

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. Dezember 2008 (04.12.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2008/145477 A1**

(51) **Internationale Patentklassifikation:**  
*HOIG 5/16 (2006 01)*

(21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2008/055444

(22) **Internationales Anmeldedatum:**  
5 Mai 2008 (05 05 2008)

(25) **Einreichungssprache:** Deutsch

(26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch

(30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2007 024 901 4 29 Mai 2007 (29 05 2007) DE

(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE], Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE)

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** MATZ, Richard [DE/DE], Trebmter Str 5, 83052 Bruckmühl (DE)

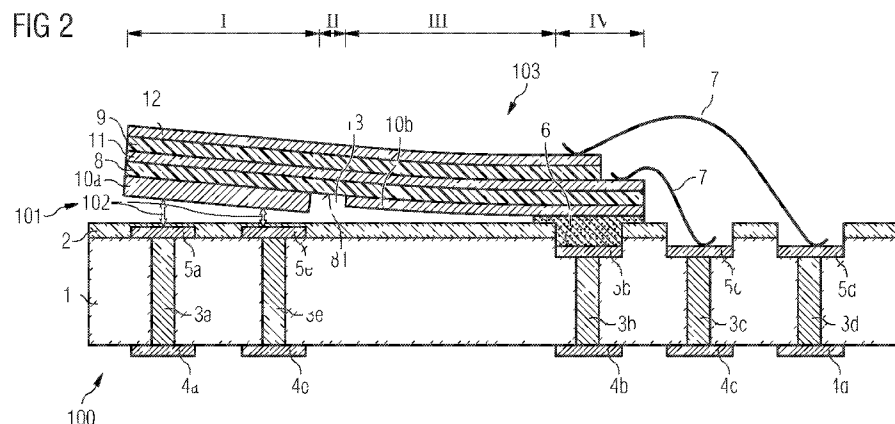
(74) **Gemeinsamer Vertreter:** SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, Postfach 22 16 34, 80506 München (DE)

(81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** CAPACITOR STRUCTURE WITH VARIABLE CAPACITANCE AND USE OF THE CAPACITOR STRUCTURE

(54) **Bezeichnung:** KONDENSATORSTRUKTUR MIT VERÄNDERBARER KAPAZITÄT UND VERWENDUNG DER KONDENSATORSTRUKTUR



(57) **Abstract:** The invention relates to a capacitor structure (1) with a variable capacitance, having at least one capacitor (101) with at least one capacitor electrode (5a, 5e), at least one opposing capacitor electrode (10a) which is arranged at a variable capacitor electrode separation (102) from the capacitor electrode (5a, 5e), and at least one actuator (103) for varying the capacitor electrode separation (102), having at least one actuator electrode (10b) for electrical actuation of the actuator by means of which the capacitor electrode separation is varied. The capacitor structure is characterized in that the actuator electrode and one of the capacitor electrodes of the capacitor are arranged alongside one another on a common mount (8). The actuator electrode and the capacitor electrode which is arranged alongside the actuator electrode are advantageously electrically isolated from one another. The actuation circuit and the function circuit are therefore decoupled. The actuator is advantageously a piezoceramic bending transducer. The capacitor structure is used, for example, in a voltage controlled oscillator (VCO). The capacitor structure is used in particular for telecommunications and mobile radio technology. The capacitor structure provides a basic module for the concept of "Software defined radio" (SDR).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Kondensatorstruktur (1) mit veränderbarer Kapazität, aufweisend mindestens einen Kondensator (101) mit mindestens einer Kondensatorelektrode (5a, 5e), mindestens einer gegenüber der Kondensatorelektrode (5a, 5e) in einem veränderbaren Kondensatorelektroden- Abstand (102)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/145477 A1



SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,  
VN, ZA, ZM, ZW

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

---

zur Kondensatorelektrode angeordneten Kondensatorgegenelektrode (10a) und mindestens einem Aktor (103) zum Veränderung des Kondensatorelektroden-Abstandes (102), aufweisend, mindestens eine Aktorelektrode (10b) zum elektrischen Ansteuern des Aktors, durch das die Änderung des Kondensatorelektroden-Abstandes bewirkt wird. Die Kondensatorstruktur ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aktorelektrode und eine der Kondensatorelektroden des Kondensators an einem gemeinsamen Träger (8) nebeneinander angeordnet sind. Vorteilhaft sind die Aktorelektrode und die neben der Aktorelektrode angeordnete Kondensatorelektrode elektrisch voneinander isoliert. Dadurch sind Ansteuerschaltkreis und Funktionsschaltkreis entkoppelt. Vorteilhaft ist der Aktor ein piezokeramischer Biegewandler. Eingesetzt wird die Kondensatorstruktur beispielsweise in einem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO). Insbesondere in der Nachrichtentechnik- bzw. Mobilfunktechnik wird die Kondensatorstruktur verwendet. Mit dem Kondensatorstruktur wird ein Grundbaustein des Konzepts "Software Defined Radio" (SDR) bereitgestellt.

Beschreibung

**Kondensatorstruktur mit veränderbarer Kapazität und Verwendung der Kondensatorstruktur**

5

Die Erfindung betrifft eine Kondensatorstruktur mit veränderbarer Kapazität, aufweisend mindestens einen Kondensator mit mindestens einer Kondensatorelektrode, mindestens einer gegenüber der Kondensatorelektrode in einem veränderbaren Kondensatorelektroden-Abstand zur Kondensatorelektrode angeordneten Kondensatorgegenelektrode und mindestens einem Aktor zur Veränderung des Kondensatorelektroden-Abstandes, aufweisend mindestens eine Aktorelektrode zum elektrischen Ansteuern des Aktors, durch das die Änderung des Kondensatorelektrode-Abstandes bewirkt wird. Daneben wird eine Verwendung der Kondensatorstruktur angegeben.

Eine Kondensatorstruktur mit veränderbarer Kapazität (durchstimbare Kapazität) mit hoher Güte wird beispielsweise für eine spannungsgesteuerte Oszillatorschaltung (Voltage Controlled Oscillator, VCO) benötigt. Eine derartige Schaltung wird als Generator von Referenzfrequenzen und zum Mischen von Kanalfrequenzen und Trägerfrequenzen in der Nachrichtentechnik eingesetzt. Für eine möglichst hohe Frequenzstabilität sind verlustarme Kondensatoren mit hoher Güte erforderlich, die aber gleichzeitig weit abstimmbare sein sollen. Neben der genannten Anwendung werden durchstimbare Kapazitäten auch für abstimmbare Filter in der Hochfrequenz- und Mikrowellentechnologie eingesetzt. Ein derartiges Frequenzfilter ist beispielsweise ein Bandpassfilter. Das Bandpassfilter ist innerhalb eines bestimmten Frequenzbandes durchlässig für ein Hochfrequenzsignal (Durchlassbereich). Das bedeutet, dass ein Dämpfungsmaß für ein Hochfrequenzsignal innerhalb dieses Frequenzbandes niedrig ist.

35

Aus der WO 2005/059932 A1 ist eine Kondensatorstruktur der eingangs genannten Art bekannt. Der Aktor ist beispielsweise ein piezokeramischer Biegewandler. Der Biegewandler kann als

sogenannter Bimorph ausgestaltet sein. Bei einem derartigen Biegewandler ist ein Piezoelement, bestehend aus einer piezoelektrisch aktiven Keramikschiicht und beidseitig angebrachten Elektrodenschichten (Aktorelektroden), mit einer  
5 piezoelektrisch inaktiven Schicht fest verbunden. Durch elektrische Ansteuerung der Elektrodenschichten des Piezoelements des Biegewandlers kommt es zur Auslenkung der piezoelektrisch aktiven Keramikschiicht. Die piezoelektrisch inaktive Schicht wird dagegen durch die Ansteuerung der  
10 Elektrodenschichten des Piezoelements nicht ausgelenkt. Auf Grund der festen Verbindung zwischen den Schichten kommt es zu einer Verbiegung des Biegewandlers.

Eine der Aktorelektroden des Piezoelements fungiert gleichzeitig  
15 als Kondensatorelektrode. In Folge der Verbiegung des Biegewandlers ändert sich der Kondensatorelektroden-Abstand zwischen der Kondensatorelektrode und der Kondensatorgegenelektrode. Die Kapazität des Kondensators ändert sich. Ein derartiger Kondensator wird auch als Varactor  
20 bezeichnet.

Der über den Kondensator mit veränderbarer Kapazität steuerbare Strom ist von der Funktionsweise des Aktors abhängig. Wegen der zu erzielenden Verbiegung des Biegewandlers ist die  
25 Kondensatorelektrode bzw. die Aktorelektrode sehr dünn. Dies bedingt eine relativ niedrige Stromtragfähigkeit, so dass der mit Hilfe der veränderbaren Kapazität steuerbare Strom begrenzt ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine kompakte  
30 Kondensatorstruktur mit veränderbarer Kapazität anzugeben, bei der der durch die veränderbare Kapazität steuerbare Strom weitgehend unabhängig von der Funktionsweise des Aktors zum Einstellen des Kondensatorelektroden-Abstands ist.

35 Zur Lösung der Aufgabe wird eine Kondensatorstruktur mit veränderbarer Kapazität angegeben, aufweisend mindestens einen Kondensator mit mindestens einer Kondensatorelektrode, mindestens einer gegenüber der Kondensatorelektrode in einem

veränderbaren Kondensatorelektroden-Abstand zur  
Kondensatorelektrode angeordneten Kondensatorgegenelektrode  
und mindestens einem Aktor zum Veränderung des  
Kondensatorelektroden-Abstandes, aufweisend mindestens eine  
5 Aktorelektrode zum elektrischen Ansteuern des Aktors, durch das  
die Änderung des Kondensatorelektroden-Abstandes bewirkt wird.  
Die Kondensatorstruktur ist dadurch gekennzeichnet, dass die  
Aktorelektrode und eine der Kondensatorelektroden des  
Kondensators an einem gemeinsamen Träger nebeneinander  
10 angeordnet sind.

Der Aktor dient als Stellglied zum Einstellen des  
Kondensatorelektroden-Abstandes. Die Aktorelektrode und die  
Kondensatorelektrode oder die Kondensatorgegenelektrode sind an  
15 einem gemeinsamen Oberflächenabschnitt des Trägers angeordnet.  
Der Träger ist Bestandteil des Aktors.

In einer besonderen Ausgestaltung ist der gemeinsame Träger eine  
Aktor-Funktionsschicht des Aktors. Die Aktor-Funktionsschicht  
20 trägt zur Funktionsweise des Aktors bei. Beispielsweise ist der  
Aktor ein Bimetall (Thermobimetall) - Aktor. Ein derartiger Aktor  
besteht beispielsweise aus zwei fest miteinander verbundenen  
Metallstreifen aus Metallen mit unterschiedlichen thermischen  
Ausdehnungskoeffizienten. Durch die elektrische Ansteuerung der  
25 angrenzenden Aktorelektrode kommt es zur Erwärmung der  
angrenzenden, eventuell von der Aktorelektrode elektrisch  
isolierten Aktor-Funktionsschichten und in Folge der Erwärmung  
zur Verbiegung des Aktors. Denkbar ist auch, dass die  
Aktor-Funktionsschicht magnetostriktives Material aufweist.  
30 Durch die Ansteuerung der Aktorelektrode wird in diese  
Aktor-Funktionsschicht ein magnetisches Feld eingekoppelt. Die  
Weißschen Bezirke des magnetostriktiven Material richten sich  
aus. In Folge davon kommt es zur Ausdehnungsänderung der  
Aktor-Funktionsschicht. Wenn nun diese Aktor-Funktionsschicht  
35 mit einer Aktor-Funktionsschicht aus einem nicht-magnetischen  
Material fest verbunden ist, kommt es zu einer Verbiegung des  
Aktors. Da eine der Aktor-Funktionsschichten gleichzeitig Träger  
einer der Kondensatorelektroden ist, werden Aktorik und

Einstellbarkeit der Kapazität auf einfache Weise miteinander verknüpft .

Wie bei der Beschreibung der Aktor-Funktionsschicht bereits  
5 angedeutet, kann der Aktor thermisch oder magnetostriktiv  
arbeiten. In einer besonderen Ausgestaltung ist der Aktor ein  
piezoelektrischer Aktor. Der piezoelektrische Aktor verfügt über  
mindestens ein Piezoelement . Das Piezoelement weist eine  
piezoelektrische Schicht auf und beidseitig angeordnete  
10 Elektrodenschichten (Aktorelektroden) auf. Durch elektrische  
Ansteuerung der Aktorelektroden wird in die piezoelektrische  
Schicht ein elektrisches Feld eingekoppelt. Es kommt zur  
Ausdehnungsänderung in der piezoelektrischen Schicht und  
aufgrund der Ausdehnungsänderung zur Stellwirkung des Aktors.

15

Die Ausgestaltung des piezoelektrischen Aktors ist beliebig.  
Entscheidend ist, dass die piezoelektrisch induzierte Auslenkung  
des Aktors groß genug ist, so dass eine gewünschte Änderung des  
Abstandes zwischen den Kondensatorelektroden erzielt werden  
20 kann. Um eine relativ große Auslenkung zu erzielen, kann ein  
piezoelektrischer Aktor verwendet werden, der eine Vielzahl von  
übereinander zu einem Aktorkörper gestapelten Piezoelementen  
aufweist. Die Piezoelemente können dabei zusammengeklebt sein.  
Dies bietet sich beispielsweise für Piezoelemente mit  
25 piezoelektrischen Schichten aus einem piezoelektrischen Polymer  
wie Polyvinylidendifluorid (PVDF) an. Ebenso sind  
piezoelektrische Schichten aus einem piezokeramischen Material  
denkbar. Das piezokeramische Material ist beispielsweise ein  
Bleizirkonattitanat (PZT) oder ein Zinkoxid (ZnO) . Die  
30 Piezoelemente mit piezoelektrischen Schichten aus  
piezokeramischem Material sind beispielsweise nicht  
zusammengeklebt, sondern in einem gemeinsamen Sinterprozess zu  
einem Aktorkörper in monolithischer Vielschichtbauweise  
verbunden .

35

In einer besonderen Ausgestaltung ist der piezoelektrische Aktor  
ein piezoelektrischer Biegewandler. Durch eine relativ geringe  
Ansteuerspannung kann bei dem Biegewandler eine relativ große

Auslenkung erzielt werden. So genügt beispielsweise eine Ansteuerspannung von unter 10 V, um eine Auslenkung des Biegewandlers von über 10  $\mu\text{m}$  zu bewirken. Durch die große erzielbare Auslenkung kann der Abstand zwischen

5 Kondensatorelektrode und Kondensatorgegenelektrode in einem weiten Bereich variiert werden. Dadurch ist es möglich, die Kapazität des Kondensators in einem weiten Bereich zu verändern.

Der Biegewandler kann, wie eingangs beschrieben, als Bimorph  
10 ausgestaltet sein. Die Aktor-Funktionsschicht kann eine piezoelektrisch aktive oder piezoelektrisch inaktive Schicht sein. Beide Schichten tragen zur Funktionsweise des Bimorphs bei. Vorzugsweise ist die piezoelektrische Schicht direkt die Aktor-Funktionsschicht. Die piezoelektrische Schicht ist  
15 dielektrisch. Es muss für keine zusätzliche elektrische Isolierung gesorgt werden.

Alternativ zum Bimorph ist auch ein Biegewandler in Form eines Multimorphs denkbar, der mehrere piezoelektrisch aktive  
20 Schichten aufweist, die fest miteinander verbunden sind. Die piezoelektrisch aktiven Schichten können zu einem einzigen Piezoelement zusammengefasst sein. Die piezoelektrisch aktiven Schichten bilden als übereinander gestapelte Teilschichten zusammen die piezoelektrische Gesamtschicht des Piezoelements.  
25 Denkbar ist auch, dass mehrere Piezoelemente mit jeweils einer piezoelektrisch aktiven Schicht zu einem Mehrschichtverbund angeordnet sind. Durch die Ansteuerung der Elektrodenschichten des Piezoelements beziehungsweise der Piezoelemente des Biegewandlers werden in die piezoelektrisch aktiven Schichten  
30 unterschiedliche elektrische Felder eingekoppelt, die zu unterschiedlichen Auslenkungen der piezoelektrisch aktiven Schichten führen. Auch in diesem Fall kommt es zu einer Verbiegung des Biegewandlers.

35 Allein durch die Änderung des Abstandes von Kondensatorelektrode zur Kondensatorgegenelektrode kann die Kapazität des Kondensators in einem weiten Bereich variiert werden. Um diesen Bereich zu erhöhen, kann in einer besonderen Ausgestaltung

innerhalb des Abstandes zwischen der Kondensatorelektrode und der Kondensatorgegenelektrode ein Dielektrikum mit einer relativen Dielektrizitätskonstante von über 10 angeordnet werden. Vorzugsweise wird ein Dielektrikum mit einer  
5 Dielektrizitätskonstante von über 50 verwendet. Dieses Dielektrikum wird als hochdielektrisches Material bezeichnet.

Das Dielektrikum wird dabei so angeordnet, dass das elektrische Feld, das durch die Ansteuerung der Kondensatorelektrode und der  
10 Kondensatorgegenelektrode erzeugt wird, in das Dielektrikum einkoppeln kann. Dazu wird die dielektrische Schicht unmittelbar und direkt auf der Kondensatorelektrode oder der Kondensatorgegenelektrode aufgebracht. Denkbar ist auch, dass auf beiden Kondensatorelektroden jeweils eine dielektrische  
15 Schicht aufgebracht ist.

Der Kondensator und der Aktor sind vorzugsweise auf einem gemeinsamen Trägerkörper (Substrat) angeordnet. Zum Schutz des Kondensators vor einem Umwelteinfluss kann eine Abdeckung  
20 vorhanden sein.

Der Trägerkörper und/oder die Abdeckung sind vorzugsweise aus der Gruppe Halbleiterkörper, organischer Mehrschichtkörper und/oder keramischer Mehrschichtkörper ausgewählt. Der Trägerkörper  
25 und/oder die Abdeckung weisen ein Halbleitermaterial, ein organisches Material oder ein keramisches Material sein. Der Halbleiterkörper ist beispielsweise ein Siliziumsubstrat. Der Keramikkörper ist beispielsweise ein Keramiksubstrat aus Aluminiumoxid. Im Volumen eines Mehrschichtkörpers kann eine  
30 Vielzahl von passiven elektrischen Bauelementen integriert werden. Der Mehrschichtkörper kann ein organischer Mehrschichtkörper (Multilayer Organic, MLO) oder ein keramischer Mehrschichtkörper (Multilayer Cofired Ceramic, MLCC) sein. Als keramischer Mehrschichtkörper kommt insbesondere eine LTCC (Low  
35 Temperature Cofired Ceramic) -Keramik in Betracht, bei der aufgrund einer niedrigen Dichtbrandtemperatur der Keramik niedrig schmelzende und elektrisch hochleitfähige Metalle wie Silber und Kupfer zur Integration der passiven Bauelemente



verwendet werden können. HTCC (High Temperature Cofired Ceramics) -Substrate sind ebenfalls denkbar.

In einer besonderen Ausgestaltung ist eine Stromtragfähigkeit  
5 der Aktorelektrode kleiner ist als eine Stromtragfähigkeit der  
am Träger angeordneten Kondensatorelektrode. Dies wird  
beispielsweise dadurch erreicht, dass bei Verwendung des  
gleichen Elektrodenmaterials für die Kondensatorelektrode und  
die Aktorelektrode eine Schichtdicke der Kondensatorelektrode  
10 höher ist als eine Schichtdicke der Aktorelektrode. Der  
Unterschied kann dabei einem Faktor von 10 bis 100 entsprechen.  
Dies führt dazu, dass aufgrund der dünnen Aktorelektrode die  
Auslenkbarkeit des Aktors kaum beeinflusst wird. Gleichzeitig  
ist für eine hohe Stromtragfähigkeit der Kondensatorelektrode  
15 gesorgt. Es kann ein hoher Strom mit Hilfe der  
Kondensatorstruktur geschaltet werden.

Die Aktorelektrode und die neben der Aktorelektrode angeordnete  
Kondensatorelektrode können elektrisch miteinander verbunden  
20 sein. Die Elektroden sind galvanisch nicht voneinander getrennt.  
Besonders vorteilhaft ist es aber, wenn die Aktorelektrode und  
die am Träger angeordnete Kondensatorelektrode in einem  
Träger Elektroden-Abstand zueinander und galvanisch voneinander  
getrennt angeordnet sind. Durch den Träger Elektroden-Abstand  
25 sind die Elektroden voneinander elektrisch isoliert. Ein  
Ansteuerschaltkreis zur Ansteuerung des Aktors mit  
Gleichspannung und ein Funktionsschaltkreis (hochfrequente  
Wechselspannung im GHz-Bereich) mit der veränderbaren Kapazität  
sind elektrisch voneinander isoliert.

30 Zum Abgreifen der veränderbaren Kapazität kann eine serielle  
Verschaltung von zwei Kondensatoren besonders günstig sein.  
Vorteilhaft ist es dabei, wenn beide Kondensatoren jeweils eine  
veränderbare Kapazität aufweisen. Ein dadurch einzugehender  
35 Nachteil, nämlich die Verringerung der absoluten Kapazität der  
in Serie geschalteten Kondensatoren kann einfach durch  
Vergrößerung der Kondensatorelektrodenflächen kompensiert  
werden .

In einer besonderen Ausgestaltung ist innerhalb des Trägerelektroden-Abstands ein Distanzelement auf dem Träger angeordnet. Mit dem Distanzelement können verschiedene  
5 Funktionen verbunden sein. Das Distanzelement kann einfach zur Verbesserung der elektrischen Isolierung der Kondensatorelektrode und der Aktorelektrode beitragen. Ein „Übersprechen“ von Ansteuerschaltkreis und Funktionsschaltkreis wird unterdrückt. Dies gelingt beispielsweise dadurch, dass das  
10 Distanzelement aus elektrisch isolierendem Material besteht. Vorteilhaft weist dazu das Distanzelement keramisches Material auf, denn mit diesem Material kann eine zweite mögliche Funktion des Distanzelements realisiert werden: Durch das Distanzelement wird eine Masse des Biegewandlers (Biegebalkens) erhöht. Durch  
15 die Masseerhöhung wird die Trägheit des Biegebalkens erhöht. In Folge der erhöhten Trägheit des Biegebalkens verbessert sich eine Stabilität bei der Übertragung hochfrequenter Signale und folglich eine Linearität des Bauelementes. Darüber hinaus ist es besonders vorteilhaft, wenn das Distanzelement ein keramisches  
20 Mehrschichtbauteil ist. Ein keramisches Mehrschichtbauteil ist im Zusammenhang mit dem Substrat beschreiben (siehe oben). Besonders vorteilhaft ist es, im Mehrschichtbauteil mindestens ein elektrisches Bauelement zu integrieren. Es resultiert ein platz sparender, kompakter Aufbau. Zudem kann durch Integration  
25 des Bauelementes im Distanzelement eine elektrische Abschirmung von Ansteuerschaltkreis und Funktionsschaltkreis erzielt werden.

Das Distanzelement kann neben der Kondensatorelektrode  
30 angeordnet sein. Besonders vorteilhaft ist es, die Kondensatorelektrode auf dem Distanzelement anzuordnen. Dadurch resultiert eine ideale Verbindung der Isolationswirkung des Distanzelements mit der Möglichkeit, weitere Funktionen zu integrieren und der mit dem Distanzelement verbundenen  
35 Masseerhöhung des Biegebalkens.

Die beschriebene Kondensatorstruktur mit der veränderbaren Kapazität wird insbesondere in abstimmbaren Oszillatoren

verwendet. Mit Hilfe der Kondensatorstruktur erfolgt ein Einstellen einer spannungsgesteuerten Oszillatorschaltung. Die abstimmbaren Oszillatoren werden unter anderem in der Hochfrequenz- und Mikrowellentechnologie eingesetzt.

5

Vorzugsweise wird die Kondensatorstruktur auch zum Einstellen eines Frequenzbandes eines Frequenzfilters verwendet. Durch die Möglichkeit, ein Frequenzband eines Frequenzfilters durch elektrische Ansteuerung der Kondensatorstruktur in einem weiten Bereich verändern zu können, ist mit Hilfe der Erfindung ein Konzept der Nachrichten- bzw. Mobilfunktechnik realisierbar, das als "Software Defined Radio" (SDR) bezeichnet wird. Ziel des SDR ist es, nicht diskrete Frequenzbänder, sondern beliebig (kontinuierlich) veränderbare Frequenzbänder für die Nachrichten- bzw. Mobilfunktechnik zu realisieren. Mit dem abstimmbaren Kondensator der vorliegenden Erfindung wird ein Grundbaustein zur Umsetzung des SDR zur Verfügung gestellt.

Vorzugsweise wird die Kondensatorstruktur auch zum Einstellen der Impedanz einer Anpass-Schaltung verwendet. Impedanzanpassung ist zur Vermeidung von Signalreflexionen zwischen Schaltungselementen erforderlich, beispielsweise am Eingang und Ausgang eines Leistungsverstärkers. Sie wird üblicherweise durch geeignet kombinierte passive Bauteile, insbesondere Spulen und Kondensatoren realisiert. Die Funktion ist damit auf ein endliches Frequenzintervall begrenzt. Bei der Verschiebung der Betriebsfrequenz einer Schaltung, etwa durch Veränderung einer Filtereinstellung, sind deshalb auch die Impedanzanpassungen auf das neue Frequenzband abzustimmen.

30

Zusammengefasst sind folgende Vorteile der Erfindung hervorzuheben :

- Es wird eine Kondensatorstruktur mit Kondensatoren bereitgestellt, deren Kapazitäten in einem weiten Bereich und mit hoher Güte verändert werden können.

35

- Die durch die veränderbaren Kapazitäten schaltbaren Ströme hängen nicht von einer Funktionsweise des verwendeten Aktors ab.
- Durch die Verwendung eines Distanzelements sind  
5 Ansteuerschaltkreis und Funktionsschaltkreis der Kondensatorstruktur voneinander entkoppelt.
- Durch die Verwendung der Mehrschicht-Technologie kann eine Vielzahl von Funktionalitäten im Distanzelement und im Substrat der Kondensatorstruktur integriert werden.
- 10 • Mit Hilfe der Kondensatorstruktur wird ein wesentlicher Baustein des SDR-Konzepts bereitgestellt.

Anhand mehrerer Ausführungsbeispiele und der dazugehörigen Figuren wird die Erfindung im Folgenden näher erläutert. Die  
15 Figuren sind schematisch und stellen keine maßstabsgetreuen Abbildungen dar.

Die Figuren 1 bis 3 zeigen jeweils ein Ausführungsbeispiel einer abstimmbaren Kondensatoranordnung jeweils in einem seitlichen  
20 Querschnitt.

Die Ausführungsbeispiele betreffen jeweils eine Kondensatorstruktur 100 mit veränderbaren Kapazitäten, aufweisend zwei in Serie geschaltete Kondensatoren 101 mit je  
25 einer Kondensatorelektrode 5a, 5e und einer gegenüber den Kondensatorelektroden in einem veränderbaren Kondensatorelektroden-Abstand 102 zu den Kondensatorelektroden angeordnete Kondensatorgegenelektrode 10a.

30 Zum Verändern des Kondensatorelektroden-Abstands ist ein Aktor in Form eines piezokeramischen Biegewandlers 103 vorhanden. Der piezokeramische Biegewandler weist einen als Multimorph ausgestaltet Biegebalken auf. Der Biegebalken besteht aus zwei piezokeramischen Schichten (Aktor-Funktionsschichten) 8 und 9,  
35 die mit Metallisierungen 10b, 11 und 12 versehen sind. Diese Metallisierungen bilden die Aktorelektroden, durch deren elektrische Ansteuerung elektrische Felder in die piezokeramischen Schichten eingekoppelt werden. Dadurch kommt es

zu einer Verbiegung des Biegewandlers . Die Verbiegung bewirkt die Veränderung des jeweiligen Kondensatorelektroden-Abstands der beiden Kondensatoren.

5 Die Aktorelektrode 10b und die Kondensatorgegenelektrode 10a sind an einem gemeinsamen Oberflächenabschnitt 81 der piezokeramischen Schicht 8 nebeneinander angeordnet sind. Die piezokeramische Schicht 8 ist Träger der beiden Elektroden 10a und 10b.

10

Der Biegebalken ist auf einem keramischen Mehrschichtsubstrat 1 aufgebracht. Gemäß einer ersten Ausführungsform ist das Mehrschichtsubstrat ein LTCC-Substrat . In einer weiteren Ausführungsform ist das Mehrschichtsubstrat ein HTCC-Substrat .

15

Auf dem Substrat befindet sich eine dünne hochdielektrische Schicht 2. Diese Schicht bedeckt das Substrat und die Kondensatorelektroden 5a und 5e. Im Substrat befinden sich elektrische Durchkontaktierungen 3a, 3b, 3c, 3d, 3e die auf der Unter- und Oberseite des Substrates in Kontaktflächen 4a, 4b, 4c, 4d, 4e bzw. 5a, 5b, 5c, 5d, 5e enden. Die Kontaktflächen 5a und 5e sind die Kondensatorelektroden der beiden Kondensatoren.

20

Mit Hilfe eines elektrisch leitfähigen Kleberstoffs 6 wird die untere Aktorelektrode 10b des Biegebalkens auf dem Substrat befestigt und kontaktiert. Die Aktorelektroden 11 und 12 werden über Bonddrähte 7 elektrisch mit den Kontaktflächen 5c und 5d verbunden. Im Betrieb werden die Kontakte 4b und 4d auf Masse-Potential bzw. die maximale Gleichspannung, beispielsweise 200 v, gelegt. Mit einer zwischen Masse-Potential und Maximalspannung variablen Steuerspannung kann der Biegewandler auf und ab bewegt werden. Die neutrale Horizontalposition des Biegewandlers entspricht der halben Maximalspannung, da hier beide piezoelektrische Schichten 8 und 9 gleich verspannt sind. Die variablen Kapazitäten sind auf Grund der variablen Luftspalte am freien Ende des Biegebalkens zwischen der Kondensatorelektrode 5a und der Kondensatorgegenelektrode 10a bzw. zwischen der Kondensatorelektrode 5e und der

30

35

Kondensatorgegenelektrode 10a ausgebildet. Die veränderbaren Kapazitäten werden an den Kontakten 4a und 4e schaltungstechnisch wirksam. Dabei bewirkt die hochdielektrische Schicht 2 hohe Kapazitäten in einer Horizontalposition des Biegebalkens. Der  
5 jeweilige Luftspalt führt zu einer steilen Abnahme der Kapazität mit wachsender Aussteuerung.

Beispiel 1:

10 Gemäß dem ersten Beispiel sind die Kondensatorgegenelektrode 10a und Aktorelektrode 10b elektrisch miteinander verbunden, also nicht galvanisch getrennt. Die Kondensatorgegenelektrode weist aber eine im Vergleich zur Aktorelektrode wesentlich höhere Stromtragfähigkeit auf. Dies wird durch die höhere Schichtdicke  
15 der Kondensatorgegenelektrode gegenüber der Aktorelektrode bewirkt (bei gleichem Elektrodenmaterial). Der Biegewandler lässt sich in drei Bereiche I, II und IV einteilen. Der Bereich I trägt im Wesentlichen zu den abstimmbaren Kapazitäten bei. Der Bereich III kennzeichnet die Biegefunktion des Biegewandlers. Da  
20 die Kondensatorgegenelektrode 10a und die Aktorelektrode 10b galvanisch nicht voneinander getrennt sind, sind Ansteuerschaltkreis und Funktionsschaltkreis mit einander gekoppelt.

25 Beispiel 2:

Die Kondensatorgegenelektrode 10a und die Aktorelektrode 10b sind galvanisch voneinander getrennt. Die beiden Elektroden sind am gemeinsamen Oberflächenabschnitt des Trägers in einem  
30 Trägerelektroden-Abstand 13 zueinander angeordnet. Die an der Unterseite der piezokeramischen Schicht 8 angebrachte Metallisierung ist unterbrochen. Infolge der Unterbrechung können entlang des Biegewandlers die mit I bis IV bezeichneten funktionellen Abschnitte unterschieden werden: Abschnitt I ist  
35 mit der Metallisierung 10a Bestandteil der Kondensatoren mit veränderbaren Kapazitäten. Dieser Bestandteil nimmt aber durch die Unterbrechung 13 nur unvollständig an der mechanischen Biegung teil. Mit II ist die Unterbrechung zwischen der

Kondensatorelektrode 10a und der Aktorelektrode 10b gekennzeichnet. III markiert den aktiven Biegebereich des Biegewandlers. Mit IV ist der Bereich der elektrischen Kontaktierung der Metallisierungen und die mechanische  
5 Verbindung des Biegebalkens mit dem Substrat gekennzeichnet.

Beispiel 3 :

Im Unterschied zum vorangegangenen Beispiel ist zusätzlich ein  
10 Distanzelement 14 im Trägerelektroden-Abstand 13 vorhanden. Die Kondensatorgegenelektrode 10a ist auf dem Distanzelement angeordnet. Zur Anbindung des Distanzelements mit dem Biegebalken ist eine zusätzliche Metallisierung 15 vorgesehen. Das Distanzelement ist ein keramisches Mehrschichtbauteil, in  
15 dessen Volumen elektrische Bauelemente integriert sind. Das keramische Mehrschichtbauteil ist gemäß einer ersten Ausführungsform in LTCC- und gemäß einer weiteren Ausführungsform in HTCC-Technologie hergestellt. Auch hier kann die Kapazitätsstruktur die Bereiche I bis IV eingeteilt werden.

20

Die beschriebenen abstimmbaren Kondensatorstrukturen werden zum Einstellen eines Frequenzbandes eines Frequenzfilters oder zum Einstellen einer spannungsgesteuerten Oszillatorschaltung verwendet .

## Patentansprüche

1. Kondensatorstruktur (1) mit veränderbarer Kapazität, aufweisend mindestens einen Kondensator (101)
- 5 - mindestens einer Kondensatorelektrode (5a, 5e)  
- mindestens einer gegenüber der Kondensatorelektrode (5a, 5e) in einem veränderbaren Kondensatorelektroden-Abstand (102) angeordnete Kondensatorgegenelektrode (10a) und  
- mindestens einem Aktor (103) zum Veränderung des
- 10 Kondensatorelektroden-Abstandes, aufweisend mindestens eine Aktorelektrode (10b) zum elektrischen Ansteuern des Aktors, durch das die Änderung des Kondensatorelektroden-Abstandes bewirkt wird,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**
- 15 - die Aktorelektrode und eine der Kondensatorelektroden des Kondensators an einem gemeinsamen Träger (8) nebeneinander angeordnet sind.
2. Kondensatorstruktur nach Anspruch 1, wobei der gemeinsame
- 20 Träger eine Aktor-Funktionsschicht des Aktors ist.
3. Kondensatorstruktur nach Anspruch 1, wobei der Aktor ein piezoelektrischer Aktor ist.
- 25 4. Kondensatorstruktur nach Anspruch 3, wobei die Aktor-Funktionsschicht eine piezoelektrische Schicht des piezoelektrischen Aktors ist.
- 30 5. Kondensatorstruktur nach Anspruch 3 oder 4, wobei der piezoelektrische Aktor ein Biegewandler ist.
6. Kondensatorstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei eine Stromtragfähigkeit der Aktorelektrode kleiner ist als eine Stromtragfähigkeit der am Träger angeordneten
- 35 Kondensatorelektrode.
7. Kondensatorstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Aktorelektrode und die am Träger angeordnete



Kondensatorelektrode in einem Trägerelektroden-Abstand 13  
zueinander und galvanisch voneinander getrennt angeordnet sind.

8. Kondensatorstruktur nach Anspruch 7, wobei innerhalb des  
5 Trägerelektroden-Abstands ein Distanzelement (14) auf dem Träger  
angeordnet ist.

9. Kondensatorstruktur nach Anspruch 8, wobei die am Träger  
angeordnete Kondensatorelektrode auf dem Distanzelement  
10 angeordnet ist.

10. Kondensatorstruktur nach Anspruch 8 oder 9, wobei das  
Distanzelement keramisches Material aufweist.

11. Kondensatorstruktur nach Anspruch 10, wobei das  
15 Distanzelement ein keramisches Mehrschichtbauteil ist.

12. Kondensatorstruktur nach Anspruch 11, wobei im keramischen  
Mehrschichtbauteil mindestens ein elektrisches Bauelement  
20 integriert ist.

13. Verwendung der Kondensatorstruktur nach einem der Ansprüche  
1 bis 12 zum Einstellen eines Frequenzbandes eines  
Frequenzfilters .

25

14. Verwendung der Kondensatorstruktur nach einem der Ansprüche  
1 bis 12 zum Einstellen einer spannungsgesteuerten  
Oszillatorschaltung.

30 15. Verwendung der Kondensatorstruktur nach einem der Ansprüche  
1 bis 12 zum Einstellen einer Impedanz-Anpass-Schaltung.

FIG 1

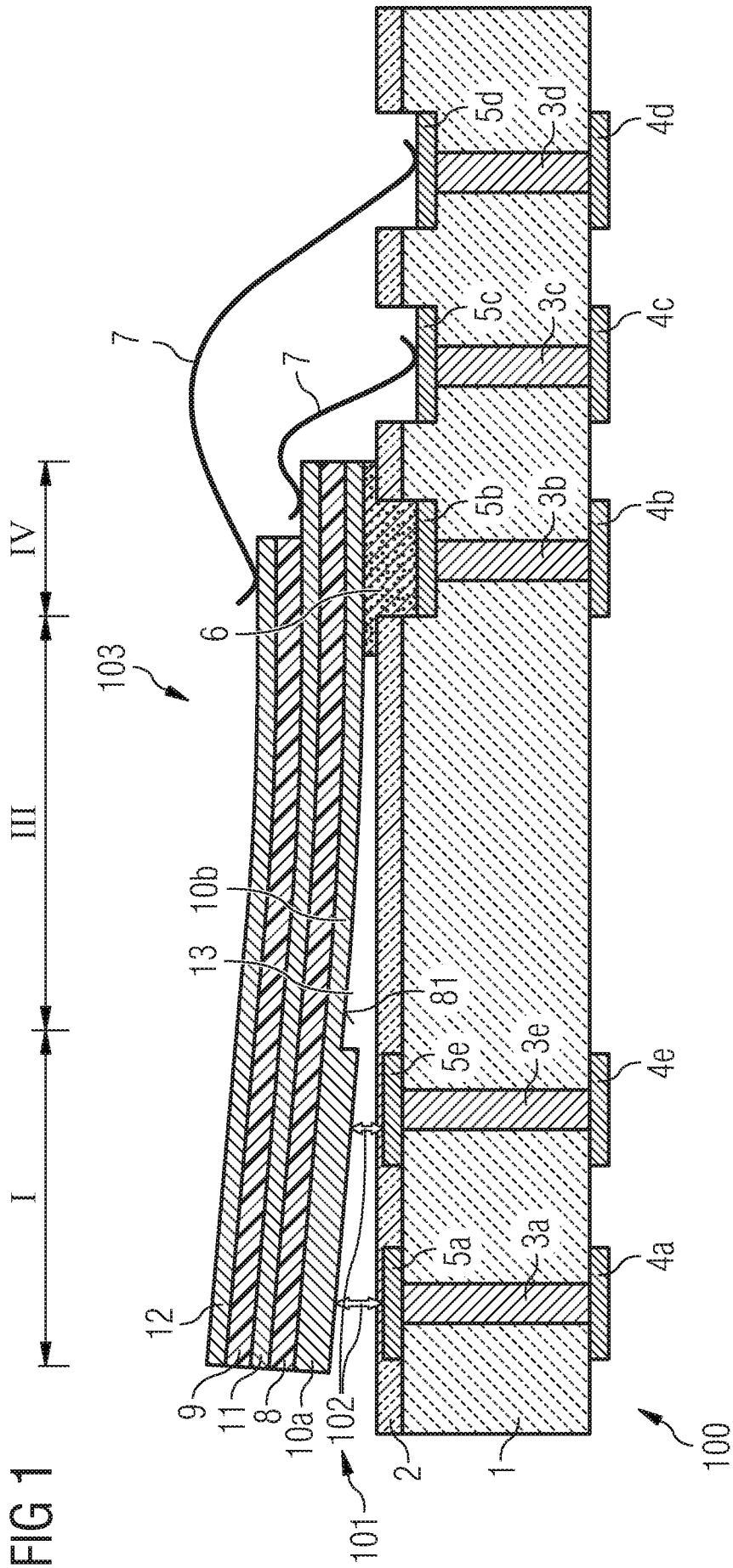


FIG 2

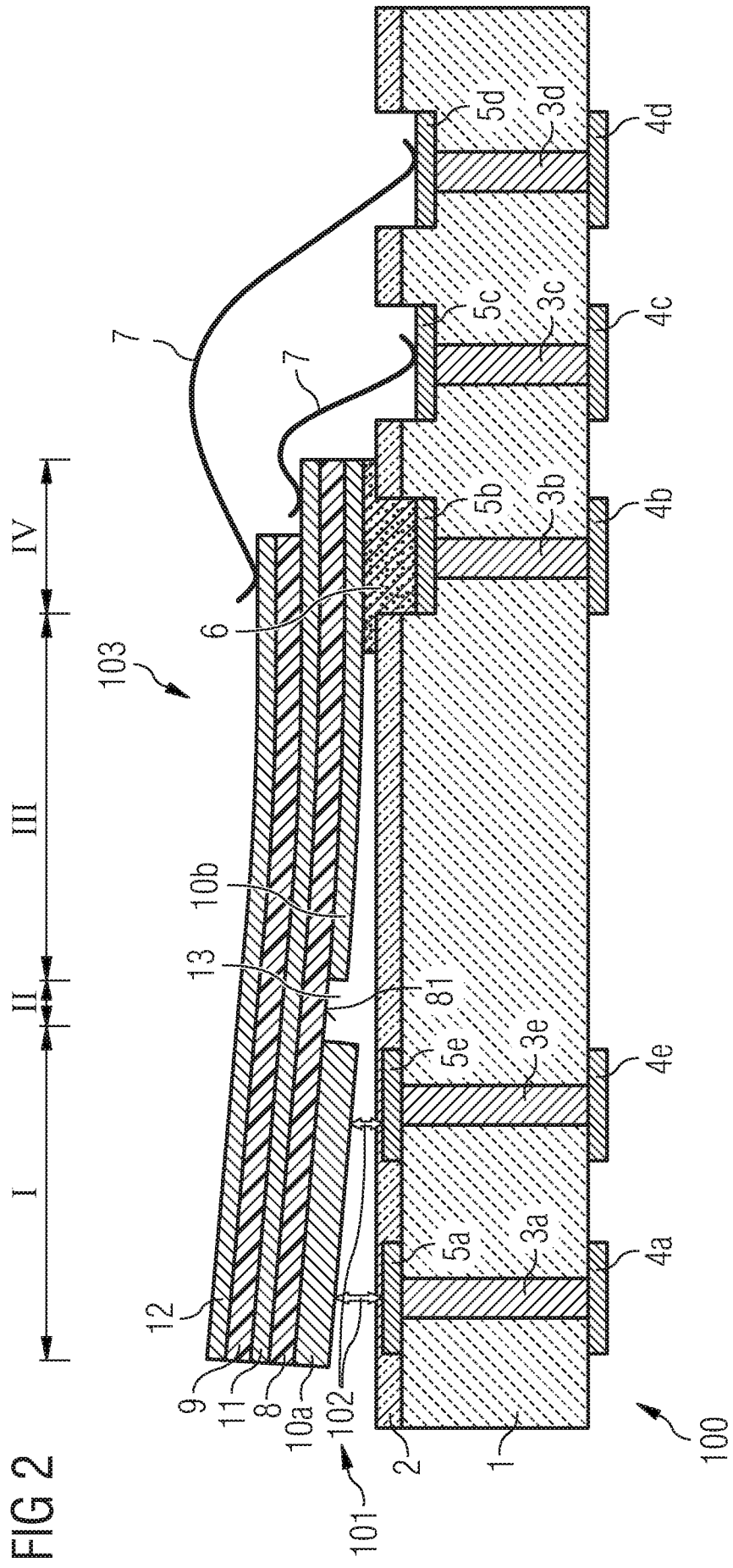
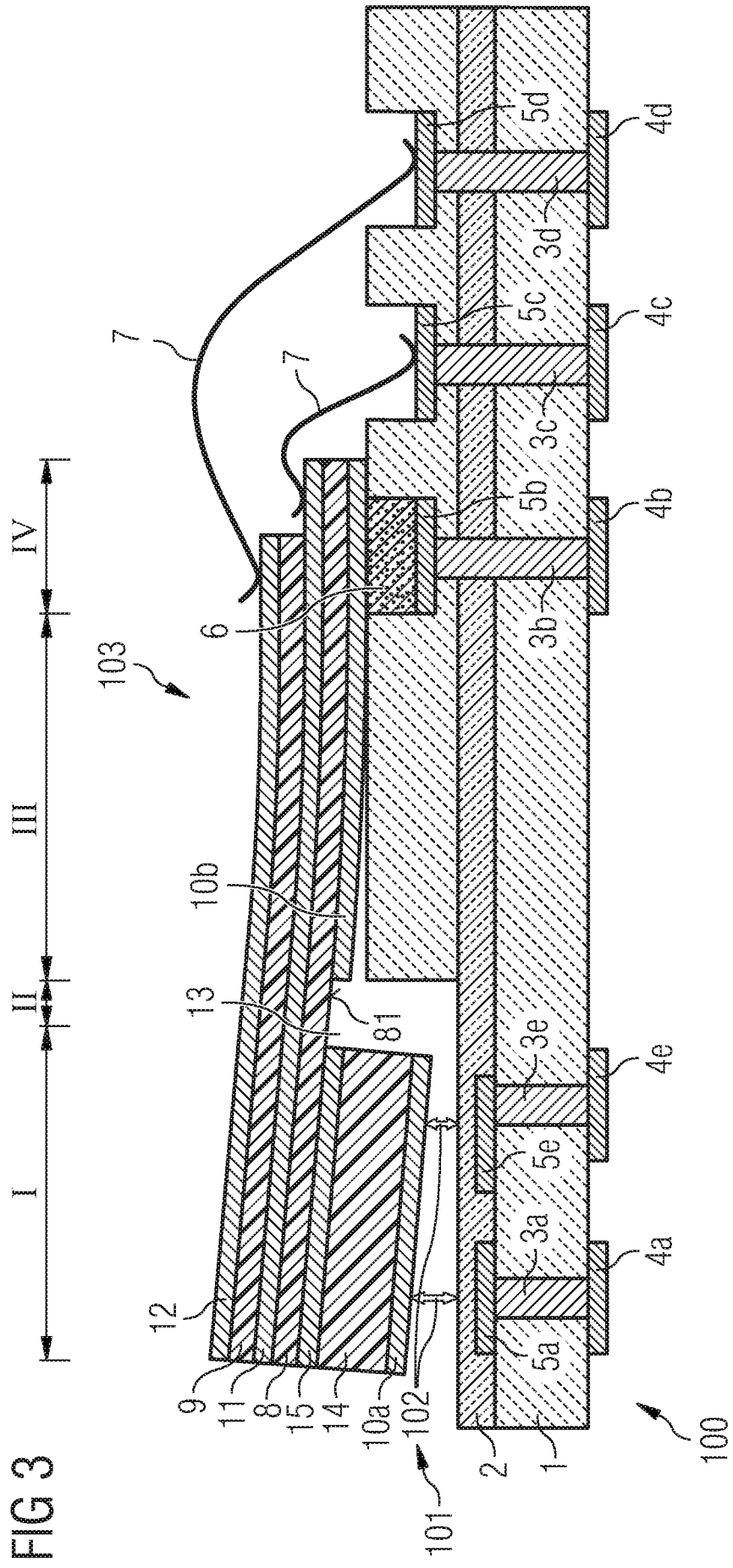


FIG 3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2008/055444

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. H01G5/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national Classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (Classification system followed by Classification symbols)  
**HOIG**

Documentation-searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data bases consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal , PAJ, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
X	EP O 460 930 A (GEN ELECTRIC [US]) 11 December 1991 (1991-12-11) column 6, line 32 - column 7, line 34; figure 3a	1-15
A	----- WO 2005/059932 A (SIEMENS AG [DE]; AL-AHMAD MAHMOUD [DE]; MATZ RICHARD [DE]) 30 June 2005 (2005-06-30) cited in the application figure 3	1-15
A	----- US 6 377 438 B1 (DEANE PHILIP A [US] ET AL) 23 April 2002 (2002-04-23) figures 3,4D	1-15

**D** Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general State of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 September 2008

Date of mailing of the international search report

12/09/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Plützer, Stefan

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/055444

Patent document cited in <i>search report</i>	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0460930	A	11-12-1991	AU 640012 B2 12-08-1993
			AU 7826691 A 12-12-1991
			CA 2042145 A1 08-01-1992
			JP 4250611 A 07-09-1992
			JP 7070304 B 31-07-1995
			US 5075600 A 24-12-1991
WO 2005059932	A	30-06-2005	NONE
US 6377438	B1	23-04-2002	NONE

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/055444

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. H01G5/16		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) HOIG		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriff ß) EPO-Internal , PAJ, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der In Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 460 930 A (GEN ELECTRIC [US]) 11. Dezember 1991 (1991-12-11) Spalte 6, Zeile 32 - Spalte 7, Zeile 34; Abbildung 3a	1-15
A	WO 2005/059932 A (SIEMENS AG [DE]; AL-AHMAD MAHMOUD [DE]; MATZ RICHARD [DE]) 30. Juni 2005 (2005-06-30) in der Anmeldung erwähnt Abbildung 3	1-15
A	US 6 377 438 B1 (DEANE PHILIP A [US] ET AL) 23. April 2002 (2002-04-23) Abbildungen 3,4D	1-15
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen "A" Veröffentlichung; die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E1" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P1" Veröffentlichung, die vordem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "S" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
3. September 2008		12/09/2008
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Plützer, Stefan

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2008/055444

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0460930	A	11-12-1991	AU 640012 B2	12-08-1993
			AU 7826691 A	12-12-1991
			CA 2042145 A1	08-01-1992
			JP 4250611 A	07-09-1992
			JP 7070304 B	31-07-1995
			US 5075600 A	24-12-1991
<hr/>				
WO 2005059932	A	30-06-2005	KEINE	
<hr/>				
US 6377438	B1	23-04-2002	KEINE	
<hr/>				