



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 27/02 (2025.01)

(21)(22) Заявка: 2025108670, 08.04.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.04.2025

Дата регистрации:
28.05.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 08.04.2025

(45) Опубликовано: 28.05.2025 Бюл. № 16

Адрес для переписки:

308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, НИУ
"БелГУ", Крылова Анна Сергеевна

(72) Автор(ы):

Никуличева Татьяна Борисовна (RU),
Захвалинский Василий Сергеевич (RU),
Никулин Иван Сергеевич (RU),
Вязьмин Виталий Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет" (НИУ "БелГУ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2788822 С1, 24.01.2023. RU
2809808 С1, 19.12.2023. CN 113804731 А,
17.12.2021. RU 186702 U1, 30.01.2019.

(54) Резистивный датчик контроля влажности воздуха

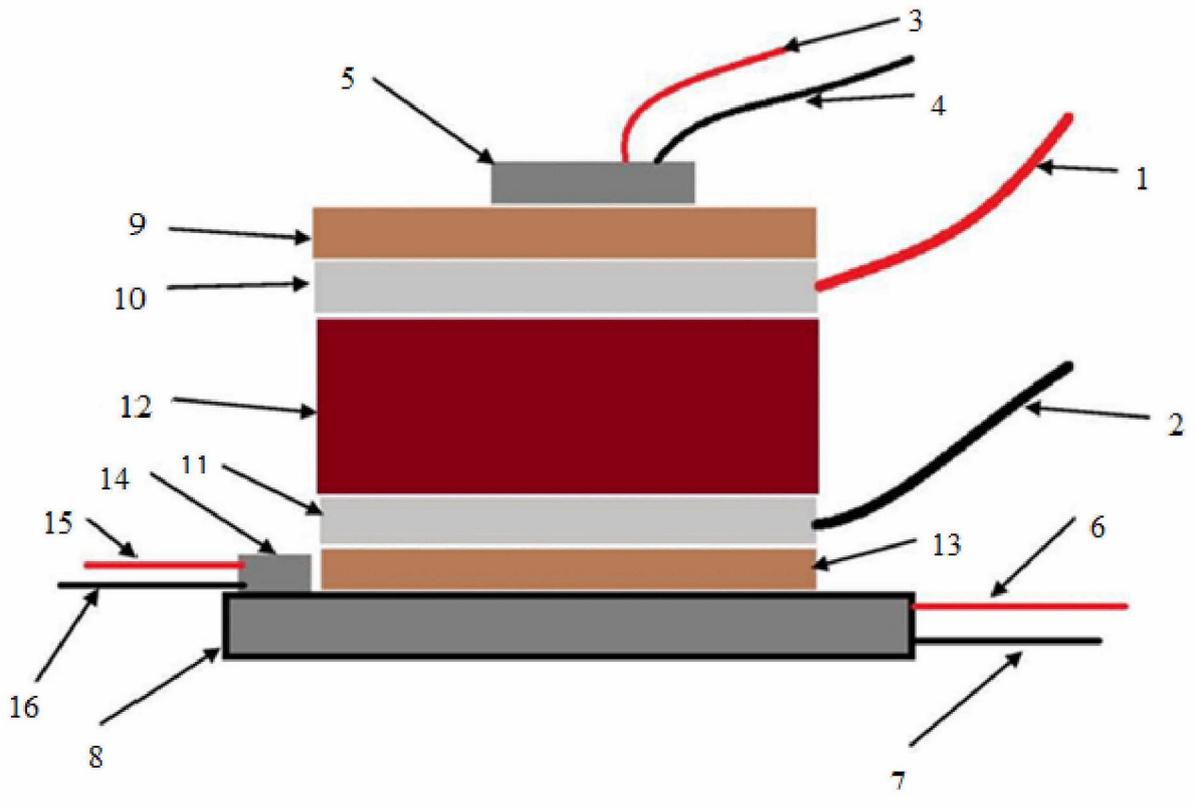
(57) Реферат:

Полезная модель относится к измерительной технике и предназначена для непрерывного контроля влажности воздуха. Может быть использована в сельском хозяйстве, например, при технологическом контроле процесса инкубации сельскохозяйственной птицы. Резистивный датчик влажности включает влагочувствительный слой, выполненный в виде бруска из полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ толщиной 2 мм, снабженный с двух сторон токопроводящими обкладками толщиной 0,5 мм, две термопары, элемент Пельтье, два

диэлектрических слоя. Причем нижний диэлектрический слой отделяет нижнюю токопроводящую обкладку от элемента Пельтье, на котором размещена нижняя термопара, а верхний диэлектрический слой отделяет верхнюю диэлектрическую обкладку от верхней термопары. Технический результат – удешевление конструкции датчика наряду с сохранением времени срабатывания датчика 60 секунд при циклировании в диапазоне от 40% до 80% относительной влажности в интервале температур от 0°C до плюс 70°C.

RU
234420
U1

RU
234420
U1



Фиг.1

RU 234420 U1

RU 234420 U1

Полезная модель относится к измерительной технике, а именно к устройствам для контроля влажности в бытовых и промышленных помещениях, и может быть использована в сельском хозяйстве, например, при технологическом контроле процесса инкубации сельскохозяйственной птицы.

5 Известен датчик влажности воздуха, включающий основание в виде печатной платы с токопроводящими элементами и нагревательный элемент с размещенным на нем емкостным сенсором, причем токопроводящие элементы и сенсор влажности
10 подключены к контрольно-измерительному прибору (патент РФ № 2738976, опубликован 21.12.2020, МПК А01К 41/04, G01N 27/00). Недостатком данного устройства является необходимость периодической регенерации и использование для этого нагревательного элемента.

Известен датчик влажности воздуха для первичного преобразования влажности во влагомерах воздуха, применяемых в сельскохозяйственном производстве, пищевой промышленности и в метеорологии. Датчик влажности воздуха содержит два
15 токопроводящих электрода, размещенных на диэлектрической подложке, при этом электроды выполнены в виде плоских спиралей или колец, имеющих общую ось, на которых размещена влагочувствительная полимерная пленка кардиолипидов (патент РФ № 79674, опубликован 10.01.2009, МПК G01N 27/04). К недостаткам данного устройства относится то, что не известна скорость реакции датчика на изменение влажности, что
20 особенно важно при уменьшении влажности. Кроме того, не показан механизм и способ возвращения датчика в исходное состояние для проведения следующего цикла измерений. Не определены диапазоны от минимального до максимального измерения относительной влажности воздуха.

Из уровня техники известна полезная модель «Датчик влажности» по патенту №
25 152497 (Опубликован: 10.06.2015, МПК G01N 27/00), который предназначен для непрерывного контроля локальной влажности воздуха и иных газов. Датчик влажности включает токопроводящие обкладки, выполненные в виде двух металлических сеточек. Между металлическими сеточками расположен влагопоглощающий слой, выполненный из тонкой бумаги, пропитанный хлоридом натрия. Металлические сеточки скреплены по
30 периметру и соединены в последовательную электрическую цепь с источником тока и измерительным устройством. Недостатком является то, что данный датчик влажности способен контролировать малые значения изменений влажности только в небольшом объеме газа. Кроме того, время срабатывания датчика составляет 10 минут, т.к. ток резистивного датчика выходит на насыщение, то есть начинает производить измерение
35 влажности, в течение десяти минут.

Известен резистивный датчик влажности воздуха по патенту РФ № 2788822 (Опубликовано: 24.01.2023). Сущность изобретения заключается в том, что резистивный датчик влажности включает влагопоглощающий слой, токопроводящие обкладки, соединенные в последовательную электрическую цепь с источником тока и
40 измерительным устройством, при этом влагопоглощающий слой выполнен в виде бруска из композита цитрогипса $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})_{0,95} - (\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})_{0,05}$, размещенного на диэлектрической подложке; токопроводящие обкладки, нанесенные с противоположных сторон бруска и выполненные с возможностью соединения в последовательную электрическую цепь с источником переменного тока и измерительным устройством
45 посредством контактных проводов, представляют собой тонкие пластины толщиной не более 0,5 мм. Недостатком устройства является его стоимость, обусловленная использованием в качестве влагочувствительного слоя композита цитрогипса $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})_{0,95} - (\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})_{0,05}$, т.к. для его получения необходимо использовать

достаточно сложную технологию, включающую в себя дегидратацию $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ с получением безводного гипса CaSO_4 , затем получение полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ и наконец растворение в воде стехиометрических количеств сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, после чего осуществляют сушку и прессовку полученного композита цитрогипса $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})_{0,95} - (\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})_{0,05}$. Технология получения этого материала описана в статье [Т.В. Nikulicheva, V.S. Zakhvalinskii, E.A. Pilyuk, I.S. Nikulin, V.V. Vyazmin, M.V. Mishunin, New humidity sensor material $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})_{0,975} - (\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})_{0,025}$, Materialia, V. 27, (2023), 101662, интернет источник : <https://doi.org/10.1016/j.mtla.2022.101662>].

Известен датчик влажности по патенту № 2809808 (Опубликовано: 19.12.2023) содержащий влагопоглощающий слой в виде бруска из композита цитрогипса $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})_{0,975} - (\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})_{0,025}$, токопроводящие обкладки толщиной не более 0,5 мм, соединенные в последовательную электрическую цепь с источником тока и измерительным устройством, а также диэлектрический слой, размещенный на нижней и верхней токопроводящих обкладках, две связанные с измерительным устройством термопары, размещенные на верхнем и нижнем диэлектрических слоях соответственно, элемент Пельтье, размещенный под нижним диэлектрическим слоем. При этом измерительное устройство и источник тока размещены в электронном блоке управления, содержащем также блок связи с внешним устройством и/или дисплей, блок управления элементом Пельтье в виде программируемой микросхемы, снабженной оперативной памятью, который включает модуль памяти для хранения температуры калибровки и величины импеданса при температуре калибровки, а также модуль сопоставления величины измеренного импеданса с импедансом датчика для соответствующей влажности и калибровочной температуры. Изобретение обеспечивает повышение надежности работы датчика и достоверность результатов измерений за счет обеспечения автоматической калибровки датчика одновременно с проведением измерений, кроме того, обеспечивается возможность проведения измерений как в непрерывном, так и в дискретном режиме. Недостатком является стоимость датчика, обусловленная сложной технологией получения влагочувствительного композитного материала на основании двуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, которая описана в статье. [Т.В. Nikulicheva, V.S. Zakhvalinskii, E.A. Pilyuk, I.S. Nikulin, V.V. Vyazmin, M.V. Mishunin, New humidity sensor material $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})_{0,975} - (\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})_{0,025}$, Materialia, V. 27, (2023), 101662, интернет источник : <https://doi.org/10.1016/j.mtla.2022.101662>].

Задачей настоящей полезной модели является расширение арсенала высокочувствительных датчиков влажности с коротким временем срабатывания.

Технический результат заключается в решении поставленной задачи за счет использования в качестве влагочувствительного слоя в конструкции датчика полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, что снижает стоимость датчика и при этом обеспечивает сохранение быстродействия датчика 60 сек.

Заявленный резистивный датчик контроля влажности, включающий влагочувствительный слой, снабженный с двух сторон токопроводящими обкладками толщиной 0,5 мм, две термопары, элемент Пельтье, два диэлектрических слоя, причем нижний диэлектрический слой отделяет нижнюю токопроводящую обкладку от элемента Пельтье, на котором размещена нижняя термопара, а верхний диэлектрический слой отделяет верхнюю диэлектрическую обкладку от верхней термопары, содержит следующий новый и неизвестный из уровня техники признак:

- влагочувствительный слой выполнен в виде бруска из полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ толщиной 2мм.

Неожиданно оказалось, что полуводный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, полученный из отходов производства лимонной кислоты сульфат дигидрата $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, который
 5 предварительно переводят в безводный гипса CaSO_4 , а затем - в полугидрат гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, обладает возможностью быстро реагировать на изменение влажности воздуха как при уменьшении так и при увеличении ее, что обеспечивает возможность непрерывного контроля влажности в помещении и не требует проведения процесса
 10 регенерации, и, таким образом, позволяет гарантированно обеспечивать быстрое действие датчика, а именно восстанавливать исходное сопротивление при изменении относительной влажности от 40% до 80 % и обратно через 60 секунд в атмосфере воздуха и в интервале температур воздуха от 0°C до плюс 70°C. [Никуличева Т. Б., Захвалинский В. С., Вязьмин В. В., Пиллюк Е. А., Свойства полугидрата сульфата кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$,
 15 полученного из промышленных отходов производства лимонной кислоты. Перспективные исследования в современном мире: сборник статей международной научной конференции (Санкт-Петербург, Ноябрь 2024). - СПб.: МИПИ им Ломоносова, 2024, с.с.32-34, (дата публикации: 26.11.2024), ISBN 978-5-00234-167-2, DOI 10.58351/241126.2024.56.71.001].

20 Следовательно, использование полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ за счёт простоты получения обеспечивает снижение стоимости датчика при сохранении быстрого действия датчика 60 сек.

Заявленную полезную модель характеризуют следующие графические изображения.

25 Фиг. 1. Изображение схемы устройства резистивного датчика влажности, где 1 и 2 - контактные провода, предназначенные для соединения датчика с внешним источником тока и внешним измерительным устройством,

3 и 4 – контактные провода верхней термопары 5,

6 и 7 – контактные провода элемента Пельтье 8,

9 - верхний диэлектрический слой, отделяющий верхнюю токопроводящую обкладку
 30 10 от термопары 5,

11 – нижняя токопроводящая обкладка,

12 – брусок полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$,

13 – диэлектрический слой, отделяющий нижнюю токопроводящую обкладку 11 от
 35 элемента Пельтье 8,

14 – нижняя термопара, размещенная на элементе Пельтье 8,

15 и 16- провода нижней термопары 14.

Фиг. 2. График циклического изменения сопротивления резистивного датчика в диапазоне от 40 % до 80 % относительной влажности.

40 Устройство содержит влагочувствительный слой 12, выполненный в виде бруска из полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ толщиной 2 мм, снабженного двумя токопроводящими обкладками 10 и 11, нанесенными с противоположных сторон на брусок влагочувствительного слоя 12. Указанные обкладки 10 и 11 для измерения импеданса представляют собой тонкие пластины толщиной 0.5 мм и снабжены контактными
 45 проводами 1 и 2 соответственно, для соединения в последовательную электрическую цепь с внешними устройствами, а именно - источником тока и измерительным устройством. Верхний диэлектрический слой 9 отделяет верхнюю токопроводящую обкладку 10 от верхней термопары 5 с контактными проводами 3 и 4. Термопара 5

обеспечивает контроль температуры влажочувствительного слоя 12. Нижний диэлектрический слой 13 отделяет токопроводящую обкладку 11 от элемента Пельтье 8, содержащего контактные провода 6 и 7 для соединения с внешним регулируемым источником питания. Нижняя термопара 14 с проводами 15 и 16 размещена на элементе

5 Пельтье 8 и обеспечивает контроль температуры элемента Пельтье 8.

Устройство работает следующим образом.

Бруску 12 из влажочувствительного полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ толщиной 2мм посредством элемента Пельтье 8, соединенного с внешним регулируемым источником питания через контактные провода 6 и 7, задают температуру 28°C , принятую для

10 заявленного датчика в качестве рабочей и калибровочной одновременно. После достижения равенства температур верхней 5 и нижней 14 термопар, включается процедура измерения влажности. Через контактные провода 1 и 2 на токопроводящие обкладки 10 и 11 толщиной 0,5мм подают переменное напряжение. Под действием

15 электрического напряжения, поданного на обкладки 10 и 11, в цепи «обкладка 10 – брусок полуводного цитрогипса 12 - обкладка 11» протекает переменный электрический ток. С ростом влажности окружающего воздуха повышается влажность полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ и сопротивление в цепи уменьшается, после снижения влажности окружающего воздуха снижается и влажность полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, что

20 приводит к повышению сопротивления в цепи. Полный импеданс полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, возникающий в этой цепи и зависящий от влажности контролируемого воздуха, является выходным сигналом с резистивного датчика контроля влажности через контактные провода 1 и 2, предназначенные для соединения устройства с внешним

25 источником тока и измерительным устройством, позволяющим судить о влажности контролируемого воздуха.

Конкретный пример работы датчика

Задают бруску 12 из влажочувствительного полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ толщиной 2 мм температуру 28°C , принятую для заявленного датчика в качестве рабочей и калибровочной одновременно посредством элемента Пельтье 8, соединенного с

30 регулируемым источником питания через контактные провода 6 и 7. После достижения равенства температур верхней 5 и нижней 14 термопар, включается процедура измерения влажности. На токопроводящие обкладки 10 и 11 толщиной 0,5мм через контактные провода 1 и 2 подают переменное напряжение 1 В на частоте 200 кГц. Под действием

35 электрического напряжения, поданного на обкладки 10 и 11, в цепи «обкладка 10 – брусок полуводного цитрогипса 12 - обкладка 11» протекает переменный электрический ток. С ростом влажности окружающего воздуха повышается влажность полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ и сопротивление в цепи уменьшается, после снижения влажности окружающего воздуха снижается и влажность полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, что

40 приводит к повышению сопротивления в цепи. Полный импеданс Z полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, возникающий в этой цепи в диапазоне относительной влажности $\text{RH} = 40 - 80\%$ представлен на фиг.2.

Что подтверждает достижение заявленного технического результата, а именно то, что наряду с удешевлением конструкции датчика при использовании в качестве

45 влажочувствительного слоя полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, полученного из отходов производства лимонной кислоты сульфата дигидрата $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, одновременно обеспечивается сохранение его быстродействия 60 секунд при циклировании в диапазоне 40-80% относительной влажности, в интервале температур от 0°C до плюс 70°C .

(57) Формула полезной модели

Резистивный датчик контроля влажности, включающий влагочувствительный слой, снабженный с двух сторон токопроводящими обкладками толщиной 0,5 мм, две
5 термодпары, элемент Пельтье, два диэлектрических слоя, причем нижний диэлектрический
слой отделяет нижнюю токопроводящую обкладку от элемента Пельтье, на котором
размещена нижняя термодпара, а верхний диэлектрический слой отделяет верхнюю
диэлектрическую обкладку от верхней термодпары, отличающийся тем, что
влагочувствительный слой выполнен в виде бруска из полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$
10 толщиной 2 мм.

15

20

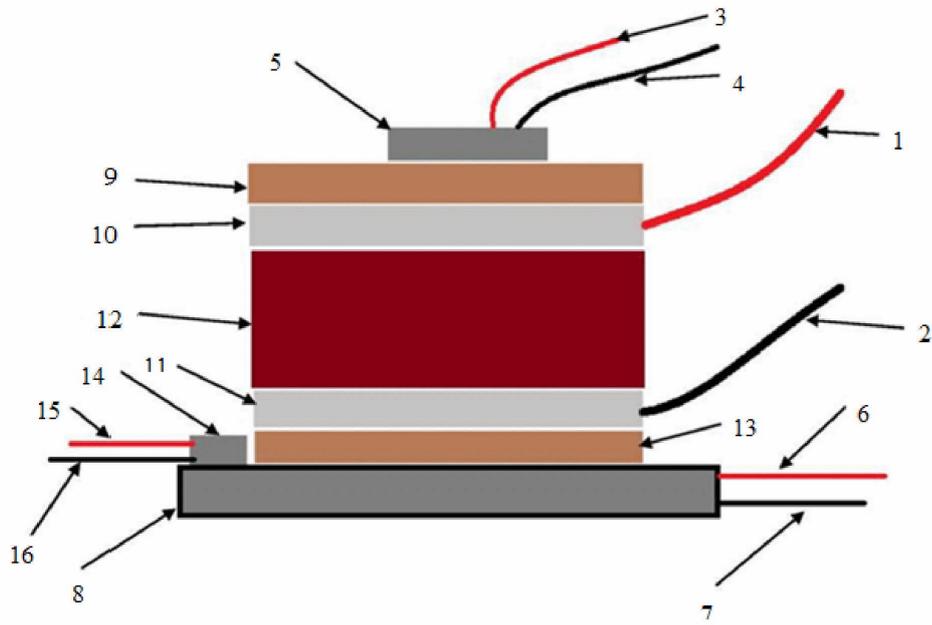
25

30

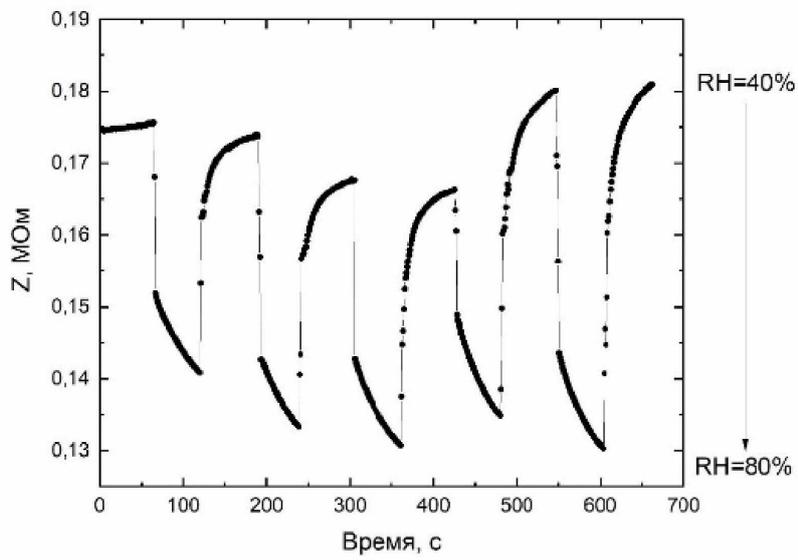
35

40

45



Фиг.1



Фиг.2