



[B] (11) **KUULUTUSJULKAISU** 69372
UTLÄGGNINGSSKRIFT

C (45) Patentti myönnetty
Patent meddelat 10 01 1986

(51) Kv.Ik./Int.Cl.⁴ G 01 N 22/04

SUOMI-FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(21) Patentihakemus — Patentansökning	834892
(22) Hakemispäivä — Ansökningsdag	30.12.83
(23) Alkupäivä — Giltighetsdag	30.12.83
(41) Tullut julkiseksi — Blivit offentlig	01.07.85
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. — Ansökan utlagd och utskriften publicerad	30.09.85
(86) Kv. hakemus — Int. ansökan	
(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus — Begärd prioritet	

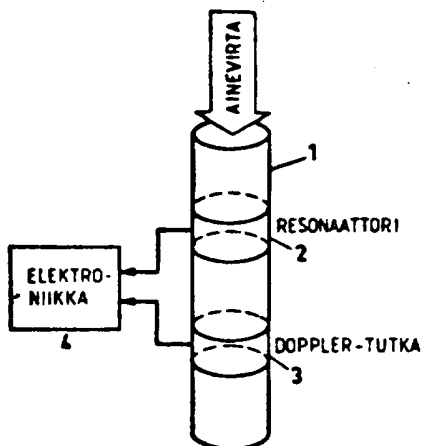
(71)(72) Martti Eelis Tiuri, Takojantie 1 F, 02130 Espoo,
Ebbe Gustaf Nyfors, Pulkus, 02400 Kirkkonummi,
Pertti-Veli Vainikainen, Kunnalliskodintie 6 M 277, 00600 Helsinki,
Stig Harald Ståhl, Sipoo, FI; Hangelby, 01150 Söderkulla, Suomi-Finland(FI)

(74) Ebbe Gustaf Nyfors

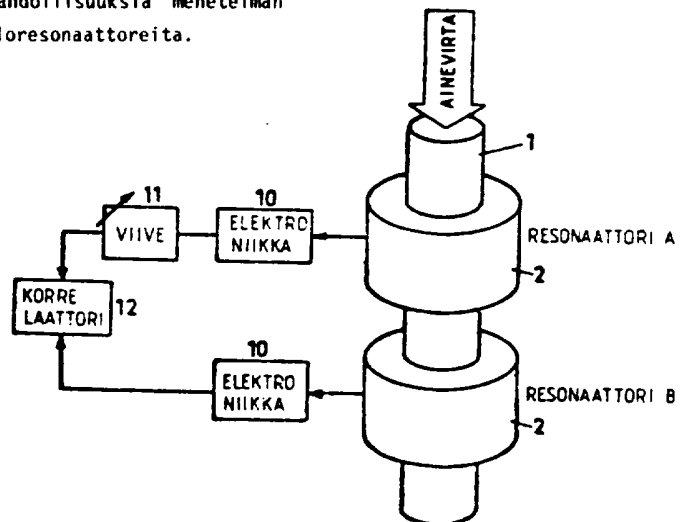
(54) Mittausmenetelmä ja -laite kiinteään, rakeisen aineen massavirtauksen ja kosteuden tai jonkin muun ominaisuuden määrittämiseksi - Mätmetod och apparat för mätning av fasta, kornaktiga ämnens massflöde och fuktighet eller någon annan egenskap

(57) Tiivistelmä

Keksinnön esittämä mittausmenetelmä soveltuu kiinteiden, rakeistan aineiden kuten puulastujen, viljan, kivihiilen tai tuhkan massavirtauksen ja kosteuden tai jonkin muun suureen mittaamiseen. Keksinnölle on ominaista, että putkeen (1) sijoitetaan radiotaajuuksilla toimiva sähkömagneettinen resonaattori (2), jonka resonanssitaajuus on pienempi kuin putken (1) alarajataajuus, jolloin tehoa ei pääse karkaamaan ja resonaattorin (2) hyvyysluku on korkea. Tämä mahdollistaa suhteellisen pienihäviöisten aineiden mittauksen. Mitattava aine virtaa resonaattorin (2) kentän läpi ja vaikuttaa näin sen resonanssitaajuuteen ja hyvyyslukuun, jotka mitataan. Keksinnössä esitetään muutamia mahdollisuuksia menetelmän toteuttamiseksi käyttäen koaksiaali- tai onteloresonaattoreita.



KUVIO 1



KUVIO 2

69372

(57) Sammandrag

I uppfinningen framställs en metod lämpad för att mäta fasta, kornaktiga ämnens, såsom träspån, säd, stenkol eller aska, massflöde och fuktighet eller någon annan egenskap. För uppfinningen är specifikt, att i ett rör (1) placeras en på radiofrekvenser fungerande elektromagnetisk resonator (2) vars resonansfrekvens är lägre än rörets (1) gränshfrekvens, vilket hindrar förluster genom strålning och leder till att resonatorns (2) kvalitetsfaktor är mycket hög. Detta möjliggör mätning av ämnen med små förluster. Ämnet som skall mätas strömmar igenom resonatorns (2) elektriska fält och påverkar därför dess resonansfrekvens och kvalitetsfaktor vilka mäts. I uppfinningen framställs några möjligheter att förverkliga metoden genom att använda koaxial- eller kavitetsresonatorer.

69372

MITTAUSMENETELMÄ JA -LAITE KIINTEÄN, RAKEISEN AINEEN MASSAVIRTAUKSEN JA KOSTEUDEN TAI JONKIN MUUN OMINAISUUDEN MÄÄRÄÄMISEKSI

1 Tämä keksintö koskee radiotaajuuksilla toimivaa mittausmenetelmää ja
-laitetta, jolla kiinteän, rakeisen aineen massavirtaus ja kosteus tai
jokin muu suure voidaan määrätä samanaikaisesti. Materiaali voi olla
esimerkiksi puulastuja, viljaa, kivihiiltä, tuhkaa tai jotain muuta
5 huonosti sähköä johtavaa ainetta.

Nykyisin ei ole olemassa laitteita, jotka mittaisivat putkessa virtaa-
van, liukuhihnalla kulkevan tai vapaasti putoavan kiinteän, rakeisen
aineen massavirtausta ja kosteutta. Virtausanturit perustuvat yleensä
paine-eroon tai pyörteiden muodostumiseen tai ne sisältävät liikkuvia
10 potkurin tapaisia osia, jolloin ne soveltuvat ainoastaan putkissa vir-
taaville nesteille tai kaasuille. Johtavien nesteiden virtausta voi
mitata magneettisesti. Magneettiset menetelmät soveltuvat kiinteille,
rakeisille aineille ainoastaan silloin, kun kuljettimena käytetään
jotain nestettä. Tämä on harvoin mahdollista. Kiinteiden, rakeisten
15 aineiden virtausta on mahdollista mitata viistolevyllä. Se on virtaus-
putkeen viistomaisesti asennettu levy, jota vastaan aine putoaa ja
aiheuttaa näinollen voimavaikutuksen, joka mitataan. Viistolevy mittaa
ainoastaan massavirtauksen ja olettaa, että putoamisnopeus on vakio.

Tämän keksinnön esittämällä mittausmenetelmällä ja -anturilla pyritään
20 poistamaan edellä esitettyjen mittausmenetelmien heikkoudet ja virhe-
lähteet. Tässä esitetylle menetelmälle on ominaista, että mittausanturi
toimii radiotaajuuksilla. Mittausmenetelmä soveltuu erityisesti kiin-
teiden, rakeisten aineiden massavirtauksen mittaukseen. Mittaus ei muuta
aineen virtausta. Anturilla on mahdollista mitata kaksi asiaa saman-
25 aikaisesti, esimerkiksi keskimääräinen hetkellinen tiheys ja aineen
kosteus. Jos aine virtaa vakionopeudella, keskimääräinen tiheys on
27 suoraan verrannollinen aineen massavirtaukseen.

69372

28 Tapauksissa, joissa massan virtausnopeus vaihtelee, nopeus voidaan
 30 mitata tunnetulla tavalla, esim. doppler-tutkalla. Toinen menetelmä on
 käyttää kahta mittausanturia peräkkäin ja määrätä, millä viiveellä
 mittaustulokset korreloivat, jolloin viiveen ja anturien etäisyyden
 perusteella saadaan selville virtausnopeus. Massavirtauksessa on yleensä
 pieniä vaihteluita niin, että korrelointi on mahdollista suorittaa.

35 Keksinnön mukaiselle mittausmenetelmälle on lisäksi ominaista, että
 mittaus tapahtuu patenttivaatimuksissa 1, 2 ja 3 esitetyllä tavalla.
 Kutakin sovellutusta varten on muodostettava kalibrointikäyrästä komp-
 leksisen dielektrisyysvakion ja mitattavan aineen tiheyden ja toisen
 mitattavan suureen, esimerkiksi kosteuden määrittämiseksi. Keksinnön
 40 mukaiselle mittausanturille on ominaista se, että se on rakenteeltaan
 patenttivaatimuksissa 4, 5 6 ja 7 esitetyn mukainen.

Seuraavassa yksityiskohtaisessa selostuksessa viitataan seuraaviin
 kuvioihin.

- Kuvio 1 Resonaattorista ja doppler-tutkasta koostuvan mittaussysteemin periaatekaavio.
- 45 Kuvio 2 Kahdesta resonaattorista ja korrelaattorista koostuvan mittaussysteemin periaatekaavio.
- Kuvio 3 Liuskasta ja putkesta koostuva koaksiaaliresonaattori sivusta ja päästä.
- Kuvio 4 Viistoon asennetusta liuskasta ja putkesta koostuva koaksiaaliresonaattori sivusta ja päästä.
- 50 Kuvio 5 Pitkittäisestä liuskasta ja putkesta koostuva koaksiaaliresonaattori sivusta ja päästä.
- Kuvio 6 Metalliputken laajennuksesta ja sähköä johtamattomasta putkesta tehty onteloresonaattori sivusta (leikkaus).
- 55 Kuvio 7 Puulastujen dielektrisyysvakio tiheyden ja kosteuden funktiona.
- Kuvio 8 Kuljetushihnalla olevan massan virtauksen mittaus kuvion 6 anturilla.

Keksinnön mukaista mittaussysteemiä on mahdollista käyttää esimerkiksi
 60 lastulevyteollisuudessa, missä raaka-aine, puulastut, yleensä kuljete-
 61 taan metalliputkissa eri valmistusvaiheiden välillä. Tällöin on usein

69372

62 tarpeen tietää montako kilogrammaa raaka-ainetta missäkin kohdassa
virtaa minuutissa. Samoin on tärkeätä tietää, mikä on lastujen kosteus.
Molemmat mittaukset on tärkeä suorittaa esimerkiksi kohdassa, missä
65 lastut virtaavat kuivatusuuniin ja kohdassa, missä ne virtaavat liimaus-
koneeseen.

Mittausongelman ratkaisuna on mahdollista käyttää kuvion 1 tai 2 mu-
kaista mittaussysteemiä. Käytännössä lastujen putoamisnopeus on lähes
vakio, sillä ne putoavat anturin läpi matalalta vakiokorkeudelta, joten
70 virtausnopeuden mittaus ei ole välttämätön.

Mittausanturi voi olla kuvioiden 3, 4, 5 tai 6 mukainen tai vastaava
muu resonaattorirakenne. Kuvioiden 3, 4 ja 5 resonaattorit ovat koaksi-
aaliresonaattoreita. Metalliputki 1 muodostaa ulkojohtimen ja metalli-
liuska tai -putki 5 sisäjohtimen. Suurtaajuusteho resonanssitaajuuden
75 ja hyvyysluvun mittaamiseksi kytketään resonaattoriin kahdella kytkin-
lenkillä 6, joihin kytketään syöttökaapelit. Eristysaineesta tehdyt
tuet 13 (kuvio 6) pitävät liuskan paikoillaan. Kuvion 3 resonaattori on
resonanssissa taajuudella, jolla liuska on noin neljännesaallonpituuden
mittainen. Putken 1 raja-aallonpituus on kaksi kertaa putken levein
80 sivu neliskulmaiselle putkelle ja 1,7 kertaa halkaisija pyöreälle put-
kelle, joten jos liuska ylettyy pitemmälle kuin putken keskiakselille,
radioaalto ei pysty etenemään putkessa resonanssitaajuudella. Kun putken
pääät jatkuvat tarpeeksi pitkälle resonaattorin molemmille puolille,
kaikki teho pysyy resonaattorissa ja sillä on erittäin suuri hyvyys-
85 luku. Silloin on mahdollista mitata myös suhteellisen pienihäviöisten
aineiden häviöt eli melko kuivien puulastujen kosteus.

Kuvion 4 resonaattorin resonanssitaajuus on lähellä taajuutta, jolla
liuska 5 on puolen aallon mittainen. Jotta putken 1 raja-aallonpituus
olisi huomattavasti korkeampi kuin resonanssitaajuus, on liuska sijoi-
90 tettava riittävän vinoon putkeen liuskan pituuden kasvattamiseksi ja
siten resonanssitaajuuden pienentämiseksi.

Kuvion 5 resonaattorin resonanssitaajuus on lähellä taajuutta, jolla
keskijohtimen 5 pituus on puoli aaltoa. Keskijohtimen on siis oltava
huomattavasti putken halkaisijaa pitempi, jotta rajataajuus olisi riit-
95 tävän suuri.

96 Kuvion 6 resonaattori on onteloresonaattori. Se koostuu metalliputken 1
 laajennuksesta 7 päätyineen 8. Resonaattorin läpi kulkee eristeestä
 (esimerkiksi muovista) tehty putki 9, jonka halkaisija on sama kuin
 100 putken 1, siten, että mitattavaan ainevirtaan ei muodostu kasautumia
 tai pyörteitä. Resonaattorin mitat on valittava siten, että resonanssi-
 taajuus on pienempi kuin putken 1 alarajataajuus. Tämä ehto on helppo
 täyttää. Silloin tehoa ei pääse karkaamaan putkeen 1 ja resonaattorilla
 on suuri hyvyysluku.

105 Kuvioden 3, 4 ja 5 resonaattorien suurin etu on helppo asennettavuus,
 jos massavirtaus on metalliputkessa, jolloin virtausputkea voidaan
 käyttää ulkojohtimenä. Kuvion 6 resonaattorin etu on mitattavan aineen
 esteetön kulku.

110 Kun mitattava aine virtaa resonaattorin läpi, se kulkee myös resonaat-
 torin sähkökentän läpi. Koska aineen suhteellinen dielektrisyysvakio
 ϵ_r eroaa ilman suhteellisesta dielektrisyysvakiosta, aine vaikuttaa
 aallonpituuteen ja siten resonanssitaajuuteen. Dielektrisyysvakion
 imaginaariosa, joka on verrannollinen aineen häviöihin, vaikuttaa reso-
 naattorin hyvyyslukuun. Mittaamalla resonaattorin resonanssitaajuus ja
 115 hyvyysluku radiotekniikasta tunnetulla tavalla saadaan siis efektiivinen
 kompleksinen dielektrisyysvakio. Tästä on mahdollista päätellä mitatta-
 van aineen keskimääräinen tiheys putkessa ja jokin toinen suure käyttäen
 kalibrointikäyrästä. Puulastujen tapauksessa kokeellinen käyrästä
 tiheydelle ja kosteudelle on esitetty kuviossa 7.

120 Resonaattoreiden suurin virhelähde on epähomogeeninen kenttäjakautuma
 putken 1 poikkipinnalla. Koaksiaaliresonaattorin (kuviot 3, 4 ja 5)
 tapauksessa sähkökenttä on voimakkain liuskan 5 pinnalla. Jos lastujen
 virta vaihtelee epätasaisesti putken poikkipinnalla, siitä aiheutuu
 tietty virhe ellei sitä kyetä ottamaan huomioon. Tarvittaessa voidaan
 keskijohtimen ympärille panna eristysaineputki, joka estää aineen tun-
 keutumisen aivan liuskan pintaan ja siten saada massavirta tasaisempaan
 125 sähkökenttään. Kuvion 6 resonaattorin kenttä on mahdollista saada lähes
 vakioksi valitsemalla aaltomuoto ja resonaattorin mitat oikein. Sopiva
 resonanssimuoto on esimerkiksi TE_{111} pyöreällä aaltoputkiresonaattorilla
 tai TE_{101} suorakulmaisella aaltoputkiresonaattorilla, jolloin sähkö-
 130 kenttä on lähellä maksimiarvoaan koko mittausalueella.

69372

- 131 Mitattava massavirtaus voi olla myös vapaassa tilassa, jolloin kuvioiden
4, 5 tai 6 mukainen mittausanturi sijoitetaan niin, että massa putoaa
anturin läpi. Massavirtaus voi olla myös liukuhihnalla, jolloin liuku-
135 hihna 14 massoineen kukee anturin läpi, kuvio 8. Esimerkiksi kuvion 6
mukainen anturi sopii tarkoitukseen. Liukuhihnan on oltava eristysainetta
ja sen osuus on kalibroitava pois anturin mittausarvoista.

- Kuvio 2 esittää mittausmenetelmää, jossa virtausnopeuden määrittäminen
tehdään korrelaatiota hyväksikäyttäen. Mittausmenetelmään kuuluu kaksi
virtausputkessa toisistaan etäisyydellä d olevaa mittausanturia 2,
140 tulkintaelektroniikka 10, säädettävä viive 11 sekä korrelaattori 12.
Säädettävä viive 11 ja korrelaattori 12 ovat elektroniikasta tunnetulla
tavalla toteutettuja, esimerkiksi digitaalisia. Massavirtauksen pienistä
vaihteluista johtuen anturin A mittaustulos vaihtelee, samoin anturin B.
Korrelaattori 12 hakee viiveen t , jolla saadaan paras korrelaatio
145 mittaustulosten kesken. Virtausnopeus on silloin d/t .

- Kuvion 5 resonaattorin kenttä on voimakkain keskijohtimen 5 päissä, joten
jokainen ohi virtaava hiukkanen synnyttää kaksihuippuisen signaalin,
jonka huippujen välinen viive riippuu virtausnopeudesta. Suorittamalla
signaalille autokorrelaatio saadaan viive, ja virtausnopeus on mahdol-
150 lista selvittää samalla tavalla kuin kahden resonaattorin tapauksessa.

- Keksinnön mukaista mittausmenetelmää ja antureita voidaan joissakin ta-
pauksista soveltaa myös nesteiden ja kaasujen virtausmittauksiin.
Mitattavien nesteiden on oltava huonosti sähköä johtavia. Jos nesteessä
on epätasaisuuksia, esimerkiksi ilmakuplia, saadaan virtausnopeus sel-
155 ville doppler- ja korrelaatiomittauksilla.

69372

PATENTTIVAATIMUKSET

- 1 1 Kiinteän, rakeisen aineen tai vastaavan massavirtauksen ja kosteu-
den tai jonkin muun ominaisuuden mittaussmenetelmä t u n n e t t u
5 siitä, että massavirtaus mitataan metalliputken osassa (1), johon
on muodostettu sähkömagneettinen resonaattori (2), jonka resonanssi-
taajuus on pienempi kuin putken (1) alarajataajuus, ja jonka ken-
tstä aine virtaa läpi ja vaikuttaa siten resonanssitaajuuteen ja
hyvyyslukuun, jotka mitataan ja joista ainevirran keskimääräinen
hetkellinen tiheys ja kosteus tai jokin muu ominaisuus voidaan
päättellä.
- 10 2 Vaatimuksen 1 mukainen mittaussmenetelmä t u n n e t t u siitä,
että aineen virtausnopeus mitataan ennen tai jälkeen mittaussanturin
(2) sijoitetulla doppler-tutkalla (3), jonka säde on suunnattu
viistoon ainevirran halki, jolloin virtausnopeus aiheuttaa taajuus-
siirtymän heijastukseen, joka mitataan ja josta yhdessä mittaussan-
15 turin (2) antaman keskimääräisen tiheyden kanssa massavirtaus voi-
daan määrätä.
- 20 3 Laite patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukaisen menetelmän toteuttami-
seksi t u n n e t t u siitä, että metalliliuska tai -putki (5)
kiinnitetään toisesta päästään putken (1) seinään putken (1) poikki
siten, että sen pituus on noin kaksi kolmasosaa putken (1) halkai-
sijasta, jolloin se putken (1) seinien kanssa muodostaa koaksiaali-
resonaattorin (2), jonka resonanssitaajuus on pienempi kuin putken
(1) alarajataajuus.
- 25 4 Laite patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukaisen menetelmän toteuttami-
seksi t u n n e t t u siitä, että metalliputken (1) poikki kiin-
nitetään metalliliuska tai -putki (5) molemmista päistään putken (1)
seinään putken (1) keskiakseliin nähden viistoon siten, että se on
pitempi kuin putken (1) halkaisija, jolloin se putken (1) seinien
kanssa muodostaa koaksiaaliresonaattorin(2), jonka resonanssitaajuus
30 on pienempi kuin putken alarajataajuus.

69372

- 31 5 Laite patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukaisen menetelmän toteuttami-
seksi t u n n e t t u siitä, että metalliputken (1) sisään lähel-
le akselia on eristysainepalasilta (13) tuettu metalliliuska tai
35 -putki (5), jonka pituus on suurempi kuin putken (1) halkaisija,
jolloin se putken (1) kanssa muodostaa koaksiaaliresonaattorin (2),
jonka resonanssitaajuus on pienempi kuin putken (1) alarajataajuus.
- 6 Laite patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukaisen menetelmän toteuttami-
seksi t u n n e t t u siitä, että metalliputken (1) osa on kor-
vattu eristeaineesta tehdyllä osalla (9) ja että tämän ympärille on
40 laitettu halkaisijaltaan hiukan suurempi metalliputki (7) päätyi-
neen (8), jolloin putken (1) laajennus (7,8) muodostaa onteloreso-
naattorin (2), jonka resonanssitaajuus on pienempi kuin putken (1)
43 alarajataajuus.

69372

PATENTKRAV

- 1 1 Metod för mätning av fasta, kornaktiga eller motsvarande ämnens
massflöde och fuktighet eller någon annan egenskap k ä n n e
t e c k n a d därav, att massflödet mäts i ett metallrör (1) i
5 vilket har bildats en elektromagnetisk resonator (2), vars reso-
nansfrekvens är lägre än rörets (1) gränshfrekvens, och genom vars
fält ämnet strömmar och påverkar därigenom resonatorns resonans-
frekvens och kvalitetsfaktor, vilka mäts och från vilka massflödets
temporära medeltäthet och fuktighet eller någon annan egenskap kan
härledas.
- 10 2 Mätmetod enligt patentkravet 1 k ä n n e t e c k n a d därav, att
ämnets strömningshastighet mäts med en dopplerradar (3) placerad
före eller efter givaren (2) riktad snett genom flödet varvid
strömningshastigheten förosakar en förskjutning av ekots frekvens,
vilken mäts och från vilken, tillsammans med medeltätheten från
15 resonatorn (2) massflödet kan härledas.
- 3 Apparat för förverkligande av metod enligt patentkravet 1 eller 2
k ä n n e t e c k n a d därav, att ena ändarna av en metallflik
eller -rör (5) fästs vid metallrörets (1) vägg vinkelrätt mot
rörets (1) axel så, att dess längd är cirka två tredjedelar av
20 rörets (1) diameter varvid den tillsammans med rörets (1) väggar
bildar en koaxialresonator (2), vars resonansfrekvens är lägre än
rörets (1) gränshfrekvens.
- 4 Apparat för förverkligande av metod enligt patentkravet 1 eller 2
k ä n n e t e c k n a d därav, att båda ändarna av en metallflik
25 eller -rör (5) fästs vid metallrörets (1) väggar snett i förhållande
till rörets (1) axel så, att dess längd är större än rörets (1)
diameter varvid den tillsammans med rörets (1) väggar bildar en
koaxialresonator (2) vars resonansfrekvens är lägre än rörets (1)
29 gränshfrekvens.

69372

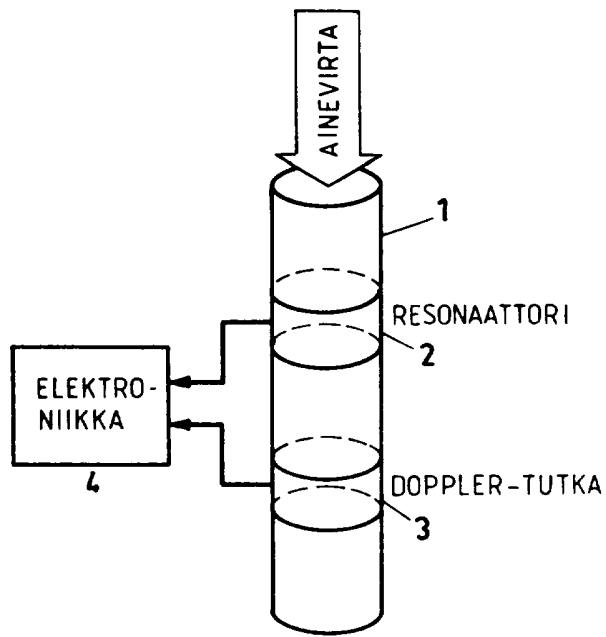
- 30 5 Apparat för förverkligande av metod enligt patenkravet 1 eller 2
k ä n n e t e c k n a d därav, att en metallflik eller -rör (5),
vars längd är större än rörets (1) diameter, har upphängts med
hjälp av isolerande stöd (13) i rörets (1) längdriktning nära rörets
35 (1) axel, varvid den tillsammans med röret (1) bildar en koaxial-
resonator (2), vars resonansfrekvens är lägre än rörets (1) gräns-
frekvens.
- 6 Apparat för förverkligande av metod enligt patenkravet 1 eller 2
k ä n n e t e c k n a d därav, att en sektion av röret (1) ersatts
med ett rör (9) av isolerande material samt att ett metallrör (7)
40 med litet större diameter försett med ändskivor (8) satts att omge
detta så, att rörets utvidgning (7,8) bildar en kavitetsresonator
42 (2), vars resonansfrekvens är lägre än rörets (1) gränsfrekvens.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

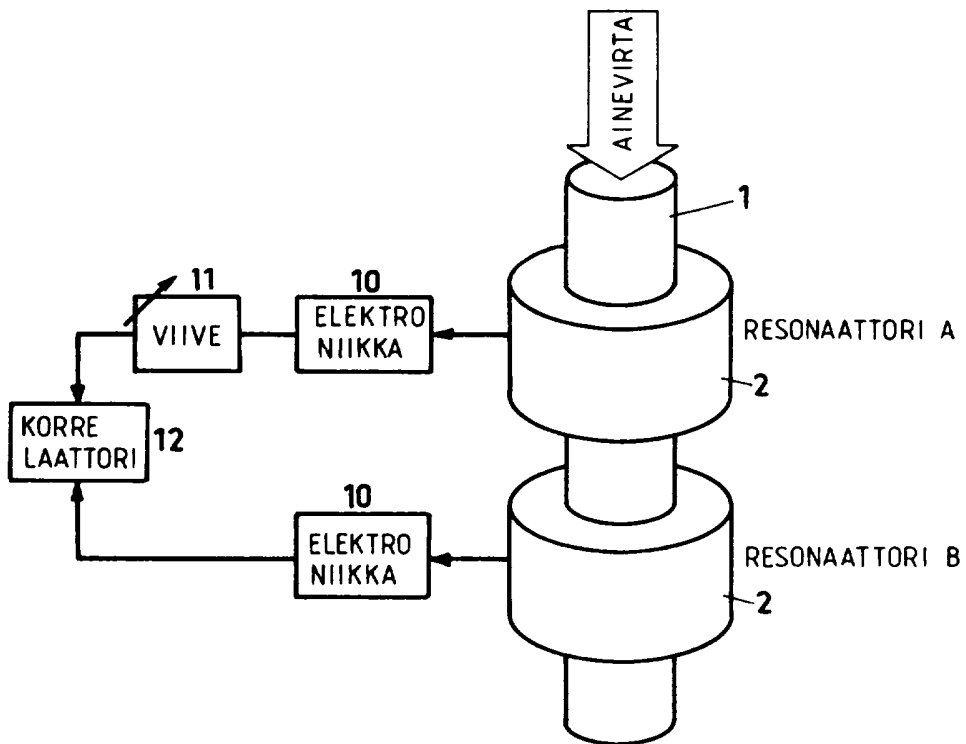
Hakemusjulkaisuja:-Ansökninspublikationer: Saksan Liittotasavalta-
Förbundsrepubliken Tyskland(DE) 3 317 215 (G 01 N 22/00).

Iso-Britannia-Storbritannien(GB) 2 120 791 (G 01 N 22/00),
2 110 377 (G 01 N 22/00).

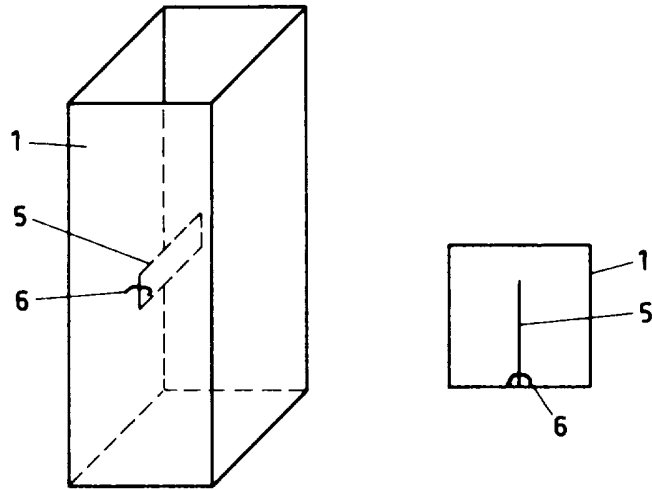
Patenttijulkaisuja:-Patentskrifter: USA(US) 4 423 623 (G 01 N
22/00). Suomi-Finland(FI) 65 467 (G 01 N 27/00).



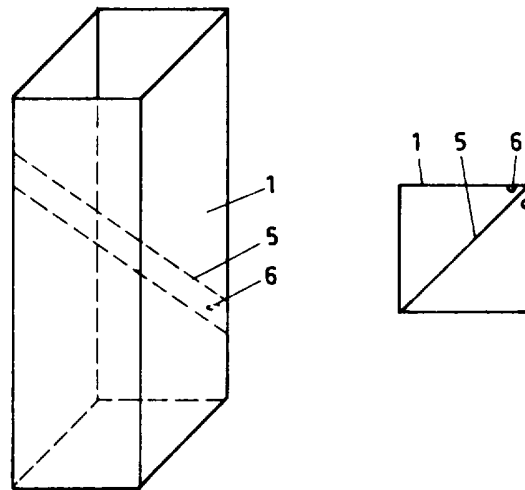
KUVIO 1



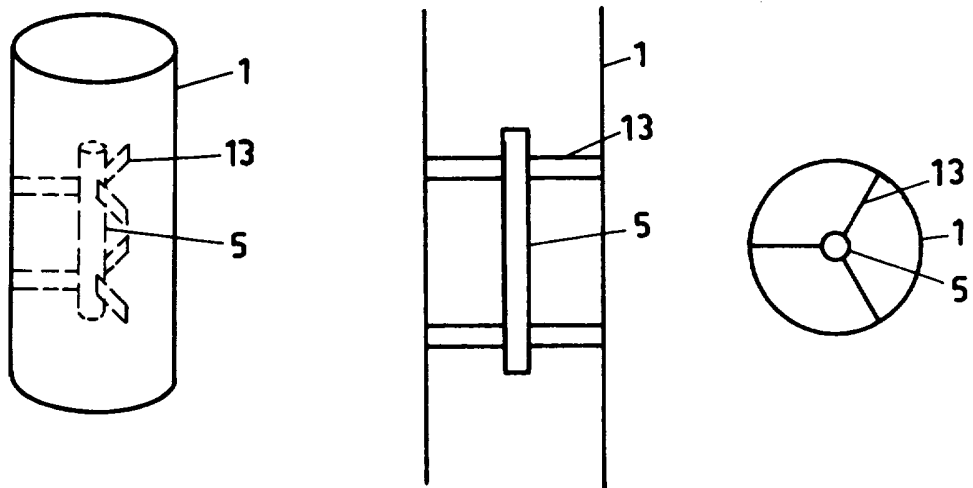
KUVIO 2



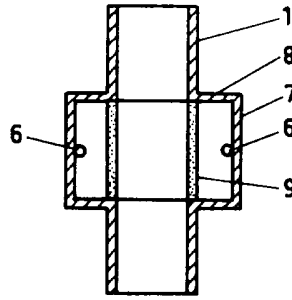
KUVIO 3



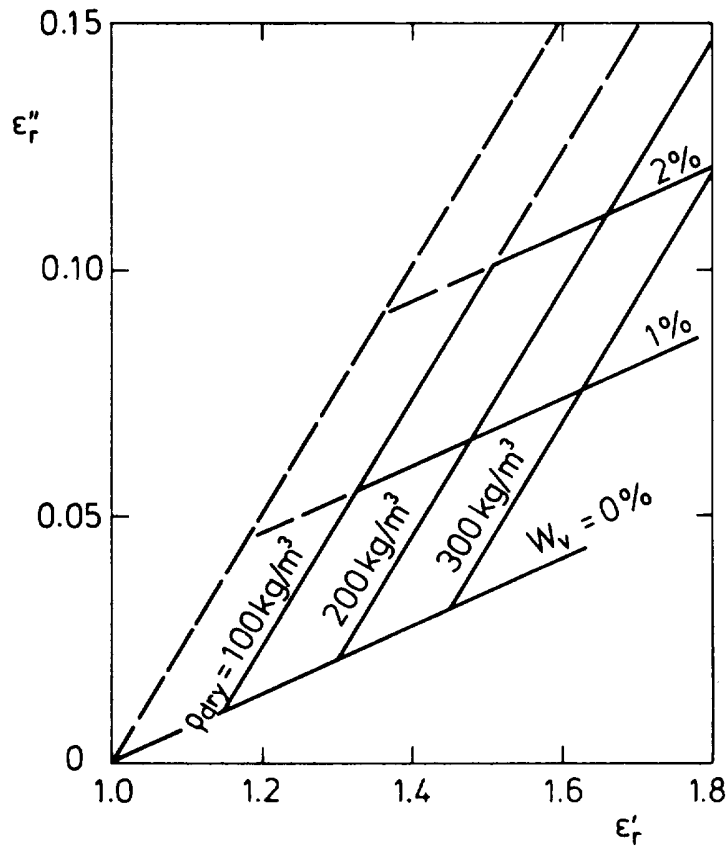
KUVIO 4



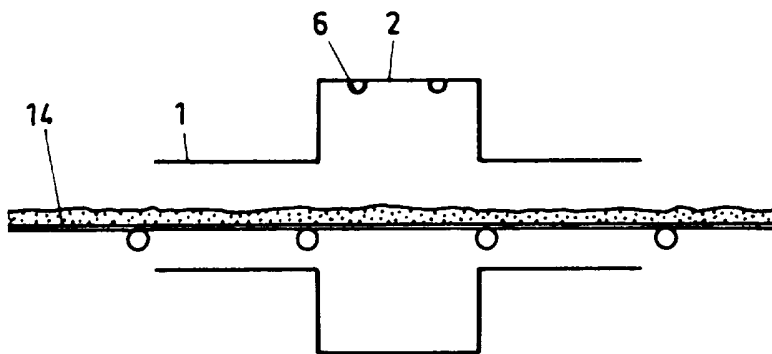
KUVIO 5



KUVIO 6



KUVIO 7



KUVIO 8