



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 698 569 A2

(51) Int. Cl.: H03H 3/02 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

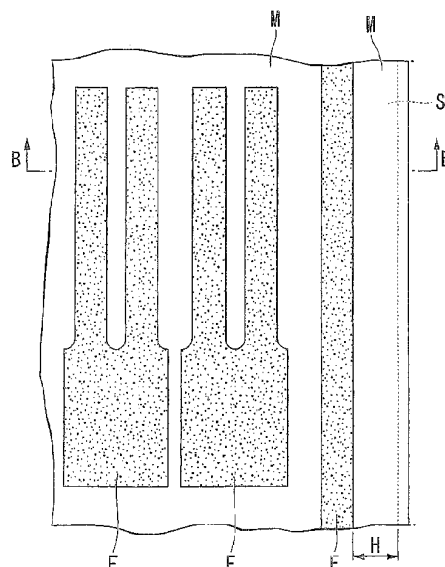
(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer:	00254/09	(71) Anmelder:	Seiko Instruments Inc., 8, Nakase 1-chome, Mihama-ku Chiba-shi, Chiba (JP)
(22) Anmeldedatum:	18.02.2009	(72) Erfinder:	Mitsuo Tomiyama, Chiba-shi, Chiba (JP) Takashi Kobayashi, Chiba-shi, Chiba (JP) Kazuyoshi Sugama, Chiba-shi, Chiba (JP)
(43) Anmeldung veröffentlicht:	31.08.2009	(74) Vertreter:	Bovard AG Patentanwälte, Optingenstrasse 16 3000 Bern 25 (CH)
(30) Priorität:	19.02.2008 JP 2008-037031		

(54) Verfahren zur Herstellung piezoelektrischer Schwingungskörper, piezoelektrischer Schwingungskörper, piezoelektrischer Schwingungserzeuger, Oszillator, elektronisches Gerät und Funkuhr.

(57) Es wird ein Verfahren zur Serienherstellung piezoelektrischer Schwingungskörper aus einem Wafer (S) beschrieben und beansprucht, bei dem ein Metallfilm auf beide Hauptflächen des Wafers aufgebracht und dann muster­mässig ein schmaler Bereich des Metallfilms am Rand des Wafers mit konstanter Breite (H) abgelöst wird. Dann wird der Metallfilm muster­mässig mit den Umrissen der zu erzeugenden piezoelektrischen Schwingungskörper versehen. Diese Umrisse werden anschliessend durch nasses Ätzen erzeugt, wobei der zonenweise abgetragene Metallfilm als Maske dient. Schliesslich wird auch die verbliebene Metallfilm­maske abgetragen, und die hergestellten piezoelektrischen Schwingungskörper werden vereinzelt.

Durch das Abtragen des Metallfilms am Rande des Wafers werden Schäden wie Risse, Brüche und raue Oberflächen des Wafers, die im Verlauf des Verfahrens auftreten könnten, vermieden.



## Beschreibung

### Hintergrund der Erfindung

#### Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingungskörpern durch Bearbeitung eines Wafers durch Ätzen, auf die nach dem Herstellungsverfahren erhaltenen piezoelektrischen Schwingungskörper, auf einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger, der den piezoelektrischen Schwingungskörper enthält, auf einen Oszillator, auf ein elektronisches Gerät sowie auf eine Funkuhr, welche den piezoelektrischen Schwingungserzeuger enthält.

#### Beschreibung des Standes der Technik

[0002] In den letzten Jahren sind tragbare Informationsterminals, insbesondere Mobiltelefone, entwickelt worden, in die ein piezoelektrischer Schwingungserzeuger eingebaut ist, welcher einen Quarz als zeithaltendes Glied, als Zeitangabe für ein Steuersignal oder als Quelle für ein Bezugssignal u.a. enthält. Derartige piezoelektrische Schwingungserzeuger sind an sich bekannt. Beispielsweise zeigt Fig. 22 einen piezoelektrischen Schwingungskörper 200 des Stimmgabeltyps, welcher zwei Schwingarmteile 201 und ein Unterteil 202 enthält, an welchem die Enden der beiden Schwingarmteile 201 einstückig angeformt sind. Andere Schwingungserzeuger beruhen auf der Dickenänderung eines Kristalls, wenn dieser in Schwingungen versetzt wird.

[0003] Derartige piezoelektrische Schwingungskörper werden im allgemeinen nach Verfahren zur Serienfertigung erzeugt, indem mehrere solcher Körper gleichzeitig aus einem Wafer aus Quarz oder einem anderen Kristall durch photolithographisches Verfahren und anschliessendes Ätzen hergestellt werden (siehe beispielsweise die veröffentlichte japanische Patentanmeldung JP-A-5-315 881. Es soll nun die Herstellung des piezoelektrischen Schwingungskörpers 200 vom Stimmgabeltyp, der in Fig. 22 dargestellt ist, unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert werden.

[0004] Wie zunächst ist Fig. 23 gezeigt ist, wird ein Metallfilm M, der eine Ätzmaske darstellt, auf eine Fläche S1 eines Wafers S aufgetragen, der mit einem vorbestimmten Winkel aus einem Ausgangskristall ausgeschnitten wurde. Dann wurde der Wafer auf eine vorbestimmte Dicke abgeschliffen und poliert und der Metallfilm auf dem Wafer abgeschieden, beispielsweise aus der Dampfphase. Zum Beispiel kann auch eine auflaminierte Folie aus Chrom oder Gold als Metallfilm M verwendet werden. Beim Auftragen des Films erstreckt sich der Metallfilm M normalerweise nicht nur auf einer Fläche S1 des Wafers S, sondern er tritt auch auf die Seitenflächen des Wafers S über, indem er sich dort umbiegt.

[0005] Nach Umdrehen des Wafers S (siehe Fig. 24), wird ein Metallfilm M auf ähnliche Weise auf die andere Hauptfläche S2 des Wafers S aufgebracht. In Fig. 24 ist der gleiche Wafer S wie in Fig. 23 gezeigt. Die Seitenflächen des Wafers S werden bei diesem Verfahren ebenfalls mit dem Metallfilm M laminiert.

[0006] Sodann wird, wie in Fig. 25 gezeigt ist, ein Film eines Photoresists F über den gesamten Wafer aufgebracht. Aus Fig. 26 und 27 geht hervor, dass durch Belichtung und Entwicklung des Photoresistfilms F ein Muster entsteht, welches dem äusseren Umriss des piezoelektrischen Schwingungskörpers 200 entspricht. Fig. 27 bis 30 sind Darstellungen von Querschnitten entlang einer Schnittlinie D-D in Fig. 26. Auf diese Weise werden die äusseren Umrisse von zahlreichen piezoelektrischen Schwingungskörpern 200 mustermässig hergestellt.

[0007] Aus Fig. 28 geht hervor, dass der Metallfilm M dort abgeätzt wird, wo er von der Maske des Photoresistfilms F nicht abgedeckt ist, d.h. diejenigen Teile, die nicht maskiert sind, werden selektiv entfernt. Der Metallfilm M entspricht demgemäss der äusseren Form des piezoelektrischen Schwingungskörpers 200. Sodann wird, wie in Fig. 29 gezeigt ist, der Photoresistfilm F abgetragen.

[0008] Danach wird gemäss Fig. 30 der Wafer S weiterverarbeitet, indem er unter Verwendung einer bestimmten Ätzlösung nassgeätzt wird, wobei sämtliche nichtmetallische Substanzen, die von der Maske des mustermässig aufgetragenen Metallfilms M nicht bedeckt werden, selektiv gelöst werden. Schliesslich wird noch der Metallfilm M entfernt, und aus dem Wafer S sind viele piezoelektrische Schwingungskörper 200 entstanden, insbesondere die beiden Schwingarmteile 201 und die Basis 202.

[0009] Nach Anbringen von Elektroden an die einzelnen piezoelektrischen Schwingungskörper 200, deren äussere Form wie oben erzeugt wurde, liegen viele piezoelektrische Schwingungskörper 200 vor, und zwar nach Ausführung eines Trennvorganges, welcher die Teile vom restlichen Wafer S abtrennt, so dass aus einem einzigen Wafer S gleichzeitig viele Schwingungskörper 200 hergestellt werden können.

[0010] Das oben beschriebene Herstellungsverfahren weist jedoch noch Probleme auf, so dass das Verfahren verbesserungsbedürftig ist.

[0011] Wenn der Metallfilm M auf den Wafer S aufgebracht wird, und zwar entweder nur auf eine Seite des Wafers S (die Fläche S1 oder die Fläche S2), erstreckt sich der Metallfilm M auch über die Seitenflächen des Wafers S, wie oben beschrieben wurde. Bei diesem Vorgang überschreitet ein Teil des Metallfilms M sogar diese Seitenflächen, indem nicht nur diese Fläche, sondern auch ein Teil der gegenüberliegenden Seite, d.h. der unteren Seite, bedeckt wird. Mit anderen Worten: wenn der Metallfilm M auf eine Fläche S1 des Wafers S aufgebracht wird, wie es in Fig. 23 gezeigt ist, schlägt

sich der Metallfilm M auf der Umfangsfläche und auch zum Teil auf der anderen Hauptfläche S2 nieder. Weiterhin tritt beim Beschichten der anderen Seite S2 des Wafers S ein Teil des Metallfilms M auch noch auf die andere Seite S1 des Wafers S über, die schon beschichtet worden ist, wie es in Fig. 24 gezeigt ist.

**[0012]** Die Metallfilme M spielen eine wichtige Rolle bei der Bildung der Masken, wenn der Wafer S schliesslich nass geätzt wird, und es ist erforderlich, dass der Metallfilm M stets in engem und festem Kontakt mit dem Wafer S ist. Wenn sich jedoch der Metallfilm M auch noch unbeabsichtigt auf die andere Seite des Wafers erstreckt, nämlich auf die Seitenflächen des Wafers S und die andere Hauptfläche, besteht keine enge Berührung zwischen dem Wafer S und dem Metallfilm M, weil diese unerwünschten Niederschläge des Metallfilms porös sind. Dadurch kann die Maske ihren Zweck nicht erfüllen, und beim Nassätzen gelangt die Ätzlösung auf eine Grenzfläche zwischen dem Metallfilm M und dem Wafer S. Dadurch wird der Wafer S am äusseren Umfangsbereich porös. In der Folge kann der Wafer S in diesen Bereichen brechen, und im schlimmsten Fall wird der gesamte Wafer unbrauchbar.

### Zusammenfassung der Erfindung

**[0013]** Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis dieser Probleme, und es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, diese Probleme zu überwinden und ein Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingungskörpern zu schaffen, bei dem viele piezoelektrische Schwingungskörper gleichzeitig hergestellt werden können und bei dem eine Beschädigung, ein Riss und selbst ein Bruch des Wafers im Verlaufe des Herstellungsverfahrens mit Sicherheit vermieden werden können. Die Erfindung hat weiterhin die Aufgabe, einen piezoelektrischen Schwingungskörper zu schaffen, der beim Herstellungsverfahren erhalten wird, weiterhin einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger mit dem piezoelektrischen Schwingungskörper, und schliesslich einen Oszillator, ein elektronisches Gerät und eine Funkuhr, die alle den erfindungsgemässen piezoelektrischen Schwingungserzeuger enthalten.

**[0014]** Die Erfindung schafft die folgenden Mittel zur Lösung ihrer Aufgaben.

**[0015]** Das erfindungsgemässe Verfahren betrifft die Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingungskörpern aus einem Wafer und weist die folgenden Schritte auf. Als erstes wird ein Metallfilm auf den beiden Hauptflächen eines Wafers angebracht. Als Nächstes folgt ein Verfahrensschritt, bei dem ein Anteil, d.h. ein Bereich des Metallfilms am äusseren Umfang des Wafers mit einer konstanten Breite, abgelöst wird. Dann wird der Metallfilm mit einem Muster versehen, welches die äussere Umfangsform der einzelnen piezoelektrischen Schwingungskörper definiert. Anschliessend wird die äussere Form der einzelnen piezoelektrischen Schwingungskörper erzeugt, wie sie durch das Aufbringen des Musters definiert wurde, wobei die nutzbare Flächengrösse des Wafers durch das Ablösen eines kleinen Randbereichs etwas verringert ist. Diese äussere Form wird durch Nassätzen des Wafermaterials erzeugt, welches ausser an den Stellen, die durch die aufgebrachte Maske abgedeckt wurden, aufgelöst wird. Schliesslich wird als Letztes der verbleibende Metallfilm entfernt.

**[0016]** Bei diesem erfindungsgemässen Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingungskörpern, wie es die Erfindung vorsieht, wird zuerst ein Metallfilm auf den beiden Hauptflächen eines Wafers erzeugt, indem dieser Metallfilm erst auf einer Hauptfläche und dann auf der anderen Hauptfläche des Wafers angebracht wird. Wenn der Metallfilm im ersten Teilschritt auf einer Hauptfläche des Wafers angebracht wird, erstreckt sich dieser Metallfilm unbeabsichtigt über die Seitenfläche und auch bis auf die andere Hauptfläche des Wafers, wie es bei den Verfahren des Standes der Technik vorkommt. Auch wenn dann der Metallfilm auf der anderen Hauptfläche des Wafers abgeschieden wird, so erstreckt er sich wiederum zurück auf die Vorderfläche und auf die Seitenfläche des Wafers.

**[0017]** Als nächster Schritt folgt ein musterähnliches Abdecken des Metallfilms auf den beiden Seiten des Wafers zwecks Erzeugung der äusseren Umrissformen sämtlicher piezoelektrischer Schwingungskörper auf dem Wafer mittels eines photolithographischen Arbeitsverfahrens. Wenn dieser Schritt ausgeführt wird, so wird der Metallfilm zuvor innen am Ausenumfang des Wafers über eine vorbestimmte Breite, und zwar über den gesamten Umfang des Wafers, entfernt. Bei diesem Entfernen wird auch der Metallfilm abgelöst, der sich ungewollt auf die Gegenseite erstreckt hat, und auch auf der äusseren Umfangsfläche des Wafers. Dies wird vor dem Ätzen des Wafers vorgenommen. Ein Teil des Metallfilms, der nur schlecht am Wafer anhaftet, indem er sich um den Rand herum auf die andere Seite erstreckt hat, wird durch diesen Verfahrensschritt vollständig entfernt.

**[0018]** Daher wird der Wafer in einen Zustand gebracht, bei dem der Rand des Wafers, d.h. die Seitenfläche, und ausserdem ein schmaler ringförmiger Flächenanteil am Umfang des Wafers frei vom Metallfilm ist.

**[0019]** Als Nächstes werden die äusseren Formen der Schwingungskörper erzeugt, indem diejenigen Bereiche des Wafers, die nicht maskiert sind, selektiv entfernt werden, wobei zunächst eine Maske auf den Metallfilm aufgetragen wird. Auf diese Weise können die äusseren Umrisse der einzelnen piezoelektrischen Schwingungskörper auf dem Wafer definiert werden, dessen nutzbare Fläche durch den kleinen metallfreien Randbereich verringert ist. Wenn schliesslich der Metallfilm, der als Maske gedient hat, abgelöst wird, können die einzelnen piezoelektrischen Schwingungskörper, die auf einem einzigen Wafer erzeugt wurden, durch Vereinzeln gewonnen werden, indem man jeden piezoelektrischen Schwingungskörper vom Wafer abtrennt.

**[0020]** Wenn das Ätzen des Wafers ausgeführt wird, können diejenigen Bereiche des Metallfilms, die am Wafer schlecht haften, entfernt werden, und daher wird auch die Oberfläche des Wafers nicht aufgeraut, wenn beim Nassätzen eine Ätz-

lösung einwirkt, die bei den Verfahren des Standes der Technik in die Grenzfläche zwischen Metallfilm und Wafermaterial eindringen konnte. Es wird also erfindungsgemäss verhindert, dass im Verlauf der Fabrikation eine Beschädigung oder ein Riss und selbst ein Bruch des Wafereintritt. Auf diese Weise können die piezoelektrischen Schwingungskörper effizient, ohne Unterbrechungen des Verfahrensablaufs und daher mit geringeren Kosten erzeugt werden. Ausserdem steigt die Qualität der erzeugten Schwingungskörper.

[0021] Beim erfindungsgemässen Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingungskörpern wird der konstante Abstand, mit dem der Metallfilm am Rand des Wafers abgelöst wird, auf einen Wert von gleich oder grösser als 0,3 mm und gleich oder kleiner als 0,5 mm eingestellt.

[0022] Beim erfindungsgemässen Verfahren zur Herstellung der piezoelektrischen Schwingungskörper wird der Randbereich des Metallfilms innen am Aussenumfang des Wafers auf einer Breite von mindestens 0,3 mm abgelöst, und zwar auf einem Bereich des Wafers, bei dem der Metallfilm nur eine ungenügende Haftfestigkeit aufweist, und dann wird der Wafer umgedreht und der Metallfilm über den oben definierten Randbereich auch auf der anderen Seite des Wafers abgelöst. Auf diese Weise wird beim Nassätzen vermieden, dass die Oberfläche des Wafers aufgeraut wird.

[0023] Der metallfreie Randbereich des Wafers wird auf höchstens 0,5 mm eingeschränkt, und daher ist die Verminderung der nutzbaren Fläche des Wafers vernachlässigbar klein. Der Wafer wird immer noch ohne Abfall ausgenutzt, und die Anzahl der piezoelektrischen Schwingungskörper, die auf diesem Wafer erzeugt werden, bleibt im Wesentlichen unverändert, verglichen mit einem Wafer, der bis zum Rand ausgenutzt werden kann.

[0024] Die Erfindung betrifft weiterhin einen piezoelektrischen Schwingungskörper, der nach dem oben besprochenen erfindungsgemässen Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingungskörpern erzeugt wurde.

[0025] Wegen dieser Erzeugung nach einem neuen, verbesserten Verfahren können die einzelnen piezoelektrischen Schwingungskörper mit guter Qualität und niedrigen Kosten erzeugt werden.

[0026] Ein piezoelektrischer Schwingungserzeuger nach der Erfindung enthält den erfindungsgemässen piezoelektrischen Schwingungskörper.

[0027] Der erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingungserzeuger umschliesst den oben beschriebenen piezoelektrischen Schwingungskörper, und daher schlagen sich die geringeren Fabrikationskosten und die höhere Qualität des Schwingungskörpers auch auf den Schwingungserzeuger nieder. Beispielsweise präsentiert sich der piezoelektrische Schwingungserzeuger als ein Bauteil in einem zylindrischen Gehäuse oder als piezoelektrischer Schwingungserzeuger in einer keramischen Hülle.

[0028] Bei einem erfindungsgemässen Oszillator ist der piezoelektrische Schwingungserzeuger der Erfindung mit einer integrierten Schaltung als Schwingkreis elektrisch verbunden.

[0029] Bei einem erfindungsgemässen elektronischen Gerät ist der erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingungserzeuger elektrisch mit einer Schaltung zur Zeitzählung verbunden.

[0030] Schliesslich ist bei einer erfindungsgemässen Funkuhr der erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingungserzeuger mit einem Filterglied elektrisch verbunden.

[0031] Der Oszillator, das elektronische Gerät und die Funkuhr gemäss Erfindung enthalten sämtlich den oben beschriebenen piezoelektrischen Schwingungserzeuger, und daher können alle diese Produkte mit verminderten Kosten und erhöhter Qualität hergestellt werden.

[0032] Beim erfindungsgemässen Verfahren zur Herstellung von piezoelektrischen Schwingungskörpern können diese Schwingungskörper erzeugt werden, ohne dass im Verlaufe der Herstellung eine Beschädigung, ein Riss oder selbst ein Bruch des Wafers eintreten. Der erfindungsgemässe Schwingungskörper wird nach dem oben beschriebenen Herstellungsverfahren erzeugt, und daher wird er mit geringeren Kosten und erhöhter Qualität zugänglich.

[0033] Der piezoelektrische Schwingungserzeuger, der Oszillator, das elektronische Gerät und die Funkuhr nach der Erfindung enthalten sämtlich den oben beschriebenen piezoelektrischen Schwingungskörper, und daher kann auch eine Herstellung dieser Geräte mit verminderten Kosten und erhöhter Qualität erzielt werden.

#### **Kurzbeschreibung der Zeichnungen**

##### **[0034]**

- Fig. 1 veranschaulicht eine Ausführungsform eines erfindungsgemässen piezoelektrischen Schwingungskörpers und zeigt einen piezoelektrischen Schwingungskörper in Draufsicht;
- Fig. 2 zeigt den piezoelektrischen Schwingungskörper gemäss Fig. 1 von unten;
- Fig. 3 ist die Ansicht eines Querschnittes des Schwingungskörpers entlang der Linie A–A in Fig. 1;
- Fig. 4 ist ein Fließdiagramm eines Verfahrens zur Herstellung des in Fig. 1 gezeigten piezoelektrischen Schwingungskörpers;

## CH 698 569 A2

- Fig. 5 ist die Ansicht eines Schrittes bei der Herstellung des in Fig. 1 gezeigten piezoelektrischen Schwingungskörpers und zeigt einen Querschnitt eines Wafers;
- Fig. 6A und 6B sind Ansichten des in Fig. 5 gezeigten Wafers, wobei Fig. 6A einen rechtwinkligen Wafer und Fig. 6B einen kreisförmigen Wafer darstellt;
- Fig. 7 zeigt einen Verfahrensschritt der Herstellung des in Fig. 1 gezeigten piezoelektrischen Schwingungskörpers im Augenblick der Bildung des Metallfilms auf einer Hauptfläche des Wafers, ausgehend vom Wafer gemäss Fig. 5;
- Fig. 8 zeigt den Verfahrensschritt zur Abscheidung eines Metallfilms auf der anderen Hauptfläche des Wafers gemäss Fig. 7;
- Fig. 9 stellt den Verfahrensschritt dar, bei dem der gesamte Wafer, der in Fig. 8 gezeigt ist, mit dem Film eines Photoresists überzogen ist;
- Fig. 10 ist die Draufsicht eines Teils des Wafers, wobei der Photoresistfilm, ausgehend vom Wafer gemäss Fig. 9, mustermässig entfernt worden ist;
- Fig. 11 zeigt einen Querschnitt entlang der Schnittlinie B-B in Fig. 10;
- Fig. 12 zeigt einen Fortschritt des Herstellungsverfahrens und die mustergemässe Abdeckung des Metallfilms, ausgehend vom Wafer, wie er in Fig. 11 gezeigt ist;
- Fig. 13 zeigt den Schritt der Entfernung des Photoresistfilms, ausgehend vom Fabrikationszustand gemäss Fig. 12;
- Fig. 14 zeigt, immer im Querschnitt, wie sich der Wafer präsentiert, wenn der Wafer gemäss Fig. 13 nassgeätzt worden ist;
- Fig. 15A und 15B veranschaulichen eine Ansicht des Wafers gemäss Fig. 14 in Draufsicht, und zwar zeigt Fig. 15A die Ansicht eines rechteckigen Wafers und Fig. 15B diejenige eines kreisförmigen Wafers;
- Fig. 16 zeigt als Ausführungsform einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger in einem zylindrischen Gehäuse, in dem ein erfindungsgemässer piezoelektrischer Schwingungskörper eingebaut ist;
- Fig. 17 stellt eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers im keramischen Gehäuse dar, in dem sich ein piezoelektrischer Schwingungskörper gemäss vorliegender Erfindung befindet;
- Fig. 18 zeigt einen Querschnitt entlang der Schnittlinie C-C der Ausführungsform gemäss Fig. 17;
- Fig. 19 ist eine schematische Ansicht einer Ausführungsform des erfindungsgemässen Oszillators;
- Fig. 20 ist ein Schaltungsdiagramm einer Ausführungsform eines elektronischen Geräts gemäss Erfindung;
- Fig. 21 zeigt ein Schaltungsschema einer Ausführungsform einer erfindungsgemässen Funkuhr;
- Fig. 22 ist eine perspektivische Ansicht eines piezoelektrischen Schwingungskörpers vom Stimmgabeltyp gemäss dem Stand der Technik;
- Fig. 23 ist die Ansicht eines Verfahrensschrittes bei der Herstellung des in Fig. 22 gezeigten piezoelektrischen Schwingungskörpers und zeigt insbesondere das Aufbringen eines Metallfilms auf eine Fläche eines Wafers;
- Fig. 24 zeigt den Schritt des Auftragens eines Metallfilms auf die andere Fläche des in Fig. 23 gezeigten Wafers;
- Fig. 25 ist die Ansicht eines Fabrikationsschrittes, nämlich das Beschichten des gesamten Wafers gemäss Fig. 24 mit dem Film eines Photoresists;
- Fig. 26 zeigt das mustermässige Ablösen des Photoresistfilms, ausgehend vom Zustand, der in Fig. 25 gezeigt ist;
- Fig. 27 ist die Ansicht eines Querschnittes entlang der Schnittlinie D-D in Fig. 26;

- Fig. 28 zeigt die Ansicht eines Verfahrensschritts, bei dem der Metallfilm mustermässig abgedeckt ist, indem eine Maske aus dem Photoresistfilm gebildet wurde, ausgehend vom Zustand gemäss Fig. 27;
- Fig. 29 zeigt den Verfahrensschritt, bei dem, ausgehend vom Zustand gemäss Fig. 28, der Photoresistfilm abgelöst wurde; und
- Fig. 30 zeigt schliesslich die Ansicht eines Wafers beim Ätzen, wobei eine Maske aus dem Metallfilm aufgetragen ist, ausgehend vom Zustand, der in Fig. 29 gezeigt wurde.

#### Einzelbeschreibung bevorzugter Ausführungsformen

**[0035]** Es soll nun eine Ausführungsform eines piezoelektrischen Schwingungskörpers und eines Verfahren zur Herstellung dieses Schwingungskörpers gemäss vorliegender Erfindung unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis Fig. 15 besprochen werden. Diese zu besprechende Ausführungsform betrifft als Beispiel eines piezoelektrischen Schwingungskörpers 1 einen Schwingungskörper des Stimmgabeltyps.

**[0036]** Wie in Fig. 1 und 2 gezeigt ist, besitzt der piezoelektrische Schwingungskörper 1 dieser Ausführungsform zwei Schwingarmteile 2, 3, welche parallel liegen, wobei die unteren Enden dieser Schwingarmteile 2, 3 einstückig an ein Basisteil 4 angeformt sind, weiterhin eine Erregerelektrode 7, die aus einer ersten Erregerelektrode 5 und einer zweiten Erregerelektrode 6 besteht, und die an äussere Flächen der beiden Schwingarmteile 2, 3 angeformt sind und die beiden Schwingarmteile 2, 3 in Schwingungen versetzen können, und schliesslich noch Anschlusselektroden 8, 9, welche jeweils elektrisch mit den beiden Erregerelektroden 5, 6 verbunden sind.

**[0037]** Die Erregerelektrode 7, die aus der ersten Erregerelektrode 5 und der zweiten Erregerelektrode 6 besteht, kann die beiden Schwingarmteile 2, 3 so in Schwingung versetzen, dass sie sich einander nähern und sich voneinander entfernen, und zwar mit einer vorbestimmten Resonanzfrequenz, und diese Elektrode ist mustermässig an die Aussenflächen der beiden Schwingarmteile 2, 3 angelegt, wobei die beiden Elektroden elektrisch voneinander getrennt sind. Wie insbesondere aus Fig. 3 hervorgeht, liegt die erste Erregerelektrode 5 hauptsächlich an zwei Flächen des ersten Schwingarmteils 2 und an zwei Seitenflächen des anderen Schwingarmteils 3 an, und die zweite Erregerelektrode 6 befindet sich hauptsächlich an zwei Seitenflächen des ersten Schwingarmteils 2 und an zwei Flächen des anderen Schwingarmteils 3.

**[0038]** Wie es in Fig. 1 und Fig. 2 zu sehen ist, sind die erste Erregerelektrode 5 und die zweite Erregerelektrode 6 jeweils an beiden Seiten des Basisteils 4 über Rückführungselektroden 10, 11 elektrisch mit den Anschlusselektroden 8, 9 verbunden. Weiterhin kann an den piezoelektrischen Schwingungskörper 1 über die Anschlusselektroden 8, 9 eine Spannung angelegt werden.

**[0039]** Weiterhin sind die Erregerelektrode 7, die Rückführungselektroden 10, 11 und die Anschlusselektroden 8, 9 beispielsweise auflaminierte Filme aus Chrom oder Gold, die über einen dünnen Goldfilm auf die Oberfläche eines Chromfilms aufgetragen sind, welcher eine ausgezeichnete Haftung an Quarz als Matrix aufweist. Jedoch ist die Erfindung nicht auf diesen Fall eingeschränkt, sondern es kann beispielsweise ein dünner Goldfilm auf eine Oberfläche eines auflaminierten Films aus Chrom oder Nickel (NiCr) laminiert sein, oder es kann sich um eine einzige Schicht eines Films aus Chrom, Nickel, Aluminium (Al), Titan (Ti) oder ähnlichen Materialien handeln.

**[0040]** Weiterhin sind die Vorderenden der beiden Schwingarmteile 2, 3 mit einer Folie eines Ballastmetalls 12 beschichtet, welches zur Einstellung der Frequenz der Schwingungen der Schwingarmteile 2, 3 in einem vorbestimmten Frequenzbereich dient. Dabei ist der Film des Ballastmetalls 12 in einen Film 12a zur Grobeinstellung zwecks der ersten Frequenzeinstellung und einem Film 12b zur Feineinstellung zwecks Feinabgleich der Frequenz aufgeteilt. Wenn man die Frequenz abgleicht, indem man zunächst den Film 12a zur Grobeinstellung und anschliessend den Film 12b zur Feineinstellung heranzieht, kann die Frequenz der beiden Schwingarmteile 2, 3 auf einen Bereich der Nennfrequenzen einer Vorrichtung abgeglichen werden.

**[0041]** Wenn der piezoelektrische Schwingungskörper 1, der wie oben beschrieben aufgebaut ist, in Betrieb zu nehmen ist, wird eine vorbestimmte Spannung an die Anschlusselektroden 8, 9 angelegt. Dadurch fliesst ein Strom über die Rückführungselektroden 10, 11 zur Erregerelektrode 7, die aus der ersten Erregerelektrode 5 und der zweiten Elektrode 6 besteht, und die beiden Schwingarmteile 2, 3 setzen sich in Richtungen in Schwingung, die die beiden Schwingarmteile einander nähern und anschliessend voneinander entfernen, wobei diese Schwingungen mit einer vorbestimmten Frequenz ablaufen. Die Schwingungen, welche die beiden Schwingarmteile 2, 3 ausführen, können als Quelle eines Zeitsignals, als Bezugssignal oder als andere zeitbezogene Signale oder auch als Regelsignal verwendet werden.

**[0042]** Nun soll ein Verfahren zur Herstellung des oben beschriebenen piezoelektrischen Schwingungskörpers 1 unter Bezugnahme auf das in Fig. 4 gezeigte Fließbild erläutert werden.

**[0043]** Das Herstellungsverfahren dieser Ausführungsform betrifft ein Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingungskörpern 1, ausgehend von einem Wafer S, indem zunächst ein Film aufgetragen wird, dann eine Musterbildung folgt und anschliessend äussere Umrisse ausgebildet werden und schliesslich ein Vereinzeln stattfindet. Diese einzelnen Schritte sollen nun im Folgenden eingehend erläutert werden.

**[0044]** Zunächst wird ein Wafer S, der in Fig. 5 dargestellt ist, durch Polieren der beiden Hauptflächen auf eine vorbestimmte Dicke erzeugt (Schritt S1). Ein solcher Wafer S kann rechteckige sein, wie es in Fig. 6A gezeigt ist, oder der Wafer S ist kreisförmig, siehe Fig. 6B.

**[0045]** Sodann wird im nächsten Schritt S2 ein Film aufgebracht, der aus einem Metallfilm M besteht und Masken zum Ätzen darstellt, und zwar auf beide Hauptflächen des Wafers S. Diese Ausführungsform ist ein Beispiel eines Wafers, der mit einem Metallfilm M aus Chrom (Cr) und Gold (Au) laminiert ist. Jedoch ist die Art des Metallfilms M auf eine solche Kombination keineswegs eingeschränkt, sondern dieser Metallfilm kann je nach Herstellungserfordernissen frei gewählt werden. Insbesondere sind auch Filme aus einer einzigen Schicht brauchbar.

**[0046]** Jetzt soll der Schritt der Filmbildung eingehend erläutert werden.

**[0047]** Zunächst bringt man den Wafer S, der in Fig. 7 gezeigt ist, in eine Haltevorrichtung, die als solche nicht dargestellt ist, und in diesem Zustand erhält der Wafer den Metallfilm M auf einer Seite S1, beispielsweise durch Abscheidung aus dem Metall dampf. Ähnlich dem Verfahren des Standes der Technik gelangt ein Teil des Metalls des Metallfilms M auch auf die Seitenflächen und sogar auf die andere Seite S2 des Wafers S. Anschliessend wird der Wafer S auf die andere Hauptfläche umgedreht und wiederum in eine Haltevorrichtung gebracht, siehe Fig. 8, und dann wird der Metallfilm M auf die andere Seite des Wafers auf ähnliche Weise aufgebracht (Schritt S2). Bei diesem Aufbringen gelangt auf ähnliche Weise ein Teil des Metallfilms M auf die Schmalseiten und auf die andere Seite S1 des Wafers S. In Fig. 8 ist der Wafer S in gleicher Stellung wie in Fig. 7 dargestellt.

**[0048]** Durch dieses Auftragen des Films in zwei Schritten kann der Metallfilm M auf beiden Seiten des Wafers S erscheinen. Zu diesem Zeitpunkt ist die Bildung des Films beendet. Wie aus Fig. 8 hervorgeht, befindet sich in der Nähe der Umfangsflächen des Wafers S eine Anzahl von Metallfilmen M, die einander übergreifen und eine komplizierte Struktur bilden, die durch das Umdrehen des Wafers, wie es oben erwähnt wurde, noch komplizierter wird.

**[0049]** Es folgt nun eine Musterbildung auf dem Metallfilm M, der sich auf beiden Seiten des Wafers S befindet, indem die Photolithographie angewandt wird (Schritt S3). Dabei werden die äusseren Umriss sämtlicher piezoelektrischer Schwingungskörper 1 auf dem Wafer S definiert. Auch dieser Schritt soll im Einzelnen erläutert werden. Wie aus Fig. 9 hervorgeht, wird der Metallfilm M auf beiden Seiten des Wafers S vollständig von einem Photoresistfilm F bedeckt, indem man auf den gesamten Wafer im Schritt S3a den Photoresistfilm F aufbringt. Sodann wird der Photoresistfilm F belichtet und entwickelt, wie aus Fig. 10 und 11 hervorgeht, nachdem ein kleiner Rand an der Innenseite des Aussenumfanges des Wafers S über eine konstante Breite H entfernt wurde, und die Musterbildung auf dem Wafer S wird entlang der äusseren Umriss des photoelektrischen Schwingungskörpers 1 im Schritt S3b vorgenommen. Fig. 11 bis Fig. 14 stellen Querschnittsansichten dar, die entlang der Schnittlinie B-B in Fig. 10 aufgenommen wurden.

**[0050]** Wie in Fig. 12 gezeigt ist, wird beim Ätzen zwecks Herstellung einer Maske durch den mustermässig aufgetragenen Photoresistfilm F der Metallfilm M, der nicht maskiert ist, selektiv abgetragen, und der Metallfilm M zeigt nun ein Muster, welches demjenigen des Photoresistfilms F ähnlich ist (Schritt S3c). Nun wird der Bereich des Metallfilms M abgelöst, der sich auf den beiden Hauptflächen des Wafers S innen am äusseren Umfang des Wafers S befindet, und zwar über eine konstante Breite H längs des gesamten Umfangs des Wafers S, und die Musterbildung kann entlang des äusseren Umfangs der piezoelektrischen Schwingungskörper 1 ausgeführt werden, d.h. entlang der Formen der beiden Schwingarmteile 2, 3 und des Basisteils 4. Dabei wird die Musterbildung an sämtlichen piezoelektrischen Schwingungskörpern 1 auf dem Wafer ausgeführt.

**[0051]** Insbesondere wird der Bereich des Metallfilms M entfernt, der sich am inneren Rand des Umfangs des Wafers S befindet, und zwar über die konstante Breite H, und daher kann dieser Bereich am Rande der Seitenfläche und an der Umfangsfläche, wo sich zuvor bei der Metallfilmbildung unerwünschtes Metall niedergeschlagen hat, vor dem Ätzen des Wafers S entfernt werden. Dabei werden die Anteile des gebildeten Metallfilms M, die übereinander liegen und mehrere komplizierte Schichten bilden, welche durch Umdrehen des Wafers S verursacht wurden, komplett entfernt. Dieser Anteil des Metallfilms ist derjenige, der wegen schlechten Anhaftens am Wafer S porös wird, und solche fehlerhaften Zonen können vollständig abgetragen werden.

**[0052]** Nun ist die Musterbildung auf dem Wafer beendet. Nach Beendigung dieses Verfahrensschrittes befindet sich der Wafer S in einem Zustand, bei dem ein Bereich der Breite H an der Innenseite des Umfangs des Wafers überall am Umfang freiliegt.

**[0053]** Nun wird in Schritt S4 der Photoresistfilm F wieder entfernt, siehe Fig. 13. Sodann ist in Fig. 14 gezeigt, dass nun der äussere Umriss der Schwingungskörper gebildet wird, indem sämtliche Substanz des Wafers S entfernt wird, die nicht zuvor mit der Maske versehen wurde. Dieses Entfernen gelingt durch Nassätzen des Wafers, wobei alle Bestandteile entfernt werden, die nicht von der Maske des Metallfilms M abgedeckt sind (Schritt S5).

**[0054]** Bei der Ausführung dieses Verfahrensschrittes wird die nutzbare Grösse der Fläche des Wafers um den Randbereich H verringert, der nicht abgedeckt war, wie es in Fig. 15A und 15B zu sehen ist. Auch auf diesem etwas kleiner gewordenen Wafer können die äusseren Formen der einzelnen piezoelektrischen Schwingungskörper 1 erzeugt werden, d.h. die äusseren Formen der beiden Schwingarmteile 2, 3 und des Basisteiles 4, auch wenn die Flächengrösse des Wafers S etwas kleiner geworden ist. Dabei bleiben die einzelnen piezoelektrischen Schwingungskörper 1 mit den restlichen Flächen des Wafers S verbunden, und zwar über nicht dargestellte Verbindungsteile.

**[0055]** Anschliessend wird der Metallfilm M, welcher die Maske bildet, abgelöst (Schritt S6). Sodann wird ein Schritt S7 zur Erzeugung von Elektroden ausgeführt; dabei werden jeweils die Erreger Elektrode 7, die Rückführungselektroden 10, 11 und die Anschlusselektroden 8, 9 durch Auftragen von nicht dargestellten Elektrodenfilmen erzeugt, und die äusseren Flächen sämtlicher piezoelektrischer Schwingungskörper 1 werden gebildet und eine Musterbildung wird vorgenommen. Weiterhin wird nach ähnlichen Verfahrensweisen der Film 12 des Ballastmetalls erzeugt (Schritt S8). Schliesslich wird ein Trennschritt durchgeführt, wobei die einzelnen piezoelektrischen Schwingungskörper 1 vom Wafer S abgetrennt und vereinzelt werden, indem die nicht dargestellten Verbindungsteile durchschnitten werden (Schritt S9). Auf diese Weise können sämtliche piezoelektrischen Schwingungskörper 1 gleichzeitig aus dem einzigen Wafer S hergestellt werden.

**[0056]** Insbesondere wird bei diesem erfindungsgemässen Herstellungsverfahren der Metallfilm M entfernt, der nur schlecht am Wafer S haftet, und zwar vor dem Ätzen der einzelnen Schwingungskörper, und daher besteht nicht die Gefahr, dass beim Nassätzen die Ätzlösung in die Grenzfläche zwischen dem Metallfilm M und dem Wafer S eindringt und die Oberfläche des Wafers S aufräut. Es ergibt sich, dass Fehlerstellen oder Risse am Wafer oder aber ein Bruch des Wafers im Verlauf der Herstellung vollständig vermieden werden können. Daher kann der piezoelektrische Schwingungskörper 1 auf effiziente Weise und ohne Unterbrechungen des Herstellungsverfahrens erzeugt werden, was zur Kostensenkung der Fabrikation beiträgt und eine hochqualitative Erzeugung piezoelektrischer Schwingungskörper 1 ermöglicht.

**[0057]** Beim oben beschriebenen Herstellungsverfahren wird bevorzugt, dass die konstante Breite H gleich oder grösser als 0,3 und gleich oder kleiner als 0,5 mm ist.

**[0058]** Auf diese Weise wird der Bereich des Metallfilms M auf beiden Seiten des Wafers S an der Innenkante des Umfangs des Wafers S um mindestens 0,3 mm auf dem ganzen Umfang des Wafers S, also auch auf den Seitenflächen, abgetragen, und damit wird der Bereich mit ungenügender Haftfestigkeit an den Seitenflächen und auf beiden Seiten des Wafers S zuverlässig entfernt. Daher kann beim Nassätzen die Oberfläche des Wafers S frei von Aufrauungen gehalten werden.

**[0059]** Weiterhin wird bevorzugt, dass die Breite des Randbereiches am Wafer S, wo der Metallfilm entfernt wird, gleich oder kleiner als 0,5 mm ist, und daher wird eine Verminderung der nutzbaren Oberfläche des Wafers S ausserordentlich klein gehalten. Der Wafer S kann weiterhin ohne Abfall verwendet werden, und die Anzahl der einzelnen piezoelektrischen Schwingungskörper 1, die auf dem Wafer hergestellt werden, bleibt gegenüber anderen Verfahren unverändert.

**[0060]** Nun soll eine Ausführungsform des piezoelektrischen Schwingungserzeugers beschrieben werden, in welchen der erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingungskörper eingebaut ist, und zwar unter Bezugnahme auf Fig. 16. Nach dieser Ausführungsform handelt es sich beim erfindungsgemässen piezoelektrischen Schwingungserzeuger um ein Modell eines Beispiels, bei dem der Schwingungserzeuger in ein zylindrisches Gehäuse eingebaut ist.

**[0061]** Wie in Fig. 16 gezeigt ist, weist ein piezoelektrischer Schwingungserzeuger 20 dieser Ausführungsform den piezoelektrischen Schwingungskörper 1, ein luftdichtes Anschlussstück 21 und ein Gehäuse 22 auf, welches in dem Verfahrensschritt luftdicht mit dem Anschlussstück 21 verbunden wird, wenn der piezoelektrische Schwingungskörper 1 in das Gehäuse eingebaut und mit ihm versiegelt wird.

**[0062]** Der luftdichte Anschluss 21 besteht aus einer Hülse 25, die eine ringförmige Gestalt aufweist, und zwei Anschlussdrähten 26, die die Hülse 25 durchsetzen und jeweils elektrisch und mechanisch mit den beiden Anschlusselektroden 8, 9 des piezoelektrischen Schwingungskörpers 1 über Anschlussperlen B verbunden sind, und aus einem Füllkörper 27, der die Hülse 25 ausfüllt und dabei die Anschlussdrähte 26 voneinander isoliert und hermetisch im Inneren des Gehäuses 22 einschliesst.

**[0063]** Die Hülse 25 ist zylinderförmig und aus einem metallischen Material hergestellt (beispielsweise aus Schmiedeeisen Fe, einer Eisen-Nickel-Legierung FeNi, einer Legierung aus Eisen, Nickel und Kobalt FeNiCo. Die Aussenumfangsfläche der Hülse 25 ist mit einem nicht dargestellten Metallfilm überzogen, beispielsweise aus einer Legierung aus Zinn und Kupfer oder aus Gold und Zinn oder auch anderen Metallen. Das Material des Füllstoffes 27 ist beispielsweise Borsilikatglas. Die beiden Enden der Anschlussdrähte 26 im Inneren des Gehäuses 22 werden als innere Anschlüsse 26a und die nach aussen über das Gehäuse 22 herausstehende Drähte werden mit 26b bezeichnet. Die äusseren Drähte 26b dienen als Anschlüsse für den Schwingungskörper.

**[0064]** Das Gehäuse 22 wird mit Presssitz mit der äusseren Umfangsfläche der Hülse 25 verbunden und gegen diese abgedichtet. Insbesondere wird das Gehäuse 22 durch Kaltschweissen mit der Hülse 25 vereinigt, indem man einen Metallfilm benutzt, der auf die Mantelfläche der Hülse 25 aufgetragen wurde. Das Gehäuse 22 wird unter Vakuum mit Presssitz an der Hülse befestigt, und dadurch wird der Raum, der im Inneren des Gehäuses 22 den piezoelektrischen Schwingungskörper 1 umgibt, hermetisch abgeschlossen und unter Vakuum gehalten.

**[0065]** Wie oben beschrieben, wird der piezoelektrische Schwingungserzeuger 20 im zylindrischen Gehäuse auf kostengünstige Weise mit dem Schwingungskörper 1 hergestellt, und man erhält ein Gerät von hoher Qualität. Daher wird eine kostengünstige und effiziente Produktion von piezoelektrischen Schwingungserzeugern 20 erreicht. Insbesondere kann das Innere des Gehäuses 22 unter Vakuum gebracht und dieses gehalten werden, und daher kann die Gebrauchsfähigkeit des Gerätes infolge unveränderlicher Schwingungen der Schwingarmteile 2, 3 verlängert werden.

**[0066]** Obschon die Ausführungsform eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers 20 anhand des Beispiels mit dem Einschluss in ein zylindrisches Gehäuse erläutert worden ist, beschränkt sich die Erfindung nicht auf diesen piezoelektri-

schen Schwingungserzeuger 20. Beispielsweise kann, wie in Fig. 17 und Fig. 18 gezeigt ist, auch ein piezoelektrischer Schwingungserzeuger mit einem keramischen Gehäuse hergestellt werden.

**[0067]** Der piezoelektrische Schwingungserzeuger 30 weist einen Grundkörper 31 mit einer im Inneren befindlichen Ausnehmung 31a auf. In dieser Ausnehmung 31a des Grundkörpers 31 befindet sich ein piezoelektrischer Schwingungskörper 1, und ein Deckel 32 ist auf dem Grundkörper 31 angebracht, in dem sich der piezoelektrische Schwingungskörper 1 befindet.

**[0068]** Der Grundkörper 31 enthält noch ein durchgehendes Zufuhrstück 33, das hermetisch eingesiegelt ist und an dessen innerem Vorderende eine Verbindungsperte B angeordnet ist. Die Perte B und die Anschlusselektroden 8, 9 des piezoelektrischen Schwingungskörpers 1 stellen eine mechanische und eine elektrische Verbindung dar. Das Zufuhrstück 33 ist an der Unterseite des Grundkörpers 31 zugänglich. Daher bildet die Durchführung 33 einen äusseren Anschluss, dessen eines Ende elektrisch von der Aussenseite zugänglich ist und dessen anderes Ende im Inneren des Grundkörpers elektrisch mit den Anschlusselektroden 8, 9 verbunden ist.

**[0069]** Der Grundkörper 31 ist mit Vakuum luftdicht versiegelt, wobei unterschiedliche Techniken zum Versiegeln angewendet werden können, beispielsweise die Schweissung durch Elektronenstrahlen im Vakuum, die Nahtschweissung im Vakuum oder die Versiegelung durch ein niedrig schmelzendes Glas, ein eutektisches Metall oder ähnliche Materialien. Auf diese Weise wird der piezoelektrische Schwingungskörper 1 im Inneren des Grundkörpers luftdicht eingeschlossen.

**[0070]** Auch der eben beschriebene piezoelektrische Schwingungserzeuger 30 kann mit verringerten Kosten und höherer Effizienz erzeugt werden. Insbesondere kann der Raum, der sich im Inneren des keramischen Gehäuses befindet, welches aus Grundkörper 31 und Deckel 32 besteht, unter Vakuum gehalten werden, und daher verbessert sich die Effizienz und die Lebensdauer der beiden Schwingarmteile 2, 3 wie bei der anderen Ausführungsform.

**[0071]** Nun soll eine Ausführungsform des erfindungsgemässen Oszillators unter Bezugnahme auf Fig. 19 erläutert werden.

**[0072]** Wie in Fig. 19 dargestellt ist, weist ein Oszillator 100 dieser Ausführungsform als Schwingungskörper den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 20 auf, der elektrisch mit einer integrierten Schaltung 101 verbunden ist. Der Oszillator 100 besitzt weiterhin eine Leiterplatte 103, auf der elektronische Bauteile 102 befestigt sind, etwa ein Kondensator oder andere Teile. Die Leiterplatte 103 trägt die integrierte Schaltung 101 für den Oszillator sowie den Schwingungskörper 1 des piezoelektrischen Schwingungserzeugers 20, der sich in der Nähe der integrierten Schaltung 101 befindet. Das elektronische Bauteil 102, die integrierte Schaltung 101 und der piezoelektrische Schwingungserzeuger 20 sind wie üblich durch Leiterbahnen elektrisch miteinander verbunden, was aber nicht dargestellt ist. Ausserdem nicht dargestellt sind elektrische oder elektronische Bauteile, die mit einem Harz vergossen sind.

**[0073]** Wenn an den Oszillator 100, der wie beschrieben aufgebaut ist, eine Spannung angelegt wird, die an den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 20 weitergeleitet wird, so wird der piezoelektrische Schwingungskörper 1 im Inneren des piezoelektrischen Schwingungserzeugers 20 in Vibration versetzt. Diese Vibration wird über die piezoelektrische Eigenschaft in ein elektrisches Signal umgewandelt, das am piezoelektrischen Schwingungskörper 1 anliegt, und gelangt als elektrisches Signal an den Eingang der integrierten Schaltung 101. In dieser Schaltung wird das eingegebene elektrische Signal auf verschiedene Weise verarbeitet und von der integrierten Schaltung 101 als Frequenzsignal ausgegeben. Auf diese Weise arbeitet der piezoelektrische Schwingungserzeuger 20 als Oszillator.

**[0074]** Die integrierte Schaltung 101 kann so ausgewählt werden, dass sie auch noch andere Funktionen enthält, beispielsweise eine Einstellmöglichkeit des Datums oder der Uhrzeit für den Betrieb des Gerätes oder einer äusseren Vorrichtung, die Angabe der Uhrzeit, des Datums oder noch andere Funktionen, zusätzlich zur Funktion als Oszillator, beispielsweise für einen Zeitmesser oder ähnliche Geräte durch Auswahl der RTC (Real Time Clock) usw. in Übereinstimmung mit einer Abfrage.

**[0075]** Beim Einbau in den Oszillator 100 gemäss dieser Ausführungsform, der oben beschrieben wurde, kann der darin enthaltene piezoelektrische Schwingungserzeuger 20 nach der Erfindung mit hoher Qualität und mit niedrigen Kosten erzeugt werden, und dadurch wird auch der Oszillator 100 mit niedrigen Kosten und mit hochqualitativen Eigenschaften zugänglich. Ausserdem liefert der Oszillator ein sehr genaues und hochkonstantes Frequenzsignal, welches über eine lange Zeitdauer stabil ist.

**[0076]** Als Nächstes soll eine Erläuterung einer Ausführungsform gegeben werden, bei der ein elektronisches Gerät nach vorliegender Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 20 vorgestellt wird. Dieses elektronische Gerät wird in Form eines Aufbauschemas beschrieben, das einen tragbaren Informationsapparat 110 mit dem piezoelektrischen Schwingungserzeuger 20 umfasst. Dieses tragbare Informationsgerät 110 der zu beschreibenden Ausführungsform wird zum Beispiel als Mobiltelefon ausgebildet und kann eine Armbanduhr des Standes der Technik ergänzen. Das Gerät ist ähnlich wie eine Armbanduhr ausgebildet, und eine Flüssigkristallanzeige ist vorgesehen, welche auf einem Anzeigeschirm die gewählte Nummer und die genaue Zeit anzeigt. Bei der Verwendung als nachrichtentechnisches Gerät wird das elektronische Gerät vom Handgelenk abgenommen und kann, ähnlich wie ein Mobiltelefon, als Nachrichtengerät dienen, zum Beispiel wie ein bekanntes Mobiltelefon, das an der Innenseite eines Bandes einen Lautsprecher und ein Mikrofon aufweist. Dieses elektronische Gerät 110 ist äusserst klein und leicht ausgeführt im Vergleich mit den Mobiltelefonen des Standes der Technik.

**[0077]** Nun soll dieses mobile Informationsgerät 110 der betreffenden Ausführungsform erläutert werden. Wie in Fig. 20 gezeigt ist, weist das Informationsgerät 110 den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 20 sowie eine Energiequelle 111 zur Energieversorgung auf. Dabei besteht die Energiequelle 111 aus einer aufladbaren Lithiumbatterie. Die Energiequelle 111 liegt parallel an einer Steuerschaltung 112, die verschiedene Steuerungen ausführt, an einem Zeitzähler 113, einer Kommunikationsschaltung 114 zur Ausführung einer Kommunikationsverbindung mit der Umgebung, einer Anzeige 115 zur Anzeige verschiedener Informationen, und einer Spannungsprüfschaltung 116 zur Ermittlung der Spannungen der einzelnen Funktionsgruppen. Weiterhin wird Energie von der Energiequelle 111 an die einzelnen Funktionsschaltungen geliefert.

**[0078]** Die Steuerschaltung 112 steuert das gesamte System zur Übertragung und zum Empfang von Sprachdaten, zum Messen oder zur Anzeige der Uhrzeit und anderer Informationen durch Überwachung der einzelnen Funktionsschaltungen. Ausserdem weist die Steuerschaltung 112 einen Festwertspeicher auf, der vorgängig mit Programmen versehen wurde, sowie eine Zentraleinheit CPU zum Auslesen und zur Ausführung der im Festspeicher ROM befindlichen Programme und auch einen flüchtigen Speicher RAM zur Zusammenarbeit mit der Zentraleinheit CPU.

**[0079]** Der Zeitzähler 113 besitzt eine integrierte Schaltung mit einer Oszillatorschaltung, einer Registerschaltung, einer Zählschaltung und den erforderlichen Schnittstellen sowie den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 20. Wenn an den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 20 eine Spannung angelegt wird, so tritt der piezoelektrische Schwingungskörper 1 in Schwingungen, und die Vibration wird in einem piezoelektrischen Element, beispielsweise einem Quarz, in ein elektrisches Signal umgewandelt. Dieses wird als elektrisches Signal in die Oszillatorschaltung eingespeist. Ein Ausgang der Oszillatorschaltung wird durch die Registerschaltung in Binärdaten umgewandelt und diese gezählt. Weiterhin wird ein Signal über Schnittstellenschaltungen in die Steuerschaltung 112 eingeleitet und von dieser ausgegeben, und die Uhrzeit, das Datum und andere Zeitinformationen werden auf der Anzeige 115 dargestellt.

**[0080]** Der Kommunikationsteil 114 weist Funktionen auf, die denjenigen bekannter Mobiltelefone ähnlich sind, und enthält eine drahtlose Schaltung (Funkschaltung) 117, eine Sprachverarbeitungsschaltung 118, eine Verbindungsschaltung 119, einen Verstärker 120, eine Schaltung zur Eingabe und zur Ausgabe von Sprache 121, eine Schaltung zur Eingabe einer Telefonnummer 122, einen Tongenerator 123 sowie eine Anrufspeicherschaltung 124.

**[0081]** Die drahtlose Steuerschaltung 117 empfängt oder sendet über eine Antenne 125 verschiedene Daten, beispielsweise Sprachdaten, im Austausch mit einer Basisstation. In der Sprachverarbeitungsschaltung 118 wird ein Sprachsignal kodiert und dekodiert, welches von der Funkschaltung 117 oder dem Verstärker 120 kommt. Der Verstärker 120 verstärkt ein Signal der Sprachverarbeitungsschaltung 118 oder der Schaltung 121 zur Aufnahme und Ausgabe von Sprache auf ein vorbestimmtes Niveau. Die Schaltung zur Aufnahme und Ausgabe von Sprache 121 besteht aus einem Lautsprecher, einem Mikrophon oder ähnlichen Elementen zur hörbaren Ausgabe von Sprache oder zu deren Aufnahme.

**[0082]** Der Tongenerator 123 für eintreffenden Ton erzeugt den von der Basisstation ankommenden Anruf. Die Schaltgruppe 119 schaltet den Verstärker 120 lediglich dann auf die Sprachverarbeitungsschaltung 118 und die Tonerzeugungsschaltung 123 für ankommende Sprache, wenn ein Signal empfangen wird, und dann wird der Tongenerator 123 für Anrufe über den Verstärker 120 mit der Schaltung für Spracheingang und -ausgang 121 zusammengeschaltet.

**[0083]** Der Anrufspeicher 124 enthält weiterhin ein Programm, welches auf die Steuerung ausgehender und ankommender Anrufe zur Kommunikation eingerichtet ist. Weiterhin enthält die Vorrichtung 122 zur Eingabe von Telefonnummern Zifferntasten 0 bis 9 sowie andere Tasten, und eine Telefonnummer für eine Sprechverbindung oder andere Verbindungen wird durch Betätigung der Zifferntasten gewählt.

**[0084]** Wenn eine Spannung, die an den einzelnen Funktionsbereichen der Steuerschaltung 112, von der Energieversorgung 111 kommend, anliegt und dann unter einen vorbestimmten Wert fällt, ermittelt die Spannungsprüfschaltung 116 den Spannungsabfall und informiert die Steuerschaltung 112. In diesem Zusammenhang ist unter der vorbestimmten Spannung ein Wert zu verstehen, der zuvor als minimale Spannung für einen stabilen Betrieb der Kommunikationsschaltungen 114 anzusehen ist, wobei dieser Minimalwert beispielsweise etwa 3V ist. Die Steuerschaltung 112, die von der Spannungsprüfschaltung 116 vom Spannungsabfall informiert wurde, sperrt nun den Betrieb der drahtlosen Schaltung 117, der Sprachverarbeitungsschaltung 118, der Schaltergruppe 119 und des Tongenerators 123. Insbesondere ist es unabdingbar, die Funkschaltung 117 abzuschalten, welche viel Strom verbraucht. Weiterhin wird in diesem Falle auf der Anzeige 115 eine Mitteilung angezeigt, dass die Kommunikationsschaltungen 114 wegen einer Störung der Batteriespannung ausser Betrieb gelangt sind.

**[0085]** Dabei wird der Betrieb der Kommunikationsschaltungen 114 unterbrochen, und die Mitteilung kann auf der Anzeige 115 durch die Spannungsprüfschaltung 116 und die Steuerschaltung 112 ausgegeben werden. Obschon die Nachricht mit Worten angezeigt werden kann, ist es möglich, eine Prüfmarkierung (x) zusammen mit einem Telefon-Ikon oben am Anzeigeschirm 115 als zusätzliche, sofort verständliche Information erscheinen zu lassen.

**[0086]** Wenn eine Schaltung 126 vorgesehen wird, die in der Lage ist, die Stromversorgung von bestimmten Schaltungen der Schaltungsgruppe 114 selektiv für die Kommunikation abzuschalten, kann die Funktion der Kommunikationsgruppe 114 zuverlässig angehalten werden.

**[0087]** Wie oben beschrieben wurde, wird für das mobile Informationsgerät 110 der betreffenden Ausführungsform ein hochqualitativer und preisgünstiger piezoelektrischer Schwingungserzeuger 20 zur Verfügung gestellt, und dadurch kann

auch das mobile Informationsgerät 110 als solches mit hoher Qualität und zu niedrigen Kosten erstellt werden. Zusätzlich können genaue Zeit- und Datuminformationen, die über lange Zeiträume stabil sind, angezeigt werden.

[0088] Als Nächstes soll eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen Funkuhr unter Bezugnahme auf Fig. 21 vorgestellt werden.

[0089] Wie in Fig. 21 gezeigt ist, enthält eine Funkuhr 130 dieser Ausführungsform einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger 20, der elektrisch mit einer Filterschaltung 131 verbunden ist, und diese Funkuhr ist mit einer Funktion ausgestattet, die eine automatische Zeitkorrektur vornimmt, wobei diese Funktion durch Empfang eines Standard-Funksignals verwirklicht wird, welches eine Zeitinformation enthält.

[0090] In Japan befinden sich Funksender (Sendestationen) zum Senden einer Standard-Funkwelle im Gebiet von Fukushima (40 kHz) und im Gebiet von Saga (60 kHz), welche Standard-Funkwellen verbreiten. Die Langwellenfrequenzen von 40 kHz oder 60 kHz werden vom Boden aus gesendet und an der Ionosphäre reflektiert, und diese beiden Sender überdecken daher ganz Japan. Ein funktioneller Aufbau der Funkuhr 130 soll nun in Einzelheiten erläutert werden.

[0091] Eine Antenne 132 empfängt das Standard-Funksignal des Langwellensenders mit einer Frequenz von 40 kHz oder 60 kHz. Das Standard-Funksignal der Zeitinformation über Langwelle, das als Zeitcode bezeichnet wird, besteht aus einer amplitudenmodulierten Trägerwelle mit einer Frequenz von 40 kHz oder 60 kHz. Das empfangene Standard-Funksignal wird im Verstärker 133 verstärkt und gefiltert und in der Filterschaltung 131 abgeglichen, welche mehrere piezoelektrische Schwingungserzeuger 20 enthält. Der piezoelektrische Schwingungserzeuger 20 gemäss der vorliegenden Erfindung weist jeweils Quarz-Schwingungserzeuger 138, 139 mit Resonanzfrequenzen von 40 kHz und 60 kHz, d.h. die gleichen Frequenzen wie die Trägerfrequenzen, auf.

[0092] Sodann wird das gefilterte Signal mit der vorbestimmten Frequenz ermittelt und in einer Schaltung 134 gleichgerichtet und decodiert. Anschliessend wird dem Signal in einer Wellenformschaltung 135 ein Zeitcode entnommen und in der Zentraleinheit (CPU) 136 gezählt. Die Zentraleinheit CPU 136 liest aus dem Signal die Informationen über das laufende Jahr, das Datum, den Wochentag, die Zeit und noch andere Daten aus. Die ausgelesenen Informationen werden der RTC-Schaltung 137 übermittelt, und eine genaue Zeitinformation wird angezeigt.

[0093] Da die Trägerwelle mit einer Frequenz von 40 kHz oder 60 kHz arbeitet, ist es bevorzugt, einen Schwingungserzeuger mit der Struktur einer Stimmgabel in den Schaltungen 138 und 139 zur Erzeugung von Schwingungen mit Hilfe eines Quarzes zu verwenden.

[0094] Obschon in den oben stehenden Erläuterungen auf das japanische Beispiel abgestellt wurde, kann die Frequenz des Standard-Funksignals in der Langwelle unterschiedlich sein. Beispielsweise wird in Deutschland für das Standard-Funksignal eine Trägerfrequenz von 77,5 kHz verwendet. Wenn die erfindungsgemässe Funkuhr 130 in anderen Ländern funktionieren soll, muss also ein piezoelektrischer Schwingungserzeuger eingebaut werden, dessen Resonanzfrequenz von derjenigen der japanischen Funkuhr abweichen kann.

[0095] Bei der eben beschriebenen Ausführungsform einer Funkuhr 130 ist in dieser der erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingungserzeuger 20 eingebaut, der hochqualitativ und mit niedrigen Kosten hergestellt werden kann, und daher besitzt die entsprechende Funkuhr ebenfalls eine hochqualitative Ausstattung und kann mit geringeren Kosten erzeugt werden. Darin wird die Zeit mit hoher Präzision gezählt und ist über lange Zeiträume stabil.

[0096] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen eingeschränkt. Zahlreiche Änderungen und Verbesserungen sind im Rahmen des Beanspruchten möglich, ohne dass der Schutzbereich der Erfindung verlassen wird.

[0097] Beispielsweise wird in den oben stehenden Ausführungen stets Bezug auf einen piezoelektrischen Schwingungskörper genommen, der nach dem Prinzip einer Stimmgabel aufgebaut ist und wie eine solche schwingt. Die Erfindung ist jedoch nicht auf solche Schwingungserzeuger eingeschränkt; beispielsweise können auch Schwingungskörper mit dickenveränderlicher Vibration verwendet werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingungskörpern aus einem Wafer, gekennzeichnet durch folgende Schritte:  
Ablagerung eines Metallfilms auf beiden Hauptflächen eines Wafers;  
Entfernen des Metallfilms am Umfang des Wafers mit konstanter Breite und anschliessendes musterständiges Entfernen von Bereichen des Metallfilms um die Umrissform der zu erzeugenden piezoelektrischen Schwingungskörper;  
Erzeugung der äusseren Umrissform jedes einzelnen der piezoelektrischen Schwingungskörper auf dem Wafer, wobei dessen Grösse durch eine schmale Zone vermindert wird, die sich am Rand und über den gesamten Umfang des Wafers erstreckt, indem eine Nassätzung des Wafers, der mit einer musterständigen Maske eines Metallfilms versehen ist, angewandt wird; und  
Entfernen des Metallfilms.
2. Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingungskörpern nach Anspruch 1, bei dem die konstante Breite gleich oder grösser als 0,3 mm und gleich oder kleiner als 0,5 mm ist.

## CH 698 569 A2

3. Piezoelektrischer Schwingungskörper, erhalten nach dem Verfahren zur Serienherstellung gemäss Anspruch 1 oder 2.
4. Piezoelektrischer Schwingungserzeuger, enthaltend den piezoelektrischen Schwingungskörper nach Anspruch 3.
5. Oszillator, enthaltend den piezoelektrischen Schwingungserzeuger nach Anspruch 4, der mit einer integrierten Schaltung als Schwingkreis elektrisch verbunden ist.
6. Elektronisches Gerät, enthaltend den piezoelektrischen Schwingungserzeuger nach Anspruch 4, der mit einer Zeitzählschaltung elektrisch verbunden ist.
7. Funkuhr, enthaltend den piezoelektrischen Schwingungserzeuger nach Anspruch 4, der mit einem Filterglied elektrisch verbunden ist.

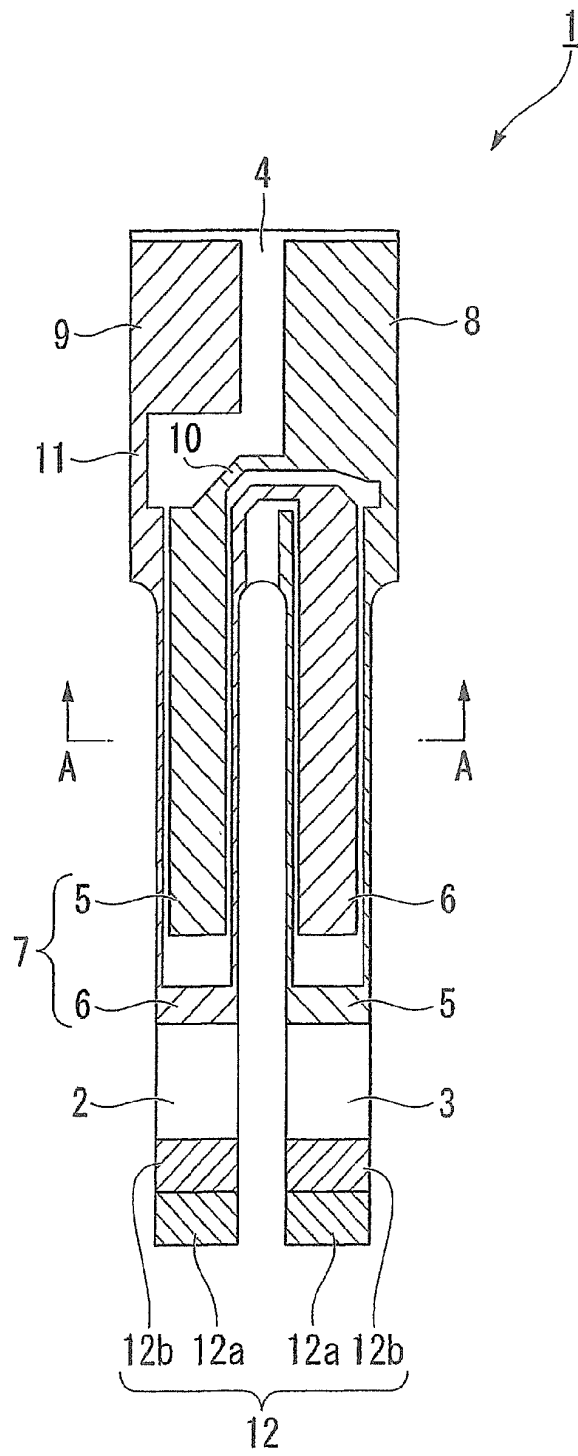


FIG. 2

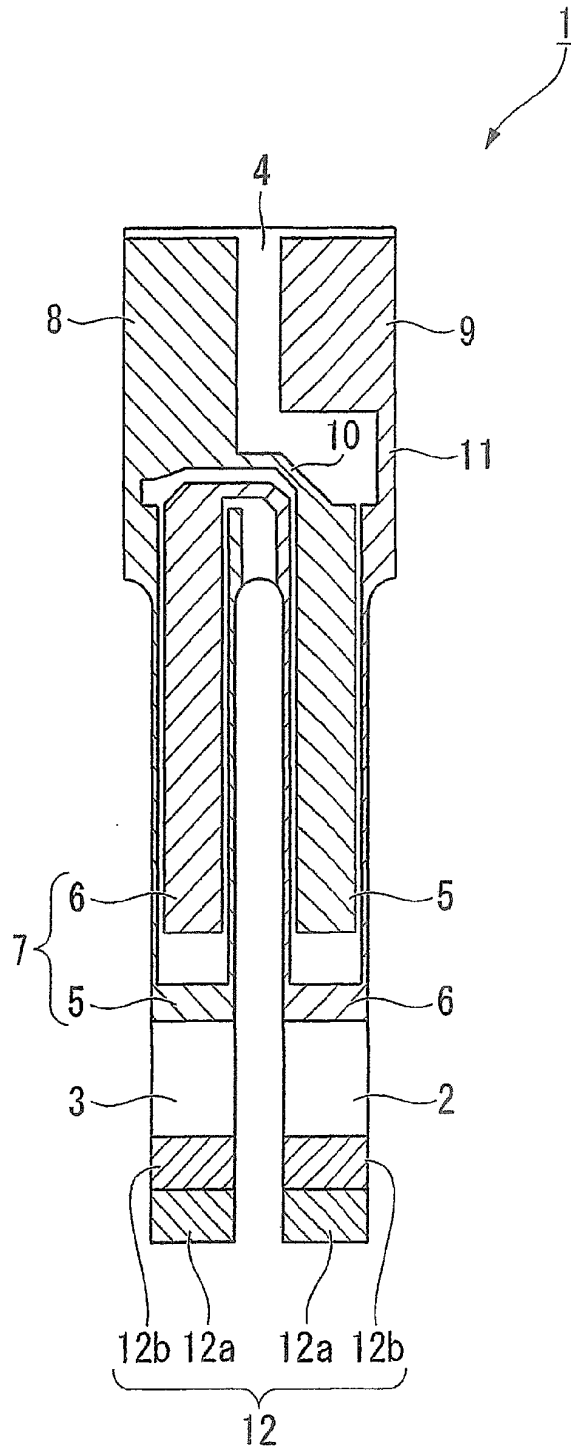


FIG. 3A

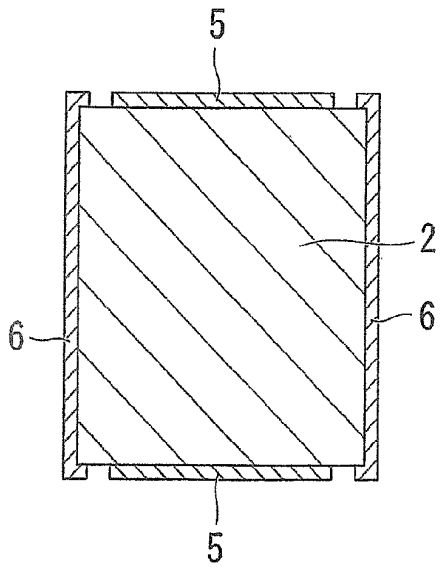


FIG. 3B

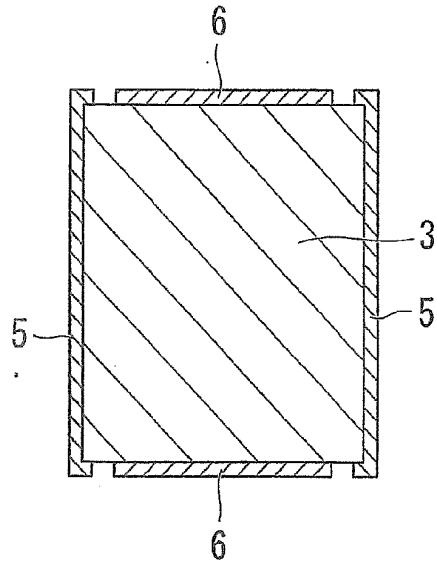


FIG. 4

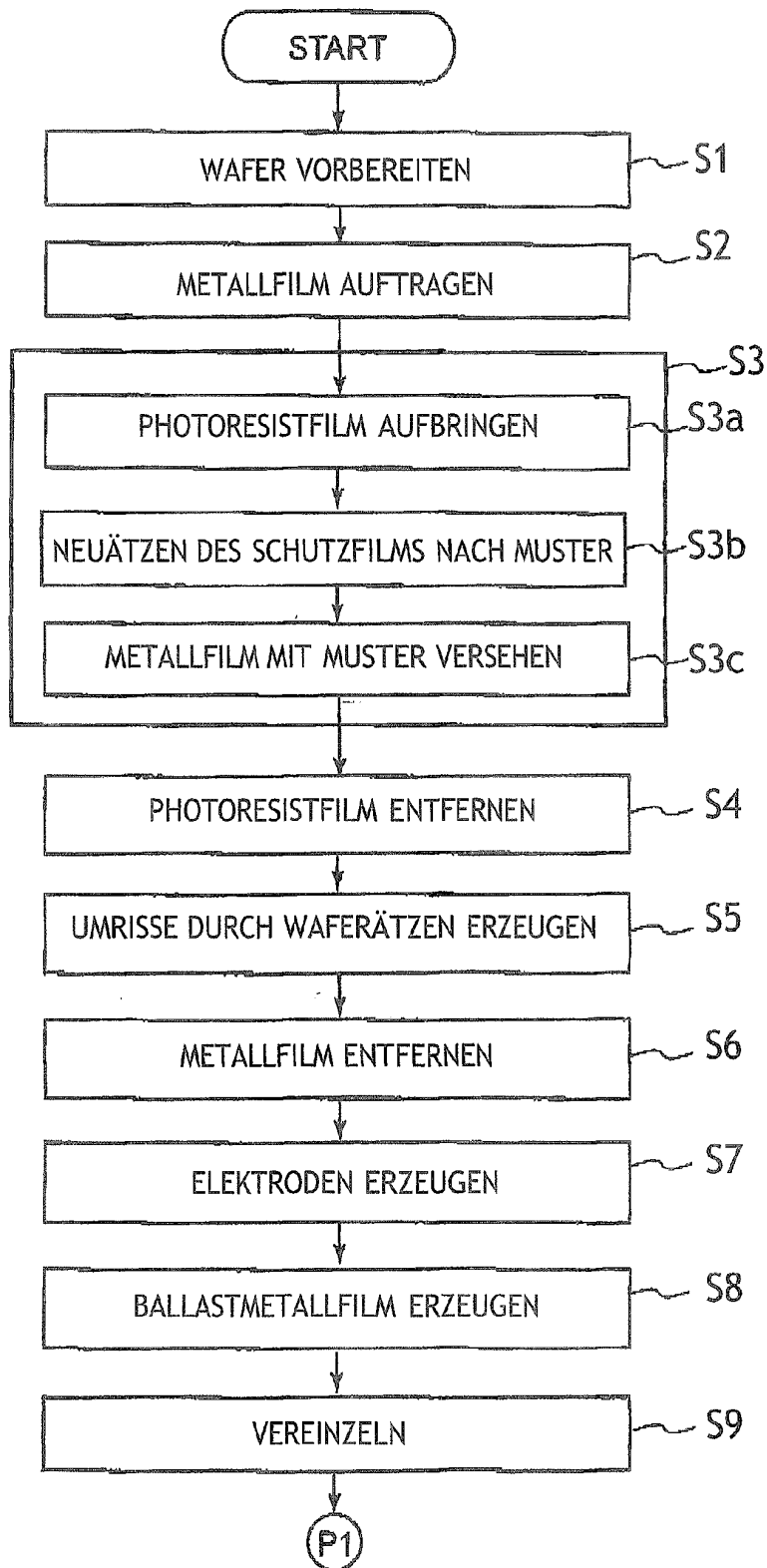


FIG. 5

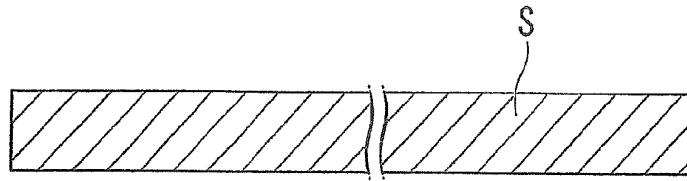


FIG. 6A

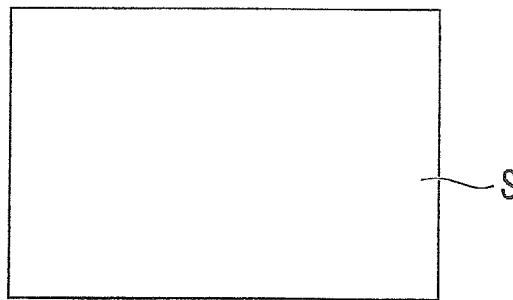


FIG. 6B

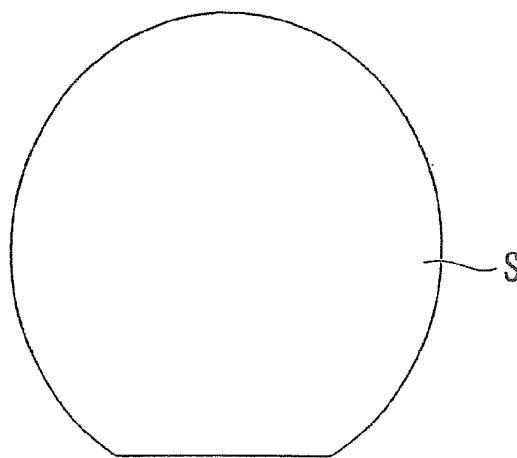


FIG. 7

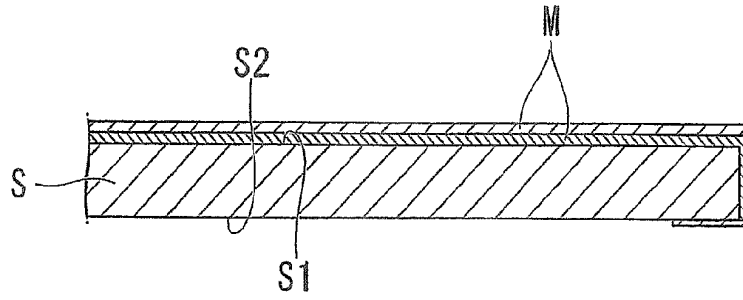


FIG. 8

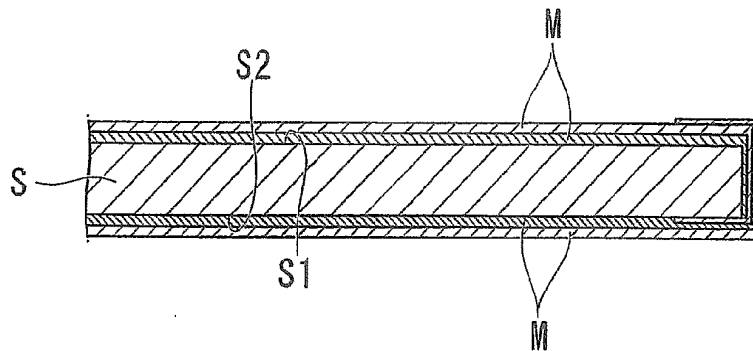


FIG. 9

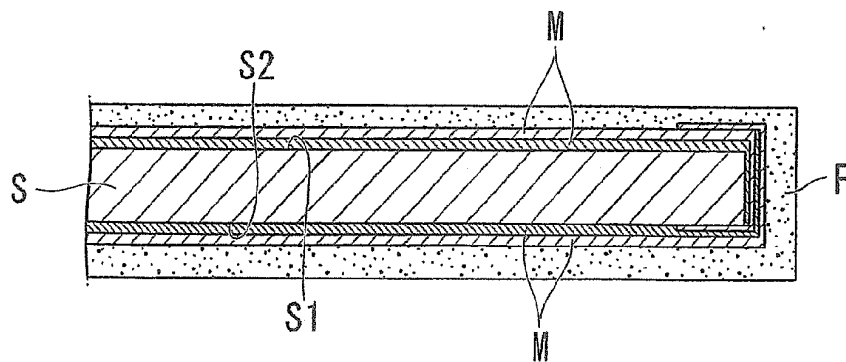


FIG. 10

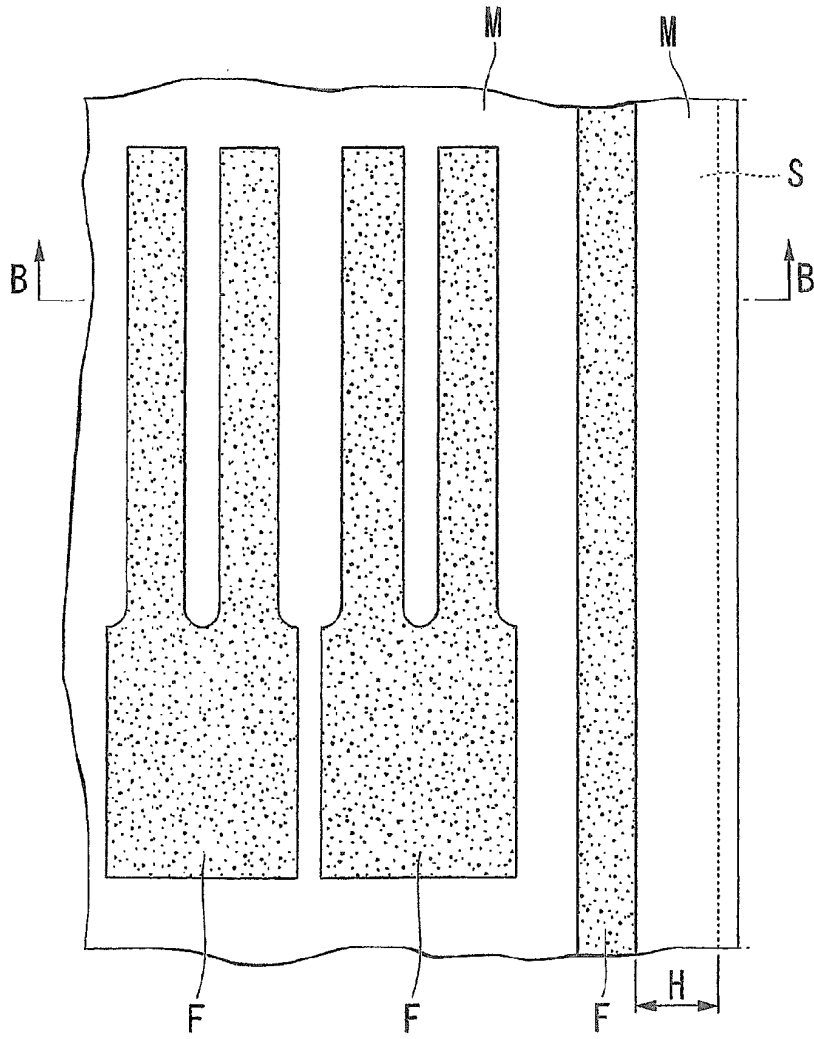


FIG. 11

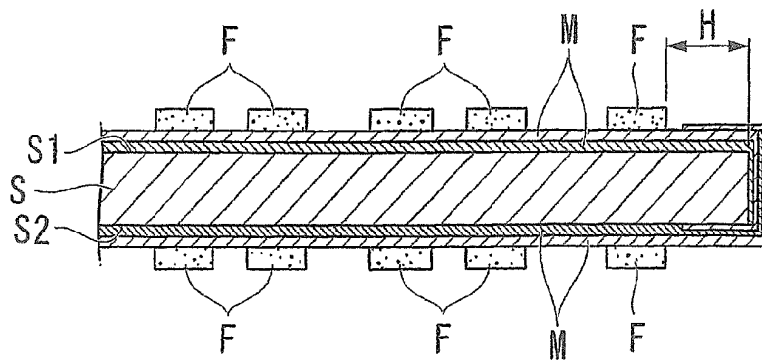


FIG. 12

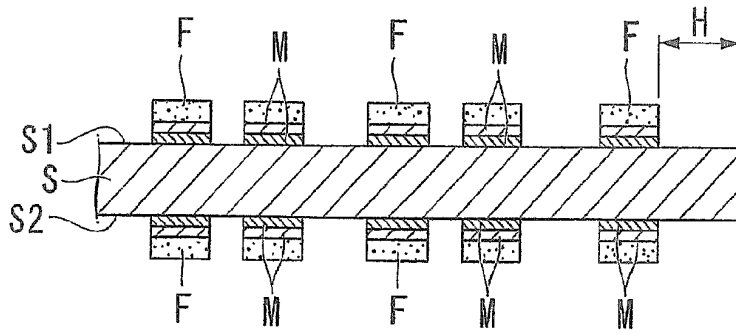


FIG. 13

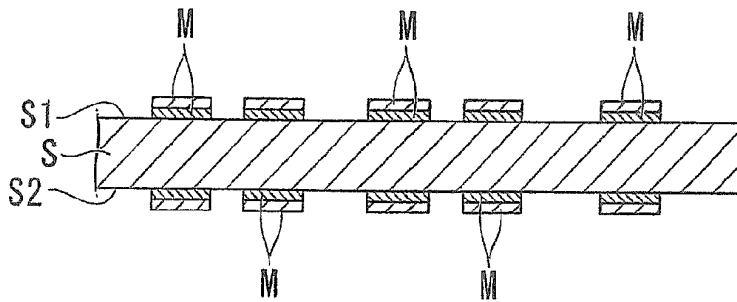


FIG. 14

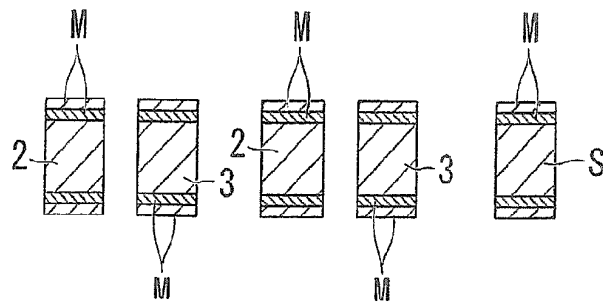


FIG. 15A

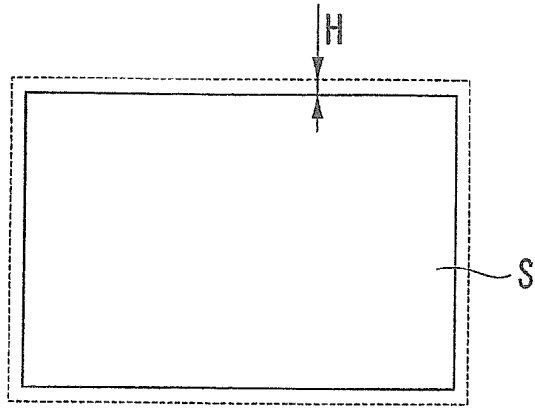


FIG. 15B

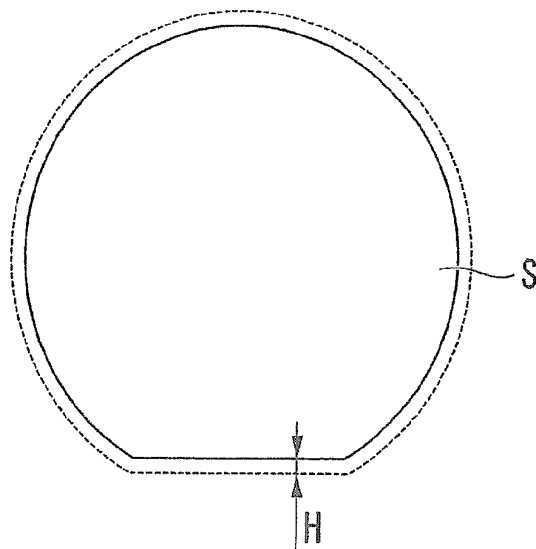


FIG. 16

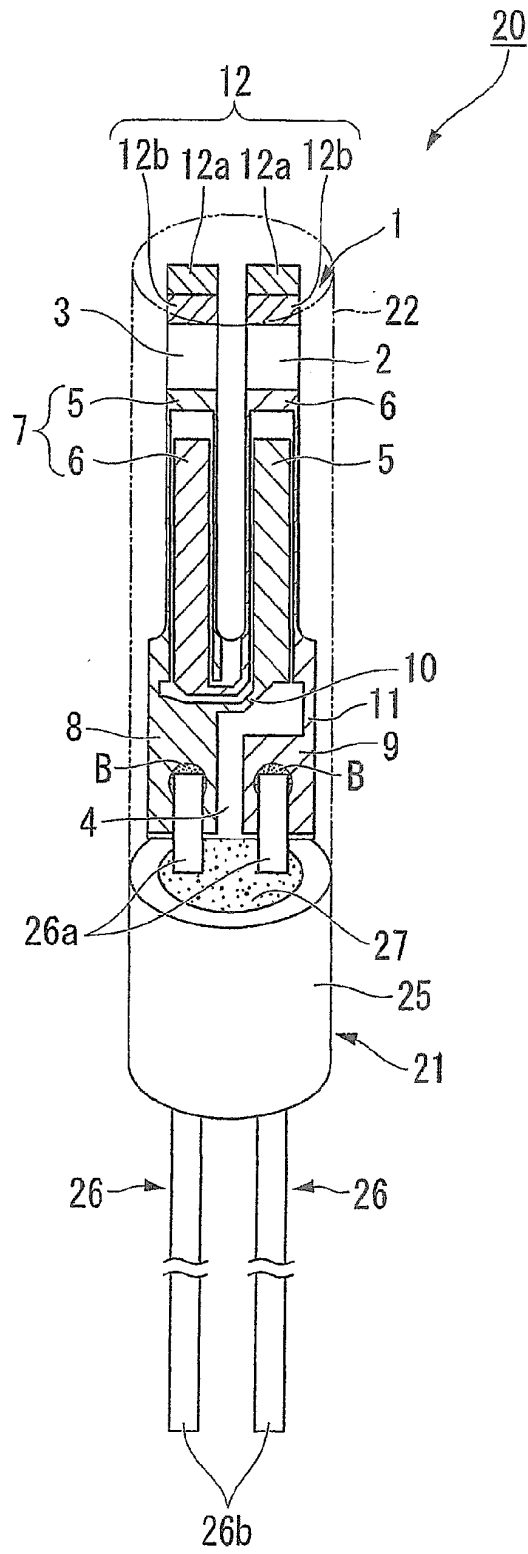


FIG. 17

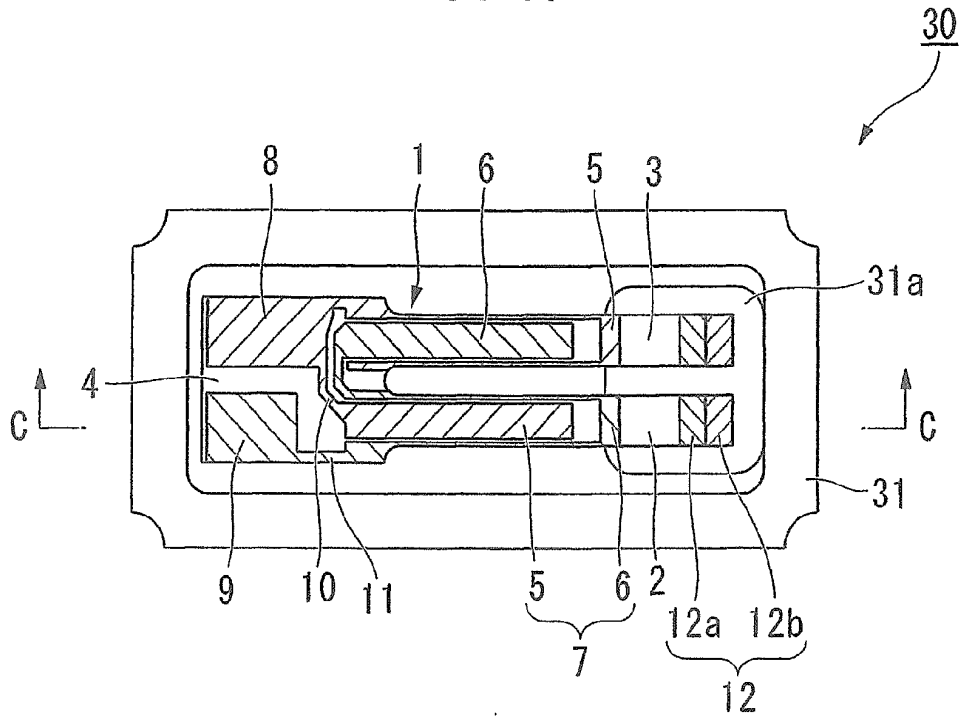


FIG. 18

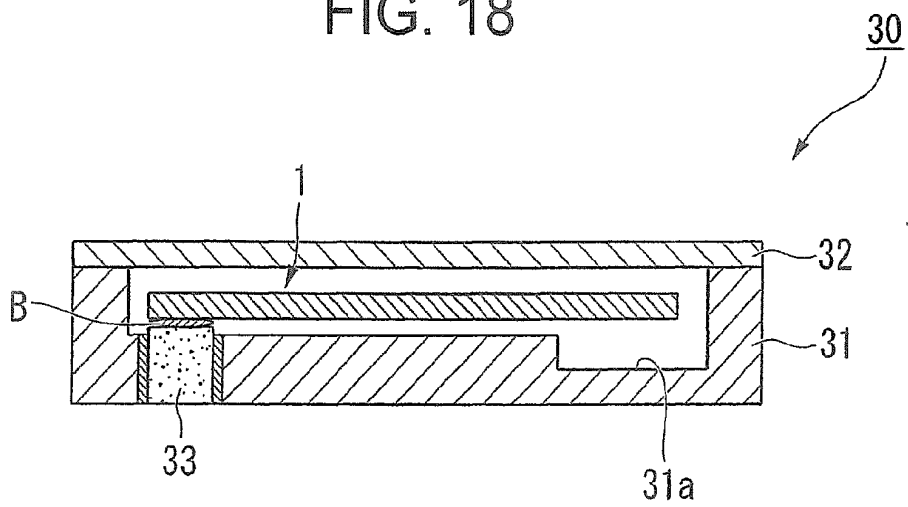


FIG. 19

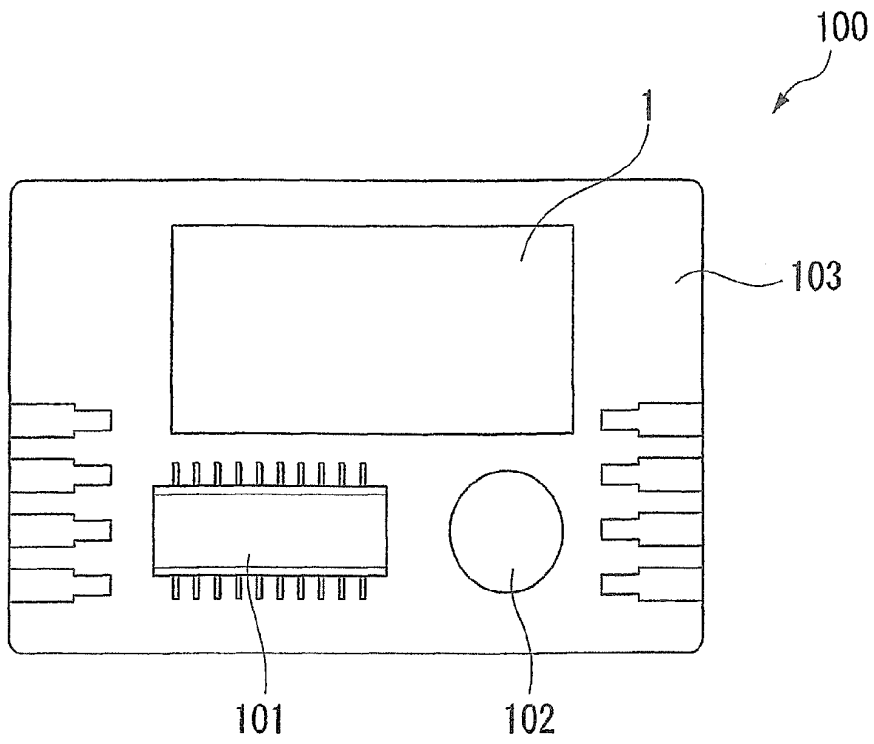


FIG.20

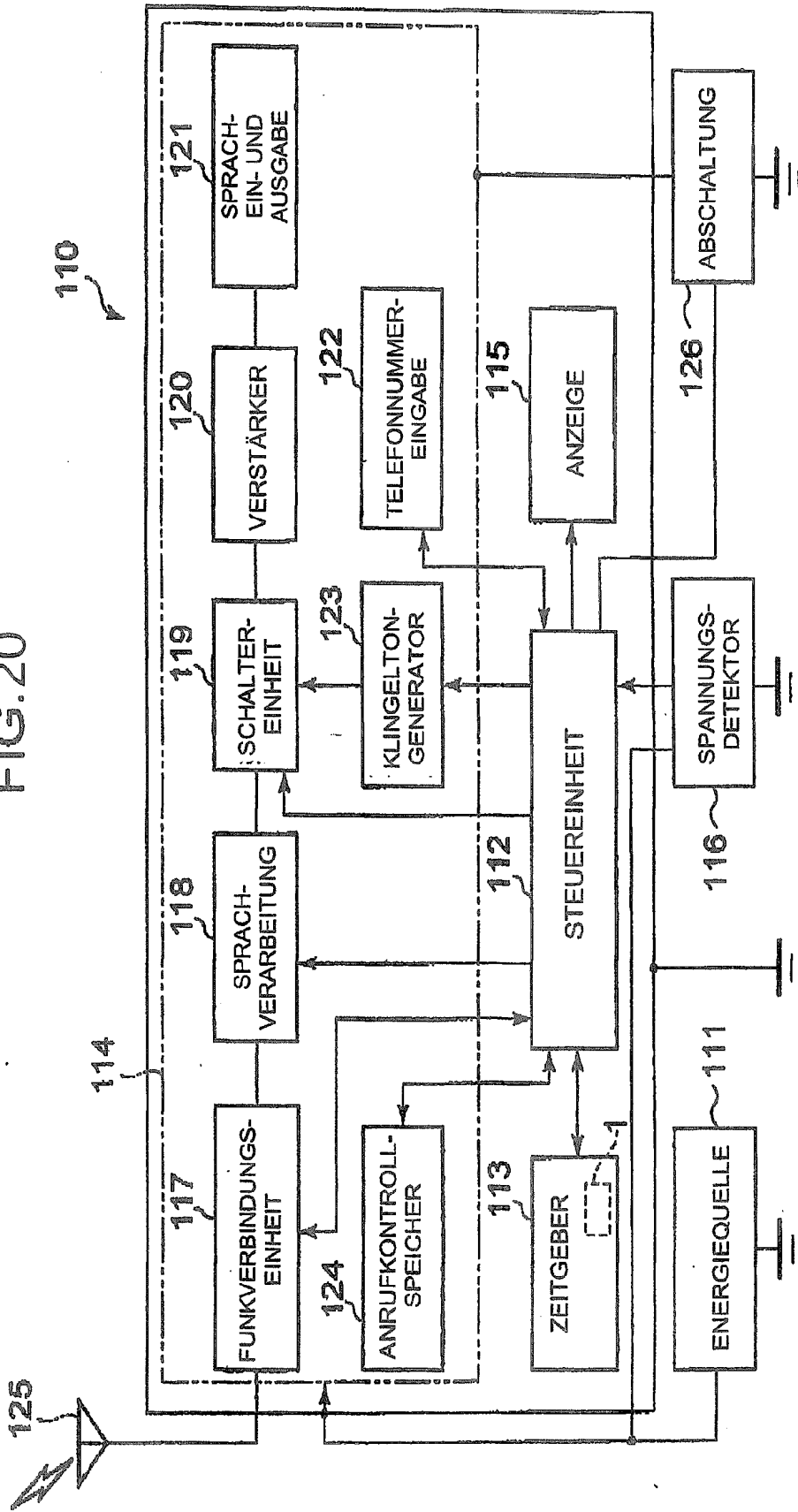


FIG. 21

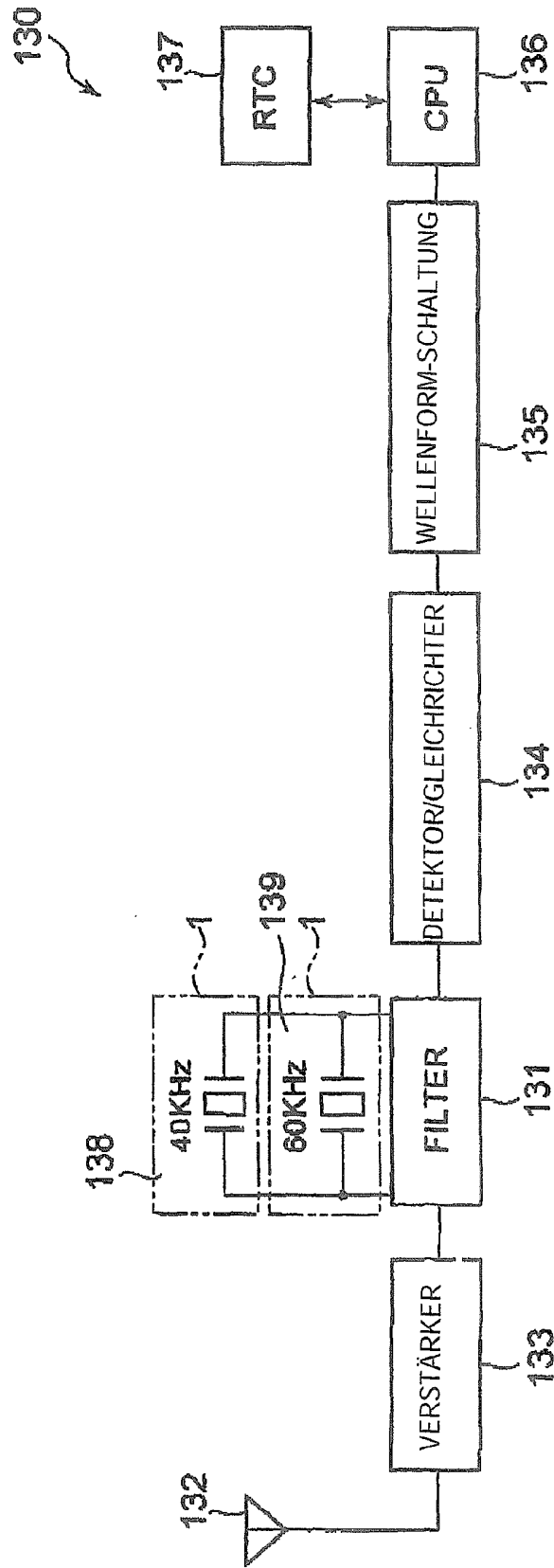


FIG. 22

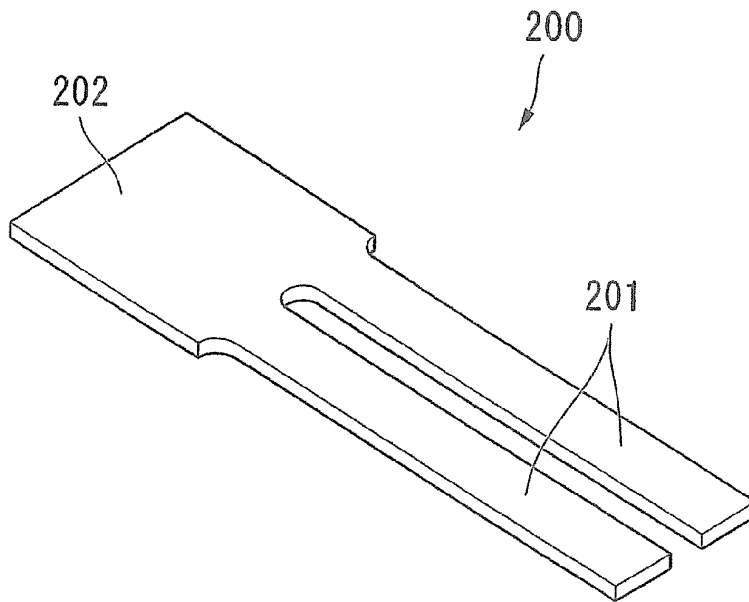


FIG. 23

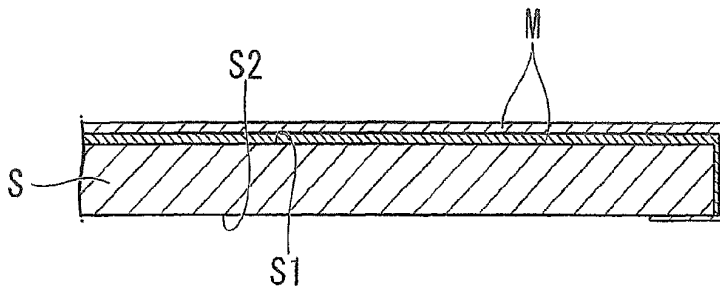


FIG. 24



FIG. 25

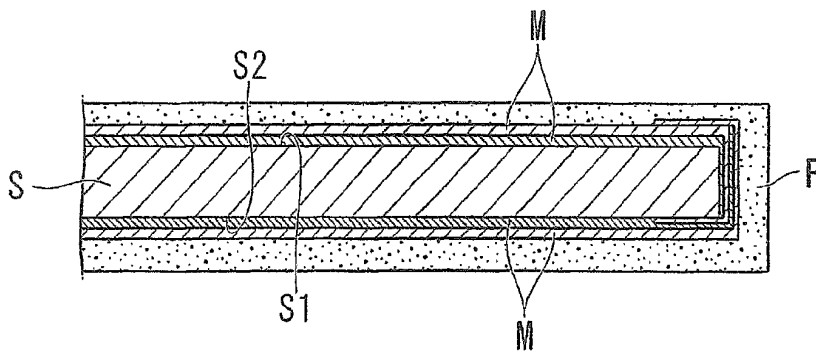




FIG. 28

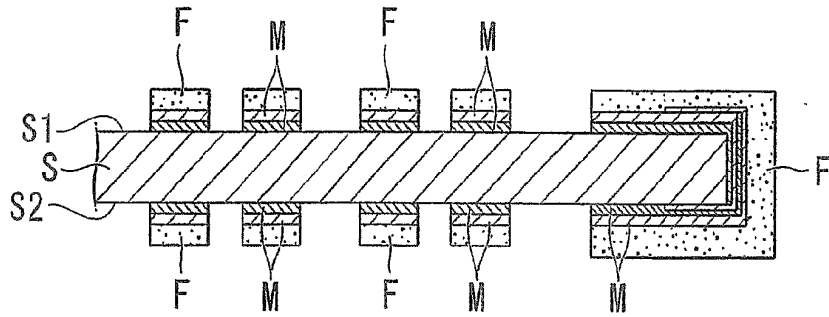


FIG. 29

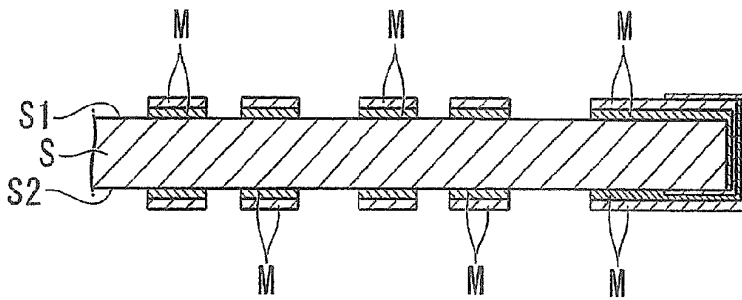


FIG. 30

