

(19) DANMARK



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 165532 B

Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 0072/87

(51) Int.Cl.5

H 01 L 23/00

(22) Indleveringsdag: 07 jan 1987

G 01 F 1/68

(24) Løbedag: 20 maj 1986

G 01 P 5/10

H 01 L 21/60

(41) Alm. tilgængelig: 03 mar 1987

(44) Fremlagt: 07 dec 1992

(86) International ansøgning nr.: PCT/SE86/00233

(86) International indleveringsdag: 20 maj 1986

(85) Videreførelsesdag: 03 mar 1987

(30) Prioritet: 21 maj 1985 SE 8502479

(71) Ansøger: *Swema Instrument Aktiebolag; Box 5020; S-123 05 Farsta, SE

(72) Opfinder: Nils Goeran *Stemme; SE

(74) Fuldmægtig: Larsen & Birkeholm A/S Skandinavisk Patentbureau

(64) Strømningsmåler til at måle strømningshastigheden i et gas- eller væskeformigt medie samt fremgangsmåde til dens fremstilling

(66) Fremdragne publikationer

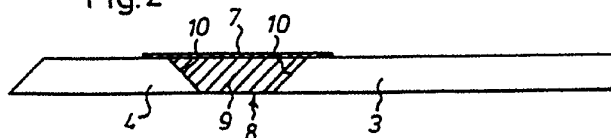
(67) Sammendrag:

0072-87

Et integreret halvleder kredsløb bestående af i det mindste to gensidigt adskilte skivedele (3,4) af halvledermateriale og ledere (7) til at oprette elektrisk forbindelse mellem skivedelene er kendetegnet ved, at der er pålagt et varmeisolerende fugemateriale (9) over gabet mellem skivedelene (3,4) for at holde disse dele sammen. Fugematerialet (9) er mekanisk bærende for at holde skivedelene (3,4) sammen, og lederne (7) er således dimensioneret, at de har en ubetydelig bærende funktion sammenlignet med fugematerialet (9). Der angives også en fremgangsmåde til fremstilling af et sådant kredsløb og anvendelse af kredsløbet til at frembringe en strømningsmåler til måling af strømningshastigheden for et strømmende gasformet eller flydende medie.

Fig.2

0072-87



DK 165532 B

5 Nærværende opfindelse vedrører generelt en strømningsmåler
til at måle strømningshastigheden for et strømmende, gas-
eller væskeformigt medie, hvilken strømningsmåler omfatter
et integreret halvlederkredsløb, som har dels en første
10 skivedel, der er indrettet til at blive opvarmet og an-
bragt i det strømmende medie, og dels en anden skivedel,
som er adskilt fra den første skivedel via et mellemrum og
er indrettet til at anbringes i det strømmende medie uden
at blive opvarmet, og dels ledere, der opretter elektrisk
forbindelse mellem skivedelene.

15

Opfindelsen angår også en fremgangsmåde til fremstilling af
den omhandlede strømningsmåler.

Inden for halvlederteknologien er der i den seneste tid ud-
viklet et stort antal integrerede transducere eller følere
20 af halvledermateriale, såsom temperatur- og strøm-
ningsfølere, som fremstilles efter samme principper som
sædvanlige halvlederkredsløb, det vil sige, de er opbygget
på et lag af monokrystallinsk halvledermateriale, på hvil-
ket de elektriske komponenter og ledere, der er nødvendige
25 for følerens funktion, er integrerede ifølge kendt teknik.
Udover følerens lille størrelse og de formindskede omkost-
ninger ved at fremstille føleren i sig selv, som opnås ved
at fremstille flere identiske enheder ad gangen (serie-
fremstilling), opnås der en yderligere fordel, nemlig at de
30 elektroniske kredsløb til signalbehandling eller til-
svarende komponenter, der hører til føleren, kan integreres
direkte på føleren i forbindelse med fremstilling af denne,
hvilket yderligere formindsker følerens pris og forbedrer
35 dens pålidelighed. Hele systemets målenøjagtighed forbedres
også ved at integrere de signalbehandlende elektroniske

kredsløb direkte på føleren. Der kan derved opnås en første forbedring af signalet tæt ved selve måleenheden, hvilket forhindrer at svage signaler u hensigtsmæssigt skal føres over lange signalbaner.

5

En kendt strømningshastighedsføler af denne type består af en tynd, smal siliciumstang, en bundplade, som er fast forbundet til den ene ende af siliciumstangen og bærer tilslutningsflader, som er nødvendige for følerens funktion, og en følerdel, også af silicium, fast forbundet til den anden ende af siliciumstangen. For at anvende føleren føres denne anden ende af stangen ind gennem en rørvæg eller lignende genstand ind i en gas- eller væskestrøm, hvis hastighed skal måles, så følerdelen anbringes i strømmen. Følerens arbejdsmåde, som er baseret på kendt teknik, er som følger. Følerdelen opvarmes elektrisk ved hjælp af en modstand, der er integreret derpå, til en øvre temperatur, hvorpå følerdelen tillades at afkøle til en lavere temperatur på grund af tabet ved termisk konvektion, idet det er muligt at gentage denne proces cyklisk. Både opvarmningstiden og afkølingstiden angiver mediets strømningshastighed. En første temperaturfølsom diode til at kompensere for temperaturvariationer i mediet er integreret i siliciumstangen, og en anden temperaturfølsom diode er integreret i følerdelen, idet det er muligt ved hjælp af denne anden diode og modstanden at danne et temperaturtilbagekoblet styresystem til styring af følerdelens temperatur.

30 For at opnå nøjagtige strømningsmålinger med den ovenfor beskrevne strømningsføler er det indlysende, at det er ønskeligt, at følerdelen er termisk isoleret fra siliciumstangen, så følerdelens temperatur i det væsentlige påvirkes af tabet ved termisk konvektion på grund af strømmingen og ikke på grund af varmeledningen mellem følerdelen og stangen.

35

Med henblik på dette er kredsløbet i den ovenfor nævnte allerede kendte strømningsføler udformet i to fysisk adskilte enheder eller skivedele, som kun holdes sammen af lederne, der strækker sig mellem skivedelene (følerdelen og stangen) og også udgør den elektriske forbindelse mellem de to skivedele. Denne løsning lider imidlertid under en alvorlig mangel. For at lederne skal have tilstrækkelig bæreevne, det vil sige, for at stangen i den ovennævnte strømningsføler skal være i stand til at bære følerdelen, skal den have en forholdsvis stor tykkelse, hvad der betyder et stort ledertværsnitsareal i samlingen mellem følerdelen og stangen, og medfører således uønsket varmeledning gennem lederne fra følerdelen til stangen, hvilket på sin side påvirker følerindretningens følsomhed og hastighed ugunstigt. Hvis lederne gøres tyndere for at forhindre en sådan uønsket varmeoverføring mellem følerdelen og stangen, vil føleren blive mere modtagelig for stød og lettere knække. Der er også en fare for, at en følerindretning af ovennævnte type bliver knækket af på grund af trykket fra det omgivende, strømmende medie.

Det er derfor formålet med opfindelsen at angive en sådan udformning af en strømningsmåler, at de anførte ulemper kan undgås.

Dette formål opnås ved en strømningsmåler af den indledningsvist angivne art, hvilken strømningsmåler ifølge opfindelsen er særegen ved, at et termisk isolerende fugemateriale forbinder den første skivedel og den anden skivedel således, at den første skivedel bæres af den anden skivedel ved hjælp af fugematerialet, og at de elektriske ledere er således dimensioneret i mellemrummet mellem skivedelene, at de har en ubetydelig bærende funktion sammenlignet med fugematerialet, hvorved varmeledning fra den første skivedel via lederne til den anden skivedel begrænses.

Fugematerialet er da fortrinsvis mekanisk bærende for at udgøre en stærk forbindelse mellem skivedelene, og lederne er fortrinsvis således dimensioneret, at de har en ubetydelig bæreevne sammenlignet med fugematerialet. Således vil denne konstruktion løse det ovennævnte problem og den ovennævnte opgave, det vil sige give varmeisolation mellem skivedelene, elektrisk forbindelse mellem dem og en mekanisk sammenhæng mellem dem.

10

I en fortrukken udformning af halvleder kredsløbet ifølge opfindelsen pålægges fugematerialet i mellemrummet mellem de modsatte, smalle sider af skivedelene, så skivedelene og fugematerialet danner en enhed med i det væsentlige samme tykkelse.

15

Det er fordelagtigt, at lederne består af flade metalledere, som strækker sig mellem skivedelene, eventuelt med et oxid påført på lederne, som direkte kontakter fugematerialet.

20

Udover den ovennævnte bærende funktion kan fugematerialet også have en beskyttende funktion. Til dette formål påføres fugematerialet, udover at det indlægges i gabet, også som et tyndt beskyttende lag over lederne og eventuelt på en del af en flad side af skivedelene.

25

Fugematerialet, som kan være et hvilket som helst varmeisolerende og fortrinsvis mekanisk bærende materiale, består fortrinsvis af et organisk materiale som for eksempel polyamid, som er et meget varmebestandigt og mekanisk stærkt materiale.

30

Opfindelsen angår som anført ovenfor også en fremgangsmåde til fremstilling af strømningsmåleren.

35

Denne fremgangsmåde er ifølge opfindelsen særegen ved følgende trin: at frembringe et lag på bagsiden af kredsløbet, at fjerne halvledermateriale for at opnå de ønskede skivedele med et eller flere mellemrum mellem disse, hvorved skivedelene holdes sammen hovedsageligt ved hjælp af laget, og hvorved lederne danner broer over mellemrummet eller mellemrummene mellem skivedelene, og at anbringe et varmeisolerende fugemateriale i mellemrummet eller mellemrummene.

10

Ved at anvende bagsidelaget, som kan bestå af et siliciumdioxid eller et metal, opnås der to fordele. For det første tjener laget til at holde skivedelene sammen i det fremstillingstrin, hvor halvledermaterialet i gabet eller gabene er fjernet, og hvor fugematerialet endnu ikke er lagt i gabet. For det andet, når fugematerialet lægges på kredsløbet foroven, forhindrer bagsidelaget fugematerialet i at berøre kredsløbets bagside. Efter pålægningen af fugematerialet kan bagsidelaget fjernes, hvorefter fugematerialet alene vil holde de respektive skivedele sammen.

15

Opfindelsen vil nu blive beskrevet mere detaljeret i det efterfølgende med henvisning til en særlig foretrukken udformning af en integreret strømningsmåler bestående af flere dele ifølge opfindelsen, og til en foretrukken fremgangsmåde til fremstilling af strømningsmåleren ifølge opfindelsen samt tegningen, hvor:

20

Fig. 1 er et perspektivbillede af en gasstrømningsmåler af kendt konstruktion, i hvilken forskellige halvlederskivedele kun holdes sammen ved hjælp af ledere,

25

fig. 2 er et skematisk billede set fra siden af en samling svarende til samlingen mellem skivedelene i strømningsmåleren i fig. 1, men hvor skivedelene i

30

35

stedet er sat sammen ved at anvende halvleder-kredsløbet og fremgangsmåden ifølge opfindelsen, og

5 fig. 3A-3E viser skematisk opfindelsens fremgangsmåde til at fremstille strømningmåleren, der er beskrevet i forbindelse med fig. 1 og 2.

10 Den kendte gasstrømningsføler eller -måler, vist i perspektiv i fig 1, er lavet af tre hoveddele, nemlig en bundplade 1, som har fem elektriske tilslutningsflader 2, som er anbragt på forsiden af bundpladen, og ved hjælp af hvilke føleren kan forbindes til eksterne kredsløb og drivmidler, en siliciumstang 3, der strækker sig ud fra bundpladen 15 1 og har en tykkelse i størrelsesordenen omkring 30 μm , og en følerdel 4 i form af en lille siliciumskive anbragt ved den ende af siliciumstangen 3, der vender væk fra bundpladen 1. Stangen 3 og føler-skiven 4 føres ind gennem en åbning 5 i en rørvæg 6 eller lignende genstand, der afgrænser en gasstrøm, hvis hastighed skal måles med strømningmåleren. Som vist på figuren, er føler-skiven 4 anbragt med sin flade side parallel med strømningens retning, som er angivet med pilen A. En modstand R og en første diode D1 er intergreret på forsiden af føler-skiven 4, og 20 en anden diode D2 er intergreret på forsiden af siliciumstangen 3. Disse tre komponenter R, D1 og D2 er elektrisk forbundet til forbindelsesfladerne 2 ved hjælp af fire flade metalledere 7.

30 Arbejds måden for den viste føler under gasstrømningsmålinger, som er baseret på kendt teknik, vil nu blive beskrevet mere detaljeret. Føler-skiven 4 opvarmes ved hjælp af modstanden R til en øvre temperatur T_1 , hvorefter skiven som følge af tab ved varmekonvektion til den omgivende 35 strømmende gas vil afkøles til en lavere temperatur T_2 . Denne opvarmnings- og afkølingsproces kan gentages cyklisk.

Under målingen gøres der brug af den kendsgerning, at en pn-overgang i silicium, det vil sige dioderne D1 og D2, ændrer sit fremspændingsfald med ca. $-2 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ ved konstant strøm i diodernes fremadretning. Den første diode D1, som er anbragt på føler-skiven 4, danner sammen med modstanden R et temperaturtilbagekoblet styresystem til styring af temperaturen på føler-skiven 4 under denne cyklus. Den anden diode D2, der er anbragt på siliciumstangen 3, bruges til at kompensere for variationer i gastemperaturen. Ved at måle tabet ved varmekonvektion fra føler-skiven 4 på basis af føler-skivens 4 forskellige temperatur- og effektforbrugsforløb under opvarmings- og afkølingscyklussen er det således muligt at opnå en måleværdi for gassens strømningshastighed.

15

For at opnå en stor nøjagtighed og/eller følsomhed og hurtighed på føleren er det åbenbart ønskeligt at afstedkomme en varmeisolation mellem stangen 3 og føler-skiven 4. I gasstrømningsmåleren af kendt konstruktion vist i fig. 1, er der gjort forsøg på at løse dette problem ved at konstruere stangen 3 og føler-skiven 4 som to fysisk adskilte enheder. De ovennævnte metalledere 7 bruges så også til mekanisk at holde delene sammen ved mellemrummet 8. For at opnå tilstrækkelig bæreevne på lederne er disse blevet forstærket ved galvanisk udfældning, som medfører, at den endelige tykkelse af lederne er blevet $10 \mu\text{m}$ eller mere. En så betragtelig tykkelse af lederne har resulteret i, at tabet ved varmeledning fra føler-skiven 4 til stangen 3 gennem lederne 7 har haft en relativ stor indflydelse ved måling og beregning af gasstrømningshastigheden, hvilket har formindsket følerens nøjagtighed. Som følge af ledernes 7 større masse formindskes følerens hastighed også.

25

30

I fig. 2, som er et billede set fra siden i større målestok af føler-skiven 4 og stangen 3, er det ovennævnte problem ved den ovenfor beskrevne strømningsmåler løst ved at an-

35

vende et termisk isolerende materiale og fremgangsmåden ifølge nærværende opfindelse. I den viste udformning af opfindelsen er stangen 3 og føler-skiven 4 stadig konstrueret som to fysisk adskilte enheder, men den mekaniske forbindelse mellem de to dele afstedkommes nu ikke af lederne 7, som kun tjener til at oprette elektrisk forbindelse mellem stangen 3 og skiven 4, men i stedet for ved hjælp af et varmeisolerende og mekanisk bærende fugemateriale 9, som påføres i mellemrummet mellem de mod hinanden vendende smalle sider 10 af stangen 3 og skiven 4 på en sådan måde, at stangen 3, fugematerialet 9 og skiven 4 danner en enhed af i det væsentlige ensartet tykkelse. Tykkelsen af lederne 7, som nu ikke behøver at have nogen bærende funktion, er blevet reduceret til omkring 1 μm eller mindre i udformningen vist i fig. 2. Anvendelsen af et termisk isolerende materiale ifølge opfindelsen og fremgangsmåden til at fremstille strømningmåleren giver således en stærk mekanisk bærende forbindelse, såvel som en elektrisk forbindelse uden nogen uønsket varmeoverførsel over mellemrummet.

20 Fremgangsmåden ifølge opfindelsen til fremstilling af den omhandlede strømningmåler vil nu blive beskrevet mere detaljeret med henvisning til fig. 3A - 3E, som viser forskellige trin ved fremstilling af strømningmåleren, der er beskrevet i forbindelse med fig. 1 og 2.

30 Ifølge kendt teknik bearbejdes den monokrystallinske siliciumsskive for eksempel ved hjælp af en krystalretningsafhængig siliciumætsning til den i fig. 3A viste form. Ved dette trin antages det, at lederne 7, modstanden R og dioderne D1 og D2 er integreret på oversiden af siliciumskiven.

35 I et første trin (fig. 3A) ifølge opfindelsen afstedkommes der et bagsidelag 11, her bestående af et lag siliciumoxid, der er ca. 1 μm tykt, på kredsløbets bagside.

I et andet trin (fig. 3B) fjernes halvledermaterialet ved ætsning på stedet, hvor mellemrummet 8 mellem siliciumstangen 3 og føler-skiven 4 skal dannes, og ved kanterne omkring disse to dele, hvorved stangen 3 er fastgjort ved den ende, der vender væk fra føler-skiven 4, til en bærende eller beskyttende ramme 12 (se fig. 3E). Ved frilægningen af mellemrummet vil stangen 3 og føler-skiven 4 hovedsageligt blive holdt sammen af bagsidelaget 11, hvorved lederne 7, der strækker sig mellem stangen 3 og føler-skiven 4, danner broer over mellemrummet. Bagsidelaget 11 er herved "udspændt" mellem skiven 4, stangen 3 og den nævnte beskyttende ramme 12.

I et tredje trin (fig. 3C) ifølge opfindelsen påføres det varmeisolerende og mekanisk bærende fugemateriale 9 i mellemrummet fra oven. Fugematerialet 9 består fortrinsvis af et organisk stof, som for eksempel et polyamid, som efter varmhærdning giver en stærk forbindelse mellem føler-skiven 4 og stangen 3. Bagsidelaget 11 forhindrer derved fugematerialet 9 i at trænge ned på kredsløbets underside. Som det ses i fig. 3C, lægges der også i forbindelse med pålægningen af polyamidet et tyndt lag af samme fugemateriale over føler-skiven 4, lederne 7 og stangen 3, og i praksis dannes dette tynde lag over hele halvlederskiven, som senere skal deles op i separate følere. En del af dette lag kan blive tilbage efter færdig fremstilling for at udgøre et beskyttende lag på strømningsføleren. Under alle omstændigheder er det at foretrække, at fugematerialet i det mindste ved samlingsstedet rager noget ud over skiven 4 og stangen 3 for at sikre en stærk forbindelse mellem disse dele (se fig. 3D).

I et sidste, fjerde trin (fig. 3D) ifølge opfindelsen kan bagsidelaget 11 fjernes fra kredsløbet eller strømningsmåleren, hvorved føler-skiven 4 tilvejebringes af si-

liciumstangen 3 alene ved hjælp af fugematerialet 9.

5 Fig. 3E er et billede set fra oven af den færdige strøm-
ningsmåler, som, udover de nævnte dele, også omfatter en
beskyttende ramme 12, som er fastgjort langs brudanvis-
ningslinier 13 til bundpladen 1 i en afstand fra silicium-
stangen 3. Denne beskyttende ramme er beregnet til at bry-
des af ved brudanvisningslinierne før anvendelse af strøm-
ningsmåleren.

10

Strømningsmåleren ifølge opfindelsen kan også være af den
type, i hvilken føler-skivens temperatur holdes konstant,
og strømmen, der går gennem varmemodstanden R, derfor vari-
erer i afhængighed af den herskende strømningshastighed. I
15 dette tilfælde beregnes måleværdien på basis af effekt-
forbruget. Endvidere kan halvledermaterialet være et andet
end silicium, for eksempel GaAs eller kombinationer af for-
skellige halvledermaterialer. Som et alternativ kan fuge-
materialet påføres alene på oversiden af skivedelene som et
20 lag til at holde skivedelene sammen, så der ikke påføres
noget fugemateriale i mellemrummet mellem de smalle sider
af skivedelene, der vender mod hinanden.

P A T E N T K R A V

1. Strømningsmåler til at måle strømningshastigheden for et strømmende, gas- eller væskeformigt medie, hvilken strømningsmåler omfatter et integreret halvleder kredsløb, som har dels en første skivedel (4), der er indrettet til at blive opvarmet og anbragt i det strømmende medie, og dels en anden skivedel (3), som er adskilt fra den første skivedel (4) via et mellemrum (8) og er indrettet til at anbringes i det strømmende medie uden at blive opvarmet, og dels ledere (7), der opretter elektrisk forbindelse mellem skivedelene (3, 4), k e n d e t e g n e t ved, at et termisk isolerende fugemateriale (9) forbinder den første skivedel (4) og den anden skivedel (3) således, at den første skivedel (4) bæres af den anden skivedel (3) ved hjælp af fugematerialet, og at de elektriske ledere (7) er således dimensioneret i mellemrummet (8) mellem skivedelene (3, 4), at de har en ubetydelig bærende funktion sammenlignet med fugematerialet (9), hvorved varmeledning fra den første skivedel (4) via lederne (7) til den anden skivedel (3) begrænses.

2. Strømningsmåler ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at fugematerialet (9) er således anbragt i mellemrummet (8) mellem skivedelens smalle sider (10), som vender mod hinanden, så skivedelene (3, 4) og fugematerialet (9) danner en enhed af i det væsentlige ensartet tykkelse.

3. Strømningsmåler ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, ved hvilke lederne (7) består af flade metalledere, der strækker sig mellem skivedelene (3, 4), k e n d e t e g n e t ved, at lederne (7) eventuelt via et pålagt oxyd direkte står i forbindelse med fugematerialet (9).

35

4. Strømningsmåler ifølge et hvilket som helst af de fore-

gående krav, k e n d e t e g n e t ved, at fugematerialet (9), ud over at det er pålagt over mellemrummet (8), er påført som et tyndt, beskyttende lag over lederne (7) og på en del af en flad side på skivedelene (3, 4).

5

5. Strømningsmåler ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at fugematerialet (9) er et organisk materiale, som for eksempel polyamid.

10

6. Strømningsmåler ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at mindst en af skivedelene i kredsløbet har midler (R) til at opvarme skivedelen (4), hvilke midler (R) drives via lederne (7).

15

7. Strømningsmåler ifølge et hvilket som helst af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at mindst en af skivedelene i kredsløbet har midler (D1, D2) til at måle den pågældende skivedels temperatur.

20

8. Fremgangsmåde til fremstilling af en strømningsmåler ifølge et hvilket som helst af kravene 1-7, hvilken strømningsmåler er indrettet til at måle strømningshastigheden for et strømmende gas- eller væskeformigt medie og omfatter et integreret halvleder kredsløb, som har dels en første skivedel (4), der er indrettet til at blive opvarmet og anbragt i det strømmende medie, og dels en anden skivedel (3), som er adskilt fra den første skivedel (4) via et mellemrum (8) og er indrettet til at anbringes i det strømmende medie uden at blive opvarmet, og dels ledere (7), der opretter elektrisk forbindelse mellem skivedelene (3, 4), k e n d e t e g n e t ved følgende trin: at frembringe et lag (11) på bagsiden af kredsløbet, at fjerne halvleder materiale for at opnå de ønskede skivedele (3, 4) med et eller flere mellemrum (8) mellem disse, hvorved skivedelene holdes sammen hovedsageligt ved hjælp af laget (11), og

25

30

35

hvorved lederne (7) danner broer over mellemrummet eller mellemrummene (8) mellem skivedelene, og at anbringe et varmeisolerende fugemateriale (9) i mellemrummet eller mellemrummene (8).

5

9. Fremgangsmåde ifølge krav 8, k e n d e t e g n e t ved, at bagsidelaget (11) fjernes efter pålægningen af fugematerialet (9), hvilket således alene vil holde de respektive skivedele.

10

10. Fremgangsmåde ifølge krav 8 eller 9, k e n d e t e g n e t ved, at silicium anvendes som halvledermateriale, og at siliciumdioxid anvendes til bagsidelaget (11).

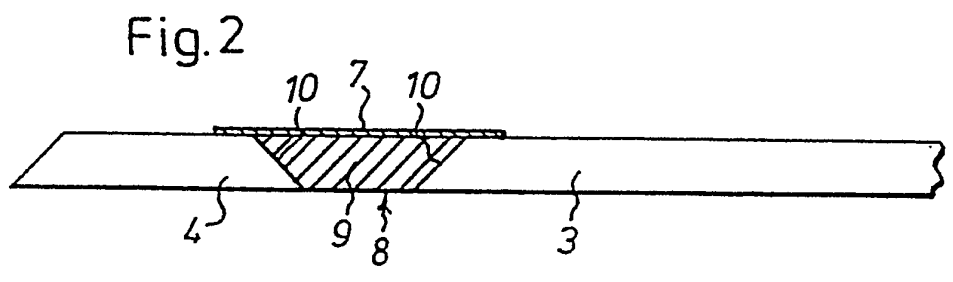
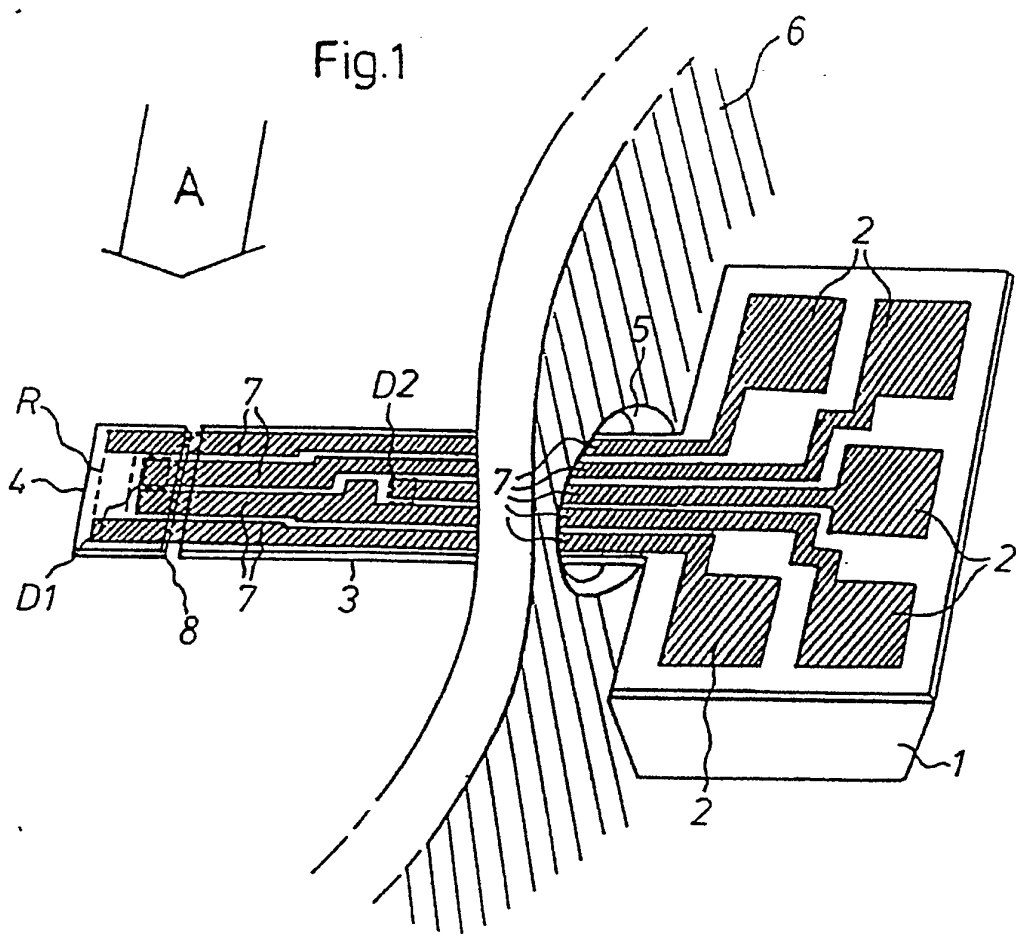


Fig.3A

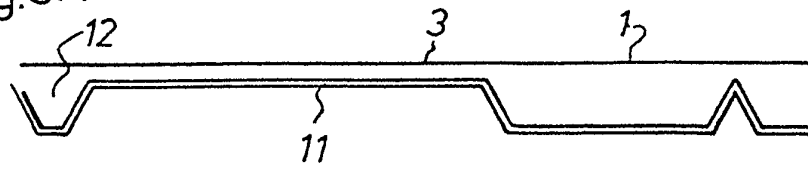


Fig.3B

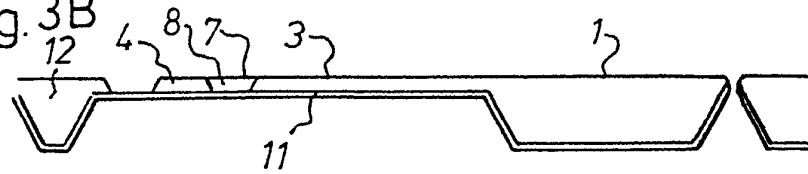


Fig.3C

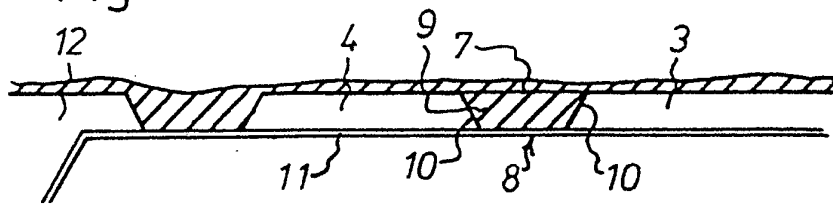


Fig.3D

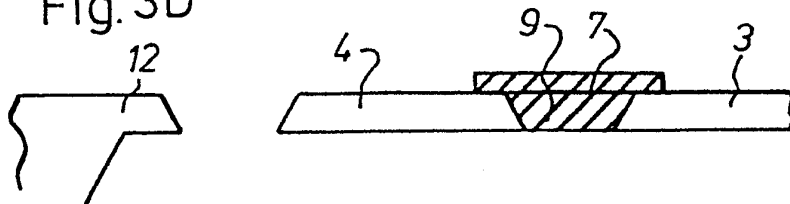


Fig.3E

