

INFORMACE O POLOVODIČOVÝCH TENZOMETRECH VYRÁBĚNÝCH V PODNIKU RUKOV RUMBURK

Havlíček Zdeněk, Ing. Vojta Karel
Rukov Rumburk

Široký výrobní program podniku Rukov Rumburk, sdruženého podniku ONV Děčín, zahrnuje více než 20 let také výrobu bezpákových elektronických vážících systémů pro průmyslové účely. Nutnost nahradit technicky nedokonalé a nepřesné magnetostrikční snímače sil snímači lepších měrových vlastností vedla výrobce v letech 1969-71 k úvahám o možnostech jejich náhrady tenzometrickými snímači s křemíkovými odporovými tenzometry. Vycházelo se při tom z poznatků a zkušeností, které s výzkumem piezorezistence křemíku a s vývojem tenzometrických snímačů sil, ve kterých byly aplikovány křemíkové tenzometry vlastní produkce, měl v té době Výzkumný a zkušební letecký ústav v Praze - Letňanech. Po prvních vlastních zkušenostech s polovodičovými siloměry vyvinutými ve VZLÚ byl na našem pracovišti v letech 1972-74 zahájen ve spolupráci s Výzkumným ústavem automatizačních prostředků Praha vývoj polovodičových tenzometrů "Rukov" a ve spolupráci s výzkumným a vývojovým podnikem Inova Praha vývoj siloměrů, extenzometrů a akcelerometrů.

Počáteční práce v oblasti vývoje tenzometrů byly zaměřeny na zvládnutí progresivnější a reprodukovatelnější technologie mechanicko-chemického členění monokrystalu. Po úspěšném osvojení technologie přesného členění byla v roce 1973 zahájena výroba jednoho typu tenzometru vodivosti P pro vlastní potřeby vývoje a výroby snímačů sil. Souběžně s touto poloprovozní výrobou bylo započato s řešením řady výzkumných a vývojových prací, jejichž konečným cílem byl návrh takových typů diskretních křemíkových tenzometrů, jejich uspořádání a způsoby upevnění na vhodný deformační člen, které by umožňovaly konstrukci tenzometrických snímačů tříd přesnosti 1% až 0,1% v rozsahu teplot 0-50°C a později v rozsahu teplot -30 až 70 °C. Mezi počáteční práce a hlavní směry výzkumných a vývojových prací byla proto zařazena tato problematika

1. Výzkum průběhu závislosti fyzikálních vlastností /modulu pružnosti, Poissonovy konstanty, piezorezistentního součinitele a součinitele deformační citlivosti/ křemíku na směr orientace osy i roviny vlákna v monokrystalu křemíku.
2. Definice teplotních a deformačních konstant, vypracování metodiky jejich měření, výpočtů a způsobů kompenzace. Výzkum vlivu úrovně dotace a použitého dopantu. Výzkum vlivu radioaktivního ozáření.
3. Výzkum stálosti měrových vlastností při přenosu statických a dynamických zatížení a změnách okolních teplot.

Teoretický rozbor všech prakticky proveditelných, ale pouze matematicky spočítaných, řezů monokrystalem křemíku umožnil prostorovou orientaci v závislostech fyzikálních veličin. Proto bylo později možno navrhnout a vyrábět tenzometry s vysokou linearity, několik typů samokompensovaných tenzometrů, teploměrů pro kompenzační účely a vhodné dvojice komplementárních tenzometrů. Dále umožnil vznik teorie tzv. příčného efektu. Příčný efekt se ve svých důsledcích projevuje ve trojrozměrně vytvořeném vlákně křemíkového tenzometru jako vliv tvaru, rozměrů a orientace osy a roviny na hodnoty deformačních součinitelů /citlivost, linearita/ a na velikost, případně i smysl tzv. prokluzu. Prokluzem rozumíme časově proměnné procesy, které probíhají ve vrstvičce tmelu, jímž je tenzometr upevněn, v polovodičovém tenzometru samém a v měrném elementu při změně relativní deformace měrného elementu skokem.

Získané poznatky rozsáhlých experimentálních prací jednoznačně ukázaly, že rozhodujícím činitelem z hlediska vhodnosti aplikace polovodičových tenzometrů v přesných tenzometrických snímačích neelektrických veličin je zajištění stability měrových vlastností v oboru pracovních teplot a zatížení. Ostatní nežádoucí faktory jako nelinearita, vliv teploty na nulovou hodnotu a měrný signál lze volbou vhodných typů tenzometrů a jejich uspořádáním úspěšně v široké míře potlačit, nebo známými metodami kompenzovat.

Výzkumné a vývojové práce, které vedly k výraznému snížení dlouhodobé nestability měrových vlastností, spočívaly v řešení následujících dílčích problémů

1. Návrh tvaru, rozměrů a krystalografické orientace tenzometrů s minimálním ovlivněním příčným efektem.
2. Zkoušky vlivu opracování povrchu tenzometru a povrchu deformačního členu.
3. Zkoušky vlivu napařených tenkých keramických vrstev.
4. Zkoušky tenzometrických lepidel a způsobu jejich zpracování s vyloučením vlivu tenzometru a deformačního členu.
5. Zkoušky a měření velikosti nízkoteplotní deformace materiálu deformačních členů s vyloučením vlivu tenzometrů a používaných lepidel.
6. Zkoušky dlouhodobé stability volných tenzometrů a vypracování metodiky třídících a stabilizačních postupů.

Současné zkušenosti a poznatky z těchto prací již umožňují konstrukce tenzometrických snímačů třídy přesnosti 0,6 v rozsahu teplot -20 až 60°C a dávají reálný předpoklad k dalšímu zvýšení třídy přesnosti při současném rozšíření pásma pracovních teplot. Více než deset let trvající práce na vývoji a výrobě polovodičových tenzometrů a jejich aplikacích v podniku Rukov byla poznamenána nejen mnoha úspěchy, ale i některými omyly a nezdary. I přes to však dokázala, že aplikace polovodičových tenzometrů v přesných snímačích neelektrických veličin není jen módní záležitostí, ale je v mnoha případech jedinou cestou zadaného řešení.