



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 31 193 T2** 2008.08.07

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 366 539 B1**  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 31 193.0**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP01/02249**  
(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 936 055.1**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/069440**  
(86) PCT-Anmeldetag: **28.02.2001**  
(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **06.09.2002**  
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.12.2003**  
(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **31.10.2007**  
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.08.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01P 5/18** (2006.01)  
**H01P 1/203** (2006.01)  
**H01L 23/64** (2006.01)  
**H01P 1/00** (2006.01)  
**H01L 23/538** (2006.01)

(73) Patentinhaber:  
**Nokia Corp., Espoo, FI**

(74) Vertreter:  
**TBK-Patent, 80336 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:  
**AL-TAEI, Sarmad, Sandhurst, Berkshire GU47  
9RD, GB; PASSIOPOULOS, George, Camberley,  
Surrey GU15 4HQ, GB; ZADEH, Mahmoud, Palo  
Alto, CA 94304, US; LAMACRAFT, Kevin,  
Twickham, Middlesex TW2 6SW, GB; LANE, Phil,  
St. Albans, Hertfordshire AL1 5DL, GB**

(54) Bezeichnung: **KOPPLUNGSEINRICHTUNG MIT INNENKONDENSATOREN IN EINEM MEHRSCICHTSUBSTRAT**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Kopplungseinrichtung. Vor allem bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Kopplungseinrichtung, die durch einen Herstellungsprozess einer integrierten Mehrschichtschaltungs-Technologie erhalten wird.

### Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Kopplungseinrichtungen (als Koppler bezeichnet) allgemein, wie etwa z. B. 3 dB-Hybridkoppler, sind notwendige Schaltungskomponenten, die immer mehr für Hochleistungsanwendungen in verschiedenen Schaltungen, wie etwa Hochfrequenz-Mischer, Verstärker und Modulatoren verwendet werden. Zusätzlich können diese in einer Reihe von anderen Unterstützungsfunktionen verwendet werden, wie etwa solchen, auf die man bei allgemeiner RF-Signal- und Amplitudenkonditionierung und bei Fehlersignal-Abfragesystemen trifft.

**[0003]** Der Ausdruck „Hybrid“ bedeutet in Verbindung mit Kopplern eine gleichmäßige Leistungsaufteilung zwischen zwei (Ausgangs-)Anschlüssen des Kopplers bezüglich eines Eingangs-Anschlusses. Deshalb ist ein 3 dB-Koppler ein „Hybrid“, weil:

$$10 \log(\text{Power}_{\text{out}}/\text{Power}_{\text{in}}) = -3 \text{ dB}$$

$$\text{Power}_{\text{out}}/\text{Power}_{\text{in}} = 10^{(-3/10)} = 0,5$$

**[0004]** Somit beträgt die Ausgangsleistung  $\text{Power}_{\text{out}}$  eines Ausgangs-Anschlusses die Hälfte (-3 dB) der Eingangsleistung  $\text{Power}_{\text{in}}$ , wobei die andere Hälfte bei dem anderen Ausgangs-Anschluss auftritt. Wenn wir [Fig. 1](#) in Betracht ziehen (wird später detaillierter erklärt) und annehmen, dass Anschluss P1 der Eingangs-Anschluss ist, dann ist Anschluss P4 als der gekoppelte Anschluss zu betrachten, und Anschluss P2 ist als der direkte Anschluss zu betrachten, wobei eine Hälfte der Eingangsleistung von jedem der Ausgangs-Anschlüsse ausgegeben wird. Anschluss P3 ist als von Anschluss P1 isoliert zu betrachten. Es sei angemerkt, dass der Ausgang an dem gekoppelten Anschluss eine von der Kopplungslänge abhängende Phasenverschiebung erfahren wird, während der Ausgang an dem direkten Anschluss keine Phasenverschiebung (bezüglich dem Eingang an dem Eingangs-Anschluss zur Verfügung gestellten Eingang) erfahren wird.

**[0005]** Die Verwendung von Kopplern in dem 1–5 GHz-Bereich fand bei einer Implementierung in die PCB-Technologie (PCB = Printed Circuit Board) dennoch auf Kosten von großen für solche Koppler benötigten Besetzungsgebieten und Herstellungstole-

ranz-Probleme, die aus einer knappen Spaltdimensionierung für einen 3-dB-Kopplungsbetrieb hervorgehen, statt. Genauer gesagt, ist es notwendig, einen Spalt zwischen Kopplungsleitungen eines Kopplers mit den entworfenen Dimensionen exakt bereitzustellen, wenn ein Koppler in PCB-Technologie implementiert wird, weil andernfalls der Koppler nicht richtig funktionieren wird.

**[0006]** Was Herstellungsbelange betrifft, so wurden Schmalband-Äquivalente, wie etwa Abzweigleitungskoppler, verwendet, die sogar noch mehr die Größe der Schaltung beeinträchtigen. Es wurden andere Alternativen verwendet, wie etwa SMD-Typ-(SMD = Surface Mounted Device)Hybridkoppler, die bessere Größenverhältnisse bieten, aber immer noch ziemlich groß für zukünftige Systeme von kleiner Größe mit erhöhter Funktionalität sind. Oftmals benötigen Koppler des SMD-Komponenten-Typs zusätzliche externe Abstimmungskomponenten, um deren Leistung bezüglich Isolierung und Abstimmung, wie auch Amplituden- und Phasenausgleichung zu optimieren, und beeinträchtigen deshalb sogar weiterhin den Schaltungsbereich. Mit anderen Worten ausgedrückt erhöht das Bereitstellen von extern bereitgestellten SMD-Komponenten für Abstimmungszwecke weiterhin die gesamte Größe des Kopplers und benötigt zusätzliche Lötprozesse zum Löten der extern bereitgestellten SMD-Komponenten. Die erhöhte Verwendung von SMD-Komponenten erhöht Kosten, und die Verwendung von Lötverbindungen beeinträchtigt die Umweltverträglichkeit und vermindert die Zuverlässigkeit eines hergestellten Subsystem-Moduls, weil jede Lötverbindung eine potentielle Fehlerquelle darstellt.

**[0007]** Ebenso wurde die Streifenleitungstechnologie für den Entwurf von Hochleistungskopplern verwendet, aber diese leidet unter der Notwendigkeit, größere Volumen/Größen für eine vorgegebene Komponente aufzunehmen, was zusätzlich höhere Materialkosten verursacht.

**[0008]** Eine geringe Verlustleistung kann besonders bei LNA-Entwürfen (LNA = Low Noise Amplifier), wie auch bei hocheffizienten Leistungsverstärkungs- und Linearisierungsanwendungen, ein Thema sein. Für solche Anwendungen ist die dB-Verlustleistung ein kritisches Thema. Aktuelle Entwürfe weisen typischerweise 0,3 dB Verlustleistung pro Koppler auf.

**[0009]** Um die vorstehenden Probleme zu beheben und die Leistungserfordernisse von zukünftigen verkleinerten Schaltungssystemen zu behandeln, werden Breitbandkoppler benötigt, die hinsichtlich Isolierung, Abstimmung und Amplituden- und Phasenausgleichung zusätzlich resistent gegen Herstellungstoleranzen und viel kleiner als ihre Vorgänger sind.

**[0010]** Die Größe kann sowohl durch Verwendung einer geeigneten Integrierungstechnologie als auch einer Schaltungsverkleinerungstechnik vermindert werden. Integrierte Mehrschichtschaltungen, wie etwa keramische LTCC/HTCC-(LTCC = Low Temperature Cofired Ceramics, HTCC = High Temperature Cofired Ceramics) Mehrschichttechnologien wurden als eine Technologie mit großem Verkleinerungspotential identifiziert, weil dreidimensionale Entwurfsflexibilität mit keramischen Materialien mit hoher dielektrischen Konstante ( $\epsilon$ ) kombiniert wird. Verlustleistung wird sowohl durch die sorgfältige Wahl von Materialien und Schaltungsgeometrie, als auch der Topologie ermöglicht. Eine Isolierungs-/Abstimmungs- und Amplituden- und Phasenausgleichsleistung kann durch Verwendung einer geeigneten Schaltungsmethode oder Geometrie optimiert werden.

**[0011]** Das US Patentdokument US-A-5 745 017 offenbart ein Dickfilm-Konstrukt zur Quadraturübersetzung von RF-Signalen, wobei jedes derartige Dickfilm-Konstrukt ein Zellelement und/oder ein individuelles Modul repräsentiert, das kombiniert werden kann, um einen Koppler, Mischer und/oder Modulator zu erhalten.

**[0012]** [Fig. 1](#) zeigt ein äquivalentes Schaltungsdiagramm eines herkömmlich bekannten Kopplers. Grundsätzlich besteht eine Kopplungseinrichtung aus einem Paar an gekoppelten Leitungen **3a**, **3b**. Jede Leitung hat zwei Anschlüsse zum Eingeben/Ausgeben von zu koppelnden elektrischen und/oder elektromagnetischen Signalen. Deshalb hat die Leitung **3a**, wie in [Fig. 1](#) gezeigt, Anschlüsse P1, P2, während die Leitung **3b** Anschlüsse P3, P4 hat. Jeder Anschluss P1 bis P4 ist mit einer Abschlussimpedanz  $Z_0$  abgeschlossen. In einem 50 Ohm-System ist der Wert von  $Z_0$  auf 50 Ohm eingestellt. Die Leitungen **3a**, **3b** haben gleiche Länge, was im Sinne der Wellenlänge, für die der Koppler ausgelegt ist, zum Ausdruck gebracht wird. Der Parameter  $l_e^\circ$  kennzeichnet die elektrische Länge des Kopplers, die in Grad ( $^\circ$ ) gemessen wird. Für den Koppler, der in [Fig. 1](#) gezeigt wird, wird z. B. die Länge zu  $\lambda/4$  angenommen, wobei  $\lambda$  die Mittenfrequenz des Betriebs darstellt, für den der Koppler entworfen ist. Deshalb wird in einem solchen Fall ein Signal, das in den Koppler an Anschluss P1 gespeist und als eine Referenz verwendet wird, zu dem Anschluss P4 mit dessen verschobener Phase (angezeigt durch „ $-90^\circ$ “) gekoppelt. Der Anschluss P3 ist von Anschluss P1 isoliert, was bedeutet, dass keine Leistung Anschluss P3 von Anschluss P1 erreicht. Das Signal an Anschluss P2 (der direkte Anschluss) wird bezüglich des Signaleingangs an Anschluss P1, wie durch  $0^\circ$  angezeigt, nicht verschoben. Es sei angemerkt, dass im Falle eines 3 dB-Kopplers als ein Beispiel der Leistungseingang an Anschluss P1 zwischen den Anschlüssen P2 (direkter Anschluss) und P4 (gekoppelter Anschluss) aufgeteilt ist. Dennoch sind andere

Leitungslängen, wie etwa  $\lambda/2$ , oder ungerade Vielfache von  $\lambda/4$ , wie etwa  $3\lambda/4$ , möglich. Die Leitungen können auch unterschiedliche Längen haben, während in einem solchen Fall nur die Länge der Leitungen eine effektive Kopplungslänge (elektrische Länge  $l_e$  in  $^\circ$ ) repräsentiert, über die sich die Leitungen gegenüberliegen. Der Koppler, d. h. die Kopplungsleitungen können bezüglich der geraden und ungeraden Ausbreitungsmoden von elektromagnetischen Wellen, die dort hindurchwandern und ihrer jeweiligen charakteristischen Impedanzen  $Z_{0o}$ ,  $Z_{0e}$  und Phasengeschwindigkeiten  $u_{0e}$  und  $u_{0o}$  und der elektrischen Länge  $l_e$  der Kopplungsleitungen beschrieben werden.

**[0013]** Bei 3 dB-Kopplung in einem 50 Ohm-System soll man die Leitungen derart entwerfen, dass sie Impedanzwerte  $Z_{0o}$  und  $Z_{0e}$  von 20,7 und entsprechend 120,7 Ohm haben. Die vorstehende Anordnung nimmt jedoch gleiche Phasengeschwindigkeiten für die geraden und die ungeraden Moden an, d. h.  $u_{0e} = u_{0o}$ .

**[0014]** Falls die Phasengeschwindigkeiten der zwei Moden (gerade und ungerade Mode) ungleich sind, wird dann die Isolierung und Abstimmung an die Mittenfrequenz des Betriebs in Mitleidenschaft gezogen. Genauer gesagt, sind die unerwünschten ungleichen Phasengeschwindigkeiten typisch für alle Übertragungsleitungen, die nicht grundsätzlich TEM („Transverse-Electro-Magnetic“: Transversal Elektromagnetisch) sind, was oftmals als Quasi-TEM Übertragungsleitungen bezeichnet wird, wie etwa z. B. eine Mikrostreifenleitung. Dies ist ausnahmslos bei den meisten Kopplern der Fall, die ein Mikrostreifenleitungspaar verwenden.

**[0015]** Das Problem von ungleichen Phasengeschwindigkeiten kann durch die Verwendung von richtigen TEM-Übertragungsleitungen, wie etwa gekoppelte Streifenleitungen, verhindert werden. In einem solchen Fall wird jedoch zumindest eine zusätzliche Metallisierungsschicht benötigt, die wegen damit verbundener Kosten nicht gewünscht ist.

**[0016]** [Fig. 7](#) zeigt in einem groben Entwurf den Unterschied zwischen einer Streifenleitungs- und entsprechend einer Mikrostreifenleitungsanordnung. Der linksseitige Anteil von [Fig. 7](#) zeigt eine Streifenleitungsanordnung, während der rechtsseitige Anteil eine Mikrostreifenleitungsanordnung zeigt. Es ist eine wichtige Eigenschaft von irgendwelchen verlustlosen Zweileiter-Übertragungsleitungen (Kopplungsleitungen), die in einem einheitlichen dielektrischen Substrat (homogenes und/oder symmetrisches Substrat) angeordnet sind, dass sie eine reine TEM-Moden-Ausbreitung unterstützen. Ein gebräuchliches Beispiel dieser Leitungstypen ist eine STREIFENLEITUNG, wie im linken Anteil von [Fig. 7](#) gezeigt. Falls jedoch eine Übertragungsleitung in einem inhomoge-

nen (und/oder nicht-symmetrischen) dielektrischen Substrat angeordnet ist, kann sie nicht länger eine reine TEM-Ausbreitung unterstützen, weil sich die elektromagnetische Welle nun hauptsächlich innerhalb des Substrats ausbreitet, aber ein Teil der Welle nun in der Lage ist, sich auch in Luft auszubreiten. Das gebräuchlichste Beispiel diesbezüglich ist ein MIKROSTREIFEN, der auch im rechten Anteil von [Fig. 7](#) gezeigt wird. Streifenleitungskoppler sind in einem homogenen Substrat eingeschlossen, in dem die elektromagnetischen Felder der Koppler innerhalb des Substrats durch die zwei Grundflächen (leitende Schichten) begrenzt sind. Während für eine Mikrostriifenleitung die elektromagnetische Ausbreitung hauptsächlich innerhalb des Substrats stattfindet (tatsächlich breitet sich die meiste Leistung innerhalb des Substrats aus), breitet sich allerdings ein Teil der Leistung außerhalb des Substrats aus, wo normalerweise Luft ist.

**[0017]** [Fig. 2](#) zeigt einen Querschnitt eines Kopplers (in einer Mikrostriifenanordnung), wie in [Fig. 1](#) dargestellt, während [Fig. 2](#) gekoppelte Leitungen auf der Oberfläche ([Fig. 2a](#)) oder in ein Substrat eingelagert ([Fig. 2b](#)) als alternative Mikrostriifenanordnungsimplementierungen zeigt.

**[0018]** Wie in [Fig. 2\(a\)](#) gezeigt, weist die Kopplungseinrichtung ein Substrat **1** auf, das aus einem dielektrischen Material mit einer dielektrischen Konstante  $\epsilon_r$  besteht, eine leitende Schicht **2**, die eine erste Oberfläche des Substrats **1** (die „untere“ Seite) bedeckt, und (zumindest) zwei Leitungen **3a**, **3b**, die auf einer zweiten Oberfläche des Substrats **1**, die dem ersten Substrat (die „obere“ Seite) gegenüberliegt, elektrisch voneinander getrennt bereitstellt. Es sei angemerkt, dass dieselben Referenzziffern, wie die in [Fig. 1](#) verwendeten, die gleichen Komponenten derart kennzeichnen, dass eine wiederholende Erklärung davon weggelassen wird. Die zwei Leitungen **3a**, **3b** sind voneinander getrennt angeordnet, wobei der Betrag der Anordnung (d. h. die Breite eines Spaltes dazwischen) den Grad der elektromagnetischen Kopplung zwischen den beiden Leitungen einstellt. Obwohl nur zwei Leitungen gezeigt sind, können mehr als zwei Leitungen für Kopplungszwecke, abhängig von dem spezifischen Zweck, für den der Koppler entworfen ist, verwendet werden. Außerdem ist die leitende Schicht **2**, während die Einrichtung betrieben wird, mit einem Erdpotential verbunden.

**[0019]** Der in [Fig. 2\(a\)](#) gezeigte Koppler ist allgemein als eine kantengekoppelte Kopplungseinrichtung bekannt, weil eine Kopplung zwischen den verlängerten Seiten/Kanten in länglicher Richtung der sich gegenüberliegenden Leitungen (in einer zu der Zeichnungsebene in [Fig. 2\(a\)](#) vertikalen Richtung) auftritt.

**[0020]** Es ist typisch in solchen kantengekoppelten

Mikrostriifenleitungskopplern, dass die ungerade Modengeschwindigkeit höher als die gerade Modengeschwindigkeit ist, d. h.  $u_{0o} > u_{0e}$ . Kompensationstechniken, die eine Isolierung und Abstimmung verbessern und den Amplituden- und Phasenausgleich zu guten Bandbreiten sichern, wurden vorstehend behandelt. Das Hauptthema bei diesen Techniken ist, dass solche kantengekoppelten Koppler durch Herstellungstoleranzen (Spaltdimension-Bedingung, wie etwa kleiner Spalt, konstant über die gesamte Länge der Streifenleitungen) in Mitleidenchaft gezogen werden, und deshalb ihre Verwendung nicht allgemein vorgeschlagen wird.

**[0021]** Der Fall, wenn die gerade Modengeschwindigkeit höher als die ungerade Modengeschwindigkeit ist (d. h.  $u_{0e} > u_{0o}$ ) ist ein Fall, dem man im Falle von teilweise eingelagerten breitseitig gekoppelten Mikrostriifen (d. h. zumindest eine Kopplungsleitung ist eingelagert) begegnet.

**[0022]** Eine solche breitseitig gekoppelte Kopplungseinrichtung wird in [Fig. 2\(b\)](#) dargestellt. Es sei angemerkt, dass dieselben Referenzziffern, wie die in [Fig. 1](#) verwendeten, die gleichen Komponenten derart kennzeichnen, dass eine wiederholende Erklärung davon weggelassen wird. Wie gezeigt, weist eine breitseitig gekoppelte Kopplungseinrichtung ein Substrat **1** auf, das aus einem dielektrischen Material mit einer dielektrischen Konstante  $\epsilon_r$  besteht, eine leitende Schicht **2**, die eine erste Oberfläche des Substrats **1** (die „untere“ Seite) bedeckt, (zumindest) zwei elektromagnetisch gekoppelte Leitungen **3a**, **3b**, die der ersten Oberfläche gegenüberliegend und durch zumindest eine Bedeckungsschicht **4**, **5** bedeckt, bereitgestellt wird.

**[0023]** Die (zumindest) zwei Leitungen **3a**, **3b** sind bei unterschiedlichen Abständen von der ersten Oberfläche des Substrats **1**, mit einem Unterschied zwischen den Abständen angeordnet, bei denen die zwei Leitungen **3a**, **3b** von der ersten Oberfläche des Substrats **1** angeordnet sind, durch eine Dicke einer ersten Bedeckungsschicht **4** bestimmt, die eine erste Leitung **3b** der zumindest zwei Leitungen bedeckt. Wie in [Fig. 2\(b\)](#) gezeigt, sind die erste Leitung **3b** und die zweite Leitung **3a** der zwei Leitungen derart angeordnet, dass sie sich vollständig in der Querschnittsdarstellung überlappen. Dennoch ist dies nicht vollständig benötigt und es ist ausreichend, dass sie sich zumindest teilweise überlappen. Der Betrag der Überlappung (und natürlich der Abstand zwischen den Leitungen in „vertikaler“ Richtung innerhalb des Substrats) stellt den Grad einer elektromagnetischen Kopplung zwischen den zumindest zwei Leitungen ein. Eine solche Überlappung wird in [Fig. 3B](#) dargestellt.

**[0024]** Eine zweite Bedeckungsschicht **5** ist angeordnet, um zumindest die zweite Leitung **3a** der zwei

Leitungen zu bedecken. Das bedeutet, dass die zweite Bedeckungsschicht **5**, wie gezeigt, auch die erste Bedeckungsschicht bedeckt. Jedoch ist dies nicht vollständig benötigt, während es aus der Sicht einer vereinfachten Produktion dennoch erwünscht ist. Die zumindest eine Bedeckungsschicht **4**, **5** besteht z. B. aus demselben Material wie das Substrat **1**. Außerdem ist die leitende Schicht **2**, während des Betriebs der Einrichtung mit einem Erdpotential verbunden. Es sei angemerkt, dass die in **Fig. 2(a)** gezeigte Anordnung zusätzlich mit einer Bedeckungsschicht (nicht gezeigt) bedeckt werden kann, so dass entweder eine kantengekoppelte Innenkopplungseinrichtung für den Fall erhalten wird, dass die Bedeckungsschicht ein dielektrisches Material ist (z. B. dasselbe wie das Substratmaterial), oder eine kantengekoppelte beschichtete Kopplungseinrichtung für den Fall erhalten wird, dass die Bedeckungsschicht z. B. ein Abdeckungsmuster ist.

**[0025]** **Fig. 3** zeigt eine weitere Anordnung einer Kopplungseinrichtung. **Fig. 3B** zeigt eine Kopplungseinrichtung im Querschnitt mit zumindest teilweise überlappenden Kopplungsleitungen, wie hierin vorstehend erwähnt. **Fig. 3A** zeigt eine Draufsicht und/oder Anordnungssicht der in **Fig. 3B** gezeigten Kopplungseinrichtung. Die Anschlüsse P1 und P2 sind durch die Kopplungsleitung **3a**, die über der Kopplungsleitung **3b** angeordnet ist, die die Anschlüsse P4 und P3 verbindet, verbunden. Kopplungsleitung **3a** und Anschlüsse P1, P2 werden in einer unterschiedlich schraffierten Darstellung, wie mit Kopplungsleitung **3b** und Anschlüssen P4 und P3 verglichen, dargestellt.

**[0026]** Weiterhin können die Anordnungen aus **Fig. 2(a)** und **2(b)** und/oder **Fig. 3** kombiniert werden, falls z. B. mehr als zwei gekoppelte Leitungen in der Kopplungseinrichtung vorhanden sind. Das bedeutet, dass z. B. kantengekoppelte Kopplungsleitungen wiederum breitseitig an eine oder mehrere andere Kopplungsleitungen, die in der Anordnung bereitgestellt sind, gekoppelt sein können.

**[0027]** Es sei auch angemerkt, dass als Herstellungstechnologie für solche Einrichtungen, die integrierte Mehrschichtschaltungstechnologie, von der angenommen wird, dass sie Fachleuten gut bekannt ist, verwendet werden kann, so dass eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens zur Herstellung von solchen Einrichtungen als überflüssig betrachtet wird.

**[0028]** Unseres Wissens wurden keine Techniken vorgeschlagen, die die Geschwindigkeit der geraden und ungeraden Moden kompensieren, wenn die Situation auftritt, dass die gerade Modengeschwindigkeit höher als die ungerade Modengeschwindigkeit ist. Somit bestehen in einem solchen Fall immer noch die vorstehend diskutierten Probleme, die Kopplungsein-

richtungen in Verbindung mit ungleichen Phasengeschwindigkeiten anhaften.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0029]** Folglich ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Kopplungseinrichtung bereitzustellen, die frei von solchen Nachteilen ist, die Kopplungseinrichtungen in Verbindung mit ungleichen Phasengeschwindigkeiten anhaften.

**[0030]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe z. B. durch eine Kopplungseinrichtung erreicht, mit einem Substrat, einer leitenden Schicht, die eine erste Oberfläche des Substrats bedeckt, zumindest zwei elektromagnetisch gekoppelten Leitungen, die gegenüberliegend zu der ersten Oberfläche bereitgestellt sind und wobei zumindest eine von diesen Leitungen von zumindest einer Bedeckungsschicht bedeckt ist, wobei zumindest ein Kondensator zwischen einem ersten Ende von zumindest einer von zumindest zwei Leitungen und der leitenden Schicht verbunden ist.

**[0031]** Weitere vorteilhafte Entwicklungen sind wie in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen definiert.

**[0032]** Dementsprechend ist eine Kopplungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung als eine Schaltungstechnik vorgeschlagen, die die Kopplerleistung bezüglich einer Isolierung und Abstimmung optimiert. Diese Technik ist vor allem für eine praktische Schaltungstopologie geeignet, die in LTCC/HTCC-Technologie implementiert werden kann, während diese Topologie auch für verlustarme Leistung geeignet ist und ein Verkleinerungspotential erhöhte. Da derartig beides, d. h. Größe und Leistung optimiert werden können, während die hinzugefügte Leistung zum Ausgleichen von irgendwelchen Herstellungstoleranzen, die während einer Herstellung übernommen werden, verwendet werden kann.

**[0033]** Zusätzlich können bei Verwendung der vorgeschlagenen Technik alle Leistungseigenschaften über eine große Bandbreite beibehalten werden. Die Technik ist auch für IC-(IC = „Integrated Circuit“, integrierte Schaltung)Mehrschichttechnologien geeignet, wie etwa diejenigen, die z. B. bei Mehrebenen-Metall SiGe (Silizium-Germanium) und Mehrschicht-Dünnschicht-Prozessen auftreten. Es soll dennoch beachtet werden, dass die Kosten einer Koppler-Implementierung in dem 1–6 GHz-Bereich die Verwendung keramischer integrierter Mehrschichtschaltungstechnologie (z. B. LTCC) gut rechtfertigen, im Gegensatz zu den bedeutend teureren Si/GaAs (Silizium/Gallium-Arsenid) IC- und Dünnschicht-Vorgehensweisen.

**[0034]** Die Erfindung präsentiert eine Signalkopplungsstruktur mit einem neuen (ungleiche Phasengeschwindigkeit) Kompensationsverfahren, das in einer



Mehrschichtstruktur angewendet wird. Die ungleichen Phasengeschwindigkeiten der zwei gekoppelten Mikrostreifenleitungen werden durch Verwendung von Innenkapazitäten in der Mehrschichtstruktur kompensiert. Die vorliegende Erfindung ist insbesondere auf breitseitig gekoppelte Mikrostreifenanordnungen anwendbar. Innenkapazitäten werden hinzugefügt, um die ungleichen Phasengeschwindigkeiten bezüglich zwei breitseitig gekoppelten Mikrostreifenleitungen zu kompensieren. Nachdem die Phasengeschwindigkeiten kompensiert sind (d. h. die zumindest eine Kapazität ist hinzugefügt), sind die Phasengeschwindigkeiten der zwei Moden gleich und deshalb existiert keine Vorwärtskopplung: Somit ist die Isolierung bedeutend verbessert.

**[0035]** Diese Struktur spart Kosten und Größe, wenn sie in dem keramischen Mehrschichtsubstrat integriert ist. Sie erhöht auch die Zuverlässigkeit, weil keine SMD-Komponenten benötigt werden. Elektrische Leistung, besonders Isolierung, wird durch die Verwendung der Kondensatoren verbessert.

**[0036]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wurde eine neuartige Kompensationstechnik vorgeschlagen, die unter anderen die Verwendung von breitseitig gekoppelten Mikrostreifenleitungskomponenten, die in Mehrschichtstrukturen eingelagert sind, ermöglicht.

**[0037]** Die Technik ermöglicht tatsächlich eine Entwurfstopologie, die, obwohl sie strukturelle Annehmlichkeit, Miniaturgröße und verlustarme Leistung bietet, andernfalls durch geringe Isolierungs- und Abstimmungsleistung in Mitleidenschaft gezogen werden würde.

**[0038]** Deshalb ermöglicht die vorliegende Erfindung Kopplungseinrichtungen, die eine hohe Leistung kombiniert mit den vorstehenden Vorteilen aufweisen, wobei sie auf diesem Wege die besten aller möglichen Entwurfsszenarien bezüglich Breitbandleistung, Größe und Kosten anbietet.

**[0039]** Die Kopplungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist vor allem zur Verwendung von Hochleistungsanwendungen in solch unterschiedlichen Schaltungen wie RF-Mischer, Verstärker (z. B. „low noise amplifiers LNA“, rauscharme Verstärker) und Modulatoren geeignet. Zusätzlich kann sie in einer Vielzahl von anderen Unterstützungsfunktionen, wie etwa denjenigen, die in allgemeinen RF-Signal- und Amplitudenkonditionierungs- und Fehlersignalsuchsystemen auftreten, verwendet werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0040]** Die vorstehenden und andere Objekte, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden bereiter durch Beziehen auf die begleitenden

Zeichnungen verstanden, in denen:

**[0041]** [Fig. 1](#) ein äquivalentes Schaltungsdiagramm eines herkömmlich bekannten Kopplers zeigt;

**[0042]** [Fig. 2](#) einen Querschnitt eines wie in [Fig. 1](#) dargestellten Kopplers zeigt, wobei [Fig. 2](#) gekoppelte Leitungen auf der Oberfläche ([Fig. 2](#)) oder innerhalb ([Fig. 2b](#)) eines Substrats zeigt;

**[0043]** [Fig. 3A](#) eine Anordnung (Draufsicht) einer Kopplungseinrichtung gemäß einer Modifikation des in [Fig. 2\(b\)](#) gezeigten Kopplers zeigt,

**[0044]** [Fig. 3B](#) einen Querschnitt eines Kopplers zeigt, wie in seiner Anordnung in [Fig. 3A](#) dargestellt;

**[0045]** [Fig. 4](#) ein äquivalentes Schaltungsdiagramm einer Kopplungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

**[0046]** [Fig. 5A](#) eine Anordnung (Draufsicht) einer Kopplungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, zeigt,

**[0047]** [Fig. 5B](#) eine Querschnittssicht durch die Anschlüsse P1–P4 der in [Fig. 5A](#) gezeigten Kopplungseinrichtung zeigt;

**[0048]** [Fig. 5C](#) eine Draufsicht auf eine alternative Kondensatorimplementierung zeigt;

**[0049]** [Fig. 5D](#) eine Querschnittssicht einer solchen alternativen Kondensatorimplementierung zeigt, die in die Kopplungseinrichtung eingebaut ist;

**[0050]** [Fig. 6A](#) eine graphische Darstellung von Messresultaten für einen herkömmlichen Koppler zeigt, während

**[0051]** [Fig. 6B](#) eine graphische Darstellung von Messresultaten für eine Kopplungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt; und

**[0052]** [Fig. 7](#) einen strukturellen Vergleich zwischen allgemeinen Streifenleitungs- und Mikrostreifenkopplereinrichtungsanordnungen zeigt.

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0053]** Anschließend wird die vorliegende Erfindung im Detail mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben.

**[0054]** [Fig. 4](#) zeigt ein äquivalentes Schaltungsdiagramm einer Kopplungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Die Anordnung ist eher der Schaltungsanordnung ähnlich, wie es als ein Beispiel mit Bezug auf [Fig. 1](#) beschrieben ist. Somit kennzeichnen dieselben Referenzzeichen ähnliche

und/oder identische Komponenten und eine wiederholende Erklärung davon entfällt.

**[0055]** Der Unterschied zwischen den in [Fig. 1](#) und [Fig. 4](#) gezeigten äquivalenten Schaltungen liegt darin, dass in der Schaltung gemäß [Fig. 4](#) die geerdeten Kondensatoren C1 bis C4 an den Ausgangsanschlüssen P1 bis entsprechend P4 verbunden sind. Mit den Kapazitätswerten der Kondensatoren C1 bis C4, die passend ausgewählt werden, kann die PhasengeschwindigkeitsfehlAbstimmung zwischen ungeraden und geraden Moden kompensiert, d. h. ausgeglichen, werden. Die passenden Kapazitätswerte der Kondensatoren C1 bis C4 hängen von dem Grad der GeschwindigkeitsfehlAbstimmung ab. Diese passenden Werte werden vor der Herstellung auf der Basis von z. B. Simulationsresultaten des Kopplers basierend auf den anderen bekannten Parametern der Kopplungseinrichtung bestimmt.

**[0056]** Es sei angemerkt, dass obwohl [Fig. 4](#) vier Kondensatoren zeigt, es gemäß der vorliegenden Erfindung nicht notwendigerweise der Fall ist, dass vier Kondensatoren verbunden sind. Eher ist zumindest ein Kondensator (C1, C2, C3, C4) mit einem ersten Ende (d. h. mit einem der Anschlüsse P1, P2 oder P3, P4) von zumindest einer der zumindest zwei Leitungen [3a](#), [3b](#) verbunden und geerdet. Es sei auch angemerkt, dass die vorliegende Erfindung nicht auf  $\lambda/4$  Leitungslängen begrenzt ist, sondern auf alle erdenklichen Kopplungsleitungslängen, wie etwa z. B.  $\lambda/2$  oder  $3 \lambda/4$  anwendbar sein kann.

**[0057]** Es sei auch angemerkt, dass die Kondensatoren nach Herstellung der Einrichtung nur angepasst sind, um geerdet zu werden, d. h. verbindbar mit Erde sind, während die jeweilige gegenwärtige Erdverbindung erst errichtet wird, wenn die Einrichtung betrieben wird.

**[0058]** Wie vorstehend erwähnt, zeigt [Fig. 2](#) die typischen, strukturellen Fälle, in denen ungleiche Phasengeschwindigkeiten (die kompensiert werden müssen) auftreten können. [Fig. 2\(b\)](#) ist ein spezifischer Fall der allgemeinen, in [Fig. 3B](#) gezeigten Anordnung. Diese wird als ein Beispiel dienen, auf das die vorgeschlagene neuartige Technik gemäß der vorliegenden Erfindung angewendet wird. Die vorliegende Erfindung, die z. B. auf eine solche, wie in [Fig. 3B](#) gezeigte, breitseitig gekoppelte Mikrostreifenstruktur angewendet wird, wird in [Fig. 5B](#) gezeigt.

**[0059]** [Fig. 5B](#) zeigt eine Querschnittsicht durch die Anschlüsse P1–P4 der in [Fig. 5A](#) gezeigten Kopplungseinrichtung. [Fig. 5A](#) zeigt eine Anordnung (Draufsicht) einer Kopplungseinrichtung gemäß der, wie in [Fig. 4](#) gezeigten, vorliegenden Erfindung.

**[0060]** Allgemein ist die breitseitig gekoppelte Mikrostreifenstruktur eine sehr nützliche Entwurfsstruktur,

die den Betrag der Kopplung durch den Betrag des Versatzes zwischen den zwei Mikrostreifenleitungen einstellen kann. (Er kann z. B. grob dazu bestimmt sein, auf seinen maximalen Kopplungsgrad im Falle keines Versatzes (siehe [Fig. 2\(b\)](#)) eingestellt zu werden und auf seinen minimalen Kopplungsgrad mit ansteigendem Versatz eingestellt zu werden). Obwohl, als ein Beispiel, nur die vorliegende Erfindung auf eine wie in [Fig. 3B](#) gezeigte Struktur angewendet wird, was in einer wie in [Fig. 5B](#) gezeigten Anordnung resultiert, sei dennoch angemerkt, dass die vorliegende Erfindung auch auf eine wie in [Fig. 2\(b\)](#) gezeigte Struktur, oder auf eine Kombination der in [Fig. 2\(b\)](#) und/oder [Fig. 3B](#) dargestellten Strukturen angewendet werden kann (die kombinierte Struktur hat dann zumindest drei Kopplungsleitungen).

**[0061]** In [Fig. 5B](#) kennzeichnen dieselben Referenzzeichen dieselben oder ähnliche Komponenten wie in den vorhergehenden Figuren. Der Unterschied zwischen [Fig. 5B](#) und [Fig. 3B](#) liegt in der Bereitstellung der Innenkondensatoren C1, C4. Genauer gesagt kennzeichnen C1 und entsprechend C4 in [Fig. 5B](#) ein leitendes Element, das in dem Substrat **1** eingelagert ist und der leitenden Schicht **2**, die die erste Oberfläche des Substrats **1** bedeckt, gegenüberliegt. Das leitende Element kann irgendein geeignetes leitendes Element sein, das z. B. durch geeignete Lithographie-Techniken auf das Substrat **1** angewendet werden konnte und danach durch ein zusätzlich angewendetes Substratmaterial eingelagert wurde. Es sei angemerkt, dass das leitende Element durch abgeschiedenes leitendes Material in der gewünschten Form für die Elemente bereitgestellt werden kann, die bekannte Abscheidungsprozesse, wie etwa CVD- („Chemical Vapor Deposition“, chemische Gasphasenabscheidung) oder PVD- („Physical Vapor Deposition“, physikalische Gasphasenabscheidung) Prozesse verwenden, oder bekannte (Dünn- oder Dick-) Filmdruckprozesse verwenden, die z. B. eine leitende Masse anwenden, oder durch Verwendung von auswählenden Ätzprozessen überflüssige Bereiche eines leitenden Elements wegätzen, usw.. Allgemein sollte angemerkt sein, dass die vorliegende Erfindung nicht auf irgendeinen besonderen Mehrschichtprozess beschränkt ist, sondern dass irgendeine passende Mehrschichtprozesstechnologie verwendet werden kann.

**[0062]** Jedes von derartigen Elementen ist mittels einer entsprechenden elektrischen Verbindung W1, W4 von dem ersten Ende (d. h. Anschluss P1, P4) der zumindest einen von den (zumindest) zwei Leitungen [3a](#), [3b](#) zu dem leitenden Element C1, C4 verbunden. Eine solche Verbindung kann durch Bereitstellung einer Durch-Loch-Verbindung errichtet werden.

**[0063]** Es sei angemerkt, dass die Kapazität der

Kondensatoren (C1 bis C4) durch den Bereich des leitenden Elements C1, C4, den Abstand zwischen dem leitenden Element C1, C4 und der leitenden Schicht 2, die die erste Oberfläche des Substrats 1 bedeckt, und der dielektrischen Konstante  $\epsilon_r$  des dazwischen liegenden Substrats 1 bestimmt ist. Es sei angemerkt, dass obwohl die Elemente C1 und C4 in [Fig. 5B](#) als gleichmäßig von der leitenden Schicht 2 entfernt angeordnet gezeigt werden, es auch denkbar ist, dass gemäß dem benötigten Kapazitätswert, der für einen spezifischen Fall benötigt wird, die Elemente C1, C4 an unterschiedlichen Abständen von der leitenden Schicht 2 angeordnet sein können. In einem solchen Fall würde die Herstellung jedoch mehrere Herstellungsschritte benötigen. (Falls z. B. alle vier leitenden Elemente, die im Bilden der Kondensatoren in dem ausgewählten Beispiel eingeschlossen sind, sich im selben Abstand von der leitenden Schicht befinden, wird ein Herstellungssubzyklus zum Bereitstellen der Elemente benötigt, während vier solcher Herstellungssubzyklen zum Bereitstellen der Elemente benötigt werden, falls alle vier leitenden Elemente, die im Bilden der Kondensatoren eingeschlossen sind, sich in einem unterschiedlichen Abstand von der leitenden Schicht befinden.)

**[0064]** Es sei angemerkt, dass die Kopplungsleitung 3a in [Fig. 5B](#) nicht notwendigerweise durch eine Bedeckungsschicht 5 bedeckt werden braucht, sondern dass die Bedeckungsschicht 4, die die Kopplungsleitung 3b bedeckt und die Kopplungsleitungen 3b, 3a voneinander in vertikaler Richtung trennt, ausreichend sein kann. Weiterhin können die Bedeckungsschichten 4 und/oder 5 aus demselben Material wie das Substrat 1 bestehen, aber sie sind nicht auf ein solches Material begrenzt, so dass die Mehrschichtanordnung Schichten (Substrat/Bedeckungsschicht(en)) von unterschiedlichen dielektrischen Konstanten, falls geeignet, aufweisen kann. Sogar die Bedeckungsschichten 4 und 5 können aus unterschiedlichen Materialien bestehen, von denen sich jedes davon von dem Substratmaterial unterscheidet.

**[0065]** [Fig. 5C](#) stellt eine Alternative zum Implementieren eines Kondensators gemäß der vorliegenden Erfindung dar. Es gibt zwei gebräuchliche Formen von Kondensatoren, die praktisch in einer realen Implementierung der Kopplungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Eine wird als ein paralleler Plattenkondensator, wie vorstehend in Verbindung mit [Fig. 5B](#) erklärt, bezeichnet, während die andere als ein parallel geschalteter („interdigitated“) Kondensator (siehe [Fig. 5C](#)) bezeichnet wird. Der parallel geschaltete Kondensator kann insbesondere verwendet werden, um Kondensatoren mit kleinen Werten zu erreichen. Wie in [Fig. 5C](#) gezeigt, wird sein Kapazitätswert hauptsächlich durch die Anzahl von vorhandenen Fingern (N), der Weite eines jeden Fingers (W), der Separierung zwischen

jedem Finger (S), der Länge eines jeden Fingers (L) und der dielektrischen Konstante ( $\epsilon_r$ ) des Substrats definiert. Ein Teil des leitenden Elements, das einen parallel geschalteten Kondensator bildet, ist z. B. mittels einer Durch-Loch-Verbindung zu der leitenden Schicht 2 verbunden, die als eine Grundfläche während des Betriebs der Kopplungseinrichtung dient. Es sei angemerkt, dass der parallel geschaltete Kondensator, d. h. seine zwei parallel geschalteten Teile in einer Ebene angeordnet sind.

**[0066]** [Fig. 5D](#) zeigt einen Teil eines Querschnitts durch den parallel geschalteten Kondensator aus [Fig. 5C](#) entlang der gestrichelten Linie in [Fig. 5C](#), wenn ein solcher Kondensator mit einer Kopplungsleitung in einem Substrat verbunden ist. Dieselben Referenznummern kennzeichnen dieselben oder ähnliche Komponenten wie in den vorhergehenden Figuren. [Fig. 5D](#) stellt somit einen Beispielfall dar, in dem der Kondensator C4 als eine parallel geschaltete Struktur realisiert ist, wobei ein Teil davon mit einer Durch-Verbindung W4 mit Leitung 3b verbunden ist, während der andere Teil davon mittels einer anderen Verbindung W5 (Durch-Loch-Verbindung) mit der leitenden Schicht 2 verbunden ist. Es sei angemerkt, dass eine oder mehrere oder sogar alle Kondensatoren parallel geschaltete Kondensatoren sein können und auch in Verbindung mit einem (oder mehreren) parallelen Plattenkondensator(en) verwendet werden können. Es sei angemerkt, dass [Fig. 5D](#) nur einen Teil der gesamten Kopplungsstruktur zeigt und z. B. die Bedeckungsschicht 5 und die Leitung 3a von der Darstellung in [Fig. 5D](#) ausgelassen sind. Der Maßstab in [Fig. 5D](#) kann auch von einem Zeichnungsmaßstab, der in anderen Figuren verwendet wird, abweichen. Zusätzlich ist die Kopplungseinrichtung in ihrer gesamten Länge nicht gezeigt, sondern nur ihr Bereich an Anschluss P4 ist gezeigt.

**[0067]** Da sich die Kondensatoren (leitende Elemente) unter der Struktur der Mikrostreifenleitungen 3a, 3b befinden, wird der Schaltungsbereich nicht erhöht. Die Kondensatoren werden tatsächlich monolithisch innerhalb der Mehrschichtstruktur erzeugt und es gibt keinen Grund, SMD-kapazitive Komponenten zu verwenden, die sich nachteilig auf die Leistung auswirken würden. Die Schaltung kann als ein Ganzes entworfen werden, wobei somit ihre Leistung elektromagnetisch garantiert wird.

**[0068]** [Fig. 5A](#) zeigt eine Anordnung (Draufsicht) einer Kopplungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. [Fig. 5A](#) ist im Wesentlichen [Fig. 3A](#) mit der Ausnahme ähnlich, dass die leitenden Elemente C1, C4 die Kondensatoren C1, C4 (in [Fig. 5B](#)) bilden und die leitenden Elemente C2, C3 zusätzlich gezeigt werden. Es sei angemerkt, dass die Kopplungsleitungen 3a, 3b als eine Mäander-Typ Leitung entworfen sind, um weiterhin den notwendigen Bereich für die Kopplungseinrichtung zu verringern.



[0069] Die vorliegenden Erfinder stellten Prototypen der Kopplungseinrichtungen mit einer eingelagerten breitseitig gekoppelten  $90^\circ$  ( $\lambda/4$ ) Leitung her und maßen ihre Leistung, um die vorgeschlagene Technik zu validieren. Eine Kopplungseinrichtung (siehe [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#)) wurde, ohne dass die vorliegende Erfindung implementiert war, hergestellt, während die andere, mit der vorliegenden Erfindung implementiert (siehe [Fig. 5A](#), [Fig. 5B](#)), hergestellt wurde.

[0070] In [Fig. 6](#) sind die S-Parameter-Antworten  $S_{11}$ ,  $S_{22}$ ,  $S_{33}$ ,  $S_{44}$  (in dB) des Eingangsrückgabeverlusts an jeder der vier Anschlüsse P1 bis P4 gegen eine Frequenz (in GHz) graphisch dargestellt. Dies ist in den jeweiligen oberen graphischen Darstellungen von [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) gezeigt. Der Eingangsrückgabeverlust ist das Verhältnis zwischen der zurückgegebenen Energie an einem Anschluss  $i$  und der Eingangsenergie an dem Anschluss  $i$ . (In den hierin beschriebenen ausgewählten Beispielen bewegt sich  $i$  von  $i = 1$  bis 4). In den jeweiligen unteren graphischen Darstellungen von [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) sind auch die S-Parameter-Antworten  $S_{31}$  und  $S_{42}$  der Übergangsparameter (in dB) gegen die Frequenz (in GHz) graphisch dargestellt. Der Übergangsparameter  $S_{ki}$  ist das Verhältnis der Ausgangsenergie an einem Anschluss  $k$ , wenn ein Eingang an einem Anschluss  $i$  ist. (Es sei angemerkt, dass der Anschluss P3 von dem Anschluss P1 isoliert ist, während der Anschluss P4 auch von dem Anschluss P2 isoliert ist).

[0071] Beide Koppler wurden entworfen, um in dem 1750 MHz-Frequenzbereich betrieben zu werden, und die Isolierungs- und Abstimmungsergebnisse für die zwei Fälle werden in [Fig. 6A](#) und entsprechend [Fig. 6B](#) dargestellt. Es kann in [Fig. 6A](#) gesehen werden, dass der unkompenzierte Koppler eine geringe Leistung anbietet, die in praktischen Anwendungen nicht akzeptabel wäre, während der kompenzierte neuartige Koppler ([Fig. 6B](#)) eine höhere Leistung mit einer besseren als einer  $-22$  dB-Abstimmung an allen Anschlüssen und einer besseren als einer  $-26$  dB-Isolierung anbietet.

[0072] Wie dementsprechend hierin vorstehend beschrieben wurde, schlägt die vorliegende Erfindung eine Kopplungseinrichtung vor, mit einem Substrat **1**, einer leitenden Schicht **2**, die eine erste Oberfläche des Substrats **1** bedeckt, zumindest zwei elektromagnetisch gekoppelten Leitungen **3a**, **3b**, die gegenüberliegend zu der ersten Oberfläche bereitgestellt sind und wobei zumindest eine von diesen von zumindest einer Bedeckungsschicht **4**, **5** bedeckt ist, wobei zumindest ein Kondensator C1, C2, C3, C4 zwischen einem ersten Ende von zumindest einer von zumindest zwei Leitungen **3a**, **3b** und der leitenden Schicht **2** verbunden ist. Der zumindest ein Kondensator ist ein Innenkondensator, der geerdet ist, um ungleiche Phasengeschwindigkeiten auszu-

gleichen, andernfalls die Leistung von z. B. breitseitig gekoppelten Strukturen in einer inhomogenen Substratstruktur, wie etwa z. B. Mikrostreifen in einer Mehrschicht-LTCC, zu vermindern. Deshalb befähigt die vorliegende Erfindung Kopplungseinrichtungen, die eine hohe Leistung aufweisen und auf diesem Weg das Beste aller möglichen Entwurfsszenarien bezüglich Breitbandleistung, Größe und Kosten anbieten.

[0073] Obwohl die vorliegende Erfindung hierin vorstehend bezüglich ihrer bevorzugten Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, sollte verstanden werden, dass zahlreiche Modifikationen außerdem durchgeführt werden können. Es ist beabsichtigt, dass alle derartigen Modifikationen innerhalb des Bereichs der angehängten Ansprüche fallen.

### Patentansprüche

1. Kopplungseinrichtung, mit einem Substrat (**1**), einer leitenden Schicht (**2**), die eine erste Oberfläche des Substrats (**1**) bedeckt, zumindest zwei elektromagnetisch gekoppelten Leitungen (**3a**, **3b**), die gegenüberliegend zu der ersten Oberfläche bereitgestellt sind und wobei zumindest eine von diesen von zumindest einer Bedeckungsschicht (**4**, **5**) bedeckt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedes entsprechende Ende der elektromagnetisch gekoppelten Leitungen einen Anschluss (P1 bis P4) der Kopplungseinrichtung bildet; zumindest ein Kondensator (C1, C2, C3, C4) zwischen zumindest einem solchen Anschluss (P1 bis P4) und der leitenden Schicht (**2**) verbunden ist, wobei der Kondensator gebildet wird durch ein leitendes Element (C1, C4), das in dem Substrat (**1**) eingelagert ist und der leitenden Schicht (**2**), die die erste Oberfläche des Substrats (**1**) bedeckt, gegenüberliegt, und eine elektrische Verbindung (W1, W4) von dem ersten Ende der zumindest einen der zumindest zwei Leitungen (**3a**, **3b**) zu dem leitenden Element (C1, C4).

2. Kopplungseinrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die zumindest zwei Leitungen (**3a**, **3b**) bei unterschiedlichen Abständen von der ersten Oberfläche des Substrats (**1**) angeordnet sind.

3. Kopplungseinrichtung gemäß Anspruch 2, wobei ein Unterschied zwischen den Abständen, bei denen die zumindest zwei Leitungen (**3a**, **3b**) von der ersten Oberfläche des Substrats (**1**) angeordnet sind, durch eine Dicke einer ersten Bedeckungsschicht (**4**), die eine erste Leitung (**3b**) der zumindest zwei Leitungen bedeckt, bestimmt ist.

4. Kopplungseinrichtung gemäß Anspruch 2 oder 3, wobei eine erste Leitung (**3b**) und eine zweite Lei-

tung (**3a**) der zumindest zwei Leitungen derart angeordnet sind, dass sie sich zumindest teilweise gegenseitig überlappen.

5. Kopplungseinrichtung gemäß Anspruch 3, ferner mit einer zweiten Bedeckungsschicht (**5**), die angeordnet ist, um zumindest eine zweite Leitung (**3a**) der zumindest zwei Leitungen zu bedecken.

6. Kopplungseinrichtung gemäß Anspruch 4, wobei der Betrag einer Überlappung den Grad einer elektromagnetischen Kopplung zwischen den zumindest zwei Leitungen einstellt.

7. Kopplungseinrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Verbindung eine Durch-Verbindung ist.

8. Kopplungseinrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Kapazität des Kondensators durch den Bereich des leitenden Elements (P1, P4), den Abstand zwischen dem leitenden Element (P1, P4) und der leitenden Schicht (**2**), die die erste Oberfläche des Substrats (**1**) bedeckt, und der dielektrischen Konstante des Substrats bestimmt ist.

9. Kopplungseinrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die zumindest eine Bedeckungsschicht (**4**, **5**) aus demselben Material wie das Substrat (**1**) besteht.

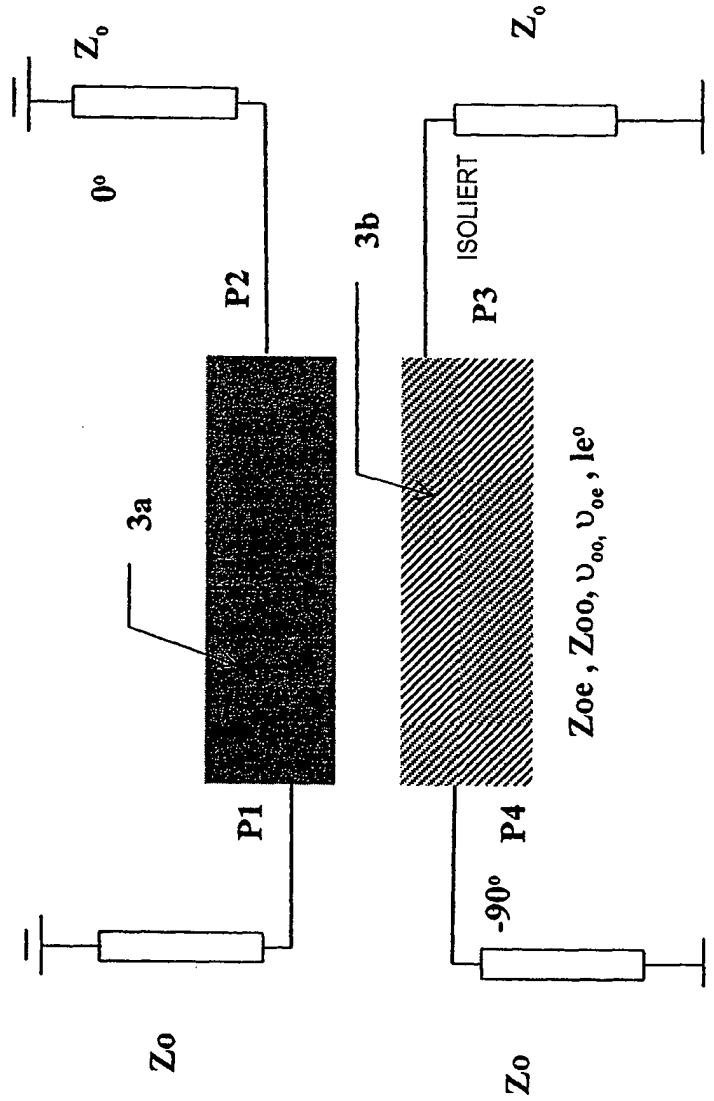
10. Kopplungseinrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Substrat (**1**) aus einem dielektrischen Material gemacht ist.

11. Kopplungseinrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die leitende Schicht (**2**) zu einem Erdpotential verbindbar ist.

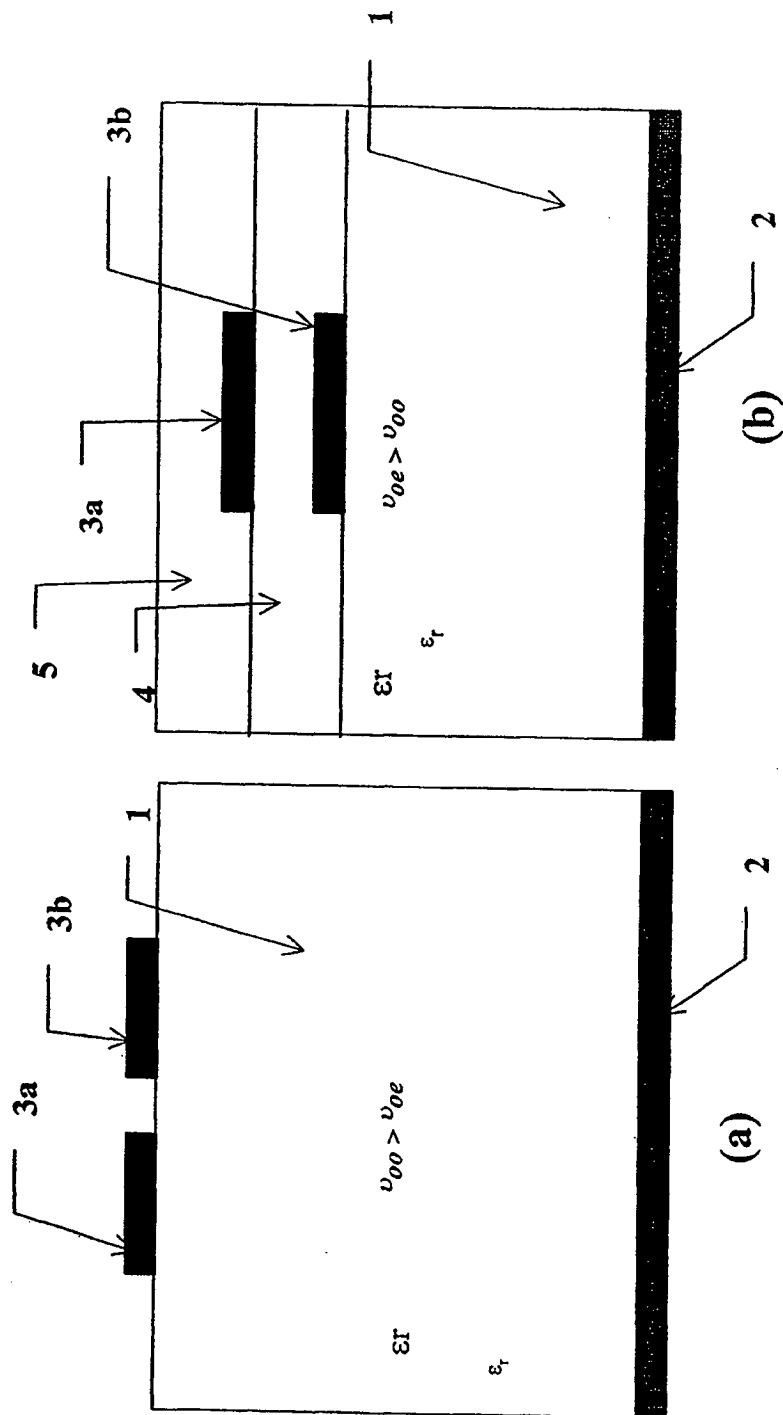
12. Modul, das mit einem RF-Signalverarbeitungssystem verbindbar ist, mit einer Kopplungseinrichtung wie in einem der Ansprüche 1 bis 11 beansprucht.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

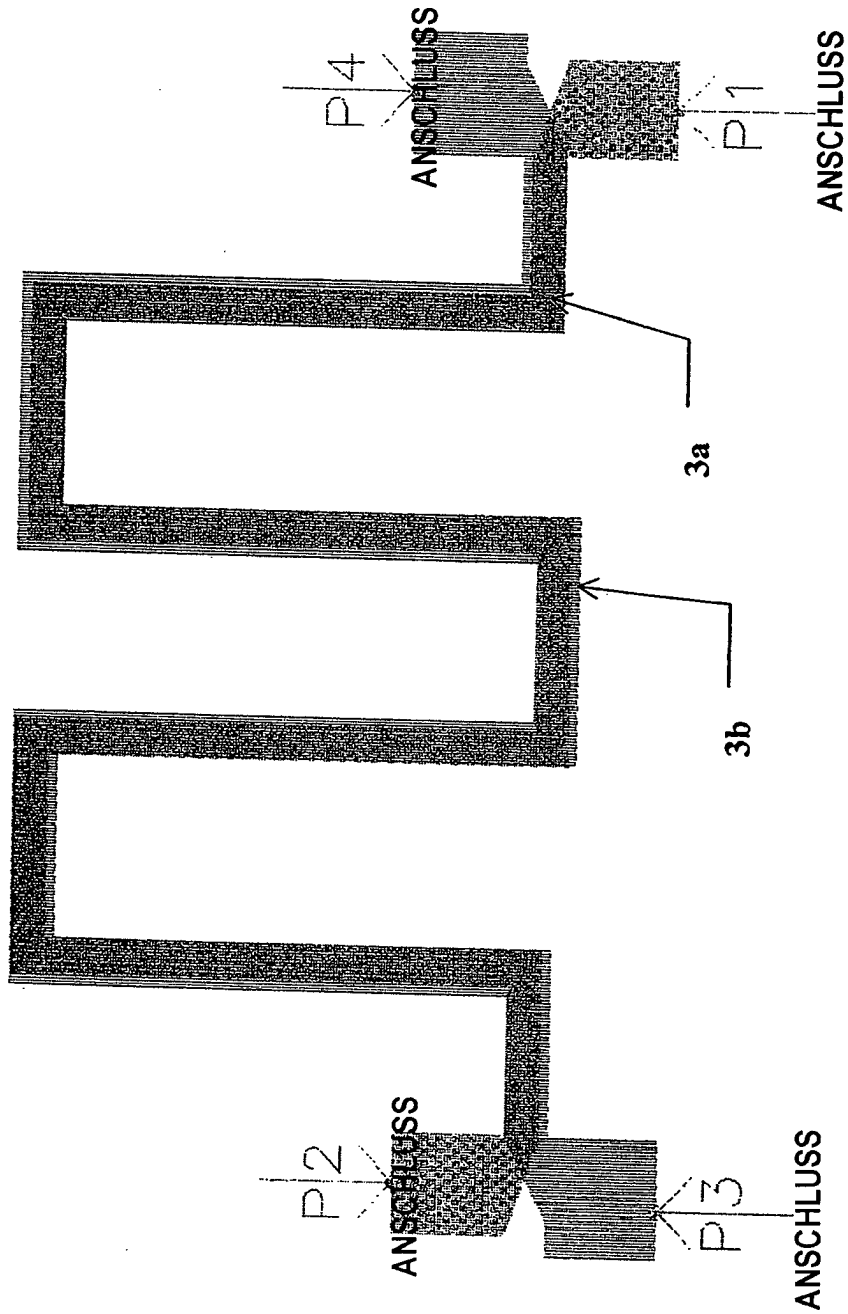


**Fig. 1**  
(STAND DER TECHNIK)



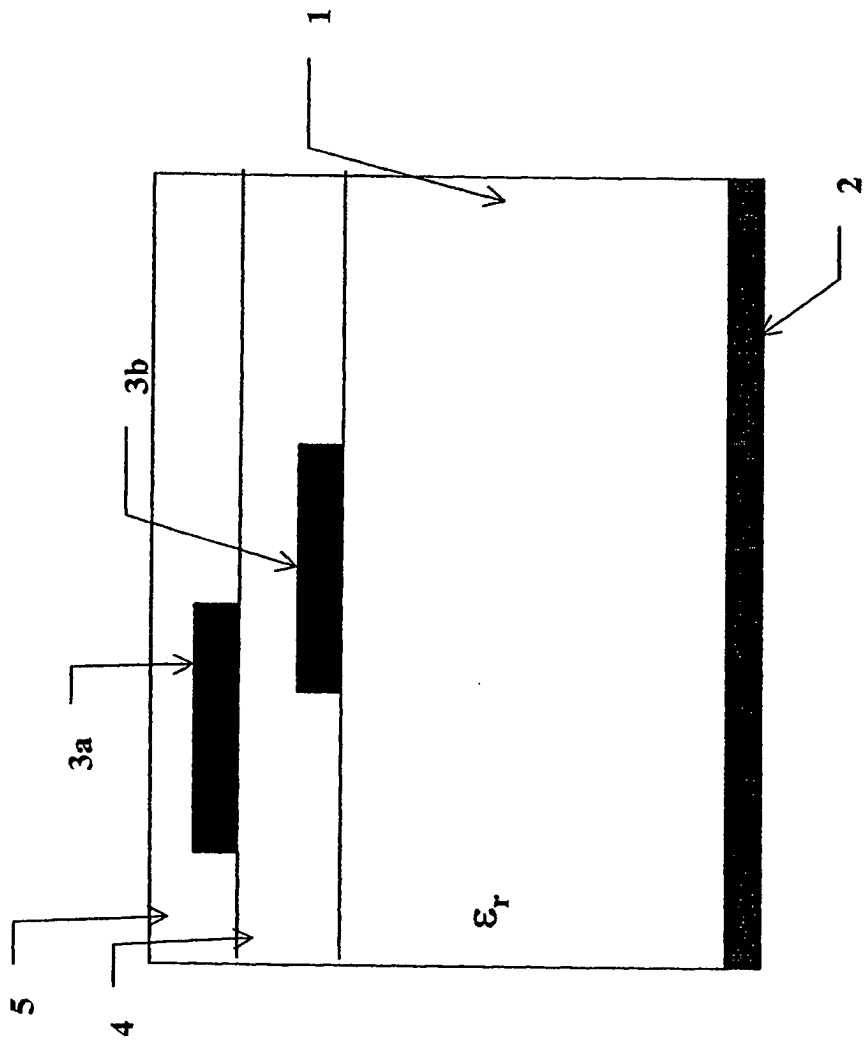
**Fig. 2**  
(STAND DER TECHNIK)



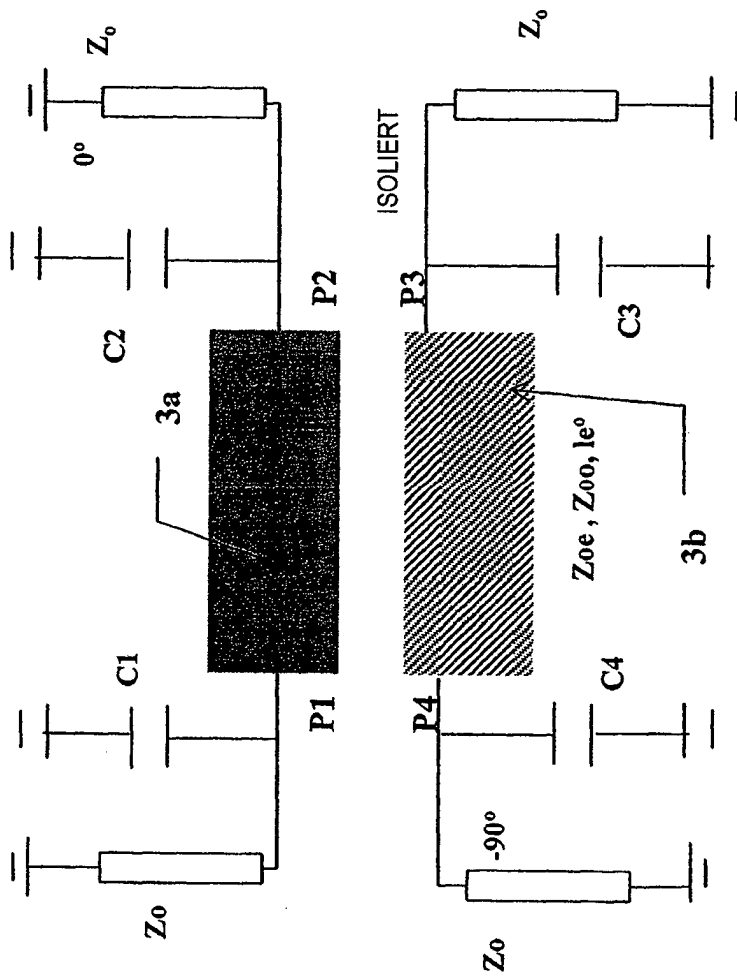


**Fig. 3A**

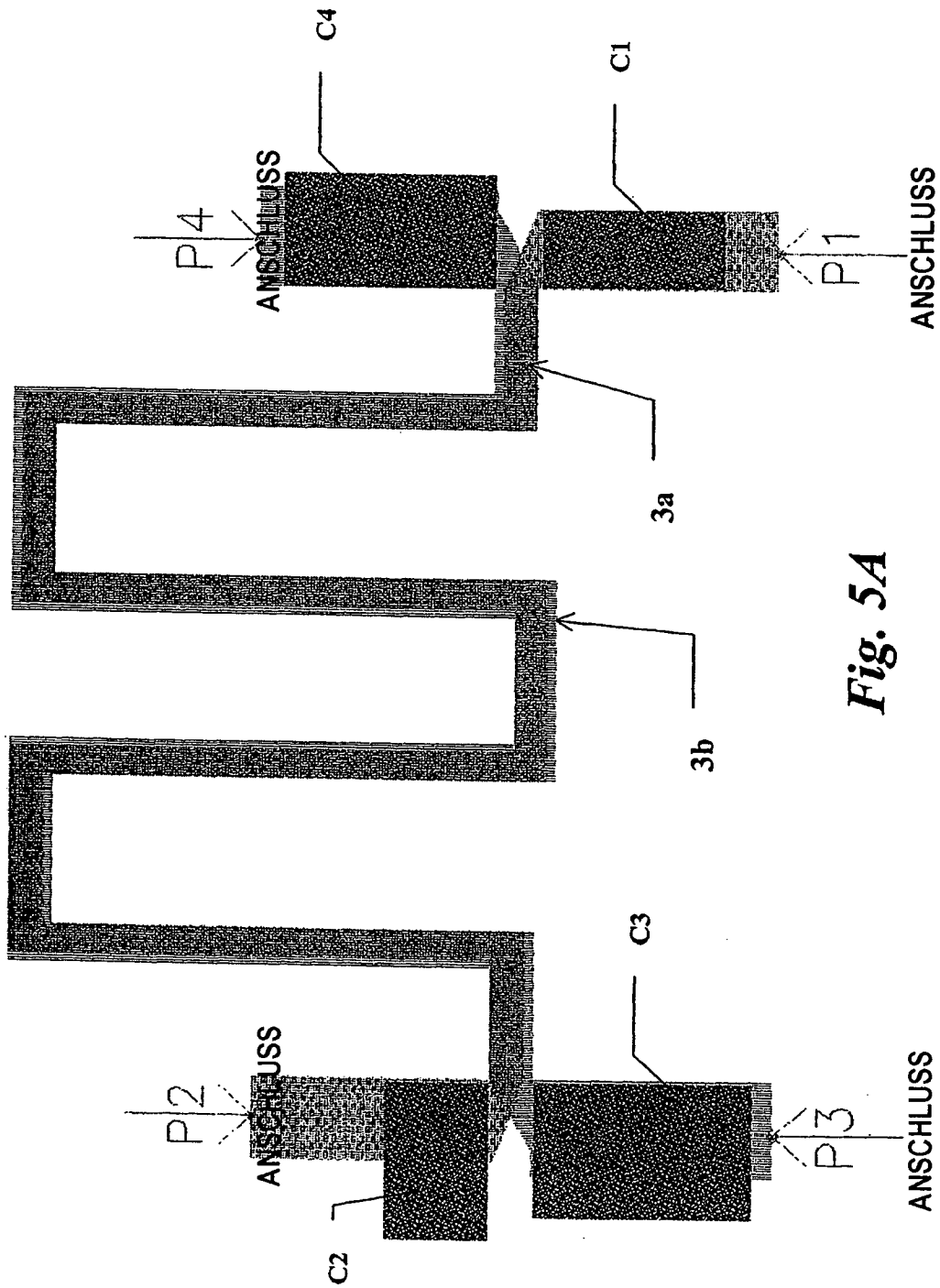
(STAND DER TECHNIK)



**Fig. 3B**  
(STAND DER TECHNIK)



**Fig. 4**



**Fig. 5A**



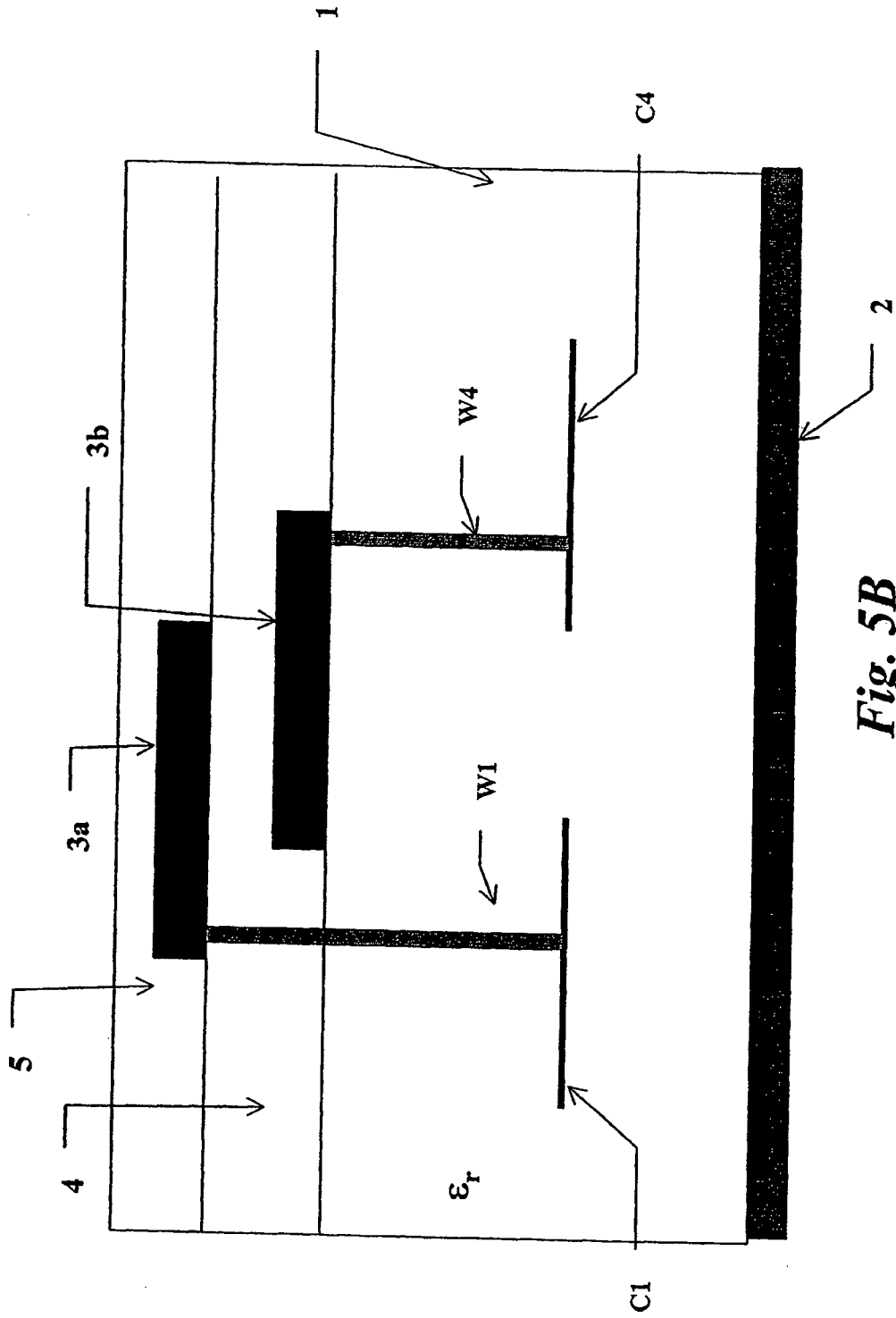
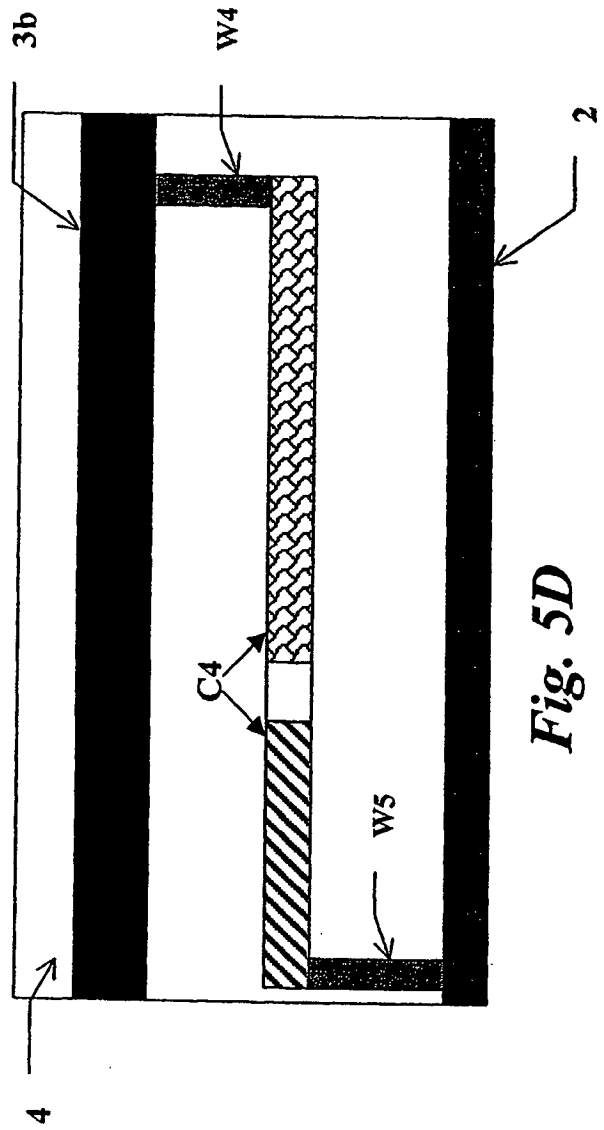
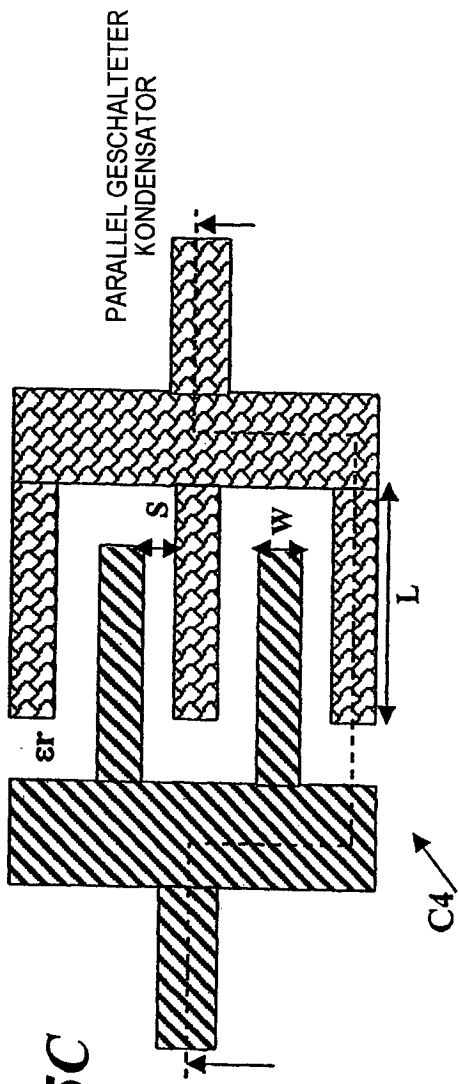


Fig. 5B



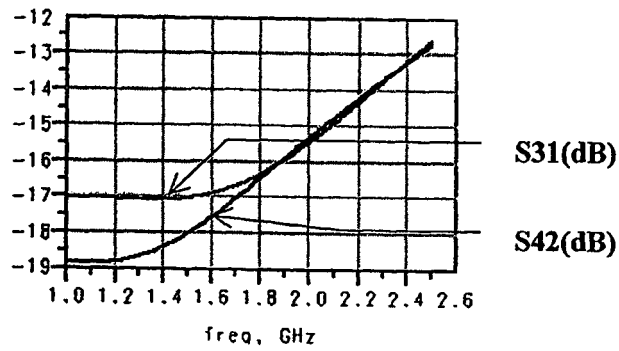
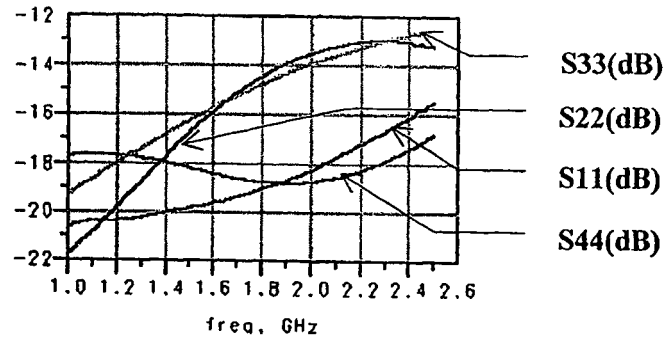


FIG. 6A

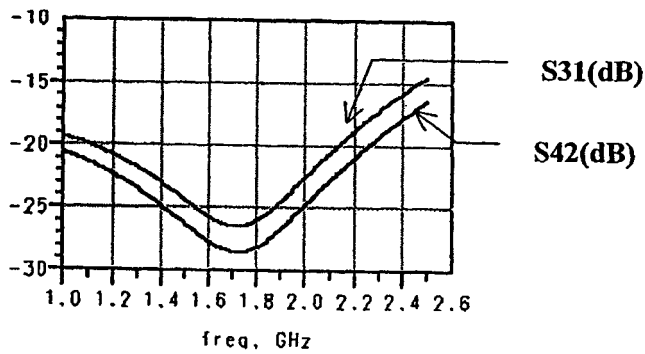
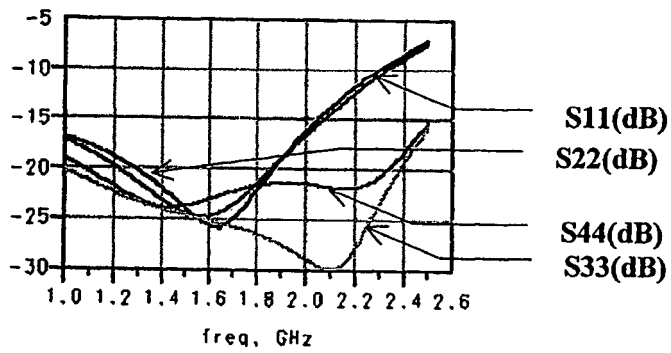
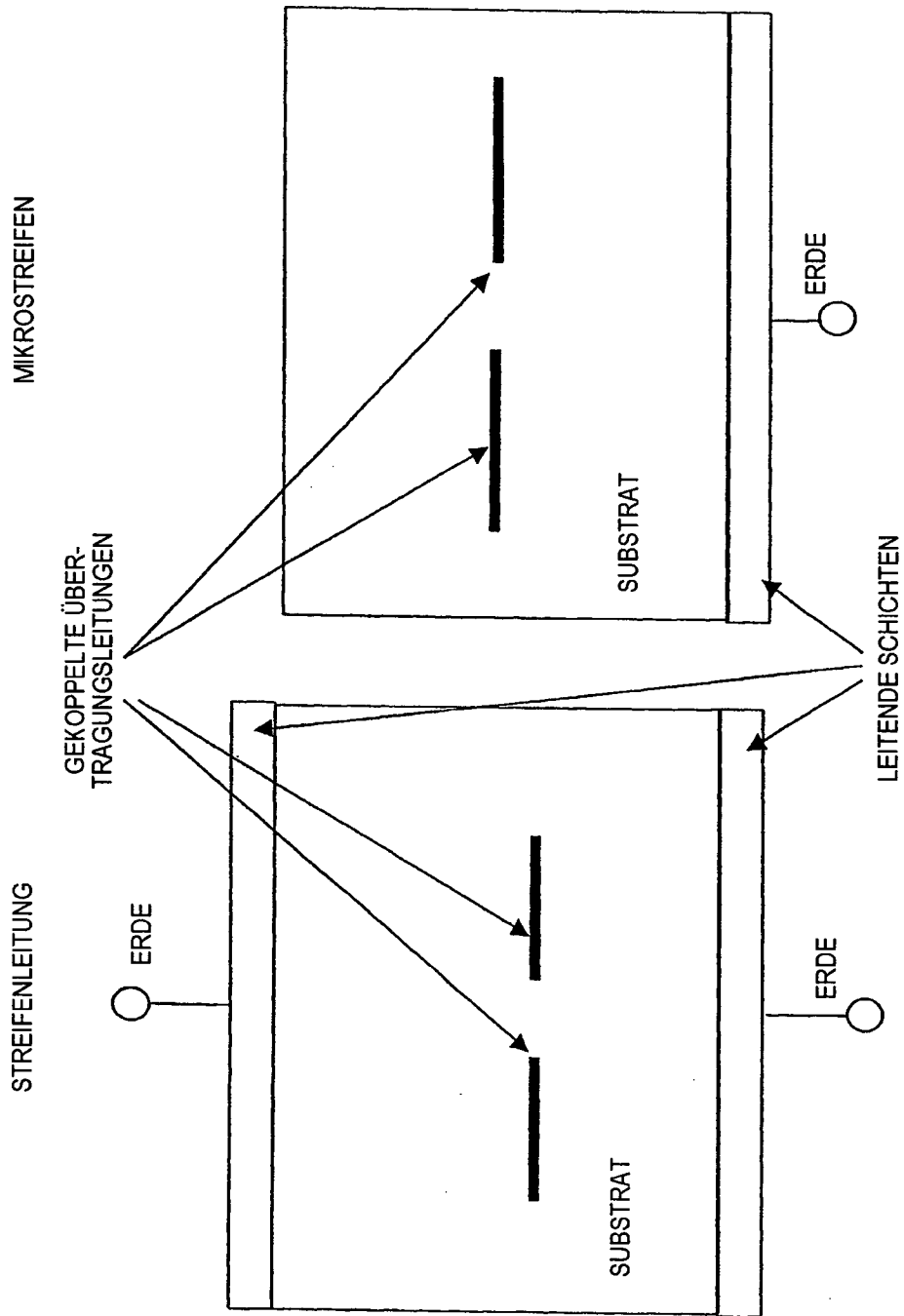


FIG. 6B



**Fig. 7**  
(STAND DER TECHNIK)