



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 001 481 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.05.2000 Patentblatt 2000/20

(51) Int. Cl.⁷: **H01P 5/18**

(21) Anmeldenummer: **99112727.5**

(22) Anmeldetag: **01.07.1999**

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

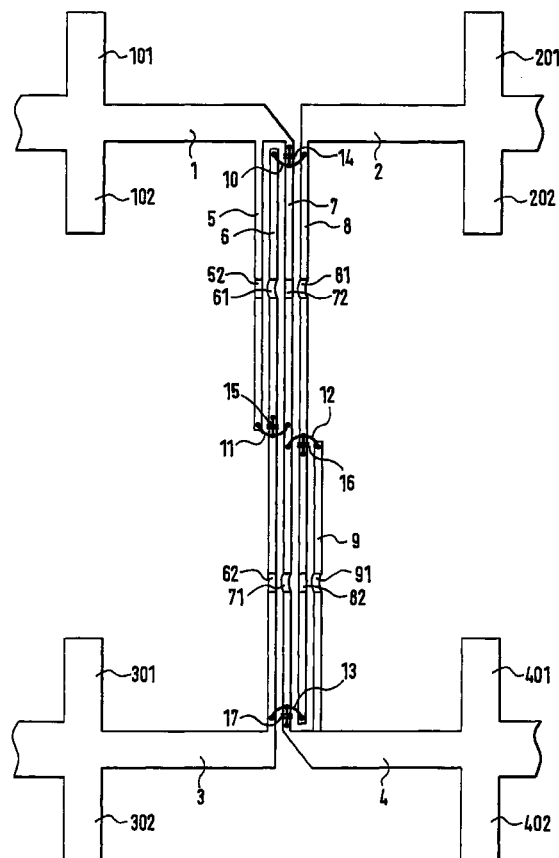
(30) Priorität: **10.11.1998 DE 19851740**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder: **Gill, Hardial
71522 Backnang (DE)**

(54) **Monolithisch integrierter Interdigitalkoppler**

(57) Ein technologisch leichter herstellbarer Interdigitalkoppler für den Millimeterwellenbereich besteht aus mehreren parallel nebeneinander verlaufenden Leitungen (5, 6, 7, 8, 9), wobei das Ende einer jeden Leitung über eine leitende Luftbrücke (10, 11, 12, 13) mit einer ihr nicht direkt benachbarten Leitung verbunden ist. Zur Realisierung einer engen Kopplung ist mindestens zwischen einer Luftbrücke (10, 11, 12, 13) und der von ihr jeweils überbrückten Leitung (6, 7, 8) eine konzentrierte Kapazität (14, 15, 16, 17) geschaltet.



EP 1 001 481 A2

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen monolithisch integrierten Interdigitalkoppler, bestehend aus mehreren parallelen nebeneinander verlaufenden Leitungen, wobei das Ende einer jeden Leitung über eine leitende Luftbrücke mit einer ihr nicht direkt benachbarten Leitung verbunden ist.

[0002] Ein derartiger Digitalkoppler, der in der Literatur auch oft als "Lange-Koppler" bezeichnet wird, ist aus dem Lehrbuch R. K. Hoffmann: Integrierte Mikrowellenschaltungen, Springer-Verlag 1983, Seite 260 - 162 bekannt. Mit einer interdigitalen Leiterstruktur läßt sich eine sehr enge Kopplung erzielen. Soll ein Interdigitalkoppler monolithisch integriert werden, so müßte, um z. B. einen 3-dB-Koppler mit guten elektrischen Eigenschaften zu realisieren, die Leiterbreite und der Abstand zwischen den Leitern kleiner als 8 µm sein. Solche schmalen Leiterbahnen und Abstände zwischen den Leitern sind aber technologisch sehr schwer herzustellen. Deshalb soll ein monolithisch integrierter Interdigitalkoppler der eingangs genannten Art angegeben werden, der auch mit größeren Leiterbreiten und größeren Abständen zwischen den Leitern, die sich technologisch leichter realisieren lassen, einen sehr hohen Koppelgrad erreicht.

Vorteile der Erfindung

[0003] Die genannte Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, daß mindestens zwischen einer Luftbrücke, welche ein Leitungsende mit einer nicht direkt benachbarten Leitung verbindet, und der von ihr jeweils überbrückten Leitung eine konzentrierte Kapazität geschaltet ist. Eine oder mehrere so eingesetzte konzentrierte Kapazitäten erhöhen den Koppelgrad des Kopplers, weshalb auf sehr schmale Leiterbreiten und sehr geringe Abstände zwischen den Leitern verzichtet werden kann. Außerdem wird dadurch die Richteigenschaft des Kopplers verbessert, weil die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der geraden und ungeraden Wellenmoden im Koppelbereich aneinander angeglichen werden. Durch den Einsatz einer oder mehrerer konzentrierter Kapazitäten kann auch die Leitungslänge im Koppelbereich verringert werden.

[0004] Die Bandbreite des Kopplers kann dadurch erhöht werden, daß Anschlußleitungen an den Toren des Kopplers mit Stichleitungen versehen werden, um Reflexionen an den Toren möglichst weitgehend zu reduzieren.

Beschreibung eines Ausführungsbeispiels

[0005] Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels wird nachfolgend die Erfindung näher erläutert. Die einzige Figur der Zeichnung

zeigt eine Draufsicht auf

[0006] einen auf einem Substrat monolithisch integrierten Interdigitalkoppler. Es handelt sich dabei um einen 3-dB-Koppler mit vier als Leitungen ausgeführten Toren 1, 2, 3 und 4. Die vier Tore 1, 2, 3, 4 sind über fünf parallel nebeneinander verlaufende Leitungen 5, 6, 7, 8 und 9 so gekoppelt, daß eine z. B. am Tor 1 eingespeiste Leistung zu gleichen Teilen auf die beiden Tore 2 und 4 aufgeteilt wird, das Tor 3 aber völlig entkoppelt bleibt.

[0007] Die fünf Leitungen 5, 6, 7, 8 und 9 sind folgendermaßen in bekannter Weise (wie bei einem "Lange-Koppler") miteinander verkoppelt und mit den einzelnen Toren 1, 2, 3 und 4 verbunden:

[0008] Die beiden Leitungen 5 und 7 sind mit dem Tor 1 verbunden. zwischen den beiden Leitungen 5 und 7 liegt die Leitung 6, welche vor dem Tor 1 endet und mit dem Tor 3 verbunden ist. Die Leitung 7 ist sowohl mit dem Tor 1 als auch mit dem Tor 4 verbunden. Die direkt neben der Leitung 7 verlaufende Leitung 8 ist einerseits am Tor 2 angeschlossen und endet andererseits vor dem Tor 4. Die direkt mit der Leitung 8 benachbarte Leitung 9 steht an einem Ende mit dem Tor 4 in Verbindung und ist am anderen Ende offen. Auf diese Art und Weise entsteht ein interdigital ineinander greifendes Leitungssystem, bei dem die Leitungen 5, 6, 8 und 9 jeweils ein offenes, nicht mit einem der Tore 1, 2, 3 oder 4 verbundenes Ende aufweisen. Die beiden äußeren Leitungen 5 und 9 enden in dem dargestellten Ausführungsbeispiel etwa auf der halben Länge des Kopplers.

[0009] Um die gewünschte 3-dB-Koppelwirkung zu erzielen, sind die freien Enden der Leitungen jeweils über leitende Luftbrücken mit einer nicht direkt benachbarten Leitung kontaktiert. So besteht zwischen dem freien Ende der Leitung 6 und der Leitung 8 eine Luftbrücke 10, zwischen dem freien Ende der Leitung 5 und der Leitung 7 eine Luftbrücke 11, zwischen dem freien Ende der Leitung 9 und der Leitung 7 eine Luftbrücke 12 und zwischen dem freien Ende der Leitung 8 und der Leitung 6 eine Luftbrücke 13.

[0010] Bei einer Betriebsfrequenz des Kopplers im Millimeterwellenbereich und bei einer Substratdicke von weniger als 100µm, müßten, um eine gewünschte 3-dB-Kopplung zu erzielen, die Leitungen 6, 7, 8, 9 sehr schmal (kleiner als 8 µm) und vor allem auch die Abstände zwischen den Leitungen sehr eng (kleiner als 8 µm) ausgeführt werden. Solch schmale Leitungen und geringe Abstände zwischen den Leitungen sind technologisch sehr schwer zu verwirklichen. Um trotzdem die erforderlichen engen Kopplungen zwischen den Leitungen realisieren zu können, ist zwischen jeder Luftbrücke 10, 11, 12, 13 und der von ihr überbrückten Leitung eine konzentrierte Kapazität geschaltet. So befindet sich zwischen der Luftbrücke 10 und der Leitung 7 eine Kapazität 14, zwischen der Luftbrücke 11 und der Leitung 6 eine Kapazität 15, zwischen der Luftbrücke 12 und der Leitung 8 eine Kapazität 16 und zwischen der Luftbrücke 13 und der Leitung 7 eine

Kapazität 17. Für eine geforderte Kopplung reichen unter Umständen auch weniger konzentrierte Kapazitäten aus als in dem Ausführungsbeispiel angegeben. Diese Kapazitäten 14, 15, 16, 17 haben bei einer Betriebsfrequenz des Kopplers von etwa 26 GHz einen Wert von ca. 0,1 pF. 5

[0011] Mit den die Kopplungen verstärkenden konzentrierten Kapazitäten sind auf einem GaAs Substrat mit einer Dicke von 100 µm und einer Dielektrizitätszahl $\epsilon = 12,9$ Leiterbreiten und Leiterabstände von nurmehr 10 bis 15 µm erforderlich. 10

[0012] Beim Ätzen der Leiterbahnen 5, 6, 7, 8 und 9 lassen sich keine exakt konstanten Leiterbreiten realisieren. 15

[0013] Insbesondere in der Mitte, ca. 200 bis 300 µm vom Leitungsende entfernt, entsteht eine gewisse Verbreiterung der Leiter. Diese Verbreiterungen führen dazu, daß sich die Abstände zwischen den Leitern verringern, wodurch der Koppelgrad beeinflußt wird. Um diesen technologisch bedingten, unerwünschten Effekt zu vermeiden, wird an Stellen mit verbreiterten Leiterbahnen quer über alle Leiter 5, 6, 7, 8, 9 das Leitermaterial über eine Länge von ca. 40 - 50 µm entfernt. Anschließend werden die Unterbrechungen wieder geschlossen. Dazu werden in nicht direkt benachbarten Leitungen leitende Luftbrücken 61, 81, 71, 91 (z. B. Goldbändchen) eingesetzt. Die anderen Unterbrechungen werden dadurch überbrückt, daß man in ihnen auf dem Substrat eine leitende Schicht 52, 72, 62, 82 aufwachsen läßt, die anschließend nicht mehr, wie bei den anderen Leiterbahnen, mit einer Goldschicht überzogen werden. Durch das Weglassen der Goldschicht können die gewünschten Abstände zwischen den Luftbrücken 61, 81, 71, 91 und den benachbarten leitenden Schichten 52, 72, 62, 82 eingehalten werden. 20 25 30 35

[0014] Um eine möglichst große Bandbreite des Kopplers zu erzielen, sind die Tore 1, 2, 3 und 4 zur reflexionsarmen Anpassung mit Stichleitungen 101, 102, 201, 202, 301, 302, 401 und 402 versehen. 40

Patentansprüche

1. Monolithisch integrierter Digitalkoppler, bestehend aus mehreren parallel nebeneinander verlaufenden Leitungen (5,6,7,8,9), wobei das Ende einer jeden Leitung über eine leitende Luftbrücke (10, 11, 12, 13) mit einer ihr nicht direkt benachbarten Leitung verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwischen einer Luftbrücke (10, 11, 12, 13) und der von ihr jeweils überbrückten Leitung (6, 7, 8) eine konzentrierte Kapazität (14, 15, 16, 17) geschaltet ist. 45 50
2. Monolithisch integrierter Digitalkoppler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Anschlußleitungen an den Toren (1, 2, 3, 4) des Kopplers mit Stichleitungen (101, 102, 201, 202, 301, 302, 401, 402) versehen sind. 55

