



(10) **DE 10 2004 045 696 B4** 2014.08.07

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 045 696.8**
(22) Anmeldetag: **21.09.2004**
(43) Offenlegungstag: **23.03.2006**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.08.2014**

(51) Int Cl.: **H03H 9/145 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
EPCOS AG, 81669, München, DE

(72) Erfinder:
Ruile, Werner, Dr., 80636, München, DE

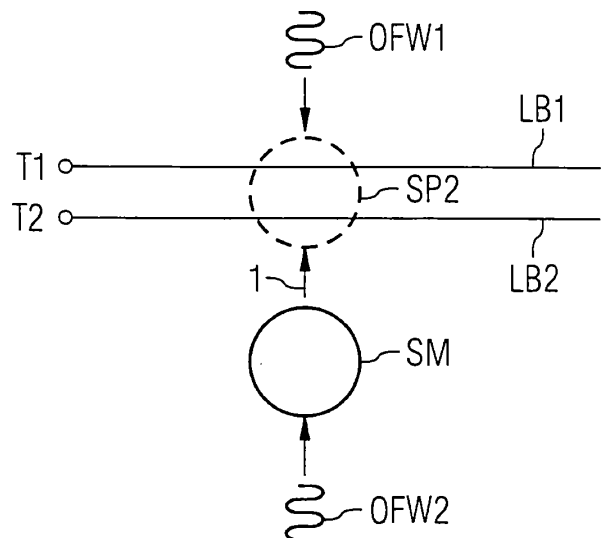
(74) Vertreter:
**Epping Hermann Fischer,
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639, München,
DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 102 08 169 A1
US 5 394 003 A

(54) Bezeichnung: **Bauelement mit veränderbarer elektrischer Komponente**

(57) Hauptanspruch: Bauelement

- mit einer elektrischen Komponente,
- mit einem beweglichen Schaltmittel (SM), das die Eigenschaft der elektrischen Komponente in Abhängigkeit von seiner Position (SP) relativ zur elektrischen Komponente verändert
- wobei das Schaltmittel (SM) mit Hilfe einer akustischen Oberflächenwelle (OFW) in seiner Position relativ zur elektrischen Komponente veränderbar ist
- bei dem eine Schaltstrecke vorgesehen ist, entlang deren sich das Schaltmittel bewegen kann
- bei dem das Schaltmittel (SM) elektrisch leitend ist und als ein Tropfen eines Fluids oder einer Masse mit fluiden Eigenschaften ausgebildet ist
- wobei
- entweder die elektrische Komponente für HF Signale ausgelegt ist, das Schaltmittel (SM) in einer Position der Schaltstrecke für eine koplanare Leitung (LB), die in der elektrischen Komponente ausgebildet ist, einen Kurzschluss bildet, oder
- die elektrische Komponente als Kapazität (C) ausgebildet ist, oder
- die elektrische Komponente als Induktivität (L) ausgebildet ist und bei der das Schaltmittel (SM) ein Tropfen eines Fluids oder einer Masse mit fluiden Eigenschaften ist und magnetische Eigenschaften aufweist.



Beschreibung

[0001] Es sind Bauelemente bekannt, die sich mit Schaltern in ihren elektrischen Eigenschaften verändern lassen. Dadurch ist es beispielsweise möglich, Komponenten an- oder abzuschalten. Nachteilig an diesen Bauelementen sind die dazu erforderlichen zusätzlichen Schalter, beispielsweise Dioden, die auf dem Bauelement integriert oder zusätzlich zum Bauelement auf einer gedruckten Schaltung vorgesehen werden müssen. Bekannt ist es auch, Bauelemente durch dauerhafte Einwirkung einer Steuergröße auf das Bauelement in ihren Eigenschaften zu verändern. Solche Steuergrößen können Ströme oder Spannungen sein, mit denen sich dann eine andere physikalische Eigenschaft über diese Steuergröße einstellen lässt.

[0002] Aus der DE 10208169 A1 ist beispielsweise ein SAW-Bauelement bekannt, welches eine magnetosensitive Schicht aufweist. Durch Einwirken eines Magnetfelds auf die magnetosensitive Schicht lässt sich das Bauelement in seiner Frequenz abstimmen. Nachteilig ist auch hier, dass sowohl zusätzliche Elemente wie insbesondere die magnetosensitive Schicht im Bauelement selbst oder Mittel zum Erzeugen des äußeren Magnetfelds vorzusehen sind.

[0003] Aus der US 5 394 003 A ist ein elektrisches Bauelement bekannt, welches eine Ladungstransportstrecke aufweist, die in den akustischen Pfad eines SAW Bauelements integriert ist.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Bauelement mit einer veränderbaren elektrischen Komponente anzugeben, deren elektrische Eigenschaften sich einfach und dauerhaft einstellen lassen.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Bauelement mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

[0006] Die Erfindung schlägt ein elektrisches Bauelement vor, welches eine elektrische Komponente mit einem beweglichen Schaltmittel aufweist. Das Schaltmittel vermag die Eigenschaft der elektrischen Komponente in Abhängigkeit von seiner Position relativ zur elektrischen Komponente zu verändern. Erfindungsgemäß ist das Schaltmittel so ausgebildet, dass es sich mit Hilfe einer Oberflächenwelle in seiner Position relativ zur elektrischen Komponente bewegen lässt.

[0007] Die Erfindung gibt also ein Bauelement an, das ein „mechanisches“ Schaltmittel aufweist, welches ebenfalls „mechanisch“ mit einer akustischen Oberflächenwelle belegt wird. Der Vorteil des mechanischen Schaltmittels ist, dass die Schaltzustände

de dauerhaft eingestellt werden können und das zur Aufrechterhaltung der Schaltzustände kein weiterer Aufwand und insbesondere keine weiteren Steuergrößen auf das Bauelement mehr einwirken müssen. Ein akustisch betreibbares Schaltmittel lässt sich miniaturisiert und mit geringem Aufwand herstellen.

[0008] Als Schaltmittel wird ein Tropfen eines Fluids oder einer Masse mit entsprechenden fluiden Eigenschaften vorgesehen. Nicht-flüssige Massen mit fluiden Eigenschaften sind z. B. einzelne oder Ansammlungen mehrerer feinteiliger Partikel, welche bei entsprechender Einwirkung einer akustischen Welle fließfähig sind. Das Schaltmittel kann auch eine Suspension umfassen, die innerhalb einer Flüssigkeit feste Partikel enthält, die bestimmte, auf die Funktion des Bauelements einwirkende und damit für die Funktion Schaltmittels erforderliche Eigenschaften ausweisen.

[0009] Das Schaltmittel ist elektrisch leitend ausgebildet. Dementsprechend umfasst das Schaltmittel dann ein Fluid mit elektrisch leitenden Eigenschaften. Das Fluid kann intrinsisch leitend sein. Die elektrische Leitfähigkeit des Fluids kann auch durch im Fluid enthaltene leitfähige Partikel induziert sein.

[0010] In einer Ausführungsform ist das Schaltmittel daher als Tropfen aus Quecksilber ausgebildet. Quecksilber hat den Vorteil, dass es eine gute elektrische Leitfähigkeit aufweist, die außerdem mit einer hohen Oberflächenspannung verbunden ist. Ein Tropfen aus Quecksilber lässt sich daher als kompakte Einheit bewegen, ohne dass eine Aufspaltung oder ein Verfließen des Tropfens zu befürchten ist.

[0011] Elektrisch leitende Schaltmittel können auch intrinsisch leitende Polymere umfassen. Elektrisch leitende feinteilige Partikel können auch als elektrisch leitende Schaltmittel eingesetzt werden. Geeignet sind beispielsweise kohlenstoffhaltige Pulver, insbesondere kohlenstoffhaltige Nanotubes. Insgesamt ist es für das Schaltmittel von Vorteil, wenn das Fluid eine hohe Oberflächenspannung aufweist, die ein sicheres Schalten mit dem Schaltmittel ermöglicht. Vorteilhaft ist es auch, wenn das Schaltmittel eine nur geringe Affinität zur Oberfläche des Bauelements aufweist, auf der es mittels der akustischen Oberflächenwelle bewegt wird. Auch dies garantiert eine innerhalb gewisser Grenzen vorgeschriebene Raumform des Schaltmittels und damit einen sicheren Schaltvorgang.

[0012] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Schaltmittel magnetische Eigenschaften und insbesondere eine hohe Permeabilität auf. Mit einem solchen Schaltmittel ist es möglich, die Induktivität einer elektrischen Komponente zu verändern. Schaltmittel mit magnetischen Eigenschaften können beispielsweise Suspensionen magnetischer

Partikel und beispielsweise Suspensionen von Ferritpartikeln sein.

[0013] Im Rahmen der Erfindung liegt es, einen elektroakustischen Wandler zur Erzeugung der akustischen Oberflächenwelle im oder auf dem Bauelement zu integrieren. Dazu weist das Substrat, das die elektrische Komponente trägt, zumindest einen Oberflächenbereich mit piezoelektrischen Eigenschaften auf. Auf diesem ist ein elektroakustischer Wandler angeordnet, beispielsweise ein Interdigitalwandler aus metallischen Elektrodenstrukturen.

[0014] Der elektroakustische Wandler vermag bei Anlegen eines HF-Signals eine akustischen Oberflächenwelle zu erzeugen, die sich entlang einer unter anderem durch den Wandler beeinflussten akustischen Spur ausbreitet. Im Rahmen der Erfindung liegt es, das Schaltmittel in der akustischen Spur und damit im Wirkungsbereich der akustischen Oberflächenwelle anzuordnen. Da die Transporteigenschaft einer akustischen Oberflächenwelle gerichtet ist und entgegen der Ausbreitungsrichtung der Oberflächenwelle gerichtet ist, ist in vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung ein weiterer elektroakustischer Wandler auf dem Oberflächenbereich mit piezoelektrischen Eigenschaften vorgesehen, der dem ersten elektroakustischen Wandler gegenüber liegt, sodass das Schaltmittel mit Hilfe der beiden Wandler in unterschiedliche Richtungen bewegt werden kann. Auf diese Weise gelingt es, einen ersten Schaltvorgang rückgängig zu machen bzw. beliebig oft zu wiederholen.

[0015] Das Schaltmittel kann eine beliebige Anzahl von zumindest zwei Schaltpositionen einnehmen, die entweder als feste Schaltpositionen definiert sind oder die sich stufenlos einstellen lassen.

[0016] Sämtliche Positionen, die von dem Schaltmittel zur Erzielung gewünschter Eigenschaften eingenommen werden können, definieren über ihre gedachten Verbindungslinien eine Schaltstrecke, über die das Schaltmittel bewegt wird. Vorteilhaft ist es, entlang dieser Schaltstrecke eine Führung vorzusehen, die die gewünschte Bewegung des Schaltmittels entlang der Schaltstrecke unterstützt bzw. die ein Verlassen der Schaltstrecke durch das Schaltmittel unterdrückt. Eine solche Führung kann beispielsweise durch einen linear ausgebildeten Steg realisiert sein, an dem entlang sich das Schaltmittel bewegen kann. Besonders vorteilhaft sind zwei zueinander parallele Stege als Führung, zwischen denen das Schaltmittel eingebettet ist. Möglich ist es auch, die Führung in Form einer Vertiefung in der Oberfläche des Substrats auszubilden. Eine weitere Möglichkeit der Führung besteht darin, die Oberflächeneigenschaften entlang der Schaltstrecke gegenüber der übrigen Oberfläche zu variieren bzw. die Oberfläche außerhalb der Schaltstrecke und z. B. nur im

Bereich der Führung gegenüber der Schaltstrecke oder gegenüber der gesamten anderen Oberfläche in ihren Eigenschaften zu variieren. Dazu ist es beispielsweise möglich, innerhalb der Schaltstrecke eine gegenüber der übrigen Oberfläche veränderte Benetzbarkeit mit dem Tropfen der fluiden Masse des Schaltmittels vorzusehen und insbesondere eine höhere Benetzbarkeit in der Schaltstrecke zu realisieren.

[0017] Eine weitere Verbesserung der Schaltstrecke gelingt mit je einem Anschlag für das Schaltmittel an beiden Enden der Schaltstrecke. Dieser Anschlag stoppt die weitere Bewegung des Schaltmittels und definiert so das Ende der Schaltstrecke. Vorteilhaft ist es, wenn die Position des Schaltmittels am Anschlag jeweils eine Schaltposition der elektrischen Komponente darstellt.

[0018] Eine Kombination von Anschlag und Führung wird durch eine geschlossene Röhre oder ein tunnelartiges Gebilde realisiert, die jeweils die Schaltstrecke darstellen und in die das Schaltmittel sicher und vorzugsweise unentrinnbar eingebettet ist. Dabei können insbesondere die Kapillarkräfte wirkungsvoll eingesetzt werden. Eine Röhre, die insbesondere eine dem Tropfen der fluiden Masse angepassten bzw. entsprechenden Durchmesser aufweist, hat außerdem den Vorteil, dass sich das Bauelement in allen Lagen schalten lässt und unabhängig von einer Ausrichtung der Oberfläche vertikal zur Richtung des Gravitationsfeldes der Erde ist. Eine geschlossene Röhre ermöglicht auch einen Betrieb des Bauelements im schwerelosen Weltraum.

[0019] Die Röhre oder das tunnelartige Gebilde können an ihren Enden auch offen sein, da bei geeigneten kleinen Durchmessern die Kapillarkräfte ein Herauslaufen des Schaltmittels verhindern können.

[0020] Während das Schaltmittel elektrisch leitende oder magnetische Eigenschaften aufweist, umfasst die elektrische Komponente, deren Eigenschaften mit dem Schaltmittel veränderbar sind, zumindest eine elektrische Leitung. In einer Ausführung umfasst die elektrische Komponente eine Koplanarleitung, zu der das Schaltmittel einen Kurzschluss bildet. Mit Hilfe des Kurzschlusses gelingt die Herstellung einer elektrischen Verbindung zwischen den beiden Leiterbahnen und damit eines elektrischen Schaltvorgangs.

[0021] Die Koplanarleitung kann jedoch auch mit einem hochfrequenten Signal beschickt werden, sodass der elektrische Kurzschluss zu einer Reflexion des Signals führt, deren Phasenlage von der Position des Kurzschlusses abhängig ist. Wird die Schaltstrecke dabei parallel zur Koplanarleitung vorgesehen, so kann der Kurzschluss stufenlos innerhalb der Schaltstrecke verschoben werden, sodass eine stu-

fenlose Anpassung der Phasenlage des reflektierten hochfrequenten Signals möglich ist.

[0022] Auf diese Weise gelingt auch eine stufenlose Variation der Resonanzfrequenz des durch die Kopplanarleitung gebildeten Resonators. Zur Herstellung eines Kurzschlusses ist es nicht erforderlich, dass das Schaltmittel in ohmschen Kontakt mit den entsprechenden Leiterbahnen tritt. Möglich ist es auch, den Kurzschluss auf kapazitive Weise herzustellen, ohne dass dazu das Schaltmittel in Kontakt mit den Leiterbahnen treten muss.

[0023] Über eine kapazitive Kopplung zweier Leiterbahnen ohne ohmschen Kontakt kann die Kapazität eines Kondensators oder zweier kapazitiv wirkender Metallisierungen variiert werden. Die variierebare elektrische Eigenschaft ist dann die Kapazität der als Kondensator bzw. allgemein als Kapazität ausgebildeten elektrischen Komponente.

[0024] Eine Veränderung der Kapazität der elektrischen Komponente gelingt auch mit einem rein dielektrischen Schaltmittel, wenn das Schaltmittel entlang der Schaltstrecke in den Bereich zweier kapazitiv wirkender Metallisierungen gebracht wird oder aus diesem Bereich heraus bewegt wird. Der Wert der Kapazität ändert sich dabei in Abhängigkeit von der dielektrischen Umgebung, die durch die dielektrische Konstante des Dielektrikums bzw. des Schaltmittels bestimmt ist.

[0025] Die elektrische Komponente kann in einer Ausführungsform der Erfindung auch als Induktivität ausgebildet sein. Beispielsweise ist es möglich, mit einer elektrischen Leiterbahn zumindest eine Windung einer Spule zu realisieren oder gar durch spiralförmige Anordnung eine Spule mit mehreren Windungen zu erzeugen. Eine Schaltstrecke, die eine Schaltposition des Schaltmittels zentral zu der Spule bzw. deren Windungen und eine weitere Schaltposition außerhalb des dieses zentralen Bereichs aufweist, ermöglicht eine Veränderung des Induktivitätswerts der als Induktivität ausgebildeten elektrischen Komponente, wenn das Schaltmittel magnetische Eigenschaften hat. In Abhängigkeit von der genauen Position des Schaltmittels relativ zur Komponente lässt sich auch hier die Induktivität stufenlos variieren bzw. einstellen.

[0026] In einer Ausführungsform der Erfindung ist die elektrische Komponente als interdigitale Struktur ausgebildet, bei der mit einem unterschiedlichen Potenzial verbundene Metallisierungsstreifen mehrfach alternierend nebeneinander angeordnet sind. Bei einer solchen interdigitalen Struktur hat das Schaltmittel bei gegebener Größe einen maximalen Einfluss auf die elektrische Komponente, hier auf die interdigitale Struktur, da mit dem Schaltmittel so gleichzeitig mehrere benachbarte Metallisierungsstreifen der

interdigitalen Struktur überdeckt werden können. Der Einfluss auf die Höhe der Kapazität der interdigitalen Struktur ist so maximal. Dabei ist es möglich, die interdigitale Struktur so auszubilden, dass die interdigitalen Überlappungen entlang der Schaltstrecke abnehmen. Auf diese Weise gelingt es, über die Position des Schaltmittels auf der Schaltstrecke in Richtung ab- oder zunehmender Überlappung die Höhe der Kapazität einfacher einzustellen.

[0027] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung weist das Bauelement nicht nur die eine variierebare elektrische Komponente auf, sondern umfasst weitere Komponenten, die mit der variierebaren Komponente zusammen ein Netzwerk oder eine Schaltungsanordnung ausbilden. Über die Variation der Eigenschaften der variierebaren Komponente können so die Eigenschaften der gesamten Schaltungsanordnung variiert bzw. zwischen Schaltpositionen umgeschaltet werden.

[0028] Eine vorteilhafte Anwendung findet das erfindungsgemäße Bauelement bei allen hochfrequenten Anwendungen, da in diesen Fällen keine separate Generierung des hochfrequenten Signals zur Erzeugung der akustischen Oberflächenwelle erforderlich ist. Eine besonders vorteilhafte Anwendung findet die Erfindung in einem Anpassungsnetzwerk für mit hochfrequenten Signalen arbeitende Bauelemente und insbesondere in mit akustischen Wellen arbeitenden Filtern. Diese Bauelemente haben den Vorteil, dass sie für sich bereits auf einem piezoelektrischen Substrat ausgebildet sind, auf dem sich in einfacher Weise dann die elektrische Komponente, die zum Schalten erforderlichen elektroakustischen Wandler sowie das Schaltmittel anordnen bzw. realisieren lassen.

[0029] Eine weitere Anwendung findet die Erfindung zur Frequenzanpassung von Filtern, die beispielsweise aus LC-Gliedern aufgebaut sind. Dabei ist es möglich, eines oder mehrere dieser LC-Glieder mit Hilfe des erfindungsgemäßen Schaltmittels in seinen Eigenschaften zu variieren, die letztlich dann auch das Passband des mit den LC-Gliedern realisierten Bandpassfilters verschieben können. Mit der Erfindung ist es möglich, die Eigenschaften elektroakustischer Wandler, die bereits Bestandteil von mit akustischen Wellen arbeitenden Filtern sind, durch kapazitive oder induktive Wechselwirkung zu verändern und dadurch direkt in die Filtereigenschaften eines gegebenen Filters einzugreifen.

[0030] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen Figuren näher erläutert. Die Figuren dienen allein der Veranschaulichung der Erfindung und sind daher nur schematisch und nicht maßstabsgetreu ausgeführt. Den Figuren lassen sich weder absolute noch relative Maßangaben entnehmen.

[0031] Fig. 1 zeigt eine als Schalter ausgeführte elektrische Komponente mit Schaltmittel,

[0032] Fig. 2 zeigt eine elektrische Komponente mit drei unterschiedlichen erfindungsgemäßen Schaltpositionen,

[0033] Fig. 3 zeigt eine stufenlos variierbare elektrische Komponente,

[0034] Fig. 4 zeigt ein Verfahren zum Bewegen des Schaltmittels,

[0035] Fig. 5 zeigt die Anordnung im schematischen Querschnitt,

[0036] Fig. 6 zeigt eine als Kapazität ausgebildete variierbare elektrische Komponente,

[0037] Fig. 7 zeigt eine als Induktivität ausgebildete variierbare Komponente,

[0038] Fig. 8 zeigt ein Bauelement mit Führung für das Schaltmittel im schematischen Querschnitt,

[0039] Fig. 9 zeigt eine weitere Führung für das Schaltmittel im schematischen Querschnitt,

[0040] Fig. 10 zeigt eine beispielhafte Schaltung mit einer variierbaren elektrischen Komponente im Schaltbild.

[0041] Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform der Erfindung, bei der die elektrische Komponente als Schalter ausgebildet ist. Die Komponente besteht aus einer ersten Leiterbahn LB1 und einer zweiten Leiterbahn LB2, die jeweils mit einem ersten und einem zweiten Anschluss T1, T2 verbunden sind. Die Leiterbahnen LB weisen zumindest einen Abschnitt auf, in dem sie vorzugsweise parallel oder zumindest eng benachbart verlaufen. Die Leiterbahnen LB sind auf einem elektrisch isolierenden Substrat aufgebracht. Auf dem Substrat ist weiterhin ein Schaltmittel SM in Form eines elektrisch leitenden Fluids, beispielsweise in Form eines Quecksilbertropfens aufgebracht.

[0042] Mit Hilfe einer Oberflächenwelle OFW1, die quer zu den Leiterbahnen LB1, LB2 erzeugt werden kann, kann das Schaltmittel SM aus seiner dargestellten ersten Schaltposition in Richtung des Pfeils 1 in eine zweite Schaltposition SP2 bewegt werden. In dieser Schaltposition SP2 werden die beiden Leiterbahnen LB durch das elektrisch leitende Schaltmittel kurzgeschlossen und so eine elektrische Verbindung zwischen den Anschlüssen T1 und T2 hergestellt.

[0043] Ein Schaltvorgang in die andere Richtung, mit dem das Schaltmittel SM in die erste Schaltposition zurückbefördert wird, kann beispielsweise mit einer

Oberflächenwelle OFW2 mit entgegengesetzter Ausbreitungsrichtung erfolgen, die in der derselben akustischen Spur verläuft, und von einem entsprechenden weiteren elektroakustischen Wandler auf der relativ zum Schaltmittel gegenüber liegenden Seite erzeugt wird.

[0044] Fig. 2 zeigt einen weiteren möglichen Schalter, bei dem ein Schaltmittel SM quer zu drei zumindest abschnittsweise parallel verlaufenden Leiterbahnen LB1, LB2, LB3 mit Hilfe einer in Richtung des Pfeils 1 laufenden Oberflächenwelle OFW1 (in der Figur nur „hinter“ dem Schaltmittel SM dargestellt) bewegt werden kann. Dabei kann das Schaltmittel drei unterschiedliche Schaltpositionen einnehmen, wobei in der dargestellten ersten Schaltposition die Leiterbahnen LB2 und LB3 und damit die Anschlüsse T2 und T3 miteinander verbunden werden. In der zweiten Schaltposition SP2 werden die Leiterbahnen LB1 und LB2, respektive deren Anschlüsse T1, T2 kurzgeschlossen. In der dritten Schaltposition ist das Schaltmittel ohne Kontakt zu einer der Leiterbahnen, so dass kein Kurzschluss von Anschlüssen, respektive der dazugehörigen Leiterbahnen erfolgt.

[0045] Fig. 3 zeigt eine elektrische Komponente, die mit Hilfe eines erfindungsgemäßen Schaltmittels SM in einer Eigenschaft stufenlos abstimmbar ist. Dargestellt ist eine Koplantarleitung aus drei parallel verlaufenden Leiterbahnen, von denen beispielsweise die mittlere mit dem Anschluss T2 verbundene Leiterbahn mit einem hochfrequenten Wechselsignal verbunden wird, während an die beiden Anschlüsse T1 und T3, respektive die damit verbundenen Leiterbahnen, jeweils Massepotenzial angelegt wird. In der Figur ist das Schaltmittel SM in einer ersten Schaltposition dargestellt, bei der das Schaltmittel alle drei Leiterbahnen überdeckt und somit einen Kurzschluss für die Koplantar-Leitung darstellt. Der Kurzschluss führt dazu, dass das z. B. am Anschluss T2 angelegte Hochfrequenzsignal, in der Figur dargestellt durch den Pfeil HFS2, an dem Schaltmittel SM reflektiert ist. Mit Hilfe einer sich in Richtung des Pfeils 1 ausbreitenden Oberflächenwelle wird das Schaltmittel in die zweite Schaltposition SP2 bewegt, die ebenfalls einen Kurzschluss für die Koplantar-Leitung darstellt, der das Hochfrequenzsignal HFS1 entsprechend reflektiert. Gegenüber der ersten Schaltposition ergibt sich in der zweiten Schaltposition eine wesentlich verlängerte Signalleitung, die zu einem Phasenunterschied zwischen den beiden Signalen HFS1 und HFS2 führt. Da die Bewegung des Schaltmittels parallel zur Koplantar-Leitung stufenlos und parallel zu dieser erfolgt, kann auch der Phasenunterschied zwischen den beiden Signalen HFS1 und HFS2 durch Bewegung des Schaltmittels SM stufenlos variiert werden.

[0046] In der Figur nicht dargestellt ist eine zweite Oberflächenwelle, die bei Bedarf für eine Rückstel-

lung des Schaltmittels sorgt, indem sie in einer dem Pfeil **1** entgegengesetzten Richtung parallel zur Koplanarleitung in die gleiche akustische Spur eingestrahlt wird.

[0047] In **Fig. 4** ist eine bidirektionale Schaltstrecke für ein erfindungsgemäßes Bauelement dargestellt. Die Schaltstrecke umfasst zwei elektroakustische Wandler IDT1 und IDT2, die jeweils zwei Anschlüsse aufweisen, auf einem piezoelektrischen Substrat angeordnet und zur Erzeugung einer akustischen Oberflächenwelle geeignet sind. Die beiden elektroakustischen Wandler sind an den entgegengesetzten Enden einer akustischen Spur AS angeordnet, die gleichzeitig die Schaltstrecke für das Schaltmittel SM darstellt. Durch Anlegen eines hochfrequenten Signals an den elektroakustischen Wandler IDT2 wird eine akustische Oberflächenwelle erzeugt, die in Richtung des Pfeils **2** in die akustische Spur AS eingestrahlt wird. Dabei wird das Schaltmittel SM in der Richtung **1** entlang der akustischen Spur bewegt, beispielsweise bis die Schaltposition SP2 erreicht ist. Ist diese Schaltposition erreicht, kann der elektroakustische Wandler abgeschaltet werden. Zum Umschalten in die Schaltposition **1**, die der dargestellten Position des Schaltmittels SM entspricht, wird an den zweiten elektroakustischen Wandler IDT1 ein hochfrequentes Signal angelegt und das Schaltmittel in Richtung des Pfeils **2** entlang der akustischen Spur AS zurückbewegt. Die zurückgelegte Wegstrecke ist dabei proportional zur Einstrahlungsdauer der Oberflächenwelle und ist darüber hinaus abhängig von deren Energie und Wellenlänge. Durch Variation der Einstrahlungsdauer kann dementsprechend die Schaltposition stufenlos festgelegt werden.

[0048] In der **Fig. 4** nicht dargestellt sind Teile der elektrischen Komponente, die innerhalb, parallel zur oder quer zur akustischen Spur AS angeordnet sein können.

[0049] **Fig. 5** zeigt die Anordnung von **Fig. 4** im schematischen Querschnitt. Die elektroakustischen Wandler sind auf einem Substrat SUB in Form von metallischen Streifen aufgebracht. Das Substrat umfasst zumindest im Bereich der elektroakustischen Wandler ein piezoelektrisches Material, beispielsweise eine dünne Schicht aus Zinkoxid oder Aluminiumnitrid, oder besteht vollständig aus einem piezoelektrischen Kristall, beispielsweise Quarz, Lithiumniobat oder Lithiumtantalat. Das Schaltmittel SM ist auf der Oberfläche des Substrats SUB in Form eines Tropfens eines Fluids, beispielsweise als Quecksilbertropfen, aufgebracht. Das Schaltmittel SM befindet sich in der Schaltposition **1**, während eine zweite Schaltposition SP2 durch Bewegen des Schaltmittels in Richtung des Pfeils **1** erreicht werden kann und in der Figur durch eine gestrichelte Linie angedeutet ist. Die Bewegung wird mit einer im zweiten elektroakustischen Wandler IDT2 erzeugten Oberflächenwelle er-

reicht, die sich entgegen dem Pfeil **1** in der akustischen Spur ausbreitet. Nicht dargestellt sind in den **Fig. 4** und **Fig. 5** mögliche Führungen für das Schaltmittel, die beispielsweise die akustische Spur AS begrenzen und beispielsweise in Form einer erhabenen Leiterbahn, eines dielektrischen Stegs oder einer die akustische Spur umfassenden Rille mit vorzugsweise rundem Querschnitt ausgebildet ist.

[0050] **Fig. 6** zeigt eine als interdigitale Struktur ausgebildete elektrische Komponente, die eine Kapazität zwischen den beiden Anschlüssen T1 und T2 realisiert. Die Gesamtkapazität der elektrischen Komponente ist proportional zur Gesamtlänge der Überlappungen der interdigitalen Elektrodenfinger. Die Komponente ist so ausgebildet, dass die Überlappungen in Richtung des Pfeils **1** abnehmen, indem zumindest die Elektrodenfinger einer z. B. mit dem Anschluss T1 verbundenen Halbschiene kontinuierlich in der Länge abnehmen. Über dieser elektrischen Komponente wird nun ein Schaltmittel von einer Schaltposition SP1 in Richtung des Pfeils **1** bewegt, beispielsweise bis zu einer Schaltposition SP2. In dieser Ausführungsform ist das Schaltmittel z. B. als Tropfen einer dielektrischen Flüssigkeit ausgebildet, wobei sich durch die über das Schaltmittel veränderte dielektrische Umgebung der als Kapazität ausgebildeten elektrischen Komponente verändert. Die Veränderung der Kapazität durch die Einwirkung des Schaltmittels ist dabei von der Schaltposition entlang der Achse **1** abhängig, da sich entlang dieser Richtung die Überlappungen ändern. In der Schaltposition SP1 hat das Dielektrikum den größten Einfluss auf die Kapazität, in der Schaltposition SP2 dagegen den geringsten.

[0051] In einer Variation dieser Ausführungsform ist die als interdigitale Kapazität ausgebildete elektrische Komponente mit einer elektrisch isolierenden Schicht abgedeckt. Auf diese Weise kann der Kapazitätswert der elektrischen Komponente auch mit einem elektrischen leitenden Schaltmittel ausgeübt werden, das in diesem Fall keinen Kurzschluss zwischen den beiden Anschlüssen T1 und T2 bzw. der dazwischen angeordneten Elektrodenstreifen erzeugt.

[0052] **Fig. 7** zeigt eine als Induktivität IND ausgebildete elektrische Komponente, die hier in Form eines spiralförmig angeordneten Leiters auf der Oberfläche eines Substrats realisiert ist. Eine Veränderung des Induktivitätswerts dieser Induktivität IND gelingt mit Hilfe eines Schaltmittels, das von der dargestellten Schaltposition SP2 zentral über der elektrischen Komponente in Richtung eines Pfeils **1** eine Schaltposition SP1 bewegt wird. In der dargestellten Schaltposition SP1 hat das Schaltmittel einen maximalen Einfluss auf die Induktivität, der durch die Permeabilität des Schaltmittels erhöht werden kann.

[0053] Fig. 8 zeigt im schematischen Querschnitt eine mögliche Ausbildung einer Führung beiderseits einer Schaltstrecke für das Schaltmittel SM. Die Führung ist in Form von zwei Stegen F1, F2 auf einem Substrat SUB realisiert. Die Stege F verlaufen parallel und begrenzen die Schaltstrecke. Gleichzeitig begrenzen sie den Oberflächenbereich auf dem Substrat SUB, der von dem Tropfen des Fluids, den das Schaltmittel SM darstellt, benetzt werden kann.

[0054] Fig. 9 zeigt eine weitere Ausgestaltung einer Führung F für das Schaltmittel SM, die hier als Rinne mit vorzugsweise rundem Querschnitt ausgebildet ist. Auch in dieser Ausführungsform wird der Tropfen des Schaltmittels SM vollständig innerhalb der Führung F gehalten und sicher entlang der Schaltstrecke geführt.

[0055] Fig. 10 zeigt ein weiter ausgestaltetes erfindungsgemäßes Bauelement, welches eine elektrische Komponente mit einer mittels eines Schaltmittels variierbaren elektrischen Eigenschaft umfasst. Dargestellt ist beispielsweise eine Filterschaltung aus LC-Gliedern, in der zumindest eines der L- oder C-Glieder als variierbare elektrische Komponente realisiert ist. Mit der Filterschaltung kann ein Bandpassfilter für Hochfrequenzsignale realisiert werden, dessen Passband mit Hilfe der variierbaren elektrischen Komponente (hier der Induktivität L1), verschoben bzw. beeinflusst werden kann. Eine derartige Filterschaltung kann beispielsweise aus einfachen Metallisierungen innerhalb eines Mehrlagenssubstrats realisiert werden. Umfasst eine Schicht des Mehrlagenssubstrats eine piezoelektrische Schicht, können darauf die elektroakustischen Wandler zur Bewegung des Schaltmittels SM realisiert werden.

[0056] Erfindungsgemäße elektrische Bauelemente können jedoch auch andere einfachere oder komplexere Schaltungen umfassen, und die dann entweder stufenlos in einer Eigenschaft variiert oder zwischen mehreren definierten Schaltposition hin und her geschaltet werden können.

[0057] Mit Hilfe der Erfindung gelingt es, beliebige elektrische Komponenten durch Bewegung eines geeigneten Schaltmittels relativ zu der Komponente in einer wichtigen Eigenschaft zu verändern und damit einen Schalter oder Regler für diese Eigenschaft zu realisieren.

Patentansprüche

1. Bauelement

– mit einer elektrischen Komponente,
– mit einem beweglichen Schaltmittel (SM), das die Eigenschaft der elektrischen Komponente in Abhängigkeit von seiner Position (SP) relativ zur elektrischen Komponente verändert

– wobei das Schaltmittel (SM) mit Hilfe einer akustischen Oberflächenwelle (OFW) in seiner Position relativ zur elektrischen Komponente veränderbar ist
– bei dem eine Schaltstrecke vorgesehen ist, entlang deren sich das Schaltmittel bewegen kann

– bei dem das Schaltmittel (SM) elektrisch leitend ist und als ein Tropfen eines Fluids oder einer Masse mit fluiden Eigenschaften ausgebildet ist

– wobei

– entweder die elektrische Komponente für HF Signale ausgelegt ist, das Schaltmittel (SM) in einer Position der Schaltstrecke für eine koplanare Leitung (LB), die in der elektrischen Komponente ausgebildet ist, einen Kurzschluss bildet, oder

– die elektrische Komponente als Kapazität (C) ausgebildet ist, oder

– die elektrische Komponente als Induktivität (L) ausgebildet ist und bei der das Schaltmittel (SM) ein Tropfen eines Fluids oder einer Masse mit fluiden Eigenschaften ist und magnetische Eigenschaften aufweist.

2. Bauelement nach Anspruch 1,

– bei dem die elektrische Komponente als Streifenleitungsresonator ausgebildet ist.

3. Bauelement nach Anspruch 1, bei dem das Schaltmittel (SM) in einer Position der Schaltstrecke für eine koplanare Leitung (LB), die in der elektrischen Komponente ausgebildet ist, einen Kurzschluss bildet und bei dem die Schaltstrecke über der und parallel zur koplanaren Leitung (LB) so angeordnet ist, dass sich bei Bewegung des Schaltmittels (SM) der Kurzschluss stufenlos über der koplanaren Leitung verschieben lässt.

4. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das Schaltmittel (SM) ein Tropfen aus Quecksilber ist.

5. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das Schaltmittel (SM) eine Suspension ist, die elektrisch leitende Partikel in einer dielektrischen Flüssigkeit enthält.

6. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, – mit einem Substrat (SUB), das die elektrische Komponente trägt,

– wobei das Substrat zumindest einen Oberflächenbereich mit piezoelektrischen Eigenschaften aufweist,

– bei dem auf dem genannten Oberflächenbereich ein elektroakustischer Wandler (IDT) angeordnet ist.

7. Bauelement nach Anspruch 6, bei dem ein weiterer elektroakustischer Wandler (IDT2) auf dem genannten Oberflächenbereich so angeordnet ist, dass das Schaltmittel (SM) in der akustischen Spur der beiden elektroakustischen Wandler (IDT1, IDT2) liegt

und von den beiden in unterschiedliche Richtungen (1, 2) bewegt werden kann.

8. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem entlang der Schaltstrecke eine Führung (F1, F2) vorgesehen ist, entlang der sich das Schaltmittel (SM) bewegen kann.

9. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
– bei dem an den beiden Enden der Schaltstrecke je ein die weitere Bewegung des Schaltmittels stoppen-der Anschlag vorgesehen ist,
– wobei die jeweilige Position des Schaltmittels am Anschlag eine von zwei Schaltpositionen (SP1, SP2) der elektrischen Komponente darstellt.

10. Bauelement nach Anspruch 8 oder 9, bei dem die Schaltstrecke als geschlossene Röhre ausgebildet ist.

11. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, umfassend weitere Komponenten (L, C), die zusammen ein Netzwerk oder eine Schaltungsanordnung bilden, die mit der in den Eigenschaften veränderbaren elektrischen Komponente verschaltet ist.

12. Verwendung des Bauelements nach einem der Ansprüche 1 bis 11 als Schalter oder abstimmbares Element für den Mobilfunk.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

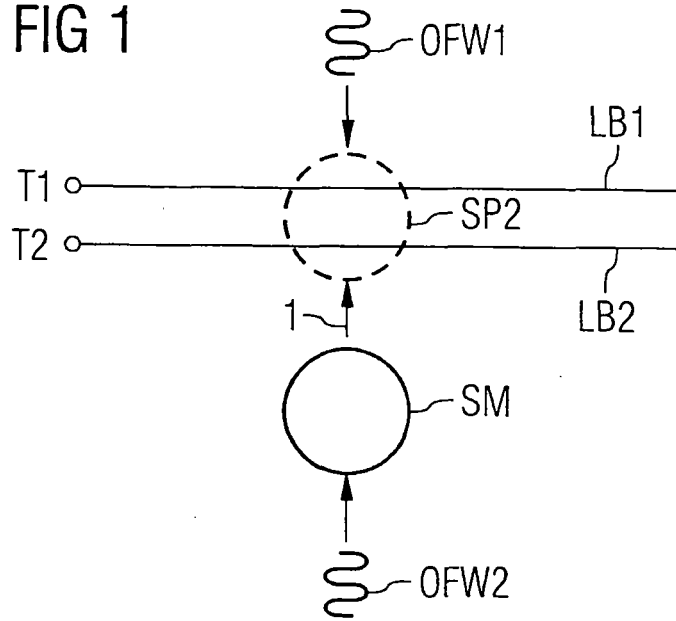


FIG 2

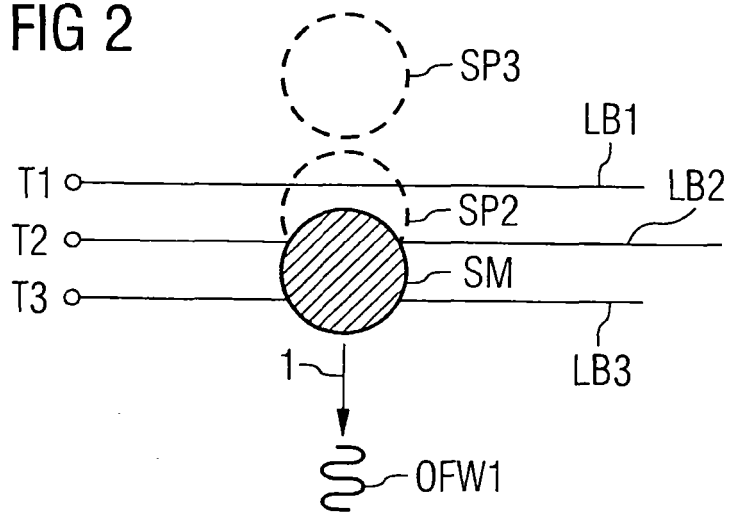


FIG 3

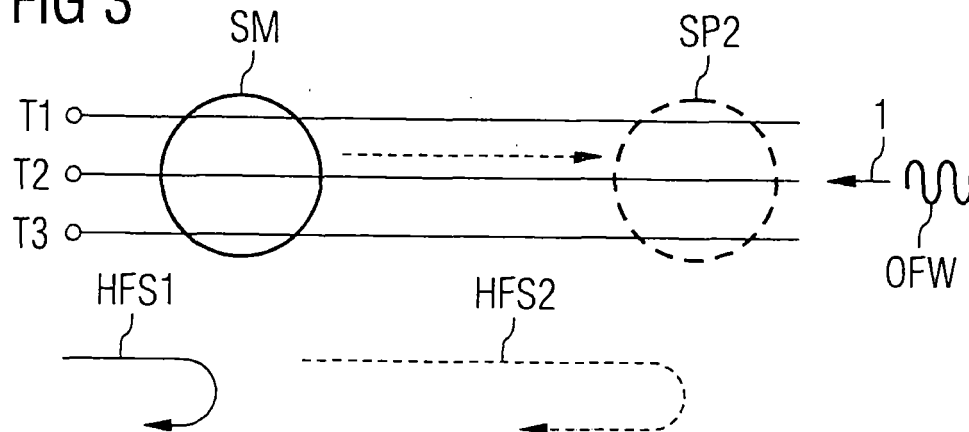


FIG 4

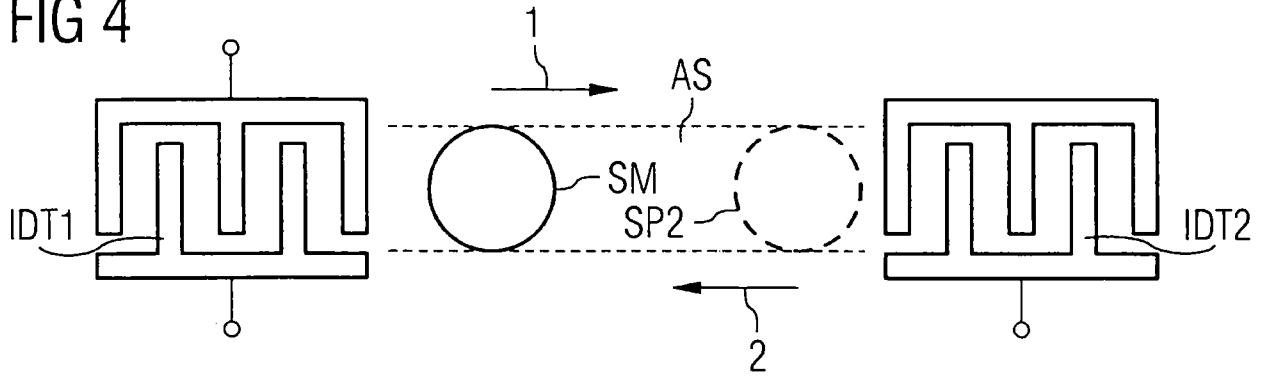


FIG 5

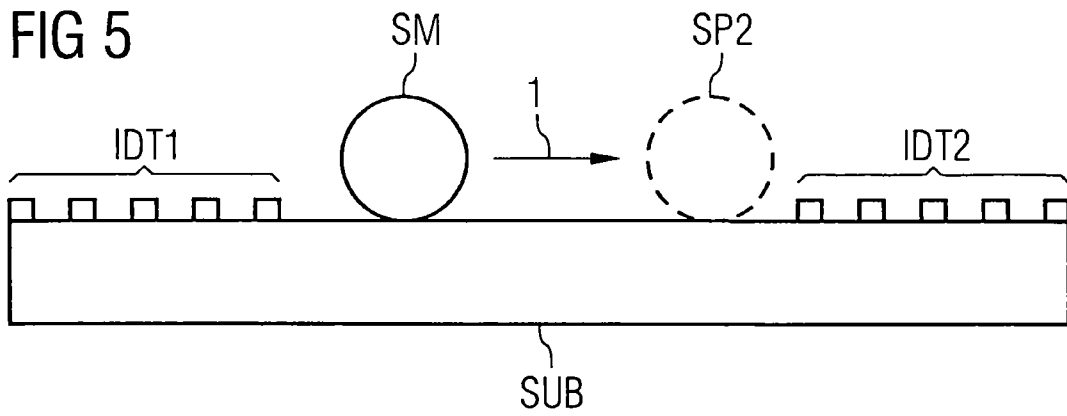


FIG 6

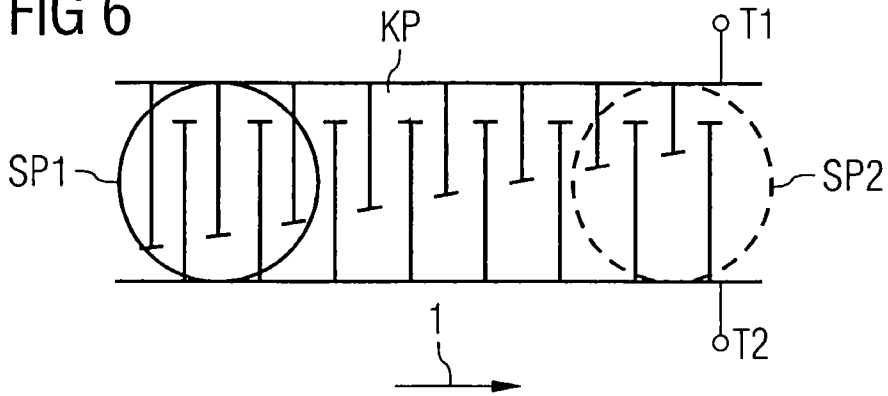


FIG 7

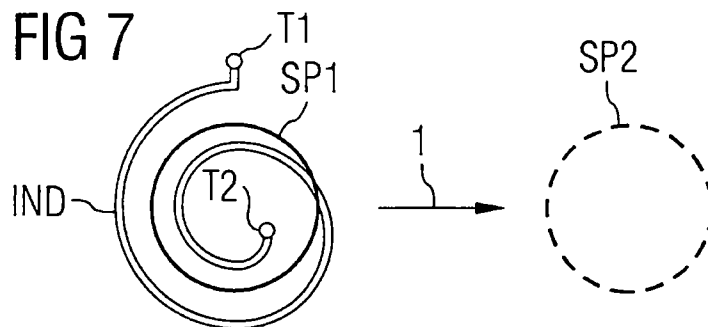


FIG 8

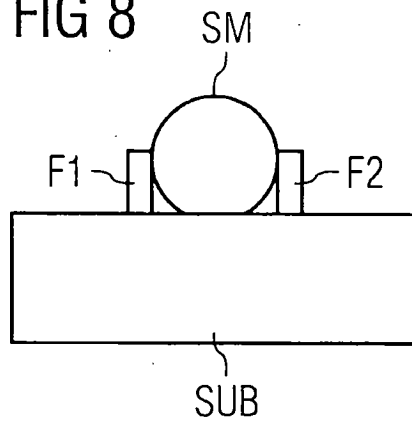


FIG 9

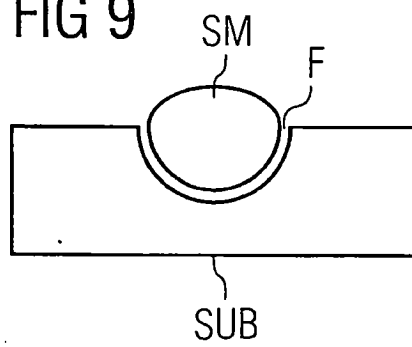


FIG 10

