

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧНИ ОСОБЕНОСТИ НА СЕГНЕТОЕЛЕКТРИЧНИ ТАКТИЛНИ МАТРИЦИ

гл.ас. инж. Велимира Димитрова Тодорова
гл.ас. к.т.н. инж. Стефан Миличев Христов
доц. к.т.н. инж. Петко Жечев Тодоров

В М Е И - Габрово
В М Е И - Габрово
В М Е И - Габрово

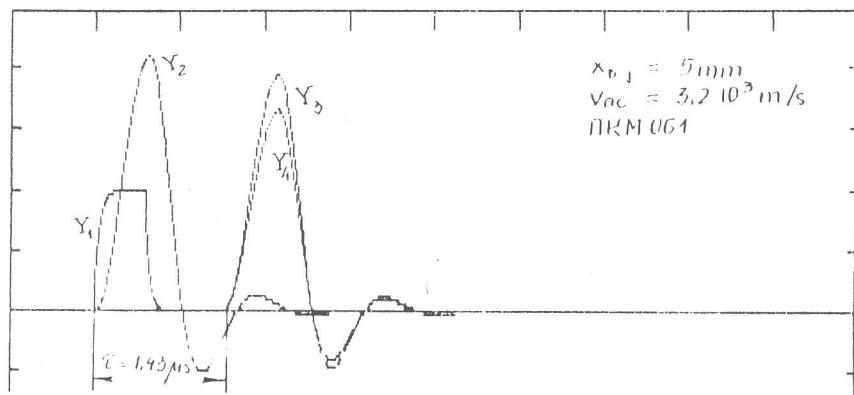
Резюме. На базата на физическия принцип на действие на нерезонансен пиезоелектрически трансформатор с бягача обемна акустична вълна (ПНГТ с БОАВ) и предложението в по-рано публикувани работи математически модел на електромеханичните процеси в него, в настоящата работа е извършен избор на конструктивни параметри на сегнетоелектрични тактилни матрици с организаци (4x4), (8x8) и (16x16). В уча конструтивни варианти - с възвуждане по направления X и Y, и с възвуждане само по направление X. Обсъдена е възможността за мултилидирането на тези конструктивни варианти в матрици по тема, които биха се развили в уча конкретни приложки аспекта като пръвично преобразуватели в тактилна сензорна система за интелигентни роботи и в сензорно устройство за поточково възвеждане на тактилна информация.

Abstract. A choice of design parameters of ferroelectric tactile (4x4), (8x8) and (16x16) arrays on the basis of physical principle of non-resonance piezoelectric transformer with running bulk acoustic wave and mathematical model of electromechanical processes in it is offered in this paper. The producing technology of these arrays is presented. The possibility of a multiplication of constructive variants (with the exciting in directions X and Y and with the exciting only in direction X) in array fields is discussed. Such fields can be used as primary transducers in the tactile sensor systems for robots and for the sensor devices for inputting of tactile information.

Проблемите на обработката на тактилна информация в голяма степен касаят проектирането и разработката на сензорите за регистрацията или въвеждането ѝ. Един от перспективните принципи на действие на тези сензори е пиезоелектричният [1, 2]. В настоящата работа са разгледани конструктивно-технологичните особености на сегнетоелектричен тактилен матричен сензор от функционален тип, който е разработен на основата на нерезонансен пиезоелектрически трансформатор с бягача обемна акустична вълна като носител на тактилна информация [3, 4]. Изборът на размерности и конструктивни параметри и варианти на матрицата е извършен на базата на създавания единомерен математически модел [4, 5], анализиращ физическите процеси на възвуждане, формиране и разпространение на БОАВ в сегнетоелектричния материал на матрицата, както и на формирането на електрически сигнал на изходните електроди в посоки X и Y. Извършено е моделиране с помощта на програмен продукт „TUTSIM“, а изборът и оптимизацията на конструктивните параметри на тактилната матрица (TM) - благодарение възможностите на подпрограми „MULTIRUN“ и „PARAMETER ESTIMATION“.

Model File: ws8

BlockNo,	Plot-MINimum,	Plot-MAXimum;	Comment
Horz:	0 ,	0.0000	;
Y1:	2 ,	-50.0000	; Time
Y2:	302 ,	-10.000E-09	; $U(t, fr)$
Y3:	309 ,	-10.000E-09	; $Z(t-t_0, x) = z(t-t_0) \exp(-\mu x)$
Y4:	311 ,	-0.5000000	; $u_0(t-t_0, x)$



Фиг. 1

Като критерий при подбора на конструктивните параметри е избрана големината и формата на изходния сигнал от генераторните електроди на сензора.

Изборът на сегнетокерамичен материал е направен след изследване на параметрите: 1) механичен качествен фактор Q_M ; 2) коефициент $\gamma = \beta/\alpha_0$, определящ симетричната еластична характеристика на материала; 3) коефициент на вътрешно трение n . Моделирането дава възможности за избор на подходящ сегнетокерамичен материал. От тези, с които разполагаме, за изработка на реални експериментални образци най-подходящи са:

- пиезокерамика ПКМ-061 (българско производство) с параметри: $Q_M = 300$; $\beta = 2$; $n = 0.5$

- пиезокерамика ЦТС-19 (руско производство) с параметри: $Q_M = 350$; $\beta = 2$; $n = 0.5$.

Изследванията по отношение на:

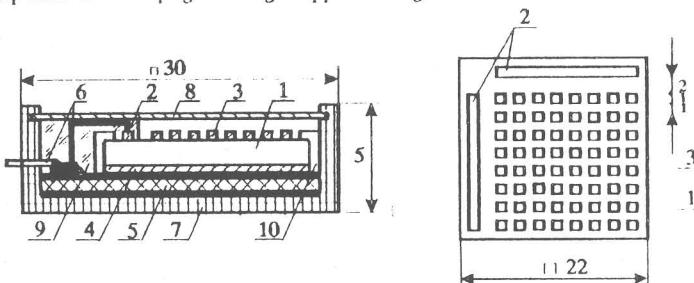
- избора на дебелина на пиезопластината h , извършени в границиите (0.1 - 1) μm , показваха, че от гледна точка на амплитудата на изходния сигнал и особеностите на технологията е целесъобразно да се избере $h = 0.35 \mu m$;

- размерите на входните (изходните) електроди a_1 и b_1 (рецептивно, a_0 и b_0) в границиите (0.1 - 20) μm показваха, че тези конструктивни параметри при избраната дебелина на пиезопластината почти не влияят върху амплитудата на изходния сигнал. От гледна точка на технологични възможности, разделителна

способност на тъктилната матрица и обработката на времезакъснението на сигнала от чувствителните точки на тъктилната матрица се избират размери на електродите (1×1) или при интервал между тях 1 mm (фиг. 2 и 3).

Резултатите от моделирането на влиянието на разстоянието възбудителен електрод - чувствителен матричен елемент върху затихването на амплитудата и времезакъснението $\tau_j = x_{ij} / v_{se}$ на изходния сигнал показват (фиг. 1), че оптималният вариант на организация на тъктилната матрица са (4×4) , (8×8) и (16×16) .

С помощта на модела е изследвано и влиянието на параметрите на възбудящия импулс върху формата и амплитудата на изходния сигнал, в резултат на което се предлага прайвърътен импулс с амплитуда $U_1 = 30 \text{ V}$; продължителност $t = (0.6 - 2) \mu\text{s}$; период $T > 4 \mu\text{s}$; стръмността на преден и заден фронт по 50 нс.



1 - пиеопластина; 2 - възбудяващи електроди по X и Y; 3 - матрица генераторни електроди; 4 - общ електрод; 5 - печатна платка; 6 - изводи от възбудителните електроди; 7 - корпус; 8 - метална мембрана; 9 - изолационна заливка; 10 - поглъщатели на отразените вълни

Фиг. 2

На основата на резултатите от математичното моделиране и оптимизация на конструктивните параметри, наличните технологии и методите на сканиране на сигнала от тъктилната матрица са предложени два конструктивни варианта (фиг. 2 и 3).

Конструктивният вариант от фиг. 2 има общи възбудителни електроди по направления X и Y и от гледна точка на входните пинове на корпуса е по-икономичен. Удобен е при регистрация на точкови или линейни въздействия, т.е. при регистриране на натиск, концентриран в област, съизмерима с площта на отделния чувствителен елемент. Точността в този случай се измерва в рамките на \pm една дискова. При необходимост от разпознаване на обекти, чиято тъктилна

Картината представлява контур или произволна площ, отклонението от реалната картина може да достигне значителна стойност при този конструктивен вариант, поради получаването на „скрити зони“ във вид на правоъгълници и квадрати (образувани от двата или повече съседни по диагонал активирани сензори), където е невъзможно точното определяне състоянието на чувствителните точки.

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
x1	■	□	□	□	□	□	□	□
x2	■	□	□	□	□	□	□	□
x3	■	□	□	□	□	□	□	□
x4	■	□	□	□	□	□	□	□
x5	■	□	□	□	□	□	□	□
x6	■	□	□	□	□	□	□	□
x7	■	□	□	□	□	□	□	□
x8	■	□	□	□	□	□	□	□

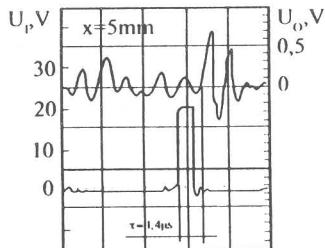
Фиг. 3

В този случай е подходящо използванието на тактилни матрици със „секциониран“ възбудителен електрод (конструктивния вариант от фиг. 3), които представляват матрица-ред с един възбудителен и n на брой генераторни електроди, технологично мултиплацирана в m на брой редове. Необходимото условие за разпространението на БОАВ само в направление X за този вариант е: $b_1, b_0 \leq \lambda_0 / 2$, където b_1, b_0 - ширина на възбудителния (респективно, генераторния) електрод; $\lambda_0 = V_{ac} / f_0$ (V_{ac} - скорост на разпространение на БОАВ; f_0 - собствена честота на трептене на пластината). Недостатък на това конструктивно решение е по-големият брой изводи за възбуджащите електроди.

Тези конструкции тактилни матрици са мултиплацирани в матрични полета, които най-общо могат да бъдат с капацитет ($p \times q$) тактилни матрици. На фиг. 5 е представено матрично поле с размер (4×2) ТМ с конфигурация на електродите от фиг. 2.

Технологията на изготвяне на тактилната матрица е типично микроелектронна. Върху сегнетоелектрична пластина се нанася по дебелослойна технология през маска сребърна паста тип ES 7915 на фирмата „DEGUSA“ за оформяне конфигурацията на горните възбудителни и генераторни електроди и долният обик електрод. Пастата се изпича при пакеттераптура $(800 - 850)^\circ\text{C}$. След това се извършва гореща поларизация локално под възбудителните и генераторните електроди в силиконово масло при $T = 120^\circ\text{C}$ и $E = 2,5 \text{ kV/mm}$ за време 30 мин. Изготвят се погълъчватели на бягащата вълна (за да не се отразява обратно в пиеzопластината) от същата

пиезокерамика (или от W прах и епоксидна смола) от чепициите спирани на пиезопластината. Твърдото закрепване на пластицата върху печатна платка с контактни площиадки за възбудителните изводи се извършва с проводящо лепило. Матрицата се монтира в корпус със специално разработена конструкция, която се запивя с тънка метална мембрana (около 10 μm), отстояща от пиезопластината на 500 μm. Последната може да бъде заменена с тънък слой електропроводим еластомер (гума или пластмаса), което разширява функционалните възможности на тактическата матрица, като ѝ дава възможност за опитване и на силата на натиск върху нея.



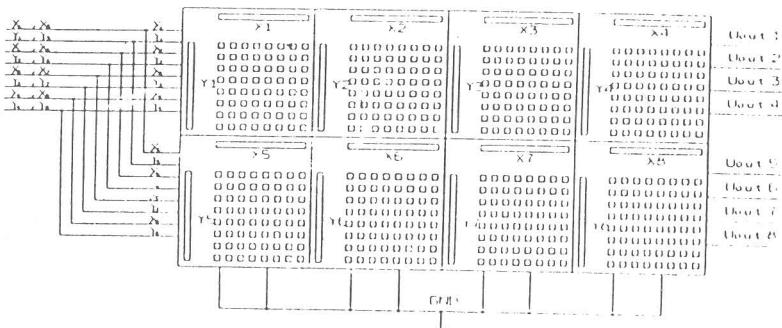
Фиг. 4

На базата на предложените технологии и конструкцията от фиг. 2 е реализирана тактическа матрица с размерности (8x8) върху пиезопластина с размери (23 x 23 x 0,35) mm. Тя се възбудява последователно по направления X и Y с правоъгълен импулс с амплитуда 20 V, период 20 μs и продължителност 1 μs с преден и заден фронт 10 ns. Получените експериментални резултати по отношение на изходния сигнал са представени на фиг. 4 , а времезакъсненията на сигнала в различните чувствителни точки на матрицата -в таблица 1.

Таблица 1

τ_{B-1} , μs	τ_{B-2} , μs	τ_{B-3} , μs	τ_{B-4} , μs	τ_{B-5} , μs	τ_{B-6} , μs	τ_{B-7} , μs	τ_{B-8} , μs
1,4	2,2	2,9	3,5	4,2	4,8	5,4	5,8

На основата на разработените сегнетоелектрични тактически матрици и матрични полета с помощта на универсални интегрални схеми е разработено устройство за възбудяване на тактическата матрица и за регистриране на закъснението на изходния сигнал, наречено устройство за първична обработка на тактическата информация [6].



Фиг. 5

В заключение трябва да се отбележи, че работата представлява нова теоретична и практическа възможност за реализация на тактическа матрица на основата на НПТ с БОАВ като преобразувател на информация от функционален тип. По-нататъшната микроминиатюризация на този тип тактичен матричен сензор като елементна база за автоматиката и роботиката може да се постигне чрез създаване на специализирана хибридна интегрална схема или полупроводникова схема по поръчка.

Изследванията са финансирали от ИФ „Научни изследвания“.

Л И Т Е Р А Т У Р А:

1. Скопалик Е.Л., В.Д. Тодорова, П.Ж. Тодоров. **Български тактически преобразуватели и тактически матрици.** Национална младежка школа „Пром. роботи“, Спл. Загора 1984, Деп. в ЦИНТИ № ND 1265/85
2. Тодорова В.Д., С.М. Христов, П.Ж. Тодоров. **Сенсорные зондово-электрические тактические сенсоры и матрицы.** Международная конференция „РОБКОН-4“, България, София, 1987, т. II, с. 218-228
3. Тодорова В. Сенсорные зондово-электрические перезонансные преобразуватели информации. Международна младежка школа „Биомеханика и бионика в робототехниката“, България, Песебър 18-25 септ. 1986
4. Радев Р.Х., В.Д. Тодорова. **Моделиране и анализ на електромеханичните процеси в перезонансен пистотрансформатор с бягача обемна акустична вълна.** Първи научно-технически симпозиум „Моделиране и управление на обекти с разпределени параметри“, Варна, 1989
5. Todorova V.D., S.Milchev. **Ferroelectric Tactile Sensor Array.** 2nd IFAC Symposium „Intelligent Components and Instruments for Control Application - SICICA'94“, pp. 142-145, Hungary, Budapest, June 8-10,1994. Published for IFAC by Pergamon Press Ltd in „Control Engineering Practice“
6. Todorova V.D., S.M.Christov. **A System for Tactile Information Processing.** 8th International Conference „System for Automation of Engineering and Research“, Oct. 1-3 1994, St.Konstantin, Varna, Bulgaria (noq печат)