

 12

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

 21 Anmeldenummer: 89101979.6

 51 Int. Cl. 4: **H01P 1/15**

 22 Anmeldetag: 04.02.89

 30 Priorität: 11.02.88 DE 3804205

 43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
16.08.89 Patentblatt 89/33

 54 Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT

 71 Anmelder: Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH  
Theodor-Stern-Kai 1  
D-6000 Frankfurt/Main 70(DE)

 72 Erfinder: Callsen, Heinrich, Dipl.-Ing.  
Dreiköniggasse 6  
D-7900 Ulm(DE)

 74 Vertreter: Schulze, Harald Rudolf, Dipl.-Ing.  
Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH  
Theodor-Stern-Kai 1  
D-6000 Frankfurt/Main 70(DE)

 54 **Elektrischer Hohlleiterschalter.**

 57 Die Erfindung betrifft einen Hohlleiterschalter insbesondere unter Verwendung von PIN-Dioden in einer Fin-Leiterstruktur. Dabei ist ein Teil der Fin-Leiterstruktur galvanisch isoliert mit Hilfe einer dissipativen Isolierschicht. Dadurch wird insbesondere eine sehr hohe Sperrdämpfung (Isolation) erreicht, z.B. bis zu 90dB.

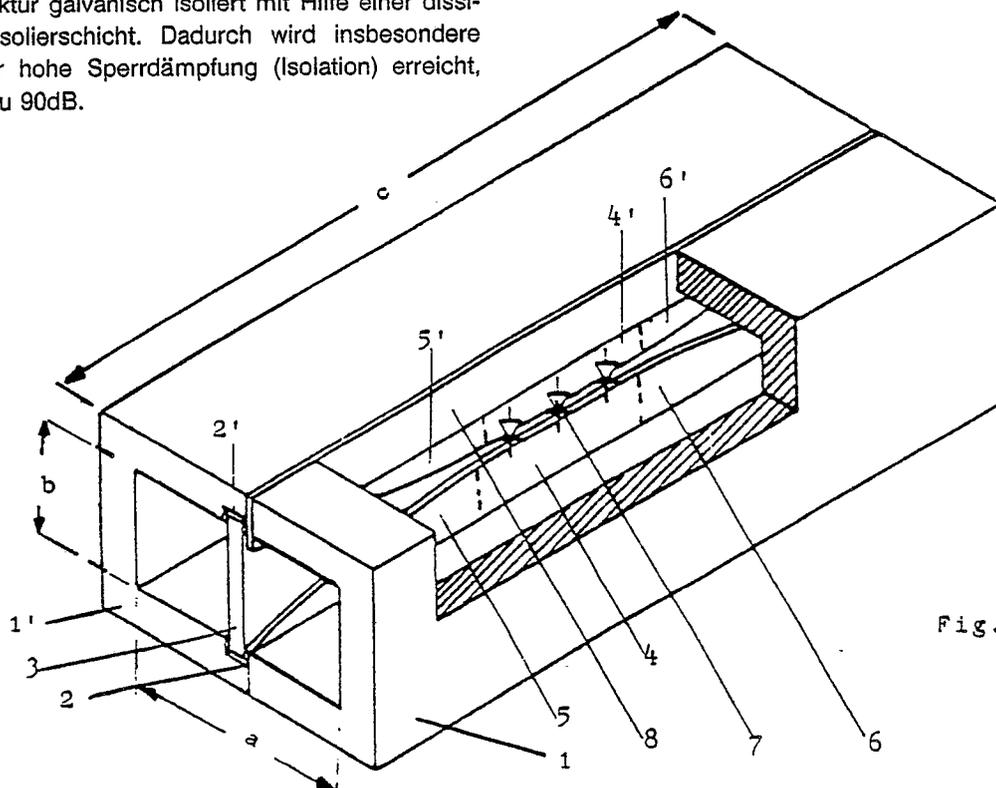


Fig. 1

EP 0 328 013 A2

### Elektrischer Hohlleiterschalter

Die Erfindung betrifft einen elektrischen Hohlleiterschalter nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Derartige Hohlleiterschalter werden beispielsweise in Radargeräten zur Amplitudenmodulation und/oder Impulsformung eines hochfrequenten Signals, z.B. im Ka-Band (26,5 GHz bis 40 GHz), benutzt.

Bei derartigen Hohlleiterschaltern befindet sich im Innenraum eines Hohlleiters mindestens ein Halbleiterschalter, z.B. eine sogenannte PIN-Diode, von dessen Schaltzustand, d.h. leitend oder gesperrt, die Dämpfung des Hohlleiterschalters für die zu führenden elektromagnetischen Wellen abhängig ist. Derartige Hohlleiterschalter haben im gesperrten Zustand eine (Sperr-)Dämpfung von ungefähr 30dB bis 40dB und sind im allgemeinen schmalbandig.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäßen Hohlleiterschalter dahingehend zu verbessern, daß im verwendeten Frequenzband eine geringe Einfügungsdämpfung, eine hohe Bandbreite, geringe Ein- und Ausschaltzeiten sowie eine möglichst hohe Sperrdämpfung (Isolation) erreichbar ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Ausgestaltungen und/oder Weiterbildungen sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß der Hohlleiterschalter mechanisch robust, zuverlässig und kostengünstig herstellbar ist, insbesondere bei einer industriellen Serienfertigung.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert unter Bezugnahme auf eine schematische Zeichnung.

In den Fig. 1 bis 3 wird ein Hohlleiterschalter vom Parallelschalt("shunt")-Typ beschrieben, welcher für das Ka-Band geeignet ist.

Fig. 1 zeigt den erfindungsgemäßen Hohlleiterschalter in einer perspektivischen Darstellung mit einem Ausbruch (schraffiert gezeichnet), so daß der Innenraum darstellbar ist. Der Hohlleiter 1, 1', der aus zwei parallel zur Längsachse zusammengefügt metallischen Teilen besteht, besitzt eine Länge c von ungefähr 35mm sowie einen Innenraum mit einem rechteckförmigen Querschnitt (Breite a = 7,11 mm; Höhe b = 3,56mm). In den breiteren Seitenflächen des Innenraumes befinden sich zwei gegenüberliegende Längsnuten 2, 2'. Diese besitzen jeweils eine Breite von ungefähr 250µm und eine Tiefe von ungefähr 500µm. Diese Längsnuten 2, 2' dienen zur Halterung eines rechteckförmigen Substrates 3, das eine Dicke von un-

gefähr 254µm und eine möglichst geringe relative Dielektrizitätskonstante von z.B. 2,2 besitzt. Ein für das Substrat 3 geeignetes Material ist z.B. PTFE (Teflon), das mit Glasfasern verstärkt ist. Auf einer Seite des Substrates 3 befindet sich eine sogenannte Fin-Leiterstruktur 4, 5, 6, 4', 5', 6', die z.B. mit Hilfe der Photolithografie aus einer ungefähr 17µm dicken Kupferschicht herausgeätzt wurde.

Die Längsnuten 2, 2' sind derart angeordnet, daß sich die Fin-Leiterstruktur 4, 5, 6, 4', 5', 6' in einer E-Ebene befindet, welche die Längsachse des Hohlleiters enthält. Die Fin-Leiterstruktur besteht aus zwei Teilen, die im Bereich der Längsachse galvanisch getrennt sind. Jedes dieser Teile besteht aus einem Mittenbereich 4, 4', an das sich beidseitig sogenannte Taperbereiche 5, 5' sowie 6, 6' anschließen. Die Mittenbereiche 4, 4' haben einen lateralen Abstand von ungefähr 50µm und sind durch mindestens einen Halbleiterschalter 7 verbunden. Die Anzahl der Halbleiterschalter ist abhängig von den gewünschten elektrischen Eigenschaften, z.B. Bandbreite, des Hohlleiterschalters. Der axiale Abstand zwischen den Halbleiterschaltern 7 ist ebenfalls von den gewünschten elektrischen Eigenschaften abhängig und beträgt z.B. ungefähr 2mm. Die Abstände zwischen den Halbleiterschaltern, z.B. Dioden, sind so gewählt, daß sich die Leitungsstörungen, verursacht durch die einzelnen Dioden, gegenseitig im gesamten Ka-Band kompensieren. Die Mittenbereiche 4 bzw. 4' sind jeweils beidseitig durch Taperbereiche 5, 6 bzw. 5', 6' eingegrenzt. Diese haben eine axiale Länge von ungefähr drei (Luft-)Wellenlängen, also z.B. ungefähr 15 mm für das Ka-Band. Zwischen dem in Fig. 1 dargestellten unteren Teil der Fin-Leiterstruktur und dem Hohlleiter 1 ist ein galvanischer Kontakt vorhanden. Dagegen ist der obere Teil der Fin-Leiterstruktur galvanisch isoliert gegenüber dem Hohlleiter 1, damit die Halbleiterschalter 7 elektrisch ansteuerbar sind, z.B. mit einer Gleichspannung. Diese Isolation erfolgt mit Hilfe einer Isolationsschicht 8, z.B. einer Kunststoffolie. Es hat sich nun herausgestellt, daß die Eigenschaften des Hohlleiterschalters, insbesondere dessen Sperrdämpfung (Isolation), in überraschender Weise sehr stark von den Eigenschaften der Isolationsschicht 8 abhängen. Wählt man dafür z.B. eine Kunststoffolie, z.B. Teflon, mit einer reellen Dielektrizitätskonstanten, so sind Sperrdämpfungen von 30dB bis 40dB, allenfalls 50dB erreichbar. Wählt man dagegen für die Isolationsschicht 8 erfindungsgemäß eine Kunststoffolie aus einem dissipativen Material, d.h. einem Material mit einer komplexen Dielektrizitätskonstante, so sind erheblich höhere Sperrdämpfungen erreichbar, z.B. bis zu

80dB für das Ka-Band (Fig. 3). Eine dafür geeignete Kunststoffolie besteht z.B. aus beschichtetem Polyester-Material und besitzt eine Dicke von ungefähr 10µm. Dieser überraschende Effekt ist dadurch erklärbar, daß durch die Isolation des oberen Teiles der Fin-Leiterstruktur eine TEM-Leitung entsteht, die parallel zu der eigentlichen Fin-Leiterstruktur verläuft. Der isolierte obere Teil bildet einen Mittelleiter und das umgebende Hohlleitergehäuse einen Außenleiter. Die Leitungseigenschaften werden fast ausschließlich durch die zur Isolation des oberen Teils eingelegte Folie und der Breite des mechanischen Klemmbereiches des oberen Teils bestimmt, denn dort sind die beiden Leiter der TEM-Leitung nur durch die Folie mit einer Dicke im µ-Bereich voneinander getrennt. Die gesamte von dieser Leitung geführte Leistung konzentriert sich auf diesen Bereich. Die Leitung, da sie an ihren Enden stark fehlangepaßt ist, bildet einen Resonator, der lose mit der eigentlichen Fin-Leiterstruktur gekoppelt ist. Die maximal mit PIN-Dioden in der Fin-Leiterstruktur erreichbare Isolation der Hohlleitertore des PIN-Diodenschalters ist begrenzt durch den Leistungsanteil, der bei gesperrter PIN-Diode über den Resonator vom Eingangs- zum Ausgangstor gelangt.

Durch die erfindungsgemäße Anwendung einer Isolationsschicht 8 aus dissipativem Material ist es möglich, diesen Umweg (Bypass) über den entstandenen Resonator zu schließen.

Zum besseren Verständnis der Meßkurven gemäß Fig. 3 zeigt Fig. 2 das Ersatzschaltbild für eine PIN-Diode, die in die Fin-Leiterstruktur gemäß Fig. 1 eingefügt ist. In Fig. 2 bedeuten  $L_s$  bzw.  $C_p$  parasitäre Induktivitäten bzw. Kapazitäten, die durch das Einfügen einer bzw. Kapazitäten, die durch das Einfügen einer PIN-Diode in die Fin-Leiterstruktur entstehen. Der Widerstand  $R_s$  beschreibt den Kontaktwiderstand der PIN-Diode und ist unabhängig von der gewählten Vorspannung bzw. dem Vorstrom.  $C_j$  bzw.  $R_j$  bezeichnen die Kapazität bzw. den Widerstand des pn-Übergangs der PIN-Diode.  $R_j$  ist abhängig vom Wert der Vorspannung bzw. des Vorstromes.

In dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ist die Breite der Isolationsschicht 8 größer gleich der Wandstärke des Hohlleiters 1, 1'. In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird eine Isolationsschicht mit einer Breite gewählt, die größer gleich der Tiefe der Längsnut 2', jedoch kleiner als die Wandstärke des Hohlleiters ist. Dadurch ist es vorteilhafterweise möglich, einen Hohlleiter 1, 1' mit einem galvanisch geschlossenen Querschnitt herzustellen.

Weiterhin ist es möglich, zumindest im Bereich des Mittenbereichs 4, 4' (Fig. 1), die Querschnittsfläche des Innenraumes des Hohlleiters zu verengen, so daß z.B.  $a=b=3,56\text{mm}$  ist für das Ka-Band. Dadurch ist eine weitere Erhöhung der

Sperrdämpfung möglich, z.B. bis auf 90dB. Bei nichtreduziertem Hohlleiter-Querschnitt erreicht man eine Isolation von ungefähr 8dB pro PIN-Diode, bei reduziertem Querschnitt ungefähr 15 dB pro Diode.

Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel liegen die Schaltzeiten bei ungefähr 35ns (Anstiegszeit) sowie 5ns (Abfallzeit) bei Verwendung von sechs Halbleiterschaltern 7, die als PIN-Dioden ausgebildet sind. Die Einfügungsdämpfung (Durchlaßdämpfung) ist dabei kleiner 1,3dB im gesamten Ka-Band (Fig. 3).

Außerdem ist es möglich, die Isolationsschicht 8 unmittelbar auf die Fin-Leiterstruktur aufzubringen, z.B. als Lackschicht.

Die Erfindung ist nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern sinngemäß auf weitere Frequenzbänder anwendbar. Dazu müssen lediglich die Abmessungen, z.B. des Hohlleiters sowie der Fin-Leiterstruktur, sowie die Art und Anzahl der Halbleiterschalter entsprechend der verwendeten Frequenz und/oder Wellenlänge geändert werden. Eine solche Vorgehensweise ist einem Fachmann auf dem Gebiet der Hoch- oder Höchstfrequenztechnik geläufig.

## Ansprüche

1. Elektrischer Hohlleiterschalter, bestehend aus einem für elektromagnetische Wellen geeignetem metallischen Hohlleiter, in dessen Innenraum mindestens ein Halbleiterschalter derart angebracht ist, daß die Impedanz des Hohlleiters in Abhängigkeit von dem Schaltzustand des Halbleiterschalters änderbar ist, dadurch gekennzeichnet,
  - daß in dem Innenraum des Hohlleiters (1, 1') eine metallische Fin-Leiterstruktur (4, 5, 6, 4', 5', 6'), die in Längsrichtung des Hohlleiters (1, 1') geteilt ist, angebracht ist,
  - daß jedes Teil der Fin-Leiterstruktur einen Mittenbereich (4, 4') besitzt, an welchen sich beidseitig Taperbereiche (5, 5', 6, 6') anschließen,
  - daß die Mittenbereiche (4, 4') durch mindestens einen Halbleiterschalter (7) elektrisch verbunden sind,
  - daß ein Teil der Fin-Leiterstruktur elektrisch leitend mit dem Hohlleiter (1, 1') verbunden ist,
  - daß der andere Teil der Fin-Leiterstruktur gegenüber dem Hohlleiter (1, 1') elektrisch isoliert ist und mindestens einen elektrischen Anschluß zur Ansteuerung der Halbleiterschalter (7) besitzt und
  - daß die elektrische Isolation des anderen Teils der Fin-Leiterstruktur mit Hilfe einer Isolationsschicht (8) erfolgt, die aus einem dissipativen Material besteht.

2. Elektrischer Hohlleiterschalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittenbereiche (4, 4') der Fin-Leiterstruktur einen lateralen Abstand besitzen, der klein ist gegenüber der in dem Hohlleiter (1, 1') fñhrbaren Wellenlänge. 5

3. Elektrischer Hohlleiterschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Taperbereiche (5, 5', 6, 6') in axialer Richtung eine Länge von ungefähr drei Wellenlängen besitzen. 10

4. Elektrischer Hohlleiterschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterschalter (7) als Halbleiterdiode ausgebildet ist. 15

5. Elektrischer Hohlleiterschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Fin-Leiterstruktur auf einem Substrat (3), das eine kleine Dielektrizitätskonstante besitzt, aufgebracht ist. 20

6. Elektrischer Hohlleiterschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Fin-Leiterstruktur in einer E-Ebene, welche die Längsachse des Hohlleiters (1, 1') enthält, angeordnet ist. 25

7. Elektrischer Hohlleiterschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlleiter (1, 1') im betriebsfähigen Zustand eine geschlossene Querschnittsfläche besitzt. 30

8. Elektrischer Hohlleiterschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Innenraum des Hohlleiters (1,1') mindestens eine Längsnut (2, 2') zur Aufnahme des Substrates (3) sowie der Fin-Leiterstruktur vorhanden ist. 35

9. Elektrischer Hohlleiterschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlleiter (1, 1') zumindest im Bereich des Mittenbereiches (4, 4') eine Querschnittsverringernng des Innenraumes besitzt derart, daß eine zusätzliche Dämpfung für die zu fñhrenden Wellen entsteht. 40

45

50

55

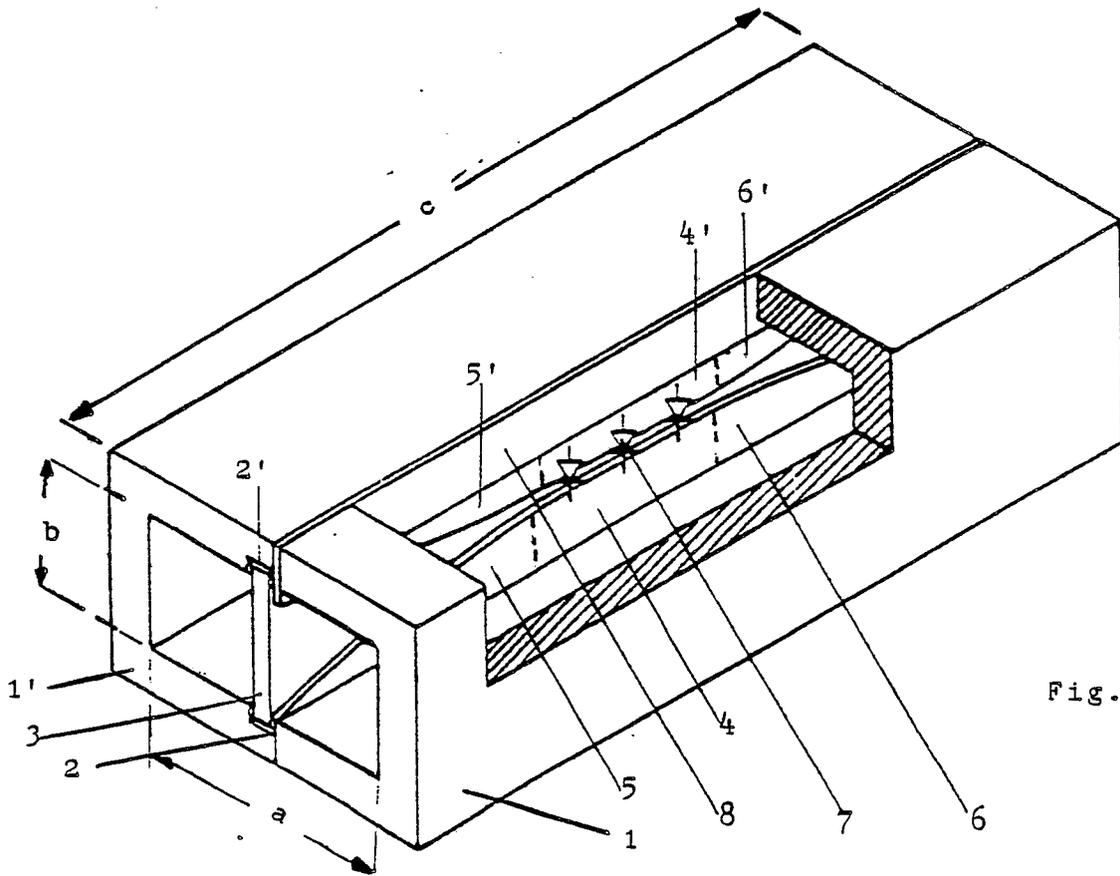


Fig. 1

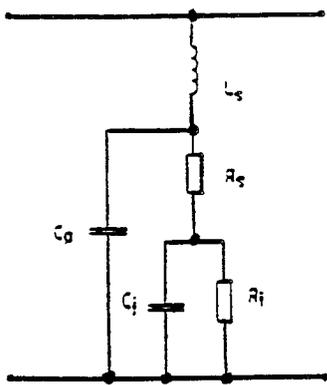


Fig. 2

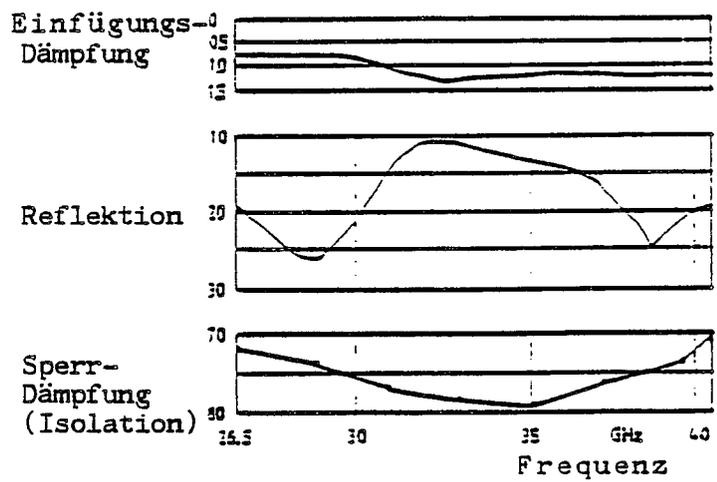


Fig. 3