



(51) МПК
C01B 31/02 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)
B82Y 40/00 (2011.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011148073/05, 16.11.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 16.11.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.11.2011

(45) Опубликовано: 10.08.2013 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2419585 C2, 27.07.2009. RU 2393988 C1, 10.07.2010. RU 2382119 C1, 20.02.2010. RU 2414418 C2, 20.03.2011. RU 2425795 C2, 10.08.2011. RU 97115694 A, 10.07.1997. RU 2005141129 A, 10.06.2006. RU 2396369 C2, 10.08.2010. US 2009/0246116 A1, 01.10.2009.

Адрес для переписки:

420124, Республика Татарстан, г.Казань, ул.
 Четаева, 66, кв.28, И.Я. Хасаншину

(72) Автор(ы):

Хасаншин Ильшат Ядыкарович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

**Общество с ограниченной
 ответственностью "Центр перспективных
 углеродных материалов" (RU)**

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

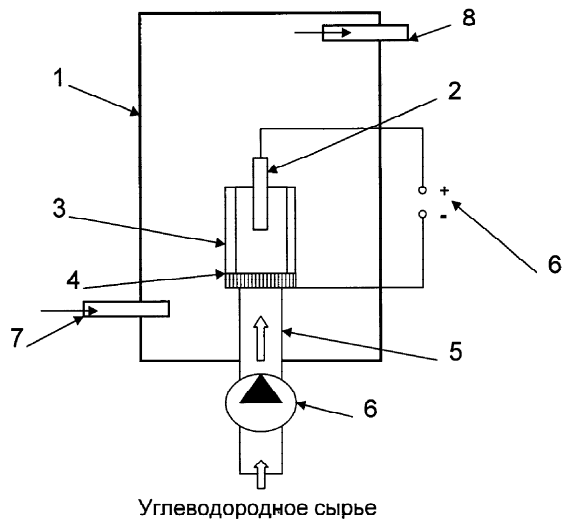
(57) Реферат:

Изобретение относится к области нанотехнологий и может быть использовано для получения нанотрубок и фуллеренов. Углеродсодержащий материал испаряют в объемной термической плазме и конденсируют на внешней поверхности анода 2 и внутренней поверхности катода 3. Используют плазму тлеющего разряда, установленного подачей электрического напряжения, достаточного для пробоя межэлектродного промежутка между соосными полым катодом 3, имеющим форму стакана с проницаемым дном 4, и анодом 2, расположенным с возможностью перемещения по оси. Углеродсодержащий материал подают

через проницаемое дно 4 катода 3 и выбирают из группы, состоящей из метана, пропана, бутана для газообразного углеродсодержащего материала или из группы, состоящей из нефти, мазута, бензола, газойля для жидкого углеродсодержащего материала. Дно 4 выполнено в виде решетки или мембраны. Изобретение позволяет снизить энергоемкость процесса, расширить виды используемого углеводородного сырья, упростить конструкцию устройства и обеспечивает экологичность процесса и его высокую производительность. 2 н. и 2 з.п. ф-лы, 1 ил., 2 пр.

RU 2 4 8 9 3 5 0 C 2

RU 2 4 8 9 3 5 0 C 2



Углеводородное сырье

Фиг. 1

RU 2489350 C2

RU 2489350 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C01B 31/02 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)
B82Y 40/00 (2011.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2011148073/05, 16.11.2011

(24) Effective date for property rights:
16.11.2011

Priority:

(22) Date of filing: 16.11.2011

(45) Date of publication: 10.08.2013 Bull. 22

Mail address:

420124, Respublika Tatarstan, g.Kazan', ul.
Chetaeva, 66, kv.28, I.Ja. Khasanshinu

(72) Inventor(s):

Khasanshin Il'shat Jadykarovich (RU)

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvenost'ju
"Tsentр perspektivnykh uglerodnykh materialov"
(RU)**

(54) METHOD OF PRODUCING CARBON NANOMATERIALS AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION

(57) Abstract:

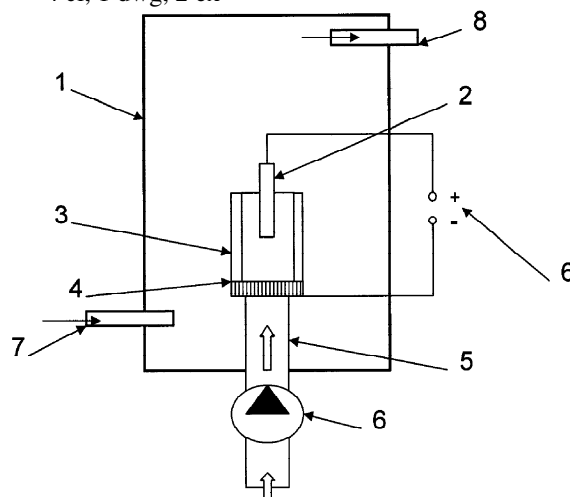
FIELD: nanotechnology.

SUBSTANCE: invention relates to the field of nanotechnology, and can be used to produce nanotubes and fullerenes. The carbonaceous material is evaporated in the volumetric thermal plasma, and condensed on the outer surface of the anode 2 and the inner surface of the cathode 3. A glow-discharge plasma is used, which is set by electrical voltage supply sufficient to break the inter-electrode gap between the coaxial hollow cathode 3 having a shape of a cup with a permeable bottom 4, and the anode 2 located with the ability to move axially. The carbonaceous material is fed through the permeable bottom 4 of the cathode 3 and is selected from the group consisting of methane, propane, butane for gaseous carbonaceous material or from the group consisting of crude oil, oil fuel, benzene, gas oil for liquid carbonaceous material. The bottom 4 is made in the form of a grid or a membrane.

EFFECT: invention enables to reduce the power consumption of the process, to broaden the types of

the used hydrocarbon crude, to simplify the design of the device and to provide the ecological compatibility of the process and its high performance.

4 cl, 1 dwg, 2 ex



Углеводородное сырье

Фиг. 1

Изобретение относится к области нанотехнологий и может быть использовано для получения наноуглеродных материалов, в том числе нанотрубок и фуллеренов.

Известен способ получения фуллеренов (заявка на изобретение RU №2005141129 «Способ получения фуллеренов», МПК C01B 31/02, опубл. 10.06.2006), в котором
5 углеводородсодержащий газ и кислородсодержащий газ выпускают из выпускной секции, размещенной в фуллереновом реакторе, в фуллереновый реактор и сжигают.

Недостатками известного способа является невысокая доля конверсии углеводородного сырья в фуллерены, высокое содержание кислорода в фуллереновой
10 продукции, а также неэкологичность процесса, обусловленная большим количеством отходов и выбросами продуктов сгорания в атмосферу.

Известен способ (заявка на изобретение RU 97115694 «Способ и устройство для получения фуллеренов», МПК C01B 31/02, опубл. 10.07.1999), в котором фуллерены
15 получают путем воздействия на углеводород электрической дугой, причем в качестве углеродсодержащего материала используют жидкий углеводород.

Недостатками такого способа является высокая энергоемкость процесса, связанная с использованием электрической дуги, а также низкая технологичность процесса, обусловленная, тем, что жидкий углеводород заполняет корпус выше уровня
20 электродов, что затрудняет введение углеводорода в разрядную камеру и сбор готового продукта.

Известен способ получения углеродных нанотрубок (патент RU 2414418 «Способ получения водорода и углеродных нанотрубок из углеводородного газа», МПК C01B 3/26, C01B 31/02, B82B 3/00, опубл. 20.03.2011), в котором предварительно в среде
25 инертного газа осуществляют распыление катализатора до наноразмерных частиц путем испарения анодного графитового электрода, внутри которого устанавливают проволоку из металла, который используют в качестве катализатора, диаметром 0,5 мм и менее. Затем инертный газ откачивают, зажигают электрическую дугу
30 переменного тока методом касания электродов с последующим увеличением межэлектродного расстояния до 0,3÷0,5 мм и в плазме электрического разряда осуществляют высокотемпературный пиролиз углеводородного газа при давлении в реакторе 0,5÷2 атм с получением водорода и углеродных наноструктур. Рост углеродных наноструктур, представляющих собой преимущественно одно- и
35 многослойные нанотрубки без примесей других углеродных структур углерода, происходит на синтезированных частицах катализатора. В качестве инертного газа используют гелий. В качестве углеводородного газа используют метан, попутный нефтяной газ, ацетилен, пропан, бутан, природный газ. В качестве катализатора используют палладий, железо, никель, кобальт.
40

Недостатком такого способа является высокая энергоемкость, связанная с использованием электрической дуги.

Наиболее близким к заявляемому является способ представленный в патенте RU 2419585 «Способ и реактор для производства углеродных нанотрубок», МПК C01B 31/02, B82B 3/00, H05H 1/50, опубл. 27.05.2011. По данному способу, проводят
45 испарение/разложение углеродсодержащего материала в объемной термической плазме, генерированной за счет вращения электрической дуги при использовании приложенного снаружи магнитного поля, и конденсирование упомянутого
50 испаренного/разложенного углеродсодержащего материала на поверхностях или на частицах в газовом потоке. Является предпочтительным, чтобы упомянутый углеродсодержащий материал можно было рециркулировать через объемную плазму. Поверхности могут представлять собой, например, электрод или подложку. В

дополнительном варианте воплощения размещение и вращение дуги достигается путем регулировки распределения, направления и напряженности приложенного магнитного поля. Этот вариант воплощения избегает решения, при котором магниты установлены внутри горячего реактора, что требует охлаждения магнитов из-за 5 высокой температуры в реакторе и, особенно, в поле плазмы. Магниты, расположенные снаружи, защищены от тепла плазмы. Также, механическое вращение одного или обоих электродов, как описано в вышеупомянутых публикациях по дуговому способу, не обеспечивает вращения электрической дуги.

10 Углеродсодержащий материал может представлять собой газ, жидкость или твердое тело и может быть выбран из группы, состоящей из углеродной сажи, графитового порошка, каменного угля, природного газа, углеводородов и нефтепродуктов. Наличие углеродсодержащего материала можно, в качестве альтернативы, 15 обеспечивать путем добавления или испарения углеродсодержащих электродов.

15 Наряду с упомянутым углеродсодержащим материалом можно добавлять катализатор либо с вводимым плазменным газом, либо путем нанесения на упомянутые поверхности. Катализатор можно выбрать из группы, состоящей из Ni, Co, Fe, Y, солей и органометаллических соединений Ni, Co, Fe, Y, суспензий Ni, Co, Fe, 20 Y и упомянутых солей, упомянутых соединений и их комбинаций. В качестве плазменного газа можно использовать водород, гелий, азот, аргон, монооксид углерода или их смеси, или химическое вещество (предпочтительно, газ), с помощью которых можно получить один или несколько из этих газов путем нагрева.

Известный способ обладает следующими недостатками:

- 25 - высокая энергоемкость процесса, связанная с необходимостью применения электрической дуги;
- сложность процесса, обусловленная применением вращающейся электрической дуги;
- 30 - высокие затраты на поведение способа, обусловленные необходимостью использования дорогостоящих катализаторов (кобальт, никель и т.д.);
- ограничение в сырье, преимущественное использование газа в качестве углеводорода.

35 Известно устройство (заявка на изобретение RU №97115694 «Способ и устройство для получения фуллеренов», МПК C01B 31/02, опубл. 10.07.1999), содержащее корпус, в котором размещены разнополярные графитовые электроды, разделенные изоляцией, при этом изоляционный элемент выполнен в виде горизонтально расположенной 40 пластины со сквозными отверстиями, в каждом из которых свободно размещен подвижный электрод, а разнополярные графитовые электроды укреплены с нижней стороны изоляционной пластины, перекрывая часть каждого отверстия и препятствуя выпаданию подвижных электродов, причем корпус заполнен жидким углеводородом выше уровня электродов.

45 Недостатком такого устройства является то, что его конструкция затрудняет сбор фуллереновой сажи, что вызвано тем, что электроды покрыты жидким углеводородным сырьем.

50 Известно устройство (патент RU №2425795 «Установка для получения водорода и углеродных наноматериалов и структур из углеводородного газа, включая попутный нефтяной газ», МПК C01B 3/26, C01B 31/00, B82B 3/00, опубл. 10.08.2011), в котором установка для получения углеродного материала и водорода, состоит из плазмодугового реактора, включающего вакуумную камеру с соосно расположенными графитовыми электродами, один из которых выполнен подвижным,

систему вакуумной откачки, систему электропитания с источником переменного тока, систему водяного охлаждения, систему подачи и сброса газа, измерительные системы для контроля давления и электрических параметров разряда, при этом установка дополнительно содержит палладиевый фильтр, насос-компрессор и резервуар для сбора водорода, вакуумная камера плазмодугового реактора дополнительно содержит кремниевую пластину в форме кольцевой шайбы, на которую нанесены частицы катализатора, причем пластина установлена на слаборасходуемом электроде, имеющем форму таблетки, диаметр которой больше диаметра другого электрода.

Для получения водорода и углеродных нанотрубок на этой установке вакуумную камеру реактора заполняют углеводородным газом, выбираемым из ряда: метан, попутный нефтяной газ, ацетилен, пропан, бутан, природный газ, зажигают электрическую дугу переменного тока методом касания электродов и при давлении 0,5-2 атм осуществляют высокотемпературный пиролиз. Углеводородный газ в камеру реактора подают непрерывно. Рост углеродных наноструктур, представляющих преимущественно одно- и многослойные нанотрубки, без образования других углеродных структур, происходит непосредственно на пластине на каталитических частицах металла. Образующийся водород выводят через палладиевый фильтр и с помощью насоса-компрессора закачивают в резервуар.

Недостатком такого устройства является его конструктивная сложность, обусловленная необходимостью охлаждения электродов.

Известно также устройство, наиболее близкое к предлагаемому (патент RU №2419585 «Способ и реактор для производства углеродных нанотрубок», МПК C01B 31/02, B82B 3/00, H05H 1/50, опубл. 27.05.2011), в котором реактор для производства углеродных нанотрубок или других углеродных наноструктур, например, конусов, включает в себя электрод и полый противоэлектрод, причем электроды установлены аксиально напротив друг друга, и, по меньшей мере, один магнит. Противоэлектрод может представлять собой трубу или трубу, часть которой имеет коническую форму. Противоэлектрод снабжен отверстиями, обеспечивающими прохождение и рециркуляцию газов и частиц.

Испарительную камеру и подложку для выращивания с регулируемым охлаждением и изменяемым расстоянием до зоны дуги устанавливают в центральной части реактора. Также устанавливают несколько вспомогательных впускных отверстий для введения различных компонентов реакции. Реактору приданы такие размеры, которые допускают его эксплуатацию при пониженных давлениях, вплоть до 0,1 бар, но он также может функционировать при повышенных давлениях вплоть до 3 бар. Для регулирования вращательного движения дуги, а также местоположения дуги по вертикали в реакторе, применяются магнитные катушки. В одном из вариантов воплощения, существуют четыре независимых магнитных катушки, работающих на постоянном токе, расположенных вокруг реактора на различных уровнях сверху донизу, что придает гибкость контролю дуги с точки зрения вращения дуги и ее вертикального расположения относительно электродов. Ток дуги в данном варианте воплощения подают посредством источника питания постоянного тока, подключенного между двумя электродами, и дуга, горящая между этими электродами, вращается за счет приложенного снаружи магнитного поля, регулируемого магнитными катушками.

Недостатками известного устройства являются:

- сложность конструкции, связанная с необходимостью использования системы водяного охлаждения углеродных элементов и применением магнитных катушек;

- трудность применения жидких углеводородов в качестве сырья, так как впускные отверстия находятся в верхней части реактора, над электродами.

Задачей заявляемых изобретений является создание способа и устройства для его реализации, позволяющих достигать технические результаты, заключающиеся в
5 снижении энергоемкости процесса, расширении видов используемого сырья и упрощении конструкции.

Сущность изобретений заключается в следующем.

В способе получения углеродных наноматериалов, включающем в себя
10 испарение/разложение/диссоциацию в объемной термической плазме углеродсодержащего материала и конденсацию на поверхности анода и катода углеродных наноматериалов, в качестве объемной термической плазмы используют плазму тлеющего разряда. При этом тлеющий разряд устанавливают подачей
15 электрического напряжения, достаточного для пробоя межэлектродного промежутка в области, образованной анодом, расположенным в полости полого катода соосно с ним, и стенками полого катода. Анод расположен в полости полого катода с возможностью перемещения по оси в целях установления расстояния, необходимого для возникновения пробоя, а также для установления требуемого распределения
20 электрического потенциала, поля, плотности тока и зарядов в разрядного промежутке, а полый катод имеет форму стакана с проницаемым дном, обеспечивающим возможность подачи через него углеродсодержащего сырья. Используемое углеродсодержащее сырье может находиться в газообразном или жидком состоянии, в качестве углеводородного сырья могут служить газообразные (метан, пропан, бутан
25 и т.д.) и жидкие (нефть, мазут, газойль и т.д.) углеводороды. Поверхность, на которой накапливается получаемый углеродный наноматериал, представляет собой внешнюю поверхность анода и внутреннюю поверхность полости катода.

В устройстве для получения углеродных наноматериалов, включающем в себя
30 разрядную камеру, в которой размещены электрод и полый противоэлектрод, электроды расположены соосно, при этом полый противоэлектрод является катодом, имеющим форму стакана с проницаемым дном, а анод расположен внутри полости катода с возможностью перемещения вдоль их оси. При этом проницаемое дно катода выполнено либо в виде решетки при использовании жидкого углеводородного сырья,
35 либо в виде мембраны при использовании газообразного углеводородного сырья. А материал анода выполняют, например из меди или графита.

Заявляемые изобретения характеризуются следующими особенностями. В заявляемом способе в качестве плазменного источника применяется тлеющий разряд,
40 который относится к разрядам с холодным катодом, то есть процессы термоэлектронной эмиссии не играют значительной роли для поддержания разряда, в отличие от способа, реализуемого в прототипе. В способе по прототипу в качестве плазменного источника применен дуговой разряд, в котором одним из основных механизмов эмиссии электронов, обеспечивающего поддержание самостоятельного
45 разряда, играет термоэлектронная эмиссия, то есть отрыв электронов с катода, разогретого до высокой температуры. Также одной из особенностей электрической дуги является высокие значения силы тока, что требует применения мощных источников питания. Все эти факторы приводят к большим затратам энергии, значительная часть которой затрачивается не на целевое разложение молекул
50 углеводорода. Кроме того, при дуговом разряде происходит разогрев катода, который требует мероприятий по его охлаждению, что также приводит к дополнительным затратам энергии на прокачку охлаждающей жидкости и

усложнению конструкции устройства.

Тлеющий разряд имеет существенную термическую неравновесность: высокая электронная температура (порядка десятков тысяч кельвин) сочетается с низкой температурой ионного и нейтрального газа (400-800 К). В условиях тлеющего разряда энергия электрического поля от источника передается свободным электронам, а затем, в столкновениях с молекулами углеводородного сырья, эта энергия расходуется на ионизацию, диссоциацию и возбуждение. В этом заключается принципиальное отличие применения тлеющего разряда для разложения углеводородного сырья и последующего синтеза нанокремнистого материала от дугового разряда. Разрыв связей длинных углеводородных молекул и появление атомарного углерода и водорода происходит за счет «бомбардировки» электронами, а не за счет испарения/разложения в термической плазме, что существенно снижает энергоёмкость процесса.

В прототипе указывается, что применяется термическая плазма, которую в первую очередь используют в качестве источника тепла для испарения твердого углерода или диссоциации газообразных соединений углерода. Там же отмечается, что в термических плазмах электроны и ионы обладают одинаковой температурой - обычно 5000-50000 К.

Термическая неравновесность также влияет на повышение процентного содержания нанокремнистого материала, в первую очередь фуллеренов. Термодинамика синтеза молекулы фуллерена такова, что атомы углерода, полученные в ходе разложения углеводородов, требуют быстрого охлаждения. Для этой цели часто применяют буферный газ и специальные охлаждаемые поверхности. В случае тлеющего разряда сама плазменная область - «холодная».

Применение в заявляемом устройстве полого катода для создания по способу плазмы тлеющего разряда увеличивает концентрацию и среднюю энергию электронов за счет того, что электроны осциллируют в полости полого катода, многократно отражаясь от прикатодного барьера. За счет этого время жизни их внутри полости полого катода возрастает, что приводит к более эффективной ионизации и возбуждению молекул углеводородного газа. При увеличении энергии электронов сечение возбуждения энергетических уровней молекул углеводородов быстро растет, что значительно увеличивает вероятность распада молекул, в том числе, на атомы углерода и водорода, что приводит к повышению эффективности плазмохимических процессов.

В заявляемом изобретении подача углеводородного сырья производится через проницаемую нижнюю стенку полого катода, что позволяет решить целый комплекс проблем.

При прохождении через стенку катода происходит предварительный разогрев углеводородного сырья, что увеличивает эффективность плазмохимических процессов. Также подача углеводородного сырья через проницаемую нижнюю стенку полого катода позволяет решить проблему охлаждения материала катода, который в промышленных установках не так значительно, как в электродуговых процессах, но все же может разогреваться. Одно из главных преимуществ применения проницаемой стенки полого катода - это возможность применения не только газообразного, но и жидкого углеводорода, в зависимости от проницаемости стенки катода. При этом появляется новый механизм плазмохимических процессов в реакторе: разложение углеводородного сырья и синтез нанокремнистых материалов происходит не только в объеме плазмы, но и на поверхности катода. Поверхность катода при использовании

жидкого углеводородного сырья покрыта тонким слоем жидкости, в котором под воздействием электрического разряда происходят процессы испарения, разложения, диссоциации молекул. При этом часть молекул разлагается до атомарного водорода и углерода непосредственно в прикатодной области, а часть испаренного материала диссоциирует в объеме плазмы.

Кроме того, что в процессе реализации способа происходит получение фуллеренов и нанотрубок, также в реакторе образуется дополнительный ценный продукт - водород.

На фиг.1 представлено устройство для получения углеродных наноматериалов. Устройство содержит реактор 1, соосно расположенные анод 2 и катод 3. Катод 3 имеет форму стакана с проницаемым дном 4. Проницаемость обеспечивается размещением в дне 4 полого катода 3 либо решетки при применении жидкого углеводородного сырья, либо пористой мембраны для газообразного сырья. Анод 2 расположен внутри полости катода. Катод 3 закреплен неподвижно, анод 2 имеет возможность перемещения вдоль оси в целях установления расстояния, необходимого для возникновения пробоя, а также для установления требуемого распределения электрического потенциала, поля, плотности тока и зарядов в разрядного промежутке. Материалом анода 2 может быть медь или графит. Катод 3 выполнен из металла, например меди, решетка, размещаемая в дне 4 также из меди (для жидкого углеводородного сырья), а мембрана выполнена из меди, изготовленной методом порошковой металлургии (для газообразного сырья). Система подачи 5 углеводородного сырья расположена под катодом 3 и имеет контакт с нижней стенкой 5 катода 3. Система подачи 5 включает в себя насос 6 (газовый - для подачи газообразного, жидкостный - для подачи жидкого углеводородного сырья). Источник питания постоянного тока 6 соединен своим положительным полюсом с анодом 2, а отрицательным с катодом 3. Подвод буферного газа (аргон или гелий) производится через трубопровод 7. Роль буферного газа заключается, в охлаждении фрагментов графита, а также в отводе энергии, которая выделяется при соединении фрагментов в фуллерены и нанотрубки. Газообразные продукты реакции отводятся через трубопровод 8.

Для осуществления способа получения углеродных наноматериалов из углеводородного сырья в реакторе 1 создают вакуум, затем подают буферный газ через трубопровод 7. Далее подают углеводородное сырье через проницаемую стенку 4 при помощи насоса 6 системы подачи газа 5. Подают электрическое напряжение от источника питания 6 на анод 2 и катод 3, достаточное для пробоя межэлектродного промежутка и установления тлеющего разряда. При взаимодействии плазмы тлеющего разряда с углеводородным сырьем происходит разрыв связей длинных углеводородных молекул и появляется атомарный углерод и водород. В электрическом разряде атомы углерода присоединяют электроны и как отрицательно заряженные частицы движутся к аноду 2 и накапливаются на нем в виде наноуглеродного материала, содержащего фуллереновые соединения и нанотрубки. В тлеющем разряде, созданным в промежутке между анодом 2, расположенным в полости полого катода 3 средняя энергия и концентрация электронов растет, что приводит к более эффективной ионизации и возбуждению молекул углеводородного сырья, а соответственно к более эффективному синтезу из него фуллеренов и нанотрубок.

При использовании жидкого углеводородного сырья появляется новый механизм плазмохимических процессов в реакторе: разложение углеводородного сырья и синтез

наноуглеродных материалов происходит не только в объеме плазмы, но и на поверхности катода. Поверхность катода при использовании жидкого углеводородного сырья покрыта тонким слоем жидкости, в котором под воздействием электрического разряда происходят процессы испарения, разложения, диссоциации молекул. При этом часть молекул разлагается до атомарного водорода и углерода непосредственно в прикатодной области, а часть испаренного материала диссоциирует в объеме плазмы.

В качестве углеводородного сырья могут служить газообразные (метан, пропан, бутан и т.д.) и жидкие (нефть, мазут, бензол, газойль и т.д.) углеводороды.

Образующийся в процессе водород и другие газообразные продукты реакции отводятся через трубопровод 8.

Пример 1.

Реализовано устройство для получения водорода и углеродного наноматериала, в котором происходило плазмохимическое разложение пропан-бутановой смеси в условиях тлеющего разряда с полым катодом. Анод - графитовый, диаметром 5 мм. Размеры катода из меди составляли - диаметр 60 мм, высота 100 мм, пористость проницаемой стенки катода, выполненного из меди и изготовленного методом порошковой металлургии, 0,25. Расстояние между анодом и катодом по оси - 10 мм. Давление в камере составляло 30 торр, напряжение - 4 кВ, сила тока - 150 мА. Производительность углеродного наноматериала, фуллеренов широкого спектра (C60, C70, C84, C96 и т.д.) и многослойных нанотрубок составило 100 грамм в час.

Пример 2.

Реализовано устройство для получения водорода и углеродного наноматериала, в котором происходило разложение мазута. Размеры катода из меди составляли - диаметр 60 мм, высота 100 мм, проницаемая стенка выполнена в виде Решетки из меди с диаметром отверстий 0,3 мм. Анод - графитовый, диаметром 5 мм. Расстояние между анодом и катодом по оси - 6 мм. Давление в камере составляло 40 торр, напряжение - 5 кВ, сила тока - 150 мА. Производительность углеродного наноматериала, фуллеренов широкого спектра (C60, C70, C84, C96 и т.д.) и многослойных нанотрубок составило 100 грамм в час.

Заявляемые способ и устройство позволяют снизить энергоемкость процесса, расширить виды используемого углеводородного сырья и упростить конструкцию устройства, а также обеспечивают экологичность процесса с использованием недорогого углеводородного сырья, его высокую производительность (высокий выход конечного углеродного наноматериала к исходному сырью).

Формула изобретения

1. Способ получения углеродных наноматериалов, включающий в себя испарение/разложение/диссоциацию в объемной термической плазме углеродсодержащего материала и его конденсацию на поверхности, отличающийся тем, что в качестве объемной термической плазмы используют плазму тлеющего разряда, установленного подачей электрического напряжения, достаточного для пробоя межэлектродного промежутка между соосными полым катодом, имеющим форму стакана с проницаемым дном, и анодом, расположенным в полости катода с возможностью перемещения по оси, причем углеродсодержащий материал подают через проницаемое дно катода, а в качестве поверхности используют внешнюю поверхность анода и внутреннюю поверхность катода.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что углеродсодержащий материал находится

в газообразном или жидком состоянии.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, углеродсодержащий материал выбирают из группы, состоящей из метана, пропана, бутана для газообразного углеродсодержащего материала или из группы, состоящей из нефти, мазута, бензола, газойля для жидкого углеродсодержащего материала.

4. Устройство для получения углеродных наноматериалов, включающее в себя реактор, в котором размещены электрод и полый противоэлектрод, отличающееся тем, что электроды расположены соосно, при этом полый противоэлектрод является катодом, имеющим форму стакана с проницаемым дном, а анод расположен внутри полости катода с возможностью перемещения вдоль их оси, при этом проницаемое дно катода выполнено либо в виде решетки при использовании жидкого углеводородного материала, либо в виде мембраны при использовании газообразного углеводородного материала.