(19)

SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 971686 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS**
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE PUBLIC

(21) Patenttihakemus - Patentansökan - Patent application 971686

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation - International patent classification (IPC^6)
H01Q 11/08
H01Q 5/00

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **23.09.1996**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **18.04.1997**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **23.06.1997**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **13.06.2019**

(86) Kansainvälinen hakemus - Internationell ansökan - International application **23.09.1996 PCT/US1996/015196**

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

22.09.1995 US 532921

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • **Qualcomm Incorporated,** 5775 Morehouse Drive, SAN DIEGO, CA 92121-1714, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • **Tassoudji, Mohammad Ali,** USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)
2 • **Thompson, James H.,** USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)
3 • **Standke, Randolph E.,** USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Papula Oy, Mechelininkatu 1 a, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention
Kahdeksanlankainen kaksikaistakierukka-antenni
Åttatrådig dubbelbandshelixantenn

KAKSIKAISTAINEN KAHDEKSANLANKAINEN KIERUKKA-ANTENNI

Tämä hakemus liittyy patenttihakemuksiin "180° tehonjakaja kierukka-antennia varten" ja "Nelilankainen kierukka-antenni ja syöttöverkko", jotka kokonaisuudessaan liitetään tähän viittauksella.

Esillä oleva keksintö liittyy kierukka-antenneihin ja erityisesti kaksikaistaiseen kierukka-antenniin, johon kuuluu kaksi limittäistä säteilijäryhmää, joihin kuuluu neljä säteilyelementtiä. Lisäksi keksintö liittyy säteilyelementtien passiiviseen aktivointiin ja yhden signaalitulon syöttörakenteisiin.

Nykyisin on kehitetty useita tietoliikenne- ja navigointilaitteita, jotka perustuvat maatakiertäviin satelliitteihin tarpeellisten tietoliikenne- ja navigointisignaalin järjestämiseksi. Esimerkkejä sellaisista tuotteista ovat satelliittipaikannusjärjestelmät, satelliittiseuranta- ja paikkajärjestelmät ja tietoliikennejärjestelmät, jotka perustuvat satelliitteihin tietoliikennesignaalien välittämisessä asemalta toiselle. Sellaiset satelliitit voivat muodostaa osan eri tyyppisistä satelliittikuvioista ja ne toimivat eri etäisyyksillä maasta, kuten Low Earth Orbit (LEO), Medium Earth Orbit (MEO) tai geosynkroninen radalla.

Elektroniikassa parannukset liittyen pakkausteknologiaan, tehonkulutukseen, miniaturisointiin ja tuotantoon ovat johtaneet tietoliikennetuotteiden saatavuuteen kannettavina laitteina hintaan, joka on kilpailukykyinen sekä yritys- että yksityiskäyttäjille. Kuitenkin eräs alue, jolla tarvitaan lisäparannuksia, on antenni- ja syöttöverkot, joita käytetään yhteyksissä satelliitteihin. Tyypillisesti sopivilla aallonpituuksilla käytettävät antennit ovat liian suuria kannettaviin laitteisiin. Usein antennit toteutetaan käyttäen mikroliuskateknologiaa. Kuitenkin sellaisten antennien syöttöverkot ovat liian suuria tai niillä on ei-toivottuja ominaisuuksia.

Lisäksi sovellutuksissa, joissa lähetys ja vastaanotto ovat eri taajuudella, kaksikaistaisia antenneja ei ole saatavilla kaikkiin haluttuihin kokoonpanoihin. Esimerkiksi eräs tapa, jolla kaksikaistainen antenni voidaan tehdä, on asettaa päällekkäin kaksi yksikaistaista nelilankaista kierukka-antennia siten, että ne muodostavat yhden samankeskeisen sylinterin. Tämän toteutuksen ongelmana on, että sellainen antenni ei sovellu kovin hyvin kannettavaan tai kädessä pidettävään laitteeseen.

Eräs toinen tekniikka kaksikaistaisuuden tarjoamiseksi on käyttää kahta yksikaistaista antennia, yksi kummallekin kaistalle. Kuitenkin kädessä pidettävissä laitteissa kaksi antennia on asetettava lähelle toisiaan. Valitettavasti kaksi yksikaistaista antennia matkaviestimessä sijoitettuna lähekkäin muodostavat tilaavievän epäesteettisen yksikön, mikä myös ei ole toivottavaa. Samalla, kun käytetään satelliittitoistimia signaalin siirtämiseen, tietoliikennesignaalit polarisoituneet rengasmaisesti, tai tulevat sellaisina atmosfäärin vaikutuksesta, jolloin vaaditaan antennia, jolla on hyvä rengaspolarisaatio.

Sen vuoksi tarvitaan antennia, joka toimii kahdella taajuudella ja joka on riittävän pieni kooltaan siten, että se soveltuu kannettaviin ja/tai kädessä pidettäviin laitteisiin. Lisäksi monessa sovellutuksessa on toivottavaa, että antennin syöttörakenne on yksituloinen.

Esillä olevan keksinnön kohteena on kaksikaistainen kahdeksanlankainen kierukka-antenni. Edullisessa sovellutuksessa antenniradiaattorit on etsattu mikroliuskasubstraatin radiaattoriosaan. Lisäksi mikroliuskalle on etsattu syöttöverkko. Lähetystä varten syöttöverkko vastaanottaa lähetettävän tulosignaalin ja suorittaa tarpeellisen tehojaon ja vaiheistuksen antennin radiaattorien syöttämiseksi. Vastaanotossa syöttöverkko vastaanottaa ja yhdistää radiaattorien

vastaanottamat signaalit. Tässä esitetyt syöttöverkot kuvataan tulosignaalin vaihesiirron kannalta lähetyssignaalien antamiseksi radiaattoreille. On ymmärrettävä, että verkot toimivat samalla myös vastaanottopiireinä.

Edullisessa sovellutuksessa kaksikaistaiseen antenniin kuuluu neljä kierreradiaattoria, jotka resonoivat (on sovitettu) ensimmäiselle taajuudelle ja jotka on limitetty toisen neljän radiaattorin joukon kanssa, jotka resonoivat toisella taajuudella, joka on eri kuin ensimmäinen taajuus. Esimerkinomainen radiaattorijoukko, jota voidaan käyttää satelliittiyhteyksissä, käyttää taajuutta, joka on noin puolitoistakertainen toiseen verrattuna. Radiaattoreilla on eri pituuksia ja niiden sovitus voi olla lähellä yläpäätä antennin säteilykuvion räätälöimiseksi. Tämä on erityisen käyttökelpoinen toiselle kahdesta joukosta, jos se ulottuu toisen joukon ulkopuolelle. Täten kahdella joukolla on sama sovitus, kun ne on asetettu toistensa läheisyyteen ja pidemmän sovitus voi olla eri alueella, jossa se on lyhyemmän yläpuolella. Kaksi limitettyä radiaattorijoukkoa muodostavat tiiviin kaksikaistaisen toiminnan.

Yhtä radiaattorijoukkoa ohjataan aktiivisesti, kun taas toista voidaan ohjata passiivisesti tai aktiivisesti. Jokaiselle aktiivisen radiaattorijoukon radiaattorille on kytketty 0°, 90°, 180° ja 270° signaalit, jotka syötetään syöttöverkolla. Kun käytetään passiivisia radiaattoreita, niin niitä ei kytketä suoraan syöttöverkkoon, vaan ne kytketään aktiivisiin radiaattoreihin niiden läheisyydessä.

Keksinnön eräässä sovellutuksessa kaksi radiaattorijoukkoa niihin liittyvine syöttöverkkoineen on järjestetty yhden tukisubstraatin yhdelle pinnalle, tai toinen joukko on järjestetty toiselle vastakkaiselle pinnalle, minkä jälkeen substraatti on muodostettu sylinterimäiseksi. Tämä jälkimmäinen vaihtoehto

mahdollistaa yksinkertaistetun valmistuksen joissain kokoonpanoissa elementtien välille kytkettyjen johtimien osalta. Tasomaiset maakerrokset muodostetaan substraatin vastakkaiselle pinnalle kuhunkin syöttöverkkoon nähden. Vaihtoehtoisesti radiaattorit ja niihin liittyvät syöttöverkot asennetaan erillisen tukisubstraatin pinnalle tai substraattikerrokselle, jotka on kerrostettu syöttöverkkojen käyttämän maakerroksen molemmille puolille.

Erilaisia syöttöverkkoja esitetään syöttöjohtimen ja antennielementtien välisen liittymän muodostamiseksi. Tässä kuvattujen syöttöverkkojen mukaisesti, on mahdollista käyttää kolmea komponenttia eri kombinaatioissa tarvittavien 0°, 90°, 180° ja 270° signaalien, joita tarvitaan antennin ohjaukseen, muodostamiseksi. Eräs sellainen komponentti on haarajohdon yhdistäjä ja toinen on 180° tehojakaja. Haarajohdon yhdistäjä vastaanottaa tulosignaalin ja jakaa tulosignaalin kahdeksi lähtösignaaliksi. Kahden lähtösignaalin amplitudi on sama ja niiden vaihe-ero on 90°. 180° tehojakaja vastaanottaa tulosignaalin ja jakaa tulosignaalin kahdeksi lähtösignaaliksi. Kahden lähtösignaalin amplitudi on sama ja niiden vaihe-ero on 180°. 180° tehojakaja käyttää kavennettua maatasorakennetta tasapainottomien tulosignaalien muuttamiseksi tasapainoisiksi signaaliksi.

Syöttösignaalin antamiseksi tai signaalin vastaanottamiseksi molemmat radiaattorijoukot eri taajuuksilla haarajohdinkytkimet on toteutettu kaksiosaisina laajakaistaisina haarajohdinkytkiminä. Haarajohdinkytkimet on toteutettu siten, että heijastunut teho on nollassa tai lähellä nollaa molemmilla ennalta valituilla toimintataajuuksilla.

Esillä olevan keksinnön muodot, tarkoitukset ja edut samoin kuin rakenne ja toiminta tulevat selvemmiksi seuraavasta yksityiskohtaisesta kuvauksesta viitaten oheisiin piirustuksiin. Esillä olevaa keksin-

töä selostetaan viitaten oheisiin piirustuksiin, joissa on samat viitenumerot kauttaaltaan ja joissa lisäksi vasemmat merkit viitenumeroissa osoittavat kuvion, jossa viitenumero ensimmäisen kerran ilmestyy. On huomattava, että piirustuksia ei välttämättä ole piirretty mittakaavassa, erityisesti antennien säteilykuvioita.

Kuvio 1 esittää nelilankaista mikroliuskakierukka-antennia.

Kuvio 2 esittää nelilankaisen mikroliuskakierukka-antennin, johon kuuluu ääretön symmetrointielin, etsatun substraatin pohjapintaa.

Kuvio 3 esittää nelilankaisen mikroliuskakierukka-antennin, johon kuuluu ääretön symmetrointielin, etsatun substraatin yläpintaa.

Kuvio 4 esittää perspektiivikuvaa nelilankaisen mikroliuskakierukka-antennin, johon kuuluu ääretön symmetrointielin, etsatusta substraatista.

Kuvio 5(a) esittää antennisäteilijöiden tappeja.

Kuvio 5(b) esittää syöttöjohtimen kytkentää säteilijään.

Kuvio 5© esittää syöttöjohtimen vaihtoehtoista kytkentää säteilijään.

Kuvio 6(a) esittää nelilankaisen mikroliuskakierukka-antennin etsatun substraatin pohjapintaa.

Kuvio 6(b) esittää nelilankaisen mikroliuskakierukka-antennin etsatun substraatin yläpintaa.

Kuvio 7 esittää yksiosaisen haarajohtoyhdistäjän olemassaolevia kapeakaistaisia taajuusvasteominaisuuksia.

Kuvio 8 esittää kuvion 7 yksiosaisen haarajohtoyhdistäjän taajuusvastetta.

Kuvio 9 esittää kaksiosaisen haarajohtoyhdistäjän olemassaolevia laaja/kaksikaistaisia taajuusvasteominaisuuksia.

Kuvio 10 esittää kuvion 7 kaksiosaisen haarajohtoyhdistäjän taajuusvastetta.

Kuvio 11 esittää kapeakaistaista syöttöverkkoa, johon kuuluu kaksi 180° tehojakajaa ja kaksi haarajohdinyhdistäjää keksinnön erään sovellutuksen mukaisesti.

Kuvio 12 esittää kapeakaistaista syöttöverkkoa, johon kuuluu kaksi 180° tehojakajaa ja haarajohdinyhdistäjä keksinnön erään sovellutuksen mukaisesti.

Kuvio 13(a) esittää kaksikaistaisen kahdeksanlankaisen mikroliuska-antennin, johon kuuluu kaksikaistainen syöttöverkko, yläpintaa.

Kuvio 13(b) esittää kuvion 13(a) poikkileikkausta.

Kuvio 14 esittää kaksikaistaisen kahdeksanlankaisen mikroliuska-antennin, johon kuuluu kaksikaistainen syöttöverkko ja impedanssimuuntajat, yläpintaa.

Kuvio 15 esittää radiaattorielementin impedanssia taajuuden funktiona eräällä keksinnön mukaisella kahdeksanlankaisella antennilla.

Kuvio 16 esittää kaksikaistaisen kahdeksanlankaisen antennin, joka käyttää muuttuvaa sovitusta yhdessä radiaattorijoukossa.

Kuvio 17 esittää kuvion 16 antennin säteilykuviota alemmalla taajuudella.

Kuvio 18 esittää kuvion 16 antennin säteilykuviota ylemmällä taajuudella.

Kuvio 19(a) esittää kaksikaistaisen kahdeksanlankaisen mikroliuska-antennin, johon kuuluu kaksikaistainen syöttöverkko ja impedanssimuuntajat symmetrointimuuntajasovellutuksen mukaisesti, substraatin yläpintaa.

Kuvio 19(b) esittää kuvion 19(a) substraatin pohjapintaa.

Kuvio 20 esittää symmetrointimuuntajan päätynäkymää esittäen muuntajaosien kytkentää radiaattoreihin.

Kuvio 21 esittää syöttöverkon, johon kuuluu kaksi 180°tehojakajaa ja yksiosainen haarajohdinkytkin, esimerkkitoteutusta.

Kuvio 22 esittää esimerkinomaista sijoittelukuvaa nelilankakierukka-antennista, joka käyttää kuvion 21 syöttöverkkoa.

Kuvio 23 esittää kaksisyöttöisen kaksikaistaisen kahdeksanlankaisen antennin erästä esillä olevan keksinnön mukaista sovellutusta.

Kuviot 24(a), 24(b) ja 24© esittävät yläpoikkileikkaus- ja pohjanäkymää, vastaavasti, antennirakenteesta, joka toteuttaa kuvion 23 kahdeksanlankaisen antennin yksittäisen tukisubstraatin vastakkaisilla puolilla.

Kuviot 25(a), 25(b) ja 25© esittävät yläpoikkileikkaus- ja pohjanäkymää, vastaavasti, antennirakenteesta, joka toteuttaa kuvion 23 kahdeksanlankaisen antennin monikerroksisella tukisubstraatilla.

Esillä olevan keksinnön kohteena on kaksikaistainen kahdeksanlankainen kierukka-antenni ja syöttöverkot kaksikaistaisia antenneja varten. Tässä esitetyn kaksikaistaisen antennin mukaisesti mikroliuskarakenteeseen kuuluu kaksi osaa: ensimmäinen, johon kuuluu antennisäteilijät ja toinen, johon kuuluu antennin syöttöverkko. Mikroliuskasubstraatti rullataan tai muodostetaan sylinterimuotoon niin, että säteilijät kiertyvät kierteisesti keskiakselin ympärille.

Syöttöverkko käsittää uuden ja uniikin rakenteen neljän amplitudiltaan olennaisesti samansuuruisen signaalin, joiden vaihe-erot ovat 0°, 90°, 180° ja 270°, kierukka-antennin syöttämiseksi. Tässä esitetään kahdentyyppisiä syöttöverkkoja: syöttöverkot sekä yksikaistaiseen että kaksikaistaiseen toimintaan. Tähän

saakka, yksikaistaisessa operaatiossa, syöttöverkkoon voi kuulua komponenttien, kuten haarajohdinkytkimien ja 180° tehojakajien, yhdelmä. Kaksikaistaisessa toiminnassa voidaan käyttää kaksikaistaisia haarajohdinkytkimiä kahdelle toimintataajuudelle sopivien antennisignaalien saamiseksi.

Ennen keksinnön yksityiskohtaista kuvaamista on hyödyllistä kuvata esimerkinomainen nelilankainen kierukka-antenni. Sellainen antenni kuvataan viitateen kuvioihin 1-6. Kuvio 1 esittää nelilankaista mikroliuskakierukka-antennia 100. Antenniin 100 kuuluu substraatille 108 etsatut säteilijät 104. Substraatti on taipuisaa ohutkalvomateriaalia, joka kierretty sylinterimuotoon siten, että säteilijät 104 ovat kierteisesti sylinterin keskiakseliin ympärillä. Tällainen sylinterimuoto ei ole välttämättä poikkileikkaukseltaan pyöreä alla kuvatuissa sovellutuksissa. Niin kauan kuin poikkileikkaus edustaa tasanjakautunutta sylinterimuotoa, kuten pyöristettyä neliötä, kuusikulmiota, kahdeksankulmiota jne., se toimii esillä olevan keksinnön mukaisesti.

Kuviot 2-4 esittävät nelilankaisen kierukka-antennin 100 valmistuksessa käytettyjä komponentteja. Kuviot 2 ja 3 esittävät substraatin pohjapintaa 200 ja yläpintaa 300, vastaavasti. Substraattiin 108 kuuluu säteilyosa 204 ja syöttöosa 208.

Huomaa, että koko tekstissä, substraatin 108 pintoihin viitataan termein "yläpinta" ja "alapinta". Tällainen nimitys on ainoastaan kuvainnoillinen, eikä sen tarkoituksena ole kuvata mitään erityistä substraatin 108 asentoa. Edelleen tässä esitetyissä sovellutuksissa antennit kuvataan siten, että substraatin yläpinta muodostaa saadun sylinterikappaleen ulkopinnan. Vaihtoehtoisissa sovellutuksissa substraatti on muodostettu siten, että substraatin alapinta muodostaa saadun sylinterikappaleen ulkopinnan.

Edullisessa sovellutuksessa mikroliuska-substraatti 100 on ohut, taipuisa polytetrafluorieteeni-kerros (PTFE), PTFE/lasi-komposiitti tai muu dielektrinen materiaali. Edullisesti substraatti 100 on luokkaa 0.005 tuumaa tai 0.13 mm paksu. Signaalijäljet ja maajäljet muodostetaan kuparilla. Vaihtoehtoisissa sovellutuksissa voidaan käyttää muita johtavia materiaaleja kuparin sijaan riippuen kustannus-, ympäristö- ja muista tekijöistä.

Antennisovellutus, johon kuuluu rekursiivinen symmetrointimuuntaja, esitetään kuvioissa 2-5. Syöttöverkko 308 muodostetaan syöttöosaan 208 0°, 90°, 180° ja 270° signaalien aikaansaamiseksi säteilijöille 104. Pohjapinnan 200 syöttöosa 208 muodostaa maatason 212 syöttöpiirille 308. Signaalijäljet syöttöpiiriä 308 varten etsataan syöttöosan 208 yläpinnalle 300. Syöttöpiirin 308 erityiset sovellutukset esitetään yksityiskohtaisemmin kappaleessa 4.

Esitystarkoituksessa säteilijäosaan 204 määritetään kuuluvaksi ensimmäinen pää 232, joka on syöttöosaa 208 vasten, ja toinen pää 234 (säteilijäosan 204 vastakkaisessa päässä). Riippuen toteutettavasta antennisovellutuksesta, säteilijät 104 voidaan syövyttää säteilijäosan 204 pohjapinnalle 200. Säteilijöiden 104 pituus mitattuna alkaen ensimmäisestä päästä 232 toista päätä 234 kohden riippuu antennin syöttöpisteestä, ja muista suunnitteluparametreista, kuten halutusta antennikuviosta. Tyypillisesti tämä pituus on neljäsosa-aallonpituuden monikerta.

Tässä sovellutuksessa säteilijät 104 pohjapinnalla 200 ulottavat säteilijäosan 204 pituuden ensimmäisestä päästä 232 vastakkaiseen päähän 234. Nämä säteilijät esitetään säteilijöinä 104A, 104B, 104C ja 104D. Tässä sovellutuksessa säteilijöihin syötetään signaali toisesta päästä 234 syöttöjohtimilla 316, jotka on syövytetty säteilijäosan 204 yläpinnalle 300. Syöttöjohtimet ulottuvat ensimmäisestä päästä 232 toi-

seen päähän 234 säteilijöiden 104 syöttämiseksi. Tässä kokoonpanossa syöttöpiste on toisessa päässä 234. Säteilijöiden 104A, 104D pinta, joka on kosketuksissa substraattiin 108 (syöttöjohtimien 316 vastakkaisella puolella) aikaansaavat maapotentiaalin syöttöjohtimille 316, jotka antavat antennisignaalin syöttöverkosta antennin syöttöpisteeseen.

Kuvio 4 on perspektiivikuva symmetrointimuuntajasovellutuksesta. Tässä kuviossa tulee esille syöttöjohtimet 316 ja säteilijät 104, jotka on etsattu substraatillle 108. Lisäksi tässä esitetään se, miten syöttöjohtimet 316 yhdistetään säteilijöihin 104 käyttäen kytkentöjä 404. Liitäntöjä 404 ei todellisuudessa ole toteutettu kuviossa 4 esitetyllä tavalla. Kuvio 5, joka käsittää kuviot 5(a), 5(b) ja 5©, esittää vaihtoehtoisia sovellutuksia liitäntöjen 404 tekemiseksi.

Kuvio 5(a) on kaaviokuva esittäen säteilijäosan 204 osittaista leikkausta. Tämän sovellutuksen mukaisesti säteilijät 104 on varustettu tapeilla 504 toisessa päässä 234. Kun antenni kääritään sylinterimuotoon, niin sopivat säteilijä/syöttöjohdin parit yhdistetään. Esimerkkejä tästä esitetään kuvioissa 5(b) ja 5©, joissa tapit on taivutettu sylinterin keskiötä kohden. Kuviossa 5(b) esitetyssä sovellutuksessa liitäntä 404 on toteutettu juottamalla (tai muulla vastaavalla tavalla sähköäjohtavasti) säteilijä 104C ja syöttöjohdin 316 käyttäen lyhyttä johdinta 508. Kuviossa 5(b) syöttöjohdin 316 on sylinterin sisäpinnalla ja esitetään sen vuoksi katkoviivalla.

Kuviossa 5© esitetyssä sovellutuksessa säteilijä 104A ja syöttöjohdin 316 vastakkaisella pinnalla on taivutettu sylinterin keskiötä kohden limittäin ja yhdistetty sähköisesti limityskohdastaan, edullisesti juottamalla sopiva syöttöjohdin 316 siihen liittyvään säteilijään, tässä 104C:hen.

Suoraviivaisempi sovellutus kuin juuri kuvattu symmetrointimuuntajasovellutus, esitetään kuviossa

6, joka käsittää kuviot 6(a) ja 6(b). Kuvio 6(a) esittää pohjapinnan 200; kuvio 6(b) esittää yläpinnan 300. Tässä sovellutuksessa säteilijät 104 on etsattu yläpinnalle 300 ja niihin tuodaan signaalin ensimmäisestä päästä 232. Nämä säteilijät esitetään säteilijöinä 104A, 104B, 104C ja 104D. Tässä sovellutuksessa säteilijöitä ei ole järjestetty pohjapinnalle 200.

Koska näitä säteilijöitä syötetään ensimmäisestä päästä 232, niin ei ole tarvetta symmetrointimuuntajalle 316, joka vaadittiin rekursiivisessa symmetrointimuuntajasovellutuksessa. Näin ollen tässä sovellutuksessa on toteutus yleisesti helpompaa ja syöttöjohtimista 316 aiheutuvat häviöt voidaan välttää.

Huomaa, että kuvioissa 6(a) ja 6(b) esitetyissä sovellutuksissa säteilijöiden 104 pituus on $\lambda/2$:n monikerta, missä λ on aallonpituus antennin keskitaajuudella. Sellaisessa sovellutuksessa, jossa säteilijät 104 ovat $\lambda/2$:n monikertoja, säteilijät yhdistetään sähköisesti toisiinsa toisessa päässä 234. Tämä yhdistäminen voidaan tehdä liittimellä toisen pään 234 yli, joka liitin muodostaa renkaan antennin ympärille, kun substraatti on sylinterimäinen. Esimerkki tällaisesta sovellutuksesta esitetään kuviossa 22. Vaihtoehtoisessa toteutuksessa, jossa säteilijöiden pituus on $\lambda/4$:n pariton monikerta, säteilijät 104 jätetään sähköisesti avoimiksi toisessa päässä 234 antennin resonoinnin mahdollistamiseksi keskitaajuudella.

Haarajohdinkytkimiä on käytetty yksinkertaisina ja halpoina välineinä tehon jakamiseksi ja suoran kytkennän aikaansaamiseksi. Yksiosainen kapeakaistainen haarajohdinkytkin 700 esitetään kuviossa 7. Kytkimeen 700 kuuluu pääjohdinhaara 704, toisiojohdinhaara 708 ja kaksi rinnakkaishaaraa 712. Tulosignaali järjestetään pääjohdinhaaraan 704 (kutsutaan pääjohtimeksi 704) ja kytketään toisiojohdinhaaraan 708 (kutsutaan toisiojohtimeksi 708) rinnakkaishaaroilla 712. Toisiojohdin 708 kytketään maahan toisesta pääs-

tään edullisesti sovitetulla pääteimpedanssilla. Edullisesti rinnakkaishaarat 712 ovat aallonpituuden neljänneksen pituisia ja aallonpituuden neljänneksen etäisyydellä toisistaan, jolloin ne muodostavat piirin, jonka kehäpituus on noin yksi aallonpituus.

Lähdössä pääjohdin 704 ja toisiojohdin 708 kumpikin kuljettavat lähtösignaalia. Näiden signaalien välinen vaihe-ero on 90°. Molemmat lähdöt antavat signaalin, jonka teho on suunnilleen puolet tulosignaalin tehosta.

Eräs tällaisen yksiosaisen haarajohdinkytkimen 700 ominaisuus on, että sen taajuusvaste on jonkin verran kapea. Kuvio 8 esittää tyypillisen yksiosaisen haarajohdinkytkimen 700 taajuusvasteen 808 lähtevänä tehona.

Suuremman taajuusalueen mahdollistamiseksi voidaan toteuttaa kaksiosainen haarajohdinkytkin 900. Sellainen kaksiosainen haarajohdinkytkin 900 esitetään kuviossa 9. Ensisijainen fyysinen ero yksiosaiseen haarajohdinkytkimeen 700 on, että kaksiosainen haarajohdinkytkimeen 900 kuuluu ylimääräinen rinnakkaisjodin 914.

Kaksiosainen haarajohdinkytkimen 900 etuna yksiosaiseen nähden on, että kaksiosainen taajuusvaste on laajempi. Näin taajuusalue, jolla heijastunut teho on alle hyväksytyn tason, on suurempi kuin yksiosaisella haarajohdinkytkimellä 700. Tyypillisen kaksiosaisen haarajohdinkytkimen taajuusvaste esitetään kuviossa 10. Kuitenkin todellisille laajakaistasovelluksille kaksiosainen haarajohdinkytkin 900 ei sekään ole ideaali johtuen heijastuneen tehon 804 tasosta toimintataajuusalueella.

Kuitenkin kaksikaistaisissa sovellutuksissa, joissa vaaditaan suorituskyvyn optimointi kapeille kaistanleveyksille kahden toimintataajuuden ympäristössä, tällainen taajuusvaste on ideaalinen, koska sillä on kaksi taajuutta, joilla heijastunut teho on

nolla tai lähellä nollaa. Tämä esitetään pisteillä A ja B kuviossa 10.

Kappaleessa 2 kuvatut nelilankaiset kierukka-antennit samoin kuin muut myöhemmin kappaleessa 5 kuvatut tietyn tyyppiset antennit vaativat syöttöverkon antennisäteilijöiden 104 syöttämiseen tarvittavien 0°, 90°, 180 ja 270° signaalien aikaansaamiseksi. Tässä osassa 4 kuvataan 180° tehojakajan edullinen sovellutus ja useita syöttöverkkoja, joilla jakaja voidaan toteuttaa rajapinnan muodostamiseksi säteilijöiden 104 ja syöttöjohtimien välille antenniin. Syöttöverkot kuvataan useiden komponenttien avulla: 180° tehojakajilla, yksiosaisilla haarajohdinkytkimillä 700 ja kaksiosaisilla haarajohdinkytkimillä 900. Nämä laitteet ovat osoittautuneet käyttökelpoisiksi keksinnön sisällön esittämiseksi. Kuitenkin ammattimiehille on selvää, että muita kuin tässä esitettyjä tunnettuja signaalirakenteita voidaan käyttää. Antenni yksinkertaisesti vaatii neljä signaalia kullekin aktiiviselle radiaattorijoukolle olennaisesti samalla teholla ja sopivalla vaihejaolla. Tietyn syöttöverkkorakenteen valinta riippuu ammattimiesten tuntemista suunnitteluparametreista, kuten valmistettavuudesta, luotettavuudesta, hinnasta ja niin edelleen.

Eräs elementti tarvittavien vaiheiden aikaansaamiseksi on 180° tehojakaja. Esimerkinomainen 180° tehojakaja kuvataan yksityiskohtaisemmin yllä mainituissa ja tähän liitetyissä patenttijulkaisuissa. Tämän tyyppinen 180° tehojakaja vastaanottaa tulosignaalin pitkin johtavaa reittiä ja jakaa sen kahdeksi signaaliksi, joiden amplitudi on sama, mutta joiden välinen vaihe-ero on 180°. Tämä aikaansaadaan käyttämällä kavennettua maakerrosta johtimen läheisyydessä niin, että tulosignaali siirtyy tasapainotetun ja tasapainottamattoman signaalin välillä.

Tulosignaali siirtyy tasapainottamattomasta tasapainotetuksi signaalin kulkiessa pitkin johtavaa

reittiä kavennetun osan vastakkaisella puolella. Tämä siirtymä luo virran, joka kulkee johtavalla paluureitillä ja joka yhtäsuuri mutta vastakkaismerkkinen johtavalla reitillä kulkevaan virtaan nähden. Täten signaali johtavalla paluureitillä on 180° vaihesiirrossa johtavalla reitillä olevaan signaaliin nähden. Johdottamalla molemmat paluu- ja tulosignaalit saadaan kaksi signaalia, toinen 0° signaali ja toinen 180° signaali. Sopivat viennit, päällystetyt reiät tai vastaavat voivat olla käytössä 180° signaalin siirtämiseksi substraatin läpi kytkettäväksi sopivaan antenniradiaattoriin.

Nelilankaisen kierukka-antennin, kuten tässä kuvattujen, oikean toiminnan kannalta lähetettävä signaali on jaettava 0°, 90°, 180° ja 270° signaaleiksi. Vastaavasti vastaanotetut 0°, 90°, 180° ja 270° signaalit on yhdistettävä yhdeksi vastaanottosignaaliksi. Tämän toteuttamiseksi syöttöpiiri 308 aikaansaadaan. Tässä osassa esitetään syöttöpiirin 308 useita sovellutuksia. Nämä sovellutukset käyttävät 180° tehojakajan 1100 ja yllä kohdassa 3 kuvattujen haarajohdinkytkimien yhdistelmää.

Syöttöpiirin 308 ensimmäinen sovellutus yhdistää kaksiosaisen haarajohdinkytkimen 700 ja yhden 180° tehojakajan 1100. Tämä sovellutus esitetään kuviossa 14. Tämän sovellutuksen mukaisesti tulosignaali tuodaan syöttöverkkoon pisteessä C. 180° tehojakaja 1100 jakaa tulosignaalin kahdeksi signaaliksi, joiden vaihe-ero on 180°. Näitä kutsutaan 0° signaaliksi ja 180° signaaliksi. Molemmat signaalit syötetään yksiosaiseen haarajohdinkytkimeen 700. Erityisesti 0° signaali syötetään yksiosaiseen haarajohdinkytkimeen 700A ja 180° signaali syötetään yksiosaiseen haarajohdinkytkimeen 700B.

Kumpikin haarajohdinkytkin 700A, 700B antavat kaksi lähtöä, joiden amplitudi on yhtäsuuri ja joiden välinen vaihe-ero on 90°. Näitä kutsutaan 0° signaalik-

si ja 90° signaaliksi. Koska tulo haarajohdinkytkimeen 700A eroaa haarajohdinkytkimen 700B tulosta 180°, niin 0° lähtösignaali ja 90° lähtösignaali haarajohdinkytkimen 700B eroavat lähtösignaaleista 180°. Sen seurauksena syöttöverkon lähdössä on 0°, 90°, 180° ja 270° signaalit, jotka vaaditaan nelilankaisen antennin syöttämiseen. Jokainen näistä 0°, 90°, 180° ja 270° signaalista syötetään säteilijöihin 104A, 104B, 104C ja 104D, vastaavasti.

Syöttöverkon eräs toinen sovellutus, joka esitetään kuviossa 12, käyttää kahta 180° tehojakajaa 1100 ja yhtä yksiosaista haarajohdinkytkintä 700. Tämän sovellutuksen mukaisesti yksiosainen haarajohdinkytkin 700 ensin jakaa tulosignaalin kahden amplitudiltaan yhtäsuuren lähtösignaalin muodostamiseksi vaihe-erolla 90°. Nämä 0° ja 90° lähtösignaalit syötetään 180° tehojakajaan 1100A ja 180° tehojakajaan 1100B, vastaavasti. Koska molemmat 180° tehojakajat 1100 antavat kaksi lähtöä, joiden amplitudi on yhtäsuuri mutta joiden vaihe-ero 180°, niin kahden 180° tehojakajan 1100 lähtöihin muodostuu 0°, 90°, 180° ja 270° signaalit.

Huomaa kuitenkin, että nämä signaalit eivät ole oikeassa järjestyksessä. 180° tehojakaja 1100A antaa 0° ja 180° signaalit, kun taas 180° tehojakaja 1100B antaa 90° ja 270° signaalit. Näin ollen signaalien järjestämiseksi säteilijöihin 104 oikeassa järjestyksessä, 90° ja 180° reittien on vaihdettava suhteellisia sijaintejaan.

Eräs tapa signaali paikkojen vaihtamiseksi on syöttää toinen signaali pohjapinnalle 200 kunnes se ylittää toisen signaalin. Tässä paikassa signaalijälki syövytetään patchina pohjapinnalle 200. Patchin ympärillä on puhdasalue, jossa ei ole maatasoa. Tämä puhdasalue vaikuttaa kuitenkin negatiivisesti maahaan. Sen vuoksi on toivottavaa jättää maa jatkuvaksi tasoksi ilman mitään puhdasalueita.

Vaihtoehtoisessa sovellutuksessa signaalien paikat vaihdetaan johtamalla johtavat reitit toistensa yli eristävän sillan avulla kahden johtavan reitin välillä. Tämä sallii maatason pitämisen jatkuvana. Vielä eräässä sovellutuksessa risteys aikaansaadaan johtamalla signaalijälki maatason yli käyttäen eristävää osaa ylittävän signaalin ja maatason välillä. Tässä vaihtoehdossa ainoa häiriö on, että läpivienti mahdollistaa signaalin kulkemisen maatason läpi pohjapinnalle 200.

Syöttöpiirin eräs toinen sovellutus käyttää haarajohdinkytkintä kahden symmetrointimuuntaja-antennirakenteen syöttämiseksi, kuten kuvataan kuvioissa 2 ja 3 yllä. Tämä esitetään alla yksityiskohtaisemmin kuviossa 15. Tämän sovellutuksen mukaisesti haarajohdinkytkin 700 ensin jakaa tulosignaalin 0° ja 90° lähtösignaalien antamiseksi, jotka syötetään radiaattoreiden yläpäähän 104 etäälle syöttöverkosta 308. Kuten yllä kuvataan, tämä syöttömenetelmä johtaa 180° asteen vaihe-eroon kussakin radiaattoriparissa muodostettuun signaaliin, jolloin saadaan halutut 0°, 90°, 180° ja 270° signaalit, kuten yllä kuvattiin viitaten kuvioihin 2-5.

Vaikka syöttöpiiri 308 kuvataan tässä nelilankaisen kierukka-antennin yhteydessä vaatien 0°, 90°, 180° ja 270° signaalit, tämän dokumentin luettuaan ammattimiehelle on selvää esitetyn tekniikan soveltaminen muihin antennirakenteisiin

On olemassa joukko sovellutuksia, joissa tarvitaan kaksikaistaisia antenneja. Eräs sellainen on satelliittitietoliikennejärjestelmä, jossa lähtölinkki on ensimmäisellä taajuudella ja paluulinkki on toisella taajuudella. Eräs tapa kaksikaistaisen antennin toteuttamiseksi on pinota kaksi kierukka-antennia päistään, jolloin ensimmäinen antenni on sovitettu ensimmäiselle taajuudelle ja toinen antenni toiselle taajuudella. Kuitenkin tällaisen ratkaisun haittana on,

että sellaisen pinoantennin kokonaispituus on liian suuri monissa kannettavissa laitteissa. Pinotun kokoonpanon välttämiseksi toinen kahdesta antennista voitaisiin sijoittaa toisen sisään koaksiaalisesti. Vaikka tässä toisessa vaihtoehdossa vältetään liian pitkä rakenne, antennikuviot voisivat tietyissä olosuhteissa häiritä toisiaan ei-toivotulla tavalla.

Kaksikaistainen antenni, jolla kyseinen ongelma vältetään, on kaksikaistainen kahdeksanlankainen antenni. Etsattu mikroliuskasubstraatti, jota käytetään sellaisen kaksikaistaisen kahdeksanlankaisen antennin valmistamiseen esitetään kuviossa 13 käyttäen ylänäkymää 13(a) ja poikkileikkausta 13(b). Kuviossa 13 antenniin kuuluu kaksi radiaattorijoukkoa 104 ja 1304. Ensimmäinen radiaattorijoukko 104, jotka on nimetty 104A, 104B, 104C ja 104D, ovat radiaattoreita, jotka on sovitettu ensimmäiselle taajuudelle (eli aktiivisia radiaattoreita sovitettuna ensimmäiselle taajuudelle). Toinen radiaattorijoukko 1304, jotka on nimetty 1304A, 1304B, 1304C ja 1304D, ovat radiaattoreita, jotka on sovitettu toiselle taajuudelle, joka eroaa ensimmäisestä taajuudesta.

Radiaattoreita 1304 voidaan ohjata joko passiivisesti tai aktiivisesti riippuen eri valmistusvaatimuksista, tehorajoituksista, tilarajoituksista tai muista tunnetuista suunnitteluparametreista. Kuten esitetään kuviossa 13, radiaattorit 1304 on limitetty radiaattoreihin 104 nähden. Vaikka radiaattorit 1304 voidaan muodostaa substraatin toiselle pinnalle 108 tai kokonaan toiselle substraatille radiaattoreista 104, kuten alla tarkemmin kuvataan.

Kuviossa 13 esitetään kaksikaistainen kahdeksanlankainen antennijärjestely, jossa käytetään passiivisia radiaattoreita 1304 ja aktiivisia radiaattoreita. Samoin kuin yllä kuvatussa nelilankaisessa antennissa, kaksikaistainen antenni käyttää syöttöverkkoa 1308 ja säteilijät 104, 1304 on etsattu mikrolius-

kasubstraatille, joka on muodostettu sylinterimäiseksi.

Lisäksi kuviossa 13 esitetään eräs sovellutus syöttöverkosta 1308, jota käytetään kaksikaistaisen kahdeksanlankaisen antennin syöttämiseen. Tämän sovellutuksen mukaisesti syöttöverkkoon 1308 kuuluu kaksi kaksiosaista haarajohdinkytkintä 900 ja 180° tehojakaja 1100. Syöttöverkon 1308 toiminta tässä sovellutuksessa on sama kuin kuviossa 11 esitetyn syöttöverkon 308. Päällimmäinen ero kaksiosaisen haarajohdinkytkimillä 900 on niiden käytössä suhteessa yksiosaiseen haarajohdinkytkimiin 700. Vaihtoehtoisessa sovellutuksessa toteutettu syöttöverkko voisi olla myös kuviossa 12 esitetyn syöttöverkon kaltainen, myös kaksiosaisella haarajohdinkytkimellä 900 yksiosaisten haarajohdinkytkimien sijaan.

Kaksiosaisen haarajohdinkytkimen 900 taajuusvasteominaisuuksien takia ne soveltuvat toimimaan antenneissa kahdella eri taajuudella. Erityisesti jos kaksiosainen haarajohdinkytkin 900 toteutetaan siten, että antennin toimintataajuus on olennaisesti lähellä rajataajuuksia, jotka esitetään pisteillä A ja B kuviossa 10, niin näillä taajuuksilla on vähän tai ei lainkaan heijastuvaa tehoa. Toisin sanoen kaksiosainen haarajohdinkytkin 900 on toteutettu siten, että yksi pisteistä A tai B olennaisesti kohtaa aktiivisten radiaattorien 104 resonointitaajuuden ja toinen passiivisten 1304 resonointitaajuuden.

Kahdeksanlankaisen antennin suorituskyvyn optimoimiseksi tulosignaalilähteen impedanssi sovitetaan aktiivisten radiaattorien 104 impedanssiin passiivisten radiaattorien 1304 ollessa läsnä, molemmilla taajuuksilla. Eräs tapa, jolla tämä aikaansaadaan, on käyttää muuntajaosaa kaksiosaisten haarajohdinkytkimien 900 ja aktiivisten radiaattorien välissä. Tämä esitetään kuviossa 14, jossa, tässä sovellutuksessa,

syöttöverkkoon 1308 kuuluu yksi 180° tehojakaja 1100, kaksi haarajohdinkytkintä 900 ja neljä muuntajaa 1404.

Kaksikaistaisen kahdeksanlankaisen eräässä sovellutuksessa toimintataajuudet valitaan siten, että yksi taajuus on noin puolitoistakertainen toiseen taajuuteen nähden. Tässä sovellutuksessa muuntajat 1404 on toteutettu siirtojohtosegementteinä, jossa kunkin segmentin pituus on noin $\lambda/2$ alemmasta taajuudesta ja $3\lambda/4$ ylemmästä taajuudesta. Haarajohdinkytkimen 900 lähtöimpedanssi Z_{out} on sovitettu aktiivisten radiaattorien 104 antenni-impedanssiin Z_{ant} passiivisten radiaattorien 1304 läheisyydessä alemmalla taajuudella.

Tämän sovellutuksen mukainen syöttöverkko voidaan parhaiten kuvata esimerkkitoteutuksen avulla. Tässä esimerkissä käytetään taajuutta 1.618 GHz lähetyksessä ja taajuutta 2.492 GHz vastaanotossa. Nämä ovat pisteet A ja B, joihin viitattiin edellä kuvion 10 yhteydessä. Aktiivisten tai ohjattujen radiaattorien 104 impedanssi passiivisten radiaattorien 1304 yhteydessä on sovitettu kahdelle taajuudelle, tai kahdelle kapealle kaistalle näiden taajuuksien ympäristössä. Syöttöverkon 1308 impedanssin sovittamiseksi radiaattorien 104, 1304 impedanssiin, muuntajat 1404 on toteutettu siten, että niiden pituus $l \approx \lambda/2$ taajuudella 1.618 GHz ja pituus $l \approx 3\lambda/4$ taajuudella 2.492 GHz. Tällä pituudella muuntaja ei muuta impedanssia, joka nähdään taajuudella 1.618 GHz ja siksi Z_{out} edelleen vastaa impedanssia Z_{out}. Kuitenkin taajuudella 2.492 GHz, koska muuntaja 1404 on $3\lambda/4$, muuntaja 1404 toimii neljännesaallonpituusmuuntajana, jonka ominaisimpedanssi on:

$$Z_{trans} = \sqrt{Z_{out} * Z_{ant@2.492}}$$

Siksi antennin impedanssin Z_{ant} sovittamiseksi kaksiosaisen haarajohdinkytkimen 900 impedanssiin Z_{out}, yllä olevaa suhdetta käytetään muuntajan 1404 impedanssin Z_{trans} määrittämiseksi. Kun Z_{trans} on määritetty, muuntajat 1404 voidaan toteuttaa käyttäen tunnettuja

suunnittelutekniikoita arvon saavuttamiseksi. Sopiva Z_{trans} saadaan muuttamalla muuntajien 1404 toteutukseen käytettävien signaalijälkien leveyttä.

Graafinen kuvaaja antennin impedanssimuutoksista laajalla jatkuvalla taajuusalueella, joka käsittää kaksi mielenkiinnon kohteena olevaa taajuuskaistaa, esitetään kuviossa 15. Kuviossa 15 kiinteä johdin edustaa esimerkinomaisen antennin reaali-impedanssiosuutta, kun taas katkoviiva esittää impedanssin imaginaariosaa. Piste, jossa imaginaariosa ylittää nollaimpedanssin, on antennin resonointitaajuus. Kuviossa 15 imaginaarikuvaaja leikkaa nollan kahdella halutulla taajuudella, noin 1.618 GHz lähetystä varten ja 2.492 GHz vastaanottoa varten, kuten esitetään pisteillä A' ja B', vastaavasti. Reaali-impedanssiarvot näissä pisteissä on noin 15 ohmia pisteessä A' ja 10 ohmia pisteessä B'.

Vaikka pohjapintaa ei esitetä kuviossa 14, on huomattava, että tässä sovellutuksessa radiaattoriosan 204 pohjapinnalla ei ole maatasoa. Maataso on syöttöosan 208 pohjapinnalla, mutta on huomattava, että maataso 180° tehojakajan vastapuolella voidaan muuttaa kuvatulla tavalla 90° ja 180° signaalien suhteellisten paikkojen vaihtamiseksi riippuen toteutettavasta sovellutuksesta.

Huomaa, että radiaattorit 1304 muuttavat sovitusta kuviossa 13, jossa ne ulottuvat radiaattorien 104 yli. Tämä muuttuva sovitus on erittäin käyttökelpoinen räätälöitäessä antennin säteilykuviota toisen taajuuden antennikuvion saamiseksi tehokkaammaksi kytkentätaajuudella antennin ja haluttujen signaalivastaanottajien tai -lähteiden välillä. Täten antenniradiaattorien sovituksen muuttaminen muuttaa antennin antennikuviota, mitä käytetään antennin säteilykuvion säätämisessä oletettua käyttöä varten, ja tietoliikennejärjestelmän ominaisuuksien säätämisessä. Sitä voidaan myös käyttää toisen radiaattorijoukon säteilyku-

vion säätämiseen sen sovittamiseksi vastaamaan paremmin ensimmäisen radiaattorijoukon kuviota. Ammattimiehelle on selvää, mitä muutoksia tarvitaan antennin toiminnan parantamiseksi tietyssä tietoliikennejärjestelmässä.

Esimerkinomainen antenni, joka käyttää erosovitusta, kuvataan kuviossa 16 yhdessä saatujen säteilykuvioiden kanssa, kuten on simuloitu kuvioissa 17 ja 18. Sylinterimuotoa, jonka säde oli noin 0.25 tuumaa, käytettiin ulompien radiaattorien pituuden ollessa $\lambda/2$ taajuudella 1.618 GHz ja sisempien radiaattorien pituuden ollessa $\lambda/2$ taajuudella 1.618 GHz. Radiaattorielementit mallinnettiin noin 100 milliä leveinä johtavina materiaaleina substraatilla 108. Kuviossa 16 sisemmät kierreradiaattorit 1304 esitetään pidempinä ja eri sovituksella varustettuina silloin kun ne ulottuvat radiaattorien 104 pituuden yli. Radiaattorit 1304 esitetään katkoviivoin, koska ne on piilotettu sylinterimäisen substraatin sisään.

Kuviossa 19, joka käsittää kuviot 19(a) ja 19(b), esitetään kaksikaistaisen kahdeksanlankaisen antennin symmetrointimuuntajasovellutus. Tässä symmetrointimuuntajasovellutuksessa syöttöjohtimet on toteutettu muuntajaosina 1908. Muuntajaosat on järjestetty syöttöosaan 208 ja ne ulottuvat kaksiosaisesta haarajohdinkytkimestä 900 radiaattoriosan 204 toiseen päähän 1932. Passiiviset radiaattorit, vaikka niitä ei esitetä, on limitetty aktiivisten radiaattorien 1904 kanssa. Muuntajaosat 1908 aikaansaavat kaksi toimintoa. Ne sovittavat impedanssit sekä aktiiviselle että passiiviselle radiaattorijoukolla ja ne toimivat syöttöjohtimina symmetrointimuuntaja-antennille.

Kuvio 20 on symmetrointimuuntajasovellutuksen loppupää esittäen muuntajaosien 1908 kytkentää radiaattoreihin 1904. Huomaa, että koska antenni on muodostettu sylinterimäiseksi, niin todelliset kytkennät tehdään kuviossa 5 esitetyllä tavalla.

Esityksen helpottamiseksi kuviossa 19 esitetty symmetrointimuuntajasovellutus kuvataan saman esimerkin avulla, jota käytettiin kuviossa 14 esitetyn sovellutuksen yhteydessä. Symmetrointimuuntajasovellutuksessa muuntajaosat on toteutettu siten, että niiden pituus $l \approx \lambda/2$ taajuudella 1.618 GHz ja pituus $l \approx 3\lambda/4$ taajuudella 2.492 GHz. Tällä pituudella muuntaja ei muuta impedanssia, joka nähdään taajuudella 1.618 GHz ja siksi Z_{out} edelleen vastaa impedanssia Z_{ant}. Kuitenkin taajuudella 2.492 GHz, koska muuntaja 1404 on $3\lambda/4$, muuntaja 1404 toimii neljännesaallonpituusmuuntajana, jonka ominaisimpedanssi on:

Vaikka kuvioissa 19(a) ja 19(b) ei ole esitetty, kahdeksanlankaisen antennin sovellutuksissa, joissa aktiiviset radiaattorit 104 ovat $\lambda/2$ toimintataajuuksista, aktiiviset radiaattorit 104 on lyhennetty yhdessä syöttöpisteen vastakkaisesta päästä. Tämä voidaan toteuttaa useilla tekniikoilla, kuten käyttäen rinnankytkentää mikroliuskasubstraatin 108 takapinnalla, joka on kytketty radiaattoreihin käyttäen läpivientejä tai kuviossa 5 esitettyjä johtimia vastaavia johtimia.

On huomattava, että tässä esitetyt sijoittelukaaviot on tarkoitettu ainoastaan komponenttien toiminnan kuvaamiseksi, ei välttämättä optimaalisen sijoittelun esittämiseksi. Perustuen tässä esitettyyn, sisältäen esimerkit, voidaan saavuttaa optimaalinen sijoittelu käyttäen normaaleja optimointitekniikoita ottaen huomioon materiaalien, tehon, tilan ja koon aiheuttamat rajoitukset. Kuitenkin alla kuvataan esimerkinomaisia sijoitteluita haarajohdinkytkimelle 700 ja 180° tehojakajalle 1100.

Kuvio 21 on sijoittelukaavio, joka esittää sijoittelukuvaa kuviossa 12 esitetylle syöttöverkolle. Viitaten nyt kuvioon 21, esitetään haarajohdinkytkin sijoittelukaaviossa, joka on tilankäytön suhteen tehokkaampi kuin kuviossa 7 esitetty kokoonpano. 180°

tehojakajat esitetään niin kuin niillä olisi suuremmat johdinalueet rajapinta-alueilla kapasitanssin lisäämiseksi ja ominaisimpedanssin pienentämiseksi. Lisäksi kuviossa 21 esitetään poikkileikkaus 2104, jossa 90° ja 180° signaalit leikkaavat toisensa. Kiinteät viivat ilman poikkiviivoitusta 2122 esittävät pohjapinnan johdinkuvioita. Poikkiviivoitetut alueet kuvaavat johdinalueita yläpinnalla 300.

Kuvio 22 esittää nelilankaisen kierukka-antennin, joka käyttää kuviossa 21 esitettyä syöttöverkkoa 308, esimerkinomaisen sijoittelukaavion. Huomaa, että tässä sovellutuksessa säteilijät 104 on lyhennetty toisesta päästään 234 signaalijohdinalueella 2204.

Yksittäisen syöttäminen tai signaalin sähköinen kytkeminen tulo- tai lähtösignaalien kytkemiseksi kahdeksanlankainen antenniin tai antennirakenne kuvattiin viitaten kuvioihin 12-21. Kuitenkin, vaikkakin vähemmän tehokkaampaa joissain sovellutuksissa, voi olla edullista käyttää kaksisyöttökytkentää. Sellainen syöttörakenne vähentää impedanssisovitusta ja signaalien leikkausta samalla yksinkertaistaen antennin säätämistä.

Monisyöttörakenne kuvataan kuvioissa 23 - 25, joissa kahdeksanlankaisen antennin kutakin nelilankaista osaa syötetään erikseen. Laajennetut muuttuvasovituksiset radiaattorit vastaten kuvioiden 13 ja 16 radiaattoreita käytetään esitystarkoituksessa, vaikkakaan niitä ei vaadita esillä olevan keksinnön toteuttamiseksi. Yksittäisellä tukisubstraatilla, jolla on molemmat antenniradiaattorijoukot muodostettuna yhdelle pinnalle, kaksoissyöttö voitaisiin esittää konseptinomaisesti kuten kuviossa 23, jossa syöttöverkkoja 2308 ja 2310 käytetään radiaattorijoukkojen 2304 ja 2306 syöttämiseen, vastaavasti. Kuitenkin yksi radiaattorijoukko voidaan muodostaa substraatin pohjapinnalle sähköisen kytkeytymisen ehkäisemiseksi radiaat-

torijoukkojen välillä, kun pituus on λ/2:n monikerta ja toinen pää on lyhennetty. Tämä on sähköisen johtimen muodostumisen sallimiseksi radiaattoreiden yläpäiden välille ilman monimutkaista eristekerrosta tai vastaavaa.

Tämä rakenne voidaan toteuttaa kuvioissa 24(a), 24(b) ja 24(c) esitetyllä tavalla, jossa kaksi radiaattorijoukkoa 2304 ja 2306 on muodostettu tukisubstraatin 2400 vastakkaisille pinnoille 2402 ja 2403 ja jossa niitä syötetään vastaavasti kahdella syöttöverkolla 2308. Kuviossa 24(a) lyhemmät radiaattorit esitetään muodostettuna pinnalle 2402 vastaavine syöttöverkkoineen 2308, joka on sijoitettu toisen pään läheisyyteen ja lyhennetyn 2404 johtimen ulottuessa radiaattoreiden 2304 välille. Erotusväli vastaa olennaisesti lyhyemmän ja pidemmän radiaattorin välistä erotusta.

Kuviossa 24(c) pidemmän aallonpituuden osa tai pidemmät radiaattorit 2306 on muodostettu substraatin 2400 vastakkaiselle pinnalle 2403 vastaavine syöttöverkkoineen 2308, joka on sijoitettu toisen pään läheisyyteen ja lyhennetyn johtimen 2406 ulottuessa radiaattoreiden välille toisessa päässä. Lyhennetty johdin 2406 on suurempi tasomainen rakenne, joka myös muodostaa toisen maatason. Maataso 2406 on sijoitettu substraatin 2400 vastakkaiselle puolelle radiaattoreiden 2304 syöttöverkkoon 2308 nähden ja maataso 2408 on sijoitettu substraatin 2400 vastakkaiselle puolelle radiaattoreiden 2306 syöttöverkkoon 2308 nähden.

Kuviossa 24(b) kaksi tulosignaalijohdinta 2410 esitetään sijoitettuna substraatille 2400 syöttöverkkojen 2308 läheisyyteen ja niihin yhdistettynä. Verkot esitetään paksumpina ainoastaan selvyyden vuoksi. Maatasot 2406 ja 2408 toimivat sopivina maatasoina syöttöverkoille 2308 kuten yllä esitetään ja ne muodostetaan sen mukaisesti.

Vaihtoehtoisessa, monikerroksista substraatti- tai monisubstraattipakkausta voidaan käyttää kuvion 24 antennin valmistaseen. Tämä aikaansaadaan sijoittamalla kerros johtavaa materiaalia kahden radiaattoriosan syöttöverkkojen "välille", jotka muuten ovat koko tukisubstraattirakenteen vastakkaisilla puolilla. Eräs menetelmä tämän toteuttamiseksi esitetään kuvioissa 25(a), 25(b) ja 25(c). Tässä kaksi radiaattorijoukkoa 2304 ja 2306 muodostetaan kahden tukisubstraatin 2500 ja 2502 ulkopinnoille, vastaavasti, jotka sen jälkeen asetetaan vierekkäisesti johtavan maatason vastakkaisille puolille.

Kuviossa 25(a) lyhyemmät radiaattorit 2304 esitetään muodostettuina substraatin 2500 pinnalle 2504 yhdessä vastaavan syöttöverkon 2308 ja lyhennetyn johtimen 2404 kanssa. Kuviossa 24(c) pidemmän aallonpituuden osat tai pidemmät radiaattorit 2306 esitetään muodostettuina substraatin 2502 pinnalle 2506 yhdessä vastaavan syöttöverkon 2308 ja lyhennetyn johtimen 2506 kanssa. Huomaa, että lyhennetty johdin 2506 ei ole suuri maataso.

Substraatit 2500 ja 2502 kiinnitetään tai bondataan yhteen käyttäen jotain tunnettua tekniikkaa yhdessä sisäpintojen 2510 ja 2512 kanssa. Tämä voidaan tehdä käyttämällä tunnettuja bondausaineita tai välikerroksia substraatin valmistamiseen käytettävistä tunnetuista materiaaleista. Tuloksena on komposiitti monikerrostukisubstraatti, jossa johtava materiaali 2508 jää kahden substraatin väliin. Materiaali 2508 on sijoitettu syöttöverkkojen läheisyyteen ja vastakkaisille puolille, jossa se toimii tasomaisena maana verkoille.

Kuviossa 25(b) kaksi tulosignaalijohdinta 2410 esitetään sijoitettuna substraateille 2500 ja 2502 syöttöverkkojen 2308 läheisyyteen ja niihin yhdistettynä. Verkot esitetään paksumpina ainoastaan selvyyden vuoksi.

Edellä oleva edullisten sovellutusten kuvaus annetaan, jotta ammattimies voisi käyttää tai valmistaa esillä olevan keksinnön mukaista laitetta. Näiden sovellutusten eri modifikaatiot ovat ammattimiehille ilmeisiä ja tässä kuvatut yleiset periaatteet ovat sovellettavissa muihin sovellutuksiin keksimättä mitään uutta. Näin ollen esillä olevaa keksintöä ei rajata tässä esitettyihin sovellutuksiin vaan tässä esitettyjen periaatteiden ja uusien hahmojen käsittämään suojapiirin.

On huomattava, että ammattimiehelle on selvää tämän tekstin perusteella, että vaikka useita maatasoja esitetään tässä kiinteinä maatasoina, myös muita maatasoja voidaan käyttää riippuen toteutettavasta syöttöverkosta ja/tai antennista. Muihin maatasoihin voi kuulua esimerkiksi verkkomaisia rakenteita, lävistettyjä maatasoja ja vastaavia. Samalla muut syöttöverkot tai kokoonpanot voivat siirtää signaaleita radiaattoreihin tai radiaattoreista antennisuunnittelijoiden haluamalla tavalla.

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Kaksikaistainen kahdeksanlankainen kierukka-antenni, t u n n e t t u siitä, että antenniin kuuluu

ensimmäinen neljän kierreradiaattorin joukko, jotka on sovitettu ensimmäiselle taajuudelle ja asetettu tukisubstraatin radiaattoriosaan;

toinen neljän kierreradiaattorin joukko, jotka on sovitettu toiselle taajuudelle, asetettu tukisubstraatin radiaattoriosaan ja limitetty ensimmäiseen radiaattorijoukkoon nähden; ja

ainakin yksi syöttöverkko, joka on muodostettu tukisubstraatin syöttöosaan ja joka on järjestetty syöttämään 0°, 90°, 180° ja 270° signaalit ensimmäiselle ja toiselle radiaattorijoukolle.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että tukisubstraatti on mikroliuskasubstraatti.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että ensimmäisiin ja toisiin radiaattoreihin kuuluu aktiivisesti ja passiivisesti ohjattuja radiaattoreita, vastaavasti, jolloin aktiivisesti ohjattuja radiaattoreita ohjataan ainakin yhdellä syöttöverkolla.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että antenni on kaksoissyöttöantenni, jolloin ensimmäistä ja toista radiaattorijoukkoa syötetään kumpaakin aktiivisesti ainakin yhdellä syöttöverkolla.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että ensimmäinen ja toinen radiaattorijoukko on sijoitettu substraatin vastakkaisille puolille yhdessä niihin liittyvän syöttöverkon kanssa.

6. Patenttivaatimuksen 4 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että

ensimmäinen radiaattorijoukko on sijoitettu ensimmäisen tukisubstraatin ensimmäiselle substraattiker-

rokselle, jolla on toinen rinnakkainen ja vastakkainen pinta;

toinen radiaattorijoukko on sijoitettu toisen tukisubstraatin ensimmäiselle substraattikerrokselle, jolla on toinen rinnakkainen ja vastakkainen pinta; että

ensimmäinen ja toinen tukisubstraattikerros on liitetty yhteen yhdeksi substraattirakenteeksi yhdessä kunkin vastaavan toisen pinnan kanssa, jolloin ensimmäinen ja toinen radiaattorijoukko on rakenteen ulkopinnalla; ja

maataso, jonka koko on ennalta määrätty, sijoitettuna yhdessä toisten rinnakkaisten ja vastakkaisten pintojen kanssa ensimmäisen ja toisen substraattikerroksen väliin.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että ainakin yhden radiaattorin pituus ensimmäisessä ja toisessa radiaattorijoukossa on suurempi kuin muiden ja että sillä on erilainen sovitus kierremuotoa varten pituudella, joka ylittää muiden radiaattorien pituuden.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että syöttöverkkoon kuuluu

ensimmäinen haarajohdinkytkin, johon kuuluu tulohaara tulosignaalin vastaanottamiseksi ja ensimmäinen lähtöhaara ensimmäisen lähtösignaalin antamiseksi ja toinen lähtöhaara toisen lähtösignaalin antamiseksi, jossa ensimmäisen ja toisen lähtösignaalin vaihe-ero on 90°;

ensimmäinen tehojakaja, joka on kytketty haarajohdinkytkimen ensimmäiseen lähtöön ensimmäisen lähtösignaalin vastaanottamiseksi ja kolmannen ja neljännen lähtösignaalin antamiseksi siitä, jossa kolmannen ja neljännen lähtösignaalin vaihe-ero on 180°; ja

toinen tehojakaja, joka on kytketty haarajohdinkytkimen toiseen lähtöön toisen lähtösignaalin vastaanottamiseksi ja viidennen ja kuudennen lähtösignaa-

lin antamiseksi siitä, jossa viidennen ja kuudennen lähtösignaalin vaihe-ero on 180°.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että ensimmäiseen ja toiseen tehojakajaan kuuluu

substraatti;

ensimmäinen johtava väylä, joka on järjestetty substraatin ensimmäiselle pinnalle; ja

maaosa, joka on järjestetty substraatin toiselle pinnalle muodostaen maatason ja kavennuksen maatasosta toisen johtavan väylän muodostamiseksi, jonka väylän leveys vastaa olennaisesti ensimmäisen johtavan väylän leveyttä ja joka on järjestetty toiselle pinnalle olennaisesti kohdakkain ensimmäisen johtavan väylän kanssa.

10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että haarajohdinkytkin on yksiosainen haarajohdinkytkin.

11. Patenttivaatimuksen 8 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että haarajohdinkytkin on kaksiosainen haarajohdinkytkin.

12. Patenttivaatimuksen 1 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että kuhunkin syöttöverkkoon kuuluu

tehojakaja ensimmäisen ja toisen lähtösignaalin, joiden vaihe-ero on 180°, antamiseksi tulosignaalista;

ensimmäinen haarajohdinkytkin, johon kuuluu tulohaara tulosignaalin vastaanottamiseksi ja ensimmäinen lähtöhaara kolmannen lähtösignaalin antamiseksi ja toinen lähtöhaara neljännen lähtösignaalin antamiseksi, jossa kolmannen ja neljännen lähtösignaalin vaihe-ero on 90°; ja

toinen haarajohdinkytkin, johon kuuluu tulohaara tulosignaalin vastaanottamiseksi ja ensimmäinen lähtöhaara ensimmäisen lähtösignaalin antamiseksi ja toinen lähtöhaara toisen lähtösignaalin antamiseksi, jossa ensimmäisen ja toisen lähtösignaalin vaihe-ero on 90°.

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että antenniin kuuluu neljä muuntajaa, jotka on asetettu substraatille, radiaattorien yhdistämiseksi ensimmäisen ja toisen haarajohdinkytkimen ensimmäiseen, toiseen, kolmanteen ja neljänteen lähtöhaaraan.

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että ensimmäinen tai toinen taajuus on puolitoistakertainen toiseen nähden ja muuntajan pituus on noin $\lambda/2$ ensimmäisestä tai toisesta taajuudesta ja $3\lambda/4$ jäljelle jääneestä.

15. Kaksikaistainen kahdeksanlankainen kierukka-antenni, t u n n e t t u siitä, että antenniin kuuluu

neljä aktiivista kierreradiaattoria, jotka on sovitettu ensimmäiselle taajuudelle ja asetettu mikroliuskasubstraatin radiaattoriosaan;

neljä passiivista kierreradiaattoria, jotka on sovitettu toiselle taajuudelle, asetettu mikroliuskasubstraatin radiaattoriosaan ja limitetty aktiivisiin radiaattoreihin nähden; ja

ainakin yksi syöttöverkko, joka on muodostettu mikroliuskasubstraatin syöttöosaan ja joka on järjestetty syöttämään 0°, 90°, 180° ja 270° signaalit ensimmäiselle ja toiselle radiaattorijoukolle.

16. Patenttivaatimuksen 15 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että syöttöverkkoon kuuluu

tehojakaja ensimmäisen ja toisen lähtösignaalin, joiden vaihe-ero on 180°, antamiseksi tulosignaalista;

ensimmäinen haarajohdinkytkin, johon kuuluu tulohaara tulosignaalin vastaanottamiseksi ja ensimmäinen lähtöhaara kolmannen lähtösignaalin antamiseksi ja toinen lähtöhaara neljännen lähtösignaalin antamiseksi, jossa kolmannen ja neljännen lähtösignaalin vaihe-ero on 90°; ja

toinen haarajohdinkytkin, johon kuuluu tulohaara tulosignaalin vastaanottamiseksi ja ensimmäinen lähtö-

haara ensimmäisen lähtösignaalin antamiseksi ja toinen lähtöhaara toisen lähtösignaalin antamiseksi, jossa ensimmäisen ja toisen lähtösignaalin vaihe-ero on 90°.

17. Patenttivaatimuksen 16 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että haarajohdinkytkin on kaksiosainen haarajohdinkytkin.

18. Patenttivaatimuksen 16 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että antenniin kuuluu neljä muuntajaa, jotka on asetettu substraatille, kolmannen, neljännen, viidennen ja kuudennen lähtösignaalin yhdistämiseksi haarajohdinkytkimiltä aktiivisiin radiaattoreihin.

19. Patenttivaatimuksen 18 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että ensimmäinen tai toinen taajuus on puolitoistakertainen toiseen nähden ja muuntajan pituus on noin $\lambda/2$ ensimmäisestä tai toisesta taajuudesta ja $3\lambda/4$ jäljelle jääneestä.

20. Patenttivaatimuksen 15 mukainen antenni, t u n n e t t u siitä, että kuhunkin syöttöverkkoon kuuluu

haarajohdinkytkin, johon kuuluu tulohaara tulosignaalin vastaanottamiseksi ja ensimmäinen lähtöhaara ensimmäisen lähtösignaalin antamiseksi ja toinen lähtöhaara toisen lähtösignaalin antamiseksi, jossa ensimmäisen ja toisen lähtösignaalin vaihe-ero on 90°;

ensimmäinen tehojakaja, joka on kytketty haarajohdinkytkimen ensimmäiseen lähtöön ensimmäisen lähtösignaalin vastaanottamiseksi ja kolmannen ja neljännen lähtösignaalin antamiseksi siitä, jossa kolmannen ja neljännen lähtösignaalin vaihe-ero on 180°; ja

toinen tehojakaja, joka on kytketty haarajohdinkytkimen toiseen lähtöön toisen lähtösignaalin vastaanottamiseksi ja viidennen ja kuudennen lähtösignaalin antamiseksi siitä, jossa viidennen ja kuudennen lähtösignaalin vaihe-ero on 180°.

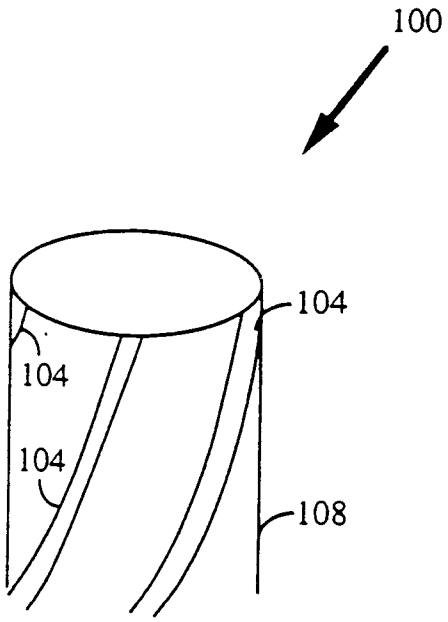


FIG. 1

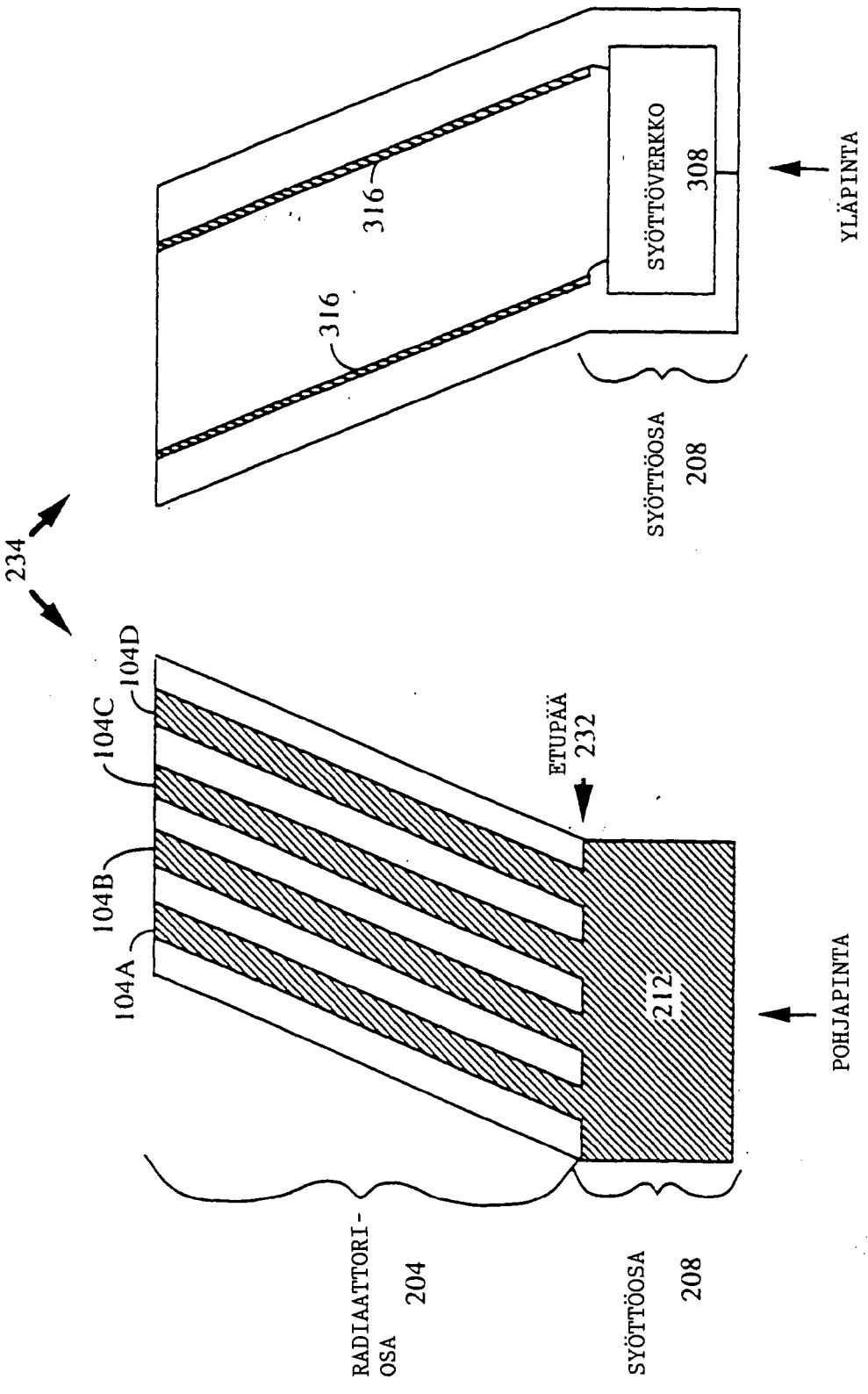

234
104A
104B
104C
104D
ETUPÄÄ
232
212
RADIAATTORI-
OSA
204
SYÖTTÖOSA
208
POHJAPINTA
316
316
SYÖTTÖVERKKO
308
SYÖTTÖOSA
208
YLÄPINTA

FIG. 2

FIG. 3

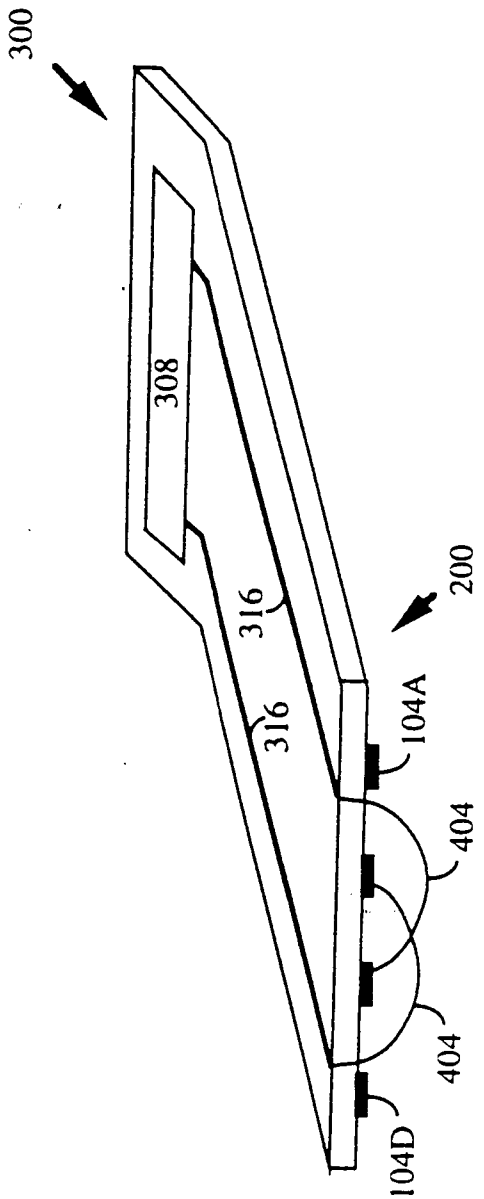


FIG. 4

FIG. 5(a)

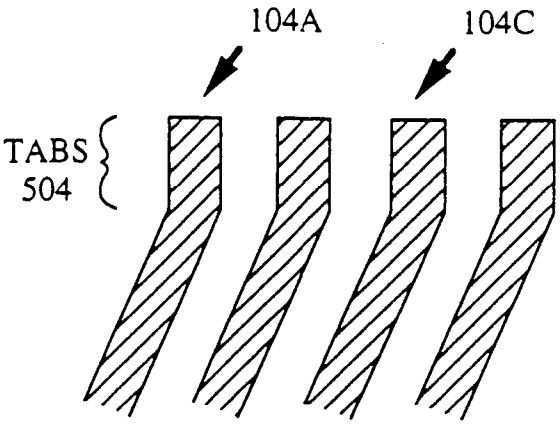


FIG. 5(b)

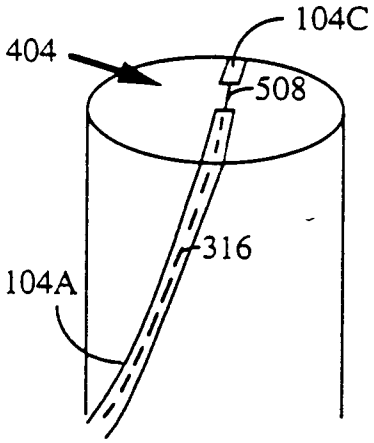
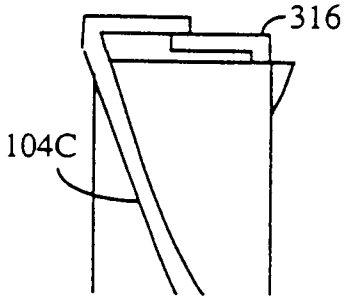


FIG. 5(c)



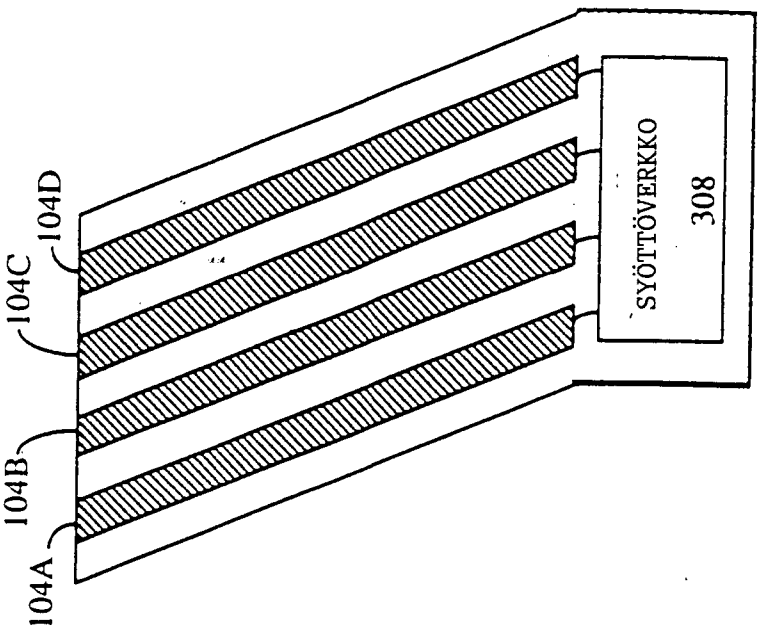

104A
104B
104C
104D
SYÖTTÖVERKKO
308
YLÄPINTA 300

FIG. 6(b)

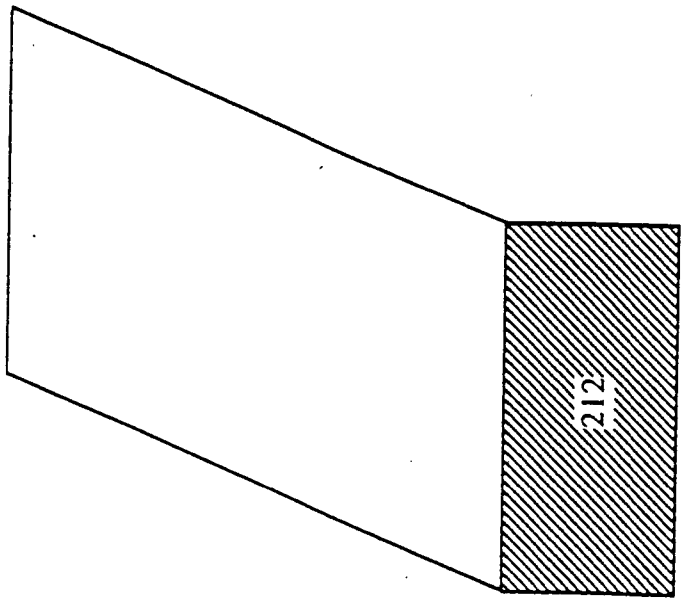

212
POHJAPINTA 200

FIG. 6(a)

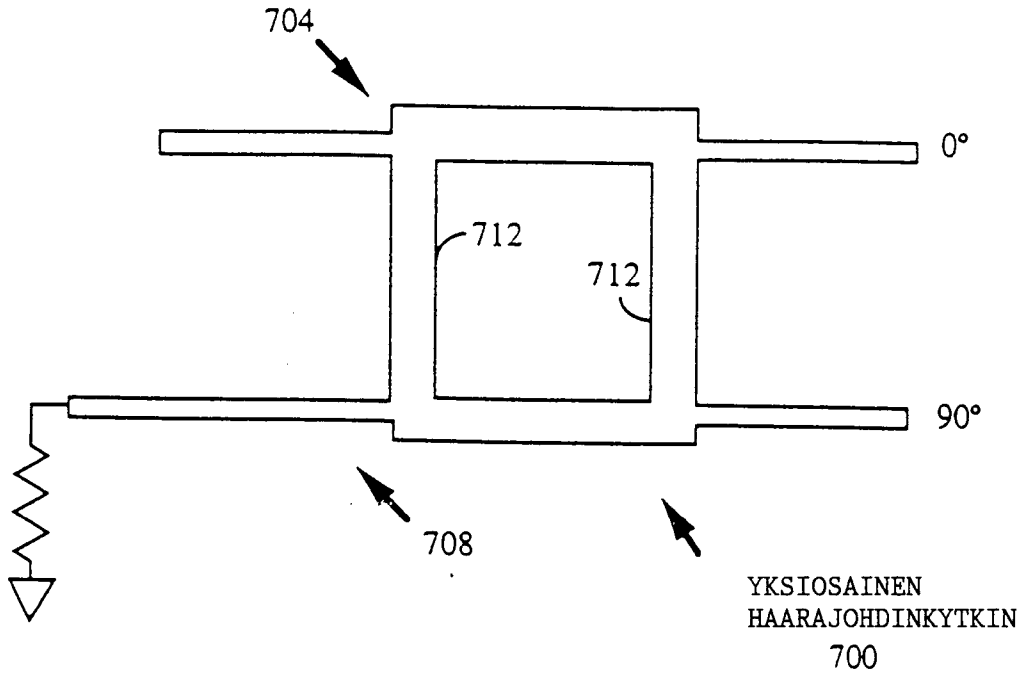

704
0°
712
712
90°
708
YKSIOSAINEN
HAARAJOHDINKYTKIN
700

FIG. 7

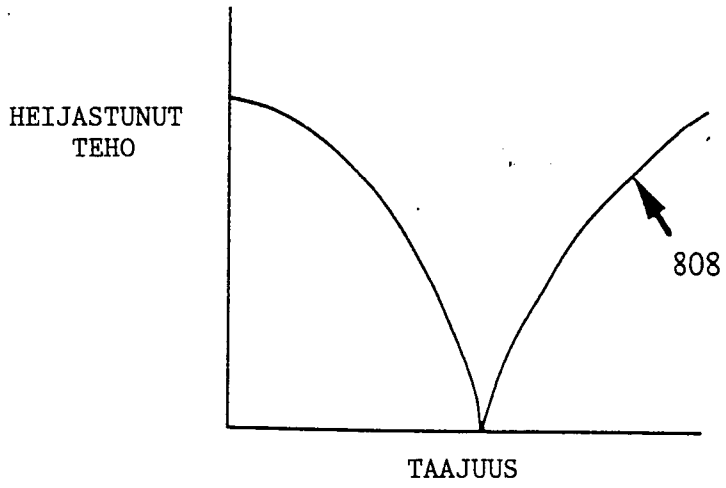

HEIJASTUNUT
TEHO
808
TAAJUUS

FIG. 8

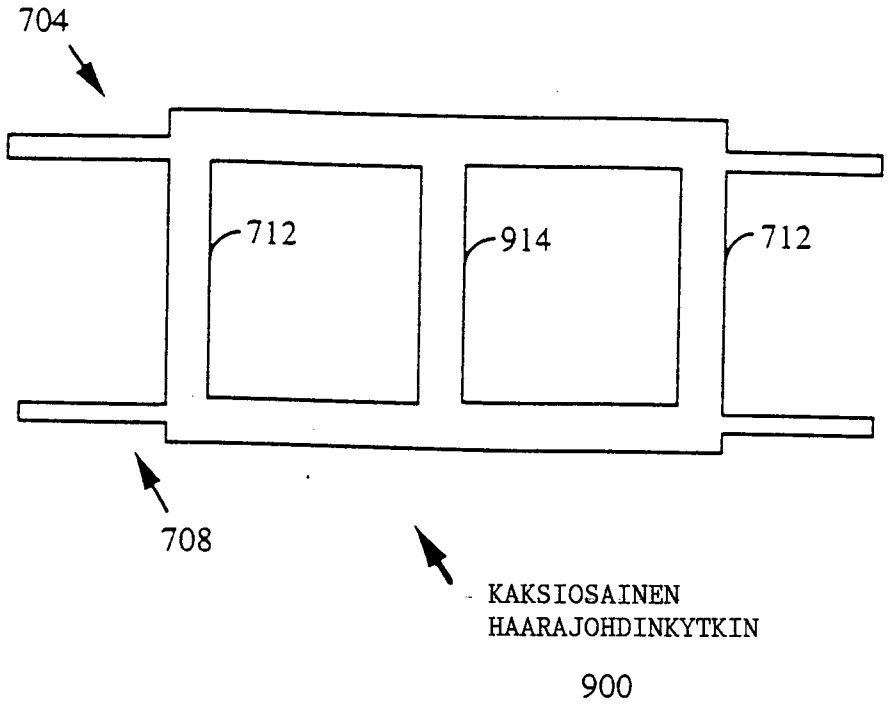

704
712
914
712
708
KAKSIOSAINEN
HAARAJOHDINKYTKIN
900

FIG. 9

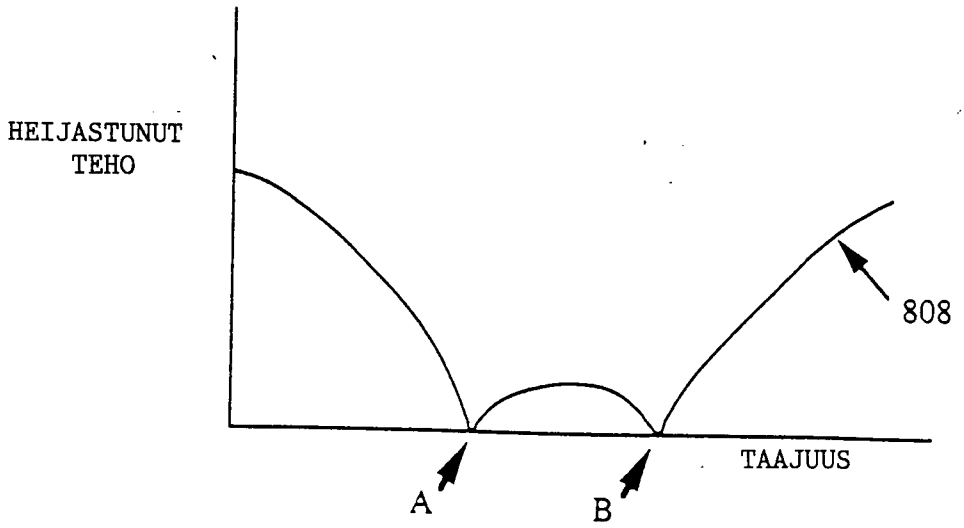

HEIJASTUNUT
TEHO
808
TAAJUUS
A
B

FIG. 10

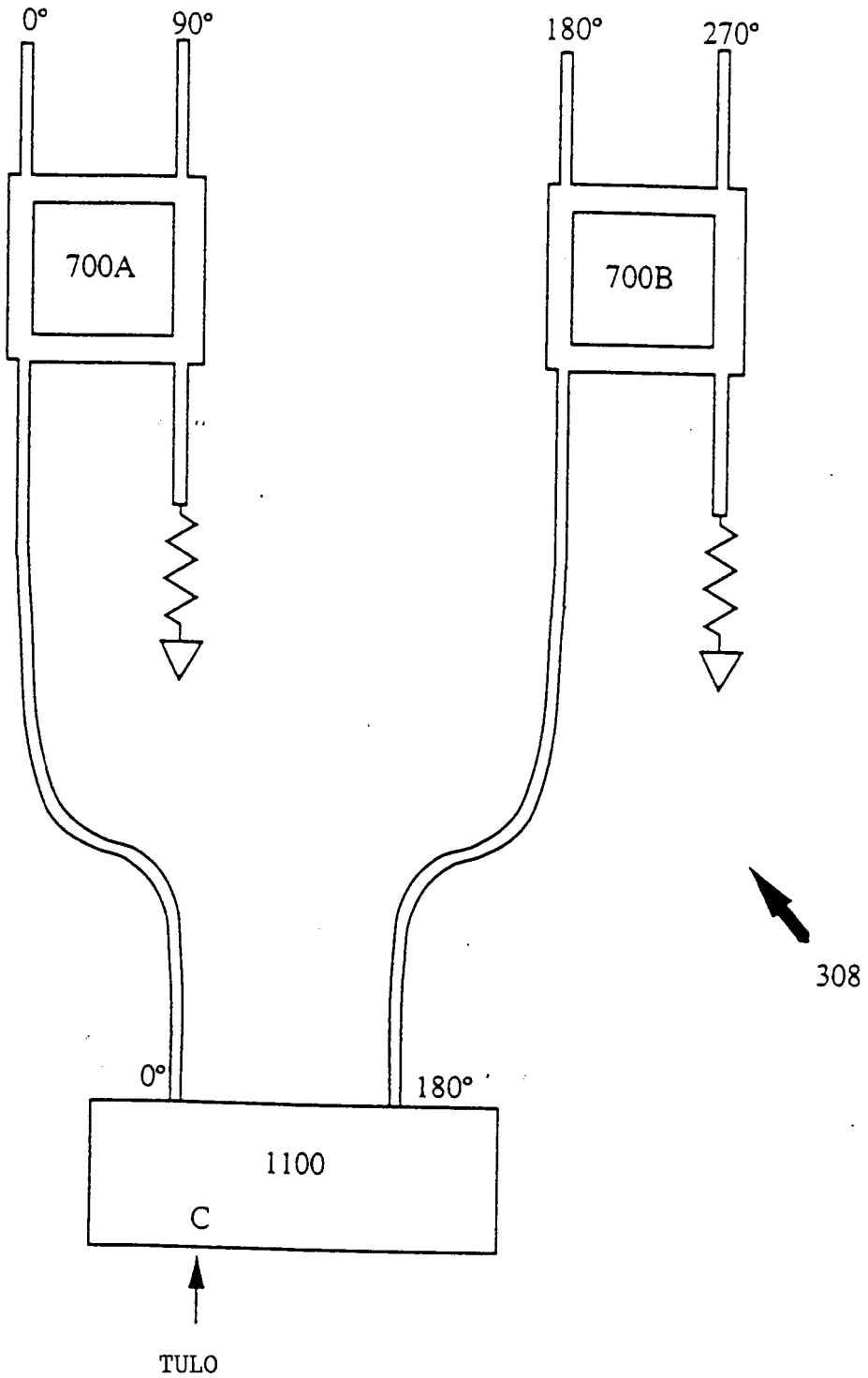


FIG. 11

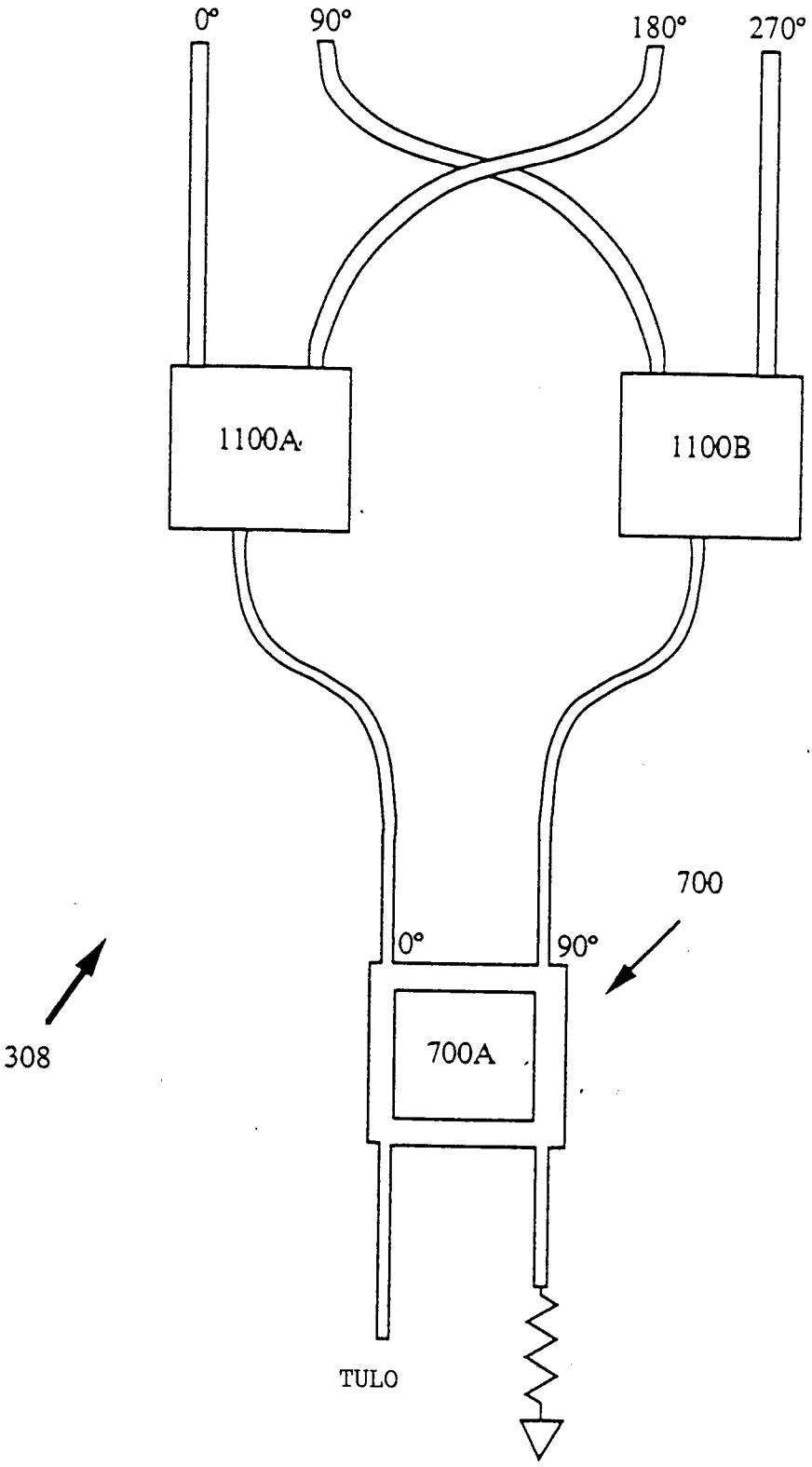


FIG. 12

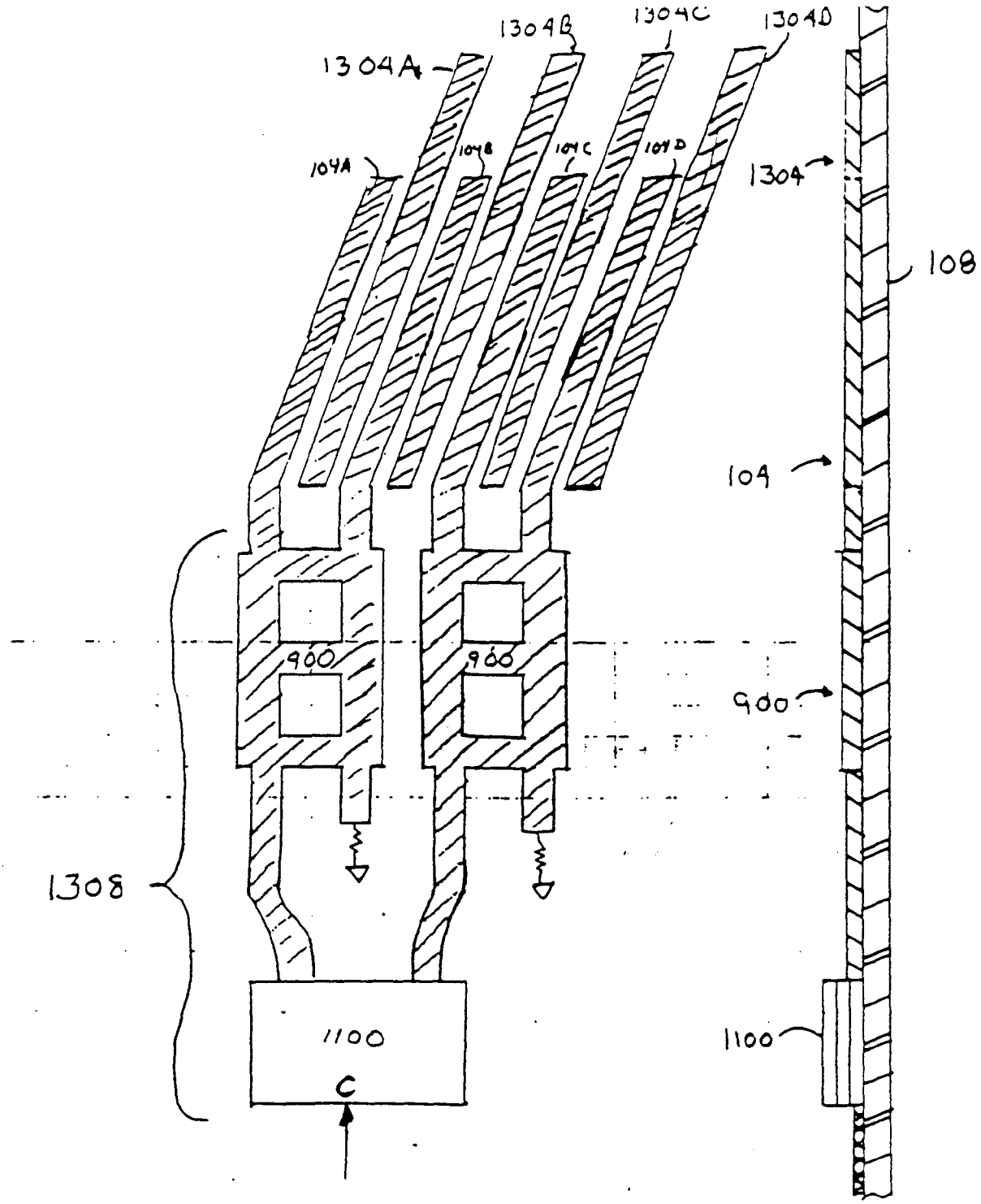


FIG 13(a)

FIG. 13(b)

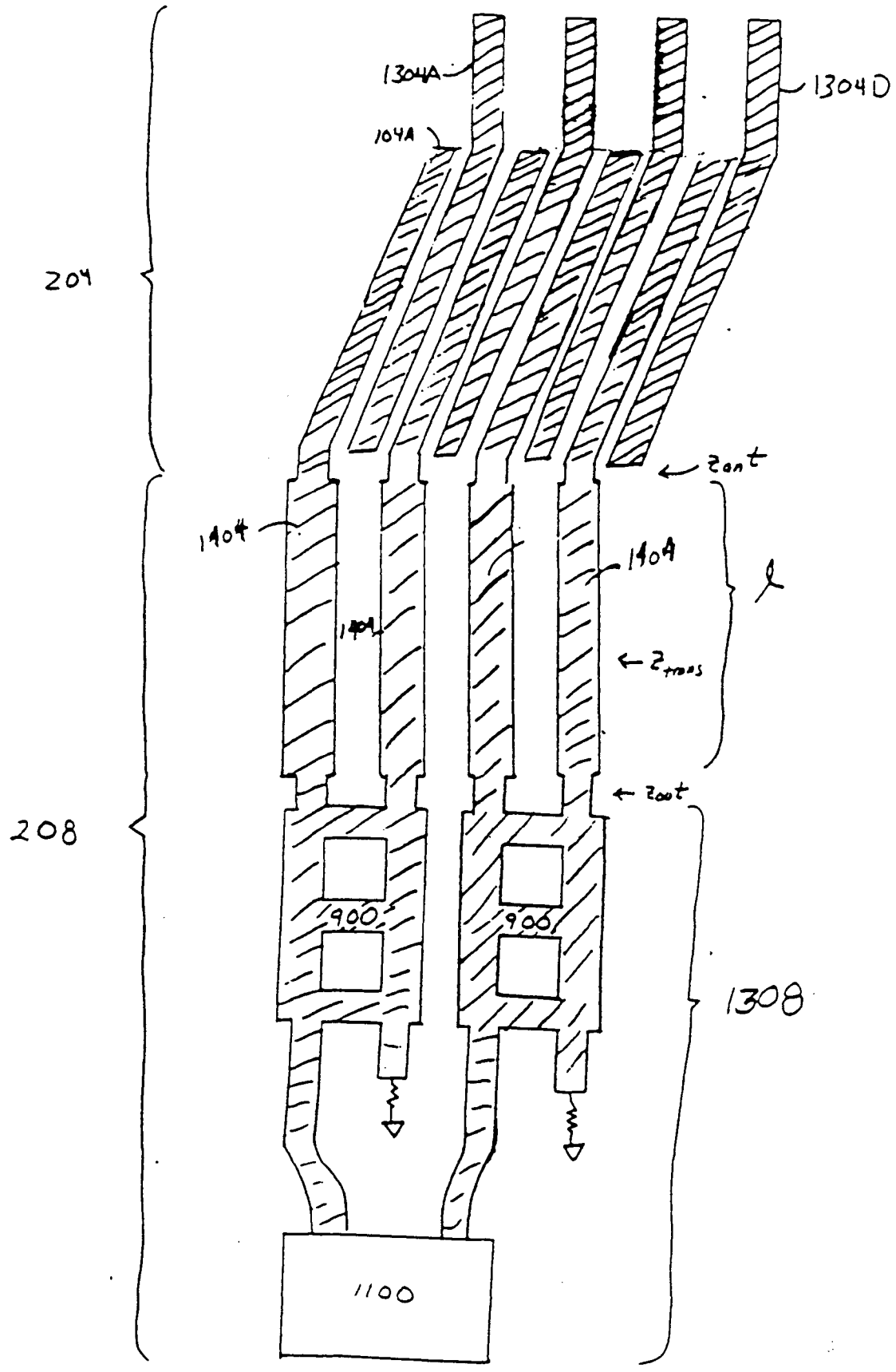

1304A
1304D
104A
204
z_{ant}
1404
1404
1404
l
z_{trans}
z_{post}
208
900
906
1308
1100

FIG. 14

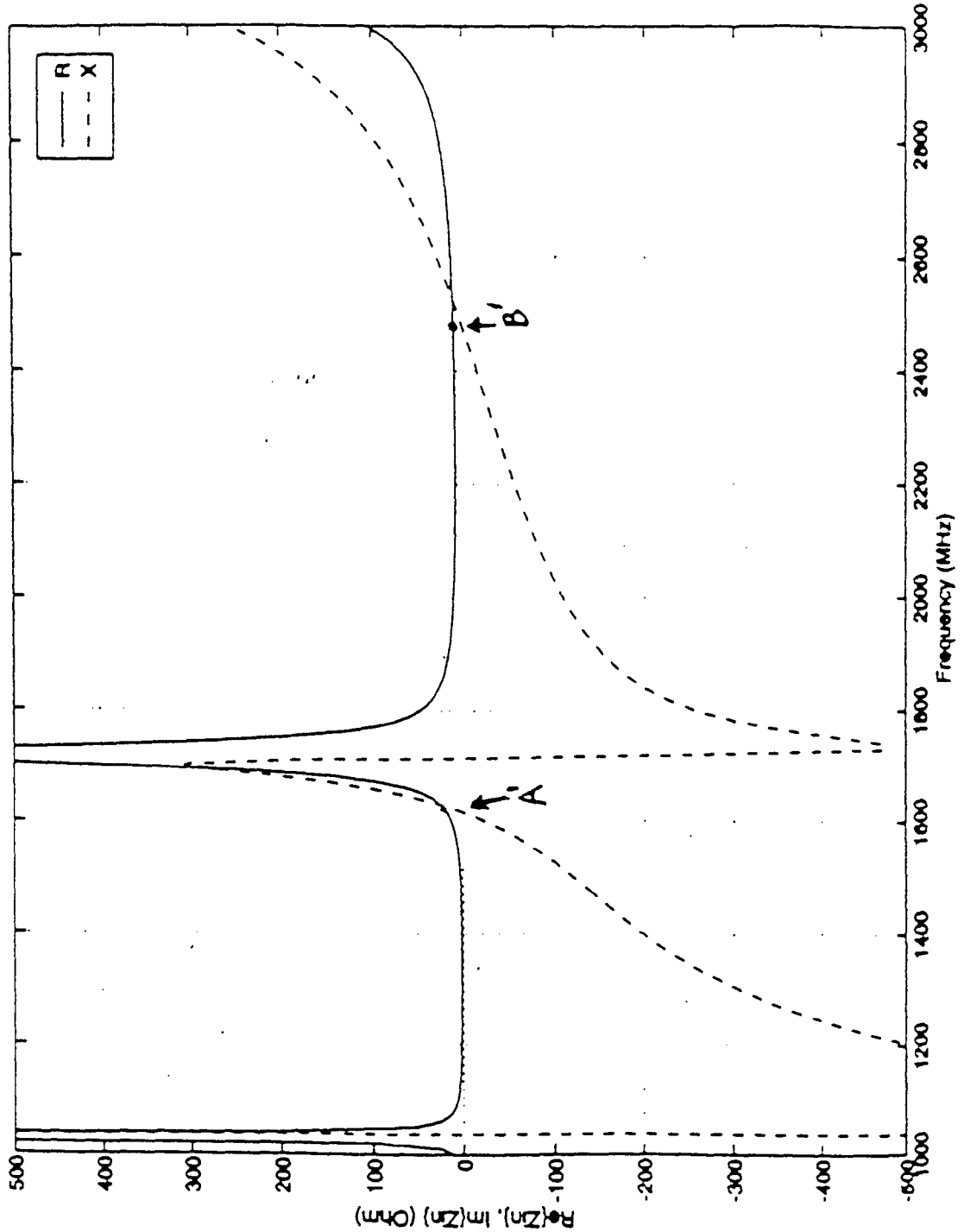

R
X
A
B'
Re(Zin), Im(Zin) (Ohm)
Frequency (MHz)
500
400
300
200
100
0
-100
-200
-300
-400
-500
1000
1200
1400
1600
1800
2000
2200
2400
2600
2800
3000

FIG. 15

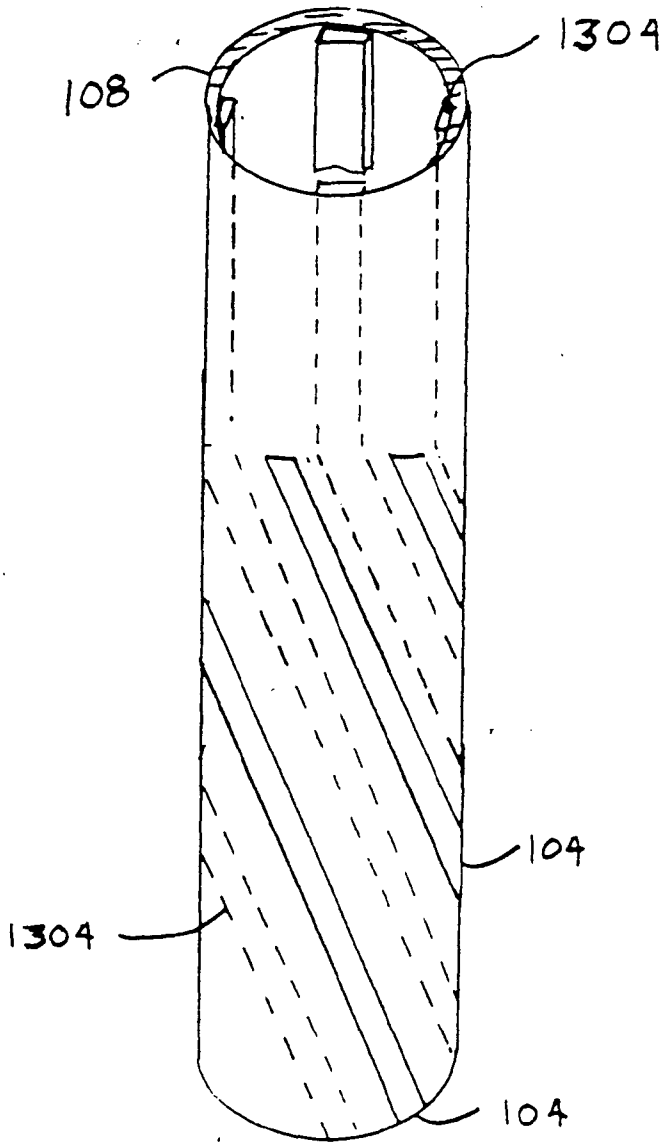


FIG. 16

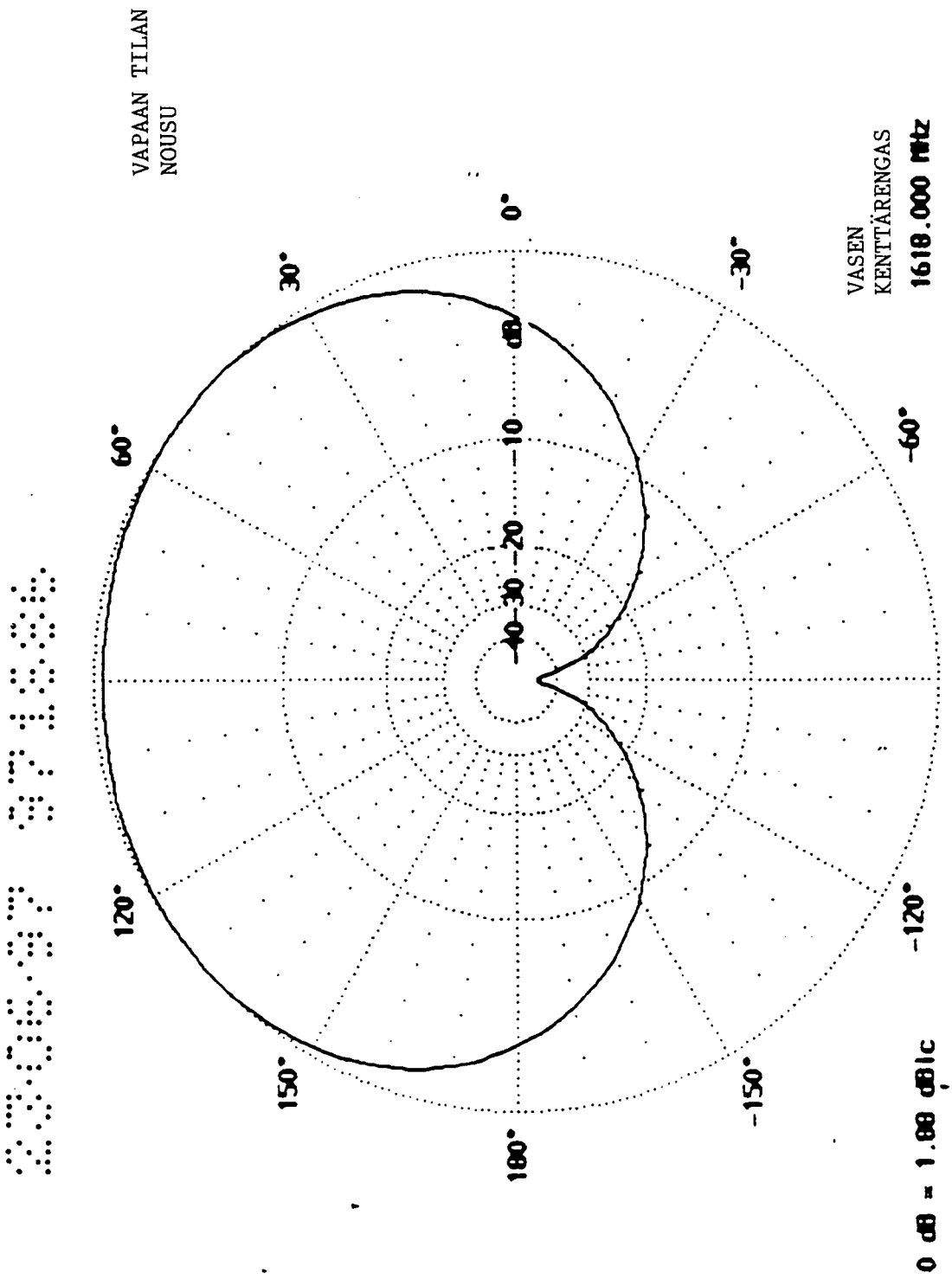

VAPAAN TILAN
NOUSU
VASEN
KENTTÄRENGAS
1618.000 MHz
0°
30°
60°
90°
120°
150°
180°
-30°
-60°
-90°
-120°
-150°
dB
-10
-20
-30
-40
0 dB = 1.88 dBic

FIG. 17

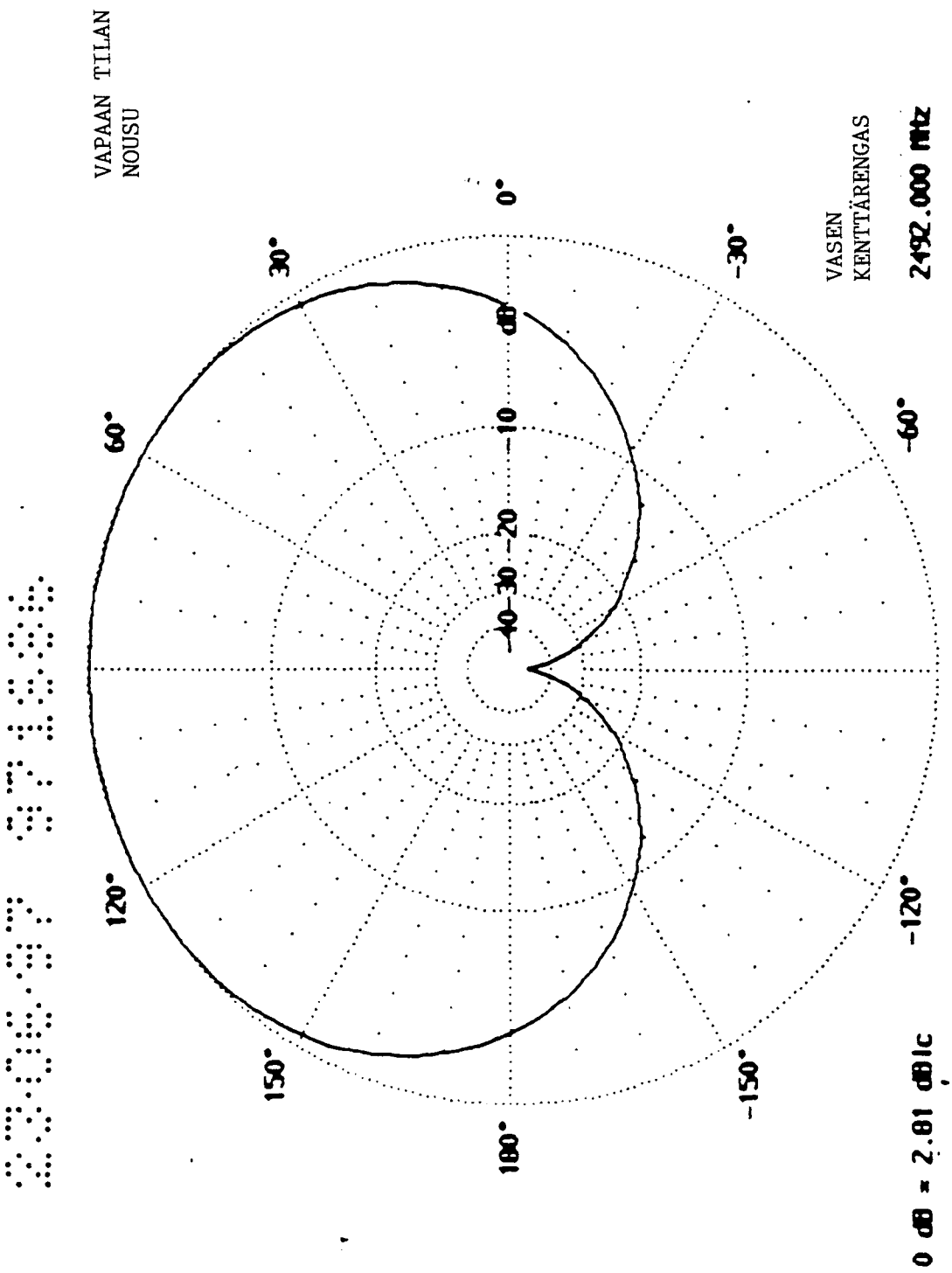

VAPAAN TILAN
NOUSU
VASEN
KENTTÄRENGAS
2492.000 MHz
0 dB = 2.81 dBic
0°
30°
60°
120°
150°
180°
-30°
-60°
-120°
-150°
dB
-10
-20
-30
-40

FIG 18

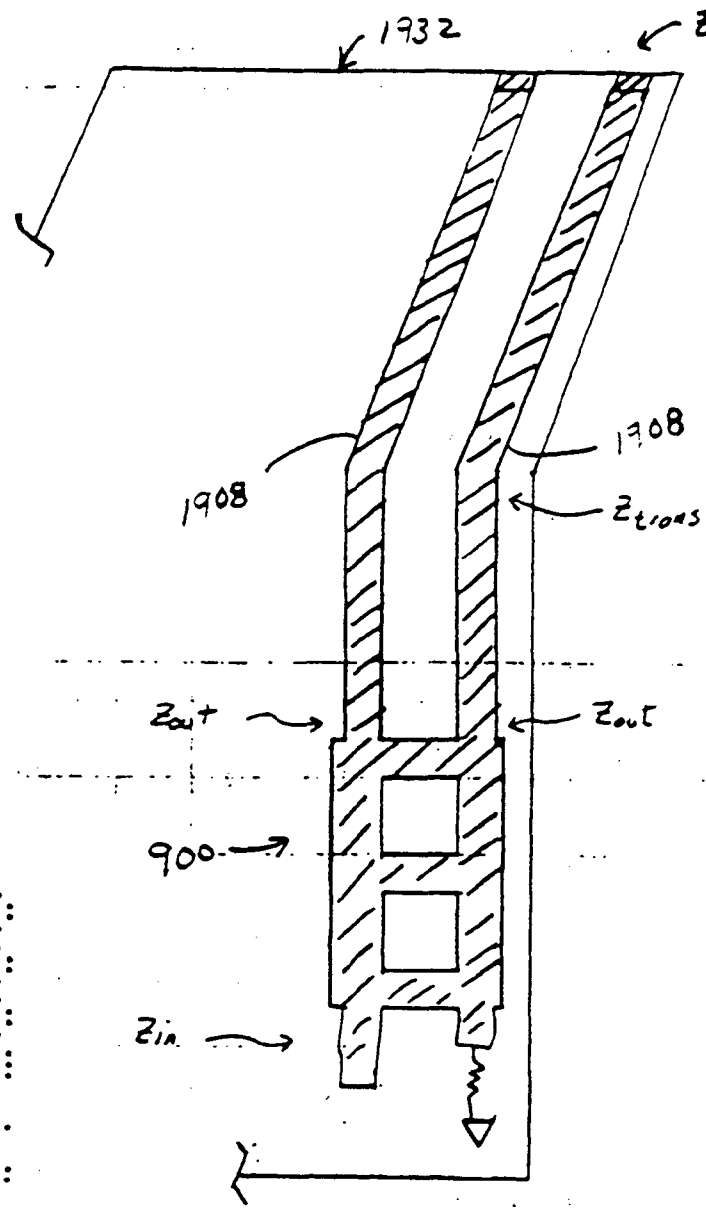


FIG. 19(a)

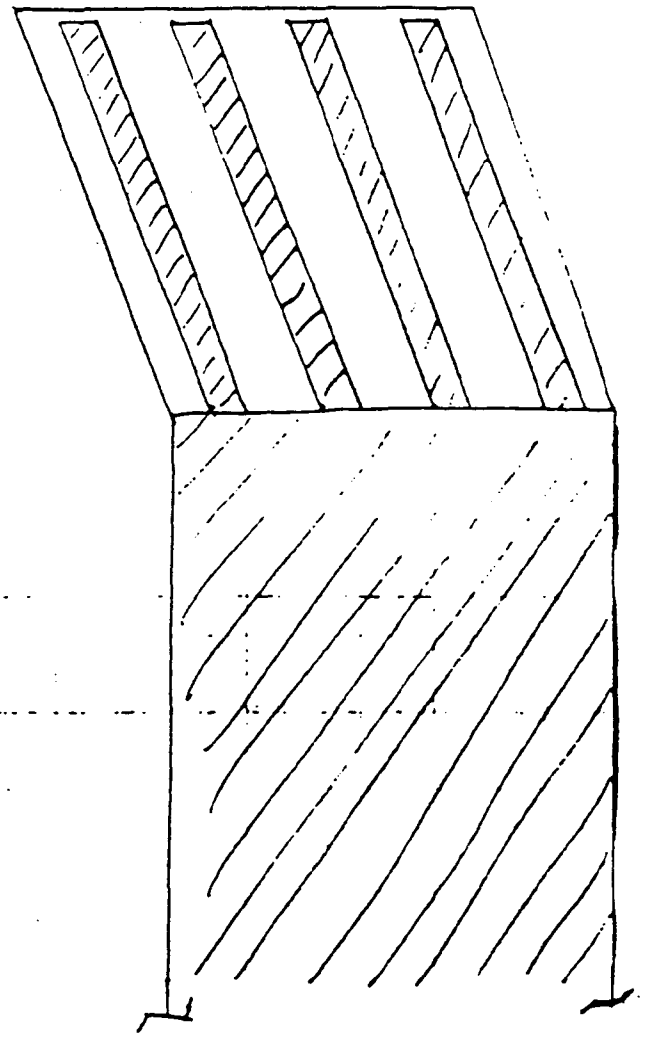


FIG. 19(b)

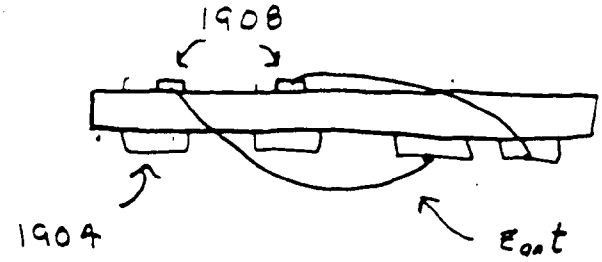


FIG. 20

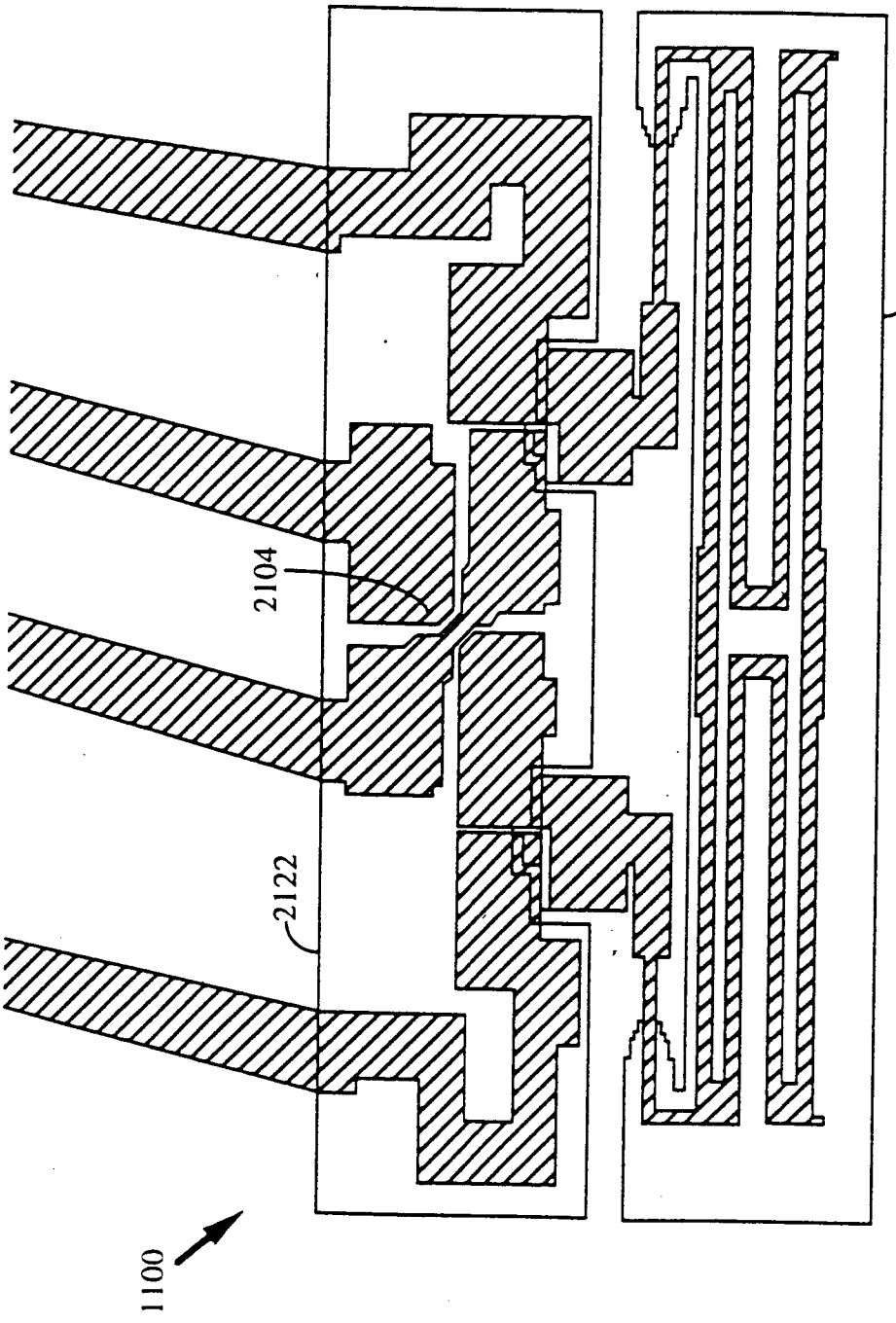


FIG. 21

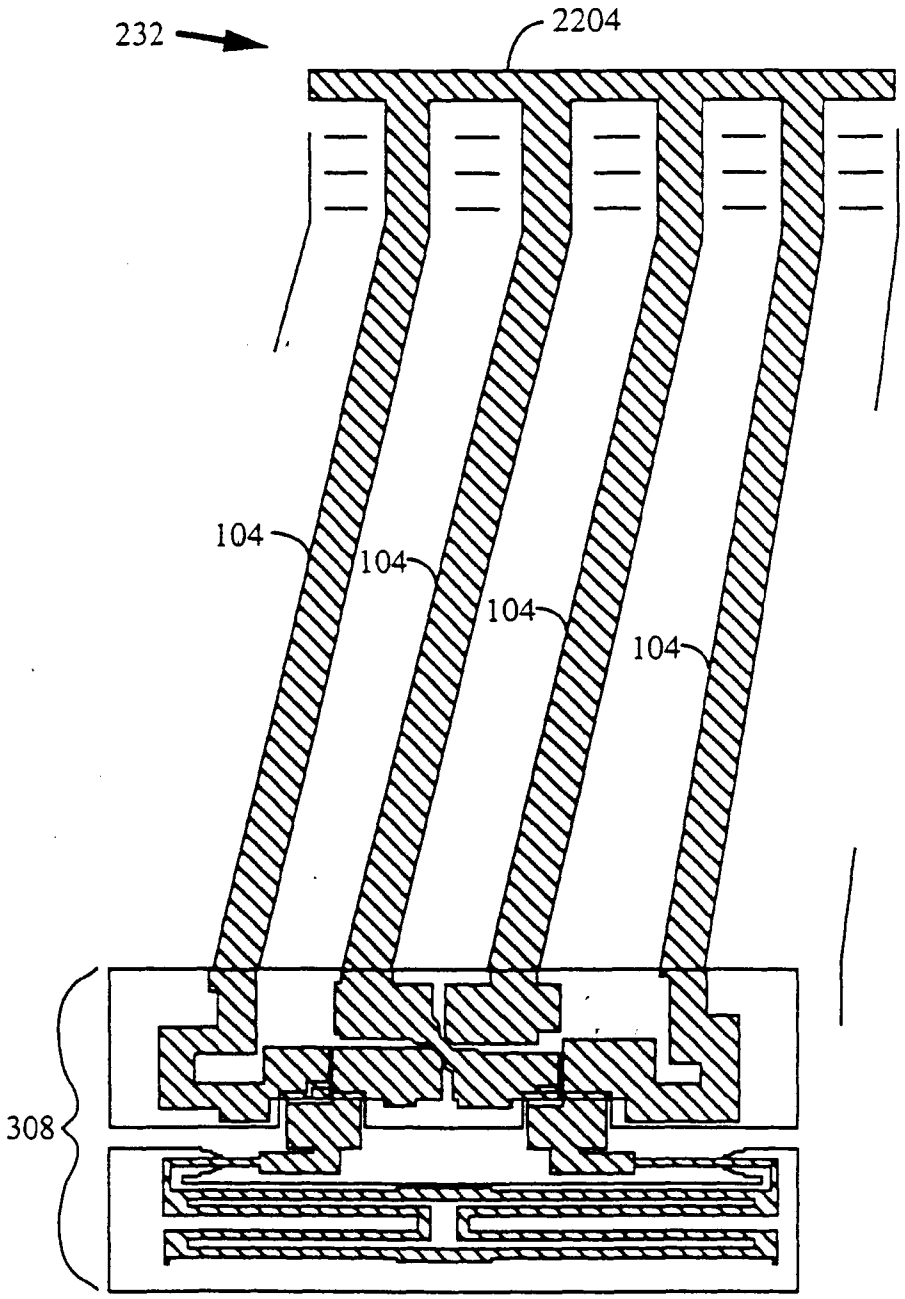


FIG. 22

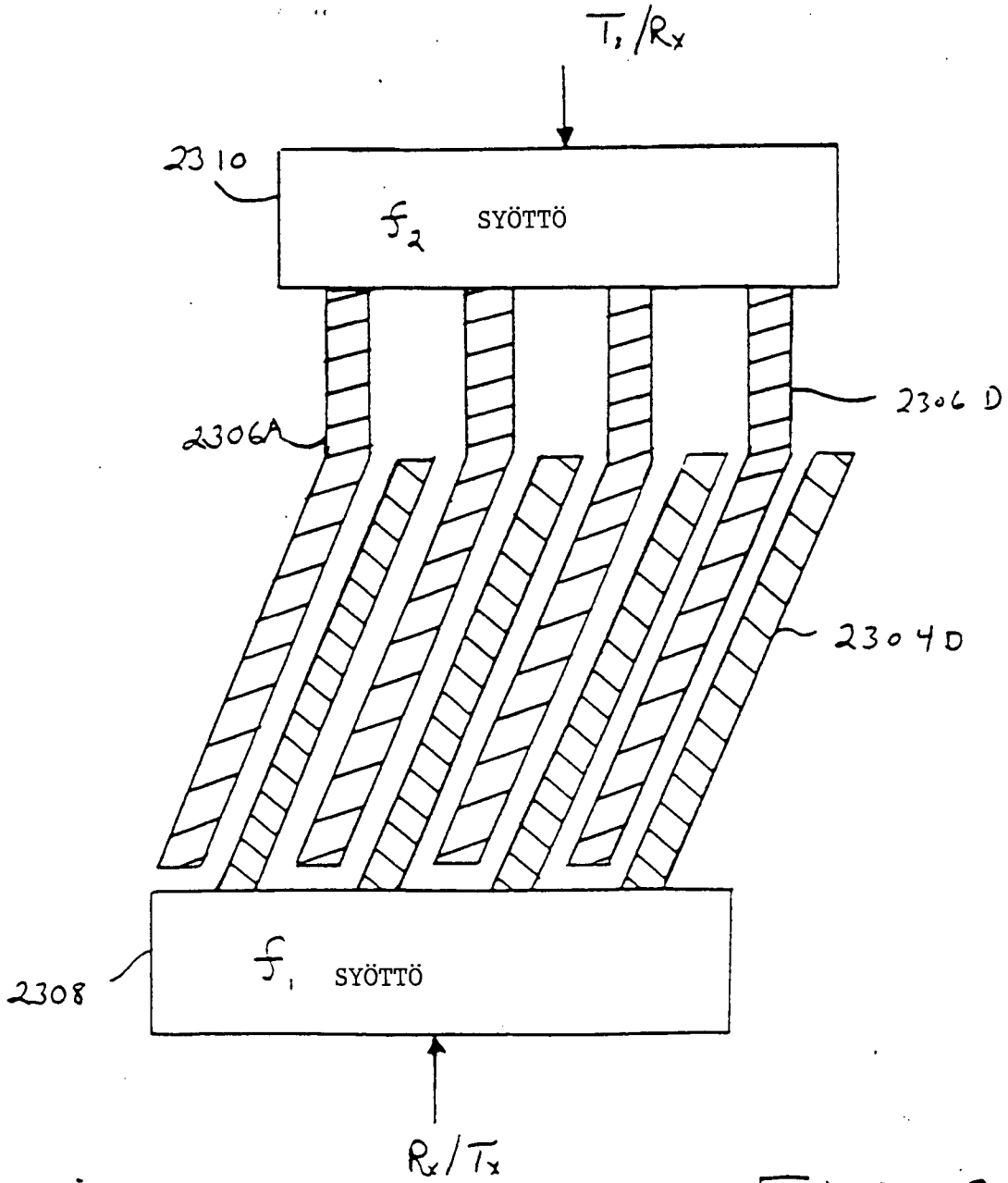


FIG. 23

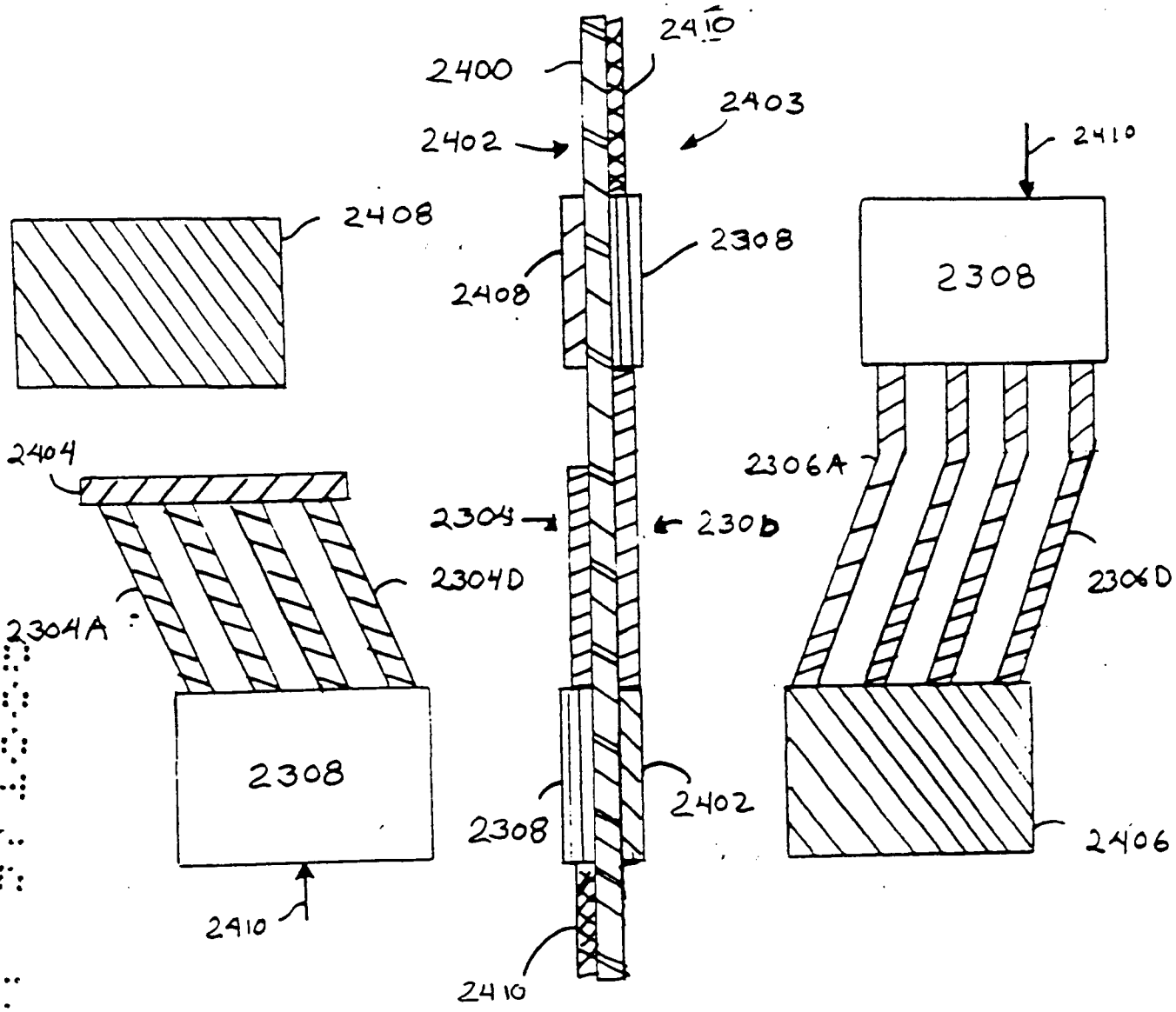


FIG 24(a) FIG. 24(b) FIG. 24(c)

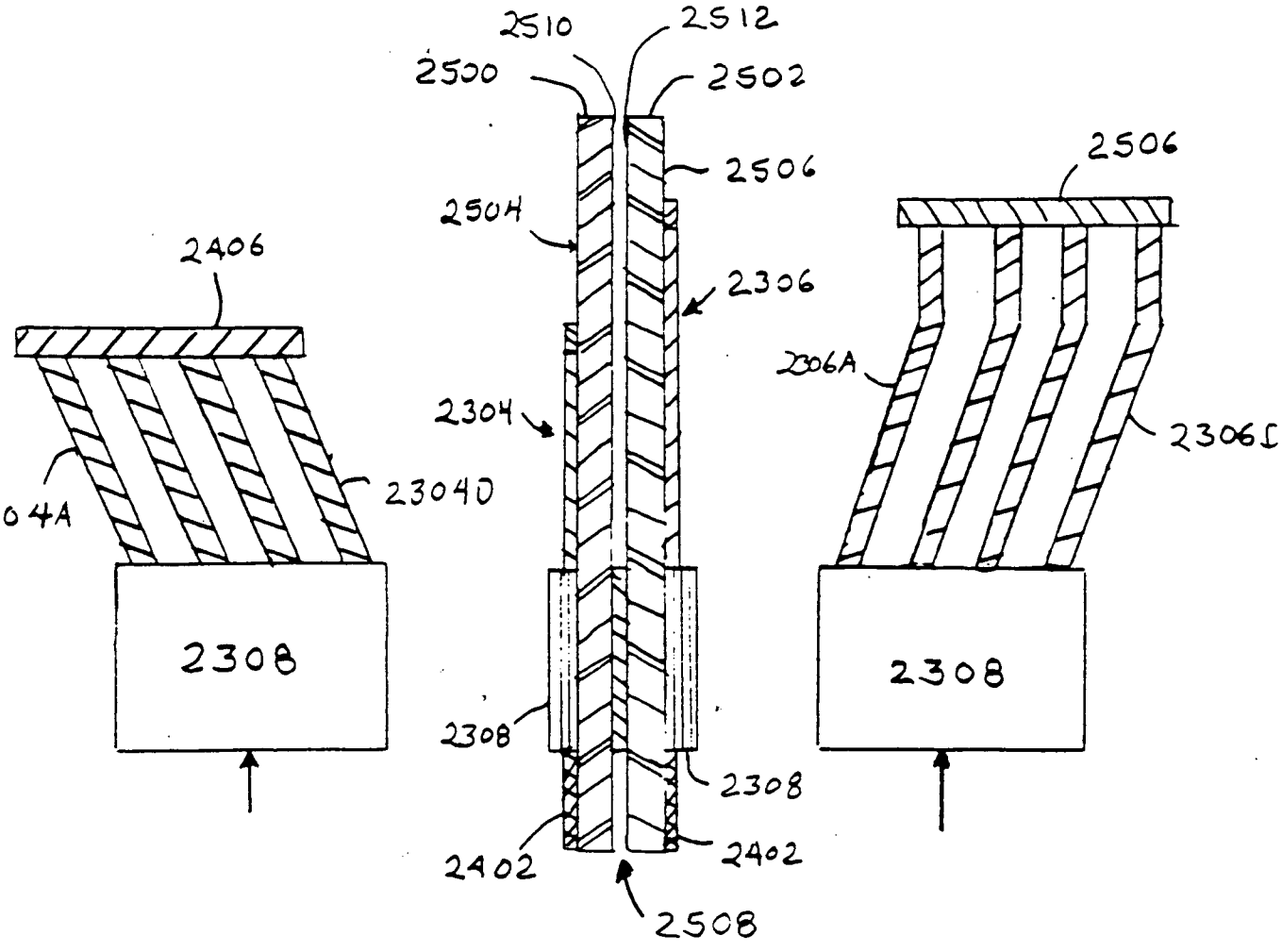


FIG. 25(a)

FIG. 25(b)

FIG. 25(c)