



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(21), (22) Заявка: **2008125347/22**, **20.06.2008**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**20.06.2008**

(45) Опубликовано: **27.11.2008**

Адрес для переписки:  
**392000, г.Тамбов, ул. Ленинградская, 1, А.Г.  
Ткачеву**

(72) Автор(ы):

**Ткачев Алексей Григорьевич (RU),  
Туголуков Евгений Николаевич (RU),  
Рухов Артем Викторович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**ООО "Нано ТехЦентр" (RU)**

**(54) РЕАКТОР ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА СИНТЕЗА  
УГЛЕРОДНЫХ СТРУКТУР**

Формула полезной модели

1. Реактор для исследования процесса получения волокнистых углеродных структур, содержащий соединенный с линиями подачи углеводородного и инертного газа и линией отвода газообразных продуктов пиролиза корпус, в котором установлены нагреватели, отличающийся тем, что нагреватели выполнены в виде установленных по ходу газового потока резистивного и индукционного нагревателей, между которыми установлена газораспределительная решетка, и в индукторе помещена подложка из диэлектрического материала с катализатором.

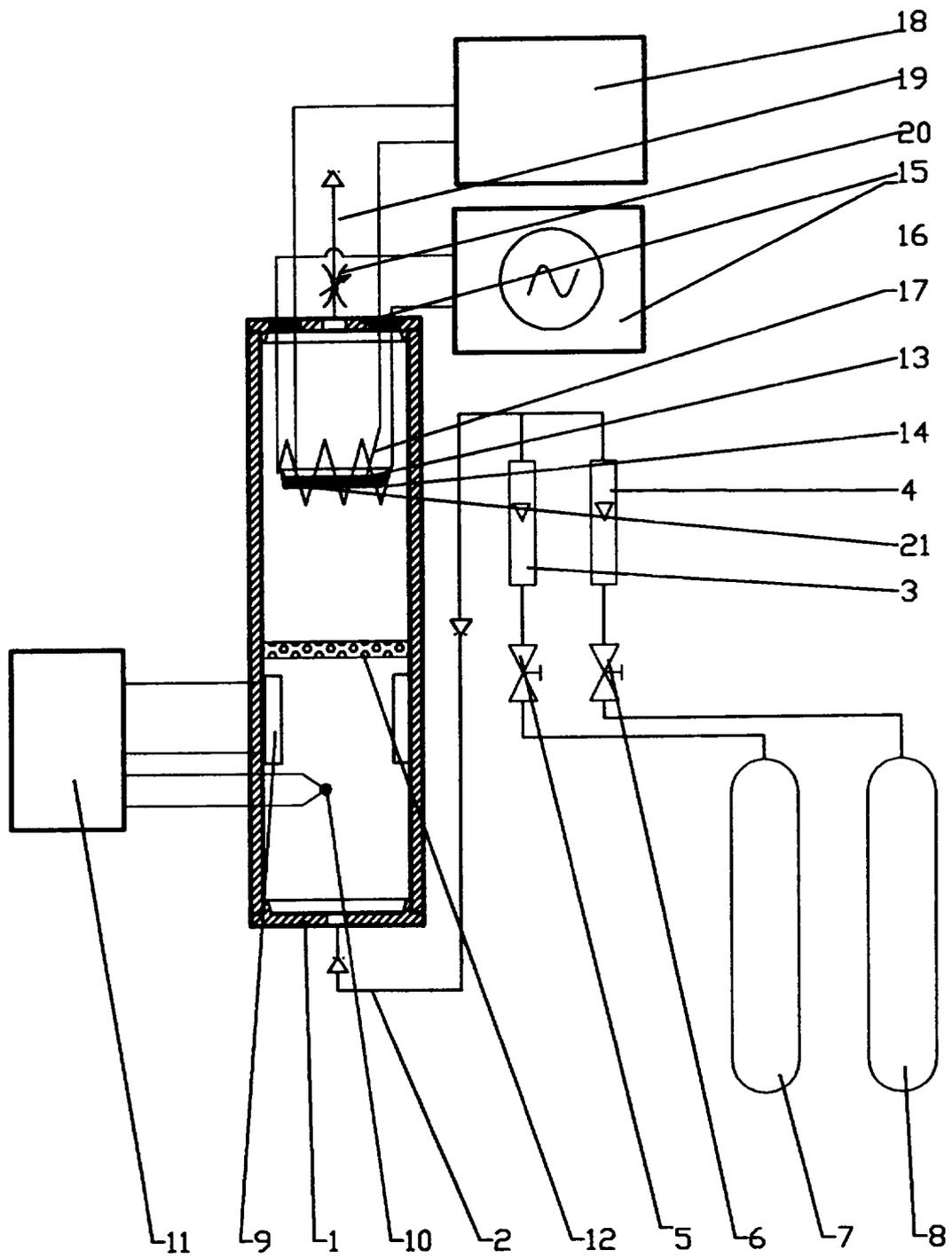
2. Реактор для изучения кинетических характеристик процесса синтеза углеродных структур по п.1, отличающийся тем, что резистивный нагреватель соединен с микропроцессорным регулятором, соединенным с термоэлектрическим преобразователем, установленным в корпусе, а индуктор соединен с высокочастотным генератором тока.

3. Реактор для изучения кинетических характеристик процесса синтеза углеродных структур по п.1, отличающийся тем, что линия отвода газообразных продуктов пиролиза соединена с дросселирующим устройством.

4. Реактор для изучения кинетических характеристик процесса синтеза углеродных структур по п.1, отличающийся тем, что трубопроводы подачи инертного газа и смеси исходных газов соединены с корпусом реактора через регуляторы и измерители расхода.

5. Реактор для изучения кинетических характеристик процесса синтеза углеродных структур по п.1, отличающийся тем, что подложка снабжена датчиками для измерения электропроводности, соединенными с преобразователем электрических сигналов.

RU 78489 U1



RU 78489 U1

Полезная модель относится к оборудованию для исследования процесса получения волокнистых углеродных материалов методом пиролиза ароматических и неароматических углеводородов и может быть использована для контроля и отработки процесса получения наноструктурированных углеродных материалов.

Технология получения волокнистых углеродных материалов заключается в проведении пиролиза углеводородных газов, либо углеродосодержащих материалов в присутствии катализаторов, преимущественно на основе дисперсного никеля, либо сплавов на его основе, а также других активных металлов с последующим охлаждением продуктов пиролиза.

В патенте США №5 165 909, МПК D01F 9/10, 1992 г. предпочтение отдано таким газам, как ацетилен (температура карбонизации 500°C) и метан (температура карбонизации ниже 1000°C). Согласно патенту пиролиз проводится в вертикальной печи, в верхней части которой расположены патрубок подачи углеводородного газа, ленточные

нагреватели и бункер с катализатором. В нижней части бункера с катализатором установлен питательный клапан, который подает в реакционную зону печи катализатор в виде порошкообразного никеля с добавлением алюминия. В нижней части расположен второй патрубок подачи углеводородного газа. Расстояние между питающим клапаном и вторым патрубком подачи углеводородного газа является реакционной зоной, ниже которой расположено основание печи, снабженное фильтром, являющимся сборником готового продукта перед его выгрузкой.

Однако в такой печи полученные продукты пиролиза подвергаются длительному нагреву циркулирующим горячим газом, содержащим смесь углеводородного газа, продуктов пиролиза и катализатора, что может привести к термическому разложению готового продукта. Другим недостатком известного устройства является невозможность контроля процесса синтеза. Это приводит к снижению эффективности пиролиза.

Указанные недостатки обусловлены конструктивными признаками известного технического решения.

Известен также реактор для исследования процесса получения волокнистых углеродных структур (патент РФ на полезную модель №67096, D01F 9/10, 2007 г.), содержащий соединенный с трубопроводом подачи углеводородного газа корпус, в котором установлены нагреватели, при этом корпус выполнен из оптически прозрачного материала и снабжен уплотнительным элементом, нагреватель выполнен в виде цилиндрической обечайки, в которой помещена кювета в виде колбы с кышкой, в которой установлен трубопровод подачи углеводородного газа, и между нагревателями и кюветой помещены датчики для измерения электропроводности. На противоположной уплотнительному элементу стенке реактора выполнены газоотводящие каналы. Нагреватель закреплен на керамическом фланце, снабженном каналом для пропуска трубопровода подачи углеводородного газа. Крышка кюветы снабжена газоотводящими каналами. Реактор снабжен оголовком со штуцерами подачи рабочих и вспомогательных газов. Датчики для измерения электропроводности соединены с преобразователем электрических сигналов.

Такое выполнение реактора не позволяет проводить непрерывное измерение изменения массы материала в процессе проведения каталитического пиролиза. Другим недостатком известного устройства является большая погрешность при определении количества тепла, подводимого к катализатору и газовой смеси при проведении процесса каталитического синтеза.

По совокупности общих признаков в качестве прототипа выбрано устройство по патенту РФ на полезную модель №67096.

Технический результат, обеспечиваемый полезной моделью, состоит в обеспечении возможности контроля кинетики процесса получения волокнистых углеродных материалов.

Указанный результат достигается тем, что в реакторе для исследования процесса получения волокнистых углеродных структур, содержащем соединенный с линиями подачи углеводородного и инертного газа и линией отвода газообразных продуктов пиролиза корпус, в котором установлены нагреватели, нагреватели выполнены в виде установленных

по ходу газового потока резистивного и индукционного нагревателей, между которыми установлена газораспределительная решетка и в индукторе помещена подложка из диэлектрического материала с катализатором.

Резистивный нагреватель соединен с микропроцессорным регулятором, соединенным с термоэлектрическим преобразователем, установленным в корпусе, а индуктор соединен с высокочастотным генератором тока.

Линия отвода газообразных продуктов пиролиза соединена с дросселирующим устройством.

Трубопроводы подачи инертного газа и смеси исходных газов соединены с корпусом реактора через регуляторы и измерители расхода.

Подложка снабжена датчиками для измерения электропроводности, соединенными с преобразователем электрических сигналов.

Между отличительными признаками и достигаемым техническим результатом существует следующая причинно-следственная связь.

Выполнение нагревателей в виде установленных по ходу газового потока резистивного и индукционного нагревателей, между которыми установлена газораспределительная решетка и в индукторе помещена подложка из диэлектрического материала с катализатором, обеспечивает возможность точного измерения количества подведенной к реакционному газу и к катализатору тепла. Исходный газ поступает в реактор с постоянной скоростью и нагревается до заданной температуры. Это позволяет достаточно точно определять количество тепла, расходуемого на

нагрев газа. Измерение количества тепла, расходуемого на нагрев катализатора, также может определяться с высокой точностью, так как известны температура и масса катализатора. За счет этого достигается обеспечение возможности контроля кинетики процесса получения волокнистых углеродных материалов.

Соединение резистивного нагревателя с микропроцессорным регулятором, соединенным с термоэлектрическим преобразователем, установленным в корпусе, и соединение индуктора с высокочастотным генератором тока обеспечивает возможность регулирования количества подводимого тепла к реакционному газу и катализатору с высокой точностью при проведения синтеза волокнистых углеродных материалов при однородном газовом составе. Погрешность измерения при проведении контроля процесса каталитического пиролиза. Это способствует повышению точности контроля кинетики процесса получения волокнистых углеродных материалов.

Соединение линии отвода газообразных продуктов пиролиза с дросселирующим устройством обеспечивает проведение процесса каталитического пиролиза при постоянном давлении. Одновременно исключается попадание в полость реактора

кислорода из атмосферы, тем самым, обеспечивая возможность контроля кинетики процесса получения волокнистых углеродных материалов.

Соединение трубопроводов подачи инертного газа и смеси исходных газов с корпусом реактора через регуляторы и измерители расхода обеспечивает

дозированную подачу газов в полость корпуса реактора, что необходимо для определения кинетических характеристик процесса пиролиза.

Снабжение подложки датчиками для измерения электропроводности, соединенными с преобразователем электрических сигналов обеспечивает возможность последующей обработки полученных сигналов датчиков в формат, удобный для передачи в персональный компьютер, для дальнейшей программной обработки, полученной информации. Это расширяет возможности контроля процесса получения

волокнистых углеродных материалов, позволяя оптимизировать процесс синтеза. По имеющимся у заявителя сведениям, совокупность существенных признаков заявляемой полезной модели не известна из уровня техники, что позволяет сделать вывод о соответствии заявляемого объекта критерию "новизна".

Совокупность существенных признаков, характеризующих сущность полезной модели, может быть многократно использована в производстве различных модификаций реакторов для синтеза волокнистых углеродных материалов с получением технического результата, заключающегося в обеспечении контроля получения продуктов каталитического пиролиза, что позволяет сделать вывод о соответствии заявляемого объекта критерию "промышленная применимость".

Сущность заявляемой полезной модели поясняется примером конкретного выполнения, где на фиг.1 показан общий вид реактора в разрезе.

Реактор для изучения кинетических характеристик процесса синтеза углеродных структур состоит из корпуса 1, изготовленного из нержавеющей стали, который трубопроводом 2 соединен с выходом ротаметров 3 и 4, соединенных соответственно через регуляторы расхода 5 и 6 с баллоном с аргоном 7 и баллоном 8 с пропан-бутановой смесью по ГОСТ 20448-90. В корпусе 1 со стороны подсоединения трубопровода 2 установлен резистивный нагреватель 9 и термоэлектрический преобразователь 10 в виде термопары марки ТХА, соединенные с микропроцессорным регулятором 11. В средней части корпуса 1 закреплена газораспределительная решетка 12, за которой в полости корпуса 1 расположена подложка 13, изготовленная из слюды и помещенная в закрепленном в корпусе индукторе 14. Индуктор 14 посредством диэлектрических вставок 15 электрически соединен с генератором высокой частоты 16. Подложка 13 соединена также электродами 17 с измерителем электропроводности 18. На выходе корпус 1 соединен с линией отвода газообразных продуктов пиролиза 19 через дросселирующее устройство 20. На подложке 13 помещен слой катализатора 21.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

В подложку 13 из слюды помещается катализатор 21, представляющий собой пылевидный материал на основе никеля, после чего подложка 13 устанавливается в индукторе 14, и к подложке подсоединяются электроды 17 от измерителя электропроводности 18. В начале производится продувка корпуса 1 инертным газом - аргоном, для

чего открывается регулятор расход 5 и аргон через ротаметр 3 и трубопровод 2 поступает в корпус 1 и, проходя через газоразделительную решетку 12, омывает подложку 13 и выходит через дросселирующее устройство 20 и линию отвода

газообразных продуктов пиролиза 19. Одновременно включается система нагрева газа нагревателем 9 и нагрева катализатора индуктором 14.

После окончания продувки по трубопроводу 2 подается исходная смесь, для рабочего режима используется пропан-бутановая смесь ГОСТ 20448-90 поступающая из баллона 8 через регулятор расхода 6 и ротаметр 4. Исходная газовая смесь резистивным нагревателем 9 нагревается до температуры пиролиза (~430°C).

Регулирование температуры и ее контроль осуществляется микропроцессорным регулятором 11 с подключенной к нему термопарой 10 марки ТХА. Через

газораспределительную решетку 12 исходная смесь подается на катализатор, расположенный на подложке 13, помещенной в индуктор 14. На индуктор 14 подается переменное напряжение от генератора 15, которое нагревает слой катализатора 21.

При прохождении исходной смеси над слоем катализатора 21 происходит процесс каталитического пиролиза, который может контролироваться по измерению электрической проводимости подложки и слоя синтезированных углеродных структур.

Окончание процесса каталитического пиролиза осуществляется определением химического состава газообразных продуктов пиролиза состава в линии отвода газообразных продуктов пиролиза 19 после дросселирующего устройства 20 (по отсутствию газообразного водорода),

либо по показаниям измерителя электропроводности 18 (стабилизация величины электрической проводимости). После окончания процесса регулятор 6 закрывается, отключается нагрев и производится продувка корпуса 1 инертным газом из баллона 7 до охлаждения твердых продуктов пиролиза.

Предлагаемый реактор прост в аппаратурном исполнении и эксплуатации и обеспечивает возможность контроля кинетики процесса синтеза углеродных структур.

#### (57) Реферат

Полезная модель относится к оборудованию для исследования процесса получения углеродных наноматериалов методом пиролиза ароматических и неароматических углеводородов и может быть использована для контроля и отработки процесса получения наноструктурированных углеродных материалов. Реактор для исследования процесса получения волокнистых углеродных структур, содержит соединенный с линиями подачи углеводородного и инертного газа и линией отвода газообразных продуктов пиролиза корпус 1, в котором установлены нагреватели, выполненные в виде установленных по ходу газового потока резистивного 9 и индукционного 14 нагревателей, между которыми установлена газораспределительная решетка 12 и в индукторе помещена подложка 13 из диэлектрического материала с катализатором 21. Предлагаемый реактор прост в аппаратурном исполнении и эксплуатации и обеспечивает возможность контроля кинетики процесса синтеза углеродных структур.

## Реферат

**РЕАКТОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ  
ВОЛОКНИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ СТРУКТУР**

Полезная модель относится к оборудованию для исследования процесса получения углеродных наноматериалов методом пиролиза ароматических и неароматических углеводородов и может быть использована для контроля и отработки процесса получения наноструктурированных углеродных материалов. Реактор для исследования процесса получения волокнистых углеродных структур, содержит соединенный с линиями подачи углеводородного и инертного газа и линией отвода газообразных продуктов пиролиза корпус 1, в котором установлены нагреватели, выполненные в виде установленных по ходу газового потока резистивного 9 и индукционного 14 нагревателей, между которыми установлена газораспределительная решетка 12 и в индукторе помещена подложка 13 из диэлектрического материала с катализатором 21. Предлагаемый реактор прост в аппаратурном исполнении и эксплуатации и обеспечивает возможность контроля кинетики процесса синтеза углеродных структур.



нагреватели и бункер с катализатором. В нижней части бункера с катализатором установлен питательный клапан, который подает в реакционную зону печи катализатор в виде порошкообразного никеля с добавлением алюминия. В нижней части расположен второй патрубок подачи углеводородного газа. Расстояние между питающим клапаном и вторым патрубком подачи углеводородного газа является реакционной зоной, ниже которой расположено основание печи, снабженное фильтром, являющимся сборником готового продукта перед его выгрузкой.

Однако в такой печи полученные продукты пиролиза подвергаются длительному нагреву циркулирующим горячим газом, содержащим смесь углеводородного газа, продуктов пиролиза и катализатора, что может привести к термическому разложению готового продукта. Другим недостатком известного устройства является невозможность контроля процесса синтеза. Это приводит к снижению эффективности пиролиза.

Указанные недостатки обусловлены конструктивными признаками известного технического решения.

Известен также реактор для исследования процесса получения волокнистых углеродных структур (патент РФ на полезную модель № 67 096, D01F 9/10, 2007г.), содержащий соединенный с трубопроводом подачи углеводородного газа корпус, в котором установлены нагреватели, при этом корпус выполнен из оптически прозрачного материала и снабжен уплотнительным элементом, нагреватель выполнен в виде цилиндрической обечайки, в которой помещена кювета в виде колбы с крышкой, в которой установлен трубопровод подачи углеводородного газа, и между

нагревателями и кюветой помещены датчики для измерения электропроводности. На противоположной уплотнительному элементу стенке реактора выполнены газоотводящие каналы. Нагреватель закреплен на керамическом фланце, снабженном каналом для пропуска трубопровода подачи углеводородного газа. Крышка кюветы снабжена газоотводящими каналами. Реактор снабжен оголовком со штуцерами подачи рабочих и вспомогательных газов. Датчики для измерения электропроводности соединены с преобразователем электрических сигналов.

Такое выполнение реактора не позволяет проводить непрерывное измерение изменения массы материала в процессе проведения каталитического пиролиза. Другим недостатком известного устройства является большая погрешность при определении количества тепла, подводимого к катализатору и газовой смеси при проведении процесса каталитического синтеза.

По совокупности общих признаков в качестве прототипа выбрано устройство по патенту РФ на полезную модель № 67 096.

Технический результат, обеспечиваемый полезной моделью, состоит в обеспечении возможности контроля кинетики процесса получения волокнистых углеродных материалов.

Указанный результат достигается тем, что в реакторе для исследования процесса получения волокнистых углеродных структур, содержащем соединенный с линиями подачи углеводородного и инертного газа и линией отвода газообразных продуктов пиролиза корпус, в котором установлены нагреватели, нагреватели выполнены в виде установленных

по ходу газового потока резистивного и индукционного нагревателей, между которыми установлена газораспределительная решетка и в индукторе помещена подложка из диэлектрического материала с катализатором.

Резистивный нагреватель соединен с микропроцессорным регулятором, соединенным с термоэлектрическим преобразователем, установленным в корпусе, а индуктор соединен с высокочастотным генератором тока.

Линия отвода газообразных продуктов пиролиза соединена с дросселирующим устройством.

Трубопроводы подачи инертного газа и смеси исходных газов соединены с корпусом реактора через регуляторы и измерители расхода.

Подложка снабжена датчиками для измерения электропроводности, соединенными с преобразователем электрических сигналов

Между отличительными признаками и достигаемым техническим результатом существует следующая причинно - следственная связь.

Выполнение нагревателей в виде установленных по ходу газового потока резистивного и индукционного нагревателей, между которыми установлена газораспределительная решетка и в индукторе помещена подложка из диэлектрического материала с катализатором, обеспечивает возможность точного измерения количества подведенной к реакционному газу и к катализатору тепла. Исходный газ поступает в реактор с постоянной скоростью и нагревается до заданной температуры. Это позволяет достаточно точно определять количество тепла, расходуемого на

нагрев газа. Измерение количества тепла, расходуемого на нагрев катализатора, также может определяться с высокой точностью, так как известны температура и масса катализатора. За счет этого достигается обеспечение возможности контроля кинетики процесса получения волокнистых углеродных материалов.

Соединение резистивного нагревателя с микропроцессорным регулятором, соединенным с термоэлектрическим преобразователем, установленным в корпусе, и соединение индуктора с высокочастотным генератором тока обеспечивает возможность регулирования количества подводимого тепла к реакционному газу и катализатору с высокой точностью при проведении синтеза волокнистых углеродных материалов при однородном газовом составе. Погрешность измерения при проведении контроля процесса каталитического пиролиза. Это способствует повышению точности контроля кинетики процесса получения волокнистых углеродных материалов.

Соединение линии отвода газообразных продуктов пиролиза с дросселирующим устройством обеспечивает проведение процесса каталитического пиролиза при постоянном давлении. Одновременно исключается попадание в полость реактора кислорода из атмосферы, тем самым, обеспечивая возможность контроля кинетики процесса получения волокнистых углеродных материалов.

Соединение трубопроводов подачи инертного газа и смеси исходных газов с корпусом реактора через регуляторы и измерители расхода обеспечивает дозированную подачу газов в полость корпуса

реактора, что необходимо для определения кинетических характеристик процесса пиролиза.

Снабжение подложки датчиками для измерения электропроводности, соединенными с преобразователем электрических сигналов обеспечивает возможность последующей обработки полученных сигналов датчиков в формат, удобный для передачи в персональный компьютер, для дальнейшей программной обработки, полученной информации. Это расширяет возможности контроля процесса получения волокнистых углеродных материалов, позволяя оптимизировать процесс синтеза.

По имеющимся у заявителя сведениям, совокупность существенных признаков заявляемой полезной модели не известна из уровня техники, что позволяет сделать вывод о соответствии заявляемого объекта критерию “новизна”.

Совокупность существенных признаков, характеризующих сущность полезной модели, может быть многократно использована в производстве различных модификаций реакторов для синтеза волокнистых углеродных материалов с получением технического результата, заключающегося в обеспечении контроля получения продуктов каталитического пиролиза, что позволяет сделать вывод о соответствии заявляемого объекта критерию “промышленная применимость”.

Сущность заявляемой полезной модели поясняется примером конкретного выполнения, где на фиг. 1 показан общий вид реактора в разрезе.

Реактор для изучения кинетических характеристик процесса синтеза углеродных структур состоит из корпуса 1, изготовленного из нержавеющей стали, который трубопроводом 2 соединен с выходом ротаметров 3 и 4, соединенных соответственно через регуляторы расхода 5 и 6 с баллоном с аргоном 7 и баллоном 8 с пропан – бутановой смесью по ГОСТ 20448-90. В корпусе 1 со стороны подсоединения трубопровода 2 установлен резистивный нагреватель 9 и термоэлектрический преобразователь 10 в виде термопары марки ТХА, соединенные с микропроцессорным регулятором 11. В средней части корпуса 1 закреплена газораспределительная решетка 12, за которой в полости корпуса 1 расположена подложка 13, изготовленная из слюды и помещенная в закрепленном в корпусе индукторе 14. Индуктор 14 посредством диэлектрических вставок 15 электрически соединен с генератором высокой частоты 16. Подложка 13 соединена также электродами 17 с измерителем электропроводности 18. На выходе корпус 1 соединен с линией отвода газообразных продуктов пиролиза 19 через дросселирующее устройство 20. На подложке 13 помещен слой катализатора 21.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

В подложку 13 из слюды помещается катализатор 21, представляющий собой пылевидный материал на основе никеля, после чего подложка 13 устанавливается в индукторе 14, и к подложке подсоединяются электроды 17 от измерителя электропроводности 18. В начале производится продувка корпуса 1 инертным газом – аргоном, для

чего открывается регулятор расход 5 и аргон через ротаметр 3 и трубопровод 2 поступает в корпус 1 и, проходя через газоразделительную решетку 12, омывает подложку 13 и выходит через дросселирующее устройство 20 и линию отвода газообразных продуктов пиролиза 19. Одновременно включается система нагрева газа нагревателем 9 и нагрева катализатора индуктором 14.

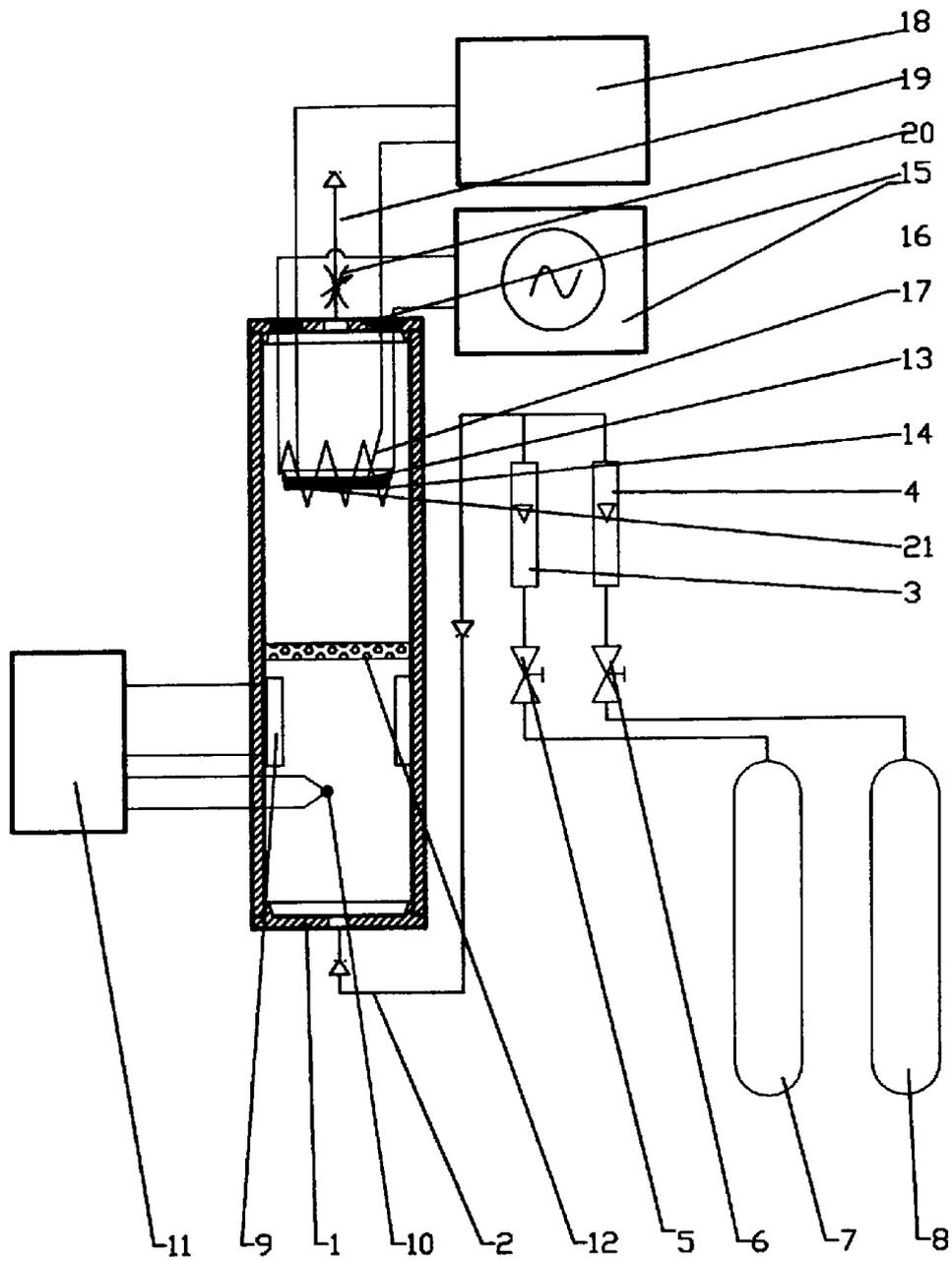
После окончания продувки по трубопроводу 2 подается исходная смесь, для рабочего режима используется пропан – бутановая смесь ГОСТ 20448-90 поступающая из баллона 8 через регулятор расхода 6 и ротаметр 4. Исходная газовая смесь резистивным нагревателем 9 нагревается до температуры пиролиза (~430 °С). Регулирование температуры и ее контроль осуществляется микропроцессорным регулятором 11 с подключенной к нему термопарой 10 марки ТХА. Через газораспределительную решетку 12 исходная смесь подается на катализатор, расположенный на подложке 13, помещенной в индуктор 14. На индуктор 14 подается переменное напряжение от генератора 15, которое нагревает слой катализатора 21. При прохождении исходной смеси над слоем катализатора 21 происходит процесс каталитического пиролиза, который может контролироваться по измерению электрической проводимости подложки и слоя синтезированных углеродных структур.

Окончание процесса каталитического пиролиза осуществляется определением химического состава газообразных продуктов пиролиза состава в линии отвода газообразных продуктов пиролиза 19 после дросселирующего устройства 20 (по отсутствию газообразного водорода),

либо по показаниям измерителя электропроводности 18 (стабилизация величины электрической проводимости). После окончания процесса регулятор 6 закрывается, отключается нагрев и производится продувка корпуса 1 инертным газом из баллона 7 до охлаждения твердых продуктов пиролиза.

Предлагаемый реактор прост в аппаратурном исполнении и эксплуатации и обеспечивает возможность контроля кинетики процесса синтеза углеродных структур.

*Реактор для изучения кинетических характеристик процесса синтеза углеродных структур*



Фиг. 1