



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2006 000 890 T2** 2009.06.04

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 758 200 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2006 000 890.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **06 017 447.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **22.08.2006**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.02.2007**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **09.04.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.06.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H01P 5/10** (2006.01)

H01F 19/04 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

710570 P 23.08.2005 US

(73) Patentinhaber:

Synergy Microwave Corp., Paterson, N.J., US

(74) Vertreter:

**Mitscherlich & Partner, Patent- und
Rechtsanwälte, 80331 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IS, IT, LI, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO,
SE, SI, SK, TR**

(72) Erfinder:

**Ilkov, Nikolay, 14513 Teltow, DE; Ahmed, Vaseem,
Hasbrouck Heights, NJ 07604, US; Dykky, Vasyi,
14513 Teltow, DE**

(54) Bezeichnung: **Mehrlagiger planarer Balunübertrager, Mischer und Verstärker**

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

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf Balun-Transformatoren, die auf einer gedruckten Schaltungsplatte oder in Oberflächenmontagepaketen implementiert werden können, und bezieht sich insbesondere auf einen Transformatoraufbau, der für eine Verwendung in Mikrowellen-Modulen adaptabel ist, bei denen der Transformator in die gedruckte Schaltungsplatte integriert ist.

[0002] Ein Balun ist eine Vorrichtung, die entworfen ist, um zwischen abgeglichenen und nicht-abgeglichenen elektrischen Signalen eine Wandlung durchzuführen, so wie z. B. zwischen einem Koaxialkabel und einer Kettenleitung. Baluns können als einfache Formen von Übertragungsleitungstransformatoren betrachtet werden. Die wegweisende Arbeit über Übertragungsleitungstransformatoren wurde von Gustav Guanella im Jahr 1944 geleistet. Guanellas Transformator ist in dem U.S. Patent 2,470,307 beschrieben. Guanella schlug vor, Übertragungsleitungen zu wickeln, um eine Drossel zu bilden, die den unerwünschten Modus bei Abgeglichenen-zu-Nicht-abgeglichenen-Anpassungen unterdrückt. Guanellas Transformator wies einen Grundbaustein oder einen 1:1-Balun auf. Wie allgemein bekannt ist, trennt die drosselnde Recktanze bei Guanellas Transformator den Eingang von dem Ausgang. Diese Recktanze erhält man gewöhnlich dadurch, dass man die Übertragungsleitung um einen Ferritkern wickelt oder die Leitung durch Ferritkügelchen fädelt. Im allgemeinen bestehen die Ziele darin, dass die charakteristische Impedanz Z_0 der Übertragungsleitung gleich dem Wert der Last R_L ist, auf die allgemein als optimale charakteristische Impedanz Bezug genommen wird, und dass die drosselnde Recktanze viel größer als R_L (und daher Z_0) ist. Durch die Kombination von Übertragungsleitungsspulen in Parallel-/Reihenarrangements war Guanella fähig, sehr breite Baluns mit Verhältnissen von $1:n^2$, wobei n die Zahl der Übertragungsleitungen ist, zu demonstrieren. [Fig. 1A](#) zeigt ein Schema für Guanellas 1:4-Balun.

[0003] Baluns können auf eine Vielfalt von Weisen durch Verwenden verschiedener Typen von Übertragungsleitungselementen implementiert sein. Koaxiale Übertragungsleitungssegmente können z. B. verwendet sein, um Baluns bei relativ geringer Frequenz zu bilden. Es ist jedoch schwierig, diese Typen von Baluns mit anderen Elementen von Mikrowellenschaltungen, bei denen Oberflächenmontageentwurfstechniken verwendet werden, zu integrieren. Wo solche Techniken eingesetzt werden, können Baluns auf gedruckten Schaltungsplatten gebildet sein. Solche Baluns können aus Streifenleitungs- oder anderen Leitermaterialien, d. h. auf bekannte Weise an einem Substrat einer gedruckten Schaltungsplatte

gebildet, gefertigt werden. Zusätzlich zu Streifenleitungstechnologien wurden auch Mikrostreifenleitungs- oder andere Technologien verwendet, um die leitfähigen Bahnen zu bilden. Im Allgemeinen erfordern es Oberflächenmontageentwürfe, dass Komponenten oder Vorrichtungen an eine gedruckte Schaltungsplatte montiert werden, die Bahnen einer gedruckten Schaltung auf mindestens einer Oberfläche der Platte hat. Die Oberflächenmontagekomponenten sind mit den Anschlüssen der Bahnen unter Verwendung bekannter Löttechniken verbunden.

[0004] Nun [Fig. 1B](#) zuwendend, wo ein schematisches Schaltungsdiagramm eines Transformators nach dem Stand der Technik gezeigt ist. Auf Grund der Asymmetrie, die durch das Legen an Masse an dem Anschluß 5 verursacht wird, ist es für diesen Balun-Transformator typischerweise nötig, an dem Knotenpunkt, an dem L1 angeschlossen ist, zu funktionieren. Dieser Punkt hat nicht immer ein Nullpotenzial für das Differenzsignal. Dies führt gewöhnlich zu einer Leistungsver schlechterung. Der Transformator von [Fig. 1B](#) wird gewöhnlich in doppelt abgeglichenen Dioden-Mischern, normalerweise gefolgt von einem Guanella-Balun-Transformator, verwendet. Das U.S. Patent 6,294,965 an Merrill et al. modifiziert den Transformator aus [Fig. 1B](#), jedoch ist die Summierungsfunktion, die für Mischer und um einen Gleichstromversorgungspunkt einzurichten nötig ist, nicht vorgesehen.

[0005] [Fig. 1C](#) zeigt ein äquivalentes schematisches Schaltungsdiagramm des in dem Patent ,965 beschriebenen Transformators.

[0006] Das Dokument zum Stand der Technik DE 14 66 505 C1 beschreibt einen Guanella-Transformator mit mindestens zwei parallelen Überlandleitungsschaltungen von vorzugsweise der Länge eines Viertels der Betriebswellenlänge. Guanella-Transformatoren sind breitbandige Hochfrequenz-Transformatoren. Der Guanella-Transformator, der durch das Dokument DE 14 66 505 C1 offenbart ist, wird z. B. zum Einstellen von Antennen in einem elektronischen Lösungsansatz oder für Abstandszünder verwendet.

[0007] Der Zweck des durch das Dokument JP 03 046804 A beschriebenen Gegenstands besteht darin, den Wandlungsverlust eines Mischers durch Übernehmen des Systems, bei dem ein Bodensendesignal und ein erstes Zwischenfrequenzsignal einer Satellitensendung als erstes bzw. zweites Eingangssignal empfangen werden und ein Hochfrequenzsignal nicht durch einen Balun-Transformator geht, und Verwenden eines abgeglichenen Mischers zu verbessern. Ein nicht-abgeglichenes Tor eines Balun-Transformators wird als Eingangstor eines lokalen Oszillationssignals verwendet und ein Mittelpunkt wird als das Bodensendetor verwendet. Wenn eine 90- bis 770 MHz-Bodensendewelle eingespeist und

abgestimmt wird, werden das Bodensendesignal und das lokale Oszillationssignal in einer doppelt abgeglichenen nichtlinearen Elementgruppe gemischt und über einen Balun-Transformator ausgegeben. Wenn das eingespeiste Satellitensendesignal als zweites 400 MHz-Zwischenfrequenzsignal ausgegeben wird, wird es durch eine abgegliche nichtlineare Elementgruppe mit dem lokalen Oszillationssignal gemischt und direkt ausgegeben ohne durch den Balun-Transformator zu gehen.

[0008] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine gedruckte Schaltungsplatte mit einem verbesserten Balun-Transformator zu schaffen. Die Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

[0009] Bei Oberflächenmontage-Anwendungen ist es wünschenswert, dass die verschiedenen Schaltungselemente und leitfähigen Bahnen wunschgemäß geformt sind, um die Entwurfsanforderungen zu erfüllen. Die vorliegende Erfindung liefert einen Balun-Transformator, der auf einer gedruckten Schaltungsplatte implementiert sein kann, um vorteilhafterweise eine größere Flexibilität bei dem Aufbau der Schaltungselemente zu erlauben.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0010] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung kann eine gedruckte Schaltungsplatte aufweisen. Die gedruckte Schaltungsplatte weist vorzugsweise eine erste Planare Schicht und eine zweite Planare Schicht auf, die abgewandt von und parallel zu der ersten Planaren Schicht angeordnet ist; ein erstes C-förmiges Leitungssegment, das ein erstes Ende und ein zweites Ende hat, die auf der ersten Planaren Schicht der gedruckten Schaltungsplatte angeordnet sind; und ein zweites C-förmiges Leitungssegment, das breitseitig vertikal mit dem ersten C-förmigen Leitungssegment gekoppelt ist, wobei das zweite C-förmige Leitungssegment ein erstes Ende und ein zweites Ende hat, die auf der zweiten Planaren Schicht der gedruckten Schaltungsplatte angeordnet sind. Die gedruckte Schaltungsplatte weist vorzugsweise auch ein drittes C-förmiges Leitungssegment, das ein erstes Ende und ein zweites Ende hat, die auf der ersten Planaren Schicht der gedruckten Schaltungsplatte angeordnet sind, ein viertes C-förmiges Leitungssegment, das breitseitig vertikal mit dem dritten C-förmigen Leitungssegment gekoppelt ist, wobei das vierte C-förmige Leitungssegment ein erstes Ende und ein zweites Ende hat, die auf der zweiten Planaren Schicht der gedruckten Schaltungsplatte angeordnet sind, und ein fünftes Leitungssegment auf, das ein Ende, das die zweiten Enden des ersten und dritten Leitungssegments verbindet, und ein anderes Ende hat, das ein nicht-abgeglichenes Port bildet. Ferner bilden gemäß diesem Aspekt der vorliegenden Erfindung die ersten Enden des ersten und

dritten Leitungssegments vorzugsweise einen abgeglichenen Anschluss und bildet das erste Ende des zweiten Leitungssegments vorzugsweise einen nicht-abgeglichenen Anschluss.

[0011] Gemäß diesem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist jedes der C-förmigen Leitungssegmente vorzugsweise gebogen, um ein Paar U-förmiger Abschnitte zu bilden, die in Reihe geschaltet sind.

[0012] Das zweite Ende des zweiten Leitungssegments ist zusätzlich wünschenswerterweise durch ein metallisiertes Durchgangsloch auf der zweiten Schicht der Platte mit Masse verbunden.

[0013] Ein erläuterndes Beispiel der vorliegenden Erfindung ist ein oberflächenmontierbarer Balun-Transformator, der vorzugsweise in eine gedruckte Schaltungsplatte integrierbar ist. Der Transformator weist vorzugsweise ein erstes C-förmiges Leitungssegment, das ein erstes Ende und ein zweites Ende hat, die auf der Schicht der gedruckten Schaltungsplatte angeordnet sind, und ein zweites C-förmiges Leitungssegment auf, das ein erstes und ein zweites Ende hat, die auf einer Schicht der gedruckten Schaltungsplatte angeordnet sind. Ferner liefern gemäß diesem Aspekt der vorliegenden Erfindung die ersten Enden jedes der C-förmigen Leitungssegmente vorzugsweise einen abgeglichenen Anschluss zum Verbinden mit dem Transformator, und das zweite Ende der ersten C-förmigen Leitungssegmente liefert vorzugsweise einen nicht-abgeglichenen Anschluss zum Verbinden mit dem Transformator.

[0014] Gemäß diesem erläuternden Beispiel der vorliegenden Erfindung kann ferner der oberflächenmontierbare Balun-Transformator ferner ein drittes C-förmiges Leitungssegment aufweisen, das breitseitig vertikal mit dem ersten C-förmigen Leitungssegment gekoppelt ist. Der oberflächenmontierbare Balun-Transformator kann zusätzlich ferner wünschenswerterweise ein viertes C-förmiges Leitungssegment aufweisen, das breitseitig vertikal mit dem zweiten C-förmigen Leitungssegment gekoppelt ist.

[0015] Gemäß diesem erläuternden Beispiel der vorliegenden Erfindung sind ferner das dritte und vierte C-förmige Leitungssegment vorzugsweise von dem ersten und zweiten C-förmigen Leitungssegment durch ein dielektrisches Material getrennt.

[0016] Weiterhin kann dieses erläuternde Beispiel der vorliegenden Erfindung ferner dritte und vierte C-förmige Leitungssegmente aufweisen, die breitseitig vertikal mit dem ersten bzw. zweiten C-förmigen Leitungssegment teilweise gekoppelt sind.

[0017] Gemäß diesem erläuternden Beispiel der vorliegenden Erfindung ist der abgegliche Anschluss des oberflächenmontierbaren Balun-Trans-

formators ferner wünschenswerterweise abgewandt von dem nicht-abgeglichenen Anschluss auf der Schicht der gedruckten Schaltungsplatte angeordnet.

[0018] Dieses erläuternde Beispiel der vorliegenden Erfindung kann zusätzlich ferner wünschenswerterweise einen ersten Anschluss aufweisen, der durch eine metallisierte Öffnung eines Durchgangslochs gebildet ist, das den Balun-Transformator mit der Leistungsebene der gedruckten Schaltung koppelt.

[0019] Gemäß diesem erläuternden Beispiel der vorliegenden Erfindung kann weiterhin jedes der C-förmigen Leitungssegmente wünschenswerterweise gebogen sein, um ein Paar von U-förmigen Abschnitten zu bilden, die in Reihe geschaltet sind.

[0020] Der Balun-Transformator kann zusätzlich ferner einen ersten Anschluss aufweisen, der durch ein metallisiertes Durchgangsloch, das sich zwischen den Schichten der gedruckten Schaltungsplatte erstreckt, gebildet ist und worin sich der erste Anschluss benachbart zu dem abgeglichenen Anschluss befindet und mit dem zweiten Ende des zweiten Leitungssegments verbunden ist und durch das metallisierte Durchgangsloch an Masse kurzgeschlossen ist.

[0021] Bei einem weiteren erläuternden Beispiel weist die vorliegende Erfindung eine gedruckte Schaltungsplatte, die vorzugsweise eine erste planare Schicht und eine zweite planare Schicht aufweist, die abgewandt von und parallel zu der ersten planaren Schicht angeordnet ist, eine elektronische Schaltung, die innerhalb eines innerhalb der ersten planaren Schicht gebildeten Hohlraums angeordnet ist, einen ersten Balun-Transformator, der ein Paar C-förmiger breitseitig vertikal gekoppelter Leitungen hat, die in Reihe geschaltet sind, um einen ersten nicht-abgeglichenen Anschluss auf der ersten planaren Schicht und einen ersten abgeglichenen Anschluss auf der ersten planaren, die abgewandt von dem nicht-abgeglichenen Anschluss ist, zu bilden, und einen zweiten Balun-Transformator auf, der ein Paar C-förmiger breitseitig vertikal gekoppelter Leitungen hat, die in Reihe geschaltet sind, um einen zweiten nicht-abgeglichenen Anschluss an der ersten planaren Schicht und einen zweiten abgeglichenen Anschluss an der ersten planaren Schicht, abgewandt von dem zweiten nicht-abgeglichenen Anschluss, zu bilden.

[0022] Gemäß diesem erläuternden Beispiel der vorliegenden Erfindung kann die elektronische Schaltung wünschenswerterweise einen Dioden-Ring, Mischer oder einen Leistungsverstärker aufweisen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0023] [Fig. 1A](#) ist ein schematisches Schaltungsdiagramm eines Guanella-1:4-Impedanz-Transformators nach dem Stand der Technik.

[0024] [Fig. 1B](#) stellt ein Schema eines bei einem doppelt abgeglichenen Mischer verwendeten Transformators nach dem Stand der Technik dar.

[0025] [Fig. 1C](#) stellt erläuternd ein Schema eines Balun-Transformators nach dem Stand der Technik dar.

[0026] [Fig. 2](#) stellt erläuternd ein äquivalentes schematisches Schaltungsdiagramm eines Balun-Transformators dar.

[0027] [Fig. 3](#) stellt erläuternd eine perspektivische Seitenansicht eines Aufbaus eines Balun-Transformators dar.

[0028] [Fig. 4](#) stellt erläuternd eine perspektivische Seitenansicht eines Aufbaus eines Balun-Transformators dar.

[0029] [Fig. 5](#) stellt erläuternd eine Seitenansicht eines Aufbaus eines Balun-Transformators dar.

[0030] [Fig. 6](#) stellt erläuternd ein Schema eines Transformators dar.

[0031] [Fig. 7](#) stellt erläuternd ein zu [Fig. 6](#) äquivalentes Schema dar.

[0032] [Fig. 8](#) stellt erläuternd eine perspektivische Seitenansicht eines Aufbaus eines Balun-Transformators dar.

[0033] [Fig. 9](#) stellt erläuternd ein Schaltungsdiagramm eines doppelt abgeglichenen Dioden-Mischers dar.

[0034] [Fig. 10](#) stellt erläuternd eine perspektivische Seitenansicht eines Aufbaus eines doppelt abgeglichenen Dioden-Mischers dar.

[0035] [Fig. 11](#) stellt erläuternd ein schematisches Schaltungsdiagramm eines doppelt abgeglichenen Mischers dar.

[0036] [Fig. 12](#) stellt erläuternd eine perspektivische Seitenansicht eines Aufbaus eines doppelt abgeglichenen Mischers dar.

[0037] [Fig. 13](#) stellt erläuternd ein schematisches Schaltungsdiagramm eines Gegentaktverstärkers dar.

[0038] [Fig. 14](#) stellt erläuternd einen Reflexionsmi-

scher dar.

[0039] [Fig. 15](#) stellt erläuternd einen doppelt abgeglichenen FET-Mischer dar.

[0040] [Fig. 16](#) stellt eine perspektivische Seitenansicht eines Aufbaus einer planaren Mehrschicht-Schaltungsplatte gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung dar.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0041] Nun [Fig. 2](#) zuwendend, in der ein äquivalentes schematisches Schaltungsdiagramm eines Balun-Transformators **200** gezeigt ist. Der Transformator **200** weist fünf Anschlüsse markiert als Anschluss 1, 2, 3, 4 und 5 auf. Das Transformationsverhältnis wird mit Z_{Last} bezeichnet und ist durch die folgende Gleichung gegeben:

$$Z_{Last} = \frac{4Z_0^2}{Z_{Quelle}} \quad (1)$$

wobei $Z_0 = \sqrt{Z_{0ungerade} * Z_{0gerade}}$

[0042] Das obige Transformationsverhältnis gilt für Frequenzen, bei denen die Kopplerlänge gleich einer Viertelwellenlänge ist. Z_0 ist eine charakteristische Impedanz und $Z_{0ungerade}$ und $Z_{0gerade}$ sind die Impedanzen der ungeraden bzw. geraden Moden der Leitungen. Gemäß diesem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Struktur wünschenswerterweise als ein Impedanz-transformierender Balun mit Anschluss 1 als ein ein-endiger oder nicht-abgeglicherer Anschluss und Anschlüssen 3 und 5 als ein Differenzanschluss oder abgeglicherer Anschluss, wenn Anschluss 2 an Masse gelegt ist, in Betrieb. Wie detaillierter weiter unten erklärt ist, sind beim Betreiben als Balun-Transformator Anschlüsse 2 und 4 vorzugsweise an Masse gelegt.

[0043] Nun [Fig. 3](#) zuwendend, in der ein Aufbau eines oberflächenmontierbaren Balun-Transformators **300** gezeigt ist. Der Transformator **300** ist vorteilhaft zur Verwendung in Schaltungen mit Mikrowellen-Modulen adaptiert, wobei die Transformatoren in der gedruckten Schaltungsplatte integriert sind, und die aktiven Vorrichtungen oder Komponenten in einem Hohlraum montiert sind. Der Transformator **300** weist vier Leitungssegmente **304**, **308**, **312** und **316** auf. Jedes der Leitungssegmente bildet eine Bahn auf einer gedruckten Schaltungsplatte. Jede Bahn kann eine Steifenleitung oder eine Mikrostreifenleitung aufweisen. Streifenleitungen oder Mikrostreifenleitungen sind Übertragungsleitungen, die als leitfähige metallische Bahn, basierend in einem dielektrischen Medium mit zwei parallelen Masseebenen an beiden Seiten der dielektrischen Oberfläche des Balun, ge-

bildet sein können. Zur Klarheit ist das dielektrische Medium oder Substrat in [Fig. 3](#) nicht gezeigt, es ist jedoch ohne weiteres zu erkennen, dass es eine Mehrschichtstruktur aufweist, die es erlaubt, dass die Leitungssegmente **304** und **308** auf einer ersten Oberfläche des dielektrischen Substrats platziert sind, und die Leitungssegmente **312** und **316** auf einer gegenüberliegenden zweiten Oberfläche des dielektrischen Substrats platziert sind. Das dielektrische Substrat weist zusätzlich häufig zwei parallele Masseebenen auf beiden Oberflächen des Substrats auf. Vorzugsweise weist die Schicht des leitenden Materials Kupfer auf, und das dielektrische Substrat weist vorzugsweise einen verlustarmen Hochfrequenz-Schichtstoff oder ein Äquivalent dazu auf. Die Impedanz der Leitungssegmente ist durch die Abmessung der Segmente und den Typ des dielektrischen Materials, das verwendet ist, bestimmt. Wie Fachleuten bekannt ist, kann die Auswahl des dielektrischen Materials und die Dimensionierung der Leitungssegmente so gewählt sein, um die speziellen Entwurfserfordernisse und/oder – beschränkungen zu erfüllen.

[0044] Zusätzlich ist ein gekoppeltes Leitungssegment allgemein als eine Struktur, die zwei Leitungen aufweist, die einen konstanten Abstand voneinander haben, bekannt. In einer Mehrschichtstruktur, wie in [Fig. 3](#) dargestellt, können die gekoppelten Leitungssegmente als zwei parallele Bahnen auf derselben Schicht mit Masseebenen auf den Schichten über und unter der Schicht mit den Bahnen oder als parallele, auf zwei benachbarten Schichten platzierte Bahnen hergestellt sein. Wie detaillierter im Folgenden erörtert ist, kann die gedruckte Schaltungsplatte andere oberflächenmontierte Komponenten aufweisen, die mit den Anschlüssen des Balun-Transformators **300** elektrisch verbunden werden können.

[0045] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, weist das erste Leitungssegment **304** ein erstes Ende **304₁**, das den Anschluss 3 bildet, auf. Das erste Leitungssegment **304** weist ferner ein zweites Ende **304₂**, das mit dem Anschluss 2 verbunden ist, auf. Es sei bemerkt, dass, obwohl Anschluss 2 als ein getrennter zylindrischer Block dargestellt ist, er vorzugsweise als ein Durchgangsloch gebildet ist. Dies ist auch der Fall für Anschluss 4 und jedes andere hierin ähnlich dargestellte Element. Das Leitungssegment **308** weist ein erstes Ende **308₁**, und ein zweites Ende **308₂** auf. Wie gezeigt bildet das erste Ende **308₁** den Anschluss 5, während das zweite Ende **308₂** den Anschluss 1 bildet.

[0046] Jedes der Leitungssegmente weist eine Breitseite, die durch die seitliche Abmessung D der Bahn an dem Substrat definiert ist, auf. Obwohl bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel jedes der in [Fig. 3](#) dargestellten Leitungssegmente dieselbe seitliche Abmessung D aufweisen kann, ist die Erfindung

in dieser Hinsicht nicht begrenzt. Wie in der Technik bekannt, können die Abmessungen variiert sein, speziell die Bahnen, die sich auf gegenüberliegenden vertikalen Oberflächen befinden, um die Entwurfserfordernisse zu erfüllen.

[0047] Wie im Vorhergehenden erwähnt ist jeder der Anschlüsse 2 und 4 vorzugsweise durch ein Durchgangsloch oder eine Öffnung eines Durchgangslochs gebildet. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist zusätzlich jeder von diesen Anschlüssen durch das Durchgangsloch mit den Leistungsebenen der gedruckten Schaltungsplatte, an der die Leitungssegmente ihre Bahn ziehen, verbunden. Zusätzlich sind bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel beide dieser Anschlüsse an Masse kurzgeschlossen. Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, ist das erste und zweite Ende des Leitungssegments **316**, d. h. die Enden **316₁** und **316₂**, mit den Durchgangslöchern die Anschlüsse 2 und 4 bildend, verbunden. Zusätzlich ist das erste Ende **312** des Leitungssegments **312** mit dem Anschluss 4 verbunden. Das zweite Leitungssegment **312₂** ist ebenfalls mit einem Durchgangsloch verbunden.

[0048] Gemäß einem erläuternden Beispiel der vorliegenden Erfindung weist jedes der Leitungssegmente **304**, **308**, **312** und **316** C-förmige Leitungssegmente oder leitfähige Bahnen an einer Oberfläche der gedruckten Schaltungsplatte auf. Bei einer Mehrschichtstruktur können sich diese Leitungssegmente oder Bahnen auch in der gedruckten Leitungsplatte befinden. Wie in [Fig. 3](#) ebenfalls gezeigt, weisen die Leitungssegmente **304** und **312** breitseitig gekoppelte Leitungen auf. Zusätzlich weisen die Leitungssegmente **308** und **316** ähnlicherweise breitseitig gekoppelte Leitungssegmente oder Übertragungsleitungen auf. Ferner weisen die ersten Enden der Leitungssegmente **308₁** und **304₁** den Differenz- oder abgeglichenen Anschluss des Transformators **300** auf. Das zweite Ende **308₂** des Leitungssegments **308** bildet den nicht-abgeglichenen Anschluss des Transformators **300**.

[0049] Gemäß einem erläuternden Beispiel der vorliegenden Erfindung liegen sowohl der abgeglichenen als auch der nicht-abgeglichenen Anschluss in derselben Ebene oder auf derselben Oberfläche der gedruckten Schaltungsplatte, auf die der Transformator **300** gefertigt wird. In dieser Hinsicht wird es dadurch, dass man den Differenz- oder abgeglichenen Ausgang an einer einzigen Schicht hat, möglich, direkt aktive Komponenten, die in einem Hohlraum auf der gedruckten Schaltungsplatte montiert sind, schnittstellenmäßig zu verbinden. Zusätzlich erfordert gemäß diesem Aspekt der vorliegenden Erfindung der Aufbau lediglich zwei Signalschichten. Weiterhin können, wenn die Übertragungsleitungen teilweise gekoppelt sind, Impedanzen höherer Moden erreicht werden, wodurch die ohmschen Verluste und der eingenommene Bereich gering gehalten werden. Wenn

derselbe unter Verwendung von Standardtechnologie für gedruckte Schaltungsplatten gebaut wird, ist der Transformator **300** zur Verwendung in Anwendungen, die einen Frequenzbereich von 0,1 bis zu 20 GHz aufweisen, wünschenswert. Obwohl wir fanden, dass eine Bahnbreite von etwa 0,2032 cm (0,08 Zoll (8 mils)) zum Implementieren der hierin beschriebenen Schaltungsanordnung und Aufbauten verwendet werden kann, hängt die Breite der Bahn von der Dicke des Substratmaterials ab.

[0050] Nun [Fig. 4](#) zuwendend, ist darin ein oberflächenmontierbarer Balun-Transformator **400** gezeigt. Funktionell ist der Transformator **400** ähnlich wie der Transformator **300** aus [Fig. 3](#) in Betrieb. Jedoch sind die Leitungssegmente, die die gekoppelten Übertragungsleitungen aufweisen, anders geformt. Sie sind gebogen. Alle der Leitungssegmente **404**, **408**, **412** und **416** sind insbesondere als Paar U-förmiger Bahnen gebildet, die in Reihe geschaltet und zur y-Achse symmetrisch sind. Der Aufbau von [Fig. 4](#) erlaubt vorteilhafterweise eine bessere Bereichsnutzung auf der gedruckten Schaltungsplatte und erlaubt eine größere Flexibilität, die im allgemeinen dort wünschenswert ist, wo Kompaktheit von Wichtigkeit ist. Wie vorher in Bezug auf [Fig. 3](#) erörtert, weisen die Anschlüsse 3 und 5 die abgeglichenen Anschlüsse zum Verbinden oder Koppeln eines Signals mit dem Transformator **400** auf. Der Anschluss 1 weist den nicht-abgeglichenen Anschluss zum Verbinden mit dem Transformator auf. Anschlüsse 2 und 4 weisen vorzugsweise Durchgangslöcher auf, die mit den Leistungsebenen der Platte verbunden und vorzugsweise an Masse gelegt sind.

[0051] Nun [Fig. 5](#) zuwendend, ist eine Seitenansicht einer gedruckten Schaltungsplatte **500** gezeigt. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, weist die Platte **500** eine erste Oberflächenschicht **510**, eine Mittelschicht **516** und eine zweite Oberflächenschicht **520** auf. Die erste und zweite Oberflächenschicht **510**, **520** weisen planare Oberflächen auf, die sich im wesentlichen parallel zu einander erstrecken. Die Mittelschicht **516**, die diese zwei Oberflächenschichten trennt, weist vorzugsweise ein Dielektrikum auf. Jeder der Blöcke C1, C2, C3 und C4 stellt erläuternd ein Leitungssegment oder eine Bahn an den gezeigten Oberflächen dar. Diese Bahnen können gemäß der vorangegangenen Beschreibung C-förmig sein oder die gebogene Form aus [Fig. 4](#) aufweisen. Leitungssegmente C1 und C2 weisen breitseitig vertikal teilweise gekoppelte Übertragungsleitungen auf. Leitungssegmente C3 und C4 weisen gleichfalls breitseitig vertikal teilweise gekoppelte Übertragungsleitungen auf. Wie im Vorhergehenden erörtert, können durch vertikales teilweises Koppeln der Übertragungsleitungen entlang ihrer Breitseite Impedanzen für höhere Moden erreicht werden, während die ohmschen Verluste gering gehalten werden. Es sei bemerkt, dass die gekoppelten Leitungen auch breitseitig vertikal vollständig gekop-

pelte Übertragungsleitungen aufweisen können, indem man C1 direkt über C2 und C3 direkt über C4 ausrichtet.

[0052] Gemäß der vorangegangenen Beschreibung ist ein erläuterndes Beispiel der vorliegenden Erfindung eine gedruckte Leitungsstruktur, die vorzugsweise mindestens zwei C-förmige breitseitig gekoppelte Leitungen aufweist, die auf einer Seite in Reihe geschaltet sind, so dass Anschlüsse 3 und 5 differenziell aus der Struktur austreten. Zusätzlich ist Anschluss 4 vorzugsweise durch ein Durchgangsloch gebildet, das direkt mit den Leistungsebenen der Platte verbunden sein kann oder verwendet werden kann, um ein Gleichtaktsignal anzuschließen. Die Leitungen sind ferner parallel geschaltet, so dass der Anschluss 1 auf der abgewandten Seite der Struktur austritt, und der Anschluss 2 durch ein Durchgangsloch gebildet ist, das auch direkt mit den Leistungsebenen der Platte verbunden sein kann. Gemäß diesem Aspekt der vorliegenden Erfindung werden die Anschlüsse 5 und 3 direkt von den Kopplern genommen, Anschluss 4 ist der Knotenpunkt beider C-förmiger Koppler, und die Anschlüsse 1 und 2 sind durch metallisierte Öffnungen von Kontaktlöchern geführt. Ferner gemäß diesem erläuternden Beispiel der vorliegenden Erfindung können die Übertragungsleitungen gebogen sein, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist. Weiterhin kann, wo die gekoppelten Leitungen wie in [Fig. 5](#) gezeigt breitseitig vertikal teilweise gekoppelte Übertragungsleitungen sind, eine Impedanz einer höheren ungeradzahigen Mode erreicht werden, während die ohmschen Verluste gering gehalten werden. Zusätzlich können die gekoppelten Leitungen breitseitig vertikal vollständig gekoppelte Übertragungsleitungen sein.

[0053] [Fig. 6](#) stellt erläuternd ein schematisches Schaltungsdiagramm eines Transformators **700** gemäß einem Aspekt der Erfindung dar. Gemäß [Fig. 6](#) wird ein Differenzsignal zwischen Anschluss 3 und 4 in ein ein-endiges Signal an Anschluss 1 mit einer Impedanztransformation Z_1 transformiert. Z_1 ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$Z_1 = \frac{Z_0^2}{Z_{34}} \quad (2)$$

[0054] Z_0 ist wie im Vorhergehenden angegeben gleich der Quadratwurzel von $Z_{\text{ungerade}} \cdot Z_{\text{gerade}}$ für Frequenzen, bei denen die Kopplerlänge gleich einer Viertelwellenlänge ist. Ein Gleichtaktsignal an Anschluss 3 und 4 wird in ein ein-endiges Signal an dem Anschluss 2 transformiert. Das induktive Element L1 ist vorgesehen, um das Hochfrequenzverhalten der ein-endigen (Balun-)Differenztransformation zu verbessern. L1 kann einen Teil der Übertragungsleitung aufweisen. Der Anschluss 2 kann ferner zum Versorgen der Schaltung mit einem Gleichstrom ohne Bedarf zusätzlicher Komponenten verwendet sein. Ge-

mäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung erlaubt ein Aufbau einer gedruckten Schaltungsplatte gemäß [Fig. 6](#) wünschenswerterweise, dass ein Transformator durch An-Masse-Legen eines der Anschlüsse eine Differenz für die ein-endige Umwandlung liefert.

[0055] [Fig. 7](#) ist ein äquivalentes schematisches Schaltungsdiagramm des Transformators aus [Fig. 6](#).

[0056] [Fig. 8](#) stellt erläuternd einen Aufbau eines oberflächenmontierbaren Balun-Transformators **1000** dar. Gemäß einem Aspekt der Erfindung weist der Transformator **1000** vier Anschlüsse markiert als Anschluss 1, 2, 3 und 4 auf. Der Transformator **1000** weist fünf Leitungssegmente **1004**, **1008**, **1012**, **1016** und **1020** auf. Die Leitungssegmente **1004**, **1008** sind auf einer ersten Schicht eines Substrats (nicht gezeigt) einer gedruckten Schaltungsplatte angeordnet. Jedes dieser Leitungssegmente **1004**, **1008** weist erste Enden **1004₁** bzw. **1008₁** auf. Jedes dieser ersten Enden weist die abgeglichenen Anschlüsse, Anschluss 3, Anschluss 4 des Transformators **1000** auf. Die Leitungssegmente **1004**, **1008** würden zwei C-förmige Bahnen in einer Ebene über der x-Achse bilden, außer wenn sie dort verbunden sind, was ihr anderes Ende aufweisen würde. Dieses andere Ende, das sich nahe dem Durchgangsloch **1026** befindet, ist unter Verwendung eines Pfeils **1030** erläuternd dargestellt.

[0057] Das fünfte Leitungssegment **1020** erstreckt sich etwa von Position **1030** aus und läuft, wie gezeigt, parallel und benachbart zu zwei Abschnitten des Leitungssegments **1008**. Das Leitungselement **1020** weist den in [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) gezeigten Induktor L1 auf.

[0058] Wie ferner gezeigt, weist das Leitungssegment **1012** ein erstes Ende **1012₁** und ein zweites Ende **1012₂** auf. Das Leitungssegment **1012** ist in einer Ebene auf einer zweiten Oberfläche, die sich parallel zu der ersten Oberfläche des Substrats erstreckt, angeordnet. Zusammen weisen die Leitungssegmente **1004** und **1012** breitseitig vertikal gekoppelte Übertragungsleitungen auf. Auf ähnliche Weise weisen die Leitungssegmente **1008** und **1016** breitseitig vertikal gekoppelte Übertragungsleitungen auf. Zusätzlich enthält das Leitungssegment **1016** ein erstes Ende **1016₁** und ein zweites Ende **1016₂**. Das erste Ende **1016₁** endet auf der Masse durch **1026**. Das zweite **1016₂** durch **1032** endet auf der Masse durch **1032** zusammen mit dem zweiten Ende **1012₂**. Wir beziehen uns zweckmäßigerweise auf den Transformator **1000** als ein 0/180-Vier-Anschluss-Netzwerk oder einen Mikrowellen-Hybrid-Aufbau.

[0059] [Fig. 9](#) stellt erläuternd ein schematisches Schaltungsdiagramm eines doppelt abgeglichenen

Diodenmischers **1100** dar. Der Mischer **1100** kann wie in [Fig. 10](#) gezeigt auf einer gedruckten Schaltungsplatte implementiert und aufgebaut sein. Der Mischer-Aufbau **1200** aus [Fig. 10](#) weist ein Paar von Balun-Transformatoren **1204**, **1208** auf. Jeder dieser Transformatoren **1204**, **1208** weist insbesondere Paare C-förmiger breitseitig vertikal gekoppelter Übertragungsleitungen auf. Ein Signal eines lokalen Oszillators ist insbesondere an den nicht-abgeglichenen LO-Anschluss **1212** angelegt. Das lokale Oszillationssignal wird dann durch den Transformator **1208** über die Differenz- oder abgeglichenen Anschlüsse **1216₁**, **1216₂** an den Diodenring **1214** gekoppelt. Ein Zwischenfrequenzsignal, das an dem ZF-Anschluss **1220** erscheint, wird ebenfalls an den abgeglichenen Anschlüssen **1216₁**, **1216₂** an den Diodenring **1214** gekoppelt.

[0060] Die abgeglichenen Anschlüsse **1224₁**, **1224₂** des anderen Transformators **1204** koppeln die gemischten Signale mit dem nicht-abgeglichenen HF-Anschluss **1230** des Transformators **1204**. Es sollte erkannt werden, dass ein gemäß der Schaltungsanordnung **1200** implementierter Mischer entweder zum Aufmischen oder Abmischen eines Signals funktionieren kann. D. h. er kann eine Schaltung aufweisen, die das lokale Oszillationssignal mit dem Zwischenfrequenzsignal mischt, um ein HF-Signal höherer Frequenz zu erzeugen. Auf der anderen Seite kann er ein Signal aufweisen, das das lokale Oszillationssignal mit dem HF-Signal mischt, um ein Zwischenfrequenzsignal zu erzeugen.

[0061] [Fig. 11](#) zeigt einen doppelt abgeglichenen Mischer **1300**, der gemäß den in [Fig. 12](#) gezeigten oberflächenmontierbaren Balun-Transformatoren aufgebaut ist. Wie gezeigt, weist der Mischer **1400** aus [Fig. 12](#) zwei Balun-Transformatoren **1410**, **1420** auf. Der Balun-Transformator **1410** weist den in Bezug auf [Fig. 3](#) im Vorhergehenden gezeigten und erörterten Aufbau auf. Der Transformator **1420** weist den in [Fig. 8](#) erörterten und gezeigten Hybrid-Aufbau auf. Wie gezeigt, erlaubt der Hybrid-Aufbau **1420**, dass das Zwischenfrequenzsignal zweckmäßiger mit dem Signal an dem Anschluss des lokalen Oszillators gekoppelt und gemischt wird. In dieser Hinsicht sind beide Signale an den nicht-abgeglichenen Anschluss **1424** gekoppelt. Diese Signale werden dann über die abgeglichenen Anschlüsse **1430₁** und **1430₂** an den Diodenring **1428** geliefert. Das HF-Signal aus dem Diodenring **1428** ist über die abgeglichenen Anschlüsse **1436₁** und **1436₂** an den nicht-abgeglichenen Anschluss **1434** des Transformators **1410** gekoppelt. Somit erlaubt der Hybrid-Transformator **1420** einen weniger komplizierten Aufbau. Zusätzlich kann durch Umkehren der Mischreihenfolge und durch Platzieren des Hybrids derart, dass er das HF-Signal und den lokalen Oszillator an den Mischer oder den Diodenring koppelt, der Mischer als Abwärtswandler in Betrieb sein.

[0062] [Fig. 13](#), [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) stellen erläuternd äquivalente Schaltungen anderer elektronischer Vorrichtungen dar, die unter Verwendung der im Vorhergehenden gezeigten und erörterten Aufbauten implementiert sein können.

[0063] [Fig. 13](#) stellt erläuternd eine äquivalente Schaltung des Gegentaktverstärkers dar. [Fig. 14](#) stellt erläuternd eine äquivalente Schaltung eines FET-Reflexionsmischers dar, und [Fig. 15](#) stellt erläuternd die äquivalente Schaltung eines doppelt abgeglichenen FET-Mischers dar. Jede dieser Vorrichtungen oder elektronischen Schaltungen kann vorteilhafterweise unter Verwendung der im Vorhergehenden beschriebenen Transformator-Aufbauten implementiert sein. Durch Verwenden unserer Transformatoren in diesen Schaltungen wird die Frequenzbandbreite vorteilhafterweise unter Beibehaltung einer Leistung mit niedrigem Verlust erweitert. Zusätzlich reduzieren (und in einigen Fällen verhindern) unter Verwendung der hierin offenbarten Transformatoren implementierte Schaltungen, dass eine Resonanz innerhalb der gewünschten Bandbreite auftritt, und liefert eine stabile Impedanz. Weiterhin werden solche Schaltungen ferner vorteilhafterweise eine gute Phasen-/Amplitudenanpassung zeigen.

[0064] Nun [Fig. 16](#) zuwendend, ist dort eine gedruckte Mehrschicht-Schaltungsplatte **1800** gezeigt, die gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung implementiert ist. Diese Platte weist drei Schichten **1804**, **1808** und **1812** auf. Jede dieser Schichten weist eine planare Oberfläche auf, wobei sich jede Oberfläche entlang der x- und y-Achse wie gezeigt erstreckt. Jede der Oberflächen erstreckt sich ferner parallel zu den anderen und sie sind relativ zueinander entlang der z-Achse angeordnet. Wie gezeigt, weist die Platte eine Zahl von Lotkontaktstellen **1820** und einen Hohlraum **1830** auf. Ein Diodenring **1836** ist in dem Hohlraum **1830** platziert. Der Diodenring ist dann mit den Transformator-Baluns, wie im Vorhergehenden hinsichtlich [Fig. 10](#) oder [Fig. 14](#) erörtert, verbunden. Im speziellen kann der ZF-Anschluss bei Lotkontaktstelle **1840** gebildet sein. Die HF- und ZF-Anschlüsse können bei Lotkontaktstellen **1844** und **1848** oder umgekehrt gebildet sein.

Übersetzung der Druckzeichnungen

[Fig. 1A](#)

(Stand der Technik)

Anschluss 1
Anschluss 5
Anschluss 2
Anschluss 4
Anschluss 3

[Fig. 1B](#)

(Stand der Technik)
Anschluss 1
Anschluss 4
Anschluss 2
Anschluss 5
Anschluss 3

[Fig. 1C](#)

(Stand der Technik)
Anschluss 1
Anschluss 3
Anschluss 2

[Fig. 2](#)

Anschluss 5
Anschluss 1
Anschluss 4
Anschluss 2
Anschluss 3

[Fig. 3](#)

Anschluss 2
Anschluss 1
Anschluss 4
Anschluss 5
Anschluss 3

[Fig. 4](#)

Anschluss 2
Anschluss 1
Anschluss 5
Anschluss 4
Anschluss 3

[Fig. 5](#)

Mittelschicht **516**

[Fig. 6](#)

[0065] Anschluss 1
[0066] Anschluss 4
[0067] Anschluss 2
[0068] Anschluss 3

[Fig. 7](#)

Anschluss 1
Anschluss 4
Anschluss 2
Anschluss 3

[Fig. 8](#)

Anschluss 2
MASSE
Anschluss 3
MASSE
Anschluss 4
x-Achse
Anschluss 1

[Fig. 9](#)

LO-Anschluss
HF-Anschluss
ZF-Anschluss

[Fig. 10](#)

Lotkontaktstelle
Lotkontaktstelle

[Fig. 11](#)

LO-Anschluss
HF-Anschluss
ZF-Anschluss

[Fig. 12](#)

ZF-Anschluss
LO-Anschluss
Lotkontaktstelle
Lotkontaktstelle

[Fig. 13](#)

VDD-Anschluss
IN-Anschluss
OUT-Anschluss
VG-Anschluss

[Fig. 15](#)

Anschluss P2
Anschluss P1

Patentansprüche

1. Gedruckte Schaltungsplatte mit:
einer ersten Planaren Schicht (**510**) und einer zweiten Planaren Schicht (**520**), die abgewandt von und parallel zu der ersten Planaren Schicht (**510**) angeordnet ist; einem ersten C-förmigen Leitungssegment (**1004**), das ein erstes Ende (**1004₁**) und ein zweites Ende (**1004₂**) hat, die auf der ersten Planaren Schicht der gedruckten Schaltungsplatte angeordnet sind; einem zweiten C-förmigen Leitungssegment (**1012**), das breitseitig vertikal mit dem ersten C-förmigen Leitungssegment (**1004**) gekoppelt ist, wobei das zweite C-förmige Leitungssegment (**1012**) ein erstes Ende

(**1012**₁) und ein zweites Ende (**1012**₂) hat, die auf der zweiten Planaren Schicht (**520**) der gedruckten Schaltungsplatte (**500**) angeordnet sind;

einem dritten C-förmigen Leitungssegment (**1008**), das ein erstes Ende (**1008**₁) und ein zweites Ende (**1008**₂) hat, die auf der ersten Planaren Schicht (**510**) der gedruckten Schaltungsplatte (**500**) angeordnet sind;

einem vierten C-förmigen Leitungssegment (**1016**), das breitseitig vertikal mit dem dritten C-förmigen Leitungssegment (**1008**) gekoppelt ist, wobei das vierte C-förmige Leitungssegment ein erstes Ende (**1016**₁) und ein zweites Ende (**1016**₂) hat, die auf der zweiten Planaren Schicht (**520**) der gedruckten Schaltungsplatte (**500**) angeordnet sind; und wobei die ersten Enden (**1004**₁, **1008**₁) des ersten (**1004**) und des dritten (**1008**) Leitungssegments einen abgeglichenen Anschluss bilden und das erste Ende (**1012**₁) der zweiten Leitung (**1012**) einen nicht abgeglichenen Anschluss bildet;

gekennzeichnet durch

ein fünftes Leitungssegment (**1020**), das ein Ende hat, das die zweiten Enden (**1004**₂, **1008**₂) des ersten (**1004**) und des dritten (**1008**) Leitungssegments und ein anderes Ende (ANSCHLUSS2), das einen nicht abgeglichenen Anschluss bildet, verbindet.

2. Gedruckte Schaltungsplatte nach Anspruch 1, bei der jedes der C-förmigen Leitungssegmente (**1004**, **1008**, **1012**, **1016**) gebogen ist, um ein Paar von U-förmigen Abschnitten zu bilden, die in Reihe geschaltet sind.

3. Gedruckte Schaltungsplatte nach Anspruch 1, bei der das zweite Ende (**1012**₂) des zweiten Leitungssegments (**1012**) durch ein metallisiertes Durchgangsloch (**1032**) auf der zweiten Schicht (**520**) der Platte mit Masse verbunden ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

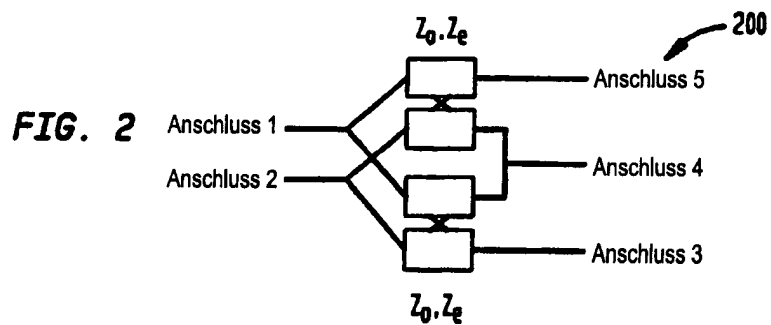
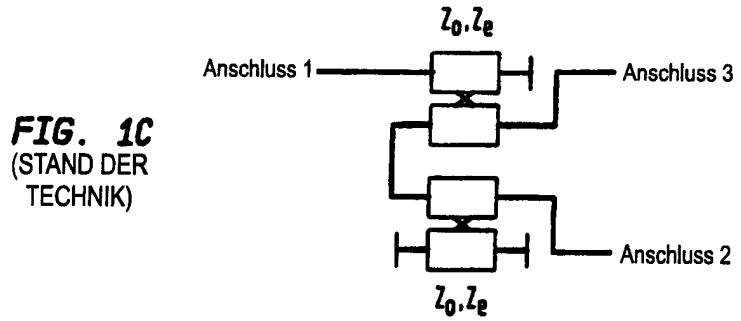
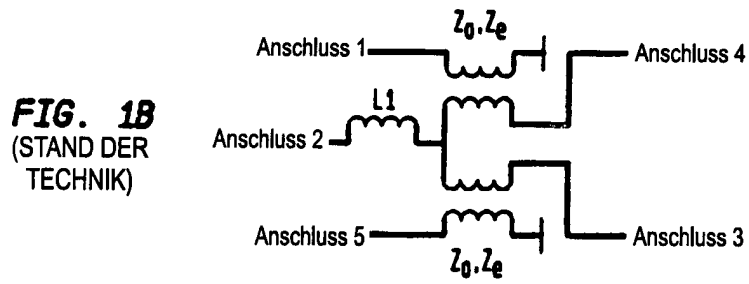
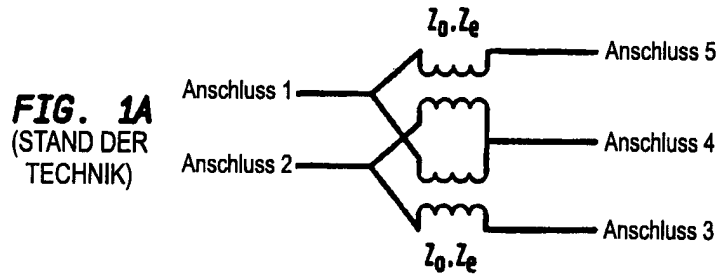


FIG. 3

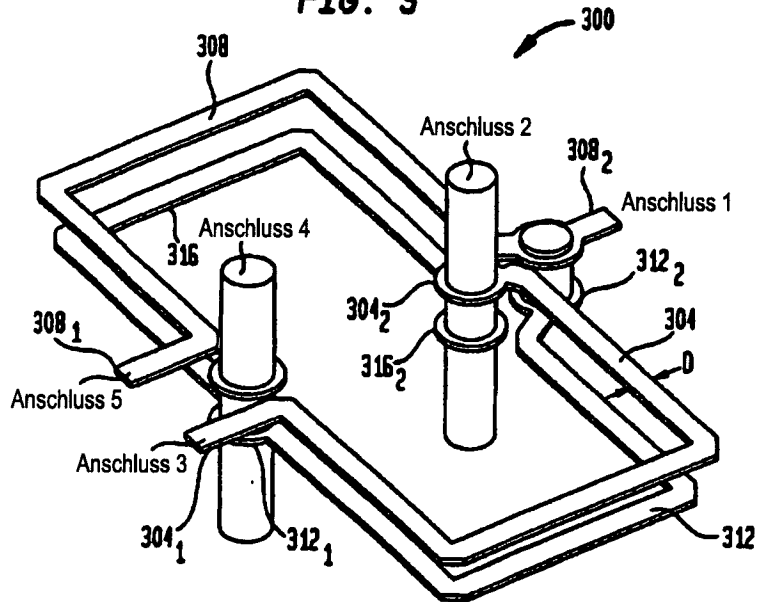
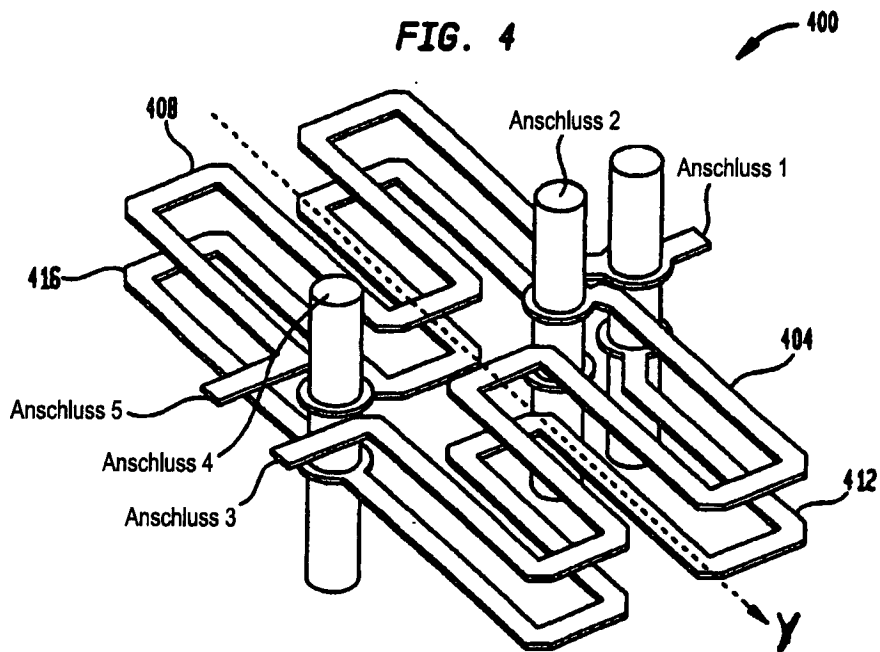
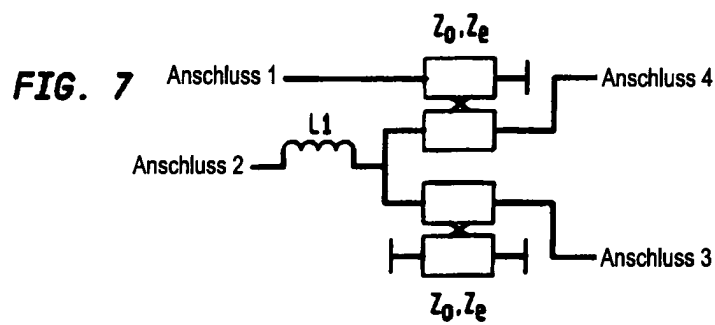
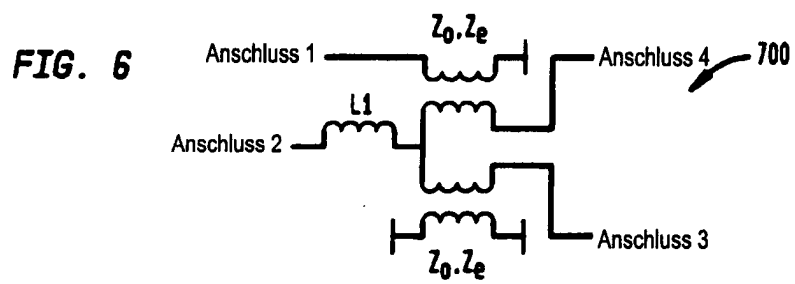
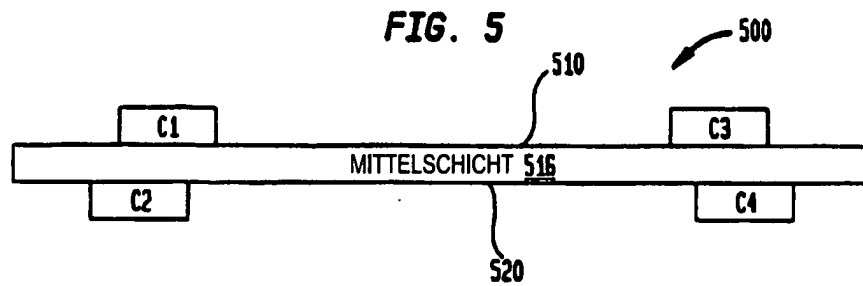
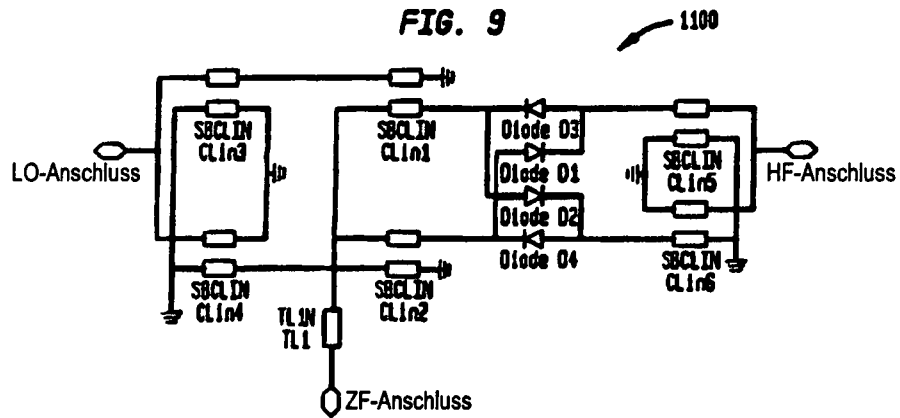
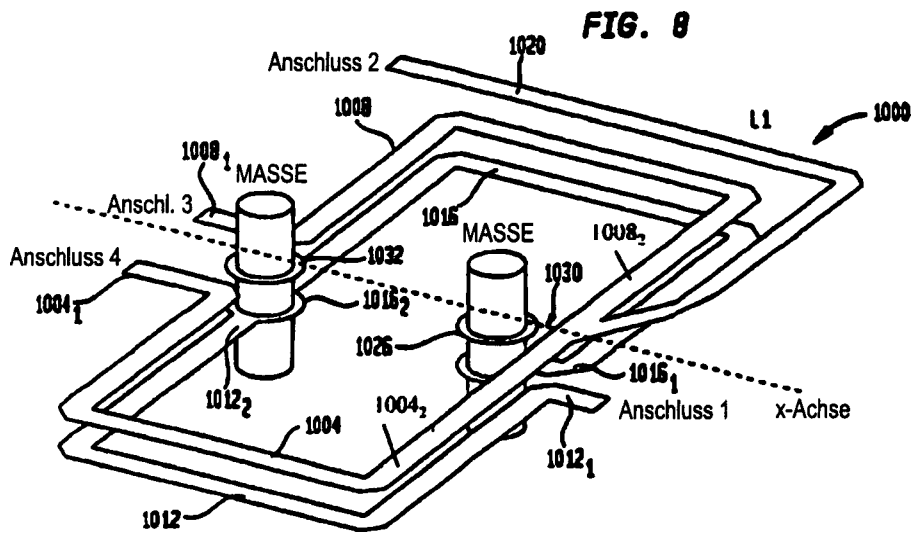
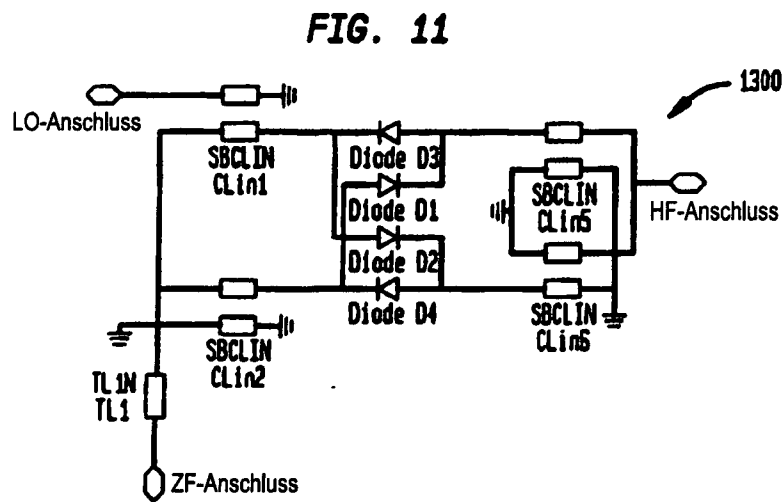
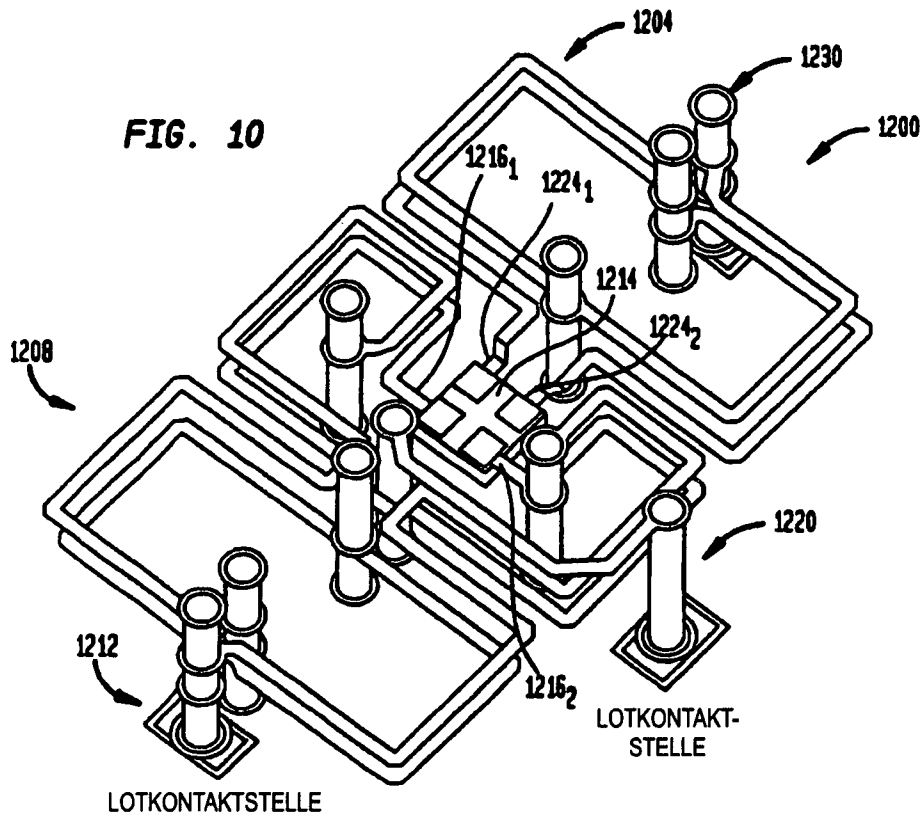


FIG. 4









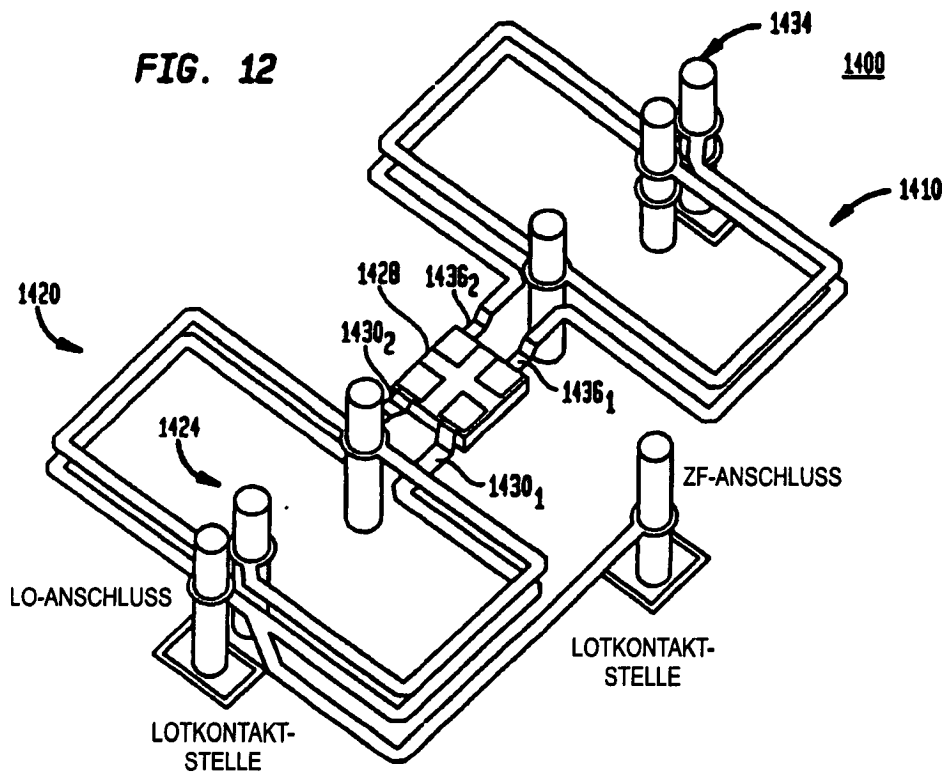


FIG. 16

