



HU000005279U

(19) **HU****MAGYARORSZÁG**
Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala(11) Lajstromszám: **5279**(13) **U**

HASZNÁLATI MINTA LEÍRÁS

(21) A bejelentés ügyszáma: **U 20 00150**(51) Int. Cl.: **H05B 3/20** (2006.01)(22) A bejelentés napja: **2020. 09. 02.****H05B 3/10** (2006.01)(45) A megadás meghirdetésének dátuma a Szabadalmi
Közlöny és Védjegyértesítőben: **2021. 04. 28.**

(72) Feltaláló(k):

Bíró Ferenc 40%, Sajóbábony (HU)**Deák András 15%, Budapest (HU)****Dücső Csaba 30%, Budapest (HU)****Hajnal Zoltán 15%, Budapest (HU)**

(73) Jogosult(ak):

**Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest
(HU)**

(74) Képviselő:

**Advopatent Szabadalmi és Védjegy Iroda,
Budapest**

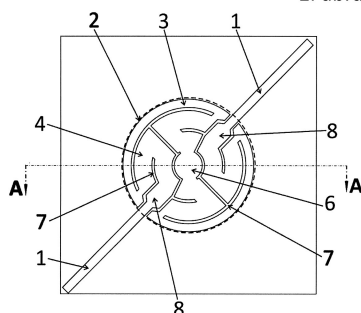
(54)

Egyenletes felületi hőmérsékletet biztosító mikrofűtőtest

(57) Főigénypont

Mikrofűtőtest, főleg kalorimetrikus és kemorezisztív gázérzékelőkhöz, áramlásmérőkhöz, nyomásmérőkhöz, infravörös fényforrásokhoz és bolométerekhez, amely szilícium hordozó alapanyagban kialakított üreg fölötti, szilícium-nitridet is tartalmazó felfüggesztett dielektrikum rétegszerkezetből készített membránon egyetlen vezetőrétegből van kialakítva, azzal jellemezve, hogy a mikrofűtőtestnek egyetlen fűtőszála van, a fűtött felülete (2) kör alakú, amely fűtött felület (2) legalább 90%-án van az egyetlen fűtőszál kialakítva, a mikrofűtőtest fűtőszála egymással sorba kapcsolt, állandó vastagságú, változó szélességű és geometriájú fűtőszál szakaszokból, két külső félköríves fűtőszál szakaszból (3), negyed körívekből álló fűtőszál szakaszokból (4), és középső kör alakú fűtőszál szakaszból (6) van felépítve, a fűtőszál szakaszok közül a két külső félköríves fűtőszál szakasz (3) a legkeskenyebb, a fűtőszál hozzávetése (1) a negyed körívekből álló fűtőszál szakaszhoz (4) kapcsolódik, és úgy van kialakítva, hogy a változó szélességű fűtőszál csatlakozó részek (8) a velük szomszédos szegmensek külső félköríves fűtőszál szakaszával (3) és a negyed körívekből álló fűtőszál szakaszokkal (4) azonos szélességűek, a fűtőszál szakaszok és a hozzávetések (1) anyaga megegyező, az egymás melletti fűtőszál szakaszok között szigetelő hézagok (7) vannak, a fűtőszál szakaszok, a hozzávetések (1) és a szigetelő hézagok (7) további dielektrikum réteggel (15) vannak beborítva.

1. ábra



EGYENLETES FELÜLETI HŐMÉRSÉKLETET BIZTOSÍTÓ MIKROFŰTŐTEST

A használati minta tárgya kalorimetrikus és kemorezisztív gázérzékelőkben, áramlásmérőkben, nyomásmérőkben, infravörös fényforrásokban, bolométerekben használatos egyenletes felületi hőmérsékletet biztosító mikrofűtőtest.

A mikrofűtőtesteket folyamatosan bővülő körben alkalmazzák gázérzékelők, áramlásmérők, bolométerek, és infravörös források egyik meghatározó elemeként. A fűtőtest megemelt hőmérséklete alkalmazástól függően 100-500°C, de egyes esetekben elérheti a 800-900°C-ot is. Gázérzékelőkben elsősorban a mikrofűtőtest felületére leválasztott érzékelő rétegben lejátszódó fizikai-kémiai folyamatokhoz szükséges hőmérséklet biztosítása a cél, míg az áramlásmérőkben a hőátadás ill. passzív elemként a hőfelvétellel járó változások érzékelése a szerepe. Ismert gázösszetétel mellett a hőleadással járó hőmérséklet-változással mérhető egy gáz koncentrációja, vagy a környezet nyomása. Infravörös forrásként az aktív sugárzást biztosítja, bolométerben passzív elemként a sugárzás elnyelésével járó fizikai változásokat érzékeli.

A többségében hordozható eszközökbe épített szenzorokkal szemben támasztott elsődleges követelmény a kis teljesítményfelvétel, ami lehetővé teszi a tartós, legalább egynapos működtetést elemcsere, ill. az eszköz akkumulátorának újra töltése nélkül. Azokban a műszaki megoldásokban, amelyek jelátalakítása kémiai reakción alapul (pl. katalitikus-kalorimetrikus gázérzékelők, kemorezisztív elvű gázérzékelők) kiemelt fontosságú a kémiaileg aktív felület egyenletes hőmérsékletének biztosítása. Ezzel érhető el, hogy a kémiai reakció jól kontrollálható legyen, így az eszköz megbízhatósága, maximális érzékenysége és szelektivitása jobban biztosítható az optimálisan legalacsonyabb hőmérsékleten. További fontos szempont, hogy magas hőmérsékleten, a Hüttig hőmérsékletet (a fűtőszál anyaga olvadáspontjának 1/3-a) közelítve az egyenetlen hőmérséklettel járó fűtőszál menti hőmérséklet gradiensek az eszköz tönkremeneteléhez vezető atomvándorlási (migrációs) folyamatokat indítanak el. A nagy hőmérséklet egyenetlenséget mutató fűtött felületen a kémiaileg aktív érzékelő rétegekben is érzékenység veszteséghez vezető atomvándorlási jelenségek léphetnek fel.



A mikrofűtőtestek fogasztása a megfelelően megválasztott anyagi összetétellel és geometriai kialakítással együttesen szabályozható, míg a fűtött felület hőmérséklet egyenletességét elsősorban a fűtőszál geometriai alakja határozza meg. Az intenzív kutatás-fejlesztési munkák eredményeként mindkét feladatra számos megoldás született.

Általános megoldás, hogy a szilícium (Si) chipgyártás technológiai lépéseivel és 3D mikromechanikai eljárásokkal a fűtőszálat egy egykristályos Si kereten felfüggesztett, elektromos- és hőszigetelő anyagokból felépített membránon, vagy a membrán belsejében alakítják ki.

A fűtőszál legegyszerűbb és általánosan használt alakja egy állandó keresztmetszetű meander, mely a fűtött felületet borítja. Ezt először U. Dibbern publikálta a *Sensors and Actuators B* tudományos folyóiratban („A Substrate for Thin-film Gas Sensors in Microelectronic Technology” *Sensors and Actuators B*, 2 (1990) 63-70.), majd ennek több változatát is publikálták (EP 0859536, WO 2002/080620 A1, US 7049556 B2). Hátrányos tulajdonságuk, hogy jellemzően nem biztosítják a hőmérséklet egyenletességét, és a tapasztalatok alapján a felület hőmérsékleti különbsége az átlaghőmérséklet 15-20%-át is eléri, és az inhomogén hőmérséklet miatt élettartam korlátozó effektusok is fellépnek, ahogyan ezt korábban publikálták is (F. Bíró et. al. The critical impact of temperature gradients on Pt filament failure, *Microelectronics Reliability*, 78, 2017). A tönkremenetel egyik fő okozója a fűtőszál és a hozzávezetések mentén kialakuló hőmérséklet gradiensek. Ezek mérséklése nem csak a fűtőszál, de a hozzávezetések kialakítását is befolyásolja.

A fűtött felület egyenletes hőmérsékletének biztosítására két alapvető megoldás ismeretes. Az egyik változatban a meander alakú fűtőtest alatt vagy felett egy elektromosan elszigetelt, de jó hővezető képességű anyagból (tipikusan fém vagy Si) egy jellegzetesen néhány mikrométer vastagságú hőelosztó felületet alakítanak ki. A WO 2000075649 A1 közzétételi számú nemzetközi szabadalmi bejelentésben például a fűtőelemek egy 10 μm vastag egykristályos Si tömbben helyezkednek el egy dielektrikum rétegből felépített membrán alján, és a diódák által megengedett hőmérsékletig biztosítják a működési hőmérséklet felső határát.

A fűtőszáltól független felfüggesztett egykristályos Si hőelosztó elemet ír le a „Porous silicon bulk micromachining for thermally isolated membrane formation” című cikk a *Sensors and*

Actuators A folyóirat 235-239. oldalain („Porous silicon bulk micromachining for thermally isolated membrane formation” Sensors and Actuators A, 60 (1997) 235-239.).

Az US 7279692 B2 számú amerikai szabadalmi leírás szerinti megoldás mikro infravörös forrás a szigetelőrétegben kialakított fűtőtestet és a tetején egy jó emissziós paraméterekkel rendelkező Al_2O_3 emitter réteget alkalmaz. Az egybefüggő emitter a felület hőmérséklet egyenletességét is biztosítja. Hasonlóképpen, de a membrán alján kialakított arany, fekete Pt vagy fekete Si hőelosztó és sugárzó réteget tartalmaz a WO 2002080620 A1 közzétételi számú nemzetközi szabadalmi bejelentésben ismertetett szerkezet. A hőkiegyenlítő elemet tartalmazó mikrofűtőtestek hátránya, hogy hőkapacitásuk az alkalmazott nagy tömeg miatt megnő, ami a dinamikus viselkedési tulajdonságokat (felfűtés, lehűlés sebessége) rontja, ezzel szűkíti az eszköz működtetési formáinak lehetőségeit, másrészt a nagy tömeg növeli a fűtőtest membrán mechanikai érzékenységét is.

Jelen mintaoltalom tárgyát leginkább azok a megoldások közelítik, amelyek egy rétegben a fűtőszál geometriájának változtatásával és/vagy több, egymástól függetlenül táplált fűtőszállal biztosítják az egész fűtőtest hőmérsékletének egyenletességét.

Az EP 2278308 B1 európai szabadalmi leírásban a fűtőtest egy három menetben hurokról hurokra változó szélességű, szögletes kettős spirál alakú fűtőszál, közepén egy nagy négyzettel. A leírás nem említi a hőmérséklet egyenletességet, de a közölt ábra alapján a fűtőszálak közötti távolság azok szélességével összemérhető. A fűtőszál kialakítása nem tér ki a kivezetések formájára, amely nagyban befolyásolja a fűtött terület hőmérséklet eloszlását.

A WO 2017/207964 A2 közzétételi számú nemzetközi szabadalmi bejelentés leírása szerinti fűtőszál párhuzamosan kötött négy koncentrikus körből áll, melyek a külső peremen vastagabbak, s a fűtőtest közepe felé haladva egyre vékonyabbak. A leírás pontos geometriát és hőmérséklet egyenletességet sem ad meg.

Az US 9995700 amerikai szabadalmi leírásban a hőmérséklet egyenletességet több, egymástól függetlenül táplált fűtőszállal oldják meg. A főigénypontban 2 db „S” alakú fűtőszálat írnak le, amelyben a legkülső vastagabb elem sorosan van kötve és ezzel párhuzamosan kötve változó vastagságú belső gyűrűkkel fedik le a mikrofűtőtest fűtött felületét. A vékonyabb, párhuzamos szálak egyrészt az átfolyó árammal arányosan fűtenek, ill. a legbelül kialakított virágszirom

jellegű alakzattal együtt hővezetőként is funkcionálnak. Ezen kívül a fűtőtest peremén két darab kis keresztmetszetű félköríves peremfűtés és mellettük egy-egy félköríves hőmérő található. A független fűtőszálakat monolit vagy hibrid formában integrált áramkörrel, négy független táplálással fűtik. További geometriai változatokban kettő vagy négy részre osztott körfelületen kettő vagy négy független táplálással fűtik. Ezeknek is közös jellemzője az adott alakzat szélein futó vastag, és a körcikk közepén két-két vékonyabb, párhuzamosan kötött vékonyabb fűtőszál. Hátránya, hogy a hőmérséklet egyenletesség több elem függetlenül szabályozott fűtésével, bonyolult elektronika alkalmazásával oldható meg.

Az US 20190137427 A1 amerikai szabadalmi leírásnál a hőmérséklet egyenletességet egy peremfűtéssel és a hozzá kapcsolt belső hőelosztó felülettel biztosítják. A külső peremfűtéshez a kettő vagy négy kontaktussal kapcsolódó belső kettő vagy négy hőelosztó felületen áram nem, ill. a modellezések alapján csak a kapcsolódási pontok környezetében folyik, így ezen felületek szerepe a jó hővezető képességük következtében kialakuló hőelosztás, hőkiegyenlítés. Az áramvonalak modellezése és a hőelvezetés alapján a hőelosztó bevezetéseinél és a csatlakozó kivezetések környezetében a külső gyűrű keresztmetszetét úgy csökkentik, hogy a lokális teljesítmény-növekedés kompenzálja a fellépő többlet veszteségeket. Ennek három variációját adják meg. A bemutatott hőmérséklet egyenletesség $363\text{--}365^{\circ}\text{C}$ között változik az aktív területen. A negyedik javaslatban a peremfűtés olyan geometriáját írják le, amely két félkör alakú külső fűtőelemből áll, amely egy nagy keresztmetszetű torzított „O” alakú belső felülettel van összekötve. A belső felület nagy keresztmetszete miatt az itt disszipált fűtőt teljesítmény kicsi, a szerepe elsősorban a felület hőmérséklet eloszlásának javítása.

Az ismert hőelosztó lemezek működése a hőmérséklet különbség meglétén alapul. A hőelosztók hatékonysága azok jó hővezető képességén alapszik, ezáltal lehet relatíve kis hőmérséklet különbség mellett pótolni a belső, fűtőszállal nem borított területek által okozott veszteséget. De ehhez is véges hőmérséklet különbség kell, tehát tetszőlegesen kicsi hőmérséklet inhomogenitás ezen módon a teljes fűtött felületen nem biztosítható. Tetszőleges hőmérséklet egyenletesség csak a villamos fűtőt teljesítménynek a fűtött területet lefedő, megfelelően tervezett geometriájú fűtőszállal történő elosztása révén lehetséges. A bemutatott hőmérséklet egyenletesség 360°C -ra vonatkozik, de a működés elve nem garantálja a hasonló hőmérséklet egyenletességet magasabb hőmérsékleten. Az említett eszköz alkalmazható távoli infravörös forrásként, és kemorezisztív gázszenzorként, azonban a leírásban bemutatott

hőmérséklet nem elegendő magasabb hőmérsékletet igénylő mérésekhez, pl. a metán katalitikus-kalorimetrikus elvű érzékelésére.

A US 9228967 B2 amerikai szabadalmi leírásban kétféle geometriát adnak meg. Az egyik változatban egy többmenetes kettős spirállal, a másikban a kontaktusokat a fűtőtest közepére bevezetve és onnan a két félre osztott körfelületen félkörívvel kivezetve fedik le a mikrofüttőtest fűtött felületét. Mindkét változatban két szegmenst különböztetnek meg: egy belsőt és egy külsőt. Mindkét szegmenst egy fűtőszál szélesség és a fűtőszálak közötti rés távolság jellemez azzal a kitétellel, hogy a külső szegmenseknél ez kisebb, mint a belsőknél. A belső szegmensek fűtőszál szélessége és réstávolsága állandó, de a különbségre csak annyit adnak meg, hogy a külső szegmensek jellemző mérete legalább 20%-kal eltér a belső szegmensek hasonló méretétől. A hőmérséklet egyenletességet 500°C-on, a pontos értékek és a geometria megadása nélkül mutatják be. Az összes említett eszköz közül az itt ismertetett két félre osztott mikrofüttőtest közelíti leginkább azt az ideális szerkezetet, amely minden, magas hőmérsékletet igénylő, fentebb említett gázérzékelőben alkalmazható. Igazolásképpen egy átmérő mellett bemutatott hőmérsékleti térképet is mellékel. A szerkezet hátránya, hogy nem említi a fűtőszál bevezetési pontjai környékén kialakuló hőmérséklet egyenetlenséget, és nem jelzi annak megoldását, továbbá nem ad meg olyan geometriai paramétereket, mint a fűtőszál/fűtőszálak közötti terület aránya, a fűtőszál menetek közötti jellemző távolságok, amelyek a hőmérséklet pontos meghatározásában bizonytalanságot okoznak.

A felhasznált szerkezeti anyagok és az alkalmazott technológiák alapvetően nem térnek el a szilícium chipgyártás és a mikromechanikai eszközök (MEMS) gyártásában szokásosan alkalmazottakétól. A felfüggesztett membrán anyaga dielektrikum vagy többféle dielektrikumból álló vékonyréteg szerkezet, melyet egyrészt a membrán elektromos és hőszigetelő tulajdonságai és a rétegszerkezetben keletkező mechanikai feszültség minimalizálásának követelménye, másrészt a fejlesztők rendelkezésére álló technológiák határoznak meg. Az alkalmazott dielektrikum, vagy dielektrikumok anyaga termikusan növesztett és/vagy kémiai gőzfázisú rétegleválasztással (CVD) előállított szilícium-dioxid, CVD vagy plazmás CVD szilícium-nitrid, szilícium-oxinitrid, $\text{Si:N}=1,05\pm0,1:1$ arányú szilíciumban dús CVD szilícium-nitrid, esetleg alumínium-oxid, ill. ezek kombinációi.

A fűtőszálat a membránt alkotó dielektrikum réteg tetején alakítják ki, majd egy másik dielektrikum réteggel borítják be. Az így becsomagolt fűtőszál ugyanis ezáltal nincs elektromos

kontaktusban a fűtőtestre leválasztott egyéb funkcionális rétegekkel (gázérzékelő, sugárzó, sugárzás elnyelő). A fűtőszálak anyaga általában platina vagy polikristályos szilícium, de leírtak volfrám, egykristályos szilícium vagy átmenetifém-szilicid anyagú fűtőszálat is.

A kémiai reakciókon alapuló gázérzékelők, elsősorban a katalitikus, kalorimetrikus jelátalakítási elven működő megoldások és kisebb mértékben a kemorezisztív érzékelők érzékenysége a működési hőmérséklettel exponenciálisan, stabilitása azzal fordított arányban változik, ezért különösen fontos a hőmérséklet pontos beállítása. A kalorimetrikus eszközökben a fűtött felület hőmérsékletének megváltozása maga a jel, melyet vagy független hőmérővel, vagy a fűtőszál ellenállás változásával mérnek. Ez utóbbi esetben olyan mikro-fűtőtestet érdemes kialakítani, amelyben a fűtőszál ellenállás változása az érzékelés során eléri az 1%-10% nagyságot. Mivel a katalízis magas, 200-600°C-os hőmérsékletet igényel, nem mindegy, hogy ezt a teljes fűtött felület átlagértékeként kapjuk nagy lokális hőmérséklet különbségek mellett, vagy az egész felületen azonos hőmérsékletet biztosítva. A nagy, többször tíz, vagy akár 100°C-os különbségek olyan migrációs jelenségeket okoznak, amely a fűtőszál és a fűtőtestet beborító katalizátor tönkremeneteléhez vezetnek. Emiatt az eszköz megbízható működésének és hosszú távú stabilitásának feltétele az egész felületen azonos, reprodukálható jelet biztosító legkisebb hőmérséklet beállítása.

Felismerve az egyenletes hőmérséklet meghatározó szerepét a tartósan magas, akár 600°C üzemi hőmérsékletű eszköz hosszú távú stabilitásának és érzékenységének biztosításában, a használati minta célja olyan, kis fogyasztású mikro-fűtőtest kialakítása, amelynek a fűtött felületén 100-600°C tartományban pontosan beállítható az egyenletes hőmérséklet, amely reprodukálható és egyértelmű jel szolgáltatásához vezet az érzékelők működése során. További cél, hogy a hőmérsékleti egyenetlensége a 100-600°C hőmérsékleti tartományban ne haladja meg a $\pm 1\%$ -ot. További cél, hogy 16.5 °C/mW hőellenállással rendelkező fűtőtestet alakítsunk ki azért, hogy alkalmazástól függően az akár 600°C-os hőmérsékletet maximum 35 mW teljesítménnyel biztosíthassuk.

Célunk elérése érdekében olyan mikro-fűtőtestet alakítottunk ki, ami egy darab olyan fűtőszálat tartalmaz, amely legalább 90%-ban beborítja a mikro-fűtőtest teljes felületét, így a lokális hőmérséklet elsősorban a helyileg leadott teljesítménytől, és csak másodsorban a hővezető képességtől függ. Így elméletben tetszőleges egyenletességgel lehet a felület hőmérséklet

eloszlását beállítani. Az egyenletes hőmérsékletet pedig $\pm 0,5\%$ -os pontossággal a fűtőszál szélességének változtatásával biztosítjuk.

Kísérleteink során sikerült kialakítani a mikrofűtőtestnek egy olyan speciális változatát is, amely azonos méretben és teljesítményfelvétellel az átmérő külső, maximum $30\text{ }\mu\text{m}$ -es gyűrűjében legalább 5°C -kal magasabb hőmérsékletet biztosít, mint a belső $\pm 3^\circ\text{C}$ -os pontossággal fűtött felületnek a hőmérséklete. Ezt kísérleti eredményeink alapján úgy értük el, hogy a fent említett, a fűtött felület teljes felületén mindenhol azonos hőmérsékletet biztosító kivitelű mikrofűtőtest fűtőszálának geometriáján annyit változtattunk, hogy a kör alakú fűtött felület külső kerületéhez legközelebb eső, félköríves fűtőszál szakaszok szélességét az eredeti mérethez képest 15% -kal csökkentettük.

Az egykristályos Si chip kereten felfüggesztett mikrofűtőtest dielektrikum rétegszerkezetbe van csomagolva. Alkalmazástól függően a fűtőtest beborítható katalizátor anyaggal, félvezető jellegű, adalékolt vagy adalékoltalan fém-oxid kemorezisztív réteggel. Szintén alkalmazástól függően tartalmazhat egy egységes réteget, amely közelíti a fekete test sugárzási tulajdonságait mikro infravörös forrásként való alkalmazásokban.

A használati minta tárgyát képező geometriájú és rétegszerkezetű mikrofűtőtest önálló chipként is alkalmas, de a gyártástechnológiája lehetővé teszi, hogy monolit integrált formában beépítsük már ismert eszközökbe.

A használati minta olyan mikrofűtőtest, amely szigetelő dielektrikum rétegekbe csomagolva egy darab, a mikrofűtőtest fűtött felületének legalább 90% -át beborító fűtőszálat tartalmaz, továbbá kettő darab hozzávezetést. Felismertük, hogy a technológiai határok által korlátozottan, de a fűtött felület maximális borítottságával és a fűtőszál geometriájának a változtatásával nyílik lehetőség a maximális hőmérséklet egyenletesség biztosítására. Az egyenletes hőmérsékletet az $500\text{--}800^\circ\text{C}$ tartományban $\pm 1,5\text{--}8^\circ\text{C}$ azaz legalább $\pm 0,3\text{--}1\%$ -os pontossággal a fűtőszál egyes szegmenseiben húzódó fűtőszál szakaszok szélességének változtatásával, továbbá a hozzávezetések szélességének, illetve hosszúságának változtatásával, azaz önfűtő hozzávezetésekkel biztosítjuk. Amennyiben pedig a mikrofűtőtestet felhasználó érzékelő rendszer független hőmérséklet mérést igényel, párhuzamos, kizárólag ellenállás mérésre szolgáló hozzávezetéseket alakítunk ki.

Felismertük, hogy elegendő egyetlen olyan fűtőszál, amely fűtőszálat a fűtött felület külső peremétől, a kör alakú fűtendő terület sugarának közepéig bevezetve és onnan változó szélességű körív szakaszokkal kialakítva elérhető egy olyan geometria, amely a fűtött felület minden pontjában azonos hőmérsékletet biztosít. A felismerés alapján kidolgoztunk egy olyan mikrofűtőtestet, amely négy rétegből álló szilícium-dioxid és szilícium-nitrid multiréteg membránszerkezeten kialakított fűtőszál geometriával biztosítja az egyenletes felületi hőmérsékletet egy 150 μm átmérőjű területen.

A használati minta tárgya tehát mikrofűtőtest, főleg kalorimetrikus és kemorezisztív gázérzékelőkhöz, áramlásmérőkhöz, nyomásmérőkhöz, infravörös fényforrásokhoz és bolométerekhez, amely szilícium hordozó alapanyagban kialakított üreg fölötti, szilícium-nitridet is tartalmazó felfüggesztett dielektrikum rétegszerkezetből készített membránon egyetlen vezetőrétegből van kialakítva. Jellegzetessége, hogy a mikrofűtőtestnek egyetlen fűtőszála van, a fűtött felülete kör alakú, amely fűtött felület legalább 90%-án van az egyetlen fűtőszál kialakítva, a mikrofűtőtest fűtőszála egymással sorba kapcsolt, állandó vastagságú, változó szélességű és geometriájú fűtőszál szakaszokból, két külső félköríves fűtőszál szakaszból, negyed körívekből álló fűtőszál szakaszokból, és középső kör alakú fűtőszál szakaszból van felépítve, a fűtőszál szakaszok közül a két külső félköríves fűtőszál szakasz a legkeskenyebb, a fűtőszál hozzávezetése a negyed körívekből álló fűtőszál szakaszhoz kapcsolódik, és úgy van kialakítva, hogy a változó szélességű fűtőszál csatlakozó részek a szomszédos szegmensek fűtőszál szakaszaival azonos szélességűek, a fűtőszál szakaszok és a hozzávezetések anyaga megegyező, az egymás melletti fűtőszál szakaszok között szigetelő hézagok vannak, a fűtőszál szakaszok, a hozzávezetések és a szigetelő hézagok további dielektrikum réteggel vannak beborítva.

A minta egy előnyös kiviteli alakjánál, a negyed körívekből álló fűtőszál szakaszok és a középső kör alakú fűtőszál szakasz között belső félköríves fűtőszál szakasz is el van helyezve.

A mikrofűtőtest további ismérve, hogy a külső félköríves fűtőszál szakasz szélessége 8-10 μm , a negyed körívekből álló fűtőszál szakaszok szélessége pedig 18-22 μm .

Egy másik változatnál, ahol van belső félköríves fűtőszál szakasz is, ott a külső félköríves fűtőszál szakasz szélessége 5-7 μm , a negyed körívekből álló fűtőszál szakaszok és a belső félköríves fűtőszál szakaszok szélessége egységesen 15-17 μm .

A fenti méreteken túl a mikrofűtőtest közös jellemzője, hogy a fűtött felület átmérője legfeljebb 150 μm , a középső kör alakú fűtőszál szakasz átmérője egységesen 32 μm , a fűtőszál szakaszok közötti szigetelő hézagok szélessége pedig egységesen legfeljebb 3 μm , a dielektrikum membránon felfüggesztett mikrofűtőtest fűtött felületének szélén levő félköríves fűtőszál szakasz és a szilícium hordozó közötti távolság pedig legalább 50 μm .

A minta szerinti mikrofűtőtest előnyös kiviteli alakjánál a fűtőszál szakaszok legalább egy rétegből álló dielektrikum rétegszerkezeten vannak kialakítva, amelynek anyaga $\text{Si:N}=1,05\pm 0,1:1$ arányú szilíciumban dús szilícium-nitrid vagy plazma leválasztott szilícium-nitrid vagy plazmaleválasztott szilícium-oxinitrid, és a dielektrikum rétegszerkezet ezen rétegek bármelyikéből kialakított borítással van beborítva.

Egy további előnyös kiviteli alak esetén a fűtőszál szakaszok egymást követő termikusan növesztett szilícium-dioxid réteget, sztöchiometrikus szilícium-nitrid réteget, leválasztott szilícium-dioxid réteget tartalmazó dielektrikum rétegszerkezeten vannak kialakítva és leválasztott szilícium-dioxid borítással vannak befedve.

A mikrofűtőtest egy másik előnyös megoldásánál a fűtőszál szakaszok anyaga platina, amely alján és tetején tapadóréteggel, például titán-oxid tapadóréteggel van ellátva. Egy további esetben a fűtőszál szakaszok anyaga polikristályos szilícium, vagy volfrám.

Egy célszerű megvalósítása a mikrofűtőtestnek, ha a hozzávezetésekkel párhuzamosan vezetett további független ellenállás mérésre alkalmas hozzávezetést is tartalmaz.

A használati minta szerinti mikrofűtőtest legfőbb előnye az egyszerű kialakítása, tehát az, hogy egyetlen fűtőszála van és hogy nem tartalmaz további hőmérséklet kiegyenlítő elemeket, így dinamikus tulajdonságai kiválóak. Mivel egyetlen fűtőszála van, ezért nem igényel bonyolult meghajtó elektronikai áramkört az egyenletes hőmérséklet biztosításához, hanem összesen egy szabályozott teljesítmény-táplálást igényel. A mikrofűtőtest egyszerű vékonyréteg technikákkal (kémiai és fizikai rétegleválasztások, fotolitográfia, száraz és nedves kémiai marások) előállítható, így monolit integrált formában tartalmazhatja a szükséges áramköröket is, de alkalmas hibrid integrációra is. A bemutatott geometriai változatokkal és a fűtőszál vastagságának változtatásával a mikrofűtőtest feszültség igénye illeszthető a piacon kapható

hordozható áramforrásokhoz (elemek, akkumulátorok), és így egységes alapot szolgáltat számos érzékelő szerkezet kialakítására. A mikrofüttőtestből néhány további lépéssel változatos funkciójú, katalitikus, kalorimetrikus, kemorezisztív elven működő gázérzékelő szenzorok, bolométerek vagy infravörös fényforrások készíthetők.

A használati minta szerinti egyenletes felületi hőmérsékletet biztosító mikrofüttőtest lehetséges megoldásait a mellékelt rajzok alapján ismertetjük részletesen, ahol

- az 1. ábra a mikrofüttőtest vázlatos felülnézetét,
- a 2. ábra a független ellenállás mérésre alkalmas hozzávezetést is tartalmazó megoldást
- a 3. ábra a mikrofüttőtest egy általános kialakításának A - A metszetét
- a 4. ábra a nedveskéimiai lúgos marással előállított mikrofüttőtest vázlatos B - B metszetét,
- az 5. ábra a szárazmarással készített mikrofüttőtest vázlatos B - B metszetét

ábrázolja.

Az 1. ábrán látható, hogy a mikrofüttőtestnek kettő darab egymással szemközt elhelyezkedő, egy egyenesbe eső 1 hozzávezetése van. A mikrofüttőtest 2 füttött felülete kör alakú. Ezen belül a mikrofüttőtest egyetlen füttőszála egymással sorba kapcsolt, állandó vastagságú, változó szélességű és geometriájú füttőszál szakaszokból, a kettő darab 8 változó szélességű füttőszál csatlakozóból, a négy darab 4 negyed körívekből álló füttőszál szakaszokból, a kettő darab 3 külső félköríves füttőszál szakaszokból és az egy darab 6 középső kör alakú füttőszál szakaszból áll. Az egymás melletti füttőszál szakaszok között négy darab 7 szigetelő hézag van. Az egyes füttőszál szakaszok és a hozzájuk a 8 változó szélességű füttőszál csatlakozóval kapcsolódó 1 hozzávezetések anyaga pedig megegyező.

A minta szerinti műszaki megoldás előnyös kivitele esetén a mikrofüttőtest kör alakú 2 füttött felületének átmérője legfeljebb 150 μm , a 3 külső félköríves füttőszál szakaszok szélessége 8-10 μm , a 4 negyed körívekből álló füttőszál szakaszok szélessége 18-22 μm és a 6 középső kör alakú füttőszál szakasz átmérője pedig 32 μm . Az egyes füttőszál szakaszok közötti 7 szigetelő hézagok szélessége legfeljebb 3 μm .

A 2. ábra szerinti kiviteli alak felépítése hasonló az 1. ábrán ismertetett megoldáshoz, amelyen azonban további 5 belső félköríves füttőszál szakaszok is találhatók. Mivel a mikrofüttőtest kör alakú 2 füttött felületének átmérője ugyanúgy 150 μm , mint az 1. ábra szerinti kivitelnél, ezért

az egyes fűtőszál szakaszok szélessége kisebb. A 2. ábra szerinti esetben a 3 külső félköríves fűtőszál szakaszok szélessége 5-7 μm , a 4 negyed körívekből álló fűtőszál szakaszok és az 5 belső félköríves fűtőszál szakaszok szélessége pedig egységesen 15-17 μm . A 6 középső kör alakú fűtőszál szakasz átmérője változatlanul 32 μm .

A 2. ábrán kettő darab 9 független ellenállás mérésre alkalmas hozzávezetés is látható, amikkel a mikrofűtőtestet felhasználó érzékelő rendszernek a 2 fűtött felület hőmérsékletének független mérésére is lehetősége adódik.

A 3. ábra a mikrofűtőtest egy általános kialakításának A – A metszete, amelyen a 10 szilícium hordozó alapanyagban kialakított üreg fölötti felfüggesztett 11 dielektrikum rétegszerkezet, a 3 külső félköríves fűtőszál szakasz, a 4 negyed körívekből álló fűtőszál szakaszok, és a 6 középső kör alakú fűtőszál szakasz, és a mindezek tetejére leválasztott 15 borítás látható. Ennél a kiviteli alaknál a 15 borítás anyaga leválasztott szilícium dioxid.

A 4. ábra a nedveskémiai lúgos marással előállított mikrofűtőtest vázlatos metszetét ábrázolja. Látható, hogy a 10 szilícium hordozó alapanyagban kialakított üreg fölötti felfüggesztett membrán rétegszerkezete 11a termikusan növesztett szilícium-dioxid réteg, 11b sztöchiometrikus szilícium-nitrid réteg, 11c leválasztott szilícium-dioxid réteg, továbbá a 3 külső félköríves fűtőszál szakasz, a 4 negyed körívekből álló fűtőszál szakaszok, az 5 belső félköríves fűtőszál szakasz és a 6 középső kör alakú fűtőszál szakasz polikristályos szilícium vagy volfrám anyagú rétegen van kialakítva, és a mindezek tetejére leválasztott 15 borítás anyaga leválasztott szilícium-dioxid. Ennél a változatnál a fűtőszál és az 1 hozzávezetés anyaga volfrám vagy polikristályos szilícium. A mikrofűtőtest fűtött területének szélén levő 3 külső félköríves fűtőszál szakasz és a 10 szilícium hordozó egymástól t távolságra van, amely előnyösen legalább 50 μm .

A 5. ábra a mikrofűtőtest egy olyan kiviteli alakjának vázlatos metszetét mutatja, ahol a szilícium hordozó alapanyagban anizotróp szárazmarással alakították ki az üreget. Itt is fel van tüntetve, hogy a 10 szilícium hordozó alapanyagban kialakított üreg fölötti felfüggesztett membrán rétegszerkezete 11a termikusan növesztett szilícium-dioxid réteg, 11b sztöchiometrikus szilícium-nitrid réteg, 11c leválasztott szilícium-dioxid réteg, a 3 külső félköríves fűtőszál szakasz, a 4 negyed körívekből álló fűtőszál szakaszok, az 5 belső félköríves fűtőszál szakasz és a 6 középső kör alakú fűtőszál szakasz platinából van kialakítva, és a

mindezek tetejére leválasztott 15 borítás leválasztott szilícium-dioxid. Ennél a változatnál is a fűtőszál és az 1 hozzávezetés anyaga platina, amely alsó és felső, például titán-oxid 14 tapadóréteggel van ellátva. A 14 tapadóréteg anyaga lehet még titán, tantál, hafnium vagy ezek oxidja is. A mikrofűtőtest fűtött területének szélén levő 3 külső félköríves fűtőszál szakasz és a 10 szilícium hordozó egymástól szintén t távolságra van, amely ebben az esetben is előnyösen legalább $50\text{ }\mu\text{m}$.

A használati minta szerinti egyenletes felületi hőmérsékletet biztosító mikrofűtőtest az alábbiak szerint működik. A mikrofűtőtest az őt tartalmazó áramkörüi környezet, érzékelő rendszer közös táphálózatáról veszi fel a működéséhez szükséges energiát. Fűtőszála a rajta átfolyó áram energiáját alakítja át hővé. A fűtött felületen azért alakulhat ki a már említett többszáz $^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklet, mert a jó hőszigetelő képességű vékony membrán, amelyen a fűtőszál ki van alakítva, gyenge hővezető képességű légtérben lebeg, a két jó hővezető képességű hozzávezetés, amelyen keresztül az őt működtető rendszerhez kapcsolódik, pedig meglehetősen kis keresztmetszetű. Tehát, a fűtőszálon átfolyó áram folytonosan melegíti a membránon kialakított fűtőszálat. Mégis, a nagy hőellenállású hőelvezető utak (a membránt körülvevő légtér és a hozzávezetések) torzítják a fűtött felület hőmérséklet-eloszlását. Ez azt eredményezi, hogy a fűtött felület különböző pontjain csak akkor lesz azonos a lokális hőmérséklet, ha bármely felületegység által disszipálható teljesítmény megegyezik az adott felületegységben felszabadított villamos teljesítménnyel. A mikrofűtőtestek alkalmazási területein azonban igen kívánatos egyenletes hőmérséklet-eloszlású felületet biztosítani. A használati minta szerinti mikrofűtőtest egyetlen fűtőszálnak adja meg egy olyan előnyös geometriai kialakítását, amely ezt az egyenletes hőmérséklet-eloszlást nyújtja.

A technológiai határok által korlátozottan, de a fűtött felület maximális borítottságával és a fűtőszál geometriájának a változtatásával nyílik lehetőség a maximális hőmérséklet egyenletesség elérésére, amely a $100\text{--}800^{\circ}\text{C}$ tartományban legalább $\pm 0.3\text{--}1\%$ -os pontosságú. A megcélzott $500\text{--}800^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletet 500°C -on $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$, és csökkenő egyenletességgel a 800°C -ot $\pm 8^{\circ}\text{C}$ -on belül biztosítja, melyet a fűtőszál egyes szegmenseiben húzódó fűtőszál szakaszok szélességének változtatásával, továbbá a hozzávezetések szélességének, illetve hosszúságának változtatásával, azaz önfűtő hozzávezetésekkel érjük el. Amennyiben a mikrofűtőtestet felhasználó érzékelő rendszer független hőmérséklet mérést igényel, párhuzamos, kizárólag ellenállás mérésre szolgáló hozzávezetéseket alakítunk ki.

Egy fűtőszál a fűtött felület külső peremétől, annak egy belső szegmensében húzódó fűtőszál szakaszhoz bevezetve és onnan változó szélességű körívvel van kialakítva oly módon, hogy minden egyes pontban, ill. bármelyik egységnyi felületű behatárolt területen, a fűtőtéljesítmény a domináns konvekciós veszteséget és a másodlagos szilárd felületi vezetési veszteséget számolva akkora legyen, hogy a fűtött felület minden pontjában azonos hőmérsékletet biztosítson.

A mikrofüttőtest chip monolit integrált formában tartalmazhat, önmagában ismert, elektronikai áramkört a szabályozott fűtés és hőmérséklet kiolvasás biztosításához és az ehhez szükséges AD-DA konvertereket, esetleges zajsűrű további áramkört.

A használati minta szerinti mikrofüttőtest előnyösen alkalmazható kémiai reakciókon alapuló gázérzékelőkben, elsősorban katalitikus, kalorimetrikus jelátalakítási elven működő eszközökben és kemorezisztív érzékelőkben mert a katalízishez szükséges magas hőmérsékleten is nagy pontossággal stabil hőmérsékletet szolgáltat, ráadásul ennek a stabil magas hőmérsékletnek a felület menti eloszlását a valaha elért legjobb egyenletességgel valósítja meg külön hőelosztó réteg nélkül.

HASZNÁLATI MINTAOLTALMI IGÉNYPONTOK:

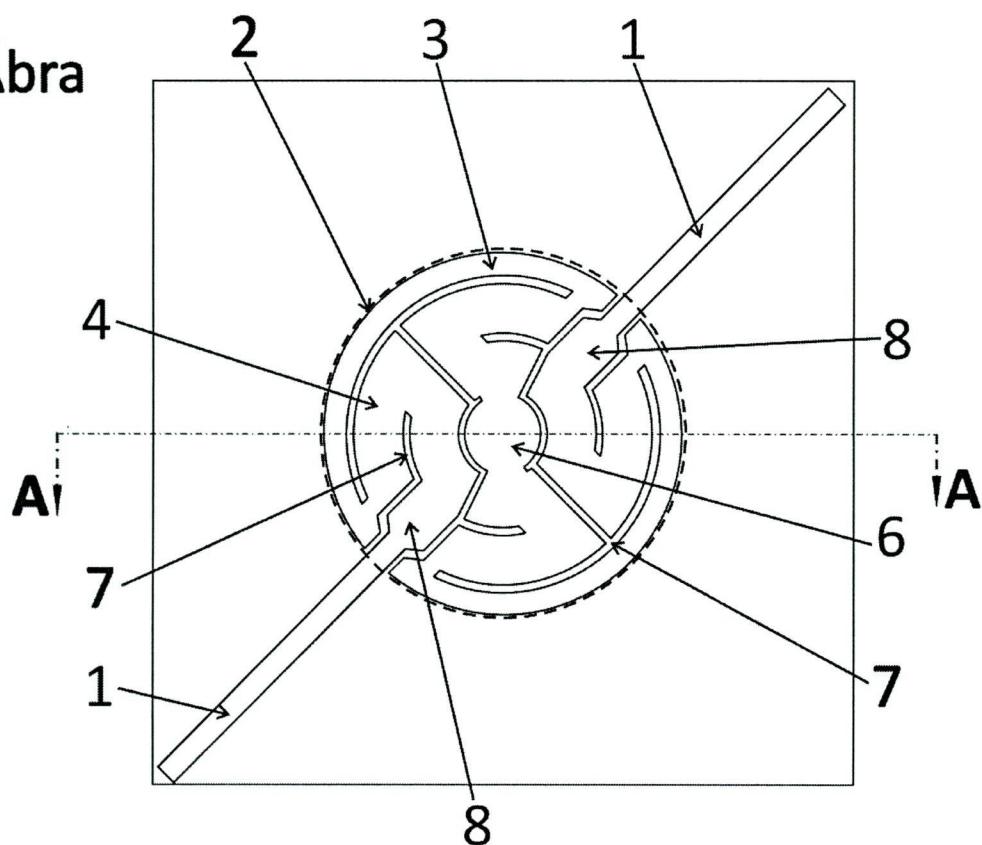
1. Mikrofűtőtest, főleg kalorimetrikus és kemorezisztív gázérzékelőkhöz, áramlásmérőkhöz, nyomásmérőkhöz, infravörös fényforrásokhoz és bolométerekhez, amely szilícium hordozó alapanyagban kialakított üreg fölötti, szilícium-nitridet is tartalmazó felfüggesztett dielektrikum rétegszerkezetből készített membránon egyetlen vezetőrétegből van kialakítva, **azzal jellemezve**, hogy a mikrofűtőtestnek egyetlen fűtőszála van, a fűtött felülete (2) kör alakú, amely fűtött felület (2) legalább 90%-án van az egyetlen fűtőszál kialakítva, a mikrofűtőtest fűtőszála egymással sorba kapcsolt, állandó vastagságú, változó szélességű és geometriájú fűtőszál szakaszokból, két külső félköríves fűtőszál szakaszból (3), negyed körívekből álló fűtőszál szakaszokból (4), és középső kör alakú fűtőszál szakaszból (6) van felépítve, a fűtőszál szakaszok közül a két külső félköríves fűtőszál szakasz (3) a legkeskenyebb, a fűtőszál hozzávezetése (1) a negyed körívekből álló fűtőszál szakaszhoz (4) kapcsolódik, és úgy van kialakítva, hogy a változó szélességű fűtőszál csatlakozó részek (8) a velük szomszédos szegmensek külső félköríves fűtőszál szakaszával (3) és a negyed körívekből álló fűtőszál szakaszokkal (4) azonos szélességűek, a fűtőszál szakaszok és a hozzávezetések (1) anyaga megegyező, az egymás melletti fűtőszál szakaszok között szigetelő hézagok (7) vannak, a fűtőszál szakaszok, a hozzávezetések (1) és a szigetelő hézagok (7) további dielektrikum réteggel (15) vannak beborítva.
2. Az 1. igénypont szerinti mikrofűtőtest, **azzal jellemezve**, hogy a negyed körívekből álló fűtőszál szakaszok (4) és a középső kör alakú fűtőszál szakasz (6) között belső félköríves fűtőszál szakasz (5) is el van helyezve.
3. Az 1. igénypont szerinti mikrofűtőtest, **azzal jellemezve**, hogy a külső félköríves fűtőszál szakasz (3) szélessége 8-10 μm , a negyed körívekből álló fűtőszál szakaszok (4) szélessége pedig 18-22 μm .
4. A 2. igénypont szerinti mikrofűtőtest, **azzal jellemezve**, hogy a külső félköríves fűtőszál szakasz (3) szélessége 5-7 μm , a negyed körívekből álló fűtőszál szakaszok (4) és a belső félköríves fűtőszál szakaszok (5) szélessége pedig egységesen 15-17 μm .



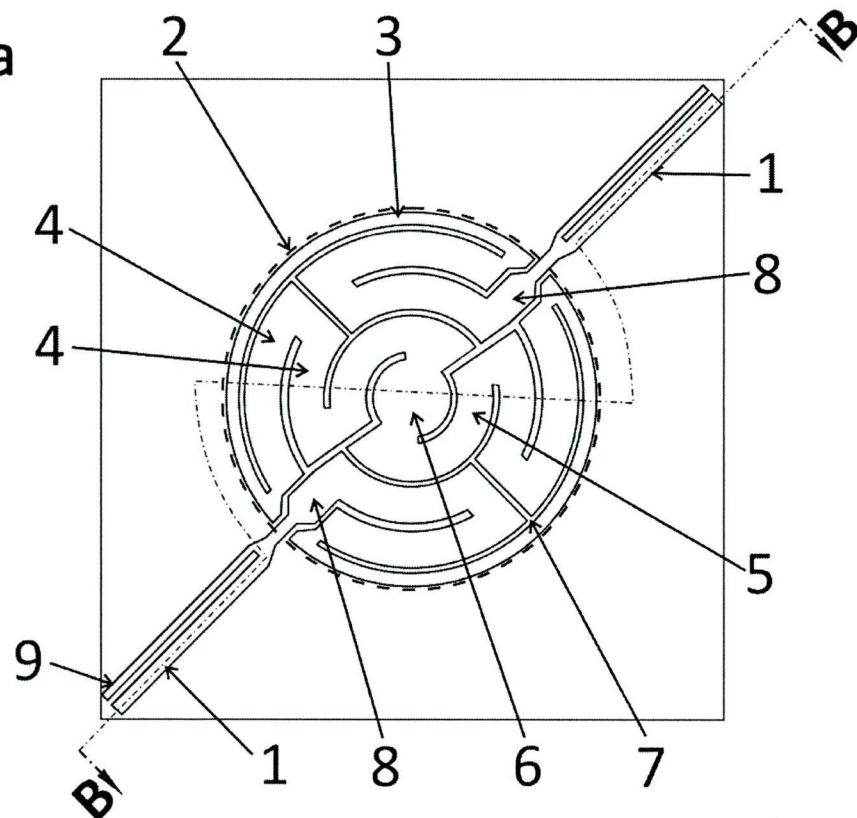
SZTNH-100302190

5. Az 1-4. igénypontok bármelyike szerinti mikrofüttőtest, **azzal jellemezve**, hogy a fűtött felület (2) átmérője legfeljebb 150 μm , a középső kör alakú fűtőszál szakasz (6) átmérője egységesen 32 μm , a fűtőszál szakaszok közötti szigetelő hézagok (7) szélessége pedig egységesen legfeljebb 3 μm , a dielektrikum membránon felfüggesztett mikrofüttőtest fűtött felületének (2) szélén levő külső félköríves fűtőszál szakasz (3) és a szilícium hordozó (10) közötti távolság (t) pedig legalább 50 μm .
6. Az 1. vagy 2. igénypont szerinti mikrofüttőtest, **azzal jellemezve**, hogy a fűtőszál szakaszok legalább egy rétegből álló dielektrikum rétegszerkezeten (11) vannak kialakítva, amelynek anyaga $\text{Si:N}=1,05\pm 0,1:1$ arányú szilíciumban dús szilícium-nitrid vagy plazmaleválasztott szilícium-nitrid vagy plazmaleválasztott szilícium-oxinitrid, és a dielektrikum rétegszerkezet (11) ezen rétegek bármelyikéből kialakított borítással (15) van beborítva.
7. A 6. igénypont szerinti mikrofüttőtest, **azzal jellemezve**, hogy a fűtőszál szakaszok egymást követő termikusan növesztett szilícium-dioxid réteget (11a), sztöchiometrikus szilícium-nitrid réteget (11b), leválasztott szilícium-dioxid réteget (11c) tartalmazó dielektrikum rétegszerkezeten (11) vannak kialakítva és leválasztott szilícium-dioxid borítással (15) vannak beborítva.
8. Az 1-7. igénypontok bármelyike szerinti mikrofüttőtest, **azzal jellemezve**, hogy a fűtőszál szakaszok anyaga platina, amely alján és tetején tapadóréteggel (14), például titán-oxid tapadóréteggel (14) van ellátva.
9. Az 1-7. igénypontok bármelyike szerinti mikrofüttőtest **azzal jellemezve**, hogy a fűtőszál szakaszok anyaga polikristályos szilícium vagy volfrám.
10. Az 1-9. igénypontok bármelyike szerinti mikrofüttőtest, **azzal jellemezve**, hogy a mikrofüttőtest a hozzávezetésekkel (1) párhuzamosan vezetett további független ellenállás mérésre alkalmas hozzávezetést (9) is tartalmaz.

1. Ábra



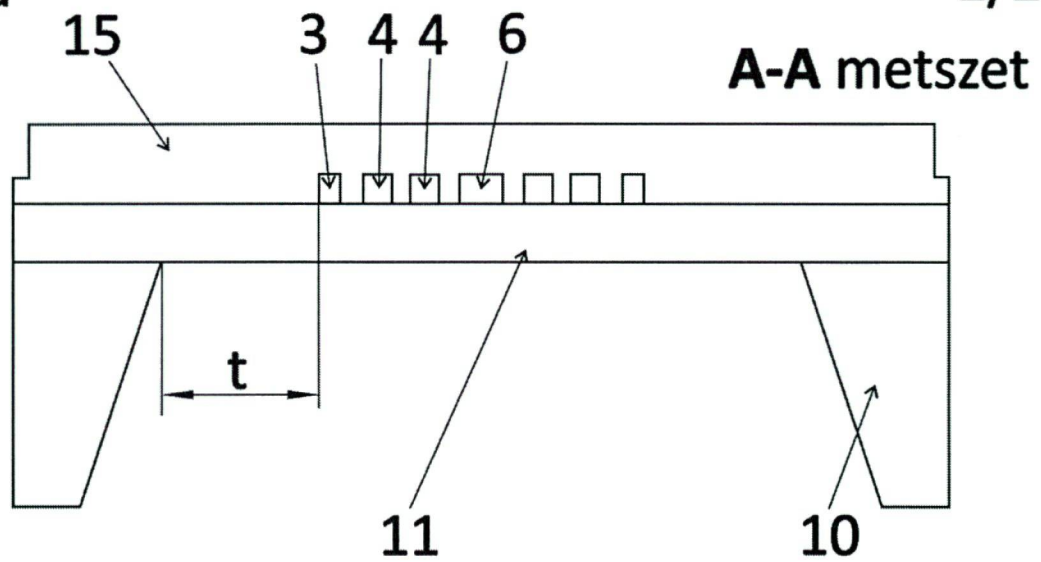
2. Ábra



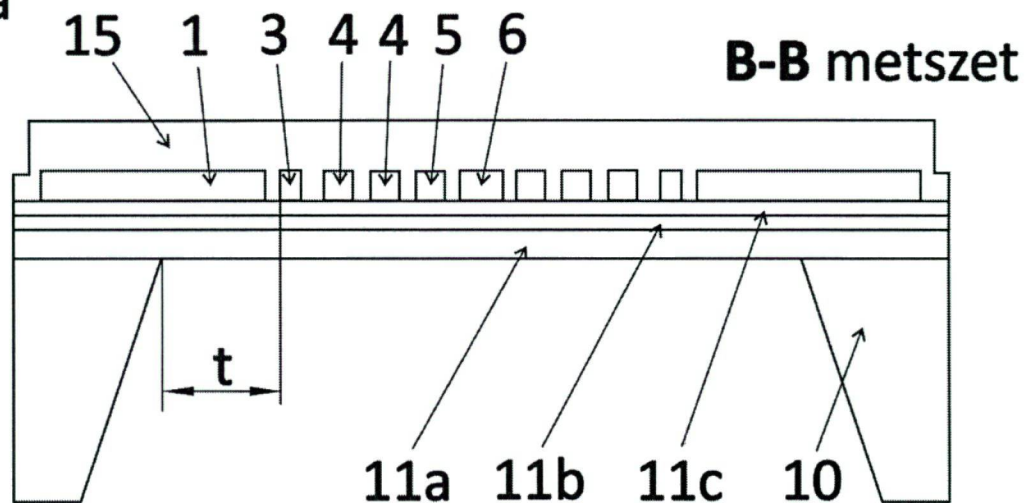
SZTNH-100279815

3. Ábra

2/2



4. Ábra



5. Ábra

