

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9078

(13) U

(46) 2013.04.30

(51) МПК

G 01N 27/12 (2006.01)

(54)

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ГАЗОВЫЙ СЕНСОР

(21) Номер заявки: u 20120617

(22) 2012.06.20

(71) Заявитель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого" (ВУ)

(72) Автор: Шабловский Ярослав Олегович (ВУ)

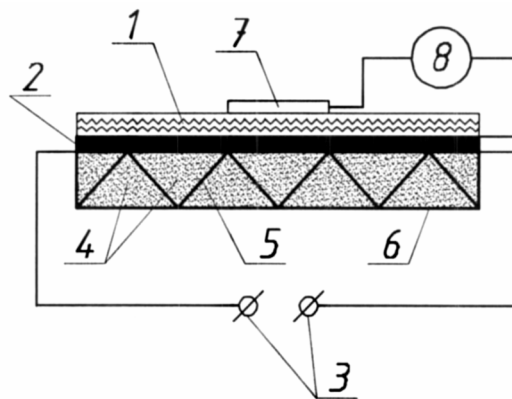
(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого" (ВУ)

(57)

1. Электрохимический газовый сенсор, содержащий источник питания, подложку-нагреватель, выполненную из вентильного металла и покрытую с одной стороны газочувствительным оксидным слоем этого металла, нанесенный на оксидный слой электропроводящий газопроницаемый контакт и прибор для регистрации изменений ЭДС между подложкой и газопроницаемым контактом, отличающийся тем, что в качестве источника питания использован источник постоянного тока, подложка подключена к этому источнику параллельно с нелинейным резистором, имеющим отрицательное дифференциальное сопротивление, а неоксидированная сторона подложки контактирует с термостабилизирующим слоем, содержащим теплоаккумулирующее вещество.

2. Электрохимический газовый сенсор по п. 1, отличающийся тем, что температура полиморфного превращения теплоаккумулирующего вещества соответствует верхней границе диапазона допустимых температур газочувствительного слоя.

3. Электрохимический газовый сенсор по п. 1 или 2, отличающийся тем, что термостабилизирующий слой выполнен в виде заполненных теплоаккумулирующим веществом V-образных и Λ-образных каналов, образованных гофрированной металлической пластиной, размещенной в металлическом корпусе, прикрепленном к подложке.



Фиг. 1

ВУ 9078 U 2013.04.30

(56)

1. RU 2 433 394 C1, МПК G 01N 27/409, 2011.
2. RU 106 955 U1, МПК G 01N 27/12, 2011.
3. RU 2 360 237 C1, МПК G 01N 27/12, 2009.

---

Полезная модель относится к технике аварийной и пожарной сигнализации, а именно к средствам автоматического обнаружения взрывоопасных, горючих и токсичных газов.

Известен электрохимический газовый сенсор [1], содержащий сформированный на подложке тонкий слой твердого электролита, на который нанесены каталитический и инертный электроды, покрытые пористым слоем керамики. На противоположной стороне подложки размещен плоский нагреватель, покрытый непористым слоем керамики. Недостатком устройства является малая эффективность, обусловленная высокой инерционностью.

Известен электрохимический газовый сенсор [2], содержащий диэлектрическую подложку, газочувствительный слой, электрорезистивный нагреватель и размещенный на подложке термодатчик. Данное устройство сложно в изготовлении и обладает низкой надежностью. Эти недостатки обусловлены тем, что основным элементом устройства является пленочная трубка O- или C-образного сечения, внутренняя и внешняя поверхности которой покрыты газочувствительным слоем.

Наиболее близок к заявляемому электрохимический газовый сенсор [3], содержащий источник питания, подложку-нагреватель, выполненную из вентильного металла и покрытую газочувствительным оксидным слоем этого металла, нанесенный на оксидный слой газопроницаемый электропроводящий контакт и прибор для регистрации изменений ЭДС между подложкой и газопроницаемым электропроводящим контактом. Недостатком прототипа является низкая надежность, обусловленная температурной нестабильностью процессов на поверхности газочувствительного слоя.

Задачей предлагаемого технического решения является повышение надежности газового сенсора за счет стабилизации температуры его газочувствительного слоя.

Поставленная задача решается тем, что в электрохимическом газовом сенсоре, содержащем источник питания, подложку-нагреватель, выполненную из вентильного металла и покрытую с одной стороны газочувствительным оксидным слоем этого металла, электропроводящий газопроницаемый контакт, нанесенный на оксидный слой, и прибор для регистрации изменений ЭДС между подложкой и газопроницаемым контактом, согласно данному техническому решению, в качестве источника питания использован источник постоянного тока, подложка подключена к этому источнику параллельно с нелинейным резистором, имеющим отрицательное дифференциальное сопротивление, а неоксидированная сторона подложки контактирует с термостабилизирующим слоем, содержащим теплоаккумулирующее вещество. При этом температура полиморфного превращения теплоаккумулирующего вещества соответствует верхней границе диапазона допустимых температур газочувствительного слоя, а термостабилизирующий слой выполнен в виде заполненных теплоаккумулирующим веществом V-образных и Λ-образных каналов, образованных гофрированной металлической пластиной, размещенной в металлическом корпусе, прикрепленном к подложке.

Использование источника постоянного тока в качестве источника питания и подключение подложки к этому источнику параллельно с нелинейным резистором, имеющим отрицательное дифференциальное сопротивление, предотвращают перегрев газочувствительного слоя. Этот результат достигается за счет того, что в описанной цепи электрического питания газового сенсора увеличение электрического сопротивления подложки по мере ее нагрева вызывает адекватное перераспределение электрических токов в двух параллельных ветвях - в подложке и в нелинейном резисторе.

# BY 9078 U 2013.04.30

Тепловой контакт подложки с термостабилизирующим слоем, содержащим теплоаккумулирующее вещество, повышает надежность газового сенсора за счет стабилизации температурного режима каталитических процессов, протекающих на поверхности газочувствительного слоя.

При высокой концентрации регистрируемого газа и (или) при быстром возрастании его концентрации обычно возникает автокаталитический разогрев газочувствительного слоя. Это явление, известное как "горение катализатора", не только выводит газовый сенсор из строя, но и может инициировать детонацию газозоудушной смеси. Предотвратить названные нежелательные явления можно только путем отвода тепла от саморозогревающегося в процессе своей работы газочувствительного слоя.

Лучшими теплоаккумулирующими материалами являются вещества, испытывающие фазовые превращения. Поглощение теплоты фазового превращения происходит при строго определенной температуре. Благодаря этому контакт подложки с веществом, претерпевающим фазовое превращение на верхней границе диапазона допустимых температур газочувствительного слоя, обеспечивает стабилизацию температуры этого слоя.

Существенным фактором повышения надежности газового сенсора является минимизация термических деформаций в нем. С учетом этого оптимальными теплоаккумулирующими материалами для газовых сенсоров являются полиморфные кристаллические вещества: скачок удельного объема при полиморфных превращениях обычно составляет доли процента.

Отрицательное воздействие объемного эффекта, сопровождающего фазовые превращения, дополнительно минимизируется конструктивным исполнением термостабилизирующего слоя. При размещении теплоаккумулирующего вещества в чередующихся V-образных и  $\Lambda$ -образных каналах, образованных гофрированной металлической пластиной, размещенной в металлическом коробе, прикрепленном к подложке, термические напряжения от полиморфных превращений вещества в соседних каналах взаимно компенсируют друг друга.

Представлены фигуры, поясняющие заявляемое устройство.

На фиг. 1 изображена в разрезе конструкция электрохимического газового сенсора с отключенным источником питания. На фиг. 2 представлена эквивалентная схема цепи электрического питания сенсора, подключенного к источнику тока. На фиг. 3 представлена электрическая схема простейшего источника тока.

Газочувствительный слой 1 оксида вентильного металла (Ta, Nb, Zr, Hf либо V) находится на подложке 2 из этого металла. Подложка 2 одновременно является электрорезистивным нагревателем, при помощи входных зажимов 3 подключаемым к источнику постоянного тока. Неоксидированная сторона подложки 2 контактирует с термостабилизирующим слоем, представляющим собой кристаллическое вещество 4, имеющее температуру полиморфного превращения на верхней границе диапазона допустимых температур газочувствительного слоя и заполняющее чередующиеся V-образные и  $\Lambda$ -образные каналы, образованные гофрированной металлической пластиной 5, размещенной на плоской металлической пластине 6. На поверхности газочувствительного слоя 1 находится электропроводящий контакт 7. Между ним и подложкой 2 включен прибор 8 для регистрации изменений ЭДС (например, вольтметр). Полиморфные вещества, пригодные для использования в качестве теплоаккумулирующих материалов термостабилизирующего слоя, указаны в таблице.

Полиморфное вещество	Температура превращения, °C	Теплота превращения, кДж/кг
$Be_3N_2$	157	323,6
$KHF_2$	197	143,4
$Na_2SO_4$	241	76,8

Продолжение таблицы

Полиморфное вещество	Температура превращения, °С	Теплота превращения, кДж/кг
KBF <sub>4</sub>	283	111,6
NaClO <sub>4</sub>	308	114,2
NaIO <sub>3</sub>	422	177,4
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	445	105,4
Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	556	234,3

Подложка 2, соединенная параллельно с нелинейным резистором 10, имеющим отрицательное дифференциальное сопротивление, подключена к зажимам 9 источника тока (фиг. 2). Источник тока, необходимый для электрического питания сенсора заявляемой конструкции, может быть выполнен на основе стандартного источника постоянного напряжения в соответствии с электрической схемой, приведенной на фиг. 3. Источник содержит зажимы 9 для включения в питаемую им цепь, переменный резистор 11, операционный усилитель 12 и зажимы 13 для подключения к генератору постоянного напряжения. При подаче на зажимы 13 постоянного напряжения  $U$  такой источник обеспечивает поддержание постоянной силы тока  $J = U/R_{11}$ , где  $R_{11}$  - сопротивление резистора 11.

Электрохимический газовый сенсор работает следующим образом.

При подключении зажимов 3 к источнику постоянного тока  $J$  подложка 2 нагревается и передает тепловую энергию газочувствительному слою 1. По мере нагрева электрическое сопротивление подложки 2 повышается. Благодаря включению параллельно подложке 2 нелинейного резистора 10, имеющего отрицательное дифференциальное сопротивление, с ростом сопротивления подложки 2 сила тока  $I_1$  в ней уменьшается за счет адекватного увеличения силы тока  $I_2 = J - I_1$ , протекающего через нелинейный резистор 10. Тем самым предотвращается перегрев газочувствительного слоя 1.

Термоактивированный газочувствительный слой 1 хемосорбирует из воздуха кислород, ионизирующийся за счет обеднения электронами зоны проводимости оксидной пленки. В электрохимической ячейке, образованной электропроводящим контактом, газочувствительным слоем и подложкой, устанавливается электрическое равновесие; сенсор приходит в дежурное состояние. Отсутствие обнаружимых изменений ЭДС межэлектродного пространства электрохимической ячейки, регистрируемых прибором 8, сигнализирует об отсутствии контролируемого газа в атмосфере.

При появлении в атмосфере контролируемого газа его молекулы хемосорбируются на поверхности газочувствительного слоя 1 и вступают в каталитическую реакцию окисления этого газа ионизированным кислородом, например:

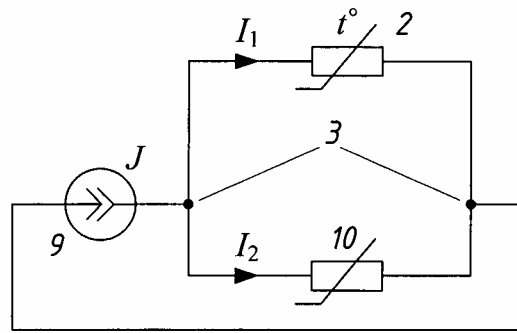


Реакция сопровождается повышением концентрации электронов в приповерхностном слое, в результате чего между электродами электрохимической ячейки возникает ЭДС, изменяющаяся при изменении концентрации молекул газа и регистрируемая прибором 8.

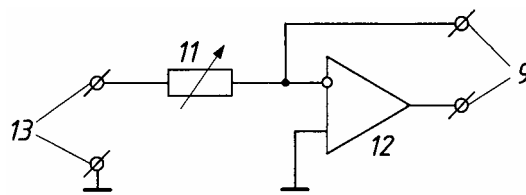
При возникновении автокаталитического разогрева газочувствительного слоя 1 повышается температура подложки 2 и интенсифицируется ее теплообмен с термостабилизирующим слоем. Избыточная теплота поглощается теплоаккумулирующим веществом 4. При его нагреве до температуры, соответствующей верхней границе диапазона допустимых температур газочувствительного слоя 1, происходит полиморфное превращение вещества 4, сопровождающееся поглощением теплоты и предотвращающее перегрев газочувствительного слоя.

Таким образом, заявленная конструкция электрохимического газового сенсора обладает повышенной надежностью благодаря предотвращению перегрева газочувствительного слоя и стабилизации его температуры.

# ВУ 9078 U 2013.04.30



Фиг. 2



Фиг. 3