

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 88117440.3

51 Int. Cl.4: H01Q 9/04 , H01Q 21/06

22 Anmeldetag: 19.10.88

30 Priorität: 13.11.87 DE 3738513

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.08.89 Patentblatt 89/31

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL SE

71 Anmelder: DORNIER GMBH
Postfach 1420
D-7990 Friedrichshafen 1(DE)

72 Erfinder: Zahn, Rudolf, Dr.-Ing.
Beethovenstrasse 8
D-7778 Markdorf(DE)
Erfinder: Borgwardt, Christian, Dipl.-Ing.
Spiegelberg 1
D-7997 Immenstaad(DE)
Erfinder: Scherber, Werner, Dr.-Ing.
Unterer Höhenweg 22
D-7775 Bermatingen(DE)
Erfinder: Chung-chi-Lin, Dr.-Ing.
Oberhofstrasse 19

D-7990 Friedrichshafen(DE)

Erfinder: Boukamp, Joachim, Dr.-Ing.
Theodor-Heuss-Strasse 1

D-7778 Markdorf(DE)

Erfinder: Schröder, Hans Wolfgang, Dr. rer.
nat.

Öhnelofen 8

D-7997 Immenstaad(DE)

Erfinder: Helwig, Günter, Dr.-Ing.

Säntisblick 1

D-7758 Daisendorf(DE)

Erfinder: Braig, Albert, Dipl.-Ing.

Paracelsusstrasse 25

D-7778 Markdorf(DE)

Erfinder: Bender, Oswald, Dipl.-Ing.

Hoher Weg 56

D-7990 Friedrichshafen 24(DE)

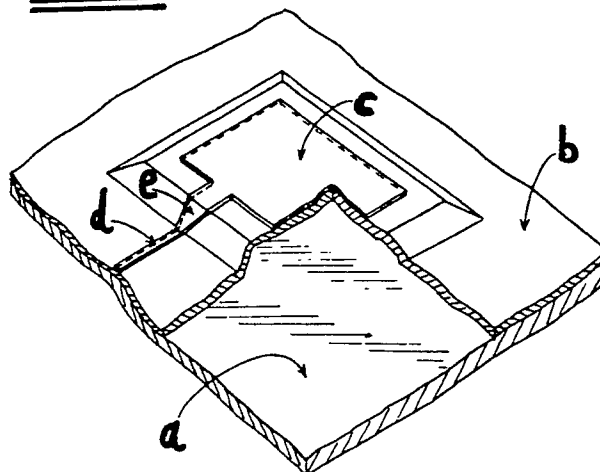
74 Vertreter: Landsmann, Ralf, Dipl.-Ing.
c/o DORNIER GMBH Postfach 1420
D-7990 Friedrichshafen 1(DE)

54 Mikrostreifenleiterantenne.

- 57 Mikrostreifenleiterantenne (Gruppenantenne) mit
- einer elektrischen leitfähigen Grundplatte (a)
 - einem elektrisch isolierendem Substrat (b)
 - einer Gruppe von Strahlerelementen (c) und
 - Speiseleitungen (d),

wobei der Abstand zwischen Grundplatte (a) und Strahlerelementen (c) durch mesa-förmige Erhebungen oder durch wannenförmige Vertiefungen vergrößert ist.

Fig. 1



EP 0 325 702 A1

Mikrostreifenleiterantenne

Die Erfindung betrifft eine Mikrostreifenleiterantenne (Mikrostripanenne), die insbesondere für Luft- und Raumfahrtanwendungen vorgesehen ist.

Mikrostreifenleitungsantennen besitzen vorteilhafte Eigenschaften - wie flacher Aufbau, kostengünstige und genaue Herstellung der Strahlergeometrie mit lithografischen Verfahren, mögliche Realisierung des Speisernetzwerkes für Gruppenantennen auf dem gleichen Substrat -, die diese Antennenform für Gruppenantennen und insbesondere für aktive Gruppenantennen attraktiv erscheinen lassen. Andererseits wirkt sich der in der konventionellen Bauform geringe Abstand zwischen Strahler und leitender Grundplatte nachteilig auf den Strahlerwirkungsgrad und die zulässigen Abmessungs- und Stoffkonstantentoleranzen aus.

Eine Vergrößerung des Abstandes durch Verwendung eines dickeren Substratmaterials hat den Nachteil eines vergrößerten Gewichts. Der Anteil der in Oberflächenwellen geführten Leistung wird mit zunehmender Dicke des Substratmaterials grösser, was wiederum den Wirkungsgrad verringert und das Strahlungsdiagramm verschlechtert.

Wird ein dickes Substrat geringer Dichte oder ein mehr schichtiges, dickes Substrat unter Verwendung von Luft bzw. Vakuum oder einem Material geringer Dichte, wie z.B. Schaum oder Wabenmaterial, benutzt, so wird der Oberflächenwellenanteil geringer. Gleichzeitig tritt jedoch eine verstärkte unerwünschte Abstrahlung durch die Speiseleitungen auf. Die Einspeisung der elektrischen Leistung ist durch den grossen Abstand zwischen Strahler-ebene und Grundplatte problematisch und führt zu weiterer unerwünschter Abstrahlung. Die genaue Einhaltung des Abstandes zwischen Strahlerebene und Grundplatte erfordert insbesondere bei zusammengesetztem Substrat unter Verwendung von Luft beziehungsweise Vakuum eine Stützkonstruktion. Für aktive Antennen, insbesondere für Raumfahrtantennen, wird zudem eine gute Wärmeleitfähigkeit von den auf der Grundplatte angeordneten Sendeeinrichtungen zur Antennenvorderseite benötigt. Diese ist bei Substraten geringer Dichte nicht gegeben, insbesondere dann nicht, wenn das Substrat einen Vakuumbereich enthält.

Aus der DE-OS 28 16 362 ist eine Mikrostreifenleiterantenne bekannt, die zur Erzielung von Resonanzeffekten aus einer Vielzahl kleiner Hohlraumresonatoren besteht. Die Hohlräume sind dadurch gebildet, dass die Strahler einen gewissen Abstand zur Grundplatte haben. Der Problembereich: Wirkungsgrad - Gewicht - Wärmeableitung ist nicht angesprochen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Mikrostreifenleiterantenne für Luft- und Raumfahrtanwendungen

zu schaffen, die einen hohen Wirkungsgrad, sehr geringes Gewicht, mechanische Steifigkeit, geringe Streustrahlung (Streifenleiterverluste) und gute Wärmeleitfähigkeit senkrecht zur Antennenfläche vereinigt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss gelöst von einer Mikrostreifenleiterantenne mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche.

Ausführungen der Erfindung und Herstellungsverfahren sind Gegenstände von abhängigen Ansprüchen.

Die Erfindung vergrössert den Wirkungsgrad und die Bandbreite sowie die Toleranzunempfindlichkeit von Mikrostreifenleitungsstrahlern. Das Speiseleitungssystem bleibt dabei wegen der höheren kapazitiven Kopplung mit der Grundplatte weitgehend abstrahlungsfrei. Die Oberflächenwellenanregung wird nicht verstärkt. Das Gewicht der Antenne bleibt gering. Eine ausreichende Wärmeleitfähigkeit senkrecht zur Antennenfläche ist gegeben, da die Antenne - außer unter den Strahlerelementen - sehr dünn ausgelegt sein kann.

Kern der Erfindung ist der grössere Abstand zwischen Strahler und Grundplatte gegenüber der Substratdicke nur im Bereich unterhalb der Strahler. Diese Abstandsvergrößerung kann durch Verformen der Grundplatte (Wannenstruktur) oder des Substrats (Mesa-Struktur) erreicht werden. Der entstehende Zwischenraum zwischen Substrat und Grundplatte kann vakuum- oder luftgefüllt bleiben oder mit einem Dielektrikum, zum Beispiel einem Schaum- oder einem Wabenmaterial, zur mechanischen Versteifung gefüllt sein.

Die Erfindung erlaubt es, die gegenläufigen Forderungen für hohen Wirkungsgrad und grosse Bandbreite der Strahlerelemente einerseits - nämlich grosser Abstand zwischen Strahler und Grundplatte bei kleiner Dielektrizitätszahl - sowie für Abstrahlungsfreiheit (geringe Streifenleiterverluste) und leichte Ankoppelbarkeit der Speiseleitungen an die Leistungszuführung andererseits - nämlich geringe Substratdicke bei mittlerer bis hoher Dielektrizitätszahl - auf einem Substrat zu vereinigen. Gleichzeitig bleibt das Gewicht gering und eine Wärmeleitung von der Grundplatte zur Strahlerebene ist gewährleistet. Die Antenne ist durch die Erhebungen oder Vertiefungen leicht und doch mechanisch stabil.

Die Anpassung des Wellenwiderstands erfolgt bevorzugt dort, wo der Abstand zwischen der oberseitigen Leitung und der Grundplatte geändert wird (also bei e). Daß die Anpassungsleitungen und das Speiseleitungsnetzwerk in einer bevorzugten Ausführung auf der Substratoberseite angeordnet sind, hat den Vorteil, daß die Herstellung in einem Ar-

beitsgang erfolgen kann. Dadurch, daß keine Übergänge erforderlich sind, können die Genauigkeit und die Reproduzierbarkeit der Herstellung der Zuleitungen so groß sein, wie bei der Herstellung der Strahler (c).

In einer Ausführung ist die Substratoberseite mit Thermalfarbe beschichtet, um die Abstrahlung der Wärme zu verbessern oder die Wärmeaufnahme durch Sonne oder Albedo zu minimieren.

Hinsichtlich der Werkstoffe für die Grundplatte bestehen im Prinzip keine Einschränkungen, sofern die Oberfläche elektrisch gut leitfähig ist oder durch eine (Metall-) Beschichtung gut leitfähig gemacht werden kann. Carbonfaserverstärkter Kunststoff ist gut geeignet, da dieses Material sehr geringe thermische Ausdehnungskoeffizienten aufweist. Die Grundplatte kann auch aus einem Kunststoff (z.B. einem Fluorkohlenwasserstoff wie Teflon) bestehen, der mit einer hochleitenden, widerstandsfähigen und gut haftenden Schicht belegt ist. In Frage kommen z.B. die Metalle Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Titan (Ti), Palladium (Pd) und Gold (Au). Wegen seiner guten Haftung, der hohen Leitfähigkeit und der einfachen Verfahren der galvanischen Verstärkung ist Kupfer als Leitschicht besonders gut geeignet. Zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit kann es mit Gold beschichtet sein. Die Herstellungsprozesse sind an sich bekannt:

- Teflon mechanisch und naßchemisch reinigen
- Teflon im Vakuumplasma sputterätzen
- Kupfer ca. 300 nm dick aufspalten
- Kupfer galvanisch verstärken
- Gold aufdampfen

Moderne Kassettensputteranlagen erlauben die Beschichtung großflächiger Substrate ($> 1 \text{ m}^2$). In solchen Anlagen werden beispielsweise bisher Autoscheiben und Fenstergläser mit optischen Schichten besputtert.

Als Material für das Substrat b eignen sich neben mehrschichtigen Dielektrika verstärkte oder unverstärkte Kunststoffe, insbesondere Thermoplaste. Diese Werkstoffe haben hinreichend geringe dielektrische Verluste. Beispiele dafür sind alle Werkstoffe, die für die Herstellung von hochwertigen Radomen, sowie von Leiterplatten für die Mikrowellentechnik eingesetzt werden. Aus elektrischer Sicht besonders geeignet sind verstärkte und unverstärkte Werkstoffe auf der Basis von Fluorkohlenstoffen wie PTFE, FEP oder PFA, sowie auf der Basis von Polyethylen. Ein besonders geeigneter Werkstoff für das Substrat ist polyethylenfaserverstärktes Polyethylen. Bei diesem Werkstoff können sehr geringe thermische Ausdehnungskoeffizienten realisiert werden. Dieser Werkstoff kann zudem über die Funktion als Dielektrikum hinaus noch tragende Funktionen erfüllen. In einem Ausführungsbeispiel wurde eine Bauweise realisiert, bei der das Substrat b aus einer 1 mm dicken

Platte aus polyethylen faserverstärktem Polyethylen und die Grundstruktur aus carbonfaserverstärktem Epoxidharz besteht.

Die Herstellung der Erhebungen oder Vertiefungen kann durch thermomechanisches Umformen von Platten erfolgen. In einem Ausführungsbeispiel wird eine 1,5 mm dicke Platte aus glasfaserfaserverstärktem PTFE (unter der Handelsbezeichnung RT/Duroid 5780 erhältlich) bei 350°C zwischen konturierten Metallstempeln tiefgezogen. In einer anderen Ausbildungsform kann die Form des Substrats b oder der Grundstruktur durch mechanische Bearbeitung (z.B. durch Fräsen) hergestellt werden.

Die Beschichtung des Substrats kann mit den Verfahren erfolgen, die weiter oben zur Beschichtung der Grundplatte genannt waren. Die Strukturierung der Metallschichten kann durch Ätzverfahren oder Lift-off-Verfahren erfolgen. Als Ätzresist oder Lift-off-Schicht können photoempfindliche Lacke und Folien eingesetzt werden, aber auch (mechanisch) strukturierte Polymer- und Metallfolien.

Geeignet ist folgendes Verfahren:

- Eine lichtempfindliche Folie wird auf ein Teflon-Substrat der Mikrostripantenne aufgewalzt.
- Metallbeschichtung wieder wie weiter oben beschrieben oder durch Aufdampfen oder Aufspalten.
- Nach dem letzten Beschichtungsschritt wird die Folie mitsamt der unerwünschten Beschichtung abgezogen (Negativverfahren).

Die optisch strukturierten Folien können vor oder nach Verformung des Teflon-Substrats aufgebracht werden. Es kann auch auf eine Tauchbadlackierung mit Photolack übergegangen werden, wobei der Tauchlack zum Lift-off der freibleibenden Flächen in Azeton abgelöst wird.

Die Ankoppelung der Strahlerelemente kann auch dadurch erfolgen, daß die Zuleitung nicht auf dem Substrat, sondern jeweils im Substrat bis unter das jeweilige Strahlerelement geführt ist und die relative Dielektrizitätskonstante des Substratmaterials zwischen Zuleitung und Strahler lokal erhöht wird.

Die Erfindung wird anhand zweier Figuren näher erläutert.

Beide Figuren zeigen je einen Ausschnitt aus einer Gruppenantenne mit den Grundplatten a, dem elektrisch isolierenden Substrat B und Strahlerelementen c. Gezeichnet sind weiter die Speiseleitungen d und sich verbreiternde Übergangsbereiche e, die die Speiseleitungen d mit den Strahlerelementen c elektrisch verbinden. Die Erhöhungen oder Vertiefungen können beispielsweise zwischen 0,5 und 10 mm hoch (tief) sein.

Figur 1 zeigt die Ausführung mit mesa-förmiger Erhöhung des Substrats b.

Figur 2 zeigt die Ausführung mit wannenförmiger Vertiefung der Grundplatte a.

Ansprüche

1. Mikrostreifenleiterantenne (Gruppenantenne) mit

- einer elektrisch leitfähigen Grundplatte (a)
- einem elektrisch isolierenden Substrat (b)
- einer Gruppe von Strahlerelementen (c)
- und Speiseleitungen (d)

dadurch gekennzeichnet, dass das isolierende Substrat (b) im Bereich der Strahlerelemente (c) Erhebungen aufweist, bevorzugt solche, deren Lateralabmessungen etwas grösser sind als die der Strahlerelemente (c).

2. Mikrostreifenleiterantenne (Gruppenantenne) mit

- einer elektrisch leitfähigen Grundplatte (a)
- einem elektrisch isolierenden Substrat (b)
- einer Gruppe von Strahlerelementen (c)
- und Speiseleitungen (d)

dadurch gekennzeichnet, dass die Grundplatte (a) im Bereich unterhalb der auf der Oberseite des Substrats (b) angebrachten Strahlerelemente (c) Vertiefungen aufweist, bevorzugt solche, deren Lateralabmessungen etwas grösser sind als die der Strahlerelemente (c).

3. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen sich verbreiternden Übergangsbereich (e) von der Speiseleitung (d) zum Strahlerelement (c).

4. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der durch die Erhebung oder die Vertiefung gebildete Raum Luft, Vakuum, ein Dielektrikum gleich dem des Substrats (b), ein Dielektrikum ungleich dem des Substrats (b), ein Schaummaterial oder ein Wabenmaterial enthält.

5. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die der Anpassung dienenden Übergangsbereiche (e) auf der Substratoberseite angeordnet sind.

6. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Speiseleitungsnetzwerk auf der Substratoberseite angeordnet ist.

7. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Substratoberseite mit Thermalbeschichtung, zum Beispiel einer Schicht mit definiertem solaren Absorptionsgrad und definiertem Wärme-(IR-) Emissionsgrad zur Einstellung der Oberflächentemperatur, vorgesehen ist, wobei der Bereich um die Strahlerelemente (c) ausgespart sein kann.

8. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundplatte (a) aus kohlenfaserverstärktem Kunststoff, insbesondere aus CFK verstärktem Epoxidharz oder aus einem faserverstärkten Thermoplasten (zum Beispiel einem Fluorkohlenwasserstoff), der mit einem Metall beschichtet ist, besteht.

9. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (b) ein mehrschichtiges Dielektrikum ist oder aus verstärktem oder unverstärktem Kunststoff, insbesondere aus glasmikrofaserverstärktem Thermoplasten, wie zum Beispiel einem Fluorkohlenwasserstoff wie PTFE, FEP, PFA oder Polyethylen oder aus polyethylenfaserverstärktem Polyethylen besteht.

10. Verfahren zur Herstellung der Vertiefungen oder Erhebungen der Antennen nach einem der vorhergehenden Ansprüche durch Tiefziehen oder Fräsen.

11. Verfahren zur Herstellung der Strahlerelemente (c) und Speiseleitungen (d) der Antennen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Elemente durch Verfahren der Dünnschichttechnik hergestellt beziehungsweise strukturiert werden, zum Beispiel durch chemisches oder physikalisches Beschichten, durch photolithografische Strukturierung, durch Anwendung von Naß- oder Trockenätzverfahren oder Lift-off-Techniken (Abhebetekniken).

Fig. 1

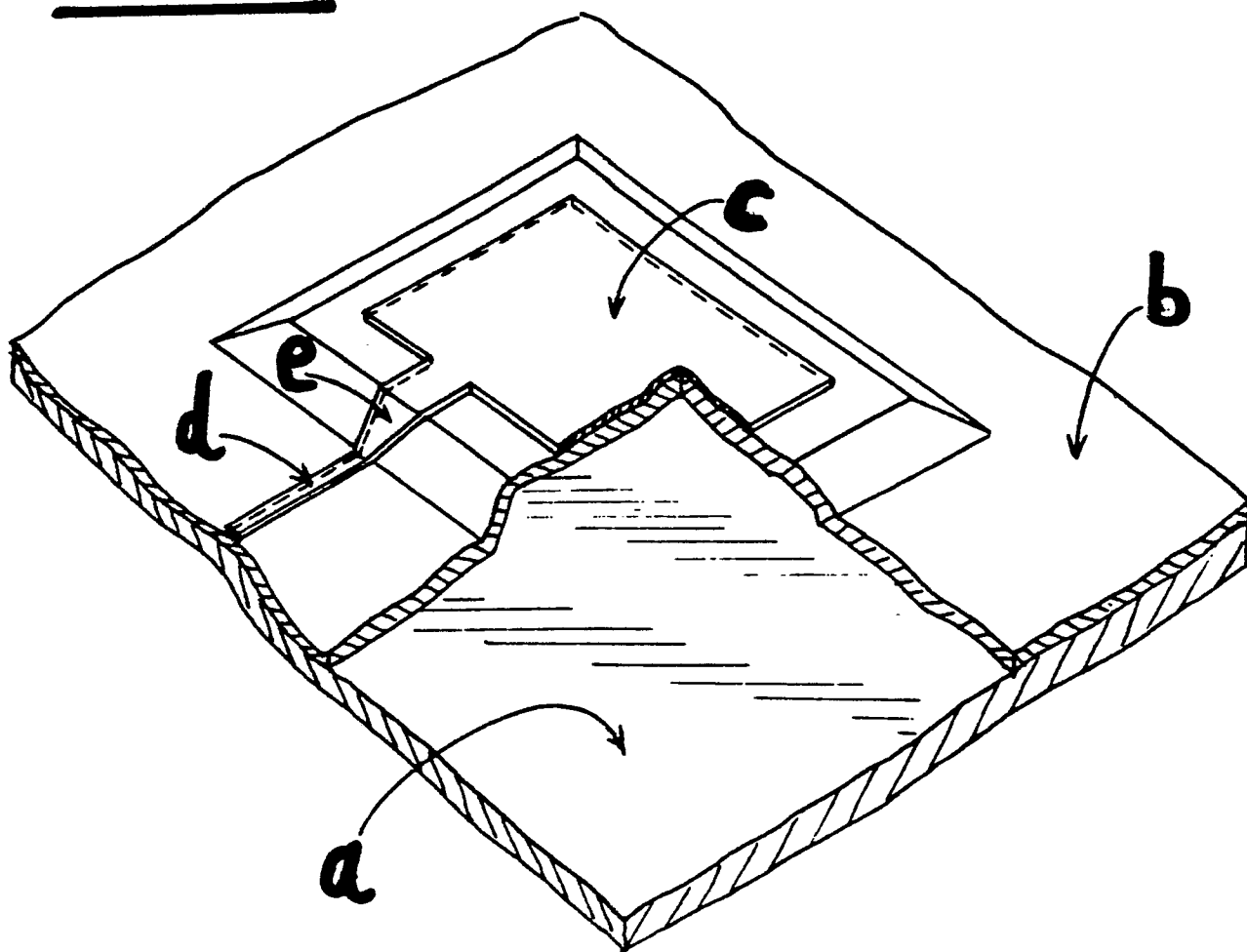
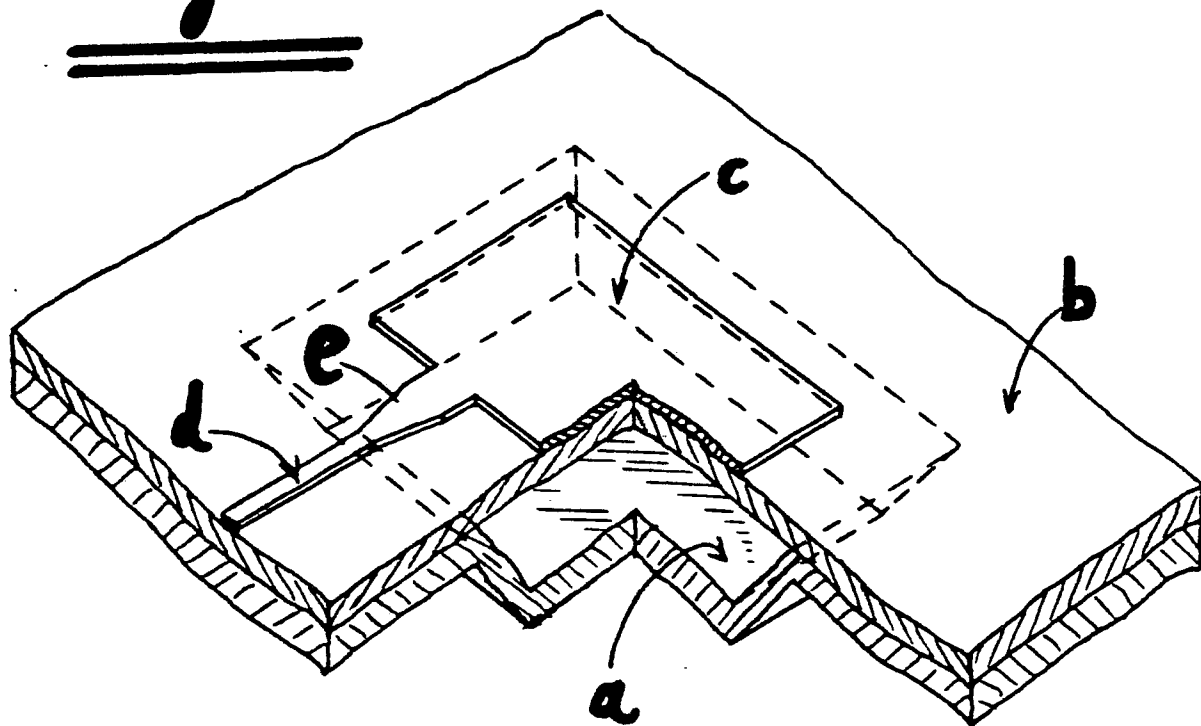


Fig. 2





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
Y	IEE PROCEEDINGS SECTION A à I Band 132, Nr. 7, Teil H, Dezember 1985, Seiten 455-460, Stevenage, Herts, GB; J.S. DAHELE et al.: "Theory and experiment on microstrip antennas with airgaps." * Seite 455, Zusammenfassung *	1	H 01 Q 9/04 H 01 Q 21/06
Y	--- GB-A-2 046 530 (THE SECRETARY OF STATE) * Figur 2; Seite 2, Zeilen 3-6, Zeilen 29-37 *	1	
A	--- DE-A-2 711 313 (BALL CORP.) * Figur 2, Anspruch 1 *	4	
A	* Seite 7, Zeilen 8-25 *	1	
A	* Seite 5, Zeilen 12-17 *	9	
D,A	--- DE-A-2 816 362 (BALL CORP.) * Figur 1 *	1-3	
A	--- IEEE TRANS. ON ANTENNAS AND PROPAGATION Band AP-29, Nr. 1, Januar 1981, Seiten 2-24, New York, USA; K.R. CARVER et al.: "Microstrip Antenna Technology." * Seite 4, Tabelle 1 * -----	8,9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4) H 01 Q 9/04 H 01 Q 1/38 H 01 Q 21/00
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 13-04-1989	Prüfer BREUSING J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	