



(12) **PATENTTIJULKAISU**
PATENTSKRIFT

(10) **FI 124103 B**

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

14.03.2014

(51) Kv.lk. - Int.kl.

B81B 3/00 (2006.01)

B81B 5/00 (2006.01)

B06B 1/10 (2006.01)

SUOMI – FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(21) Patenttihakemus - Patentansökning

20105168

(22) Saapumispäivä - Ankomstdag

22.02.2010

(24) Tekemispäivä - Ingivningsdag

22.02.2010

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

23.08.2011

(73) Haltija - Innehavare

1 • Murata Electronics Oy, Myllynkivenkuja 6, 01620 VANTAA, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 • KAAJAKARI, Ville, RUSTON, LA 71270, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud

Boco IP Oy Ab, Itämerenkatu 5, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Parannettu mikromekaaninen resonaattori

Förbättrad mikromekanisk konstruktion för en resonator

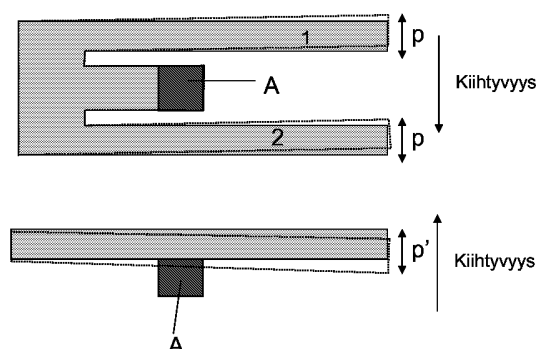
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US 3727151 A, GB 1441192 A, US 4306456 A, US 2009189481 A1, US 5839062 A, US 2009184781 A1

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön tarkoituksena on aikaansaada parannettu rakenne mikromekaanisen systeemin (MEMS) resonaattorille. Keksinnön ensimmäisen aspektin mukaan keksinnön mukaisella resonaattorirakenteella on sille ominainen värähtelyliikkeen taajuus ja siihen liittyvä eräs mekaaninen laajuus, jolloin mainitun mekaanisen laajuuden asettamiseksi resonaattorirakenteessa on sen erään substraattiosaan ankkuripisteeseen ankkuroimalla värähteleväksi järjestetty eräs ensimmäinen osa ja värähteleväksi järjestetty eräs toinen osa, siten järjestettynä että ainakin eräs mainituista eräs ensimmäinen osa ja eräs toinen osa on järjestetty synkronisesti värähteleviksi mainitun ankkuripisteen suhteen, jolloin mainittu ankkuripiste on valittu oleellisesti mainittujen ensimmäisen ja toisen osan dimensioiden määrittelemän projektion sisäpuolelta.

Avsikten med uppfinningen är att åstadkomma en förbättrad konstruktion för en resonator i ett mikromekaniskt system (MEMS). Enligt en första aspekt av uppfinningen kännetecknas en resonatorkonstruktion enligt uppfinningen av att den har en karakteristisk frekvens för en vibrationsrörelse och en därmed förbunden bestämd mekanisk amplitud, där man, för att inställa den nämnda mekaniska amplituden i resonatorkonstruktionen, genom förankring vid en förankringspunkt på en viss substraatdel anordnat en viss första del att vibrera, och en viss andra del att vibrera, så anordnade att åtminstone en av de nämnda ena första delen och ena andra delen anordnats att vibrera synkront i förhållande till nämnda förankringspunkt, varvid man valt nämnda förankringspunkt väsentligen inom en projektion definierad av dimensionerna hos nämnda första och andra del.



Parannettu mikromekaaninen resonaattori – Förbättrad mikromekansik konstruktion för en resonator

Keksintö liittyy mikromekaanisten resonaattorien suunnitteluun yleisellä tasolla, mutta
 5 erityisemmin mikromekaanisten järjestelmien (MEMS) resonaattorien suunnitteluun. Keksinnön tarkoituksena on aikaansaada parannettu sellaisen mikromekaanisen järjestelmän (MEMS) resonaattori, joka on rakenteeltaan soveltuva käytettäväksi vaativissa oloissa luotettavalla tavalla, erityisesti pienen mittakaavan ratkaisuja varten.

10 Taustaa

Resonaattori on avainasemassa erilaisissa ajoitustehtävissä ja taajuusreferenssinä. Resonaattorit asetetaan värähtelemään lähellä niiden luonnollista, karakteristista, värähtelytaajuutta, joka riippuu kunkin resonaattorin tai sellaisena toimivan osan materiaalista, muodosta, ja/tai karakteristisista mitoista.

15

Referenssitoimintoja ja ajoitusta varten taajuuden tulee olla tarkasti kontrolloitavissa/asetettavissa. Tyypillisissä sovelluksissa taajuuden tarkkuus voi olla luokkaa 1 -100 ppm (parts per million). Tarkkuus ppm-tasolla vaatii valmistustoleransseilta tiukkuutta. Lisäksi kuitenkin joudutaan usein tekemän
 20 lopullista viritystä varten mekaanista ja/tai sähköistä hienosäätöä.

25

Mikromekaanisia resonaattoreita on käytetty laajasti MEMS-pohjaisissa laitteissa niiden avainkomponenttina. Esimerkkinä mainittakoon mikro-gyroskoopit, -vibromoottorit, -koneet ja mikroaaltojärjestelmät. Resonaattorit saatetaan toimimaan sähköstaattisella aktualisoinnilla, värähteleviksi lähellä karakteristista luonnollista resonanssitaajuutta.

30

Lisäksi mikromekaanisia resonaattoreita voidaan käyttää täydentämään kvartsi-pohjaisen tekniikan ratkaisuja taajuusreferensseissä, joskin taajuuden tarkkuus tulee olla niillä parempi ennen kuin ne voivat kokoaan korvata kvartsi-pohjaista tekniikkaa, soveltuvin osin.

Mikromekaanisia resonaattoreita valmistetaan yhdistämällä optista litografiaa ja etsaustekniikkaa kokoluokassa soveltuvalla tavalla, mikä tarjoaa etuja perinteiseen

kvartsi-pohjaiseen tekniikkaan nähden. Valmistusprosessista voi kuitenkin aiheutua jopa prosentti-luokkaa olevia vaihteluita valmistettavien kappaleiden dimensioihin.

Tunnetun tekniikan mukaisten ratkaisujen suhteen paremmaksi ymmärtämiseksi esillä olevan keksinnön suoritusmuotoihin nähden viitataan seuraavassa kuvioihin 1A ja 1B seuraavasti:

Kuvio 1A havainnollistaa tunnetun tekniikan mukaista perusresonaattoria sinänsä.

Kuvio 1B havainnollistaa tunnetun tekniikan mukaisen perusresonaattorin keskitettyä mallia sinänsä.

Kuvio 1A havainnollistaa tunnetun tekniikan mukaista perusresonaattoria sinänsä. Yksinkertainen resonaattori koostuu jousielementistä (varsi) ja suorakulmaisesta massasta (massa). Jousielementti voi olla esimerkiksi mekaaninen palkkimainen jousi (varsi), kuten on havainnollistettu kuvassa 1.

Kuvion 1A mukaisessa yksinkertaisessa resonaattorissa karakteristinen resonanssitaajuus ω_0 on

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad (1)$$

jolloin jousivakio k on

$$k = Y \frac{w^3 h}{4L^3}. \quad (2)$$

Kuvio 1B havainnollistaa tunnetun tekniikan mukaisen perusresonaattorin keskitettyä mallia sinänsä. Tässä Y on Youngin moduli jousimateriaalille, w on jousielementin leveys, h on sen korkeus, ja L on sen karakteristinen pituus. Jousielementin leveys w on tyypillisesti pieni ja kuutiollisen verrannollisuuden vuoksi resonanssitaajuus ω_0 on herkkä jousielementin leveyden w muutoksille.

Ensimmäisen kertaluokan muutos resonanssitaajuudessa ω_0 suhteessa jousielementin leveyteen on

$$\frac{\Delta\omega_0}{\omega_0} = \frac{3}{2} \frac{\Delta w}{w}, \quad (3)$$

- 5 jolloin $\partial\omega_0$ on infinitesimaalinen taajuuden muutos, joka johtuu infinitesimaalisesta muutoksesta jousielementin leveydessä muutoksella ∂w . Kaikkein huomattavimpien ongelmien joukossa mikromekaanisten resonaattoreiden suunnittelussa on resonanssitaajuuden vaihtelu, joka johtuu rakenteiden mekaanisten mittojen puutteellisesta tai huonosta tarkkuudesta.

10

Esimerkiksi yhtälön 3 perusteella voidaan todeta, että jos jousielementin leveys vaihtelee 4 %, myös resonanssi-taajuus vaihtelee, mutta 6 % tai 60,000 ppm.

- Tähän liittyen patenttijulkaisuista US 2009/0189481 A1 ja WO 2009/092846 A1
15 tunnetaan eräs menetelmä valmistustarkkuuden vaikutusten parantamiseksi taajuuden vaihteluun liittyvissä ongelmissa

- On kuitenkin huomattava, että häiriötilanteissa resonaattoriin kohdistuvilla voimilla on tietty vaikutuksena resonaattoriin aiheuttaen siihen ja/tai sen osiin kiihtyvyyksiä.
20 Tällöin rakenteet taipuvat, ja värähtelyliike voi häiriintyä, vaikka resonaattori olisikin robustiksi rakennettu. Voimakkaiden häiriöiden vaikutukset voivat lisäksi aikaansaada sen, että pitkät jousimaiset rakenteet, jotka on tuettu vain toisesta päästä liikkuvat laajalla laajuudella, ja voivat siten aiheuttaa tietyissä tilanteissa joko osumia muihin rakenteen osiin, ja jopa vaurioitua tai sotkea sähköisiä signaaleja rakenteen
25 kontrolloimiseksi. Tällaisten tilanteiden huomioon ottamiseksi joudutaan varautumaan esimerkiksi jättämällä elektrodien välisiin tiloihin suojavälystä, mikä esimerkiksi kapasitiivisissa resonaattoreissa voi aiheuttaa ongelmia riittävän suuruisen kapasitanssin aikaansaamisessa toisaalta pienessä rakenteessa. Toisaalta kapasitanssin kasvattamiseksi voidaan joutua lisäämään massaa jousielimiin, mikä toisaalta voi
30 vaikuttaa ei toivotulla tavalla resonanssitaajuuteen, esimerkiksi massan hitauden kautta.

Yhteenveto

Keksinnön tarkoituksena on aikaansaada parannettu rakenne mikromekaanisen systeemin (MEMS) resonaattorille, joka on epäherkkä häiriöille, mutta joka mahdollistaa sinänsä pienen koon sekä suuren kapasitanssin sekä toimii luotettavana
5 taajuusreferenssinä.

Keksinnön mukaiselle resonaattorille on tunnusomaista se mitä on sanottu resonaattoria koskevan itsenäisen patenttivaatimuksen tunnusmerkkiosassa.

10 Keksinnön ensimmäisen aspektin mukaan keksinnön mukaisella resonaattorirakenteella on sille ominainen värähtelyliikkeen taajuus ja siihen liittyvä eräs mekaaninen laajuus, jolloin mainitun mekaanisen laajuuden asettamiseksi resonaattorirakenteessa on sen erään substraattiosaan ankkuripisteeseen ankkuroimalla värähteleväksi järjestetty eräs ensimmäinen osa ja värähteleväksi järjestetty eräs toinen
15 osa, siten järjestettynä että ainakin eräs mainituista eräs ensimmäinen osa ja eräs toinen osa on järjestetty synkronisesti värähteleviksi mainitun ankkuripisteen suhteen, jolloin mainittu ankkuripiste on valittu oleellisesti mainittujen ensimmäisen ja toisen osan dimensioiden määrittelemän projektion sisäpuolelta.

20 Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisella resonaattorirakenteella on eräs sellainen mainittu eräs ensimmäinen osa joka käsittää ainakin erään tukivarren. Tällöin tukivarteen voidaan kiinnittää joukko muita erään ensimmäisen osan kaltaisia jousielimiä, joilla kuitenkin ei välttämättä ole samat karakteristiset mitat.

25 Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa mainittu ensimmäinen osa käsittää joukon dendriidejä. Tällöin kullakin dendriidillä voi olla oma karakteristinen mittansa, joka voi olla pinta-ala, pituus, leveys, paksuus ja/tai massa, dendriidin oman
30 resonanssitaajuuden määrittelemiseksi, ja/tai mainitun ensimmäisen osan karakteristisen taajuuden asettamiseksi. Eräissä keksinnön suoritusmuodoissa voidaan käyttää dendriidejä myös pinta-alan aikaansaamiseksi kapasitiivisia sovelluksia varten joko anturi ja/tai herätekehysrakenteen näkökohtia ajatellen. Tällöin tukipisteen valinnan vuoksi mekaanisen värähdysliikkeen laajuus voidaan sallia pienemmäksi ja

siten kapasitanssi suureksi pienen välyksen vuoksi, jolloin päästään myös kompaktimpaan kokoon.

5 Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa mainitut dendriidit muodostavat joukon palkkimaisia haaroja.

10 Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa ainakin erään mainitun ensimmäisen osan ja toisen osan eräs karakteristinen dimensio on järjestetty tietyn mekaanisen karakteristisen värähtelyn taajuuden asettamiseksi.

15 Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa on erään ensimmäisen osan ainakin sen joukon erään dendriidin eräs karakteristinen dimensio asetettu tietyn mekaanisen karakteristisen värähtelyn taajuuden asettamiseksi.

20 Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa on sellainen joukko dendriidejä, joilla on sama mekaaninen karakteristisen värähtelyn taajuus.

25 Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa on sellainen joukko dendriidejä, joilla mekaaninen karakteristisen värähtelyn taajuus on järjestetty erilaiseksi dendriidien kesken, tietyn säännön mukaisesti.

30 Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa on dendriidin karakteristinen taajuus asetettu dendriidin mekaanisen karakteristisen dimension ja/tai massan avulla.

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa, ainakin eräät mainitut ensimmäinen osa ja toinen osa muodostavat palkkimaiset haarat, jotka kiinnittyvät tukivarteen erisuuntaisen kiinnityselimen avulla.

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa on toteutettuna sellaisen joukon E-muotoisia resonaattoreita, jossa on ainakin eräs oleellisesti kirjaimen-muotoisen
 5 resonaattorirakenteen avulla.

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa mainitulla eräällä kirjaimella on oleellisesti erään kirjaimen muoto joukosta A, B, C, E, F, H, I, K, L, M, N, S, T, U, V, W, X, Y, Z.

10

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa ankkuripiste on valittu erään harmonisen mekaanisen värähtelyn herättämiseksi tietyllä mekaanisen mitan karakteristisella taajuudella.

15

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa ankkuripiste on valittu erään harmonisen mekaanisen värähtelyn vaimentamiseksi tietyllä mekaanisen mitan karakteristisella taajuudella.

20

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa on palkkimaisten haarojen väliin lomittain sopivia toisia palkkeja herätyskehysrakenteen aikaansaamiseksi.

25

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa se muodostuu fraktaalimaisesta rakenteesta.

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa on taitettu äänirautarakenne.

30

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa on T-rakenne.

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin

mukaisessa resonaattorirakenteessa ainakin eräs mainituista ensimmäinen ja toinen osa on järjestetty kaarevaksi.

5 Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa mainittu ankkuripiste on valittu niin, että ensimmäisen ja toisen osan karakteristisen värähtelytaajuuden mukainen mitoitus aikaansaa erään intervallin tasavirityksen mukaisen taajuussuhteen.

10 Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisessa resonaattorirakenteessa ainakin eräs mainituista ensimmäinen osa, toinen osa, dendriidi, ja tukivarsi on erityisesti mitoitettu siten, että herkkyys resonanssitaajuuden muutokselle suhteessa valmistuksen mitoituksellisiin vaihteluihin $d(\Delta\omega_0 / \omega_0) / d\delta$ on/lähestyy nollaa.

15 Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan mikromekaanisen resonaattorin jousielementin erään karakteristisen dimension ja dendriidin vastaavan karakteristisen dimension suhde on korkeintaan 10, edullisemmin korkeintaan 7 mutta vielä edullisemmin korkeintaan 5.

20 Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan jousirakenne on järjestetty ankkuroimalla ainakin osaksi äänirautarakennetta. Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan mainittu äänirautarakenne on taitettu äänirautarakenne. Tällöin ankkuripiste on järjestetty ääniraudan varteen, joka on taitetun äänirautarakenteen haarojen välissä. Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan tällöin taitettu äänirautarakenne on järjestetty E-
 25 geometriaan. Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan äänirautarakenne on järjestetty T-geometriaan. Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan äänirautarakenteessa on osa joka on E-geometrinen sekä T-geometrinen. Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan ankkuripiste on valittu jakamaan taitetun äänirautarakenteen varsi karakteristisin mitoin karakteristisille taajuuksille sopivaksi erään taajuusintervallin mukaisin
 30 taajuussuhtein.

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan varren eräällä osalla on oma dendriidirakenteensa, herätyskehysrakenteen aikaansaamiseksi ja/tai värähtelyn tietyn vaiheen

ylläpitämiseksi suhteessa varren erääseen muuhun osaan. Ylläpito voi olla esimerkiksi sähköstaattisen signaalin avulla tapahtuvaa.

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan dendriidin resonanssitaajuus sinänsä on sen mukaisin leveyden, tiheyden, pituuden ja Youngin moduulin avulla lausuttavissa seuraavasti: $\omega_f = 0.8 \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \frac{w_f}{L^2}$.

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan mikromekaanisessa resonaattorirakenteessa on aktuaattorivälineet herätyskehysrakenteen aikaansaamiseksi. Erään suoritusmuotovariantin mukaan mainitut välineet ovat sähköstaattiset. Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan elektrodivälitys on järjestetty niin, että se on korkeintaan kolminkertainen, edullisemmin korkeintaan kaksinkertainen värähtelyn laajuuteen nähden.

Keksinnön erään suoritusmuodon mukaan rakenteessa on sähköstaattinen vaimennin herätyskehysrakenteessa sen osana järjestettynä vaimentamaan sähköisesti mekaanisten häiriövoimien aiheuttamien liikkeiden amplitudia ja/tai kytkeytymistä täydessä laajuudessa resonaattorirakenteessa ja sen osissa.

20 Kuvioluettelo

Koska kuvioiden 1A-1C ja 2 yhteydessä viitattiin sinänsä tunnettuun tekniikkaan, selostetaan keksintöjen suoritusmuotoja havainnollistavia esimerkkejä seuraavassa viittaamalla kuvioihin 3-12 osana selitystä. Tällöin

- | | | |
|----|-------------|--|
| 25 | Kuvio 1A | havainnollistaa tunnetun tekniikan mukaista perusresonaattoria sinänsä, |
| | Kuvio 1B | havainnollistaa tunnetun tekniikan mukaisen perusresonaattorin keskitettyä mallia sinänsä, |
| | Kuviot 1C-2 | havainnollistavat tunnetun tekniikan mukaista äänirautaresonaattoria. |
| 30 | Kuviot 3-5 | havainnollistavat eräiden resonaattorien äänirautarakenteita sinänsä, ja |
| | Kuviot 6-9 | havainnollistavat keksinnön suoritusmuodon mukaisia resonaattorirakenteita. |

Esitetyissä esimerkeissä on havainnollistettu eräiden oskillaattoreiden värähtelysuuntia kaavamaisella tavalla, kuitenkin rajoittamatta värähtelyn suuntia suhteessa substraattiin, alustaan, ainoastaan esitettyihin esimerkkien mukaisiin suuntiin.

5

Resonaattori muodostaa avainkomponentin ajoitus- tai taajuusreferensseissä. Eräs yleinen resonaattorirakenne ajassapitosovelluksissa on äänirautaresonaattorin rakenne, jollainen on esitetty kuvioissa 1C ja 2. Niissä ääniraudan kaksi vartta värähtelee vastakkaisissa vaiheissa, jolloin nettoliike yhteisessä pisteessä kumoutuu. Tämä on edullista, kun häviöt ankkuroinnin läpi minimoituvat.

10

Kuviossa 3 on havainnollistettu äänirautarakenteista resonaattoria sinänsä. Koska rakenne on kiinni yhdestä päästä ankkurikohdassa, kiihtyvyys aikaansaa huomattavan momentin joka puolestaan liikuttaa resonaattoria. Riittävän suuruisen kiihtyvyyden seurauksena voivat resonaattorin varret jopa koskettaa alustaa tai koteloa.

15

Kuvassa 4 on esitetty piitä oleva mikromekaaninen äänirautaresonaattori, jossa on joukko muutamia elektrodeja ääniraudan varsien pään läheisyydessä. Resonaattori on sähköstaattisesti herätettävissä/toiminnallistettavissa vastinelektrodien avulla, jotka on sijoitettu lähelle resonaattori-elektrodeja.

20

Kuviossa 5 on esitetty kuvan 5 mukainen äänirautaresonaattori. Koska resonaattorin ankkuri ja elektrodien ankkuri ovat sijoitetut rakenteen etä-päihin, laite on herkkä ulkoisten voimien aiheuttamille kiihtyvyyksille tai alustan muodon muutoksille. Esimerkiksi alustan muodon muuttuminen voi vaikuttaa elektrodietäisyyksiin resonaattorielektrodien ja vastinelektrodien välillä.

25

Kuviossa 6 on havainnollistettu uudentyypistä äänirauta resonaattoria. Sijoittamalla ankkurointipiste (ankkuri viittaa kulloisenkin elektrodin ankkurointipisteeseen) taitetun ääniraudan varsien (1, 2) sisäpuolelle saadaan ankkuripiste A lähelle resonaattorin massakeskipistettä. Tämä huomattavasti vähentää ulkoisten voimien aiheuttaman kiihtyvyyden seurauksena tapahtuvan liikkeen liikelaajuutta.

30

Kuviossa 7 on esitetty parannettu resonaattorirakenne, jossa molemmat sekä

resonaattori että ankkuri ovat sijoitetut ääniraudan varsien sisäpuolelle. Koska ankkurit on sijoitettu lähelle resonaattorin massakeskipistettä ja ankkurit ovat lähellä toisiaan on laite epäherkkä ulkoisten voimien aiheuttamille kiihtyvyyksille tai alustan muodon muutoksille.

5

Kuviossa 8 on esitetty mahdollinen tapa aikaansaada kontaktit kuvion 7 mukaiselle parannelulle resonaattorille. Kaksi lisäankkuria on sijoitettu resonaattorirakenteen ulkopuolelle ja sähköiset kontaktit on tehty näihin elektrodeihin. Ulkopuoliset ankkurit on sähköisesti yhdistetty resonaattoriin ja elektrodeihin taipuisalla palkkirakenteella.

10 Sähköisten kontaktien joustavuuden ansiosta resonaattori ja elektrodi eivät siirry asemastaan vaikka resonaattorin alusta tai kotelo muuttaisikin muotoaan ja vaikka ulkoiset ankkurit niin tekisivät.

15 Kuviossa 9 on esitetty keksinnön eräs sellainen suoritusmuoto jossa ankkurit on siirretty oikealle ääniraudan varsien toiselle puolen, aktuaattori-elektrodien keskelle.

Ankkurointipisteen valinnalla voidaan aikaansaada resonaattorin värähtelyliikkeen laajuutta pienennettyä ja siten liike nopeammaksi pienemmin dimensioin esimerkiksi elektrodivälysten suhteen, jolloin kapasitanssia voidaan saada kasvatettua suuriin
20 dimensioihin nähden.

Erään suoritusmuodon mukaan tiettyjä värähtelytaajuuden komponenttitaajuuksia voidaan kohdistaa tiettyihin osiin resonaattoria ankkuripisteen valinnan ja resonaattorin värähtelevän osan pituuden tai muun karakteristisen dimension avulla.
25 Tällöin on mahdollista aiheuttaa vaihe-eroja värähtelijän osien välille.

Tällöin voitaneen poistaa tai vaimentaa ainakin teoriassa joitain sopivia harmonisia värähtelyjä resonaattorista, erityisesti jos erään toisen elektronikehysrakenteen kautta tuotetaan/tuodaan vastakkaisvaiheista värähtelyä resonaattorin osan karakteristisen
30 osan dimension mukaisella taajuudella vastakkaisessa vaiheessa itse resonaattorin värähtelyn vaiheeseen mainitulla taajuudella nähden.

Patenttivaatimukset

1. Resonaattorirakenne, jolla on sille ominainen värähtelyliikkeen taajuus ja taajuuteen liittyvä mekaaninen laajuus, joka resonaattorirakenne käsittää mainitun mekaanisen laajuuden asettamiseksi resonaattoriosan ja vastinelektrodiosan; resonaattoriosan sisältää ensimmäisen ankkurin resonaattoriosan ankkuroimiseksi ensimmäisessä ankkuripisteessä (A) substraattiosaan, ja ensimmäiseen ankkuriin kiinnitetyn ensimmäisen osan (1) ja toisen osan (2), ensimmäisen osan (1) ja toisen osan (2) ollessa järjestetty ankkuroimalla synkronisesti värähteleviksi mainitun resonaattoriosan ankkuripisteen (A) suhteen;
 - vastinelektrodiosa sisältää toisen ankkurin vastinelektrodiosan ankkuroimiseksi toisessa ankkuripisteessä substraattiosaan, ja toiseen ankkuriin kiinnitetyn herätyskehysrakenteen;
 - resonaattorirakenteen ollessa **tunnettu siitä**, että
 - ensimmäinen ankkuripiste ja toinen ankkuripiste on sijoitettu vierekkäin, ensimmäisen ankkuripisteen ja toisen ankkuripisteen ollessa resonaattoriosan ensimmäisen (1) ja toisen (2) osan dimensioiden määrittelemän yhteisprojektion sisäpuolella.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu siitä**, että mainittu eräs ensimmäinen osa (1) käsittää ainakin erään tukivarren (PH1).
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu siitä**, että mainittu ensimmäinen osa (1) käsittää joukon dendriidejä (D).
4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu siitä**, että mainitut dendriidit (D) muodostavat joukon palkkimaisia haaroja (d2).
5. Minkä tahansa patenttivaatimuksen 1- 4 mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu siitä**, että ainakin mainitun ensimmäisen osan (1) ja/tai toisen osan (2) eräs karakteristinen dimensio (d1, d2) on järjestetty tietyn mekaanisen karakteristisen värähtelyn taajuuden asettamiseksi.
6. Minkä tahansa patenttivaatimuksen 1- 5 mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu siitä**, että on ensimmäisen osan (1) ainakin joukon erään dendriidin (D) eräs

karakteristinen dimensio (d_2) asetettu tietyn mekaanisen karakteristisen värähtelyn taajuuden asettamiseksi.

7. Minkä tahansa patenttivaatimuksen 1- 6 mukainen resonaattorirakenne,
5 **tunnettu siitä**, että resonaattorirakenteessa on sellainen joukko dendriidejä (D), joilla on sama mekaaninen karakteristisen värähtelyn taajuus.

8. Minkä tahansa patenttivaatimuksen 1- 6 mukainen resonaattorirakenne,
10 **tunnettu siitä**, että resonaattorirakenteessa on sellainen joukko dendriidejä (D), joilla mekaaninen karakteristisen värähtelyn taajuus on järjestetty erilaiseksi dendriidien kesken, ennalta määrätyn säännön mukaisesti.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu siitä**, että
15 resonaattorirakenteessa on dendriidin (D) karakteristinen taajuus asetettu dendriidin mekaanisen karakteristisen dimension (d_2) ja/tai massan avulla (m_2).

10. Minkä tahansa patenttivaatimuksen 1-9 mukainen resonaattorirakenne,
20 **tunnettu siitä**, että , ensimmäinen osa (1) ja toinen osa (2) muodostavat palkkimaiset haarat, jotka kiinnittyvät tukivarteen erisuuntaisen kiinnityselimen avulla.

11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu siitä**, että
resonaattoriosia on toteutettu sellaisen joukon E-muotoisia resonaattoreita avulla, jossa on ainakin eräs oleellisesti kirjaimen-muotoinen värähtelevä rakenne.

25 12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu siitä**, että mainitulla eräällä kirjaimella on oleellisesti erään kirjaimen muoto joukosta A, B, C, E, F, H, I, K, L, M, N, S, T, U, V, W, X, Y, Z.

30 13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu siitä**, että ensimmäinen ankkuripiste (A) on valittu erään harmonisen mekaanisen värähtelyn herättämiseksi tietyllä mekaanisen mitan (d_1 , d_2) karakteristisella taajuudella.

14. Patenttivaatimuksen 12 mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu siitä**, että ensimmäinen ankkuripiste (A) on valittu erään harmonisen mekaanisen värähtelyn

vaimentamiseksi tietyllä mekaanisen mitan karakteristisella taajuudella.

15. Erään patenttivaatimuksen 1 – 14 mukainen resonaattorirakenne, **jossa** on palkkimaisten haarojen (PH1) väliin lomittain sopivia toisia palkkeja (PH2)
5 herätyskehysrakenteen aikaansaamiseksi.

16. Minkä tahansa edeltävän patenttivaatimuksen mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu** siitä, että se muodostuu fraktaalimaisesta rakenteesta.

10 17. Minkä tahansa edeltävän patenttivaatimuksen mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu** siitä, että siinä on taitettu äänirautarakenne.

18. Minkä tahansa edeltävän patenttivaatimuksen mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu** siitä, että siinä on T-rakenne.

15

19. Minkä tahansa edeltävän patenttivaatimuksen mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu** siitä, että ainakin toinen mainituista ensimmäinen osa (1) ja toinen osa (2) on järjestetty kaarevaksi.

20 20. Minkä tahansa edeltävän patenttivaatimuksen mukainen resonaattorirakenne, **tunnettu** siitä, että mainittu ensimmäinen ankkuripiste (A) on valittu niin, että ensimmäisen osan (1) ja toisen osan (2) karakteristisen värähtelytaajuuden mukainen mitoitus aikaansaa erään intervallin tasavirityksen mukaisen taajuussuhteen.

Patentkrav

1. En resonatorkonstruktion som har en för densamma karakteristisk frekvens i sin dess svängningsrörelse och en till frekvensen bunden mekanisk vidd, vilken resonatorkonstruktion, för att upprätta nämnda mekaniska vidd omfattar en resonatordel och en motstyckselektroddel; resonatordelen innehåller ett första ankare för att i en första förankringspunkt (A) förankra resonatordelen vid en substratdel, och en vid det första ankaret fäst första del (1) och en andra del (2), där den första delen (1) och den andra delen (2) genom förankrandet är anordnade att vibrera synkront i förhållande till den nämnda förankringspunkten (A) för resonatordelen;

motstyckselektroddelen innehåller ett andra ankare för att i en andra förankringspunkt förankra motstyckselektroddelen vid substratdelen, samt en vid det andra ankaret fäst aktiveringsramkonstruktion;

där resonatorkonstruktionen är **kännetecknad** av, att den första förankringspunkten och den andra förankringspunkten är placerade bredvid varandra så att den första förankringspunkten och den andra förankringspunkten är belägna innanför en gemensam projektion definierad av dimensionerna hos den första (1) och andra (2) delen av resonatordelen.

2. Resonatorkonstruktion enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av, att en nämnd första del (1) omfattar åtminstone en stödarm (PH1).

3. Resonatorkonstruktion enligt patentkrav 2, **kännetecknad** av, att nämnda första del (1) omfattar en mängd dendrider (D).

4. Resonatorkonstruktion enligt patentkrav 3, **kännetecknad** av, att de nämnda dendriderna (D) bildar en mängd balkliknande förgreningar (d2).

5. Resonatorkonstruktion enligt något av patentkraven 1 – 4, **kännetecknad** av, att åtminstone en karakteristisk dimension (d1, d2) hos nämnda första del (1) och/eller andra del (2) är arrangerad att upprätta en viss frekvens för den mekaniska karakteristiska svängningen.

6. Resonatorkonstruktion enligt något av patentkraven 1 – 5, **kännetecknad** av, att en karakteristisk dimension (d2) hos åtminstone en av den första delens (1) mängd dendrider

(D) är satt för att upprätta en viss frekvens för den mekaniska karakteristiska svängningen.

7. Resonatorkonstruktion enligt något av patentkraven 1 – 6, **kännetecknad** av, att det i resonatorkonstruktionen finns en sådan mängd dendrider (D), som har samma mekaniska karakteristiska svängningsfrekvens.

8. Resonatorkonstruktion enligt något av patentkraven 1 – 6, **kännetecknad** av, att det i resonatorkonstruktionen finns en sådan mängd dendrider (D), för vilka den mekaniska karakteristiska svängningsfrekvensen arrangerats att vara sinsemellan olika för dendriderna enligt en i förväg bestämd regel.

9. Resonatorkonstruktion enligt patentkrav 8, **kännetecknad** av, att i resonatorkonstruktionen den karakteristiska frekvensen för en dendrid (D) har satts med hjälp av dendridens mekaniska karakteristiska dimension (d_2) och/eller massa (m_2).

10. Resonatorkonstruktion enligt något av patentkraven 1 – 9, **kännetecknad** av, att den första delen (1) och den andra delen (2) bildar balkliknande förgreningar, som fästs vid stödarmen med hjälp av ett olika riktat fästorgan.

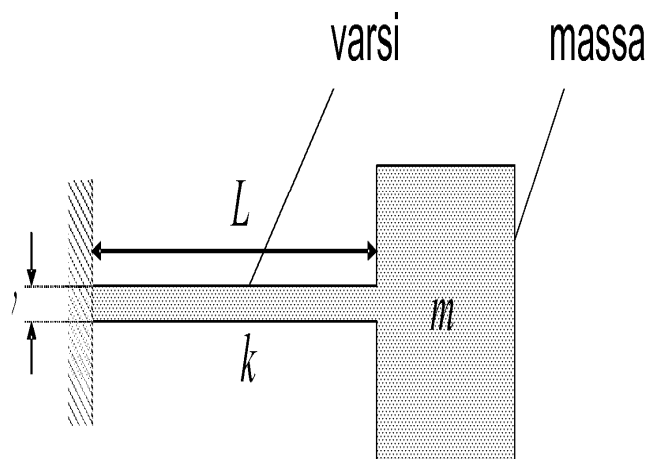
11. Resonatorkonstruktion enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av, att resonatorkonstruktionen förverkligats med hjälp av en sådan mängd E-formiga resonatorer, som har åtminstone en vibrerande konstruktion väsentligen formad som en bokstav.

12. Resonatorkonstruktion enligt patentkrav 11, **kännetecknad** av, att den nämnda bokstaven har väsentligen formen av en bokstav ur mängden A, B, C, E, F, H, I, K, L, M, N, S, T, U, V, W, X, Y, Z.

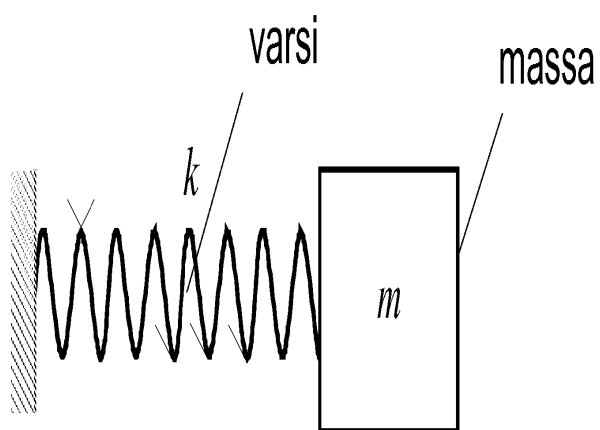
13. Resonatorkonstruktion enligt patentkrav 12, **kännetecknad** av, att den första förankringspunkten (A) har valts för att aktivera en harmonisk mekanisk svängning med en viss frekvens karakteristisk för det mekaniska måttet (d_1 , d_2).

14. Resonatorkonstruktion enligt patentkrav 12, **kännetecknad** av, att den första förankringspunkten (A) har valts för att dämpa en harmonisk mekanisk svängning med en viss frekvens karakteristisk för det mekaniska måttet.

15. Resonatorkonstruktion enligt något av patentkraven 1 – 14, **där** det mellan de balkliknande förgreningarna (PH1) finns interfolierat passande andra balkar (PH2) för att åstadkomma aktiveringsramkonstruktionen.
16. Resonatorkonstruktion enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av, att den bildas av en fraktalliknande konstruktion.
17. Resonatorkonstruktion enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av, att den har konstruktionen av en viken stämngaffel.
18. Resonatorkonstruktion enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av, att den har konstruktionen av ett T.
19. Resonatorkonstruktion enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av, att åtminstone en av de nämnda första delen (1) och andra delen (2) är arrangerad att vara böjd.
20. Resonatorkonstruktion enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av, att den nämnda första förankringspunkten (A) har valts så, att måttsättningen enligt den karakteriska svängningsfrekvensen för den första delen (1) och den andra delen (2) åstadkommer frekvensproportionen för ett intervall enligt liksvävande stämning.

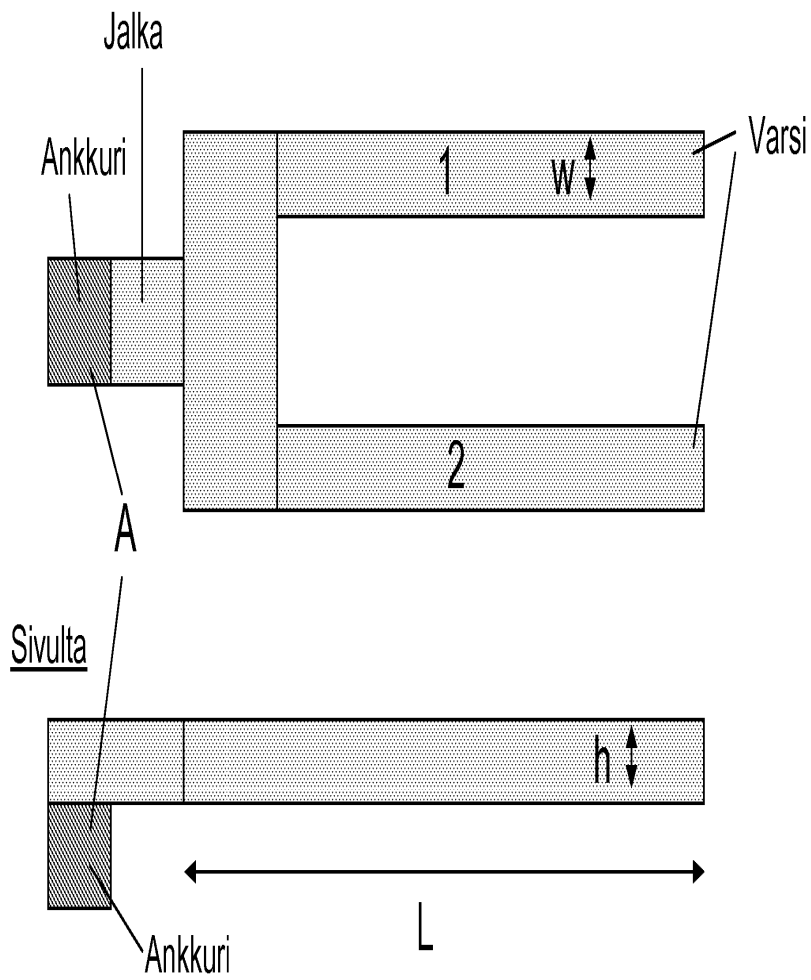


Kuvio 1A

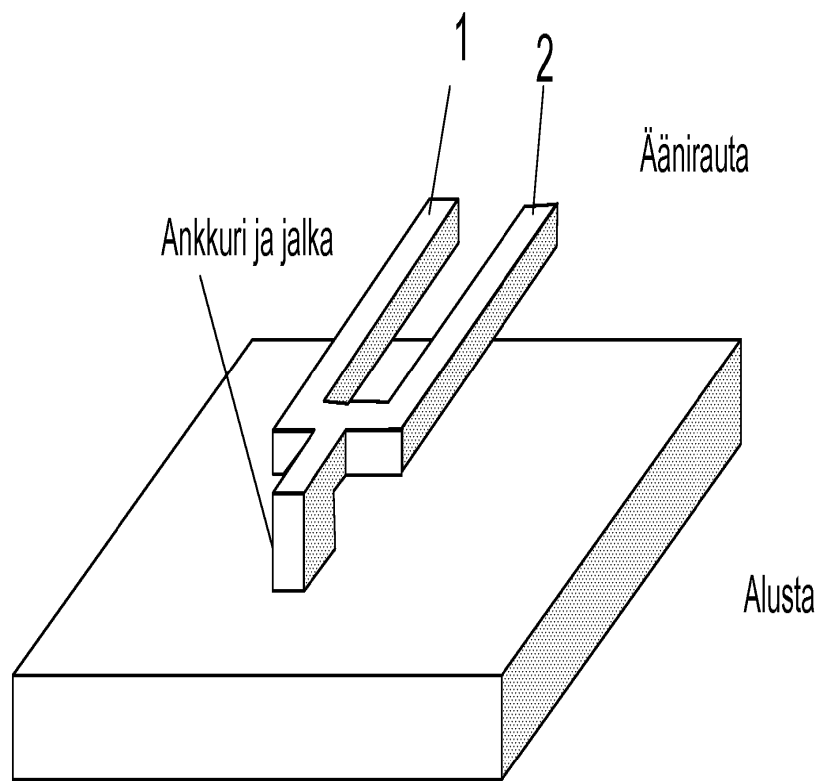


Kuvio 1B

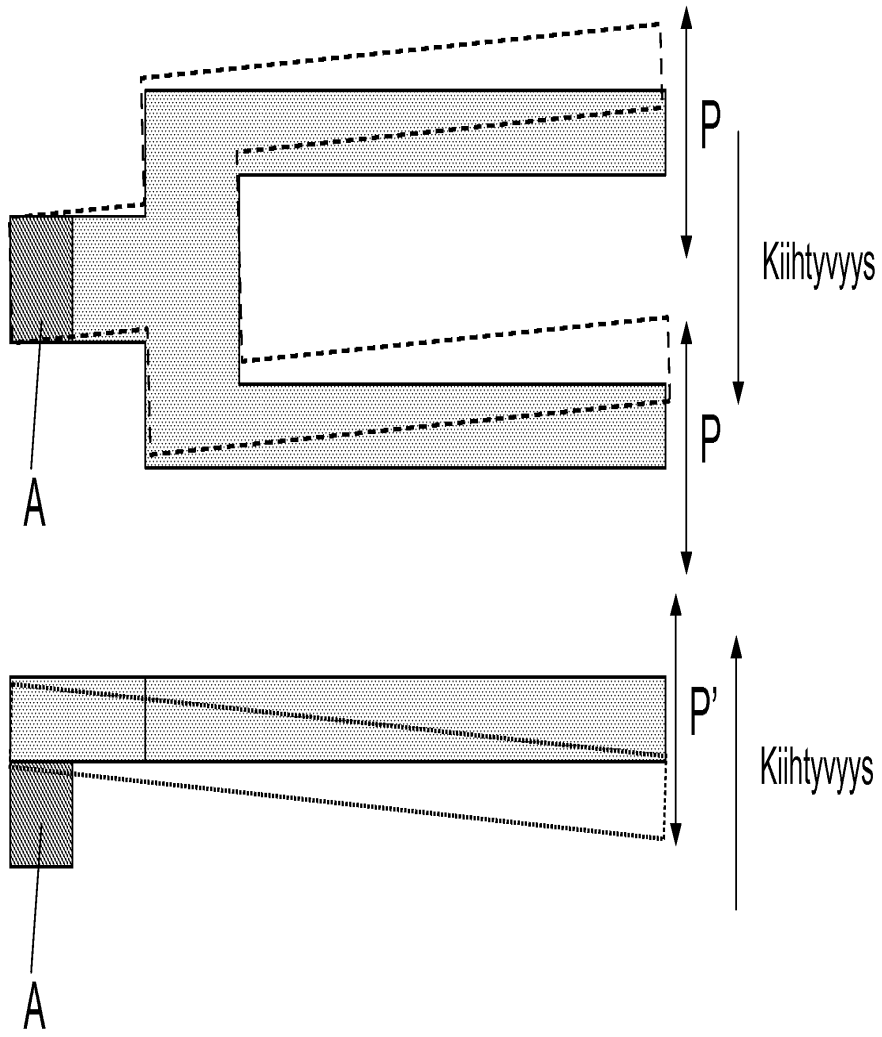
Päältä



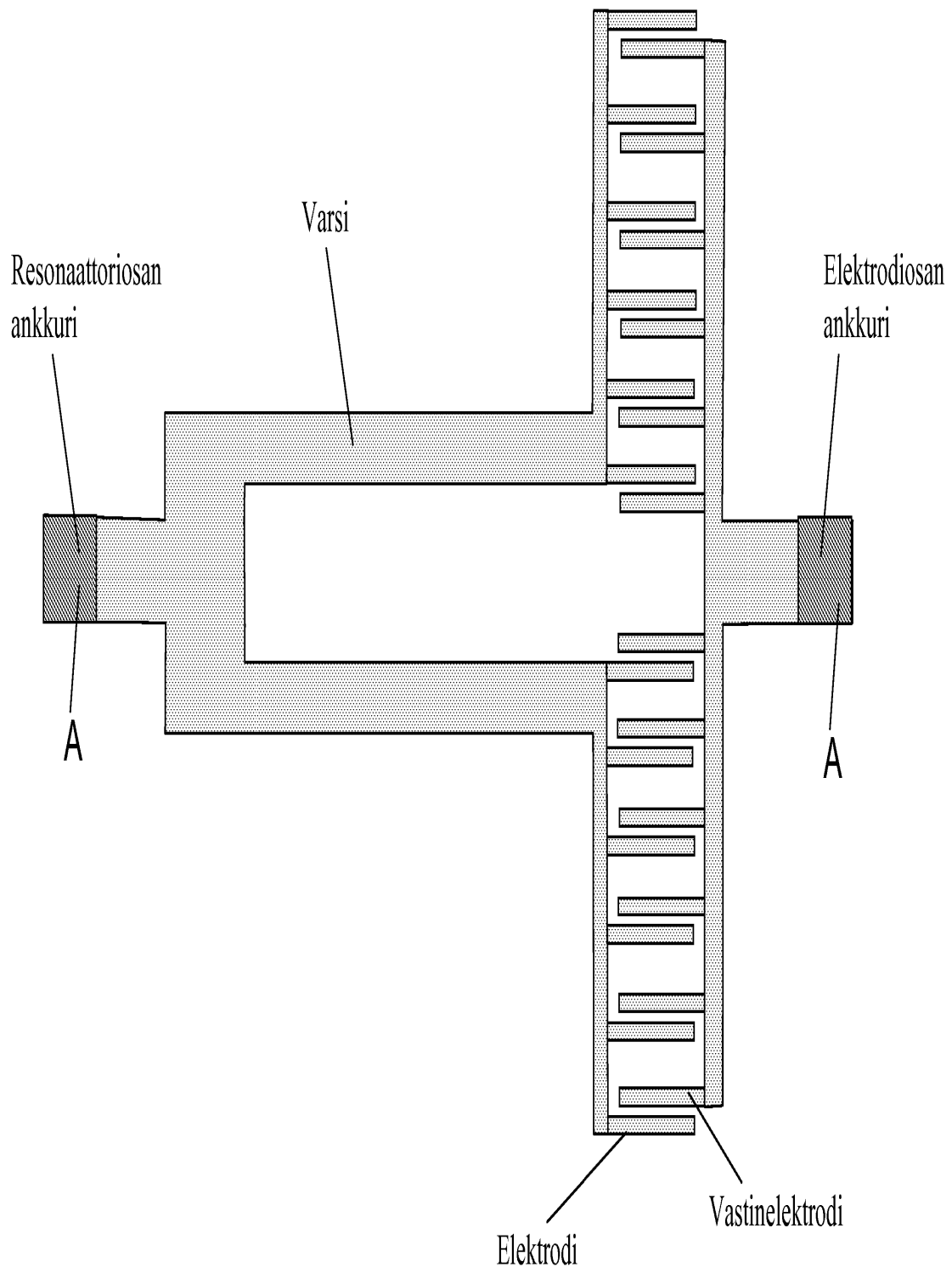
Kuvio 1C



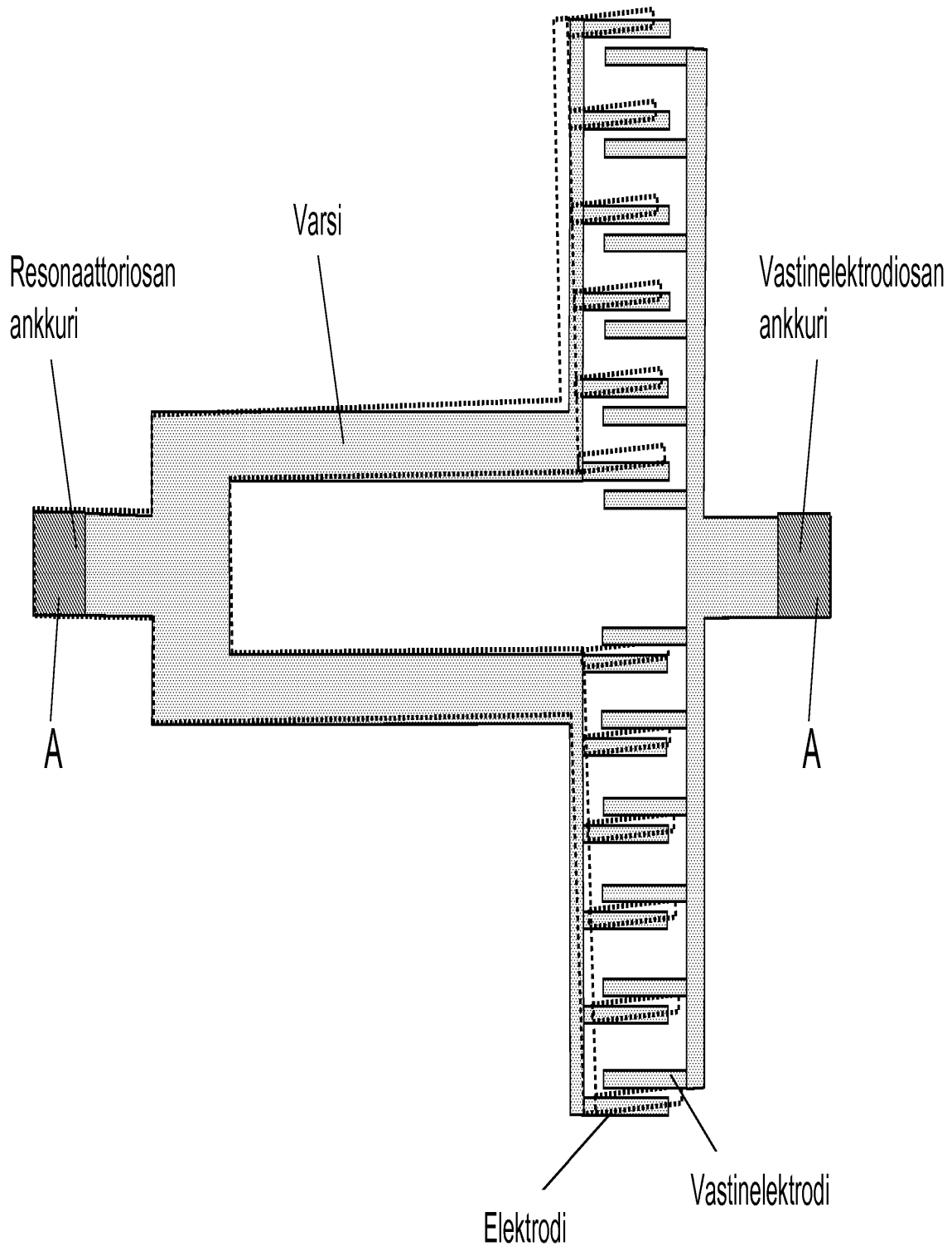
Kuvio 2



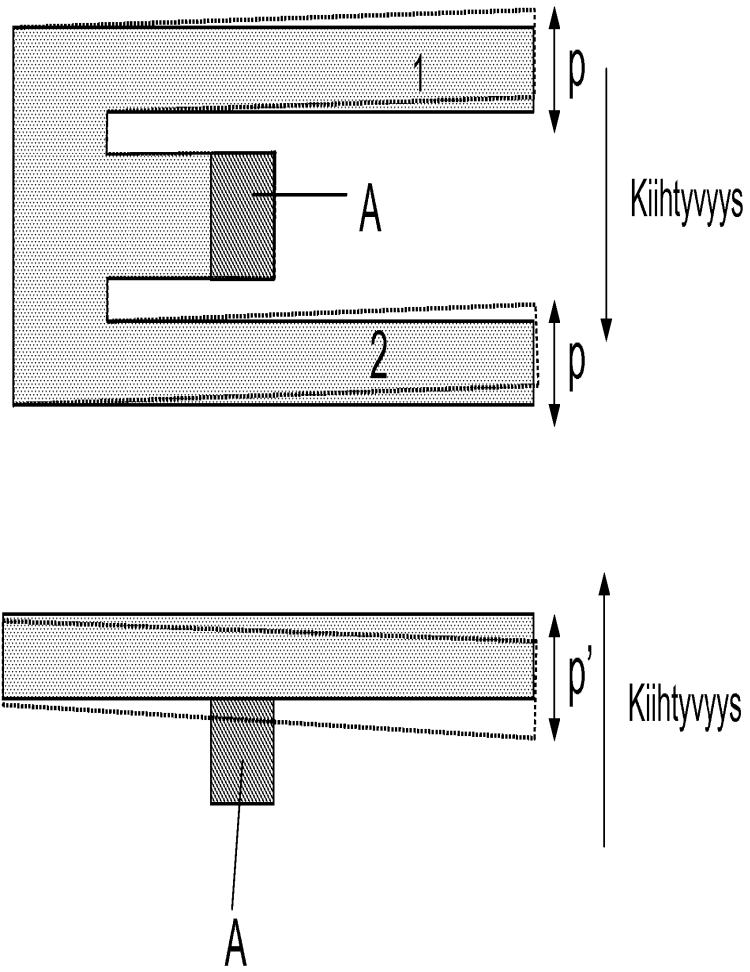
Kuvio 3



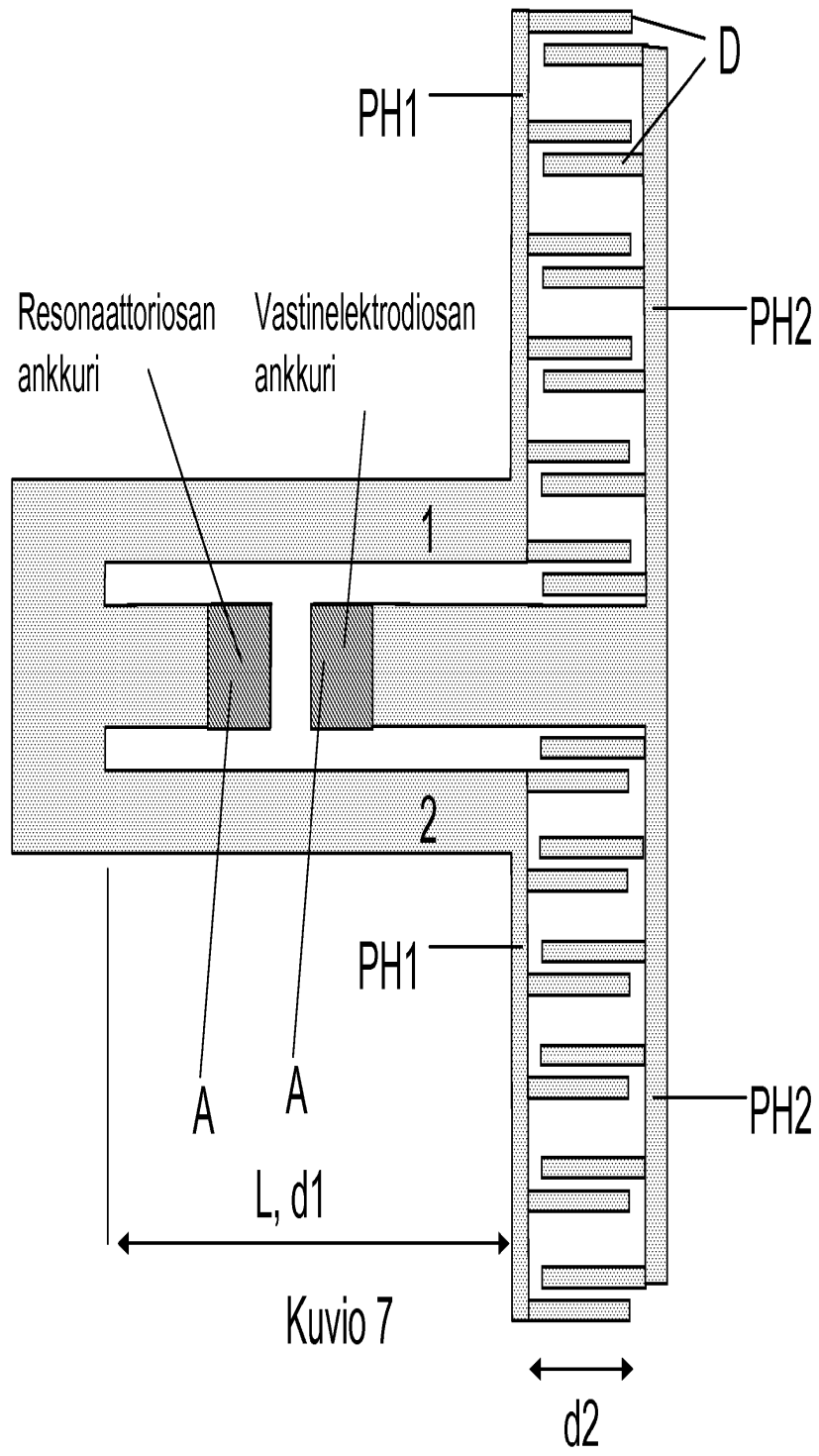
Kuvio 4



Kuvio 5



Kuvio 6





d2

