
Octrooiraad



⑫ A Terinzagelegging ⑪ 8900593

Nederland

⑲ NL

⑤4 Halfgeleiderinrichting met een beveiligingsschakeling.

⑤1 Int.Cl⁵: H01L 23/62.

⑦1 Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

**⑦4 Gem.: Ir. J.E.M. Galama c.s.
Internationaal Octrooibureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven.**

②1 Aanvraag Nr. 8900593.

②2 Ingediend 13 maart 1989.

③2 - -

③3 - -

③1 - -

⑥2 - -

④3 Ter inzage gelegd 1 oktober 1990.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.
Halfgeleiderinrichting met een beveiligingsschakeling.

De uitvinding heeft betrekking op een halfgeleiderinrichting omvattende een halfgeleiderlichaam voorzien van een geïntegreerde schakeling met ten minste een transistor die een in het halfgeleiderlichaam liggende en met metaalsilicide bedekte zone
5 omvat, waarbij de schakeling via een eerste aansluitgeleider met een contactvlak is verbonden en tussen de eerste aansluitgeleider en een tweede aansluitgeleider een beveiligingselement is geschakeld dat een in het halfgeleiderlichaam liggende, actieve zone omvat die met een aangrenzend deel van het halfgeleiderlichaam een pn-overgang vormt, aan
10 het oppervlak van het halfgeleiderlichaam met een metaalsilicidelaag is bedekt en die via een electrode aan de eerste aansluitgeleider is gekoppeld.

Het beveiligingselement dient een goed geleidende stroomweg naar de tweede aansluitgeleider te bieden als de spanning op
15 de eerste aansluitgeleider boven een bepaalde, aan het beveiligingselement verbonden drempelwaarde komt. De drempelwaarde is daarbij zodanig gekozen, dat wordt voorkomen dat de schakeling beschadigd raakt. Wanneer de spanning vervolgens is gedaald tot een veilige waarde keert het beveiligingselement weer in zijn
20 oorspronkelijke, niet geleidende toestand terug. Een dergelijke beveiliging kan worden toegepast op ieder soort aansluitgeleider van de halfgeleiderinrichting, zoals bijvoorbeeld een ingangslijn, een uitgangslijn of een voedingslijn.

Met het beveiligingselement wordt in het bijzonder beoogd
25 de schakeling te beschermen tegen elektrostatische ontladingen. Bij het gereede produkt kan een dergelijke ontlading optreden als een statisch geladen lichaam, zoals bijvoorbeeld een menselijk lichaam, in aanraking komt met een aansluitpen van de halfgeleiderinrichting, die met een aansluitgeleider is verbonden. De optredende elektrostatische ontlading
30 kan in zo'n geval leiden tot een spanning van enkele duizenden tot enkele tienduizenden Volts. In het algemeen is reeds een fractie van deze spanning voldoende om de schakeling die met de aansluitgeleider is

verbonden ernstig te beschadigen. Maar ook reeds tijdens de fabricage kan door statische elektriciteit de halfgeleiderinrichting onherstelbaar worden beschadigd, bijvoorbeeld als gevolg van wrijving van de halfgeleiderinrichting met de omgeving.

- 5 Voorals MOS-IC's zijn gevoelig voor elektrostatische ontladingen. Het daarin toegepaste poortdielektrikum is in bestaande IC's zo dun dat het al bij een spanning van circa 20 tot 80 Volt kan doorslaan. Maar ook bipolaire IC's kunnen worden beschadigd, zij het meestal bij hogere spanningen vanaf bijvoorbeeld zo'n 400 volt. In het
10 laatste geval kan dit vaak worden toegeschreven aan een beschadiging van de basis-emitter overgang door een plotselinge stroompuls die met de ontlading gepaard gaat. Ter plaatse van de pn-overgang kan daarbij zoveel warmte worden gedissipeerd, dat het halfgeleidermateriaal lokaal rekristalliseert. Dit leidt vaak tot een blijvend zwakke plaats in de pn-
15 overgang.

- Bij de voortschrijdende ontwikkeling van geïntegreerde schakelingen en de daarbij toegepaste technologie worden steeds hogere eisen gesteld aan de pakkingsdichtheid, als gevolg waarvan steeds kleinere afmetingen worden nagestreefd. Naarmate de dimensies in een
20 halfgeleiderinrichting afnemen, wordt de gevoeligheid voor een elektrostatische ontlading steeds groter. Daarmee wordt het belangrijker om de aansluitgeleiders van de schakeling te voorzien van efficiënte beveiligingselementen, die de nadelige gevolgen van een elektrostatische ontlading adequaat kunnen tegengaan.

- 25 Tijdens normaal bedrijf mag het beveiligingselement geen nadelige invloed uitoefenen op de werking van de schakeling. Dit betekent ondermeer dat het element in dat geval geen stroom mag voeren en dat een eventuele lekstroom zo klein mogelijk moet zijn. Wanneer echter op de aansluitgeleider plotseling een ongewoon hoge spanning
30 optreedt die de drempelwaarde overschrijdt, moet het beveiligingselement zo snel mogelijk een goed geleidende stroomweg naar het tweede contactvlak bieden om de vrijgekomen lading snel daarlangs te kunnen afvoeren en te voorkomen dat de schakeling beschadigd raakt.

- Om aan deze dubbele eis te voldoen, kan het
35 beveiligingselement bijvoorbeeld worden uitgerust met een pn-overgang die tijdens normaal bedrijf van de schakeling in de keerrichting is voorgespannen. Normaliter zal, afgezien van een geringe lekstroom, geen

8900593.

stroom door het beveiligingselement kunnen lopen zodat de werking van de schakeling niet wordt gehinderd. Wanneer echter de spanning over de pn-overgang de doorslagspanning daarvan overschrijdt, kan lawinedoorslag optreden. De pn-overgang raakt dan in een goed geleidende toestand en
5 biedt zo een goed geleidende stroomweg naar het tweede contactvlak totdat de spanning weer is gedaald.

De doorslagspanning heeft een bepaalde, aan de pn-overgang verbonden, vaste waarde die ondermeer afhangt van de doteringsconcentraties aan weerszijden van de overgang. Door deze
10 concentraties geschikt te kiezen, kan de doorslagspanning binnen zekere grenzen op een geschikte waarde worden ingesteld, die dan de drempelwaarde van het beveiligingselement vormt. Voor een goede beveiliging, wordt de pn-overgang zodanig uitgevoerd dat hij doorslaat voordat de spanning op de aansluitgeleider zover is opgelopen dat de
15 schakeling kan worden beschadigd. Mits tijdens de doorslag de stroomdichtheid in het beveiligingselement niet te groot is geworden, keert het element naderhand, wanneer de spanning weer tot een veilig niveau is gedaald, weer in zijn oorspronkelijke toestand terug.

Het beveiligingselement kan zijn uitgevoerd als een
20 diode. De pn-overgang daarvan wordt dan gebruikt om de schakeling te beschermen. Maar ook andere configuraties zijn mogelijk. Zo kan het beveiligingselement bijvoorbeeld ook de vorm hebben van een bipolaire transistor. De collector-basisovergang kan dan bijvoorbeeld worden gebruikt om de schakeling te beschermen. Een andere mogelijke
25 configuratie is die van een veldeffecttransistor, waarbij de pn-overgang tussen de source of drain en het aangrenzende deel van het halfgeleiderlichaam kan worden benut. In al deze gevallen wordt de drempelwaarde van het beveiligingselement bepaald door de doorslagspanning van de pn-overgang. De keuze zal in het algemeen
30 voornamelijk worden bepaald door de beschikbare processtappen voor de vervaardiging van de rest van de halfgeleiderinrichting.

In een artikel getiteld "Electrical Overstress in NMOS Silicided Devices" gepubliceerd in "Electrical Overstress/Electrical Discharge Symposium Proceedings 1987, EOS-9, pp.265-273", wordt een
35 halfgeleiderinrichting van de in de aanhef genoemde soort beschreven waarin een NMOS-transistor als beveiligingselement is toegepast. De transistor omvat een n-type source en drain die beide in een p-type

8900593.

halfgeleiderlichaam liggen en door een deel daarvan van elkaar zijn gescheiden. In dit geval vormt de drain de in de aanhef genoemde aktieve zone. De drain vormt met het omringende deel van het halfgeleiderlichaam de pn-overgang, die doorslaat als de spanning daarover de drempelwaarde 5 overschrijdt. Zowel de source als de drain van de transistor is grotendeels bedekt met een laag titaniumsilicide. Op de drain zijn elektroden aangebracht die met een aansluitgeleider is verbonden.

De laatste jaren wordt voor elektrische contacten naar halfgeleiderzones meer en meer gebruik gemaakt van metaalsilicides. De 10 zone wordt daarbij bedekt met een laag metaalsilicide voordat een elektrode, vaak van aluminium, wordt aangebracht. Veelal kan het metaalsilicide langs zelfregistrerende weg worden aangebracht, waardoor het gehele vrijliggende deel van de zone wordt voorzien van de silicidelaag zonder dat een extra masker nodig is. Dit en de lage 15 soortelijke weerstand, de goede inpasbaarheid in gebruikelijke fabricageprocessen en de betrouwbaarheid van het contact tussen de silicidelaag en het onderliggend silicium zijn belangrijke voordelen die metaalsilicides zoals bijvoorbeeld titaniumsilicide bieden.

In beveiligingselementen zoals hierboven beschreven 20 blijkt het gebruik van metaalsilicides echter een nadelige invloed te hebben. Volgens het genoemde artikel zijn NMOS-transistoren waarvan de drain bedekt is met titaniumsilicide voordat de elektroden zijn aangebracht, 30 - 50% minder betrouwbaar dan vergelijkbare transistoren waarbij de elektroden direkt op de drain contact maken door een 25 aluminium contact. Een beveiligingselement van de eerste soort blijkt bijvoorbeeld tegen aanmerkelijk lagere spanningen en stroomsterkten bestand te zijn. Een dergelijk beveiligingselement zal daardoor eerder bezwijken onder een elektrostatische ontlading, wat de te beschermen schakeling in gevaar brengt.

30 Dit probleem kan natuurlijk worden opgelost door de aktieve zones van het beveiligingselement tijdens de depositie van het metaalsilicide te maskeren. De vervaardiging van het beveiligingselement mag echter zo weinig mogelijk afwijken van het vervaardigingsproces van de rest van de halfgeleiderinrichting waarin de toepassing van 35 metaalsilicides juist gewenst is en het metaalsilicide vaak zonder masker wordt aangebracht. Het uitsluitend in het beveiligingselement weglaten van de metaalsilicidelaag zou daarom op z'n minst een

8900593.

additioneel masker vergen.

Met de uitvinding wordt ondermeer beoogd in een halfgeleiderinrichting van de in de aanhef genoemde soort te voorzien, die is voorzien van een beveiligingselement, dat een met metaalsilicide
5 bedekte actieve zone bevat en dat desondanks de geïntegreerde schakeling op een betrouwbare wijze beschermt tegen op de aansluitgeleider optredende spanningen.

Een halfgeleiderinrichting van de in de aanhef genoemde soort heeft volgens de uitvinding als kenmerk dat ter verbetering van de
10 uniformiteit van de stroomverdeling over de pn-overgang, tussen de electrode en de pn-overgang, in serie met het beveiligingselement, een weerstandselement direkt met de actieve zone van het beveiligingselement is verbonden waarvan de breedte praktisch gelijk is aan de breedte van de actieve zone.

15 Aan de onderhavige uitvinding ten grondslag liggende onderzoekingen hebben uitgewezen dat de overgang tussen de metaalsilicidelaag en het onderliggend halfgeleiderlichaam betrekkelijk onregelmatig is. In de navolgende figuurbeschrijving zal dit nog nader worden uiteengezet. De uitvinding berust ondermeer op het inzicht dat
20 deze onregelmatigheid leidt tot lokale weerstandsvariaties. Door het grote verschil in soortelijke weerstand van de silicidelaag en die van het halfgeleiderlichaam, kan op plaatsen waar de silicidelaag uitsteekt de weerstand naar de pn-overgang aanzienlijk lager zijn dan elders. Vermoed wordt dat een elektrische stroom naar deze plaatsen met een
25 verlaagde weerstand convergeert, waardoor slechts een gering deel van de pn-overgang effectief wordt gebruikt. Deze convergentie kan al plaatsvinden in de laag ohmige electrode, dus voordat de stroom het silicide bereikt. Lokaal leidt dit tot een sterk verhoogde stroomdichtheid, waardoor de totale stroom die door het
30 beveiligingselement kan lopen zonder het te beschadigen, aanmerkelijk kleiner is dan wanneer door het element een praktisch homogene stroom zou lopen.

Doordat volgens de uitvinding tussen de elektrode en de pn-overgang het weerstandselement met de zone in serie is geschakeld
35 wordt de totale weerstand naar de pn-overgang verhoogd waardoor de genoemde weerstandsvariaties relatief minder invloed hebben. Hierdoor wordt tegengegaan dat de stroom al in de elektrode convergeert. Ook in

8900593.

het weerstandselement blijft de stroom praktisch uniform, waardoor de stroom over de volle breedte van het weerstandselement, het weerstandselement verlaat. Omdat de breedte van het weerstandselement volgens de uitvinding praktisch gelijk is aan de breedte van de actieve zone, wordt de stroom aldus praktisch uniform daaraan toegevoerd. Het optreden van een convergentie van de stroom tussen het weerstandselement en de actieve zone is daarbij tegengegaan doordat volgens de uitvinding het weerstandselement direct contact maakt met de actieve zone zodat de stroom praktisch even uniform aan de actieve zone wordt toegevoerd als hij het weerstandselement heeft verlaten.

Door deze verbeterde uniformiteit in de stroomdistributie, is het beveiligingselement volgens de uitvinding tegen een aanmerkelijk grotere stroom en spanning bestand dan het bekende beveiligingselement. Doordat het weerstandselement tussen de aansluitgeleider en het beveiligingselement is geplaatst en niet in de aansluitgeleider zelf, wordt de werking van de schakeling niet of nauwelijks nadelig beïnvloed door de aanwezigheid daarvan. Bovendien wordt door de toepassing van de uitvinding het fabricageproces niet of nauwelijks ingewikkelder. Zoals hieronder nog uitvoerig zal worden beschreven, kan het weerstandselement bijvoorbeeld zonder extra processtappen samen met een MOS-schakeling worden vervaardigd.

De uitvinding zal in het navolgende nader worden toegelicht aan de hand van een aantal uitvoeringsvoorbeelden en een tekening. In de tekening toont,

figuur 1 een elektrisch vervangingsschema van een gebruikelijke halfgeleiderinrichting met een beveiligingselement;

figuur 2 een dwarsdoorsnede van de CMOS-invertor uit figuur 1;

figuur 3 een dwarsdoorsnede van een uitvoeringsvorm van het beveiligingselement uit figuur 1;

figuur 4 het verband tussen de stroom door en de spanning over het beveiligingselement van figuur 3;

figuur 5 een doorsnede evenwijdig aan het oppervlak van beveiligingselement van figuur 3;

figuur 6 een dwarsdoorsnede van een eerste uitvoeringsvorm van een halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding;

figuur 7A t/m 13B, in dwarsdoorsnede, de

8900593.

halfgeleiderinrichting van figuur 6 in opeenvolgende stadia van vervaardiging;

figuur 14 een bovenaanzicht van een tweede uitvoeringsvorm van een halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding;

5 figuur 15 een dwarsdoorsnede volgens de lijn XV-XV in figuur 14;

figuur 16 t/m 19, in dwarsdoorsnede, de halfgeleiderinrichting van figuur 14 en 15 in opvolgende stadia van vervaardiging;

10 figuur 20 een bovenaanzicht van een derde uitvoeringsvorm van een halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding;

figuur 21 een dwarsdoorsnede volgens de lijn XXI-XXI in figuur 20;

15 figuur 22 t/m 25, in dwarsdoorsnede, de halfgeleiderinrichting van figuur 20 en 21 in opvolgende stadia van vervaardiging;

figuur 26 een vierde uitvoeringsvorm van een halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding;

20 figuur 27 een elektrisch vervangingsschema van een vijfde uitvoeringsvorm van een halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding;

figuur 28 een zesde uitvoeringsvorm van de halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding.

De figuren zijn schematisch en niet op schaal getekend.

25 Met name zijn, terwille van de duidelijkheid, sommige dimensies sterk overdreven. Overeenkomstige delen zijn in de regel met dezelfde verwijzingscijfers aangeduid. Halfgeleiderzones van hetzelfde geleidingstype zijn in het algemeen in eenzelfde richting gearceerd.

Een gebruikelijke halfgeleiderinrichting met een beveiligingselement is in figuur 1 schematisch weergegeven. De
30 inrichting omvat een schakeling 1 die via een aansluitgeleider 61 met een eerste contactvlak 3 is verbonden. Voor de uitvinding is het soort schakeling niet essentieel. Zo kan het een logisch circuit zijn maar ook een geheugen is mogelijk. Bovendien kan de uitvinding zowel bij MOS- als bij bipolaire schakelingen worden toegepast. In figuur 1 is bij wijze
35 van voorbeeld van een schakeling uitgegaan met een CMOS-invertor 6 die tussen een eerste-62 en een tweede voedingslijn 63 is geplaatst. De invertor 6 omvat twee complementaire veldeffecttransistoren 4,5, waarvan

8900593.

de poortelektroden 45, 55 zijn verbonden met een ingangslijn 61, die in dit voorbeeld de te beschermen aansluitgeleider vormt. De invertor 6 omvat verder een uitgangslijn 64 die aan de drains 42,52 van beide transistoren 4,5 is gekoppeld.

5 De transistoren 4,5 zijn in een siliciumsubstraat 10 geïntegreerd, zie figuur 2, dat in dit geval met boor is gedoteerd en dus van het p-type is. Een geschikte boor-dotering bedraagt ongeveer 10^{15}cm^{-3} . De n-kanaal transistor 4 ligt in een halfgeleiderwell 13 van het p-type (in het vervolg aangeduid als p-well), die wat zwaarder
10 gedoteerd is dan het substraat 10 zelf. De maximale boor-dotering in de p-well 13 is circa $3 \cdot 10^{16} \text{cm}^{-3}$ groot. De p-kanaal transistor 5 is in een n-type halfgeleiderwell 14 aangebracht (verder n-well genoemd), die met fosfor is gedoteerd in een dosis van circa $5 \cdot 10^{16} \text{cm}^{-3}$. De transistoren 4,5 zijn beide zijdelings begrensd door delen van een in
15 het halfgeleiderlichaam verzonken siliciumoxydelaag 12.

De n-kanaal transistor omvat een n-type source 41 en drain 42 die van elkaar zijn gescheiden door een aan het oppervlak 11 grenzend deel van de p-well 13 dat een kanaalgebied 43 van de transistor vormt. De source 41 en drain 42 hebben beide een relatief zwak gedoteerd
20 deel 41A,42A en een relatief zwaar gedoteerd deel 41B,42B, waarbij de zwak gedoteerde delen 41A,42A aan het kanaalgebied 43 grenzen. Met een dergelijke, voor de uitvinding niet essentiële, opbouw wordt beoogd nadelige effecten tegen te gaan die kunnen optreden in MOS-transistoren met zeer korte kanaallengtes, bijvoorbeeld kleiner dan $3 \mu\text{m}$. De relatief
25 zwak gedoteerde delen 41A,42A zijn met fosfor gedoteerd in een concentratie van ongeveer 10^{18}cm^{-3} , terwijl de fosforconcentratie in de relatief zwaar gedoteerde delen 41B, 42B ongeveer 10^{20}cm^{-3} bedraagt. De p-kanaal transistor 5 omvat een met boor gedoteerde, p-type source 51 en drain 52, waartussen een aan het oppervlak 11 grenzend deel
30 van de n-well 14 ligt dat een kanaalgebied 53 van de transistor vormt. Evenals bij de n-kanaal transistor 4, omvatten de source 51 en drain 52 van de p-kanaal transistor 5 beide een relatief zwak gedoteerd deel 51A,52A en een relatief zwaar gedoteerd deel 51B,52B. In de zwak gedoteerde delen 51A,52A bedraagt de boor-concentratie circa 10^{18}cm^{-3} ,
35 3 , terwijl in het overige deel 51B, 52B van de source en drain het boor in een dosis van ongeveer 10^{20}cm^{-3} is aangebracht.

Beide transistoren 4,5 zijn voorzien van een

8900503.

poortelektrode 45,55 die boven het kanaalgebied 43,53 is aangebracht en daarvan is geïsoleerd door een dun poortdielektrikum 44,54, in dit geval een circa 17,5 nm dikke siliciumoxydelaag. Voor de poortelektroden 45,55 is poly-kristallijn silicium toegepast, dat met fosfor n-type is
5 gedoteerd. Op de source 41,51, de drain 42,52 en de poortelektrode 45,55 van beide transistoren 4,5 ligt metaalsilicide 15, in dit geval titaansilicide, om de (vierkants)weerstand naar die delen te verlagen. Het geheel is afgedekt met een betrekkelijk dikke siliciumoxydelaag 17 waarin op diverse plaatsen contactvensters zijn aangebracht. Via de
10 contactvensters zijn op de titaniumsilicidelagen 15 aluminium elektroden 16 aangebracht, in dit geval voorzien van een dun, niet getekend, laagje titaanwolfram dat migratie van aluminium naar het substraat tegengaat. Door middel van de elektroden kunnen de verschillende delen van de schakeling worden aangesloten op de bedrading 62-64 die op de
15 siliciumoxydelaag 17 ligt. Buiten de tekening zijn de poortelektroden 45,55 van beide transistoren op deze wijze aan de ingangslijn gekoppeld.

Tijdens normaal bedrijf staat op de ingangslijn 61, zie figuur 1, een spanning tussen circa 0 en 5 Volt om de invertor 6 aan te sturen. Wanneer op de ingangslijn 61 een veel hogere spanning komt te
20 staan, bijvoorbeeld als gevolg van een elektrostatische ontlading, moet worden tegengegaan dat die spanning ook op de poortelektroden 45,55 komt te staan, omdat anders de transistoren 4,5 beschadigd zouden kunnen worden. Het poortdielektrikum 44,54 zou bijvoorbeeld kunnen doorslaan, wat kan leiden tot een blijvende afwijking in de elektrische
25 eigenschappen van de transistoren, zoals bijvoorbeeld een permanente kortsluiting naar het kanaalgebied 43,53. In huidige IC-processen worden voor het poortdielektrikum siliciumoxydelagen toegepast met een dikte tussen de 10 en 50 nm. Het is gebleken dat een dergelijke laag ten kan doorslaan als de spanning daarover tijdens een elektrostatische
30 ontlading oploopt tot boven circa 20 tot 80 Volt.

Als gevolg van een elektrostatische ontlading kan de spanning op de ingangslijn 61 gemakkelijk tot een veelvoud van deze waarde stijgen. In de praktijk kunnen door wrijving laadstromen optreden, variërend van enige honderden picoamperes tot enige
35 microamperes wat kan leiden tot een totale lading op het lichaam tussen 0,1 en 5 microcoulomb. Wanneer wordt uitgegaan van een menselijk lichaam dat ten opzichte van zijn omgeving een capaciteit heeft van 150 pF en

8900593.

een lading van 3 μC , dan komt dit neer op een spanning van 20 kV. Dit is ongeveer het duizendvoudige van de spanning waarbij de schakeling 1 gevaar loopt ernstig beschadigd te raken.

Om tegen te gaan dat de schakeling 1 onherstelbaar wordt
5 beschadigd, is tussen de ingangslijn 61 en een tweede contactvlak 7 een beveiligingselement 8 geschakeld. Het beveiligingselement 8 is zo ontworpen dat het tijdens normaal bedrijf van de schakeling daarop geen nadelige invloed heeft. In die toestand loopt geen of vrijwel geen stroom door het beveiligingselement 8. Wanneer echter de spanning op de
10 ingangslijn 61 boven een bepaalde drempelwaarde uitkomt, bijvoorbeeld als gevolg van een elektrostatische ontlading, komt het beveiligingselement 8 in geleiding en verschaft het zo een goed geleidende stroomweg naar het tweede contactvlak 7 waarlangs de vrijgekomen lading kan worden afgevoerd. Door de drempelwaarde lager te
15 kiezen dan de spanning waarbij de schakeling 1 in gevaar komt, kan zo worden voorkomen dat de schakeling 1 beschadigd raakt. Wanneer de spanning op de ingangslijn 61 weer tot onder de drempelwaarde is gedaald, keert het beveiligingselement 8 weer in zijn oorspronkelijke, niet geleidende toestand terug.

20 Een uitvoeringsvorm van een dergelijk beveiligingselement 8 is in figuur 3 in dwarsdoorsnede weergegeven. Het omvat in dit voorbeeld twee actieve zones 81, 82 die n-type geleidend zijn. De actieve zones 81, 82 grenzen beide zijdelings aan de verzonken siliciumoxydelaag 12 en vormen een pn-overgang 86 resp. 87 met het aangrenzende deel van het p-
25 type substraat 10. De actieve zones 81, 82 omvatten ieder een betrekkelijk zwak gedoteerd deel 81A, 82A en een betrekkelijk zwaar gedoteerd deel 81B, 82B. De doteringsconcentratie en de diepte van de zones zijn praktisch gelijk aan die van de source 41 en drain 42 van de n-type veldeffecttransistor. De actieve zones 81, 82 kunnen dan ook in
30 dezelfde processtap worden aangebracht als die source 41 en drain 42. Tussen de actieve zones 81, 82 is het substraat bedekt met een ongeveer 17,5 nm dik poortdielektrikum 84 van siliciumoxyde waarop een poortelektrode 85 van gedoopt poly-kristallijn silicium is aangebracht. Aan het oppervlak zijn de actieve zones 81, 82 grotendeels bedekt met
35 metaalsilicide 15, in dit voorbeeld titaniumsilicide. Het geheel is afgedekt met een betrekkelijk dikke siliciumoxydelaag 17, die boven de actieve zones 81, 82 van contactvensters is voorzien. In de

8900593.

contactvensters zijn op het titaniumsilicide 15 dat de actieve zones 81, 82 bedekt aluminium elektroden 16 aangebracht door middel waarvan de eerste actieve zone 81 op de ingangslijn 61 is aan gesloten en de tweede actieve zone 82 aan de tweede voedingslijn is gekoppeld en daardoor aan
5 een referentiespanning, V_{SS} , ligt, zie ook figuur 1.

Het aan de actieve zones 81, 82 grenzende deel van het substraat ligt via een (niet getekende) substraataansluiting aan V_{SS} .

Tijdens normaal bedrijf van de schakeling 1, waarbij de spanning op de ingangslijn 61 tussen 0 en 5 Volt ligt, is de pn-overgang
10 86 van de eerste actieve zone 81 in de keerrichting voorgespannen. Afgezien van een geringe lekstroom loopt in deze toestand geen stroom door het beveiligingselement, zodat het ingangssignaal daarvan geen hinder ondervindt.

Wanneer de spanning op de ingangslijn 61 toeneemt, zal in
15 een depletiegebied om de pn-overgang 86 de elektrische veldsterkte stijgen. Als de spanning zover is opgelopen dat de doorslagspanning van de pn-overgang 86 wordt overschreden, treedt lawinedoorslag op. Het gevolg is een betrekkelijk grote (gaten)stroom van de actieve zone 81 naar het substraat 10. De doorslagspanning van de pn-overgang 86 vormt
20 zo een drempelwaarde van het beveiligingselement 8 en heeft in dit voorbeeld een waarde ongeveer tussen 10 en 15 Volt.

Als gevolg van de injectie van gaten in het substraat 10 kan de potentiaal in het deel 83 van het substraat 10 tussen de actieve zones 81, 82 zover stijgen dat ook de pn-overgang 87 met de tweede
25 actieve zone 82 in geleiding komt. Vanuit de tweede actieve zone 82 worden dan elektronen in het substraatdeel 83 geïnjecteerd, wat leidt tot een parasitair bipolair transistor effect, waarbij de eerste actieve zone 81, het substraatdeel 83 en de tweede actieve zone 82 respectievelijk als collector, basis en emitter van de bipolaire
30 transistor kunnen worden beschouwd. Als gevolg hiervan valt de spanning over de eerste pn-overgang 86 terug tot de zogenoemde handhavingsspanning (sustaining voltage), die in dit voorbeeld ongeveer 8 Volt bedraagt. De spanning op de ingangslijn 61 wordt daardoor op een lagere spanning begrensd dan de doorslagspanning van de eerste pn-overgang 86.
35 Het beveiligingselement 8 biedt in deze toestand, die in de Engeltalige literatuur wel met "snap-back mode" wordt aangeduid, een goed geleidende stroomweg naar het tweede contactvlak 7. Voor een nadere

8900593.

uiteenzetting hiervan wordt verwezen naar "A. Ochoa et al., IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. NS-30, pp.4127-4130, Dec. 1983".

Het verband tussen de stroomsterkte door het element 8 en de spanning daarover is in figuur 4 door middel van een curve 40 schematisch weergegeven. In de figuur is vertikaal de stroomsterkte I en horizontaal de spanning V uitgezet. De doorslagspanning van de pn-overgang 86 en de handhavingsspanning zijn daarbij op de horizontale as respectievelijk met V_{bd} en V_s aangegeven.

Zoals in een voorgaande alinea reeds is opgemerkt, zijn de actieve zones 81, 82 van het beveiligingselement bedekt met titaniumsilicide. Het gebruik van metaalsilicides heeft in het algemeen belangrijke voordelen. Als zodanig kan de lage soortelijke weerstand worden genoemd. Het blijkt echter dat de toepassing van metaalsilicides in beveiligingselementen tot nadelige consequenties kan leiden. Zo is aangetoond dat een beveiligingselement van de hiervoor beschreven soort, waarbij de actieve zones 81, 82 eerst worden bedekt met metaalsilicides voordat de elektroden 16 worden aangebracht, aanzienlijk minder betrouwbaar is dan een soortgelijk beveiligingselement waarbij de elektroden 16 direkt op de actieve zones 81, 82 liggen. Het eerste beveiligingselement bleek bij aanmerkelijk lagere spanning en stroomsterkte of na aanmerkelijk minder elektrostatische ontladingen te bewijken dan het laatste.

Een eenvoudige oplossing voor dit probleem lijkt het weglaten van metaalsilicide in het beveiligingselement. Echter, het beveiligingselement wordt, zoals duidelijk zal zijn, bijvoorkeur vervaardigd met dezelfde processtappen als de rest van de halfgeleiderinrichting, waarin de toepassing van een metaalsilicide juist gewenst is. Het vermijden van de silicidelaag in het beveiligingselement zal vaak op zijn minst een extra maskeringsstap vergen.

Met de uitvinding wordt het nadeel, verbonden aan de toepassing van metaalsilicide in beveiligingselementen tegengegaan zonder additionele processtappen met zich mee te brengen. Daarbij ligt aan de uitvinding het inzicht ten grondslag dat de overgang 88 van metaalsilicide 15 naar silicium 81 betrekkelijk onregelmatig kan zijn en dat de verlaagde betrouwbaarheid van een beveiligingselement waarin metaalsilicide 15 is toegepast, veroorzaakt kan worden door lokale

8900593.

weerstandsvariaties ten gevolge van onregelmatigheden in de silicide-silicium overgang 88. In figuur 5 is ter verduidelijking een gedeelte van het beveiligingselement 8 van figuur 3 in een doorsnede door het titaniumsilicide 15 weergegeven. Door de onregelmatigheden in de

5 overgang 88 van het titaniumsilicide 15 naar het silicium van de actieve zone 81, strekt het silicide 15 zich op sommige plaatsen 31 minder ver uit dan op andere plaatsen 32. Wanneer de elektrische stroom het silicide 15 zou verlaten op een plaats 31 waar het silicide 15 relatief kort in de actieve zone 81 doorloopt, moet de stroom nog een afstand D1

10 afleggen in actieve zone 81, die in vergelijking met het silicide 15 relatief hoog-ohmige is, om het depletiegebied rond de pn-overgang 86 te bereiken. Als de stroom echter het silicide 15 op een plaats 32 zou verlaten, waar het silicide zich betrekkelijk ver in de actieve zone 81 uitstrekt, behoeft de stroom bijvoorbeeld slechts een afstand D2 in de

15 actieve zone 81 te overbruggen. Door dit verschil in lengte ΔD van de stroomweg in de actieve zone 81, kan ter plaatse van de plaats 32 de weerstand naar de pn-overgang 86 belangrijk lager zijn dan op de plaats 31. Vermoed wordt dat in een beveiligingselement waarvan de actieve zone 81 bedekt is met een silicidelaag de stroom naar dergelijke plaatsen 32

20 met een betrekkelijk lage weerstand convergeert. Hierdoor wordt slechts een gering deel van de pn-overgang 86 effectief gebruikt, wat plaatselijk leidt tot een sterk verhoogde stroomdichtheid. Dit verloop van de stroom is in de figuur schematisch met stippellijnen 33 aangeven. Wanneer de stroomdichtheid een bepaald maximum overschrijdt

25 kan de pn-overgang 86 onherstelbaar beschadigd raken, bijvoorbeeld doordat dan lokaal zoveel warmte wordt gedissipeerd dat het halfgeleidermateriaal daar smelt en de pn-overgang 86 kortgesloten raakt. Dit betekent dat de maximale stroom die veilig door het beveiligingselement 8 kan lopen kleiner zal zijn wanneer dergelijke

30 convergentie optreedt dan wanneer de stroom praktisch uniform over de pn-overgang 86 wordt verdeeld.

Volgens de uitvinding is ter verbetering van de uniformiteit van stroomdistributie over de pn-overgang 86, tussen de

electrode 16 waarmee de actieve zone 81 is verbonden en de pn-overgang

35 86 een weerstandselement 9 met het beveiligingselement in serie geschakeld, zie figuur 6. In deze uitvoeringsvorm omvat het weerstandselement 9 een in het substraat 10 liggende n-type

8900593.

weerstandszone 91, waarvan de breedte volgens de uitvinding praktisch gelijk is aan de breedte van de actieve zone 81. De weerstandszone 91 is met fosfor gedoteerd in een concentratie van ongeveer $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, wat overeenkomt met een vierkantsweerstand van ongeveer $1500 \Omega/\square$. Volgens de uitvinding maakt het weerstandselement 9 direct contact met de actieve zone 81, wat in dit geval is bereikt doordat de weerstandszone 91 grenst aan de actieve zone 81 van het beveiligingselement. De weerstandszone 91 ligt voor een groot deel onder de verzonken siliciumoxydelaag 12. In een opening in de oxydelaag 12 is de weerstandszone 91 plaatselijk wat zwaarder gedoteerd ter vorming van een electrodegebied 92. Het elektrodegebied 92 is bedekt met een laag titaniumsilicide waarop de elektrode 16 is aangebracht.

Doordat de weerstandszone 91 volgens de uitvinding tussen de elektrode 16 en de pn-overgang 86 met het beveiligingselement serie is geschakeld wordt de totale weerstand naar de pn-overgang 86 verhoogd waardoor de genoemde weerstandsvariaties relatief minder invloed hebben. Hierdoor wordt tegengegaan dat de stroom al in de laag-ohmige elektrode 16 convergeert. Ook in het weerstandszone 91 blijft de stroom praktisch uniform; convergentie van de stroom wordt tegengewerkt door de betrekkelijk hoge vierkantsweerstand van de zone 91. De stroom zal de weerstandszone 91 dan ook praktisch uniform over de volle breedte verlaten. Doordat de breedte van de weerstandszone 91 praktisch gelijk is aan de breedte van de actieve zone 81, wordt de stroom op deze wijze praktisch uniform aan de actieve zone 81 toegevoerd. Het optreden van convergentie van de stroom tussen het uiteinde van de weerstandszone 91 en de actieve zone 81 is daarbij tegengegaan door de weerstandszone 91 aan de actieve zone 81 te laten grenzen. Eenmaal in de actieve zone 81 kan de stroom langs twee wegen naar de pn-overgang 86 lopen. Een eerste weg voert min of meer rechtstreeks door de actieve zone 81 naar de pn-overgang 86; een andere loopt vanuit de weerstandszone 91 door de actieve zone 81 naar het silicide 15 en via het titaniumsilicide 15 verder naar de pn-overgang 86. Als de pn-overgang 86 relatief ver van de verzonken oxydelaag 12 verwijderd ligt, zal de stroom hoofdzakelijk via het goed geleidende silicide 15 lopen. Maar naarmate de pn-overgang 86 dichterbij de oxydelaag 12 ligt, zal de stroom meer en meer de eerste weg kiezen en rechtstreeks door de actieve zone 81 naar de pn-overgang 86 lopen. Dit betekent dat dit deel van de stroom de onregelmatige

8900593.

silicide-siliciumovergang 88 niet passeert en daardoor dus niet meer kan worden beïnvloed. Vooral indien de actieve zone 81 betrekkelijk kort is, kan op deze wijze een praktisch homogene stroomdistributie over de pn-overgang 86 worden bereikt. Bijvoorkeur wordt de actieve zone 81 daarom, 5 binnen lithografische grenzen, zo kort mogelijk gekozen. In dit geval is de actieve zone 81 circa 2 μm lang.

Door toepassing van de uitvinding kan convergentie van de stroom naar bepaalde plaatsen van de pn-overgang 86 sterk worden gereduceerd of zelfs praktisch geheel worden onderdrukt. Door deze 10 uniformere stroomverdeling over de pn-overgang 86, kan de maximale stroom die veilig door het element kan lopen belangrijk groter zijn dan in het bekende beveiligingselement.

Ook bij andere metaalsilicides zoals bijvoorbeeld cobalt-, platina- en wolfraamsilicide is de overgang naar het 15 onderliggende silicium betrekkelijk onregelmatig, wat in het beveiligingselement tot dezelfde soort problemen aanleiding geeft als titaniumsilicide. Ook in deze gevallen kan de uitvinding met voordeel worden toegepast.

Door zijn grote overeenkomst met de n-kanaal transistor 4 20 uit de schakeling 1, zijn voor de implementatie van het onderhavige beveiligingselement 8 geen afwijkende of additionele processtappen noodzakelijk. En ook de weerstandszone 91 kan volledig compatibel met het vervaardigingsproces van de rest van de de halfgeleiderinrichting worden aangebracht. Een en ander zal nader worden toegelicht aan de hand 25 van de figuren 7A t/m 13B, waarin de eerste uitvoeringsvorm van de halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding in opvolgende stadia van vervaardiging in dwarsdoorsnede is weergegeven. Daarbij geven de met een "A" aangeduide figuren de invertor 6 weer in opvolgende stadia van vervaardiging en tonen de met een "B" aangeduide figuren het 30 beveiligingselement 8 en het weerstandselement 9 in diezelfde stadia.

Uitgegaan wordt, zie figuur 7A,B, van een p-type siliciumsubstraat 10, dat met boor is gedoteerd in een dichtheid van circa 10^{15}cm^{-3} . Het substraat 10 wordt gedurende een korte tijd thermisch geoxideerd om op het oppervlak een dun laagje siliciumoxyde 18 35 te groeien. De siliciumoxydelaag 18 wordt vervolgens bedekt met een siliciumnitridelaag 19, die door maskeren en etsen in patroon wordt gebracht.

8900593.

Het geheel wordt nu blootgesteld aan een oxyderend milieu, waardoor de niet met de nitridelaag 19 bedekte delen van het substraat 10 worden geoxydeerd. Op die plaatsen wordt de gedeeltelijk in het substraat 10 verzonken siliciumoxydelaag 12 gevormd. Het geheel
5 wordt daarna bedekt met een fotolaklaag 20 die plaatselijk wordt belicht en door ontwikkelen ter plaatse van de te vormen n-well 14 van de p-kanaal transistor 5 en de te vormen weerstandszone 91 wordt verwijderd. Vervolgens wordt fosfor geïmplanteerd met een dosis van ongeveer $5 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ en een energie van circa 600 keV geïmplanteerd, waarbij
10 de fotolaklaag 20 tegen de implantatie maskeert. Hierdoor wordt ter plaatse van de transistor 5 de n-well 14 en ter plaatse van het weerstandselement 9 de weerstandszone 91 gevormd. De fotolaklaag 20 wordt nu verwijderd, waarna een tweede fotolaklaag 21 wordt
aangebracht. De tweede fotolaklaag wordt ter plaatse van de te vormen p-
15 well 13 van de n-kanaal transistor 4 verwijderd, waarna door in het substraat wordt geïmplanteerd. Voor deze implantatie kunnen bijvoorbeeld een dosis van ongeveer $5 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ en een energie van circa 250 keV worden toegepast. Ter plaatse van de n-kanaal transistor 4 wordt dan de p-well 13 gevormd. De tweede fotolaklaag 21 en de nitridelaag 19 worden
20 nu verwijderd en het geheel op gebruikelijke wijze geplanariseerd, waarbij het niet in het substraat 10 verzonken deel van de oxydelaag 12 wordt verwijderd en een praktisch vlakke structuur wordt verkregen, zie figuur 8A,B. In deze figuur is met een stippellijn aangegeven waar de fotolaklagen 20,21 zich hebben bevonden.

25 Vervolgens wordt thermisch een ongeveer 17,5 nm dikke oxydelaag 22 gegroeid, zie figuur 9A,B. De oxydelaag 22 kan worden gebruikt als poortdielektrikum. Voor dit doel kunnen uiteraard ook andere isolerende materialen worden toegepast. Op de oxydelaag 22 wordt vervolgens een ongeveer 300 nm dikke poly-kristallijne siliciumlaag 23
30 aangebracht. De polykristallijne siliciumlaag 23 wordt vervolgens n-type geleidend gemaakt door middel van een fosfor-implantatie met een dosis van circa $5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-2}$. Door het geheel een warmtebehandeling te geven, wordt het geïmplanteerde fosfor homogeen over de laag verdeeld.

Uit de siliciumlaag 23 worden poortelektroden 45,55,85
35 gevormd ten behoeve van beide transistoren 4,5 en het beveiligingselement 8. Daartoe wordt de siliciumlaag 23 voorzien van een etsmasker 25 van fotolak, zie figuur 10A,B. De siliciumlaag 23 kan nu

8900593.

met een geschikt etsproces in een patroon worden gebracht dat de poortelektroden 45,55,85 omvat. Daarna wordt het etsmasker 25 weer verwijderd.

Ter plaatse van de te vormen p-kanaal transistor 5 wordt
5 het oppervlak bedekt met een etsmasker dat het oppervlak onbedekt laat waar de weerstandszone 91 ligt en waar het beveiligingselement 8 en de n-kanaal transistor 4 moeten worden gevormd. De randen van het masker mogen op de verzonken oxydelaag 12 liggen. Daarna wordt fosfor geïmplanteerd, waarbij behalve het implantatiemasker ook de
10 poortelektroden 45, 85 tegen de implantatie maskeren. Langs deze grotendeels zelf-registrerende wijze worden betrekkelijk zwak gedoteerde oppervlaktezones 41A,42A,81A,82A gevormd, die van elkaar worden gescheiden door het gedeelte 43, 83 van de p-well 13 resp. het substraat 10. Bovendien wordt door deze implantatie aan het oppervlak de
15 doteringsconcentratie in de weerstandszone 91 plaatselijk verhoogd ter vorming van een contactzone 92. De implantatie kan worden uitgevoerd met een dosis van circa $4 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ en een energie van ongeveer 50 keV. Nadat het implantatiemasker is verwijderd, wordt een tweede, complementair implantatiemasker aangebracht dat het oppervlak 11
20 onbedekt laat ter plaatse van de te vormen n-kanaal transistor 4. Vervolgens kan op analoge wijze boor in de n-well 14 worden geïmplanteerd ter vorming van betrekkelijk zwak gedoteerde p-type oppervlaktezones 51A,52A. Hiervoor worden een dosis van circa $4 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ en een energie van circa 25 keV toegepast. Nadat ook het tweede
25 implantatiemasker is verwijderd, wordt het geheel bedekt met een ongeveer 0,25 μm dikke laag siliciumoxyde 26, bijvoorbeeld door gasfasedepositie vanuit een TEOS-atmosfeer. De geïmplanteerde verontreiniging in de oppervlaktezones kan daarbij verder in het substraat 10 diffunderen. De nu verkregen structuur is in figuur 11A,B
30 afgebeeld.

De siliciumoxydelaag 26 wordt daarna samen met de daaronder liggende siliciumoxydelaag 22 anisotroop weggeetst. Van de siliciumoxydelaag 26 resteren dan nog slechts aan de poortelektroden 45,55,85 grenzende randdelen 27 (spacers), zie figuur 12A,B. De van de
35 siliciumoxydelaag 22 overgebleven delen, 44,54,84 worden gebruikt als poortdielektrika voor de poortelektroden 45, 55, 85 van beide transistoren 4,5 en het beveiligingselement 8.

8900593.

De randdelen 27 worden naast de poortelektroden ter maskering gebruikt bij de nu volgende implantaties, waarbij in de n-well 14 boor, en in de p-well 13 en, ter plaatse van het te vormen beveiligingselement 8, in het substraat 10 arseen wordt geïmplanteerd.

- 5 Nu maskeren ook de randdelen 27 tegen de implantatie en wordt een hogere energie en dosis toegepast dan bij de vorige implantaties. Hierdoor kunnen wat dieper gelegen oppervlaktezones 41B, 42B, 81B, 82B worden gevormd, die in vergelijking met de zwak gedoteerde oppervlaktezones 41A, 42A, 81A, 82A, relatief zwaar zijn gedoteerd, zie figuur 10A, B. Voor
10 deze boor- en arseen-implantatie wordt een dosis van circa $3 \cdot 10^{15} \text{cm}^{-2}$ toegepast. Hierbij wordt ook in de weerstandszone 91 arseen geïmplanteerd om de doteringsconcentratie in de oppervlaktezone 92 verder te verhogen.

- Het geheel wordt vervolgens bedekt met een metaallaag 28
15 door titanium over het hele oppervlak te sputteren. Een ander metaal, zoals bijvoorbeeld cobalt of platina, kan ook worden toegepast. Het geheel wordt daarna verhit tot een temperatuur van ongeveer 650 graden Celsius, waarbij het titanium 28 met silicium reageert ter vorming van titaniumsilicide 15, op plaatsen waar het titanium 15 direct met
20 silicium in contact is. Aldus worden de poortelektroden 45, 55, 85, de source-41, 51 en drain 42, 52, de eerste-81 en de tweede actieve zone 82 en de contactzone 92 langs zelf-registrerende wijze voorzien van een goed geleidende toplaag van titaniumsilicide 15, zie figuur 13A, B. Het overgebleven, niet omgezette titanium 28 kan met een geschikt
25 oplosmiddel selectief ten opzichte van het titaniumsilicide 15 worden weggehaald. Voor de duidelijkheid wordt hier opgemerkt dat wanneer in de onderhavige aanvraag wordt gesproken van titaniumsilicide of meer in het algemeen van metaalsilicide, daarmee niet slechts een stoichiometrische verbinding wordt bedoeld, maar meer in het algemeen daaronder ieder
30 materiaal kan worden begrepen dat zowel metaal als silicium bevat.

- Het geheel wordt vervolgens bedekt met een siliciumoxydelaag 17, waarin boven de metaalsilicidedelen 15 contactvensters worden aangebracht. In de contactvensters wordt het metaalsilicide 15 bedekt met een dun, niet getekend laagje titaan-
35 wolfram, waarna over het geheel aan laag aluminium wordt aangebracht die in de contactvensters op het metaalsilicide ligt en zo elektroden 16 vormt. Uit de aluminiumlaag wordt vervolgens door maskeren en etsen de

8900593.

gewenste bedrading gevormd, waaronder de aansluitgeleiders 61-64. De nu verkregen structuur is in figuur 2,6 schematisch weergegeven.

Een tweede uitvoeringsvorm van de halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding is in figuur 14 in bovenaanzicht en in figuur 15 in dwarsdoorsnede weergegeven. In deze uitvoeringsvorm en ook in de volgende wordt steeds uitgegaan van de hierboven beschreven CMOS-schakeling. Voor een beschrijving daarvan wordt dan ook naar de eerste uitvoeringsvorm verwezen.

Evenals in de vorige uitvoeringsvorm omvat het beveiligingselement een eerste- 81 en een tweede actieve zone 82, die beide van het n-type zijn. Beide zones 81,82 vormen een pn-overgang 86, 87 met het aangrenzende deel van het p-type substraat 10 en zijn aan hun oppervlak bedekt met titaniumsilicide 15. In deze uitvoeringsvorm, ligt het substraat 10 tussen de beide actieve zones 81, 82 onder een circa 0,4 μm dikke siliciumoxydelaag 12 die in het substraat 10 is verzonken. De verzonken oxydelaag 12 is achtereenvolgens bedekt met een tweede siliciumoxydelaag 17 en een aluminium poortelektrode 85. Beide oxydelagen 12, 17 vormen samen een relatief dik poortdielektrikum, waardoor de drempelspanning van het beveiligingselement als MOS-transistor betrekkelijk hoog is.

Als de spanning over het beveiligingselement de drempelwaarde van ongeveer 15-20 Volt overschrijdt, raakt het beveiligingselement 8 in de hiervoor beschreven "snap-back"-toestand. Er bestaat dan een elektrische verbinding van de ingangslijn 61 via het beveiligingselement naar de tweede voedingslijn 63. Door de betrekkelijk grote dikte van het poortdielektrikum, is het beveiligingselement van deze uitvoeringsvorm betrekkelijk sterk. Bovendien is ook de afstand tussen de actieve zones 81, 82 groter gekozen dan bij de vorige uitvoeringsvorm, wat al met al tot gevolg heeft dat het hier beschreven beveiligingselement bestand is tegen relatief hoge spanningen. Het element bleek bestand tegen spanningen groter dan 1000 V. aangelegd volgens het zg. "Human Body Model; US. Milt. Std. 883C, method 3015.6, notice 7. Daartegenover staat dat het hier beschreven beveiligingselement door zijn hogere drempelwaarde, trager is dan het element uit de vorige uitvoeringsvorm. Bij voorkeur zijn in de halfgeleiderinrichting dan ook beide beveiligingselementen afzonderlijk tussen de ingangslijn 61 en tweede voedingslijn 63 geschakeld, zodat de

89 00593.

voordelen van beide elementen kunnen worden benut. Bij een elektrostatische ontlading wordt dan door het beveiligingselement van de eerste uitvoeringsvorm de spanning voldoende snel op een veilige waarde begrensd, terwijl het hier beschreven beveiligingselement ervoor zorgt
5 dat de lading in een voldoende grote dichtheid kan worden afgevoerd.

Het weerstandselement 9 dat volgens de uitvinding met het beveiligingselement 8 in serie is geschakeld, omvat in deze uitvoeringsvorm een met fosfor gedoteerde, poly-kristallijne siliciumlaag, bedekt met een top laag van titaniumsilicide 15,
10 die gedeeltelijk in stroken 93 is verdeeld. De samenstelling en dikte van de laag zijn nagenoeg gelijk aan die van de poortelektroden van de invertor uit de geïntegreerde schakeling, zodat het weerstandselement samen daarmee in dezelfde processtappen kan worden aangebracht. De weerstand van het weerstandselement 9 wordt voornamelijk bepaald door de
15 goed geleidende top laag 15 van titaniumsilicide. De vierkantsweerstand bedraagt daardoor circa $3-4 \Omega/\square$. In beginsel kunnen ook andere geleidende materialen voor het weerstandselement worden toegepast, maar daarvoor zullen vaak additionele processtappen nodig zijn.

Doordat het weerstandselement 9 in afzonderlijke stroken
20 93 is verdeeld, die door middel van de oxydelagen 12, 22 van het substraat zijn geïsoleerd, is in het weerstandselement de hierboven beschreven stroomconvergentie tegengegaan. De stroken 93 liggen op een onderlinge afstand van circa $4 \mu\text{m}$ van elkaar en zijn ongeveer $1 \mu\text{m}$ breed. Bij een lengte van $5-20 \mu\text{m}$, leidt dit tot een weerstand van
25 circa $15-80 \Omega$ per strook. Doordat de stroken parallel zijn geschakeld, is echter de weerstand van het weerstandselement relatief laag zodat het de schakelsnelheid van het beveiligingselement nauwelijks beïnvloed. Aan de van de actieve zone 81 afgewende zijde is het weerstandselement 9 niet in stroken verdeeld en zijn op het element een aantal elektroden 16
30 aangebracht, die hoewel in bovenaanzicht niet zichtbaar, in figuur 14 gestippeld zijn weergegeven. Via de elektroden 16 is het weerstandselement 9 met de ingangslijn 61 verbonden. In dit deel van het weerstandselement 9 zijn weerstandsfluctuaties in de overgang van het titaniumsilicide 15 naar de actieve zone 81 niet of nauwelijks merkbaar
35 door de relatief grote weerstand van de afzonderlijke stroken 93. Convergentie van een elektrische stroom zal hier dan ook niet of nauwelijks optreden, zodat de stroom praktisch uniform aan het

8900593.

weerstandselement wordt toegevoerd. In het weerstandselement is convergentie niet mogelijk doordat de stromen 93 zijdelings van elkaar zijn geïsoleerd. De stroom zal het element dan ook praktisch even uniform verlaten. Aan de naar het beveiligingselement 8 toegekeerde zijde zijn de stromen 93 ieder afzonderlijk via een aluminiumstrip 98 met de actieve zone 81 verbonden. Door afzonderlijke aluminiumdelen 98 toe te passen in plaats van een gemeenschappelijke, doorlopende aluminiumlaag voor de verbinding van de stromen 93 met de actieve zone 81, wordt convergentie van de stroom in het laag-ohmige aluminium 98 tegengegaan. De stroom zal daardoor vrijwel uniform aan het titaniumsilicide 15 op de actieve zone 81 worden toegevoerd. Wanneer het traject van de stroom in het silicide 15 niet te lang is kan zo een vrijwel homogene stroomverdeling over de pn-overgang 86 worden bereikt.

Opgemerkt wordt dat hoewel het weerstandselement 9 in deze uitvoeringsvorm via afzonderlijke aluminiumstrips met de actieve zone 81 is verbonden, dient deze verbinding binnen het kader van de uitvinding toch als direct te worden beschouwd in tegenstelling tot een verbinding door middel van een in dwarsrichting doorlopende aluminiumlaag.

Aan de hand van figuur 16 t/m 19 zal de vervaardiging van de tweede uitvoeringsvorm worden beschreven. Hierbij geven de figuren het beveiligingselement 8 en het weerstandselement 9 weer in opeenvolgende stadia van vervaardiging. De CMOS-schakeling wordt op overeenkomstige wijze gevormd als hierboven aan de hand van de eerste uitvoeringsvorm is beschreven.

Uitgegaan wordt van een met boor gedoteerd p-type substraat 10 waarop een oxydatiemasker van siliciumnitride 19 wordt aangebracht. Tussen het masker 19 en het substraat 10 is een dun laagje siliciumoxyde 18 aangebracht om spanningen op te vangen. Hiervoor kan eventueel ook siliciumoxynitride worden toegepast. Vervolgens wordt het geheel thermisch geoxydeerd, waarbij op het ongemaskeerde deel van het substraat een gedeeltelijk in het substraat verzonken siliciumoxydelaag 12 wordt gegroeid, zie figuur 16.

Nu kunnen de p-wellen en n-wellen voor de CMOS-schakeling worden aangebracht. Noch het beveiligingselement 8 noch het weerstandselement 9 bevat in deze uitvoeringsvorm een dergelijke well. Beide elementen 8, 9 zijn daardoor ook compatibel met processen waarin

89 00523.

zo'n well niet voorhanden is, zoals bijvoorbeeld een NMOS- of PMOS-proces.

Nadat het oxydatiemasker 19 is verwijderd, wordt de oxydelaag 12 op gebruikelijke wijze geplanariseerd, zodat alleen het in
5 het substraat 10 verzonken deel daarvan resteert. Vervolgens wordt een lichte thermische oxydatie uitgevoerd om een dunne siliciumoxydelaag 22 van ongeveer 17,5 nm te vormen, die als poortdielektrikum in de invertor wordt gebruikt, zoals bij de eerste uitvoeringsvorm is beschreven. De siliciumoxydelaag 22 wordt bedekt met een laag polykristallijn silicium
10 die met fosfor wordt gedoteerd en waaruit door maskeren en etsen de stroken 93 van het weerstandselement 9 worden gevormd. Uit dezelfde siliciumlaag worden ook de poortelektroden 45, 55 van de CMOS-transistoren gevormd, wat bij de eerste uitvoeringsvorm reeds is beschreven, zodat voor het aanbrengen van de stroken 93 geen r geen
15 extra processtappen nodig zijn. De nu verkregen structuur is in figuur 17 weergegeven.

Ter plaatse van het beveiligingselement worden nu achtereenvolgens fosfor en arseen in het substraat 10 geïmplanteerd, waarbij aan weerszijden van de verzonken oxydelaag 12 betrekkelijk zwaar
20 gedoteerde oppervlaktezones 81,82 worden gevormd. De doteringsconcentratie in de zones 81,82 bedraagt ongeveer 10^{20} cm^{-3} . Tussen beide implantaties is het geheel bedekt met een dikke siliciumoxydelaag die vervolgens samen met de daaronder liggende siliciumoxydelaag 22 anisotroop is weggetst en waarvan langs de
25 stroken 93 slechts de randdelen 27 resteren. De structuur is in figuur 18 weergegeven.

Het geheel wordt nu bedekt met een laag titanium 28, bijvoorbeeld door dit op het oppervlak te sputteren, en verhit tot een temperatuur van ongeveer 675 graden Celsius. Op plaatsen waar de
30 titaniumlaag 28 met het silicium in contact is, reageert het titanium met het silicium onder vorming van titaniumsilicide 15, zie figuur 19. Behalve op plaatsen waar de titaniumlaag 28 met het siliciumsubstraat 10 in contact is, is dit bijvoorbeeld ook het geval op het polykristallijne silicium van de stroken 93. Het niet omgezette titanium kan daarna
35 selectief worden verwijderd.

Het geheel wordt vervolgens bedekt met een betrekkelijk dikke siliciumoxydelaag 17 waarin op gebruikelijke wijze contactvensters

worden geetst. Daarna wordt het geheel bedekt met een aluminiumlaag, waaruit door maskeren en etsen elektroden 16 en bedrading 61, 63 worden gevormd. In deze stap worden behalve de ingangslijn 61 en de tweede voedingslijn 63 ook de aluminiumstrips 98 tussen de stroken 93 en de eerste actieve zone 81 respectievelijk de tweede actieve zone 82 aangebracht. Bovendien wordt uit de aluminiumlaag een poortelektrode 85 voor het beveiligingselement gevormd. De verkregen structuur is in figuur 15 in dwarsdoorsnede weergegeven.

Figuur 20 en 21 tonen een derde uitvoeringsvorm van de halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding respectievelijk in bovenaanzicht en in dwarsdoorsnede. De inrichting omvat evenals in de eerste uitvoeringsvorm een CMOS-schakeling, die overigens voor de uitvinding niet wezenlijk is en daarom in de figuren niet is weergegeven. Voor een beschrijving van de schakeling wordt hier dan ook naar de eerste uitvoeringsvorm verwezen.

In deze uitvoeringsvorm is uitgegaan van hetzelfde beveiligingselement 8 als in de eerste uitvoeringsvorm. Het bevat een eerste actieve zone 81 en een tweede actieve zone 82, beide van het n-type, die respectievelijk met de ingangslijn 61 en de tweede voedingslijn 63 zijn verbonden. De actieve zones 81, 82 vormen ieder een pn-overgang 86 resp. 87 met het aangrenzende deel van het p-type substraat. Het deel 83 van het substraat 10 tussen beide actieve zones 81, 82 is bedekt met een ongeveer 17,5 nm dik poortdielektrikum van siliciumoxyde en een poortelektrode 85 van n-type polykristallijn silicium. Zowel de poortelektrode 85 als de actieve zones 81, 82 zijn bedekt met titaniumsilicide 15. Het verdient overigens de voorkeur om de poortelektrode 85 van het beveiligingselement via een weerstand aan de tweede voedingslijn te leggen. Dit heeft namelijk tot gevolg dat de spanning tussen de poortelektrode 85 en de tweede actieve zone 82 laag blijft, waardoor kan worden voorkomen dat het poortdielektrikum 84 doorslaat als de spanning op de ingangslijn 61 een hoge waarde aanneemt.

Het weerstandselement 9 omvat in deze uitvoeringsvorm volgens de uitvinding een n-type weerstandszone 94 waarop een aantal praktisch evenwijdig lopende stroken 95 van titaniumsilicide liggen. De stroken zijn ongeveer 10 μm lang en 1 μm breed. Bij een vierkantsweerstand van circa 3-4 $\Omega/\square$ van het titaniumsilicide 15, bedraagt daardoor de weerstand per strook circa 30 Ω . De weerstandszone

94 is aangebracht in een p-type gedeelte van het substraat 10 en is daarvan door een pn-overgang geïsoleerd. De stroken 95 komen uit in de titaniumsilicidelaag 15 op de actieve zone 81, waaraan ook de weerstandszone 94 grenst. Aan de van de actieve zone 81 afgewende zijde zijn de stroken 95 met elkaar doorverbonden en zijn daarop elektroden 16 aangebracht, door middel waarvan het weerstandselement 9 met de ingangslijn 61 is verbonden. De elektroden 16 zijn in figuur 20 gestippeld weergegeven, hoewel ze in werkelijkheid in bovenaanzicht niet zichtbaar zijn. Waar de weerstandszone 94 niet met de silicidestroken 95 is bedekt, ligt de zone 94 onder in het substraat 10 verzonken siliciumoxydelaag 12.

In het navolgende zal aan de hand van figuur 22 t/m 25 de vervaardiging van de hier beschreven halfgeleiderinrichting worden uiteengezet. De figuren tonen beide weerstandselementen 9,9' en het beveiligingselement 8 in opeenvolgende stadia van vervaardiging.

Uitgegaan wordt van een p-type siliciumsubstraat 10 dat achtereenvolgens wordt bedekt met een dunne siliciumoxydelaag 18 en een siliciumnitridelaag 19. Nadat de nitridelaag 19 op gebruikelijke wijze in patroon is gebracht, wordt het geheel onderworpen aan een oxyderend milieu waardoor in de door de nitridelaag 19 onbedekt gelaten delen van het substraat 10 een gedeeltelijk verzonken siliciumoxydelaag 12 wordt gevormd. Hierbij is ervoor gezorgd dat het substraat 10 is bedekt met de nitridelaag 19 waar later de metaalsilicidestroken van het weerstandselement moeten worden gevormd. De structuur is in figuur 22 weergegeven.

Ter plaatse van het te vormen beveiligingselement wordt nu een fotolak-masker 20 aangebracht, waarna door implantatie van fosfor in de niet gemaskeerde delen van het substraat 10 een n-well 94 aangebracht, die de weerstandszone vormt, zie figuur 23. Na de implantatie wordt het geheel gedurende enige tijd verhit om de geïmplanteerde verontreiniging te activeren.

Nadat het masker 20 en de nitridelaag 19 zijn verwijderd, wordt de gedeeltelijk verzonken siliciumoxydelaag 12 op gebruikelijke wijze geplanariseerd, waarna door thermische oxydatie een ongeveer 17,5 nm dikke siliciumoxydelaag 22 wordt gegroeid, die als poortdielektrikum voor het beveiligingselement wordt gebruikt. Ter plaatse van het beveiligingselement wordt op de oxydelaag 22 een poortelectrode 85 van n-

type polykristallijn silicium aangebracht, waarna een eerste fosforimplantatie wordt uitgevoerd om aan weerszijden van de poortelektrode 85 relatief zwak gedoteerde en betrekkelijk ondiepe n-type oppervlaktezones 81A, 82A te vormen, zie figuur 24.

- 5 Het geheel wordt daarna bedekt met een relatief dikke siliciumoxydelaag waaruit door de laag anisotroop terug te etsen randdelen 27 worden gevormd. Deze randdelen 27 maskeren bij een tweede arseen-implantatie, die wordt uitgevoerd met een hogere dosis dan de voorgaande. De eerste implantatie wordt bijvoorbeeld uitgevoerd met een
10 dosis van ongeveer $4 \cdot 10^{13} \text{cm}^{-2}$, terwijl bij deze implantatie de dosis ongeveer $3 \cdot 10^{15} \text{cm}^{-2}$ bedraagt. Hierdoor worden wat diepere en wat zwaarder gedoteerde oppervlaktezones 81B, 82B gevormd die bovendien wat verder verwijderd van de poortelektrode 85 liggen. De zones 81A en 81B vormen samen de eerste actieve zone 81 van het beveiligingselement.
15 Evenzo vormen de zones 82A en 82B samen de tweede actieve zone 82, zie figuur 25.

- Vervolgens wordt het geheel bedekt met een laag titanium, waarna door een warmtebehandeling het titaan dat in contact is met silicium wordt omgezet in titaniumsilicide 15. Het resterende titaan
20 wordt vervolgens weggeetst. Behalve dat hierbij op de eerste-81 en tweede actieve zone 82 titaniumsilicide 15 wordt aangebracht, worden in deze stap ook de silicidestroken 95 van het weerstandselement 9 gevormd. Het geheel wordt daarna bedekt met een siliciumoxydelaag 17, die ter plaatse van het weerstandselement 9 van contactvensters wordt
25 voorzien. Vervolgens wordt het geheel bedekt met een dun titaan-wolfraamlaagje en een laag aluminium, waaruit door maskeren en etsen elektroden 16 en de gewenste bedrading, zoals de ingangslijn 61 en de tweede voedingslijn 63, wordt gevormd, zie figuur 20, 21.

- In de halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding kan
30 het weerstandselement gescheiden van het beveiligingselement in de inrichting zijn opgenomen. Hiervan is bijvoorbeeld sprake in de, hierboven beschreven, tweede uitvoeringsvorm. Het weerstandselement is in dit geval via bedrading met het beveiligingselement verbonden. Het is ook mogelijk dat het weerstandselement grenst aan het
35 beveiligingselement, zoals in de hierboven beschreven eerste en derde uitvoeringsvorm. In dat geval kan een aparte bedrading voor de elektrische verbinding van het weerstandselement met het

8900593.

beveiligingselement achterwege blijven. Een nog verdere integratie wordt bereikt als in de halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding het weerstandselement in het beveiligingselement wordt opgenomen. Als voorbeeld hiervan, zal in het navolgende een vierde uitvoeringsvorm van de halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding worden beschreven.

Figuur 26 geeft in dwarsdoorsnede het beveiligingselement volgens de vierde uitvoeringsvorm van de halfgeleiderinrichting weer. Het beveiligingselement omvat in deze uitvoeringsvorm een eerste actieve zone 81 en een tweede actieve zone 82 van een tegengesteld geleidingstype. De actieve zones 81, 82 vormen een diode met een doorslagspanning van circa 35 Volt. De actieve zones 81, 82 zijn in dezelfde processtappen aangebracht als de n-well en de p-well van respectievelijk de p-kanaals- en de n-kanaals transistor uit de geïntegreerde schakeling. De eerste actieve zone 81 heeft daardoor een vierkantsweerstand van circa $15 \text{ k}\Omega$, wat ruimschoots voldoende is om de eerder genoemde convergentie van stroom tegen te gaan.

De eerste- 81 en tweede actieve zone 82 liggen gedeeltelijk onder een in het substraat 10 verzonken siliciumoxydelaag 12, die een de pn-overgang 86 tussen beide zones aan het oppervlak begrenst. Waar de zones 81, 82 niet onder de siliciumoxydelaag 12 liggen, zijn de zones bedekt met titaniumsilicide 15. Zowel in de eerste 81 als in de tweede zone 82 is plaatselijk aan het oppervlak een extra hoeveelheid n-type dotering aangebracht ter vorming van contactzones 181 en 182. Hiervoor is gebruik gemaakt van de source en drain-implantatie voor de n-kanaals transistoren in de CMOS-schakeling. Het geheel is afgedekt met een betrekkelijk dikke siliciumoxydelaag 17, waarin ter plaatse van de contactzones 181, 182 contactvensters zijn aangebracht. In de contactvensters zijn de actieve zones 81, 82 op de silicidelaag 15 voorzien van elektroden 16, door middel waarvan de eerste actieve zone 81 met de ingangslijn 61 en de tweede actieve zone 82 met de tweede voedingslijn 63 is verbonden.

Doordat tussen de contactzones 181, 182 de eerste-81 en tweede actieve zone 82 onder de oxydelaag 12 liggen en niet met silicide 15 zijn bedekt, kan een elektrische stroom alleen via de betrekkelijk laag gedoteerde zones de pn-overgang 86 bereiken. Daarbij ondervindt de stroom een zodanige weerstand dat de weerstandsfluctuaties in de silicide-siliciumovergang 88 vrijwel geen invloed meer hebben. De stroom

8900593.

zal zich dan ook vrijwel homogeen over de pn-overgang 86 verspreiden, waardoor de maximale stroomdichtheid die het beveiligingselement kan voeren pas bij een betrekkelijk hoge totale stroom wordt bereikt.

De doorslagspanning van de pn-overgang 86 van ongeveer
5 35 Volt is hoger dan de drempelspanning van de beveiligingselementen van de vorige uitvoeringsvormen. Daartegenover staat echter dat het hier beschreven beveiligingselement in vergelijking met de andere beveiligingselementen aanmerkelijk sterker is. Dat wil zeggen dat het een belangrijk hogere spanning en stroomdichtheid kan verdragen dan het
10 beveiligingselement van een vorige uitvoeringsvorm. In een vijfde uitvoeringsvorm van de halfgeleiderinrichting worden volgens de uitvinding verschillende uitvoeringsvormen van het beveiligingselement dan ook gezamenlijk in een schakeling toegepast om de diverse voordelen daarin te verenigen. Figuur 27 toont hiervan een elektrisch
15 vervangingsschema.

In deze uitvoeringsvorm zijn drie beveiligingselementen 8A-C tussen de ingangslijn 61 en de tweede voedingslijn 63 parallel geschakeld. Het eerste beveiligingselement 8A omvat een p-well/n-well diode, zoals beschreven bij de vierde uitvoeringsvorm. Het tweede
20 beveiligingselement 8B is opgebouwd zoals het beveiligingselement uit de tweede uitvoeringsvorm, met een betrekkelijk dik poortdielektrikum en een relatief lange kanaallengte in vergelijking met het derde beveiligingselement 8C dat is opgebouwd zoals in de eerste uitvoeringsvorm is beschreven. De poortelektrode van het tweede
25 beveiligingselement 8B is met de ingangslijn 61 verbonden. Hierdoor zullen, bij een elektrostatische ontlading, de poortelektrode en de eerste actieve zone van het beveiligingselement 8B praktisch dezelfde spanning voeren, zodat het tweede beveiligingselement 8B sneller in geleiding zal komen. Het dikke poortdielektrikum van het tweede
30 beveiligingselement 8B is daarbij sterk genoeg om de spanning tussen de poortelektrode en de tweede actieve zone te weerstaan.

Tussen het tweede beveiligingselement 8B en de ingangslijn is volgens de uitvinding een weerstandselement 9 geschakeld, waarvoor in dit geval het weerstandselement uit de
35 hierboven beschreven tweede uitvoeringsvorm is genomen. Door het tweede beveiligingselement 8B wordt de spanning op de ingangslijn 61 op een voldoende lage waarde begrensd, zodat een serieweerstand voor het derde

8900593.

beveiligingselement 8C niet noodzakelijk is. Bovendien wordt in het derde beveiligingselement 8C de spanning op de poortelektrode laag gehouden door middel van de weerstand R4, die tussen de poortelektrode en de tweede voedingslijn 63 is geschakeld.

- 5 Bovendien is tussen de aansluitingen van het eerste beveiligingselement 8A en het tweede beveiligingselement 8B op de ingangslijn 61, in de ingangslijn een serieweerstand R1 opgenomen. En ook tussen de aansluitingen van het tweede- en derde beveiligingselement 8B, 8C op de ingangslijn 61 is een serieweerstand R2 geschakeld.
- 10 Bij voorkeur wordt voor beide serieweerstanden R1, R2 een in het halfgeleiderlichaam liggende weerstandszone toegepast, die een pn-overgangsvorm met het aangrenzende deel van het halfgeleiderlichaam. De pn-overgang is tijdens bedrijf in de keerrichting voorgespannen. Bij toenemende spanning over de weerstand zal het depletiegebied om de pn-
- 15 overgang zich uitbreiden, waardoor de weerstandszone wordt vernauwd en de weerstandswaarde daarvan groter wordt. Hierdoor kan worden bereikt dat tijdens normaal bedrijf van de schakeling 1, waarbij op de ingangslijn 61 de spanning niet boven circa 5 Volt uitkomt, de werking van de schakeling nauwelijks wordt vertraagd. Een geschikte waarde van
- 20 de eerste- en tweede serieweerstand R1, R2 bedraagt in deze toestand 300 Ω respectievelijk 100 Ω . Bij een elektrostatische ontlading daarentegen, waarbij juist een zeer hoge spanning op de ingangslijn staat, zal de weerstandswaarde van beide serieweerstanden R1, R2 belangrijk hoger zijn. De serieweerstanden R1, R2 vertragen in deze toestand de
- 25 spanningsstijging op de ingangslijn 61, om het derde beveiligingselement 8C in staat te stellen in geleiding te komen voordat de spanning op de poortelektroden 45, 55 ontoelaatbaar is opgelopen.

- Wanneer een elektrostatische ontlading plaatsvindt, zal het derde beveiligingselement vanwege zijn relatief lage drempelwaarde
- 30 als eerste in geleiding komen en de spanning op de aansluitgeleider 61 achter de tweede serieweerstand R2 begrenzen op circa 8 Volt. De stroom die dan door de tweede serieweerstand R2 loopt, zorgt voor een spanningsval daarover waardoor het tweede beveiligingselement 8B met een drempelwaarde van ongeveer 15-20 Volt ook in geleiding kan komen. De
- 35 spanning op de ingangslijn wordt dan tussen beide serieweerstanden R1, R2 op 10-15 Volt begrenst. Als laatste raakt ook het eerste beveiligingselement 8A in geleiding waardoor de vrijgekomen lading in

8900593.

korte tijd kan worden afgevoerd.

Door de serieweerstanden R1 en R2 zorgvuldig te kiezen kan er voor worden gezorgd dat het overgrote deel van de stroom door het eerste beveiligingselement 8A wordt afgevoerd. Zo zal bij een
5 electrostatische ontlading met de hier toegepaste waarden voor de serieweerstanden R1, R2, door R1 en R2 een stroom van de orde van grootte van respectievelijk 100-500 mA en 10-20 mA lopen, terwijl de stroom die door het eerste beveiligingselement wordt afgevoerd daarbij 5 A of zelfs meer kan bedragen.

10 Een zesde uitvoeringsvorm van de halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding is in figuur 28 in dwarsdoorsnede weergegeven. Hierin omvat het beveiligingselement 8 een eerste actieve zone 81 en een tweede actieve zone 82 die beide n-type geleidend zijn en van elkaar worden gescheiden door een deel van het p-type substraat 10. Dit deel
15 ligt onder een betrekkelijk dikke oxydelaag 12 die in het substraat 10 verzonken ligt. De zones 81, 82 zijn ongeveer 200 μm breed en aangebracht in dezelfde processtappen als de n-well van de p-kanaal transistor. Voor een beschrijving hiervan wordt verwezen naar de eerste uitvoeringsvorm. De actieve zones 81, 82 zijn daarin met fosfor
20 gedoteerd in een concentratie van circa $5 \cdot 10^{16} \text{cm}^{-3}$, waardoor hun vierkantsweerstand ongeveer 15 $\text{k}\Omega/\square$ bedraagt.

Voor een deugdelijk elektrisch contact naar de actieve zones 81, 82, zijn aan weerszijden van de oxydelaag 12 beide zones 81, 82 aan het oppervlak van een hogere dotering voorzien ter vorming van
25 elektrodezones 181 resp 182. Voor de elektrodezones 181, 182 kan gebruik gemaakt worden van de source- en drain implantatie van de n-type transistoren uit de schakeling (voor een beschrijving daarvan wordt verwezen naar de eerste uitvoeringsvorm). De elektrodezones 181, 182 zijn bedekt met titaniumsilicide 15 en het geheel is afgedekt met een
30 laag siliciumoxyde 17. Via contactvensters in de oxydelaag 17 zijn de eerste- 81 en tweede actieve zone 82 door middel van aluminium elektroden 16 verbonden met resp. de ingangslijn 61 en de tweede voedingslijn 63. Tussen de actieve zones 81, 82 is op de oxydelaag 17 een aluminium poortelektrode 85 aangebracht ten behoeve van
35 het beveiligingselement.

Beide actieve zones 81, 82 vormen met het p-type substraat 10 een pn-overgang 86 resp. 87 waarvan de doorslagspanning

8900593.

ongeveer 35 Volt bedraagt. Als de spanning op de ingangslijn 61 boven deze spanning uitkomt zal de pn-overgang 86 van de eerste actieve zone 81 doorslaan, waarna het beveiligingselement in de hierboven beschreven "snap back"-toestand raakt. In die toestand voert het

5 beveiligingselement lading af naar de tweede voedingslijn 63, waarbij de spanning op de ingangslijn begrensd is op circa 15 Volt. De dan door het beveiligingselement lopende stroom is gedwongen een stuk door het betrekkelijk zwak gedoteerde deel van de eerste actieve zone 81 te lopen. Door de betrekkelijk hoge vierkantsweerstand in dit deel van de

10 actieve zones 81 ondervindt de stroom daarbij voldoende weerstand om convergentie van de stroom tegen te gaan. Het is dan ook niet nodig om in deze uitvoeringsvorm een extra weerstand voor het beveiligingselement te schakelen.

Hoewel de uitvinding aan de hand van de hiervoor gegeven

15 uitvoeringsvormen is beschreven zal het duidelijk zijn dat de uitvinding niet tot deze uitvoeringsvormen is beperkt. Voor de vakman zijn binnen het kader van de uitvinding nog vele variaties mogelijk.

Zo kan het weerstandselement en het beveiligingselement dat bij een uitvoeringsvorm is beschreven ook bij een andere

20 uitvoeringsvorm worden toegepast. Bovendien is de toepassing van de uitvinding niet beperkt tot MOS-schakelingen, maar kan de uitvinding bijvoorbeeld ook worden toegepast in een halfgeleiderinrichting die een bipolaire schakeling omvat met bijvoorbeeld gesilicideerde emitters. Het beveiligingselement kan in dat geval worden gevormd door een bipolaire

25 transistor, bijvoorbeeld een NPN-transistor waarvan de collector met de aansluitgeleider is verbonden en de emitter aan het tweede contactvlak is gekoppeld. Door toepassing van de uitvinding kan ook de levensduur en daarmee de bedrijfszekerheid van dit element worden vergroot.

Daarnaast kunnen, in het geval van een

30 beveiligingselement met een aantal actieve zones, een aantal weerstandselementen worden toegepast die ieder afzonderlijk volgens de uitvinding met een actieve zone zijn verbonden. Hierdoor kan een verdere verhoging van de totale serieweerstand worden bereikt, waarvoor in sommige gevallen geen extra ruimte nodig is.

35 Verder wordt nog opgemerkt dat, hoewel de uitvinding in het voorgaande voornamelijk is beschreven aan de hand van een beveiligingsschakeling tussen een ingangslijn en een voedingslijn, de

8900593.

uitvinding ook bijvoorbeeld kan worden toegepast in een beveiligingsschakeling tussen een uitgangslijn en een voedingslijn of tussen twee voedingslijnen of in de geïntegreerde schakeling zelf.

Conclusies:

1) Halfgeleiderinrichting omvattende een
halfgeleiderlichaam voorzien van een geïntegreerde schakeling met ten
minste een transistor die een in het halfgeleiderlichaam liggende en met
metaalsilicide bedekte zone omvat, waarbij de schakeling via een eerste
5 aansluitgeleider met een contactvlak is verbonden en tussen de eerste
aansluitgeleider en een tweede aansluitgeleider een beveiligingselement
is geschakeld dat een in het halfgeleiderlichaam liggende, actieve zone
omvat die met een aangrenzend deel van het halfgeleiderlichaam een pn-
overgang vormt, aan het oppervlak van het halfgeleiderlichaam met een
10 metaalsilicidelaag is bedekt en die via een electrode aan de eerste
aansluitgeleider is gekoppeld, met het kenmerk, dat ter verbetering van
de uniformiteit van de stroomverdeling over de pn-overgang, tussen de
electrode en de pn-overgang, in serie met het beveiligingselement, een
weerstandselement direkt met de actieve zone van het beveiligingselement
15 is verbonden waarvan de breedte praktisch gelijk is aan de breedte van
de actieve zone.

2) Halfgeleiderinrichting volgens conclusies 1 met het
kenmerk dat de schakeling een veldeffecttransistor bevat met een source
en drain van een eerste geleidingstype die van elkaar zijn gescheiden
20 door een kanaalgebied van een tweede, tegengestelde geleidingstype dat
bedekt is met een poortdielektrikum en een poortelektrode, waarbij de
source en de drain met metaalsilicide zijn bedekt.

3) Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 2 met het
kenmerk dat de schakeling een tweede veldeffecttransistor omvat met een
25 source en drain van het tweede geleidingstype die van elkaar zijn
gescheiden door een kanaalgebied van het eerste geleidingstype dat is
bedekt met een poortdielektrikum en een poortelektrode, waarbij de
source en de drain met metaalsilicide zijn bedekt en waarbij de
transistor is aangebracht in een halfgeleiderwell van het eerste
30 geleidingstype die met het aangrenzende deel van het halfgeleiderlichaam
een pn-overgang vormt.

4) Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 2 of 3 met het
kenmerk dat het beveiligingselement een tweede actieve zone omvat van
hetzelfde geleidingstype als de eerste actieve zone, waarbij beide
35 actieve zones van elkaar zijn gescheiden door een deel van het
halfgeleiderlichaam van het tegengestelde geleidingstype.

5) Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 4 met het

8900593.

kenmerk dat beide actieve zones van het beveiligingselement althans nagenoeg even zwaar zijn gedoteerd en althans nagenoeg even diep in het halfgeleiderlichaam liggen als de source en drain van een veldeffecttransistor.

- 5 6) Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 3 en 4 met het kenmerk dat de actieve zones van het beveiligingselement beide een halfgeleiderwell van het eerste geleidingstype omvatten, waarvan de doteringsconcentratie en diepte althans nagenoeg gelijk zijn aan die van de halfgeleiderwell waarin de veldeffecttransistor is aangebracht.
- 10 7) Halfgeleiderinrichting volgens een der conclusies 1 tot en met 5, met het kenmerk dat het weerstandselement een in het halfgeleiderlichaam liggende weerstandszone omvat van hetzelfde geleidingstype als de actieve zone van het beveiligingselement waaraan hij grenst, waarbij de weerstandszone een pn-overgang vormt met het
15 overige deel van het halfgeleiderlichaam en aan het oppervlak althans ten dele met siliciumoxyde is bedekt.
- 8) Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 7 met het kenmerk dat op de weerstandszone metaalsilicidestroken liggen, die door het siliciumoxyde van elkaar zijn gescheiden en over althans nagenoeg de
20 gehele breedte van de actieve zone in de daarop liggende metaalsilicidelaag uitkomen.
- 9) Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 3 en conclusie 7 of 8 met het kenmerk dat de weerstandszone en de halfgeleiderwell althans nagenoeg even diep in het halfgeleiderlichaam liggen en althans
25 nagenoeg even zwaar zijn gedoteerd.
- 10) Halfgeleiderinrichting volgens een der conclusies 1 tot en met 5 met het kenmerk dat het weerstandselement een laag polykristallijn silicium omvat die door een dielektrische laag van het halfgeleiderlichaam is gescheiden en die zich over althans nagenoeg de
30 gehele breedte van de actieve zone uitstrekt, waarbij de siliciumlaag althans gedeeltelijk in een aantal naast elkaar verlopende stroken is verdeeld, waarvan de naar de actieve zone toegekeerde uiteinden ieder afzonderlijk met de actieve zone zijn verbonden.
- 11) Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 10 met het
35 kenmerk dat de polykristallijne siliciumlaag van een toplaag van metaalsilicide is voorzien.
- 12) Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 2 of 3 en

8900593.

conclusie 10 of 11 met het kenmerk dat de polykristallijne siliciumlaag van het weerstandselement en de poortelektrode van een veldeffecttransistor althans nagenoeg eenzelfde samenstelling en dikte hebben.

- 5 13) Halfgeleiderinrichting volgens een der conclusies 1 t/m 3 met het kenmerk dat het beveiligingselement een tweede actieve zone omvat die met de eerste actieve zone een diode vormt, waarbij beide actieve zones een halfgeleiderwell omvatten en aan het oppervlak grotendeels met siliciumoxyde zijn bedekt.

8900593.

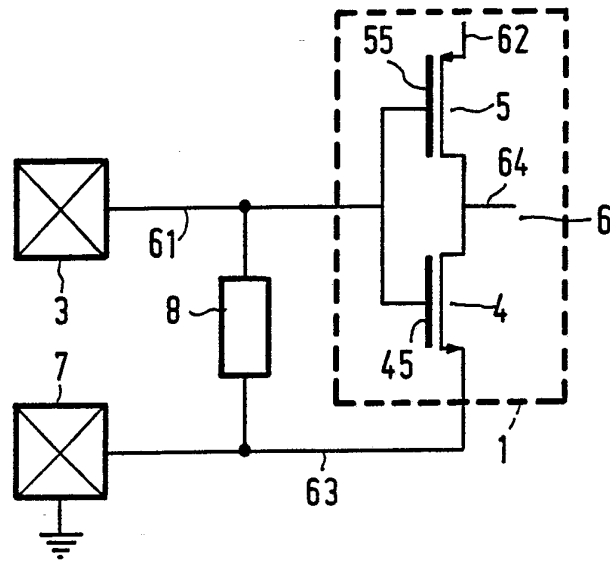


FIG. 1

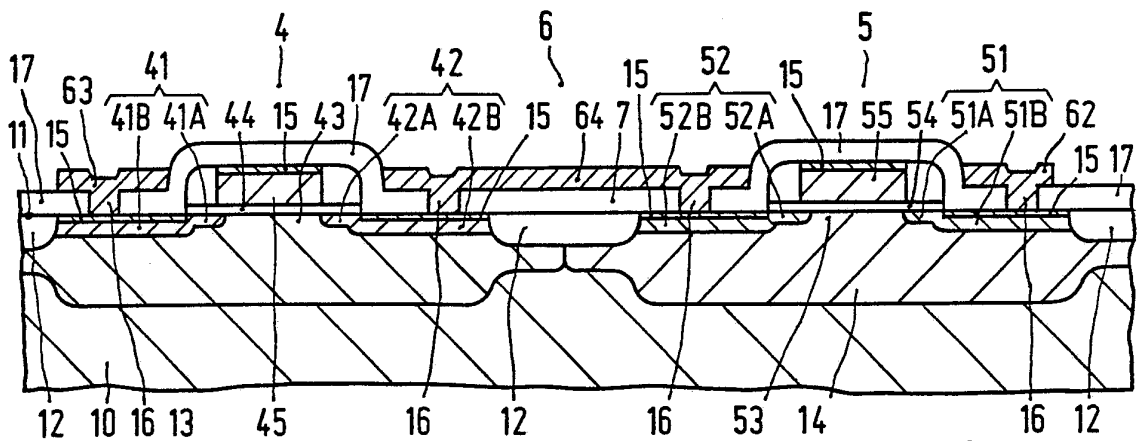


FIG. 2

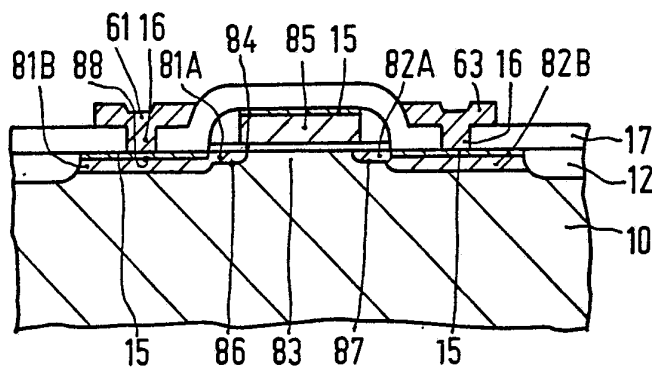


FIG. 3

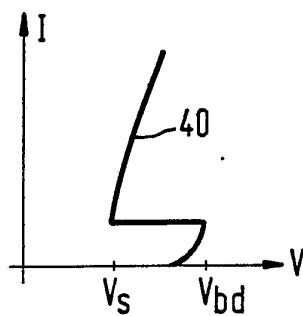


FIG. 4

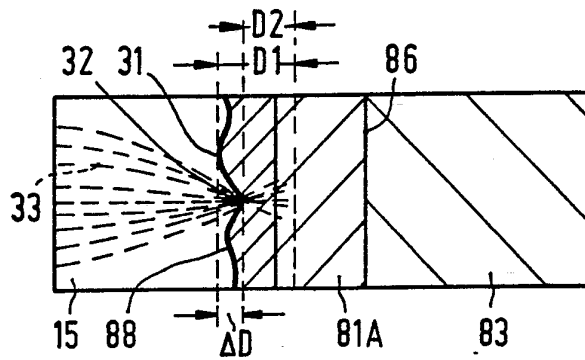


FIG. 5

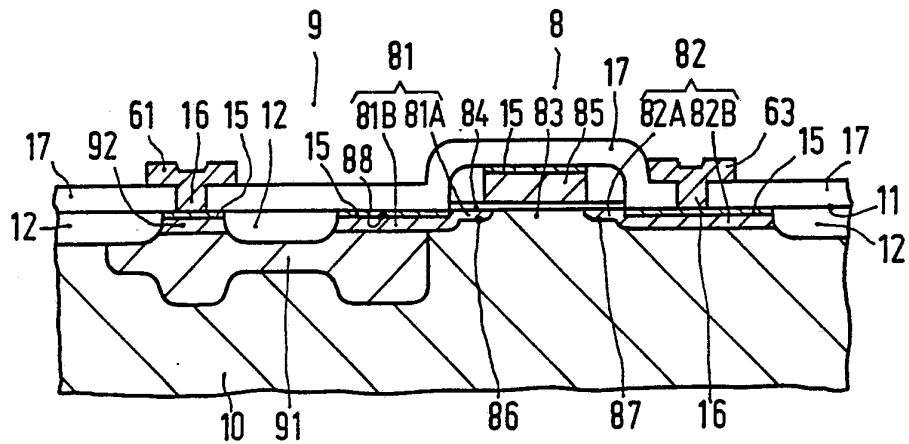


FIG. 6

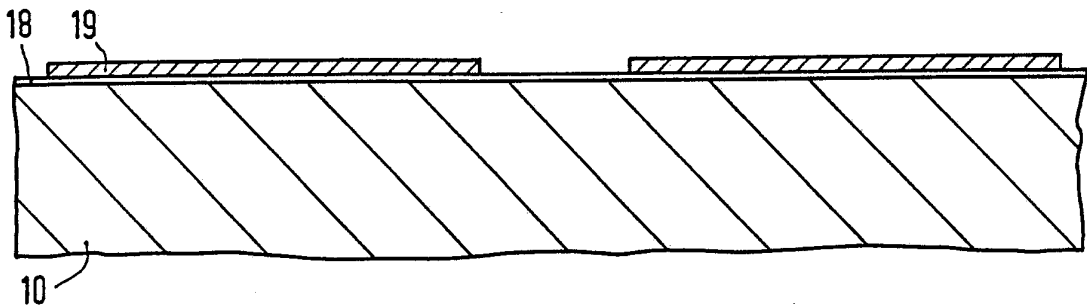


FIG. 7A

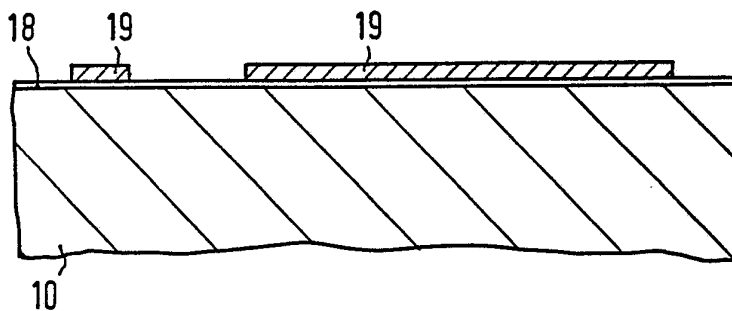


FIG. 7 B

3/12

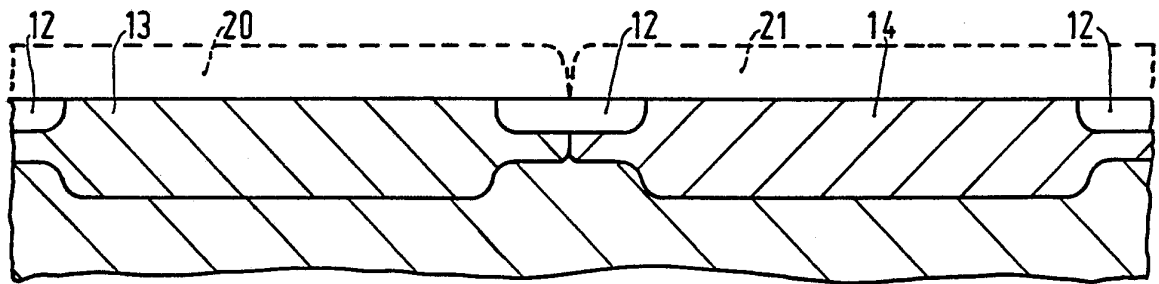


FIG. 8A

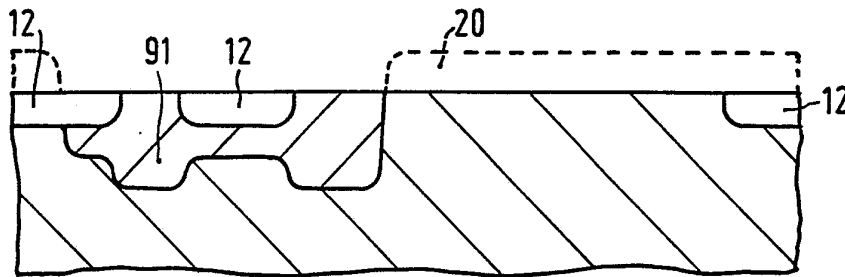


FIG. 8B

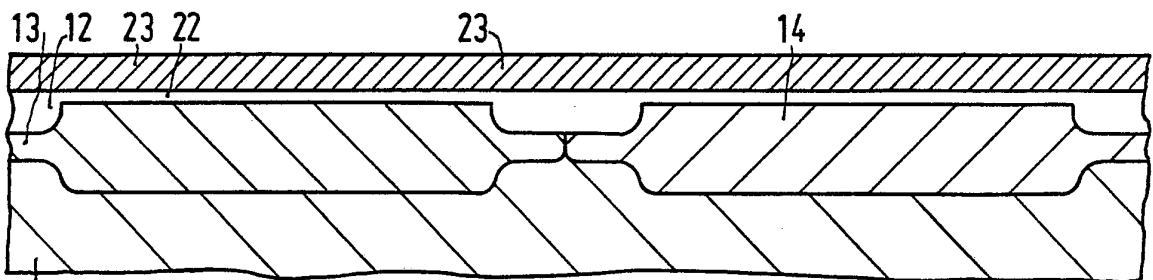


FIG. 9A

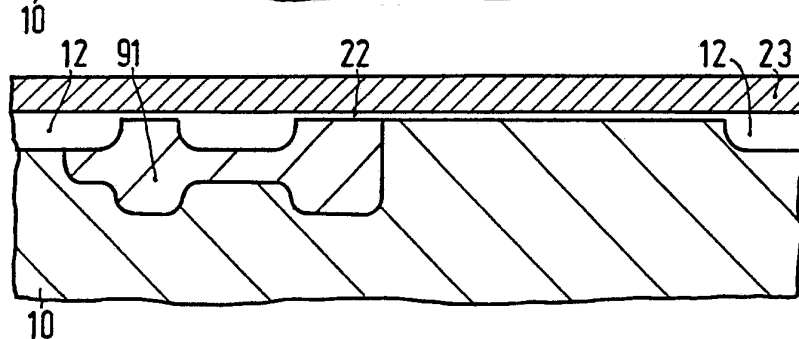


FIG. 9B

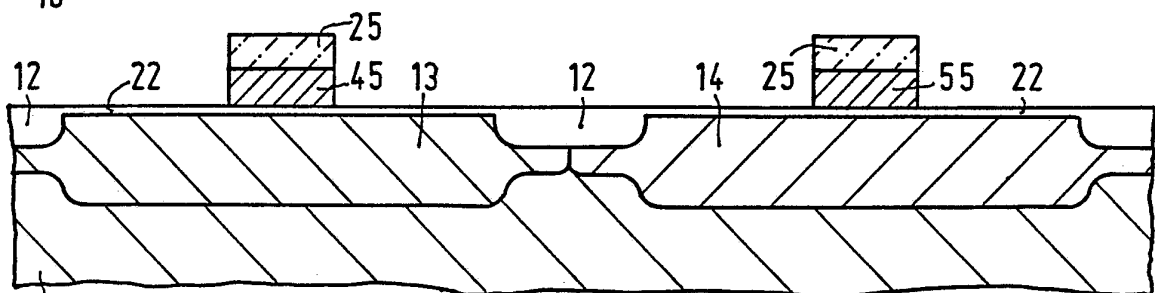


FIG. 10A

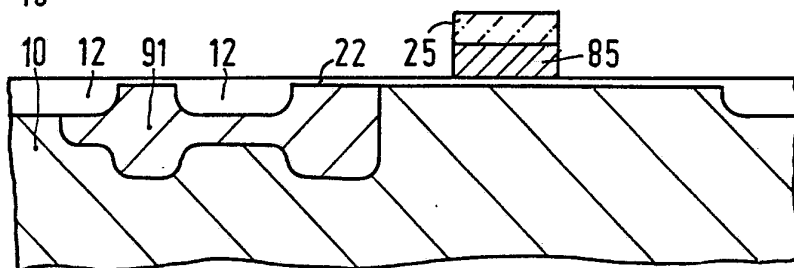


FIG. 10B

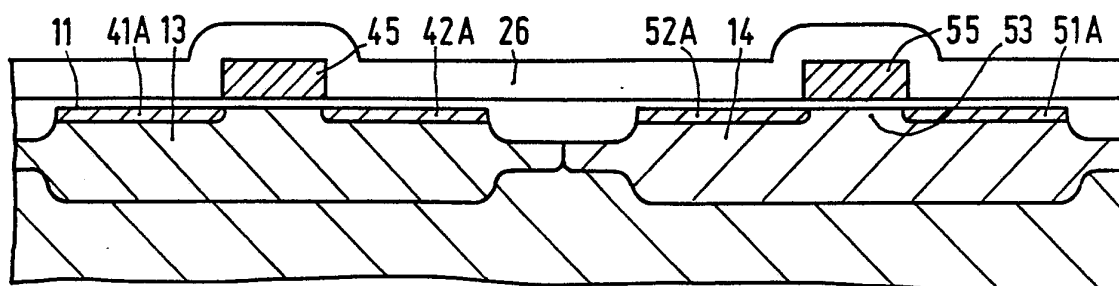


FIG. 11A

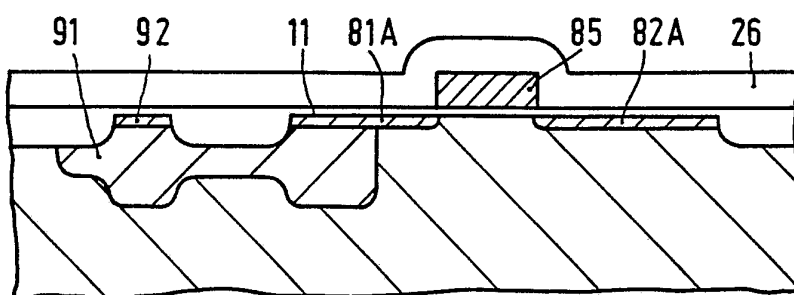


FIG. 11B

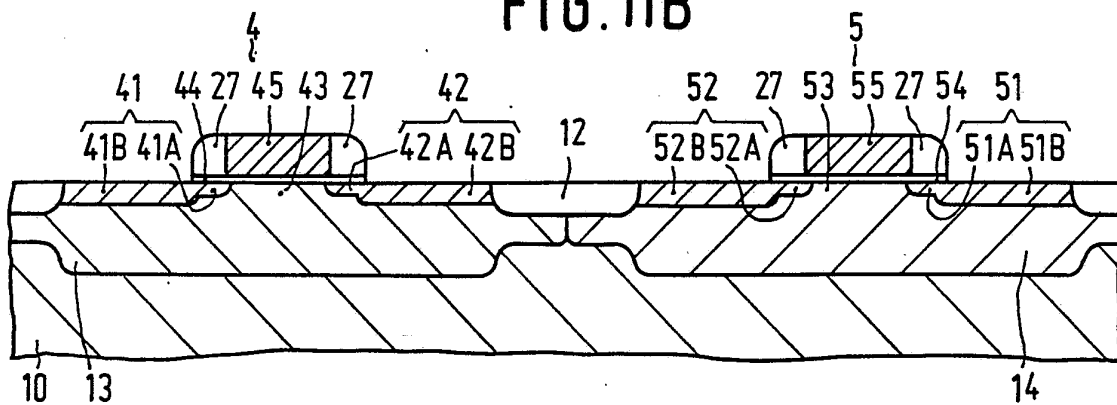


FIG. 12A

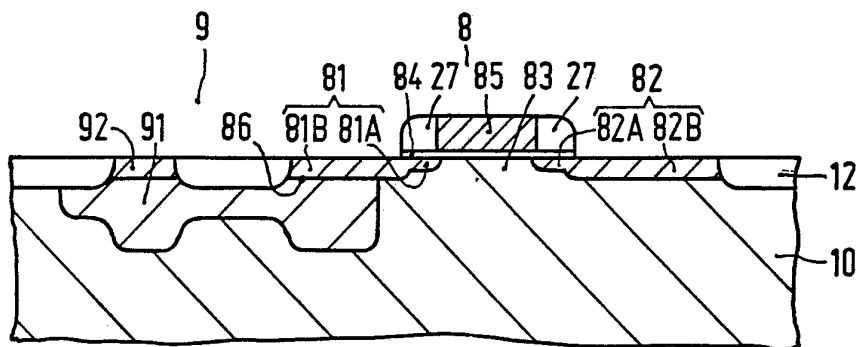


FIG. 12B

8900525.

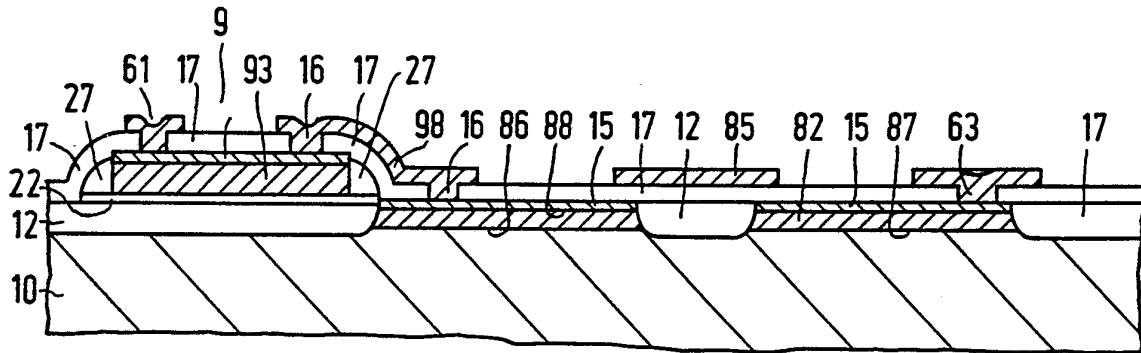


FIG. 15A

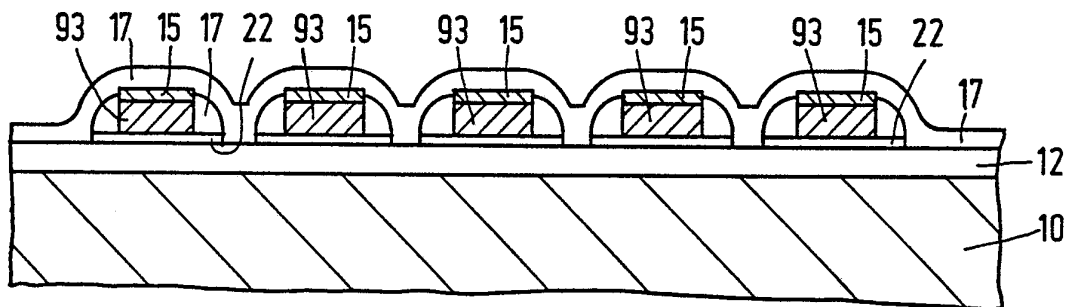


FIG. 15B

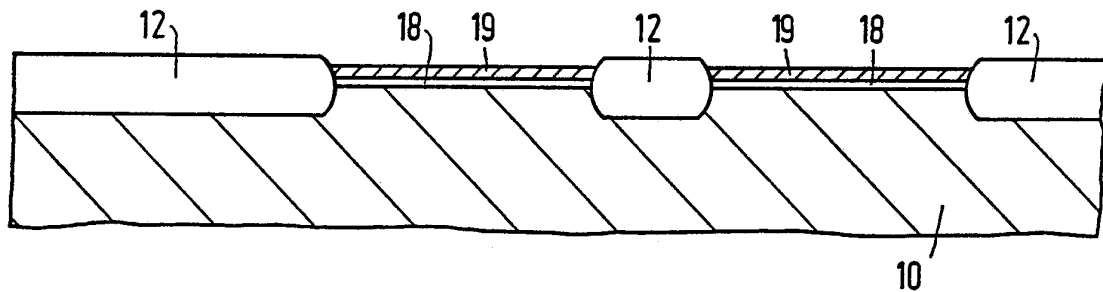


FIG. 16A



FIG. 16B

7/12

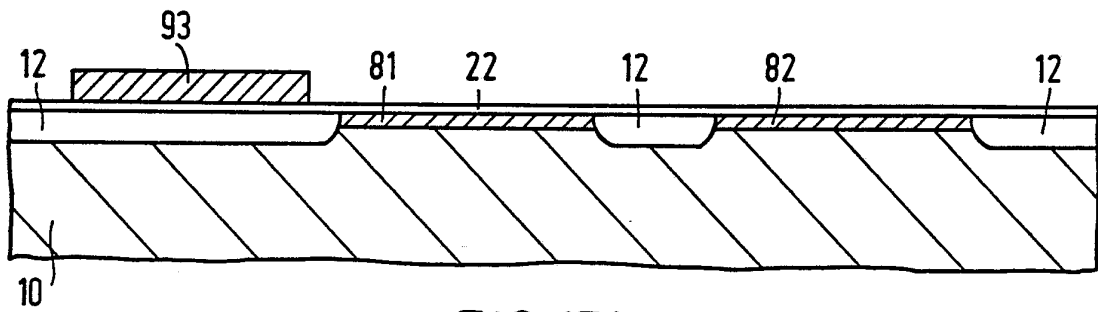


FIG. 17A

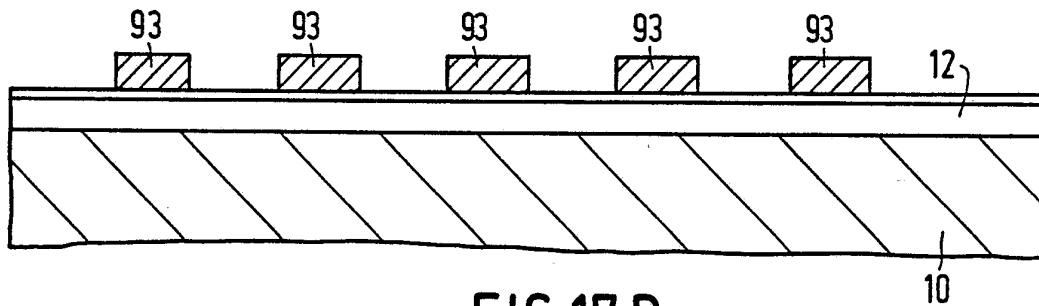


FIG. 17 B

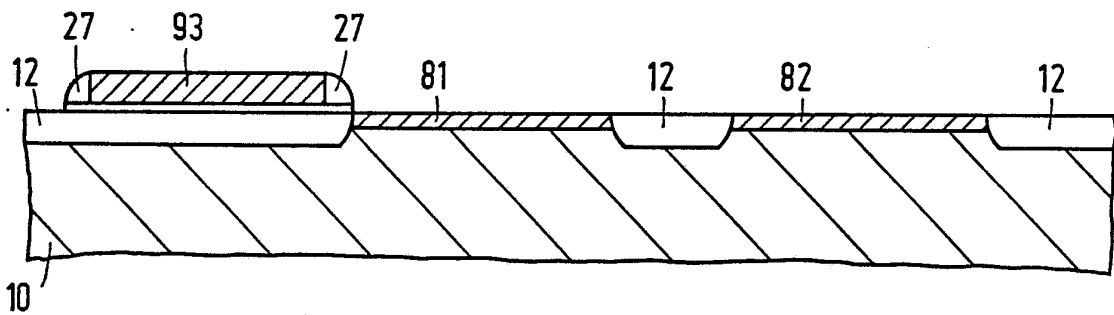


FIG. 18A

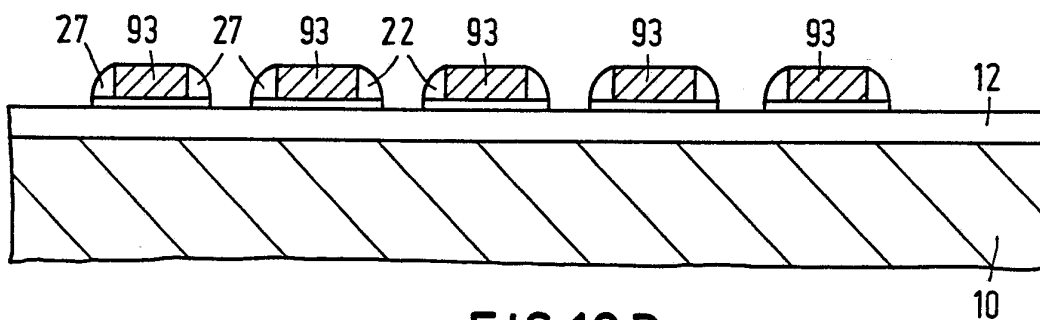


FIG. 18 B

8900593.

7-XII-PHN 12827

8/12

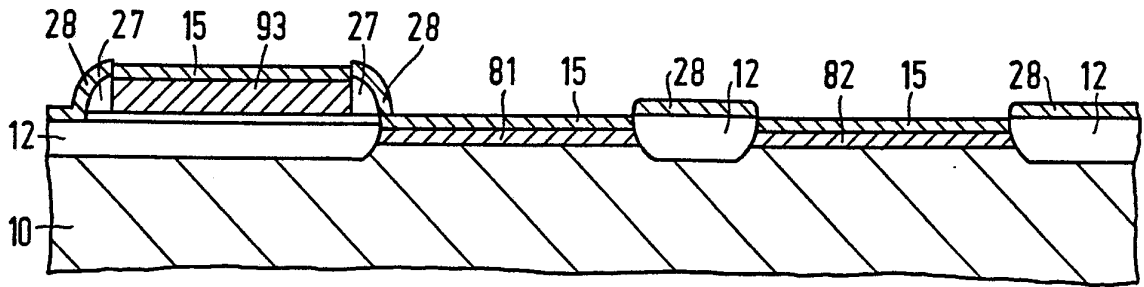


FIG. 19A

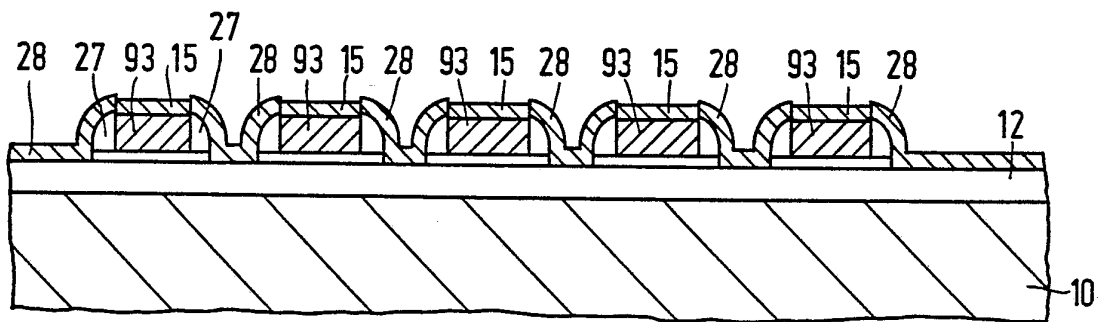


FIG. 19B

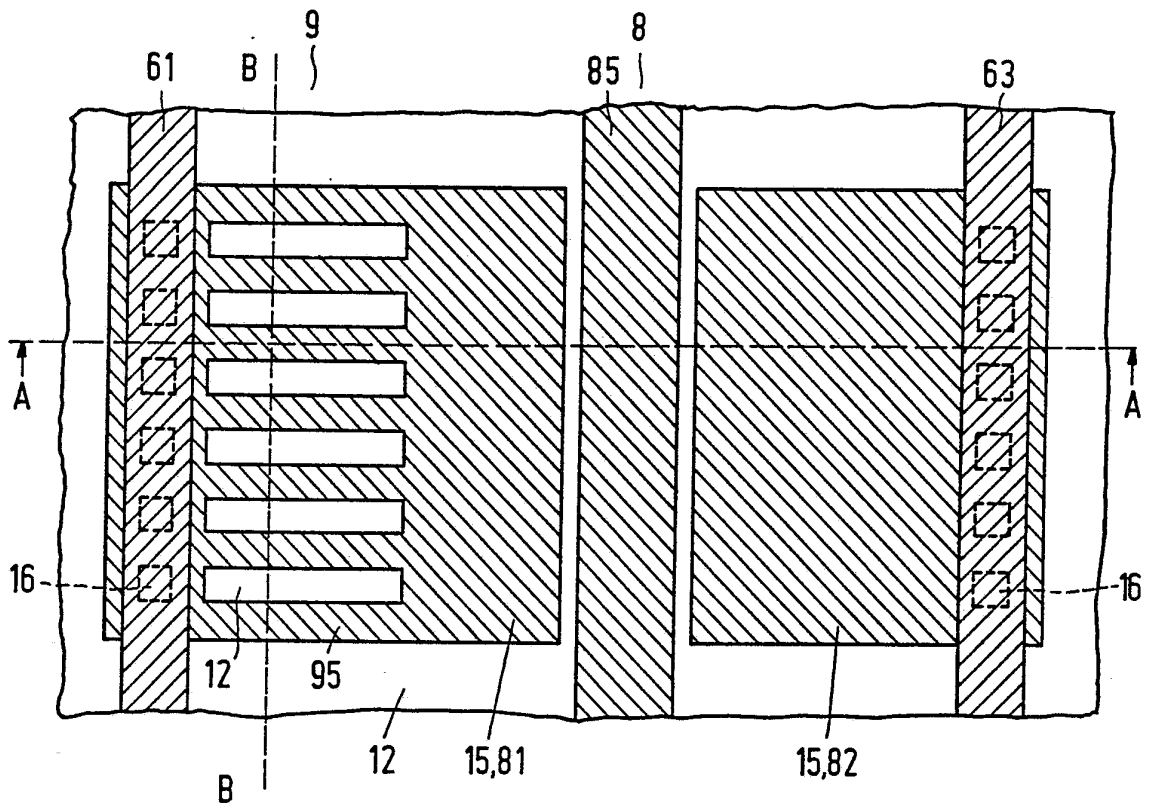


FIG. 20

8900593.

8-XII-PHN 12827

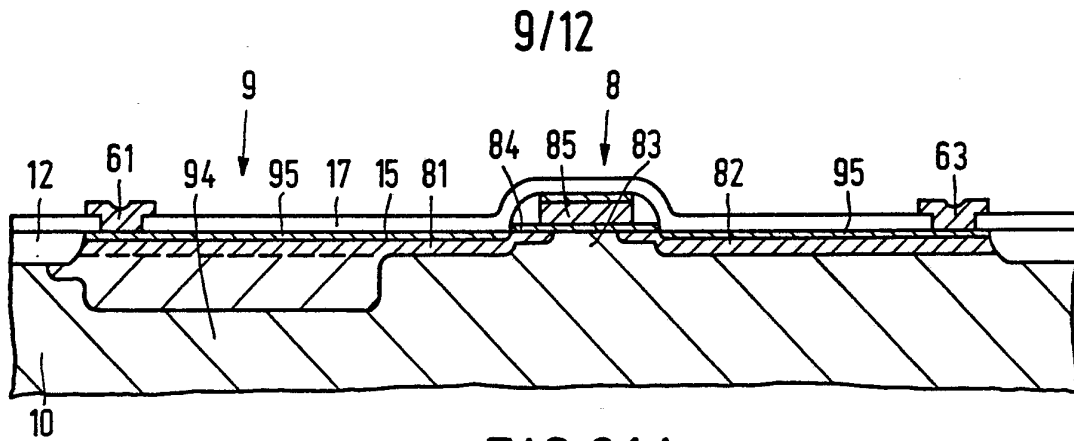


FIG. 21A

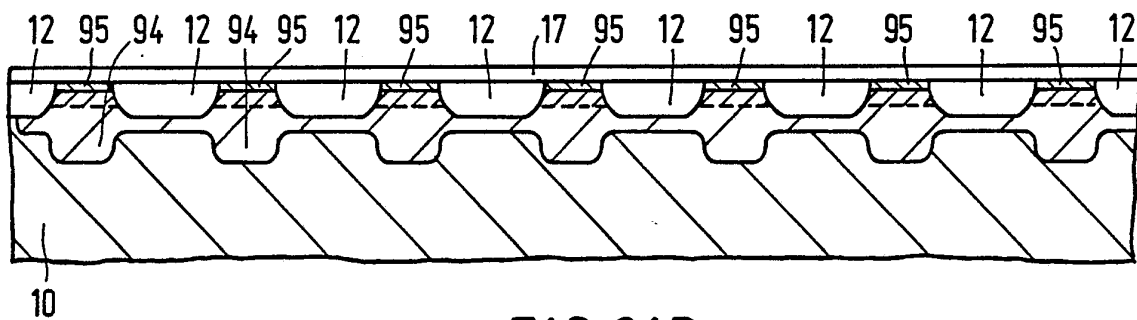


FIG. 21B

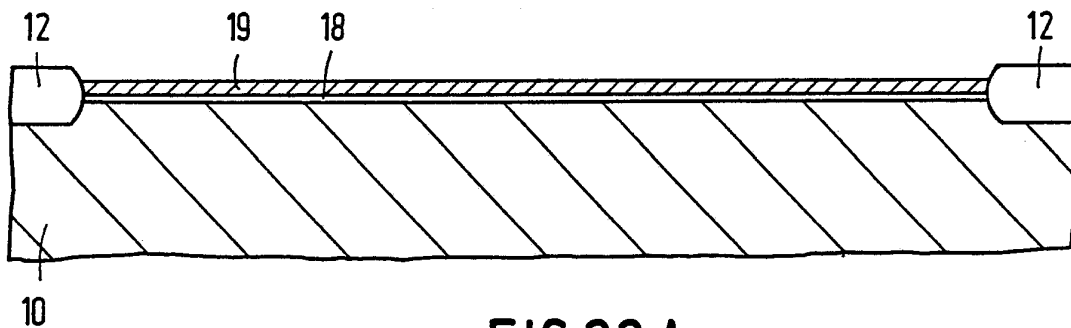


FIG. 22A

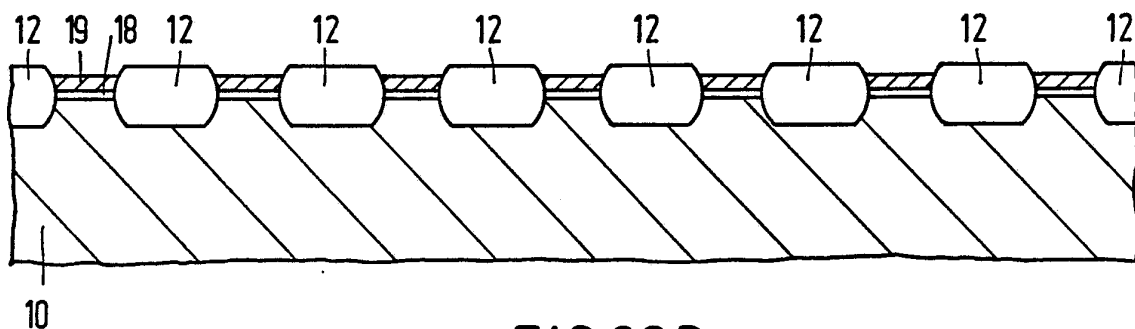


FIG. 22B

FIG. 23D

This cross-sectional view shows a substrate 10 with a thin layer 12 on top. A patterned layer 22 is formed on the thin layer 12. A central block 84 is positioned on the thin layer 12, with a top layer 85 on its upper surface. A hatched layer 82A is located between the thin layer 12 and the central block 84.

A cross-sectional view of a multi-layered material. The top layer is labeled 12 and contains several small, rounded, downward-pointing protrusions. Below this is a layer with diagonal hatching, labeled 10. The interface between the top layer and the hatched layer is wavy, following the shape of the protrusions in the top layer.

8910593.

11/12

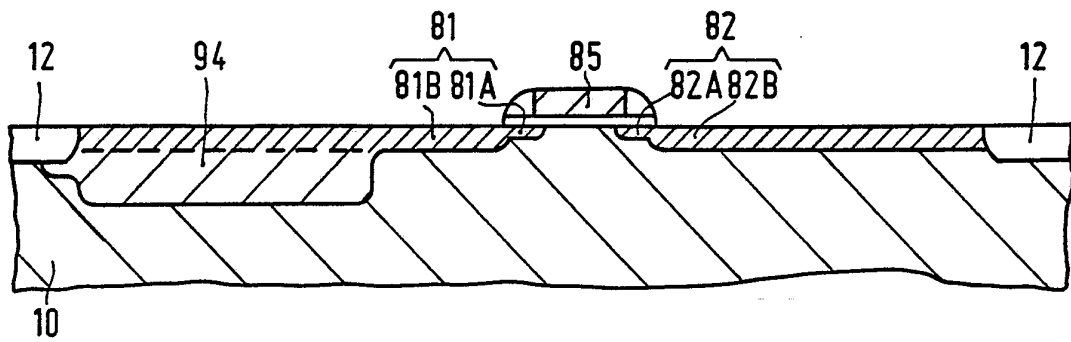


FIG. 25A

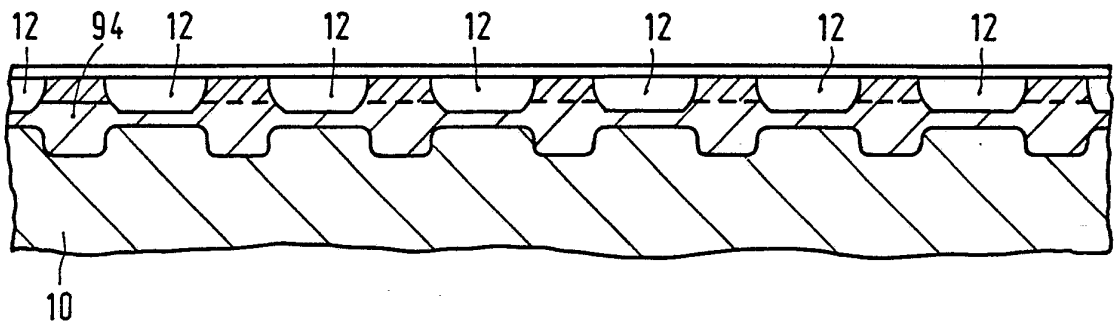


FIG. 25B

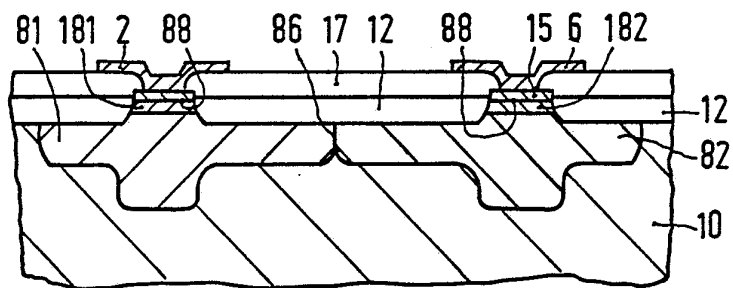


FIG. 26

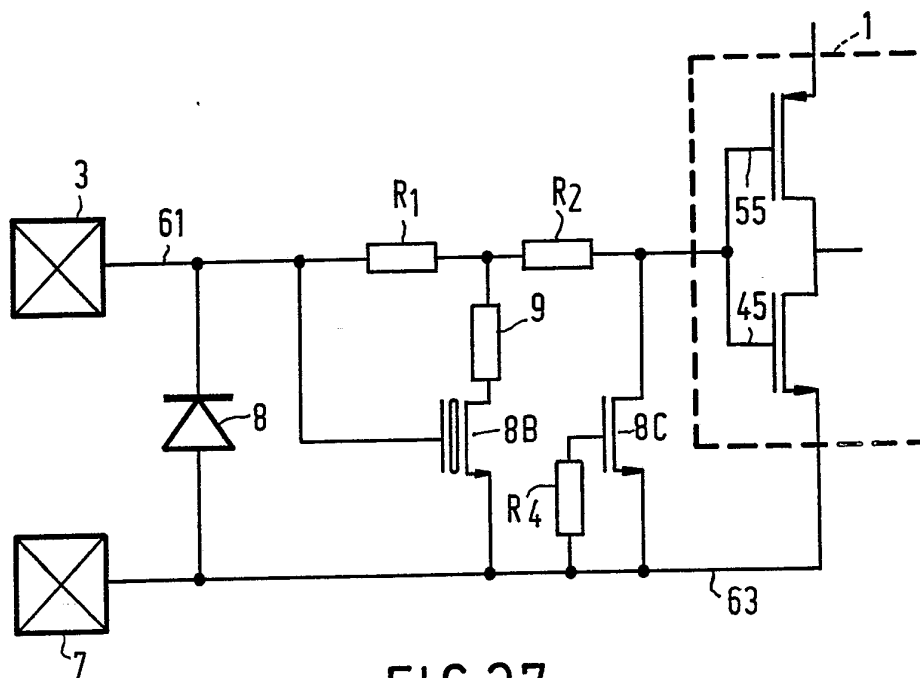


FIG.27

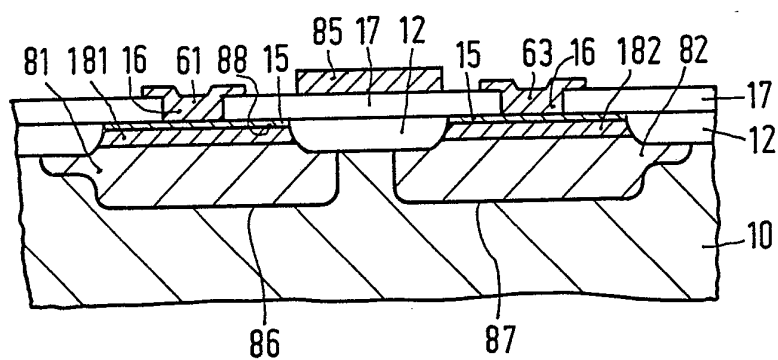


FIG.28