

электроды статора по форме и размерам аналогичны форме и размерам электретов ротора. Электроды также попарно соединены с соответствующей обмоткой трансформатора b являющейся секцией первичной обмотки. Каждая секция электрически изолирована от остальных, причем все Секции намотаны согласно. Число секций равно числу пар электретов.

При включении двигателя дисковый ротор l с электретами 3 приходит во вращение. Под действием поля электретов на каждом из электродов 5 статора индуцируется заряд соответствующего знака, изменяющийся по периодическому закону от нуля, когда электрод располагается над металлическим сектором ротора, до максимума - при совпадении положения электретов и электродов. В результате этого через каждую изолированную секцию первичной обмотки трансформатора b , с которой соединена соответствующая пара электродов, протекает переменный ток, вызывающий изменение магнитного потока в сердечнике трансформатора b . Так как все секции включены согласно, то потоки отдельных секций в сердечнике складываются. В результате ЭДС вторичной обмотки трансформатора E_2 определяется результирующим действием ЭДС всех изолированных и согласно включенных секций - E_c , т. е. $E = NE$,

где N - число пар электродов, соответствующих числу пар разнополярных электретов.

В экспериментальном образце устройства диаметром ротора и статора 200 мм с восемью парами сегментных электретов из полиметилметакрилата, площадью 7 см^2 и толщиной 1 мм каждый, расстоянии между электретами и электродами 0,1 мм и при циклической частоте вращения двигателя 50 Гц получена ЭДС в секции первичной обмотки (индуктивность 50 мГн) 8,6 В. При коэффициенте трансформации $n = NW_c/W_2 = 1$, где W_c - число витков в секции; W_2 - число витков вторичной обмотки, на вторичной обмотке получено напряжение 70 В.

По сравнению с известным электронным источником аналогичных размеров разработанный нами источник электроэнергии более чем в два раза повышает величину генерируемого переменного напряжения.

Литература

1. Губкин, А. Н. Электреты. М.: Наука, 1998. - 164 с.
2. Электретные источники электроэнергии / В. А. Сычик [и др.] // Материалы МНТК «Демографические проблемы Беларуси», ч. 3. Мн., 1999. - С. 54.

УДК 681.3

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ВЛАЖНОСТИ

Сычик В. А., Уласюк Н. Н.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Разработан электронный источник электроэнергии, состоящий из закрепленного на валу металлического дискового ротора, на торцевой поверхности которого попарно размещены электреты с разноименными зарядами. Внешняя цепь содержит трансформатор с первичными обмотками. ЭДС электретного источника электроэнергии равна сумме ЭДС последовательно включенных секций трансформатора.

Ключевые слова: измерительный преобразователь влажности, влажная среда, гигрочувствительный слой, гетероструктура, омический контакт.

HUMIDITY MEASURING TRANSDUCER

Sychyk V., Ulasiuk M.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. An electronic source of electric power has been developed, consisting of a metal disk rotor fixed on a shaft, on the end surface of which electrets with opposite charges are placed in pairs. The external circuit contains a transformer with primary windings. The EMF of the electret source of electric power is equal to the sum of the EMF of the transformer sections connected in series.

Key words: humidity measuring transducer, humid environment, hygrosensitive layer, heterostructure, ohmic contact.

Адрес для переписки: Сычик В. А., пр. Рокоссовского, 49-18, г. Минск 220095, Республика Беларусь
e-mail: bntu@bntu.by

Устройство относится к контрольно-измерительной технике и может быть использовано в системах контроля и автоматического регулирования степени влажности парогазовых сред и процессов сушки.

Известны емкостные датчики влагомеров, представляющие собой воздушные конденса-

торы, снабженные вспомогательными устройствами для введения образца, уплотнения его, освобождения конденсатора и т. д. [1]. Эти датчики характеризуются сложностью конструкции; значительной зависимостью точности измерения от жесткости конструкции, расположения электродов между собой, геометрических размеров

активных элементов датчика; большими габаритами и значительным расходом материала на их изготовление.

Известно также полупроводниковое устройство для измерения влажности, содержащее полупроводниковый материал, полупроводник, с осажденным на него слоем окиси олова, и металлические электроды, находящиеся в контакте с материалом и слоем олова [2].

Влажность окружающей среды этим устройством определяется как функция обратного тока полупроводникового соединения.

Полупроводниковое устройство имеет невысокую чувствительность, низкую воспроизводимость параметров, значительную инерционность.

Ближайшим техническим решением является емкостной датчик влажности [3]. Такой датчик содержит нижний электрод, гигроскопический слой диэлектрика, выполненный в виде пористой пленки, верхний электрод, выполненный в виде сплошной пленки, и токоввода. Однако этот датчик влажности имеет невысокую чувствительность вследствие того, что гигроскопический слой представляет обычную структуру, окись алюминия и приращение емкости зависит только от процентного содержания влаги, а его значительная инерционность обусловлена тем, что для получения надежного омического контакта с токовводом, а также уменьшения тангенса угла диэлектрических потерь, толщина верхнего электрода значительная (не менее 2 мкм).

Цель разработки – повышение чувствительности и снижение инерционности датчика влажности.

Достигается это тем, что гигроскопический слой выполнен в виде гетероструктуры, состоящей из двух слоев различных по электрофизическим свойствам широкозонных высокоомных полупроводников, верхний из которых представляет послонную структуру с плотной и пористой областями, толщины которых взяты в соотношении 2:1, при этом толщина нижнего слоя и плотной области верхнего слоя равна соответствующей толщине области объемного заряда в каждом полупроводнике, причем верхний электрод имеет ячеистую структуру, а отношение минимальной толщины слоя верхнего электрода к его максимальной толщине составляет 1:4* а отношение площадей тонкой и толстой его частей равно 5:1.

На чертеже изображен датчик влажности.

Основным функциональным узлом приборов контроля влажности является измерительный преобразователь влажности в электрический сигнал. Известны преобразователи влажности, содержащие в качестве чувствительных элементов воздушные конденсаторы и гигроскопические слои диэлектрика (Al_2O_3) [1, 2].

Нами создан измерительный преобразователь влажности, в котором гигроскопический слой выполнен из полупроводниковой гетероструктуры.

Он состоит из подложки, выполняющей функции нижнего электрода и нижнего токоввода, гигроскопического слоя, представляющего собой гетероструктуру, состоящую из двух полупроводниковых слоев, нижнего слоя и верхнего слоя, имеющего плотную область и пористую область, верхнего электрода и верхнего токоввода.

В схеме влагомера преобразователь влажности выполняет роль нелинейной емкости, функционально зависящей от влагосодержания датчика. Полная емкость датчика влажности будет состоять из статической емкости плоского конденсатора, представляющего металлические электроды и слой диэлектрика – гигроскопический слой 1, 2, 3, и динамической емкости гетероструктуры, создаваемой на границе нижнего слоя и плотной области верхнего слоя гетероструктуры, которая пропорциональна концентрации ионизированных дефектов, т. е.

$$C_b \sim (N_1 \cdot N_2 / (U - U_k))^{1/2} \quad (2)$$

где N_1 , N_2 – концентрация ионизированных дефектов (примесей) соответственно в слое 1 и слое 2; U – напряжение смещения; U_k – контактная разность потенциалов.

При заданных значениях электрофизических параметров полупроводниковых слоев гетероструктуры максимальное изменение динамической емкости гетероструктуры от ее влагосодержания, наблюдается в случае, когда толщина нижнего слоя 1 гетероструктуры к плотной области 2 верхнего слоя равна соответствующей толщине области объемного заряда в каждом полупроводнике. При помещении преобразователя влажности в парогазовую среду происходит миграция паров влаги через верхний электрод вглубь гигроскопического слоя. Статическая емкость преобразователя влажности будет равна

$$C = S / (V_1 / \Sigma_1 + V_2 / \Sigma_2 + V_3 / \Sigma_3), \quad (2)$$

где S – эффективная площадь верхнего электрода 5; Σ_1 , Σ_2 , Σ_3 – диэлектрическая проницаемость слоев 1, 2, 3 и воды.

Из выражения (2) следует, что статическая емкость преобразователя влажности существенно зависят от составляющей V_3 / Σ_3 , т. е. от объемного содержания воды, причем возрастает с ее увеличением, поскольку $\Sigma_3 = 81 \gg \Sigma_1 \Sigma_2$. Поэтому для увеличения объемного содержания влаги в межэлектродном промежутке преобразователя верхний слой гетероструктуры выполнен из двух областей: плотной области 3, обеспечивающей высокую динамическую емкость гетероструктуры, и пористой области 3. С увеличением толщины пористой области 3 возрастает объемная доля влаги m_{gr} чувствительного слоя, что приводит к росту статической емкости датчика влажности, однако, это, в свою очередь, приводит к общему возрастанию диэлектрического слоя конденсатора и снижению его полной емкости,

а также ухудшению структурной связи между статической и динамической емкостями. Оптимизация выражения (2) показывает, что статическая емкость датчика влажности наиболее эффективно изменяется с ростом его влагосодержания, когда отношение толщины пористой области 3 к толщине плотной области 2 верхнего слоя гетероструктуры составляет 2:1.

С учетом особенностей работы преобразователя влажности его компоненты реализованы следующим образом. Подложка выполнена из материала, обладающего высокой электропроводностью и стойкостью к агрессивным средам, например, из алюминия. Гигрочувствительный слой выполнен гетероструктурой из широкозонных, высокоомных полупроводников ZnSe *n*-типа проводимости и ZnTe *p*-типа проводимости. Эти материалам выбраны по следующим причинам; во-первых, как ZnSe так и ZnTe обладают высокими диэлектрическими свойствами (для ZnSp – 108–1010 ом·см, $\text{tg}\delta \leq 0,06$; $\Sigma = 8,6$ для ZnTe $p = 107$ –108 ом·см; $\text{tg}\delta = 0,1$; $\Sigma = 10$); во-вторых, упомянутые материалы, как полупроводники, обладают низкой соответствующей концентрацией дефектов $N_g = 10^{13} \text{ см}^{-3}$. Для такой гетероструктуры толщина нижнего слоя 1 ZnSe составила 1,2 мкм и плотной области 3 верхнего слоя ZnTe гетероструктуры – 0,5 мкм.

Верхний электрод 5 преобразователя влажности так же, как и нижний выполнен из материала, также обладающего высокой электропроводностью и химической стойкостью к агрессивным средам, например, из алюминия. Во время работы преобразователя пары влаги мигрируют в его гигрочувствительный слой через слой верхнего электрода по всей поверхности. Инерционность преобразователя влажности определяется скоростью миграции влаги через слой его верхнего электрода. Поэтому для снижения инерционности верхний электрод выполнен в виде ячеистой структуры. С уменьшением толщины слоя верхнего электрода инерционность преобразователя снижается, однако, при этом значительно возрастает омическое сопротивление этого электрода, что приводит к возрастанию диэлектрических потерь, снижению чувствительности к неустойчивой работе. Изготовление верхнего электрода яче-

истой структурой позволяет существенно снизить инерционность датчика вследствие того, что влага будет мигрировать через более тонкие участки верхнего электрода, а металлическая сетка электрода, обладающая более высокой толщиной, снижает омическое сопротивление верхнего электрода и существенно повышает надежность его работы. Кроме того, с уменьшением толщины верхнего слоя растет суммарная масса влаги, мигрирующая вглубь гигрочувствительного слоя, что ведет к повышению чувствительности преобразователя.

Нижним токовводом преобразователя влажности является пассивная область нижнего электрода. Верхний токоввод выполнен из никеля толщиной 0,3 мкм. Он соединен с верхним электродом с помощью термокомпрессионной сварки или путем склеивания специальным составом, содержащим 40 % клеящего вещества и 60 % мелкодисперсного металлического порошка.

В схеме прибора для измерения влажности парогазовых сред (влагомера) преобразователь влажности включается в одно из плеч высокочувствительного задающего моста переменного тока. При воздействии парогазовой среды происходит миграция влаги через слой верхнего электрода внутрь гигрочувствительного слоя, в результате чего наступает изменение (приращение) полной емкости преобразователя влажности вследствие повышения суммарной диэлектрической проницаемости и роста динамической емкости гетероперехода за счет приращения $\Delta Q/\Delta U$.

При изменении емкости преобразователя влажности происходит разбалансировка моста и появление на входе регистрирующего прибора сигнала тем большего по величине, чем больше разбалансировка моста, которая прямопропорциональна изменению полной емкости преобразователя.

Чувствительность предлагаемого преобразователя влажности, выполненного структурой Al–ZnSe–ZnTe–Al по сравнению с аналогами повышается более, чем в четыре раза.

Литература

1. Берлинер, М. А. Измерения влажности. – М., 1993. – 240 с.
2. Патент Франции № 2160095.