



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 698 480 A2

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

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

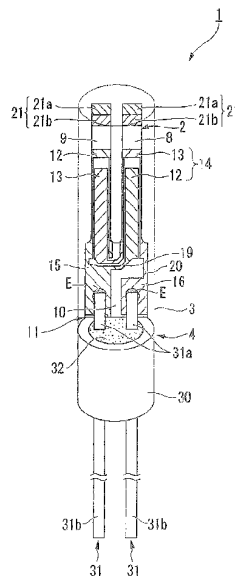
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

<p>(21) Anmeldenummer: 00129/09</p> <p>(22) Anmeldedatum: 28.01.2009</p> <p>(43) Anmeldung veröffentlicht: 14.08.2009</p> <p>(30) Priorität: 14.02.2008 JP 2008-033068</p>	<p>(71) Anmelder: Seiko Instruments Inc., 8, Nakase 1-chome, Mihama-ku Chiba-shi, Chiba (JP)</p> <p>(72) Erfinder: Takashi Kobayashi, Chiba (JP)</p> <p>(74) Vertreter: Bovard AG Patentanwälte, Optingenstrasse 16 3000 Bern 25 (CH)</p>
--	---

(54) Verfahren zur Herstellung piezoelektrischer Schwingkörper, piezoelektrischer Schwingkörper, Wafer, piezoelektrischer Schwingungserzeuger, Oszillator, elektronisches Gerät sowie Funkuhr.

(57) Bei Schwingkörpern, die in einem Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingkörpern nach der Erfindung hergestellt werden, wird die Frequenz exakt, leicht und effizient eingestellt, ohne dass dieser Vorgang von der Grösse des Schwingkörpers beeinflusst wird, und die Wartung der Schwingkörper ist weniger kostspielig. In den Schwingkörpern befinden sich eine piezoelektrische Platte (11), ein Paar Erreger Elektroden (12, 13) und ein Paar Anschlusselektroden (15, 16). Im Verfahren wird ein Wafer verwendet, auf dem zunächst der Rahmen mehrerer piezoelektrischer Platten, die über ein Verbindungsstück mit dem jeweiligen Rahmen verbunden sind, ausgeätzt wird. Sodann werden im folgenden Schritt Elektroden und Anschlusselektroden sowie eine gemeinsame Elektrode an allen Platten gleichzeitig angebracht. Diese Elektrode ist mit jeweils einer Anschlusselektrode (15) aller piezoelektrischen Platten über das Verbindungsstück elektrisch verbunden. Es folgt ein Schritt zur Einstellung der Schwingfrequenz, bei dem eine Erregerspannung an die gemeinsame Elektrode einerseits und an sämtliche freien Anschlusselektroden (16) andererseits angelegt wird. Schliesslich wird nach der Frequenzeinstellung das Verbindungsstück getrennt, und die Schwingkörper werden einzelt.



## Beschreibung

### Hintergrund der Erfindung

#### Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingkörpern, auf einen piezoelektrischen Schwingkörper, welcher nach dem Verfahren hergestellt wurde, auf einen Wafer zur Verwendung bei der Herstellung des piezoelektrischen Schwingkörpers, einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger, in welchen der piezoelektrische Schwingkörper eingebaut ist, auf einen Oszillator, ein elektronisches Gerät und ausserdem auf eine Funkuhr, welche mit dem piezoelektrischen Schwingungserzeuger ausgerüstet ist.

#### Beschreibung des Standes der Technik

[0002] In den letzten Jahren wird in Mobiltelefone, d.h. im Allgemeinen in mobile Informationsgeräte, ein piezoelektrischer Schwingungserzeuger eingebaut, bei dem ein Quarz o.a. als zeithaltendes Element, als Zeitgeber für ein Steuersignal o.a. oder für ein Bezugssignal o.a. dient. Als piezoelektrischer Schwingungserzeuger dieser Art sind verschiedene Elemente bekannt geworden, und es sind beispielsweise ein piezoelektrischer Schwingungserzeuger mit einem piezoelektrischen Schwingkörper in Form einer Stimmgabel, ein piezoelektrischer Schwingungserzeuger mit einem piezoelektrischen Schwingkörper zur Ausführung einer dickenveränderlichen Schwingung und ähnliche Elemente bekannt geworden.

[0003] In den Fig. 20 und 21 sind piezoelektrische Schwingkörper des Standes der Technik mit einer Konstruktion nach Art einer Stimmgabel dargestellt. Dabei weist ein piezoelektrischer Schwingkörper 201 eine piezoelektrische Platte 212 mit zwei Schwingarmen 210 auf, die parallel zueinander angeordnet sind, sowie ein Basisteil 211, an dem einstückig untere Endseiten der beiden Schwingarme 210 angeformt sind, weiterhin zwei Erregerelektroden 213, die sich an äusseren Oberflächen der Schwingarme 210 erstrecken und die beiden Schwingarme 210 in Schwingung versetzen können, und schliesslich noch Anschlusselektroden 214, die elektrisch mit den jeweiligen zugehörigen Erregerelektroden 213 verbunden sind. Beim piezoelektrischen Schwingkörper 201 treten die beiden Schwingarme 210 in Schwingung, und zwar in Richtungen, welche die beiden Arme aneinander annähern und voneinander entfernen, wenn über die beiden Anschlusselektroden 214 eine vorbestimmte Erregerspannung an die beiden Erregerelektroden 213 angelegt wird. Weiterhin ist bei dieser Ausführungsform ein Gewicht aus einem Metallfilm 215 auf die Vorderenden der Schwingarme 210 plattiert und dient zur Frequenzeinstellung, damit die beiden Schwingarme 210 mit der gleichen vorbestimmten Frequenz schwingen können.

[0004] Es ist bekannt, eine ganze Anzahl solcher piezoelektrischen Schwingkörper 201 unter Verwendung eines Wafers gleichzeitig herzustellen, der aus einem piezoelektrischen Material besteht, beispielsweise aus Quarz, Lithiumtantalat, Lithiumniobat oder ähnlichen Kristallen (siehe beispielsweise die japanische Patentveröffentlichung JP-A-7-212 161).

[0005] Wie insbesondere aus Fig. 22 hervorgeht, wird zunächst ein roh bearbeiteter Kristall eines piezoelektrischen Materials zu einem Wafer S geschnitten, und danach wird der Wafer S auf eine vorbestimmte Dicke poliert. Nach dem Reinigen und Trocknen des polierten Wafers S wird eine äussere Form der piezoelektrischen Platte 212 durch photolithographisches Ätzen erzeugt, und ein bestimmtes Muster eines Metallfilms wird aufgebracht und bildet die Elektroden sowie die metallische Gewichtsfolie 215. Sodann werden die einzelnen piezoelektrischen Platten 212 vom Wafer S getrennt, und es können mehrere piezoelektrische Schwingkörper 201 aus einem einzigen Wafer gleichzeitig hergestellt werden.

[0006] Im Verlauf der Herstellung wird normalerweise eine Grobeinstellung der Frequenz der piezoelektrischen Platte 212 vor dem Abtrennen der einzelnen Schwingkörper ausgeführt. Dazu wird insbesondere zuerst ein Paar zusammengehörender Schwingarme 210 in Schwingung versetzt, indem eine Erregerspannung an den Anschlüssen eines Frequenzeinstellgerätes (beispielsweise eine Oszillatorschaltung, ein Netzwerkanalysator oder ähnliche Geräte) an die beiden Anschlusselektroden 214 angelegt wird. Sodann wird das Gewicht des Metallfilms 215 mit einem entsprechenden Gerät verändert (beispielsweise einem Laser oder einem anderen Apparat des Frequenzeinstellgerätes), wobei die Frequenz ständig vom Frequenzeinstellgerät gemessen wird. Auf diese Weise kann eine Einstellung der Schwingfrequenz vorgenommen werden.

[0007] Bei der Herstellung der piezoelektrischen Schwingkörper treten jedoch die folgenden Probleme auf:

[0008] Zunächst ist es bei der Ausführung einer Frequenzeinstellung an der piezoelektrischen Platte erforderlich, die Anschlüsse des Apparats zur Frequenzeinstellung an die beiden Anschlusselektroden der Platte zu bringen. Das heisst, dass es erforderlich ist, die beiden Anschluss-Elektroden der betreffenden piezoelektrischen Platte an das Gerät anzuschliessen. Die beiden Anschlusselektroden befinden sich parallel ausgebildet an der äusseren Oberfläche der piezoelektrischen Platte mit einer Breite von nur einigen hundert  $\mu\text{m}$ . Um den elektrischen Kontakt präzise erstellen zu können, ist es notwendig, die beiden Anschlüsse des Frequenzeinstellgerätes so nahe aneinander zu bringen, dass die beiden Anschlusselektroden sicher kontaktiert werden können. Es liegt auf der Hand, dass es schwierig ist, die einzelnen Anschlüsse zu verwirklichen, weil diese Einstellung mit grösster Sorgfalt erfolgen muss. Die Ausführung der Frequenzeinstellung ist äusserst zeitraubend, und eine effiziente Ausführung ist nicht möglich.

[0009] Weiterhin ist in den letzten Jahren die Grösse der piezoelektrischen Schwingkörper immer mehr zurückgegangen, und der Abstand zwischen den beiden Anschlusselektroden hat sich entsprechend verringert.

[0010] Um die Einstellung der Frequenz so effizient wie möglich zu gestalten, wird im Stand der Technik vorgeschlagen, zwei Anschlüsse des Geräts zur Frequenzeinstellung mit mehreren piezoelektrischen Platten gleichzeitig zu verbinden, um eine Frequenzmessung an mehreren piezoelektrischen Platten parallel ausführen zu können, anstatt die einzelnen piezoelektrischen Platten nacheinander durchzumessen. Beispielsweise wird ein Verfahren angegeben, die auf dem Wafer in einer Reihe befindlichen piezoelektrischen Platten reihenweise zu vereinzeln und die Frequenzmessung an den jeweiligen Reihen durchzuführen. Obschon dadurch einerseits die Verfahrenseffizienz gesteigert werden kann, ist es andererseits erforderlich, die Anzahl der Endanschlüsse eines Gerätes zur Frequenzeinstellung so zu vermehren, dass sie das Doppelte der Anzahl der piezoelektrischen Platten beträgt, die gleichzeitig in Schwingung zu versetzen sind. Es ist daher unumgänglich, zunächst eine ganze Anzahl von Endanschlüssen vorzubereiten, und daher können die Verfahrenskosten nicht verringert werden. Weiterhin ist die Einstellung der Endanschlüsse nach wie vor schwierig, selbst wenn es möglich ist, die beiden Anschlüsse genau an eine piezoelektrische Platte zu bringen, wie es oben beschrieben wurde. Demgegenüber ist es bei einer gleichzeitigen Ausführung der Frequenzeinstellung erforderlich, gleichzeitig und genau eine Anzahl von Endanschlüssen in Kontakt mit den Anschlusselektroden mehrerer piezoelektrischer Platten zu bringen, und dies führt zu einer erneuten Schwierigkeit beim Einstellverfahren.

[0011] Ausserdem wird der Abstand zwischen zwei benachbarten piezoelektrischen Platten auf dem Wafer immer kleiner, da es angestrebt wird, die piezoelektrischen Schwingkörper so klein wie möglich zu machen. Man steht daher vor der Aufgabe, den Kontakt von jeweils zwei Anschlüssen des Einstellgerätes an die piezoelektrischen Platten weiterhin genau vornehmen zu müssen.

[0012] Wenn man die Anzahl der Anschlüsse am Gerät zur Einstellung der Frequenz vermehrt, ist es nötig, mehrere Schritte zur Erstellung der Anschlüsse hinzuzufügen. Obschon die Frequenzeinstellung als solche dadurch effizienter wird, dass die Frequenzmessung an mehreren piezoelektrischen Platten gleichzeitig vorgenommen werden kann, ist es jedoch nachteilig, dass für die Herstellung und Wartung der Anschlüsse viel mehr Zeit und Verfahrensschritte erforderlich sind.

### **Zusammenfassung der Erfindung**

[0013] Die Erfindung hat sich zum Ziel gesetzt, die oben besprochenen Nachteile zu überwinden, und es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingkörpern anzugeben, bei dem eine Frequenzeinstellung leicht, genau und effizient ausgeführt werden kann, ohne dass die Grösse des piezoelektrischen Schwingkörpers eine Rolle spielt, und welches in der Lage ist, eine Wartung und Pflege mit geringen Kosten und auf bessere Weise ausführen zu können. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist ein piezoelektrischer Schwingkörper, der nach dem Herstellungsverfahren erhalten wird, und ein Wafer, der bei der Serienfertigung der piezoelektrischen Schwingkörper Verwendung findet.

[0014] Noch eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers, welcher den piezoelektrischen Schwingkörper enthält, sowie eines Oszillators, eines elektronischen Geräts und einer Funkuhr, welche alle den piezoelektrischen Schwingungserzeuger enthalten.

[0015] Die Erfindung schafft die folgenden Mittel zur Lösung der Aufgabe.

[0016] Das Verfahren zur Serienherstellung gemäss vorliegender Erfindung betrifft Schwingkörper, die jeweils eine piezoelektrische Platte; ein Paar Erregerelektroden an einer Aussenfläche der piezoelektrischen Platte, welche diese piezoelektrische Platte in Schwingungen versetzen können, wenn an die Elektroden eine vorbestimmte Erregerspannung angelegt wird; und ein Paar Anschlusselektroden an einer unteren Endseite der piezoelektrischen Platte, welche mit den Erregerelektroden elektrisch verbunden sind, aufweisen.

[0017] Dabei wird ein Wafer aus einem piezoelektrischen Material verwendet, und das Verfahren weist mehrere Schritte auf. Der erste Schritt ist die Ausbildung der äusseren Form, bei der ein Rahmen erzeugt wird sowie die einzelnen piezoelektrischen Platten ausgearbeitet und mit dem Rahmenteil über ein Verbindungsteil freitragend verbunden werden, wobei die unteren Endseiten der piezoelektrischen Platten gegen das Rahmenteil gerichtet sind und der Wafer durch Anwendung einer photolithographischen Technologie geätzt wird.

[0018] Als nächster Schritt folgt die Ausbildung der Elektroden, bei der jeweils die paarweise vorhandenen Erregerelektroden und Anschlusselektroden an den piezoelektrischen Platten erzeugt werden; ausserdem wird eine gemeinsame Elektrode gebildet, die über das Verbindungsteil mit einer Elektrode an einer Seite jeder Platte mit dem Rahmenteil elektrisch verbunden ist, was durch ein mustermässiges Aufbringen eines Elektrodenfilms auf den Wafer vorgenommen wird.

[0019] Sodann folgt eine Frequenzeinstellung, bei der eine Schwingungsfrequenz der piezoelektrischen Platte eingeregelt wird, während diese piezoelektrische Platte durch Anlegen einer Erregerspannung zwischen der gemeinsamen Elektrode einerseits und der einen Anschlusselektrode andererseits in Schwingungen versetzt wird.

[0020] Schliesslich wird ein Schneidvorgang ausgeführt, bei dem die piezoelektrischen Platten durch Auftrennen des Verbindungsteils vereinzelt werden.

[0021] Der erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingkörper, der durch Auftrennen eines Verbindungsteils hergestellt wurde, welches den Schwingkörper freitragend mit dem Wafer verbindet, weist folgende Bestandteile auf: eine piezoelektrische Platte, die an ihrem unteren Seitenende das Verbindungsteil trägt; zwei Erregerelektroden an einer Aussenfläche

der piezoelektrischen Platte zwecks Schwingungserzeugung in dieser piezoelektrischen Platte, wenn an die Elektroden eine vorbestimmte Erregerspannung angelegt wird; und zwei Anschlusselektroden an der unteren Endseite der piezoelektrischen Platte, die jeweils elektrisch mit den Erregerelektroden verbunden sind, wobei die eine Anschlusselektrode zu einem Zeitpunkt vor der Auftrennung des Verbindungsteils auf der einen Seite des Schwingkörpers in Verbindung mit einem Randende der unteren Endseite der piezoelektrischen Platte und dem Verbindungsteil steht.

**[0022]** Beim Verfahren zur Serienherstellung des piezoelektrischen Schwingkörpers und beim erfindungsgemässen piezoelektrischen Schwingkörper wird zunächst der äussere Umriss ausgearbeitet, nämlich das Rahmenteil, und ausserdem werden die zahlreichen piezoelektrischen Platten, die mit dem Rahmenteil zu verbinden sind, durch entsprechendes Ätzen des Wafers aus dem piezoelektrischen Material hergestellt, nämlich aus Quarz oder einem ähnlichen Kristall, indem eine photolithographische Technologie angewendet wird. Dabei wird das Ätzen derart ausgeführt, dass sämtliche piezoelektrischen Platten freitragend mit dem zugehörigen Rahmenteil verbunden sind, nämlich über ein Verbindungsteil, das die unteren Endseiten mit dem Rahmenteil verbindet.

**[0023]** Nun werden die Elektroden gebildet, nämlich die beiden Erregerelektroden und die beiden Anschlusselektroden, indem ausserdem die gemeinsame Elektrode erzeugt wird, und dies wird durch Aufbringen eines Elektrodenfilms nach vorbestimmtem Muster auf den Wafer ausgeführt. Dabei wird die gemeinsame Elektrode derart ausgebildet, dass sie mit je einer Anschlusselektrode sämtlicher piezoelektrischer Platten über jeweils ein Verbindungsteil elektrisch verbunden ist. Dadurch sind sämtliche Anschlusselektroden an einer Seite sämtlicher piezoelektrischer Platten elektrisch leitend mit der gemeinsamen Elektrode verbunden.

**[0024]** Sodann wird die Frequenzeinstellung vorgenommen, indem die Frequenz der piezoelektrischen Platten eingeregelt wird, während sich diese in Schwingung befinden. Anschliessend werden die einzelnen piezoelektrischen Platten voneinander getrennt, indem die Verbindungsteile aufgeschnitten werden. Auf diese Weise können sehr viele piezoelektrische Schwingplatten, die an den Aussenflächen der piezoelektrischen Platte jeweils zwei Erregerelektroden und zwei Anschlusselektroden aufweisen, gleichzeitig auf einem einzigen Wafer hergestellt werden. Beim Schneidvorgang wird das Verbindungsteil aufgetrennt, und daher wird auch die eine Anschlusselektrode, die mit der gemeinsamen Elektrode über das Verbindungsstück verbunden war, zur selben Zeit von letzterer getrennt. Die eine Anschlusselektrode liegt an einer Randseite unten am Ende der piezoelektrischen Platte.

**[0025]** Insbesondere ist die Anschlusselektrode auf einer Seite mit der gemeinsamen Elektrode verbunden, die am Rahmenteil angeformt ist, und daher wird die Frequenzeinstellung im Gegensatz zum Stand der Technik so ausgeführt, dass die piezoelektrische Platte sämtlicher Schwingkörper in Vibration versetzt werden kann, indem man die Erregerspannung, die vom Gerät zur Frequenzeinstellung kommt, einerseits an die gemeinsame Elektrode und andererseits an die freie Anschlusselektrode der Schwingkörper anlegt. Bei den Verfahren des Standes der Technik müssen beide Anschlüsse des Geräts zur Frequenzeinstellung an beide Anschlusselektroden angelegt werden. Es ist demgemäss erforderlich, die beiden Anschlüsse an eine piezoelektrische Platte zu führen. Dabei müssen die vom Frequenzeinstellgerät kommenden elektrischen Leiter ganz genau an die sehr kleinen und nahe beieinander befindlichen Anschlusselektroden der piezoelektrischen Schwingkörper gebracht werden.

**[0026]** Wenn jedoch erfindungsgemäss die gemeinsame Elektrode verwendet wird, kann der eine vom Frequenzeinstellgerät kommende elektrische Leiter an die gemeinsame Elektrode angeschlossen werden, die sich am Rahmenteil befindet, und der andere Anschlussdraht wird an die Anschlusselektrode an der anderen Seite der piezoelektrischen Platte geführt. Daher ist es möglich, die beiden Anschlüsse sehr nahe aneinander vorzusehen. Das heisst, dass nur ein Anschluss an eine piezoelektrische Platte geführt werden muss. Deswegen kann ein Anschluss des Anschlusskabels leichter bewerkstelligt werden, und es ist möglich, die Frequenzeinstellung nunmehr bedeutend schneller und genauer auszuführen als zuvor. Dies bedeutet, dass dieser Verfahrensschritt viel effektiver abläuft.

**[0027]** Selbst wenn der Abstand zwischen den beiden Anschlusselektroden verkürzt wird, indem der Schwingungserzeuger verkleinert wird, ist es nicht erforderlich, die beiden vom Frequenzeinstellgerät kommenden Anschlüsse nahe beieinander anzuordnen, und daher kann die Frequenzeinstellung viel schneller als zuvor erfolgen. Sie kann ausgeführt werden, ohne dass man die Grösse des piezoelektrischen Schwingkörpers in Betracht ziehen muss.

**[0028]** Beim Verfahren zur Herstellung des Schwingkörpers wird die Frequenz der piezoelektrischen Platten eingestellt, während sämtliche piezoelektrischen Platten durch Anlegen der Erregerspannung an die gemeinsame Elektrode und an die Anschlusselektrode gleichzeitig in Schwingungen versetzt werden. Beim Verfahren zur Serienfertigung des piezoelektrischen Schwingkörpers nach der vorliegenden Erfindung wird die Frequenzeinstellung der piezoelektrischen Platte beim Schritt zur Einstellung der Frequenz ausgeführt, während sämtliche piezoelektrischen Platten gleichzeitig in Schwingung versetzt werden, indem die Erregerspannung, welche an den Anschlussbuchsen des Einstellgerätes liegt, einerseits an alle Anschlusselektroden an der anderen Seite der piezoelektrischen Platten angelegt wird, ohne dass die piezoelektrischen Platten nacheinander in Schwingung versetzt werden. Dadurch kann die Einstellung der Frequenz mit grösserer Effizienz ausgeführt werden, und die Produktionsleistung des Verfahrens wird gesteigert.

**[0029]** Wenn es bei den Platten nach dem Stand der Technik gewünscht wird, sämtliche piezoelektrischen Platten gleichzeitig in Schwingung zu versetzen, ist es nötig, die Anzahl der Anschlussdrähte vom Gerät zur Einstellung der Frequenz zu verdoppeln, und diese Anzahl ist gleich der doppelten Anzahl der piezoelektrischen Platten.

[0030] Bei einer Verwendung der gemeinsamen Elektrode gemäss Erfindung werden die Anschlussdrähte vom Frequenzeinstellgerät einmal an die gemeinsame Elektrode und zum andern an sämtliche Anschlusselektroden an der anderen Seite der piezoelektrischen Platten angelegt. Die Anzahl der Anschlussdrähte ist daher nicht die doppelte Anzahl derjenigen der piezoelektrischen Platten, die in Schwingung zu versetzen sind, sondern ist die gleiche wie die Anzahl der piezoelektrischen Platten plus eins für die gemeinsame Elektrode. So kann die Anzahl der Anschlussdrähte im Vergleich zum Stand der Technik beträchtlich vermindert werden, was zu einer Kosteneinsparung führt. Wenn die Frequenzeinstellung also gleichzeitig an vielen piezoelektrischen Platten vorgenommen wird, so läuft diese Frequenzeinstellung leicht und genau ab.

[0031] Selbst wenn im Zuge einer Miniaturisierung der Abstand der piezoelektrischen Platten, die auf dem Wafer benachbart sind, enger wird, ist es lediglich erforderlich, einen einzigen Anschluss pro piezoelektrische Platte zu kontaktieren, und aus diesem Grunde wird die Erstellung des Kontaktes leichter. Infolgedessen kann die Einstellung der Frequenz zuverlässig ausgeführt werden, ohne dass sie durch die Grösse des piezoelektrischen Schwingkörpers beeinflusst wird.

[0032] Ausserdem kann die Anzahl der benötigten Anschlussdrähte beträchtlich vermindert werden, und daher nimmt auch die Anzahl der Verfahrensschritte ab, die mit der Behandlung der Anschlussdrähte zusammenhängen. Insbesondere steigt die Effizienz des Verfahrens.

[0033] Ein erfindungsgemässer Wafer ist ein Wafer, mit dem mehrere piezoelektrische Schwingkörper verbunden sind, die jeweils eine piezoelektrische Platte, zwei Erreger Elektroden an einer Aussenfläche der piezoelektrischen Platte zwecks Vibration der piezoelektrischen Platte beim Anlegen einer vorbestimmten Erregerspannung, sowie zwei auf der unteren Endseite ausgebildete, mit den Erreger Elektroden verbundene Anschlusselektroden aufweisen. Dabei weist der Wafer weiterhin ein Rahmenteil auf, das freitragend mit der piezoelektrischen Platte des piezoelektrischen Schwingkörpers über ein Verbindungsteil an der unteren Endseite des Rahmenteils verbunden ist, sowie eine gemeinsame Elektrode, welche an einer Seite über das Verbindungsteil elektrisch mit den einen Anschlusselektroden sämtlicher piezoelektrischer Schwingkörper verbunden ist.

[0034] Auf dem erfindungsgemässen Wafer kann die Frequenz der piezoelektrischen Platte eingestellt werden, während die piezoelektrische Platte durch Anlegen der Erregerspannung zwischen der gemeinsamen Elektrode und der anderen Anschlusselektrode in Schwingung versetzt wurde.

[0035] Durch Verwendung einer gemeinsamen Elektrode kann die Frequenzeinstellung leicht und genau und ausserdem noch effizient vorgenommen werden, ohne dass diese Frequenzeinstellung von der Grösse des piezoelektrischen Schwingkörpers beeinflusst würde. Beim gleichzeitigen Einstellen der Frequenzen von vielen piezoelektrischen Platten erzielt man im Vergleich zum Stand der Technik eine Kostenersparnis und eine Leistungssteigerung des Verfahrens.

[0036] Die einzelnen piezoelektrischen Schwingkörper können gleichzeitig hergestellt werden, indem sämtliche piezoelektrischen Platten auf dem Wafer vereinzelt werden. Zu diesem Zweck wird das Verbindungsteil des Wafers aufgetrennt, mit dessen Hilfe die Frequenz der piezoelektrischen Platte, wie oben beschrieben, eingestellt wurde. Auch durch diese Massnahme erzielt man eine hochqualitative und kostengünstige Herstellung der Schwingkörper.

[0037] Die Erfindung betrifft schliesslich noch einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger, welcher dadurch gekennzeichnet ist, dass er eine erfindungsgemässe piezoelektrische Vibrationsplatte enthält.

[0038] Beim erfindungsgemässen piezoelektrischen Schwingungserzeuger ist der oben beschriebene piezoelektrische Schwingkörper enthalten, und daher kann die vorbestimmte Frequenz mit Sicherheit erzeugt werden. Der piezoelektrische Schwingungserzeuger kann als hochqualitatives und kostengünstiges Bauteil erzeugt werden.

[0039] In einem erfindungsgemässen Oszillator ist der erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingungserzeuger eingebaut und elektrisch mit einer integrierten Schaltung als Schwingkörper verbunden. Ein erfindungsgemässes elektronisches Gerät ist dadurch gekennzeichnet, dass es einen erfindungsgemässen piezoelektrischen Schwingungserzeuger eingebaut enthält, welcher elektrisch mit einer Zeitzählschaltung verbunden ist.

[0040] Schliesslich betrifft die vorliegende Erfindung noch eine Funkuhr, bei der ein erfindungsgemässer piezoelektrischer Schwingungserzeuger elektrisch mit einem Filterteil verbunden ist.

[0041] Im Oszillator, im elektronischen Gerät und in der Funkuhr nach vorliegender Erfindung befindet sich der oben beschriebene erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingungserzeuger, und daher können auch diese Geräte mit einer hohen Qualität und zu niedrigen Kosten, ähnlich wie der piezoelektrische Schwingungserzeuger, erzeugt werden.

[0042] Nach dem Verfahren zur Serienherstellung des erfindungsgemässen piezoelektrischen Schwingkörpers kann die Einstellung der Frequenz leicht und genau sowie auch effizient ausgeführt werden, ohne dass dieser Verfahrensschritt durch die Grösse des piezoelektrischen Schwingkörpers beeinflusst wird. Dabei ergibt sich eine Herstellung zu niedrigeren Kosten und mit erhöhter Leistung.

[0043] Der erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingkörper wird nach dem Verfahren zur Serienherstellung des piezoelektrischen Schwingkörpers erzeugt. Die Einstellung der Frequenz kann leicht, genau und effizient vorgenommen werden, und daher ist auch das Verfahren mit erhöhter Leistung und zu niedrigeren Kosten ausführbar.

[0044] Da auf dem erfindungsgemässen Wafer mehrere piezoelektrische Schwingkörper gleichzeitig erzeugt werden können, wird auch durch diese erfindungsgemässe Massnahme eine Kostenverminderung erzielt.

[0045] Weil erfindungsgemäss im Oszillator, im elektronischen Gerät und in der Funkuhr der erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingungserzeuger enthalten ist, können auch diese drei Produkte mit hoher Qualität und mit niedrigen Kosten fabriziert werden.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

##### [0046]

- Fig. 1 ist eine Ansicht des Inhaltes eines Gehäuses eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers einer erfindungsgemässen Ausführungsform und zeigt eine Draufsicht eines piezoelektrischen Schwingkörpers;
- Fig. 2 ist eine Ansicht des piezoelektrischen Schwingkörpers gemäss Fig. 1 von oben her;
- Fig. 3 ist eine Ansicht des piezoelektrischen Schwingkörpers gemäss Fig. 1 von unten;
- Fig. 4 zeigt ein Fließbild zur Herstellung des in Fig. 1 gezeigten piezoelektrischen Schwingungserzeugers;
- Fig. 5 bildet die Fortsetzung des in Fig. 4 dargestellten Fließschemas;
- Fig. 6 zeigt einen Schritt bei der Herstellung des in Fig. 1 dargestellten piezoelektrischen Schwingungserzeugers, wobei der Augenblick dargestellt ist, an dem ein Wafer nach Beendigung der äusseren Formgebung der Schwingkörper vorliegt;
- Fig. 7 zeigt einen Herstellungsschritt des piezoelektrischen Schwingungserzeugers nach Fig. 1 und zeigt den Vorgang des Abätzens des Schutzfilms auf beiden Seiten des Wafers;
- Fig. 8 stellt das mustergemässe Aufbringen des Schutzfilms gegen das Ätzen auf das Äussere einer piezoelektrischen Platte des piezoelektrischen Schwingkörpers nach Ausführung des in Fig. 7 gezeigten Schrittes dar;
- Fig. 9 ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie A-A in Fig. 8;
- Fig. 10 veranschaulicht das Ätzen des Wafers nach Aufbringen einer Maske eines Schutzfilms nach dem in Fig. 9 gezeigten Verfahrensschritt;
- Fig. 11 zeigt die Bildung eines Elektrodenfilms und eines Gewichtsmetallfilms auf einem Wafer nach dem in Fig. 10 gezeigten Schritt, wobei die Oberseite des Wafers vergrössert dargestellt ist;
- Fig. 12 stellt ein weiteres Beispiel eines piezoelektrischen Schwingkörpers und eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers gemäss Erfindung dar und ist eine perspektivische Ansicht des Produktes vor dem Zusammenbau, bei dem der Schwingkörper eine dickenveränderliche Schwingung ausführen kann;
- Fig. 13 zeigt ein weiteres Beispiel eines erfindungsgemässen piezoelektrischen Schwingungserzeugers, wobei ein piezoelektrischer Schwingungserzeuger in einem keramischen Gehäuse in Draufsicht dargestellt ist;
- Fig. 14 ist die Ansicht eines Querschnittes entlang der Linie B-B in Fig. 13;
- Fig. 15 zeigt die Ansicht eines Querschnittes, wobei ein Schwingungserzeuger zur Oberflächenmontage mit einem piezoelektrischen Schwingkörper gemäss vorliegender Erfindung dargestellt ist;
- Fig. 16 ist eine perspektivische Ansicht, bei welcher der Anschluss des in Fig. 15 gezeigten piezoelektrischen Schwingungserzeugers mit äusseren Anschlussstellen gezeigt ist;
- Fig. 17 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemässen Oszillators;
- Fig. 18 zeigt schematisch eine Ausführungsform eines elektronischen Gerätes gemäss vorliegender Erfindung;
- Fig. 19 zeigt schematisch eine Ausführungsform der erfindungsgemässen Funkuhr;
- Fig. 20 zeigt einen piezoelektrischen Schwingkörper des Standes der Technik von oben;
- Fig. 21 zeigt den piezoelektrischen Schwingkörper des Standes der Technik von unten; und
- Fig. 22 zeigt einen Verfahrensschnitt zur Herstellung eines piezoelektrischen Schwingkörpers, der in Fig. 20 und 21 dargestellt ist.

### Einzelbeschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0047] Eine erste Ausführungsform des erfindungsgemässen Schwingkörpers soll nun im Einzelnen unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis Fig. 11 besprochen werden. Weiterhin soll im Rahmen dieser Ausführungsform als Beispiel ein piezoelektrischer Schwingkörper in einem zylindrischen Gehäuse als piezoelektrischer Schwingungserzeuger 1 besprochen werden.

[0048] Wie aus den Fig. 1 bis Fig. 3 hervorgeht, weist der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 dieser Ausführungsform einen piezoelektrischen Schwingkörper 2, ein Gehäuse 3, welches in seinem Inneren den piezoelektrischen Schwingkörper 2 enthält, und einen Stecker 4 auf, welcher als luftdichter Endkörper ausgeführt ist, der den piezoelektrischen Schwingkörper 2 im Inneren des Gehäuses 3 hermetisch einschliesst.

[0049] Wie in Fig. 2 und Fig. 3 gezeigt ist, besteht der piezoelektrische Schwingkörper 2 aus einem Körper nach Art einer Stimmgabel, hergestellt aus einem piezoelektrischen Material wie Quarz, Lithiumtantalat, Lithiumniobat oder ähnlichen piezoelektrischen Materialien, und er gerät in Schwingungen, wenn an ihn eine vorbestimmte Spannung angelegt wird.

[0050] Der piezoelektrische Schwingkörper 2 enthält eine piezoelektrische Platte 11 mit zwei schwingungsfähigen Armen 8, 9, die parallel zueinander eingebaut sind, einen Grundkörper 10, der die unteren Endseiten der Schwingarmteile 8, 9 einstückig miteinander verbindet, sowie zwei Erreger Elektroden 14, welche aus einer ersten Erreger Elektrode 12 und einer zweiten Erreger Elektrode 13 bestehen, die an den äusseren Flächen der beiden Schwingarmteile 8, 9 angreifen und diese beiden Schwingarmteile 8, 9 in Schwingung versetzen, und schliesslich sind noch Anschlusselektroden 15, 16 vorgesehen, welche jeweils elektrisch mit der ersten Erreger Elektrode 12 und der zweiten Erreger Elektrode 13 verbunden sind.

[0051] Die beiden Erreger Elektroden 14, bestehend aus der ersten Erreger Elektrode 12 und der zweiten Erreger Elektrode 13, stellen Elektroden dar, welche die beiden Schwingarmteile 8, 9 derart in Schwingung versetzen können, dass sie sich einander nähern oder einander abstossen, und die Elektroden sind an den Aussenflächen der beiden Schwingarmteile 8, 9 derart angebracht, dass sie elektrisch nicht miteinander in Verbindung stehen. Insbesondere ist die erste Erreger Elektrode 12 einerseits an einer Seite des Schwingarmteils 8 und andererseits an zwei Seitenflächen des Schwingarms 9 angebracht, und die zweite Erreger Elektrode 13 befindet sich zu ihrem grössten Teil einerseits an zwei Seitenflächen des Schwingarmteils 8 und andererseits an einer Seite des Schwingarmteils 9.

[0052] Weiterhin sind die erste Erreger Elektrode 12 und die zweite Erreger Elektrode 13 elektrisch mit den Anschlusselektroden 15, 16 verbunden, und zwar über Herausführungselektroden 19, 20 an beiden Hauptflächen des Basisteils 10. Die Anschlusselektroden 15, 16 sind an einer unteren Endseite der piezoelektrischen Platte 11 angeformt. Weiterhin ist die Anschlusselektrode 15 an einer Seite derart ausgebildet, dass sie mit einem Randteil an der unteren Endseite der piezoelektrischen Platte 11 in Berührung steht. Die Erregerspannung wird über die Anschlusselektroden 15, 16 an den piezoelektrischen Schwingkörper 2 angelegt.

[0053] Die vorderen Enden der beiden Schwingarmteile 8, 9 sind mit Metallfolien 21 beschichtet, welche dazu dienen, die Frequenzen der Schwingungen einstellen zu können, damit der Schwingungserzeuger in einem Bereich vorbestimmter Frequenzen schwingen kann. Weiterhin ist die Metallfolie 21 in eine erste Folie 21a zur Grobeinstellung und in eine zweite Folie 21b zur Feineinstellung der Frequenz aufgeteilt. Wenn man die Frequenzeinstellung durchführt, indem die Folie 21a zur Grobeinstellung und die Folie 21b zur Feineinstellung verwendet werden, kann die Frequenz der beiden Schwingarmteile 8, 9 mit einer Nennfrequenz der Vorrichtung in Übereinstimmung gebracht werden.

[0054] Wie in Fig. 1 dargestellt ist, weist das Gehäuse 3 die Form eines Kreiszyinders mit einem Boden auf, wobei der Zylinder mit Presssitz an einem Aussenumfang einer Hülse 30 des Steckers 4 befestigt ist und in seinem Inneren den Schwingkörper 2 enthält. Das Gehäuse 3 wird unter Vakuum mit Presssitz befestigt, und der Raum, welcher die piezoelektrische Schwingplatte 2 umgibt und sich im Inneren des Gehäuses 3 befindet, wird unter Vakuum gehalten. Die Hülse 30 wird weiter unten noch näher beschrieben.

[0055] Der Stecker 4, an dem die Hülse 30 zum hermetischen Verschluss des Gehäuses 3 angebracht ist, wird von zwei Anschlussdrähten 31 durchsetzt, und die inneren Enden 31a, welche parallel zueinander verlaufen, gehen durch die Hülse 30 hindurch und dienen zum Anschluss des Schwingkörpers 2 (mittels einer mechanischen Verbindung, welche den elektrischen Anschluss sicherstellt) unter Zwischenschaltung der Hülse 30, und die anderen Enden 31b sind die äusseren Anschlüsse, welche den elektrischen Anschluss nach aussen ermöglichen. Die Hülse 30 ist mit einem Isoliermaterial 32 gefüllt, wodurch die Anschlussdrähte 31 in der Hülse 30 sicher geführt werden.

[0056] Die Hülse 30, welche ringförmig ausgebildet ist, besteht aus einem metallischen Werkstoff. Das Material der Füllung 32 ist beispielsweise ein Borsilikatglas. Weiterhin sind nicht dargestellte Plattierungen aus dem gleichen Material jeweils auf der Oberfläche der Verbindungsträger 31 und aussen auf der Hülse 30 angebracht.

[0057] Die Endbereiche der beiden Zuleitungsdrähte 31, die sich ins Innere des Gehäuses 3 erstrecken, bilden die inneren Anschlüsse 31a, und diejenigen Bereiche, die aussen über das Gehäuse 3 herausragen, dienen als die äusseren Anschlüsse 31b. Weiterhin sind die inneren Anschlüsse 31a mit den Anschlusselektroden 15, 16 über leitfähige Perlen E verbunden. Dabei werden die inneren Anschlussdrähte 31a und die Anschlusselektroden 15, 16 gleichzeitig mechanisch und elektrisch miteinander verbunden, und zwar durch die Perlen E. Daraus ergibt sich, dass der piezoelektrische Schwingkörper 2 an zwei Stellen mit Verbindungsdrähten 31 verbunden ist.

**[0058]** Die oben beschriebenen zwei Anschlussdrähte 31 können mit ihren äusseren Enden 31b weiter verbunden werden, denn damit ist das Innere des Schwingungserzeugers elektrisch nach aussen geführt, und die anderen Enden, nämlich die inneren Anschlussdrähte 31a, sind an den Schwingkörper 2 angeschlossen.

**[0059]** Es soll nun ein Beispiel der Dimensionen und Materialien der einzelnen Teile angegeben werden, welche den Stecker 4 bilden.

**[0060]** Die Anschlussdrähte 31 haben beispielsweise einen Durchmesser von etwa 0,12 mm, und als Material dieser Anschlussdrähte 31 wird normalerweise Kovar (eine Legierung aus Eisen, Nickel und Kobalt) verwendet. Zur Plattierung der äusseren Oberflächen der Anschlussdrähte 31 und des Aussenumfanges der Hülse 30 wird Kupfer als Matrixfilm eingesetzt, und als Deckfilm dient eine wärmefeste Lötplattierung (eine Legierung aus Zinn und Blei im Gewichtsverhältnis von 1:9), Silber (Ag), eine Legierung aus Zinn und Kupfer (SnCu), eine Legierung aus Gold und Zinn (AuSn) oder ähnliche Materialien.

**[0061]** Wenn man am Innenumfang des Gehäuses 3 eine kalte Druckverschweissung im Vakuum ausführt, wobei eine Metallfolie, (d.h. eine Plattierungsschicht) auf die innere Umfangsfläche der Hülse 30 aufgebracht wird, kann das Innere des Gehäuses 3 unter Vakuum luftdicht versiegelt werden.

**[0062]** Um den auf diese Weise hergestellten piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 in Betrieb zu setzen, wird eine vorbestimmte Erregerspannung auf die beiden äusseren Anschlussdrähte 31b des Anschlusses 31 angelegt. Dadurch fliesst ein Strom über die inneren Anschlüsse 31a, die Wölbungen E, die Anschlusselektroden 15, 16 an die beiden Erregerelektroden 14, nämlich an die erste Erregerelektrode 12 und die zweite Erregerelektrode 13, und die Ausgangselektroden 19, 20, und die beiden Vibrationsarmteile 8, 9 werden mit einer vorbestimmten Frequenz in Schwingung versetzt, wobei sie sich einander nähern und sich voneinander entfernen. Die Schwingung der beiden Schwingarmteile 8, 9 kann dazu benutzt werden, als Quelle eines Zeitgebers zu dienen, als Quelle eines Bezugssignals, als eine andere Zeitgeberquelle oder als Regelsignal.

**[0063]** Als Nächstes soll ein Verfahren zur Serienfertigung des oben beschriebenen piezoelektrischen Schwingungserzeugers 1 unter Bezugnahme auf die in Fig. 4 und 5 dargestellten Fliessbilder erläutert werden.

**[0064]** Als Erstes wird ein Rohstein (Lambert) in einem vorbestimmten Winkel geschnitten, wobei ein Wafer S mit einer konstanten Dicke erhalten wird. Dann wird der Wafer durch Lappen roh bearbeitet, und anschliessend wird die durch die Bearbeitung denaturierte Schicht abgeätzt. Schliesslich werden die Flächen des Wafers spiegelglatt geschliffen, und man erhält den Wafer S mit einer vorbestimmten Dicke (Schritt S10).

**[0065]** Dann wird durch Ätzen des polierten Wafers S mittels einer photolithographischen Technologie eine äussere Formbildung unter Bildung eines Rahmenteils S1 und mehrerer piezoelektrischer Platten 11 vorgenommen, die mit dem Rahmenteil S1 zu verbinden sind, wie es in Fig. 6 gezeigt ist (Schritt S20). Dabei wird die Ätzung so ausgeführt, dass die einzelnen piezoelektrischen Platten 11 nach Art eines Auslegers über Verbindungsteile 11a miteinander verbunden werden, wobei die unteren Endseiten der Platten mit dem Rahmenteil S1 verbunden werden. In der folgenden Beschreibung soll die Verfahrensweise beschrieben werden, die den in Fig. 6 gezeigten Wafer S, ausgehend vom polierten Wafer S, liefert.

**[0066]** Zuerst wird, wie beschrieben, ein polierter Wafer S hergestellt. Danach wird, wie es in Fig. 7 dargestellt ist, auf beiden Seiten des Wafers S im Schritt S21 durch Ätzen ein Schutzfilm 40 erzeugt. Als Schutzfilm 40, der durch Ätzen erzeugt wird, dient beispielsweise eine Schicht aus Chrom (Cr), welche eine Dicke von einigen  $\mu\text{m}$  aufweist. Anschliessend wird musterässig mittels einer Photolithographie-Technologie ein Photoresistüberzug, der nicht dargestellt ist, auf den aufgeätzten Schutzfilm 40 aufgebracht; dieser Photoresistüberzug ist nicht dargestellt. Dabei wird das Muster zur Erzeugung von Umgebungen des Rahmenteils S1, der piezoelektrischen Platte 11 und der Verbindungsteile 11a aufgebracht. Dann wird eine Ätzung vorgenommen, wobei die Ätzmaske vom Photoresistüberzug gebildet wird, und dabei wird der Schutzfilm 40, soweit er nicht vom Photoresistüberzug abgedeckt ist, selektiv abgetragen. Nach dem Ätzen wird auch der Photoresistüberzug abgelöst. Wie es nun in Fig. 8 und Fig. 9 gezeigt ist, kann das Abätzen des Schutzfilmes 40 musterässig ausgeführt werden, wobei die oben beschriebenen Teile gebildet werden (Schritt S22). Beim mustergemässen Ätzen werden die einzelnen piezoelektrischen Platten 11 mit Auslegern über die Verbindungsteile 11a miteinander verbunden, welche an den unteren Enden des Rahmenteil S1 angreifen. Es soll erwähnt werden, dass die mustergemässe Ätzung zur gleichzeitigen Herstellung vieler piezoelektrischen Platten 11 dient. Weiterhin soll noch erwähnt werden, dass die Fig. 9 und 10 Ansichten sind, die entlang einer Schnittrlinie A-A in Fig. 8 erzeugt wurden.

**[0067]** Anschliessend werden die beiden Flächen des Wafers S geätzt, nachdem eine Maske eines musterässigen Schutzfilms 40 aufgetragen wurde (Schritt S23). Wie in Fig.10 dargestellt ist, kann das Rahmenteil S1 dadurch erzeugt werden, dass selektiv ein Bereich des Schutzfilms 40 abgetragen wird, der nicht maskiert ist, und dadurch werden die einzelnen piezoelektrischen Platten 11 mit dem Rahmenteil S1 verbunden. Zu diesem Zeitpunkt ist die äussere Form der Schwingungserzeuger fertiggestellt.

**[0068]** Nun wird in einem weiteren Schritt die Ausbildung der Elektroden vorgenommen, wobei jeweils zwei Erregerelektroden 14, die beiden doppelten Anschlusselektroden 15, 16 und die Ableitungselektroden 19, 20 an sämtlichen piezoelektrischen Platten 11 gleichzeitig erzeugt werden, wie es in Fig. 11 gezeigt ist, indem ein Muster eines Elektrodenfilms auf den Wafer S aufgebracht wird, und an allen piezoelektrischen Platten wird eine gemeinsame Elektrode S2 am Rahmenteil S1 erzeugt (Schritt S30). Die gemeinsame Elektrode S2 wird so erzeugt, dass sie die Anschlusselektroden 15 von

sämtlichen piezoelektrischen Platten an einer Seite über das Verbindungsteil 11a miteinander verbindet. Auf diese Weise befinden sich sämtliche Anschlusselektroden 15 auf einer Seite, welche in elektrischer Verbindung mit der gemeinsamen Elektrode S2 stehen, an allen piezoelektrischen Platten 11 in Verbindung mit dem Rahmenteil S1.

**[0069]** Nach allen diesen Bearbeitungsschritten zur Herstellung der äusseren Form und der Elektroden ergibt sich Folgendes: Ein vorbereiteter Wafer S mit einer vorbestimmten Dicke wird in den Wafer S überführt, bei dem viele piezoelektrische Schwingkörper 2 eine piezoelektrische Platte 11, zwei Erregerelektroden 14 und zwei Anschlusselektroden 15, 16 aufweisen. Auf dem Wafer S befinden sich sämtliche Rahmenteile S1, die jeweils nach Art eines Auslegers mit Hilfe der Verbindungsteile 11a mit der gemeinsamen Elektrode S2 und elektrisch mit den Anschlusselektroden 15 an einer Seite sämtlicher piezoelektrischer Schwingplatten 2 verbunden sind, wobei die Verbindungsteile 11a am Rahmenteil S1 die untere Endseite des Rahmentails definieren.

**[0070]** Gleichzeitig, vor oder nach der Ausbildung der Elektroden werden die vorderen Enden der beiden Schwingarmteile 8, 9 mit den Gewicht-Metallfolien 21 beschichtet, welche beispielsweise aus Silber, Gold oder anderen Metallen bestehen, und jede Folie 21 besteht aus der Folie 21a zur Grobeinstellung und der Folie 21b zur Feineinstellung der Arbeitsfrequenzen (Schritt S40).

**[0071]** Nun wird zur Einstellung der Frequenz zunächst eine Grobeinstellung der Frequenz der piezoelektrischen Platte 11 vorgenommen, wobei die beiden Schwingarmteile 8, 9 der piezoelektrischen Platte 11 in Schwingung versetzt werden (Schritt S50). Dazu wird insbesondere zunächst der Wafer S, der den Elektrodenfilm (nämlich die beiden Erregerelektroden 14, die beiden Anschlusselektroden 15, 16, die beiden Ausgangselektroden 19, 20 und die gemeinsame Elektrode S2) und die Metallfolie 21 aufweist, mit einer Vorrichtung zur Frequenzeinstellung verbunden, beispielsweise einem Schwingkreis, einem Netzanalysator oder einem ähnlichen Gerät, welches nicht dargestellt ist. Nun wird ein Anschluss (beispielsweise eine Sonde oder ein ähnliches Teil) des Frequenzeinstellers mit dem Elektrodenfilm des Wafers S nach einem unten beschriebenen Verfahren verbunden, und dann wird eine vorgegebene Erregerspannung an die beiden Erregerelektroden 14 angelegt. Dadurch werden die beiden Schwingarmteile 8, 9 in Vibration versetzt. Danach wird die Frequenz durch Verminderung der Gewichte an den Vorderenden der schwingenden Schwingarmteile 8, 9 verändert, indem die Grobeinstellfolie 21a der Metallfolien 21 mit Laserlicht bestrahlt wird, während die Frequenz vom Frequenzeinsteller gemessen wird. Später wird dann die Feineinstellung der Frequenz auf den genauesten Wert vorgenommen. Dieser Verfahrensschritt wird weiter unten beschrieben.

**[0072]** Als Nächstes werden im Schritt S60 die einzelnen piezoelektrischen Platten 11 vom Rahmenteil S1 getrennt, indem das Verbindungsteil 11a aufgetrennt wird, welches den Wafer S mit den piezoelektrischen Platten 11 verbindet. Dadurch werden gleichzeitig viele piezoelektrische Schwingkörper 2 mit ihren beiden Erregerelektroden 14 und den beiden Anschlusselektroden 15, 16 an der Aussenfläche der piezoelektrischen Platte 11 auf einem einzigen Wafer S erzeugt. Dann wird das Verbindungsteil 11a aufgetrennt, und daher wird die Anschlusselektrode 15, die über das Verbindungsteil 11a einseitig mit der gemeinsamen Elektrode S2 verbunden ist, gleichzeitig abgetrennt. Auf diese Weise wird die Anschlusselektrode 15 in Berührung mit einem Rand der Unterseite der piezoelektrischen Platte 11 gebracht, wie es in Fig. 2 und Fig. 3 gezeigt ist.

**[0073]** Sodann wird ein Schritt S70 vorgenommen, bei dem der Stecker 4, welcher luftdicht ausgeführt ist, hergestellt wird. Zunächst wird im Schritt S71 die Hülse 30 erzeugt. Dabei wird ein einseitig geschlossenes zylindrisches Teil durch Tiefziehen in mehreren Schritten aus einer Platte hergestellt. Diese besteht aus einem leitfähigen Werkstoff, beispielsweise einer Legierung aus Eisen, Nickel und Kobalt, einer Legierung aus Eisen und Nickel oder einem ähnlichen Material. Dann wird die Hülse 30 durch Öffnen der geschlossenen Bodenfläche des Zylinders und Abtrennen des Zylinders von der Platte erzeugt.

**[0074]** Nun werden im Schritt S72 die Anschlussdrähte 31 und der Füllstoff 32 ins Innere der Hülse 30 eingebracht. Dazu wird die erzeugte Hülse 30 zuerst in einer nicht gezeigten Aufspannvorrichtung befestigt, und dann wird das Füllelement 32, welches zunächst in Ringform gesintert wurde, ins Innere der Hülse 30 gebracht. Schliesslich werden die Anschlussdrähte 31 durch das Füllelement 32 gezogen.

**[0075]** Die Hülse 30, die Anschlussdrähte 31 und der Füllkörper 32 werden im nächsten Schritt zusammengebaut, und dann wird die Aufspannvorrichtung in einen Heizofen gebracht. Dabei wird der Füllkörper 32 in einer erhitzten Atmosphäre bei etwa 1000°C gesintert. Dadurch werden eventuelle Hohlräume zwischen dem Füllkörper 32, den Anschlussdrähten 31 und der Hülse 30 vollständig ausgefüllt und versiegelt, und man erhält eine Struktur, die absolut luftdicht ist. Nun kann der Stecker 4 gewonnen werden, indem man ihn aus der Aufspannvorrichtung entnimmt. Zu diesem Zeitpunkt ist die Herstellung des luftdichten Anschlusses beendet.

**[0076]** Nun wird im Schritt S80 eine Plattierung vorgenommen. Mittels einer Nassplattierung wird ein Metallfilm aus dem gleichen Material auf die Aussenfläche des Anschlussdrahtes 31 und die äussere Umfangsfläche der Hülse 30 aufgebracht. Zwecks einer Vorbehandlung für die Plattierung werden die Aussenflächen der Anschlussdrähte 31 und die äussere Umfangsfläche der Hülse 30 gereinigt, mit Hilfe einer alkalischen Lösung entfettet, sodann durch eine Säurebehandlung mit verdünnter Salzsäure und Schwefelsäure einer Endreinigung unterzogen. Nach Beendigung der Vorbehandlung wird auf der Aussenfläche der Anschlussdrähte 31 und der äusseren Umfangsfläche der Hülse 30 ein Matrixfilm ausgebildet. Beispielsweise wird eine Plattierung aus Kupfer oder Nickel in einer Filmdicke von etwa 2 µm bis 5 µm erzeugt. Abschliessend wird ein Film eines Finish auf dem Matrixfilm erzeugt. Beispielsweise bringt man einen Film aus Zinn, Silber oder

einem anderen Metall, eine wärmefeste Beschichtung, eine Legierung aus Zinn und Kupfer, eine Legierung aus Zinn und Wismut, eine Legierung aus Zinn und Antimon oder aus einem ähnlichen Metall in einer Dicke von etwa 8 µm bis 15 µm auf.

[0077] Durch Beschichtung mit dem Metallfilm, der aus dem Matrixfilm und dem Finish besteht, können die inneren Anschlussdrähte 31a mit dem piezoelektrischen Schwingkörper 2 verbunden werden. Weiterhin können nicht nur der piezoelektrische Schwingkörper 2, sondern auch die Hülse 30 und das Gehäuse 3 einer kalten Druckschweissung unterzogen werden, da der Metallfilm, mit dem die äussere Umfangsfläche der Hülse 30 beschichtet ist, noch weich und elastisch verformbar ist, so dass es möglich ist, auf diese Weise eine luftdichte Verbindung zu erzeugen.

[0078] Anschliessend wird im Schritt S90 ein Anlassen in einem Ofen unter Vakuum vorgenommen, um den Metallfilm zu stabilisieren. Beispielsweise erwärmt man das Werkstück eine Stunde lange auf eine Temperatur von 170°C. Die Ausbildung von Whiskers kann dadurch vermieden werden, dass man an der Grenzfläche des Materials des Matrixfilms und des Materials des Films der Deckschicht die Zusammensetzung einer sich bildenden intermetallischen Verbindung einstellt. Zum Zeitpunkt der Beendigung des Anlassens kann der Zusammenbau ausgeführt werden. Obschon bei der Beschichtung mit einem Metallfilm als Beispiel ein Nassplattieren vorgenommen werden kann, ist die vorliegende Erfindung nicht auf diesen besonderen Verfahrensschritt eingeschränkt, sondern die Beschichtung kann auch nach anderen Methoden erzeugt werden, beispielsweise durch Abscheiden aus dem Dampf, nach einem chemischen Verfahren aus der Gasphase und anderen Möglichkeiten.

[0079] Nach dieser Ausführungsform wird weiterhin nach der Beendigung des Anlassens eine leitfähige Perle E aus Gold oder einem ähnlichen Metall auf das Vorderende der inneren Anschlussdrähte 31a aufgebracht, wobei eine Verbindung erzeugt wird (Schritt S100), bei der die Anschlusselektroden 15, 16, der piezoelektrische Schwingkörper 2 und die inneren Anschlussdrähte 31a miteinander verbunden werden (Schritt S110). Im Einzelnen bringt man die Enden der inneren Anschlussdrähte 31a und den piezoelektrischen Schwingkörper 2 an der Stelle der Verbindungsperle E zusammen und setzt die Verbindungsstelle unter einen vorbestimmten Druck. Auf diese Weise werden die inneren Enden der Anschlussdrähte 31a über die Metallperle E mit den Anschlusselektroden 15, 16 verbunden. Der piezoelektrische Schwingkörper 2 ist nun elektrisch angeschlossen. Dabei wird der piezoelektrische Schwingkörper 2 von den Anschlussdrähten 31 gehalten und ist an diese Drähte elektrisch angeschlossen.

[0080] Wie vorstehend beschrieben wurde, wird die Verbindung über die Metallperle durch Erhitzen unter Druck ausgeführt. Es ist jedoch auch möglich, die Verbindung durch Einwirkung von Ultraschall herzustellen.

[0081] Bevor nun eine Versiegelung ausgeführt wird, welche die bei den Verbindungsvorgängen aufgetretenen Verwerfungen beseitigt, wird das Ganze durch Aufheizen auf eine vorbestimmte Temperatur gebrannt (Schritt S120).

[0082] Danach wird die Frequenz des piezoelektrischen Schwingkörpers 2 fein eingestellt (Schritt S130). Bei dieser Feineinstellung der Frequenz wird der piezoelektrische Schwingkörper 2 in Vibration versetzt, indem eine passende Spannung zwischen die äusseren Anschlussdrähte 31b angelegt wird, wobei sich die gesamte Einrichtung in einer Vakuumkammer befindet. Die Feineinstellung der Frequenz wird so vorgenommen, dass der Metallfilm 21b zur Feineinstellung des metallischen Einstellfilms 21 durch Einwirkung von Laserlicht teilweise verdampft wird, wobei die Frequenz ständig gemessen wird. Zur Messung der Frequenz kann so vorgegangen werden, dass das Vorderende einer Sonde, welche nicht dargestellt ist, an die äusseren Anschlussdrähte 31b angelegt wird. Die Frequenz des piezoelektrischen Schwingkörpers 2 kann auf diese Weise in einem zuvor festgelegten Bereich der Frequenzen eingestellt werden.

[0083] Anstelle der Einstellung der Frequenzen durch teilweise Verdampfung des metallischen Belastungsfilms 21, bei welcher zwecks Grobeinstellung und Feineinstellung Laserlicht einwirkt, kann die Einstellung der Frequenz auch durch die Einwirkung von Argon-Ionen anstelle des Lasers vorgenommen werden. In diesem Falle wird Metall aus dem Belastungsfilm 21 durch Bestrahlung mit Argon-Ionen abgetragen.

[0084] Schliesslich wird im Schritt S140 ein Presssitz, bei dem der piezoelektrische Schwingkörper 2 luftdicht mit dem Gehäuse 3 und der Hülse 30 verbunden wird, in welcher sich der piezoelektrische Schwingkörper 2 befindet, vorgenommen. Dabei wird das Gehäuse 3 zunächst mit Presssitz mit der äusseren Umfangsfläche der Hülse 30 verbunden, während sich die Vorrichtung unter vorbestimmter Lasteinwirkung im Vakuum befindet. Anschliessend wird die metallische Beschichtung, die sich aussen an der Umfangsfläche der Hülse 30 befindet, elastisch verformt, und auf diese Weise wird eine luftdichte Verbindung mit Versiegelung durch Kaltschweissen unter Druck erzeugt. Durch diese Vorgänge kann der piezoelektrische Schwingkörper 2 im Vakuum im Inneren des Gehäuses 3 dicht eingeschlossen werden.

[0085] Weiterhin ist es bevorzugt, vor der Ausführung dieses Versiegelungsschritts Feuchtigkeit und andere an der Oberfläche des Schwingkörpers adsorbierte Gase zu entfernen, indem der piezoelektrische Schwingkörper 2, das Gehäuse 3 und der Stecker 4 geeignet erwärmt werden.

[0086] Nach einer Befestigung des Gehäuses 3 wird im Schritt S150 eine Entstörung vorgenommen. Die Entstörung betrifft ein Stabilisieren der Frequenz und des Wertes des Resonanzwiderstandes sowie die Entfernung von metallischen Whiskers, die beim Erzeugen des Presssitzes des Gehäuses 3 durch die Druckkräfte erzeugt werden könnten.

[0087] Nach Beendigung der Entstörung wird noch eine Prüfung der elektrischen Eigenschaften vorgenommen (Schritt S160). Bei diesem Schritt werden die Resonanzfrequenz, der Wert des Resonanzwiderstandes, der Wert der Erregerleistung (die Erregerleistung, welche von der Resonanzfrequenz und dem Wert des Resonanzwiderstandes abhängt) und auch noch andere Eigenschaften gemessen und überprüft. Auch werden die Eigenschaften des Isolierwiderstandes

und andere Eigenschaften überprüft. Schliesslich werden die Dimension und andere sichtbare Eigenschaften durch eine Sichtprüfung des piezoelektrischen Schwingungserzeugers 1 ausgeführt. Damit ist die Serienfertigung des piezoelektrischen Schwingungserzeugers 1, der in Fig.1 dargestellt ist, beendet.

**[0088]** Es ist insbesondere anzumerken, dass die Anschlusselektrode 15 an einer Seite zur gemeinsamen Elektrode S2 führt, die sich auf dem Rahmenteil S1 befindet, und daher können bei der Ausführung der Grobeinstellung der Frequenz im Gegensatz zum bekannten Stand der Technik die beiden Schwingarmteile 8 und 9 der piezoelektrischen Platte 11 in Schwingung versetzt werden, wenn die Erregerspannung an die Anschlüsse des Gerätes zur Frequenzeinstellung bzw. an die gemeinsame Elektrode S2 und die Anschlusselektrode 16 an der anderen Seite der piezoelektrischen Platte angelegt wird. Bei der bekannten Technik ist es erforderlich, die Anschlüsse an beide Anschlusselektroden 15 und 16 zu führen. Dies bedeutet, dass es erforderlich ist, die beiden Anschlussdrähte jeweils nur einer piezoelektrischen Platte 11 zu benutzen. Um dabei einen genauen Kontakt zu erhalten, müssen die beiden Anschlussdrähte ganz exakt an den beiden Anschlusselektroden 15, 16 liegen, damit eine genaue Einstellung vorgenommen werden kann.

**[0089]** Im Gegensatz dazu kann bei der Verwendung der gemeinsamen Elektrode S2 der eine Anschlussdraht mit der gemeinsamen Elektrode S2 am Rahmenteil S1 und der andere Anschlussdraht an die eine Anschlusselektrode 16 angelegt werden, und dabei ist es nicht erforderlich, dass die beiden Anschlussdrähte nahe beieinander liegen. Der Anschluss kann an eine piezoelektrische Platte 11 angelegt werden. Dadurch ist es möglich, eine Prüfung des Anschlusses bequem und leicht auszuführen, und die Einstellung der Frequenz kann weiterhin sehr schnell und sehr genau erfolgen. Dies bedeutet, dass die Frequenzeinstellung ein effizienter Verfahrensschritt ist.

**[0090]** Weiterhin ist es bei der Ausführung der Grobeinstellung der Frequenz günstig, wenn die beiden Schwingarmteile 8, 9 der piezoelektrischen Platte 11 nicht an jedem Schwingungserzeuger einzeln und nacheinander in Vibration versetzt werden, sondern wenn mehrere piezoelektrische Platten 11 durch Erzeugung der Schwingungen in vielen Schwingungserzeugern mit den Schwingarmteilen 8, 9 der piezoelektrischen Platten 11 in Vibration versetzt werden, indem die Erregerspannung an die Anschlusselektroden 16 sämtlicher piezoelektrischer Platten 11 einerseits und andererseits an die gemeinsame Elektrode angelegt werden. Beispielsweise werden im Einzelnen sämtliche piezoelektrischen Platten 11 auf dem Wafer S, wie es in Fig. 6 gezeigt ist, zu mehreren Spalten zusammengefasst, und die Frequenz der piezoelektrischen Platten 11 wird in jeder Spalte zusammen eingestellt. Auf diese Weise kann die Grobeinstellung der Frequenz schneller und effizienter ausgeführt werden, und die Herstellungsgeschwindigkeit wird gesteigert.

**[0091]** Wenn mehrere Einzelstücke mit den Schwingarmteilen 8, 9 an den piezoelektrischen Platten 11 nach den Angaben des Standes der Technik in Vibration versetzt werden, ist es erforderlich, die Anschlussdrähte an die Anschlusselektroden 15 und 16 der zugehörigen piezoelektrischen Platten 11 getrennt anzuschliessen, und daher ist es nötig, doppelt so viele Anschlussdrähte vorzusehen, wie die Anzahl der piezoelektrischen Platten 11 beträgt.

**[0092]** Wenn jedoch im Gegensatz dazu erfindungsgemäss die gemeinsame Elektrode S2 verwendet wird, können die Anschlussdrähte einerseits an der anderen Seite aller piezoelektrischen Platten 11 mit den zweiten Anschlusselektroden 16 und andererseits mit der gemeinsamen Elektrode S2 verbunden werden. Die Anzahl der Anschlussdrähte braucht daher in Bezug auf die in Schwingung zu versetzenden piezoelektrischen Platten 11 nicht verdoppelt zu werden, sondern beträgt nur die Anzahl der piezoelektrischen Platten 11 zuzüglich eines Anschlusses der gemeinsamen Elektrode S2. Daher wird die Anzahl der Anschlüsse im Vergleich zu denjenigen des Standes der Technik beträchtlich vermindert, was zu einer Kosteneinsparung führt. Da die Anzahl der Anschlussdrähte beträchtlich vermindert wird, braucht nur ein einziger Anschluss an jeder piezoelektrischen Platte 11 vorgesehen zu werden, und auf diese Weise wird die Kontrolle des Anschlusses sehr einfach. Zudem kann die Einstellung der Frequenz leicht und genau ausgeführt werden, selbst wenn diese Frequenzeinstellung gleichzeitig an vielen piezoelektrischen Platten 11 vorgenommen werden muss.

**[0093]** Wenn der Abstand zwischen zwei benachbarten piezoelektrischen Platten 11 vermindert wird, beispielsweise, wie angenommen, durch Verkleinerung dieser Platten, kann nur der eine Anschluss nur einer piezoelektrischen Platte 11 angeschlossen werden, und dies lässt sich leicht bewerkstelligen. So kann die Frequenzeinstellung schnell vor sich gehen, ohne dass sie durch die Grösse des piezoelektrischen Schwingkörpers 2 beeinflusst wird.

**[0094]** Zusätzlich kann die Anzahl der Anschlüsse beträchtlich vermindert werden, und dies bedeutet, dass mehrere Verfahrensschritte, die zur Behandlung des Anschlusses erforderlich sind, vermindert werden können. Auch dadurch kann die Leistungsfähigkeit einer Wartung gesteigert werden.

**[0095]** Wenn der Anschluss des Gerätes zur Einstellung der Frequenz in Kontakt mit dem Elektrodenfilm steht, so findet dieser Kontakt normalerweise an einer Kontaktstelle statt, welche nicht dargestellt ist, und diese Kontaktstelle liegt am Elektrodenfilm. Wie oben beschrieben wurde, befindet sich der Anschlussdraht nicht in Berührung mit der Anschlusselektrode 15, und dadurch wird die Kontaktstelle auch nicht ausgebildet.

**[0096]** Zusammengefasst ist zu bemerken, dass beim piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 dieser Ausführungsform ein oben beschriebener piezoelektrischer Schwingkörper 2 zur Verfügung gestellt wird, die vorbestimmte gewünschte Frequenz kann erzeugt werden, und es ist möglich, den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 mit einer ausgezeichneten Qualität und mit geringen Kosten zu fabrizieren.

**[0097]** Weiterhin ist zu bemerken, dass bei dieser Ausführungsform die Herstellung am Beispiel eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers 1 mit einem piezoelektrischen Schwingkörper 2 nach Art einer Stimmgabel hergestellt wurde, aber dass die Erfindung keineswegs auf diesen besonderen piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 eingeschränkt ist.

**[0098]** Nach der Erfindung kann auch ein Schwingungserzeuger mit veränderlicher Dicke (piezoelektrischer Schwingungserzeuger 70) hergestellt werden, welcher einen Schwingkörper mit veränderlicher Dicke (piezoelektrischer Schwingkörper 71) aufweist. Der dickenveränderliche Schwingkörper 71 enthält eine piezoelektrische Schwingplatte 72, die, ausgehend vom plattenförmigen Wafer S mit konstanter Dicke, mit einer Erreger Elektrode 73, einer Ableitungselektrode 74 und einer Anschlusselektrode 75 hergestellt ist. Die piezoelektrische Schwingplatte 72 weist beispielsweise eine rechteckige Form der äusseren Begrenzung auf, und die beiden Erreger Elektroden 73 liegen über die Dicke der Platte an gegenüberliegenden Seiten einander gegenüber. An einem Endbereich der piezoelektrischen Platte 72 befindet sich die Anschlusselektrode 75, die elektrisch mit der Erreger Elektrode 73 über die Ableitungselektrode 74 verbunden ist. Schliesslich ist die Anschlusselektrode 75 mit der Erreger Elektrode 73 an einer Seite der Anschlusselektrode 75 verbunden, und auf der anderen Seite der piezoelektrischen Platte 72 befindet sich ebenfalls eine Anschlusselektrode 75, die mit einer Erreger Elektrode 73 verbunden ist. Die Anschlusselektrode 75 auf einer Seite der piezoelektrischen Platte 72 ist mit Hilfe einer Seitenelektrode 76 elektrisch mit der Anschlusselektrode 75 verbunden, die sich auf der anderen Seite der piezoelektrischen Platte 72 auf einer Seitenfläche befindet.

**[0099]** Der dickenveränderliche Schwingungserzeuger 70, der wie oben beschrieben aufgebaut ist, kann mit einer hohen Qualität und mit niedrigen Kosten als eigentlicher Schwingungserzeuger 70 mit veränderlicher Dicke erzeugt werden, da der dickenveränderliche Schwingkörper 71 nach dem oben beschriebenen Verfahren zur Herstellung des piezoelektrischen Schwingkörpers erzeugt werden kann.

**[0100]** Bei dieser Ausführungsform ist als Beispiel des piezoelektrischen Schwingungserzeugers ein solcher gewählt worden, der dem piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 entspricht, welcher sich in einem zylindrischen Gehäuse befindet, und diese Ausführungsform ist in der oben stehenden Beschreibung detailliert erläutert worden. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf diesen piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 beschränkt. Beispielsweise kann auch, wie es in Fig. 13 und Fig. 14 gezeigt ist, ein erfindungsgemässer piezoelektrischer Schwingungserzeuger 80 mit einem keramischen Gehäuse erzeugt werden.

**[0101]** Der piezoelektrische Schwingungserzeuger 80 weist einen Grundrahmen 81 mit einer im Inneren befindlichen Ausnehmung 81a auf. In dieser Ausnehmung 81a des Grundkörpers 81 befindet sich ein piezoelektrischer Schwingkörper 2, und ein Deckel 82 ist auf dem Grundkörper 81 angebracht, der im Inneren den piezoelektrischen Schwingkörper 2 aufweist.

**[0102]** Der Grundkörper 81 enthält noch ein durchgehendes Zufuhrstück 83, das hermetisch eingesiegelt ist, und an dessen innerem Vorderende ist eine Verbindungspere E angeordnet. Die Perle E und die Anschlusselektroden 15 und 16 des piezoelektrischen Schwingkörpers 2 stellen eine mechanische und eine elektrische Verbindung dar. Der Durchführungskörper 83 ist an der Unterseite des Grundkörpers 81 zugänglich. Daher bildet die Durchführung 83 einen äusseren Anschluss, dessen eines Ende elektrisch von der Aussenseite zugänglich ist und dessen anderes Ende im Inneren des Grundkörpers elektrisch mit den Anschlusselektroden 15 und 16 verbunden ist.

**[0103]** Der Grundkörper 81 ist im Vakuum luftdicht versiegelt, wobei unterschiedliche Techniken 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 Schwingkörper 2 im Inneren des Grundkörpers luftdicht eingeschlossen. Dabei dienen der Grundkörper 81 und der Deckel 82 als Versiegelungsmittel 84, um den piezoelektrischen Schwingkörper 2 in luftdichtem Zustand abzuschliessen.

**[0104]** Auch der piezoelektrische Schwingungserzeuger 80, der bei dieser Ausführungsform erzeugt wird, kann mit einer hohen Qualität und mit niedrigen Kosten erzeugt werden, da der piezoelektrische Schwingkörper 2 nach dem oben beschriebenen Verfahren zur Herstellung piezoelektrischer Schwingkörper erzeugt wird.

**[0105]** Weiterhin ist es möglich, einen Schwingungserzeuger 90 zur Oberflächenmontage zu fabrizieren, bei dem der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1, der sich im zylindrischen Gehäuse befindet, mittels eines Körpers aus geschmolzenem Harz 91 zur Oberflächenmontage umfunktioniert ist.

**[0106]** Wie es in Fig. 15 und Fig. 16 gezeigt ist, besteht der Schwingungserzeuger 90 zur Oberflächenmontage zunächst aus dem piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1, der mit Hilfe des Körpers 91 aus geschmolzenem Harz als piezoelektrischer Schwingungserzeuger 1 mit vorbestimmter Form befestigt werden kann, und äusseren Anschlüssen 92, die einseitig elektrisch mit den Anschlussdrähten 31b verbunden sind und mit der anderen Seite elektrisch nach aussen gegen eine untere Fläche des Harzkörpers 91 führen. Der äussere Verbindungsanschluss 92 ist unten flach und besteht aus Metall, beispielsweise aus Kupfer oder einem ähnlichen leitfähigen Material. Durch Befestigung des piezoelektrischen Schwingungserzeugers 1 mittels geschmolzenem Harz 91 kann dieser piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 beispielsweise an einer Leiterplatte oder an ähnlichen ebenen Flächen stabil befestigt werden, und dadurch kann der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 leichter Verwendung finden und bequemer befestigt werden. Der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 kann mit hoher Qualität und niedrigen Kosten erzeugt werden, und diese Vorteile der hochqualitativen Ferti-

gung mit niedrigen Kosten erstrecken sich ebenfalls auf den an der Oberfläche montierbaren Schwingungserzeuger 90 als solchen.

[0107] Als Nächstes soll eine Ausführungsform eines erfindungsgemässen Oszillators unter Bezugnahme auf Fig. 17 besprochen werden.

[0108] Wie in Fig. 17 dargestellt ist, weist ein Oszillator 100 dieser Ausführungsform als Schwingkörper den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 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 ist zusammen mit der integrierten Schaltung 101 als Oszillator ausgebildet, und in der Nähe der integrierten Schaltung 101 befindet sich der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1. Das elektronische Bauteil 102, die integrierte Schaltung 101 und der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 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.

[0109] Wenn an den Oszillator 100, der wie beschrieben aufgebaut ist, eine Spannung angelegt wird, die an den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 weitergeleitet wird, so wird der piezoelektrische Schwingkörper 2 im Inneren des piezoelektrischen Schwingungserzeugers 1 in Vibration versetzt. Diese Vibration wird über eine piezoelektrische Eigenschaft in ein elektrisches Signal umgewandelt, das am piezoelektrischen Schwingkörper 2 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 1 als Oszillator.

[0110] 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 anderer 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.

[0111] Beim Einbau in den Oszillator 100 gemäss dieser Ausführungsform, der oben beschrieben wurde, kann der darin enthaltene piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 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.

[0112] Als Nächstes soll eine Erläuterung einer Ausführungsform gegeben werden, bei der ein elektronisches Gerät nach vorliegender Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 18 vorgestellt wird. Dieses elektronische Gerät wird in Form eines Aufbauschemas beschrieben, das einen tragbaren Informatikapparat 110 mit dem piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 umfasst. Dieses tragbare Informationsgerät 110 der zu beschreibenden Ausführungsform wird zum Beispiel als Mobiltelefon ausgebildet und kann eine Armbanduhr des Standes der Technik verbessern. 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 ist äusserst klein und leicht ausgeführt im Vergleich mit den Mobiltelefonen des Standes der Technik.

[0113] Nun soll dieses mobile Informationsgerät 110 der betreffenden Ausführungsform erläutert werden. Wie in Fig. 18 gezeigt ist, weist das Informationsgerät 110 den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 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.

[0114] 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 zum Auslesen und zur Ausführung der im Festspeicher ROM befindlichen Programme und auch einen flüchtigen Speicher zur Zusammenarbeit mit der Zentraleinheit.

[0115] Der Zeitzähler 113 besitzt eine integrierte Schaltung mit einer Oszillatorschaltung, einer Registerschaltung, einer Zählerschaltung und den erforderlichen Schnittstellen sowie den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1. Wenn an den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 eine Spannung angelegt wird, so tritt der piezoelektrische Schwingkörper 2 in Schwingungen, und die Vibration wird über ein piezoelektrisches Element, beispielsweise einen 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 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.

[0116] 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 113 sowie eine Anrufspeicherschaltung 124.

[0117] 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.

[0118] Der Tongenerator 123 für eintreffenden Ton erzeugt den von der Basisstation ankommenden Anruf. Die Schaltgruppe 119 schaltet den Verstärker 120 auf die Sprachverarbeitungsschaltung 118 und die Tonerzeugungsschaltung 123 für ankommende Sprache lediglich dann, 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.

[0119] Der Anrufspeicher 124 enthält 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.

[0120] 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.

[0121] 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 zusammen mit einem Telefon-Ikon oben am Anzeigeschirm 115 erscheinen zu lassen.

[0122] 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.

[0123] Wie oben beschrieben wurde, wird für das mobile Informationsgerät 110 der betreffenden Ausführungsform ein hochqualitativer und preisgünstiger piezoelektrischer Schwingungserzeuger 1 zur Verfügung gestellt, und dadurch kann auch das mobile Informationsgerät als solches mit hoher Qualität und zu niedrigen Kosten erstellt werden. Zuzüglich können genaue Zeit- und Datuminformationen, die über lange Zeiträume stabil sind, angezeigt werden.

[0124] Als Nächstes soll eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen Funkuhr unter Bezugnahme auf Fig. 19 vorgestellt werden.

[0125] Wie in Fig. 19 gezeigt ist, enthält eine Funkuhr 130 dieser Ausführungsform einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1, 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.

[0126] 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.

[0127] Ein funktioneller Aufbau der Funkuhr 130 soll nun in Einzelheiten erläutert werden.

[0128] 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 1 enthält.

[0129] Der erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 weist jeweils Quarz-Schwingungserzeuger 138, 139 mit Resonanzfrequenzen von 40 kHz und 60 kHz, d.h. die gleichen Frequenzen wie die Trägerfrequenzen, auf.

[0130] Sodann wird das gefilterte Signal mit der vorbestimmten Frequenz ermittelt und in einer Schaltung 134 gleichgerichtet und decodiert.

[0131] Anschliessend wird dem Signal in einer Wellenformschaltung 135 ein Zeitcode entnommen und in der Zentraleinheit 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.

[0132] 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 Quarz-Schwingungserzeugerschaltungen 138 und 139 zu verwenden.

[0133] 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 eine Trägerfrequenz für das Standard-Funksignal von 77,5 kHz verwendet. Wenn die erfindungsgemässe Funkuhr 130 in anderen Ländern funktionieren soll, muss ein piezoelektrischer Schwingungserzeuger 1 eingebaut werden, dessen Resonanzfrequenz von derjenigen der japanischen Funkuhr abweicht.

[0134] Bei der eben beschriebenen Ausführungsform einer Funkuhr 130 ist in dieser der erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 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.

[0135] Die Erfindung ist in verschiedenen Ausführungsformen als Beispiel unter Bezugnahme auf die Zeichnungen im Einzelnen beschrieben worden. Spezifische Konstruktionen sind jedoch nicht auf diese Ausführungsformen beschränkt, und die Erfindung kann abgewandelt werden, ohne den Geltungsbereich des Patentbesitzes zu verlassen. Beispielsweise ist die Erfindung, soweit sie den piezoelektrischen Schwingungserzeuger betrifft, nicht auf diesen Schwingungserzeuger 1 eingeschränkt, dessen piezoelektrischer Schwingkörper 2 nach Art einer Stimmgabel aufgebaut ist und sich in einem zylindrischen Gehäuse befindet, wobei dieser Schwingungserzeuger als Oszillator in tragbaren Mobiltelefonen und in der Funkuhr verwendet wird. Alternativ können als piezoelektrischer Schwingungserzeuger der Schwingungserzeuger 70 mit veränderlicher Dicke, der piezoelektrische Schwingungserzeuger 80 in seinem keramischen Gehäuse oder der Schwingungserzeuger 90 zur Oberflächenmontage gleichfalls verwendet werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Serienfertigung von piezoelektrischen Schwingkörpern, die jeweils eine piezoelektrische Platte, ein Paar Erregerelektroden an einer Aussenfläche der piezoelektrischen Platte, um diese piezoelektrische Platte in Schwingungen zu versetzen, wenn an die Elektroden eine vorbestimmte Erregerspannung angelegt wird, und ein Paar Anschlusselektroden an einer unteren Endseite der piezoelektrischen Platte, welche mit den Erregerelektroden elektrisch verbunden sind, aufweisen, wobei ein Wafer aus einem piezoelektrischen Material verwendet wird, und wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:  
 die Ausbildung der äusseren Form, bei der ein Rahmenteil erzeugt wird sowie die einzelnen piezoelektrischen Platten ausgearbeitet und mit dem Rahmenteil mit Hilfe eines Verbindungsteils freitragend verbunden werden, wobei die unteren Endseiten der piezoelektrischen Platten gegen das Rahmenteil gerichtet sind, und wobei der Wafer durch Anwendung einer photolithographischen Technologie geätzt wird;  
 die Ausbildung der Elektroden, bei der jeweils die paarweise vorhandenen Erregerelektroden und Anschlusselektroden an den piezoelektrischen Platten erzeugt werden und ausserdem eine gemeinsame Elektrode gebildet wird, die an einer Seite der Anschlusselektroden mittels des Verbindungsteils mit dem Rahmenteil elektrisch verbunden ist, durch mustermässiges Aufbringen eines Elektrodenfilms auf den Wafer;  
 eine Frequenzeinstellung, bei der eine Frequenz der piezoelektrischen Platte eingeregelt wird, während die piezoelektrische Platte durch Anlegen einer Erregerspannung zwischen der gemeinsamen Elektrode und der Anschlusselektrode in Schwingungen versetzt wird; und  
 einen Schneidvorgang, bei dem die piezoelektrischen Platten durch Auftrennen des Verbindungsteils vereinzelt werden.
2. Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Schwingkörpers nach Anspruch 1, bei dem die Frequenz der piezoelektrischen Platten eingestellt wird, während sämtliche piezoelektrischen Platten durch Anlegen der Erregerspannung an die gemeinsame Elektrode einerseits und die Anschlusselektrode andererseits gleichzeitig in Schwingungen versetzt werden.
3. Piezoelektrischer Schwingkörper, hergestellt durch Auftrennen eines Verbindungsteils, welches den Schwingkörper freitragend mit dem Wafer verbindet, wobei der piezoelektrische Schwingkörper folgende Bestandteile aufweist:  
 eine piezoelektrische Platte, die an ihrem unteren Seitenende das Verbindungsteil trägt;  
 zwei Erregerelektroden an einer Aussenfläche der piezoelektrischen Platte zur Schwingungserzeugung in der piezoelektrischen Platte, wenn an die Elektroden eine vorbestimmte Erregerspannung angelegt wird; und

## CH 698 480 A2

zwei Anschlusselektroden an der unteren Endseite der piezoelektrischen Platte, die jeweils elektrisch mit den Erregerelektroden verbunden sind;  
wobei die Anschlusselektrode zu einem Zeitpunkt vor der Auftrennung des Verbindungsteils auf der einen Seite des Elektrodenpaars in Verbindung mit einem Randende der unteren Endseite der piezoelektrischen Platte und dem Verbindungsteil steht.

4. Wafer, mit dem mehrere piezoelektrische Schwingkörper verbunden sind, die jeweils eine piezoelektrische Platte, zwei Erregerelektroden an einer Aussenfläche der piezoelektrischen Platte zur Vibration der piezoelektrischen Platte beim Anlegen einer vorbestimmten Erregerspannung sowie zwei auf der unteren Endseite ausgebildete, mit den Erregerelektroden verbundene Anschlusselektroden aufweisen, wobei der Wafer ein Rahmenteil, das freitragend mit der piezoelektrischen Platte des piezoelektrischen Schwingkörpers über ein Verbindungsteil an der unteren Endseite des Rahmenteils verbunden ist; und  
eine gemeinsame Elektrode, welche an einer Seite über das Verbindungsteil elektrisch mit den Anschlusselektroden sämtlicher piezoelektrischer Schwingkörper verbunden ist enthält.
5. Piezoelektrischer Schwingungserzeuger, enthaltend eine piezoelektrische Vibrationsplatte nach Anspruch 3.
6. Oszillator, enthaltend einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger nach Anspruch 5, der als oszillierendes Bauteil mit einer integrierten Schaltung verbunden ist.
7. Elektronisches Gerät, enthaltend einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger gemäss Anspruch 5, der mit einer Zeitzählschaltung elektrisch verbunden ist.
8. Funkuhr, enthaltend einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger gemäss Anspruch 5, welcher elektrisch mit einem Filterteil verbunden ist.

FIG. 1

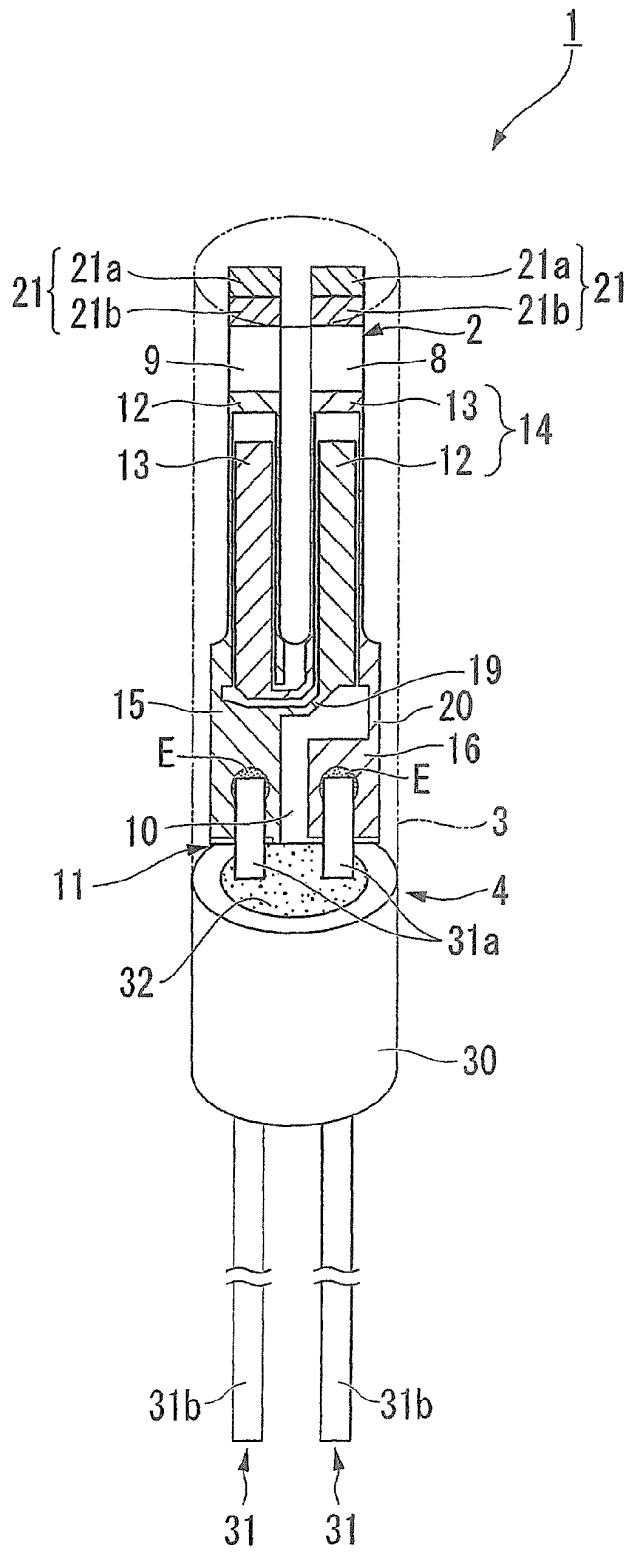


FIG. 2

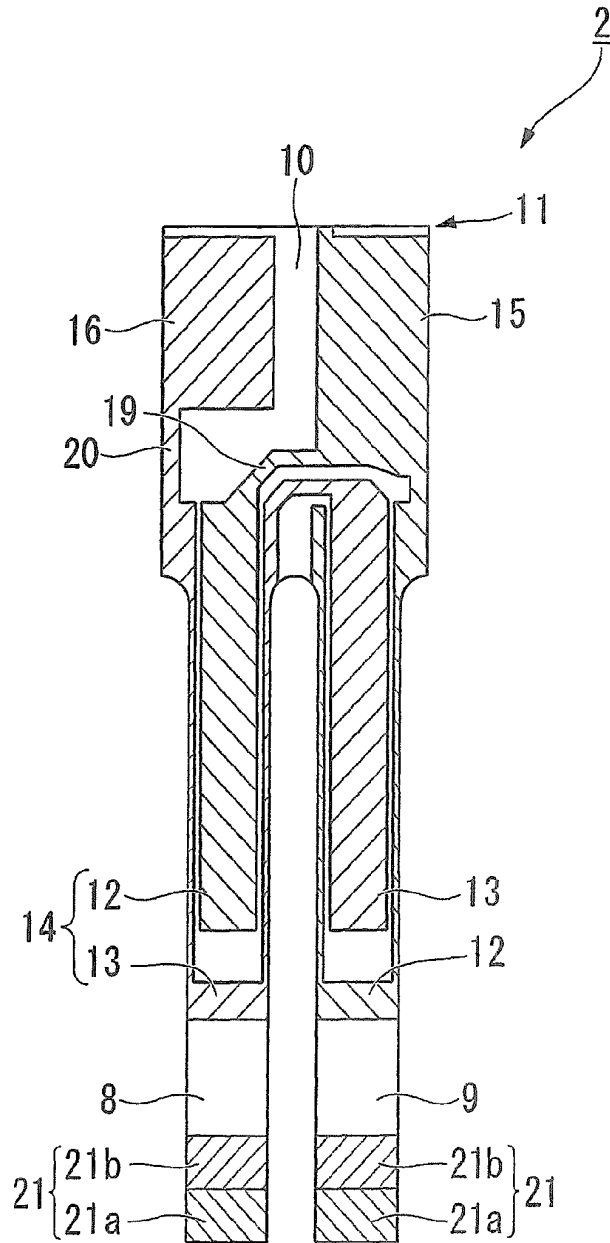


FIG. 3

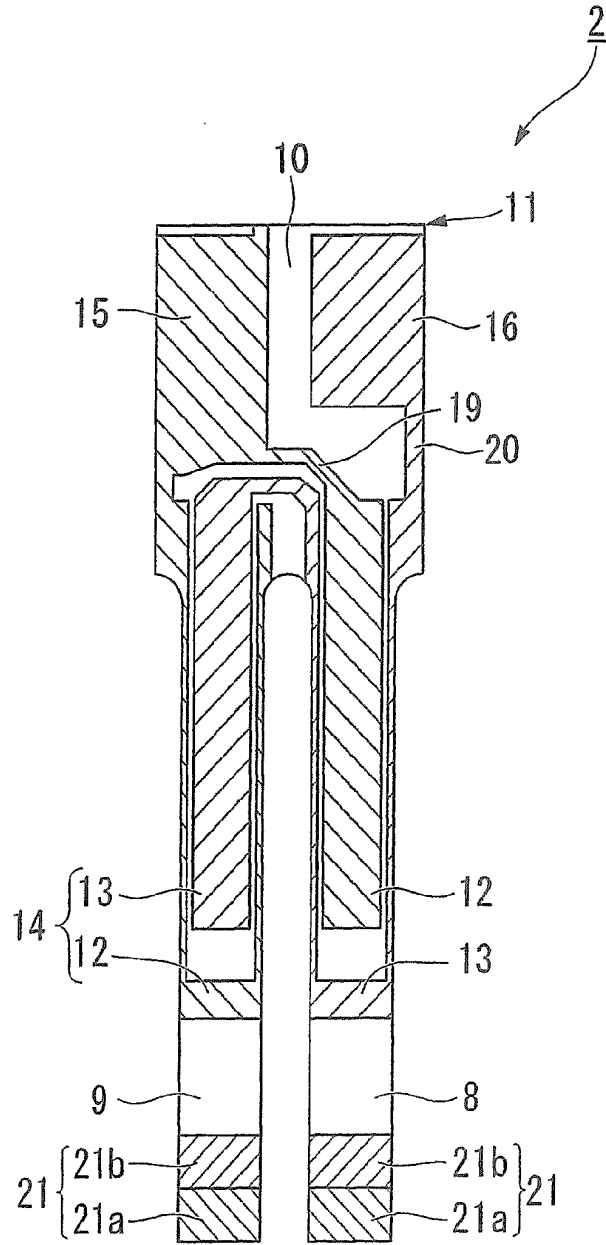


FIG. 4

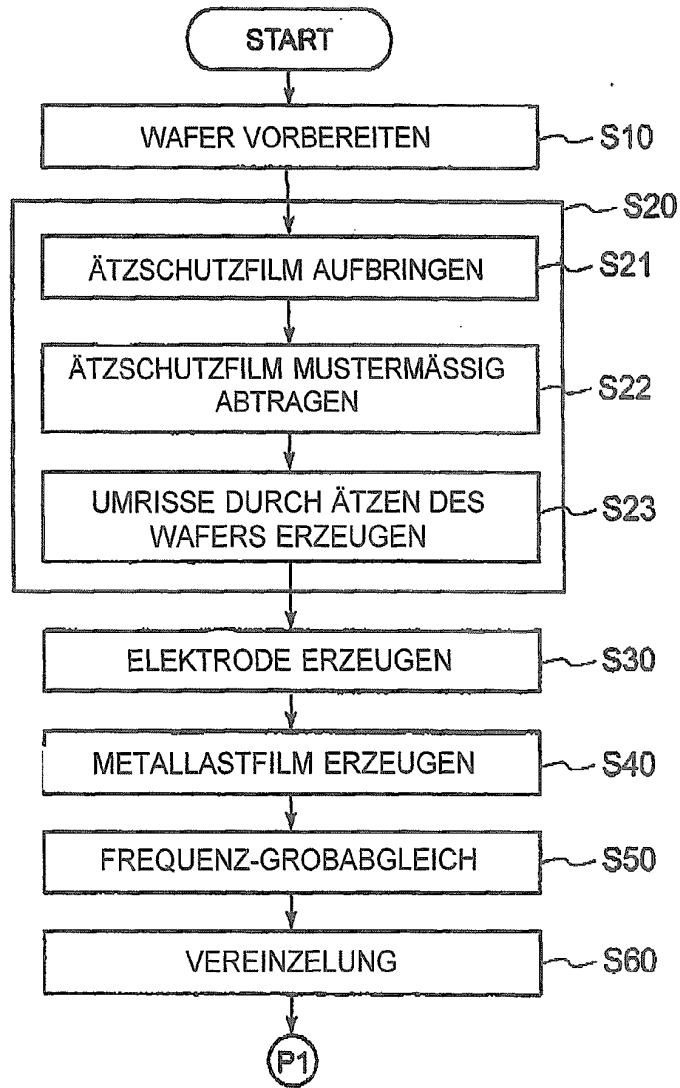


FIG. 5

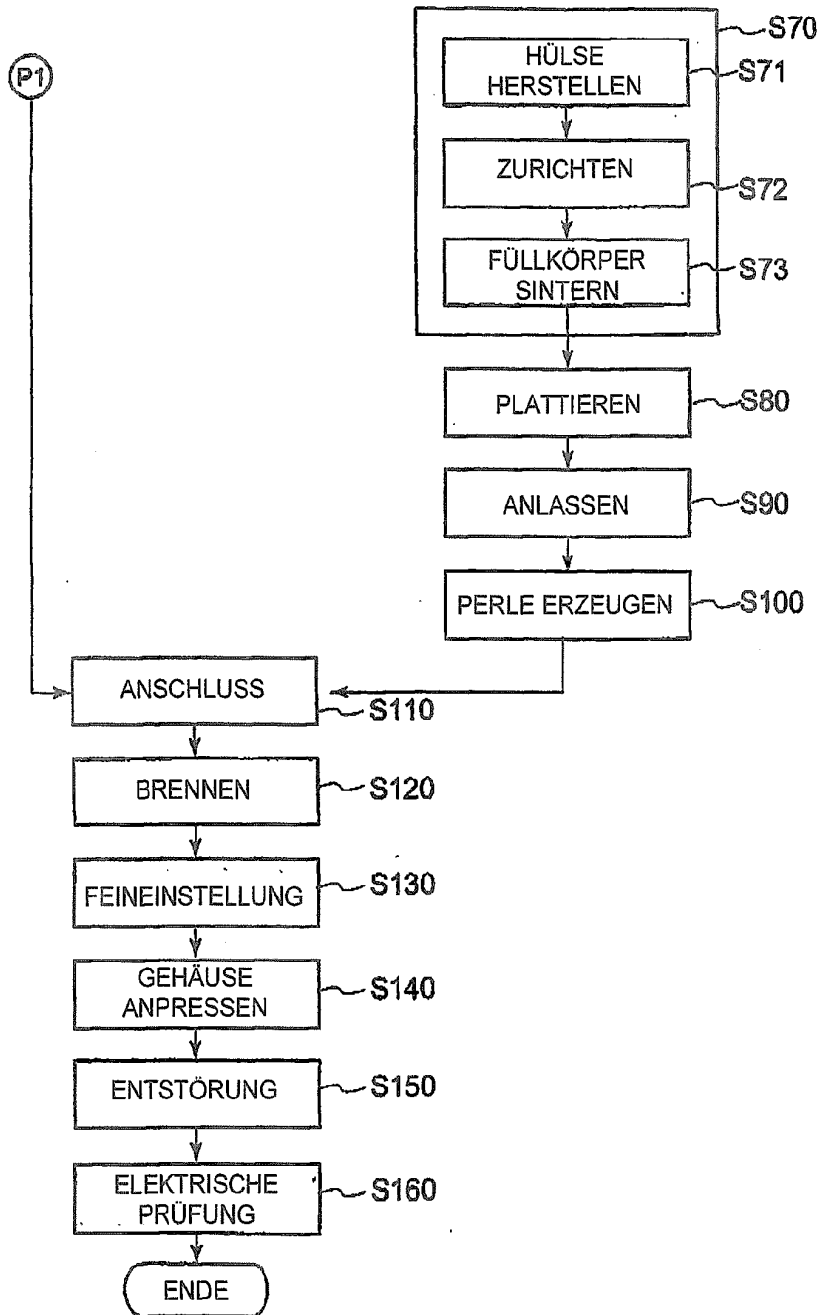


FIG. 6

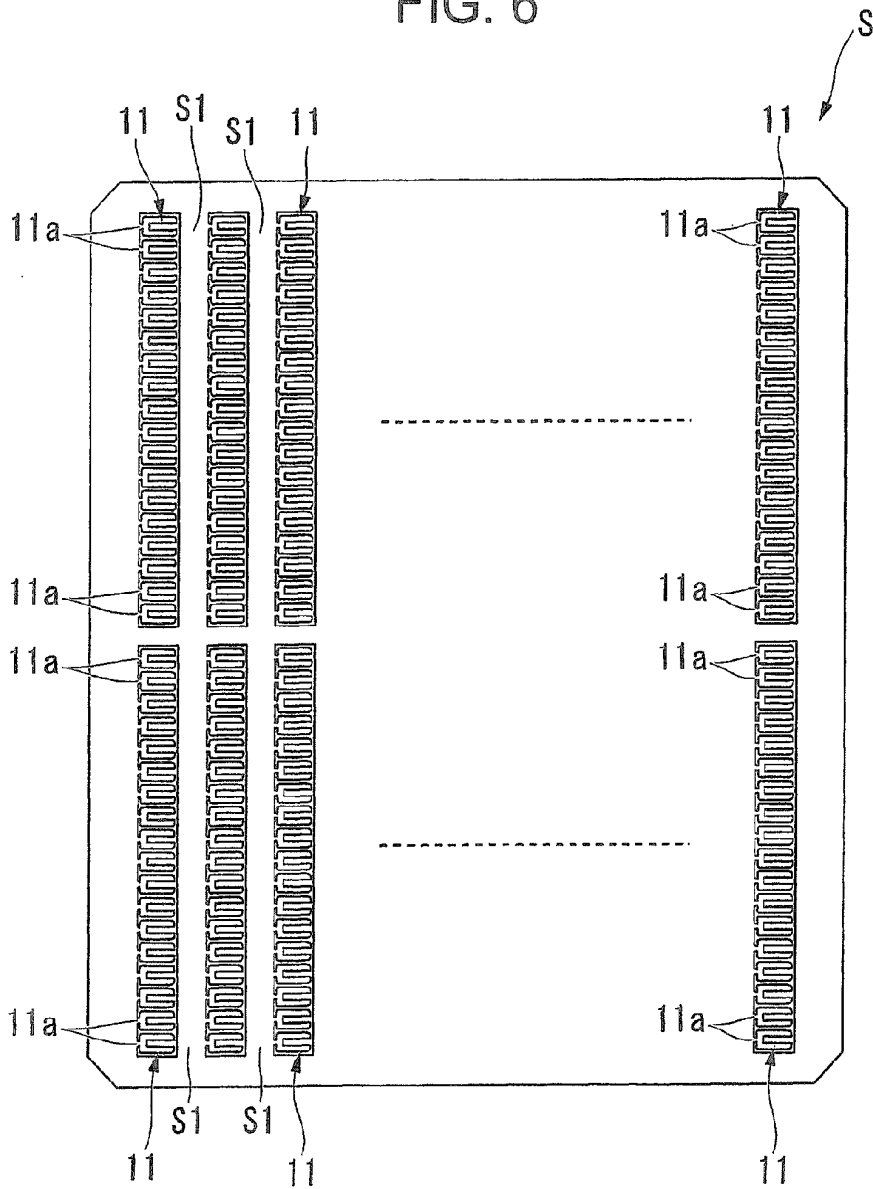


FIG. 7

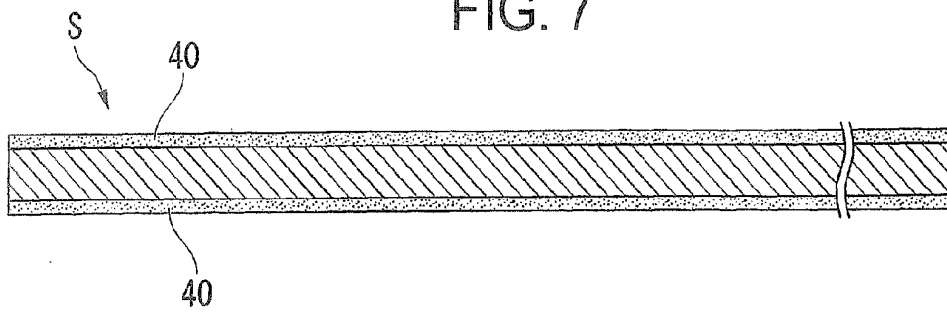


FIG. 8

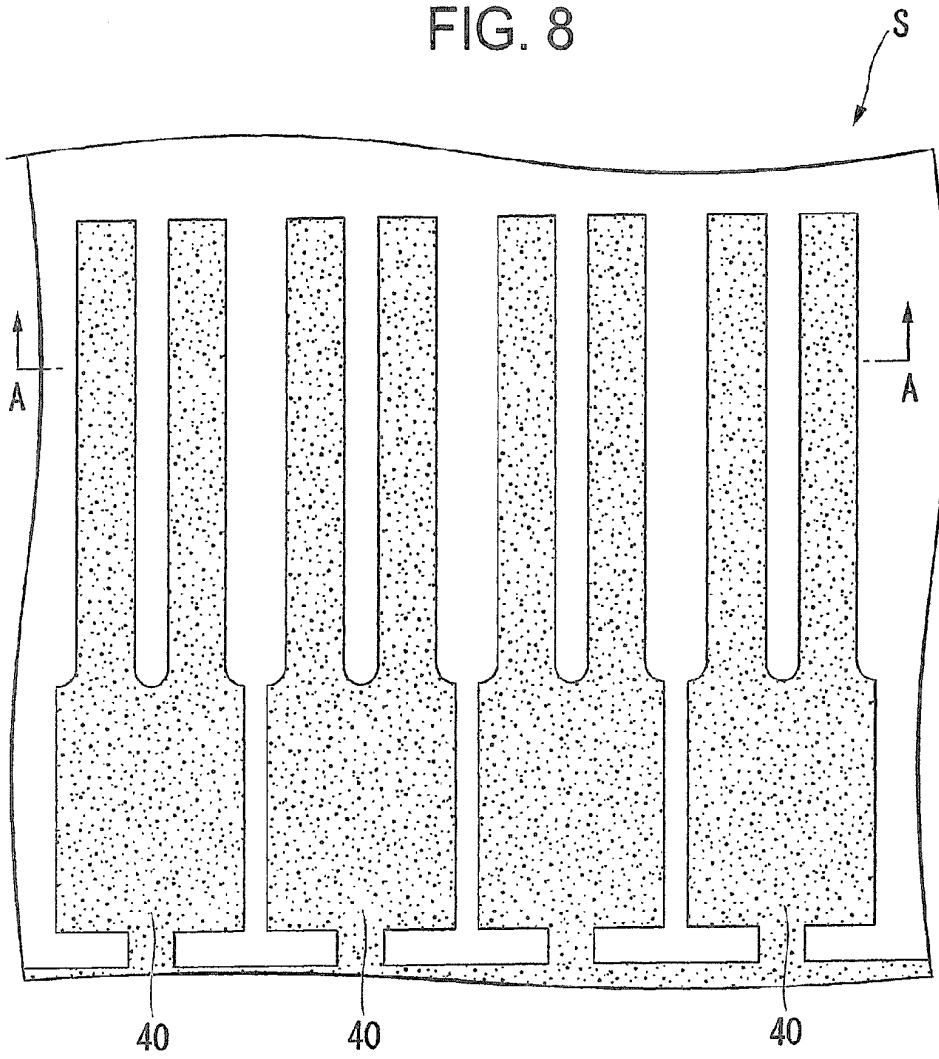


FIG. 9

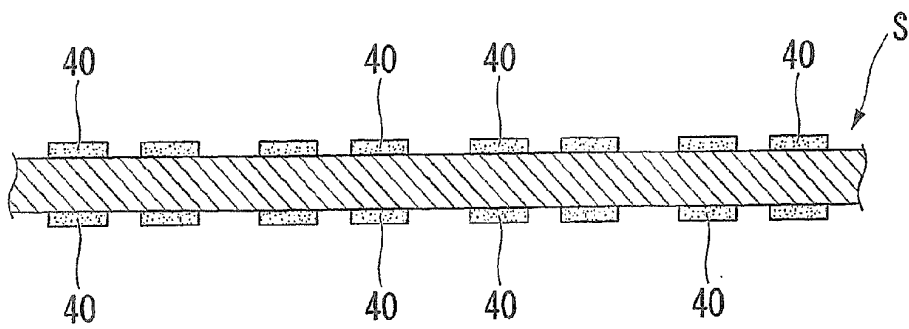


FIG. 10

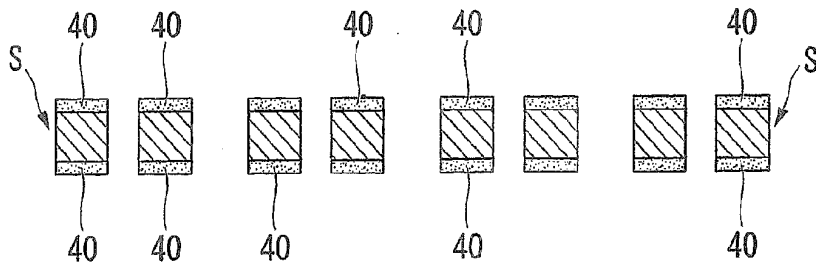
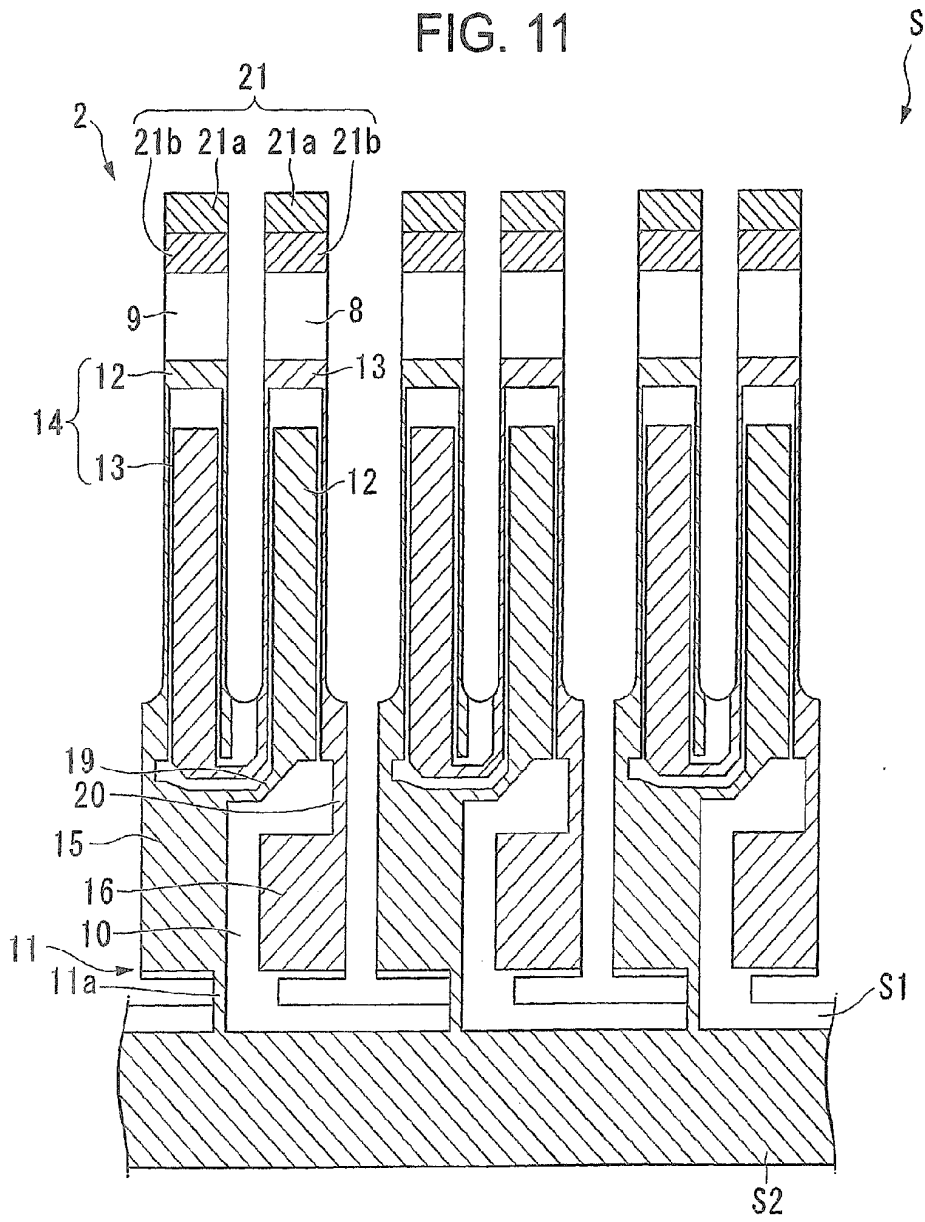


FIG. 11



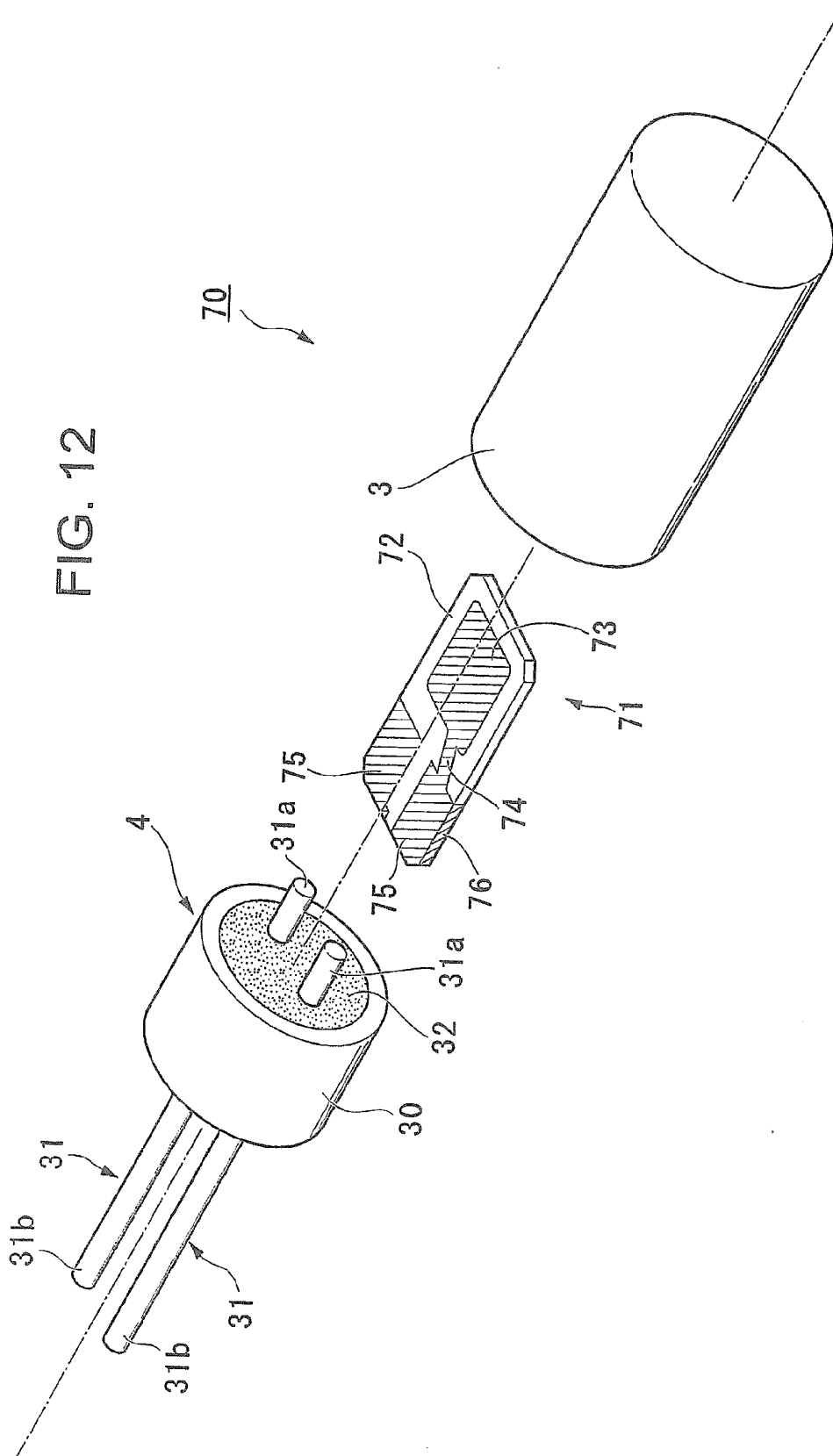


FIG. 13

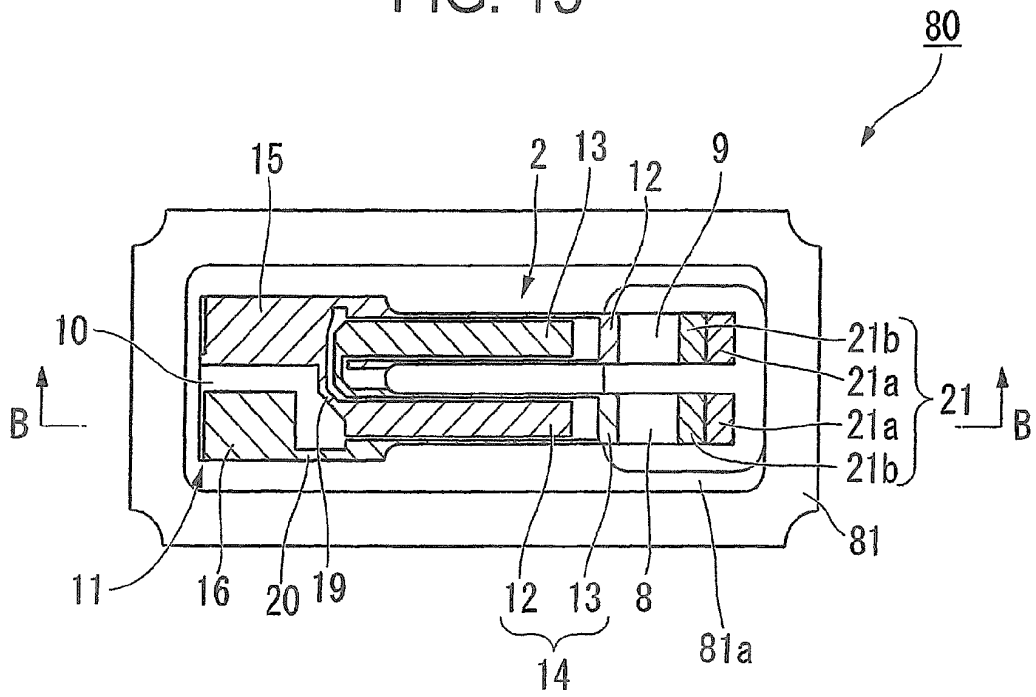


FIG. 14

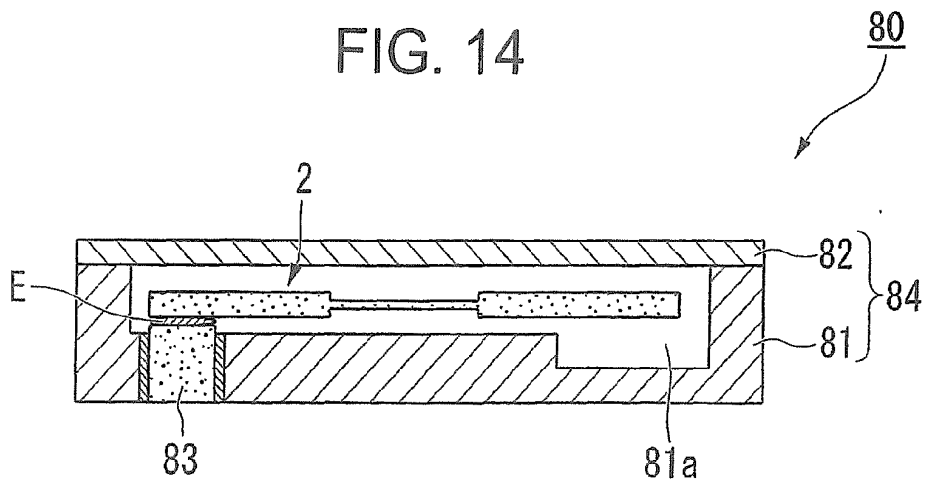


FIG. 15

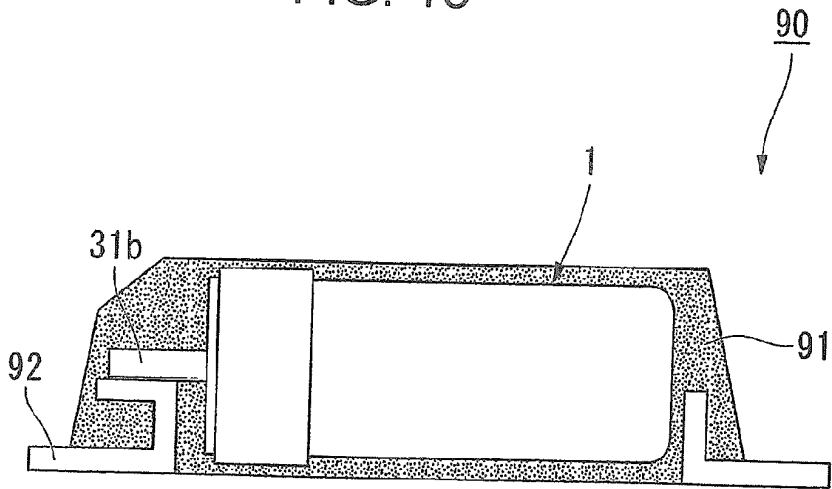


FIG. 16

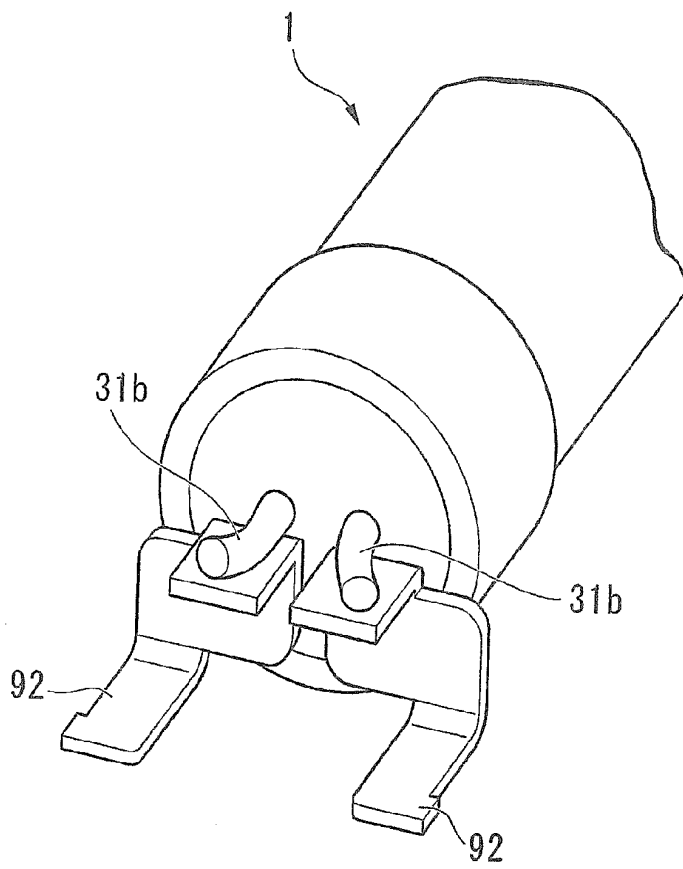


FIG. 17

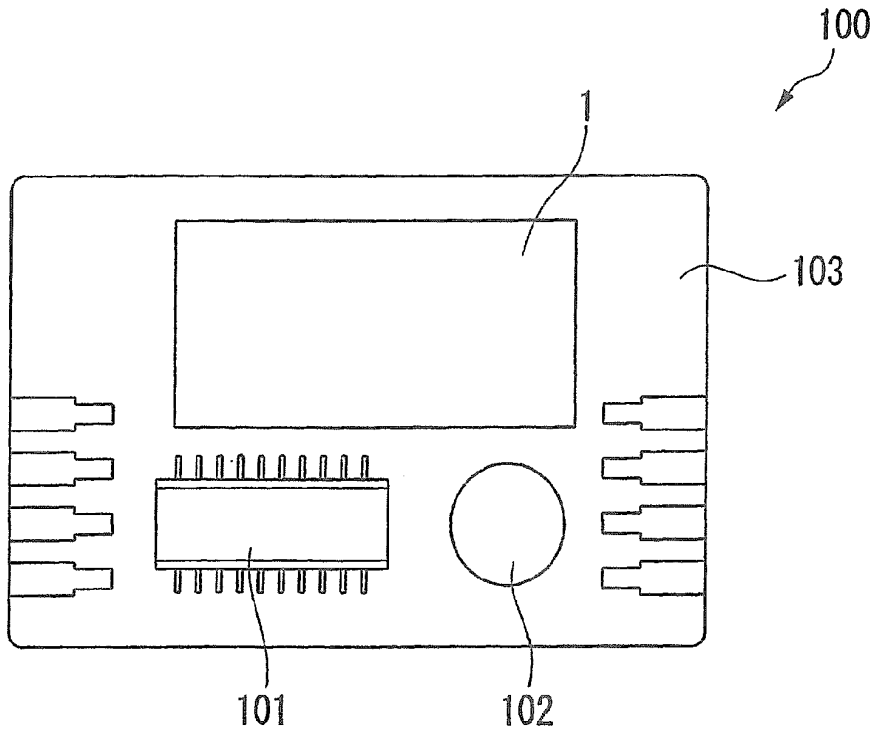


FIG. 18

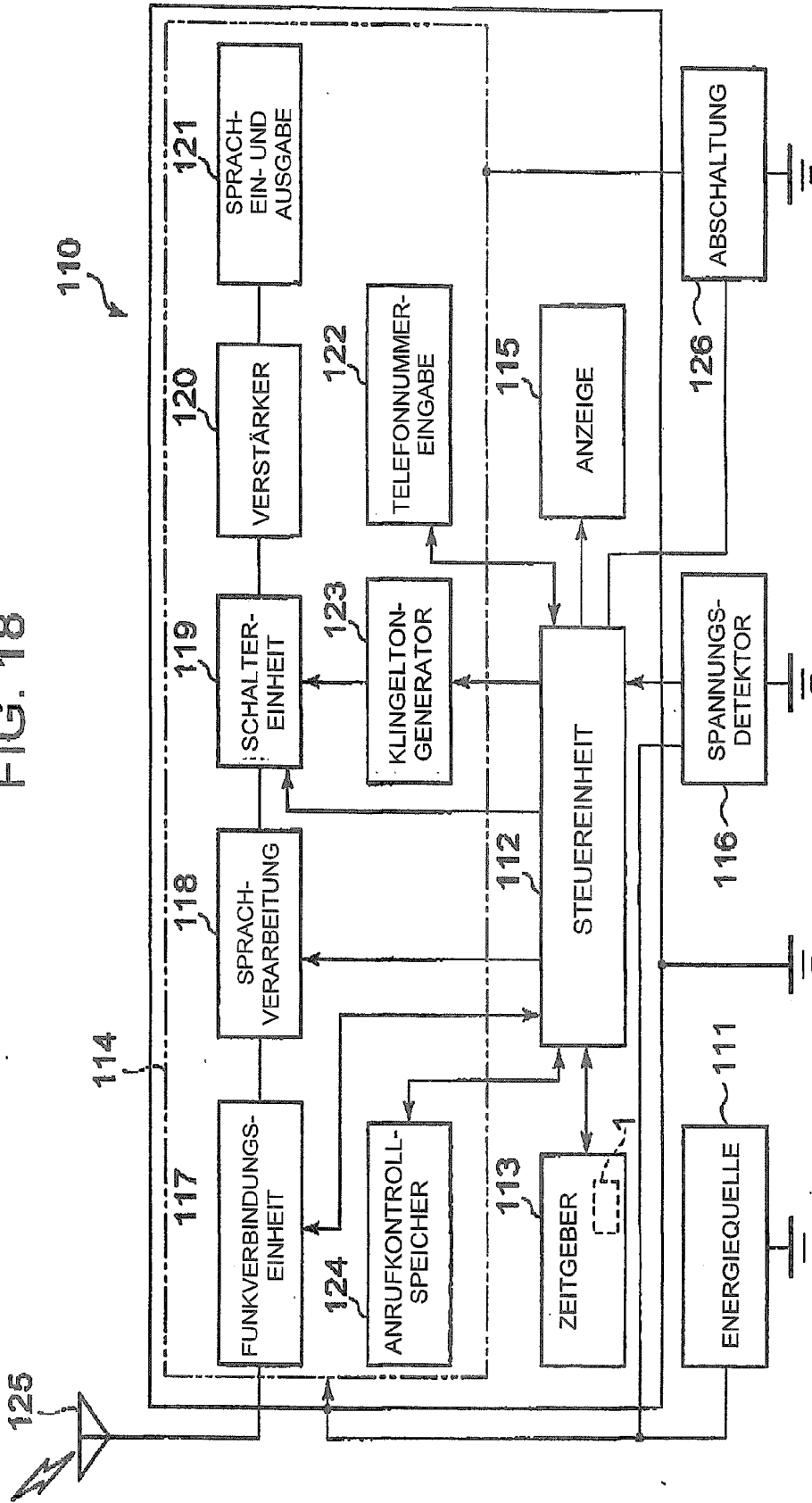


FIG. 19

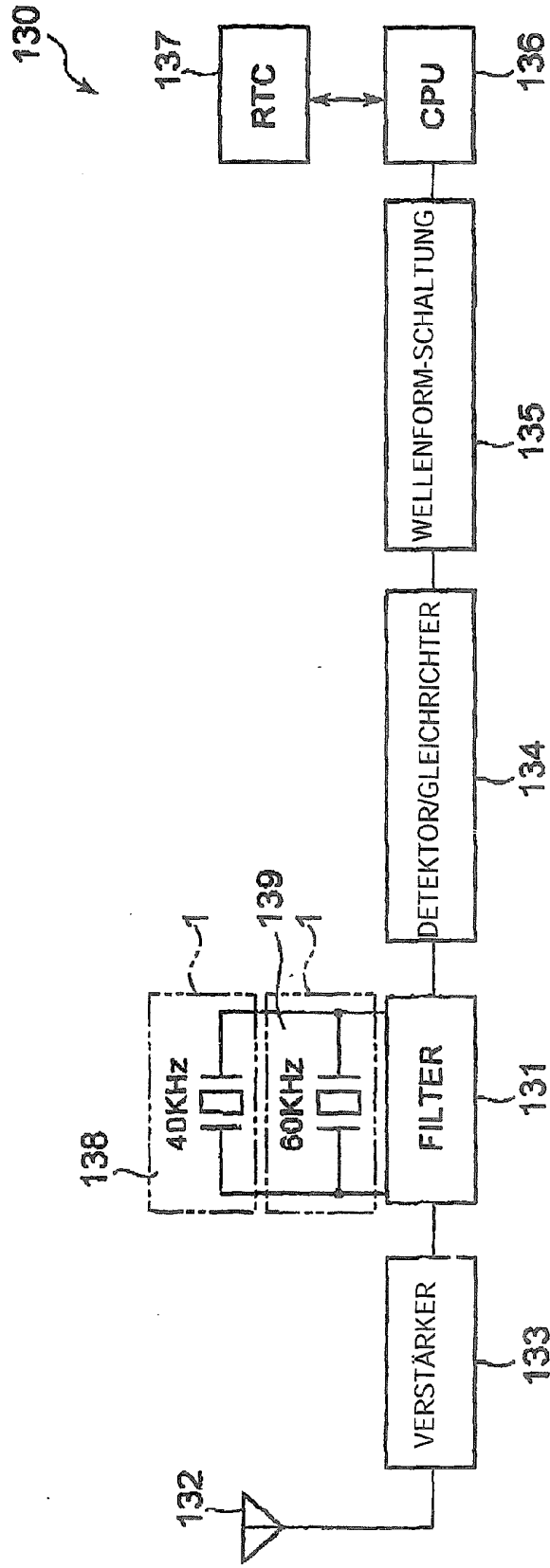


FIG. 20

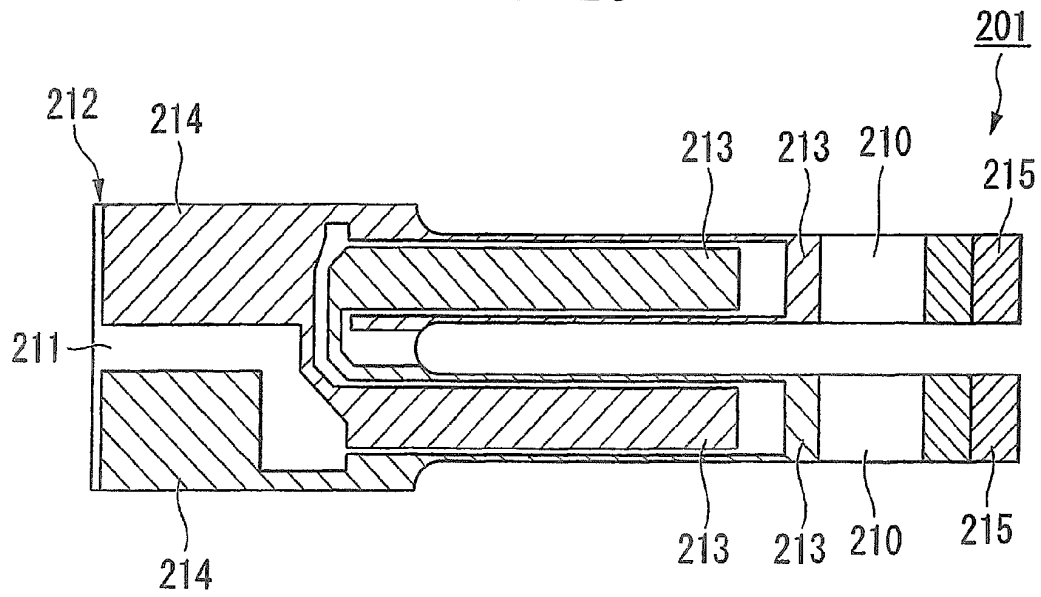


FIG. 21

