

4. Реалізація термоелементів на основі $Zr_{1-x}Er_xNiSn$. Із наведеного вище випливає, що досліджені інтерметалічні напівпровідники можуть бути використані як чутливі елементи електрорезистивних та термоелектричних термометрів, а на рис. 7 наведені функції перетворення таких термоелементів у діапазоні 80÷400 К. З рис. 7, б видно, що залежно від концентрації домішки можуть бути реалізовані термоелектричні термоелементи обох знаків.

Робота виконана відповідно до гранту Міністерства освіти і науки України № 0109U001151.

1. Ромака В.А. Фізичні засади розроблення термометричних елементів на основі інтерметалічних напівпровідників: Автореф. дис. ... д.т.н. / НУ

“Львівська політехніка”. – Львів, 2008. – 37 с. 2. Ромака В.А., Fruchart D., Ромака В.В., Hlil E.K., Стадник Ю.В., Гореленко Ю.К., Аксельруд Л.Г. Особенности структурных, электрокинетических и магнитных свойств сильнолегированного полупроводника $ZrNiSn$. Акценторная примесь Dy // Физ. и техн. полупр. – 2009. – Т.43, вып. 1. – С.11–17. 3. Григорович В.К. Металлическая связь и структура металлов. – М.: Наука, 1988. 4. Uher C., Yang J., Hu S., Morelli D.T., Meisner G.P. Transport Properties of pure and doped $MNiSn$ ($M = Zr, Hf$) / Phys. Rev. B. – 1999. – Vol. 59, № 13. – P. 8615–8621. 5. Шкловский Б.И., Эфрос А.Л. Электронные свойства легированных полупроводников. – М.: Наука, 1979.

УДК 621.317

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КВАРЦОВОГО ЄМНІСНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

© Володимир Рак, Роман Байцар, 2010

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра метрології, стандартизації та сертифікації, вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Розроблено математичну модель номінальної статичної характеристики ємнісного кварцового вимірювального перетворювача при його сумісній роботі із серійним перетворювачем напруга–частота. Здійснено експериментальну перевірку цієї моделі та визначено межі її застосування. Запропоновано способи лінеаризації номінальної статичної характеристики та розширення діапазону вимірювань перетворювача.

Разработано математическую модель номинальной статической характеристики емкостного кварцевого измерительного преобразователя при его совместной работе с серийным преобразователем напряжение–частота. Произведено экспериментальную проверку этой модели и определены границы её использования.

Предложены пути линейаризации номинальной статической характеристики и расширения диапазона измерений преобразователя.

The mathematical model of the nominal static characteristic of the quartz capacitance transmitter at his joint work with the serial converter voltage-frequency is created. There made the experimental verification of this model and defined the borders of its use. Linearization ways nominal static characteristic and widening the borders of the measurement of the converter are proposed.

Постановка проблеми. Кожен десятий виготовлений у світі сенсор – ємнісний [1]. Такі сенсори характеризуються надійністю, малою споживаною потужністю, високою роздільною здатністю, широким діапазоном вимірювання, хорошою відтворюваністю. Чутливим елементом (ЧЕ) ємнісного сенсора є електричний конденсатор, ємність якого змінюється зі зміною вимірюваної величини (внаслідок зміни пара-

метрів конденсатора). Переміщення електродів конденсатора або зміна діелектрика між ними дає змогу виміряти лінійні переміщення, зсув, кут, проміжок, прискорення, механічні коливання, зусилля, тиск, товщину шару діелектрика, рівень заповнення рідини.

У разі зміни відстані між рухомими обкладками вимірюються лінійні переміщення, інтервал, коливання. Через зміну площі перекривання обкладок

можна вимірювати кути, переміщення, а діелектрика між обкладками – товщину плівок, склад матеріалів, товщину покриттів або рівень рідини.

Для зменшення впливу зовнішніх електричних полів обкладки чутливого елемента екранують (рис. 1), але тоді між його обкладками та екраном виникають небажані паразитні ємності.

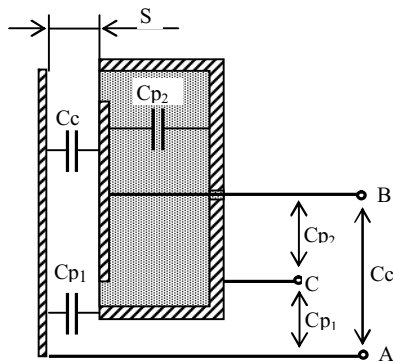


Рис. 1. Екранування чутливого елемента ємнісного сенсора: C_c – ємність чутливого елемента, C_{p1} та C_{p2} – паразитні ємності

На практиці контакти А та С з’єднують один з одним, а потім під’єднують до потенціалу корпусу. Внаслідок цього ємність C_{p1} не діє, але діє паразитна ємність C_{p2} , що зменшує чутливість сенсора.

Аналіз останніх публікацій. ЧЕ перетворювача, виготовлений з металу [1, 2], сьогодні не може забезпечити необхідної точності вимірювань. Це пов’язано з незадовільними пружними властивостями металів, їх гістерезисом, релаксацією, повзучістю, часовою нестабільністю [3].

До перспективніших матеріалів можна зарахувати кварц та кремній [4]. Пружні елементи з таких матеріалів мають практично ідеальні й стабільні в часі властивості [5]. Ще одна перевага кварцу – відсутність гістерезису при механічних, температурних та електричних впливах. Йому властивий один із найменших температурних коефіцієнтів лінійного розширення (ТКЛР), який дорівнює $5 \cdot 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$. Кварц може бути стійким при зростанні температури до 1500°C . Термостійкість та малий ТКЛР кварцу забезпечують роботу чутливих елементів, виготовлених із нього, в широкому діапазоні температур.

Кварцові ємнісні сенсори можуть застосовуватись у таких галузях промисловості, як атомна енергетика,

металургія, залізничний та авіатранспорт, нафтогазова, нафтопереробна, ракетно-космічна, бурова.

Формування цілей статті. Сенсор – це конструктивно завершений пристрій, розміщений безпосередньо в зоні досліджуваного об’єкта. До складу сенсора може входити низка вимірювальних перетворювачів. Такі перетворювачі здійснюють перетворення однієї фізичної величини на іншу.

Функції перетворення окремих однотипних вимірювальних перетворювачів відрізнятимуться одна від одної, тому кожен окремих перетворювач матиме індивідуальну функцію перетворення. Як узагальнена характеристика вимірювальних перетворювачів цього типу приймається їх усереднена функція перетворення, яку присвоюють і окремому перетворювачу. Така функція отримала назву номінальної статичної характеристики (НСХ) перетворювача [6].

Метою статті є розроблення математичної моделі НСХ ємнісного кварцового перетворювача, експериментальна перевірка її достовірності та визначення діапазону вимірювань, в якому цю модель можна застосовувати. Це дасть можливість прогнозувати поведінку вимірювальних перетворювачів під час їх проектування.

Виклад основного матеріалу. В нашому випадку вимірювальним перетворювачем здійснюється перетворення ємності на частоту. Для такого перетворення застосовано серійну мікросхему М1143ПП1 [7], яка виконує перетворення напруги на частоту. Спрощена функціональна схема перетворювача показана на рис. 2.

Основними елементами такого перетворювача є інтегратор, компаратор, позначений як схема порівняння, одновібратор G, аналогові ключі К і джерело струму.

Принцип дії цього перетворювача описано у [8]. В такому перетворювачі вхідна аналогова напруга пропорційна до вихідної частоти імпульсів. У нашому випадку вхідний рівень сигналу зафіксований напругою U_{on} , а частота повторення імпульсів буде визначатися зміною ємності C_{inm} , яка є ємністю сенсора

$$f = \frac{i_{ex} i_{djc}}{(i_{djc} + i_{ex}) U_{inm} C_{inm}}, \quad (1)$$

де i_{ex} – вхідний струм перетворювача напруга-частота, визначається як $i_{ex} = \frac{U_{on}}{R_{ex}}$; i_{djc} – струм джерела струму;

U_{inm} – максимальна напруга на виході інтегратора.

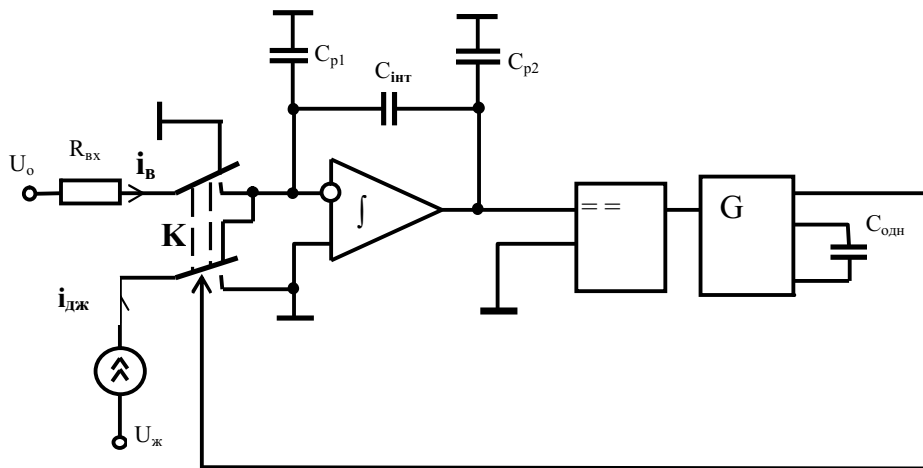


Рис. 2. Функціональна схема перетворювача напруга – частота

Якщо $C_{інт} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$, то

$$f = \frac{i_{вх} i_{дж}}{(i_{дж} + i_{вх}) U_{інт}} \cdot \frac{d}{\epsilon\epsilon_0 S}, \quad (2)$$

де ϵ_0 – діелектрична проникність вакууму, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{Ф/А}$; ϵ – відносна діелектрична проникність повітря, $\epsilon = 1$; S – площа обкладок сенсора; d – відстань між обкладками.

З формули (2) видно, що частота перетворювача прямо пропорційна до відстані між обкладками сенсора d . Математична залежність (2) моделює його роботу в ідеальних умовах, однак насправді неможливо позбутись паразитних ємностей. C_{p1} не впливає істотно на роботу перетворювача тому, що одна обкладка конденсатора під'єднана до корпусу, а друга до інвертуючого входу інтегратора. Напругу на такому вході можна вважати такою, що дорівнює нулю. Оскільки напруга між обкладками конденсатора C_{p1} є близькою до нуля, то заряд на ньому не може виникнути.

Одна з обкладок ємності C_{p2} під'єднана до корпусу, а друга до виходу інтегратора. Напруга на виході інтегратора зростає від 0 до 12В, тобто між обкладками такого конденсатора виникатиме заряд і протікатиме струм. Ліва обкладка $C_{інт}$ під'єднана до інвертуючого входу і її потенціал дорівнює нулю. Права обкладка $C_{інт}$ як і обкладка C_{p2} під'єднана до виходу операційного підсилювача. Таке під'єднання можна вважати паралельним. Для того щоб промоделювати вплив ємності C_{p2} на роботу перетворювача, запишемо період частоти T як

$$T = \frac{1}{f} = \frac{(i_{дж} + i_{вх})}{i_{дж} \cdot i_{вх}} U_{інт} (C_{інт} + C_{p2}). \quad (3)$$

Пам'ятаючи, що $C_{інт} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{(i_{дж} + i_{вх})}{(i_{дж} \cdot i_{вх})} U_{інт} \left(\frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} + C_{p2} \right) = \frac{(i_{дж} + i_{вх})}{(i_{дж} \cdot i_{вх})} U_{інт} \frac{(\epsilon\epsilon_0 S + C_{p2} d)}{d},$$

або

$$f(d) = \frac{i_{дж} i_{вх}}{(i_{дж} + i_{вх}) U_{інт}} \frac{d}{(\epsilon\epsilon_0 S + C_{p2} d)}. \quad (4)$$

Для перевірки математичної моделі за експериментальними даними побудовано графік (лінія F_1 рис. 3).

На графіку наведено дві лінії – $f_{пер1}$ та $f_{пер}$. Прямая $f_{пер}$ показує, як би могла залежати частота перетворювача за відсутності паразитної ємності C_{p2} .

Лінія $f_{пер1}$ ілюструє функцію перетворення, обчислену за формулою (4). На графіку видно, що від відстані 272 мкм до 1750 мкм теоретична крива практично збігається з експериментальною. За більших відстаней теоретична крива відхиляється вниз від експериментальної. Це означає, що експериментальне значення частоти за таких відстаней більше від теоретичного. Таке збільшення частоти зумовлене зменшенням ємності $C_{інт}$ через створення електричного поля на краях обкладок конденсатора (рис. 4).

Доволі значна початкова відстань (272 мкм) між обкладками (рис 5) пояснюється їх кривизною. Чим вона більша, тим більше усереднене значення відстані відрізняється від мінімального, а перетворювач напруга–частота працює за усередненим значенням.

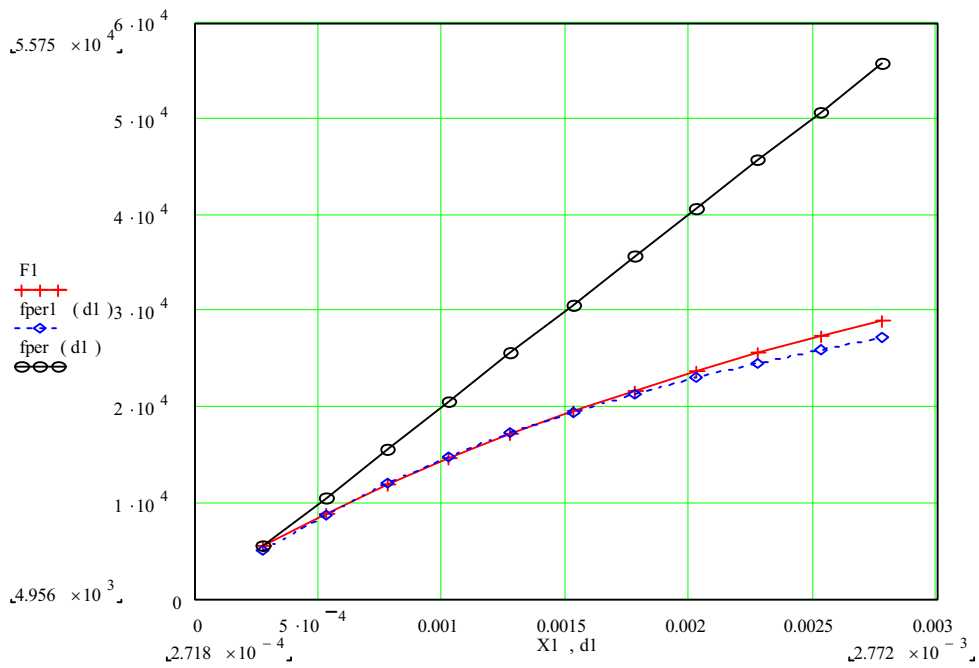


Рис. 3. Експериментальна та теоретичні функції перетворення

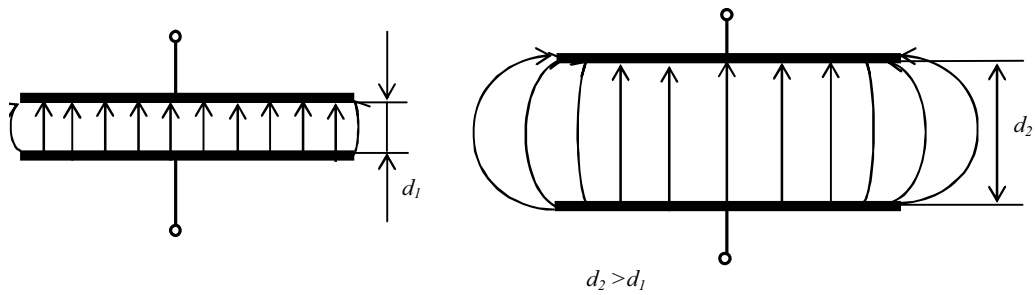


Рис. 4. Створення електричного поля на краях обкладок сенсора

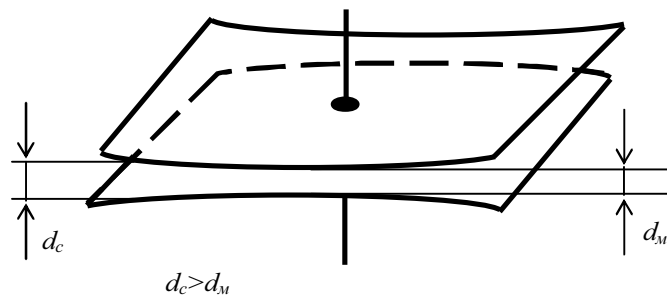


Рис. 5. Вплив кривизни поверхонь обкладок на усереднене значення відстані

Висновки. З огляду на (4) можна зробити висновки, що основною причиною нелінійної залежності частоти від відстані є ємність C_{p2} . Чим меншою буде ця ємність, тим лінійнішою буде НСХ. Зменшити її можна, застосувавши діелектрик із меншою відносною діелектричною проникністю між C_{int} та екраном або збільшивши відстань між ними.

Зменшенням усередненого значення відстані між обкладками конденсатора можна розширити діапазон вимірювання перетворювача. За допомогою шліфування та полірування поверхонь обкладок C_{int} можна зменшити мінімальне усереднене значення відстані між ними так, що воно буде вимірюватись десятками мікрон.

За рахунок зближення обкладок C_{int} буде менше спотворюватись електричне поле на краях конденсатора, тобто розшириться і верхня межа вимірювань.

1. Ємнісні сенсори / Р.І. Байцар, С.С. Варшава, Ю.Ю. Радченко – Львів: Видавництво ЛьвЦТТЕІ, 2002 – 63 с.
2. Електричні вимірювання електричних та неелектричних величин / Під ред. Є. С. Поліщука. – К.: Вища школа, 1978. – 351 с.
3. Осадчий Е.П. Проектирование датчиков для измерения механических величин. – М.: Машиностроение, 1979. – 480 с.
4. Андреева Л. Упругие элементы приборов – М.: Машиностроение, 1981. – 392 с.
5. Малов В.В. Пьезорезонансные датчики. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 272 с.
6. Датчики: Справочник / Под ред. З.Ю. Готры, О.И. Чайковского. – Львов: Каменяр: 1996. – 311 с.
7. Изделия электронной техники. Цифровые микросхемы. Микросхемы памяти. Микросхемы ЦАП и АЦП: Справочник / Под ред. А.И. Ладика и А.И. Сташкевича. – М.: Радио и связь, 1994. – 248 с.
8. Хоровиц П. Хилл У. Искусство схемотехники / В двух томах. – М.: Мир, 1983. – Т 2. – 590 с.

УДК 536.532

КОРОЗИЙНА СТІЙКІСТЬ МЕТАЛЕВИХ АМОРФНИХ СТОПІВ ТА МЕТРОЛОГІЧНА НАДІЙНІСТЬ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НА ЇХ ОСНОВІ

© Емілія Маньковська, Пилип Скоропад, Арсен Семенистий, 2010

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра інформаційно-вимірювальних технологій,
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Здійснено аналітичний огляд типових видів і методів досліджень та класифікацію основних показників оцінки активності процесу корозії матеріалів. Проаналізовано антикорозійну відпірність матеріалів у різних структурних станах. Розвинено методику експериментальних досліджень процесу корозії термометричних матеріалів. Розглянуто основні проблемні аспекти прогнозування метрологічної надійності термоперетворювачів на основі металевих аморфних стопів.

Выполнен аналитический обзор типичных видов и методов исследований и классификация основных показателей оценивания активности процесса коррозии материалов. Проанализирована антикоррозионная стойкость материалов в различных структурных состояниях. Развита методика экспериментальных исследований процесса коррозии термометрических материалов. Рассмотрены основные проблемные аспекты прогнозирования метрологической надежности термопреобразователей на основе металлических аморфных сплавов.

Provided analytical review of typical investigation kinds and methods and classification of main indices of estimate of material corrosion process. Analyzed corrosion resistance of materials in different structural states. Developed methodology of experimental investigation of thermometric materials corrosion process. Considered the main problem aspects of metrological reliability of thermal converters on the base of metallic amorphous alloys.

Вступ. Як уже зазначалося раніше [1], металеві аморфні стопи (МАС) є перспективними матеріалами

для реалізації на їх основі чутливих елементів (ЧЕ) термоперетворювачів для вимірювання температури, а