

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ БІПОЛЯРНИХ ТЕНЗОЧУТЛИВИХ ТРАНЗИСТОРІВ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

В роботі розглянуто можливість оптимізації параметрів біполярних тензочутливих транзисторів для створення радіовимірювальних перетворювачів тиску з частотним вихідним сигналом. Отримано аналітичні вирази для абсолютної та відносної частотних тензочутливостей.

**Ключові слова:** перетворювач тиску, від'ємний опір, тензочутливість.

### Annotation

The paper considers the possibility of optimizing the parameters of bipolar tensosensitivity transistors to generate strain-sensing pressure transducers of radiomeasure frequency output signal. The analytical expressions for the absolute and relative frequency tensosensitivity.

**Keywords:** pressure transducer, a negative resistance tensosensitivity.

### Вступ

Сучасний рівень розвитку інформаційно-вимірювальної техніки характеризується різноманітністю методів перетворення первинної вимірюваної величини в електричний сигнал. Застосування частотного сигналу в якості інформативного параметру первинних вимірювальних перетворювачів, зокрема перетворювачів тиску, супроводжується високою завадостійкістю передачі, простотою та значною точністю перетворення в цифровий код, зручністю комутації в багатоканальних інформаційно-вимірювальних системах, можливістю відмовитися від застосування аналого-цифрових перетворювачів для обробки вихідного сигналу, що покращує економічні показники вимірювальних пристроїв контролю та керування [1, 2]. Перспективним напрямком вирішення задачі є розробка частотних перетворювачів на основі транзисторних структур, в яких за рахунок позитивних зворотних зв'язків виникає диференційний від'ємний опір.

### Результати дослідження

Дія тиску на вертикальні біполярні транзистори проявляється у викривленні траєкторії інжектованих носіїв заряду, що викликає збільшення ефективної довжини бази і відхилення частини носіїв заряду від колектора. Роль останнього ефекту зростає із зменшенням ширини емітера і колектора, що забезпечує зростання чутливості до тиску. Найменша площа взаємного перекриття площини емітера і колектора, яка визначається глибиною дифузії домішок, досягається у латеральній конструкції тензотранзистора, тому вона має найбільшу тензочутливість [3]. При дії тиску з напрямком, який перпендикулярний до мембрани на якій розташований тензотранзистор, носії заряду відхиляються від поверхні бази при цьому їх шлях до колектору збільшується, а при протилежному напрямку – зростає, що викликає зміну параметрів тензотранзистора. Інтегральним параметром тензочутливих транзисторів є його абсолютна частотна тензочутливість

$$S_A = \frac{dF_0}{dP} = -\frac{F_0}{2C_{екв}(P)} \frac{dC_{екв}(P)}{dP}, \quad (1)$$

де  $F_0$  – частота генерації,  $C_{екв}(P)$  – еквівалентна ємність коливального контуру,  $P$  – тиск. Відносна чутливість визначається на основі виразу (1)

$$S_{F_0} = \frac{1}{F_0} \frac{dF_0}{dP} = -\frac{1}{2C_{екв}(P)} \frac{dC_{екв}(P)}{dP}. \quad (2)$$

Аналіз формули (1) і (2) показує, що для досягнення максимальної тензочутливості необхідно отримати мінімальне значення  $C_{екв}(P)$ , а також максимальну зміну її швидкості від дії тиску. Еквівалентна ємність коливального контуру генератора визначається дифузійною і бар'єрною ємностями біполярного тензочутливого транзистора, причому основну роль відіграє дифузійна ємність. У свою чергу, дифузійна ємність пропорційна концентрації інжектіваних носіїв заряду у базову область, на яку діє тиск. Коефіцієнтом впливу тиску на розподіл концентрації інжектіваних носіїв заряду є параметр анізотропії [4]. Аналіз роботи тензочутливого транзистора проводиться при таких припущеннях: по-перше, в базовій області існує низький рівень інжекції, коли концентрація інжектіваних носіїв заряду значно менша від концентрації основних; по-друге, параметр анізотропії  $|a| \ll 1$ , що відповідає дії слабкого тиску на транзистор.

### Висновки

В роботі розглянуто можливість оптимізації параметрів біполярних тензочутливих транзисторів для створення радіовимірювальних перетворювачів тиску з частотним вихідним сигналом. Отримано аналітичні вирази для абсолютної та відносної частотних тензочутливостей.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шмидт Н. Измерительные преобразователи давления и температуры / Н. Шмидт // Экспресс- информация: Контрольно-измерительная техника. – М. : ВИНТИ. – 1990. – № 23. – С. 5–10.
2. Верчутский Р. Состояние и тенденции развития пьезорезисторных преобразователей давления / Р. Верчутский // Экспресс-информация: Контрольно-измерительная техника. – М. : ВИНТИ. – 1990. – № 30. – С. 13–17.
3. Осадчук О.В. Деформаційні ефекти у напівпровідникових структурах / О.В. Осадчук, Я.О. Осадчук // Вісник Хмельницького національного університету, №2, 2014 (211). – С.146-150.
4. Осадчук О.В. Теоретичні основи деформаційного ефекту в МДН-транзисторних структурах / О.В. Осадчук, Я.О. Осадчук // Нові технології, № 3-4 (41-42) – 2013. Науковий вісник КУЕІТУ. – С. 64-72.

**Ярослав Олександрович Осадчук** — аспірант кафедри радіотехніки, факультет Радіотехніки, зв'язку та приладобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: yaroslav.osa@mail.ru;

Науковий керівник: **Олександр Володимирович Осадчук** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Osadchuk Yaroslav A.** — postgraduate student Department of Radio Engineering, Faculty for Radio Engineering, Telecommunication and Electronic Instrument Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: yaroslav.osa@mail.ru;

Supervisor: **Osadchuk Alexander V.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.