



Sverige

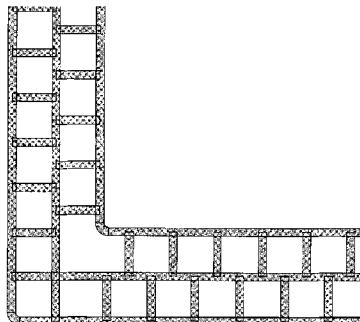
(12) Patentskrift

(10) SE 537 499 C2

(21) Patentansökningsnummer:	0900590-1	(51) Int.Cl.:	
(45) Patent meddelat:	2015-05-26	H01L 23/10	(2006.01)
(41) Ansökan allmänt tillgänglig:	2010-10-31	B81B 7/00	(2006.01)
(22) Ingivningsdag:	2009-04-30		
(24) Löpdag:	2009-04-30		
(30) Prioritetsuppgifter:	---		

- (73) Patenthavare: SILEX Microsystems AB, Box 595, 175 26 Järfälla SE
- (72) Uppfinnare: Torbjörn Ebefors, Huddinge SE
Edward Kälvesten, Hägersten SE
Niklas Svedin, Stockholm SE
Anders Eriksson, Solna SE
- (74) Ombud: BRANN AB, Box 12246, 102 26, Stockholm SE
- (54) Benämning: Bondningsmaterialstruktur och process med bondningsmaterialstruktur
- (56) Anförda publikationer: US 20070290282 A1 · US 20070048898 A1 · US 7276789 B1 · WO 2006052763 A2 · US 20020179921 A1
- (57) Sammandrag:

Uppfinningen avser en förseglings- och bondningsmaterialstruktur för att sammanfoga halvledarskivor med monolitiskt integrerade komponenter. Förseglings- och bondningsmaterialet tillhandahålls i remsor som bildar slutna slingor. Det finns anordnat åtminstone två koncentriska förseglingsremsor på en skiva. Remsorna är utlagda så att de omger komponenten/komponenterna på skivorna som skall förseglas när skivorna bondas samman. Materialet i remorna är ett material som bondar samman halvledarskivorna och förseglar de monolitiskt integrerade komponenterna, då de utsätts för kraft och valfritt värmning. Uppfinningen tillhandahåller också en monolitiskt integrerad elektriskt och/eller mekaniskt och/eller fluidiskt och/eller optisk anordning innefattande ett första substrat och ett andra substrat, sammanbondade medelst en förseglings- och bondningsstruktur enligt uppfinningen. En metod innefattande tillhandahållande av en förseglings- och bondningsstruktur enligt uppfinningen på åtminstone en av två skivor och påläggning av en kraft och valfritt värme för att förena dem.



SAMMANDRAG

Uppfinningen avser en förseglings- och bondningsmaterialstruktur för att sammanfoga halvledarskivor med monolitiskt integrerade komponenter. Förseglings- och bondningsmaterialet tillhandahålls i remsor som bildar slutna slingor. Det finns anordnat åtminstone två koncentriska förseglingsremsor på en skiva. Remsorna är utlagda så att de omger komponenten/komponenterna på skivorna som skall förseglas när skivorna bondas samman. Materialet i remsorna är ett material som bondar samman halvledarskivorna och förseglar de monolitiskt integrerade komponenterna, då de utsätts för kraft och valfritt värmning. Uppfinningen tillhandahåller också en monolitiskt integrerad elektriskt och/eller mekaniskt och/eller fluidiskt och/eller optisk anordning innefattande ett första substrat och ett andra substrat, sammanbondade medelst en förseglings- och bondningsstruktur enligt uppfinningen. En metod innefattande tillhandahållande av en förseglings- och bondningsstruktur enligt uppfinningen på åtminstone en av två skivor och påläggning av en kraft och valfritt värme för att förena dem.

(Fig. 2 c)

NYA BONDNINGSPROCESSER OCH BONDADE STRUKTURER

Föreliggande uppfinning avser kapsling av MEMS- och mikroelektroniska anordningar. Speciellt avser den metoder att tillhandahålla funktionell kapsling som kan
5 involvera vakuumförsegling eller bondning av passiva komponenter till CMOS.

Bakgrund till uppfinningen

Inom MEMS-området och det mikroelektroniska området föreligger ofta ett behov
10 att bonda samman skivor i syfte att inkapsla strukturer i vakuumkaviteter eller i kaviteter med kontrollerad atmosfär. Sådana strukturer kan behöva vara funktionella under mycket långa tider, oftast tiotals år. Det kan också vara önskvärt att tillhandahålla elektrisk anslutning mellan skivor via förseglingen.

15 Det är naturligtvis absolut nödvändigt att fogarna som håller samman/bondar skivorna och som tillhandahåller den faktiska förseglingen av kaviteterna tillhandahåller tillräckligt god försegling så att de inte skall försämrats över tid.

Det finns också en strävan mot mer kostnadseffektiv kapsling på skivnivå, snarare
20 än kapsling av individuella chip enligt teknikens ståndpunkt.

Det finns flera kända metoder som med framgång har använts över de senaste tio åren eller så för kapsling, bl.a. bondning med glasfrita (se t ex US-5,604,160, Motorola), direkt Si-Si-fusionbondning, anodisk glasbondning, eutektisk bondning,
25 lödning, för att bara nämna några få.

Närhelst det är möjligt, (d.v.s. plana substrat och substrat utan metall och obegränsad termisk budget), är fusionbondning den mest attraktiva bondningsmetoden för att skapa förseglade strukturer, eftersom den tillåter både kiselvia integrering,
30 och monolitiskt integrerade komponenter, t ex. en polykiselstruktur, av vilket ett exempel beskrivs i WO2008/091221 (Silex Microsystems).

Vid smältbondning kan man använda olika kombinationer av material (med hög renhet, långtidstabila) i det substrat som skall bondas samman, t ex. Si-Si, Si-SiO
35 eller SiO-SiO, med en fullständig Si-Si-bond.

Fördelarna med smältbondning är följande:

5 Fogen uppvisar hög foghållfasthet och förseglingen som erhålles är tät. En bondviddyta för täta förseglingar som är $< 100 \mu\text{m}$ kan uppnås. Det finns inga främmande material involverade som skulle kunna förorsaka problem med mekanisk hållfasthet t ex. pga. olika värmeutvidgning mellan förseglingsmaterial och substrat.

10 Smältbondning utförs företrädesvis i början av ett processflöde, innan skivorna har strukturerats med topografi.

Den möjliggör förprocessning med obegränsad termisk budget (kontaktdopning och "anneal" för SOI-baserade Sil-Vior är möjliga) och det är även möjligt med våt processning.

15 Det är attraktivt för elektrostatisiska/kapacitiva system med kiselviaintegrering i CAP:en. Detta är särskilt användbart exempelvis för gyro- och accelerometer-tillämpningar, som kan tillverkas i enlighet med metoder som har definierats och beskrivits i sökandens egna WO 2004/084300 och WO 2008/091221.

20 Bland nackdelarna kan följande nämnas:

Resistansen vid Si-Si-bondning skulle kunna bli alltför hög om det krävs lågomiga kopplingar, och Si-SiO- och SiO-SiO-fogar ger inte några elektriska kopplingar (SiO = isolator).

25 Vissa versioner av smältbondning ($> 1000^\circ\text{C}$ värmebehandling) är inte CMOS-kompatibla, men andra har visat att lågtemperatursmältbondning är möjlig medelst plasmaassisterade metoder, men här fortgår diskussioner angående hur täta förseglingar man erhåller. Det finns fortfarande risk för läckage.

30 Emellertid är den absolut största nackdelen med smältbondning dess känslighet för topografi. Smältbondning kräver ultraplana ytor som gör integrering av vior av kisel eller metallvior som tillverkats före bondning ("via-first"-metod) svårt om inte omöjligt.

Andra metoder har prövats men har inte varit så framgångsrika, såsom termokompressionsbondning (TC-bondning) och eutektisk bondning. De sista två metoderna har undersökts i två doktorsavhandlingar, nämligen "LOW TEMPERATURE WAFER
 5 LEVEL VACUUM PACKAGING USING AU-SI EUTEKTISK BONDING och
 LOCALIZED HEARING" av Jay S. Mitchell (The University of Michigan, 2008), och
 "FABRICATION och CHARACTERIZATION OF WAFER LEVEL GOLD THERMO
 COMPRESSION BONDING" av D. H. Tsau, (Massachusetts Institute of Technology
 2003), vilka bägge införlivas häri i sin helhet genom hänvisning.

10 I WO 03/068669 (Silex Microsystems) beskrivs MEMS-anordningar baserade på eutektiska och lodbondningsmetoder på skivnivå.

I US-7,183,622 (Intel) beskrivs en apparat som inkluderar ett första substrat, ett
 15 eller flera mikroelektromekaniska system (MEMS) kopplade till det första substratet, ett andra substrat kopplat till det första substratet och en eller flera passiva komponenter kopplade till det andra substratet. En metod kan inkludera upplinjer-
 ing av ett första substrat med ett eller flera MEMS kopplade därtill och ett andra substrat som har en eller flera passiva komponenter kopplade därtill, och koppling
 20 av de upplinjerade substraten.

Alla dessa metoder har sina fördelar och nackdelar.

Ett problem är att avvikelser från planhet på substrat som skall förenas medelst
 25 bondning, dvs. att substraten uppvisar en topografi över sin yta, kan förorsaka svaga punkter i fogen som eventuellt kan ge upphov till läckage in i eller ut från den förseglade kaviteten. Ännu värre är om förseglingen är skadad redan från början, dvs. att det inte förelåg någon fullständig försegling av kaviteten redan under tillverkningen, vilket betyder att utbytet kommer att sjunka.

30 Ett annat problem är att guld, som är det vanligast förekommande förseglingsmediet, kan ha en tendens att "driva bort" genom diffusion, dvs. förseglingsfogen kan utarmas på material, vilket kan ge upphov till det ovan nämnda läckageproblemet.

35 Sammanfattning av uppfinningen

I ljuset av teknikens ståndpunkt finns utrymme för förbättringar i metoderna för bondning för tillhandahållande av försegling i MEMS-anordningar och mikroelektroniska anordningar.

5

Sålunda i enlighet men föreliggande uppfinning tillhandahålls nya metoder att foga samman skivor medelst bondning. Speciellt används de nya processerna för att hermetiskt försegla strukturer mellan skivor så att kontrollerad atmosfär erhåller i stängda kaviteter som bildas mellan skivorna under tillverkning. Speciellt åstadkommes också med de nya processerna bra försegling också när substratskivorna som skall förenas uppvisar topografi, dvs. att skivorna inte är plana över hela ytan. Sådan icke-planaritet kan förorsakas genom routing-strukturer som krävs för att koppla samman strukturerna inuti kaviteten med t ex. trådbondningskontaktpaddar.

10

15

I en första aspekt av föreliggande uppfinning tillhandahålls en förseglingsstruktur, så att om ett läckage uppträder i någon punkt kommer det att finnas "läckagesäkra" strukturer som tillhandahålls genom att lägga ut förseglingsstrukturerna på ett mönster enligt uppfinningen. Speciellt åstadkommes detta genom att tillhandahålla koncentriska remsor av förseglingsmaterial, som omger de kaviteter som skall förseglas, och vilka har "tvärslår" som sammankopplar de koncentriska remsorna vid vissa intervall. Förseglingsstrukturen definieras i krav 1.

20

25

I ytterligare en aspekt av uppfinningen tillhandahålls en metod att bonda som tillhandahåller variabel kompressibilitet hos bondningsmediet, varvid de problem som är inneboende i substratskivornas topografi väsentligen reduceras om inte elimineras. Metoden definieras i krav 18.

30

I en annan aspekt av uppfinningen tillhandahålls en monolitiskt integrerad elektrisk och/eller en mekanisk och/eller fluidistisk och/eller optisk anordning innefattande ett första substrat och ett andra substrat, vilka bondats samman med en förseglings- och bondningsstruktur, och som definieras i krav 28.

Ytterligare utföringsformer definieras i de beroende kraven.

35

Kort beskrivning av ritningarna

Fig. 1 illustrerar schematiskt i perspektivvy en förseglingsmaterialstruktur enligt uppfinningen;

5 Fig. 2 visar olika layouter för förseglingsstrukturer enligt uppfinningen;

Fig. 3 illustrerar en layout för att kontrollera kompressibilitet;

Fig. 4 visar schematiskt en ny skivuppdelningsmetod;

Fig. 5 illustrerar effekten av topografi på fogar;

Fig. 6 visar ett sätt att kontrollera kompressibilitet;

10 Fig. 7 visar schematiskt en CMOS-struktur inkapslad genom tillhandahållande av en "kapslingsstruktur" och en försegling enligt uppfinningen;

Fig. 8 visar lateral routing;

Fig. 9 illustrerar "kniv"-utföringsformen av uppfinningen;

Fig. 10 visar en kniv i detalj; och

15 Fig. 11 visar en kombination av bondningsmetoder.

Detaljerad beskrivning av uppfinningen

För syftet med denna ansökan definieras följande termer och uttryck:

20

"Monolitiskt integrerad komponent" skall betyda att en funktionell (vilket innebär att den utför eller är kapabel att utföra en funktion) komponent tillverkas på och/eller i en halvledarskiva, såsom genom dopning av en uppsättning områden och därefter sammankoppling av dessa med olika medel, väl känt inom halv-

25 ledarområdet. Uttrycket skall också tas att omfatta komponenter som tillverkas genom att avsätta materialskikt och genom mönstring för att bygga t ex. MEMS-strukturer på skivan. CMOS-strukturer och komponenter såväl som bi-CMOS och bipolär teknologi och liknande i bred bemärkelse inkluderas också i detta uttryck. Diskreta komponenter som tillverkas separat och fästs på en skivyta inkluderas

30 sålunda inte i detta uttryck.

En "skiva" är normalt en halvledarskiva, vanligtvis av kisel, med en diameter om 3-12 tum och 250-1000 μm tjock. Den kan också vara en SOI-skiva.

Termen "substrat" betyder oftast samma som en skiva enligt definitionen ovan, och dessa termer används utbytbart. Emellertid skulle ett substrat också kunna vara ett chip som bär upp en enda komponent, dvs. den resulterande produkten från en skivnivåprocess, efter att den uppdelats i diskreta chip.

5

Med "kompressibilitet" menas hur lätt en struktur pressas samman då den utsätts för normalkraft. Den kan vara en funktion av materialet självt, men i föreliggande uppfinning avser det oftast hur geometrin hos strukturer bibringar variabel kompressibilitet relativt andra strukturer som har annan geometri.

10

Först kommer en kort skiss av några bondningsmetoder att ges för att bättre förstå uppfinningen. Emellertid bör det noteras att smältbondning inte används i föreliggande uppfinning.

15 Termokompressionsbondning (TC) innefattar tillhandahållande av en lämplig metall, oftast guld (Au), men även Cu-Cu, Al-Al och andra metallkombinationer, såsom bondningsmaterialet. Därvid anbringas metallen såsom "bumpar" eller remsor av material på varje del som skall bondas samman, antingen i hela skivor eller diskreta chip utskurna från skivor, på ställen som matchar varandra. De separata komponenterna värms (men smälts inte) och bringas därefter samman under applicering av yttre kraft varvid metallen på varje komponent bildar en enhetlig bindning mellan komponenterna.

20

Denna typ av bondning är stabil och det är lätt att bilda fogen eftersom guld är en mjuk metall. Olyckligtvis är guld en dyrbar metall och denna metod är relativt känslig för eventuell topografi hos komponenterna som skall bondas samman. Det senare skulle kunna leda till läckage om fogen inte bildas på ett korrekt sätt på punkter där den måste bildas tvärs över upphöjda strukturer på komponenterna.

25

30 TC-bondning har följande fördelar:

Det är en bondningsprocess vid låg temperatur och i fast fas (300 °C åtminstone i teorin) utan vätska (eutektikum) i foggränsytan som skulle kunna flyta ut och skapa kortslutningar. Dessutom är de elektriska sammankopplingarna lågomiska över foggränsytan (även med routing). Det finns inte heller något materialgränssnitt som

35

skapar problem för RF-signaler. Det är lätt att integrera TC-fogen med metallvior. Sådana metoder beskrivs i sökandens egen svenska (ej publicerade) patentansökan 0850083-7. Getter-material kan integreras för högvakuumtillämpningar.

- 5 En nackdel med TC-bondning är att det krävs relativt höga krafter i processen vilket lätt kan förorsaka brott på skivorna.

Eutektisk bondning omfattar tillhandahållande av en legering av t ex. guld och en annan komponent såsom tenn (AuSn) på en komponent och t ex. guld på den andra
 10 (det bör noteras att andra metaller såsom silver, bly och koppar är användbara, även om driftstemperaturer kommer att vara annorlunda). En kombination av guld och kisel, polykisel, kisel och germanium bildar också eutektiska kompositioner vid lämpliga temperaturer (se ovannämnda SE-0850083-7). När komponenterna bringas samman under värmning bringas metallerna att smälta och bilda ett eutektiskt
 15 material. Fördelen med denna typ av bondning är att de temperaturer som används är signifikant lägre än processtemperaturer för CMOS, vilket betyder att bondningen kan utföras efter tillverkningen av CMOS-strukturer utan att skada dessa strukturer. Vidare indikerar det faktum att bondningsmaterialen smälter att topografin mellan skivorna skulle kunna "sväljas" av det smälta materialet. Emellertid bör
 20 temperaturen inte överstiga 400°C för att göra den CMOS-kompatibel.

Emellertid kan guld innehålla syre eller kväve vilket skulle kunna "urgasa" från fogen och t ex. hamna inuti en kavitet. Detta skulle slutligen kunna leda till en tryckökning vilket kan göra anordningen icke funktionsduglig. Det kan vara nödvändigt
 25 att tillhandahålla s.k. getter-material inuti kaviteten för att få bort det urgasade syret/kvävet (såsom beskrivs i WO 2008/091221).

Föreliggande uppfinning avser användning av modifieringar av ovan kända processer för att tillverka förseglade strukturer som har nya särdrag. Speciellt kan problemet som nämnts ovan med topografi väsentligen reduceras om inte elimineras.
 30

I en aspekt tillhandahålles inkapslade monolitiskt integrerade komponenter/ anordningar (t.ex. CMOS-komponenter) där trådbondning underlättas (se fig. 7).

I ytterligare en aspekt tillhandahålles inkapslade monolitiskt integrerade komponenter/anordningar (t.ex. CMOS/MEMS-komponenter/-anordningar) som kombinerar routing och viastrukturer, vilket bland annat möjliggör förenklad montering av komponenter (se fig. 8).

5

I en särskild aspekt tillhandahålles en ny förseglings- och bondningsstruktur för att bonda samman två substrat vilket möjliggör tillverkning av ovan nämnda komponenter/anordningar. Hänvisning görs till sökandens eget patent US-7,172,911 och internationella patentansökan WO 2008/091221 i vilka en mängd strukturer beskrivs som lämpligtvis kan tillverkas med användning av de nya bondningsmetoderna enligt föreliggande uppfinning.

10

Med hänvisning till fig. 1 kommer det nu den nya förseglingsmaterialstrukturen enligt uppfinningen att beskrivas.

15

Vid förseglingsstrukturer enligt teknikens ståndpunkt har det varit vanligt att använda förseglings-"ringar" som omsluter ett område som skall förseglas hermetiskt. En sådan metod omfattar användning av en "glasfritta". Båda de substrat som skall förenas kommer att ha förseglingsmaterial anordnade i kongruenta mönster. Sådana förseglingsringar kan emellertid vara mycket känsliga för topografi på de substrat som skall förenas, d.v.s. om förseglingsmaterialet är avsatt över ickeplana ytor kommer oregelbundenheterna att överföras till förseglingsmaterialet. I bondningsprocessen kan det föreligga punkter utan kontakt, och ett enda brott i kontinuiteten, som kan vara extremt litet, kommer att förorsaka läckage. Därvid kommer eventuellt kontrollerad atmosfär inuti den förseglade strukturen såsom vakuum eller åtminstone lågt tryck att störas av luft som läcker in i den förseglade kaviteten. Processen är "smutsig", d.v.s. den skulle kunna förorsaka oönskad kontaminering och glasfrittafogen kan gasa ur, och således kan ultralåga vakuum-nivåer inte uppnås.

25

30

Fig. 1 visar ett exempel på en förseglingsstruktur enligt uppfinningen, den innefattar två väsentligen koncentriska "ringar" 10, 12 (ringarna måste naturligtvis inte vara cirkulära; "ring" skall anses betyda vilken sluten slingstruktur som helst som omsluter ett område som skall förseglas) som omger en kavitet 14 på ett substrat 16, i vilken kavitet det finns lokaliserat en struktur 18 som behöver en kontrollerad

35

atmosfär för sin funktion. I praktiken behöver ”ringarna” inte vara strikt ”koncentrisk”. Det räcker med att de anordnas med ett finit avstånd mellan dem som bör vara större än 1 μm (företrädesvis bör de emellertid vara i området tiotals μm , och avståndet behöver inte vara konstant längs omkretsen.

5

Detta är den enklaste utföringen av förseglingsstrukturen enligt uppfinningen. Genom att tillhandahålla koncentrisk ringar åstadkommes vad som avses som en ”redundans” i förseglingen. Med detta menar vi att om ett brott uppträder i en av ringarna kommer det fortfarande inte att ske något läckage eftersom den andra ej skadade ringen kommer att förhindra läckage. Naturligtvis kan man anordna fler än två ringar vilket reducerar läckagerisken ytterligare, emellertid till priset av ökad materialanvändning med åtföljande högre kostnad.

10

Även om en uppsättning koncentrisk ringar anordnas föreligger icke desto mindre fortfarande en risk för att läckage skall uppträda som kan vara alltför hög.

15

För att ytterligare öka redundansen anordnas i en föredragen utföringsform tvärsålar mellan de koncentrisk ringarna vid valda intervall för att skapa en gallerliknande förseglingsmaterialstruktur, så som visas i figur 2. På detta sätt ökas redundansen många gånger och tillverkningsutbytet kommer att öka.

20

Det finns ytterligare en fördel med att tillhandahålla förseglingsstrukturen i form av en gallerliknande struktur. I bondningsprocesser där förseglingsmaterialet smälts (t.ex. eutektisk bondning, lödning) innehåller nämligen förseglingsstrukturer enligt teknikens ståndpunkt innefattande enkla solida ringar relativt stora mängder material som kommer att flyta och antingen uppsamlas i hörn vilket skapar ”bulor” eller breddar förseglingen på ett otillbörligt sätt.

25

För att anpassa till misspassning av skivor då man faktiskt för dem samman för bondning, är lämpligtvis förseglingsremsornas bredd på en skiva något bredare än på den andra skivan. På detta sätt kommer adekvat bondningsyta alltid att erhållas oavsett mindre misspassningar. Som ett exempel skulle en förseglingsremsa kunna vara 5-10 μm bredare än den andra. I det extrema fallet skulle hela ytan på en skiva kunna vara metalliserad, i vilket fall naturligtvis misspassningen inte längre är

30

något problem. Å andra sidan, om guld används för metalliseringen skulle kostnaden kunna bli alltför hög.

Vid termokompressionsbondsprocesser i vilka materialet som bildar fogen pressas samman kommer dessutom deformationen som förorsakas under kompression att förorsaka att materialet "flyter" (även om det inte smälter) på grund av den relativa mjukheten, och skapa kortslutningar.

I gallerstrukturen enligt den föredragna utföringsformen kan mellanrummen mellan tvärslåarna ta upp t.ex. smält material eller material som flyter lateralt, vilket förhindrar stora mängder material att uppsamlas vid enstaka punkter. För att göra det möjligt för andra organ att "svälja" smält material är det möjligt att göra spår fördjupningar intill och nära förseglingsremsorna. I fallet med spår skulle sådana spår kunna löpa parallellt med och mycket nära remsorna, företrädesvis på bågiga sidor om remsorna, d.v.s. också mellan remsorna i fallet med koncentrisk remsor.

För att reducera tendensen hos flytande smält material att ansamlas vid hörn, tillverkas vidare företrädesvis hörn och "T"-grenar där tvärslåarna ansluter till de koncentrisk linjerna så att de uppvisar en geometri som uppvisas i fig. 3. Sålunda som framgår av fig. 3 tillhandahålls krökta eller rundade avsnitt som uppvisar en lämplig krökningsradie så att de individuella koncentrisk linjernas bredd hos förseglingsstrukturen är väsentligen samma vid varje punkt längs hela strukturen. På detta sätt kommer förseglingsstrukturen att uppvisa samma kompressibilitet i alla punkter.

Vidare är strukturens kompressibilitet beroende på antalet tvärslåar per enhetsarea hos strukturen och variation av densiteten av tvärslåar möjliggör kontroll av kompressibilitet.

Ovan beskrivna princip att tillhandahålla redundans i förseglingen för att reducera risken för läckage är allmänt tillämplig för många olika tillämpningar och bondsningsmetoder. Ytterligare modifieringar av strukturen kommer då att bli nödvändiga och sådana modifieringar kommer att beskrivas i anslutning till varje metod som beskrivs nedan.

Förseglingsprincipen är användbar vid tillverkningen av ett antal monolitiskt integrerade komponenter såsom MEMS- och/eller CMOS-anordningar. Två olika typer av anordningar kommer att beskrivas nedan med hänvisning till figurerna 7-9.

- 5 Det bör noteras att de bondningsmetoder som beskrivs nedan i anslutning till tillverkning av de beskrivna anordningarna är samtliga metoder på skivnivå, d.v.s. bondningen utförs mellan skivor och de individuella komponenterna som erhålles ur de kombinerade skivorna efter bondningen genom sågning. Sålunda innefattar varje skiva ett stort antal strukturer såsom monolitiskt integrerade strukturer, såsom MEMS-strukturer, därhelst termen "en CMOS-struktur" eller "en MEMS-struktur" eller "en fördjupning eller kavitet" används skall det tas att omfatta även uppsättning sådana strukturer som tillhandahålles på en skiva.

- Den första anordningen enligt en utföringsform av föreliggande uppfinning som skall beskrivas visas i fig. 7, är en CMOS-anordning 70 innefattande ett första substrat 71 (såsom en skiva) på eller i vilken en CMOS-struktur 72 tillverkas. Denna CMOS-struktur inkapslas genom tillhandahållande av en "kapslingsstruktur", d.v.s. ett hölje eller lock 73 (nedan betecknad CAP, också i form av en skiva) i vilken en fördjupning skulle kunna formas, vilken fördjupning bildar en kavitet 74 som inrymmer området av det första substratet som bär upp CMOS-strukturen.

- För att koppla CMOS-strukturen inuti kaviteten med andra komponenter finns andra anordnat routing-strukturer 75. Sådan routing innefattar remsor av metall, lämpligtvis guld även om andra metaller är möjliga, såsom Al, Ag, Cu eller andra metaller som uppvisar låg resistivitet (hög konduktivitet). Routingremarna slutar i bondpaddar 76 på vilka trådar kan vara fästa för ytterligare anslutningar till andra elektroniska komponenter. Dessa routingremar kommer oundvikligen att ha en viss tjocklek, i storleken 0,5-3 μm . Detta kommer att skapa den topografi som nämnts ovan.

- 30 I detta fall, d.v.s. där trådbondning tänks, bör CAP-strukturen i det färdiga chippet vara något mindre än bottenskivan för att på så sätt lämna kvar en hylla på vilken trådbondning kan utföras.

Ovanstående struktur uppnås med en ny metod att dela upp skivorna i enskilda chip, och kommer att beskrivas med hänvisning till fig. 4.

Fig. 4a visar schematiskt den erforderliga skivstrukturen i tvärsnitt. Sålunda tillhandahålls en CMOS-skiva 40 som har någon CMOS-struktur 41. En kapslingsskiva 43 bondas på CMOS-skivan med användning av någon lämplig metod. I kapslingsskivan finns anordnat sågspår 44 som sträcker sig runt om de partier som skall bilda de slutliga individuella chipen.

I fig. 4b visas en kapslingsskiva 43 schematiskt innehållande endast fyra sågspår 44 som skall skäras (i verkligheten kan naturligtvis flera tusen chip skäras ut med denna princip). Även här visas såglinjer med streckad linje och betecknas S.

När den sammansatta skivan innefattande ett substrat 40 och en cap 43 utsätts för sågning genom CAPen längs med de linjer som antyds med ett S och streckad linje, kommer sågbladet att skära igenom CAP 43 i spåren 44, men kommer i alla andra delar endast att skapa ett spår, d.v.s. i de partier som betecknas P (av endast två explicit antyds i figuren). Sålunda, vilket framgår av inspektion av figur 4b, efter att ha sågat igenom varje spår 44 kommer återstoden av CAPen att bilda en enhet som helt enkelt kan lyftas bort från den sammansatta skivan och lämna kvar substratet med sin funktionella cap på varje CMOS-struktur. Substratet kan därefter uppdelas i chip genom sågning vid D.

För att förhindra att det kapslingsskivparti 44 som skärs loss allt eftersom sågningen fortsätter, "wobblar" på grund av de krafter som bibringas genom sågning, är kapslingsskivan fixerad mot underlagsskivan 40 vid några få punkter FP, vilka antyds såsom streckade cirkclar i fig. 4b. 2-6 punkter räcker för en hel skiva, även om fler kan anordnas vid behov. Dessa fixeringspunkter tillhandahålls lämpligtvis i bondningsprocessen såsom stolpar som sammankopplar skivor med varandra. När sågningen avslutats skärs helt enkelt dessa stolpar bort.

För att förena CMOS-substratet med CAP:en kan vilken av de tidigare nämnda metoderna som helst användas. Emellertid kräver varje metod att vissa specifika åtgärder vidtas.

I en första utföringsform används en termokrompressionsmetod (TC).

Därvid förses varje skiva med en förseglingsstruktur S som beskrivits ovan (visas endast schematiskt i fig. 7). I den enklaste formen kommer sålunda förseglingen att anordnas såsom två koncentrisk linjer som omsluter den struktur som skall förseg-
5 seglas. Linjerna är lämpligtvis av guld, även om andra metaller är möjliga såsom silver eller koppar. Typiskt är linjerna 5 μm tjocka och några få μm breda.

Dessa linjer tillverkas genom en kombinerad sputtrings-/förångnings-/pläterings- och etsningsmetod som är väl känd för fackmannen och inte kommer att beskrivas i detalj häri. Innan plätering måste routingstrukturerna isoleras genom avsättning av toxidskikt eller något annat isolerande material över routingstrukturerna åtminstone över de delar där gulförseglingen skall anordnas. Detta isolerande oxidskikt framgår tydligt i figur 5.

Såsom även visas i fig. 5 kommer emellertid routingstrukturernas topografi att föras över till guld i förseglingsstrukturen. Guld som anordnas över routing uppvisar små "kullar". Detta är tydligt synligt i figurerna 5b) och 5c) och understrykts i fig. 5a) med pilarna. Fig 5d) visar en struktur utan routing, och sålunda
20 ingen topografi, vilket i sin tur resulterar i att förseglingen också saknar topografi.

Såsom också framgår av fig. 5 finns en mörk skugga S i gränssnittet mellan de övre och nedre delarna fogen i området mellan "kullarna". Detta mörka område kan indikera ofullständig kontakt mellan gulförseglingslinjerna och är en potentiell läckagepunkt. Det är också tydligt att det föreligger en mycket bättre kontakt vid top-
25 parna på kullarna.

Enligt uppfinningen är en lösning på detta problem att göra förseglingslinjerna något bredare (med hjälp av fotolitografiska metoder) i det område där de sträcker sig mellan routinglinjer och där de korsar routinglinjerna. På detta sätt kommer förseg-
30 lingslinjernas kompressibilitet att variera. Den kommer att vara högre mellan routingar och lägre vid routingar. Sålunda blir det lättare att pressa samman förseglingsmaterialet vid den punkt där förseglingsringen korsar routingremsorna, och förorsakar därför att "kullarna" utjämnas i bondningprocessen.

Figur 6 illustrerar detta schematiskt. Förseglingsremsan 60 har en bredd om ca 3-5 μm mellan routingar 62 och ca 2-3 μm vid korsningspunkterna (eller skärningarna) XP. Tjockleken är ca 5 μm . Naturligtvis kommer emellertid dimensionerna att vara beroende på den faktiska topografin som föreligger. Tjockleken måste vara några få μm högre än topografin, d.v.s. användningen av 5 μm tjocka förseglingsremsor skulle innebära att man kunde använda routinglinjer med en tjocklek om upp till 3 μm .

I en annan utföringsform används en eutektisk bondningsmetod. Därvid kommer materialvalet för förseglingslinjen att vara annorlunda. En av skivorna förses nämligen med bondningsstrukturer av ett material som innefattar en komponent i en eutektisk komposition, och den andra skivan förses med komplementära bondningsstrukturer av den andra komponenten i den eutektiska kompositionen.

Materialet i en skiva i en utföringsform är företrädesvis guld (Au) och på den andra t.ex. guld-tenn (AuSn). Dessa två material kommer i lämpliga proportioner att bilda ett eutektikum som har en smältpunkt väsentligen lägre än varje smältpunkt än varje komponent separat, nämligen 282°C.

I en annan utföringsform kan den första komponenten vara kisel och den andra komponenten kan vara guld (Au). Dessa material bildar ett eutektikum vid 363°C, vilket är en temperatur som är signifikant lägre än temperaturerna för CMOS-processning. sålunda är det möjligt att bonda samma skivor med CMOS-strukturer på dem utan risk att skada CMOS-komponenterna. Andra eutektiska materialkombinationer är möjliga såsom Au/poly-SiGe eller Au/poly-Si.

För bägge alternativen (d.v.s. Au/Sn eller Au/poly-Si) är det viktigt att dimensionera materiellinjerna så att proportionen mellan materialmängderna motsvarar den eutektiska kompositionen. Detta betyder att för Au/Sn bör materialet i den färdiga förseglingslinjen motsvara ca 80 atom-% av guldet av den totala materialmängden, för att erhålla den bästa eutektiska kompositionen. Val av korrekta proportioner ligger inom kompetensen hos fackmannen som vet hur man tolkar fasdiagram.

I vissa fall kommer det emellertid att vara föredraget att tillhandahålla en komponent i överskott beroende på det önskade resultatet.

I enlighet med ytterligare en aspekt av uppfinningen tillhandahålls en förbättring i metoden att förena substrat medelst bondning som involverar tillhandahållande av en av komponenterna i form av vad som kommer att betecknas en "kniv-struktur". Kniv-komponenten måste vara av ett material som är mindre kompressibelt än den andra komponenten. Exempel på ett sådant par av komponenter är Au/poly-Si, där Au är den mjuka komponenten och poly-Si är den hårda. Andra alternativ är "stand-off"-knivar som definieras medelst elektropläterat Ni eller avsatt eller växt kiseloxid och kiselnitrid.

Uppfinningstanken är att öka den kraft som utövas på den mjuka komponenten i TC-bondning genom att göra kniv-komponenten smal och vass. Om fogen enbart är för kontaktpunkter och inte för förseglingsstrukturer tillhandahålls "kniven" som en "nål" snarare än en "kniv". Detta visas schematiskt i figur 9, som i tvärsnitt visar ett första substrat 90 försedd med en kniv 91 på en yta och en därmed hoppassande mjuk komponent i form av en ås 92 på ytan av ett andra substrat 92 med väsentligen rektangulärt tvärsnitt. Sålunda är en "kniv" en kil-liknande långsträckt struktur. Det visas även en nål 93 anordnad på det första substratet 90 över en mjuk padd 94 anordnad på det andra substratet. Där de två substraten pressas mot varandra kommer kniven 91 och nålen 93 lätt att skära in i sina därmed hoppassande mjuka komponenter, d.v.s. åsen 91 respektive padden 94 och bilda en god kontakt däremellan.

För vissa tillämpningar där det inte föreligger behov av elektrisk kontakt mellan substraten genom förseglingen eller genom att använda kontaktpaddar, kommer kniven eller nålen att tillverkas av enbart poly-Si, möjligtvis med en oxidbeläggning för att göra kniven/nålen isolerande mot guldet. Detta illustreras schematiskt i figur 10.

För andra tillämpningar kan det vara önskvärt att tillhandahålla en elektrisk kontakt mellan substrat med användning av förseglings- eller kontaktpaddstrukturen. I ett sådant fall är poly-Si-kniven eller -nålen belagd med samma metall som i den

därmed hoppassande padden/förseglingsringen, t.ex. guld om den hoppassande padden är av guld. Valfritt kan den först beläggas med ett oxidskikt.

5 Kniv- och/eller nålkonceptet är användbart för både TC-bondning och eutektisk bondning.

Ovan beskrivna bondningsmetoder kan också användas för andra typer av anordningar. Som ett exempel kommer en anordning att beskrivas där det finns anordnat en CMOS- (eller MEMS-) komponent på en skiva och en kavitet i CAP:en, och där
10 det inte finns någon lateral routing till externa kontaktpaddar för trådbondning, utan i stället förs signalerna genom skivorna i så kallade vior (skivgenomgående anslutningar).

Sådana vior beskrivs i många patent och ansökningar, t.ex. sökandens eget patent
15 SE-526 366, internationella patentansökan WO2004084300A1 och svenska patentansökan 0850083-7 och kommer inte att diskuteras i sig häri.

Fördelen med att tillhandahålla vior för signalöverföring är att det är möjligt att routa signaler till botten- (eller topp-) sidan av komponenten, vilket medger t.ex. flip-
20 chip-bondning, och man kan avstå från den relativt besvärliga trådbondningen. Icke desto mindre bör det hållas i åtanke att för vissa tillämpningar är trådbondning nödvändig. Lateral (genom via) routing (se fig. 8) är mindre ytkonsumerande än horisontell routing (se fig. 7), och skulle därför kunna reducera kostnaden per chip.

25 I figur 8 visas sålunda en komponent 80 innefattande en bottenskiva 81 i vilken det finns en CMOS- eller en MEMS-struktur 82 anordnad i ytan på skivan. På toppen finns en andra skiva (CAP) 84 valfritt med en fördjupning 85 för tillhandahållande av kontrollerad atmosfär CMOS:en. I toppskivan 84 finns vior 86 som möjliggör att
30 signaler överförs från baksidan (toppen) av komponenten 80. De bondningsmetoder som beskrivs i detalj ovan gör det möjligt att integrera gettermaterial (G), såsom ytterligare beskrivs i sökandens egen WO2008/091221.

I denna utföringsform av uppfinningen anordnas först ett passiveringsskikt (ej visat)
35 på CMOS-strukturen med öppningar endast vid de punkter 87 där det är önskvärt

att åstadkomma kontakt. Sedan finns anordnat routingremсор av t.ex. guld till punkten mellan CMOS:en och förseglingsringen, vid vilka punkter det finns anordnat kontaktpaddar 88. Dessa paddar är tillverkade så att de skall kunna processas samtidigt som skivbondningen utförs.

5

På motsvarande sätt passiveras CAP-skivan och lämnar kvar öppningar enbart där viorna är belägna för att tillhandahålla kontaktpunkter, och routing tillhandahålles från dessa kontaktpunkter. Dessa routingar slutar också i kontaktpaddar 89. Uppbyggnaden och materialet i paddarna liknar det i förseglingsringarna S och är upplinjerat med paddarna på CMOS-skivan för att passa ihop med dem.

10

För TC-bondning är paddarna och förseglingsringarna tillverkade av guld. När skivorna bringas samman under anbringande av kraft och förhöjd temperatur, kommer sålunda både förseglingarna och anslutningarna vid bondpaddarna 88, 89 att bilda adekvata fogar.

15

Med hänvisning till fig. 11 kommer en kombination av bondningsmetoder att beskrivas. Såsom nämnts i anslutning till fig. 5 föreligger ett problem vid TC-bondning som innebär potentiellt läckage. Sålunda kan för förseglingssyften eutektisk bondning föredras. Där topografi föreligger kan TC-bondning fortfarande användas. Figur 11 visar en CMOS-skiva 110 med CMOS-struktur 112 och routing 114 som skall sammankopplas via en kapslingsskiva 116 medelst en via 118.

20

Sammankopplingen är medelst en TC-fog 120 med användning av guld (Au), och försegling åstadkommes via en eutektisk fog 122 med användning av AuSn-eutektikum.

25

Lämpligen tillverkas "stolparna" 120 som bildar TC-fogen något lägre på kapslingsskivan 116 än förseglings-"stolparna" 122 på samma skiva. Därvid säkerställer man att en TC-fog bildas på ett korrekt sätt eftersom den eutektiska fogen kommer att absorbera skillnaden i höjd och icke desto mindre bilda en tät försegling.

30

PATENTKRAV:

- 1) *Ändringar i förhållande till ursprungs krav understrukna och med hänvisning inom parentes*
- 2) *Ändringar i förhållande till kraven från 17 maj föreslås också. Dessa är understrukna och skrivna med fet stil*

1. (**ursprungligt krav 13**) **Bondningsmaterialstruktur (bättre översättning)**
Fogningsmaterialstruktur för möjliggörande av en fog mellan två halvledarskivor, företrädesvis en termokompressionsfog (**sid. 15, r 14; sid. 16, r 4-5**), där en första skiva är försedd med ett mjukt **bondningsmaterial** fogningsmaterial med en **begränsad** given (**original: "finite"**) tjocklek vilket är utlagt i ett valt mönster; och en andra skiva är försedd med ett styvt **bondningsmaterial** fogningsmaterial i form av en smal och vass struktur anordnad på skivan så att den matchar mönstret på den första skivan, där den smala och vassa strukturen är en långsträckt **kil egg** eller en spetsig nål (**sid. 15, r 19-20; ursprungligt krav 14**), och där det mjuka **bondningsmaterialet** fogningsmaterialet är anordnat som kontaktpunkter, remsor eller som ett skikt på den första skivan. (**ursprungligt krav 14**)

2. (**ursprungligt krav 15**) Materialstruktur enligt krav 1, där det valda mönstret är åtminstone en sluten slinga.

3. (**ursprungligt krav 16**) Materialstruktur enligt något av föregående krav, där det finns anordnat en uppsättning koncentrisk slutna slingor av det hårda respektive det mjuka **bondningsmaterialet** fogningsmaterialet.

4. (**ursprungligt krav 17**) Materialstruktur enligt något av föregående krav, där **kilen** eggen och nålen har en vidd vid basen om < 10µm.

5. Materialstruktur enligt något av föregående krav, där **bondningsmaterialet** fogningsmaterialet i eggen och/eller nålen på den första skivan är mindre kompressibelt än fogningsmaterialet på den andra skivan (**sid. 15, r 7-8**).

6. Materialstruktur enligt något av föregående krav, där **bondningsmaterialet** fogningsmaterialet i **kil egg** och/eller nål är av polykisel. (**sid. 15, r28**)

7. Materialstruktur enligt krav 6, där egg och/eller nål är belagda med en oxidbeläggning. (**sid. 15, r28**)

8. Komponentstruktur innefattande två halvledarenheter som termokompressionsfogats med en **bondningsmaterialstruktur** ~~fogningsmaterialstruktur~~ enligt krav 1.

9. Metod för att foga samman två halvledarskivor, innefattande att

en första skiva förses med ett mjukt **bondningsmaterial** ~~fogningsmaterial~~ med en given tjocklek vilket utläggs i ett valt mönster;

en andra skiva förses med ett styvt **bondningsmaterial** ~~fogningsmaterial~~ i form av en smal och vass struktur anordnad på skivan så att den matchar mönstret på den första skivan, där den smala och vassa strukturen är en långsträckt **kil** ~~egg~~ eller en ~~spetsig~~ nål, och där det mjuka **bondningsmaterialet** ~~fogningsmaterialet~~ är anordnat som paddar/kuddar, remsor eller som ett skikt på den första skivan;

skivorna förs ihop så att mönstret på den första skivan matchar strukturen på den andra skivan;

skivorna pressas samman mot varandra, varvid **kilarna** ~~eggarna~~ och/eller nålarna skär in i det matchande **bondningsmaterialet** ~~fogningsmaterialet~~ på den andra skivan och bildar en termokompressionsfog.

10. Metod enligt krav 9, där det mjuka materialet är Au och det styva materialet är polykisel. **(sid. 15, r 8-9)**

1/9

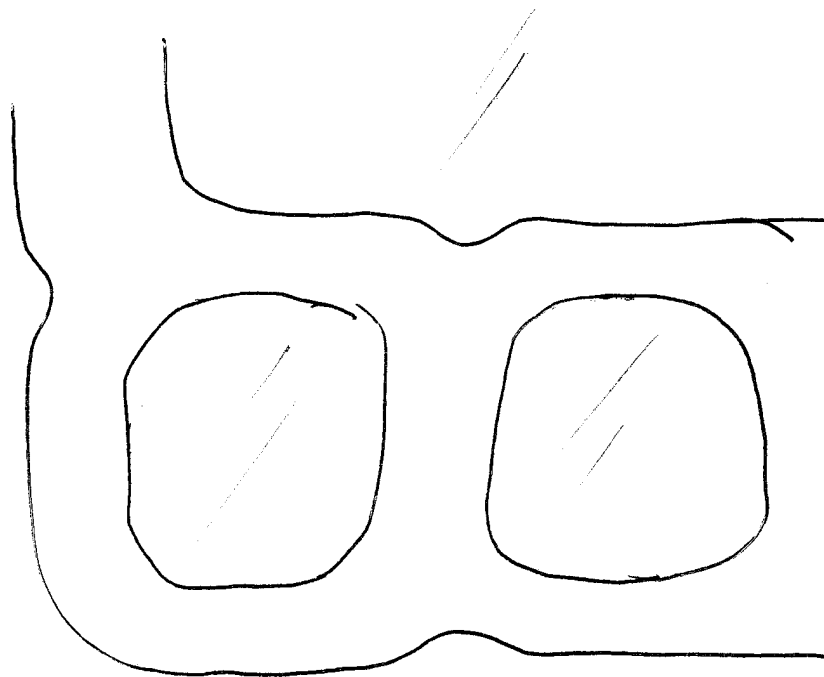
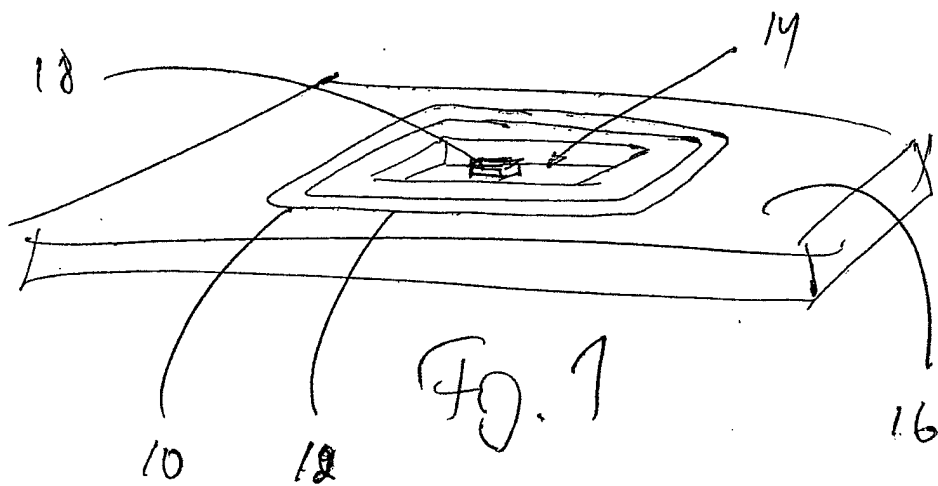
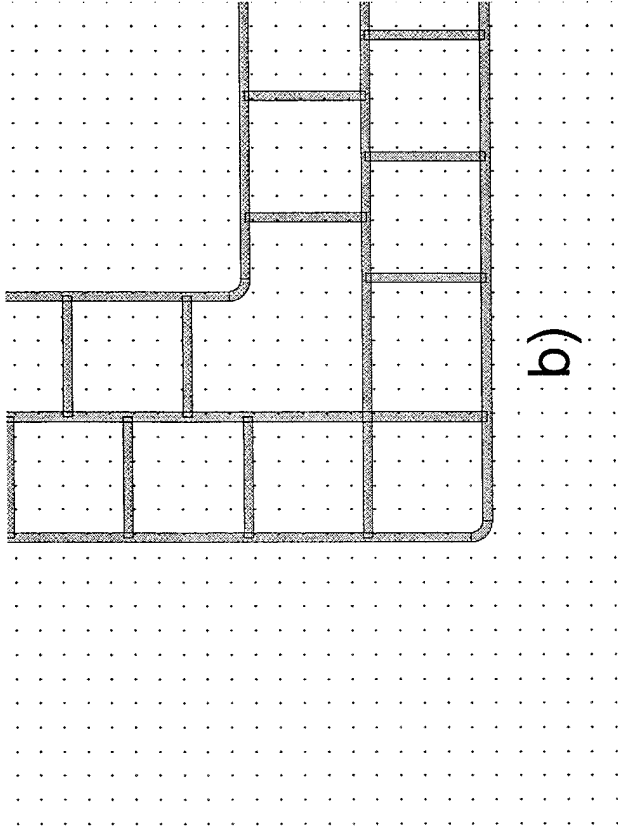
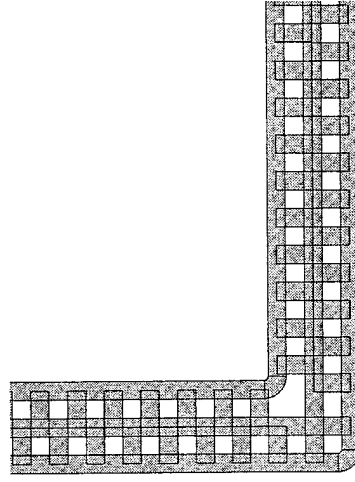


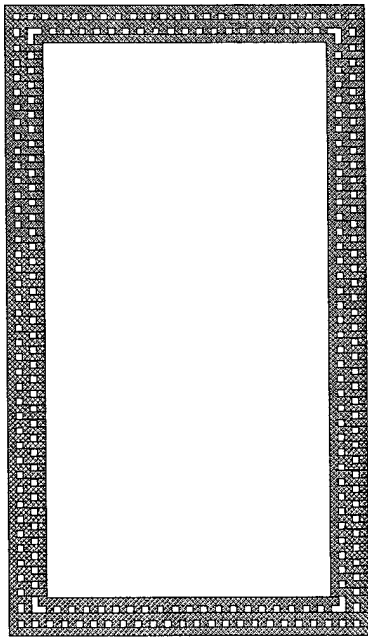
Fig. 3



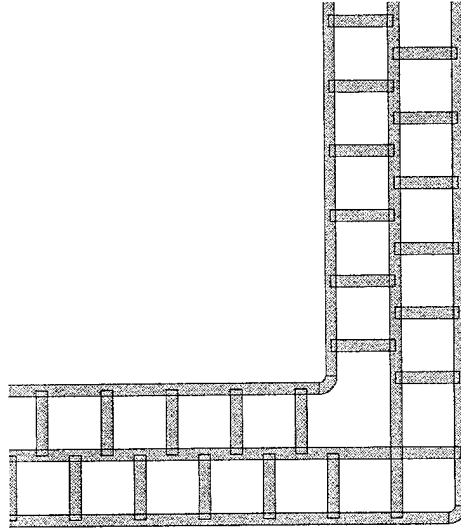
b)



d)



a)



c)

Fig. 2

3/9

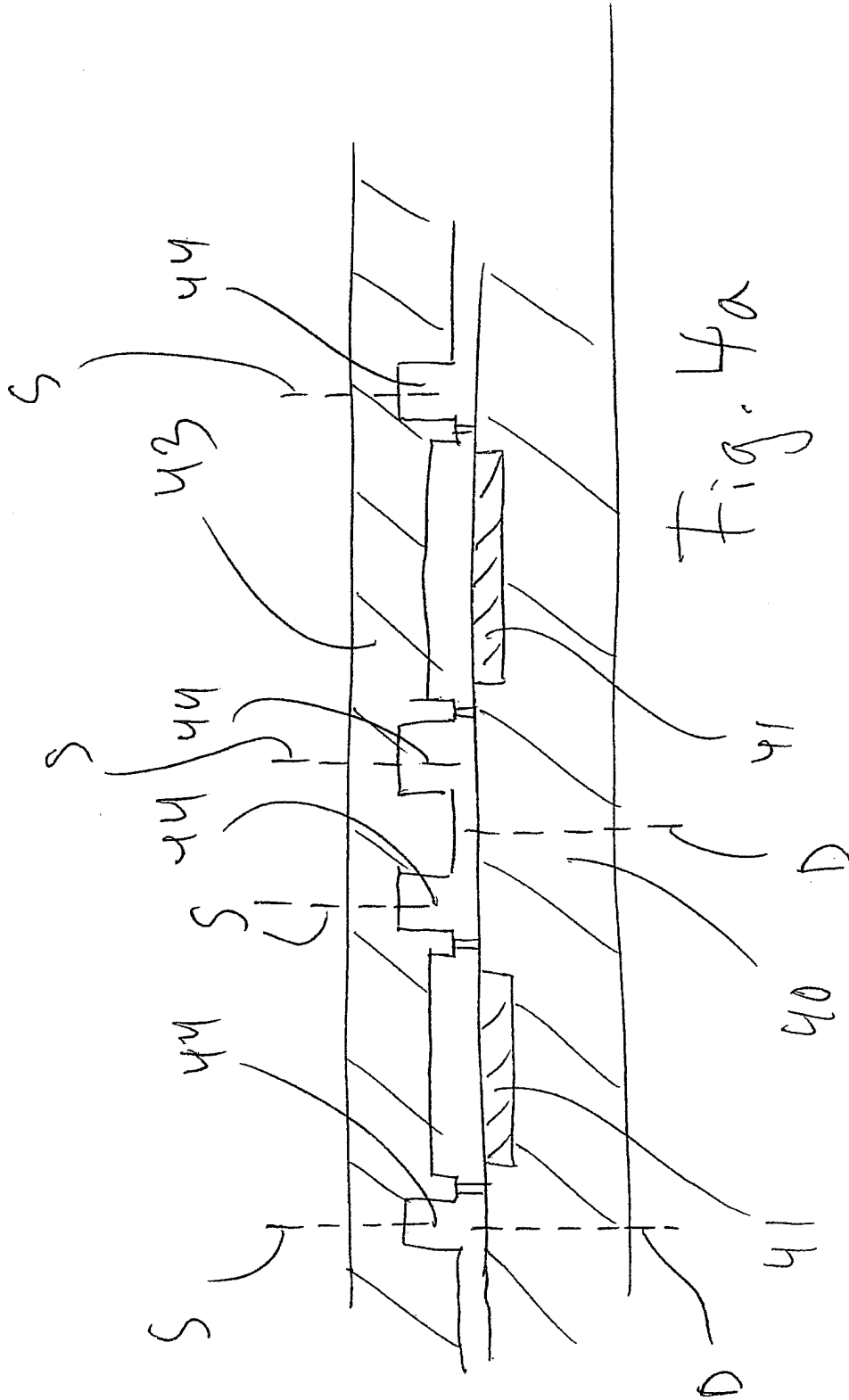
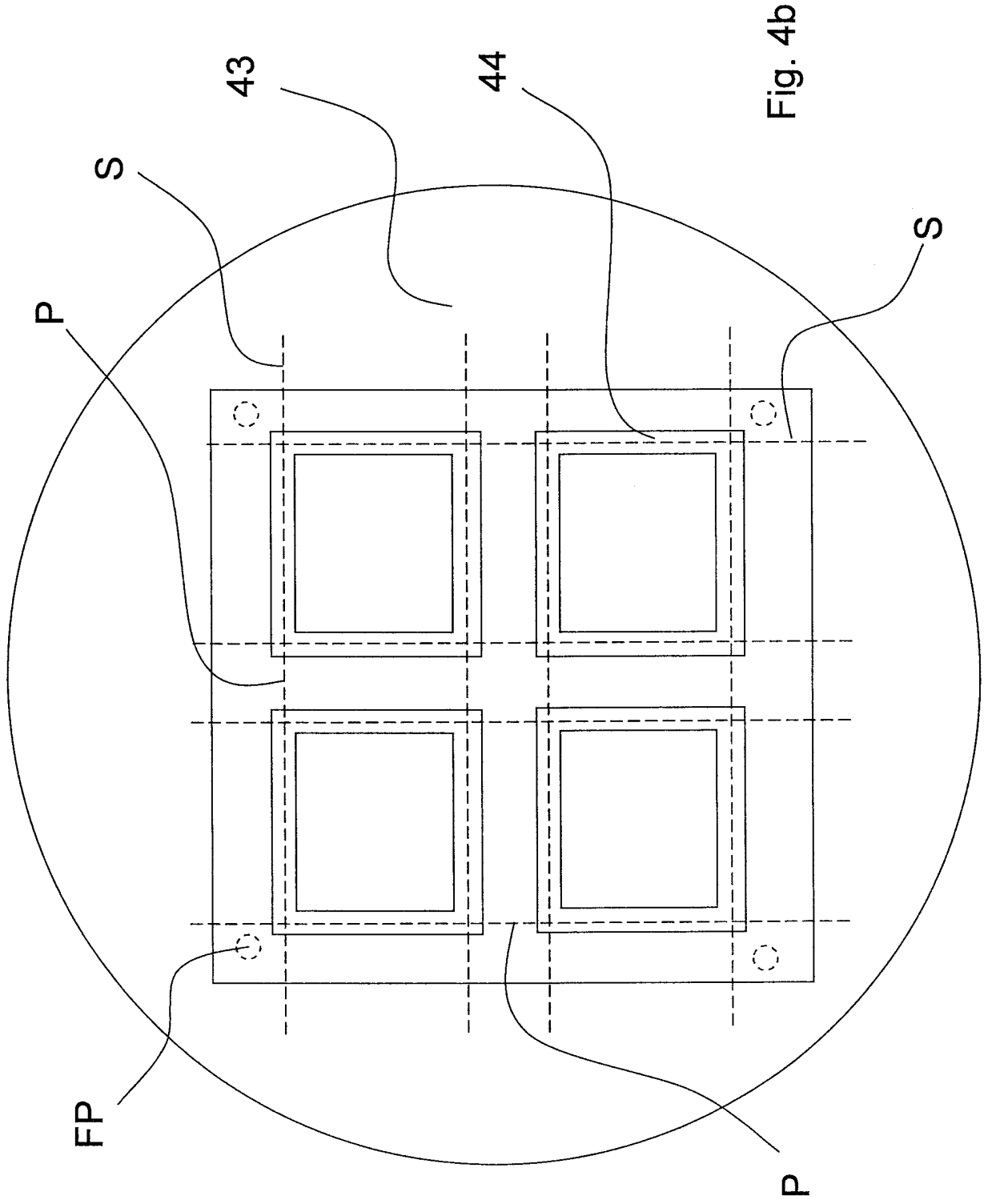
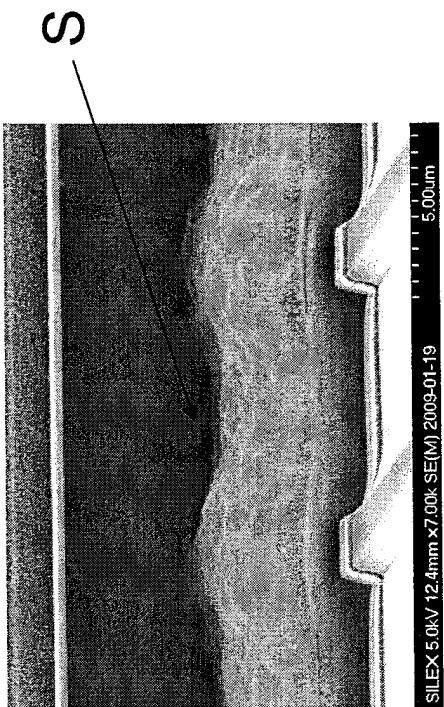


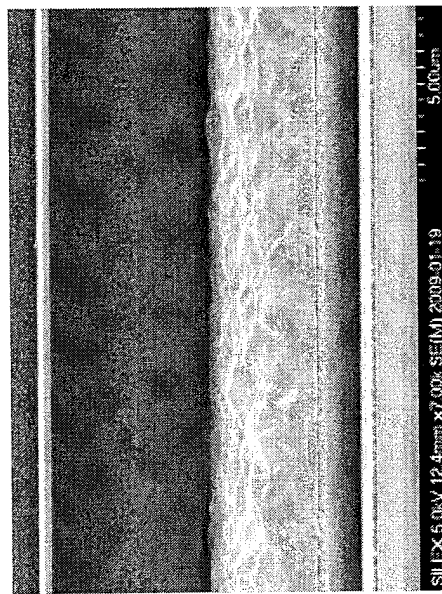
Fig. 4a



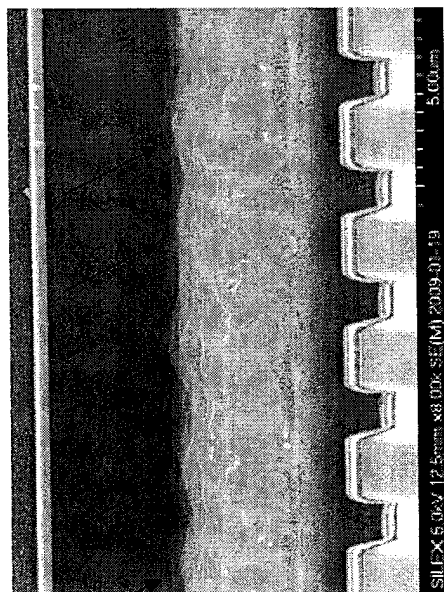
5/9



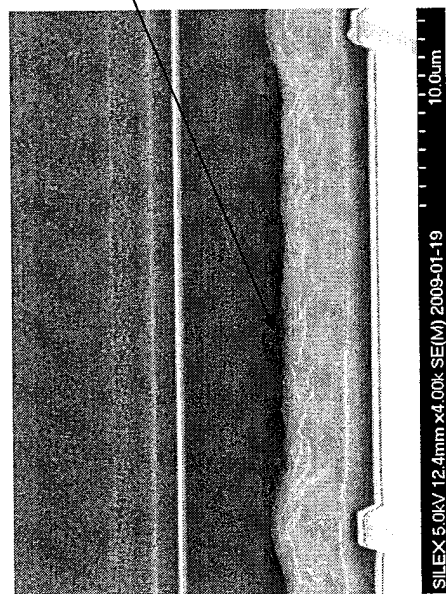
b)



d)



a)



c)

Fig. 5

6/9

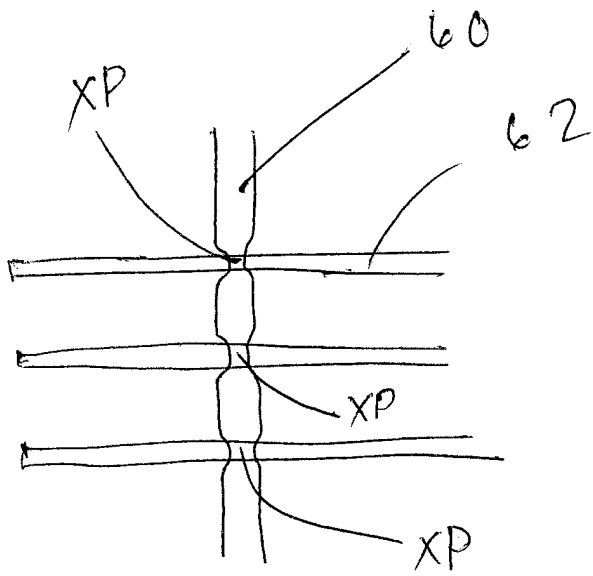


Fig. 6

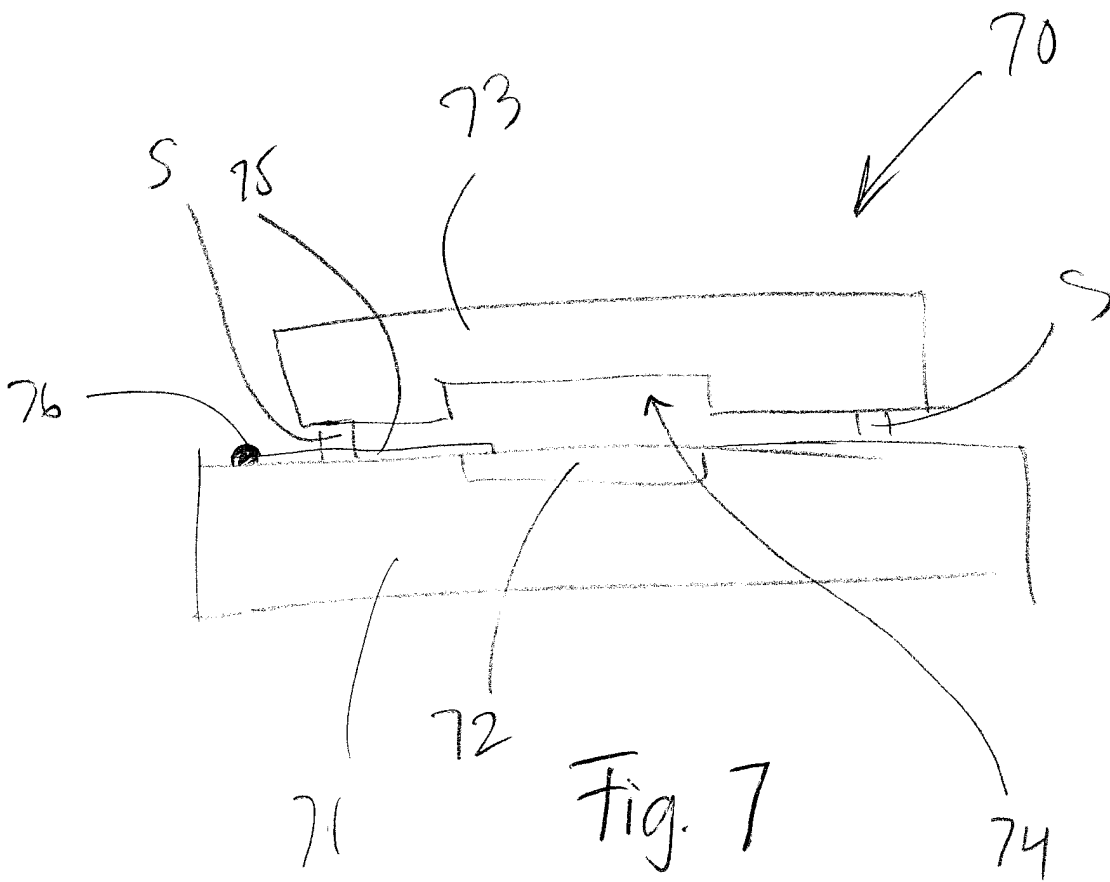


Fig. 7

7/9

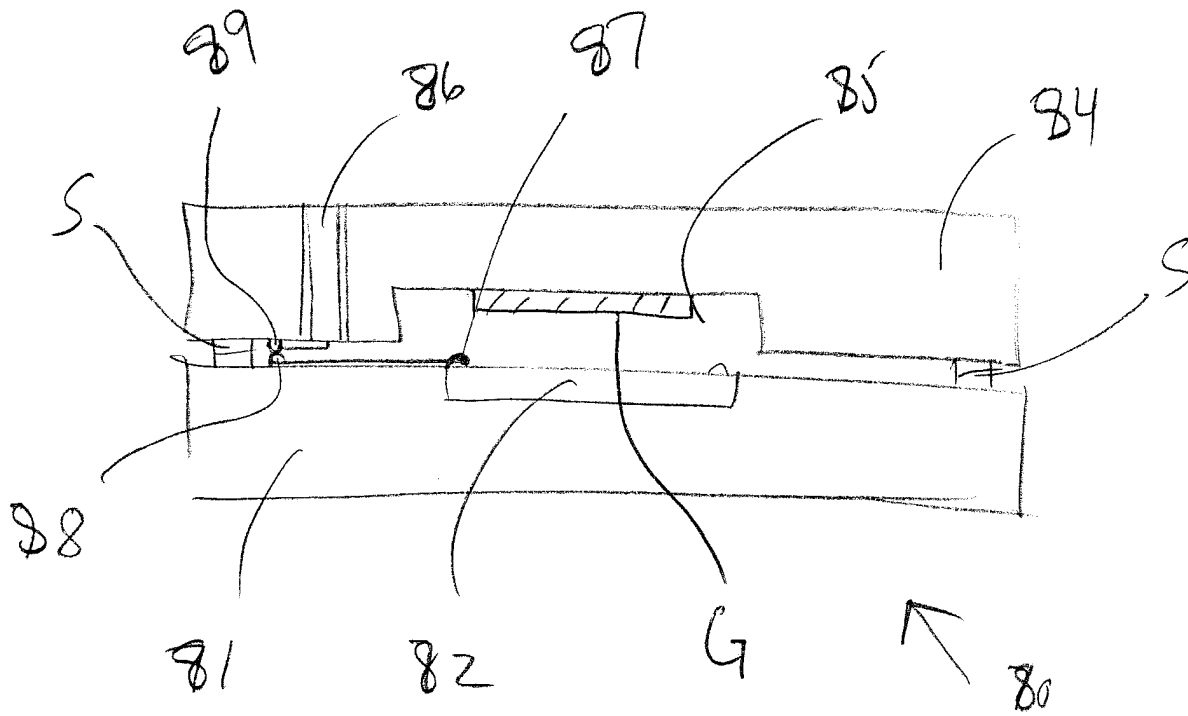


Fig. 8

8/9

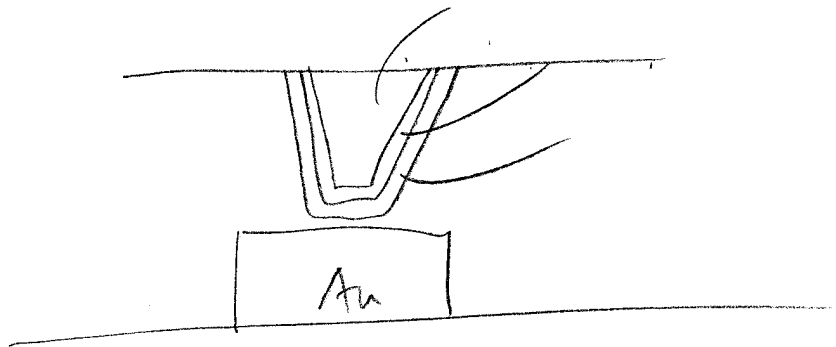
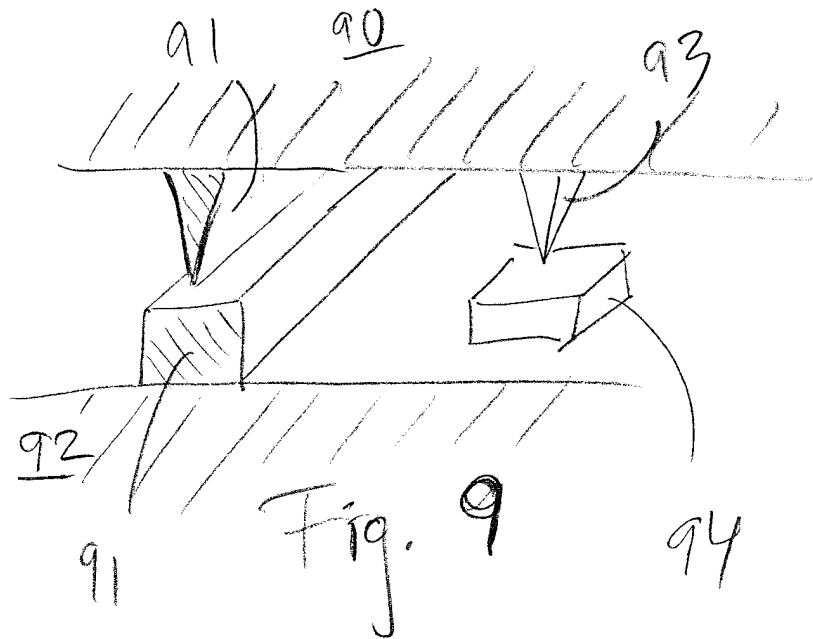


Fig 10

9/9

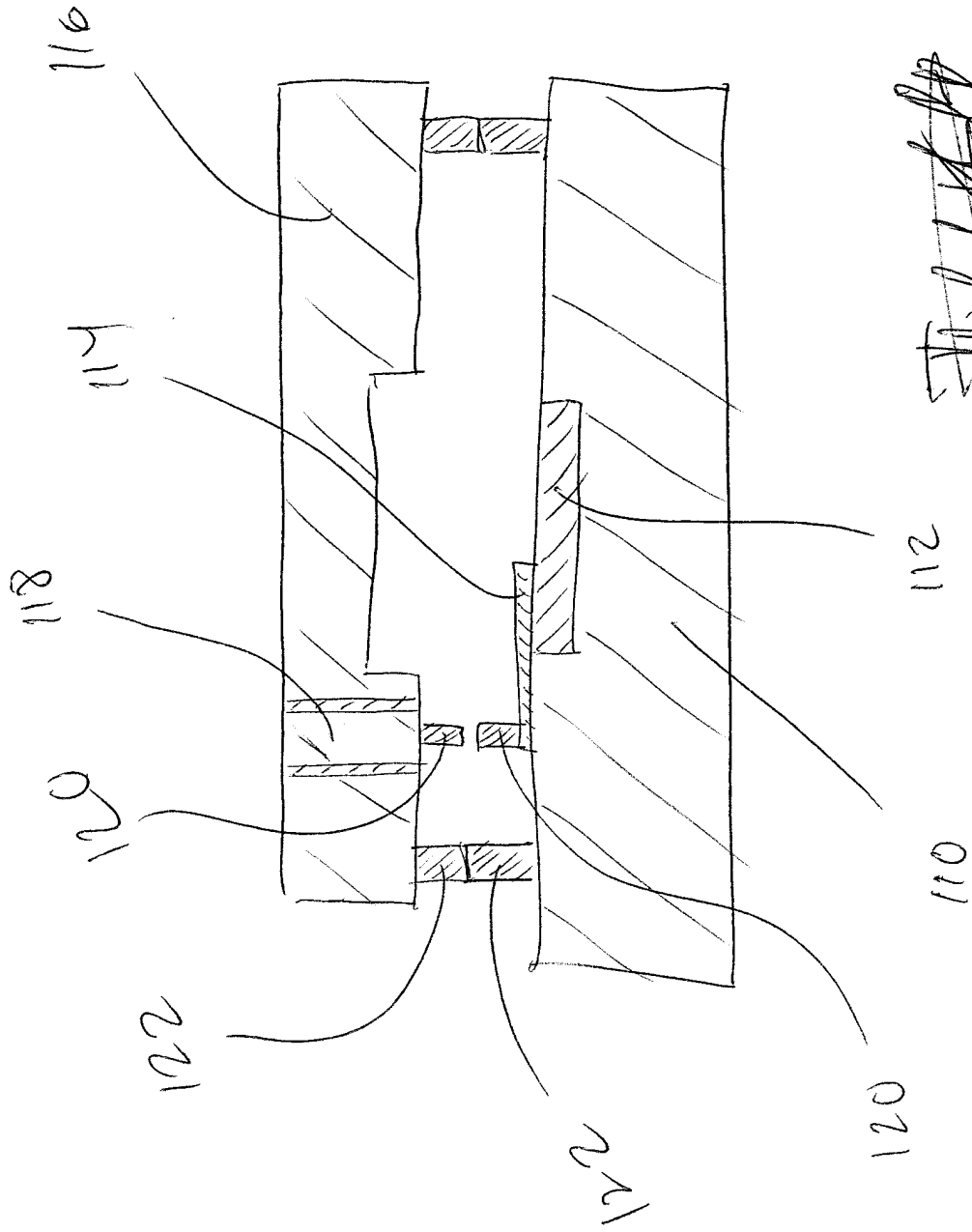


Fig. 11

~~Fig. 11~~