

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2021 551**
(22) Paraiškos padavimo data: **2021-10-13**
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2023-04-25**
(45) Patento paskelbimo data: **2023-08-10**

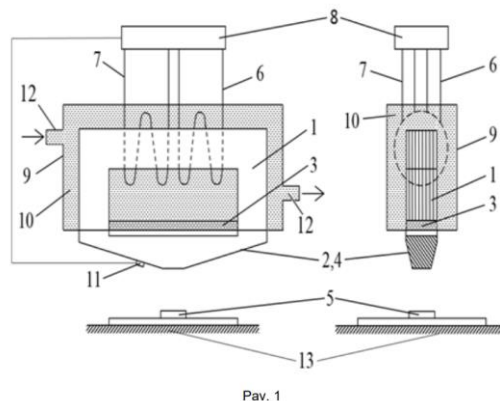
(73) Patento savininkas:
Kauno technologijos universitetas, K. Donelaičio g. 73, 44029 Kaunas, LT
(72) Išradėjas:
Giedrius JANUŠAS, LT
Algimantas BUBULIS, LT
Arvydas PALEVIČIUS, LT
Vytautas OSTAŠEVIČIUS, LT
Vytautas JÜRĖNAS, LT
Justas CIGANAS, LT
(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Jurga PETNIŪNAITĖ, 51, AAA Law, A. Goštauto g. 40B, Verslo centras „Dvyniai“, LT-03163 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Mikrostruktūrų formavimo polimerinėse medžiagose sistema

(57) Referatas:

Išradimas priklauso medžiagų mokslo sričiai, konkrečiau, mikrostruktūrų gamybos technologijai - mikroelektromechaninių sistemų (MEMS) elementams kurti. Ši sistema apima magnetostrikcinį vibratorių (1), sudarytą iš daugiasluoksnių feromagnetinių plokštelių, kurio darbinė dalis tvirtinama prie koncentratoriaus sonotrodo (2, 4). Tarp magnetostrikcinio vibratoriaus (1) galinės dalies yra temperatūrą bei skystį izoliuojanti tarpinė (3). Visas magnetostrikcinis vibratorius (1) patalpintas į sandarų korpusą (9) su jame cirkuliuojančiu aušinimo skysčiu (10). Magnetostrikcinio vibratoriaus (1) magnetolaidžio plokštelės apvyniotos apvijomis (6) ir (7) su išvadais, kurie kaip ir signalas iš temperatūros bei virpesių jutiklio (11), esančio ant mechaninių virpesių koncentratoriaus (2, 4), yra pajungti prie sužadinimo ir valdymo generatoriaus (8). Koncentratoriaus-sonotrodo (2, 4) darbinė dalis, spaudimo būdu veikdama į polimerinę medžiagą (5), esančią ant padėklo (13), atlieka formavimo procedūrą. Aukšto dažnio virpesių sužadinimo ir padidintos temperatūros bei spaudimo į formuojamą polimerinę struktūrą visuminis laiko atžvilgiu poveikis leidžia padidinti viso proceso efektyvumą ir gaminamų struktūrinių elementų kokybę.



Pav. 1

TECHNIKOS SRITIS

Išradimas priklauso medžiagų mokslo sričiai. Konkrečiau mikrostruktūrų gamybos technologijai - mikroelektromechaninių sistemų (MEMS) elementams kurti.

TECHNIKOS LYGIS

Yra žinomas MEMS jutiklio kūrimo metodas ir įrenginys tam tikslui panaudojant terminį ir mechaninį spaudimą bei aukšto dažnio vibracinį sužadinimą (Amer Sodah, 2020, Mikroelektromechaninio jutiklio žmogaus sveikatinimo monitoringui kūrimas ir tyrimas. Daktaro disertacija, 106 p., psl. 62). Nurodytame įrenginyje virpesių sužadinimui naudojami tamptariai sujungti tarpusavyje pjezokeraminiai žiedai su elektrodais, kurie prijungti prie aukšto dažnio generatoriaus. Pjezokeraminiai žiedai montuojami į elektromechaninio keitiklio konstrukciją (sonotrodą), kurio darbinės dalies gale yra šilumą skleidžiantis šaltinis. Pagal nustatytą valdymo programą ir tam tikrą laiko seką yra atliekamas mikrostruktūros formavimas spaudžiant sonotrodą į formavimo medžiagą, kontroliuojant temperatūrinį režimą ir atliekant aukšto dažnio virpesių poveikį. Nurodyto prototipo trūkumas yra tai, kad skirtas įrenginys virpesių sužadinimui naudoja pjezokerامينius elementus, kurių darbinė temperatūra negali viršyti 180 C° temperatūros, kadangi prie aukštesnės temperatūros pjezokeraminiai elementai depoliarizuojasi taip prarasdami pjezoefektą. Temperatūrinio režimo suderinimas su mechaniniu spaudimu ir aukšto dažnio virpesiais laiko atžvilgiu yra sudėtingas procesas priklausantis nuo kontrolės-valdymo elementų funkcionalumo.

Viena iš populiariausių MEMS elementų gamybos technologijų yra struktūrinių elementų formavimas, kuris apima palaipsninį litografijos, galvanikos ir mikroliejimo procesų panaudojimą (*Lin C. H. and Chen R. 2006 Ultrasonic nanoimprint lithography: a new approach to nanopatterning J. Microlithography, Microfabrication Microsyst, <https://doi.org/10.1117/1.2172992>*).

Kitame dokumente (*Chi Hoon Lee, Phill Gu Jung, Sang Min Lee, Sang Hu Park, Bo Sung Shin, Joon-Ho Kim, Kyu-Youn Hwang, Kyoung Min Kim and Jong Soo Ko. 2010 Replication of polyethylene nano-microhierarchical structures using ultrasonic forming. Micromech. Microeng*) pateiktoje inovatyvioje MEMS elementų gamybos technologinio proceso schemoje parodyti pagrindiniai konstrukciniai ir naudojamos įrangos elementai, to proceso stadijos laiko atžvilgiu. Kaip parodyta

dokumento paveiksle 9a, ultragarsinio dažnio generatorius sužadina apie 20 kHz dažnio mechaninius virpesius elektromechaniniame keitiklyje, kurie perduodami ir sustiprinami virpesių koncentratoriuje. Koncentratoriaus ultragarsiniai virpesiai dėl trinties kontakto zonoje su gaminiu generuoja palyginti didelę energiją, kuri pasireiškia aukšta temperatūra, ir būtent ji panaudojama polimerų ar metalų sujungimui. Šis procesas vyksta labai trumpą laiko tarpą (iki 3 s), yra ekologiškai švarus bei ekonomiškai. Dokumento paveiksle 9b yra pavaizduotas viso proceso eiliškumas: po kontakto su formuojančiu elementu, polimerinės plokštelės prispaudimo jėga didinama iki 690 N, ir kuri laiką yra stabili, po to aukšto dažnio virpesių pagalba vyksta paviršių sujungimas. Tuo metu, dėka paviršių trinties, išsilydęs polimeras užpildo nanostruktūrinės formos ertmes ir po kurio laiko polimeras sukietėja. Nurodytame įrenginyje, paviršių sujungimui būtina temperatūra yra pasiekama aukšto dažnio virpesių dėka sužadintos trinties tarp sujungiamų paviršių, kurią sudėtinga pasiekti be kontrolės-valdymo sistemos.

Išradimas išsprendžia technikos lygiu žinomų analogų trūkumus - temperatūrinio režimo suderinimą su spaudimo į formuojamą medžiagą momentu ir aukšto dažnio virpesiais laiko atžvilgiu.

IŠRADIMO ESMĖ

Išradimas yra mikrostruktūrų formavimo polimerinėse medžiagose sistema, apimanti elektromechaninį keitiklį - magnetrostrikcinį vibratorių, sonotrodą, generatorių, prispaudimo mechanizmą, ir padėklą su formuojama medžiaga. Pateikta sistema generuoja aukšto dažnio virpesius magnetrostrikciniame vibratoriuje, sudarytame iš magnetrostrikatoriaus, ant kurio šerdies suvyniotos dvi apvijos: viena - magnetrostrikatoriaus pamagnetinimo lygiui pasiekti, kita - aukšto dažnio virpesiams magnetrostriktoriuje sužadinti. Magnetrostriktorių sudaro stačiakampis U-formos magnetolaidis, surinktas iš daugiasluoksnių metalo (nikelio, permalojaus, ar panašių medžiagų) plokštelių, kurio U-formos atviroji kraštinė yra standžiai sujungta su sonotrodu, pagamintu iš ištisinio feromagnetinio-magnetrostriktorinio metalo. Magnetrostriktorius su apvijomis yra talpinamas į sandarų korpusą, kuriame cirkuliuoja aušinimo skystis. Mechaninių virpesių koncentratorius-sonotrodas nuo magnetrostrikatoriaus su apvijomis yra atskirtas temperatūros ir skysčio izoliavimo tarpine. Sužadinus magnetrostriktoriuje aukšto dažnio virpesius, pastarieji perduodami

į aukšto dažnio virpesių koncentratorių-sonotrodą, kuris taip pat dėl sukūrinių indukcijos srovių įkaista. Šiuo atveju sonotrodo virpesių lygis yra keičiamas magnetrostrikatoriaus pamagnetinimo apvijos elektriniu signalu, o sonotrodo temperatūra - aukšto dažnio elektriniu signalu, prijungtu prie atitinkamos magnetrostrikatoriaus apvijos. Sonotrodo virpesių ir temperatūros lygį matuoja jutiklis, pritvirtintas prie sonotrodo darbinės dalies. Tokiu būdu, virpanti ir iki nustatytos temperatūros įkaitusi sonotrodo darbinė dalis liečia formuojamą polimerinę medžiagą ir, pagal suderintą programą, iš vieno generatoriaus valdymo bloko galima efektyviai reguliuoti formavimo polimerinėse medžiagose procesą.

BRĖŽINIŲ APRAŠYMAS

Išradimas paaiškintas brėžiniuose. Priedamos schemos ir brėžiniai yra išradimo aprašymo sudedamoji dalis ir pateikiami, kaip nuoroda į galimą išradimo įgyvendinimą, bet neturi riboti išradimo apimties.

Sistema pagal išradimą ir kaip pavaizduota brėžinyje Pav.1, apima magnetrostrikcinį vibratorių (1), sudarytą iš daugiasluoksnių feromagnetinių plokštelių, kurio darbinė dalis uždaranti magnetinių jėgų kontūrą standžiai tvirtinama prie mechaninių virpesių koncentratoriaus-sonotrodo (2, 4). Tarp magnetrostrikcinio vibratoriaus (1) galinės dalies yra temperatūrą bei skystį izoliuojanti tarpinė (3). Visas magnetrostrikcinis vibratorius (1) patalpintas į sandarų korpusą (9) su jame cirkuliuojančiu aušinimo skysčiu (10) per padavimo - išleidimo vamzdelius (12). Magnetrostrikcinio vibratoriaus magnetolaidžio plokštelės apvyniotos apvijomis (6) ir (7) su išvadais, kurie kaip ir signalas iš temperatūros bei virpesių jutiklio (11), esančio ant mechaninių virpesių koncentratoriaus (2, 4), yra pajungti prie sužadinimo ir valdymo generatoriaus (8). Mechaninių virpesių koncentratoriaus-sonotrodo (2, 4) darbinė dalis, spaudimo būdu veikdama į polimerinę medžiagą (5), esančią ant padėklo (13) atlieka formavimo procedūrą.

DETALUS IŠRADIMO APRAŠYMAS

Paveiksle 1 pavaizduota mikrostruktūrų formavimo polimerinėse medžiagose sistema apima elektromechaninį keitiklį (vibratorius) (1) sudarytą iš U-formos stačiakampių feromagnetinių-magnetrostrikcinių plokštelių apvyniotų apvijomis (6) ir

(7), kurių laisvi galai standžiai sujungti su virpesių koncentratoriumi-sonotrodo (2, 4). Viena iš apvijų (6) yra skirta nuolatinės elektros srovės dedamajai, kuriančiai pastovios srovės elektromagnetinį lauką, būtiną mechaninių virpesių amplitudei valdyti, o kita apvija (7) yra skirta magnetrostriktoriuje sukurti aukšto dažnio kintamos srovės elektromagnetinį lauką ir valdyti koncentratoriaus-sonotrodo (2, 4) temperatūrą dėl jame susižadinančių sukūrinių srovių. Vykdamas mikrostruktūrų formavimo polimerinėse medžiagose procesą, iš virpesių sužadinimo ir valdymo generatoriaus (8) elektros signalas yra paduodamas į vieną iš apvijų (6), kuri skirta sukurti pastovios srovės elektromagnetinį lauką ir valdyti mechaninių virpesių amplitudę, o į kitą apviją (7) paduodamas elektros signalas skirtas sukurti kintamos srovės elektromagnetinį lauką ir valdyti koncentratoriaus-sonotrodo (2, 4) temperatūrą. Kintamos srovės ir pastovios srovės apvijų (6, 7) sužadintas elektromagnetinis laukas feromagnetinėse-magnetrostriktinėse plokštelėse sukelia mechaninius virpesius, kurie persiduoda į standžiai prie magnetrostriktinio vibratoriaus (1) laisvųjų galų prijungtą virpesių koncentratorių-sonotrodą (2, 4). Visas magnetrostriktinis vibratorius (1) yra patalpintas į sandarų korpusą (9) su jame per skysčio padavimo-išleidimo vamzdelius (12) cirkuliuojančiu aušinimo skysčiu (10), tuo būdu apsaugodamas magnetrostriktinį vibratorių (1) nuo perkaitimo. Aušinimo skystis (10) nuo virpesių koncentratoriaus-sonotrodo (2, 4) yra atskirtas temperatūrą bei skystį izoliuojančia tarpine (3). Tam, kad visa mikrostruktūrų formavimo polimerinėse medžiagose sistema dirbtų stabiliai ir efektyviai, palaikydama nustatytą režimą, ant virpesių koncentratoriaus-sonotrodo (2, 4) darbinės dalies yra pritvirtintas temperatūros bei virpesių jutiklis (11), iš kurio signalas grįžtamam ryšiu paduodamas į sužadinimo ir valdymo generatorių (8).

Toks aukšto dažnio virpesių sužadinimo ir padidintos temperatūros bei spaudimo į formuojamą polimerinę struktūrą visuminis laiko atžvilgiu poveikis leidžia padidinti viso proceso efektyvumą ir struktūrinių elementų kokybę.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

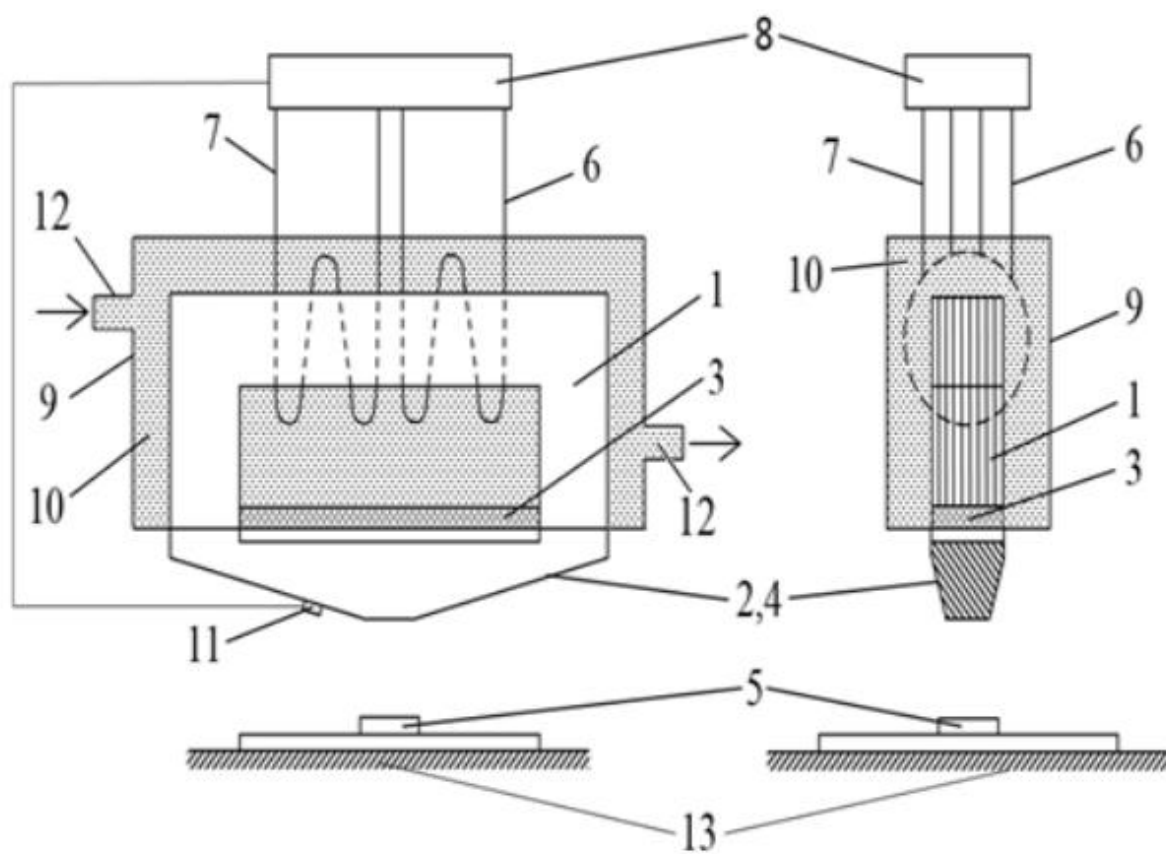
1. Mikrostruktūrų formavimo polimerinėse medžiagose sistema, apimanti elektromechaninį keitiklį (1), virpesių sužadinimo generatorių (8), aukšto dažnio virpesių koncentratorių-sonotrodą (2), besiskirianti tuo, kad elektromechaninis keitiklis (1) sudarytas iš U-formos stačiakampių feromagnetinių-magnetostrikcinių plokštelių, apvyniotų apvijomis (6, 7), kurio laisvieji galai standžiai sujungti su virpesių koncentratoriumi-sonotrodu (2), pagamintu iš ištisinio feromagnetinio-magnetostriktorinio metalo.

2. Sistema pagal 1 punktą, besiskirianti tuo kad virpesių koncentratoriaus-sonotrodo (2) temperatūriniam režimui valdyti elektromechaniniame keitiklyje (1) yra naudojama apvija (7), maitinama aukšto dažnio kintamos srovės elektriniu signalu iš virpesių sužadinimo generatoriaus (8).

3. Sistema pagal 1 punktą, besiskirianti tuo, kad virpesių koncentratoriaus-sonotrodo (2) virpesių režimui valdyti elektromechaniniame keitiklyje (1) yra naudojama apvija (6), maitinama nuolatinės srovės elektriniu signalu iš virpesių sužadinimo generatoriaus (8).

4. Sistema pagal 1 punktą, besiskirianti tuo, kad virpesių ir temperatūros jutiklis (11) tvirtinamas prie virpesių koncentratoriaus-sonotrodo (2) darbinės dalies, kuris grįžtamam ryšiui prijungtas prie sužadinimo ir valdymo generatoriaus (8).

5. Sistema pagal 1 punktą, besiskirianti tuo, kad tarp elektromechaninio keitiklio (1) ir virpesių koncentratoriaus-sonotrodo (2) sumontuota skystį izoliuojanti tarpinė (3).



Pav. 1