



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2009118560/22, 19.05.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.05.2009

(45) Опубликовано: 10.09.2009

Адрес для переписки:
129090, Москва, а/я 11, ООО "Патентная
фирма "Пропатент"

(72) Автор(ы):

Капралов Павел Олегович (RU),
Артемов Василий Георгиевич (RU),
Тихонов Владимир Ильич (RU),
Волков Александр Александрович (RU),
Милюков Максим Германович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

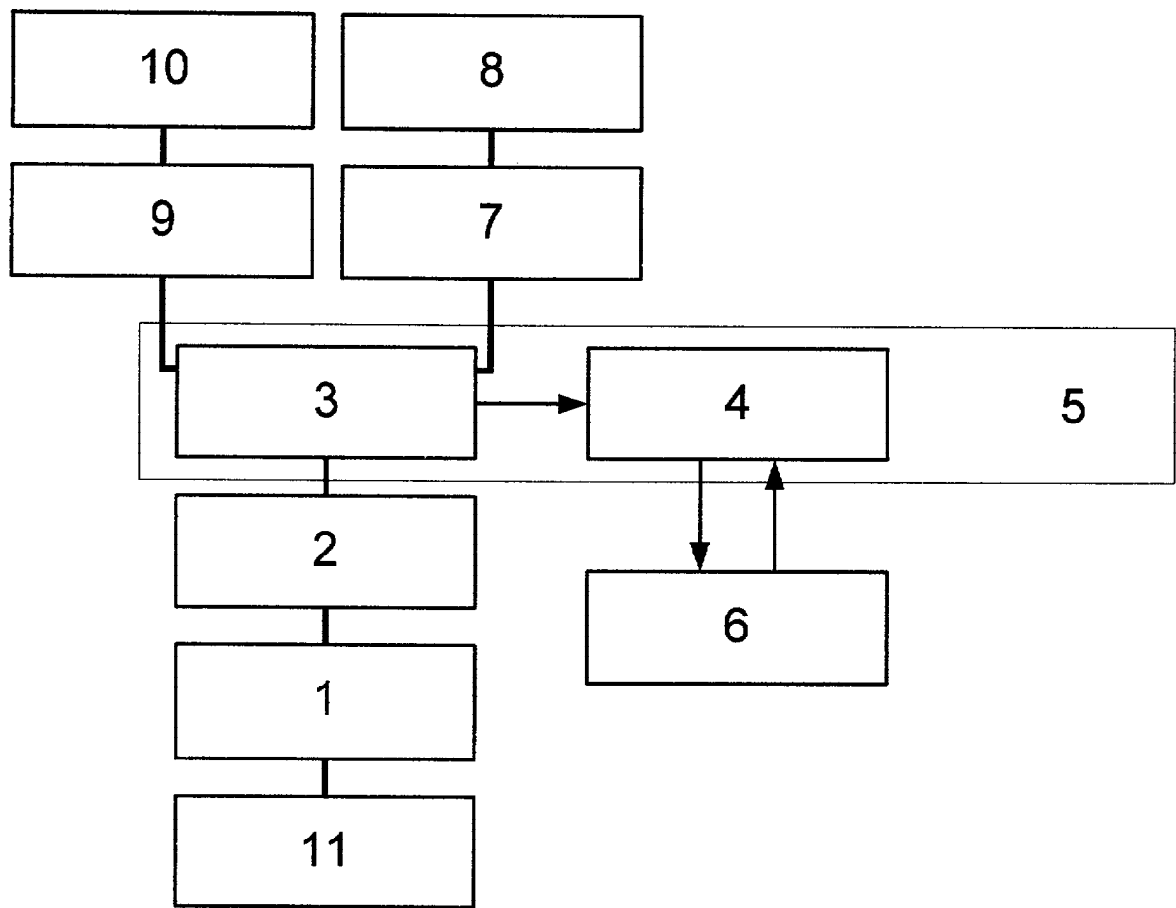
Общество с ограниченной
ответственностью "Технологии Лазерных
Измерений" (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВА

Формула полезной модели

Устройство для определения молекулярно-сорбционных свойств вещества, содержащее герметичную камеру для образца вещества, снабженную системой термостабилизации, блок формирования управляющих сигналов, диодно-лазерный спектрометр с последовательно соединенными измерительной кюветой и блоком исполнительного управления и сбора данных, вакуумный клапан, посредством которого герметичная камера для образца вещества соединена с измерительной кюветой диодно-лазерного спектрометра, последовательно соединенные вакуумный насос и блок управления вакуумной откачкой, последовательно соединенные термостатированная емкость с рабочей жидкостью-источником пара постоянного давления и блок дозированной подачи пара, при этом измерительная кювета диодно-лазерного спектрометра соединена с блоком дозированной подачи пара и блоком управления вакуумной откачкой.

RU 8 6 7 4 7 U 1



RU 8 6 7 4 7 U 1

Область техники, к которой относится полезная модель.

Заявленное устройство может использоваться в фармацевтической промышленности, электротехнической промышленности, при производстве строительных материалов, косметических средств и других областях промышленности при контроле качества материалов, определении их адсорбционных свойств.

Уровень техники.

Наиболее близкими к заявляемому устройству являются устройства, реализующие метод динамической сорбции водяного пара (Dynamic Vapor Sorption (DVS)). Приборы, работающие по методу DVS, осуществляют при помощи высокоточных микровесов измерение сорбционных свойств образца путем его взвешивания и суждение о количестве адсорбированных молекул газа по увеличению его массы в атмосфере газа-адсорбата. Этот метод применяется в электротехнической, химической, косметической и фармацевтической промышленности для определения влагосодержания, способности поглощать и отдавать влагу, а также для снятия изотерм адсорбции, для контроля качества, как при разработке, так и при производстве продукции, в том числе электроизоляционных, строительных и конструкционных материалов. Известные устройства, использующие гравиметрический метод измерения влагосодержания (например, патент США №3500675, 1970, нац. кл 73/19.01) содержат герметичную камеру для образца исследуемого вещества, снабженную устройством для подачи в камеру газа-адсорбата, весы высокого разрешения, устройство обработки информации.

Раскрытие полезной модели.

Недостатком известных устройств являются их инерционность, массово-габаритные характеристики, неширокий диапазон измерений и высокая стоимость.

Работа заявляемого устройства, в отличие от известных, основана на определении уменьшения парциального давления водяного пара над образцом исследуемого вещества (материала). Дозированное количество молекул воды периодически добавляется в герметичную камеру, содержащую исследуемый образец, и измеряется давление водяного пара над образцом с формированием кривой спада давления. Давление измеряется 1 бесконтактно с помощью инфракрасного абсорбционного диодно-лазерного спектрометра (ДЛС). В отличие от известных устройств DVS, количество молекул воды, поглощенных образцом, определяется как разность между количеством, добавленным в камеру с помощью дозатора (с возможностью дополнительного контроля количества методом ДЛС), и остаточным количеством, измеряемым с помощью ДЛС. Далее проводится анализ полученных данных (декомпозиционный анализ), и вычисляются кривая изменения коэффициента диффузии со временем. Для каждой дозы молекул воды измеряется парциальное давление водяного пара над исследуемым образцом вещества и определяется количество поглощенных этим образцом молекул воды. Из-за высокой скорости измерения парциального давления воды методом ДЛС используемая в работе заявленного устройства методика обеспечивает также измерение динамических характеристик адсорбции (времен релаксации), с гораздо более высоким временным разрешением, чем в методе DVS.

В результате, после обработки данных, определяется не только зависимость влагосодержания в образце от давления водяного пара над ним, но и временная зависимость коэффициента диффузии водяного пара внутри образца от давления водяного пара.

Благодаря применению метода диодно-лазерной диагностики, диапазон

измеряемых концентраций водяного пара по сравнению с известными методами расширен до 5 порядков, инерционность измерения парциального давления снижена до 0.1 с и менее, также отсутствуют характерные для химических датчиков «старение» и «отравление», ухудшающие точность. Кроме того, заявленное устройство имеет возможность работать не только с парами обычной воды (H_2O), но и ее изотопов (D_2O , HDO) и спиновых изомеров (орто- H_2O , пара- H_2O), измеряя концентрации каждой из компонент отдельно и обеспечивая измерение адсорбционных свойств образца для каждой из компонент, что невозможно при использовании известных устройств.

Технический результат, достигаемый в заявленном устройстве, заключается в снижении массово-габаритных характеристик, расширении его функциональных возможностей за счет возможности определения коэффициента диффузии водяного пара внутри образца от давления водяного пара, обеспечения возможности определения сорбционных характеристик вещества в отношении паров изотопов воды (D_2O , HDO) и спиновых изомеров (орто- H_2O , пара- H_2O), расширении динамического диапазона действия.

Краткое описание чертежей

Полезная модель иллюстрируется фиг.1, на которой представлена блок-схема устройства для измерения молекулярно-сорбционных свойств вещества, где цифрами обозначены: 1 - герметичная камера для образца исследуемого вещества, соединенная через вакуумный клапан 2 с измерительной кюветой 3 диодно-лазерного спектрометра (ДЛС) 5, последовательно соединенной с блоком исполнительного управления и сбора данных 4, ДЛС 5, блок формирования управляющих сигналов 6, входом и выходом соединенный с блоком исполнительного управления и сбора данных 4 ДЛС 5, блок управления вакуумной откачкой 7 через который вакуумный насос 8 связан с измерительной кюветой 3 ДЛС 5, блок дозированной подачи пара 9 через который термостатированный источник пара 10 соединен с измерительной кюветой 3 ДЛС 5, система термостабилизации 11, связанная с герметичной камерой для образца исследуемого вещества 1.

Осуществление полезной модели.

Кроме измерительной кюветы 3, блока исполнительного управления и сбора данных 4 ДЛС 5 содержит также другие узлы, не показанные на фиг.1 и обеспечивающие функционирование спектрометра, в числе которых - источник зондирующего излучения на основе диодного лазера, приемники излучения. В качестве ДЛС 5 в заявленном устройстве могут использоваться известные из уровня техники диодно-лазерные спектрометры (например, по патенту США №7283243 с приоритетом от 2002 г., выданному 16 октября 2007 г.) В качестве блока формирования управляющих сигналов 6 может использоваться, например, IBM-PC-совместимый ПК, реализующий управляющую программу, обеспечивающую формирование сигналов управления для блока исполнительного управления и сбора данных 4, а также прием и математическую обработку данных измерений путем обработки спектров поглощения в режиме реального времени при помощи их аппроксимации контурами Фойгта, а также сравнения линий поглощения орто- и пара- спиновых изомеров водяного пара и определения орто/пара состава просвечиваемого газа. Реализуемая в блоке 6 управляющая программа должна также обеспечивать выполнение таких функций как управление и задание тока накачки лазерного диода ДЛС 5, получение оцифрованных спектров поглощения излучения с его фотоприемников, аппроксимацию спектральных линий математическими

контурами, вычисление орто/пара отношения в водяном паре, вычисление парциального давления водяного пара, вычисление давления буферного газа. Такими функциональными возможностями обладает управляющая программа «AquaSorpMeter-09» (© ООО «Технологии Лазерных Измерений», 2009).

Блок исполнительного управления и сбора данных 4, обеспечивает исполнительное управление ДЛС 5 по сигналам, принимаемым с блока формирования управляющих сигналов 6, и передачу данных с ДЛС 5 на блок 6, а также ретрансляцию управляющих сигналов для всех узлов ДЛС 5, измеряющего парциальное давление водяных паров в измерительной кювете 3 ДЛС методом абсорбционной спектроскопии. Блок управления вакуумной откачкой 7 позволяет вакууммировать либо измерительную кювету 3, либо-через открытый вакуумный клапан 2, одновременно кювету 3 и герметичную камеру 1. Блок дозированной подачи пара 9 позволяет подавать в измерительную кювету 3 ДЛС заданное количество пара из термостатированного источника пара 10. Источником паров постоянного давления 10, необходимых для работы блока дозированной подачи пара 9, может служить термостатированная емкость с водой. Система термостабилизации 11 обеспечивает стабильность заданной пользователем температуры образца в процессе измерений.

Заявленное устройство работает следующим образом.

Камера 1 с находящимся в ней образцом через открытый вакуумный клапан 2 соединена с измерительной кюветой 3 диодно-лазерного спектрометра (ДЛС), непрерывно измеряющего давление водяного пара в ней. Перед началом измерений образец очищается от содержащейся в нем влаги путем вакуумной откачки (с помощью блока вакуумной откачки 7) при одновременном прогреве образца с помощью системы термостатирования 11. Далее, после установления заданной пользователем температуры образца системой термостатирования 11, начинается процесс измерений. В измерительную кювету 3 ДЛС блок дозированной подачи пара 9 (это может быть, как было сказано выше, водяной пар) периодически подает порции пара заданной величины. После каждого импульса пара начинается процесс адсорбции пара образцом, ДЛС измеряет временную зависимость падения давления пара, далее вычисляется, какое количество жидкости (это может быть вода) образцом поглотилось, и управляющая программа, работающая в блоке формирования управляющих сигналов 6, строит временной портрет адсорбции, по которому далее определяется временная зависимость коэффициента диффузии молекул источника пара (например, воды) в образце. Через заданный пользователем интервал времени блок дозированной подачи пара 9 подает следующий импульс пара, и так процесс повторяется много раз, до достижения заданного пользователем конечного давления в камере образца 1. Результатом измерений является изотерма адсорбции (т.е. зависимость влагосодержания от давления пара над образцом) при заданной температуре образца, и временная зависимость коэффициента диффузии молекул жидкости-источника пара внутри образца в зависимости от давления. Управляющая программа «AquaSorpMeter-09» (© ООО «Технологии Лазерных Измерений», 2009), реализуемая в блоке формирования управляющих сигналов 6, выводит результаты измерений в графическом виде на устройство отображения графических изображений этого блока (при реализации блока 6 на основе IBM-PC-совместимый ПК устройство отображения - это монитор компьютера).

При помощи управляющей программы, реализуемой в блоке 6, возможно осуществить работу заявленного устройства в режиме, отличном от описанного выше. Перед подачей импульса пара блоком дозированной подачи пара 9, клапан 2,

соединяющий измерительную кювету 3 ДЛС и камеру 1 с образцом вещества, закрыт. Блок 9 наполняет камеру 3 ДЛС паром до заданного давления. После установления заданного давления клапан 2 открывается, пар распространяется в камеру 1 образца, и начинается процесс адсорбции, приводящий к уменьшению давления со временем. Процесс наполнения измерительной кюветы 3 ДЛС водяным паром и последующего открывания вакуумного клапана 2 периодически повторяется. При этом измеряются временные зависимости падения давления, и управляющая программа, реализуемая в блоке формирования управляющих сигналов (как было сказано выше в качестве такой программ может использоваться «AquaSorpMeter-09», © ООО «Технологии Лазерных Измерений», 2009) 6, производит математическую обработку данных, также выводя результаты измерений в графическом виде на устройство отображения графических изображений этого блока (при реализации блока 6 на основе ПВМ-РС-совместимый ПК устройство отображения - это монитор компьютера)..

Данный алгоритм предпочтительнее для исследования свойств образца вещества, обладающего малой адсорбционной способностью, так как производится двойной контроль массовой дозы водяного пара, напускаемой в измерительную кювету 3 ДЛС перед каждым открыванием клапана 2, что обеспечивает более высокую точность определения изотерм адсорбции, но меньшую точность записи динамических характеристик адсорбции из-за временной задержки, связанной с установлением давления каждый раз после открывания клапана 2.

(57) Реферат

Устройство для определения молекулярно-сорбционных свойств вещества относится к таким областям техники, как фармацевтическая промышленность, контроль качества электроизоляционных, конструкционных, строительных материалов, экология, биология, косметология и медицина, научные исследования в области диффузии и адсорбции. Устройство использует метод измерения парциального давления водяного пара над поверхностью образца исследуемого вещества или материала с помощью инфракрасного абсорбционного диодно-лазерного спектрометра (ДЛС). Количество молекул, поглощенное образцом, вычисляется как разность между количеством пара, добавленным в герметичную камеру извне с помощью блока дозированной подачи пара, и его остаточным количеством, измеряемым с помощью ДЛС.

Реферат

Устройство для определения молекулярно-сорбционных свойств вещества относится к таким областям техники, как фармацевтическая промышленность, контроль качества электроизоляционных, конструкционных, строительных материалов, экология, биология, косметология и медицина, научные исследования в области диффузии и адсорбции. Устройство использует метод измерения парциального давления водяного пара над поверхностью образца исследуемого вещества или материала с помощью инфракрасного абсорбционного диодно-лазерного спектрометра (ДЛС). Количество молекул, поглощённое образцом, вычисляется как разность между количеством пара, добавленным в герметичную камеру извне с помощью блока дозированной подачи пара, и его остаточным количеством, измеряемым с помощью ДЛС.

2009118560



МПК C01N 27/12

Устройство для определения молекулярно-сорбционных свойств вещества

Область техники, к которой относится полезная модель.

Заявленное устройство может использоваться в фармацевтической промышленности, электротехнической промышленности, при производстве строительных материалов, косметических средств и других областях промышленности при контроле качества материалов, определении их адсорбционных свойств.

Уровень техники.

Наиболее близкими к заявляемому устройству являются устройства, реализующие метод динамической сорбции водяного пара (Dynamic Vapor Sorption (DVS)). Приборы, работающие по методу DVS, осуществляют при помощи высокоточных микровесов измерение сорбционных свойств образца путем его взвешивания и суждение о количестве адсорбированных молекул газа по увеличению его массы в атмосфере газа-адсорбата. Этот метод применяется в электротехнической, химической, косметической и фармацевтической промышленности для определения влагосодержания, способности поглощать и отдавать влагу, а также для снятия изотерм адсорбции, для контроля качества, как при разработке, так и при производстве продукции, в том числе электроизоляционных, строительных и конструкционных материалов. Известные устройства, использующие гравиметрический метод измерения влагосодержания (например, патент США №3500675, 1970, нац. кл 73/19.01) содержат герметичную камеру для образца исследуемого вещества, снабженную устройством для подачи в камеру газа-адсорбата, весы высокого разрешения, устройство обработки информации.

Раскрытие полезной модели.

Недостатком известных устройств являются их инерционность, массово-габаритные характеристики, неширокий диапазон измерений и высокая стоимость.

Работа заявляемого устройства, в отличие от известных, основана на определении уменьшения парциального давления водяного пара над образцом исследуемого вещества (материала). Дозированное количество молекул воды периодически добавляется в герметичную камеру, содержащую исследуемый образец, и измеряется давление водяного пара над образцом с формированием кривой спада давления. Давление измеряется

бесконтактно с помощью инфракрасного абсорбционного диодно-лазерного спектрометра (ДЛС). В отличие от известных устройств DVS, количество молекул воды, поглощённых образцом, определяется как разность между количеством, добавленным в камеру с помощью дозатора (с возможностью дополнительного контроля количества методом ДЛС), и остаточным количеством, измеряемым с помощью ДЛС. Далее проводится анализ полученных данных (декомпозиционный анализ), и вычисляются кривая изменения коэффициента диффузии со временем. Для каждой дозы молекул воды измеряется парциальное давление водяного пара над исследуемым образцом вещества и определяется количество поглощенных этим образцом молекул воды. Из-за высокой скорости измерения парциального давления воды методом ДЛС используемая в работе заявленного устройства методика обеспечивает также измерение динамических характеристик адсорбции (времен релаксации), с гораздо более высоким временным разрешением, чем в методе DVS.

В результате, после обработки данных, определяется не только зависимость влагосодержания в образце от давления водяного пара над ним, но и временная зависимость коэффициента диффузии водяного пара внутри образца от давления водяного пара.

Благодаря применению метода диодно-лазерной диагностики, диапазон измеряемых концентраций водяного пара по сравнению с известными методами расширен до 5 порядков, инерционность измерения парциального давления снижена до 0.1 с и менее, также отсутствуют характерные для химических датчиков «старение» и «отравление», ухудшающие точность. Кроме того, заявленное устройство имеет возможность работать не только с парами обычной воды (H_2O), но и ее изотопов (D_2O , HDO) и спиновых изомеров (орто- H_2O , пара- H_2O), измеряя концентрации каждой из компонент отдельно и обеспечивая измерение адсорбционных свойств образца для каждой из компонент, что невозможно при использовании известных устройств.

Технический результат, достигаемый в заявленном устройстве, заключается в снижении массо-габаритных характеристик, расширении его функциональных возможностей за счет возможности определения коэффициента диффузии водяного пара внутри образца от давления водяного пара, обеспечения возможности определения сорбционных характеристик вещества в отношении паров изотопов воды (D_2O , HDO) и спиновых изомеров (орто- H_2O , пара- H_2O), расширении динамического диапазона действия.

Краткое описание чертежей

Полезная модель иллюстрируется фиг.1, на которой представлена блок-схема устройства для измерения молекулярно-сорбционных свойств вещества, где цифрами обозначены: 1 – герметичная камера для образца исследуемого вещества, соединенная через вакуумный клапан 2 с измерительной кюветой 3 диодно-лазерного спектрометра (ДЛС) 5, последовательно соединенной с блоком исполнительного управления и сбора данных 4, ДЛС 5, блок формирования управляющих сигналов 6, входом и выходом соединенный с блоком исполнительного управления и сбора данных 4 ДЛС 5, блок управления вакуумной откачкой 7 через который вакуумный насос 8 связан с измерительной кюветой 3 ДЛС 5, блок дозированной подачи пара 9 через который термостатированный источник пара 10 соединен с измерительной кюветой 3 ДЛС 5, система термостабилизации 11, связанная с герметичной камерой для образца исследуемого вещества 1.

Осуществление полезной модели.

Кроме измерительной кюветы 3, блока исполнительного управления и сбора данных 4 ДЛС 5 содержит также другие узлы, не показанные на фиг.1 и обеспечивающие функционирование спектрометра, в числе которых - источник зондирующего излучения на основе диодного лазера, приемники излучения. В качестве ДЛС 5 в заявленном устройстве могут использоваться известные из уровня техники диодно-лазерные спектрометры (например, по патенту США №7283243 с приоритетом от 2002г., выданному 16 октября 2007г.) В качестве блока формирования управляющих сигналов 6 может использоваться, например, IBM-PC-совместимый ПК, реализующий управляющую программу, обеспечивающую формирование сигналов управления для блока исполнительного управления и сбора данных 4, а также прием и математическую обработку данных измерений путем обработки спектров поглощения в режиме реального времени при помощи их аппроксимации контурами Фойгта, а также сравнения линий поглощения орто- и пара- спиновых изомеров водяного пара и определения орто/пара состава просвечиваемого газа. Реализуемая в блоке 6 управляющая программа должна также обеспечивать выполнение таких функций как управление и задание тока накачки лазерного диода ДЛС 5, получение оцифрованных спектров поглощения излучения с его фотоприемников, аппроксимацию спектральных линий математическими контурами, вычисление орто/пара отношения в водяном паре, вычисление парциального давления водяного пара, вычисление давления буферного газа. Такими функциональными

возможностями обладает управляющая программа «AquaSorpMeter-09» (© ООО «Технологии Лазерных Измерений», 2009).

Блок исполнительного управления и сбора данных 4, обеспечивает исполнительное управление ДЛС 5 по сигналам, принимаемым с блока формирования управляющих сигналов 6, и передачу данных с ДЛС 5 на блок 6, а также ретрансляцию управляющих сигналов для всех узлов ДЛС 5, измеряющего парциальное давление водяных паров в измерительной кювете 3 ДЛС методом абсорбционной спектроскопии. Блок управления вакуумной откачкой 7 позволяет вакууммировать либо измерительную кювету 3, либо через открытый вакуумный клапан 2, одновременно кювету 3 и герметичную камеру 1. Блок дозированной подачи пара 9 позволяет подавать в измерительную кювету 3 ДЛС заданное количество пара из термостатированного источника пара 10. Источником паров постоянного давления 10, необходимых для работы блока дозированной подачи пара 9, может служить термостатированная ёмкость с водой. Система термостабилизации 11 обеспечивает стабильность заданной пользователем температуры образца в процессе измерений.

Заявленное устройство работает следующим образом.

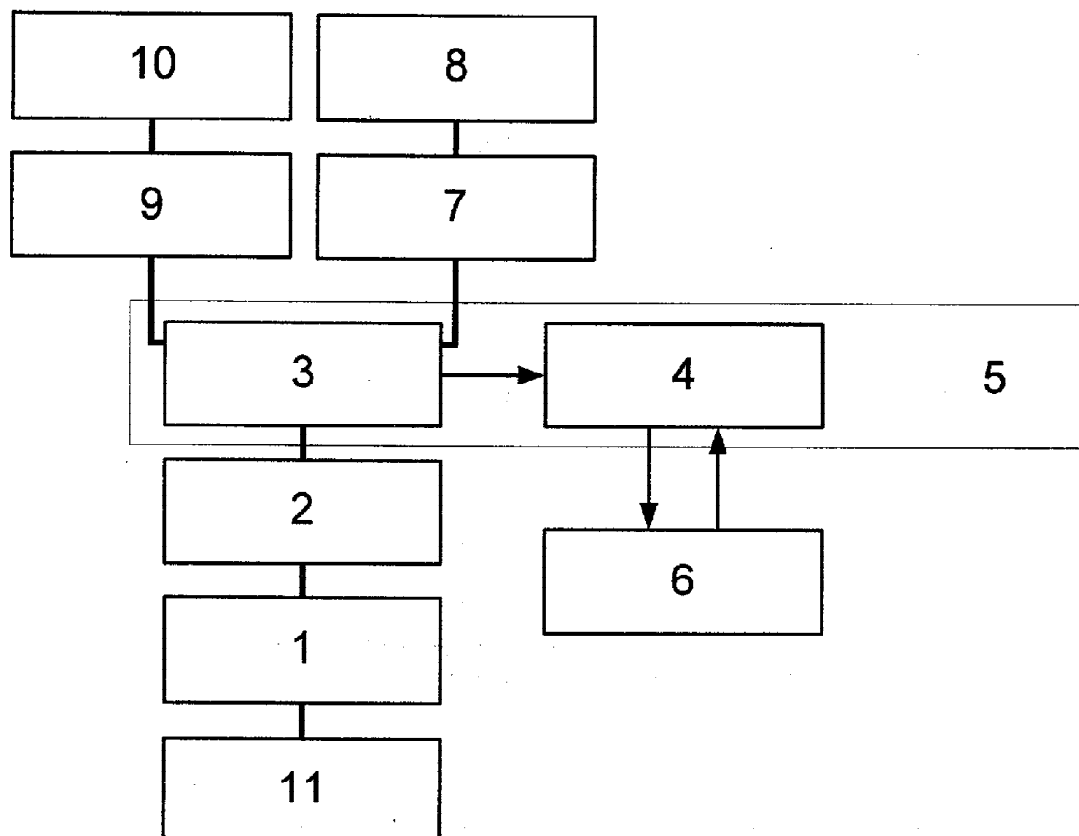
Камера 1 с находящимся в ней образцом через открытый вакуумный клапан 2 соединена с измерительной кюветой 3 диодно-лазерного спектрометра (ДЛС), непрерывно измеряющего давление водяного пара в ней. Перед началом измерений образец очищается от содержащейся в нём влаги путём вакуумной откачки (с помощью блока вакуумной откачки 7) при одновременном прогреве образца с помощью системы термостатирования 11. Далее, после установления заданной пользователем температуры образца системой термостатирования 11, начинается процесс измерений. В измерительную кювету 3 ДЛС блок дозированной подачи пара 9 (это может быть, как было сказано выше, водяной пар) периодически подает порции пара заданной величины. После каждого импульса пара начинается процесс адсорбции пара образцом, ДЛС измеряет временную зависимость падения давления пара, далее вычисляется, какое количество жидкости (это может быть вода) образцом поглотилось, и управляющая программа, работающая в блоке формирования управляющих сигналов 6, строит временной портрет адсорбции, по которому далее определяется временная зависимость коэффициента диффузии молекул источника пара (например, воды) в образце. Через заданный пользователем интервал времени блок дозированной подачи пара 9 подаёт следующий импульс пара, и так процесс повторяется много раз, до достижения заданного пользователем конечного давления в

камере образца 1. Результатом измерений является изотерма адсорбции (т.е. зависимость влагосодержания от давления пара над образцом) при заданной температуре образца, и временная зависимость коэффициента диффузии молекул жидкости-источника пара внутри образца в зависимости от давления. Управляющая программа «AquaSorpMeter-09» (© ООО «Технологии Лазерных Измерений», 2009), реализуемая в блоке формирования управляющих сигналов 6, выводит результаты измерений в графическом виде на устройство отображения графических изображений этого блока (при реализации блока 6 на основе IBM-PC-совместимый ПК устройство отображения- это монитор компьютера).

При помощи управляющей программы, реализуемой в блоке 6, возможно осуществить работу заявленного устройства в режиме, отличном от описанного выше. Перед подачей импульса пара блоком дозированной подачи пара 9, клапан 2, соединяющий измерительную кювету 3 ДЛС и камеру 1 с образцом вещества, закрыт. Блок 9 наполняет камеру 3 ДЛС паром до заданного давления. После установления заданного давления клапан 2 открывается, пар распространяется в камеру 1 образца, и начинается процесс адсорбции, приводящий к уменьшению давления со временем. Процесс наполнения измерительной кюветы 3 ДЛС водяным паром и последующего открывания вакуумного клапана 2 периодически повторяется. При этом измеряются временные зависимости падения давления, и управляющая программа, реализуемая в блоке формирования управляющих сигналов (как было сказано выше в качестве такой программы может использоваться «AquaSorpMeter-09», © ООО «Технологии Лазерных Измерений», 2009) 6, производит математическую обработку данных, также выводя результаты измерений в графическом виде на устройство отображения графических изображений этого блока (при реализации блока 6 на основе IBM-PC-совместимый ПК устройство отображения- это монитор компьютера)..

Данный алгоритм предпочтительнее для исследования свойств образца вещества, обладающего малой адсорбционной способностью, так как производится двойной контроль массовой дозы водяного пара, напускаемой в измерительную кювету 3 ДЛС перед каждым открыванием клапана 2, что обеспечивает более высокую точность определения изотерм адсорбции, но меньшую точность записи динамических характеристик адсорбции из-за временной задержки, связанной с установлением давления каждый раз после открывания клапана 2.

Устройство для определения молекулярно-сорбционных свойств вещества.



Фиг. 1.