

ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ТИСКУ НА ОСНОВІ ДВОХСТОКОВИХ МДН ТЕНЗОТРАНЗИСТОРІВ

Анотація. В роботі досліджено схему частотний перетворювача тиску на основі польових транзисторів, в якому в якості первинного перетворювача тиску виступають двостокові МДН транзистори. Автогенераторна схема дозволяє перетворювати тиск у частотний вихідний сигнал, що покращує метрологічні характеристики пристрою. Розраховано і отримано аналітичні вирази для функції перетворення і функції чутливості. Чутливість пристрою складає 2,25-3,52 кГц/кПа.

Ключові слова: перетворювач тиску, двостоковий МДН тензотранзистор, від'ємний опір.

Abstract. We have studied the circuit pressure transducer based on field-effect transistors, wherein the pressure transducer acts two drain MOSFET tenzotranzistors. Self-oscillating circuit allows pressure to convert to a frequency output signal, which improves the characteristics of the metrological device. Calculated and analytical expressions for the conversion function and sensitivity functions. Sensitivity of the device is 2,25-3,52 kHz/kPa.

Keywords: pressure transducer, two drain MOSFET tenzotranzistor, negative resistance.

Вдосконалення систем комп'ютеризованого автоматичного контролю різними об'єктами і процесами багато в чому визначається досягненнями в області радіовимірювальних перетворювачів. Проблема створення системи уніфікованих твердотільних перетворювачів з високими метрологічними характеристиками і вихідним сигналом, перетвореним у форму коду з незначними похибками дуже актуальна. Одним із перспективних шляхів її вирішення можна вважати використання реактивних властивостей напівпровідникових структур для побудови частотних первинних вимірювальних перетворювачів різних фізичних величин, зокрема тиску [1, 2]. У даний час недостатньо вивчені фізичні механізми, що протікають в транзисторній структурі з від'ємним опором. Ці питання мають актуальність для розвитку напівпровідникових радіовимірювальних перетворювачів "тиск-частота" на транзисторних структурах з від'ємним опором.

Розроблено частотний перетворювач тиску. Схема перетворювача складається з двох двостокових МДН тензотранзисторів. Активна складова повного опору на електродах стік-стік транзисторів VT1 і VT2 має від'ємне значення, а реактивна складова має ємнісний характер. Підключення зовнішньої індуктивності до електродів стік-стік транзисторів VT1 і VT2

дозволяє створити генератор електричних коливань, частота генерації якого залежить від зміни тиску (рис.1) [3, 4].

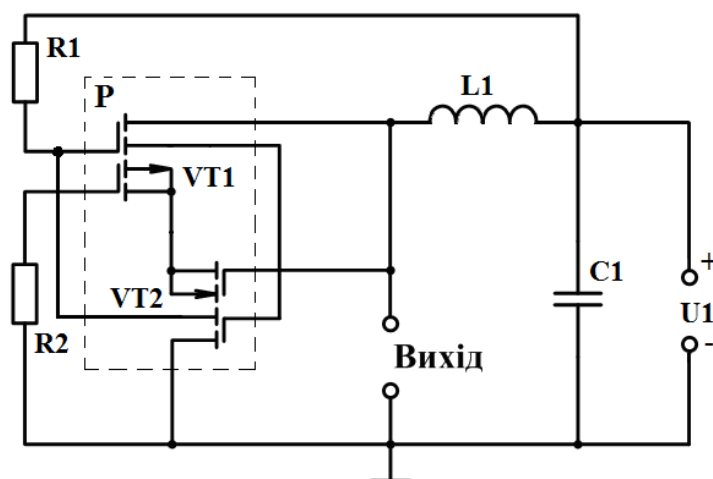


Рисунок 1 – Схема частотного перетворювача тиску

У даному перетворювачі в якості чутливого елементу використано двостокові тензочутливі МДН транзистори, які розміщені на кремнійовій мембрані. Двостокові МДН тензотранзистори розташовуються на згині профільованої кремнієвої мембрани, що перетворює рівномірно розподілене по поверхні мембрани навантаження в одноосову пружну деформацію розтягнення (стиску) її центральної частини в кристалографічному напрямку $\langle 110 \rangle$. З чутливим елементом на основі двостокового тензочутливого МДН транзистора було проведено експериментальні дослідження, що дали можливість отримати залежність частоти генерації перетворювача від зміни тиску.

Функція перетворення, тобто залежність частоти генерації від зміни тиску, визначається на основі нелінійної еквівалентної схеми радіовимірювального перетворювача. Аналітичний вираз функції перетворення має вигляд

$$F_0 = \frac{\sqrt{2} \sqrt{\frac{A_1 - \sqrt{A_1^2 + 4L_1 C_{GD1}(P) R_{DS1}^2(P) C_{GS2}^2(P)}}{L_1 C_{GD1}(P) R_{DS1}^2(P) C_{GS2}^2(P)}}}{4\pi}, \quad (1)$$

де $A_1 = R_{DS1}^2(P) C_{GD1}(P) C_{GS1}(P) + R_{DS2}^2(P) C_{GS2}^2(P) - L_1 C_{GD2}(P)$,

L_1 – зовнішня пасивна індуктивність; C_{GD} – ємність затвор-стік тензочутливого транзистора VT1 і VT2; C_{GS} – ємність затвор-витік тензочутливого транзистора VT1 і VT2; R_{DS} – опір витік-стік тензочутливого транзистора VT1 і VT2; P – тиск.

Як видно з графіка, чутливість і лінійність функції перетворення зростають з підвищенням напруги живлення. Існують оптимальна величина напруги живлення, яка складає 5 В.

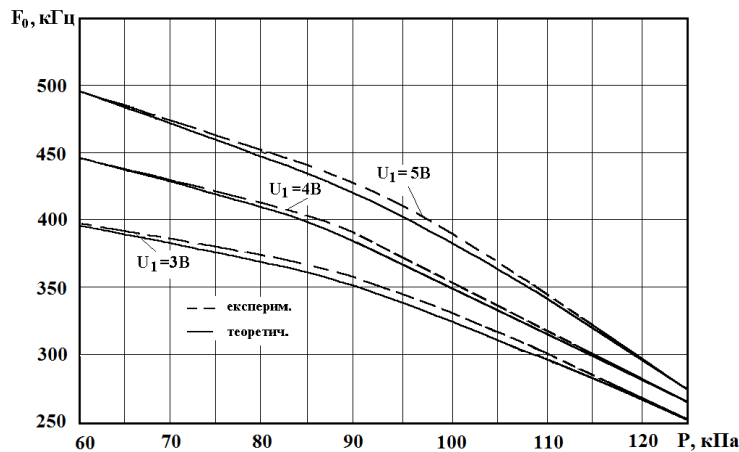


Рисунок 2 – Теоретичні і експериментальні залежності частоти генерації від зміни тиску

Адекватність розробленої моделі в порівнянні з експериментом визначається у вигляді відносної похибки і не перевищує $\pm 2,5\%$. Чутливість перетворювача на частоті 500 кГц при напрузі живлення 5 В складає 3,52 кГц/кПа.

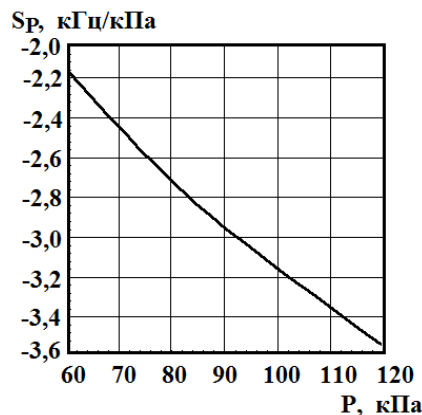


Рисунок 3 – Залежність чутливості від тиску

На основі експериментальних досліджень встановлено, що частота генерації змінювалась від 498 кГц до 274 кГц при зміні тиску від 60 кПа до 120 кПа. Чутливість перетворювача складає 2,25...3,52 кГц/кПа.

Література

1. Мікроелектронні сенсори фізичних величин. За редакцією З.Ю.Готри. В 3 томах. – Львів: Ліга-Прес, 2003. Т.2. – 595 с.
2. Осадчук В.С., Осадчук О.В. Реактивные свойства транзисторов и транзисторных схем / ВС Осадчук, ОВ Осадчук. – Винница: «Универсум-Винница», 1999. – 276 с.
3. Осадчук А.В. Микроэлектронные частотные преобразователи на основе транзисторных структур с отрицательным сопротивлением / АВ Осадчук – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 2000. – 302 с.
4. Osadchuk A.V., Osadchuk I.A. Frequency transducer of the pressure on the basis of reactive properties of transistor structure with negative resistance // Proceedings of the 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). 21-23 May 2015. Omsk. DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147168