(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 328 997 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.10.2008 Patentblatt 2008/41

(21) Anmeldenummer: **01987957.6**

(22) Anmeldetag: **11.10.2001**

(51) Int Cl.:
H01P 1/12 *(2006.01)* ***H01P 1/201*** *(2006.01)*
H01P 3/00 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2001/003905

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2002/033777 (25.04.2002 Gazette 2002/17)

(54) **KOPLANARER SCHALTER**

COPLANAR SWITCH

COMMUTATEUR COPLANAIRE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **17.10.2000 DE 10051311**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.07.2003 Patentblatt 2003/30

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
- **MUELLER-FIEDLER, Roland**
  71229 Leonberg (DE)
- **WALTER, Thomas**
  71272 Renningen (DE)
- **ULM, Markus**
  70197 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 5 619 061 **US-A- 6 016 092**

- **BARKET ET AL.: "DISTRIBUTED MEMS TRUE-TIME DELAY PHASE SHIFTERS AND WIDE-BAND SWITCHES" IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES., Bd. 46, Nr. 11, November 1998 (1998-11), Seiten 1881-1889, XP000785377 IEEE INC. NEW YORK., US ISSN: 0018-9480**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 328 997 B1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Aus der nach-veröffentlichten deutschen Anmeldung mit dem Aktenzeichen 10037385.2 ist eine Vorrichtung mit einem Kondensator zur Impedanzänderung eines Teilstücks eines koplanaren wellenleiters bekannt, wobei die Kapazität des Kondensators änderbar ist und wobei eine Metallbrücke auf einer vorgegebenen Länge die unterbrochene Signalleitung des Wellenleiters überbrückt und je nach Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen der Metallbrücke und einer die Masseleitungen des Wellenleiters elektrisch leitend verbindenden Verbindung die Metallbrücke mechanisch verformbar ist und somit ein Schaltvorgang auslösbar ist. Im ausgeschalteten Zustand ("off"-Zustand; die Metallbrücke ist unten) wird ein Großteil der Leistung reflektiert. Im eingeschalteten Zustand ("on"-Zustand; die Metallbrücke ist oben) wird ein Großteil der Leistung transmittiert.

[0002] Auch in US-6,016,092 werden Mikroschalter und ihre Herstellung beschrieben. Die Mikroschalter sind hier durch sogenannte Cantilever, also einseitig eingespannte Mikrobalken, ausgebildet.

[0003] Ein weiterer mikromechanischer Schalter ist aus der Schrift "Barker et al.: Distributed MEMS True-Time Delay Phase Shifters and Wide-Band Switches", IEEE Transactions on microwave theory' and techniques, Vol. 46, Nr. 11, 1998, Seiten 1881-1889, bekannt. Es wird dabei vorgeschlagen, mehrere parallel angeordnete Mikrobrücken vorzusehen, die jeweils eine bestimmte Breite und einen bestimmten Abstand voneinander aufweisen.

[0004] Schließlich ist aus US-5,619,061 ein mikromechanischer Mikrowellenschalter bekannt, welcher eine Membran umfasst, die in einem ihrer Teilbereiche beweglich ist.

Vorteile der Erfindung.

[0005] Die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass im eingeschalteten Zustand die Einfügedämpfung vermindert wird und dass gleichzeitig im ausgeschalteten Zustand die Isolation des Schalters erhöht wird. Dadurch sind vorteilhafte Designänderungen an der Vorrichtung möglich, wie beispielsweise ein geringerer Abstand zwischen Brücke und Gegenelektrode bzw. geringere Feldstärkebelastung des Dielektrikums. Weiterhin wird durch die zusätzliche Verbindung zwischen den Masseleitungen des Wellenleiters die anziehende Fläche und somit die die Brücke nach unten ziehende Kraft vergrößert, wodurch die Schaltspannung erniedrigt wird.

[0006] Weiterhin ist von Vorteil, daß die erste, die zweite und die dritte Verbindung metallische Verbindungen sind. Dadurch finden sämtliche materialspezifische und prozesstechnische Vorteile der Verwendung von Metallen als elektrisch leitende Verbindungen erfindungsgemäß Verwendung.

[0007] Weiterhin ist von Vorteil, dass die dritte Verbindung mechanisch so verformbar ist, dass ein erster Abstand zwischen der ersten Verbindung und der dritten Verbindung und ein zweiter Abstand zwischen der zweiten Verbindung und der dritten Verbindung zumindest in einem Teilbereich der dritten Verbindung änderbar ist. Dadurch wird mit einfachen Mitteln eine Kondensatoranordnung hergestellt, deren Gesamtkapazität veränderbar ist.

[0008] Weiterhin ist von Vorteil, dass die Änderung der Kapazität der Kondensatoranordnung durch eine elektrostatische Kraft zwischen der ersten Verbindung und der zweiten Verbindung einerseits und der dritten verbindung andererseits bewirkbar ist. Dadurch sind mit einfachen Mitteln zwei Schaltzustände der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorsehbar, so daß eine sichere und schnelle Schaltbarkeit der Vorrichtung gewährleistet ist. Darüber hinaus ist dadurch der Schaltzustand der Vorrichtung jederzeit eindeutig definiert. Weiterhin ist von Vorteil, dass die Kondensatoranordnung in Abhängigkeit einer vorgegebenen elektrischen Spannung zwischen der ersten Verbindung und der zweiten Verbindung einerseits und der dritten Verbindung andererseits eine erste vorgegebene Gesamtkapazität und eine zweite vorgegebene Gesamtkapazität aufweist. Dadurch ist es möglich, durch Dimensionierung insbesondere der ersten, zweiten und dritten elektrisch leitenden Verbindung und der Dielektrizitätsschicht zwischen der ersten und dritten Verbindung bzw. zwischen der zweiten und dritten Verbindung die Betriebsfrequenz in weiten Grenzen unabhängig von der Entfernung der Masseleitungen des koplanaren Wellenleiters zu bestimmen. Ebenso ist die Einfügedämpfung hierdurch einstellbar.

[0009] Weiterhin ist von vorteil, dass für den Fall, dass die Kondensatoranordnung die erste Gesamtkapazität aufweist, die erste Verbindung eine erste Induktivität in Reihe mit einer ersten Teilkapazität der Kondensatoranordnung zwischen der Signalleitung und den Masseleitungen bildet und daß für den gleichen Fall die zweite Verbindung eine zweite Induktivität in Reihe mit einer zweiten Teilkapazität der Kondensatoranordnung zwischen der Signalleitung und den Masseleitungen bildet, wobei die gemeinsame Impedanz der ersten Teilkapazität und der ersten Induktivität sowie die gemeinsame Impedanz der zweiten Teilkapazität und der zweiten Induktivität bei einer Betriebsfrequenz im Wesentlichen ihrem ohmschen widerstand entspricht. Dadurch ist es möglich, eine besonders große Isolierung, das heißt einen besonders großen Reflexionskoeffizienten, bei ausgeschaltetem Kurzschlussschalter zu erreichen.

[0010] Weiterhin ist von Vorteil, dass die erste Verbindung und die zweite Verbindung entlang des Wellenleiters einen dritten Abstand aufweisen, wobei der dritte Abstand etwa dem Äquivalent eines Viertels der Wellenlänge bei einer Betriebsfrequenz entspricht. Dadurch kompensieren sich die Reflexionen an den durch die Ge-

genelektroden, das heißt die erste und zweite Verbindung, mit der Brücke, das heißt der dritten Verbindung, gebildeten Kapazitäten in eingeschaltetem Zustand, das heißt für den Fall, dass die Kondensatoranordnung die zweite Gesamtkapazität aufweist. Dadurch wird die Anpassung der Schalterstruktur erheblich verbessert, das heißt die Einfügedämpfung sinkt.

[0011] Weiterhin ist von Vorteil, dass als Betriebsfrequenz etwa 77 GHz oder etwa 24 GHz vorgesehen sind. Dadurch ist die erfindungsgemäße Vorrichtung bei ACC-Anwendungen (Adaptive Cruise Control) bzw. bei SRR-Anwendungen (short Range Radar) geeignet.

[0012] Weiterhin ist von Vorteil, dass die vorgegebene Länge derart vorgesehen ist, dass sich Reflexionen an einem Übergang zwischen der Signalleitung und der zweiten Verbindung kompensieren. Hierdurch wird die Einfügedämpfung des Schalters und somit die Anpassung im eingeschalteten Zustand verbessert.

[0013] Weiterhin ist von Vorteil, dass auf der Länge mehr als zwei Verbindungen die Masseleitungen des Wellenleiters verbinden. Dadurch kann zum einen die Schaltspannung weiterhin erniedrigt werden, zum anderen erneut die Isolation im ausgeschalteten Zustand erhöht und die Einfügedämpfung im eingeschalteten Zustand vermindert werden.

[0014] Weiterhin ist von Vorteil, dass die Anzahl der Verbindungen, die die Masseleitungen des Wellenleiters verbinden, ungerade ist. Hierdurch kann die Schaltspannung erneut vermindert werden, weil eine die Masseleitungen verbindende Verbindung in der Mitte der Länge vorsehbar ist, wo bei vorgegebener Kraft die größte Auslenkung erreichbar bzw. bei vorgegebener Auslenkung die geringste Kraft erforderlich ist.

Zeichnung

[0015] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer Kondensatoranordnung in Draufsicht, wobei Schnittlinien A, B, C_1 und C_2 vorgesehen sind,
Figur 2a die erfindungsgemäße Vorrichtung in Schnittdarstellung gemäß der Schnittlinie C_1,
Figur 2b die erfindungsgemäße Vorrichtung in Schnittdarstellung gemäß der Schnittlinie C_2,
Figur 3 die erfindungsgemäße Vorrichtung in Schnittdarstellung gemäß der Schnittlinie A,
Figur 4 die erfindungsgemäße Vorrichtung in Schnittdarstellung gemäß der Schnittlinie B,
Figur 5 die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer perspektivischen Darstellung und
Figur 6 ein Ersatzschaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0016] Figur 1 zeigt einen mikromechanischen Hochfrequenzkurzschlussschalter als Beispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer Kondensatoranordnung. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist auf einem Substrat 100 ein koplanarer Wellenleiter aufgebracht. Der koplanare Wellenleiter besteht erfindungsgemäß insbesondere aus drei koplanaren elektrisch leitfähigen Leitungen, die, zumindest lokal, im wesentlichen parallel zueinander geführt sind. Die Leitungen des koplanaren Wellenleiters sind insbesondere metallisch vorgesehen und auf das Substrat 100, insbesondere mittels eines oder mehrerer galvanischer Prozessschritte aufgebracht. Das Substrat 100 hat erfindungsgemäß insbesondere die Eigenschaft, einen geringen Verlustwinkel aufzuweisen. Die beiden äußeren der drei Leitungen des koplanaren Wellenleiters entsprechen einer ersten Masseleitung 110 und einer zweiten Masseleitung 111 und die mittlere Leitung entspricht einer Signalleitung 120 des koplanaren Wellenleiters. In Figur 1 ist in Draufsicht ein für die erfindungsgemäße Vorrichtung interessierender Ausschnitt eines solchen auf dem Substrat 100 geführten koplanaren Wellenleiters dargestellt. Die beiden Masseleitungen 110, 111 des koplanaren Wellenleiters sind mittels einer ersten elektrisch leitenden Verbindung 130 und mittels einer zweiten elektrisch leitenden Verbindung 131 verbunden. Sowohl die erste Verbindung 130 als auch die zweite Verbindung 131 ist hierbei beispielsweise direkt auf das Substrat 100 aufgebracht und weist eine geringe "Höhe" im Vergleich zur "Höhe" der Masseleitungen 110, 111 auf, das heißt die erste Verbindung 130 und die zweite Verbindung 131 verbindet die Masseleitungen 110, 111 an deren "Fuß" auf dem Substrat 100. Im Bereich der ersten Verbindung 130 und der zweiten Verbindung 131 ist die Signalleitung 120 des koplanaren Wellenleiters unterbrochen. Daher ist die erste Verbindung 130 und die zweite Verbindung 131 auch mit der Signalleitung 120 nicht elektrisch leitend verbunden. Auf die erste Verbindung 130 und auf die zweite Verbindung 131 ist erfindungsgemäß im Bereich der Unterbrechung der Signalleitung 120 eine Schicht eines in Figur 1 nicht dargestellten Dielektrikums aufgebracht. Die Fläche der Aufbringung des Dielektrikums kann dabei für die erste Verbindung 130 und die zweite Verbindung 131 zusammenhängend sein oder aber unterbrochen sein, sodass sowohl für die erste Verbindung 130 als auch für die zweite Verbindung 131 jeweils eine eigene Fläche des Dielektrikums vorgesehen ist. Weiterhin ist die unterbrochene Signalleitung 120 mittels einer dritten elektrisch leitenden Verbindung 121 verbunden. Die dritte Verbindung 121 ist hierbei erfindungsgemäß insbesondere in Form einer metallenen Verbindungsbrücke zwischen den Enden der unterbrochenen Signalleitung 120 vorgesehen. Die dritte Verbindung 121 ist jedoch erfindungsgemäß in einem gewissen Abstand zur Ebene des Substrats 100 vorgesehen, wobei der Abstand der dritten Verbindung 121 zum Substrat 100 bzw. zur ersten Ver-

bindung 130 bzw. zur zweiten Verbindung 131 etwa der Höhe der Signalleitung 120 entspricht. Hierdurch "schwebt" - bei Abwesenheit von Kräften auf die dritte Verbindung 121 - die dritte Verbindung 121 zwischen den Enden der unterbrochenen Signalleitung 120. Insofern wird die dritte Verbindung 121 auch als Brücke bzw. Metallbrücke 121 bezeichnet. In Figur 1 sind weiterhin eine erste, mit dem Buchstaben C_1 bezeichnete Schnittlinie, eine zweite, mit dem Buchstaben C_2 bezeichnete Schnittlinie, eine dritte, mit dem Buchstaben A bezeichnete Schnittlinie und eine vierte, mit dem Buchstaben B bezeichnete Schnittlinie dargestellt. Die erste Schnittlinie C_1 schneidet die erfindungsgemäße Vorrichtung senkrecht zum Verlauf der Masseleitungen 110, 111 und der Signalleitung 120 im Bereich der ersten Verbindung 130. Die zweite Schnittlinie C_2 schneidet die erfindungsgemäße Vorrichtung senkrecht zum Verlauf der Masseleitungen 110, 111 und der Signalleitung 120 im Bereich der zweiten Verbindung 131. Die dritte Schnittlinie A schneidet die erfindungsgemäße Vorrichtung parallel zum Verlauf der Leitungen 110, 111, 120 des koplanaren Wellenleiters im Bereich der ersten Masseleitung 110. Die vierte Schnittlinie B schneidet die erfindungsgemäße Vorrichtung parallel zum Verlauf der Leitungen 110, 111, 120 des koplanaren Wellenleiters im Bereich der Signalleitung 120 bzm. - dort wo die Signalleitung 120 unterbrochen ist - im Bereich der dritten Verbindung 121. In Figur 1 ist weiterhin die erste Verbindung 130 beabstandet von der zweiten Verbindung 131 dargestellt. Dieser Abstand zwischen der ersten Verbindung 130 und der zweiten Verbindung 131 wird auch als dritter Abstand 133 bezeichnet. Erfindungsgemäß entspricht der dritte Abstand 133 beispielsweise etwa dem Äquivalent eines Viertels der Wellenlänge bei der Betriebsfrequenz.

[0017] In Figur 2a ist eine Schnittdarstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung entlang der ersten Schnittlinie C_1 dargestellt. Es ist wiederum das Substrat 100, die erste Masseleitung 110 und die zweite Masseleitung 111 des koplanaren Wellenleiters dargestellt. Zwischen den Masseleitungen 110, 111 des koplanaren Wellenleiters ist die Signalleitung 120 des Wellenleiters angeordnet. In Figur 2a wird die räumliche Anordnung der ersten Verbindung 130 und der dritten Verbindung 121 hinsichtlich ihres Abstandes von der Oberfläche des Substrats 100 besonders deutlich. Die erste Verbindung 130 ist in Figur 2a direkt auf das Substrat 100 aufgebracht, während die dritte Verbindung 121 auf die Signalleitung 120 aufgebracht und - falls auf die dritte Verbindung 121 keine Kräfte einwirken - im Abstand der Höhe der Signal- bzw. Masseleitung 110, 111, 120 von der Ebene des Substrats 100 entfernt vorgesehen ist. Der in Figur 2a dargestellte Abstand zwischen der dritten Verbindung 121 und der ersten Verbidung 130 ist mit dem Bezugszeichen 135 versehen und wird auch als erster Abstand 135 bezeichnet.

[0018] In Figur 2b ist eine Schnittdarstellung der erfindungsgemäßen vorrichtung entlang der zweiten Schnittlinie C_2 dargestellt. Die Figur 2b entspricht völlig der Figur 2a bis auf den Unterschied, dass in Figur 2b die aus Figur 2a bekannte erste Verbindung 130 durch die zweite Verbindung 131 ersetzt ist. Entsprechend ist der erste Abstand 135 durch einen zweiten Abstand 136 ersetzt, wobei der zweite Abstand 136 den Abstand zwischen der dritten Verbindung 121 und der zweiten Verbindung 131 bezeichnet.

[0019] In Figur 3 ist die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer Schnittdarstellung entlang der dritten Schnittlinie A dargestellt. Es ist lediglich das Substrat 100 und die erste Masseleitung 110 sichtbar.

[0020] In Figur 4 ist die erfindungsgemäße Vorrichtung entlang der vierten Schnittlinie B dargestellt. Auf dem Substrat 100 ist die Signalleitung 120 des koplanaren Wellenleiters vorgesehen. Die Signalleitung 120 ist auf einer vorgegebenen Länge 122 unterbrochen. In diesem Bereich überbrückt die dritte Verbindung 121 die Signalleitung 120. Hierbei verbindet die dritte Verbindung 121 die beiden durch die Unterbrechung der Signalleitung 120 hervorgerufenen Enden der Signalleitung 120. Die dritte Verbindung 121 ist in Figur 4 in einem Abstand von dem Substrat 100 dargestellt, der der Höhe der Signalleitung 120 entspricht. Weiterhin ist in Figur 4 die erste Verbindung 130 und die zweite Verbindung 131 dargestellt. Oberhalb der ersten Verbindung 130 und der zweiten Verbindung 131 befindet sich die bereits im Zusammenhang mit Figur 1 angesprochene Dielektrizitätsschicht 140, die in Figur 4 als eine sowohl für die erste Verbindung 130 als auch für die zweite Verbindung 131 gemeinsame Dielektrizitätsschicht 140 vorgesehen ist.

[0021] In Figur 5 ist die erfindungsgemäße Vorrichtung in perspektivischer Darstellung dargestellt. Auf dem Substrat 100 befindet sich die erste Masseleitung 110 und die zweite Masseleitung 111 des Wellenleiters. Zwischen diesen Masseleitungen 110, 111 befindet sich die unterbrochene Signalleitung 120. Die beiden Enden der Signalleitung 120 werden durch die dritte Verbindung 121 überbrückt. Weiterhin ist in Figur 5 die Dielektrizitätsschicht 140 dargestellt. Die unterhalb der Dielektrizitätsschicht 140, das heißt in Richtung auf das Substrat 100 hin, vorgesehenen ersten und zweiten Verbindungen 130, 131 zwischen den Masseleitungen 110, 111 sind wegen der perspektivischen Darstellung in Figur 5 nicht dargestellt.

[0022] In Figur 6 ist ein Ersatzschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung dargestellt. Im Ersatzschaltbild sind die beiden Masseleitungen 110, 111 lediglich in Form einer einzigen Leitung des koplanaren wellenleiters dargestellt. Dies kommt daher, dass sich die Masseleitungen 110, 111 auf gleichem Potential befinden. Weiterhin ist die Signalleitung 120 des koplanaren Wellenleiters in Figur 6 dargestellt. Zwischen der Signalleitung 120 und den Masseleitungen 110, 111 sind parallel zueinander eine erste Impedanz und eine zweite Impedanz angeordnet. Die erste Impedanz umfasst in Reihe eine erste Teilkapazität 201 und eine erste Induktivität 210. Die zweite Impedanz umfasst in Reihe eine zweite Teilkapazität 202 und eine zweite Induktivität 211. Die

beiden Impedanzen gemeinsam bilden die Kondensatoranordnung 200. Die erste Teilkapazität 201 wird zumindest teilweise durch die erste Verbindung 130 und die dritte Verbindung 121, die beide in Figur 6 nicht dargestellt sind, realisiert. Die zweite Teilkapazität 202 wird zumindest teilweise durch die zweite Verbindung 131 und die dritte Verbindung 121, die beide in Figur 6 ebenfalls nicht dargestellt sind, realisiert. Die beiden Teilkapazitäten 201, 202 sind veränderbar vorgesehen, und zwar erfindungsgemäß insbesondere dadurch, dass sich die dritte Verbindung 121 mechanisch verformt und somit, zumindest in Teilbereichen, ihren Abstand zur ersten Verbindung 130 bzw. zur zweiten Verbindung 131 ändert, das die Teilkapazitäten 201, 202 beeinflusst. Die erste Induktivität 210 wird im Wesentlichen durch die erste Verbindung 130 realisiert und die zweite Induktivität 211 wird im Wesentlichen durch die zweite Verbindung 131 realisiert. Durch die Strukturierung der ersten Verbindung 130 und der zweiten Verbindung 131, die jeweils als Gleichspannuncskurzschluss zwischen den Masseleitungen 110, 111 wirken, wird die erste und zweite Induktivität 210, 211 erzeugt, die durch Änderung des Länge-Breite-Verhältnisses, der Form, beispielsweise mäanderförmig oder ähnliches, vorgebbar ist.

[0023] In Figur 4 und 5 ist die mechanisch verformbare dritte Verbindung 121 für den Fall dargestellt, dass das dargestellte Teilstück des koplanaren Wellenleiters einen hohen Transmissionskoeffizienten und einen geringen Reflexionskoeffizienten aufweist. Der Abstand der ersten Verbindung 130 und der zweiten Verbindung 131 einerseits und der dritten Verbindung 121 andererseits, der zusammen mit den elektrischen Eigenschaften der Dielektrizitätsschicht 140 die Kapazität der Kondensatoranordnung 200 maßgeblich bestimmen, ist in Figur 4 mit maximalem Abstand dargestellt. Die Kapazität der Kondensatöranordnung 200 ist in diesem Fall sehr klein und ist für die Eingangsdämpfung beispielsweise eines Kurzschlussschalters maßgebend. Für den Fall, dass zwischen der ersten Verbindung 130 und der zweiten Verbindung 131 einerseits und der dritten Verbindung 121 andererseits eine elektrische Spannung, beispielsweise eine Gleichspannung, angelegt wird, ergibt sich eine elektrostatische Anziehungskraft zwischen der ersten bzw. zweiten Verbindung 130, 131 und der dritten Verbindung 121. Dies führt dazu, dass die dritte Verbindung 121, da mechanisch verformbar, verformt und zumindest in einem Teilbereich, nämlich im Wesentlichen in der Mitte der Metallbrücke 121, zur ersten bzw. zweiten Verbindung 130, 131 bzw. zur auf die erste bzw. zweite Verbindung 130, 131 aufgebrachte Dielektrizitätsschicht 140 gezogen wird. Das Dielektrikum, insbesondere Siliziumdioxid oder Siliciumnitrid, verhindert einen galvanischen Kontakt der insbesondere als Schalter ausgebildeten Vorrichtung in diesem ausgeschalteten Zustand. Hierdurch ändern sich die Teilkapazitäten 201 und 202 derart, dass die Kapazität der Kondensatoranordnung 200 größer wird. Erfindungsgemäß wird also durch das Anlegen oder Entfernen einer elektrischen Spannung zwischen der ersten und zweiten Verbindung 130, 131 einerseits und der dritten Verbindung 121 andererseits die Kapazität der Kondensatoranordnung 200 verändert und die Vorrichtung - bei der Ausbildung der Vorrichtung als Schalter - geschaltet. Die in Figur 4 und 5 dargestellte Stellung der dritten Verbindung 121 entspricht dem Betrieb der Vorrichtung mit Durchgang und wird als angeschalteter Zustand bezeichnet. Der in Figur 4 nicht dargestellte Zustand einer durch eine elektrische Spannung zur ersten und zweiten Verbindung 130, 131 hin gezogenen dritten Verbindung 121 entspricht einem ausgeschalteten Schalter. Dies ist deshalb der Fall, weil erfindungsgemäß vorgesehen ist, dass der Wellenleiter, der das in den Figuren 1 bis 4 dargestellte Teilstück umfasst, mit einer vorgegebenen Betriebsfrequenz betrieben wird. Die Kapazität der Kondensatoranordnung 200 nimmt in Abhängigkeit einer elektrischen Spannung zwischen der ersten und zweiten Verbindung 130, 131 einerseits und der dritten Verbindung 121 andererseits zwei Kapazitätswerte an, die im Folgenden als erste Gesamtkapazität und als zweite Gesamtkapazität bezeichnet werden. Die erste Gesamtkapazität entspricht dem ausgeschalteten Zustand, das heißt die dritte Verbindung 121 ist, bedingt durch die angelegte elektrische Spannung zur ersten bzw. zweiten Verbindung 130, 131 hin gezogen. Die zweite Gesamtkapazität entspricht somit dem in Figur 4 dargestellten eingeschalteten Fall, bei dem die dritte Verbindung 121 mechanisch nicht verformt ist. Erfindungsgemäß wird die erste Gesamtkapazität und die zweite Gesamtkapazität durch Variation insbesondere der Breite und Länge der ersten und zweiten Verbindung 130, 131 und der dritten Verbindung 121, sowie der Dicke und den Materialeigenschaften der Dielektrizitätsschicht 140 und der Höhe der Signalleitung 120 festgelegt. Erfindungsgemäß ist es insbesondere vorgesehen, dass die Verbindungen 130, 131, 121 die Dielektrizitätsschicht 140 und die Signalleitung 120 so dimensioniert sind, dass die erste Impedanz - bei der Betriebsfrequenz und in ausgeschaltetem Zustand der erfindungsgemäßen Vorrichtung - gerade aufgehoben wird bzw. möglichst klein wird. Die Einstellung der ersten Induktivität 210 geschieht erfindungsgemäß im wesentlichen durch die Dimensionierung und Formgebung der ersten Verbindung 130 zwischen den Masseleitungen 110, 111 des Wellenleiters. Für die zweite Impedanz gilt Entsprechendes, wobei hier jedoch die Formgebung der zweiten Verbindung 131 für die zweite Induktivität 211 maßgebend ist.

[0024] Die dritte Verbindung 121 ist erfindungsgemäß eine dünne Metallbrücke 121, die zwischen die Enden der unterbrochenen Signalleitung 120 des Wellenleiters gespannt wird. Zwischen den Masseleitungen 110, 111 wirken die erste und die zweite Verbindung 130, 131 als Gleichspannungskurzschlüsse. Die erste Verbindung 130 bildet mit der dritten Verbindung 121 die erste Teilkapazität 201 und die zweite Verbindung 131 bildet mit der dritten Verbindung 121 die zweite Teilkapazität 202. Durch die erste Induktivität 210 in Reihe mit der ersten

Teilkapazität 201 und der zweiten Induktivität 211 in Reihe mit der zweiten Teilkapazität 202 wird jeweils ein Serienschwingkreis gebildet, dessen Resonanzfrequenz in ausgeschaltetem Zustand der dritten Verbindung 121 durch geeignete Dimensionierung der Induktivitäten 210, 211 und der Teilkapazitäten 201, 202 bei der Betriebsfrequenz der Vorrichtung liegt. Dadurch wird die Impedanz zwischen Signalleitung 120 und den Masseleitungen 110, 111 gegenüber der Impedanz der reinen Teilkapazitäten (ohne Induktivitäten) stark reduziert, wodurch die Isolation einer als Hochfrequenzschalter ausgebildeten Vorrichtung wesentlich verbessert wird. Limitiert wird die Isolation nunmehr durch die ohmschen Verluste in der ersten bzw. zweiten Verbindung 130, 131. Im eingeschalteten Zustand wird die Vorrichtung bzw. das Bauteil oder Bauelement bei Betriebsfrequenz durch die jeweils verringerten Teilkapazitäten 201, 202 (die Metallbrücke 121 ist "oben") außerhalb dieser Resonanzfrequenz betrieben, sodass sich keine höhere Einfügedämpfung ergibt. Wird die Länge der dritten Verbindung 121 geeignet dimensioniert, z. B. die Hälfte der effektiven Wellenlänge bei der Betriebsfrequenz, kompensieren sich die Reflexionen an den Stoßstellen bzw. den Übergangsstellen zwischen koplanarem Wellenleiter (das heißt den Enden der Signalleitung 120) und der dritten Verbindung 121, wodurch die Einfügedämpfung der beispielsweise als Schalter vorgesehenen Vorrichtung und somit die Anpassung verbessert werden. Dies entspricht einer Transformation der Impedanz der dritten Verbindung 121 auf die Impedanz des koplanaren Wellenleiters. Die Länge der dritten Verbindung 121 wird nicht durch einen Höchstabstand der Masseleitungen bei hohen Betriebsfrequenzen limitiert. Hierdurch ist bei höheren Betriebsfrequenzen keine vergrößerte Schaltspannung, das heißt zwischen die erste bzw. zweite Verbindung 130, 131 einerseits und die dritte Verbindung 121 andererseits anzulegende Spannung, aufzuwenden.

[0025] Erfindungsgemäß ist insbesondere vorgesehen, die Betriebsfrequenz im Bereich von etwa 77 GHz oder etwa 24 GHz wählen zu können. Dadurch ist die erfindungsgemäße Vorrichtung insbesondere im Bereich ACC (Adaptive Cruise Control) oder SRR (Short Range Radar) geeignet.

[0026] Der dritte Abstand 133 wird erfindungsgemäß so gewählt, dass die Einfügedämpfung möglichst gering ist. Bei der wahl des dritten Abstandes 133 von ungefähr einem Viertel der effektiven Wellenlänge (bei der Betriebsfrequenz), kompensieren sich die Reflexionen an den durch die Gegenelektroden, das heißt die erste Verbindung 130 und die zweite Verbindung 131, mit der Brücke, das heißt die dritte Verbindung 121, gebildeten Kapazitäten im eingeschalteten Zustand, das heißt die Anpassung der Schalterstruktur verbessert sich erheblich.

[0027] Erfindungsgemäß ist es auch vorgesehen, mehr als zwei Verbindungen zwischen den Masseleitungen 110, 111 des Wellenleiters vorzusehen. Hierbei ist es insbesondere vorteilhaft, daß eine solche Anzahl ungerade ist, weil sich dann eine solche Verbindung zwischen den Masseleitungen 110, 111 des Wellenleiter auch in der Mitte vorsehen lässt, wo die Auslenkbarkeit der Metallbrücke 121 am leichtesten möglich ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung mit einer Kondensatoranordnung (200) zur Impedanzänderung eines Teilstücks eines koplanaren Wellenleiters, wobei die Kapazität der Kondensatoranordnung (200) änderbar ist, wobei die Kondensatoranordnung (200) eine erste elektrisch leitende Verbindung (130), eine zweite elektrisch leitende Verbindung (131) und eine dritte elektrisch leitende Verbindung (121) zumindest teilweise umfaßt, wobei die Signalleitung (120) eines Teilstücks eines koplanaren Wellenleiters auf einer vorgegebenen Länge (122) unterbrochen ist, wobei die erste Verbindung (130) die Masseleitungen (110, 111) des Wellenleiters verbinden, wobei die zweite Verbindung (131) die Masseleitungen (110, 111) des Wellenleiters verbinden und wobei die dritte Verbindung (121) die beiden Teile der unterbrochenen Signalleitung (120) verbindet, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Kapazitätsänderung die dritte Verbindung (121) als Verbindungsbrücke über die erste (130) und zweite Verbindung (131) ausgebildet ist und mittels Anlegen einer Spannung zwischen dritter Verbindung (121) und erster (130) bzw. zweiter Verbindung (131) mechanisch so verformbar ist, dass ein erster Abstand zwischen der ersten Verbindung (130) und der dritten Verbindung (121) und ein zweiter Abstand zwischen der zweiten Verbindung (131) und der dritten Verbindung (121) zumindest in einem Teilbereich der dritten Verbindung (121) änderbar ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste, die zweite und die dritte Verbindung (130, 131, 121) metallische Verbindungen sind.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Änderung der Kapazität der Kondensatoranordnung (200) durch eine elektrostatische Kraft zwischen der ersten Verbindung (130) und der zweiten Verbindung (131) einerseits und der dritten Verbindung (121) andererseits bewirkbar ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kondensatoranordnung (200) in Abhängigkeit einer vorgegebenen elektrischen Spannung zwischen der ersten Verbindung (130) und der zweiten Verbindung (131) einerseits und der dritten Verbindung (121) andererseits eine erste vorgegebene Gesamtkapazität

und eine zweite vorgegebene Gesamtkapazität aufweist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für den Fall, dass die Kondensatoranordnung (200) die erste Gesamtkapazität aufweist, die erste Verbindung (130) eine erste Induktivität (210) in Reihe mit einer ersten Teilkapazität (201) der Kondensatoranordnung (200) zwischen der Signalleitung (120) und den Masseleitungen (110, 111) bildet und dass für den gleichen Fall die zweite Verbindung (131) eine zweite Induktivität (211) in Reihe mit einer zweiten Teilkapazität (202) der Kondensatoranordnung (200) zwischen der Signalleitung (120) und den Masseleitungen (110, 111) bildet, wobei die gemeinsame Impedanz der ersten Teilkapazität (201) und der ersten Induktivität (210) sowie die gemeinsame Impedanz der zweiten Teilkapazität (202) und der zweiten Induktivität (211) bei einer Betriebsfrequenz im Wesentlichen ihrem ohmschen Widerstand entspricht.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Verbindung (130) und die zweite Verbindung (131) entlang des Wellenleiters einen dritten Abstand (133) aufweisen, wobei der dritte Abstand (133) etwa dem Äquivalent eines Viertels der Wellenlänge bei einer Betriebsfrequenz entspricht.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Betriebsfrequenz etwa 77 GHz oder etwa 24 GHz vorgesehen ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorgegebene Länge (122) derart vorgesehen ist, dass sich Reflexionen an einem Übergang zwischen der Signalleitung (120) und der dritten Verbindung (121) kompensieren.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Länge (122) mehr als zwei Verbindungen die Masseleitungen (110, 111) des Wellenleiters verbinden.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, das die Anzahl der Verbindungen, die die Masseleitungen (110, 111) des Wellenleiters verbinden, ungerade ist.

Claims

1. Device comprising a capacitor arrangement (200) for changing the impedance of a segment of a coplanar waveguide, wherein the capacitance of the capacitor arrangement (200) can be changed, wherein the capacitor arrangement (200) at least partly comprises a first electrically conductive connection (130), a second electrically conductive connection (131) and a third electrically conductive connection (121), wherein the signal line (120) of a segment of a coplanar waveguide is interrupted over a predetermined length (122), wherein the first connection (130) connects the earth lines (110, 111) of the waveguide, wherein the second connection (131) connects the earth lines (110, 111) of the waveguide, and wherein the third connection (121) connects the two parts of the interrupted signal line (120), **characterized in that** for changing the capacitance, the third connection (121) is embodied as a connection bridge over the first (130) and second connection (131) and, by means of applying a voltage between third connection (121) and first (130) and second connection (131), respectively, can be deformed mechanically in such a way that a first distance between the first connection (130) and the third connection (121) and a second distance between the second connection (131) and the third connection (121) can be changed at least in a partial region of the third connection (121).

2. Device according to Claim 1, **characterized in that** the first, the second and the third connection (130, 131, 121) are metallic connections.

3. Device according to any of the preceding claims, **characterized in that** the change in the capacitance of the capacitor arrangement (200) can be effected by an electrostatic force between the first connection (130) and the second connection (131), on the one hand, and the third connection (121), on the other hand.

4. Device according to any of the preceding claims, **characterized in that** the capacitor arrangement (200) has a first predetermined total capacitance and a second predetermined total capacitance depending on a predetermined electrical voltage between the first connection (130) and the second connection (131), on the one hand, and the third connection (121), on the other hand.

5. Device according to any of the preceding claims, **characterized in that** for the case where the capacitor arrangement (200) has the first total capacitance, the first connection (130) forms a first inductance (210) in series with a first partial capacitance (201) of the capacitor arrangement (200) between the signal line (120) and the earth lines (110, 111), and **in that** for the same case, the second connection (131) forms a second inductance (211) in series with a second partial capacitance (202) of the capacitor arrangement (200) between the signal line (120) and the earth lines (110, 111), wherein the common impedance of the first partial capacitance (201) and the

first inductance (210) and also the common impedance of the second partial capacitance (202) and the second inductance (211) at an operating frequency essentially correspond to their non-reactive resistance.

6. Device according to any of the preceding claims, **characterized in that** the first connection (130) and the second connection (131) have a third distance (133) along the waveguide, wherein the third distance (133) corresponds approximately to the equivalent of a quarter of the wavelength at an operating frequency.

7. Device according to Claim 5 or 6, **characterized in that** approximately 77 GHz or approximately 24 GHz is provided as the operating frequency.

8. Device according to any of the preceding claims, **characterized in that** the predetermined length (122) is provided in such a way that reflections at a transition between the signal line (120) and the third connection (121) compensate for one another.

9. Device according to any of the preceding claims, **characterized in that** over the length (122) more than two connections connect the earth lines (110, 111) of the waveguide.

10. Device according to Claim 9, **characterized in that** the number of connections which connect the earth lines (110, 111) of the waveguide is odd.

Revendications

1. Dispositif comportant un montage de condensateur (200) pour varier l'impédance d'une partie d'un guide d'ondes coplanaires selon lequel la capacité du montage de condensateur (200) peut être modifiée,
le montage de condensateur (200) entourant au moins en partie une première liaison électro-conductrice (130), une seconde liaison électro-conductrice (131) et une troisième liaison électro-conductrice (121),
la ligne de transmission de signaux (120) d'une partie d'un guide d'ondes coplanaires étant interrompue sur une longueur prédéfinie (122),
la première liaison (130) reliant les lignes de masse (110, 111) du guide d'ondes,
la seconde liaison (131) reliant les lignes de masse (110, 111) du guide d'ondes) et
la troisième liaison (121) reliant les deux parties de la ligne de transmission de signaux (120), coupée,
caractérisé en ce que
pour modifier la capacité, la troisième liaison (121) est réalisée comme pont de liaison entre la première liaison (130) et la seconde liaison (131) et en appliquant une tension entre la troisième liaison (121) et la première liaison (130) ou la seconde liaison (131), on a une déformation mécanique telle qu'elle modifie une première distance entre la première liaison (130) et la troisième liaison (121) et une seconde distance entre la seconde liaison (131) et la troisième liaison (121), au moins dans une zone partielle de la troisième liaison (121).

2. Dispositif selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
la première, la seconde et la troisième liaison (130, 131, 121) sont des liaisons métalliques.

3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la variation de la capacité du montage de condensateur (200) est réalisée d'une part par une force électrostatique entre la première liaison (130) et la seconde liaison (131) et d'autre part avec la troisième liaison (121).

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le montage de condensateur (200) présente une première capacité totale prédéfinie et une seconde capacité totale prédéfinie en fonction d'une tension électrique prédéfinie entre d'une part la première liaison (130) et la seconde liaison (131) et d'autre part la troisième liaison (121).

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
au cas où le montage de condensateur (200) correspond à la première capacité totale, la première liaison (130) forme une première inductance (210) en série avec une première capacité partielle (201) du montage de condensateur (200) entre la ligne de transmission de signaux (120) et les lignes de masse (110, 111) et
pour le même cas, la seconde liaison (131) forme une seconde inductance (211) en série avec une seconde capacité partielle (202) du montage de condensateur (200) entre la ligne de transmission de signaux (120) et les lignes de masse (110, 111),
l'impédance commune de la première capacité partielle (201) et de la première inductance (210) ainsi que l'impédance commune de la seconde capacité partielle (202) et de la seconde inductance (211) correspondant pratiquement à une résistance ohmique pour la fréquence de fonctionnement.

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que

la première liaison (130) et la seconde liaison (131) sont écartées d'une troisième distance (133) le long du guide d'ondes, la troisième distance (133) correspondant à l'équivalent d'un quart de longueur d'onde pour la fréquence de fonctionnement.

7. Dispositif selon la revendication 5 ou 6,
caractérisé en ce que
la fréquence de fonctionnement est de l'ordre de 77 GHz ou de l'ordre de 24 GHz.

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la longueur prédéfinie (122) est donnée de façon à compenser les réflexions au passage entre la ligne de transmission de signaux (120) et la troisième liaison (121).

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
plus de deux liaisons relient les lignes de masse (110, 111) du guide d'ondes sur la longueur (122).

10. Dispositif selon la revendication 9,
caractérisé en ce que
le nombre de liaisons reliant les lignes de masse (110, 111) du guide d'ondes est un nombre impair.

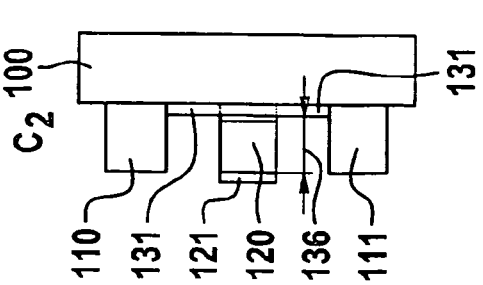


FIG. 2b

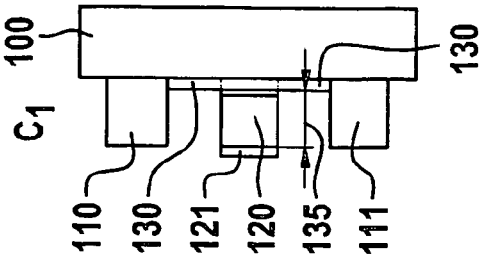


FIG. 2a

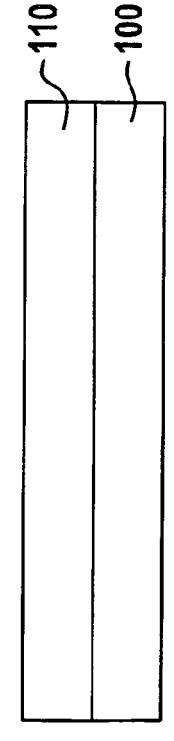


FIG. 3

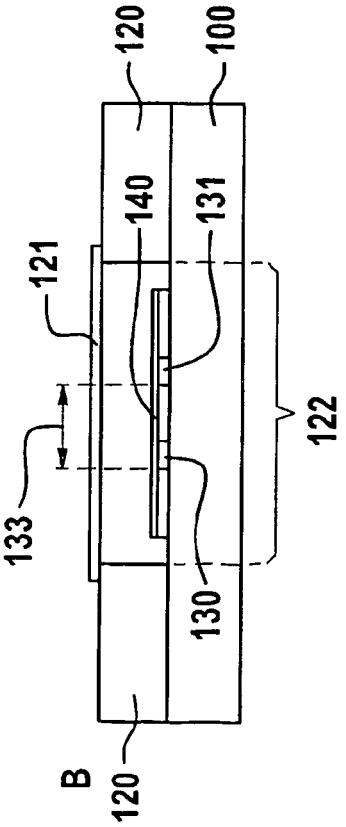


FIG. 4

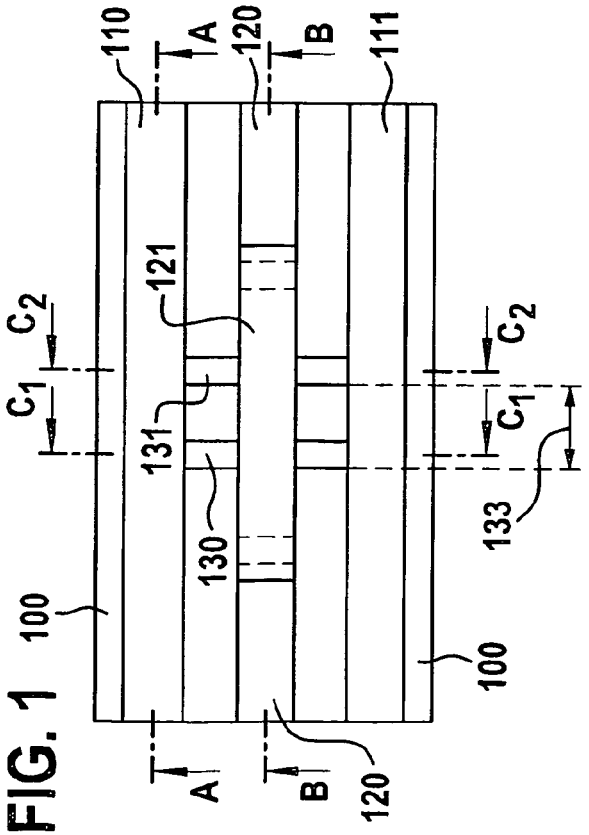


FIG. 1

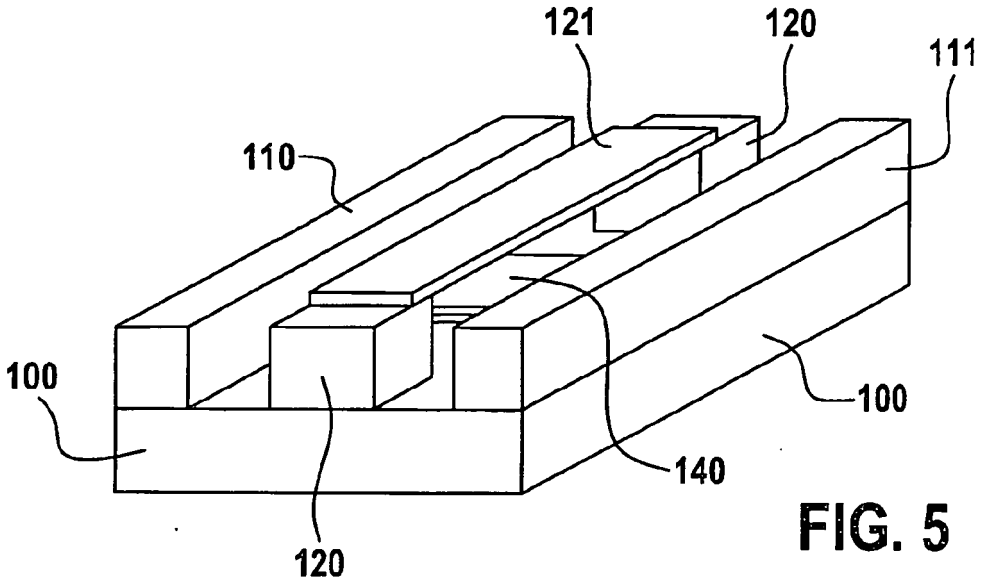

121
120
111
110
100
100
140
120

FIG. 5

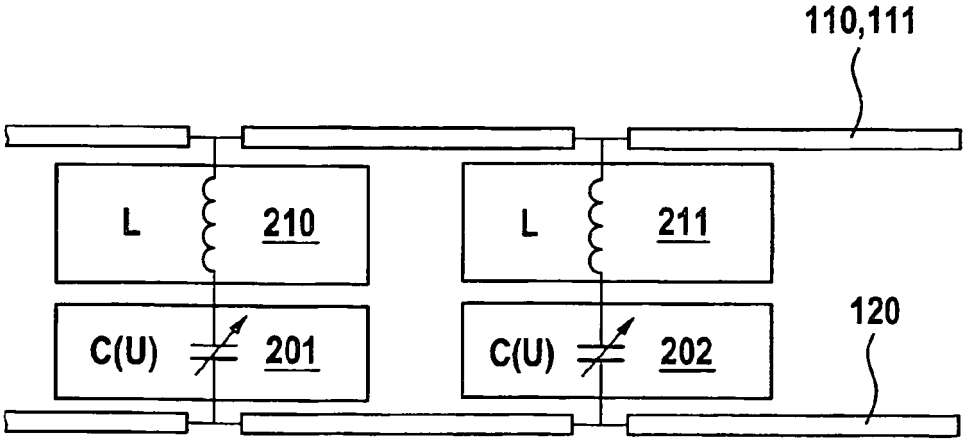

110,111
L
210
L
211
C(U)
201
C(U)
202
120

FIG. 6

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10037385 **[0001]**
- US 6016092 A **[0002]**
- US 5619061 A **[0004]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **BARKER et al.** Distributed MEMS True-Time Delay Phase Shifters and Wide-Band Switches. *IEEE Transactions on microwave theory' and techniques,* 1998, vol. 46 (11), 1881-1889 **[0003]**