

Исроилов Фахриддин Муродкосимович

доцент, Джизакский политехнический институт

Умуров Бехруз Хамзаевич

Магистр, Джизакский политехнический институт

ДАТЧИКИ ВЛАЖНОСТИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С НАНОРАЗМЕРНЫМИ СТРУКТУРАМИ.

Аннотация: Разработан датчик влажности на основе композиционного материала наноразмерными структурами и изучены основные статические характеристики в зависимости от относительной влажности воздуха, а также использован для измерений влажности сельскохозяйственных продуктов. Показан эффективность предложенного метода для измерения температуры и влажности сельхозпродуктов, что доказывает эффективность применения датчиков для оценки влажности на основе кремниевых кристаллов.

Ключевые слова: кремний, наноразмер, композиционный материал, температурная зависимость, свойства, стабильность, чувствительность, быстродействия, технология, наноструктура, влажность.

Isroilov Fakhriddin Murodkosimovich,

Associate Professor, Jizzakh Polytechnic Institute,

Umurov Behruz Hamzaevich

Master's degree, Jizzakh Polytechnic Institute

HUMIDITY SENSORS BASED ON COMPOSITE MATERIAL WITH NANOSCALE STRUCTURES.

Abstract: A humidity sensor based on a composite material with nanoscale structures has been developed and the main static characteristics depending on relative humidity of the air have been studied, and it has also been used to measure the humidity of agricultural products. The effectiveness of the proposed method for measuring the temperature and humidity of agricultural products is shown, which proves the effectiveness of using sensors for moisture assessment based on silicon crystals.

Keywords: silicon, nanoscale, composite material, temperature dependence, properties, stability, sensitivity, performance, technology, nanostructure, humidity.

В настоящее время развитие науки и техники, технических средств ресурсосбережения и рационального использования топливно- энергетических ресурсов, а также успешного решения экологических проблем трудно представить без применения полупроводниковых датчиков. Существующие датчики и технология их изготовления практически исчерпали свои возможности по чувствительности и быстродействию. В связи с этим сейчас перед учеными и разработчиками стоят научные проблемы увеличения чувствительности и быстродействия датчиков, увеличения длительности срока службы датчиков, упрощения процесса эксплуатации датчиков и дистанционные измерение влажности.

Эти проблемы являются весьма наукоемкими, включающими в себя фундаментальные исследования и разработки новых технологических методов изготовления принципиально нового класса датчиков.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что разработка технологии и создания быстродействующих высокочувствительных датчиков для измерения влажности является актуальной задачей в метрологии. Один из путей решения данной проблемы является разработка новой технологии получения высокочувствительных материалов с наноразмерными частицами.

Выполнение предлагаемой работы позволяет создать принципиальный класс универсальных датчиков физических величин с улучшенными деградационными свойствами и стабильностью параметров, малой энергоемкости и размеров, отсутствие дополнительных схем усиления, обеспечивающих простату эксплуатации, превосходящих по пороговой чувствительности и быстродействию аналогичных существующих датчиков в виде того, что они функционируют на основе принципиально новых физических явлений. Поэтому для создания датчиков более чувствительных,

быстродействующих, удобных для эксплуатации и не требующих дополнительных устройств необходимо разработать принципиально новые материалы и физические явления. В этом плане представляет интерес использования кремния с наноразмерными структурами.

В рассматриваемой работе проведен ряд исследований по подборке состава и соотношения компонентов для повышения влагочувствительности композиционного материала с наноразмерными частицами. Для изготовления датчиков была разработана оптимальная конструкция влагочувствительного элемента и технология изготовления контакта со стабильными параметрами и хорошей адгезией к композиционному материалу.

Принцип работы датчиков основан на известном принципе изменения его электрического сопротивления при поглощении влаги из окружающей среды. При этом, в отличие от ранее известных датчиков, например из *Licl* [1], в конструкции не используются растворы электролитических диссоциирующих солей, а проводимость материала имеет характер прыжковой проводимости между наночастицами, которая изменяется при адсорбции воды на наноразмерных проводящих частицах, находящихся в пористой диэлектрической матрице.

Для оценки рабочего диапазона напряжений и стабильности контактов был исследован вольтамперная характеристика датчиков при $T=300^{\circ}K$ в темноте. Рабочий (линейный) диапазон, напряжение единицы (вольт) показал высокую чувствительность элементов датчика к влажности.

Исследования температурной зависимости тока датчиков проводится в пределах от $293^{\circ}K$ до $363^{\circ}K$. Проводимость датчика (при постоянном напряжении питания 5 В) до $253^{\circ}K$ возрастает, то есть имеет активационный характер, затем начинается спад, обусловленный сушкой (интенсивным уходом влаги из объема) вещества датчика [2].

На основе датчиков для измерения влажности из композиционного материала с проводящими наночастицами, создан прибор для измерения абсолютной влажности сельскохозяйственных продуктов [3].

Ниже приводятся результаты исследования, т.е. характеристики влагочувствительного датчика на основе нанокompозитов. Исследовано вольт-амперная характеристика, температурная зависимость тока датчика, а также быстродействие датчика к изменению влажности воздуха. Разработанный новый композиционный материал с проводящими наночастицами позволяет создать не только чувствительные, но и быстродействующие датчики для измерения влажности и в перспективе использовать их в агропромышленном комплексе.

Для определения метрологических характеристик разработанного датчика, был проведен калибровка по относительной влажности с использованием насыщенных растворов некоторых солей, калибровка приводилась при температуре 24⁰С. Результаты калибровки датчика 1 из 13 партии показан в таблице 1.

Результаты калибровки датчиков.

Таблица 1

№	Соль	Относительная влажность воздуха, W , %	Начальное сопротивление сухого датчика R_0 , $Мом$	Сопротивления датчика, расположенного над насыщенном раствором, R , $Мом$
1	Хлорид магния, $Mgcl_2$	33	3,93	1,16
2	Нитрат магния, $Mg(NO_3)_2$	55	3,91	0,68
3	Нитрат натрия, $NaNO_2$	65	3,91	0,52
4	Хлорид натрия, $NaCl$	76	3,92	0,48
5	Сульфат аммония, $(NH_4)SO_4$	81	3,39	0,32
6	Хлорид калия, Kcl	86	3,91	0,28

На основании полученных результатов построена статическая характеристика датчика в зависимости от влажности.

Исследование быстродействия датчика к изменению влажности воздуха показало, что при изменении величины влажности воздуха от 0 до 100 % электрическое сопротивление датчиков меняется более чем три раза за время менее минуты, то есть быстродействие датчиков считается удовлетворительным.

В таблице 2 показано характеристики датчиков, полученных в одинаковых условиях, в зависимости от температуры отжига керамической смеси. С увеличением температуры отжига существенно возрастает чувствительность датчика, следовательно, увеличивается и время отклика на изменения влажности.

Таблица 2.

Основные характеристики измерительных датчиков влажности.

№	Температура отжига датчиков, °C	Сопротивление сухих датчиков, $R_0, 10^{-6} \text{ Мом}$	Сопротивления датчиков при 100 % относительной влажности, $R_0, 10^{-6} \text{ Мом}$	Время отклика изменение влажности, $t, \text{ мин.}$
1-партия	600	6,4	4,2	2
2-партия	650	4,8	3,2	2
3-партия	700	5,9	3,4	2
4-партия	750	4,6	1,9	1
5-партия	800	3,9	1,6	1
6-партия	850	4.2	1,8	1
7-партия	900	2,3	0,5	0,96

Результаты экспериментальных исследований показало, что с увеличением площади областей «контакта», кристалл шунтов проводящих наночастиц с одинаковым уменьшением общей пористости материала датчиков при увеличении длительности термообработки, что приводит к увеличению активного объема датчиков при одновременном уменьшении его пассивного объема. Дальнейший рост температуры отжига ведет к усилению и ухудшению характеристик датчиков для измерения влажности. Измерение сопротивления влагачувствительного элемента датчиков

от влажности воздуха показало хорошую чувствительность, слабую нелинейность и малую температурную погрешность датчиков [3].

Таким образом, разработанные нами датчики влажности можно использовать для измерения не только влажности воздуха, но и абсолютной влажности некоторых сельскохозяйственных продуктов.

Литература.

1. Виглеб Г. Датчики: Устройства и применения. М.: Мир, 1989.- с.113-124.
2. Эгамбердиев Б.Э., Бахадырханов М.К., Насриддинов С.С. –Патент РУз, № IAP 04778, 2013 г.
3. Эгамбердиев Б.Э., Рахманов А.Т., Норов А.М. Высокочувствительные термодатчики на основе сильно компенсированного кремния/ Проблемы энерго-ресурсосбережения.- 2014.- №3.- ст.207-213.
4. Мухаммадиев Б. С., Шукуров С. У. ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ //Экономика и социум. – 2025. – №. 9-1 (136). – С. 680-684.
5. Saparovich M. B., Akbarovna K. M. O'LCHASH ISHLARIDA INTELLEKTUAL DATCHIKLARDAN FOYDALANISHNING AFZALLIKLARI //THE THEORY OF RECENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF PEDAGOGY. – 2024. – Т. 3. – №. 28. – С. 48.
6. Рустамов Н. Т. и др. Коэффициент полезного действия фрактальных солнечных коллекторов //Экономика и социум. – 2025. – №. 2-2 (129). – С. 405-412.