



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 006 608 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.06.2000 Patentblatt 2000/23

(51) Int. Cl.⁷: **H01Q 9/04**, H01Q 21/00,
H01Q 21/06

(21) Anmeldenummer: **99123247.1**

(22) Anmeldetag: **29.11.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **30.11.1998 DE 19855115**

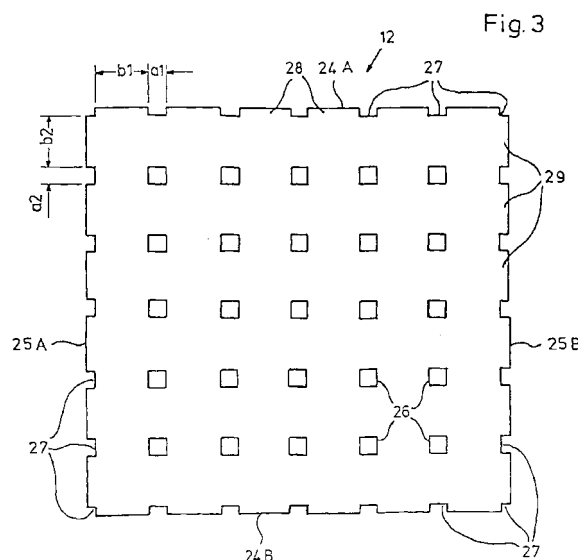
(71) Anmelder:
**TechniSat Elektronik Thüringen GmbH
99837 Dippach (DE)**

(72) Erfinder:
• **Bekraoui, Leila
33102 Paderborn (DE)**
• **Eibeck, Thomas
36266 Heringen (DE)**

(74) Vertreter:
**Schmidt, Frank-Michael, Dr.-Ing.
Zenz, Helber, Hosbach & Partner,
Patentanwälte,
Huyssenallee 58-64
45128 Essen (DE)**

(54) **Mehrlagige Antennenanordnung**

(57) Eine mehrlagige Antennenanordnung weist Patch-Elemente (12) auf, die in einer obersten leitfähigen Schicht ausgebildet sind. In einer darunterliegenden zweiten leitfähigen Schicht sind erste Anregungselemente und in einer dritten leitfähigen Schicht zweite Anregungselemente ausgebildet. Die ersten Anregungselemente weisen in einer ersten Richtung orientierte erste Speiseleitungen und die zweiten Anregungselemente in einer zur ersten Richtung orthogonalen zweiten Richtung orientierte zweite Speiseleitungen auf. Jede der Speiseleitungen ist zum zugehörigen Patch-Element (12) ausgerichtet und mit ihm elektromagnetisch gekoppelt. Erfindungsgemäß weist die erste leitfähige Schicht in den Patch-Elementen (12) eine Mehrzahl von entlang der ersten Richtung und entlang der zweiten Richtung matrixartig angeordneten Ausnehmungen (26, 27) auf. Vorzugsweise werden diese Ausnehmungen gebildet, indem das Patch-Element (12) aus einer ersten Anzahl von der in der ersten Richtung parallel verlaufenden Streifenleitungen (28) gleicher Breite (b1) und einer zweiten Anzahl von in der zweiten Richtung parallel verlaufenden zweiten Streifenleitungen (29) von ebenfalls gleicher Breite (b2) hergestellt wird.



EP 1 006 608 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine mehrlagige Antennenanordnung mit wenigstens einem in einer ersten leitfähigen Schicht ausgebildeten Patch-Element, dem in wenigstens einer weiteren leitfähigen Schicht ein Anregungselement mit einer Speiseleitung zugeordnet ist, wobei die Speiseleitung zum Patch-Element ausgerichtet und mit ihm elektromagnetisch gekoppelt ist.

[0002] Eine mehrlagige Antennenanordnung der eingangs genannten Art ist beispielsweise auf einer Internet-Page des Instituts für Höchstfrequenztechnik und Elektronik der Universität Karlsruhe (www.ihe.etec.uni-karlsruhe.de/forschung/wwwadm/mikrostreifen_antennen.html) vom 4. November 1998 beschrieben. Patch-Antennenanordnungen werden beispielsweise zum Empfang von Satellitenrundfunksignalen verwendet. Die Satellitenrundfunksignale werden von geostationären Rundfunksatelliten im Frequenzbereich von 10,7 bis 12,75 GHz abgestrahlt. Um die gegenseitige Beeinflussung zu verringern, sind die abgestrahlten Signale benachbarter Kanäle unterschiedlich polarisiert, vorzugsweise vertikal und horizontal.

[0003] Zum Empfang solcher Rundfunksatellitensignale wurden bisher in großem Umfang Parabolantennen verwendet, welche sich jedoch insofern als nachteilig erwiesen, als sie aufgrund ihres voluminösen und sperrigen Aufbaus eine große Angriffsfläche für Wind bieten, so daß zusätzliche Einrichtungen zum Abstützen der Antenne vorgesehen wurden. Daneben wurde der optische Eindruck einer an einer Wand montierten Parabolantenne als nachteilig empfunden.

[0004] Es wurde deshalb seit einiger Zeit vorgeschlagen, die Parabolempfangsantennen durch kleinere planare Antennen zu ersetzen. Solche Planarantennen weisen beispielsweise eine Mehrzahl von matrixartig angeordneten Patch-Antennenelementen auf. In einer dem Satelliten zugewandten leitfähigen Schicht sind in einer rechteckigen Matrix eine Mehrzahl von vorzugsweise äquidistant angeordneten Patch-Strukturen ausgebildet. Die Patch-Strukturen können kreisförmig oder rechteckig sein. Bei der eingangs genannten Veröffentlichung sind die Patch-Strukturen rechteckig, wobei die Außenkanten des rechteckigen Patch-Elements zu den Polarisationsrichtungen vertikal und horizontal polarisierter Satellitenrundfunksignale ausgerichtet sind.

[0005] Wenn die rechteckigen Patch-Elemente mit den Satellitenrundfunksignalen bestrahlt werden, so kommt es zu einem Stromfluß, dessen Hauptkomponenten in Abhängigkeit von der Polarisationsrichtung parallel zu den Außenkanten eines rechteckigen Patches fließen.

[0006] In einer aus Richtung des Satelliten hinter den Patch-Strukturen angeordneten weiteren leitfähigen Schicht sind Anregungssysteme zum Auskoppeln

der empfangenen Signale angeordnet. Die Anregungssysteme weisen Speiseleitungen auf, die beispielsweise als Streifenleitungen ausgebildet und zum Empfang der zueinander orthogonal polarisierten Satellitenrundfunksignale rechtwinklig zueinander angeordnet und zu der Patch-Struktur ausgerichtet sind.

[0007] Die der Mehrzahl von Patch-Elementen einer Planarantenne jeweils zugeordneten Speiseleitungen der Anregungssysteme sind untereinander durch ein Streifenleitungsnetzwerk gekoppelt, welches wiederum mit einer Einrichtung zur Auskopplung des empfangenen Nutzsignals verbunden ist. Aus der US-Patentschrift 4,263,598 ist es bekannt, zwei Anregungssysteme in zwei unterschiedlichen leitfähigen Ebenen vorzusehen, wobei das eine Anregungssystem eine durch ein erstes Netzwerk gekoppelte Mehrzahl von in einer ersten Richtung ausgerichteten Speiseleitungen und das andere Anregungssystem eine durch ein zweites Netzwerk gekoppelte zweite Mehrzahl von in einer zur ersten Richtung orthogonalen zweiten Richtung ausgerichteten Speiseleitungen aufweist.

[0008] Aus der eingangs genannten Internet-Veröffentlichung ist es ferner bekannt, zwischen den Patch-Strukturen und den Anregungssystemen eine durchgängige Metallisierungsschicht anzuordnen, die in Zuordnung zu den Speiseleitungen zu diesen kongruente Schlitze aufweist. Die Schlitze sind jeweils in Zuordnung zu den orthogonalen Speiseleitungen rechtwinklig zueinander angeordnet. Diese Metallisierungsschicht dient der Vermeidung störender elektromagnetischer Kopplungen des Zuleitungsnetzwerkes, d.h. der Abschirmung dieses Netzwerkes.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die gegenseitige Entkopplung der zueinander orthogonal polarisierte Empfangssignale empfangenden Anregungssysteme bei einfacher Herstellbarkeit zu verbessern.

[0010] Diese Aufgabe wird durch eine mehrlagige Antennenanordnung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Die erfindungsgemäße Antennenanordnung weist mehrere in einer ersten leitfähigen Schicht ausgebildete Patch-Elemente auf, denen in einer zweiten und in einer dritten leitfähigen Schicht erste bzw. zweite Anregungselemente zugeordnet sind. Die ersten Anregungselemente weisen jeweils in einer ersten Richtung orientierte erste Speiseleitungen und die zweiten Anregungselemente in einer zur ersten Richtung orthogonalen zweiten Richtung orientierte zweite Speiseleitungen auf. Jede Speiseleitung ist zum zugehörigen Patch-Element ausgerichtet und mit ihm elektromagnetisch gekoppelt. Die mehrlagige Antennenanordnung kann beispielsweise eben (Planarantenne) oder auch als zylindrische mehrlagige Anordnung ausgebildet sein. Die leitfähigen Schichten sind vorzugsweise Kupfer-, Aluminium- oder Gold-Metallschichten. Ein wesentliches Merkmal stellt die Substruktur der Patch-Elemente dar. Die erste leitfähige Schicht ist in den Patch-Elementen derart ausgebildet,

daß sie eine Mehrzahl von entlang der ersten Richtung und entlang der zweiten Richtung matrixartig angeordneten Ausnehmungen aufweist. In den Ausnehmungen ist die leitfähige Schicht vollständig entfernt. Die matrixartig in Zeilen und Spalten angeordneten Ausnehmungen können beispielsweise kreisförmig oder rechteckig sein. Durch diese Ausnehmungen bilden sich entlang der Zeilen- und dazu orthogonalen Spaltenrichtung bevorzugte Stromflußrichtungen aus. Der Stromfluß entlang der Zeilen und Spalten wird deshalb bevorzugt, weil eine Filterung stattfindet. Die Matrix der Ausnehmungen ist dabei so angeordnet, daß die bevorzugten Stromflußrichtungen zu denjenigen Stromflüssen ausgerichtet sind, die bei der Anregung mit den zueinander orthogonalen Satellitenempfangssignalen fließen sollen. Die Strukturierung der Patch-Elemente verbessert die Kreuzpolarisationsentkopplung; es werden die zu einer Ausgangsrichtung (in der Richtung einer Patch-Außenantenne) fließenden Ströme bevorzugt, während orthogonale Ströme (der anderen Polarisationsrichtung) und transversale Ströme (die von benachbarten Antennenanlagen herrühren) gefiltert werden.

[0011] Eine bevorzugte Ausführungsform der mehrlagigen Antennenanordnung ist dadurch gekennzeichnet, daß das wenigstens eine Patch-Element von rechteckiger Form mit in der ersten und zweiten Richtung verlaufenden äußeren Begrenzungen ist und $N \times M$ Ausnehmungen aufweist, wobei jeweils N Ausnehmungen in der ersten Richtung und jeweils M Ausnehmungen in der zweiten Richtung hintereinander angeordnet sind. Die $N \times M$ Ausnehmungen bilden eine rechteckige Matrix innerhalb der Patch-Struktur. Dabei können die jeweils außen angeordneten Ausnehmungen im Begrenzungsbereich des Patch derart angeordnet sein, daß die äußerer Umgrenzung eine mäanderförmige Struktur erhält. Die verbleibende Metallschicht der Patch-Struktur besteht funktionell aus in der ersten bzw. zweiten Richtung verlaufenden Metallstegen oder Streifenleitungen. Während der Stromfluß entlang dieser Streifenleitungen erleichtert ist, ist jeglicher Stromfluß quer zu den Streifenleitungen, insbesondere ein diagonalen Stromfluß, erschwert, da der diagonale Stromfluß sich einen Weg um die Ausnehmungen herum bahnen muß, was einen verlängerten Strompfad ergibt. Diese Antennenanordnung wird beispielsweise zum Empfang vertikal und horizontal polarisierter Funksignale so ausgerichtet, daß die Begrenzungskanten des rechteckigen Patch-Elements in der vertikalen bzw. horizontalen Polarisationsrichtung verlaufen.

[0012] Die Länge der Seitenkanten des rechteckigen Patch-Elements beträgt vorzugsweise etwa $\lambda_g/2$, wobei λ_g die geführte Wellenlänge ist, die von der Permittivität ϵ_r des Substrats abhängt ($\lambda_g = \lambda/\sqrt{\epsilon_r}$). Das Patch-Element ist in der Regel nicht von quadratischer Form, da λ_g für die beiden Polarisationsrichtungen unterschiedlich ist. Die unterschiedlichen Seitenlängen des Patch-Elements beruhen unter anderem auf dem unterschiedlichen Abstand der zweiten und dritten leit-

fähigen Schicht von der Patch-Struktur sowie der unterschiedlichen Dicke und Art der zwischen den leitfähigen Schichten vorhandenen Dielektrika.

[0013] Die matrixartig angeordneten Ausnehmungen können beispielsweise kreisförmig sein. Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Ausnehmungen jedoch im wesentlichen rechteckig, wobei deren Begrenzungskanten in der ersten bzw. zweiten Richtung verlaufen.

[0014] Eine andere bevorzugte Ausführungsform der mehrlagigen Antennenanordnung ist dadurch gekennzeichnet, daß die N Ausnehmungen in der ersten Richtung und die M Ausnehmungen in der zweiten Richtung hintereinander jeweils in gleichen Abständen zueinander angeordnet sind. Die beiden letztgenannten Ausführungsformen gestatten einerseits eine einfache Herstellung, andererseits bewirken sie eine gute und über das Patch gleichmäßige Unterdrückung diagonal fließender Ströme. Bei einer Anregung in einer der beiden Richtungen findet außerdem eine Unterdrückung der Ströme in der anderen orthogonalen Richtung und vom transversalen Strom statt.

[0015] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Antennenanordnung hat das wenigstens eine Patch-Element eine gitterartige Struktur, die von einer ersten Anzahl von in der ersten Richtung parallel verlaufenden ersten Streifenleitern und einer zweiten Anzahl von in der zweiten Richtung parallel verlaufenden und mit den ersten Streifenleitern verbundenen zweiten Streifenleitern gebildet ist. Bei dieser Ausführungsform besteht die erste leitfähige Schicht eigentlich aus zwei aufeinanderliegenden leitfähigen Teilschichten, wobei in der einen leitfähigen Teilschicht Streifenleiter in der ersten Richtung ausgebildet sind und in der anderen leitfähigen Teilschicht Streifenleiter in der zweiten Richtung ausgebildet sind. Vorzugsweise sind die ersten Streifenleiter mit den zweiten Streifenleitern an der gesamten Fläche der gegenseitigen Überlappung elektrisch verbunden. Bei einer vorteilhaften Weiterbildung dieser Ausführungsform sind die ersten und die zweiten Streifenleiter jeweils von gleicher Breite und Länge und in gleichem Abstand zueinander angeordnet. Die gleichmäßige Struktur der sich kreuzenden Streifenleiter erleichtert die Herstellung und sorgt für eine gleichmäßige Verteilung der Stromdichte. Die Längen der ersten und zweiten Streifenleiter sind auf die geführte Wellenlänge für die zu empfangenden Funksignale abgestimmt.

[0016] Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind jeweils vier bis acht, vorzugsweise sechs, erste und zweite Streifenleiter vorgesehen. Bei den praktisch ausgeführten Antennenanordnungen erwies sich eine Anzahl von jeweils sechs Streifenleitern in erster und in zweiter Richtung als vorteilhaft.

[0017] Eine bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der Streifenleiter größer als der Abstand der Streifenleiter ist, vorzugsweise das 5- bis 12-fache, insbesondere das 10-fache

des Abstands beträgt. Die so gebildeten Ausnahmen beanspruchen nur einen geringen Teil der gesamten Metallfläche des Patch-Elements, so daß sie den Stromfluß in der ersten bzw. in der zweiten Richtung nur minimal behindern.

[0018] Die Anzahl der in erster und in zweiter Richtung auszubildenden Streifenleiter sowie deren Abstand hängen sowohl vom Frequenzbereich, der konstruktiven Gestaltung der Anregungssysteme und deren Abstand vom Patch-Element als auch von den verwendeten dielektrischen Materialien und Metallen ab.

[0019] Vorzugsweise sind die erste, die zweite und die dritte leitfähige Schicht vor einer vierten unstrukturierten leitfähigen Schicht angeordnet, wobei die vierte leitfähige Schicht eine Masseplatte bildet, und wobei die zweite und die dritte leitfähige Schicht hinter der ersten leitfähigen Schicht angeordnet sind. In vorteilhafter Weiterbildung ist hinter der zweiten und vor der dritten leitfähigen Schicht eine fünfte leitfähige Schicht angeordnet, welche in Zuordnung zu jedem der wenigstens einen Patch-Elemente eine im wesentlichen kongruent hinter der ersten Speiseleitung angeordnete erste schlitzzartige Öffnung und eine im wesentlichen kongruent vor der zweiten Speiseleitung angeordnete zweite schlitzzartige Öffnung aufweist. Kongruente Anordnung bedeutet in diesem Falle, daß die schlitzzartigen Öffnungen sich in Richtung der Normalen der Patch-Elementebene in der Mitte der Patch-Struktur genau hinter bzw. vor der zugehörigen ersten bzw. zweiten Speiseleitung angeordnet sind. Sofern die erste und die zweite Speiseleitung jeweils zu einer Mittellinie eines zugehörigen rechteckigen Patch-Elements ausgerichtet sind, bilden die erste und die zweite schlitzzartige Öffnung eine symmetrische Kreuzschlitzzöffnung. Die mit schlitzzartigen Öffnungen versehene, zwischen dem Anregungssystem der zweiten leitfähigen Schicht und dem Anregungssystem der dritten leitfähigen Schicht angeordnete Metallschicht, welche auf Massepotential gelegt ist, minimiert die elektromagnetische Kopplung außerhalb der den Patch-Elementen zugeordneten Speiseleitungen sowohl zwischen den beiden Anregungssystemen als auch durch die einfallenden Funksignale. Außerdem wird die Kreuzpolarisationsentkopplung erhöht, d.h. die gegenseitige Beeinflussung der die vertikal polarisierten bzw. die horizontal polarisierten Signale empfangenden Systeme wird minimiert.

[0020] Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Patch-Anordnung ist konstruktiv so ausgebildet, daß die erste leitfähige Schicht eine auf einer der Masseplatte zugewandten Rückseite einer ersten isolierenden Platte aufgebrachte Metallschicht ist, daß die zweite leitfähige Schicht eine auf einer der Masseplatte abgewandten Oberseite einer zweiten isolierenden Platte aufgebrachten Metallschicht ist, und daß die Metallschichten der ersten und der zweiten isolierenden Platte durch eine erste isolierende Schicht

getrennt und beabstandet sind. Die isolierenden Platten sind beispielsweise aus Kunststoff (einem Polyethylen, Polyester, Polycarbonat, PVC) welcher keramikgefüllt sind kann, hergestellt, worauf die Metallschicht (z.B. Kupfer, Aluminium, Gold) aufgedampft, aufgesputtert und/oder galvanisch abgeschieden ist. Die erste isolierende Schicht trennt und beabstandet die Patch-Elemente vom ersten Anregungssystem. Ihr Abstand beeinflußt die Bandbreite des Empfangssystems. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die erste isolierende Schicht eine Schaumstoffschicht mit einer relativen Dielektrizitätskonstante von weniger als 1,2, deren Dicke größer als die Dicke der ersten und der zweiten isolierenden Platte ist. Die relativ dicke isolierende Schicht erhöht die Bandbreite.

[0021] In vorteilhafter Weiterbildung ist die dritte leitfähige Schicht eine auf einer der Masseplatte zugewandten Rückseite einer dritten isolierenden Platte aufgebrachte Metallschicht und sind die Metallschicht der dritten isolierenden Platte und die Masseplatte durch eine zweite isolierende Schicht getrennt. Auch hier ist die zweite isolierende Schicht vorzugsweise eine Schaumstoffschicht mit einer relativen Dielektrizitätskonstante von weniger als 1,2, deren Dicke größer als die Dicke der dritten isolierenden Platte ist. Die erste, zweite und dritte isolierende Platte können von gleicher Art sein, ebenso wie die erste und die zweite isolierende Schicht gleich ausgebildet sein können. Dies vereinfacht die Herstellung der Antennenanordnung.

[0022] Eine vorteilhafte Weiterbildung der aus isolierenden Platten und isolierenden Schichten aufgebauten Antennenanordnung ist dadurch gekennzeichnet, daß hinter der Metallschicht der zweiten isolierenden Platte und vor der Metallschicht der dritten isolierenden Platte eine auf einer der Masseplatte zugewandten Rückseite der zweiten und/oder auf einer der Masseplatte abgewandten Oberseite der dritten isolierenden Platte aufgebrachte Metallschicht angeordnet ist, welche in Zuordnung zu jedem der wenigstens einen Patch-Elemente eine im wesentlichen kongruent hinter der ersten Speiseleitung angeordnete erste schlitzzartige Öffnung und eine im wesentlichen kongruent vor der zweiten Speiseleitung angeordnete zweite schlitzzartige Öffnung aufweist. Diese zusätzliche Metallschicht, welche auf ein Massepotential gelegt ist, erhöht - wie bereits oben ausgeführt - die Kreuzpolarisationsentkopplung und vermindert somit die unerwünschte gegenseitige Beeinflussung der den beiden Polarisationsrichtungen zugeordneten Systeme. In vorteilhafter Weiterbildung ist diese mehrlagige Antennenanordnung so ausgebildet, daß die zwischen der zweiten und der dritten isolierenden Platte angeordnete Metallschicht die zweite und die dritte isolierende Platte miteinander verbindet.

[0023] Eine vorteilhafte Ausführungsform der aus mehreren isolierenden Platten aufgebauten Patch-Anordnung ist dadurch gekennzeichnet, daß die mit einer oder mehreren Metallschichten versehenen isolie-

renden Platten aus einem Leiterplattenbasismaterial mit einer Metallkaschierung bestehen. Die Verwendung von Standardmaterialien der Elektronik-Geräteindustrie sichert eine einfache und ökonomische Herstellung der Antennenanordnung. In vorteilhafter Weiterbildung dieser Ausführungsform ist auf der strukturierten Metallkaschierung des Leiterplattenbasismaterials eine isolierende Schutzschicht aufgebracht. Die Metallstrukturen sind zwischen dem isolierenden Basismaterial und der Schutzschicht eingehüllt und somit vor verschiedenen Umwelteinflüssen (z.B. Luftfeuchtigkeit) geschützt.

[0024] Eine bevorzugte ebene Ausführungsform der mehrlagigen Antennenanordnung, die beispielsweise zur Herstellung einer planaren Satellitenempfangsantenne verwendet werden kann, ist dadurch gekennzeichnet, daß die mit einer oder mehreren Metallschichten versehenen isolierenden Platten und die isolierenden Schichten (z.B. dicke Schaumstoffschichten) mechanisch mittels isolierender, durch Bohrungen der Platten bzw. Schichten hindurchgeführter Bolzen fest miteinander verbunden sind. Diese Anordnung gestattet eine einfache Montage der Antenne.

[0025] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0026] Im folgenden wird die Erfindung anhand von in der Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsformen näher beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

- Figur 1 eine schematische Explosivdarstellung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der mehrlagigen Antennenanordnung;
- Figur 2 eine weitere schematische Explosivdarstellung der in Figur 1 dargestellten Antennenanordnung;
- Figur 3 das Layout des bei der Antennenanordnung gemäß Figuren 1 und 2 verwendeten Patch-Elements;
- Figur 4 eine schematische Darstellung der Zuordnung der Speiseleitungen zu den Patch-Elementen; und
- Figur 5 eine schematische Darstellung der Stromverteilung über dem rechteckigen Patch-Element bei einer Anregung in einer Polarisationsrichtung.

[0027] Die in den Figuren 1 und 2 dargestellte mehrlagige Antennenanordnung besteht aus mehreren leitfähigen und isolierenden Schichten, wobei der überwiegende Teil der leitfähigen Schichten durch Strukturierung einer auf einer isolierenden Platte aufgetragenen Metallkaschierung hergestellt ist.

[0028] Figur 1 zeigt eine Ansicht, bei der die Oberseiten der Schichten dargestellt sind; Figur 2 zeigt die zugehörigen Unteransichten. Die mehrlagige Antennenanordnung 10 weist eine erste isolierende Platte 11 auf, auf deren Unterseite sich eine matrixförmige

Anordnung von rechteckigen Patch-Elementen 12 befindet. Die rechteckigen Patch-Elemente 12 sind durch eine übliche Strukturierungstechnik einer zuvor auf die isolierende Platte 11 aufgetragenen Metallschicht hergestellt. Als metallkaschierte isolierende Platte kann beispielsweise ein dünnes Leiterplattenbasismaterial FR4 oder eine mit einer Metallschicht versehene Kunststoffplatte aus Polyethylen, Polyester, Polyacryl, Polycarbonat, ABS, PVC oder einem Mischpolymer verwendet werden. Die auf der Unterseite der Platte 11 strukturierte Metallschicht kann darüber hinaus durch eine weitere schützende Kunststoffschicht abgedeckt sein. Die in den Figuren 1 und 2 als kleine Rechtecke dargestellten Patch-Elemente 12 weisen eine Substruktur auf, die unten anhand von Figur 3 näher erläutert wird.

[0029] Die Antennenanordnung 10 weist eine zweite isolierende Platte 13 auf, auf deren Oberseite (siehe Fig. 1) ein erstes Anregungssystem 14 aufgebracht ist, welches durch Strukturierung einer auf die Platte 13 aufgetragenen Metallschicht hergestellt ist. Das erste Anregungssystem 14 umfaßt Anregungselemente mit ersten Speiseleitungen 15, wobei jeweils eine Speiseleitung 15 einem Patch-Element 12 zugeordnet ist. Die ersten Speiseleitungen 15 sind so zu den Patch-Elementen 12 orientiert, daß sie an Signale einer ersten Polarisationsrichtung angepaßt sind.

[0030] Die Antennenanordnung 10 weist ferner eine dritte isolierende Platte 16 auf, auf deren Unterseite (siehe Fig. 2) ein zweites Anregungssystem 17 in ähnlicher Weise ausgebildet ist, wie das Anregungssystem 14 auf der Oberseite der isolierenden Platte 13. Das zweite Anregungssystem 17 umfaßt zweite Anregungselemente mit Speiseleitungen 18, wobei jeweils eine Speiseleitung 18 jedem Patch-Element 12 zugeordnet ist. Die Anregungselemente 18 des zweiten Anregungssystems 17 sind so orientiert, daß sie an Signale einer Polarisationsrichtung angepaßt sind, die zu der Polarisationsrichtung des ersten Anregungssystems 14 orthogonal ist. Vorzugsweise sind die Speiseleitungen 15 des ersten Anregungssystems 14 an horizontal polarisierte Signale angepaßt, während die Orientierung der Speiseleitungen 18 des zweiten Anregungssystems 17 an vertikal polarisierte Signale angepaßt ist. Die Orientierung der Speiseleitungen in Bezug auf die Patch-Elemente wird weiter unten anhand von Figur 4 näher beschrieben.

[0031] Es sei darauf hingewiesen, daß bei alternativen Ausführungsformen die Orientierungen der Anregungssysteme der isolierenden Platten 13 und 16 miteinander vertauscht werden können. Ebenso können die strukturierten Metallschichten auf den isolierenden Platten 11, 13 und 16 auch auf der jeweils entgegengesetzten Oberfläche aufgebracht sein. Schließlich sind bei bevorzugten Ausführungsformen die auf der Oberfläche der isolierenden Platten 13 und 16 aufgetragenen strukturierten Metallschichten durch jeweils eine weitere isolierende und schützende Kunst-

stoffschicht abgedeckt. Auch ist es möglich, jedem Patch-Element 12 nur eine Speiseleitung, entweder im Anregungssystem 14 oder im Anregungssystem 17, zuzuordnen, wobei benachbarten Patch-Elementen abwechselnd erste Speiseleitungen 15 und zweite Speiseleitungen 18 zugeordnet werden.

[0032] Die Anregungssysteme 14 und 17 enthalten neben den Speiseleitungen 15 und 18 jeweils Zuleitungssysteme, die sämtliche Anregungselemente mit einem Ausgangsanschluß der Antennenanordnung 10 koppeln. Hierbei sind eine Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten denkbar.

[0033] Die Antennenanordnung 10 weist ferner eine leitfähige Masseplatte 19 auf, welche einerseits eine rückseitige Abschirmfunktion erfüllt, andererseits von oben einfallende Signale reflektiert. Die Metallplatte 19 ist entweder als massive Metallplatte oder als Metallisierungsschicht auf einer isolierenden Platte ausgebildet. Bei alternativen Ausführungsformen kann die Metallplatte auch eine feine Gitterstruktur aufweisen, wobei der Gitterabstand deutlich unterhalb der Wellenlänge liegt.

[0034] Zwischen der das erste Anregungssystem 14 tragenden zweiten isolierenden Platte 13 und der das zweite Anregungssystem 17 tragenden dritten isolierenden Platte 16 ist eine weitere Metallisierung 20 angeordnet, die entweder als Metallplatte oder als Metallkaschierung auf der Unterseite der zweiten isolierenden Platte 13 oder auf der Oberseite der dritten isolierenden Platte 16 oder als die zweite isolierende Platte 13 und die dritte isolierende Platte 16 verbindende Zwischenschicht ausgebildet ist. Die zweite und dritte isolierende Platte einschließlich der Metallisierungsebenen des ersten Anregungssystems 14, der Schicht 20 und des zweiten Anregungssystems 17 können eine mehrlagige Platte bilden, die beispielsweise aus einem dreilagigen Leiterplattenbasismaterial hergestellt ist. Die Metallisierungsschicht 20 weist in Zuordnung zu jedem Patch-Element 12 Kreuzschlitze 21 auf. Die Kreuzschlitze 21 bestehen jeweils aus einem in einer ersten Richtung ausgebildeten Schlitz, der genau hinter einer ersten Speiseleitung 15 angeordnet ist und einem in einer zweiten Richtung ausgebildeten Schlitz, der kongruent vor einer Speiseleitung 18 angeordnet ist. Die Länge der Schlitze hängt von der Resonanzfrequenz und der Dimensionierung der Speiseleitungen ab; die Breite der Kreuzschlitze 21 ist auf die Streifenleiter der Speiseleitungen 15 bzw. 18 abgestimmt, wobei in die Dimensionierung der Kreuzschlitze die Abstände der Metallisierungsebenen voneinander und die Eigenschaften der dielektrischen Materialien einfließen. Die zwischen den Anregungssystemen 14 und 17 angeordnete Masse-Metallisierungsebene 20 minimiert jegliche elektromagnetische Kopplung außerhalb der Speiseleitungen 15 und 18. Aufgrund der zueinander orthogonalen Richtungen der beiden den Kreuzschlitz bildenden Schlitze und ihrer kongruenten Zuordnung zu den Anregungssystemen wird die Kreuz-

polarisationsentkopplung erhöht.

[0035] Bei alternativen Ausführungsformen kann eine alternative oder zusätzliche abschirmende Metallschicht mit Schlitzen zwischen den Patch-Elementen und den Anregungssystemen angeordnet sein.

[0036] Zwischen der ersten isolierenden Platte 11 und der zweiten isolierenden Platte 13 ist eine isolierende Schicht 22 angeordnet. Die isolierende Schicht ist im Vergleich zu den isolierenden Platten 11, 13 und 16 relativ dick und besteht aus einem Material mit einer relativen Dielektrizitätskonstante ϵ_r von weniger als 1,2. Ein solches Material stellt beispielsweise ein geschäumter Kunststoff mit einer 5-fachen oder einer höheren Aufschäumrate dar. Die isolierende Schicht 22 dient nicht nur der elektrischen Isolation zwischen den Patch-Elementen 12 und dem Anregungssystem 14, sie schafft auch eine Beabstandung zwischen den Patch-Elementen und den Anregungssystemen, die zu einer Erhöhung der Bandbreite führt. Eine ähnliche isolierende Schicht 23 ist zwischen der das zweite Anregungssystem 17 tragenden isolierenden Platte 16 und der Masseplatte 19 angeordnet. Die Schicht 23 besteht vorzugsweise aus demselben Material wie die Schicht 22. Die Schichtdicke der Schicht 23 beeinflusst auch die Bandbreite und die Kreuzpolarisationsentkopplung.

[0037] Die Antennenanordnung 10 wird aufgebaut, indem die Masseplatte 19, die isolierende Schicht 23, die isolierenden Platten 16 und 13, die isolierende Schicht 22 und die isolierende Platte 11 aufeinander gestapelt und mit Hilfe von Schrauben oder Bolzen fest miteinander verbunden werden. Die Schrauben oder Bolzen sind dabei durch Bohrungen geführt, welche vorzugsweise im Randbereich bzw. außerhalb der Anregungssysteme 20 und 21 eingebracht sind. Der so hergestellte Schichtaufbau kann in ein Wetterschutzgehäuse eingebaut werden, um die Antenne für den Außeneinsatz auszurüsten.

[0038] Die Auskopplung der empfangenen Signale erfolgt für jedes Anregungssystem getrennt mittels elektromagnetischer Kopplung über einen zentral auf der Rückseite des Antennenschichtaufbaus aufgebrachten und elektrisch mit der Masseplatte 19 verbundenen Hohlleiter auf einen Down-Konverter. Die konvertierten Nutzsignale werden dann über Koaxialkabel an das entsprechende Empfangssystem weitergeleitet.

[0039] Obwohl die in Figur 1 und 2 dargestellten Schichten eben sind, ist es bei alternativen Ausführungsformen möglich, die Schichten als gekrümmte Oberflächen auszubilden. Beispielsweise können die Schichten jeweils eine Zylinderstruktur aufweisen. Die gegenseitige Überdeckung der Patch-Elemente, der Speiseleitungen und der Kreuzschlitze muß jedoch gewährleistet bleiben, d.h. der Krümmungsradius der gekrümmten Flächen ist wesentlich größer als die Gesamtdicke des Schichtaufbaus.

[0040] Figur 3 zeigt die Substruktur des erfindungsgemäßen Patch-Elements. Das Patch-Element 12 hat

eine im wesentlichen rechteckige Kontur. Parallel zu den Außenkanten 24A, 24B, 25A und 25B sind rechteckige Ausnehmungen 26 matrixartig in Zeilen und Spalten angeordnet. Weitere Ausnehmungen 27 sind derart auf dem Umfangsrand des Patch-Elements 12 angeordnet, daß eine mäanderförmige Außenkontur entsteht. Anders betrachtet, wird die verbleibende Metallschicht des Patch-Elements 12 aus mehreren in einer ersten Richtung verlaufenden Streifenleitungen 28 und mehreren in einer zur ersten Richtung orthogonalen zweiten Richtung verlaufenden zweiten Streifenleitungen 29 gebildet.

[0041] Bei der in Figur 3 dargestellten bevorzugten Ausführungsform wird das Patch-Element 12 von jeweils sechs zueinander rechtwinklig verlaufenden Streifenleitungen 28 und 29 gebildet. Die sechs Streifenleitungen 28 sind von gleicher Breite, der Breite b_1 ; die sechs dazu quer verlaufenden Streifenleitungen 29 haben die Breite b_2 . Der Abstand a_1 zwischen den Streifenleitungen 28 entspricht der Breite der Ausnehmungen 26 in der zweiten Richtung; der Abstand a_2 zwischen den Streifenleitungen 29 entspricht der Breite der Ausnehmungen 26 in der ersten Richtung. Die jeweils äußeren Streifenleitungen 28 sind gegenüber den äußeren Rändern 25A und 25B der Rechteckkontur des Patch-Elements 12 eingerückt, ebenso wie die jeweils außen liegenden Streifenleitungen 29 gegenüber der Außenkontur 24A und 24B eingerückt sind. Dadurch werden Ausnehmungen 27 entlang der Außenkontur gebildet. Die in Figur 3 dargestellte gitterförmige Struktur kann in einer Metallisierungsebene, beispielsweise durch Herausätzen der Ausnehmungen 26 und 27 gebildet sein. Alternativ kann diese Struktur mittels zweier übereinanderliegender und nacheinander hergestellter Metallschichten erzeugt werden, wobei in der ersten Metallschicht die Streifenleitungen 28 und in der zweiten Metallschicht die Streifenleitungen 29 ausgebildet sind. Im letztgenannten Fall sind die Streifenleitungen 28 und 29 an der Fläche ihrer gegenseitigen Überlappung miteinander elektrisch verbunden.

[0042] Das in Figur 3 dargestellte bevorzugte Ausführungsbeispiel weist jeweils sechs Streifenleitungen 28 und 29 auf. Eine solche Anzahl hat sich im Frequenzbereich von 10,7 bis 12,75 GHz bei der in den Figuren 1 und 2 dargestellten konstruktiven Gestaltung als vorteilhaft erwiesen. Die Anzahl, Beabstandung und Breite der Streifenleitungen 28 und 29 hängen vom Frequenzbereich sowie vom Schichtaufbau, insbesondere vom gegenseitigen Abstand der einzelnen in Figur 1 dargestellten Schichten und den Dielektrizitätskonstanten der Schichten, ab. Bei alternativen Ausführungsformen können auch mehr oder weniger Streifenleitungen verwendet werden. Auch ist eine Ausbildung des Patch-Elements 12 denkbar, bei der die Ausnehmungen 26 und 27 kreisförmige Begrenzungen aufweisen. Auch kann eine nicht-äquidistante Anordnung der Ausnehmungen gewählt werden.

[0043] Figur 4 zeigt die Zuordnung der Speiselei-

tungen 15 und 18 zu den Patch-Elementen 12. Sowohl die Speiseleitungen 18 als auch die Speiseleitungen 15 verlaufen unter den zugehörigen Patch-Elementen 12 mittig, so daß die Speiseleitungen 18 unter dem Patch-Element 12 an einem Punkt V hervortreten, wobei V der Mittelpunkt einer Seitenkante des rechteckigen Patch-Elements 12 ist. Ebenso treten die Speiseleitungen 15 an einem Punkt H unter dem Patch-Element 12 hervor, wobei H der Mittelpunkt der anderen Seitenkante des rechteckigen Patch-Elements 12 ist. Bei der in Figur 4 anhand von vier Patch-Elementen dargestellten Anordnung koppeln die beiden Anregungssysteme 17 und 14 zueinander orthogonal linear polarisierte Signalanteile aus.

[0044] Bei alternativen Ausführungsformen ist es denkbar, daß die Speiseleitungen 18 und 15 durch die Eckpunkte R bzw. L der rechteckigen Patch-Elemente 12 verlaufen. Dann können die Anregungssysteme 14 bzw. 17 an entgegengesetzt zirkular polarisierte Signale angepaßt werden. In diesem Fall ist eine entsprechende Anpassung der Substruktur des Patch-Elements 12 (Fig. 3) erforderlich.

[0045] Figur 5 stellt die Stromverteilung in einem rechteckigen Patch-Element 12 dar, die sich ergibt, wenn das Patch-Element 12 mit einem linear polarisierten Signal beaufschlagt wird, dessen Polarisationsrichtung parallel zur Richtung der seitlichen Begrenzungen 25A und 25B liegt.

30 Patentansprüche

1. Mehrlagige Antennenanordnung (10) mit

wenigstens einem in einer ersten leitfähigen Schicht ausgebildeten Patch-Element (12), dem in einer zweiten leitfähigen Schicht ein erstes Anregungselement und in einer dritten leitfähigen Schicht ein zweites Anregungselement zugeordnet sind, wobei das erste Anregungselement eine in einer ersten Richtung orientierte erste Speiseleitung (15) und das zweite Anregungselement eine in einer zur ersten Richtung orthogonalen zweiten Richtung orientierte zweite Speiseleitung (18) umfaßt, wobei jede Speiseleitung (15, 18) zum zugehörigen Patch-Element (12) ausgerichtet und mit ihm elektromagnetisch gekoppelt ist, und wobei die erste leitfähige Schicht in dem wenigstens einen Patch-Element (12) eine Mehrzahl von entlang der ersten Richtung und entlang der zweiten Richtung matrixartig angeordneten Ausnehmungen (26, 27) aufweist.

55 2. Mehrlagige Antennenanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das wenigstens eine Patch-Element (12) von rechteckiger Form mit in der ersten bzw. zweiten Richtung verlaufenden

äußeren Begrenzungen (24, 25) ist und N*M Ausnehmungen (26, 27) aufweist, wobei jeweils N Ausnehmungen in der ersten Richtung und jeweils M Ausnehmungen in der zweiten Richtung hintereinander angeordnet sind.

5

3. Mehrlagige Antennenanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (26, 27) im wesentlichen rechteckig sind, wobei deren Begrenzungskanten in der ersten bzw. zweiten Richtung verlaufen. 10
4. Mehrlagige Antennenanordnung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die N Ausnehmungen in der ersten Richtung und die M Ausnehmungen in der zweiten Richtung hintereinander in jeweils gleichen Abständen zueinander angeordnet sind. 15
5. Mehrlagige Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, daß das wenigstens eine Patch-Element (12) eine gitterartige Struktur hat, die von einer ersten Anzahl von in der ersten Richtung parallel verlaufenden erster Streifenleitern (28) und einer zweiten Anzahl von in der zweiten Richtung parallel verlaufenden und mit den ersten Streifenleitern (28) verbundenen zweiten Streifenleitern (29) gebildet ist. 20 25
6. Mehrlagige Antennenanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Streifenleiter (28) mit den zweiten Streifenleitern (29) an der gesamten Fläche der gegenseitigen Überlappung verbunden sind. 30 35
7. Mehrlagige Antennenanordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und die zweiten Streifenleiter (28, 29) jeweils von gleicher Breite (b1, b2) und Länge sind und in gleichem Abstand (a1, a2) zueinander angeordnet sind. 40
8. Mehrlagige Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 5 - 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und/oder die zweite Anzahl vier bis acht, vorzugsweise jeweils sechs ist. 45
9. Mehrlagige Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 5 - 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite (b1, b2) der Streifenleiter (28, 29) das 5- bis 12-fache, vorzugsweise das 10-fache des Abstands (a1, a2) der Streifenleiter ist, beträgt. 50
10. Mehrlagige Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 1 - 9, dadurch gekennzeichnet, 55

daß die erste, die zweite und die dritte leitfähige Schicht vor einer vierten, unstrukturierten

leitfähigen Schicht (19) angeordnet sind, wobei die vierte leitfähige Schicht eine Masseplatte bildet, und

daß die zweite und die dritte leitfähige Schicht hinter der ersten leitfähigen Schicht angeordnet sind.

11. Mehrlagige Antennenanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,

daß hinter der zweiten und vor der dritten leitfähigen Schicht eine fünfte leitfähige Schicht (20) angeordnet ist, welche in Zuordnung zu jedem der wenigstens einen Patch-Elemente (12) eine im wesentlichen kongruent hinter der ersten Speiseleitung (15) angeordnete erste schlitzartige Öffnung und eine im wesentlichen kongruent vor der zweiten Speiseleitung (18) angeordnete zweite schlitzartige Öffnung aufweist.

12. Mehrlagige Antennenanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und die zweite Speiseleitung jeweils zu einer Mittellinie eines zugehörigen rechteckigen Patch-Elements ausgerichtet sind, so daß die erste und die zweite schlitzartige Öffnung eine Kreuzschlitzöffnung (21) bilden.

13. Mehrlagige Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 10 - 12, dadurch gekennzeichnet,

daß die erste leitfähige Schicht eine auf einer der Masseplatte (19) zugewandten Rückseite einer ersten isolierenden Platte (11) aufgebrachte Metallschicht ist, daß die zweite leitfähige Schicht eine auf einer der Masseplatte (19) abgewandten Oberseite einer zweiten isolierenden Platte (13) aufgebrachte Metallschicht ist, und daß die Metallschichten der ersten und der zweiten isolierenden Platte durch eine erste isolierende Schicht (22) getrennt und beabstandet sind.

14. Mehrlagige Antennenanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die erste isolierende Schicht (22) eine Schaumstoffschicht mit einer relativen Dielektrizitätskonstante von weniger als 1,2 ist, deren Dicke größer als die Dicke der ersten und zweiten isolierenden Platte ist.

15. Mehrlagige Antennenanordnung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet,

daß die dritte leitfähige Schicht eine auf einer der Masseplatte (19) zugewandten Rückseite einer dritten isolierenden Platte (16) aufge-

brachte Metallschicht ist, und
daß die Metallschicht der dritten isolierenden
Platte und die Masseplatte durch eine zweite
isolierende Schicht (23) getrennt sind.

5

16. Mehrlagige Antennenanordnung nach Anspruch
15, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite isolie-
rende Schicht (23) eine Schaumstoffschicht mit
einer relativen Dielektrizitätskonstante von weniger
als 1,2 ist, deren Dicke größer als die Dicke der drit- 10
ten isolierenden Platte ist.

17. Mehrlagige Antennenanordnung nach Anspruch 15
oder 16, dadurch gekennzeichnet,

15

daß hinter der Metallschicht der zweiten isolie-
renden Platte und vor der Metallschicht der
dritten isolierenden Platte eine auf einer der
Masseplatte zugewandten Rückseite der zwei-
ten und/oder auf einer der Masseplatte abge- 20
wandten Oberseite der dritten isolierenden
Platte aufgebrachte Metallschicht (20) ange-
ordnet ist, welche in Zuordnung zu jedem der
wenigstens einen Patch-Elemente (12) eine im
wesentlichen kongruent hinter der ersten Spei- 25
seleitung (15) angeordnete erste schlitzzartige
Öffnung und eine im wesentlichen kongruent
vor der zweiten Speiseleitung (18) angeord-
nete zweite schlitzzartige Öffnung aufweist.

30

18. Mehrlagige Antennenanordnung nach Anspruch
17, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen der
zweiten und dritten isolierenden Platte angeordnete
Metallschicht (20) die zweite und die dritte isolie- 35
rende Platte (13, 16) verbindet.

19. Mehrlagige Antennenanordnung nach einem der
Ansprüche 13 - 18, dadurch gekennzeichnet, daß
die mit einer oder mehreren Metallschichten verse-
henen isolierenden Platten (11, 13, 16) aus einem 40
Leiterplattenbasismaterial mit einer Metallkaschie-
rung bestehen.

20. Mehrlagige Antennenanordnung nach Anspruch
19, dadurch gekennzeichnet, daß auf der struktu- 45
rierten Metallkaschierung des Leiterplattenbasis-
materials eine isolierende Schutzschicht
aufgebracht ist.

21. Mehrlagige Antennenanordnung nach einem der 50
Ansprüche 13 - 20, dadurch gekennzeichnet, daß
die mit einer oder mehreren Metallschichten verse-
henen isolierenden Platten (11, 13, 16) und die iso-
lierende(n) Schicht(en) (22, 23) mechanisch mittels
isolierender, durch Bohrungen der Platten bzw. 55
Schichten hindurchgeführter Bolzen fest miteinan-
der verbunden sind.

Fig.1

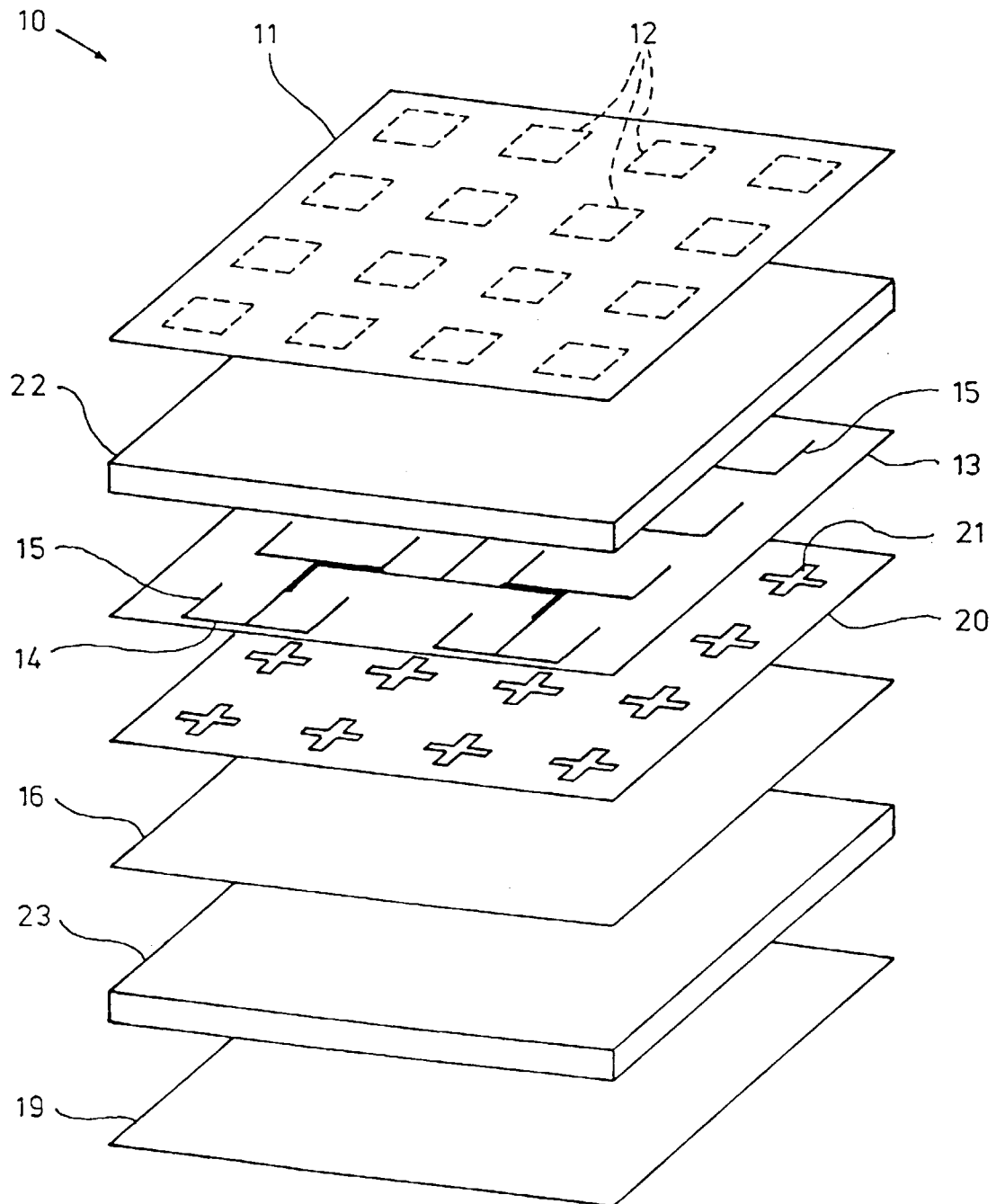
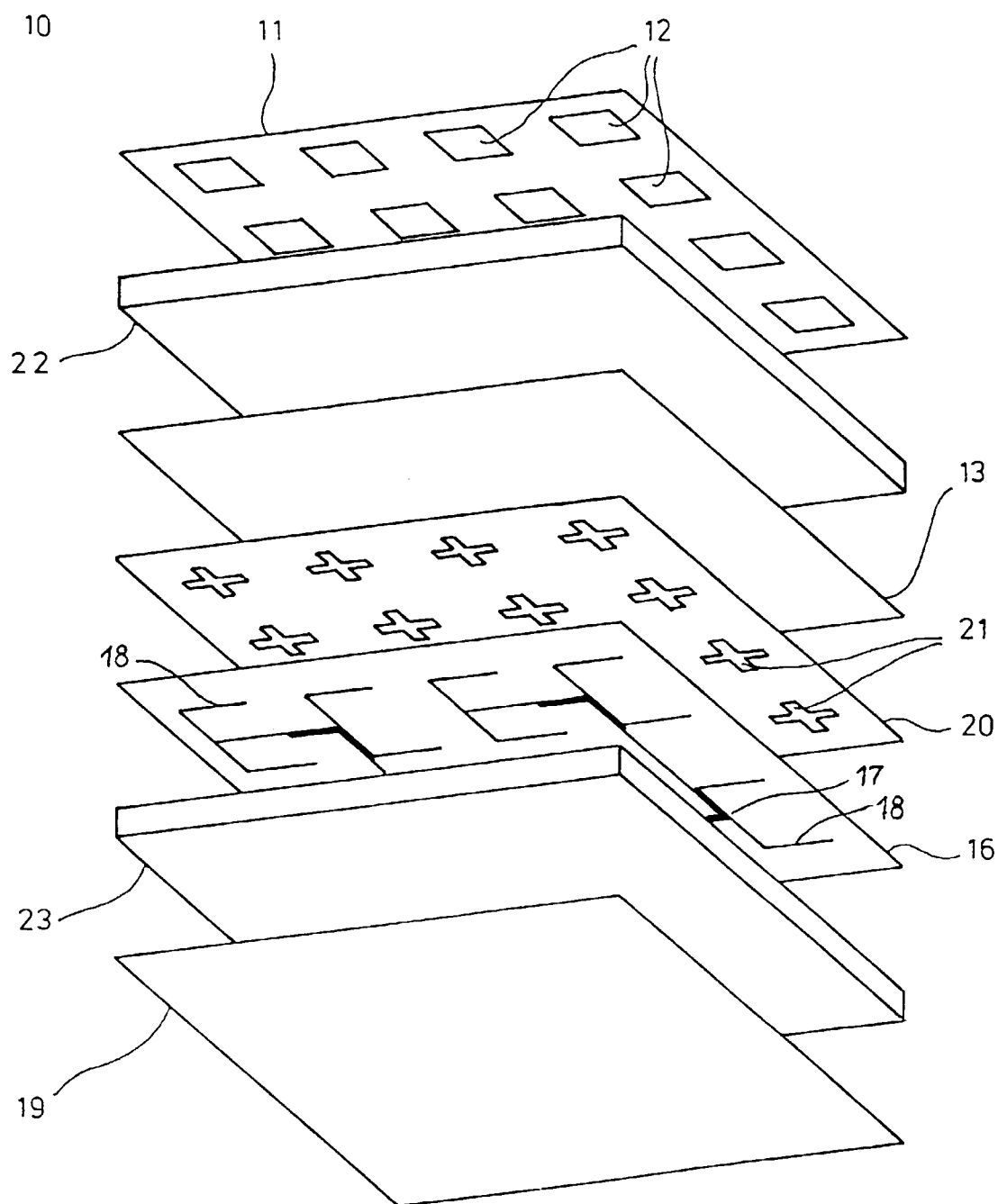
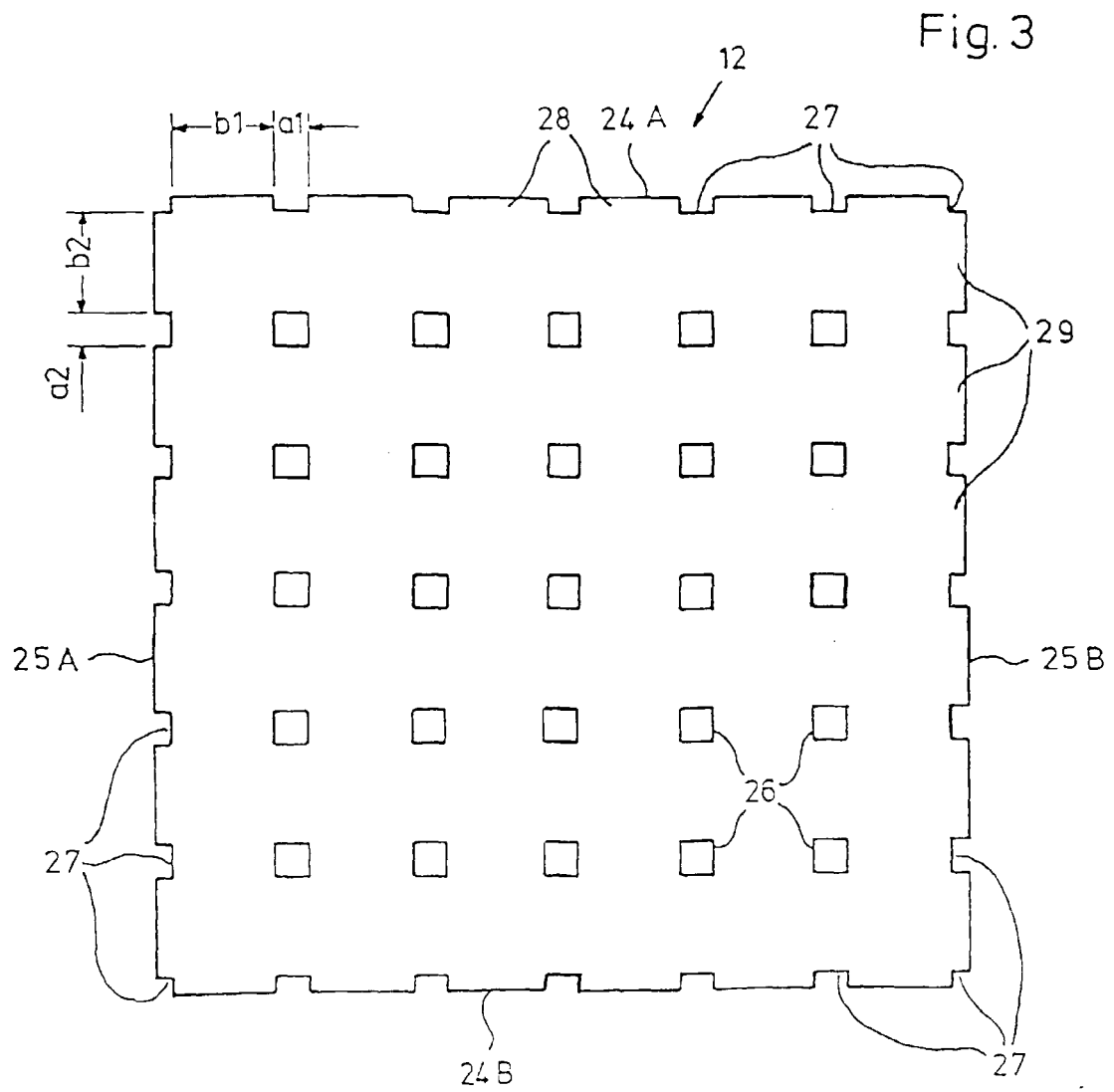


Fig.2





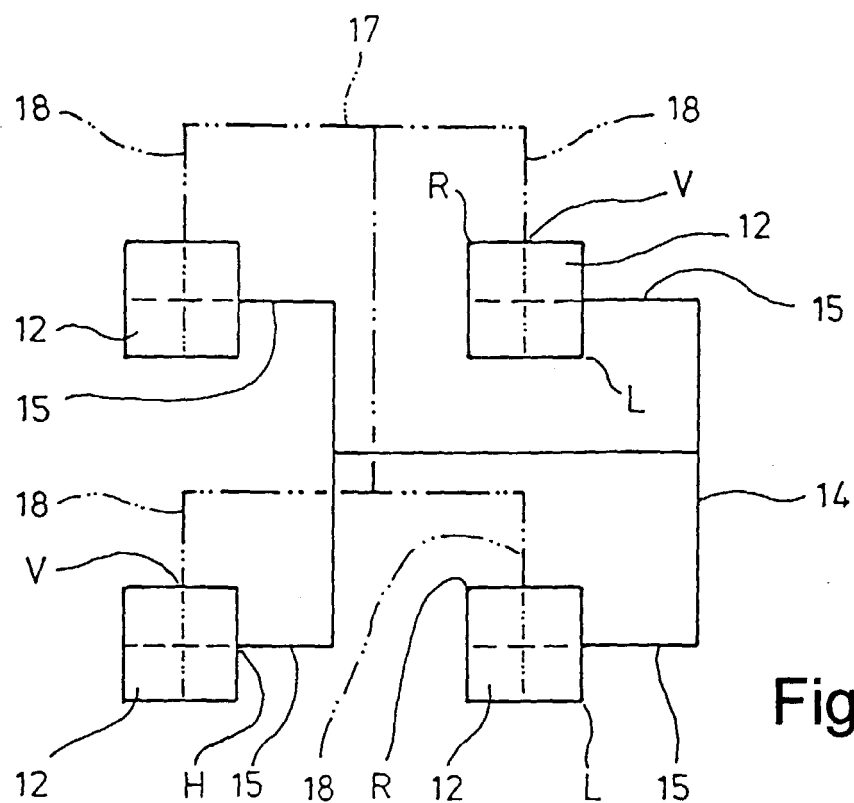


Fig. 4

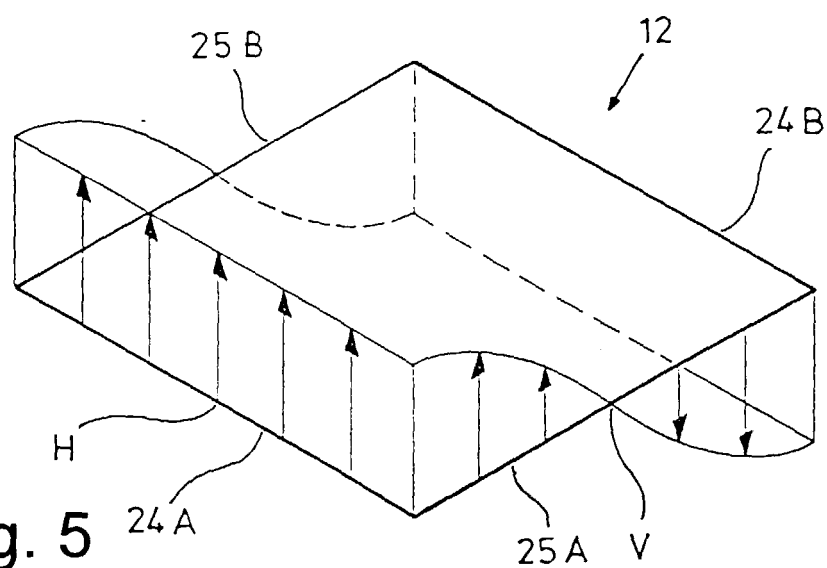


Fig. 5