

①9



Octrooiraad
Nederland

①1 194992

①2 C OCTROOI

②1 Aanvraag om octrooi: 8201002

②2 Ingediend: 11.03.1982

⑤1 Int.Cl.⁷

H01Q19/17, H01Q1/24, H01Q23/00,
H01Q21/06, G01S7/00

③0 Voorrang:
11.03.1981 GB 0008107622
07.07.1981 GB 0008121002

④3 Ter inzage gelegd:
01.03.1995 I.E. 1995/05

④4 Openbaargemaakt:
02.06.2003 I.E. 2003/06

④7 Dagtekening:
03.10.2003

④5 Uitgegeven:
01.12.2003 I.E. 2003/12

⑦3 Octrooihouder(s):
QinetiQ Limited te London, Groot-Brittannië
(GB).

⑦4 Gemachtigde:
Ir. A. van Westenbrugge c.s. te 2517 KZ Den
Haag.

⑤4 Electromagnetische stralingssensor.

Elektromagnetische stralingssensor

De uitvinding heeft betrekking op een elektromagnetische stralingssensor met een bladsubstraat voor ondersteuning van een antenneconfiguratie, in het bladsubstraat geïntegreerde mengmiddelen verbonden
5 tussen antenneleden en uitgangsmiddelen voor afgifte van laagfrequente mengsignalen.

Een dergelijke elektromagnetische stralingssensor is bekend uit het artikel "Submillimeter Wavelength Surface-Oriented Diode Mixers" van R.A. Murphy et al. in 1978 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pagina's 430-432.

Elektromagnetische stralingssensoren van de bovengenoemde soort worden met voordeel in velerlei
10 gebieden toegepast, in het bijzonder als millimetergolfbandsensoren die op straling reageren met een frequentie in het gebied van 30 tot 300 GHz, en eveneens sensoren die reageren op straling in het centimeter- (3 tot 30 GHz) of submillimeter- (boven 300 GHz) golflengtegebied. Door zowel een redelijke hoekresolutie als een compacte afmeting te combineren, zijn millimetergolfbandsensoren voordelig ten opzichte van radars die op lagere microgolffrequenties reageren, omdat zij, ofschoon zij een beperkt
15 werkgebied hebben, een inherente weerstand vertonen ten opzichte van lange-afstand interferentie en omdat zij onder vrijwel alle weersomstandigheden op bevredigende wijze functioneren. Zij zijn van belang voor passieve radiometer en radartoepassingen ten behoeve van bewakings-, map- en beeldtoepassingen, en zij zijn eveneens van belang voor korte-afstandcommunicatieverbindingen.

De uit bovengenoemd artikel bekende elektromagnetische stralingssensor heeft een GaAs-substraat dat
20 een dipoolantenne ondersteunt waarvan leden zijn verbonden met een Schottky-grenslaagdiode die een submillimeter golflengtemenger vormt.

De uitvinding beoogt een compacte sensor te verschaffen. De inrichting van de in de aanhef genoemde soort heeft daartoe het kenmerk dat

- a) de antenneconfiguratie ten minste een antenne met eerste en tweede gekruiste dipolen bevat voor het
25 ontvangen respectievelijk van stralingssignalen en lokale-oscillatorreferentiesignalen, en
- b) de geïntegreerde mengmiddelen vier mengdioden bevatten die elk zijn verbonden tussen een respectievelijk paar leden van verschillende dipolen en ingericht zijn om de laagfrequente mengsignalen die een gevolg zijn van menging van stralings- en referentiesignalen te ontwikkelen.

De uitvinding heeft tevens betrekking op een elektromagnetische stralingssensor voorzien van een
30 substraat, een antenneconfiguratie, in het substraat geïntegreerde mengmiddelen verbonden tussen leden van de antenne, en uitgangsmiddelen voor afgifte van laagfrequente mengsignalen. Ingangsstraling kan op efficiënte wijze naar de antenneconfiguratie worden gekoppeld. De stralingssensor heeft daartoe het kenmerk dat

- a) de antenneconfiguratie een plenaire array van soortgelijke dipolaire antennes is,
- 35 b) elke antenne respectievelijk mengmiddel omvattende ten minste een mengdiode heeft dat tussen de dipoolleden van de antenne is verbonden en laagfrequente uitgangsoverdraagmiddelen, en
- c) een diëlektrische lens is aangebracht om daarop invallende straling over te dragen aan de antenne-array, waarbij de lens zodanig is geconfigureerd dat de antennemiddenposities in de array overeenkomen met verschillende bundelrichtingen voor op de lens invallende straling, en de relatieve positionering van de
40 array en de lens en de lens- en substraatafmetingen en diëlektrische eigenschappen in combinatie zodanig zijn teneinde elke antenne te doen koppelen in hoofdzaak met door de lens passerende straling.

Uit het Amerikaanse octrooischrift 3.781.896 is op zich een elektromagnetische stralingssensor bekend waarvan de afzonderlijke antennedipolen door diëlektrisch materiaal zijn omsloten. Dit zou kunnen worden vergeleken als stand van de techniek met een antenne-array binnen het materiaal van een lens. Echter, een
45 microgolfsensor met een plenaire array van dipolaire antennes, een substraat, mengmiddelen, een laagfrequente uitgang en een naar de array overdragende lens kan op geen enkele wijze worden ontleend aan dit octrooischrift.

Een elektromagnetische stralingssensor wordt verschaft, bestaande uit een steunlichaam van diëlektrisch materiaal met hoge soortelijke weerstand, waarbij de diëlektrische constante van dit materiaal een midden
50 tot hoge waarde heeft; een metaalantenne, die over het bovenoppervlak van het steunlichaam in zodanig dichte nabijheid daarbij is aangebracht, dat de resonantie van de antenne afhangt van de diëlektrische eigenschappen van het steunlichaam; een menger voorzien van ten minste een mengdiode, die tussen tegengestelde leden van de antenne is aangebracht om een stralingsweg daartussen te verschaffen; en ten minste een laagfrequente uitgangspoort, waarbij elke over ten minste een dergelijke mengdiode is
55 aangesloten teneinde een laagfrequent signaal over te brengen, dat als responsie op het mengen van de hoogfrequente ingangsstraling ontwikkeld is.

Het steunlichaam kan van diëlektrisch materiaal van middendiëlektrische waarde zijn, een waarde

kenmerkend voor halfgeleidermaterialen (bijvoorbeeld $\epsilon \approx 9$ tot 15) en kan inderdaad halfgeleidermateriaal zijn, bijvoorbeeld silicium (Si) of galliumarsenide (GaAs). Ook kan het steunlichaam, om het ontwerpen van samenwerkende laagfrequente geïntegreerde schakelingen te vergemakkelijken, een substraat van isolerend diëlektrisch materiaal zijn van halfgeleidermateriaal met hoge soortelijke weerstand, dat een of

5 meer dunne lagen van halfgeleidermateriaal met betrekkelijk lage soortelijke weerstand op zijn oppervlak heeft. Elke laag kan een op het substraatoppervlak aangegroeide, epitaxiale laag zijn.

Terwijl de antenne in directe aanraking met het oppervlak van het rechtstreeks op halfgeleidermateriaal gevormde steunlichaam kan zijn, heeft het de voorkeur, dat de antenne van dit materiaal gescheiden is door een laag van passief diëlektrisch materiaal om het oppervlak van het materiaal te beschermen en om de

10 vorming van ongewenste verbindingen tussen de metallische antenne en het halfgeleidermateriaal van het steunlichaam te vermijden.

Het steunlichaam kan van diëlektrisch materiaal van hoge diëlektrische waarde zijn, bijvoorbeeld van bariümtitanaat ($\epsilon = 39$) of titaniumdioxide ($\epsilon = 80$). Deze keuze van het materiaal wordt in het bijzonder aangemoedigd voor langere golflengte (lagere frequentie) toepassingen, daar deze keuze een reductie van

15 antenne-afmetingen mogelijk maakt. Bij voorkeur wordt in dit geval halfgeleidermateriaal opgenomen om de diode of dioden en willekeurige andere schakelingscomponenten te integreren. Het halfgeleidermateriaal kan echter of als een substraat op de tegengestelde zijde van de antenne of als een dunne laag (dat wil zeggen dun vergeleken met de dipoolengte) tussen de antenne en het steunlichaam aangebracht zijn.

De antenne kan slechts twee leden hebben, die in de vorm van een dipool zijn aangebracht. Deze leden

20 kunnen afhankelijk van de toepassing een smalle of brede strip zijn of een waaiervormige vorm hebben. Bij deze antenne kan de sensor een met een enkelvoudig einde uitgeruste en uit ten minste een diode gevormde menger bevatten, waarbij de uitgangspoort verschaft wordt door een uit twee parallelle strippen gevormde transmissielijn, waarbij elke strip zich gelijkelijk uitstrekt met een loodrecht verloop op een overeenkomstig lid van de antenneleden.

De antenne kan vier leden hebben, waarbij elk paar van tegenovergestelde leden aangebracht is in de vorm van een dipool, waarbij aangrenzende leden loodrecht op elkaar staan. Bij deze antenne kan de sensor bestaan uit een uit een diodering gevormde, gebalanceerde menger, waarvan de dioden volgens kop tot staart rond de ring zijn aangebracht. Elke diode is over een paar aangrenzende leden verbonden, waarbij de uitgangspoort verschaft wordt door een paar in het substraat uitgevoerde geleidende kanalen, die

30 elk met een overeenkomstig lid van twee aangrenzende leden zijn verbonden. Bij voorkeur kan een of meer van de antenneleden over zijn lengte gespleten zijn, waarbij de dioden rond de ring zodanig zijn aangebracht, dat de uitgangspoort door een van deze gespleten antenneleden wordt verschaft.

Ook kan de sensor bij deze laatste antenne een coherente menger bevatten, die gevormd is uit een diodering met tussen paren van dioden een transmissielijn, die zich tussen de boven en onderleden van de

35 antenne uitstrekt en een deel van de daardoor gevormde dipool vormt, en op de signaalfrequentie een elektrische lengte van een kwart golflengte heeft.

Bij een voorkeursuitvoeringsvorm van deze sensor zijn de zijleden elk over hun lengte gespleten in boven en ondertakken, waarbij elk zijlid een uitgangspoort verschaft, een poort voor de in-fase en de andere poort voor de kwadratuuruitgangssignalen van de menger.

Bij voorkeur wordt de sensor gecombineerd met een laagfrequente versterkerschakeling, die in het substraat uitgevoerd en geïntegreerd is. Het is voordelig wanneer de uitgangspoort verschaft wordt als een transmissielijn of als een gespleten antennelid. De gehele of een deel van de schakeling kan uitgevoerd zijn in het onderliggende gebied van de halfgeleider, waar het hoogfrequente elektrische veld evenwijdig aan het halfgeleideroppervlak zwak is. Daar deze gecombineerde eenheid compact en op zichzelf staand is, kan hij

45 in een reeks met andere sensoren uitgevoerd zijn, waarbij elke sensor in een gemeenschappelijk substraat is gevormd. Wanneer vele sensoren op deze wijze zijn gecombineerd, kan bij elke versterkerschakeling een multiplexschakeling zijn opgenomen om de signaalwerking en toegang te vergemakkelijken.

De ingangsstraling kan door middel van een diëlektrische lens verzameld worden. In dit geval kan de sensor of reeks van sensoren uitgevoerd zijn zodanig, dat het onderoppervlak van het steunlichaam

50 integraal is met of gehecht is aan het achterlichaam van de lens, zodat de straling op efficiënte wijze naar de antenne of antennes gekoppeld kan worden.

De uitvinding zal nader toegelicht worden met verwijzing naar de tekeningen, waarin:

figuur 1 een schema geeft van een millimetergolffbandsensor met een over zijn laagfrequente uitgangs-

55 poort aangesloten uitgangsschakeling;

figuur 2 een detailaanzicht geeft van de menger van de in figuur 1 aangegeven sensor;

figuur 3 een dwarsdoorsnede-aanzicht geeft van deze menger volgens de in figuur 2 aangegeven lijnen

X-X;

figuren 4 tot 7 dwarsdoorsnede-aanzichten geven van de tussenstappen van vervaardiging van deze menger;

figuur 8 een schema geeft van een andere sensor die voorzien is van een gebalanceerde menger;

- 5 figuur 9 een schema geeft van een andere sensor, die een variant is van de in figuur 8 aangegeven sensor;

figuur 10 een planaanzicht geeft van een andere sensor, die een variant is van de in figuur 9 aangegeven sensor;

figuren 11, 12 en 13 schema's aangeven;

- 10 figuur 14 een planaanzicht geeft van een andere sensor, die voorzien is van een coherente menger;

figuur 15 een planaanzicht geeft van een andere sensor, die een variant is van de in figuur 14 aangegeven sensor;

figuren 16 en 17 respectievelijk een dwarsdoorsnede en een planaanzicht geven van een lens-gemonteerde sensorreeks;

- 15 figuren 18 en 19 een planaanzicht geven van een gebalanceerde menger met begrenzerdioden.

De in figuur 1 aangegeven sensor bevat een smalle-striplemetaaldipoolantenne 1 met een bovenlid 3 en een onderlid 5. Deze metaalantenne 1 ligt op het bovenoppervlak van een ondersteunend substraat van hoge soortelijke weerstand, en de twee leden 3, 5 van deze antenne 1 zijn bij het dipoolmidden van elkaar
20 gescheiden en onderling verbonden door een met enkelvoudig einde voorziene menger, een tussen de leden 3, 5 in het bovenoppervlak van het substraat uitgevoerde Schottky-grenslaagmengdiode 7. Over deze diode 7 is een uit twee zich evenwijdig uitstrekkende takken 11, 13 eveneens van smalle metaalstrip gevormde transmissielijn 9 aangesloten, die zich vanaf de twee antenneleden 3, 5 uitstrekt in een richting loodrecht op de dipoolas van de antenne.

- 25 Deze transmissielijn 9 vormt een middel om een laagfrequent responsiesignaal over te dragen, dat wil zeggen een signaal dat over de diode 7 ontwikkeld wordt wanneer er straling van juiste frequentie door de antenne 1 ontvangen en door de diode 7 gemengd wordt. Deze transmissielijn 9 is op van de antenne 1 weggelegen punten aangesloten over de ingang van een aan de sensor grenzende laagfrequenteschakeling 15, die in het bovenoppervlak van het substraat geïntegreerd en uitgevoerd is.

- 30 De lengte en de breedte van de antenne 1 zijn beide zodanig gekozen, dat de antenne 1 geschikt is om straling met een frequentie gelegen in het gebied van 25 tot 500 GHz te ontvangen. De aangegeven antenne 1 is gekozen met een lengte gelijk aan de halve golflengte, overeenkomend met een straling met een frequentie van 100 GHz. Deze lengte wordt bepaald door de geometrie van de antenne, de diëlektrische constante ϵ van het ondersteunende substraat en de diëlektrische constante ϵ' van het omgevende
35 medium, lucht ($\epsilon' = 1$). Uit een gedetailleerde berekening volgt, dat de resonantielengte van een ondersteunende antenne omgekeerd evenredig is met een schaafactor $\bar{n}$, en dat de antenneadmittantie recht evenredig is met deze schaafactor $\bar{n}$, waarbij de factor $\bar{n}$ bij goede benadering onafhankelijk is van de antennegeometrie en betrokken is op de mediaconstanten door de formule:

$$\bar{n} = (\epsilon + 1)/2$$

- 40 dat wil zeggen de vierkantswortel van het gemiddelde van de diëlektrische constanten van de tweede media, waarvan er een in de huidige uitvoering lucht is. In het voorbeeld is het substraat van silicium-halfgeleidermateriaal ($\epsilon \approx 11,7$). De schaafactor $\bar{n}$ heeft dus ongeveer een waarde van 2,5 en de lengte van de antenne 1, een halve golflengte ($\lambda/2$) bij een resonantiefrequentie van 100 GHz, wordt berekend op ongeveer 600 μm . Voor een antennebreedte van 10% van de antennelengte, wordt de resonantie berekend
45 zich uit te strekken van ongeveer 0,75 tot 1,1 maal de halve golflengtefrequentie, zodat een antenne met een lengte van 600 μm en een breedte van 60 μm geschikt is voor frequenties van 75 tot 110 GHz.

De transmissielijn 9 is zodanig ontworpen dat hij een elektrische lengte van bij benadering een kwart golflengte ($\lambda/4$) bij de resonantiefrequentie heeft.

- 50 Van deze lengte, bij benadering 300 μm , wordt opgemerkt, dat deze marginaal kan afwijken van de voor de antenne berekende waarde van een kwart golflengte, daar in dit geval in de voortplantingsmode de hoogfrequente stroomdoorgang in de twee takken 11 en 13 van de transmissielijn 9 er een is van twee componenten van gelijke grootte die in tegengestelde richtingen vloeien. Een shuntcapaciteit 17 is over de transmissielijn 9 aangesloten om te waarborgen dat er over de diode 7 van reactieve impedantie van hoge waarde, in feite een open keten, wordt gepresenteerd. De transmissielijn 9 verschaft derhalve een
55 uitgangspoort, die op effectieve wijze ten opzichte van hoge frequenties geïsoleerd is om laagfrequente over de diode 7 ontwikkelde stromen aan de laagfrequente schakeling 15 over te dragen. De breedte van de transmissielijn 9 is zodanig gekozen, dat deze klein is, kleiner dan 50 μm , en de transmissielijn is loodrecht

op de antenne 1 aangebracht om te waarborgen dat de lijn 9 in minimale mate interfereert met de werking van de antenne 1.

Ook kan de transmissielijn 9 ontworpen zijn als een periodieke lijn met een geschikte stopband.

- De laagfrequente schakeling 15 bevat een geïntegreerde voorversterkertrap met geaarde emitter of geaarde basistransistoringang, en kan eveneens meer ontwikkelde schakelingscomponenten, bijvoorbeeld tijdmultiplexcomponenten, bevatten.

- De constructie van het menggedeelte van de sensor 1 is in detail in de figuren 2 en 3 van de tekeningen aangegeven. De menger bestaat uit een in het siliciummateriaal van het substraat 21 uitgevoerde Schottky-diode 7. Dit siliciummateriaal heeft een betrekkelijk hoge soortelijke weerstand, in dit voorbeeld met een waarde boven de 100 ohm cm. Deze waarde is gekozen om de verzwakking van de via de onderkant van het substraat zich voortplantende ingangsstraling tot een minimum te beperken.

Opgemerkt wordt, dat een antenne die op een substraat ($\epsilon > 1$) ondersteund wordt, hoofdzakelijk straling aankoppelt in het medium met hogere diëlektrische constante, dat wil zeggen in het substraat.

- Het verzwakkingsverlies wordt bij benadering gegeven door de verhouding Z/ρ_s , waarin Z de karakteristieke impedantie is voor straling die zich door het substraat voortplant en ρ_s de soortelijke bladweerstand is. Voor het siliciumsubstraat ($Z \approx 100 \Omega$), dat hier een nominale dikte van 400 μm heeft, komt een soortgelijke weerstand van 100 ohm cm overeen met een verzwakkingsverlies van bij benadering 5%, hetgeen een aanvaardbare waarde is. De antenne-impedantie en het polaire stralingsdiagram zijn eveneens gevoelig voor de soortelijke weerstand van het substraat, maar voor de bovenbeschreven antenne is het effect klein voor een soortelijke weerstand van het substraat van 10 ohm cm of meer.

- Het substraat 21 bevat een gebied 23 van in overmaat gedoteerd n^+ -silicium, gevormd door diffusie of andere technieken, bijvoorbeeld door implantatie. Een ohms contact wordt gemaakt tussen het metaal van een van de antenneleden 3 en dit n^+ -gebied 23 via een venster 25 in een isolerende laag 27 van tussen de leden 3 en 5 en het substraat 21 aangebracht diëlektrisch materiaal van siliciumoxide. Een siliciumgebied 29 van het n -type in een ander venster 31 in de isolerende laag 27 grenst aan het n^+ -gebied 23 en het andere antenneled 5 vormt een Schottky-grenslaagcontact op de bovenkant van het gebied 29 van het n -type. De diodeafmetingen zijn totaal gezien bij benadering 10 μm in het vierkant, terwijl het grootste deel van het diodegebied ingenomen wordt door het ohmse metaalhalfgeleidercontact 3/23. De diameter van het grenslaagcontact is zodanig gekozen, dat de diode-impedantie aangepast is aan de resonantie-impedantie ($\approx 25 \Omega$) van de antenne 1. De diameter is niet kritisch, waarbij kenmerkende waarden zijn 5 μm bij 25 GHz afnemend met de frequentie tot ongeveer 1 μm bij 500 GHz.

- De monolitische antenne-diodesensor kan gemaakt worden door middel van gebruikelijke halfgeleiderverwerkingstechnieken, bijvoorbeeld zoals aangegeven in de figuren 4 tot 7. Een substraat 21 van silicium wordt verschaft. Een diffusiegebied 23 van het n^+ -type wordt gemaakt en er wordt een laag oxide 27 thermisch over de substraattooppervlakken (figuur 4) aangegroeid. Vervolgens wordt een venstergebied 31' in de oxidelaag 27 bepaald door fotolithografie, welke gevolgd wordt door een etsbewerking. Nadat de blootgestelde oppervlakken schoongemaakt zijn, wordt vervolgens een laag van silicium 29' van het n -type epitaxiaal aangegroeid teneinde een laag te maken over het n^+ -type gebied 23, dat via het venster 31' van de oxidelaag 27 (figuur 5) blootgesteld is.

- De fotolithografie en etsbewerking neemt het grootste deel van de laag 29' weg, waardoor alleen het gebied 29 in en net rond het venster 31' overblijft. Er wordt siliciumoxide neergeslagen op het blootgestelde oppervlak van het substraat 21 waardoor het grenslaaggebied bedekt wordt en er een dikkere oxidelaag 23 over de rest van het oppervlak (figuur 6) gevormd wordt. De vensters 25 en 31 worden vervolgens door middel van fotolithografie bepaald en via de oxidelaag 27 geëtsd en er wordt op het oppervlak van het substraat metaal verdampt om een laag 33 te vormen waardoor via een venster 25 een ohms contact en via het andere venster 31 (figuur 7) een grenslaagcontact wordt verkregen. De antenneleden 3, 5 en de transmissielijnarmen 11, 13 worden vervolgens fotolithografisch bepaald en zo gelaten wanneer de overmaat aan metaal van de metaallaag 33 weggeëtsd is.

- Ook kan er een venster 31 geëtsd worden voordat een venster 25 en een metaal, zoals titaan, nikkel of chroom, dat met n -type silicium een goed Schottky-grenslaagcontact vormt, overgedampt worden. Dit metaal wordt fotolithografisch bepaald en geëtsd, waarbij het in en net rond het venster 31 achterblijft. Het venster 25 wordt vervolgens bepaald en geëtsd, waarbij een bovenlaag van metaal overgedampt wordt, en vervolgens de antenneleden 3, 5 en de transmissielijnarmen 11, 13 bepaald en geëtsd worden.

- De monolitische integratie van de antenne en menger kan tot meer gecompliceerde configuraties uitgebreid worden. De menger kan derhalve geconfigureerd worden als een gebalanceerde menger (figuren 8, 9 en 10) of de menger kan met wat meer complexiteit als een coherente menger (figuren 11 tot 15) geconfigureerd worden. Deze mengers hebben de eigenschap dat de ontwikkelde laagfrequente responsie

nul is wanneer er alleen straling met een polarisatie evenwijdig aan een paar antenneleden ontvangen wordt. Dit heeft het praktische voordeel van een betrekkelijke ongevoeligheid voor fluctuaties in de amplitude van de lokale oscillator, dat wil zeggen voor amplituderuis van de lokale oscillator. Wanneer deze straling gemengd is met signaalstraling van orthogonale polarisatie wordt een signaal opgewekt.

- 5 De in figuur 8 aangegeven sensor bevat een met vier leden uitgeruste antenne 41 op een silicium-substraat. De leden 41A tot 41D van de antenne 41 zijn onderling verbonden door een gebalanceerde mengers 43 die gevormd is uit een ring van Schottky-dioden 43A tot 43D, welke dioden volgens kop tot staart volgorde in deze ring zijn aangebracht. Paren van tegenovergestelde leden 41A en 41C, 41B en 41D vormen elk een dipool, en deze dipolen zijn uitgevoerd in orthogonale stand om straling, signaal en
- 10 referentie, van orthogonale polarisatie, bijvoorbeeld verticale en horizontale polarisatie zoals aangegeven, te ontvangen. Om een correcte stroomfasering in de sensor te waarborgen is het van belang dat de dioden 43A tot 43D symmetrisch ten opzichte van de antenneleden 41A tot 41D zijn aangebracht. Voor een fasefout van $\pm 1\%$ van 2π radialen bij 100 GHz houdt dit een plaatsingstolerantie van ongeveer $\pm 10\ \mu\text{m}$ in.
- Het in de sensor ontwikkelde stroompatroon kan voorgesteld worden door equivalenten kortsluitstromen
- 15 met een amplitude $a \pm s$ door elke diode. Hierbij is "a" een stroomcomponent veroorzaakt door gelijkrichting van de lokale oscillator alleen en is "s" de stroomcomponent veroorzaakt door het mengen van de referentie en het signaal. De ringopstelling verschaft een natuurlijke kortsluitweg voor de gelijkgerichte lokale-oscillatorstroom "a", dat wil zeggen in de afwezigheid van signaalstraling, waarbij de spanning over elke diode nul is. De gemengde stroomcomponent "s", die het responsiesignaal representeert, kan echter
- 20 geëxtraheerd worden van elk paar aangrenzende leden, bijvoorbeeld 41A en 41D, en aan een in het substraat via de verbindingen 47 geïntegreerde voorversterkerschakeling, bijvoorbeeld schakeling 45, toegevoerd worden.

- In principe kan een grotere gevoeligheid verkregen worden door de laagfrequente signalen van alle vier de dioden te combineren. Een manier hierbij is om verbindingen over de mengring te maken, dat wil zeggen
- 25 van lid 41A naar lid 41C en van lid 41B naar lid 41D. Ook kan een versterker over elke diode aangesloten worden en kunnen de signalen na versterking gecombineerd worden. Deze versterkers zijn in figuur 8 met 45, 45A, 45B en 45C genummerd. In alle gevallen echter moeten de laagfrequente verbindingen met de versterker of versterkers, of de verbindingen over de mengring zodanig gemaakt worden dat de hoogfrequente stromen niet gewijzigd of in een onaanvaardbare mate gedissipeerd worden. De verbindingen
- 30 kunnen niet metallisch zijn daar dit de antennewerking zou vervormen. Zij kunnen van resistief materiaal gemaakt zijn, zoals gedoteerde halfgeleider, maar in dit geval moet de soortelijke bladweerstand hoog genoeg zijn om een minimale absorptie van hoogfrequente signalen te geven. Berekeningen tonen aan dat de soortelijke bladweerstand groter dan $300\ \Omega$ per vierkant zou moeten zijn en dat de totale weerstand van elke verbinding veel groter moet zijn dan de antenne-impedantie bij resonantie, die kenmerkend $25\ \Omega$ is.
- 35 Een hoge soortelijke bladweerstand is in het bijzonder dicht bij het antennemetaal van belang, waar de elektrische randvelden het grootst zijn. Voor een minimale dissipatie van het hoogfrequente vermogen moet de weerstand van elke verbinding groter zijn dan een waarde in de orde van $10^3\ \Omega$ en deze seriële weerstand zal de signaal-ruisverhouding van de mengers en versterkers nadelig beïnvloeden. Voor toepassingen waar een optimale signaal-ruisverhouding nodig is, kan dit niet aanvaard worden, maar voor toepassingen waar
- 40 een gereduceerde gevoeligheid getolereerd wordt, kan deze benadering gebruikt worden.

- Een andere uitvoering van de laagfrequente uitgangspoort, waarbij de resistieve verbinding naar de laagfrequente versterker geëlimineerd wordt, is het gevolg van het splitsen of verdelen van één of meer van de antenneleden 41A tot 41D. Elk gespleten lid omvat een paar op kleine onderlinge afstand gelegen metaalgeleiders, welk als een lage-impedantiëtransmissielijn functioneert zodat de hoogfrequente spanning
- 45 over elk paar geleiders laag is. In feite worden de gespleten leden voor hoogfrequent kortgesloten maar voor laagfrequent geïsoleerd. De hoogfrequente impedantie tussen de geleiders kan verder verkleind worden door de capaciteit tussen hen toe te doen nemen. Een methode is om kleine gebieden van sterk gedoteerde halfgeleider te vormen die zich onder beide metaalgeleiders uitstrekt maar door de oxidelaag ten opzichte van het metaal dc geïsoleerd is. Ook kan een diëlektrische laag over het metaal neergeslagen
- 50 worden en kan een verdere metaallaag over het diëlektricum gelegd worden. Een tegengesteld paar van dioden wordt ten opzichte van de in figuur 8 aangegeven configuratie omgekeerd en het laagfrequente uitgangssignaal kan tussen het paar van één van de leden vormende geleiders afgenomen worden.

- In het in figuur 9 aangegeven voorbeeld is het lid 41D gespleten of verdeeld, waarbij de twee dioden 43B en 43D omgekeerd zijn. Het uitgangssignaal wordt over de twee takken van dit lid 41D, de twee evenwijdige
- 55 in figuur 9 aangegeven geleiders 55 en 57, afgenomen. Tussen deze metalen geleiders 55 en 57 kan een laagfrequente versterker aangesloten worden zonder dat er niet-metallische resistieve verbindingen 47 nodig zijn en zonder daarom een daaruit volgende gevoeligheidsnadeel. Het is gemakkelijk om de laagfrequente

versterker onder het gespleten lid 41D vormende metaal te plaatsen daar het hoogfrequente elektrische veld zwak is en de aanwezigheid van de versterkercomponenten, zoals transistoren, niet op significante wijze de antennewerking wijzigen.

De versterker kan wanneer nodig bij lage frequenties door een oxidelaag van het metaal geïsoleerd zijn.

- 5 De voedingstoevoer en uitgangsverbindingen voor de versterker moeten via resistieve verbindingen lopen, maar dit brengt slechts een zeer kleine verlaging van de totale signaal-ruisverhouding en een zeer bescheiden vermogensopname met zich mee. De dc stromen door de dioden 43A tot 43D kunnen niet rond de diodering vloeien daar deze ring niet langer een kop tot staart configuratie heeft. In plaats daarvan moeten de stromen via uitwendige ketens gevoerd worden, maar deze ketens kunnen resistief uitgevoerd worden zonder de gevoeligheid van de ontvanger te benadelen. Ten behoeve van een diodevooringstelling zijn aan het einde van elk van de leden 41A tot 41D, zoals in figuur 9 aangegeven, resistieve verbindingen 49A tot 49D en 49D' aangebracht.

- De antenneleden behoeven geen rechthoekige configuratie te hebben. Een andere geometrie wordt verkregen door het metaal weg van het antennemidden te verbreden. Zo bevat de antenne zoals in 15 figuur 10 aangegeven vier leden 41A tot 41D die elk een wigvorm hebben. Het zijlid 141D is in halve delen 155 en 157 verdeeld zoals in voorgaande figuur 9 aangegeven, waarbij deze leden 141A tot 141D onderling door een ring van dioden 143A tot 143D zijn verbonden. Deze dioden zijn zoals de dioden in figuur 9 opgesteld en het geheel gedraagt zich als een gebalanceerde menger. Berekeningen tonen aan dat de resonantiefrequentie van de antenne licht gereduceerd is en dat de admittantie door deze verandering van 20 de vorm licht toegenomen is. De verbrede antenne maakt een groter gebied mogelijk voor laagfrequente geïntegreerde schakelingscomponenten onder het metaal.

- Een andere diode en antenneuitvoering is in de figuren 11 tot 14 aangegeven. De aangegeven antenne 241 heeft twee zijleden 241B en 241D, waarbij zich dwars op deze leden in loodrechte richting uitstrekkend een bovenlid 241A en een onderlid 241C zijn aangebracht. De zijleden 241B en 241D vormen samen een 25 dipool van gekozen lengte $\lambda/2$ en elk lid is over zijn lengte gespleten. Het is voor elk gespleten lid nodig om bij hogere frequenties als een enkelvoudig geleidend element te fungeren, en het kan voordelig zijn om de capaciteit tussen de delen van de gespleten leden te verhogen zoals door middel van de reeds beschreven technieken voor de gespleten leden van de gebalanceerde menger van figuur 9. De boven en onderleden 241A en 241C samen met een gedeelde strip van metaal 261, dat zich tussen deze leden 241A en 241C 30 uitstrekt, vormen een gewijzigde dipool eveneens van gekozen lengte $\lambda/2$.

- De boven en onderleden zijn elk gekozen met een gelijke lengte van bij benadering $\lambda/8$, en de gedeelde strip 261 heeft een lengte van $\lambda/4$, dat wil zeggen een lengte van een kwart golflengte overeenkomend met de resonantiefrequentie van de door de zijleden 241B en 241D van de antenne 241 gevormde dipool. De gespleten leden 241B en 241D hebben respectievelijk boven en ondertakken 251 en 253, 255 en 257. De 35 gedeelde strip van metaal 261 bestaat uit drie evenwijdige geleiders 263, 265 en 267. De buitenste smalle geleiders 263 en 267 verlopen in omvang gelijk aan een loodlijn op de ondertakken 253 en 257 van de zijleden 241B en 241D. De drie geleiders 263, 265 en 267 completeren de door de leden 241A, 241C van de antenne 241 gevormde dipool en functioneren eveneens als een over de zijleden 241B en 241D aangesloten transmissielijn met een lengte $\lambda/4$. Voor straling van verticale polarisaties zoals aangegeven, 40 wordt er een transversale elektromagnetische (TEM) mode van de transmissielijn 261 geëxciteerd en de twee paren dioden 243A, 243D en 243B, 243C functioneren als symmetrisch op de antenne 241 (figuur 12) geplaatste belastingen Z. De straling wordt in een antennemodus gekoppeld, waarin de belastingstromen gelijk zijn. Voor straling van horizontale polarisatie, zoals aangegeven, introduceert de transmissielijn tussen de signalen bij de onder en boven belastingen Z een faseverschuiving van $\pi/2$. De derde en middelste 45 geleider 265 strekt zich uit vanaf de boventak 251 van een van de zijleden 241B naar het ondereinde van de gedeelde strip 261, waar hij verbonden is met de buitenste geleider 267. De middelste geleider 265 verschaft een laagfrequente verbinding naar de ondertak 257 van het andere zijlid 241B. Dit maakt een herverdeling mogelijk van de in de zijleden vloeiende laagfrequente stroom en dient ervoor om in-fase S_1 en quadratuur S_2 responsiesignalen van elkaar te scheiden. Derhalve kan een in-fase responsiesignaal S_1 via 50 de, door het gespleten zijlid 241D gevormde uitgangspoort overgedragen worden en kan het quadratuur responsiesignaal S_2 via de door het andere gespleten lid 241B gevormde uitgangspoort overgedragen worden.

- Daar de middengeleider 265 aan een einde (het ondereinde als getekend in figuur 14) verbonden is met de geleider 267 en aan het andere einde daarvan via de antenne-arm 241B die een lage hoogfrequente 55 impedantie voorstelt, verbonden is met de geleider 263, wijzigt de opname van deze middengeleider de hoogfrequente eigenschappen van de transmissielijn 261. Het belangrijkste effect is dat de aanpasimpedantie voor een transmissielijn met een elektrische lengte van een kwart golflengte verhoogd wordt. Om een

goede aanpassing met de mengdioden te verkrijgen wordt bij voorkeur een transmissielijnimpedantie gekozen die niet te hoog is. Dit kan gerealiseerd worden door de breedte van de middengeleider 265 klein te maken vergeleken met de breedtes van de buitengeleiders 263 en 267 en eveneens vergeleken met de afstand tussen de drie geleiders 263, 265 en 267.

- 5 In de in figuur 14 aangegeven coherente mengerconfiguratie is de dwarsdipool 241B-241D geplaatst op een afstand van $\lambda/8$ ten opzichte van het antennemidden. Dit resulteert in een belangwekkend verschil in de dipoolimpedanties aanwezig bij de door het bovenpaar dioden 243A en 243D overbrugde onderbreking en bij de door het onderpaar dioden 243B en 243C overbrugde onderbreking. Een grotere sensorgevoeligheid kan door een modificatie zonder complicaties verkregen worden. Het impedantieverschil kan verkleind
- 10 worden door de dwarsdipool 241B-241D relatief dicht bij het antennemidden te plaatsen en door de relatieve afmetingen van de dipoolleden 241A, 241C en van de drie-lijnsectie 261 te wijzigen. Een afname in de dwarsdipool-antennemiddenoffset resulteert in een verkleinde veldvervorming in de nabijheid van het bovenpaar dioden 243A, 243D en dientengevolge is de impedantie bij de onderbreking meer vrijwel gelijk aan de impedantie bij de onderste onderbreking. Er moet voor gezorgd worden te waarborgen dat de
- 15 gewenste signaalfaseverhoudingen aangehouden worden. Een manier van het verkrijgen van juiste faseverhoudingen is het gebruik van de sensor met een, op een juiste aanpasfrequentie lopende, lokale oscillator. Om dit te illustreren wordt de toepassing beschouwd van een op de helft van de resonantie-signaalfrequentie f_0 lopende, lokale oscillator. Een efficiënte coherente menger voor deze toepassing kan als volgt gedimensioneerd worden:
- 20 Lengte van de dwarsdipool: $\lambda_0/2$
(Deze dipool 241B-241D resoneert op de signaalfrequentie f_0 en is evenwijdig uitgelijnd aan het vlak van signaalpolarisatie);
Lengte van de longitudinale dipool: λ_0
(Deze dipool 241A-241C resoneert op de lokale-oscillatorfrequentie $f_0/2$ en is evenwijdig uitgelijnd aan
- 25 het vlak van de lokale-oscillatorstralingspolarisatie, een vlak loodrecht op het vlak van signaalpolarisatie);
De dwarsdipooloffset: $-\lambda_0/8$;
Lengte van de drie-lijnsectie: $-\lambda_0/4$.
Daar de drie-lijnsectie 261 een lengte heeft van een kwart van de signaalresonantiegolflengte, worden de juiste faseverhoudingen aangehouden.
- 30 Het is mogelijk om de oscillatorfrequentie, de aanpaslengte van de longitudinale dipool, en de dwarsdipooloffset te variëren terwijl de lengte van de drie-lijnsectie op $\lambda_0/4$ aangehouden wordt om andere efficiënte configuraties te verkrijgen.
Een andere manier om de juiste faseverhoudingen te verkrijgen is het belasten van de drie-lijnsectie 261 om de signaalvoortplanting over deze sectie te vertragen. Dit kan verkregen worden door toepassing van
- 35 een discrete capacitieve belastingwerking. Een methode om de capacitieve belastingwerking te verkrijgen is om de metaalgeleiders 263, 265 en 267 te bedekken met strippen van metaal dwars op de geleiders 263, 265 en 267 en daarvan gescheiden door een laag diëlektricum.
Een eigenschap van de in de figuren 11 tot 14 aangegeven diode-antennecombinatie is dat de laagfrequente poorten een gemeenschappelijke verbinding, met name geleider 265, hebben. Door een eenvoudige
- 40 wijziging kan poortisolatie gerealiseerd worden om een vereenvoudiging van het ontwerp van de bijbehorende laagfrequente versterkers mogelijk te maken. Bij de wijziging die in figuur 15 is aangegeven is de verbindende geleider 265 over zijn totale lengte in twee afzonderlijke geleiderdelen 271 en 273 verdeeld of gespleten. Door deze uitvoering wordt eveneens gewaarborgd dat er tussen de twee geleiderdelen 271 en 273 voldoende capaciteit wordt verschaft of dat de capaciteit op de reeds beschreven wijze wanneer nodig
- 45 aangevuld wordt.
Opgemerkt wordt dat de polariteit van elke diode aangegeven is door het gebruikelijke symbool. De polariteit van alle dioden kan echter in een willekeurige van de boven aangegeven voorbeelden omgekeerd worden zonder de mengerfunctie te veranderen, en vaak zal een of de andere keuze van de richting in verband met verenigbaarheid met de laagfrequente schakelingen de voorkeur hebben.
- 50 Een of meer van de boven beschreven sensoren kunnen met een diëlektrische lens gecombineerd worden. Dit is in de figuren 16, 17 aangegeven, waar het siliciumsteunsubstraat 21 gehecht is aan het vlakke achteroppervlak van een diëlektrische lens 81 van keramisch aluminiumoxide ($\epsilon \approx 10$). De sensoren 83 zijn in een reeks op het achteroppervlak van het substraat 21 aangebracht en zijn in het focale vlak van de lens 81 geplaatst. Elke in een verschillend gebied van het focale vlak gelegen sensor zal dus overeenkomen met vanuit een verschillende hoek met de as van de lens invallende straling. Door een lokale oscillator kan referentiestraling van een geschikte polarisatie toegevoerd worden. Deze straling kan vanaf de achterzijde van de sensor, dat wil zeggen vanuit het medium lucht, waar de antennekoppeling zwak is,
- 55

ingevoerd worden. Ook kan het lokale-oscillatorsignaal door voortplanting via de lens, dat wil zeggen vanuit het diëlektricum/half-geleidermedium waar de antennekoppeling sterk is, ingevoerd worden. In dit geval is het nodig om de lokale oscillator dicht bij de lens 81 te plaatsen zodat de referentiestraling naar alle sensoren 83 van de reeks gekoppeld kan worden. Bij voorkeur worden de sensoren 83 geplaatst op het

5 achteroppervlak van de substraat-lenscombinatie, daar zij hier gemakkelijk toegankelijk zijn en de gebruikelijke verbindingen met de bijbehorende laagfrequente schakelingen gemaakt kunnen worden.

Een andere methode om de ontvangerantennes met lokale-oscillatorvermogen te belichten is om vermogen in de diëlektrische lens te stralen onder toepassing van een transmissie-antenne op enig punt op het oppervlak daarvan zodat op het oppervlak van de lens inwendig gereflecteerde straling op de de

10 antennes ondersteunende halfgeleiderchip invalt.

Ook kan de inwendige reflectie plaatsvinden op een binnen de lens uitgevoerd spiegeloppervlak, bijvoorbeeld door een rooster van metaaldraden dat evenwijdig uitgelijnd is aan de polarisatie van de straling welke de spiegel moet reflecteren. Het metalen draadrooster zal de orthogonale polarisatie uitzenden, hetgeen bij voorkeur gebruikt wordt om de door de lokale oscillator en signaalstraling gebruikte

15 wegen te scheiden.

Een nuttige onderlinge sensorafstand over de reeks (array) is die welke overeenkomt met de resolutie van de lens gegeven door het Rayleigh-criterium volgens welke de ontbonden vlekscheiding ruwweg gelijk is aan $1,2 F \lambda / n$, waarin F het lens F -getal is, dat wil zeggen de verhouding van focale lengte tot diameter van de lens, welke in het onderhavige geval dicht bij 0,7 gekozen is, λ de vrije ruimtegolflengte is en n de brekingsindex van het diëlektricum is. Bij een frequentie van 100 GHz is de ontbonden vlekscheiding ongeveer 800 μm voor een diëlektricum met een diëlektrische constante $\epsilon \approx 10$, een diëlektricum dat bij benadering aangepast is aan silicium ($\epsilon \approx 11,7$). De sensoren kunnen derhalve op 800 μm van midden tot midden opgesteld zijn om aan deze resolutie aangepast te zijn, waarbij elke sensor een cel van bij benadering 600 μm vierkant inneemt. Deze opstelling van lens en sensorreeks is voordelig, daar deze een opzamelings van signaalstraling in de verschillende ontbonden bundels van de lens tegelijkertijd mogelijk maakt.

De sensorreeks maakt eveneens een vergelijking mogelijk van gelijktijdig vanuit verschillende richtingen ontvangen signalen om een beeld van het reflecterende voorwerp samen te stellen. De verbonden reeks kan dan op een afstand van het focale vlak geplaatst worden zodanig dat invallende straling vanuit een gekozen richting met verschillende of met al deze sensoren gekoppeld wordt. Het is vervolgens mogelijk om het verre-veldpatroon te construeren door sensorsignalen tijdens opvolgende signaalverwerking te combineren. Op deze wijze kan een hogere hoekresolutie dan die gegeven door het Rayleigh-criterium verkregen worden.

De diëlektrische constante van het lensmateriaal is een belangrijke factor die de resonantielengte van een antenne voor een gegeven frequentie bepaalt. Zolang het halfgeleiderlichaam veel dunner is dan de golflengte-afstand in de halfgeleider, zal de antenneresonantiefrequentie en impedantie hoofdzakelijk bepaald worden eerder door de diëlektrische constante dicht bij die van de halfgeleider is het gebruik van lensmateriaal met een hogere of lagere diëlektrische constante. Met een hogere diëlektrische constante worden de antennelengte en ontbonden vlekafmeting gereduceerd met een factor bij benadering gelijk aan $\sqrt{\epsilon_l/\epsilon_s}$, waarin ϵ_l de diëlektrische constante van de lens is en ϵ_s de diëlektrische constante van de halfgeleider is. Dit is voordelig om de afmeting van een ontvanger of van een ontvangerreeks voor lagere frequenties te reduceren waarbij de golflengte in de halfgeleider tot een ongeschikt grote schakelingsafmeting zou leiden. Deze keuze van diëlektrische constante van lens is daarom zeer geschikt voor frequenties beneden ongeveer 60 GHz. Een geschikt materiaal voor de lens is barium nonatitanaat ($\text{Ba}_2\text{Ti}_9\text{O}_{20}$) keramiek, dat een diëlektrische constante dicht bij 39 heeft en dat de resonantielengte van de antenne en de ontbonden vlekafmeting reduceert met een factor van ongeveer 2 vergeleken bij een uit keramisch aluminiumoxide gemaakte lens.

De toepassing van materiaal met een lagere diëlektrische constante, zoals siliciumdioxide of PTFE, vergroot de resonantielengte van de antenne en de ontbonden vlekafmeting. Dit kan voordelig zijn wanneer de vereiste schakelingsafmetingen anders ongeschikt klein zouden zijn zoals bij frequenties boven 250 GHz. Er bestaat nu een potentieel probleem hierin dat straling in het halfgeleiderlichaam ingevangen kan worden daar de diëlektrische constante daarvan hoger is dan die van de media aan beide zijden. Dit zou een ongewenste koppeling tussen antennes veroorzaken. Het probleem kan verminderd worden door het halfgeleiderlichaam dunner te maken of door het geleidingsvermogen daarvan te verhogen om de ingevangen golfverliezen te vergroten of door beide te doen.

Het is voor de lens niet nodig om van homogeen materiaal gemaakt te zijn. De antenne en ontvangerafmetingen worden bepaald door de diëlektrische constante van het lensmateriaal nabij het halfgeleider-

lichaam. Andere lagen van de lens kunnen van andere materialen gemaakt zijn zonder belangwekkende invloed op de antenneresonantie, maar deze buitenlagen zullen de focale lengte en het vrije-veldenspatroon veranderen op dezelfde wijze zoals bij meervoudige-laaglenzen die gebruikt worden bij golf lengten van zichtbaar licht (bijvoorbeeld in camera's). Een meervoudige-laaglenzen kan daarom gebruikt worden om het

5 zichtveld van een sensorreeks te wijzigen.

Een andere benadering voor het bovengestelde, één welke in het bijzonder geschikt is voor lagere frequentie (langere golflengte) toepassingen, is de montage van de antenne of reeks van antennes 83' tussen het halfgeleidersubstraat 21 en een steunlichaam 81 van materiaal met significant hogere diëlektrische constante. In dit geval zijn het antenestralingspatroon en de resonantie sterk afhankelijk van de

10 diëlektrische eigenschappen van het steunlichaam 81 (figuur 16). Elke sensor is in dit geval hoofdzakelijk gevoelig voor straling die vanaf de steunlichaamkant van de antenne invalt. Het halfgeleidersubstraat 21 dient hier alleen om de mengdioden en andere schakelingscomponenten te integreren, terwijl het steunlichaam 81 als het voortplantingsmedium dient en als een lens of deel van een samengestelde lens gevormd kan zijn.

15

BESCHERMING TEGEN OVERBELASTING

De in de figuren 8, 9, 10, 14 en 15 aangegeven dioderingsensoren kunnen gemakkelijk gewijzigd worden om de sensorschakeling tegen beschadiging door op de sensoroptiek invallende straling van hoog vermogen te beschermen. Een benadering is om elke mengdiode te shunten met een begrenzerdelement,

20 bijvoorbeeld een Schottky- of PIN-diode. Deze benadering is in figuur 18 aangegeven. Elke van de mengdioden 143A en 143D wordt door een Schottky-diode 144A tot 144D geshunt. Elke begrenzerdiode, bijvoorbeeld 144A, is antiparallel, dat wil zeggen kop-tot-staart en staart-tot-kop ten opzichte van de overeenkomstige mengdiode, bijvoorbeeld 143A, aangebracht. Onder normale omstandigheden wanneer de signaalniveaus laag zijn, wordt elke begrenzerdiode omgekeerd voorgespannen in een toestand met lage

25 stroom en hoge impedantie. Onder omstandigheden van overbelasting echter geleidt elke begrenzer sterk en heeft hij een lage impedantie. Dit begrenst de over de mengdioden ontwikkelde spanningen. Wanneer het stralingsniveau verkleind wordt, keren de begrenzerdioden terug naar hun normale toestand. In dit geval wordt bescherming tegen overbelasting verschaft onafhankelijk van de polarisatie van de invallende straling.

Een andere benadering is de schakeling van één of meer begrenzerparen, bijvoorbeeld een paar van

30 anti-parallel Schottky-dioden of een Schottky-diode en een anti-parallel PIN-diode, tussen de tegengestelde leden van één van de gekruiste dipolen van de antenne. In dit in figuur 18 aangegeven geval worden de begrenzerdioden 144A tot 144D vervangen door een tussen de dipoolleden 141A en 141C van de antenne 141 aangesloten begrenzerpaar 144P. In deze opstelling wordt echter een bescherming tegen overbelasting alleen verschaft voor één polarisatie van straling, de polarisatie evenwijdig aan de overbrugde dipool

35 141A-141C. Onder normale omstandigheden, dat wil zeggen in lage-signaalwerking, is de over het begrenzerpaar optredende spanning zeer klein onafhankelijk van de grootte van de lokale-oscillatorstraling die evenwijdig gepolariseerd is aan de orthogonale dipool 141B-141D, zodat een toestand van hoge impedantie voor het diodepaar gemakkelijk gerealiseerd wordt.

In figuur 19 worden twee begrenzerparen 144Q, 144R gebruikt om bescherming tegen overbelasting te

40 verkrijgen veroorzaakt door signaalstraling welke evenwijdig gepolariseerd is aan de andere dipool 141B-141C. Elk begrenzerpaar 144Q, 144R is tussen een lid 141B en één van de gespleten delen 155, 157 van het andere lid 141D opgenomen. Op voorwaarde dat de capaciteit tussen de gespleten liddelen 155 en 157 groot genoeg gemaakt kan worden zodat de hoogfrequente spanningen tussen de twee liddelen altijd klein zijn, kan één van de begrenzerparen 144Q en 144R weggelaten worden.

45 De voorspanschakelingen kunnen eveneens gewijzigd worden om een bepaalde mate van bescherming tegen overbelasting te verschaffen. Dit kan gebruikt worden als een alternatief voor of in combinatie met de opname van begrenzers. Zowel het conversie verliesvermogen als het hoogfrequente overbelastingsvermogen van de dioden zijn afhankelijk van het niveau van voorspanning. De voorspanstuurschakelingen kunnen ontworpen worden om het niveau van voorwaartse voorspanning steeds wanneer een sterk

50 invallend vermogen gedetecteerd wordt, te verhogen teneinde de sensorschakelingen en dioden te beschermen.

De bovenbeschreven sensor of sensorreeksen kunnen gecombineerd worden met een lokale oscillator om een radiometer te verschaffen voor het detecteren van natuurlijke uitzendingen of emissies of een anti-stralingsdetector voor het detecteren van door mensen veroorzaakte uitzendingen. Ook kunnen zij

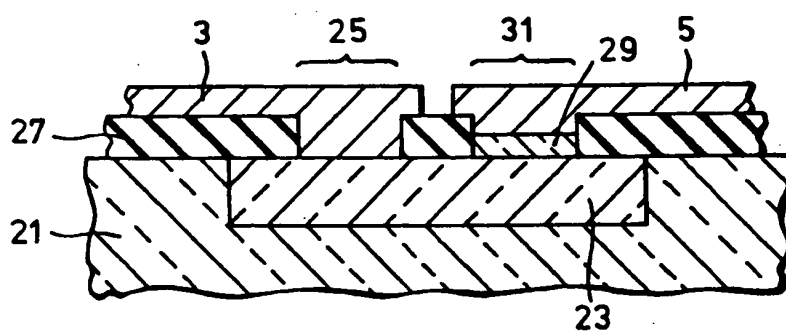
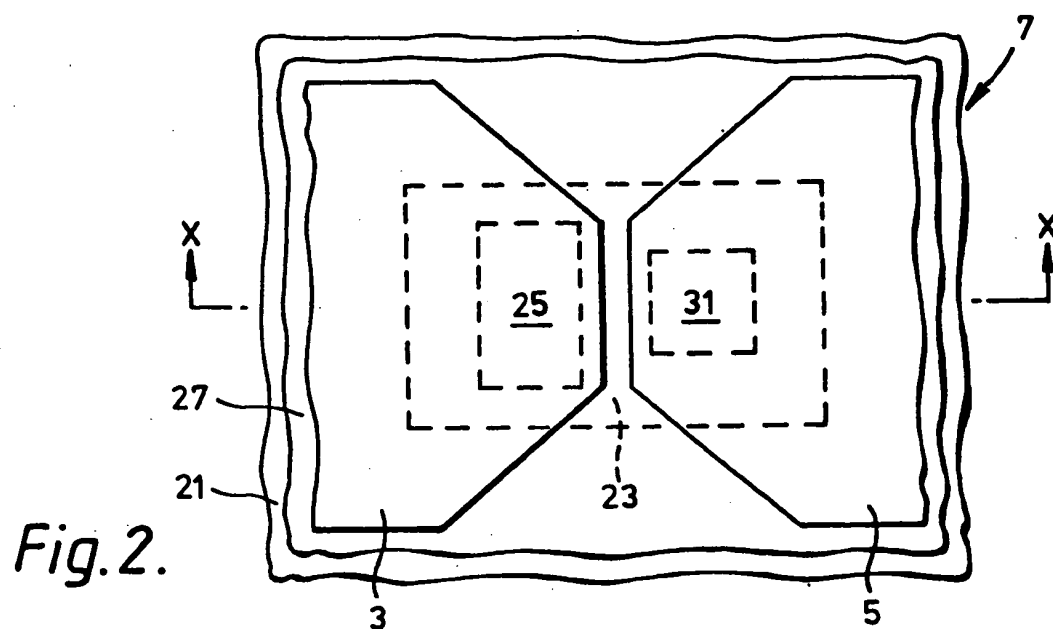
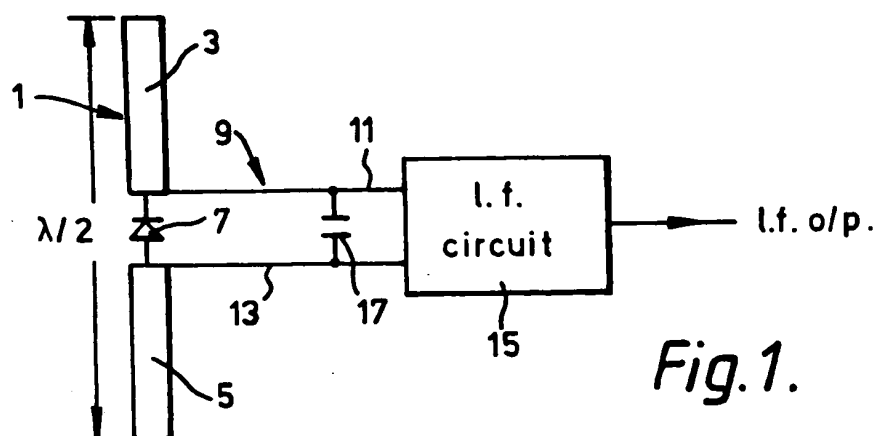
55 gecombineerd worden met een lokale oscillator en een lokale of op afstand opgestelde zender om een radar of verbindingssysteem te verschaffen.

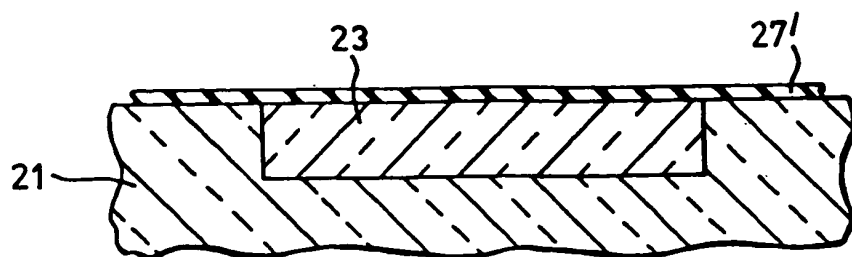
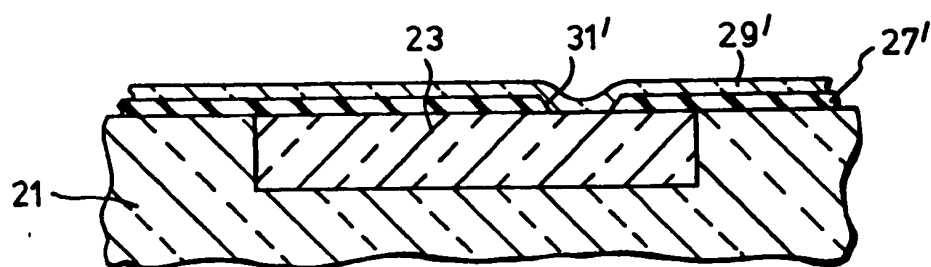
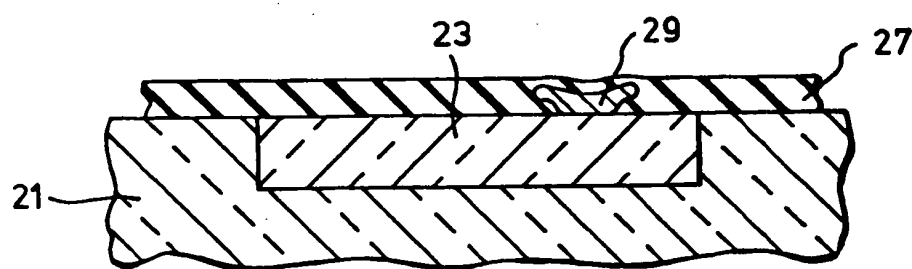
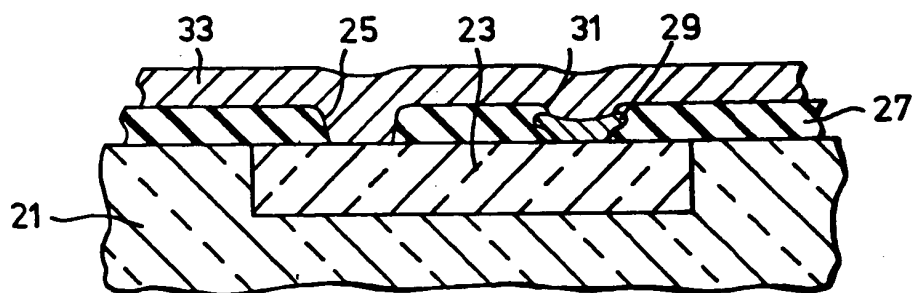
Conclusies

1. Elektromagnetische stralingssensor met een bladsubstraat voor ondersteuning van een antenneconfiguratie, in het bladsubstraat geïntegreerde mengmiddelen verbonden tussen antenneleden en
5 uitgangsmiddelen voor afgifte van laagfrequente mengsignalen, met het kenmerk, dat
 - a) de antenneconfiguratie ten minste een antenne met eerste en tweede gekruiste dipolen bevat voor het ontvangen respectievelijk van stralingssignalen en lokale-oscillatorreferentiesignalen, en
 - b) de geïntegreerde mengmiddelen vier mengdioden bevatten die elk zijn verbonden tussen een respectievelijk paar leden van verschillende dipolen en ingericht zijn om de laagfrequente mengsignalen
10 die een gevolg zijn van menging van stralings- en referentiesignalen te ontwikkelen.
2. Elektromagnetische stralingssensor volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat
 - a) een antennelid over zijn lengte is gedeeld om twee takken te vormen die met respectievelijke mengdioden zijn verbonden en een uitgangsverbinding verschaft voor middenfrequentsignalen, en
 - b) de leden van één dipool met respectievelijke naar hen toe gepolariseerde mengdiodeparen zijn
15 verbonden en de leden van de andere dipool met respectieve van hen weg gepolariseerde mengdiodeparen zijn verbonden, waarbij de mengdioden gezamenlijk zijn aangesloten voor een gebalanceerde menging.
3. Elektromagnetische stralingssensor volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de sensor een met het gedeelde lid verbonden in het bladsubstraat geïntegreerde versterker bevat die ingericht is om door de
20 mengmiddelen ontwikkelde middenfrequentsignalen te versterken, waarbij de versterker naast het gedeelde lid in een gebied van zwakke elektrische velden bij hoge frequentie is gesitueerd.
4. Elektromagnetische stralingssensor volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de versterker op halfgeleidermateriaal onder het gedeelde lid is geïntegreerd.
5. Elektromagnetische stralingssensor volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat van de ene dipool beide
25 leden over hun lengte zijn gedeeld, en dat van de andere dipool buitenliddelen met elkaar zijn verbonden via een eerste paar geïntegreerde mengdioden, een transmissielijn en een tweede paar geïntegreerde mengdioden, waarbij de lijn verbonden is met de gedeelde liddipool en geconfigureerd is teneinde de sensor een coherente menging te laten uitvoeren.
6. Elektromagnetische stralingssensor volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat de transmissielijn vier
30 geleiders bevat die zodanig zijn ingericht dat één gedeeld lid bij lage frequentie elektrisch van het andere lid is geïsoleerd.
7. Elektromagnetische stralingssensor volgens conclusie 5 of 6, met het kenmerk, dat de transmissiellijn capacitief is belast om bij resonantie een elektrische lengte te verschaffen die gelijk is aan de helft van die van de gedeelde liddipool.
- 35 8. Elektromagnetische stralingssensor volgens een der voorgaande conclusies, gekenmerkt door geïntegreerde begrenzerdioden voor bescherming tegen mengeroverbelasting.
9. Elektromagnetische stralingssensor voorzien van een substraat, een antenneconfiguratie, in het substraat geïntegreerde mengmiddelen verbonden tussen leden van de antenne en uitgangsmiddelen voor afgifte van laagfrequente mengsignalen, met het kenmerk, dat
40
 - a) de antenneconfiguratie een plenaire array van soortgelijke dipolaire antennes is,
 - b) elke antenne respectievelijk mengmiddel omvattende ten minste een mengdiode heeft dat tussen de dipoolleden van de antenne is verbonden en laagfrequente uitgangsoverdraagmiddelen, en
 - c) een diëlektrische lens is aangebracht om daarop invallende straling over te dragen aan de antennearray, waarbij de lens zodanig is geconfigureerd dat de antennemiddenposities in de array overeenko-
45 men met verschillende bundelrichtingen voor op de lens invallende straling, en de relatieve positionering van de array en de lens en de lens- en substraatafmetingen en diëlektrische eigenschappen in combinatie zodanig zijn teneinde elke antenne te doen koppelen in hoofdzaak met door de lens passerende straling.
10. Elektromagnetische stralingssensor volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat aangrenzende antenne-
50 middelen op afstand onderling gescheiden zijn overeenkomstig het criterium voor ontbonden spotscheiding van Rayleigh, waarbij de antenne-array binnen de brandpuntdiepte van de lens is geplaatst opdat elke antenne een respectievelijke stralingsbundel kan ontvangen.
11. Elektromagnetische stralingssensor volgens conclusie 9 of 10, met het kenmerk, dat de lens een hogere diëlektrische constante dan het substraat heeft, waarbij de array tussen de lens en substraat is
55 geplaatst, en de mengmiddelen op halfgeleidermateriaal van het substraat zijn geïntegreerd.
12. Elektromagnetische stralingssensor volgens conclusie 9 of 10, met het kenmerk, dat de lens is ingericht om straling via de dikte van het substraat naar de antenne-array te koppelen.

13. Elektromagnetische stralingssensor volgens conclusie 9 of 10, met het kenmerk, dat de lens een lagere diëlektrische constante dan het substraat heeft, waarbij geleidingsvermogen en dikte van het substraat geschikt zijn om stralingsinvanging te onderdrukken.
14. Elektromagnetische stralingssensor volgens een der conclusies 9 tot 13, met het kenmerk, dat
- 5 a) elke antenne een door een tweede dipool gekruiste eerste dipool heeft,
b) de array in wezen evenwijdige eerste dipolen heeft die orthogonaal op twee dipolen staan,
c) elk mengmiddel vier mengdioden bevat die tussen aangrenzende leden van verschillende dipolen zijn verbonden en ingericht zijn om een gebalanceerde menging te verschaffen, en
d) de sensor middelen bevat om een lokaal-oscillatorreferentiesignaal te koppelen aan de tweede
- 10 dipolen van de array.
15. Elektromagnetische stralingssensor volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat
- a) elke tweede dipool een lid heeft dat over zijn lengte is gedeeld om laagfrequentie-
uitgangsoverdraagmiddelen te verschaffen,
b) de diodepolarisatie van de mengmiddelen is uitgevoerd om voor elk, met twee mengdioden te
- 15 verbinden diodelid een daarnaar gerichte polarisatie in het geval van één dipool van elke antenne of een daarvan weg gerichte polarisatie in het geval van de andere dipol te verschaffen.
16. Elektromagnetische stralingssensor volgens conclusie 15, met het kenmerk, dat elke antenne een respectieve laagfrequente versterker heeft die verbonden is met het gedeelde lid en geplaatst is in een gebied waarin het hoogfrequente elektrische veld zwak is.
- 20 17. Elektromagnetische stralingssensor volgens conclusie 16, waarin de mengdioden en versterkers van de array in het halfgeleidermateriaal van het substraat zijn geïntegreerd, waarbij de versterkers tussen respectievelijke gedeelde leden zijn geplaatst.
18. Elektromagnetische stralingssensor volgens een der conclusies 14 tot 17, met het kenmerk, dat de lokale-oscillatorkoppelmiddelen een lensgemonteerde transmissie-antenne omvatten die op de lokale-
- 25 oscillatorreferentiefrequentie werkzaam is.

Hierbij 8 bladen tekening



*Fig. 4.**Fig. 5.**Fig. 6.**Fig. 7.*

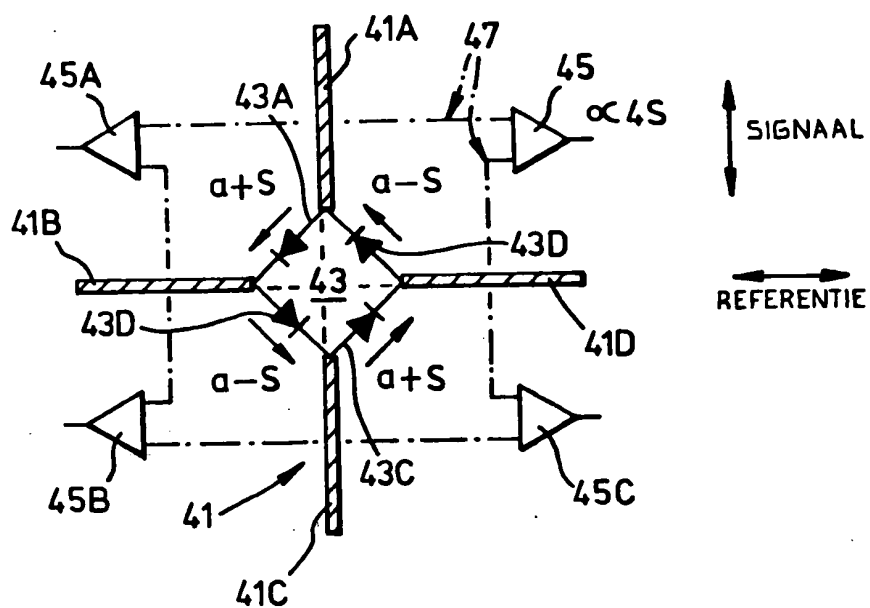


Fig. 8.

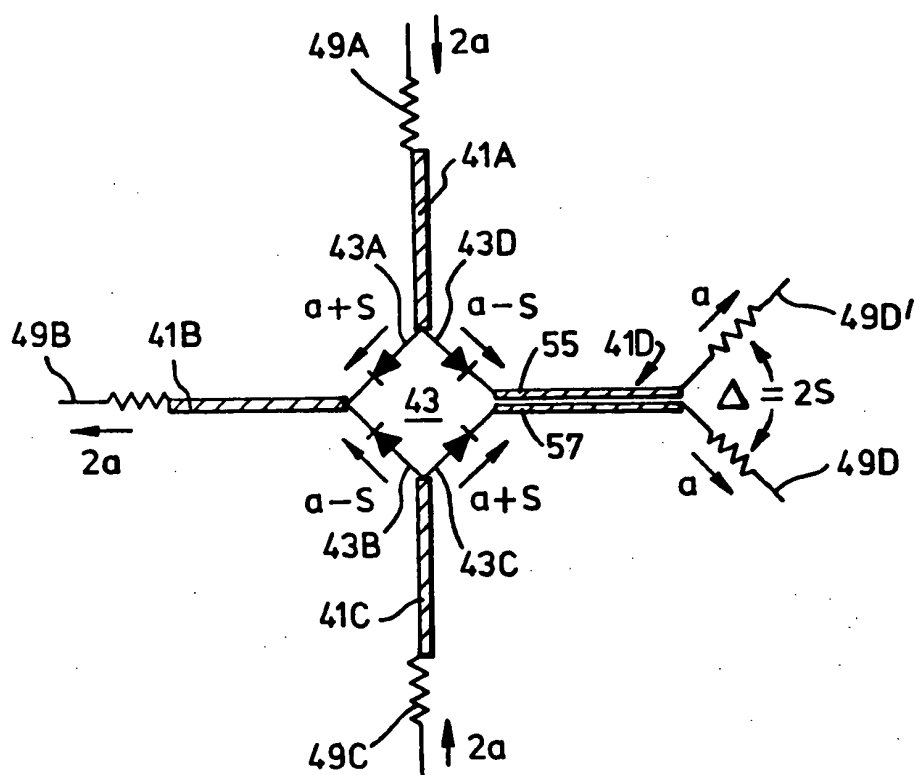


Fig. 9.

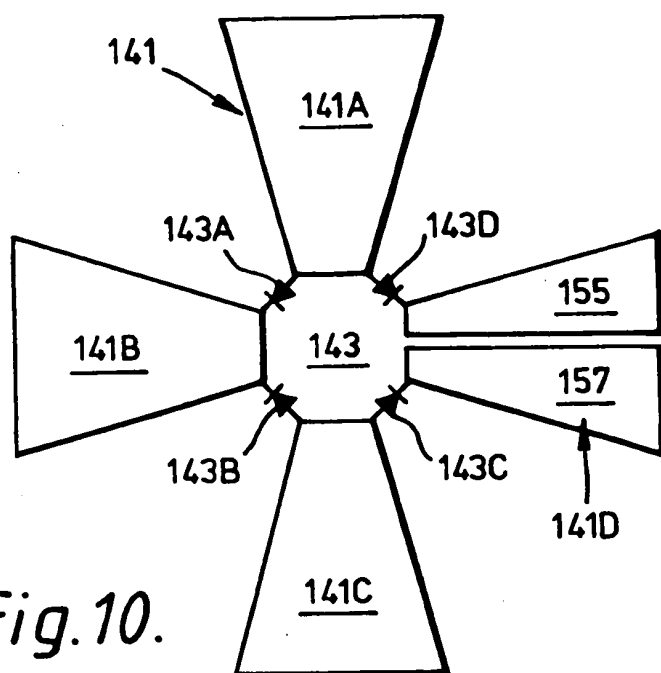


Fig. 10.

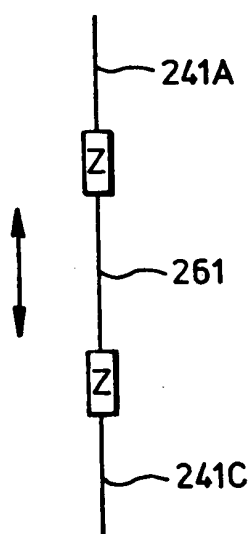


Fig. 12.

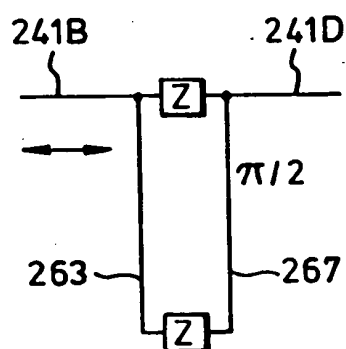


Fig. 13.

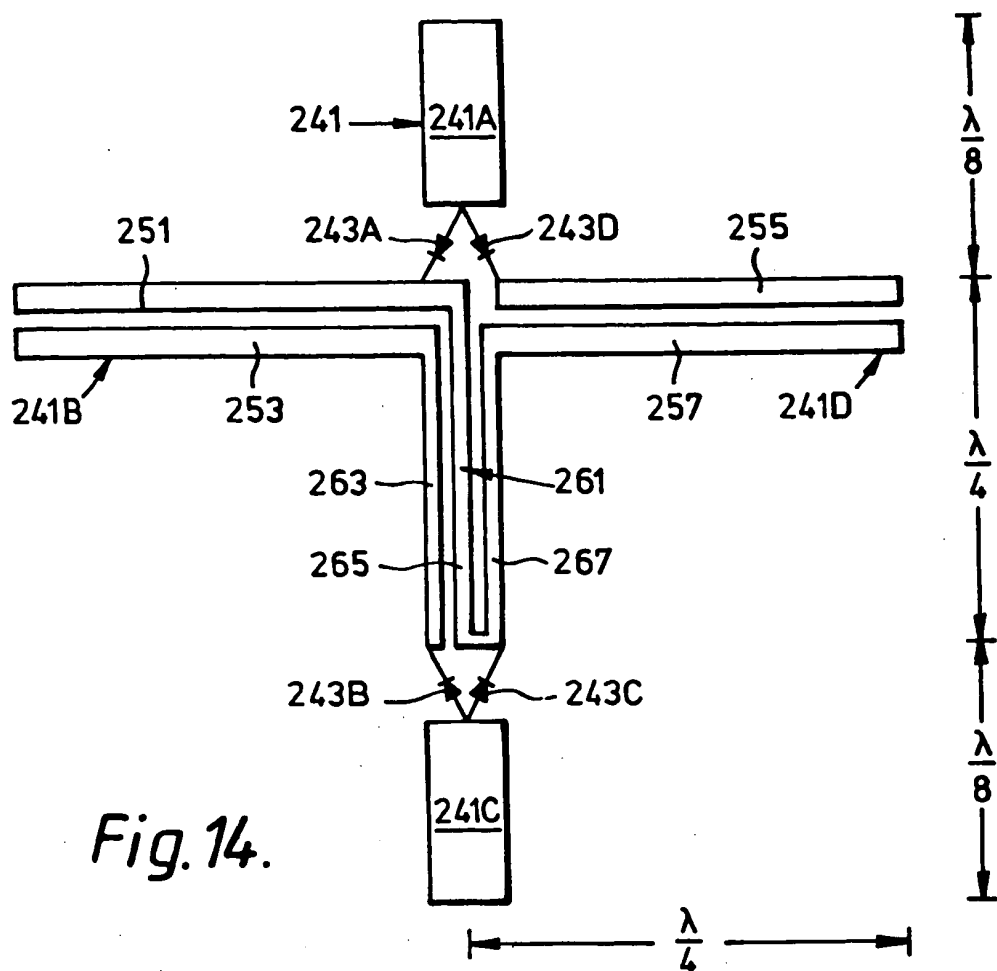


Fig. 14.

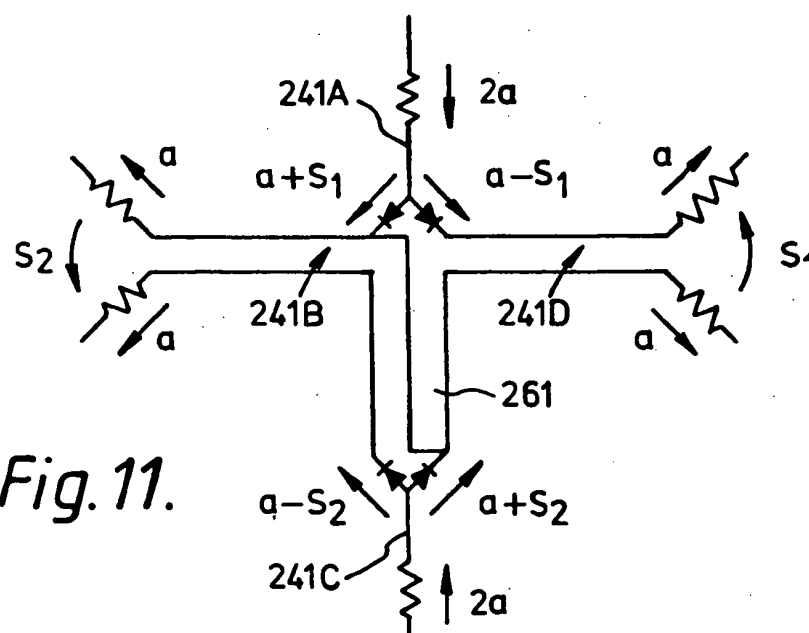


Fig. 11.

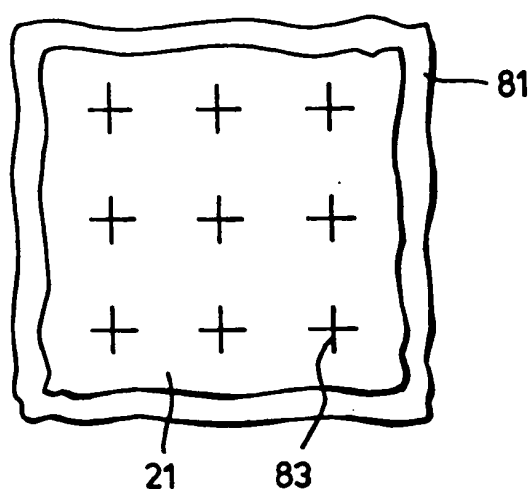


Fig. 17.

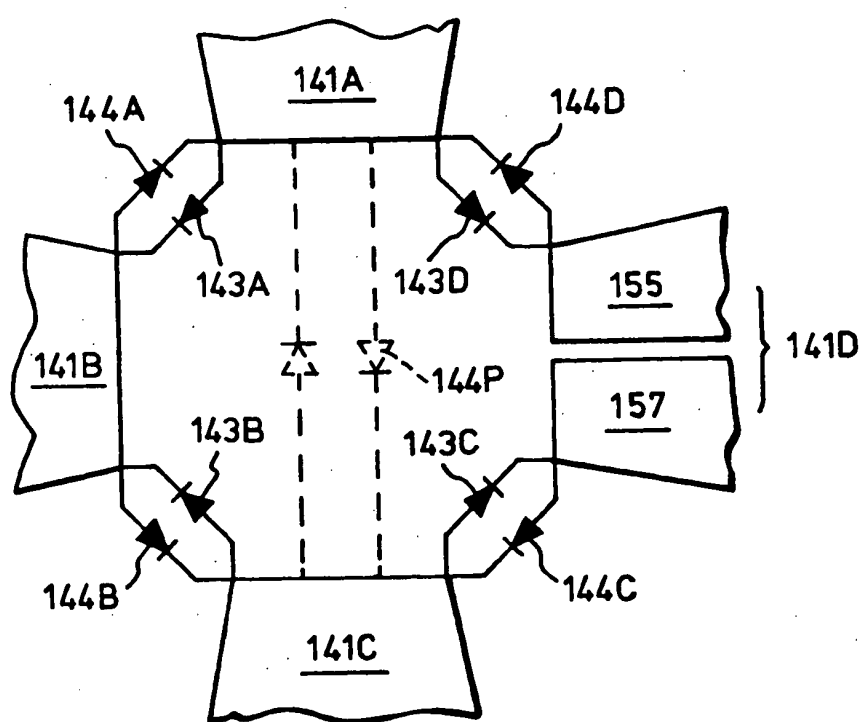


Fig. 18.

