный ракетный двигатель».

3. Патент на полезную модель RU 104248 U1 МПК: F02K 1/00 «Комбинированное сопло с центральным».

4. Патент RU 2511800 C1 МПК: F02K 9/97 «Способ создания аэродинамического сопла многокамерной двигательной установки и составной сопловой блок для осуществления способа» (прототип формулы).

5. В.В. Климов - Экспериментальное исследование конвективного теплообмена на центральном теле линейного сопла внешнего расширения // Труды МАИ. - 2003. - №14. - С. 1-16.

6. Я.Р. Кучеров, А.В. Пустогаров, А.П. Халбошин - Исследование работы выхода и структуры вольфрамовых катодов // Теплофизика высоких температур. - 1980. - том 18. - №3. - С. 620-624.

7. A.S. Mustafaev, et al., Journal of Applied Physics, 124(12), 123304, (2018).

8. Г.В. Пачурин - Влияние температуры на механические свойства листовых конструкционных сталей // Фундаментальные исследования. - 2014. - №. 1.

9. M. Legesse, et al., Applied Surface Science, 394, 98-107, (2017).

(57) Формула изобретения

Охлаждаемый составной сопловой блок многокамерной двигательной установки, включающий укороченные сопла Лаваля с укороченным центральным телом, отличающийся тем, что внешняя поверхность термоэмиссионного слоя покрыта материалом из группы электридов, с эффективной работой выхода электрона 0,01-3,3 эВ, при этом центральное тело с термоэмиссионным слоем выполнено в виде катода, а вблизи края центрального тела, на расстоянии не менее 0,1 мм от края центрального тела установлен анод, между катодом и анодом в контакте с ними расположены электронепроводящие элементы, при этом анод соединен через проводящие элементы с входом источника напряжения, выход источника напряжения через проводящие элементы соединен с центральным телом, которое имеет электрический контакт с термоэмиссионным слоем.

