

О. В. ОСАДЧУК, Л. В. КРИЛИК, М. В. ЄВСЄВА, О. О. СЕЛЕЦЬКА
Вінницький національний технічний університет
osadchuk69@mail.ru

МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ВОЛОГОСТІ З ЄМНІСНИМ ВОЛОГОЧУТЛИВИМ ЕЛЕМЕНТОМ НА ОСНОВІ СТИБІЙ АБО БІСМУТВМІСНИХ ДІОКСИМАТІВ НІКОЛУ (II)

Розроблено перетворювач вологості з ємнісним елементом в якому вологочутливий шар виготовлений на основі стибій або бісмутвмісних діоксиматів ніколу (II). Експериментально встановлено, що в діапазоні вологості 7 – 30% найчутливішим є перетворювач з ємнісним елементом, виготовленим на основі стибійвмісного діоксиду ніколу (II), що містить два атома стибію, чутливість якого складає 80 кГц/‰.

Ключові слова: перетворювач вологості, функція перетворення.

A. V. OSADCHUK, L. V. KRYLIK, M. V. EVSEEVA, O. O. SELETSKA
Vinnytsia National Technical University
osadchuk69@mail.ru

MICROELECTRONIC INVERTER HUMIDITY CAPACITIVE MOISTURE SENSITIVE ELEMENT BASED ON ANTIMONY OR BISMUTH DIOKSIMATOV NICKEL (II)

Abstract – The humidity sensor with a capacitive element wherein the moisture-sensitive layer is an antimony or bismuth dioksimatov nickel (II) are designed. The most sensitive humidity transducer is the transducer with capacitive sensitive element based on dioksimat nickel (II), with two atoms of antimony in the range of 7 – 30% of humidity. Its sensitivity is 80 kHz /‰ for this range.

Key words: humidity sensor, the conversion function.

Необхідність виконання даної роботи виникла насамперед тому, що існуючі аналогові перетворювачі мають ряд недоліків, які неможливо усунути традиційними способами, тому існує потреба у застосуванні нового підходу, а саме у дослідженні залежності реактивних властивостей напівпровідникових структур з від'ємним опором від впливу відносної вологості навколишнього середовища, що дало змогу застосувати частотний принцип та технологію мікроелектроніки у вирішенні існуючої проблеми. Використання частотного принципу роботи насамперед підвищує завадостійкість та точність, дає змогу отримати значно більші вихідні сигнали ніж амплітудні перетворювачі та покращити як метрологічні так і економічні показники таких пристроїв. Крім того, застосування ємнісного вологочутливого елемента значно розширить діапазон вимірювань, забезпечить високу надійність та низьку вартість при використанні мікроелектронної технології [1, 2].

Метою дослідження є розробка нового мікроелектронного перетворювача вологості з ємнісним вологочутливим елементом з широким діапазоном роботи в навколишньому середовищі (рис. 1).

Однак, розробку перетворювача вологості неможливо здійснити без дослідження залежності характеристик чутливого елемента від зміни вологості повітря, тому насамперед виникла необхідність в розробці фізико-математичної моделі вологочутливого елемента. Як вологочутливий шар, використано гетерометалеві комплексні сполуки – стибій або бісмутвмісні діоксиди ніколу (II), формули яких позначимо I – IV:

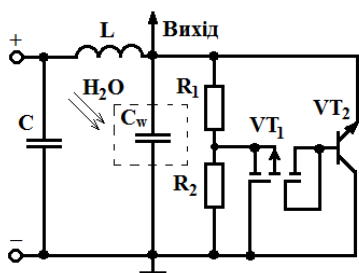
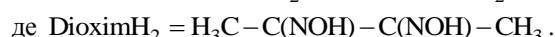
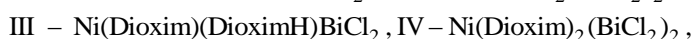
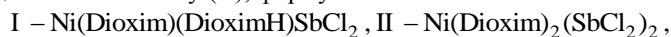


Рисунок 1. Електрична схема частотного перетворювача вологості

Методика синтезу та фізико-хімічні властивості сполук I – IV наведені в роботі [3]. Використані гетерометалеві комплексні сполуки I – IV практично нерозчинні в спиртах, ацетоні, бензені, погано розчинні в диметилформаміді і диметилсульфоксиді та є гігроскопічними і здатні змінювати забарвлення із зміною відносної вологості навколишнього середовища [3].

Експериментальні дослідження показали, що в діапазоні вологості від 7 до 27% найчутливішим є ємнісний елемент виготовлений на основі гетерометалевої комплексної сполуки II, яка містить два атома

стибію, чутливість якого складає 285 pF/%. В діапазоні відносної вологості 30 – 75% залежність ємності від відносної вологості практично лінійна, а чутливість набуває значення 135 pF/%. Що стосується діапазону 75 – 95%, то спостерігається різке зростання чутливості аж до 450 pF/% для всіх ємнісних елементів виготовлених на основі гетерометалевих комплексних сполук I – IV [4].

На основі перетвореної еквівалентної схеми визначено аналітичний вираз функції перетворення:

$$F_0 = \frac{C_w(W)C_{zc1}C_{zc2}C_k \pm \sqrt{H1+H2+H3}}{4\pi LC_w(W)C_{zc1}C_{zc2}C_k}, \quad (1)$$

де C_w – вологочутлива ємність, C_{zc} – ємність затвор-стік, C_k – ємність колекторного переходу,

$$H1 = C_w^2(W)C_{zc1}^2C_{zc2}^2C_k^2 + 4LC_w^2(W)C_{zc1}^2C_{zc2}^2C_k^2, \quad H2 = 4LC_w^2(W)C_{zc1}^2C_{zc2}^2C_k + 4LC_w(W)C_{zc1}^2C_{zc2}^2C_k^2,$$

$$H3 = 4LC_w^2(W)C_{zc1}^2C_{zc2}^2C_k^2.$$

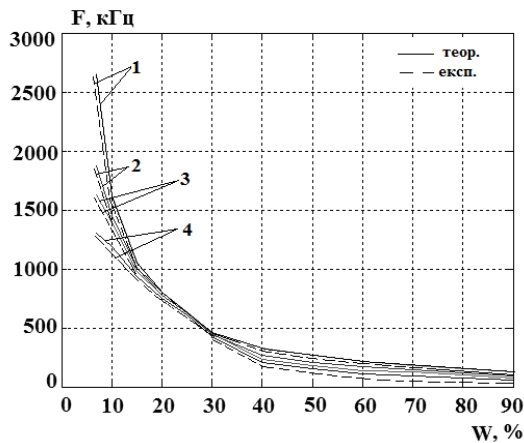


Рисунок 2. Залежності частоти генерації від відносної вологості перетворювача виготовленого на основі комплексних сполук: 1 – III; 2 – IV; 3 – I; 4 – II

На основі виразу (1) теоретично розрахована та експериментально досліджена функція перетворення перетворювача на основі біполярного та МДН транзисторів з ємнісним вологочутливим елементом на основі комплексних сполук, що подана на рис. 2.

Висновки

Розроблено математичну модель частотного перетворювача з ємнісним вологочутливим елементом на основі стибію або бісмутвмісних діоксиматів ніколу (II). Експериментально доведено, що природа гетерометалевої комплексної сполуки суттєво впливає на чутливість сенсора вологості та частотного перетворювача в цілому. На основі перетвореної еквівалентної схеми отримано аналітичні вирази для функції перетворення.

Експериментально встановлено, що в діапазоні вологості 7 – 30% найчутливішим є перетворювач з ємнісним елементом, виготовленим на основі стибіювмісного діоксиду ніколу (II), що містить два атоми стибію, чутливість якого складає 80 кГц/%.

Література

1. Реактивні властивості транзисторів і транзисторних схем : монографія [Текст] / [В. С. Осадчук, О. В. Осадчук]. – Вінниця : «УНІВЕРСУМ – Вінниця», 1999. – 275 с.
2. Сенсори вологості : монографія [Текст] / [В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик]. – Вінниця : «УНІВЕРСУМ – Вінниця», 2003. – 208 с.
3. Гандзий М. В. Сурьму- или висмутсодержащие диоксиматы никеля (II) или меди (II) / М. В. Гандзий, В. И. Цапков, Н. М. Самусь // Журнал неорганической химии. – 1991. – Т. 36, вып. 9. – С. 2297 – 2300.
4. Осадчук О. В. Ємнісні сенсори вологості на основі стибію або бісмутвмісних діоксиматів ніколу (II) / О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, М. В. Євсєєва // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 1(221). – С. 131 – 135.

References

1. Reakty`vni vlasty`vosti tranzy`storiv i tranzy`storny`x sxem : monografiya [Tekst] / [V. S. Osadchuk, O. V. Osadchuk]. – Vinny`cya : «UNIVERSUM – Vinny`cya», 1999. – 275 s.
2. Sensory` vologosti : monografiya [Tekst] / [V. S. Osadchuk, O. V. Osadchuk, L. V. Kry`ly`k]. – Vinny`cya : «UNIVERSUM – Vinny`cya», 2003. – 208 s.
3. Gandziy M. V. Surmu- ili vismutsoderzhaschie dioksimaty nikelya (II) ili medi (II) / M. V. Gandziy, V. I. Tsapkov, N. M. Samus // Zhurnal neorganicheskoy himii. – 1991. – T. 36, vyip. 9. – S. 2297 – 2300.
4. Osadchuk O. V. Yemnisni sensory` vologosti na osnovi sty`bij abo bismutvmisny`x dioksy`mativ nikolu (II) / O. V. Osadchuk, L. V. Kry`ly`k, M. V. Yevsyeyeva // Visny`k Xmel`ny`cz`kogo naci`onal`nogo universy`tetu. Texnichni nauky`. – 2015. – # 1(221). – S. 131 – 135.