

рошо согласуются с теоретическими применительно к механизму Пула–Френкля [3].

Электронные токи, протекающие через пленки, экспоненциально растут с увеличением температуры рис. 3. В области низких температур (<200 К) этот рост незначителен, а энергия активации проводимости не превышает 0,03 эВ. При температурах выше 300 К наблюдается резкое увеличение тока с ростом температуры при изменении энергии активации до 0,35 эВ.

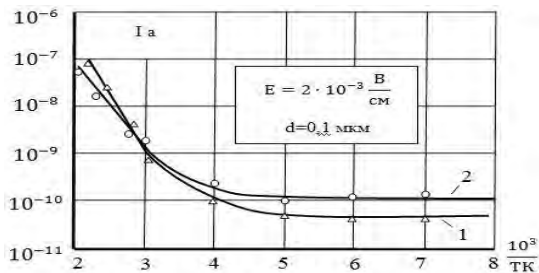


Рисунок 3 – Температурные зависимости тока для структур $Si-Si_3N_4-Al$ (1), $Si-Al_2O_3-Al$ (2)

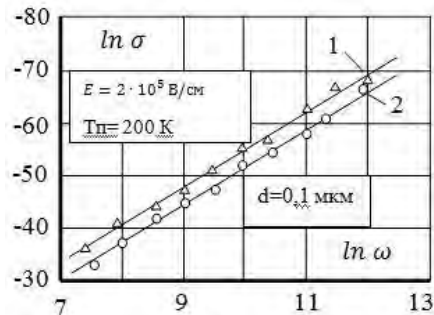


Рисунок 4 – Частотные зависимости проводимости пленок Si_3N_4 (1), Al_2O_3 (2)

Зависимость проводимости диэлектрических пленок от частоты измерительного сигнала, снятая в диапазоне частот $1 \text{ кГц} \leq \omega \leq 100 \text{ кГц}$ для пленок Al_2O_3 и Si_3O_4 , представлена на рис. 4. Для всех пленок преобладает зависимость $\sim f^m$. Значения $m_{Al_2O_3} = 0,79$ и $m_{Si_3N_4} = 0,81$. По абсолютной величине проводимость пленок на переменном токе в 20–30 раз превышает проводимость на постоянном токе.

ВЫВОДЫ. Анализ полученных зависимостей позволяет утверждать, что синтезированные диэлектрические пленки с успехом могут использоваться в технологии полевых транзисторов на основе кремния. А также в качестве изолирующих элементов при формировании пленочных активных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петухов В.Ю., Гумаров Г.Г. Ионно – лучевые методы получения тонких пленок. Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. Казань, 2010.- 87 с. Издание 2-е, исправленное и дополненное.
2. Гурін Д.В. Аналіз методів отримання наноструктурованих діелектричних плівок [Текст] / А.О. Андрусевич, Д.В. Гурін, І.Н. Малая // В сб: Технологія приборостроєння, вып 3, Харків 2016 – 7с
3. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. М.: Техносфера, 2010. – 528с

РОЗРОБКА ПАРАМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ГНУЧКИХ КОМУТАЦІЙНИХ СТРУКТУР ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВПЛИВІВ НА НИХ

Невлюдов І.Ш., Новоселов С.П., Боцман І.В., Демська Н.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна. E-mail: d_tapr@nure.ua.

У роботі наведено параметричну модель гнучких комутаційних структур. Також проаналізовано механічні впливи на компоненти гнучкої електроніки з метою подальшої розробки заходів щодо зменшення подібних впливів на характеристики електронних модулів на основі комутаційних структур на гнучких основах.

Ключові слова: гнучкі комутаційні структури, механічні впливи, параметрична модель.

DEVELOPMENT OF PARAMETRIC MODEL OF FLEXIBLE PRINTED STRUCTURES FOR RESEARCH OF MECHANICAL INFLUENCES ON THEM

Nevliudov I., Novoselov S., Botsman I., Demska N.

Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv, Ukraine, E-mail: d_tapr@nure.ua.

In the paper a parametric model of flexible printed structures is presented. The mechanical effects on flexible components were also analyzed in order to further develop means of reducing such factors influence on the characteristics of electronic modules based on commutation structures on flexible bases.

Key words: flexible printed structures; mechanical influences; parametric model.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Однією з основних тенденцій розвитку техніки є перехід від традиційних електронних модулів до комутаційних структур на гнучких основах у рамках розвитку в усьому світі напряму гнучкої гібридної електроніки. В умовах мікромініатюризації електронних виробів застосування гнучких комутаційних структур (ГКС), до яких відносяться гнучкі електронні компоненти, елементи гнучкої електроніки, друковані плати й елементи між'єднань, забезпечує низку переваг під час створення як стаціонарних, так і рухомих конструкцій [1-2]. Разом з тим, вимоги до електронних засобів постійно підвищуються у зв'язку з жорсткістю умов їх експлуатації. При цьому існує серйозна проблема забезпечення якісних показників ГКС, оскільки вони можуть піддаватися великій кількості дестабілізуючих чинників на всіх етапах свого життєвого

циклу [1]. Таким чином, забезпечення високих техніко-економічних показників електронних виробів, що досягається застосуванням ГКС, супроводжується посиленням вимог до рівня конструкторсько-технологічного забезпечення їх якості та ускладнення технологічних процесів (ТП) їх виробництва, тож обрана тема досліджень є актуальною [2].

МАТЕРІАЛ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для подальшого моделювання механічних впливів на параметри ГКС проведено аналіз видів гнучких структур. Під час попередніх досліджень авторами виявлені основні параметри ГКС, зокрема: тип ГКС, матеріал основи, матеріал провідникових та адгезивних шарів, а також побудовано моделі конструктивних, технологічних, електричних і механічних параметрів ГКС [3].

Числові параметри ГКС можуть бути подані у вигляді піддіапазонів тих характеристик, які розглядається на даному етапі:

$$A_i = \begin{cases} a_1, A \in [a_i \rightarrow \min, A_{gr1}] \\ a_2, A \in (A_{gr1}, A_{gr2}] \\ \dots \\ a_n, A \in (A_{gr.p}, a_j \rightarrow \max] \end{cases}, \quad (1)$$

де A_i – позначення i -го параметру; $a_1, a_2, \dots, a_n$ – ідентифікатори діапазонів значень; a_i, a_j – граничні значення параметру ГКС.

Визначені основні характеристики ГКС, які можуть бути подані у вигляді наступної моделі:

$$FPS \Rightarrow T, P_b, P_{ad}, P_c, P_r, D >, \quad (2)$$

де T – тип ГКС; P_b – набір параметрів основного шару; P_{ad} – набір параметрів адгезивного шару; P_{con} – набір параметрів провідникового шару; P_r – набір параметрів армуючих ділянок; D – набір конструктивних параметрів.

Набір параметрів основного шару можна представити як:

$$P_b \Rightarrow M, T_g, \varepsilon, \Delta, E >, \quad (3)$$

де M – базовий матеріал; T_g – температура скловання; ε – відносна діелектрична проникність; Δ – товщина основного шару; E – модуль пружності.

Набір параметрів адгезивного шару характеризується коефіцієнтом в'язкості та адгезивної здатності, а також товщиною шару:

$$P_{ad} \Rightarrow k_v, k_a, \Delta_{ad} >, \quad (4)$$

де k_v – коефіцієнт в'язкості; k_a – коефіцієнт адгезивної здатності; Δ_{ad} – товщина адгезивного шару.

Набір параметрів провідникового шару можна представити як:

$$P_c \Rightarrow M_c, \Delta_c, E_c, k >, \quad (5)$$

де M_c – матеріал провідників; Δ_c – товщина шару; E_c – модуль пружності; k – коефіцієнт втомних характеристик матеріалу.

Набір параметрів армуючих ділянок можна представити як:

$$P_r \Rightarrow M_r, \varepsilon_r, \Delta_r, E_r >, \quad (6)$$

де M_r – базовий матеріал; ε_r – відносна діелектрична проникність; Δ_r – товщина основного шару; E_r – модуль пружності.

Параметричну модель механічного впливу розтягнення на ГКС можна записати наступним чином:

$$D_{ts} \Rightarrow v_{ts}, F_{ts}, \alpha >, \quad (7)$$

де v_{ts} – швидкість впливу, мм/с; F_{ts} – сила впливу, кН; α – вісь відносно зразка.

Параметром механічного впливу на переходи та скручення ГКС є радіус перегину.

Параметричну модель циклічних навантажень можна записати у вигляді:

$$D_{cl} \Rightarrow f, A, K_{cl} >, \quad (8)$$

де f – частота навантажень, Гц; A – амплітуда навантажень, мм; K_{cl} – набір параметрів, які характеризують механіку конкретного навантаження.

ГКС часто експлуатуються у динамічному режимі. Також вони можуть піддаватися таким діям, як знакозмінні навантаження, вібрації, згинання та скручування, розтягування та ін. Різновиди механічних процесів, що виникають у елементах конструкцій електронних засобів за умови впливу вібрації, представлені на рис. 1.

Під час впливу на конструктивний елемент апаратури вібрації малого рівня виникає його динамічна пружна деформація ε , яку можна оцінити відношенням величини подовження або укорочення елемента Δl до його вихідної довжини l .

За збільшення рівня вібраційного навантаження можлива поява у конструктивному елементі з металу пластичних деформацій, які призводять до виникнення залишкових механічних напружень σ .

За високих рівнів вібраційного навантаження можливе руйнування конструктивного елемента після деякої кількості циклів (N_u) зміни навантаження, зумовленого вібрацією. Визначення кількості циклів зміни наван-

таження до руйнування N_u проводиться для металів за лініями Веллера.

Крім механічної гілки реакції елементів електронних засобів на механічні дії існує й електрична гілка, обумовлена механічними процесами – деформацією та механічними напруженнями (рис. 2).

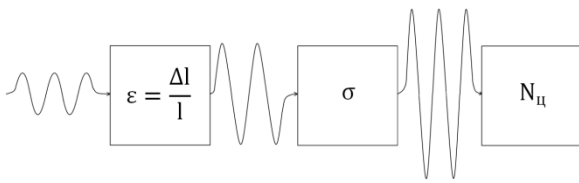


Рисунок 1 – Можливі види реакції конструктивного елементу ЕЗ на вібрацію

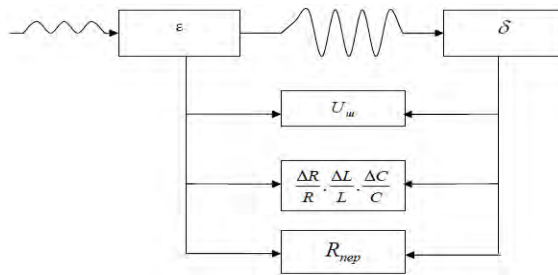


Рисунок 2 – Реакція активних і пасивних елементів електронних засобів на механічні дії

Ця гілка реакції визначає стійкість електронних засобів до механічних впливів і повинна враховуватися під час проектування чутливої апаратури, за допомогою якої здійснюється перетворення сигналів малого рівня.

На рис. 2 використані такі позначення: $U_{ш}$ – напруга шумів; $\frac{\Delta R}{R}, \frac{\Delta L}{L}, \frac{\Delta C}{C}$ – зміна параметрів пасивних елементів ЕЗ; $R_{пер}$ – нестабільність перехідних опорів.

ВИСНОВКИ. Таким чином, у роботі виконано систематизацію основних параметрів ГКС у вигляді параметричної моделі, що дозволить ретельно проаналізувати вплив механічних деформацій на якість електронних модулів, котрі містять у своєму складі подібні гнучкі структури. Проаналізовано ймовірні реакції компонентів електронних виробів на зовнішні впливи, на основі чого планується розробити заходи щодо зменшення впливу подібних факторів на параметри ГКС на усіх етапах їх життєвого циклу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов І.Ш., Боцман І.В., Невлюдова В.В., Разумов-Фризюк Є.А. Технологічне забезпечення якості гнучких комутаційних структур. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2018. – 260 с.
2. Fjelstad J. Flexible circuit technology. BR Publishing, Inc., 2007. – 198 p.
3. Botsman I., Novoselov S., Nevliudova V. Quality models of flexible printed structures for electronic devices // Proceedings of the XIV International Conference «Strategy of Quality in Industry and Education» (June 4-7, 2018, Varna, Bulgaria). Vol. 1. – PP. 234-240.

СИСТЕМА ДЛЯ СКРИННІНГОВОЇ ДІАГНОСТИКИ НОЧНОЇ СИНКОПЕ НА БАЗЕ ARDUINO UNO І SOLIDWORKS

Пустовой Д.П., Богомолов М.Ф.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев, 03056, Украина. E-mail: dmitrypustovoy97@gmail.com

Создан макет системы для скрининговой диагностики приступов ночной синкопе на базе аппаратно-вычислительной платформы Arduino Uno. Экспериментально подтверждена возможность использования аппаратно-вычислительной платформы Arduino в медицинской аппаратуре.

Ключевые слова: Синкопальные состояния, диагностика приступов ночной синкопе, скрининговая система диагностики, аппаратно-вычислительная платформа Arduino, SolidWorks.

NIGHT SYNCOPE SCREENING DIAGNOSTIC SYSTEM BASED ON ARDUINO AND SOLIDWORKS

Pustovoy D., Bogomolov M.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kiev, 03056, Ukraine. E-mail: dmitrypustovoy97@gmail.com

A system model for diagnostics night-time syncope based on the Arduino Uno hardware platform and SolidWorks are created. The possibility of using Arduino hardware-computing platform in medical equipment are experimentally confirmed.

Key words: Syncope states, diagnosing of night syncope, screening system for diagnosing, Arduino hardware - computer platform, SolidWorks.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Система для диагностики приступов ночной синкопе – медицинское оборудование, предназначенное для контроля работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем пациента во время сна и своевременного предупреждения о возможности возникновения синкопального состояния.

Существующие методы диагностики синкопе [1] нуждаются в крупногабаритном и дорогом оборудовании и не дают возможности предупредить случаи ночной синкопе, а только регистрируют её. Использование микро-