



(12) **PATENTTIJULKAISU**
PATENTSKRIFT

(10) **FI 123205 B**

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

31.12.2012

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

H05K 1/18 (2006.01)

(21) Patenttihakemus - Patentansökning

20085443

(22) Saapumispäivä - Ankomstdag

12.05.2008

(24) Tekemispäivä - Ingivningsdag

12.05.2008

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

13.11.2009

SUOMI – FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(73) Haltija - Innehavare

1 • Imbera Electronics Oy, Ruukintie 2, 02330 Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 • Palm, Petteri, Helsinki, SUOMI - FINLAND, (FI)
2 • Tuominen, Risto, Helsinki, SUOMI - FINLAND, (FI)
3 • Iihola, Antti, HELSINKI, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud

Seppo Laine Oy, Itämerenkatu 3 B, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

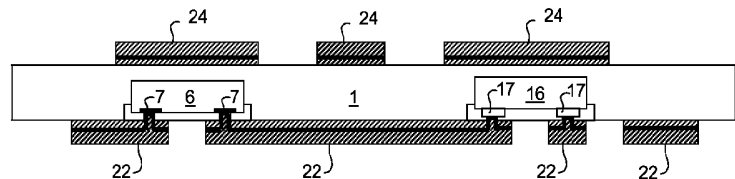
Piirimoduuli ja menetelmä piirimoduulin valmistamiseksi
Kretsmodul och förfarande för tillverkning av en kretsmodul

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US 6242282 B1, FI 20050645 A, US 2003209806 A1

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Valmistusmenetelmä ja piirimoduuli, joka käsittää eristekerroksen (1) ja eristekerroksen (1) sisällä ainakin yhden komponentin (6), joka käsittää kontaktialueita (7), joiden materiaali sisältää ensimmäistä metallia. Eristekerroksen (1) pinnalla on johteita (22), jotka käsittävät ainakin ensimmäisen kerroksen (12) ja toisen kerroksen (32) siten, että ainakin toinen kerros (32) sisältää toista metallia. Piirimoduuli käsittää kontaktielementtejä kontaktialueiden (7) ja johteiden (22) välillä sähköisten kontaktien muodostamista varten. Kontaktielementit puolestaan käsittävät kontaktialueen (7) materiaalin pinnalla välikerroksen (2), joka sisältää kolmatta metallia siten, että ensimmäinen, toinen ja kolmas metalli ovat eri metalleja ja välikerroksen (2) ja kontaktialueen (7) välinen kontaktipinta-ala (A_{CONI}) on pienempi kuin kontaktialueen (7) pinta-ala (A_{PAD}).



Tillverkningsförfarande och kretsmodul, vilken omfattar ett isoleringsskikt (1) och inne i isoleringsskiktet (1) åtminstone en komponent (6), vilken omfattar kontaktområden (7), vilkas material innehåller en första metall. Isoleringsskiktets (1) yta uppvisar ledare (22), vilka omfattar åtminstone ett första skikt (12) och ett andra skikt (32) på så sätt, att åtminstone det andra skiktet (32) innehåller en andra metall. Kretsmodulen omfattar kontaktelemt mellan kontaktområdena (7) och ledarna (22) för att bilda elektriska kontakter. Kontaktelemt i sin tur omfattar på ytan av kontaktområdets (7) material ett mellanskikt (2), vilket innehåller en tredje metall på så sätt, att den första, andra och tredje metallen utgörs av olika metaller och kontaktytan (A_{CONT}) mellan mellanskiktet (2) och kontaktområdet (7) är mindre än kontaktområdets (7) yta (A_{PAD}).

PIIRIMODUULI JA MENETELMÄ PIIRIMODUULIN VALMISTAMISEKSI

Tekniikan ala

Keksintö liittyy piirimoduuleihin, jotka käsittävät eristekerroksen ja eristekerroksen sisällä ainakin yhden komponentin, joka käsittää kontaktialueita. Lisäksi piirimoduulit
5 käsittävät eristekerroksen pinnalla johteita, joiden kautta komponentti voidaan kytkeä osaksi komponentin ulkopuolista piiriä. Sähköisten kontaktien muodostamista varten piirimoduulit käsittävät kontaktielementtejä komponentin kontaktialueiden ja johteiden välillä.

Keksintö liittyy myös menetelmiin edellä mainittujen piirimoduulien valmistamiseksi.

10

Tunnettu tekniikka

Tunnetussa tekniikassa on kuvattu useita erilaisia tapoja, joilla voidaan valmistaa eristemateriaalin sisään sijoitettuja komponentteja sisältäviä piirimoduuleja. Tunnettu tekniikka esittää myös useita ratkaisuja sähköisten kontaktien valmistamiseksi komponentin kontaktiterminaaleihin kontaktielementtien välityksellä sekä menetelmiä
15 kontaktielementteihin liittyvän johdekuviokerroksen valmistamiseksi.

Piirimoduuleja ja valmistusmenetelmiä arvioitaessa voidaan kiinnittää huomiota esimerkiksi menetelmällä saavutettavan piirimoduulin ominaisuuksiin, esimerkiksi hintaan, mekaaniseen kestävyYTEEN ja saavutettavissa olevaan paksuuteen (ohuuteen). Sovelluskohteista riippuen merkittäviä seikkoja ovat myös sähköisten kontaktien laatu
20 ja kestävyys sekä koko moduulin sähköisten ominaisuuksien luotettavuus ja laatu. Valmistuksen kannalta merkittäviä tarkasteltavia ominaisuuksia voivat olla myös esimerkiksi käytettävien valmistusmenetelmien luotettavuus, saanto, tehokkuus, hinta ja ympäristöystävällisyys. Valmistusmenetelmän käyttökelpoisuuteen vaikuttaa myös raaka-aineiden saatavuus ja menetelmän kyky sijoittaa piirimoduuliin erilaisia
25 komponentteja.

Ylipäättään valmistusmenetelmille ja piirimoduuleille asetetut vaatimukset ovat siis hyvin monimuotoisia ja vaihtelevat sovelluskohteen mukaan. Näin ollen alalla on edelleen tarvetta kehittää uusia piirimoduulirakenteita ja valmistusmenetelmiä, jotka voivat tarjota uusia tai parannettuja ominaisuuksia tai ominaisuusyhdistelmiä.

Yksi kehityslinja on ollut komponenttien sijoittaminen elektroniikkamoduulin sisään nystyttöminä eli ilman nystyjen kasvattamista komponentin kontaktialueiden päälle. Tällöin olisi mahdollista saada kustannusetua, sillä komponentteja ei enää tarvitse välillä kuljettaa erilliseen tuotantolaitokseen nystyjen valmistamista varten.

- 5 Hakijan omista patenti- ja hakemusjulkaisuissa on kuvattu valmistustekniikoita, joita voidaan käyttää myös nystyttömien komponenttien yhteydessä. Kuvatut tekniikat soveltuvat erityisen hyvin sellaisille komponenteille, joiden kontaktialueiden materiaali on kupari. Hakijan omista julkaisuista läheisimmin keksintöön liittyvinä viitattakoon kansainvälisiin patenttihakemusjulkaisuihin WO 2004/089048, WO 2005/027602,
10 WO 2005/125298, WO 2006/013230, WO 2006/056643, WO 2006/134216, WO 2006/134217 ja WO 2007/107630.

Kupari on kuitenkin tällä hetkellä varsin vähän käytetty johdemateriaali puolijohdeprosessissa. Yleisin johdemateriaali on alumiini. Piirilevyn valmistuksessa taas kupari on johteiden pääasiallinen materiaali. Piirimoduulin kupariset johteet on
15 mahdollista kasvattaa suoraan alumiinisten kontaktialueiden päälle, mutta kuparin ja alumiinin välinen kontakti on hauras, joten tällainen moduuli ei ole optimaalinen sovelluskohteeseen, jossa piirimoduuliin kohdistuu mekaanista rasitusta.

Parannettu mahdollisuus käyttää alumiinisia tai alumiinia sisältäviä kontaktialueita tarkoittaisi siis sitä, että piirimoduulissa ja valmistusmenetelmässä olisi mahdollista
20 käyttää tavallisia puolijohdepiirejä nystyttöminä suoraan puolijohteiden valmistusprosessien ja pinnan passivoinnin jälkeen. Koska alumiini on puolijohdeteollisuudessa yleisimmin käytetty johdemateriaali, piirimoduulin kontaktielementin hyvä yhteensopivuus alumiinin kanssa varmistaisi myös sen, että sopivia puolijohdepiirejä olisi saatavilla runsaasti ja edullisesti. Tällaisia valmistusmenetelmiä onkin yritetty
25 kehittää jo vuosikymmenten ajan komponenttien paketoititeknikan piirissä. Tällaisissa komponenttien paketoitiratkaisuissa on ollut tavoitteena tekniikka, jolla komponentin ympärille voitaisiin valmistaa suhteellisen pienikokoinen komponenttipakkaus, joka sitten myöhemmin on tarkoitus liittää piirilevyyn. Paketoititeknikasta poiketen tämän keksinnön kohteena olevien piirimoduulin valmistusmenetelmien tavoitteena on
30 kyvykyys valmistaa koko piirilevy samassa prosessissa siten, että erillinen komponentin paketoitivaihe voidaan jättää kokonaan pois. Tämä ei tietenkään sulje

pois sitä mahdollisuutta, että piirimoduulin valmistusmenetelmällä valmistettaisiin ainoastaan komponenttipaketti.

Patentissa US 4 246 595, Noyori et al., on kuvattu menetelmä, jossa komponentin kontaktialueet tuodaan kontaktiin eristekalvon kanssa, johon on tehty V-muotoiset avaukset. Avauksiin ja alumiinisten kontaktialueiden pinnoille kasvatetaan ensin kerros titaania (Ti) tai kromia (Cr). Tämän välimetallikerroksen tarkoituksena on estää kuparia diffuusoitumasta alumiiniin ja puolijohdekomponenttiin sekä parantaa kuparin ja alumiinin välistä adheesiota. Lisäksi välimetallikerros toimii sähkönjohteena myöhemmän sähkökemiallisen kasvatuksen (electroplating) aikana, joten välimetallikerroksen on luotettavasti katettava myös avausten sivuseinämät. Titaani- tai kromikerroksen kasvattaminen edellyttää sputterointitekniikan käyttöä, mistä syystä avausten täytyy myös olla selvästi V-muotoisia. Sputterointi on kallista suuremmille pinnoille (piirimoduuleille) käytettynä ja lisäksi avara V-muoto pienentää saavutettavissa olevaa johdotustiheyttä. Vastaavan tyyppisiä kontaktirakenteita on kuvattu myös patenteissa US 4 783 695 ja US 4 894 115, Eichelberger at al., sekä patentissa US 5 353 195, Fillion et al.

Myöhemmin patentissa US 6 396 148, Eichelberger at al., pyritään ratkaisemaan sputterointiin liittyviä ongelmia siten, että välimetallikerros muodostetaan kasvattamalla alumiinisten kontaktialueiden pinnalle kerros nikkeliä. Patentin mukaan nikkelin kasvattaminen suoritetaan kemiallisella kasvatusmenetelmällä (electroless plating). Nikkelikerroksen päälle kasvatetaan kemiallisella kasvatusmenetelmällä vielä toinen kerros, joka peittää myös eristemateriaaliin kontakteja varten tehtyjen avausten sivuseinämät. Menetelmässä komponentit kiinnitetään ensin sivu- ja takapinnoiltaan eristerrokseen ja tämän jälkeen komponentin etupinnalle ja kontaktialueiden päälle levitetään valokuvioitava polymeeri. Polymeeri kuvioidaan valottamalla ja kehittämällä avausten muodostamiseksi kontakteja varten.

Yksi mahdollisuus on kasvattaa nystyt piirimoduulin piirilevyosan johteiden pinnalle ja liittää komponentti johteisiin flip-chip -liitostekniikalla, esimerkiksi ultraääni-bondauksella. Tällainen menetelmä on kuvattu hakijan omassa kansainvälisessä patenttihakemusjulkaisussa WO 2006/134220. Flip-chip -liitostekniikoita käyttäviin menetelmiin liittyy sekä tuotannollisia että kontaktin laatuun liittyviä ongelmia.

Patentissa US 6 242 282, Fillion at al., on kuvattu patenttivaatimuksen 1 johdanto-osan mukainen menetelmä ja patenttivaatimuksen 14 johdanto-osan mukaista piirimoduulia vastaava komponenttipaketti.

Keksinnön kuvaus

5 Tämän keksinnön tarkoituksena on kehittää nystyttömien komponenttien hyödyntämistä silmällä pitäen uusi kontaktielementtirakenne ja tällaista rakennetta käyttävä piirimoduuli ja valmistusmenetelmä.

Keksinnön mukainen menetelmä on määritelty patenttivaatimuksessa 1 ja patenttivaatimus 14 määrittelee keksinnön mukaisen piirimoduulin.

10 Keksinnön yhden näkökannan mukaan piirimoduulissa käytetään nystytöntä komponenttia, jonka kontaktialueiden materiaali on eri metallia tai metalliseosta kuin piimoduulin johdekerrosten johteet. Komponentin kontaktialueet ja piirimoduulin johteet yhdistetään toisiinsa kontaktielementtien avulla, jotka sisältävät kontaktialueen materiaalin pinnalla välikerroksen, joka sisältää kolmatta metallia tai metalliseosta joka
15 poikkeaa kontaktialueiden ja johteiden materiaalista. Lisäksi kunkin kontaktielementin välikerroksen ja komponentin kontaktialueen välinen kontaktipinta-ala on pienempi kuin kontaktialueen pinta-ala, ja kontaktielementin korkeus on pienempi tai yhtä suuri kuin kontaktielementin suurin leveys.

Keksinnön toisen näkökannan mukaan luodaan valmistusmenetelmä edellä kuvatun
20 piirimoduulin valmistamiseksi, jossa komponentti kiinnitetään johdekalvoon tai johdekuviokerrokseen polymeerikerroksen avulla ja kontaktielementit valmistetaan polymeerikerroksen läpi. Kontaktielementtejä valmistettaessa kontaktialueiden päällä olevaan polymeerikerrokseen tehdään kontaktireiät kontaktialueiden kohdille. Kontaktireiät mitoitetaan siten, että kunkin kontaktireiän ja vastaavan kontaktialueen
25 välinen kontaktipinta-ala on pienempi kuin kontaktialueen kokonaispinta-ala ja että kontaktireiän syvyys on pienempi tai yhtä suuri kuin kontaktireiän suurin leveys. Tämän jälkeen kontaktireiät täytetään johdemateriaalilla siten, että täyttäminen aloitetaan pinnoittamalla kontaktialueiden pinnalle välikerros esimerkiksi käyttämällä yhtä tai useampaa kemiallista metallinkasvatusmenetelmää.

Näin saadaan aikaan uudenlainen piirimoduuli ja valmistusmenetelmä, joka voi tarjota joitakin etuja joidenkin piirimoduulien sovelluskohteiden kannalta.

Lisäksi keksinnöllä on lukuisia erityisiä sovellusmuotoja, jotka tarjoavat lisää etuja.

5 Yhdessä sovellusmuodossa piirimoduulissa käytetään komponenttia, jonka kontaktialueiden materiaali sisältää alumiinia ja kontaktielementit käsittävät näiden alumiinia sisältävien kontaktialueiden pinnalla sinkkiä sisältävän kerroksen. Lisäksi kontaktielementit on valmistettu siten, että sinkkiä sisältävän kerroksen ja kontaktialueen välinen kontaktipinta-ala on pienempi kuin itse kontaktialueen kokonaispinta-ala.

10 Sinkkiä sisältävän kerroksen on havaittu olevan hyödyllinen sähköisen kontaktin laadun kannalta, sillä sinkkiä sisältävän kerroksen pinnoittaminen alumiinisen kontaktialueen pinnalle estää alumiinipinnan uudelleen oksidoitumisen ja mahdollistaa hyvän adheesion muodostumisen alumiinin ja seuraavan kerroksen välille. Lisäksi sinkkiä sisältävä kerros parantaa alumiinin ja muuta metallia olevan välikerroksen välisen
15 rajapinnan kautta muodostuvan kontaktin mekaanista kestävyyttä sivuttaissuuntaista rasitusta vastaan.

Olemme havainneet, että erityisen hyvä mekaaninen kestävyys saavutetaan käyttämällä kaksinkertaista sinkkaattiprosessia, jossa komponentit sisältävä aihio altistetaan sinkkaattiprosessille ainakin kahteen kertaan. Näin alumiinisten kontaktipintojen päälle
20 saadaan kasvatettua tasaisempi ja tiiviimpi kerros sinkkiä. Yksinkertaisen sinkkaattikäsittelyn jälkeen kontaktipinnoilla on sinkkiä tyypillisesti vain aluittain tai kerros on huokoinen, joten edullisessa sovellusmuodossa käytetään kaksinkertaista sinkkaattiprosessia.

25 Mahdollisuus käyttää kontaktialuetta kapeampaa kontaktielementtiä voi puolestaan tarjota etua esimerkiksi siinä muodossa, että myös kontaktielementteihin liittyvät johteet voidaan näin valmistaa kapeiksi, varsinkin sellaisissa sovellusmuodoissa, joissa kontaktielementti on korkeussuunnassa oleellisesti tasalevyinen tai ainoastaan maltillisesti komponenttia kohti kapeneva.

30 Valmistusmenetelmän sovellusmuodossa, jossa johdekalvoon tai johdekuviokerrokseen tehdään kontaktiaukot ennen komponentin kiinnittämistä, komponentti voidaan

kiinnittää kontaktiaukkojen suhteen kohdistettuna ja lisäksi kontaktielementtien valmistukseen tarvittavat kontaktireiät voidaan valmistaa näiden kontaktiaukkojen kautta käyttämällä johdekalvon tai johdekuviokerroksen materiaalia maskina. Tällaisessa sovellusmuodossa saavutetaan etua kontaktielementtien ja kontaktialueiden välisen kohdistuksen osalta. Lisäksi saavutetaan etua kontaktireikien valmistuksen kannalta, koska reiät voidaan avata esimerkiksi CO₂-laserilla.

Sovellusmuodossa, jossa kontaktireiät avataan laserilla, kontaktireikiä on mahdollista avata komponentti tai komponenttiryhmä kerrallaan ja näin valmistaa ensin ensimmäinen välikerros ensin avattujen kontaktireikien kautta ensimmäisten komponenttien kontaktialueiden päälle ja sitten myöhemmin valmistaa toinen välikerros myöhemmin avattujen kontaktireikien kautta toisten komponenttien kontaktialueiden päälle. Näin on mahdollista sovittaa samaan prosessiin komponentteja, joiden kontaktialueiden materiaalit poikkeavat toisistaan eivätkä ole yhteensopivia samojen välikerroksen kasvatusprosessien kanssa.

Sovellusmuodoissa on myös mahdollista kiinnittää komponentit johteisiin keskenään erilaisten polymeerikerrosten välityksellä. Näin voidaan komponentin ja johteen välisen eristeen ominaisuudet sovittaa sopiviksi myös erilaisiin mekaanisiin ja sähköisiin tarpeisiin.

Kuvioiden lyhyt esittely

20 Kuviot 1–8 esittävät piirimoduulin välivaiheita yhden sovellusmuodon mukaista valmistusmenetelmää käytettäessä

Kuvio 9 esittää yhtä esimerkkiä yhden sovellusmuodon mukaisesta piirimoduulista

Kuviot 10–17 esittävät piirimoduulin välivaiheita toisen sovellusmuodon mukaista valmistusmenetelmää käytettäessä

25 Kuviot 18–23 esittävät piirimoduulin välivaiheita kolmannen sovellusmuodon mukaista valmistusmenetelmää käytettäessä

Kuvio 24 esittää piirimoduulin yhtä välivaiheita neljännen sovellusmuodon mukaista valmistusmenetelmää käytettäessä

Kuvio 25 esittää yhtä mahdollista esimerkkiä piirimoduulin kontaktielementtiä varten tehdystä kontaktireiästä ja sen mittasuhteista

Kuvio 26 esittää esimerkkejä mahdollista kontaktirei'istä

5 Kuvio 27 esittää joitakin sovellusmuotoja kuvion 26 kontaktireikiin valmistetuista välikerroksista

Kuvion 28 esittää yhden kontaktielementtirakenteen

Kuvion 29 esittää toisen kontaktielementtirakenteen

Kuvion 30 esittää kolmannen kontaktielementtirakenteen

Kuvion 31 esittää neljännen kontaktielementtirakenteen

10 Kuvion 32 esittää viidennen kontaktielementtirakenteen

Kuvion 33 esittää kuudennen kontaktielementtirakenteen

Keksinnön suoritusmuotoja

15 Kuviot 1–9 esittävät yhden sovellusesimerkin yhden sovellusmuodon mukaisesta valmistusmenetelmästä. Tässä sovellusmuodossa valmistus aloitetaan johdekalvosta 12, joka on esimerkiksi metallia. Sopiva johdekalvo 12 on esimerkiksi kuparikalvo, jonka paksuus on välillä 1–70 µm, tyypillisesti välillä 3–12 µm. Paljaan johdekalvon 12 sijasta lähtömateriaalina voidaan käyttää myös kerroskalvoa, joka käsittää johdekalvon 12 ja tämän pinnalla eristekerroksen 13, joka kuviossa 1 on esitetty katkoviivoituksella. Seuraavassa kuvatuissa sovellusmuodoissa on mahdollista käyttää johdekalvon 12 20 sijasta tällaista kerroskalvoa 12, 13.

25 Kuvion 1 esittämästä poiketen voidaan käyttää myös sellaista kerroskalvoa, joka käsittää tukikalvon johdekalvon 12 toisella pinnalla. Tukikalvo on johdekalvoon liitettävien komponenttien suhteen johdekalvon vastakkaisella pinnalla. Mikäli kerroskalvo käsittää myös eristekerroksen 13, tukikalvo on tällöin johdekalvon vastakkaisella pinnalla kuin eristekerros 13. Tukikalvoa voidaan käyttää esimerkiksi parantamaan johdekalvon 12 tai kerroskalvon 12, 13 mekaanista jäykkyyttä ja käsiteltävyyttä valmistusprosessin alkuvaiheessa. Tukikalvo on kuitenkin tarkoitus

poistaa valmistusprosessin myöhemmässä vaiheessa. On myös mahdollista menetellä siten, että valmistus aloitetaan tukikalvosta ja tämän pinnalle valmistetaan johdekalvo 12, joka on kuvioitu tai kuvioimaton. Sovellusesimerkeissä kuvatut prosessiesimerkit ja vaiheet voidaan suorittaa vastaavalla tavalla myös tukikalvoa käytettäessä, vaikka tätä ei olisi erikseen mainittu. Jäljempänä tulevassa kuvauksessa on kuitenkin viitattu tukikalvoon ainoastaan silloin, kun prosessissa on tukikalvoa käyttävän sovellusmuodon osalta jotakin erityistä huomattavaa. Itse tukikalvo voi olla esimerkiksi sähköjohtavaa materiaalia, kuten alumiinia (Al), terästä tai kuparia, tai eristävää materiaalia, kuten polymeeriä. Tukikalvo voi olla paksuudeltaan esimerkiksi 25–400 µm. Tyypillinen tukikalvon paksuus on välillä 35–105 µm.

Seuraavaksi johdekalvoon 12 tehdään kontaktiaukot 8, jotka sijoitetaan johdekalvolle 12 siten, että ne sijaitsevat valmistettavaan moduuliin sijoitettavien komponenttien kontaktiterminaalien kanssa kohdakkain. Johdekalvoon 12 valmistetaan siis kutakin komponentin kontaktiterminaalia varten oma kontaktiaukko 8. Kontaktiaukot 8 valmistetaan tässä sovellusmuodossa UV-laserin avulla. Kontaktiaukot 8 voidaan valmistaa myös esimerkiksi mekaanisesti poraamalla, jyrsimällä tai etsaamalla. Tukikalvoa käyttävässä sovellusmuodossa kontaktiaukot 8 valmistetaan mielellään vastakkaisen pinnan suunnasta siten, että ne läpäisevät kokonaan johdekalvon 12. Kontaktiaukkojen ei kuitenkaan tarvitse läpäistä tukikalvoa vaan menetelmä voidaan aivan hyvin suunnitella myös siten, että kontaktiaukot 8 ainoastaan ulottuvat tukikalvon materiaalin pintaan saakka tai muodostavat syvennykset tukikalvon materiaaliin kuitenkin tätä läpäisemättä. Kontaktiaukon ei tarvitse myöskään läpäistä kokonaan johdekalvoa, mikäli käytetään paksua johdekalvoa, joka ohennusetsataan ohuemmaksi myöhemmässä vaiheessa.

Kuvion 1 sovellusmuodossa kontaktiaukot 8 valmistetaan siten, että kontaktiaukon 8 koko on pienempi kuin kontaktiaukon 8 kohdalle sijoitettavan kontaktiterminaalin kontaktipinta-ala. Muodoltaan kontaktiaukko on tyypillisesti pyöreä, mutta muita muotoja voidaan myös käyttää. Kontaktiaukon 8 muoto ja koko valitaan siten, että kontaktiterminaalin kontaktipinta kykenee kokonaan peittämään kontaktiaukon 8.

Kuvion 2 mukaisesti valmistusta jatketaan levittämällä johdekalvon 12 pinnalle, komponenttien liitántäalueille liimakerrokset 5. Tällöin liimakerrokset 5 peittävät myös kontaktiaukot 8. Vaihtoehtoisesti liima 5 voidaan levittää komponenttien pinnoille.

Liima voidaan levittää myös sekä komponentin että johdekalvon 12 pinnalle. Tyypillisesti liima levitetään paikallisesti siten, että liimakerrokset 5 tulevat sijaitsemaan ainoastaan komponenttien liitântäalueilla.

5 Liimalla tarkoitetaan materiaalia, jolla komponentit voidaan kiinnittää alustana olevaan johdekalvoon 12 tai eristekerrokseen 13. Liiman yksi ominaisuus on se, että liima voidaan levittää liimattavalle pinnalle suhteellisen juoksevassa tai muutoin pinnanmuotoihin mukautuvassa muodossa, esimerkiksi kalvon muodossa. Liiman toinen ominaisuus on se, että levittämisen jälkeen liima kovettuu tai voidaan kovettaa ainakin osittain siten, että liima kykenee pitämään komponentin paikoillaan 10 (johdekalvon 12 suhteen) ainakin niin kauan kunnes komponentti kiinnitetään rakenteeseen jollakin muulla tavalla. Liiman kolmas ominaisuus on adheesiokyky eli kyky tarttua liimattaviin pintoihin.

Liimaamisella taas tarkoitetaan liimattavien kappaleiden kiinnittämistä toisiinsa liiman avulla. Sovellusesimerkeissä liimaa tuodaan komponentin ja alustana olevan 15 johdekalvon 12 tai eristekerroksen 13 väliin ja asetetaan komponentti alustan suhteen sopivaan asemaan, jossa liima on kosketuksessa komponentin ja alustan kanssa ja ainakin osittain täyttää komponentin ja alustan välisen tilan. Tämän jälkeen liiman annetaan (ainakin osittain) kovettua tai liima aktiivisesti kovetetaan (ainakin osittain) siten, että komponentti kiinnittyy liiman avulla alustaan. Joissakin sovellusmuodoissa 20 komponentin kontaktiulokkeet saattavat liimauksen aikana työntyä liimakerroksen läpi kosketukseen alustan kanssa.

Sovellusmuodoissa käytettävä liima on tyypillisesti epoksipohjainen liima, esimerkiksi lämpökovetteinen epoksiliima. Liima valitaan siten, että käytettävällä liimalla on 25 riittävä adheesio alustaan ja komponenttiin. Yksi edullinen liiman ominaisuus on sopiva lämpölaajenemiskerroin, jolloin liiman lämpölaajeneminen ei poikkea liian paljon ympäröivän materiaalin lämpölaajenemisesta prosessin aikana. Olisi myös eduksi, mikäli valittavalla liimalla olisi lyhyt kovetusaika, mielellään korkeintaan muutamia sekunteja. Tässä ajassa liiman olisi hyvä kovettua ainakin osittain siten, että liima kykenee pitämään komponentin paikoillaan. Lopullinen kovettuminen voi viedä selvästi 30 enemmän aikaa ja loppukovetus voidaankin suunnitella tapahtuvaksi myöhempien prosessivaiheiden yhteydessä. Lisäksi liiman valinnassa otetaan huomioon myöhempien valmistusprosessin vaiheiden aiheuttama rasitus, kuten terminen, kemiallinen tai

mekaaninen rasmus. Liiman sähkönjohtavuus on mielellään eristemateriaalien sähkönjohtavuuden luokkaa.

Seuraavaksi otetaan komponentit 6 ja 16, jotka käsittävät kontaktiterminaaleja 7 ja 17. Molemmat komponentit 6 ja 16 ovat puolijohdekomponentteja, esimerkiksi
5 prosessoreita, muistisiruja tai muita mikropiirejä. Komponentin 6 kontaktiterminaalit ovat kontaktialueita 7, jotka sijaitsevat oleellisesti komponentin pinnan tasalla. Tällaiset komponentin 6 kontaktialueet 7 on muodostettu puolijohdekomponentin valmistus-
10 prosessissa puolijohdetehtaalla. Kontaktialueen 7 muodostaa tyypillisesti prosessissa käytettyä metallia olevan johdekuvion pinta. Puolijohdekomponenttien valmistus-
prosessissa käytettävä metalli on yleisimmin alumiini, mutta myös muita metalleja, metalliseoksia tai muita johdemateriaaleja voidaan käyttää. Esimerkiksi kuparin käyttö on yleistynyt puolijohdekomponenttien valmistusprosesseissa.

Komponentin 16 kontaktiterminaalit ovat kontaktinystyjä 7, jotka ulkonvat komponentin pinnan tasalta. Tällaiset kontaktinystyt 17 on valmistettu nystytys-
15 prosessissa puolijohdekomponentin 16 valmistamisen jälkeen tyypillisesti erillisessä tehtaassa. Kontaktinysty 17 voi sisältää yhtä tai useampaa metallia, metalliseosta tai muuta johdemateriaalia. Tyypillisesti kontaktinystyn 17 uloin pinta eli kontaktipinta on valmistettu kuparista tai kullasta.

Komponentit 6 ja 16 kohdistetaan kontaktiaukkojen 8 suhteen siten, että kukin
20 kontaktiterminaali 7, 17 tulee vastaavan kontaktiaukon 8 kohdalle, ja painetaan vasten liimakerrosta 5. Tämän jälkeen liima ainakin osittain kovetetaan siten, että komponenttien 6, 16 ja johdekalvon 12 suhteellinen liike kohdistuksen jälkeen saadaan estettyä tai minimoitua. Kohdistuksessa ja liimaamisessa pyritään sellaiseen
asemointiin, että kontaktiaukko 8 olisi keskellä vastaavaa kontaktiterminaalia 7, 17.

Tämän jälkeen kuvion 2 esimerkissä johdekalvon 12 päälle laminoidaan eristekalvoja
25 11, joihin on tehty komponentteja 6, 16 varten aukot, sekä yhtenäinen eristekalvo 10, joka on kovettamatonta tai esikovetettua polymeeriä. Laminoitaessa eristekalvot 10, 11 sulautuvat yhteen ja muodostavat komponenttien 6, 16 ympärille yhtenäisen eristekerroksen 1. Kuvion 2 sovellusmuodossa eristekalvot 11 ovat polymeerillä
30 impregnoituja kuitumattoja tai kuitumateriaalilla vahvistettuja, esikovetettua polymeeriä sisältäviä kalvoja. Polymeeri voi olla esimerkiksi epoksi ja kuituvahviste voi olla

esimerkiksi lasikuitumatto. Tyypillinen esimerkki sopivasta eristekalvon 11 materiaalista onkin FR4-tyyppinen lasikuituvahvistettu epoksikalvo. Myös muita vahviste- ja polymeerimateriaaliyhdistelmiä voidaan toki käyttää. Käytettäessä useampaa eristekalvoa 11 on myös mahdollista, että kalvot ovat keskenään erilaisia.

- 5 Kuitumateriaalia on kuvattu kuvioissa 2 ja 3 aaltoviivoituksella 19. Jäljempänä tulevissa kuvioissa kuitumateriaalia 19 ei ole esitetty, mutta myös nämä rakenteet sisältävät kuitumateriaalin 19. Eristekalvon 11 tai eristekalvojen 11 sisältämä kuitumateriaali 19 toimii vahvikkeena, joka antaa valmistettavalle elektroniikkamoduulille mekaanista lujutta. Kuvion 2 esimerkin mukaisesti eristekalvoihin 11 on tehty reiät 4
- 10 komponenttien 6, 16 kohdille. Eristekalvot 11 rei'itetään erityisesti sen takia, että eristekalvojen 11 sisältämään kuitumateriaaliin 19 saadaan valmistettua aukot komponentteja varten. Ilman rei'itystä komponentit painautuisivat laminoitaessa kuitumateriaalikerroksia 19 vasten. Rei'ittämätön eristekalvo 10 sen sijaan voi sovellusmuodosta riippuen olla kuituvahvistettu tai vahvistamaton.
- 15 Eristekalvot 10, 11 valitaan tyypillisesti siten, että se sisältävät niin paljon virtauskelpoista polymeeriä, että laminoituvaiheessa virtaava polymeeri riittää täyttämään eristekalvoihin 11 komponentteja 6, 16 varten tehdyt reiät 4 komponenttien ympäriltä. Tällöin saadaan kuvion 3 esittämä rakenne, jossa eristekerros 1 sisältää tiiviin polymeerikerroksen, joka sisältää yhden tai useamman kuitumateriaalia 19 olevan
- 20 vahvikkeen. Polymeerikerros sitoutuu tiiviisti kuitumateriaaliin 19 ja tiivis polymeerikerros kiinnittyy myös komponenttien 6, 16 pintoihin, jolloin muodostuu tiivis, yhtenäinen ja mekaanisesti luja eristekerros, joka sisältää komponentteja 6, 16 ja joka on lisäksi vahvistettu kuitumateriaalilla 19.
- 25 Kuvion 2 esimerkissä käytettiin yhtenäistä eristekalvoa 10, mutta eristekalvo 10 on myös mahdollista jättää pois rakenteesta. Tällöin eristekalvo 11 tai eristekalvot 11 valitaan siten, että ne jo itsessään sisältävät riittävästi virtauskykyistä polymeeriä eristekalvojen 11 sisältämien reikien 4 täyttämiseksi komponenttien 6, 16 ympäriltä. Tyypillisesti reikien 4 täytyminen on kuitenkin helpompi varmistaa käyttämällä erillistä eristekalvoa 10.
- 30 Eristekalvojen 10, 11 kanssa yhdessä rakenteeseen laminoidaan myös johdekalvo 14, joka on mielellään samanlaista ja yhtä paksua materiaalia kuin johdekalvo 12.

Eristekerros 1 ja komponentit 6, 16 jäävät näin vastaavanlaisten johdekalvojen 12 ja 14 väliin. Moduulinvalmistuksen tällainen välivaihe on esitetty kuviossa 3. Kuvion 3 välivaiheessa kontaktiterminaalien 7, 17 kontaktipinnoilla ja tyypillisesti myös kontaktiaukoissa 8 on liimaa. Kuvion 4 esittämässä vaiheessa tämä liima poistetaan ja muodostetaan kontaktiaukkojen 8 kohdalle kontaktireiät 18, jotka ulottuvat kontaktiterminaalien 7, 17 kontaktipinnoille saakka.

Kuvioon 3 viitaten mainittakoon vielä, että rakenne voidaan valmistaa myös siten, että komponenttien 6, 16 ja johdekalvon 14 välissä kulkee yhtenäinen kerros kuitumateriaalia 19. Tällaista rakennetta voidaan käyttää silloin, kun komponenttien 6, 16 paksuus on riittävän paljon pienempi kuin eristekerroksen 1 paksuus. Rakenne voidaan valmistaa esimerkiksi siten, että rakenteeseen laminoidaan yhtenäinen eristekalvo 10, joka sisältää kerroksen kuitumateriaalia 19.

Mikäli sovellusmuodossa käytetään johdekalvon 12 pinnalla tukikalvoa, kuten on edellä kuvion 1 selityksen yhteydessä kuvattu, tukikalvo on sopivinta poistaa laminoinnin jälkeen eli kuvioiden 3 ja 4 esittämien välivaiheiden välissä.

Laminoinnin ja mahdollisen tukikalvon poistamisen jälkeen poistetaan kontaktiaukkoihin 8 ja kontaktiaukkojen 8 ja kontaktiterminaalien 7, 17 väliin syntynyt liimakerros. Kuvioiden sovellusmuodossa liiman poistaminen toteutetaan laser-ablaatiomenetelmällä käyttämällä CO₂-laseria. CO₂-laserin kyky haihduttaa orgaanisia eristeaineita, kuten epoksipohjaista liimaa, on hyvä mutta kyky haihduttaa kuparia tai muita metalleja on heikko, joten johdekalvoa 12 voidaan käyttää maskina kontaktireikien 18 valmistamiselle. Näin on mahdollista valmistaa kontaktireikiä 18, joiden halkaisija on pienempi kuin CO₂-laserin säteen halkaisija. Tämä ominaisuus muodostaa merkittävän edun, sillä CO₂-laserin säteen minihalkaisija on tyypillisesti luokkaa 75 µm, mikä on liian suuri tarkkojen elektroniikkamoduulirakenteiden valmistamista ajatellen. UV-laserilla taas tyypillisesti pystytään valmistamaan selvästi tarkempia rakenteita. UV-laserin säteen minimihalkaisija voi olla esimerkiksi 25 µm, mutta UV-laser taas ei sovellu liiman poistamiseen kontaktiaukoista 8 ja kontaktiaukkojen 8 ja kontaktiterminaalien 7, 17 välistä.

Johdekalvomaskin käyttäminen mahdollistaa siis hyvin tarkkarajaisten ja tarkasti kohdistettujen kontaktireikien 18 valmistamisen eristemateriaaliin, kuten sovellus-

muodossa käytettyyn liimaan 5. Lisäksi CO₂-laserin käyttö mahdollistaa kontaktiterminaalien 7, 17 kontaktipintojen puhdistamisen samassa prosessivaiheessa ilman merkittävää vaaraan kontaktiterminaalien 7, 17 tuhoutumisesta tai vaurioitumisesta. Sovellusmuodossa johdekalvo 12 on kuparia ja komponentin kontaktiterminaalit 7, 17 ovat myös metallia, joten ne eivät ole herkkiä CO₂-laserin säteelle ja näin ollen prosessi voidaan suunnitella siten, että kontaktiterminaalien 7, 17 kontaktipinnat tulevat varmasti riittävän hyvin puhdistetuiksi. Esitetyn menetelmän etuna on siis se, että johdekalvoon 12 voidaan valmistaa kontaktiaukot 8 hyvin tarkasti UV-laserin avulla ja tämän jälkeen käyttää kontaktiaukkoja 8 maskina kontaktireikien 18 valmistamiselle epätarkemmalla mutta rakenteen kannalta turvallisemmalla CO₂-laserilla.

Mikäli johdekalvon 12 kontaktireiät 8 valmistettaisiin vasta tässä prosessivaiheessa, johdekalvon 12 metallin työstämiseen käytettävä menetelmä, esimerkiksi UV-laser, vaurioittaisi helpommin myös kontaktiterminaaleja 7, 17, koska johdekalvon 12 läpäisemiseen tarvittava energia on merkittävästi suurempi kuin liiman 5 tai muun kontaktiterminaalien 7, 17 ja johdekalvon 12 välissä olevan eristeen läpäisemiseen tarvittava energia. Porauksen pysäyttäminen juuri oikeaan syvyyteen olisi siis haastavaan tällaisessa valmistusmenetelmässä. Lisäksi porauksen kohdistaminen olisi vaikeampaa laminoinnin aikana syntyneiden muodonmuutosten johdosta ja siitä syystä, että komponenttien kontaktiterminaaleja 7, 17 ei voi nähdä yhtenäisen metallikalvon läpi. Johdekalvoon 12 esivalmistettujen kontaktireikien 8 käyttö tarjoaakin merkittäviä etuja sekä komponenttien 7, 17 kohdistamisessa että kontaktireikien 18 valmistamisessa.

Kuviossa 5 kontaktireikiin 18 valmistetaan välikerros 2, joka on soveltuvaa johdemateriaalia. Välikerros 2 valmistetaan soveltuvalla kemiallisella johdemateriaalin kasvatusmenetelmällä (electroless plating). Välikerros 2 voi koostua myös kahdesta tai useammasta eri materiaalia olevasta kerroksesta, jotka valmistetaan vastaavasti kahdella tai useammalla menetelmällä. Välikerroksen 2 yhtenä tarkoituksena on muodostaa kontaktireikien 18 sivuseinämille johdekalvo, joka yhdistää kontaktiterminaalin 7, 17 ja johdekalvon 12 toisiinsa. Välikerroksen 2 toisena tarkoituksena on materiaalisovituksen tarjoaminen kontaktiterminaalin 7, 17 materiaalin ja näihin yhdistettävien johdekuvioiden materiaalin välillä. Tällaista materiaalisovitusta voidaan tarvita esimerkiksi mekaanisen tai sähköisen kontaktin laadun ja kestävyuden varmistamiseksi esimerkiksi

silloin, kun piirimoduulin johdekuviokerrosten materiaali on kupari ja kontaktiterminaalien 7, 17 materiaali on jokin muu kuin kupari (Cu), esimerkiksi alumiini (Al).

Välikerroksen 2 valmistamisessa käytetään soveltuvaa kemiallista kasvatusmenetelmää, koska tällaisella menetelmällä on mahdollista kasvattaa johdemateriaalia myös kontaktireikien 18 pystysuurille pinnoille toisin kuin esimerkiksi sputteroimalla. Sähkökemiallista menetelmää (electroplating) taas ei voi tässä vaiheessa käyttää, koska kontaktireikien 18 sivuseinämät eivät ole johtavia. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää V-muotoisesti avautuvia kontaktireikiä ja sputteroimalla valmistettua välikerrosta 2. Tarkoitukseen soveltuvia sputteroitavia materiaaleja ovat esimerkiksi titaani-wolframi (TiW) ja kromi (Cr). TiW- tai Cr-kerroksen päälle voidaan myös kasvattaa kerros nikkeliä (Ni) ja kultaa (Au). Kuvion 5 esimerkissä käytetään kuitenkin välikerroksena 2 kemiallisella menetelmällä kasvatettua nikkeliä, jolloin välikerros 2 kasvaa samalla myös johdekalvojen 12 ja 14 pinnoille. Toinen esimerkki välikerroksesta 2 on kontaktiterminaalien 7, 17 pinnalle valmistettava sinkkiä sisältävä kerros, jonka päälle voidaan vielä valmistaa kerros nikkeliä (Ni). Lisää mahdollisia vaihtoehtoja kuvataan kuvioiden 26–33 kuvauksen yhteydessä.

Välikerroksen 2 valmistamisen jälkeen tässä sovellusmuodossa valmistamista jatketaan levittämällä moduulin molemmille pinnoille resistikerrokset 3, tyypillisesti valoresistikerrokset. Resistikerrokset 3 kuvioidaan johdekuviomaskin avulla valottamalla ja kehittämällä siten, että resisti 3 poistuu johdekuviokerrosten haluttujen johdekuvioiden kohdilta. Tämä välivaihe on kuvattu kuviossa 6. Tämän jälkeen moduuli viedään sähkökemialliseen kylpyyn ja moduulin välikerrokseen 2 johdetaan jännite. Tällöin resistikerrosten 3 aukkoihin kasvatetaan halutut johdekuviokerrosten johteet 22, 24. Johdemateriaali kasvaa samalla myös kontaktireikiin 18 muodostaen kontaktielementeille johdeytimen, mikä käy ilmi kuviosta 7. Kuvion 7 esimerkissä johteet 22, 24 ovat sähkökemiallisesti kasvatettua kuparia. Lopuksi johteiden 22, 24 pinnalle kasvatetaan ohuet etsausmaskikerrokset. Etsausmaskina voi toimia esimerkiksi kerros tinaa (Sn).

Seuraavaksi poistetaan resistikerrokset 3, jolloin kuvioiden sovellusmuodossa poistetun resistin alta paljastuu välikerros 2. Paljastunut osa välikerrosta 2 poistetaan esimerkiksi etsaamalla ja samoin menetellään johteiden 22 ja 24 ulkopuolelta paljastuneille osille johdekalvoja 12 ja 14. Etsausmaskikerros suojaa tällöin johteiden 22 ja 24 ulommaisista

pintoja etsin vaikutusta vastaan. Tällöin saadaan kuvion 8 esittämä kaksi johdekuviokerrosta (johteet 22 ja 24) käsittävä elektroniikkamoduuli, joka sisältää kaksi johteisiin 22 sähköisesti kytkettyä komponenttia 6 ja 16.

5 Kuvioiden 6 ja 7 esimerkissä johteet 22 ja 24 kasvatetaan suoraan oikeaan muotoonsa resistikerroksiin 3 tehtyihin aukkoihin. Johteet 22 ja 24 voidaan kuitenkin valmistaa myös toisella tapaa sekä tässä esimerkissä että jäljempänä kuvatuissa esimerkeissä. Yksi vaihtoehtoinen valmistustapa on kasvattaa yhtenäinen kerros johdemateriaalia koko moduuliihion pintojen yli ja kuvioida johdekerros myöhemmin litografiamenetelmällä johteiden 22 ja 24 muodostamiseksi. Täsmällisemmin kuvattuna voidaan menetellä
10 esimerkiksi siten, että kuvion 5 välivaiheesta jatketaan kasvattamalla molempien välikerrosten 2 pinnoille kuparia sähkökemiallisella menetelmällä. Tällöin myös kontaktireiät 18 täyttyvät kuparilla. Tämän jälkeen kuparikerrosten päälle levitetään resistikerrokset, kuvioidaan resistit ja etsataan ylimääräiset osat kuparista, välikerroksista 2 ja johdekalvoista 12 ja 14. Tämän jälkeen resistimaski poistetaan.
15 Molemmilla valmistustavoilla päädytään kuvion 8 esittämään rakenteeseen.

Kuvio 8 voi esittää jo valmista yksikertaista piirimoduulia, mutta valmistusta yleensä jatketaan valmistamalla piirimoduulin pinnoille lisää eriste- ja johdekuviokerroksia, jotka yhdistetään sähköisesti kuvion 8 esittämää rakenteeseen läpivientien avulla. Lisäksi on huomattava, että kuvion 8 moduuliinkin on voitu valmistaa läpivientejä,
20 jotka yhdistävät johteita 22 johteisiin 24. Tällaisia läpivientejä voidaan valmistaa vastaavalla tavalla ja samoissa prosessivaiheissa kuin edellä on kontaktielementtien valmistamisesta esitetty.

Kuvion 8 moduulia voidaan jatkojalostaa myös kuvion 9 esittämään tapaan siten, että moduulin pinnat suojataan suojakerroksilla 20. Lisäksi kuvion 9 esimerkissä moduuliin
25 on valmistettu ulkoiset kontaktielimet, jotka käsittävät johdekuvioiden 22, 24 päälle valmistetut alustat 21 sekä näiden pinnoille valmistetut kontaktipallot 23.

Kuviot 10–16 esittävät toisen sovellusmuodon mukaisen valmistusmenetelmän kuvion 5 esittämää välivaihetta vastaavaan vaiheeseen saakka. Kuvion 16 välivaiheesta valmistusta voidaan jatkaa esimerkiksi kuvioiden 6–9 esittämällä tavalla tai sopivasti
30 myös vaihtoehtoisella tavalla, jossa johteiden 22 ja 24 materiaali ensin kasvatetaan kauttaaltaan koko pinnalle ja sen jälkeen kuvioidaan johteiksi 22 ja 24. Kuvioiden 1–5

selostuksen yhteydessä esitetyt tekniset piirteet ja parametrit ovat sovellettavissa myös kuvioiden 10–16 esittämissä prosessivaiheissa, joten valmistusprosessin kaikkia yksityiskohtia ja niiden etuja ei seuraavassa suoritusesimerkissä toisteta turhan toiston välttämiseksi. Sen sijaan seuraavassa tuodaan esille oleelliset eroavaisuuden kuvioiden 1–9 ja kuvioiden 10–16 esittämien sovellusmuotojen välillä.

Kuvioiden 10–16 sovellusmuodossa valmistus aloitetaan kuvion 1 tapaan johdekalvosta 12, johon tehdään kontaktiaukot 8. Tämän jälkeen johdekalvon 12 pinnalle, komponentin 6 tulevalle kiinnityskohdalle kiinnitetään korotuspala 15. Korotuspala 15 on soveltuvaa eristemateriaalia, esimerkiksi esikovetettua liimaa tai muuta polymeeriä, jolla on riittävä tarttuvuus johdekalvon 12 pintaan. Korotuspala 15 voi olla myös kovettunutta polymeeriä, jolloin se voidaan kiinnittää johdekalvon 12 pintaan esimerkiksi erillisen liiman avulla.

Korotuspala 15 voidaan käyttää monestakin syystä. Yksi korotuspalan käyttötarkoitus on kasvattaa komponentin 6 ja johdekalvon 12 välistä eristepaksuutta. Tarve eristepaksuuden kasvattamiseen voi tulla esimerkiksi piirimoduulin tai komponentin 6 sähköisen toiminnan asettamista vaatimuksista. Tällöin korotuspalan 15 avulla voidaan asettaa komponentin 6 ja johdekalvon 12 välisen eristyksen ominaisuudet halutuksi. Valittavia ominaisuuksia voi olla esimerkiksi haluttu ominaisvastus ja läpilyöntikestävyys, johon voidaan vaikuttaa korotuspalan 15 ja liiman 5 materiaalin valinnalla. Korotuspala voidaan käyttää myös komponentin ja johdekalvon 12 välisen oikosulun ehkäisemiseen. Tällainen käyttö tulee kyseeseen erityisesti sellaisissa sovellusmuodoissa, joissa komponentin 6 pinta painautuu hyvin lähelle johdekalvoa, jolloin syntyy riski tahattomien sähköisten kontaktien muodostumisesta komponentin pinnalla olevien johderakenteiden ja johdekalvon välille. Korotuspala voidaan käyttää myös kapasitiivisen kytkeytymisen heikentämiseksi komponentin 6 sisäisten piirielementtien ja komponentin 6 kohdalla kulkevien johteiden 22 välillä.

Korotuspalan 15 lisäksi tai sijasta samaan tarkoitukseen voidaan käyttää myös johdekalvon 12 pinnan kauttaaltaan peittävää eristekerrosta 13, jota kuvattiin kuvion 1 yhteydessä.

Kuvioiden 10–16 esimerkissä nystyttömän komponentin 6 yhteydessä käytetään korotuspala 15, mutta nystyllisen komponentin 16 kontaktiterminaalit 17 on saatava

ulottumaan lähemmäs johdekalvon 12 pintaa, jotta komponentin 16 vastakkaisen pinnan ja johdekalvon 14 välille saadaan varmistettua riittävä eristeväli. Sovellusmuodossa voidaankin piirimoduuliin sijoittaa komponenttikohtaisesti valittuja korotuspaloja 15 piirilevymoduulin sähköisten ja/tai mekaanisten ominaisuuksien optimoimiseksi. Sama piirimoduuli voi siis sisältää myös ominaisuuksiltaan erilaisia korotuspaloja 15 ja näin ollen korotuspaloja 15 on mahdollista käyttää myös sarjatuotannossa eri lähteistä tulevien ja ominaisuuksiltaan toisistaan poikkeavien komponenttien 6, 16 saattamiseksi yhteensopiviksi käytetyn piirilevynvalmistusprosessin kanssa. Yksi esimerkki optimoitavasta mekaanisesta ominaisuudesta on eristekerroksen 1 (ja samalla koko piirimoduulin) paksuus, jota voidaan pienentää sopivasti valittujen korotuspalojen 15 avulla, mikä voidaan nähdä esimerkiksi kuvioista 12.

Kuvion 11 mukaisesti valmistusta jatketaan levittämällä liimakerrokset 5 komponenttien liitântäalueille johdekalvon 12 ja korotuspalan 15 pinnoilla. Komponentit 6 ja 16 kohdistetaan kontaktiaukkojen 8 suhteen ja liimataan paikoilleen. Tämän jälkeen kuvion 11 esimerkissä johdekalvon 12 päälle laminoidaan eristekalvot 10, 11 sekä johdekalvo 14. Seuraavaksi johdekalvojen 12 ja 14 pinnoille levitetään valoresistikerrokset 30, jotka kuvioidaan siten, että kontaktiaukkojen 8 kohdille syntyy kontaktiaukkoja 8 suuremmat avaukset tai pinnoitetaan elektroforeettisesti koko johtavan kerroksen päälle. Tätä valoresistikerrosta 30 käytetään rajaamaan myöhemmin ei-selektiivisellä menetelmällä kasvatettavan välikerrosmateriaalin kasvaminen kontaktireikiin ja kontaktiaukkojen 8 välittömään ympäristöön. Tällaista menettelyä on mahdollista käyttää myös edellä esitettyjen esimerkkien yhteydessä eikä se toisaalta ole välttämätöntä kuvioiden 10–16 esimerkissä. Kuvio 12 esittää moduulia näiden vaiheiden jälkeen. Komponentin 6 kontaktiterminaalit 7 ovat nyt sekä korotuspalan 15 että liiman 5 peittämiä. Komponentin 16 kontaktinystyjen 17 pinnoilla ja vastaavissa kontaktiaukoissa 8 on liimaa.

Kuvion 13 esittämässä vaiheessa komponentin 6 kontaktiaukkojen 8 kohdalle valmistetaan kontaktireiät 18. Kontaktireiät avataan korotuspalan 15 ja liimakerroksen 5 läpi aina kontaktiterminaalien 7 kontaktipinnoille saakka. Kuvion sovellusmuodossa kontaktireikien 8 avaaminen toteutetaan laser-ablaatiomenetelmällä käyttämällä CO₂-laseria kuten edellä kuvion 4 yhteydessä on kuvattu. Kuvioiden 10–16

sovellusmuodossa on merkittävää se, että toisen komponentin 16 kontaktiterminaalien 17 kohdalle ei avata vielä tässä vaiheessa kontaktireikiä.

5 Kuvion 14 esittämässä vaiheessa komponentin 6 kontaktireikiin 18 valmistetaan välikerros 2, joka on soveltuvaa johdemateriaalia. Välikerroksen 2 johdemateriaali
5 valitaan komponentin 6 kontaktiterminaalien 7 materiaalin perusteella ja valmistetaan soveltuvalla kemiallisella johdemateriaalin kasvatusmenetelmällä. Kuvion esimerkissä komponentin kontaktiterminaalien 7 materiaali on alumiini ja välikerroksen 2 materiaali on pääasiassa sinkkiä sisältävä metalliseos. Välikerroksen kasvattamiseen sovelletaan edellä kuvion 5 yhteydessä esitettyjä periaatteita. Kuvion 5 esimerkistä poiketen kuvion
10 14 tapauksessa on kuitenkin mahdollista menetellä myös siten, että tässä vaiheessa välikerros 2 kasvatetaan selektiivisen menetelmän avulla ainoastaan kontaktiterminaalien 7 pinnalle eli kontaktireikien 18 pohjalle eikä kontaktireikien 18 reunoille. Tällaisessa sovellusmuodossa kontaktireikien 18 reunoille tuleva välikerroksen 2 osa kasvatetaan myöhemmin komponentin 16 kontaktinystyihin 17 liittyvän välikerroksen kasvattamisen yhteydessä. Selektiivistä kasvatusmenetelmää käyttävässä sovellus-
15 muodossa on se etu, että välikerros 2 ei kasva komponentin 16 kontaktinystyt 17 peittävän liimakerroksen päälle.

Valmistusta jatketaan kuvion 15 esittämässä vaiheessa valmistamalla toisen komponentin 16 kontaktiaukkojen 8 kohdalle kontaktireiät 28. Tämän jälkeen kuvion 16
20 mukaisesti moduuli altistetaan sopivalle kemialliselle johdemateriaalin kasvatusmenetelmälle. Kuvion 15 esimerkissä kasvatusmenetelmä on ei-selektiivinen ja johdemateriaalia kasvaa moduulin kaikille vapaille pinnoille ja näin myös komponentin 6 kontaktireikiin 18 ja komponentin 16 kontaktireikiin 28. Valoresistikerros 30 kuitenkin suojaa moduulin pintoja, joten välikerros 2 kasvaa ainoastaan kontaktireikiin
25 18 ja 28 sekä näiden ympäristöön. Tämän jälkeen valoresistikerros 30 ja sen pinnalle mahdollisesti kasvanut johdemateriaali poistetaan. Tällainen valoresistikerrosta 30 käyttävä sovellusmuoto voi olla hyödyllinen esimerkiksi silloin, kun valoresistikerroksen aukkoihin kasvatetaan ei-selektiivisellä menetelmällä esimerkiksi nikkeliä tai muuta kuparista poikkeavaa metallia. Tällöin johteet 22 ja 24 voidaan
30 valmistaa pelkästään kuparikerroksista koostuviksi.

Toisissa sovellusmuodoissa on myös mahdollista käyttää sopivasti valittua selektiivistä kasvatusmenetelmää ja kasvattaa johdemateriaalia ainoastaan komponentin 16

kontaktinystyjen 17 pinnoille vastaavasti kuin edellä kuvion 14 yhteydessä selostettiin. Joka tapauksessa tässä vaiheessa kasvatetaan välikerros 2 ainakin komponentin 16 kontaktinystyjen 17 pinnoille ja kontaktireikien 28 sivuseinämien pinnoille ja lisäksi haluttaessa myös komponentin 6 kontaktiterminaaleihin 7 liittyvän välikerroksen 2 pinnalle ja/tai komponentin 6 kontaktireikien 18 sivuseinämien pinnoille.

Mikäli kuvioden 10-16 esimerkki toteutettaisiin ilman valoresistin 30 käyttöä, kuvion 16 esimerkissä komponentin 16 kontaktinystyjen 17 pinnan materiaali voisi sopivasti olla myös kupari ja kontaktinystyjen 17 pinnalle kasvatettavan välikerroksen 2 materiaali olisi tällöin sopivasti kemiallisella kasvatusmenetelmällä valmistettu kupari.

Välikerrosten 2 valmistamisen jälkeen tässä sovellusmuodossa valmistamista voidaan jatkaa esimerkiksi kuvioden 6–9 selostuksen yhteydessä kerrottuun tapaan valmistamalla moduulin pinnalle johdekuvioita ja johdeytimet kontaktireikiin 18 ja 28 sijoittuville kontaktielementeille.

Toinen vaihtoehto on pinnoittaa moduulin molemmille johtaville pinnoille kuparia valoresistikerroksen 30 poistamisen jälkeen. Tämän jälkeen kuparikerrokset voidaan kuvioita johteiksi 22 ja 24, jolloin saadaan kuvion 17 esittämä rakenne, jossa johteet 22 ja 24 muodostuvat kontaktielementtien ympäristössä ensimmäisestä ja toisesta kuparikerroksesta sekä näiden välissä olevasta välikerroksesta 2, joka on esimerkiksi nikkeliä. Muualla johteet 22 ja 24 muodostuvat ensimmäisestä ja toisesta kuparikerroksesta, joiden välillä on analysoitavissa oleva rajapinta. Kuvion 17 rakenteesta valmistusta voidaan haluttaessa jatkaa esimerkiksi jollakin edellisten esimerkkien yhteydessä kuvatulla tavalla.

Kuviot 18–23 esittävät kolmannen sovellusmuodon mukaisen valmistusmenetelmän, joka on muunnelma kuvioden 10–16 esittämästä sovellusmuodosta. Kuvion 23 välivaiheesta valmistusta voidaan jatkaa esimerkiksi kuvioden 6–9 esittämällä tavalla. Kuvioden 1–5 ja 10–16 selostuksen yhteydessä esitetyt tekniset piirteet ja parametrit ovat siis sovellettavissa myös kuvioden 18–23 esittämissä prosessivaiheissa, joten valmistusprosessin kaikkia yksityiskohtia ja niiden etuja ei seuraavassa suoritus esimerkissä toisteta turhan toiston välttämiseksi. Sen sijaan seuraavassa tuodaan esille oleelliset eroavaisuuden kuvioden 10–16 ja kuvioden 18–23 esittämien sovellusmuotojen välillä.

Kuvioiden 18–23 sovellusmuodossa valmistus aloitetaan kuvion 10 tapaan johdekalvosta 12, johon tehdään kontaktiaukot 8. Tämän jälkeen johdekalvon 12 pinnalle, komponenttien 6 ja 26 tuleville kiinnityskohdille kiinnitetään korotuspalat 15. Komponenttien 6 ja 26 korotuspalat 15 voivat olla keskenään identtisiä tai
5 komponenttikohtaisesti valittuja esimerkiksi siten, että komponentin 6 korotuspala 15 on erilaista materiaalia ja/tai eripaksuinen kuin komponentin 26 korotuspala 15.

Kuvion 18 mukaisesti valmistusta jatketaan levittämällä liimakerrokset 5 komponenttien liitännäalueille ja laminoimalla aihioon eristekalvot 10, 11 ja johdekalvo 14 aivan kuin kuvion 11 yhteydessä on esitetty. Kuvio 19 esittää moduulia näiden
10 vaiheiden jälkeen.

Kuvion 19 esittämässä vaiheessa komponentin 6 kontaktiaukkojen 8 kohdalle valmistetaan kontaktireiät 18 kuvion 13 yhteydessä selostettuun tapaan. Komponentin 26 kontaktiterminaalien 27 kohdalle ei avata vielä tässä vaiheessa kontaktireikiä.

Kuvion 21 esittämä vaihe vastaa täysin kuvion 14 yhteydessä esitettyä
15 menetelmävaihetta. Tässä sovellusmuodossa komponentin 6 kontaktireikiin 18 valmistetaan välikerros 2, joka on kaksikerroksinen. Kuvion esimerkissä komponentin kontaktiterminaalien 7 materiaali on alumiini. Esimerkin kaksikerroksinen välikerros 2 käsittää ensin kasvatetun sinkkiä sisältävän kerroksen ja tämän jälkeen kasvatetun nikkeli-alumiini –kerroksen. Nikkeli-alumiini –kerros kasvatetaan kemiallisella
20 menetelmällä ja sitä käytetään sinkkiä sisältävän kerroksen tiivistämiseen.

Valmistusta jatketaan kuvion 22 esittämässä vaiheessa valmistamalla toisen komponentin 26 kontaktiaukkojen 8 kohdalle kontaktireiät 28. Tämän jälkeen kuvion 23 mukaisesti moduuli altistetaan sopivalle kemialliselle johdemateriaalin kasvatusmenetelmälle. Tämä vaihe vastaa kuvion 16 yhteydessä selostettua menetelmävaihetta.
25 Kuvion 23 esimerkissä komponentin 26 kontaktiterminaalien 27 pinnan materiaali on kupari ja kontaktiterminaalien 27 pinnalle kasvatettavan välikerroksen 2 materiaali on myös kupari.

Kuviossa 24 on puolestaan esitetty kuvioiden 18–23 sovellusmuodosta sellainen modifikaatio, jossa kuvion 22 esittämän vaiheen jälkeen komponentin 26 kontaktiterminaalien 27 päälle kasvatetaan ensimmäinen välikerros selektiivisellä
30 kasvatusmenetelmällä ja tämän jälkeen välikerroksen 2 kasvattamista jatketaan ei-

selektiivisellä menetelmällä. Kuvion 24 esimerkissä komponentin 26 kontaktiterminaalien 27 pinnan materiaali on kulta ja kontaktiterminaalien 27 pinnalle kasvatettavan välikerroksen 2 materiaali on nikkeli.

5 Välikerrosten 2 valmistamisen jälkeen näissä kuvioiden 18–24 sovellusmuodoissa valmistamista voidaan jatkaa esimerkiksi kuvioiden 6–9 selostuksen yhteydessä kerrottuun tapaan valmistamalla moduulin pinnalle johdekuvioita ja johdeytimet kontaktireikiin 18 ja 28 sijoittuville kontaktielementeille.

10 Kuvio 25 esittää tarkemmin kontaktireiän ja vastaavasti myös tähän aukkoon valmistettavan kontaktielementin muotoa. Kuvion 25 esimerkki esittää yhden mahdollisen muodon, joka voidaan saavuttaa edellä esitettyjä sovellusmuotoja käytettäessä. Muotoon voidaan vaikuttaa johdekalvoon 12 tehtävien kontaktiaukkojen 8 muodon, johdekalvon 12 ja komponentin välissä olevan eristeen ominaisuuksien ja CO₂-lascriin käyttöparametrien avulla. Kuvion 25 kontaktireikä on pyörähdys-symmetrinen ja kuvion esittämä poikkileikkaus on otettu kontaktireiän keskiakselin
15 kautta eli esittää leveintä mahdollista poikkileikkausta. Kuviossa 25 kontaktireiän kokoa ja muotoa on määritelty seuraavien parametrien avulla:

- suurin leveys W_{MAX} , josta voidaan laskea kontaktielementin suurin poikkipinta-ala A_{MAX} ,
- kontaktielementin ja komponentin 6 kontaktipinnan 7 välisen kontaktin leveys
20 W_{CONT} , josta voidaan laskea kontaktielementin ja komponentin kontaktipinnan välinen kontaktipinta-ala A_{CONT1} , ja
- kontaktiaukon leveys W_{HOLE} , josta voidaan laskea kontaktielementin ja johdekuviokerroksen johteen välinen kontaktipinta-ala A_{CONT2} .

25 Kuviossa on kuvattu myös komponentin kontaktipinnan 7 leveys W_{PAD} , josta voidaan laskea kontaktipinnan pinta-ala A_{PAD} , kun tiedetään kontaktipinnan muoto. Kontaktipinta 7 voi olla esimerkiksi neliön muotoinen ja W_{PAD} :n edustaessa sivun leveyttä kontaktipinnan pinta-alaksi saadaan: $A_{PAD} = W_{PAD} \times W_{PAD}$. Pinta-alat on toki mahdollista määrittää myös pinta-alamittauksen avulla, mikä voikin olla käytännöllisempää ainakin silloin, kun määritettävä pinta-ala on epäsäännöllisen
30 muotoinen.

Kuviossa kontaktipintaa 7 ympäröi komponentin 6 pinnalle valmistettu passivointikerros 9. Tällöin kontaktipinnan pinta-alalla A_{PAD} tarkoitetaan nimenomaan kontaktin muodostamiselle vapaata pinta-alaa eli sen pinnan pinta-ala, joka on paljastettuna passivointikerrokseen 9 tehdyssä avauksessa. Lisäksi kuviossa on esitetty

5 johdekalvon 12 ja kontaktipinnan 7 välimatka H , joka vastaa kontaktireiän syvyyttä ja näin ollen kontaktireikään valmistettavan kontaktielementin korkeutta. Koska kontaktireikä täytetään kokonaan johdemateriaalilla, myös kontaktireiän muut mitat vastaavat kontaktielementin mittoja ja parametreilla W_{MAX} ja W_{HOLE} voidaan viitata myös kontaktielementin vastaaviin mittoihin.

10 Seuraavassa esitetään edellä kuvattujen sovellusmuotojen yhteydessä tyypillisiä parametreja:

$H = 1\text{--}50 \mu\text{m}$, tavallisesti $5\text{--}30 \mu\text{m}$;

$W_{PAD} = 20\text{--}1000 \mu\text{m}$, tavallisemmin $50\text{--}200 \mu\text{m}$ ja tavallisimmin noin $100 \mu\text{m}$; ja

$W_{HOLE} = 5\text{--}500 \mu\text{m}$, tavallisemmin $20\text{--}75 \mu\text{m}$ ja tavallisimmin noin $30\text{--}50 \mu\text{m}$.

15 Lisäksi yleensä $W_{HOLE} \geq H$, mikä edistää kontaktireiän luotettavaa täyttymistä. Kontaktireikä 18 pyritään valmistamaan siten, että reiän sivuseinämät olisivat pystysuorat. Toisin sanoen tavoitteena on kontaktireikä, jonka leveys ja muoto säilyy vakiona koko johdekalvon 12 ja kontaktipinnan 7 välisen välimatkan H eli kontaktireikä olisi koko tämän matkan kontaktiaukon 8 muotoinen. Myös kontaktipintaa 7 kohti

20 heikosti kapeneva muoto on hyvä. Käytännössä edellä kuvattua laserprosessia käytettäessä kontaktireiästä voi kuitenkin tulla esimerkiksi kontaktipintaa 7 kohti levenevä tai ensin levenevä ja sitten kapeneva siten, että kontaktireikä on leveimmillään jossakin johdekalvon 12 ja kontaktipinnan 7 välillä. Kuvion 25 esittää tällaisen kontaktireiän. Tällainen epäoptimaalinen muoto ei ole ongelmallinen, mikäli vain

25 levenemä ei ole liian suuri ja reiän täyttö onnistuu hyvin.

Edellä viitatuissa leveyksien mitta-arvoista komponentin kontaktipinnan 7 leveys W_{PAD} määräytyy komponentin valinnan kautta. W_{PAD} voidaan tarvittaessa mitata erikseen jokaista sellaista suoraa pitkin, joka kulkee kontaktipinnan 7 keskipisteen kautta. Tätä määritelmää voidaan tarvita edellä viitattuja mitta-arvoja ja niiden suhteita

30 tarkasteltaessa, mikäli kontaktipinnan 7 tai kontaktiaukon 8 muoto on epäsäännöllinen.

Tavallisimmassa tapauksessa kontaktipinta on kuitenkin neliömäinen, jolloin kontaktipinnan 7 leveytenä W_{PAD} voidaan yleensä käyttää neliön sivun leveyttä.

Kontaktiaukon 8 leveys W_{HOLE} on parametri, joka valitaan valmistusprosessia suunniteltaessa. Yksi kontaktiaukon 8 leveyttä valittaessa huomioon otettava parametri on käytettävän komponentin kontaktipinnan 7 leveys. Kontaktiaukon 8 leveys valitaan siten, että kontaktiaukon kautta valmistettava kontaktisreikä osuu komponentin päässä koko poikkipinnaltaan komponentin kontaktialueeseen 7 eikä kontaktialueen ohi esimerkiksi passivointikerroksen pintaan. Mikäli kontaktiaukko on muodoltaan pyöreä, kontaktiaukon leveys W_{HOLE} on ympyrän keskipisteen kautta mitattu halkaisija. Mikäli taas kontaktiaukko on muodoltaan epäsäännöllinen, W_{HOLE} voidaan tarvittaessa mitata erikseen jokaista sellaista suoraa pitkin, joka kulkee kontaktiaukon 8 keskipisteen kautta. Epäsäännöllisen muodon tapauksessa verrattaessa kontaktiaukon leveyttä W_{HOLE} kontaktipinnan leveyteen W_{PAD} , vertailu voidaan tehdä aina erikseen kullekin parille samansuuntaisten suorien kautta mitattuja leveyksiä. Leveyksiä W_{HOLE} ja W_{PAD} voidaan tarvittaessa verrata vastaavalla tavalla myös muihin esitettyihin parametreihin.

Edellä esitettyjä parametrien suhteita voidaan soveltaa myös kontaktinystyjen yhteydessä, jolloin kontaktialueen pinta-ala ja leveys korvataan kontaktinystyn pinta-alalla ja leveydellä ja välimatka H mitataan kontaktinystyn pintaan.

Kontaktireiän muotoon voidaan vaikuttaa laserin parametrien avulla, jotka valitaan reiän parametrien ja poistettavan eristeen ominaisuuksia mukaan. Valmistustulokseen vaikuttaa tietysti myös käytössä oleva laserlaite. Valittujen parametrien sopivuus prosessiin tarkastetaan koevalmistuserän avulla ja tarvittaessa parametreja muutetaan siten, että haluttu tulos saavutetaan.

Yleensä valmistusmenetelmässä on järkevää pyrkiä sellaiseen kontaktireiän muotoon, jossa

$W_{CONT} = 0,5-1,5$ kertaa W_{HOLE} , mielellään $0,7-1,2$ kertaa W_{HOLE} ja mieluiten $0,8-1,0$ kertaa W_{HOLE} , kuitenkin siten, että $W_{CONT} < W_{PAD}$; ja

$W_{MAX} =$ korkeintaan $100 \mu\text{m}$, mielellään korkeintaan $30 \mu\text{m}$ ja mieluiten korkeintaan $10 \mu\text{m}$ suurempi kuin se parametreista W_{HOLE} ja W_{CONT} , joka on suurempi. Suhteellisesti esitettynä tavoitteena olisi, että $W_{MAX} =$ korkeintaan 40% , mielellään korkeintaan 20%

ja mieluiten korkeintaan 10 % suurempi kuin se parametreista W_{HOLE} ja W_{CONT} , joka on suurempi.

Optimaalisimmassa kontaktielementin muodossa W_{MAX} on oleellisesti yhtä suuri kuin W_{HOLE} ja lisäksi W_{CONT} on 0–20 % pienempi kuin W_{MAX} .

- 5 Tyypillisimmissä sovellusmuodoissa kontaktipinta 7 on muodoltaan neliskulmainen ja kontaktiaukko 8 ympyrän muotoinen. Tällöin $A_{CONT 1}$ on tyypillisesti 10–75 % pinta-alasta A_{PAD} . $A_{CONT 1}$ ja $A_{CONT 2}$ tyypillisesti keskenään suunnilleen yhtä suuria esimerkiksi tarkkuudella ± 20 %.

- 10 Kuvio 26 esittää esimerkkejä muista mahdollisista kontaktireikien 18 muodoista. Kuvion 27 taas esittää esimerkkejä tällaisiin kontaktireikiin valmistetuista välikerroksista 2. Kuvioden 26 ja 27 esimerkeissä liitettävä komponentti on nystytön. Kuten kuvioista 27 voi nähdä, välikerrokset 2 eivät ulotu ollenkaan komponentin passivointikerroksen 9 päälle vaan ovat kontaktissa ainoastaan komponentin kontaktipinnan 7 kanssa. Tämän piirteen avulla voidaan nähdä valmiistakin
- 15 elektroniikkamoduulista se, onko komponentti upotettu elektroniikkamoduuliin nystyllisenä vai nystyttömänä. Nystytysprosesseissa komponentin kontaktipinnalle 7 kasvatettavat nystyt täyttävät aina koko kontaktipinnan 7 ja leviävät aina myös hieman passivointikerroksen 9 päälle. Mikäli taas edellä kuvatuissa suoritusesimerkeissä käytetään nystytöntä komponenttia, välikerros 2 ja kontaktielementti kasvavat
- 20 ainoastaan kontaktireikään 18, jolloin valmiissa elektroniikkamoduulissa välikerros 2 ei ulotu komponentin passivointikerroksen 9 päälle ja osa komponentin kontaktipinnasta 7 jää vapaaksi välikerroksesta 2 (kontaktipinnan 7 reunat) aina kun kontaktireiän 18 kohdistus ja valmistus on onnistunut. Myös mahdollisessa kontaktireiän 18 kohdistusvirhetilanteessa, jossa kontaktiaukko 8 ei täysin sijaitse kontaktipinnan 7
- 25 kohdalla, ainakin osa kontaktipinnan 7 reuna-alueista ja reuna-aluetta ympäröivästä passivointikerroksesta on vapaa välikerroksesta 2.

- 30 Mikäli nystytön komponentti on valmistettu kuparijohteita käyttävällä puolijohdeprosessilla, kontaktialue 7 on kuparia. Tällöin välikerros voidaan valmistaa suoraan kemiallisesti kasvatetusta kuparista, joka muodostaa johdepinnoitteen myös kontaktireiän 18 sivuseinämille. Tämän jälkeen kontaktireiät 18 voidaan täyttää ja johdekerroksen paksuutta kasvattaa sähkökemiallisella kuparinkasvatusmenetelmällä.

Tämän hakemuksen kirjoitushetkellä yleisin puolijohdeprosesseissa käytettävä johdemateriaali on kuitenkin alumiini. Tällöin myös nystyttömien komponenttien yleisin kontaktialueen 7 materiaali on alumiini ja on edullista käyttää eri materiaaleista valmistettuja yksi tai useampikerroksisia välikerroksia alumiinisen kontaktialueen ja
5 elektroniikkamoduulin kuparisten johteiden välissä. Seuraavassa mainitaan muutamia mahdollisia välikerrosten rakenteita:

Välikerrosrakenne 1

Alumiinisen kontaktialueen 7 pinnalle kasvatetaan ensin sinkkiä sisältävä kerros. Sinkkaattiprosessilla valmistettu sinkkiä sisältävä kerros ei kasva kontaktireiän 18
10 sivuseinämien polymeeripinnoille. Sinkkiä sisältävän kerroksen pinnalle kasvatetaan kemiallisella menetelmällä kerros nikkeliä, joka ei kasva tai kasvaa heikosti polymeeripinnalle. Nikkelin pinnalle kasvatetaan kemiallisella menetelmällä kerros kuparia. Kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettu kupari saadaan kasvavamaan luotettavasti myös polymeerin päälle, jolloin kontaktireikien 18 sivuseinämät saadaan
15 johtaviksi myöhempää sähkökemiallista kasvatusta varten.

Välikerrosrakenne 2

Alumiinisen kontaktialueen 7 pinnalle kasvatetaan ensin sinkkiä sisältävä kerros. Sinkkaattiprosessilla valmistettu sinkkiä sisältävä kerros ei kasva kontaktireiän 18
20 sivuseinämien polymeeripinnoille. Sinkkiä sisältävän kerroksen pinnalle kasvatetaan kemiallisella menetelmällä kerros kuparia. Kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettu kupari saadaan kasvamaan luotettavasti myös polymeerin päälle, jolloin kontaktireikien 18 sivuseinämät saadaan johtaviksi myöhempää sähkökemiallista kasvatusta varten.

Välikerrosrakenne 3

25 Alumiinisen kontaktialueen 7 pinnalle kasvatetaan ensin sinkkiä sisältävä kerros. Sinkkaattiprosessilla valmistettu sinkkiä sisältävä kerros ei kasva kontaktireiän 18 sivuseinämien polymeeripinnoille. Sinkkiä sisältävän kerroksen pinnalle kasvatetaan kemiallisella menetelmällä kerros nikkeli-alumiinia, joka ei kasva polymeeripinnalle. Nikkeli-alumiinin pinnalle kasvatetaan kemiallisella menetelmällä kerros kuparia.
30 Kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettu kupari saadaan kasvamaan luotettavasti

myös polymeerin päälle, jolloin kontaktireikien 18 sivuseinämät saadaan johtaviksi myöhempää sähkökemiallista kasvatusta varten.

Välikerrosrakenne 4

- 5 Alumiinisen kontaktialueen 7 pinnalle kasvatetaan ensin sinkkiä sisältävä kerros. Sinkkiä sisältävän kerroksen pinnalle kasvatetaan kemiallisella menetelmällä kerros nikkeli-alumiinia. Nikkeli-alumiinin pinnalle kasvatetaan kemiallisella menetelmällä kerros nikkeliä ja nikkelin pinnalle kasvatetaan kemiallisella menetelmällä kerros kuparia.

10 Välikerrosrakenne 5

Alumiinisen kontaktialueen 7 pinnalle kasvatetaan ensin sinkkiä sisältävä kerros. Sinkkiä sisältävän kerroksen pinnalle kasvatetaan kemiallisella menetelmällä kerros nikkeliä.

Välikerrosrakenne 6

- 15 Alumiinisen kontaktialueen 7 pinnalle kasvatetaan kemiallisella menetelmällä kerros nikkeliä, joka kasvatettu nikkeli-kerros yksin muodostaa välikerroksen 2.

Välikerrosrakenne 7

- 20 Alumiinisen kontaktialueen 7 pinnalle kasvatetaan kemiallisella menetelmällä kerros nikkeliä ja nikkelin pinnalle kasvatetaan kemiallisella menetelmällä kerros kuparia.
- 25 Edellä esitetyissä välikerrosrakenteiden esimerkeissä sinkkiä sisältävä kerros sisältää esimerkiksi noin 80 % sinkkiä, noin 16 % kuparia, noin 2-3 % nikkeliä ja noin 2-3 % rautaa. Tämä on ainoastaan yksi mahdollinen esimerkki käyttökohteeseen soveltuvista seossuhteista, joten seossuhteita voidaan toki vaihdella sovelluskohteiden mukaan. Edellä esitetyissä välikerrosrakenteiden esimerkeissä sinkkiä sisältävän kerroksen paksuus on alle 1 µm, tavallisesti yksikertaisena kerroksena noin 0,1 µm ja useampana kerroksena esimerkiksi noin 0,3–0,4 µm. Ohuimmillaan sinkkiä sisältävä kerros voi olla noin 5–10 nm valmistamisen jälkeen. Kasvatettaessa nikkeliä tai nikkeli-alumiinia sinkkiä sisältävän kerroksen päälle ainakin osa sinkkiatomeista liukenee ja korvautuu

5 nikkeliatomeilla. Lopullisessa piirimoduulissa voi olla mahdollista, että sinkkiä sisältävä kerros on havaittavissa lähinnä sinkin konsentraatioprofilina alumiinin ja seuraavan kerroksen materiaalin rajapinnassa. Sinkkiä sisältävä kerros ei siis välttämättä ole tarkkarajaisena lopullisessa tuotteessa, koska sinkki voi diffusoitua viereisiin materiaalikerrokseen erityisesti korkeampia lämpötiloja käyttävissä valmistusprosessin vaiheissa.

10 Edullisessa sovellusmuodossa sinkkiä sisältävä kerros kasvatetaan kaksinkertaisella sinkaattiprosessilla. Yksinkertaisella sinkaattiprosessilla kasvatettu sinkki muodostaa epäyhtenäisen ja epätasaisen pinnan alumiinin päälle. Tällaisen pinnan päälle kasvatetun nikkeli-kerroksen adheesio on heikompi ja se soveltuu huonommin käytettäväksi pienillä mikrovia-avauksilla. Kasvatetun sinkkipinnan laatua saadaan merkittävästi parannettua käyttämällä kaksinkertaista sinkaattiprosessia. Tyypillisesti tällaisessa prosessissa ensimmäisen sinkattikäsittelyn jälkeen sinkkiä sisältävä kerros stripataan typpihapolla (HNO_3), jonka jälkeen pinnoitetaan toinen sinkkiä sisältävä kerros. Kaksinkertaisella 15 sinkaattiprosessilla saadaan aikaan tiivis ja yhtenäinen sinkkiä sisältävä kerros komponentin alumiinisen liitosalueen pinnalle.

20 Nikkeli-alumiini kerroksen paksuus voi puolestaan olla esimerkiksi 0,2–2 μm . Nikkelikerroksen paksuus taas voi olla esimerkiksi 0,5–20 μm , tyypillisesti 2–10 μm . Myös kerrospaksuudet ovat ainoastaan esimerkkejä mahdollisista kerrospaksuuksista ja muita kerrospaksuuksia voidaan myös hyvin käyttää.

25 Sovellusmuodoissa sähkökemiallisesti kasvatettava kuparikerros voi olla paksuudeltaan esimerkiksi välillä 5–30 μm , tyypillisesti välillä 10–20 μm . Kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettava kuparikerros taas yleensä valmistetaan selvästi ohuemmaksi ja sen paksuus on sovellusmuodoissa esimerkiksi välillä 0,1–2 μm , tyypillisesti välillä 200–800 nm.

30 Edellä kuvatuissa valmistusmenetelmissä voidaan toki käyttää myös muita kuin edellä mainittuja välikerrosrakenteita ja materiaaleja, esimerkiksi tinaa. Alumiinin pinnalle on myös mahdollista kasvattaa suoraan nikkeli-kerros poistamalla alumiinin pinnalla oleva oksidikerros esimerkiksi alkaalisella etsillä ja huuhtomalla pinta tämän jälkeen esimerkiksi propan-2-olissa ja välittömästi tämän jälkeen pinnoittamalla propan-2-olin kiehumispistettä lämpimämmässä kemiallisessa nikkelikylvyssä. Lisäksi sinkkiä

sisältävän kerroksen pinnalle olisi mahdollista pinnoittaa myös esimerkiksi kromia ja nikkelin pinnalle kultaa.

5 Kuvio 28 esittää vielä yhden mahdollisen kontaktirakenteen, jossa voidaan käyttää komponenttia, jonka kontaktialue on ennalta varustettu alusmetallurgisilla kerroksilla, mutta varsinaista nystyä ei ole valmistettu. Kuvio 29 esittää yhden mahdollisen vastaavan kontaktirakenteen toteutettuna nystyttömän komponentin kanssa.

10 Kuvio 28 esittää komponentin pinnalla olevan passivointikerroksen 9, jossa on avaus komponentin kontaktialueen 7 kohdalla. Passivointikerroksen 9 pinnalla on polymeerikerros 25. Polymeerikerros 25 voi koostua yhdestä tai useammasta polymeerikerroksesta. Polymeerikerroksen 25 materiaali voi sisältää esimerkiksi kuvion 1 yhteydessä kuvattua eristekerrosta 13, kuvion 2 yhteydessä kuvattua liimaa 5 ja/tai kuvion 11 yhteydessä kuvattua korotuspalaa. Komponentin kontaktialueen 7 pinnalle on valmistettu alusmetallurgia, joka tässä esimerkissä käsittää kaksi kerrosta. Ensimmäinen alusmetallurgiakerros 26 on sputteroimalla valmistettu kerros esimerkiksi kromia (Cr) tai titaani-wolframia (TiW). Toinen alusmetallurgiakerros 27 on sputteroimalla 15 valmistettu kerros esimerkiksi nikkeliä (Ni), kuparia (Cu) tai kultaa (Au). Varsinainen nysty käsittäisi vielä esimerkiksi kemiallisesti tai sähkökemiallisesti kasvatetun kulta- tai kuparikerroksen toisen alusmetallurgiakerroksen 27 pinnalla.

20 Kuvion 28 esimerkissä komponentti on kiinnitetty polymeerikerroksen 25 välityksellä johdekalvoon 12, johon on tehty edellä esitetyissä menetelmissä kuvattuun tapaan kontaktiaukot 8. Kontaktiaukkojen 8 kautta on valmistettu kontaktireiät 18 tai 28, joihin kontaktielementti on valmistettu kontaktiin toisen alusmetallurgiakerroksen 27 kanssa. Kontaktielementti on valmistettu siten, että ensin on kasvatettu yhtä tai useampaa kemiallista kasvatusmenetelmää käyttäen välikerros 2 vastaavaan tapaan kuin edellä 25 esitetyissä menetelmissä on kuvattu. Kuvion 28 esimerkissä välikerros 2 on kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettua kuparia. Tämän välikerroksen päälle on kasvatettu kerros 32 kuparia sähkökemiallisella kasvatusmenetelmällä. Sähkökemiallisesti kasvatettu kupari muodostaa myös kontaktielementin johdeytimen 29. Kuviosta 28 nähdään myös se, että johdekalvo 12, välikerros 2 ja kuparikerros 32 muodostavat yhdessä johteen 22 materiaalin. Esimerkissä johdekalvo 12, välikerros 2 ja kuparikerros 30 32 ovat kaikki kuparia, mutta kerrokset ja niiden väliset rajapinnat on kuitenkin mahdollista havaita myös valmista rakennetta analysoimalla.

Kuvio 29 esittää kuvion 28 tapaan komponentin pinnalla olevan passivointikerroksen 9, jossa on avaus komponentin kontaktialueen 7 kohdalla. Passivointikerroksen 9 pinnalla on polymeerikerros 25, joka vastaa kuvion 28 yhteydessä esitettyä. Kuvion 29 esimerkissä komponentin kontaktialueen 7 pinta on ollut päällysteetön komponentti
5 silloin, kun se on tuotu piirimoduulin valmistusprosessiin. Tällaisessa komponentissa kontaktialueen 7 ulkopinta eli kontaktipinta on siis tyypillisesti muodostettu jo puolijohdetehtaalla. Kuvion 29 esimerkissä kontaktialueen 7 materiaali on alumiini.

Kuvion 29 esimerkissä komponentti on kiinnitetty polymeerikerroksen 25 välityksellä johdekalvoon 12, johon on tehty edellä esitetyissä menetelmissä kuvattuun tapaan
10 kontaktiaukot 8. Kontaktiaukkojen 8 kautta on valmistettu kontaktireiät 18 tai 28, joihin kontaktielementti on valmistettu kontaktiin kontaktialueen 7 kanssa. Kontaktielementti on valmistettu siten, että ensin on kasvatettu yhtä tai useampaa kemiallista kasvatusmenetelmää käyttäen välikerros 2 vastaavaan tapaan kuin edellä esitetyissä menetelmissä on kuvattu. Kuvion 29 esimerkissä välikerros 2 on valmistettu
15 useammassa osassa ja käsittää useita kerroksia. Kuviossa 28 välikerros on lisäksi selityksen helpottamista varten jaettu kolmeen osaan, pohjaosaan 36, seinämäosaan 37 ja johdeosaan 38. Pohjaosa 36 on se osa, joka kasvaa kontaktiterminaalin 7, 17 pinnalle kontaktireiän 18, 28 pohjalle, seinämäosa 37 on se osa, joka kasvaa kontaktireiän 18, 28 sivuseinämien pinnoille ja johdeosa 38 on se osa, joka kasvaa osaksi valmistettavaa
20 johdetta 22.

Kuvion 29 välikerros 2 käsittää ensimmäisen välikerroksen 33, toisen välikerroksen 34 ja kolmannen välikerroksen 35. Ensimmäinen välikerros 33 voidaan valmistaa esimerkiksi kasvattamalla kemiallisella kasvatusmenetelmällä sinkkiä sisältävä kerros. Kuvion 29 esimerkissä johdekalvo 12 on kuparia, joten sinkkaattiprosessia käytettäessä
25 ensimmäinen välikerros 33 kasvaa ainoastaan välikerroksen 2 pohjaosaan 36. Tästä valmistusta voidaan jatkaa esimerkiksi valmistamalla toinen välikerros 34 kemiallisella nikkeli-
kasvatusmenetelmällä. Nikkeli kasvaa sekä välikerroksen pohjaosaan 36 että johdeosaan 38 ja joillakin kasvatusmenetelmillä myös polymeerin 25 pinnalle seinämäosaan 37. Toisen välikerroksen 34 päälle valmistetaan kolmas välikerros 35
30 kuparista kemiallisella kasvatusmenetelmällä, jolloin kupari kasvaa pohjaosaan 36, seinämäosaan 37 ja johdeosaan 38. Kolmannen välikerroksen päälle kasvatetaan kerros

32 kuparia sähkökemiallisella kasvatusmenetelmällä, joka muodostaa myös kontaktielementin johdeytimen 29.

5 Kuvion 29 osalta on huomattava, että kerrokset 33 ja 34 eivät välttämättä ole lopullisessa piirimoduulissa kuvion esittämään tapaan tarkkarajaisia vaan kerrokset voivat ilmetä lomittuneina tai sekoittuneina, esimerkiksi diffuusion vaikutuksesta. Esimerkiksi sinkkiä sisältävän ensimmäisen välikerroksen 33 tapauksessa sinkki voi sijaita konsentraatioprofiilina alumiinin ja nikkelin 34 välisessä rajapinnassa ja osittain alumiinin 7 ja nikkeli-kerroksen 34 sisällä.

10 Kuvion 29 kontaktirakenteessa voidaan käyttää myös muita materiaalikombinaatioita. Esimerkiksi sopivasti valittuja välikerrosrakenteita edellä kuvatuista välikerrosrakenteista 1–7 ja näiden muunnelmia voidaan käyttää kuvion 29 kuvaaman kontaktirakenteen ja myös kuvioiden 30–33 kuvaamien kontaktirakenteiden muodostamiseksi. Lisäksi kuvion 29 kontaktirakenteen on mahdollista valmistaa myös kuvion 28 esittämien materiaalien avulla siten, että ensimmäinen välikerros 33 ja toinen välikerros 34 valmistetaan sputteroimalla. Tällöin sputteroidut välikerrokset 33 ja 34 kasvavat sekä pohjaosaan 36 että johdeosaan 38 mutta eivät oleellisessa määrin seinämäosaan 37, mikäli kontaktireikä 18, 28 ei ole kontaktiaukkoa 8 kohti levenevä. Yksi mahdollisuus on käyttää sinkkiä sisältävää ensimmäisen välikerrosta 33 ja tämän pinnalla joko suoraan nikkelistä kemiallisella kasvatusmenetelmällä valmistettua kolmatta välikerrosta 35 tai rakennetta, jossa kerrosten 33 ja 35 välissä käytetään nikkeli-alumiinista valmistettua toista välikerrosta 34. Tällaisessa sovellusmuodossa ei tarvita lainkaan kemiallista kuparinkasvatusta, sillä nikkeli muodostaa pystysuuntaisen kontaktin kontaktireiän sivuseiniä pitkin.

25 Kuvio 30 esittää vielä yhden kontaktielementtirakenteen. Kuvion 30 rakenteessa välikerros 2 käsittää ensimmäisen välikerroksen 33, toisen välikerroksen 34 ja kolmannen välikerroksen 35. Ensimmäinen välikerros 33 voidaan valmistaa esimerkiksi kasvattamalla kemiallisella kasvatusmenetelmällä sinkkiä sisältävä kerros. Toinen välikerros 34 on nikkeli-alumiinia ja kolmas välikerros 35 on kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettua nikkeliä. Kuvion 30 rakenteessa siis kontaktireikä täytetään nikkelillä eli kontaktielementin johdeytimen 29 on nikkeliä. Muutoin kuvion 30 rakenteen osalta pätevät kuvioiden 28 ja 29 yhteydessä esitetyt tekniset piirteet.

Kuvio 31 esittää vielä yhden kontaktielementtirakenteen. Kuvion 31 rakenteessa välikerros 2 käsittää ensimmäisen välikerroksen 33 ja toisen välikerroksen 34. Ensimmäinen välikerros 33 voidaan valmistaa esimerkiksi kasvattamalla kemiallisella kasvatusmenetelmällä sinkkiä sisältävä kerros. Toinen välikerros 34 on kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettua kuparia tai vaihtoehtoisesti selektiivisellä kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettua nikkeliä. Vaihtoehtoisesti kuvion 31 rakenne voidaan valmistaa myös siten, että ensimmäinen ja toinen välikerros 33 ja 34 korvataan yhdellä kerroksella kemiallisesti kasvatettua nikkeliä. Johdeydin 29 on tyypillisesti kuparia ja johde 22 käsittää ensimmäisen ja toisen kuparikerroksen 12 ja 32. Muutoin kuvion 31 rakenteen osalta pätevät kuvioden 28 ja 29 yhteydessä esitetyt tekniset piirteet.

Kuvio 32 esittää vielä yhden kontaktielementtirakenteen. Kuvion 32 rakenteessa välikerros 2 käsittää ensimmäisen välikerroksen 33, toisen välikerroksen 34 ja kolmannen välikerroksen 35. Ensimmäinen välikerros 33 voidaan valmistaa esimerkiksi kasvattamalla kemiallisella kasvatusmenetelmällä sinkkiä sisältävä kerros. Toinen välikerros 34 on kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettua nikkeliä. Esimerkin menetelmässä kasvatusmenetelmä on selektiivinen siten, että nikkeli kasvaa ainoastaan johtavan materiaalin päälle. Kolmas välikerros 35 on kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettua kuparia. Vaihtoehtoisesti kuvion 32 rakenne voidaan valmistaa myös siten, että ensimmäinen välikerros 33 jätetään pois. Johdeydin 29 on tyypillisesti kuparia. Muutoin kuvion 32 rakenteen osalta pätevät kuvioden 28 ja 29 yhteydessä esitetyt tekniset piirteet.

Kuvio 33 esittää vielä yhden kontaktielementtirakenteen. Kuvion 33 rakenteen valmistamiseen voidaan käyttää esimerkiksi kuvioden 10–17 yhteydessä kuvattua menetelmää, jossa käytettiin valoresistikerrosta 30. Kuvion 33 rakenteessa välikerros 2 käsittää ensimmäisen välikerroksen 33, toisen välikerroksen 34 ja kolmannen välikerroksen 35. Ensimmäinen välikerros 33 voidaan valmistaa esimerkiksi kasvattamalla kemiallisella kasvatusmenetelmällä sinkkiä sisältävä kerros. Toinen välikerros 34 on kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettua nikkeliä. Esimerkin menetelmässä kasvatusmenetelmä on selektiivinen siten, että nikkeli kasvaa ainoastaan johtavan materiaalin päälle. Kolmas välikerros 35 on kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettua kuparia. Vaihtoehtoisesti kuvion 33 rakenne voidaan

valmistaa myös siten, että ensimmäinen välikerros 33 jätetään pois. Johdeydin 29 on tyypillisesti kuparia. Muutoin kuvion 33 rakenteen osalta pätevät kuvioiden 28 ja 29 yhteydessä esitetyt tekniset piirteet.

5 Sovellusmuodoissa on siis tuotu esiin menetelmä piirimoduulin valmistamiseksi, jossa menetelmässä

- otetaan johdekalvo 12,
- otetaan komponentti 6, joka käsittää kontaktialueita 7, joiden materiaali sisältää ensimmäistä metallia,
- kiinnitetään komponentti 6 johdekalvoon 12 polymeerikerroksen 25 välityksellä,
- 10 – valmistetaan johdekalvoon 12 kiinnitetyn komponentin 6 ympärille eristekerros 1,
- valmistetaan polymeerikerrokseen 25 kontaktialueiden 7 kohdille kontaktireiät 18, 28 siten, että kunkin kontaktireiän 18, 28 ja vastaavan kontaktialueen 7 välinen kontaktipinta-ala A_{CONT1} on pienempi kuin kontaktialueen 7 pinta-ala A_{PAD} , ja
- kasvatetaan ainakin kontaktirei'issä 18, 28 olevien kontaktialueiden 7 pinnalle
- 15 välikerros 2, joka sisältää ainakin kolmatta metallia,
- kasvatetaan kerros 32 toista metallia, joka kerros 32 on kontaktissa välikerroksen 2 pinnan kanssa ja ulottuu pitkin valmistettavia johteita 22, ja
- muodostetaan johteet 22 kuvioimalla johdekalvo 12, ja mikäli tarpeen myös johdekalvon 12 pinnalla oleva välikerros 2 ja/tai toista metallia oleva kerros 32.
- 20 Tyypillisessä sovellusmuodossa kontaktiaukot 8 valmistetaan johdekalvoon 12 ennen komponentin 6 kiinnittämistä, jolloin komponentti 6 siis kiinnitetään kontaktiaukoilla varustettuun 8 johdekalvoon 12. Tavallisimmassa tällaisessa sovellusmuodossa kontaktiaukot eivät ulotu kontaktialueiden 7 pinnoille saakka, joten komponentin 6 kiinnittämisen jälkeen vielä avataan kontaktireiät 18, 28 kontaktiaukkojen 8 kautta.
- 25 Yhdessä sovellusmuodossa ensimmäinen metalli on alumiini, toinen metalli on kupari ja kolmas metalli on sinkki. Tällaisessa sovellusmuodossa välikerros 2 voi toki sisältää sinkin lisäksi myös muita metalleja tai metalliseoksia, kuten edellä on käynyt ilmi.

Toisessa sovellusmuodossa ensimmäinen metalli on alumiini, toinen metalli on kupari ja kolmas metalli on nikkeli. Tällaisessa sovellusmuodossa välikerros 2 voi toki sisältää nikkelin lisäksi myös muita metalleja tai metalliseoksia, kuten edellä on käynyt ilmi.

5 Kolmannessa sovellusmuodossa ensimmäinen metalli on kulta, toinen metalli on kupari ja kolmas metalli on nikkeli. Tällaisessa sovellusmuodossa välikerros 2 voi toki sisältää nikkelin lisäksi myös muita metalleja tai metalliseoksia, kuten edellä on käynyt ilmi.

Tavallisimmassa sovellusmuodossa kontaktialueiden 7 materiaali on pääasiallisesti alumiinia ja johteiden materiaali on kuparia ja näiden välillä on jokin edellä esitetyistä välikerrosrakenteista 1–7.

10 Välikerrosrakenteen valmistamisessa käytetään tyypillisesti ainakin yhtä kemiallista kasvatusmenetelmää.

Sovellusmuodot kuvaavat piirimoduulin, joka käsittää

- eristekerroksen 1,
- eristekerroksen 1 sisällä ainakin yhden komponentin 6, joka käsittää kontaktialueita 15 7, joiden materiaali sisältää ensimmäistä metallia,
- eristekerroksen 1 pinnalla johteita 22, jotka käsittävät ainakin ensimmäisen kerroksen 12 ja toisen kerroksen 32 siten, että ainakin toinen kerros 32 sisältää toista metallia, ja
- kontaktielementtejä kontaktialueiden 7 ja johteiden 22 välillä sähköisten kontaktien 20 muodostamista varten, jotka kontaktielementit käsittävät kontaktialueen 7 materiaalin pinnalla välikerroksen 2, joka sisältää kolmatta metallia,
- jossa ensimmäinen, toinen ja kolmas metalli ovat eri metalleja, ja
- välikerroksen 2 ja kontaktialueen 7 välinen kontaktipinta-ala $A_{CONT\ 1}$ on pienempi kuin kontaktialueen 7 pinta-ala A_{PAD} .

25 Yhdessä sovellusmuodossa ensimmäinen metalli on alumiini, toinen metalli on kupari ja kolmas metalli on sinkki. Tällaisessa sovellusmuodossa välikerros 2 voi toki sisältää sinkin lisäksi myös muita metalleja tai metalliseoksia, kuten edellä on käynyt ilmi.

Toisessa sovellusmuodossa ensimmäinen metalli on alumiini, toinen metalli on kupari ja kolmas metalli on nikkeli. Tällaisessa sovellusmuodossa välikerros 2 voi toki sisältää nikkelin lisäksi myös muita metalleja tai metalliseoksia, kuten edellä on käynyt ilmi.

5 Kolmannessa sovellusmuodossa ensimmäinen metalli on kulta, toinen metalli on kupari ja kolmas metalli on nikkeli. Tällaisessa sovellusmuodossa välikerros 2 voi toki sisältää nikkelin lisäksi myös muita metalleja tai metalliseoksia, kuten edellä on käynyt ilmi.

Tavallisimmassa sovellusmuodossa kontaktialueiden 7 materiaali on pääasiallisesti alumiinia ja johteiden materiaali on kuparia ja näiden välillä on jokin edellä esitetyistä välikerrosrakenteista 1–7.

10 Tyypillisessä sovellusmuodossa kontaktielementit käsittävät sähkökemiallisella kasvatusmenetelmällä valmistetun kupariytimen 29, joka sivuseinämien ja komponentin 6 suunnassa rajautuu välikerrokseen 2 ja johteen 22 suunnassa yhdistyy jatkuvasti eli ilman rajapintaa johteen 22 toisen kerroksen 32 materiaaliin. Toisin sanoen kontaktielementin kupariydin 29 ja johteen 22 toisen kerroksen 32 materiaali on
15 valmistettu samassa prosessissa, jolloin osat liittyvät kiinteästi yhteen eikä niiden välillä ole rajapintaa. Johteen ensimmäisen kerroksen 12 ja toisen kerroksen 32 välillä taas on tyypillisesti rajapinta tai vastaava siirrosalue, joka voidaan havaita esimerkiksi metallin kiderakennetta tai epäpuhtauskonsentraatiota analysoimalla.

Yhdessä sovellusmuodossa kontaktielementin ja komponentin kontaktialueen 7 välisen
20 kontaktipinnan leveys W_{CONT} on 0–20 % pienempi kuin kontaktielementin suurin leveys W_{MAX} samassa suunnassa.

Kontaktielementit täyttävät tavallisesti kokonaan kontaktireiät 18, 28 eli kontaktielementit eivät ole onttoja vaan ovat kokonaan johdemateriaalia.

Tavallisesti sovellusmuodoissa pyritään siihen, että kontaktielementin korkeus H on
25 pienempi tai yhtä suuri kuin kontaktielementin suurin leveys W_{MAX} .

Piirimoduulilla on myös sovellusmuotoja, joissa eristekerros 1 sisältää ainakin yhden kerroksen kuitumateriaalia 19, jossa kuitumateriaalissa 19 on aukko komponenttia 6 varten, sekä yhtenäisen polymeerikerroksen, joka on kiinnittynyt kuitumateriaaliin 19 ja komponentteihin 6, 16.

Edellä esitettyjä valmistusmenetelmiä ja niiden osaprosesseja voidaan modifioida monin tavoin. Esimerkiksi edellä kuvattu varsinaisen liiman käyttö komponentin kiinnittämisessä johdekalvoon 12 voidaan korvata muulla adheesiomekanismilla. Yhtenä esimerkkinä mainittakoon adheesio-ominaisuuden omaavan eristekerroksen 13 käyttö johdekalvon 12 pinnalla (vrt. kuvio 1 ja vastaava selitys). Tällöin komponentit 6 painetaan suoraan eristekerrosta 13 vasten siten, että komponentin kiinnittyvät vastaavalla tavalla riittävästi paikoilleen kuin liimaa käyttävän sovellusmuodon yhteydessä kuvataan. Tällainen eristekerros 13 voi sisältää esimerkiksi teippimäisen pinnoitteen tai koostua ainakin pintaosaltaan muovautuvasta polymeerista tai vastaavasta materiaalista.

Menetelmä voidaan toteuttaa myös ilman liiman 5 tai adheesio-ominaisuuden käyttöä. Tällöin komponentit 6 voidaan kiinnittää paikoilleen esimerkiksi mekaanisesti tai alipaineen avulla. Tällöin alipainetta tai vastaavaa väliaikaista kiinnitystä voidaan ylläpitää kunnes komponentti 6 on riittävästi kiinnittynyt paikoilleen eristemateriaalin 1 avulla.

Liitettävä komponentti 6 voi olla esimerkiksi integroitu piiri, kuten muistisiru, prosessori tai ASIC. Liitettävä komponentti voi olla myös esimerkiksi MEMS, LED tai passiivikomponentti. Liitettävä komponentti voi olla koteloitu tai koteloimaton ja sen kontaktiterminaalit voivat koostua kontaktialueista 7, kontaktinystyistä 17 tai vastaavista. Komponentin kontaktialueiden pinnalla voi olla myös varsinaista kontaktinystyä ohuempi johdepinnoite.

Myös eristekerroksen 1 materiaali voidaan valita edellä kuvatuista esimerkeistä poikkeavasti. Eristekerros 1 voidaan valmistaa soveltuvasta polymeeristä tai polymeeriä sisältävästä materiaalista. Eristekerroksen 1 valmistusmateriaali voi olla esimerkiksi nestemäisessä tai esikövetetussa muodossa (kuten prepreg). Eristekerroksen 1 valmistamisessa voidaan käyttää esimerkiksi lasikuituvahvistettua epoksilevyä, kuten FR4- tai FR5-tyyppistä levyä. Muita esimerkkejä materiaaleista, joita voidaan käyttää eristekerroksen 1 valmistamisessa ovat PI (polyimidi), aramidi, polytetrafluorieteeni ja Teflon®. Kertamuovien sijasta tai ohella eristekerroksen 1 valmistamisessa voidaan käyttää hyväksi myös kestumuoveja, esimerkiksi jotakin soveltuvaa LCP-materiaalia (liquid crystal polymer).

Lisäksi alan ammattilaiselle on selvää, että edellä kuvattuja keksinnön piirteitä voidaan käyttää osana suurempaa kokonaisuutta, esimerkiksi siten, että elektroniikkamoduuli valmistetaan osittain tunnetun tekniikan mukaisia menetelmiä käyttäen ja osittain tässä kuvatun keksinnön sovellusmuotoja käyttäen. Edellä esitettyjen elektroniikkamoduulirakenteiden pinnalle tai pinnoille on myös mahdollista valmistaa lisää piirilevykerroksia tai myös liittää komponentteja esimerkiksi pintaliitostekniikalla.

Alan ammattilainen ymmärtää myös sen, että kun tässä dokumentissa viitataan tiettyyn materiaaliin, esimerkiksi alumiiniin, nikkeliin tai kupariin, viittauksella tarkoitetaan materiaalia, joka käyttökohteen kannalta on oleellisesti mainittua materiaalia. Viitattu materiaali voi siis mainitun pääasiallisen ainesosansa lisäksi sisältää käyttökohteen kannalta epäoleellisia määriä epäpuhtauksia ja muita ainesosia. Esimerkiksi alumiininen kontaktialue on tavallisesti materiaalia, joka sisältää tyypillisesti vähintään 95 % alumiinia.

Kun taas viitataan materiaalin sisältävän jotakin tiettyä ainesosaa, tällä tarkoitetaan sitä, että materiaali sisältää mainittua ainesosaa käyttökohteen kannalta oleellisen suuren pitoisuuden. Lisäksi materiaali voi sisältää oleellisia tai epäoleellisia määriä muita ainesosia. Esimerkiksi sinkkiä sisältävä kerros sisältää siis sellaisen määrän sinkkiä, jotta tällä on merkitystä alumiinin ja seuraavan metallin välisen kontaktin ominaisuuksien kannalta.

Edellä esitetyt esimerkit kuvaavat joitakin mahdollisia menetelmiä ja rakenteita, joiden avulla keksintöämme voidaan käyttää hyväksi. Keksintömme ei kuitenkaan rajoitu vain edellä esitettyihin esimerkkeihin ja sovellusmuotoihin, vaan keksintö kattaa lukuisia muitakin menetelmiä ja rakenteita, patenttivaatimusten täydessä laajuudessa ja ekvivalenssitulkinta huomioon ottaen.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä piirimoduulin valmistamiseksi, jossa menetelmässä

otetaan johdekalvo (12),

5 otetaan komponentti (6), joka käsittää kontaktialueita (7), joiden materiaali sisältää ensimmäistä metallia,

kiinnitetään komponentti (6) johdekalvoon (12) polymeerikerroksen (25) välityksellä,

10 valmistetaan johdekalvoon (12) kiinnitetyn komponentin (6) ympärille eristekerros (1),

valmistetaan polymeerikerrokseen (25) kontaktialueiden (7) kohdille kontaktireiät (18, 28) siten, että kunkin kontaktireiän (18, 28) ja vastaavan kontaktialueen (7) välinen kontaktipinta-ala (A_{CONT1}) on pienempi kuin kontaktialueen (7) pinta-ala (A_{PAD}), ja

15 kasvatetaan ainakin kontaktirei'issä (18, 28) olevien kontaktialueiden (7) pinnalle välikerros (2), joka sisältää ainakin kolmatta metallia,

kasvatetaan kerros (32) toista metallia, joka kerros (32) on kontaktissa välikerroksen (2) pinnan kanssa ja ulottuu pitkin valmistettavia johteita (22), ja

muodostetaan johteet (22) kuvioimalla johdekalvo (12), ja mikäli tarpeen myös johdekalvon (12) pinnalla oleva välikerros (2) ja/tai toista metallia oleva kerros (32),

20 t u n n e t t u siitä, että

johdekalvoon (12) valmistetaan kontaktiaukot (8) kontaktielementtien valmistamista varten, ja

kontaktireiän syvyys (H) on pienempi tai yhtä suuri kuin kontaktireiän suurin leveys (W_{MAX}).

25

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että
- kontakti aukot (8) valmistetaan ennen komponentin (6) kiinnittämistä,
- komponentti (6) kiinnitetään kontakti aukoilla varustettuun (8) johdekalvoon (12),
- ja
- 5 komponentin (6) kiinnittämisen jälkeen avataan kontaktireiät (18, 28) kontakti aukkojen (8) kautta.
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kontaktireiät (18, 28) avataan kontakti aukkojen (8) kautta CO₂-laserilla, jolloin johdekalvoa (12) käytetään maskina.
- 10 4. Jonkin patenttivaatimuksen 1–3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että ensimmäinen metalli on alumiini, toinen metalli on kupari ja kolmas metalli sisältää ainakin yhden metalleista sinkki ja nikkeli.
5. Jonkin patenttivaatimuksen 1–3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että ensimmäinen metalli on kulta, toinen metalli on kupari ja kolmas metalli on nikkeli.
- 15 6. Jonkin patenttivaatimuksen 1–4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että välikerros (2) käsittää sinkkiä sisältävän kerroksen (33), joka valmistetaan kaksinkertaisella sinkkaattiprosessilla.
7. Jonkin patenttivaatimuksen 1–6 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että välikerros (2) käsittää nikkeliä sisältävän kerroksen (34), joka valmistetaan kemiallisella
- 20 nikkelinkasvatusmenetelmällä.
8. Jonkin patenttivaatimuksen 1–7 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että välikerros (2) käsittää kuparia sisältävän kerroksen (35), joka valmistetaan kemiallisella kuparinkasvatusmenetelmällä
9. Jonkin patenttivaatimuksen 1–8 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että
- 25 eristeros (1) valmistetaan siten, että
- otetaan ainakin yksi kuitumateriaalia (19) ja esikövetettua polymeeriä sisältävä eristekalvo (11),

valmistetaan kuhunkin kuitumateriaalia (19) sisältävään eristekalvoon (11) reikäkomponenttia (6) varten, ja

laminoidaan eristekalvo (11) tai eristekalvot (11) yhteen johdekalvon (12) ja siihen liittyvien rakenteiden kanssa.

5 10. Jonkin patenttivaatimuksen 1–9 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että johdekalvon (12) pinta, jolle komponentti (6) kiinnitetään, käsittää yhtenäisen eristekerroksen (13).

11. Jonkin patenttivaatimuksen 1–10 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että komponentin (6) ja johdekalvon (12) väliin sijoitetaan korotuspala (15).

10 12. Jonkin patenttivaatimuksen 1–11 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että piirimoduuliin sijoitetaan komponentin (6) lisäksi ainakin yksi toinen komponentti (16) siten, että ensimmäisen ja toisen komponentin kiinnitystavat eroavat toisistaan polymeerikerrosten (25) ainakin yhden ominaisuuden osalta.

15 13. Jonkin patenttivaatimuksen 1–12 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että kiinnitettävä komponentti (6) on nystytön komponentti.

14. Piirimoduuli, joka käsittää

eristekerroksen (1),

eristekerroksen (1) sisällä ainakin yhden komponentin (6), joka käsittää kontaktialueita (7), joiden materiaali sisältää ensimmäistä metallia,

20 eristekerroksen (1) pinnalla johteita (22), jotka käsittävät ainakin ensimmäisen kerroksen (12) ja toisen kerroksen (32) siten, että ainakin toinen kerros (32) sisältää toista metallia, ja

25 kontaktielementtejä kontaktialueiden (7) ja johteiden (22) välillä sähköisten kontaktien muodostamista varten, jotka kontaktielementit käsittävät kontaktialueen (7) materiaalin pinnalla välikerroksen (2), joka sisältää kolmatta metallia,

jossa ensimmäinen, toinen ja kolmas metalli ovat eri metalleja, ja

välikerroksen (2) ja kontaktialueen (7) välinen kontaktipinta-ala ($A_{CONT\ 1}$) on pienempi kuin kontaktialueen (7) pinta-ala (A_{PAD}),

t u n n e t t u siitä, että kontaktielementin korkeus (H) on pienempi tai yhtä suuri kuin kontaktielementin suurin leveys (W_{MAX}).

5 15. Patenttivaatimuksen 14 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että ensimmäinen metalli on alumiini, toinen metalli on kupari ja kolmas metalli on ainakin yksi metalleista sinkki ja nikkeli.

16. Patenttivaatimuksen 14 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että ensimmäinen metalli on kulta, toinen metalli on kupari ja kolmas metalli on nikkeli.

10 17. Patenttivaatimuksen 14 tai 15 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että kontaktialueiden (7) materiaali on pääasiallisesti alumiinia.

18. Patenttivaatimuksen 14, 15 tai 17 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että välikerros (2) käsittää sinkkiä sisältävän kerroksen (33).

15 19. Patenttivaatimuksen 18 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että välikerros (2) käsittää sinkkiä sisältävän kerroksen (33) lisäksi ainakin yhden toisen välimetallikerroksen (34, 35).

20. Patenttivaatimuksen 19 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että ainakin yksi toinen välimetallikerros (35) on kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettua kuparia.

20 21. Patenttivaatimuksen 20 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että välimetallikerros (2) käsittää sinkkiä sisältävän kerroksen (33) ja kuparikerroksen (35) välissä ainakin yhden kerroksen (34) nikkeliä ja/tai nikkelin ja alumiinin seosta.

22. Jonkin patenttivaatimuksen 18–21 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että sinkkiä sisältävä kerros sisältää sinkkiä, kuparia, nikkeliä ja rautaa.

25 23. Jonkin patenttivaatimuksen 14–22 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että osa välikerroksesta (2) ulottuu kontaktielementtien sivuseinämiä pitkin kontaktialueiden (7) ja johteiden (22) välillä.

24. Patenttivaatimuksen 23 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että kontaktielementit käsittävät sähkökemiallisella kasvatusmenetelmällä valmistetun

kupariytimen (29), joka sivuseinämien ja komponentin (6) suunnassa rajautuu välikerrokseen (2) ja johteen (22) suunnassa yhdistyy jatkuvasti eli ilman rajapintaa johteen (22) toisen kerroksen (32) materiaaliin.

5 25. Patenttivaatimuksen 23 tai 24 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että välikerroksen (2) kontaktielementtien sivuseinämiä pitkin ulottuva osa (37) sisältää kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettua kuparia tai kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettua nikkeliä.

26. Jonkin patenttivaatimuksen 14–25 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että johteet (32) käsittävät

10 eristekerroksen (1) pinnalla ensimmäisen kerroksen (12) kuparia, ja ensimmäisen kuparikerroksen pinnalla toisen kerroksen (32) kuparia.

27. Jonkin patenttivaatimuksen 14–25 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että johteet (32) käsittävät

15 eristekerroksen (1) pinnalla ensimmäisen kerroksen (12) kuparia, ensimmäisen kuparikerroksen pinnalla välikerroksen (2), ja välikerroksen pinnalla toisen kerroksen (32) kuparia.

28. Patenttivaatimuksen 27 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että ensimmäisen ja toisen kuparikerroksen välissä oleva välikerroksen (2) osa käsittää kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettua kuparia tai kemiallisella kasvatusmenetelmällä kasvatettua nikkeliä.

20

29. Jonkin patenttivaatimuksen 14–28 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että kontaktielementin ja komponentin kontaktialueen (7) välisen kontaktipinnan leveys (W_{CONT}) on 0–20 % pienempi kuin kontaktielementin suurin leveys (W_{MAX}) samassa suunnassa.

25 30. Jonkin patenttivaatimuksen 14–29 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että

eristekerros (1) sisältää ainakin yhden kerroksen kuitumateriaalia (19), jossa kuitumateriaalissa (19) on aukko komponenttia (6) varten, sekä yhtenäisen polymeerikerroksen, joka on kiinnittynyt kuitumateriaaliin (19) ja komponenttiin (6).

5 31. Jonkin patenttivaatimuksen 14–30 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että se käsittää johteiden (22) ja komponentin (6) välissä polymeerikerroksen (25), jossa on kontaktireiät (18, 28) kontaktielementtejä varten, ja jossa kontaktielementit täyttävät kokonaan kontaktireiät (18, 28).

10 32. Patenttivaatimuksen 31 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että johteiden (22) ja komponentin (6) välissä oleva polymeerikerros (25) käsittää ensimmäisen (15) ja toisen polymeerikerroksen (5), jossa ensimmäinen polymeerikerros (15) on ensimmäistä polymeeriä ja toinen polymeerikerros (5) on kovettunutta liimaa.

33. Patenttivaatimuksen 32 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että ensimmäinen polymeerikerros (15) ja toinen polymeerikerros (5) ovat paikallisia siten, että ne ovat läsnä ainoastaan oleellisesti komponentin (6) kohdalla.

15 34. Jonkin patenttivaatimuksen 14–33 mukainen piirimoduuli, t u n n e t t u siitä, että komponentti käsittää passivointikerroksen (9) komponentin pinnalla ja kontaktialueet (7) sijaitsevat passivointikerroksessa (9) olevien avausten sisällä, jolloin välikerros (2) ulottuu passivointikerroksessa (9) olevan avauksen läpi.

20

Patentkrav:

1. Förfarande för tillverkning av en kretsmodul, vid vilket förfarande
 en ledarfilm (12) väljs,
 en komponent (6) väljs, som omfattar kontaktområden (7), vilkas material in-
 5 nehåller en första metall,
 komponenten (6) fästs vid ledarfilmen (12) medelst ett polymerskikt (25),
 ett isoleringsskikt (1) tillverkas kring den vid ledarfilmen (12) fästa kom-
 ponenten (6),
 kontakthål (18, 28) upptas i polymerskiktet (25) vid positionerna för kontakt-
 10 områdena (7) på så sätt, att kontaktytan ($A_{CONT\ I}$) mellan varje kontakthål (18, 28)
 och motsvarande kontaktområde (7) är mindre än kontaktområdets (7) yta (A_{PAD}),
 och
 ett mellanskikt (2) odlas åtminstone på ytan av kontaktområdena (7) i kon-
 takthålen (18, 28), vilket mellanskikt innehåller åtminstone en tredje metall,
 15 ett skikt (32) av en andra metall odlas, vilket skikt (32) är i kontakt med
 mellanskiktets (2) yta och sträcker sig utmed de ledare (22) som tillverkas, och
 ledare (22) bildas genom konfiguration av ledarfilmen (12) och, såvida det
 behövs, även mellanskiktet (2) på ytan av ledarfilmen (12) och/eller skiktet (32) av
 en andra metall,
 20 k ä n n e t e c k n a t av att
 i ledarfilmen (12) utformas kontaktöppningar (8) för tillverkning av kontakt-
 element, och
 kontakthålets djup (H) är lägre eller det samma som kontakthålets maximala
 bredd (W_{MAX}).
 25 2. Förfarande i enlighet med patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att

kontaktöppningarna (8) utformas innan komponenten (6) fästs,

komponenten (6) fästs vid ledarfilmen (12), som är försedd med kontaktöppningar (8), och

5 efter fästningen av komponenten (6) öppnas kontakthålen (18, 28) via kontaktöppningarna (8).

3. Förfarande i enlighet med patentkrav 2, k ä n n e t e c k n a t av att kontakthålen (18, 28) öppnas via kontaktöppningarna (8) medelst en CO₂-laser, varvid ledarfilmen (12) används som en mask.

10 4. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 – 3, k ä n n e t e c k n a t av att den första metallen utgörs av aluminium, den andra metallen av koppar och den tredje metallen innehåller åtminstone en av metallerna zink och nickel.

5. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 – 3, k ä n n e t e c k n a t av att den första metallen utgörs av guld, den andra metallen av koppar och den tredje metallen av nickel.

15 6. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 – 4, k ä n n e t e c k n a t av att mellanskiktet (2) omfattar ett zinkinnehållande skikt (33), som tillverkas medelst en dubbel zinkatprocess.

20 7. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 – 6, k ä n n e t e c k n a t av att mellanskiktet (2) omfattar ett nickelinnehållande skikt (34), som tillverkas medelst ett kemiskt nickelodlingsförfarande.

8. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 – 7, k ä n n e t e c k n a t av att mellanskiktet (2) omfattar ett kopparinnehållande skikt (35), som tillverkas medelst ett kemiskt kopparodlingsförfarande.

25 9. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 – 8, k ä n n e t e c k n a t av att isoleringsskiktet (1) tillverkas på så sätt, att

åtminstone en isoleringsfilm (11) innehållande ett fibermaterial (19) och en förhärdad polymer väljs,

ett hål för komponenten (6) upptas i varje isoleringsfilm (11) innehållande ett fibermaterial (19), och

5 isoleringsfilmen (11) eller isoleringsfilmerna (11) lamineras samman med ledarfilmen (12) och därtill anslutna strukturer.

10. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 – 9, k ä n n e t e c k n a t av att ledarfilmens (12) yta, vid vilken komponenten (6) fästs, omfattar ett enhetligt isoleringsskikt (13).

10 11. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 – 10, k ä n n e t e c k n a t av att en avståndsbricka (15) anordnas mellan komponenten (6) och ledarfilmen (12).

12. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 – 11, k ä n n e t e c k n a t av att, förutom komponenten (6), åtminstone en annan komponent (16) anordnas i kretsmodulen på så sätt, att den första och den andra komponentens fästningssätt
15 avviker från varandra i fråga om åtminstone en egenskap hos polymerskikten (25).

13. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 – 12, k ä n n e t e c k n a t av att den komponent (6) som skall fästas utgörs av en komponent utan knotttror.

14. Kretsmodul, omfattande

ett isoleringsskikt (1),

20 åtminstone en komponent (6) inne i isoleringsskiktet (1), vilken komponent omfattar kontaktområden (7), vilkas material innehåller en första metall,

ledare (22) på ytan av isoleringsskiktet (1), vilka omfattar åtminstone ett första skikt (12) och ett andra skikt (32) på så sätt, att åtminstone det andra skiktet (32) innehåller en andra metall, och

kontaktelement mellan kontaktområdena (7) och ledarna (22) för att bilda elektriska kontakter, vilka kontaktelement omfattar ett mellanskikt (2), som innehåller en tredje metall, på ytan av kontaktområdets (7) material,

5 varvid den första, den andra och den tredje metallen utgörs av olika metaller, och

kontaktytan (A_{CONT}) mellan mellanskiktet (2) och kontaktområdet (7) är mindre än kontaktområdets (7) yta (A_{PAD}),

k ä n n e t e c k n a d av att kontaktelementets höjd (H) är lägre än eller den samma som kontaktelementets maximala bredd (W_{MAX}).

10 15. Kretsmodul i enlighet med patentkrav 14, k ä n n e t e c k n a d av att den första metallen utgörs av aluminium, den andra metallen av koppar och den tredje metallen innehåller åtminstone en av metallerna zink och nickel.

15 16. Kretsmodul i enlighet med patentkrav 14, k ä n n e t e c k n a d av att den första metallen utgörs av guld, den andra metallen av koppar och den tredje metallen av nickel.

17. Kretsmodul i enlighet med patentkrav 14 eller 15, k ä n n e t e c k n a d av att kontaktområdenas (7) material utgörs huvudsakligen av aluminium.

18. Kretsmodul i enlighet med patentkrav 14, 15 eller 17, k ä n n e t e c k n a d av att mellanskiktet (2) omfattar ett zinkinnehållande skikt (33).

20 19. Kretsmodul i enlighet med patentkrav 18, k ä n n e t e c k n a d av att mellanskiktet (2) omfattar, förutom det zinkinnehållande skiktet (33), åtminstone ett andra mellanmetallskikt (34, 35).

25 20. Kretsmodul i enlighet med patentkrav 19, k ä n n e t e c k n a d av att det åtminstone ena andra mellanmetallskiktet (35) utgörs av koppar odlad medelst ett kemiskt odlingsförfarande.

21. Kretsmodul i enlighet med patentkrav 20, k ä n n e t e c k n a d av att mellanmetallskiktet (2) omfattar åtminstone ett skikt (34) av nickel och/eller en blandning av nickel och aluminium mellan det zinkinnehållande skiktet (33) och kopparskiktet (35).
- 5 22. Kretsmodul i enlighet med något av patentkraven 18 – 21, k ä n n e t e c k n a d av att det zinkinnehållande skiktet innehåller zink, koppar, nickel och järn.
23. Kretsmodul i enlighet med något av patentkraven 14 – 22, k ä n n e t e c k n a d av att en del av mellanskiktet (2) sträcker sig utmed kontaktelementens sidoväggar mellan kontaktområdena (7) och ledarna (22).
- 10 24. Kretsmodul i enlighet med patentkrav 23, k ä n n e t e c k n a d av att kontaktelementen omfattar en medelst ett elektrokemiskt odlingsförfarande tillverkad kopparkärna (29), som i riktningen för sidoväggarna och komponenten (6) begränsas av mellanskiktet (2), och i riktningen för ledaren (22) ansluts kontinuerligt, d.v.s. utan gränssyta, till materialet hos ledarens (22) andra skikt (32).
- 15 25. Kretsmodul i enlighet med patentkrav 23 eller 24, k ä n n e t e c k n a d av att den del (37) av mellanskiktet (2) som sträcker sig utmed kontaktelementens sidoväggar innehåller koppar odlad medelst ett kemiskt odlingsförfarande eller nickel odlad medelst ett kemiskt odlingsförfarande.
- 20 26. Kretsmodul i enlighet med något av patentkraven 14 – 25, k ä n n e t e c k n a d av att ledarna (32) omfattar
- ett första skikt (12) av koppar på ytan av isoleringsskiktet (1), och
- ett andra skikt (32) av koppar på ytan av det första kopparskiktet.
- 25 27. Kretsmodul i enlighet med något av patentkraven 14 – 25, k ä n n e t e c k n a d av att ledarna (32) omfattar
- ett första skikt (12) av koppar på ytan av isoleringsskiktet (1),

ett mellanskikt (2) på ytan av det första kopparskiktet, och

ett andra skikt (32) av koppar på ytan av mellanskiktet.

28. Kretsmodul i enlighet med patentkrav 27, k ä n n e t e c k n a d av att mellanskiktets (2) del mellan det första och andra kopparskiktet omfattar koppar
5 odlad medelst ett kemiskt odlingsförfarande eller nickel odlad medelst ett kemiskt odlingsförfarande.
29. Kretsmodul i enlighet med något av patentkraven 14 – 28, k ä n n e - t e c k n a d av att bredden (W_{CONT}) av kontaktytan mellan kontaktelementet och komponentens kontaktområde (7) är 0–20 % mindre än kontaktelementets maximala
10 bredd (W_{MAX}) i samma riktning.
30. Kretsmodul i enlighet med något av patentkraven 14 – 29, k ä n n e - t e c k n a d av att isoleringsskiktet (1) innehåller åtminstone ett skikt fibermaterial (19), vari fibermaterialet (19) uppvisar en öppning för komponenten (6), samt ett enhetligt polymerskikt, som är fäst vid fibermaterialet (19) och komponenten (6).
- 15 31. Kretsmodul i enlighet med något av patentkraven 14 – 30, k ä n n e - t e c k n a d av att den omfattar ett polymerskikt (25) mellan ledarna (22) och komponenten (6), vilket polymerskikt uppvisar kontakthål (18, 28) för kontaktelementen, och vari kontaktelementen fullständigt fyller kontakthålen (18, 28).
- 20 32. Kretsmodul i enlighet med patentkrav 31, k ä n n e t e c k n a d av att polymerskiktet (25) mellan ledarna (22) och komponenten (6) omfattar ett första (15) och ett andra polymerskikt (5), vari det första polymerskiktet (15) utgörs av en första polymer och det andra polymerskiktet (5) utgörs av härdat lim.
- 25 33. Kretsmodul i enlighet med patentkrav 32, k ä n n e t e c k n a d av att det första polymerskiktet (15) och det andra polymerskiktet (5) är lokala på så sätt, att de existerar väsentligen endast vid komponenten (6).
34. Kretsmodul i enlighet med något av patentkraven 14 – 33, k ä n n e - t e c k n a d av att komponenten omfattar ett passiveringsskikt (9) på ytan av

komponenten och kontaktområdena (7) är belägna inne i öppningar i passiverings-skiktet (9), varvid mellanskiktet (2) sträcker sig genom öppningen i passiverings-skiktet (9).

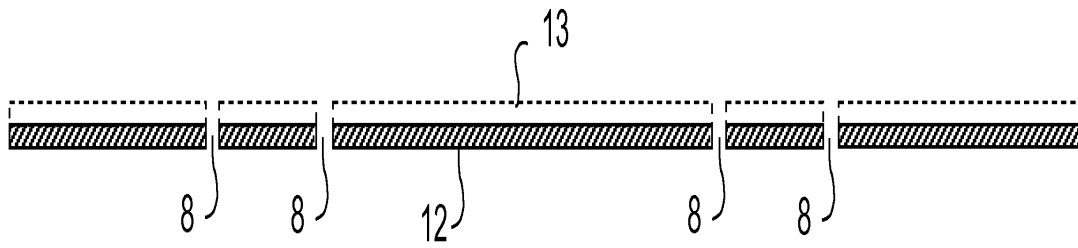


Fig. 1

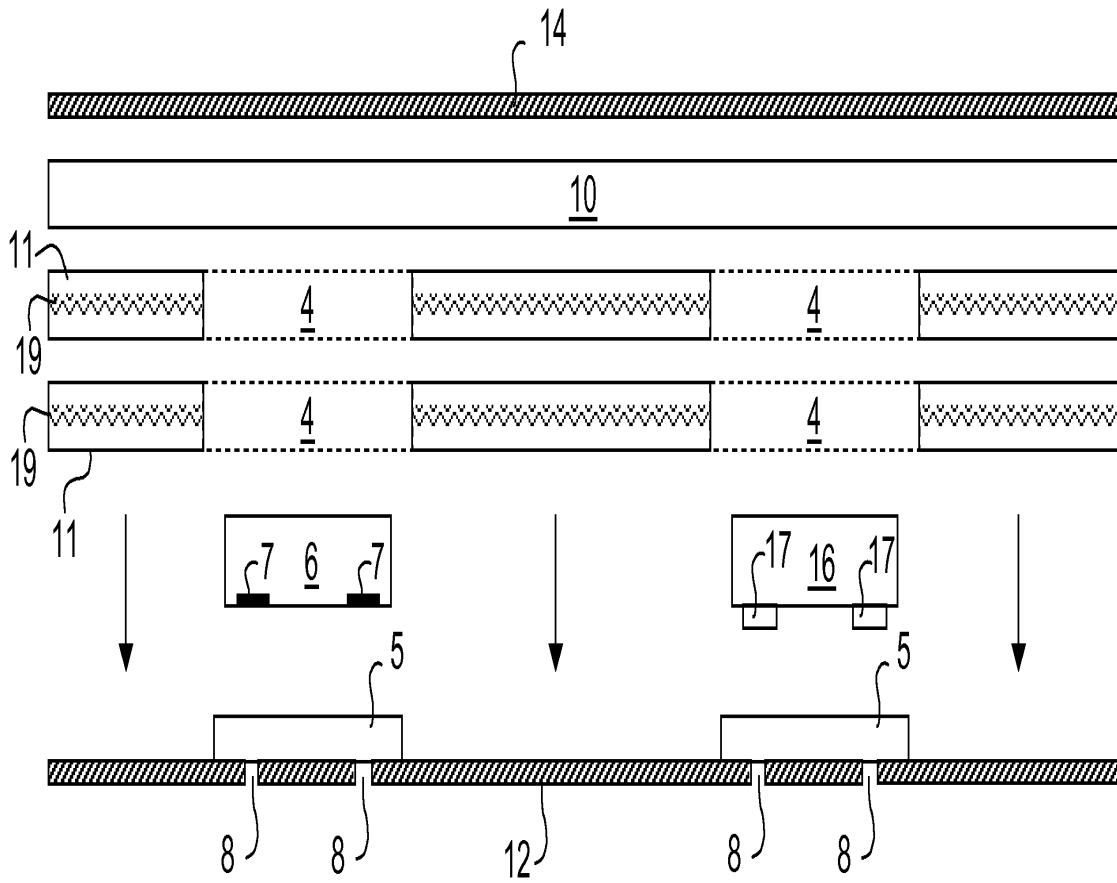


Fig. 2

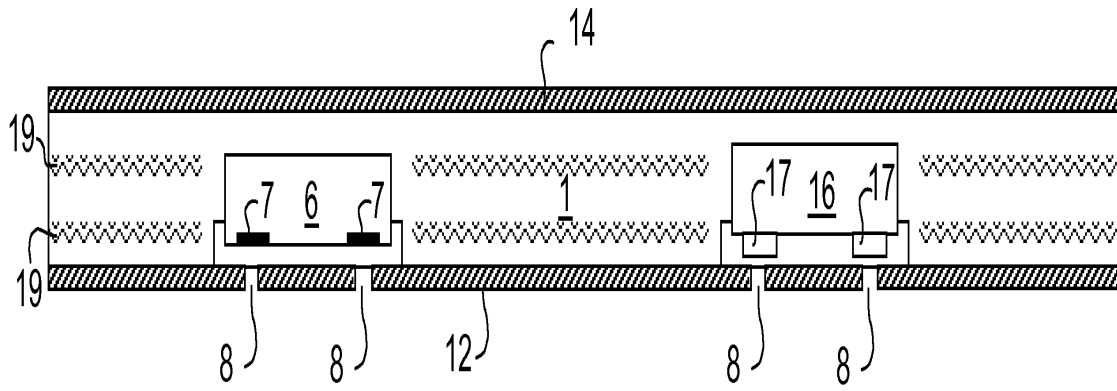


Fig. 3

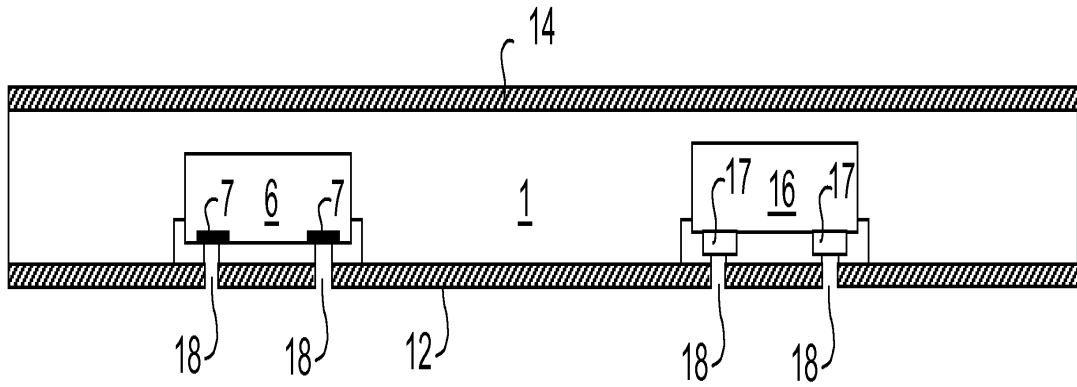


Fig. 4

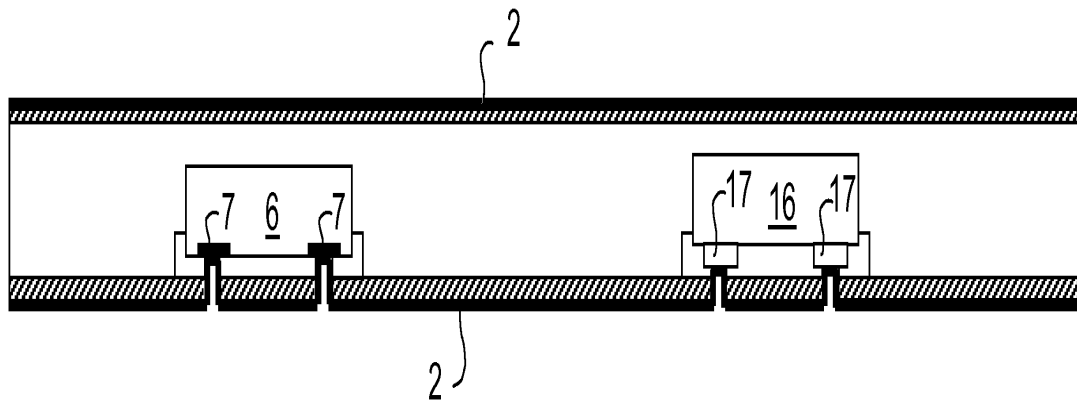


Fig. 5

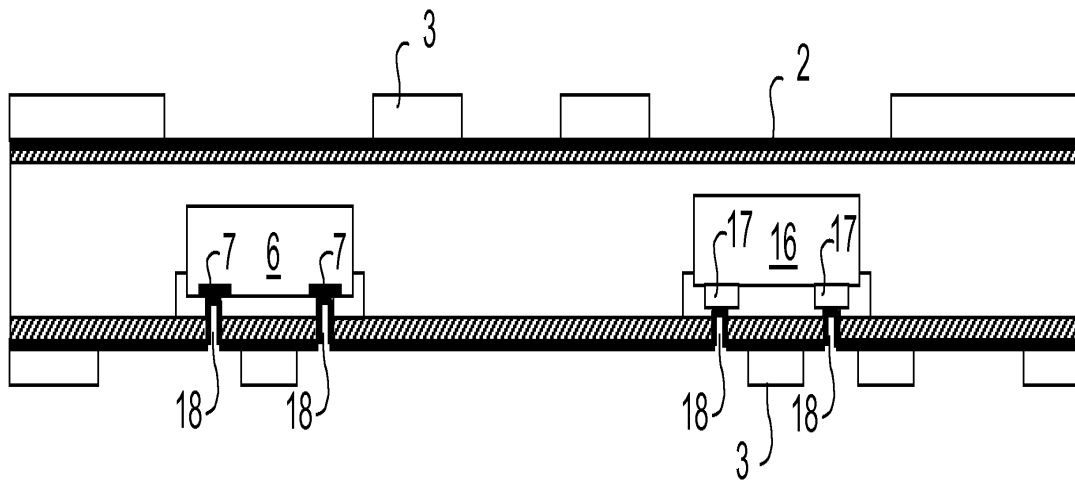


Fig. 6

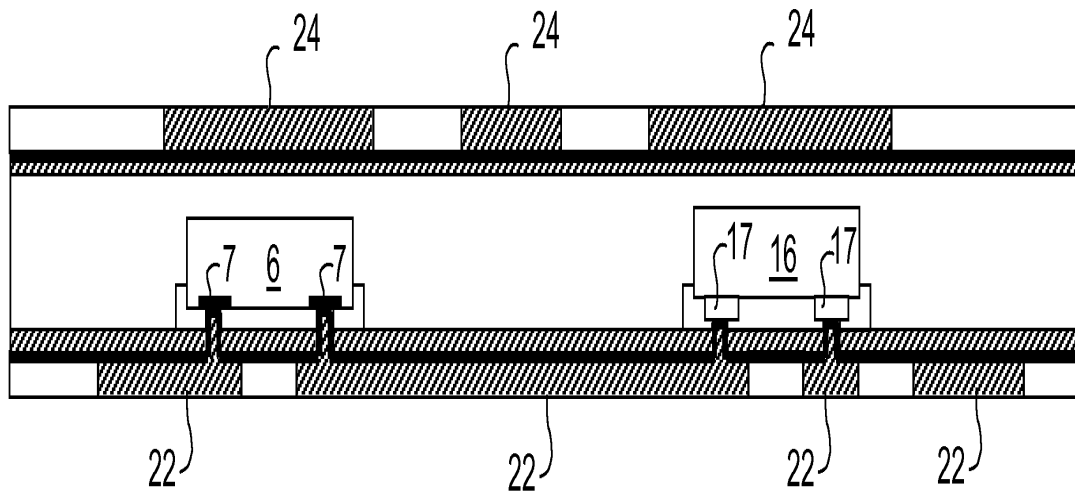


Fig. 7

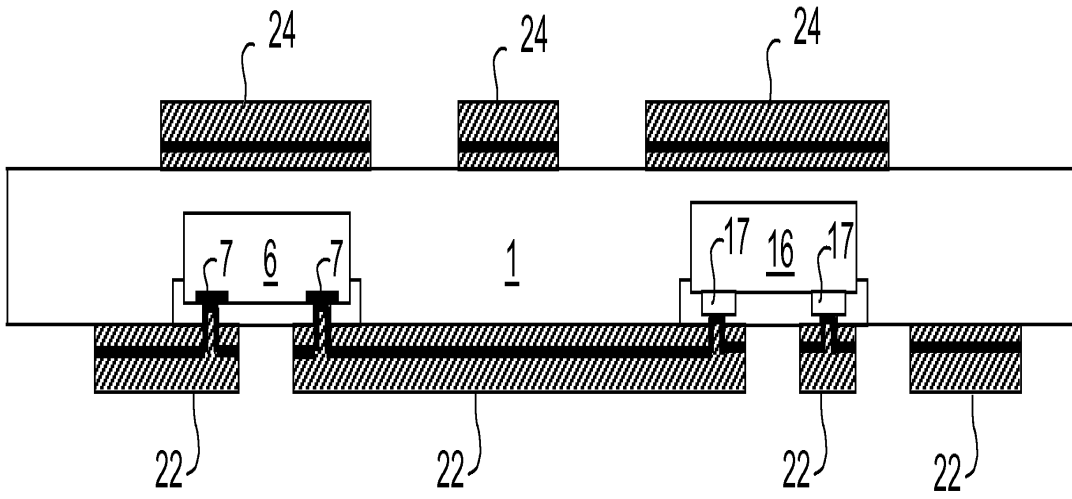


Fig. 8

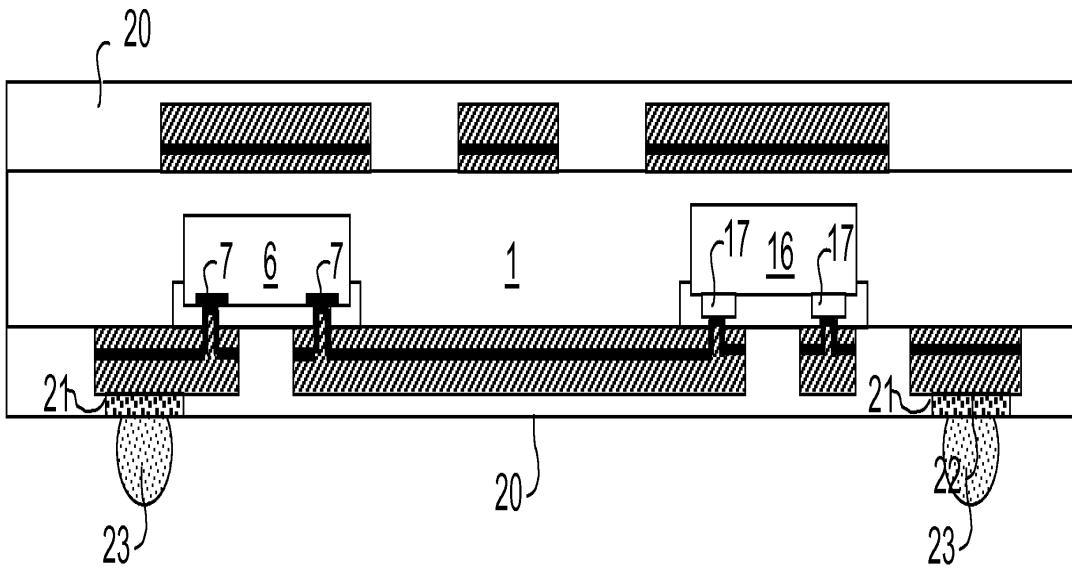


Fig. 9

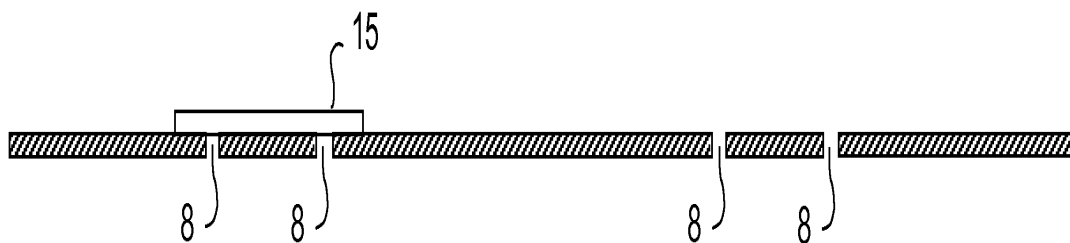
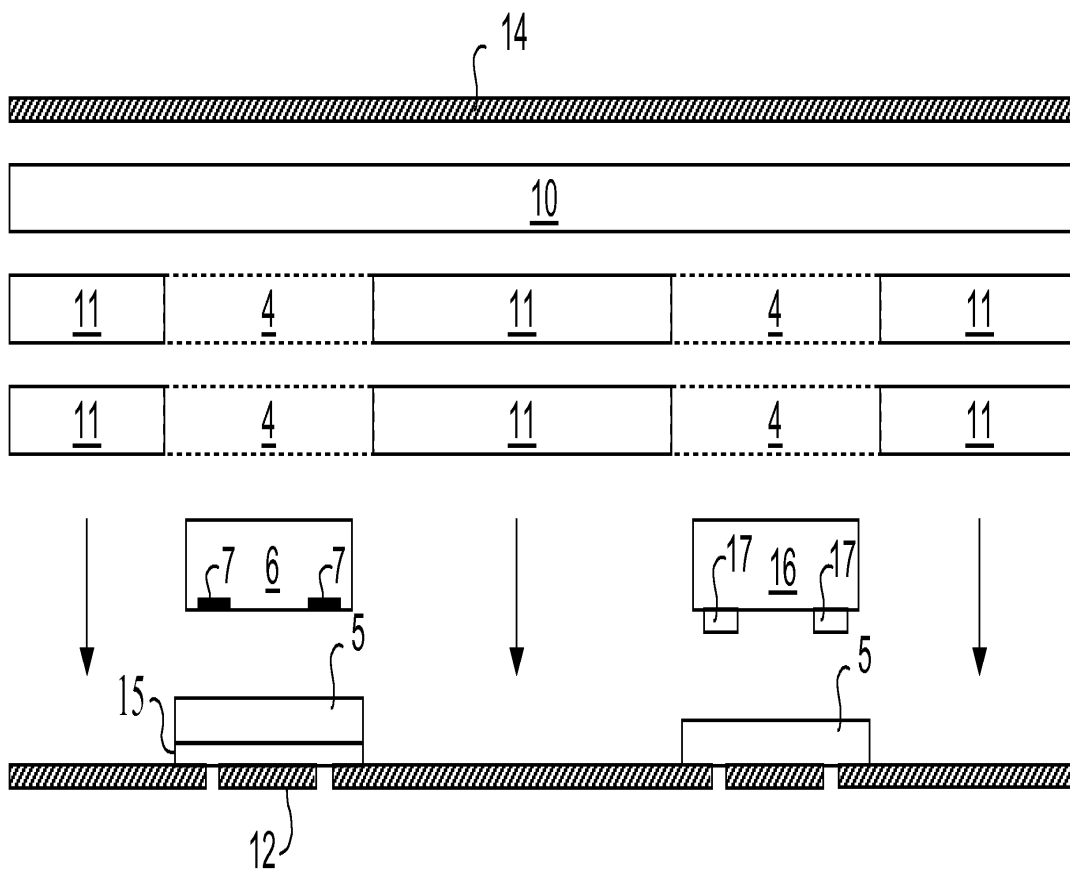


Fig. 10



S1/S

Fig. 11

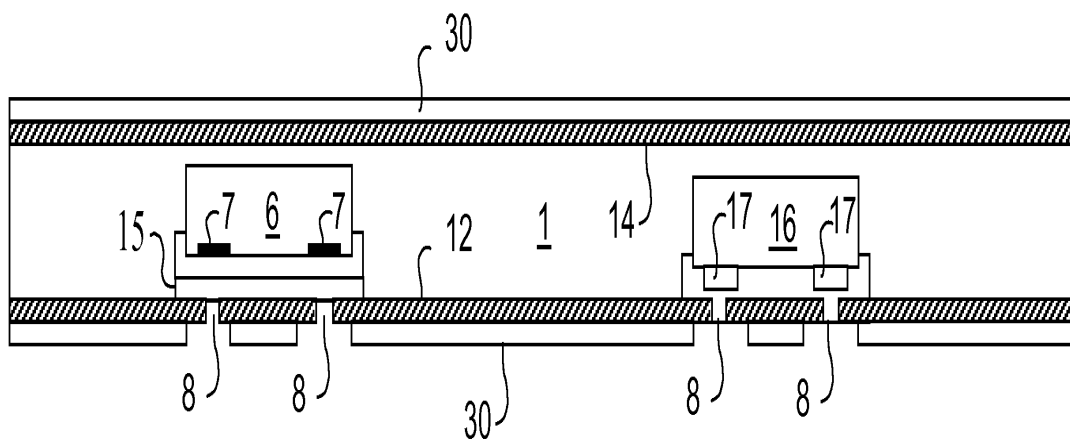


Fig. 12

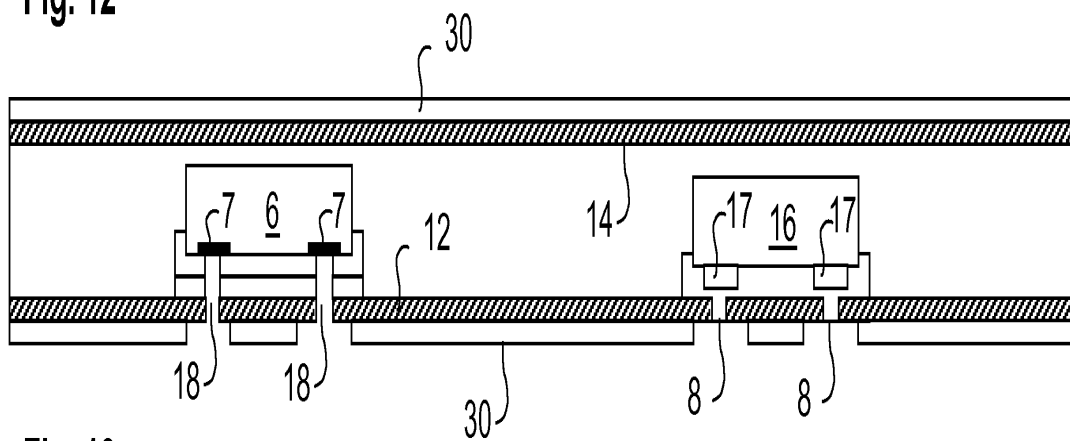


Fig. 13

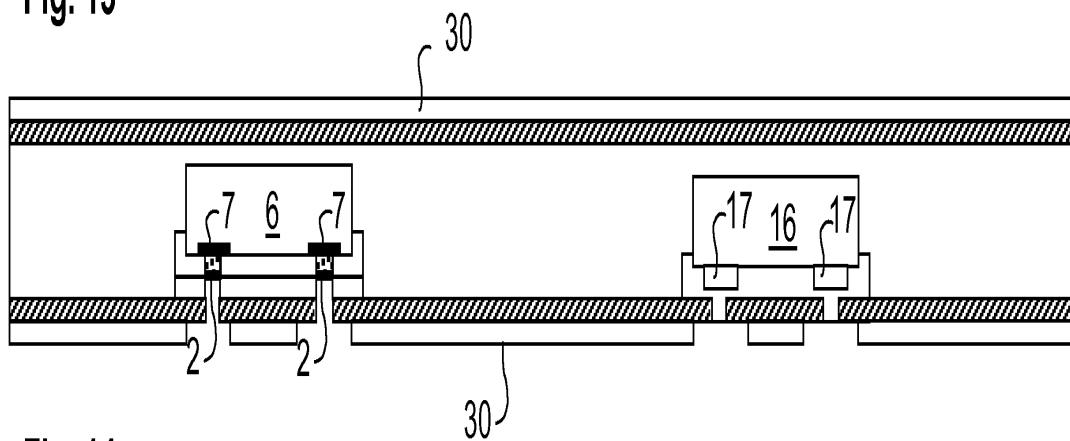


Fig. 14

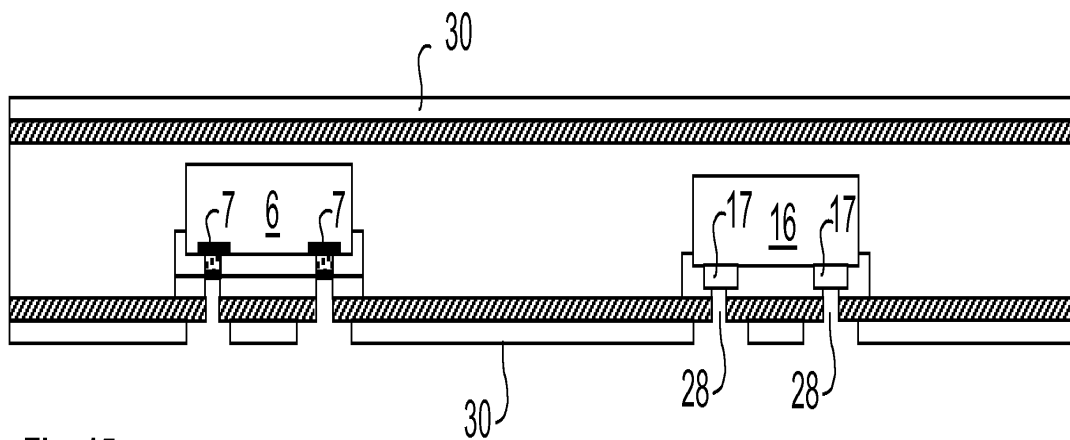


Fig. 15

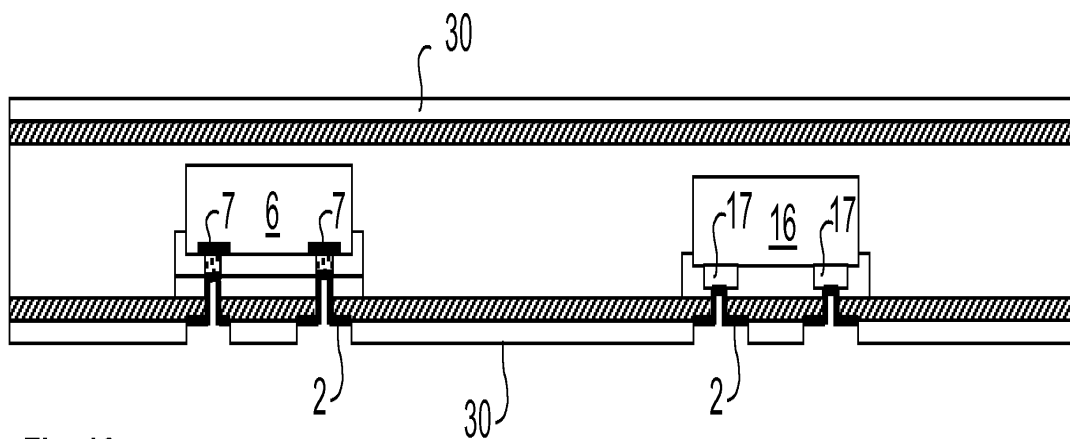


Fig. 16

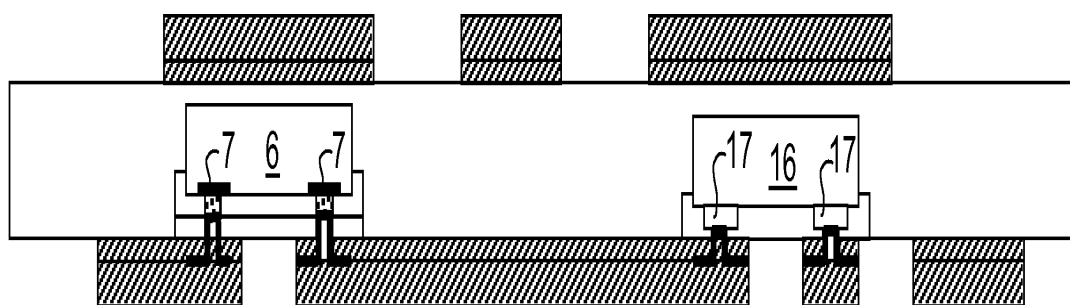


Fig. 17

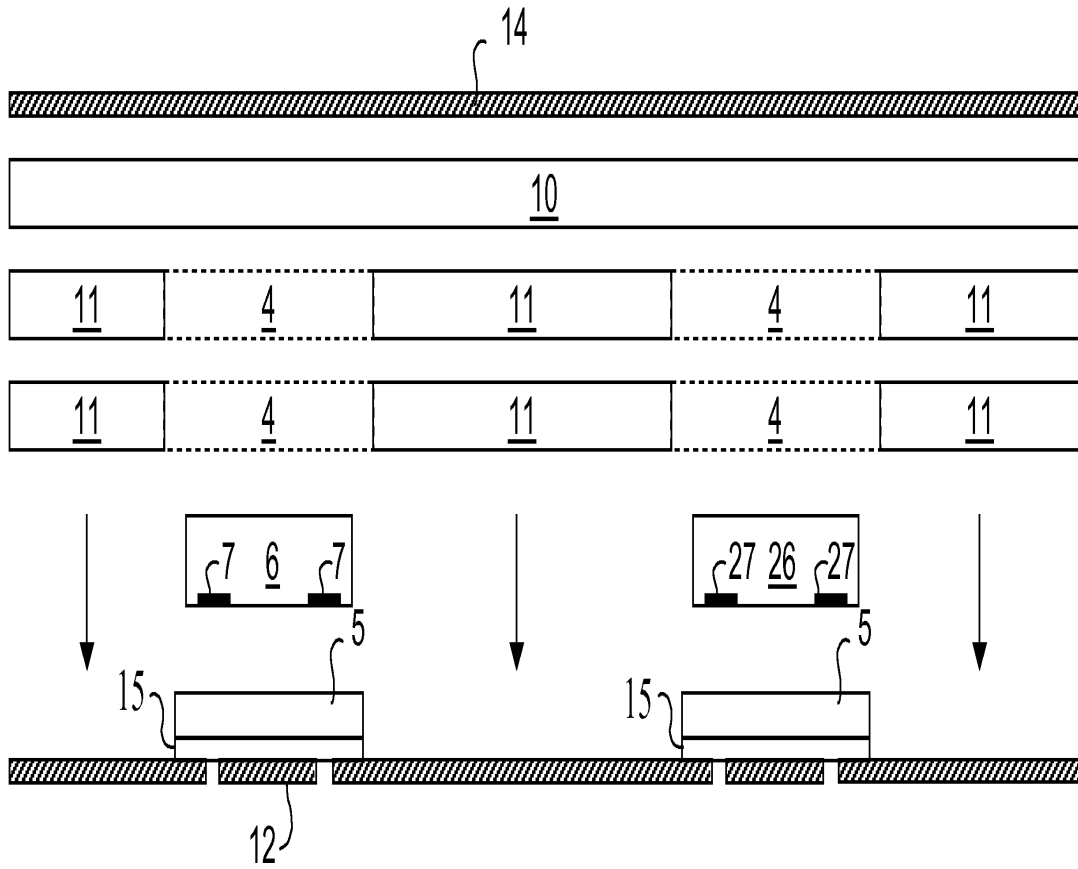


Fig. 18

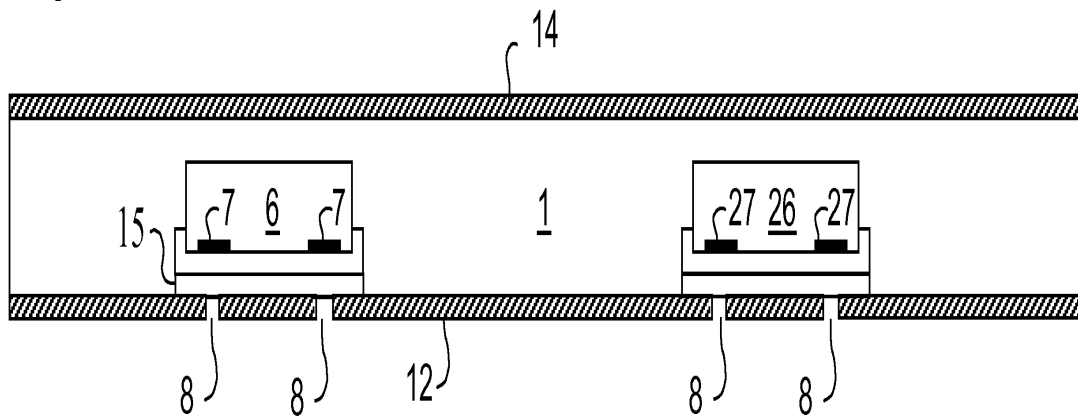


Fig. 19

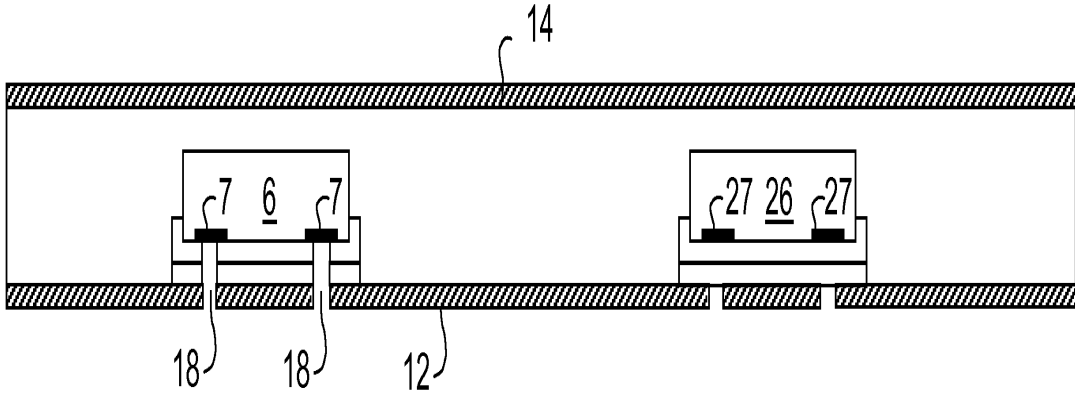


Fig. 20

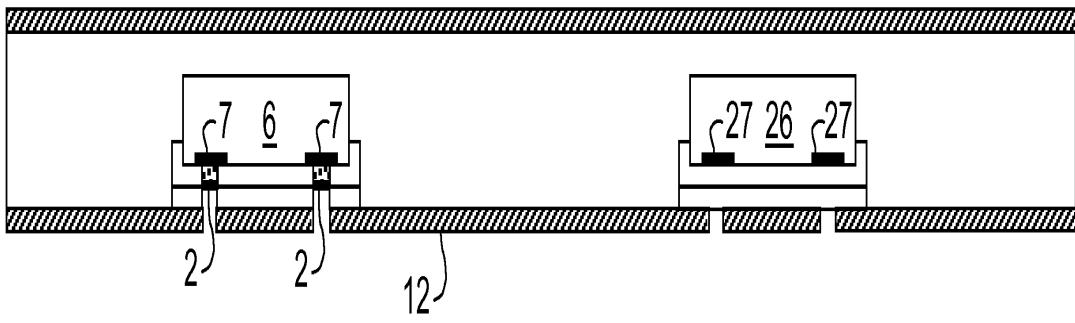


Fig. 21

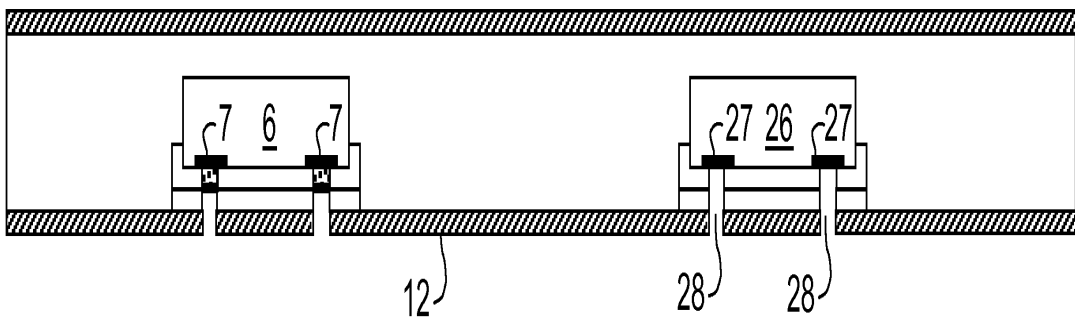


Fig. 22

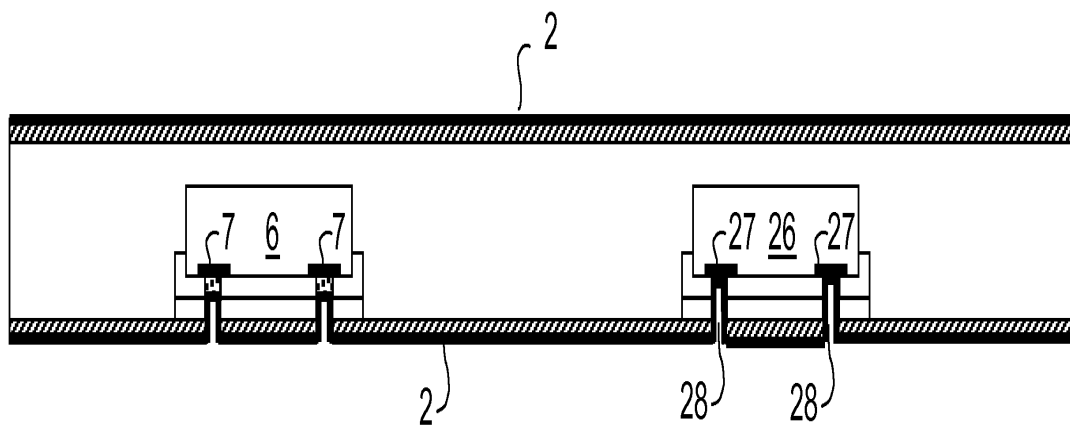


Fig. 23

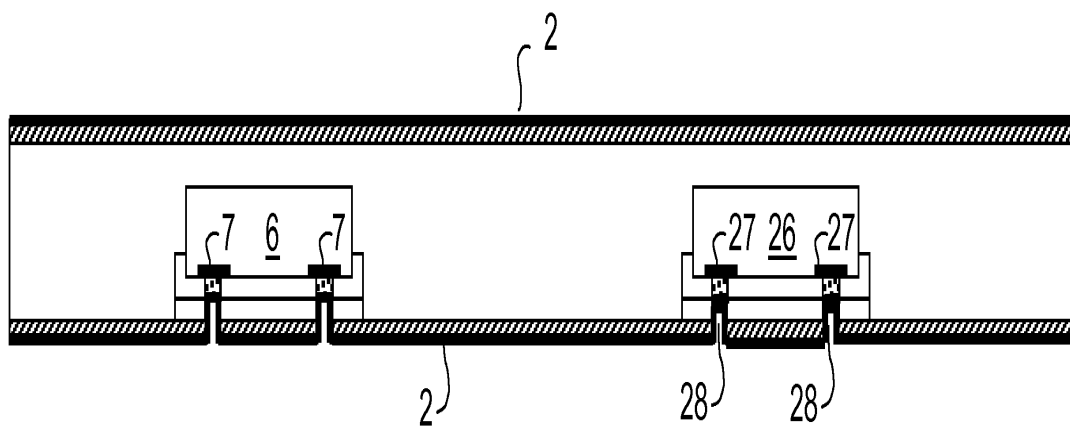


Fig. 24

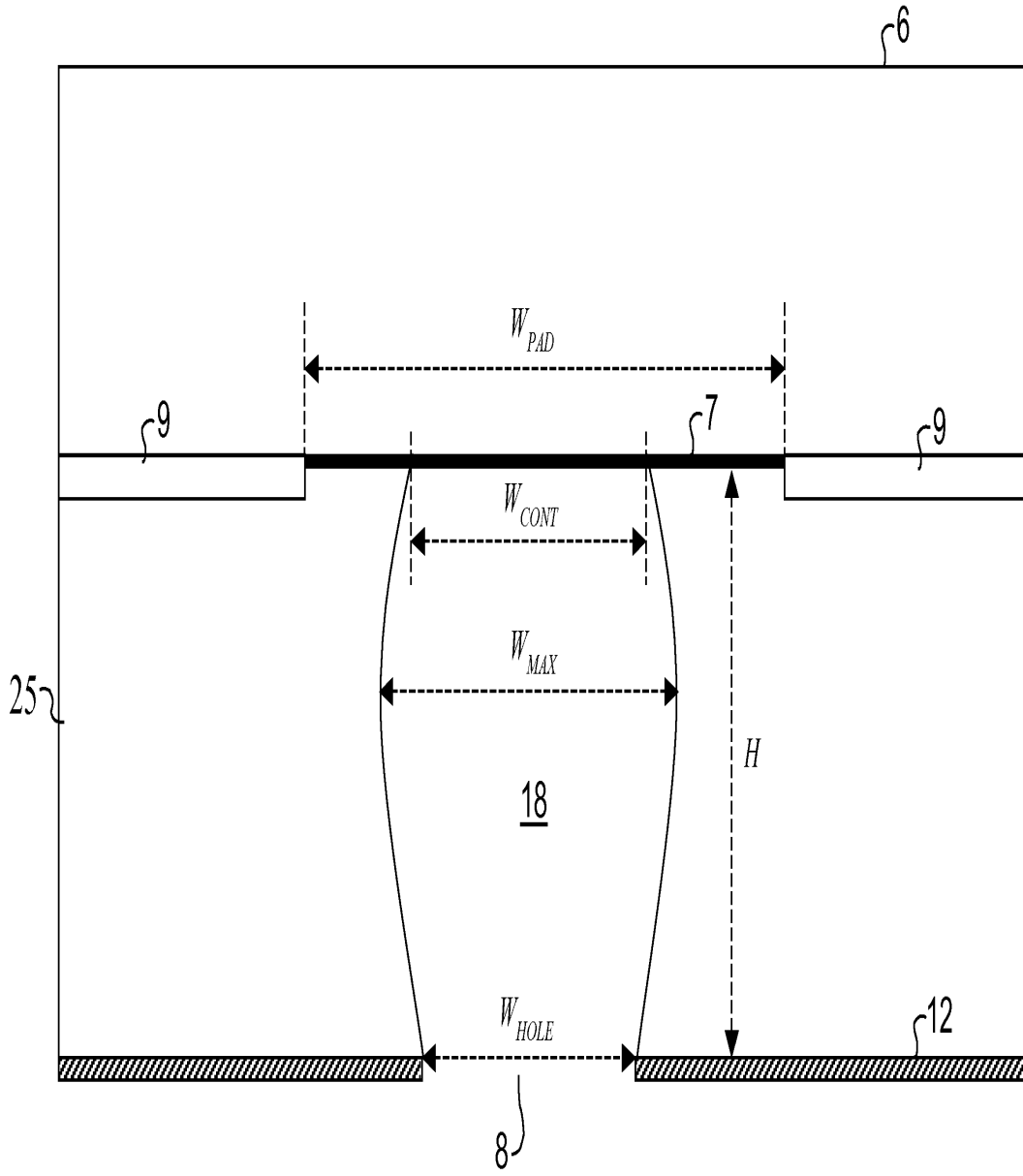


Fig. 25

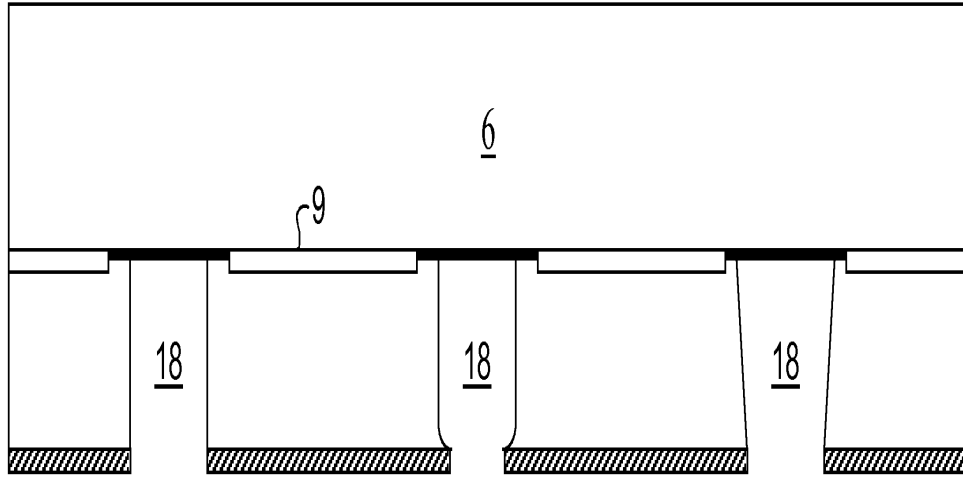


Fig. 26

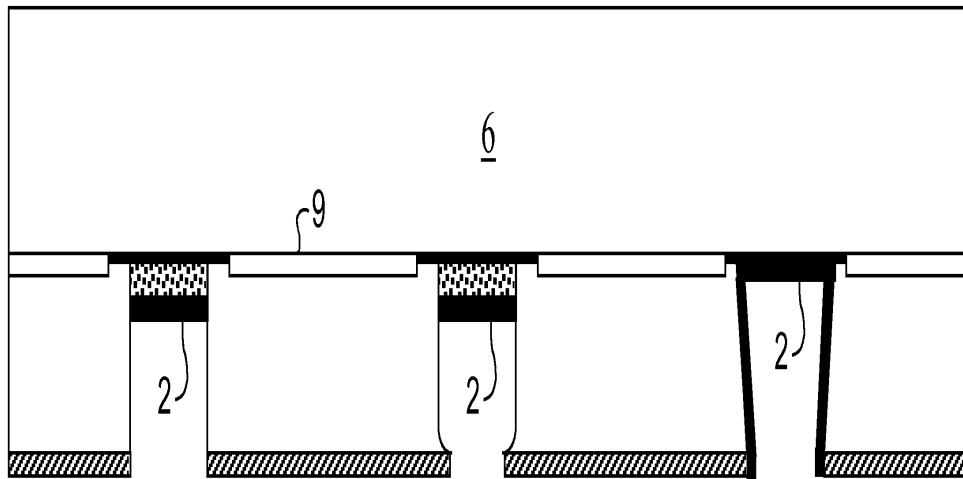


Fig. 27

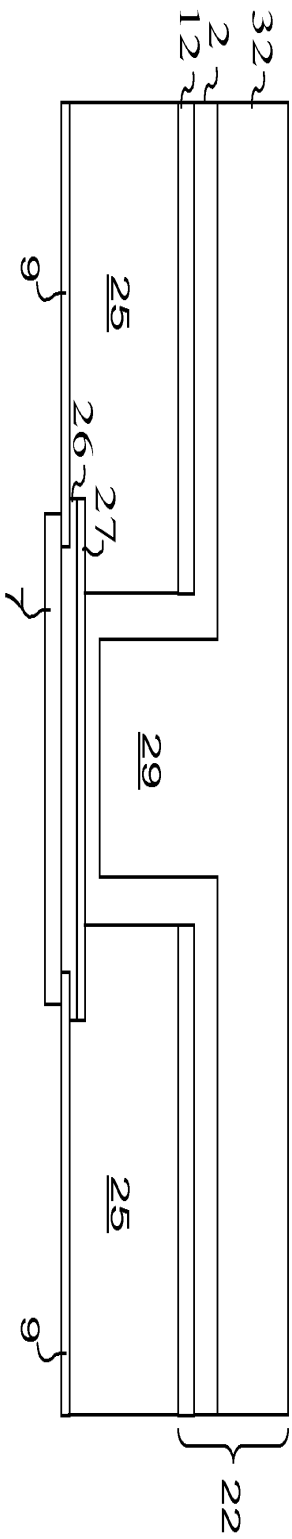


Fig. 28

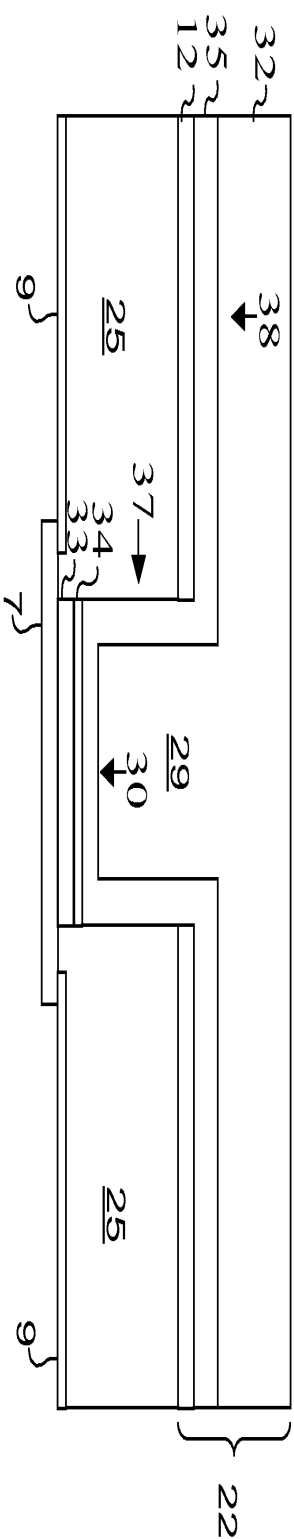


Fig. 29

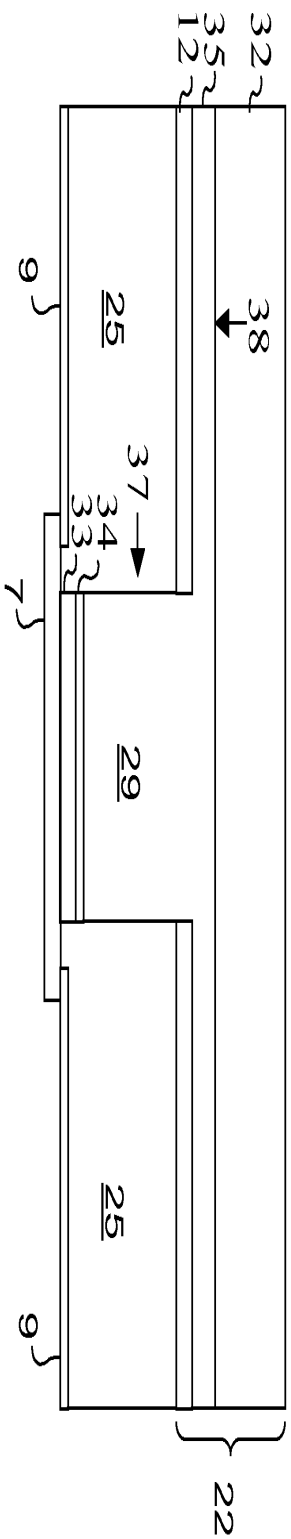


Fig. 30

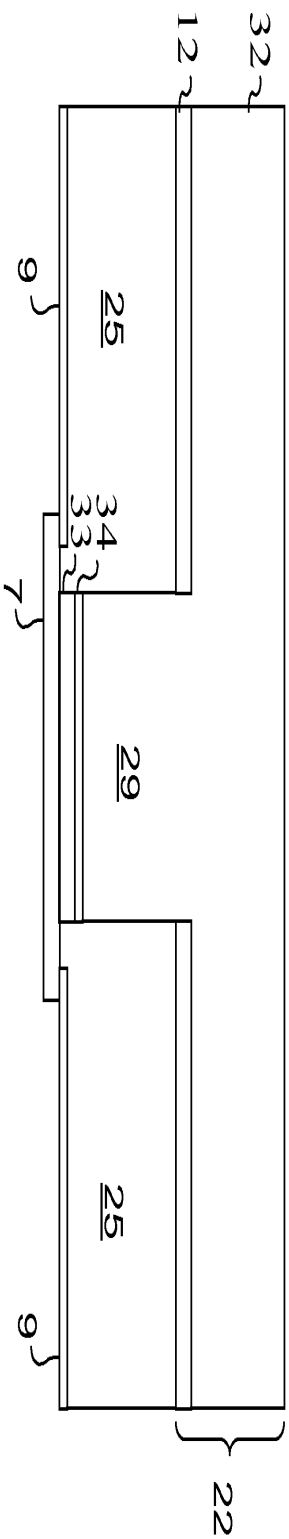


Fig. 31

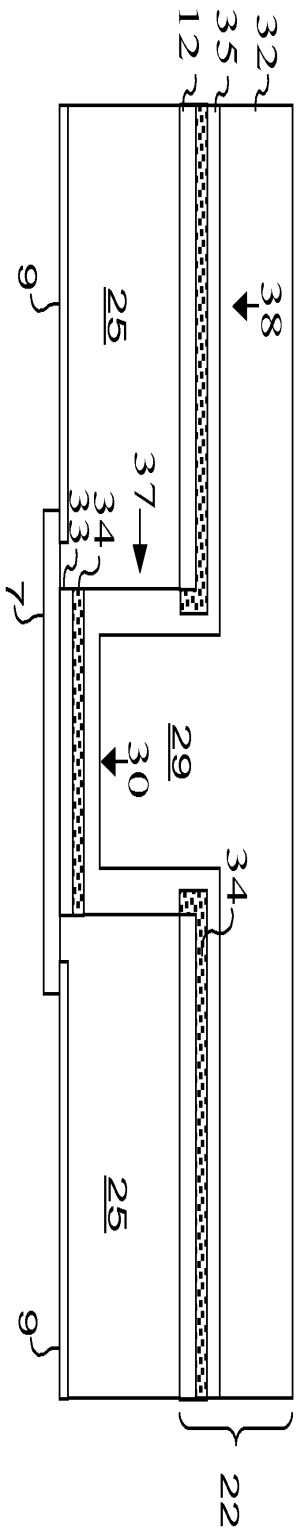


Fig. 32

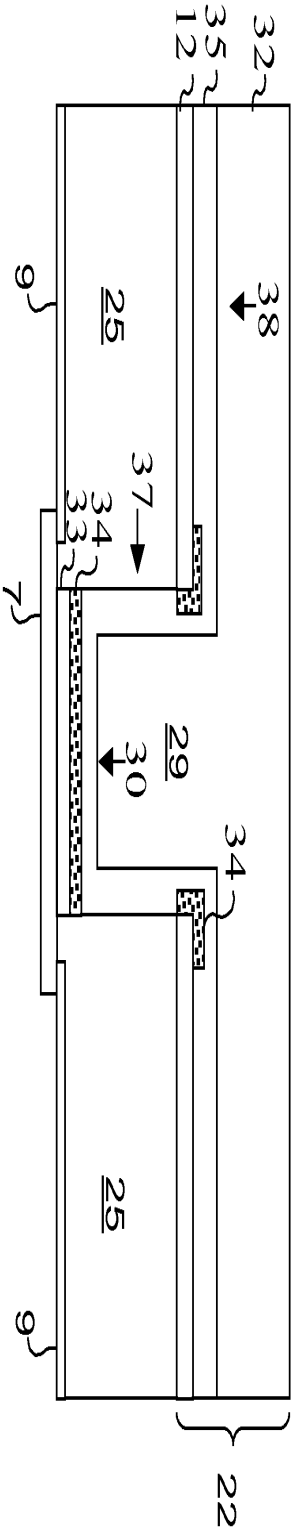


Fig. 33