

Karakterizacija dinamike mikrokonzol po metodi vzbujanja z udarnim valom

Dongsheng She^{1,*} – Yiliu Yang² – Zefei Wei¹ – Zhen Yu¹

¹ Univerza Bohai, Tehniški kolidž, Kitajska

² Univerza Bohai, Raziskovalni in učni inštitut pri kolidžu za računalništvo, Kitajska

Senzorji in aktuatorji MEMS za visoke temperature imajo velik potencial na različnih področjih, kot so avtomobilska, letalska in vesoljska, oborožitvena in jedrska industrija. Na učinkovitost delovanja naprav MEMS močno vplivajo dinamične karakteristike njihove notranje mikrostrukture, zato je nujna preučitev dinamičnih značilnosti mikrostrukture v visokotemperaturnem okolju. Pomemben parameter zasnove MEMS je temperaturni količnik lastne frekvence (TCF). Na podlagi TCF je mogoče napovedati variabilnost resonančnih frekvenc mikrostruktur v režimu spreminjajoče se temperature. Za eksperimentalno določitev vrednosti TCF za mikrostrukture je potreben sistem za dinamično preizkušanje z enoto za toplotno obremenjevanje.

Za preučitev TCF mikrokonzol iz enokristalnega silicija pri visokih temperaturah od 299 do 773 K je bil postavljen sistem za dinamično preizkušanje z enoto za toplotno obremenjevanje. Predlagana je metoda vzbujanja mikrokonzol z udarnim podstavkom po metodi udarnega vala, vibracijski odziv mikrokonzol pa se zajema s tehniko laserske Dopplerjeve vibrometrije. Sistem za dinamično preizkušanje je sestavljen iz treh glavnih delov: sistema za zajem in analizo podatkov, priprave za vzbujanje in enote za visokotemperaturno obremenjevanje. Izdelani sta bili dve mikrokonzoli iz enega kristala silicija, poimenovani mikrokonzola 1 in mikrokonzola 2. Mikrokonzola 1 je v obliki črke T, mikrokonzola 2 pa je enakomernega pravokotnega prereza.

Obe mikrokonzoli sta bili preizkušeni v visokotemperaturnem območju od sobne temperature do 773 K. Rezultati kažejo, da so se lastne frekvence pri povišanih temperaturah pri obeh mikrokonzolah nekoliko zmanjšale, odvisnost med lastno frekvenco prvega reda in temperaturo pa je praktično linearna. Obe mikrokonzoli imata skoraj enako vrednost TCF. Da bi ugotovili, zakaj imata mikrokonzoli različnih oblik enak TCF, smo analizirali teoretični TCF za obe mikrokonzoli. Iz teoretične analize sledi, da na vrednost TCF tako pri mikrokonzoli v obliki črke T kakor tudi pri mikrokonzoli z enakomernim pravokotnim prerezom vpliva le temperaturni količnik modula elastičnosti in temperaturnega koeficienta linearnega raztezka.

Predlagana metoda vzbujanja z udarnim valom je učinkovita pri mikrostrukturah z visokimi lastnimi frekvencami. Gre za brezkontaktno in neporušno metodo, ki uporablja tlačni impulz udarnega vala kot silo za vzbujanje mikrostrukture. Metoda vzbujanja z udarnim valom ima prednost pred vzbujanjem podstavka s piezoelektričnim keramičnim pretvornikom (PZT), ki je najbolj razširjen način za dinamično karakterizacijo mikrostruktur. Pri vzbujanju z udarnim valom prejme preizkušana mikrostruktura samo en udarec, pri vzbujanju prek podstavka s PZT pa je teh udarcev več zaradi kompleksnih elektromehanskih sklopitev. Metoda vzbujanja z udarnim valom je primerna tudi za visokotemperaturna okolja, je pa zahtevnejša v smislu potrebne opreme in upravljanja eksperimenta. Prav tako ne omogoča določanja vrednosti FRF za mikrostrukture, saj je sila vzbujanja težko merljiva.

Ključne besede: preizkušanje dinamičnih karakteristik, mikrokonzola, udarni val, temperaturni količnik lastne frekvence, visoka temperatura, laserski Dopplerjev vibrometer