

УДК 621.382:551.508

З.Ю. Готра¹, В.В. Григор'єв¹, О.М. Мельник¹, Д. Прошак²¹Національний університет "Львівська політехніка", кафедра електронних приладів²Жешувський технологічний університет, кафедра електронних систем, Польща**ВИКОРИСТАННЯ ПЛІВКОВИХ РОЗПОДІЛЕНИХ RC - СТРУКТУР
В СЕНСОРАХ ВОЛОГОСТІ****Z. Gotra¹, V. Grigoriev¹, O. Melnyk¹, D. Proszak²**¹Lviv Polytechnic National University, Electronic device dept.²Rzeszow technical university, Electronic systems dept.**THE APPLICATION OF THE FILM DISTRIBUTED RC-STRUCTURES IN
HUMIDITY SENSORS**

© Готра З.Ю., Григор'єв В.В., Мельник О. М., Прошак Д., 2001

Розглянуто питання використання фільтрів на основі розподілених RC-структур в сенсорах вологості. Як діелектрик в RC-структурі сенсорів використовується композиційний матеріал на основі полівінілового спирту з вкрапленнями алюмінієвими мікрочастинками. Змодельовано характеристики сенсорів з прямокутною тришаровою RC-структурою у вигляді фільтра нижніх частот, нульового фільтра та фільтра верхніх частот.

The application of filters on the base of distributed RC-structures in humidity sensors is considered in this paper. Composite material on the basis of polyvinyl alcohol with impregnated aluminum microparticles is used as dielectric in RC-structures. The characteristics of sensors with rectangular three-layers RC-structure as low-frequency filter, zero filter and high-frequency filter are simulated.

Вступ. На сьогодні існує багато видів сенсорів вологості, дія яких базується на зміні фізичних, хімічних та електричних характеристик вологочутливих матеріалів, які застосовуються як активні середовища. Мікроелектронні сенсори вологості виготовляються на основі напівпровідникових, тонко- та товстоплівкових технологій. На їх основі побудовані сенсори вологості ємнісного, імпедансного, електролітичного та напівпровідникового типів. В останні роки RC-структури використовуються в сенсорах фізичних величин, зокрема, температури та тиску (сили) [1, 2]. Принцип роботи таких сенсорів полягає у перетворенні вхідної неелектричної величини, яка вимірюється, в частоту вихідного сигналу. Перспективним, на наш погляд, є використання розподілених плівкових RC-структур для побудови сенсорів вологості. У цій роботі розглядаються питання використання в сенсорах вологості розподілених RC-структур з діелектричним композиційним матеріалом.

Структурна схема сенсора вологості на основі розподілених RC-структур. Структурна схема мікроелектронного сенсора вологості показана на рис. 1. Генератор, що перетворює вологість в частоту, складається з двох основних частин: фільтра на розподіленій RC-структурі та підсилювача. Під впливом вологості змінюється ємність фільтра на RC-структурі, що призводить до зміни вихідної частоти перетворювача. Як підсилювач в генераторах може використовуватись операційний підсилювач. Вимірювач вимірює зміну частоти і перетворює її у відповідну величину вологості, яка подається на індикатор.

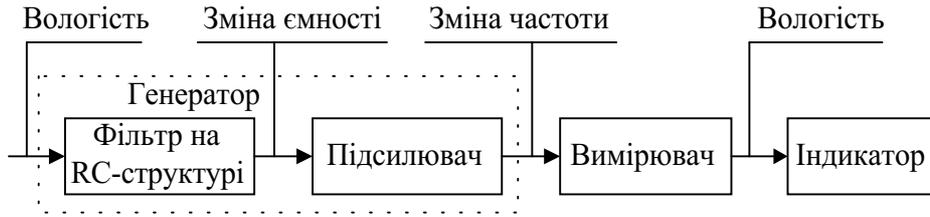


Рис. 1. Структурна схема сенсора вологості на RC-структурі

Особливості використання фільтрів на RC-структурах в сенсорах вологості.

RC-структури з розподіленими параметрами традиційно використовуються в мікросхемах як фільтри, елементи, що зсувають фазу, та елементи зворотного селективного зв'язку в активних фільтрах [3].

Найширше застосування знайшли такі типи RC-структур: так звана класична RC-структура, R-C-NR (N – сталий коефіцієнт) та C-R-NC (рис. 2). Класична RC-структура складається з провідникового, діелектричного та резистивного шарів. За конструктивно-технологічним виконанням структура R-C-NR подібна до плівкового конденсатора з високоомними обкладками. Структура C-R-NC складається з двох конденсаторів, які мають спільну обкладку з високоомного матеріалу. RC-структури можуть мати постійні (однорідні структури) або змінні по довжині конструкції погонні параметри.

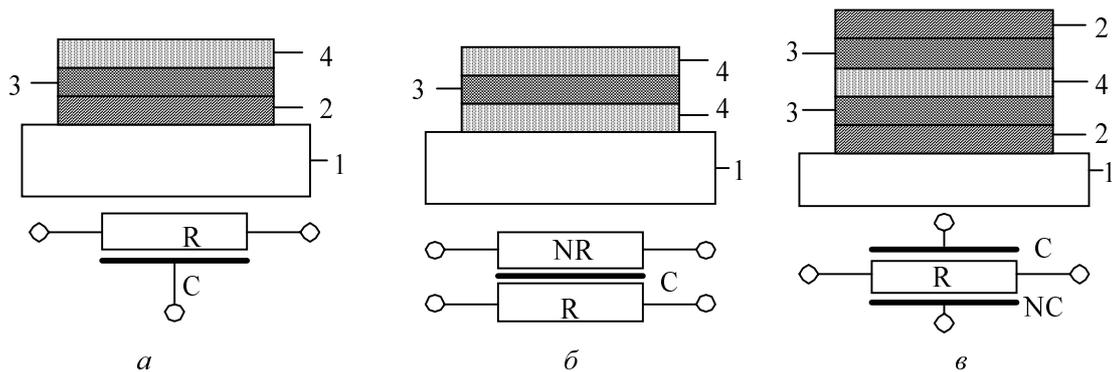


Рис. 2. Види RC-структур: а – класична RC-структура;
б – структура R-C-NR; в – структура C-R-NC;

1 – підкладка; 2 – провідниковий шар; 3 – діелектричний шар; 4 – резистивний шар

На основі розподілених плівкових RC-структур можна зrealізувати фільтри нижніх частот (ФНЧ), фільтри верхніх частот (ФВЧ) та так звані нульові фільтри [3]. До нульових фільтрів (НФ) відносяться вузькосмугові фільтри, в яких на деякій частоті коефіцієнт передачі дорівнює нулю. В НФ, крім RC-структури, використовуються додаткові зосереджені опір або ємність.

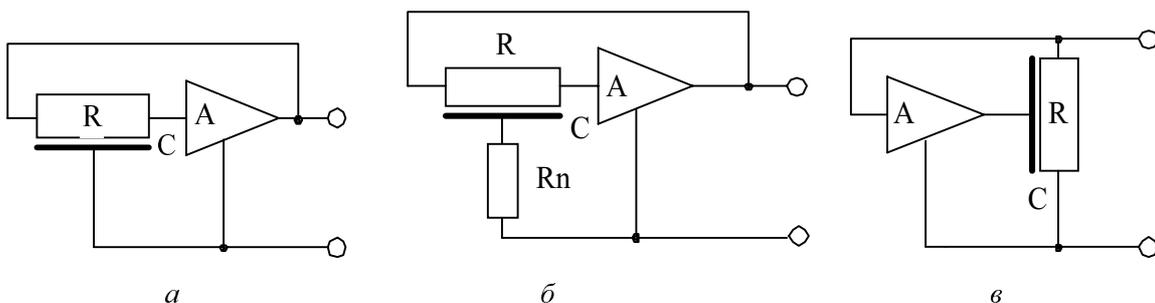


Рис. 3. Генератори з розподіленими RC-структурами у вигляді:
а – фільтра нижніх частот; б – нульового фільтра; в – фільтра верхніх частот

Для побудови генераторів з розглянутими фільтрами потрібно під'єднати RC-структуру у відповідне коло операційного підсилювача (рис. 3).

Результати досліджень. На рис. 4 показані характеристики коефіцієнтів передачі ФНЧ, НФ та ФВЧ, отримані за допомогою пакета MathCAD для прямокутної класичної RC-структури.

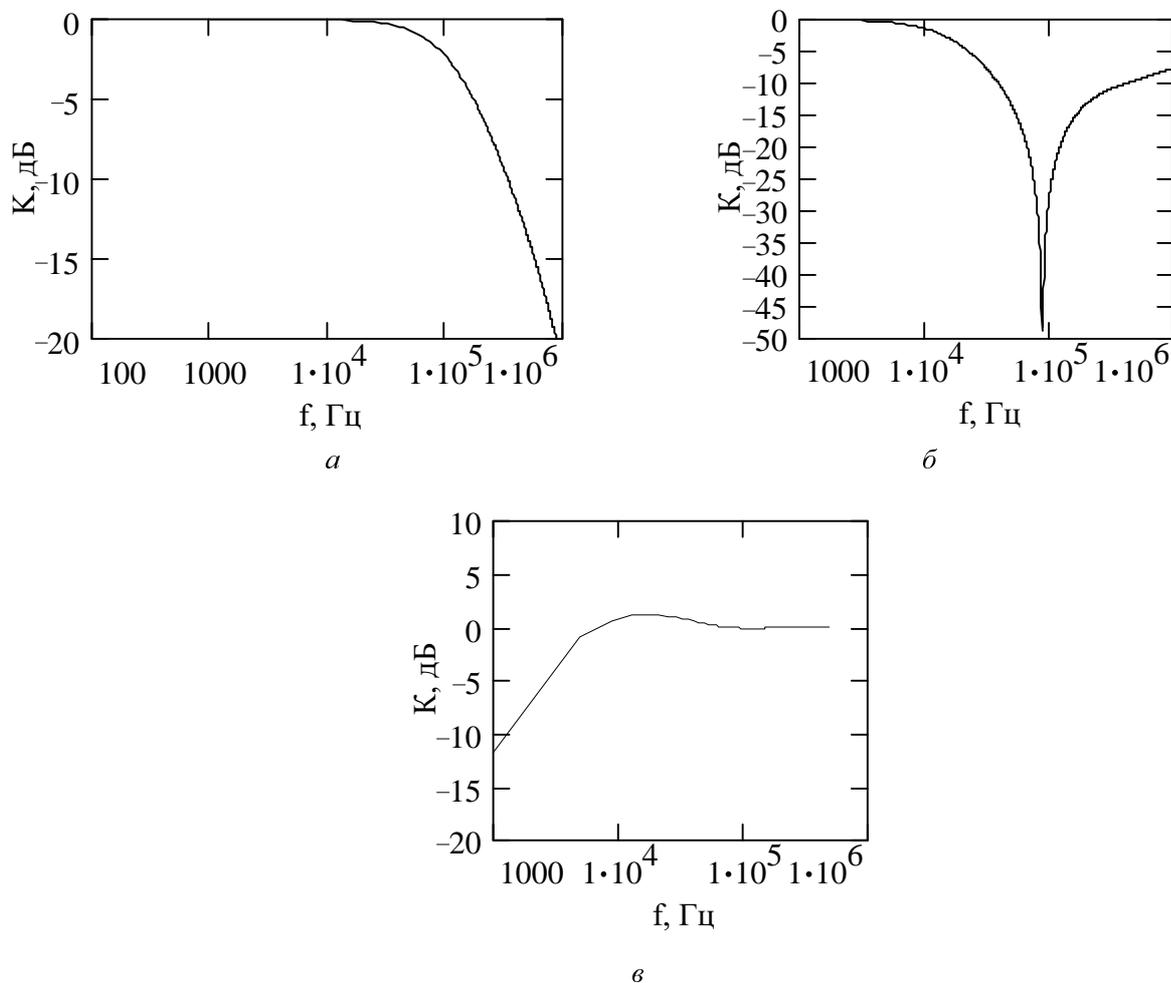


Рис. 4. Коефіцієнт передачі фільтрів з розподіленими RC-структурами:
а – фільтра нижніх частот; б – нульового фільтра; в – фільтра верхніх частот

Фільтри на RC-структурах є активними елементами сенсорів вологості. Як діелектрик у цих RC-структурах використовується композиційний матеріал, що складається з діелектричного вологочутливого матеріалу (полівінілового спирту), в об'ємі якого є металічні мікрочастинки (алюмінієва пудра) у завислому стані [4]. На рис. 5 показана експериментальна залежність ємності сенсора від відносної вологості на площі 1 см^2 . У полівініловий спирт додавалося від 5 до 15 вагових відсотків металічних мікрочастинок розміром 10 – 15 мкм. Із ростом кількості мікрочастинок зростає ємність чутливого елемента. Після 15 % погіршуються діелектричні властивості матеріалу.

При відсутності в середовищі вологи стан сенсора залишається незмінним, оскільки відстань між металічними мікрочастинками така, що робить неможливим їх безпосередній контакт. За наявності в середовищі вологи молекули води проникають у вологопроникний матеріал з металічними мікрочастинками, внаслідок чого стає можливий електричний кон-

такт між ними. Залежно від кількості поглинутої води, яка пропорційна вологості середовища, змінюється кількість металічних мікрочастинок, які контактують між собою. В результаті змінюється ємність і відповідно частота фільтрів на RC-структурі (рис. 6). Для ФНЧ та ФВЧ фіксувалася зміна частоти на рівні -3 дБ, для нульового фільтра – зміна нульової частоти сенсора. У таблиці наведені значення середнього та максимального відхилення характеристики сенсорів від лінійності, межі зміни частоти та середні значення чутливості для різних діапазонів вимірювання відносної вологості (для 10 % вмісту металічних мікрочастинок).

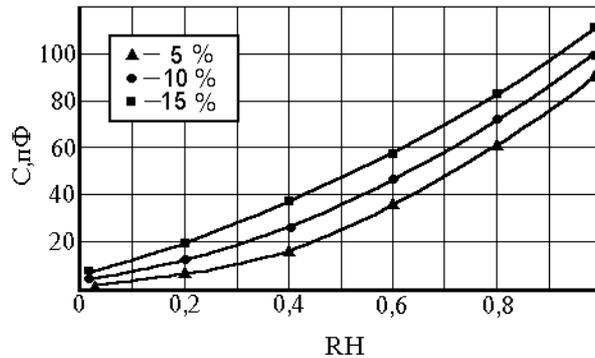


Рис. 5. Залежність ємності C від відносної вологості RH

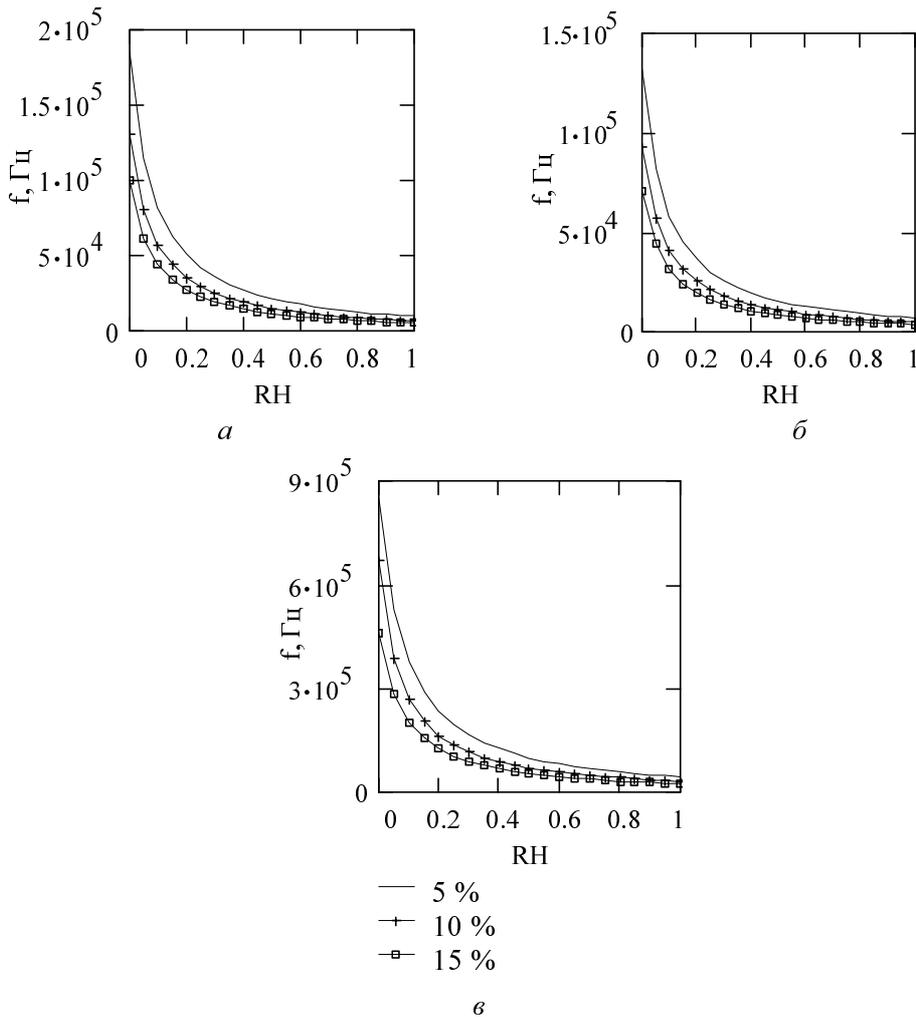


Рис. 6. Залежність частоти фільтра від відносної вологості: а – фільтра нижніх частот; б – фільтра верхніх частот; в – нульового фільтра

Висновки. Розглянуто можливість використання фільтрів на основі розподілених РС-структур для побудови сенсорів вологості, в яких вихідною величиною, що вимірюється, є частота. Як діелектрик у РС-структурі сенсора використовувався композиційний матеріал на основі полівінілового спирту з вкрапленими алюмінієвими мікрочастинками. Розроблено структурну схему сенсора вологості та описано основні технічні рішення.

Моделюванням характеристик сенсорів вологості з РС-структурами у вигляді фільтра нижніх частот, нульового фільтра та фільтра верхніх частот встановлено, що:

- найнижчі значення вихідної частоти та найвищу чутливість забезпечують сенсори з фільтрами верхніх частот;
- сенсори з нульовими фільтрами мають найвищі значення вихідної частоти та найменше відхилення від лінійності;
- за величиною відхилення характеристики від лінійності сенсори з фільтрами нижніх частот аналогічні до фільтрів нижніх частот, але мають дещо нижчу чутливість та вищі значення вихідної частоти;
- із збільшенням кількості металічних мікрочастинок у композиційному діелектрику зменшується частотний діапазон сенсорів на РС-структурах.

Характеристики сенсорів вологості на РС-структурах

Діапазон відносної вологості, %	Діапазон зміни частоти фільтра, кГц			Середнє відхилення від лінійності, %			Максимальне відхилення від лінійності, %			Середня чутливість в діапазоні, Гц / %		
	ФНЧ	НФ	ФВЧ	ФНЧ	НФ	ФВЧ	ФНЧ	НФ	ФВЧ	ФНЧ	НФ	ФВЧ
0 - 100	130.3-53.74	668.3-267.9	93.17-41	11	14.2	11	16.7	21.5	16.7	7297	4*10 ⁴	5.218
10 - 30	53.74-25.15	267.9-115.1	41-17.98	10.7	11.5	10.7	16.1	17.3	16.1	1609	7640	1151
30 - 100	25.15-6.792	115.1-31.08	17.98-4.86	26.8	25.9	26.8	40.4	39.7	40.4	262	1200	187
40 - 100	19.11-6.792	87.07-31.08	13.66-4.86	15.9	14.5	15.9	23.9	21.7	23.9	205	933	147
50 - 100	15.19-6.792	68.72-31.08	10.86-4.86	9.3	7.2	9.3	13.9	10.5	13.9	168	754	120
60 - 100	12.46-6.792	56.77-31.08	8.91-4.86	5.1	3	5.1	7.7	4.3	7.7	141	642	101
70 - 100	10.46-6.792	48.64-31.08	7.48-4.86	2.6	1.3	2.6	3.8	1.98	3.8	122	585	87
80 - 100	8.939-6.792	42.11-31.08	6.39-4.86	1	0.64	1	1.5	0.98	1.5	107	551	77
90 - 100	7.743-6.792	36.25-31.08	5.54-4.86	0.23	0.19	0.23	0.35	0.28	0.35	95	516	68

1. Potencki J. // Proc. of the 16-th International Spring Seminar on Electronic Technology, "Thick and thin film sensor", 25–28 April, 1993. – Szklarska Poreba. – P. 40–43. 2. Paszczyński S., Potencki J., Kalita W. // Towards an optimum construction. Sensor and Actuators, 1989. – 17. – P. 225–233. 3. Ермолаев Ю.П., Пономарев М.Ф., Крюков Ю.Г. Конструкции и технология микросхем. – М., 1980. 4. Gotra Z., Melnyk O., Grigoriev V., Bednarczyk A. // Proc. of the 4-th International Symposium on Microelectronic Technologies and Mikrosystem, 26–27 October, 2000, – Zwickau. – P. 121–126.