



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 698 481 A2

(51) Int. Cl.: H03H 3/02 (2006.01)
H03H 9/15 (2006.01)
B24B 37/04 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

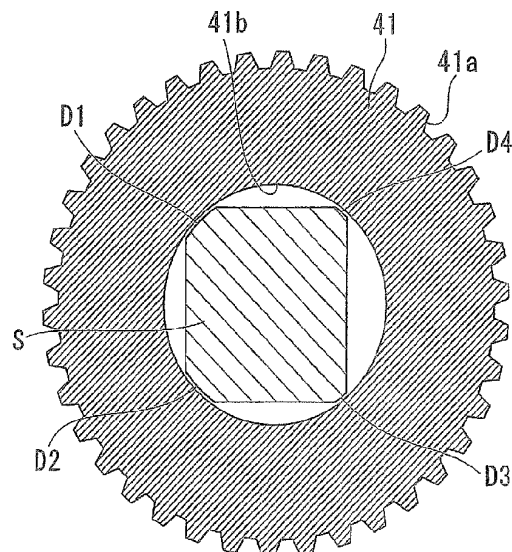
(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer:	00231/09	(71) Anmelder:	Seiko Instruments Inc., 8, Nakase 1-chome, Mihama-ku Chiba-shi, Chiba (JP)
(22) Anmeldedatum:	12.02.2009	(72) Erfinder:	Takashi Kobayashi, Chiba-shi, Chiba (JP)
(43) Anmeldung veröffentlicht:	14.08.2009	(74) Vertreter:	Bovard AG Patentanwälte, Optingenstrasse 16 3000 Bern 25 (CH)
(30) Priorität:	14.02.2008 JP 2008-033070		

(54) Wafer, Vorrichtung und Verfahren zum Polieren eines Wafers, Verfahren zur Herstellung piezoelektrischer Schwingungserzeuger, piezoelektrischer Schwingungserzeuger, Oszillator, elektronisches Gerät und Funkuhr.

(57) Die Erfindung beschreibt und beansprucht einen piezoelektrischen Wafer in Form einer rechteckigen oder quadratischen Schleifplatte als Ausgangsmaterial für einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger. Sämtliche vier Eckbereiche D1, D2, D3 und D4 des Wafers sind abgerundet. Dabei sind die Krümmungsradien aller Eckbereiche gleich, bevorzugt haben jedoch mindestens jeweils zwei benachbarte Eckbereiche D1, D2, D3, D4 unterschiedliche Krümmungsradien. Eine Bezugsfläche, die einer Kristallorientierung entspricht, wird durch die beiden ersten gekrümmten Eckbereiche oder die beiden zweiten gekrümmten Eckbereiche spezifiziert.

Durch die erfindungsgemässe Ausgestaltung der vier Eckbereiche des Wafers werden Risse, Ausbrechungen und andere mechanische Defekte am Wafer vermieden, welche durch die lokale Einwirkung von Kräften hervorgerufen werden könnten, insbesondere beim Läppen und Polieren des Wafers. Das Verfahren und die Vorrichtung zum Polieren sind ebenfalls Gegenstand der Erfindung.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Wafer, eine Vorrichtung zum Polieren eines Wafers, damit dieser auf eine vorbestimmte Dicke gebracht wird, auf ein Verfahren zum Polieren eines Wafers, auf ein Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers unter Verwendung des Verfahrens zum Polieren des Wafers, auf einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger, der nach dem genannten Herstellungsverfahren erhalten wurde, auf einen Oszillator, auf ein elektronisches Gerät sowie auf eine Funkuhr, in welche der piezoelektrische Schwingungserzeuger eingebaut 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 oder als Bezugssignal dient. Als piezoelektrischer Schwingungserzeuger dieser Art sind verschiedene Bauelemente bekannt geworden, und man kennt beispielsweise einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger mit einem piezoelektrischen Schwingungskörper in Form einer Stimmgabel, einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger mit einem piezoelektrischen Schwingungskörper zur Ausführung einer dickenveränderlichen Schwingung, sowie noch ähnliche Elemente.

[0003] Der piezoelektrische Schwingungskörper wird heutzutage aus piezoelektrischen Bauelementen aus Quarz, Lithiumtantalat, Lithiumniobat und ähnlichen Kristallen hergestellt. Dabei wird ein Rohkristall aus einem piezoelektrischen Material zu einem Wafer zugeschnitten, und danach wird der Wafer auf eine vorbestimmte Dicke heruntergeschliffen, in einem photolithographischen Vorgang geätzt, wobei eine Reihe von piezoelektrischen Schwingungskörpern mit ihren äusseren Umrissen erzeugt werden, und dann wird eine Elektrode erzeugt, indem ein mustermässig gearbeiteter Metallfilm aufgebracht wird. Auf diese Weise können viele piezoelektrische Schwingungskörper gleichzeitig auf einem einzigen Wafer erzeugt werden.

[0004] Bei den derart hergestellten piezoelektrischen Schwingungskörpern hängt deren Dicke von der Dicke des Wafers ab, und daher ist die oben beschriebene Dickenverminderung durch Polieren ein ganz besonders wichtiger Schritt zur Erzeugung einer hohen Qualität. Beim Polieren wird zunächst ein roher, aus einem Rohkristall geschnittener Wafer bis auf eine gewisse Dicke geläpft, und dann wird er fein poliert, bis der Wafer spiegelglatte Oberflächen aufweist und nach dem Läppen und Polieren eine vorbestimmte Dicke besitzt. Normalerweise liegt ein derart polierter Wafer als rechteckige Schleifplatte, insbesondere als quadratische Schleifplatte, vor, und dies entspricht dem Rohzustand des Wafers im Kristall (siehe beispielsweise die veröffentlichten japanischen Patentanmeldungen JP-A-2006-339 896 und JP-A-2007-184 810).

[0005] Im Allgemeinen wird das Polieren unter Verwendung einer besonderen Poliervorrichtung ausgeführt. Dabei soll eine Poliervorrichtung des Standes der Technik unter Bezugnahme auf Fig. 28 bis Fig. 31 kurz vorgestellt und beschrieben werden.

[0006] Wie es in Fig. 28 und Fig. 29 gezeigt ist, weist eine Poliervorrichtung 200 ein Sonnenrad 201, ein Hohlräder 202 und einen Waferträger 203 auf. Dabei stehen die oberen und unteren Seiten des Waferträgers 203 mit einer oberen Schleifplatte 204 und einer unteren Schleifplatte 205 in Verbindung. Das Sonnenrad 201 und das Hohlräder 202 werden jeweils im Gegenuhrzeigersinn in Drehung versetzt, und der Waferträger 203 führt dabei eine Planetenbewegung aus. Dies bedeutet, dass der Waferträger 203 im Gegenuhrzeigersinn in Drehung versetzt wird und gleichzeitig im Uhrzeigersinn um das Zentralrad rotiert.

[0007] Der Waferträger 203 besteht aus einer kreisförmigen Platte mit einem Durchmesser von beispielsweise einigen Zoll und ist im Vergleich mit einem Wafer S1 vor dessen Dickenverminderung relativ dünn, und der Waferträger weist eine Öffnung 203A zum Einsetzen des Wafers S1 auf. Wie in Fig. 30 dargestellt ist, hat die Einsatzöffnung 203A die Form eines Quadrats oder eines Rechtecks, und die Öffnung entspricht der Form des Wafers S1. Die Grösse der Einsatzöffnung wird so gewählt, dass sie etwas grösser als der Wafer S1 ist, damit dieser Wafer S1 mit Spiel eingesetzt werden kann. Weiter ist beim gewählten Beispiel nur eine Einsatzöffnung 203A im Waferträger 203 dargestellt, die der Grösse des Wafers S1 angepasst ist.

[0008] Weiterhin befinden sich mehrere Waferträger 203 mit jeweils vorbestimmten Winkeln zwischen der oberen Schleifplatte 204 und der unteren Schleifplatte 205, und daher können in einer Vorrichtung 200 und in einem Arbeitsgang mehrere Wafer S1 gleichzeitig poliert werden.

[0009] Die obere Schleifplatte 204 und die untere Schleifplatte 205 sind abnehmbar angebracht und mit Polierkissen P derart ausgestattet, dass die mit diesen Kissen versehenen aktiven Flächen einander gegenüberliegen. Der Wafer S1, der im Waferträger 203 eingespannt ist, wird zwischen die beiden Schleifplatten 204, 205 von oben bzw. unten eingeklemmt. Die obere Schleifplatte 204 wirkt mit einer bestimmten Belastung auf den Wafer S1 ein. Die untere Schleifplatte 205 dreht sich im Gegenuhrzeigersinn, was der Gegenrichtung der Drehung des Waferträgers 203 um das Zentralrad entspricht.

[0010] Wie weiterhin aus Fig. 29 und Fig. 31 entnommen werden kann, ist die obere Schleifplatte 204 mit sehr vielen Zufuhrkanälen 204a versehen, welche die obere Schleifplatte 204 durchdringen und zur Zufuhr einer Polierflüssigkeit W vorgesehen, welche dann zwischen die beiden Schleifplatten 204, 205 gelangt. Die Zufuhrkanäle 204a befinden sich im vorbestimmten gegenseitigen Abstand entlang eines inneren Setzkreises mit einem Radius r_a , eines mittleren Setzkreises mit einem Radius r_b und eines äusseren Setzkreises mit einem Radius r_c . Weiterhin wird die Polierflüssigkeit W den

Zufuhrkanälen 204a durch zahlreiche Zufuhrrohre bzw. Zufuhrschläuche zugeführt, und diese Schläuche sind nicht dargestellt. Dadurch kann die Polierflüssigkeit W zwischen die beiden Schleifplatten 204, 205 gelangen, indem sie durch die Zufuhrkanäle 204a läuft, und der Wafer S1 kann unter Zuhilfenahme der Polierflüssigkeit W poliert werden.

[0011] Weiterhin weist das Polierkissen P an der oberen Schleifplatte 204 eine Öffnung auf, so dass der Zufuhrkanal 204a nicht geschlossen wird. Beim Polieren wird eine Polierflüssigkeit W verwendet, in der ein feinteiliges, körniges Poliermittel vorhanden ist. Wenn ein Läppvorgang oder ein Poliervorgang ausgeführt wird, werden normalerweise unterschiedliche Poliermaschinen 200 verwendet, obschon die Polierapparaturen 200 immer die gleichen grundlegenden Konstruktionselemente aufweisen. Wenn jedoch ein Läppen ausgeführt wird, nimmt man die Polierkissen P von der oberen Schleifplatte 204 und der unteren Schleifplatte 205 ab, und diese Kissen werden nicht verwendet. Dabei wird das Läppen vorgenommen, indem die Oberfläche des Wafers durch ein Poliermittel (einzelne Schleifkörner) laufend abgetragen wird.

[0012] Es soll nun das Läppen des Wafers S1 in der Polierapparatur 200, die wie beschrieben aufgebaut ist, im Einzelnen beschrieben werden.

[0013] Zunächst werden die jeweiligen Waferträger 203 auf die untere Schleifplatte 205 aufgesetzt, wobei zunächst die obere Schleifplatte 204 von der unteren Schleifplatte 205 getrennt ist. Nun werden die Wafer S1 in die Aufnahmeöffnungen 203A der jeweiligen Waferträger 203 eingesetzt, wie oben beschrieben wurde. Wenn die Wafer auf diese Weise in die Waferträger eingesetzt sind, wird die obere Schleifplatte 204 abgesenkt, und diese obere Schleifplatte 204 wird durch eine vorbestimmte Belastung an die obere Fläche des Wafers S1 angedrückt. Dabei wird der Wafer S1 zwischen den beiden Schleifplatten 204, 205 eingeklemmt.

[0014] Dann wird der Waferträger 203 in Drehung versetzt und in Umlauf um das Zentralrad 201 gebracht, wobei er sich am Hohlrad 202 abrollt, und die Polierflüssigkeit W wird zwischen die beiden Schleifplatten 204 und 205 gebracht, indem sie durch den Zufuhrkanal 204a zuläuft. Die untere Schleifplatte 205 rotiert auf diese Weise ebenfalls. Im Verlaufe dieser Rotationen können beide Flächen des Wafers S1, der im Waferträger 203 festgehalten ist, poliert werden, und die Dicke des Wafers S1 kann auf einen vorbestimmten Wert reduziert werden.

[0015] Bei diesen Arbeiten treten jedoch Probleme auf, welche durch die Erfindung überwunden werden sollen.

[0016] Was nun den Wafer S1 betrifft, so kann die grosstechnische Herstellung, wie sie oben beschrieben wurde, in eine Massenproduktion umgesetzt werden, wobei immer mehr piezoelektrische Bauteile aus einem einzigen Wafer hergestellt werden können. Um die Herstellung äusserst kleiner piezoelektrischer Vorrichtungen zu ermöglichen, muss ausserdem die Dicke der Wafer S1 vermindert werden. Dies bedeutet, dass gleichzeitig eine Massenfertigung und eine Miniaturisierung der Wafer S1 gefordert werden, und bei dem Polieren, wie es nach Fig. 30 ausgeführt wird, treten immer öfter Ausbrechungen oder Risse an den Wafern auf, insbesondere an deren Randbereichen, und das bedeutet eine geringere Ausbeute und eine höhere Ausschussrate.

[0017] Beim Polieren werden normalerweise die Ecken des Wafers S1, der in Fig. 30 gezeigt ist, abgeschrägt, um dadurch ein Ausbrechen von Material an den Ecken zu verhindern. Selbst wenn jedoch die Ecken abgeschrägt werden, wird im Grunde nur der rechte Winkel beseitigt, und die Ecken bleiben noch immer hochempfindlich, selbst wenn dieser Anteil des Wafers nur klein ist. Wenn demgemäss beim Polieren die Ecken in Berührung mit einer inneren Umfangsfläche der Einsatzöffnung 203A des Waferträgers 203 kommen, besteht eine punktweise oder linienweise Berührung, und wenn dabei starke Kräfte im Spiel sind, kann ein Ausbrechen oder ein Riss entstehen, wie es oben beschrieben wurde.

[0018] Bei der Massenproduktion von Wafern S1, wie sie nach der oben angegebenen Beschreibung immer mehr angewandt wird, kommt es immer öfters vor, dass beim Einsetzen des Wafers in die Einsatzöffnung 203A des Waferträgers 203 und beim nachfolgenden Polieren Schläge und hohe Belastungen auf den Wafer einwirken, und diese Einwirkungen häufen sich bei einer Massenproduktion. Darüber hinaus werden die Wafer immer dünner geschliffen, und aus diesem Grunde steigt die Empfindlichkeit des spröden Wafers S1. Bei der Einwirkung von übermässig hohen Kräften auf die Wafer treten immer öfter Risse und Ausbrechungen von Material auf, insbesondere an den Eckbereichen, wie es oben näher beschrieben wurde.

[0019] Weiterhin ist es bei der Herstellung piezoelektrischer Bauteile aus Quarz oder anderen piezoelektrischen Kristallen, die einen Wafer für piezoelektrische Schwingungskörper ergeben, erforderlich, eine Endfläche des Wafers als Bezugsfläche auszubilden, die einen vorbestimmten Winkel zu einer Kristallfläche aufweist. Daher ist es wichtig, dass es am Wafer leicht feststellbar sein soll, wo eine derartige Kristallfläche liegt, welche die Bezugsfläche ergeben muss.

Zusammenfassung der Erfindung

[0020] Die Erfindung hat sich zum Ziel gesetzt, das oben angesprochene Problem zu lösen, und es ist demgemäss die vornehmliche Aufgabe der Erfindung, einen Wafer zu schaffen, bei dem Risse und Absplitterungen, insbesondere beim Polieren, nicht mehr auftreten, und die Erfindung betrifft weiterhin eine Polierapparatur und ein Polierverfahren zum Polieren des Wafers.

[0021] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines Verfahrens zur Herstellung piezoelektrischer Schwingungserzeuger, bei dem Wafer verwendet werden, die nach dem erfindungsgemässen Verfahren poliert wurden. Weiterhin betrifft die Erfindung den nach dem Verfahren erhaltenen piezoelektrischen Schwingungserzeuger, einen Oszillator, ein

elektronisches Gerät und eine Funkuhr, welche sämtlich mit dem piezoelektrischen Schwingungserzeuger ausgerüstet sind.

[0022] Die Erfindung schafft die folgenden Mittel zur Lösung der gestellten Aufgaben.

[0023] Ein erfindungsgemässer Wafer ist ein Wafer in Form einer eckigen Platte und wird als Ausgangsmaterial für einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger eingesetzt. Bei diesem Wafer sind alle Eckbereiche der eckigen Schleifplatte durch gekrümmte Flächen abgerundet, indem Abschrägungen in Form von Krümmungen angebracht wurden, wobei die abgerundeten Eckbereiche mindestens eine erste gekrümmte Fläche und eine zweite gekrümmte Fläche darstellen, und wobei die Krümmungen gleich oder unterschiedlich gross sind. Weiterhin wird eine Bezugsfläche der Kristallorientierung des Ausgangsmaterials durch den ersten gekrümmten Flächenbereich oder den zweiten gekrümmten Flächenbereich spezifiziert.

[0024] Bei diesem Wafer sind sämtliche Eckbereiche als gekrümmte Flächen mit einer bestimmten Krümmung abgerundet, und daher ist beim Polieren des Wafers unter Verwendung des Waferträgers, dessen Einsatzöffnung kreisförmig ist, das Auftreten eines Bruches, eines Risses oder eines Absplitters an diesen Eckbereichen nicht möglich, d.h. die gekrümmte Fläche ist unangreifbar. Wenn die gekrümmten Eckbereiche in Berührung mit einer inneren Umfangsfläche der kreisförmigen Öffnung des Waferträgers gebracht werden, tritt kein punktförmiger oder linienförmiger Kontakt auf, sondern es entsteht eine flächige Berührung, und daher kann sich eine einwirkende Kraft, beispielsweise ein Stoss oder Schlag, nicht örtlich auswirken, sondern die Kraft wird abgeleitet. Daher ist es nicht möglich, dass ein Bruch, ein Riss oder ein Absplittern, veranlasst durch eine örtliche Krafteinwirkung, stattfindet.

[0025] Weiterhin sind der erste gekrümmte Bereich und der zweite gekrümmte Bereich, die demgemäss Krümmungen aufweisen, mit den gleichen oder unterschiedlichen Krümmungen versehen, und daher sind bei unterschiedlichen Krümmungen die Längen der gekrümmten Bereiche des ersten gekrümmten Flächenbereichs von der Länge der Krümmung des zweiten Krümmungsbereiches verschieden, d.h. die jeweiligen Kreisbögen unterscheiden sich voneinander. Eine Bezugsfläche der Kristallorientierung des Ausgangskristalls kann nun durch den ersten gekrümmten Flächenbereich oder den zweiten gekrümmten Flächenbereich spezifiziert werden, und daher kann diese Bezugsfläche mit Hilfe der zugehörigen Krümmung leicht identifiziert werden.

[0026] Es wird weiterhin bevorzugt, wenn beim erfindungsgemässen Wafer, der im wesentlichen eine rechteckige Form aufweist, zwei aufeinanderfolgende Eckbereiche die ersten gekrümmten Flächenbereiche und die beiden anderen Eckbereiche die zweiten gekrümmten Flächenbereiche darstellen. Weiterhin soll die Bezugsfläche der Kristallorientierung des Ausgangsmaterials mit der ebenen Fläche zwischen den beiden ersten gekrümmten Flächenbereichen oder aber mit einer Endfläche zwischen den beiden zweiten gekrümmten Flächenbereichen zusammenfallen. Auf Grund einer solchen Konfiguration ist es möglich, dass die Bezugsfläche der Kristallorientierung leichter identifiziert werden kann.

[0027] Eine erfindungsgemässe Vorrichtung zum Polieren der beiden Hauptflächen des Wafers unter Zufuhr einer Polierflüssigkeit zwecks Einstellung der Dicke des Wafers auf einen vorbestimmten Wert enthält insbesondere die folgenden Bestandteile:

einen Waferträger in Form einer kreisförmigen Schleifplatte, deren Aussenumfang eine Verzahnung trägt und welche mit einer Einsatzöffnung zur Aufnahme des Wafers versehen ist;

ein Planetengetriebe, das mit der Verzahnung des Waferträgers kämmt und den Waferträger einerseits auf einer Kreisbahn um die Mittelachse des Getriebes führt und ihn andererseits in Rotation versetzt;

eine obere und eine untere Schleifplatte in Kreisform mit einem offenen Zentrum, die an der Oberseite bzw. der Unterseite des Waferträgers angeordnet sind und den Wafer zwischen sich einklemmen sowie eine vorbestimmte Kraft auf den Wafer ausüben, der sich in der Einsatzöffnung des Waferträgers befindet;

und Mittel zur Zufuhr einer Polierflüssigkeit, welche die Polierflüssigkeit zwischen die obere und die untere Schleifplatte bringen;

wobei die Einsatzöffnung im Waferträger kreisförmig ausgestaltet ist und die Krümmung der kreisförmigen Öffnung gleich oder kleiner als die kleinste Krümmung der abgerundeten Eckbereiche des Wafers ist.

[0028] Ein Verfahren zum Polieren eines Wafers nach der vorliegenden Erfindung ist ein solches Verfahren, bei dem die Dicke des Wafers durch Läppen und Polieren auf einen vorbestimmten Wert gebracht wird, indem beide Hauptflächen des Wafers, der wie oben beschrieben ausgebildet ist, geläppt und poliert werden, wobei eine Polierflüssigkeit durch Flüssigkeits-Zufuhrmittel einer Wafer-Poliervorrichtung in Berührung mit dem Wafer gebracht wird. Das Verfahren benutzt eine Poliervorrichtung, die einen Waferträger mit einer Einsatzöffnung aufweist, wobei der Waferträger eine kreisförmige Schleifplatte darstellt, welche eine äussere Verzahnung trägt und welche eine kreisförmige Einsatzöffnung aufweist, in welcher der zu bearbeitende Wafer festgehalten wird.

[0029] Die zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung weist weiterhin ein Planetengetriebe auf, das mit der äusseren Verzahnung des Waferträgers kämmt, um den Waferträger zur Bewegung in einer Kreisbahn um die Mittelachse des Getriebes zu veranlassen und ihn ausserdem in Rotation zu versetzen. Der Waferträger besitzt eine obere Schleifplatte und eine untere Schleifplatte, die Kreisform haben und mit einem hohlen Mittelbereich versehen sind und oberhalb bzw. unterhalb des Waferträgers angeordnet sind, um die beiden Hauptflächen des Wafers zwischen sich einzuschliessen und dabei eine vorbestimmte Kraft auf den in der Einsatzöffnung befindlichen Wafer auszuüben. Schliesslich sind noch Mittel zur Zufuhr von Polierflüssigkeit zwischen die obere und die untere Schleifplatte vorhanden.

[0030] Erfindungsgemäss weist die Einsatzöffnung des Waferträgers Kreisform auf, und die Krümmung der kreisförmigen Öffnung ist gleich oder kleiner als die kleinste Krümmung der abgerundeten Eckbereiche des Wafers.

[0031] Der oben beschriebene erfindungsgemässe Wafer wird in der Vorrichtung zum Polieren nach dem erfindungsgemässen Polierverfahren vorbereitet. Der Waferträger, dessen mittige Einsatzöffnung kreisförmig ausgebildet ist, zeichnet sich dadurch aus, dass die Krümmung der kreisförmigen Einsatzöffnung gleich oder kleiner ist als die kleinste Krümmung der abgerundeten Eckbereiche des Wafers. Weiterhin wird der Waferträger vor Beginn des Polierens mit der unteren Schleifplatte zusammengebracht, und der Wafer, der zu polieren ist, wird in die Einsatzöffnung des Waferträgers eingeführt, wo er festgehalten wird.

[0032] Wenn der Waferträger und der Wafer auf diese Weise zusammengebracht wurden, wird zwecks Ausführen des Polierens die obere Schleifplatte in Richtung des Wafers abgesenkt und die beiden Hauptflächen des Wafers, der sich in der Einsatzöffnung des Waferträgers befindet, werden zwischen der oberen Schleifplatte und der unteren Schleifplatte eingeklemmt, wobei auf die obere Schleifplatte eine bestimmte Kraft ausgeübt wird.

[0033] Sodann wird der Wafer auf eine vorbestimmte Dicke abgeschliffen, indem die beiden Hauptflächen des Wafers von den beiden Schleifplatten abgeschliffen werden, während eine Polierflüssigkeit durch die Mittel zur Zufuhr der Polierflüssigkeit auf den Wafer gebracht wird.

[0034] Die Eckbereiche des Wafers sind gekrümmte Flächen, wie oben beschrieben wurde, und wenn daher im Verlaufe des Polierverfahrens die innere Umfangsfläche der Einsatzöffnung des Waferträgers eine Kraft durch Schlagen, Stossen oder Reiben auf den Wafer ausübt, kann ein Riss oder ein Ausbrechen nicht vorkommen, da die gekrümmten Eckbereiche am kreisförmigen Innenumfang der Einsatzöffnung anliegen und die Krümmung der Öffnung die gleiche oder eine kleinere als die kleinste Krümmung der Eckbereiche des Wafers ist.

[0035] Durch eine Berührung der Eckbereiche des Wafers mit der inneren Umfangsfläche der kreisförmigen Öffnung im Waferträger kann kein punktförmiger oder linienförmiger Kontakt zwischen diesen beiden Körpern auftreten, sondern nur ein flächiger Kontakt, und plötzliche und örtlich begrenzte Krafterwirkungen, beispielsweise durch Stoss, können sich nicht auswirken, da diese Kraft sofort flächenmässig verteilt wird. Eine Beschädigung des Wafers wird dadurch ausgeschlossen.

[0036] Bei der erfindungsgemässen Vorrichtung zum Polieren eines Wafers wird bevorzugt, dass die Krümmung der kreisförmigen Einsatzöffnung im Waferträger gleich oder bis zu 100% kleiner als die kleinste Krümmung der abgerundeten Eckbereiche des Wafers und gleich oder bis zu 90% grösser als die kleinste Krümmung ist.

[0037] Beim erfindungsgemässen Verfahren zum Polieren eines Wafers wird vorzugsweise ein Waferträger benutzt, bei dem die Krümmung der kreisförmigen Einsatzöffnung des Waferträgers gleich oder bis zu 100% kleiner ist als die kleinste Krümmung der abgerundeten Eckbereiche des Wafers und gleich oder bis zu 90% grösser ist als die kleinste Krümmung dieser Eckbereiche.

[0038] Wenn diese Verhältnisse eingehalten werden, so wird die Krümmung der Eckbereiche des Wafers gleich oder grösser als die Krümmung der kreisförmigen inneren Umfangsfläche in der Einsatzöffnung und ausreichend nahe an der Krümmung der inneren Umfangsfläche, und daher werden sämtliche Kontakte des Wafers mit dieser inneren Umfangsfläche der Einsatzöffnung des Waferträgers genau oder annähernd flächenhaft. Jegliche Krafterwirkung wird sofort ausgeglichen, und es können keinerlei Beschädigungen des Wafers auftreten.

[0039] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingungserzeugern unter Verwendung eines Wafers, welcher nach dem erfindungsgemässen Polierverfahren vorbereitet wurde, und das erfindungsgemässe Verfahren zeichnet sich durch folgende Schritte aus: Bildung der äusseren Umrisse sämtlicher auf dem Wafer herzustellender piezoelektrischer Schwingungskörper durch mustergemässes Ätzen des polierten Wafers unter Anwendung einer photolithographischen Technologie; Ausbildung von Elektroden, nämlich einer doppelten Erreger Elektrode zur Erzeugung von Schwingungen des piezoelektrischen Schwingungskörpers, wenn eine vorbestimmte Spannung an diese Erreger Elektroden angelegt wird, und einer doppelten Anschluss Elektrode, die elektrisch über eine doppelte Rückführungselektrode mit der Erreger Elektrode verbunden ist, durch mustergemässes Aufbringen eines Elektrodenfilms auf die Aussenfläche sämtlicher piezoelektrischer Schwingungskörper. Es folgt dann ein Schritt zum Vereinzeln der piezoelektrischen Schwingungskörper durch Auftrennen eines Verbindungsteils auf dem Wafer. Sodann erfolgt das Anschliessen der Anschluss Elektroden der abgetrennten piezoelektrischen Schwingungskörper an die einen Enden von Anschlussdrähten, deren andere Enden elektrisch zur Aussenseite führen, und schliesslich ein luftdichtes Versiegeln des piezoelektrischen Schwingungskörpers in einem Gehäuse mittels eines Versiegelungsmittels nach dem vorhergehenden Verfahrensschritt des Anschliessens der Elektroden.

[0040] Bei diesem erfindungsgemässen Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingungserzeugern wird als Erstes der äussere Umriss sämtlicher piezoelektrischer Schwingungskörper auf dem Wafer, die herzustellen sind, durch entsprechendes mustergemässes Ätzen des Wafers auf den beiden Flächen erzeugt, die zuvor nach dem erfindungsgemässen Polierverfahren spiegelglatt poliert wurden und die mit grosser Genauigkeit auf die vorbestimmte Dicke geschliffen wurden, wobei dieses genannte Ätzen nach photolithographischen Techniken erfolgt.

[0041] Nacheinander wird die Erzeugung der Elektrode durch Bildung der Erreger Elektroden, der Rückführungselektroden und der Anschluss Elektroden vorgenommen, indem ein Elektrodenfilm mustermässig auf die Aussenfläche jedes einzel-

nen piezoelektrischen Schwingungskörpers aufgetragen wird. Anschliessend wird ein Trennschritt ausgeführt, bei dem die piezoelektrischen Schwingungskörper auf dem Wafer vereinzelt werden. Die einzelnen piezoelektrischen Schwingungskörper mit den Erreger Elektroden, den Rückführungselektroden und den Anschlusselektroden an den äusseren Flächen können gleichzeitig auf dem Wafer erzeugt werden, dessen vorbestimmte Dicke zuvor exakt durch Schleifen und Polieren eingestellt worden war.

[0042] Die Anschlusselektroden der vereinzelt piezoelektrischen Schwingungskörper werden mit einem Ende von Verbindungsdrähten, die nach aussen führen, verbunden, wobei die einzelnen piezoelektrischen Schwingungskörper durch diese elektrische Verbindung mit den nach aussen führenden Anschlussdrähten mechanisch unterstützt werden. Schliesslich wird der angeschlossene piezoelektrische Schwingungskörper in einem Gehäuse versiegelt. Auf diese Weise erhält man einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger, dessen piezoelektrischer Schwingungskörper luftdicht in ein Gehäuse eingeseigt ist.

[0043] Beim Betrieb dieses piezoelektrischen Schwingungserzeugers, der wie oben beschrieben hergestellt wurde, wird eine vorbestimmte Erregerspannung an das andere Ende der nach aussen führenden Verbindungsdrähte angelegt. Dadurch fliesst Strom über die Anschlusselektroden und die Rückführungselektroden an die Erreger Elektroden, und der piezoelektrische Schwingungskörper beginnt mit einer vorbestimmten und konstanten Frequenz zu schwingen.

[0044] Während der zahlreichen Schritte bei der Herstellung des piezoelektrischen Schwingungserzeugers, wie sie oben beschrieben wurden, und insbesondere zunächst beim Polieren des Wafers und dann bei dessen Weiterverarbeitung, werden mechanische Beschädigungen des Wafers durch Kräfte, die an den Ecken angreifen, vermieden, und dadurch kann der piezoelektrische Schwingungserzeuger mit weniger Ausschuss und preisgünstiger produziert werden.

[0045] Am Wafer selbst kann zu jeder Zeit leicht festgestellt werden, wo die Bezugsfläche der Kristallorientierung des Ausgangskristalls liegt, und daher wird die weitere Behandlung und Verwendung des piezoelektrischen Schwingungskörpers bequemer und leichter.

[0046] Die Erfindung betrifft weiterhin einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger, der nach dem oben beschriebenen erfindungsgemässen Verfahren zu dessen Erzeugung erhalten worden ist.

[0047] Bei der Herstellung des erfindungsgemässen piezoelektrischen Schwingungserzeugers kann der in diesem enthaltene piezoelektrische Schwingungskörper im Vergleich zu den Verfahren des Standes der Technik mit geringeren Kosten produziert werden.

[0048] In einem erfindungsgemässen Oszillator ist der erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingungserzeuger eingebaut, und er ist elektrisch mit einer integrierten Schaltung verbunden, so dass man einen Oszillator erhält.

[0049] Ein erfindungsgemässes elektrisches Gerät ist dadurch gekennzeichnet, dass es einen erfindungsgemässen piezoelektrischen Schwingungserzeuger eingebaut enthält, welcher elektrisch mit einer Zeitzählschaltung verbunden ist.

[0050] Schliesslich betrifft die vorliegende Erfindung noch eine Funkuhr, bei der ein erfindungsgemässer piezoelektrischer Schwingungserzeuger elektrisch mit einem Filterglied verbunden ist.

[0051] Beim erfindungsgemässen Oszillator, dem elektrischen Gerät und der Funkuhr ist jeweils der oben beschriebene piezoelektrische Schwingungserzeuger eingebaut, und daher können auch diese Produkte im Vergleich mit denjenigen des Standes der Technik zu günstigeren Bedingungen hergestellt werden.

[0052] Beim erfindungsgemässen Wafer ist die Gefahr von Beschädigungen durch Einwirkung mechanischer Kräfte praktisch ausgeschlossen, und daher wird mit weniger Ausschuss produziert, was zu einer Verminderung der Herstellungskosten führt. Ausserdem ermöglicht die Abwesenheit einer Bruchgefahr die Verwendung viel grösserer und auch dünnerer Wafer.

[0053] Durch die Verwendung der erfindungsgemässen Poliervorrichtung für den Wafer und des Verfahrens zum Polieren wird jegliche Beschädigung des Wafers an den Eckbereichen vermieden, und daher steigt die Ausbeute, die Produktivität erhöht sich und die Herstellungskosten fallen.

[0054] Der piezoelektrische Schwingungskörper, der piezoelektrische Schwingungserzeuger, der Oszillator, das elektronische Gerät und die Funkuhr werden im Vergleich zu den entsprechenden Produkten des Standes der Technik mit geringeren Kosten produziert, weil der Wafer, der piezoelektrische Schwingungskörper und der piezoelektrische Schwingungserzeuger unter schonender Behandlung des Wafers erhalten werden und beim Polieren des Wafers mechanische Beschädigungen ausgeschlossen sind.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0055]

- Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemässen piezoelektrischen Schwingungserzeugers, der als Ganzes in Draufsicht dargestellt ist;
- Fig. 2 zeigt einen piezoelektrischen Schwingungskörper, welcher in den in Fig. 1 gezeigten piezoelektrischen Schwingungserzeuger eingebaut wird, von der Oberseite her;

- Fig. 3 stellt den piezoelektrischen Schwingungskörper gemäss Fig. 2, der in den in Fig. 1 gezeigten piezoelektrischen Schwingungserzeuger eingebaut ist, von unten her dar;
- Fig. 4 ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie A–A in Fig. 2;
- Fig. 5 zeigt einen erfindungsgemässen Wafer sowie einen erfindungsgemässen Waferträger zum Einspannen des Wafers, beide in Draufsicht;
- Fig. 6 ist ein Fliessbild, welches die einzelnen Schritte bei der Herstellung eines Wafers zeigt, der die Grundlage des in Fig. 2 dargestellten piezoelektrischen Schwingungskörper bildet;
- Fig. 7 zeigt schematisch eine erfindungsgemässe Maschine zum Polieren von Wafern im Schnitt;
- Fig. 8 ist eine vergrösserte Teilansicht des Umfangs eines Waferträgers, der sich in der Vorrichtung zum Polieren von Wafern gemäss Fig. 7 befindet, im Schnitt;
- Fig. 9 ist die Ansicht eines Schnittes entlang der Linie B–B in Fig. 7;
- Fig. 10 zeigt ein Fliessschema der einzelnen Schritte bei der Herstellung des in Fig. 1 dargestellten piezoelektrischen Schwingungserzeugers unter Verwendung eines polierten Wafers;
- Fig. 11 ist die Fortsetzung der in Fig. 10 gezeigten Fliessschemas;
- Fig. 12 zeigt einen Schritt bei der Herstellung des piezoelektrischen Schwingungserzeugers gemäss des in Fig. 10 dargestellten Fliessschemas, nämlich den Schritt, bei dem ein Ätzfilm auf beide Seiten des Wafers aufgebracht wurde;
- Fig. 13 ist eine Ansicht des Herstellungsstadiums, bei dem einen Schutzfilm auf den in Fig. 12 gezeigten Wafer aufgebracht wurde, wobei Fig. 13 die Oberseite des Wafers zeigt;
- Fig. 14 stellt einen Querschnitt entlang der Linie C–C in Fig. 13 dar;
- Fig. 15 zeigt einen Bearbeitungsschritt eines Wafers durch Ätzen, wobei eine Maske eines Ätzschutzfilms aufgebracht worden war, nach dem Ätzen des in Fig. 14 gezeigten Wafers;
- Fig. 16 zeigt einen Verfahrensschritt, bei dem Filme eines Photoresists auf beide Seiten eines Wafers, ausgehend vom Zustand gemäss Fig. 15, aufgebracht wurden;
- Fig. 17 zeigt einen Verfahrensschritt nach muster-mässiger Ablösung des Photoresistfilms, ausgehend vom Zustand gemäss Fig. 16;
- Fig. 18 stellt den Wafer dar, nachdem der Ätzschutzfilm entfernt wurde und eine Maske eines muster-mässig angebrachten Photoresistfilms angebracht worden ist, ausgehend vom Zustand gemäss Fig. 17;
- Fig. 19 zeigt einen weiteren Fabrikationsschritt, bei dem ein Wafer durch Ätzen nach Aufbringen einer Maske des muster-mässig angebrachten Ätzschutzfilms bearbeitet wurde, ausgehend vom Verfahrensschritt, der in Fig. 18 gezeigt ist;
- Fig. 20 zeigt ein weiteres Beispiel eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers gemäss vorliegender Erfindung und ist eine perspektivische Ansicht eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers, welcher dickenveränderliche Schwingungen ausführen kann;
- Fig. 21 zeigt ein weiteres Beispiel einer Ausführungsform eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers gemäss vorliegender Erfindung, nämlich die Draufsicht eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers in einem keramischen Gehäuse;
- Fig. 22 ist die Ansicht eines Querschnittes entlang der Linie D–D in Fig. 21;
- Fig. 23 zeigt im Querschnitt einen Schwingungserzeuger zur Oberflächenmontage, der gemäss der vorliegenden Erfindung einen piezoelektrischen Schwingungskörper aufweist;
- Fig. 24 ist eine perspektivische Ansicht des Gerätes von Fig. 23 und zeigt die Art des Anbringens der äusseren elektrischen Anschlüsse;
- Fig. 25 ist die Ansicht einer Ausführungsform eines erfindungsgemässen Oszillators;
- Fig. 26 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemässen elektronischen Gerätes;

- Fig. 27 zeigt ein Schema einer Ausführungsform einer Funkuhr nach vorliegender Erfindung;
- Fig. 28 ist eine Draufsicht einer Poliervorrichtung des Standes der Technik;
- Fig. 29 ist ein Querschnitt entlang der Linie E-E in Fig. 28;
- Fig. 30 zeigt in Draufsicht einen Waferträger des Standes der Technik und einen darin eingespannten Wafer; und
- Fig.31 ist eine Draufsicht einer oberen Schleifplatte, die Bestandteil einer Poliervorrichtung ist, welche in Fig. 28 dargestellt ist.

Einzelbeschreibung bevorzugter Ausführungsformen

[0056] Eine Ausführungsform eines erfindungsgemässen piezoelektrischen Schwingungserzeugers soll nun unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis Fig. 19 näher erläutert werden. Anhand dieser Ausführungsform werden Erläuterungen am Beispiel eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers 1 in einem zylindrischen Gehäuse gegeben.

[0057] Wie es in den Fig. 1 bis Fig. 4 zu sehen ist, weist der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 der gezeigten Ausführungsform einen piezoelektrischen Schwingungskörper 2, ein Gehäuse 3 mit dem piezoelektrischen Schwingungskörper 2 in seinem Inneren sowie einen Stecker 4 auf, welcher einen luftdichten Anschluss darstellt, der den piezoelektrischen Schwingungskörper 2 im Inneren des Gehäuses 3 hermetisch einschliesst.

[0058] In Fig. 2 und Fig. 3 ist dargestellt, dass der piezoelektrische Schwingungskörper 2 ein Schwingungskörper nach Art einer Stimmgabel ist, 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. Der piezoelektrische Schwingungskörper 2 wird aus einem Wafer S hergestellt, wie weiter unten noch beschrieben wird.

[0059] Der piezoelektrische Schwingungskörper 2 enthält zwei parallel liegende schwingungsfähige Arme 10, 11, einen Grundkörper 12, der die unteren Endseiten der Schwingarmteile 10, 11 einstückig miteinander verbindet, und eine Erreger Elektrode 15, die aus einer ersten Erreger Elektrode 13 und einer zweiten Erreger Elektrode 14 besteht und an äusseren Flächen der beiden Schwingarmteile 10, 11 angebracht ist, um die beiden Schwingarmteile 10, 11 in Schwingungen zu versetzen, und schliesslich noch Anschlusselektroden 16, 17, die elektrisch mit der ersten Erreger Elektrode 13 bzw. der zweiten Erreger Elektrode 14 verbunden sind.

[0060] Weiterhin weist der piezoelektrische Schwingungskörper 2 der gezeigten Ausführungsform Nuten 18 auf, die jeweils auf beiden Hauptflächen der beiden Schwingarmteile 10, 11 in Längsrichtung X der Schwingarmteile 10, 11 angebracht sind. Die Nuten 18 erstrecken sich vom unteren Ende der Schwingarmteile 10, 11 bis in etwa deren Mitte.

[0061] Die Erreger Elektrode 15, welche aus der ersten Erreger Elektrode 13 und der zweiten Erreger Elektrode 14 besteht, dient dazu, die beiden Schwingarmteile 10, 11 derart in Schwingungen zu versetzen, dass sie sich einander annähern und sich voneinander entfernen, und zwar in einer vorbestimmten Resonanzfrequenz, und die Erreger Elektroden werden musterässig an den Aussenflächen der beiden Schwingarmteile 10, 11 derart angebracht, dass sie elektrisch voneinander getrennt sind. Wie insbesondere in Fig. 4 zu sehen ist, befindet sich die erste Erreger Elektrode 13 einerseits hauptsächlich an der Nut 18 des Schwingarmteils 10 und andererseits an den Seitenflächen des Schwingarmteils 11, und die zweite Erreger Elektrode 14 ist hauptsächlich einerseits an beiden Seitenflächen des Schwingarmteils 10 und andererseits an der Nut 18 des Schwingarmteils 11 angeordnet.

[0062] Wie aus Fig. 2 und Fig. 3 hervorgeht, ist die erste Erreger Elektrode 13 und die zweite Erreger Elektrode 14 elektrisch mit jeweils einer der Anschlusselektroden 16, 17 über Rückführungselektroden 19, 20 auf beiden Hauptflächen des Grundteils 12 verbunden. Weiterhin erhält der piezoelektrische Schwingungskörper 2 seine Erregerspannung über die Anschlusselektroden 16, 17.

[0063] Die Erreger Elektrode 15, die Anschlusselektroden 16, 17, und die Rückführungselektroden 19, 20, welche oben erwähnt und beschrieben wurden, werden durch Beschichten mit einer leitfähigen Folie (einer Elektrodenfolie), beispielsweise aus Chrom (Cr), Nickel (Ni), Aluminium (Al) oder Titan (Ti) hergestellt.

[0064] Die vorderen Enden der beiden Schwingarmteile 10, 11 sind mit Ballast-Metallfolien 21 beschichtet, welche dazu dienen, die Frequenzen der Schwingungen einzustellen, damit die Schwingungserzeuger in einem Bereich vorbestimmter Frequenz schwingen können. Weiterhin ist die Metallfolie 21 in eine erste Folie 21a zur Grobeinstellung der Frequenz und eine zweite Folie 21b zu deren Feineinstellung 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 10, 11 mit einer Nennfrequenz der Vorrichtung in Übereinstimmung gebracht werden.

[0065] Wie in Fig.1 gezeigt ist, weist das Gehäuse 1 die Form eines Kreiszyinders mit einem Boden auf, wobei der Zylinder mit Presssitz an einem Aussenumfang einer Hülse 30, die weiter unten noch näher beschrieben wird, des Steckers 4 befestigt ist und in ihrem Inneren den Schwingungskörper 2 enthält. Das Gehäuse 3 steht unter Vakuum und ist mit

Presssitz befestigt, und der Raum, welcher den piezoelektrischen Schwingungskörper 2 im Inneren des Gehäuses 3 umgibt, wird ständig unter Vakuum gehalten.

[0066] Der Stecker 4, an dem die Hülse 30 zum hermetischen Verschluss des Gehäuses 3 angebracht ist, wird von zwei Anschlussdrähten 31 durchsetzt, die parallel zueinander verlaufen und durch die Hülse 30 hindurchgehen. Die inneren Enden 31 a der Anschlussdrähte dienen zum Anschluss des piezoelektrischen Schwingungskörpers 2, und zwar durch mechanische Verbindung und elektrischen Anschluss, und die Hülse 30 umschliesst diese Drähte. Die anderen, äusseren Enden der Anschlussdrähte 31b sind elektrisch nach aussen geführt, und ein isolierender Füllkörper 32, mit dem das Innere der Hülse 30 ausgefüllt ist, dient zur gegenseitigen Befestigung der Hülse 30 mit den Anschlussdrähten 31.

[0067] Die Hülse 30, welche ringförmig ausgebildet ist, besteht aus einem metallischen Werkstoff. Das Material der Füllung 32 ist beispielsweise ein Borsilikatglas. Weiterhin sind auf der Oberfläche der Anschlussdrähte 31 und aussen auf der Hülse 30 nicht dargestellte Plattierungen aus dem gleichen Material angebracht.

[0068] 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 äussere Anschlüsse 31b. Weiterhin sind die inneren Anschlüsse 31a mit den Anschlusselektroden 16, 17 gleichzeitig mechanisch und elektrisch miteinander verbunden, und zwar durch die leitfähigen Perlen E. Dabei sind die inneren Enden 31a der Anschlussdrähte und die Anschlusselektroden 16, 17 mechanisch miteinander verbunden, und zwar durch die leitfähigen Perlen E. Daraus ergibt sich, dass der piezoelektrische Schwingungskörper 2 mit zwei Verbindungsdrähten 31 verbunden ist.

[0069] Die beiden Anschlussdrähte 31, die oben beschrieben wurden und als äussere Verbindungen dienen (äussere Anschlüsse 31b), sind elektrisch nach aussen geführt, und die inneren Anschlussenden 31a führen zum piezoelektrischen Schwingungskörper 2. Das Gehäuse 3 und der Stecker 4 dienen im Inneren als Dichtungsmittel 5 zum Abdichten des piezoelektrischen Schwingungskörpers 2.

[0070] Es soll nun ein Beispiel der Dimensionen und Materialien der einzelnen Teile angegeben werden, welche den Stecker 4 bilden.

[0071] Die Anschlussdrähte 31 haben beispielsweise einen Durchmesser von etwa 0,12 mm, und als Material dieser Anschlussdrähte 31 dient normalerweise Kovar (eine Legierung aus Eisen, Nickel und Kobalt). Zur Plattierung der äusseren Oberflächen der Anschlussdrähte 31 und der Aussenfläche 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. Wenn man am Innenumfang des Gehäuses 3 eine kalte Druckverschweissung unter Vakuum ausführt und zu diesem Zweck 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.

[0072] Um den auf diese Weise hergestellten piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 in Betrieb zu nehmen, wird eine vorbestimmte Erregerspannung an die beiden äusseren Anschlussdrähte 31b des Anschlusses 31 angelegt. Dadurch fliesst ein Strom über die inneren Verbindungen 31a, die Verbindungsperte E, die Anschlusselektroden 16, 17 und die Rückführungselektroden 19, 20 an die Erregerelektrode 15 mit der ersten Erregerelektrode 13 und der zweiten Erregerelektrode 14. Dadurch werden die beiden Schwingarmteile 10, 11 in Schwingungen versetzt, wobei sie sich einander nähern und sich von einander entfernen. Die Schwingungen der beiden Schwingarmteile 10, 11 können dazu benutzt werden, dass der piezoelektrische Schwingungskörper als Quelle eines Zeitgebers dient, als Quelle eines Bezugssignals, als andere Zeitgeberquelle oder als Regelsignal.

[0073] Es folgt nun die Beschreibung eines Verfahrens zur Herstellung des piezoelektrischen Schwingungskörpers 1, der oben erwähnt wurde, aber zuvor soll ein Wafer S nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Rohmaterial des piezoelektrischen Schwingungskörpers 2 erläutert werden.

[0074] Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemässen Wafers. In Fig. 5 ist der Wafer S in eine Einsatzöffnung 41b eines erfindungsgemässen Waferträgers 41 eingesetzt. Der Wafer S weist die Form einer Platte auf und hat eine rechteckige Form, und sämtliche vier Ecken dieses Rechtecks sind mit gekrümmten Flächen versehen, indem mit Werkzeugen, die Krümmungen erzeugen, eine R-Abschrägung ausgebildet wurde.

[0075] Von den Viereckbereichen weisen zwei Eckbereiche D1, D2, welche in Längsrichtung des Wafers benachbart sind, erste gekrümmte Flächen mit dem gleichen Krümmungsradius auf, und die beiden anderen Eckbereiche D3 und D4 weisen zweite gekrümmte Flächen auf, wiederum mit jeweils der gleichen Krümmung. Die ersten gekrümmten Flächenteile (Eckbereich D1, Eckbereich D2) und die zweiten gekrümmten Flächenbereiche (Eckbereich D3, Eckbereich D4) haben jeweils andere Krümmungsradien oder weisen die gleiche Krümmung auf, und in der gezeigten Ausführungsform sind jeweils die gleichen Krümmungsradien vorhanden. Dies bedeutet, dass die Krümmung R1 des ersten gekrümmten Flächenbereiches die gleiche oder geringer als die Krümmung R2 des zweiten gekrümmten Flächenbereiches ist. (Gemäss der Ausführungsform ist die Krümmung R1 die gleiche wie die Krümmung R2.)

[0076] Obschon gemäss dieser Ausführungsform der erste gekrümmte Flächenbereich und der zweite gekrümmte Flächenbereich denselben Krümmungsradius aufweisen, so sind doch in der Draufsicht die Längen der gekrümmten Flächenbereiche verschieden, d.h. die Längen der Kreisbögen, von oben betrachtet, unterscheiden sich voneinander. Gemäss dieser Ausführungsform ist der erste gekrümmte Flächenanteil länger als der zweite gekrümmte Flächenanteil. Daraus

geht hervor, dass die ersten Flächenbereiche und die zweiten Flächenbereiche optisch sofort als verschieden erkannt werden können, und daher können der erste gekrümmte Flächenbereich und der zweite gekrümmte Flächenbereich leicht identifiziert werden.

[0077] Die Krümmung R wird als $1/r$ definiert, worin r der Radius eines Kreises ist, und demgemäss ist die Krümmung R_1 des ersten gekrümmten Flächenbereichs $1/r_1$ und die Krümmung R_2 des zweiten gekrümmten Flächenbereichs $1/r_2$. Dies bedeutet, dass $R_1 \neq R_2$ ist, d.h. $r_1 \neq r_2$.

[0078] Ein piezoelektrischer Rohstoff aus Quarz oder aus einem ähnlichen Kristall, der den Wafer S bilden soll, wird nun auf eine Bezugsfläche untersucht, welche einen bestimmten Winkel mit einer vorbestimmten Kristallfläche bildet, welche am Kristall vorhanden ist, indem man das piezoelektrische Rohstoffteil zum piezoelektrischen Schwingungskörper verformt, wie oben beschrieben ist. Es ist also normalerweise erforderlich, die Bezugsfläche als Endfläche des Wafers zu wählen. Bei dem Wafer S dieser Ausführungsform ist eine Endfläche zwischen den beiden ersten gekrümmten Endbereichen, d.h. eine Endfläche zwischen dem Eckbereich D_1 und dem Eckbereich D_2 , die erforderliche Bezugsfläche.

[0079] Der erfindungsgemässe Waferträger 41 hat eine ringförmige Gestalt mit einer äusseren Verzahnung $41a$, wobei die Einsatzöffnung $41b$ im Inneren angebracht ist, und der Waferträger hat eine Dicke, die kleiner ist als diejenige des Wafers S . Die Einsatzöffnung $41b$ ist kreisförmig ausgeführt, und ihr Durchmesser ist etwas grösser als die grösste Diagonale des Wafers S um den Wafer S mit einem bestimmten Spiel aufzunehmen. Weiterhin ist die Krümmung R_3 der Einsatzöffnung $41b$ die gleiche oder kleiner als die kleinste Krümmung R_1 der beiden Krümmungen R_1 , R_2 der Eckbereiche D_1 bis D_4 des Wafers S . Dies bedeutet, dass die Beziehung $R_3 \neq R_1$ (R_2) besteht.

[0080] Unter solchen Bedingungen ist es nicht möglich, dass beim Polieren des Wafers S , solange sich dieser in der Einsatzöffnung $41b$ des Waferträgers 41 befindet, wie oben beschrieben wurde, ein Bruch, ein Riss oder ein Abspalten an den Eckbereichen D_1 bis D_4 eintreten kann. Wenn die Eckbereiche D_1 bis D_4 mit den gekrümmten Flächen in Berührung mit den Innenumfangsflächen der kreisförmigen Öffnung der Einsatzöffnung $41b$ des Waferträgers 41 kommen, so bildet sich kein punktförmiger oder linienförmiger Kontakt, sondern sofort ein flächiger Kontakt aus, und dadurch kann eine hohe Belastung wie beispielsweise ein Stoß nicht örtlich auftreten, denn die Belastung wird auf die Fläche verteilt. Auf diese Weise wird eine Bildung von Rissen oder Splintern am Wafer verhindert.

[0081] Die Endfläche zwischen den ersten gekrümmten Flächenbereichen bildet die Bezugsfläche, und daher kann diese Bezugsfläche selbst nach dem Polieren leicht identifiziert werden.

[0082] Nun soll unter Bezugnahme auf das Fließschema von Fig. 6 ein Verfahren zur Herstellung des piezoelektrischen Schwingungserzeugers 1 einschliesslich der Herstellung des Wafers S , der in Fig. 5 gezeigt ist, erläutert werden. Zur Herstellung des Wafers S wird ein roher Kristall zunächst an den Rändern abgerundet, und dann wird der rohe Kristall so geschnitten, dass der Wafer S eine vorbestimmte Dicke erhält. Ein roher Kristall, der Prismenform aufweist und einen rechteckigen Querschnitt besitzt, wird vorbereitet, und ein Schnittwinkel des rohen Kristalls wird mittels Röntgenstrahl-Diffraktionsanalyse oder ähnlicher Methoden ermittelt (Schritt S_1). Im Einzelnen wird der Schnittwinkel mittels Röntgenstrahlen bestimmt, und man erhält einen Winkel um die X -Achse in der Z -Fläche des rohen Kristalls. Nach diesen Messungen wird der rohe Kristall mit Hilfe eines Klebemittels auf einer Glasplatte befestigt. Bei dieser Ausführungsform wird als Ausgangsmaterial Quarz verwendet, und eine Bezugsfläche des Quarzkristalls wird zur Endfläche des gebildeten Wafers gemacht.

[0083] Sodann wird der Randbereich des rohen Kristalls abgerundet, indem sämtliche vier Eckbereiche des Rechtecks, welches den Querschnitt des Wafers bildet, durch Polieren in eine gekrümmte Fläche überführt werden (Schritt S_2). Das Polierverfahren wird ausgeführt, indem man den rohen Kristall in Drehung versetzt und die Eckbereiche mit einem Polierstein oder ähnlichen Mitteln abrundet. Die Abrundung wird ausgeführt, indem man den rohen Kristall derart dreht, dass sich eine Drehachse des rohen Kristalls, ausgehend vom Mittelpunkt, gegen die eine lange Seite leicht verschiebt und den rohen Kristall derart poliert, dass die Eckbereiche an der einen langen Seite, die von der Rotationsachse entfernt ist, und die Eckbereiche an der Seite nahe der Rotationsachse die gleiche Krümmung aufweisen und sich andererseits die Längen der gekrümmten Bereiche (d.h. die Längen der Kreisbögen) in der Ebene voneinander unterscheiden. Dabei wird die Rotationsachse beim Polieren so eingestellt, dass sich die lange Seite zwischen den Eckbereichen D_1 und D_2 an der Seite befindet, die von der Drehachse entfernt ist, und daher wird die Länge der gekrümmten Bereiche, die die Bezugsfläche bilden, grösser, wie oben beschrieben wurde.

[0084] Sodann wird der rohe Kristall mit den abgerundeten Eckbereichen auf einen Arbeitstisch einer Drahtsäge gebracht. Der rohe Kristall wird mit dieser Drahtsäge auf diesem Arbeitstisch auf eine Dicke von etwa $220 \mu\text{m}$ geschnitten (beispielsweise mit einem Hochspannungsdraht, dessen Durchmesser etwa $160 \mu\text{m}$ beträgt), und man erhält einen Wafer, der rechteckig geformt ist (Schritt S_3).

[0085] Nach dieser Ausführungsform wird der Wafer S so geschnitten, dass seine grösste Länge etwa 95 mm beträgt. Dabei wird beim Schneidvorgang die Geschwindigkeit des Vorschubs der Drahtsäge derart eingestellt, dass sie zwischen 40 mm und 50 mm pro Minute beträgt. Als Schneidflüssigkeit wird eine solche benutzt, die man durch Vermischen einer bestimmten Menge von Lämpöl mit einem Polierkorn erhält. Als Polierkorn wird normalerweise Siliciumcarbid (SiC) mit einer mittleren Teilchengrösse von etwa $12 \mu\text{m}$ verwendet. Die Temperatur der Schneidflüssigkeit wird auf etwa Zimmertemperatur gehalten.

[0086] Sodann wird eine Seite einer Fläche des Wafers S poliert (Schritt S4). Dabei wird die äussere Umfangsfläche eines geschnittenen Wafers S poliert, wobei die einzelnen Wafer nacheinander bearbeitet werden, oder mehrere Wafer S werden übereinandergelegt und mit einem Klebemittel verbunden, wobei ein Block entsteht, dessen Aussenumfang mit einer Poliervorrichtung poliert wird, die nicht dargestellt ist. Wenn man den Aussenumfang langsam und vorsichtig poliert, kann ein Riss, ein Ausbrechen oder ein ähnlicher Defekt am Wafer S verhindert werden. Im Falle eines Wafers S mit rechteckiger Form nach dieser Ausführungsform erhält man eine hohe dimensionsgerechte Genauigkeit des Aussenumfangs des Wafers S. Nach dem Polieren wird das Klebemittel aufgelöst, beispielsweise durch Erwärmen, und der Block wird in die einzelnen Wafer S aufgeteilt. Dann wird jeder Wafer einer Ultraschall-Reinigung in einer Reinigungsflüssigkeit unterworfen, um restliches Klebemittel zu entfernen.

[0087] Sodann werden die beiden Hauptflächen des Wafers S poliert oder geläppt (d.h. grob bearbeitet), indem eine in Fig. 7 gezeigte Poliervorrichtung 40 verwendet wird, und der Wafer wird auf eine gewünschte Dicke abgeschliffen (Schritt S5). Dazu soll die Poliervorrichtung 40 für den Wafer in Einzelheiten beschrieben werden. Dabei ist die Vorrichtung zum Polieren 40 die gleiche wie die Poliervorrichtung des Standes der Technik, die in Fig. 28, Fig. 29 und Fig. 31 dargestellt ist, und der Unterschied besteht darin, dass der in Fig. 5 gezeigte Waferträger 41 anstelle des Waferträgers 203 der Fig. 30 verwendet wird.

[0088] Wie in Fig. 7 und Fig. 8 gezeigt ist, kann die Poliervorrichtung 40 für den Wafer derart verwendet werden, dass die Dicke des Wafers S auf einen vorbestimmten Wert vermindert wird, indem man beide Flächen des Wafers S unter gleichzeitiger Zufuhr der Polierflüssigkeit W abschleift, und die Vorrichtung weist den Waferträger 41, ein Planetengetriebe 42, eine obere Schleifplatte 43, eine untere Schleifplatte 44 und die Mittel 45 zur Zufuhr der Polierflüssigkeit auf.

[0089] Wie es in Fig. 5 gezeigt ist, weist der Aussenumfang des Waferträgers 41 die Verzahnung 41a auf, und die einzige Einsatzöffnung 41b befindet sich im Inneren des Waferträgers. Die Krümmung R3 der kreisförmigen Öffnung der Einsatzöffnung 41b ist die gleiche oder kleiner als die kleinste Krümmung R1 oder R2 der beiden Krümmungen R1 und R2 an den Ecken D1 bis D4 des Wafers S. Insbesondere wird die Krümmung R3 der Einsatzöffnung 41b so gewählt, dass sie gleich oder um 100% kleiner als die Krümmung R1 oder R2 des Wafers S oder gleich oder grösser als die Krümmung R1 oder R2 ist, und zwar um 90%.

[0090] Bei dieser Ausführungsform ist die Vorrichtung 40 zum Polieren des Wafers so eingerichtet, dass sie fünf Waferträger 41 mit der oben beschriebenen Konstruktion enthält, und dies ist in Fig. 9 dargestellt.

[0091] Bei der Poliervorrichtung 40 für den Wafer, die in Fig. 9 gezeigt ist, sind fünf Waferträger 41 mit vorbestimmten und gleichen Winkelabständen angeordnet, und die Mittelachse der gesamten Anordnung ist mit L bezeichnet. Eine Welle 50 befindet sich im Zentrum, d.h. in der Achse L, und die Welle 50 ist an einem Sonnenrad 51 befestigt. Weiterhin ist ein Hohlrad 52 in Form eines Ringes so angeordnet, dass es die fünf Waferträger 41 umgibt und in ihre Verzahnungen eingreift. Weiterhin sind die fünf Waferträger 41 so eingebaut, dass ihre Verzahnung 41a sowohl mit dem Sonnenrad 51 als auch mit dem Hohlrad 52 kämmt.

[0092] Sowohl das Sonnenrad 51 als auch das Hohlrad 52 werden mittels eines nicht dargestellten Antriebs im Gegenuhrzeigersinn gedreht. Die Umdrehungsgeschwindigkeiten des Sonnenrades 51 und des Hohlrades 52 werden so eingestellt, dass die beiden Umfangsgeschwindigkeiten unterschiedlich sind. Auf diese Weise werden die einzelnen Waferträger 41 einerseits im Gegenuhrzeigersinn im Kreis um das Sonnenrad mit der Achse L geführt und andererseits selbst im Uhrzeigersinn in Rotation versetzt. Das Sonnenrad 51 und das Hohlrad 52 befinden sich in Eingriff mit den Waferträgern 41 über deren Verzahnung 41a, und die Waferträger 41 dienen auf diese Weise als Planetenräder 42 mit einem Umlauf der Waferträger 41 um die Mittelachse L und mit Eigenrotation.

[0093] Wie es in Fig. 7, Fig. 8 und Fig. 9 dargestellt ist, besitzen die obere Schleifplatte 43 und die untere Schleifplatte 44 Kreisform (d.h. die Form eines Kreisringes) und weisen einen hohlen Zentralbereich auf, und die beiden Schleifplatten sind an der oberen bzw. unteren Seite des Waferträgers 41 angeordnet. Die untere Schleifplatte 44 ist auf einem Drehtisch 53 befestigt und dreht sich in Gegenrichtung zur Drehrichtung des Waferträgers 41 (Drehung im Uhrzeigersinn), und der Drehtisch 53 dreht sich um die gleiche Achse L wie das Sonnenrad. Die obere Schleifplatte 43 kann sich nach oben und unten bewegen, nämlich entlang einer Säule 54, die in Fig. 7 gezeigt ist, und der Abstand zur unteren Schleifplatte 44 kann nach Belieben eingestellt werden. Der Wafer S ist in der Einsatzöffnung 41b des Waferträgers 41 eingelegt und kann aus dieser entnommen werden, und der Wafer S kann zwischen den beiden Schleifplatten eingespannt werden, wenn auf den Wafer S, der im Waferträger 41 festgehalten wird, eine vorbestimmte Belastung ausgeübt wird.

[0094] Die beiden Schleifplatten 43, 44 sind so geformt, dass der Waferträger 41 über diese Schleifplatten hinaussteht und über die inneren und äusseren Umfangsflächen der beiden Schleifplatten 43 und 44 hinausragt. Nach Massgabe der Drehung und Kreisverschiebung des Waferträgers 41 sind stets ein Teil des Sonnenrades 51 und des Hohlrades 52 ohne Eingriff in einen Waferträger. In Fig. 9 ist nur die untere Schleifplatte 44 gezeigt, und es sei darauf hingewiesen, dass die obere Schleifplatte 43 dieselbe Form und Grösse wie die untere Schleifplatte 44 aufweist.

[0095] Wie weiterhin in Fig. 7 gezeigt ist, liegt auf der Oberseite der oberen Schleifplatte 43 eine Ringplatte 56, welche einen Ring 55 für das Schleifpulver trägt, und die Säulen 54 sind an der Unterseite der Ringplatte 56 befestigt. Der Ring 55 enthält eine Nut 55a, die ebenfalls ringförmig ausgebildet ist, und die Polierflüssigkeit W, die von einem Zufuhrventil 57 an der oberen Seite des Ringes 55 kommt, kann als Vorrat im Inneren des Ringes 55 gespeichert werden.

[0096] An der Ringplatte 56 sind mehrere Zufuhrschläuche 58 für Schleifmittel befestigt. Die Zufuhrschläuche 58 sind so angebracht, dass sie mit dem Inneren der Ringnut 55a in Verbindung stehen. Die Polierflüssigkeit W, die vorübergehend in der Nut 55a gespeichert wurde, kann nun aus dieser Nut 55a durch die Zufuhrschläuche 58 bis zum unteren Auslauf der Zufuhrschläuche 58 fließen.

[0097] Die vorderen Enden der Zufuhrschläuche 58 sind mit Zufuhrkanälen (nicht dargestellt) verbunden, welche die obere Schleifplatte 43 durchsetzen. Wie in Fig. 31 gezeigt ist, besteht der Zufuhrkanal aus einem Durchgangsloch. Viele Zufuhrkanäle sind in bestimmten Abständen kreisförmig auf der Schleifplatte auf einem inneren Kreis mit dem Radius r_a , einem mittleren Kreis mit dem Radius r_b und einem äusseren Kreis mit dem Radius r_c angeordnet. Die Polierflüssigkeit W, die aus den Zufuhrschläuchen 58 kommt, gelangt durch die jeweiligen Zufuhrkanäle zwischen die beiden Schleifplatten 43 und 44.

[0098] Wie weiterhin aus Fig. 7 hervorgeht, ist unterhalb der unteren Schleifplatten 44 ein Sammeltrug 61 für die Polierflüssigkeit W angeordnet, in den diese Flüssigkeit nach dem Polieren fließt, und ein Sammeltank 62 für die Polierflüssigkeit W ist mit dem Sammeltrug 61 verbunden. Die Polierflüssigkeit wird in diesem Sammeltrug aufgenommen und gesammelt. Der Sammeltrug 62 steht in Verbindung mit einer Pumpe 64, welche einerseits die Polierflüssigkeit W im Sammeltrug umwälzt und sie andererseits in eine Umlaufleitung 63 einspeist. Die Umlaufleitung 63 steht in Verbindung mit einem Verteiler 65, an dessen Ende Zufuhrventile 57 angebracht sind. Auf diese Weise wird die Polierflüssigkeit W im Kreislauf zu den Zufuhrventilen 57 und anschliessend in die Nut 55a des Schleifmittellringes 55 geleitet.

[0099] Der Schleifmittellring 55, die Ringplatte 56, die Zufuhrventile 57, die Zufuhrschläuche 58, der Sammeltrug 61, der Vorratstank 62, die Kreislaufleitung 63, die Pumpe 64 und der Verteiler 65 gehören sämtlich zu den Mitteln 45, die die Zufuhr und den Kreislauf der Polierflüssigkeit W bewerkstelligen, und zwar zwischen der oberen Schleifplatte 43 und der unteren Schleifplatte 44 entlang des Zufuhrweges zur oberen Schleifplatte 43. Dabei dienen der Sammeltrug 61, der Vorratstank 62, die Umlaufleitung 63, die Pumpe 64 und der Verteiler 65 als Mittel zur Wiedergewinnung 66 der Polierflüssigkeit W, die dann wieder zwischen den beiden Schleifplatten 43, 44 umläuft.

[0100] In den Sammeltrug 61 ist weiterhin ein Filter 67 eingebaut, welches die Polierkörner und das vom Wafer S abgetragene Material aus der Polierflüssigkeit W abtrennt. Auf diese Weise gelangt an die Schleifplatten 43, 44 stets frische Polierflüssigkeit W.

[0101] Die Polierflüssigkeit W ist eine Flüssigkeit, welche das Poliermittel, d.h. die Polierkörner enthält. Beim Läppen dient normalerweise Siliciumcarbid (SiC) als Schleifmittel, und wenn es als eigentliches Poliermittel für die Feinbearbeitung eingesetzt wird, so soll dessen mittlere Teilchengrösse zwischen nur etwa $6\ \mu\text{m}$ und $9\ \mu\text{m}$ liegen.

[0102] Beim Läppen wird im Gegensatz zum Feinpolieren an den beiden Schleifplatten 43, 44 kein Polierkissen P verwendet, sondern dieses wird abgenommen, und das Läppen wird ohne Verwendung des Polierkissens R durchgeführt.

[0103] Das Läppen wird im Wafer in der Poliervorrichtung 40, welche wie beschrieben aufgebaut ist, ausgeführt (Schritt S5). Bei dieser Ausführungsform umfasst das Polieren des Wafers ein Verfahren mit einem Poliervorgang, bei dem die beiden Flächen des Wafers S von der oberen Schleifplatte 43 und der unteren Schleifplatte 44 unter Verwendung des in Fig. 5 gezeigten Waferträgers 41 poliert werden. Dabei befindet sich der Waferträger 41 oberhalb der unteren Schleifplatte 44, und der Waferträger 41 wird durch das Planetengetriebe 42 einerseits in Drehung versetzt und führt andererseits einen Umlauf um das Sonnenrad auf. Die Feinpolierung wird weiter unten beschrieben.

[0104] Zunächst wird die obere Schleifplatte 43 entlang der Säulen 54 nach oben bewegt, um einen Abstand von der unteren Schleifplatte 44 zu erreichen, und danach wird ein Wafer S in die Einsatzöffnung 41b des Waferträgers 41 eingebracht. Nach diesem Vorgang des Einsetzens des Wafers S wird die obere Schleifplatte 43 entlang der Säulen 54 wieder nach unten bewegt, und die beiden Hauptflächen des Wafers S, der in der Aufnahmeöffnung 41b liegt, werden zwischen der oberen Schleifplatte 43 und der unteren Schleifplatte 44 mit einer vorbestimmten Belastung eingeklemmt. Dadurch befindet sich der Wafer S in flächiger Berührung mit den beiden Schleifplatten 43, 44.

[0105] Anschliessend wird mit dem Polieren des Wafers begonnen. Dabei wird der Wafer S durch polierendes Abtragen der beiden Hauptflächen des Wafers S mit Hilfe der beiden Schleifplatten 43, 44 auf die vorbestimmte Dicke gebracht, und beim Poliervorgang wird laufend Polierflüssigkeit W über den Kreislauf 45 zugeführt. Dabei wird die Polierflüssigkeit W mit Hilfe der Mittel 45 zur Zufuhr von Polierflüssigkeit zwischen die obere Schleifplatte 43 und die untere Schleifplatte 44 gebracht, und gleichzeitig wird der Waferträger 41 um die Achse L gedreht. Überdies wird der Waferträger 41 durch das Planetengetriebe 42 in eine Kreisbewegung gebracht, und dadurch drehen sich ebenfalls die Schleifplatten 43, 44. Die Zufuhr von Polierflüssigkeit W und die Tätigkeit des Planetengetriebes 42 müssen nicht notwendigerweise gleichzeitig ausgeführt werden, sondern das Planetengetriebe 42 kann eingeschaltet werden, nachdem Polierflüssigkeit W zugeführt worden ist. Die untere Schleifplatte 44 wird gleichzeitig mit dem Antrieb des Planetengetriebes 42 in Gegenrichtung zur Umlaufrichtung des Waferträgers 41 in Drehung versetzt.

[0106] Um Polierflüssigkeit W mit Hilfe der Zufuhrmittel 45 zuzuführen, wird die Pumpe 64 eingeschaltet. Wenn die Pumpe 64 läuft, wie es in Fig. 7 dargestellt ist, wird die Polierflüssigkeit W im Inneren des Sammeltrugs 62 ausreichend umgewälzt, dann aufgeschöpft und in die Umlaufleitung 63 eingespeist. Die Polierflüssigkeit W gelangt nach Durchgang durch die Umlaufleitung 63 in den Verteiler 65, wird in diesem Verteiler 65 aufgeteilt und strömt in den Ringraum 55a des Ringes 55, in dem sich Polierkörner befinden. Die in die Ringnut 55a geförderte Polierflüssigkeit W wird in dieser Nut 55a zunächst

gespeichert und fliesst dann in die einzelnen Zufuhrschläuche 58. Die durch die Zufuhrschläuche 58 strömende Polierflüssigkeit W gelangt nun zwischen die obere Schleifplatte 43 und die untere Schleifplatte 44, da die obere Schleifplatte 43 mit Zufuhrkanälen versehen ist. Ein Teil der Polierflüssigkeit W tropft auf die obere Fläche des Waferträgers 41, und der Rest gelangt auf die untere Schleifplatte 44. Auf diese Weise wird dauernd eine ausreichende Menge an Polierflüssigkeit W zum Polieren auf den Wafer S und zwischen die beiden Schleifplatten 43 und 44 eingespeist.

[0107] Wenn auf diese Weise ein Lappen ausgeführt wird, kann die Bildung von Rissen oder ein Absplittern in den Eckbereichen D1 bis D4, d.h. den gekrümmten Flächenbereichen des Wafers S, vermieden werden. Dies beruht darauf, dass die Eckbereiche D1 bis D4 des Wafers S einen gekrümmten Verlauf haben, selbst wenn beim Polieren Stösse und Reibkräfte durch die innere Umfangsfläche der Einsatzöffnung 41b des Waferträgers 41 auftreten. Zudem ist die Einsatzöffnung 41b kreisförmig ausgestaltet, und die Krümmung R3 dieser kreisförmigen Gestalt der Öffnung ist die gleiche oder kleiner als die kleinste Krümmung R1 oder R2 der Eckbereiche D1 bis D4 des Wafers S.

[0108] Wenn die Eckbereiche D1 bis D4, welche durch gekrümmte Flächenbereiche verwirklicht sind, in Berührung mit der inneren Umfangsfläche der kreisförmigen Öffnung der Einsatzöffnung 41b des Waferträgers 41 kommen, tritt keine punktförmige oder linienförmige Berührung, sondern im wesentlichen eine Flächenberührung auf, und daher trifft eine hohe Belastung, beispielsweise ein Schlag, nicht lokal auf, sondern die Belastung wird verteilt. Auf diese Weise wird ein Bruch, ein Riss oder ein Absplittern durch eine örtlich einwirkende hohe Kraft verhindert. Beim Lappvorgang wird ein Abbrechen der Eckbereiche D1 bis D4 des Wafers S vermieden, und auf diese Weise steigen die Ausbeutung und die Produktivität, und ausserdem kann eine Kosteneinsparung verwirklicht werden.

[0109] Die Endfläche zwischen den ersten gekrümmten Flächenbereichen, d.h. zwischen den Eckbereichen D1 und D2, fällt mit der Bezugsfläche zusammen, und daher ist die Bezugsfläche selbst nach dem Lappen leicht zu identifizieren.

[0110] Nach dieser Ausführungsform, die eben beschrieben wird, wird die untere Schleifplatte 44 beim Polieren des Wafers S in einer Richtung, welche der Umlaufsrichtung des Waferträgers 41 entgegengesetzt ist, in Drehung versetzt, und daher wird der Widerstand zwischen der unteren Schleifplatte 44 und dem Wafer S vergrössert. Auf diese Weise kann der Wafer S wirksam poliert werden.

[0111] Weiterhin wird die Polierflüssigkeit W zwischen die beiden Schleifplatten 43 und 44 gebracht und dann im Sammeltrug 61 aufgefangen, wie es in Fig. 7 gezeigt ist. Die Polierflüssigkeit W und das Polierkorn, die im Sammeltrug 61 zusammenlaufen, gehen durch das Filter 67 und werden im Sammelbehälter 62 vereinigt. Beim Durchgang durch das Filter 67 wird das Polierkorn abgetrennt, und nur die reine Polierflüssigkeit W läuft in den Sammeltrug 62. Die wiedergewonnene Polierflüssigkeit W gelangt in die Pumpe 64 und wird wieder verwendet.

[0112] Auf diese Weise wird die zeitweilig zugeführte Polierflüssigkeit W nicht in den Abfall geleitet, sondern kann wiederverwendet werden, wodurch die Kosten des Betriebs mit der Polierflüssigkeit W sinken, das Polierkorn wird im Filter 67 wiedergewonnen, und nur die reine Polierflüssigkeit W wird weiter verwendet, so dass stets eine exakt zusammengesetzte Polierflüssigkeit verwendet wird, was ein sehr genaues Polieren ermöglicht.

[0113] Wenn auf diese Weise das Lappen beendet ist, wird der Wafer S gereinigt (Schritt S6). Dazu wird der Wafer S in einen Korb gebracht, der nicht dargestellt ist, und zusammen mit diesem Korb in eine Reinigungsflüssigkeit eingetaucht. Anschliessend wird mehrmals eine Reinigung unter Ultraschall und mit reinem Wasser ausgeführt. Weitere Reinigungsstufen werden unter Verwendung von Säure und Alkalien durchgeführt. Nach Entfernung des am Wafer S anhaftenden Polierkorns wird dieser noch mit reinem Wasser abgespült. Schliesslich wird der Wafer abgetrocknet und in einer Trommel getrocknet.

[0114] Nun kann der erste Ätzzvorgang ausgeführt werden (im Schritt S7), bei dem eine durch die Bearbeitung denaturierte Schicht an der Oberfläche des Wafers S abgelöst wird. Dazu werden an den beiden Hauptflächen des Wafers S Oberflächenschichten in einer Dicke von etwa 10 µm durch eine Fluorwasserstofflösung entfernt. Dies geht im Einzelnen folgendermassen vor sich. Der Wafer S wird in einen Korb eingelegt und dieser in die Ätzlösung eingetaucht, welche Fluorwasserstoff enthält, und zwar während einer vorbestimmten Zeitdauer. Während dieser Zeitdauer wird bevorzugt jegliche Ungleichförmigkeit in der Dicke des Wafers S dadurch verhindert, dass man den Korb langsam nach oben und unten bewegt. Nach Ablauf der vorbestimmten Zeitdauer wird der Korb aus der Ätzlösung entnommen und in reines Wasser eingetaucht, bis auch die letzten Spuren der Ätzlösung abgespült sind.

[0115] Sodann wird der Wafer S fein poliert, wobei die endgültige Dicke des Wafers S erzielt wird und eine spiegelglatte Oberfläche erhalten wird, nachdem der Wafer getrocknet wurde (Schritt S8). Das Polieren wird unter Verwendung der Poliervorrichtung 40 ausgeführt, die in Fig. 7 dargestellt ist, aber im Unterschied zum vorhergehenden Lappen werden die obere Fläche der unteren Schleifplatte 44 und die untere Fläche der oberen Schleifplatte 43 jeweils mit einem angeklebten und nicht dargestellten Polierkissen versehen, und das Polieren wird in dieser so angepassten Vorrichtung ausgeführt. Dabei werden die beiden Flächen des Wafers S unter Druck mit den Polierkissen in Berührung gebracht, ohne dass der Wafer S direkt in Kontakt mit den beiden Schleifplatten 43 und 44 kommt.

[0116] Was den Waferträger, welcher den Wafer S festhält, betrifft, so ist er ähnlich ausgeführt wie derjenige, der zum Lappen benutzt wird, und der in Fig. 5 gezeigte Waferträger 41 mit der Einsatzöffnung 41b, welche kreisförmig ausgebildet ist, wird verwendet. Der beim Polieren verwendete Waferträger 41 ist jedoch viel dünner im Vergleich zum Waferträger,

der beim Läppen eingesetzt wird, und seine Dicke wird unter Berücksichtigung des Wafers S gewählt, welcher nun zu polieren ist.

[0117] Weiterhin wird als Polierflüssigkeit W eine Flüssigkeit mit einem anderen Poliermittel eingesetzt, und als Poliermittel wird im allgemeinen Ceroxid (CeO₂) verwendet. Die Polierflüssigkeit W stellt demgemäss eine Aufschlämmung dar, welche Körner von Ceroxid, ein Rostschutzmittel sowie Reinwasser enthält.

[0118] Weiterhin wird die Ausführung des Polierens des Wafers in der Vorrichtung 40 ähnlich derjenigen des Läppens vorgenommen.

[0119] Nach Beendigung des Polierens, wie es oben beschrieben ist, ist der Wafer S mit der vorbestimmten Dicke und hochglanzpolierten Oberflächen versehen.

[0120] Bei der Ausführung des Polierens, wie oben beschrieben, wird ein Bruch, ein Riss oder ein Ausbrechen der Eckbereiche D1 bis D4 des Wafers S verhindert, weil die vier Eckbereiche D1 bis D4 des Wafers S eine gekrümmte Flächenform aufweisen, wie es beim Vorgang des Läppens besprochen wurde. Auch beim Polieren kann eine Beschädigung der Eckbereiche D1 bis D4 des Wafers S vermieden werden, und aus diesem Grunde steigt die Produktivität und die Produktionskosten sinken, weil weniger Ausschuss anfällt.

[0121] Die Endfläche zwischen den ersten gekrümmten Bereichen, d.h. zwischen den Eckbereichen D1 und D2, wurde als Bezugsfläche angesehen, und daher kann diese Bezugsfläche selbst nach dem Polieren leicht identifiziert werden.

[0122] Nach Beendigung des Polierens wird ein Reinigungsschritt (S9) vorgenommen. Dabei wird der Wafer S in einem Korb wiederholt einer Ultraschallreinigung und einer Reinigung mit reinem Wasser unterworfen.

[0123] Weiterhin wird bevorzugt, den polierten Wafer S bis zur Weiterverarbeitung im nächsten Schritt in reinem Wasser aufzubewahren.

[0124] Anschliessend wird im Schritt S10 eine zweite Reinigung durch Ätzen ausgeführt, um eine dünne Oberflächenschicht, die sich beim Polieren des Wafers S gebildet hat, und ausserdem etwaige noch anhaftende Fremdkörper abzulösen. Man bringt dazu den zu reinigenden Wafer S in ein Körbchen und taucht das Körbchen mit dem Wafer S in eine Lösung ein, welche Fluorwasserstoff enthält.

[0125] Nun wird der gereinigte Wafer von der Ätzlösung befreit, indem er immer noch im Körbchen in warmes reines Wasser und anschliessend in ultrareines Wasser eingetaucht wird, das auf eine Temperatur von etwa 60°C erwärmt wurde (Schritt S11). Nach dem Reinigen wird der Wafer S in einem Trommeltrockner oder einer ähnlichen Vorrichtung getrocknet. Anschliessend wird der Wafer S im Vakuum erhitzt und nochmals getrocknet, um anhaftende Feuchtigkeit zu entfernen. Nach dem Trocknen wird der Wafer S vorzugsweise in einem Exsikkator unter Stickstoff aufbewahrt.

[0126] Nun soll die Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingungserzeugern 1 unter Verwendung des Wafers S beschrieben werden, der wie oben beschrieben poliert wurde, und zwar unter Bezugnahme auf die in Fig. 10 und Fig. 11 gezeigten Fließdiagramme.

[0127] Das Verfahren zur Serienherstellung des piezoelektrischen Schwingungserzeugers 1 gemäss der zu beschreibenden Ausführungsform ist ein Verfahren zur Herstellung des piezoelektrischen Schwingungserzeugers 1, bei dem nacheinander die äussere Form des Schwingungserzeugers, die Bildung von Elektroden, das Vereinzeln, ein Zusammenbau und ein Versiegeln vorgenommen wird. Die einzelnen Schritte sollen nun in der folgenden Beschreibung erläutert werden.

[0128] Zunächst wird der äussere Umriss der einzelnen piezoelektrischen Schwingungskörper 2 festgelegt, indem Muster mit diesen äusseren Umrisse aufgebracht werden und der Wafer S, der poliert wurde, unter Anwendung einer photolithographischen Technologie geätzt wird (Schritt S20). Dieser Schritt soll nun im Einzelnen beschrieben werden.

[0129] Der polierte Wafer S wird als erstes im Schritt S21 präpariert. Nun werden auf beide Hauptflächen des Wafers S gemäss Fig. 12 (S22) musterförmig Ätzschutzfilme 70 aufgebracht. Als Ätzschutzfilm 70 wird beispielsweise Chrom (Cr) in einer Dicke von einigen μm aufgetragen. Auf den Ätzschutzfilm 70 wird musterförmig nach photolithographischem Verfahren ein Photoresistüberzug, der nicht dargestellt ist, aufgebracht. Dabei wird das musterförmige Auftragen so ausgeführt, dass die Umrisse des piezoelektrischen Schwingungskörpers 2 hergestellt werden können. Sodann wird der Ätzschutzfilm 70 dort abgeätzt, wo er vom Photoresistfilm nicht maskiert wurde.

[0130] Nun wird am Wafer S die Bezugsfläche der kristallinen Orientierung identifiziert, und dadurch wird das Positionieren der Maske zwecks Abdeckung bestimmter Bereiche wesentlich erleichtert.

[0131] Nach dem Ätzen wird dann der Photoresistüberzug entfernt. Wie es aus Fig. 13 und 14 hervorgeht, wird durch das musterförmige Auftragen des Ätzschutzfilms 70 (Schritt S23) das Ätzen so ausgeführt, dass am piezoelektrischen Schwingungskörper 2 die äusseren Umrisse der beiden Schwingarmteile 10, 11 und das Basisteil 12 entstehen. Dabei wurden die Muster derart aufgetragen, dass eine grosse Anzahl von piezoelektrischen Schwingungskörpern 2 ausgearbeitet wird. Die Fig. 14 bis Fig. 19 zeigen Ansichten von Schnitten entlang einer Schnittlinie C-C in Fig. 13.

[0132] Sodann werden die beiden Hauptflächen des Wafers S geätzt, indem zunächst eine Maske des musterförmig ausgebildeten Ätzschutzfilms 70 aufgetragen wird (Schritt S24). Wie in Fig. 15 gezeigt ist, kann der äussere Umriss jedes piezoelektrischen Schwingungskörpers 2 durch selektives Abtragen von bestimmten Bereichen des Ätzschutzfilms 70 gebildet werden, die nicht maskiert sind. Zu diesem Zeitpunkt ist die Ausbildung der äusseren Form jedes Schwingungskör-

pers beendet. In diesem Augenblick sind sämtliche piezoelektrischen Schwingungskörper 2 mit dem Wafer S über ein nicht dargestelltes Verbindungsglied verbunden, bis als letzter Schritt die Vereinzelung der einzelnen Schwingungskörper vorgenommen wird.

[0133] Bei dieser Ausführungsform wird sodann die Nut 18 ausgearbeitet, die an den beiden Schwingarmteilen 10, 11 vorhanden ist, bevor die Elektroden im Schritt S30 erzeugt werden. Die Erzeugung der Nut soll nun im Einzelnen erläutert werden.

[0134] Es wird zunächst auf Fig. 16 verwiesen, wo auf den Ätzenschutzfilm 70 durch Sprühbeschichten oder ähnliche Techniken ein Photoresistüberzug 71 aufgebracht wird (S31). Der Photoresistüberzug 71 wird nun nach photolithographischen Verfahren mit einem Muster versehen. Wie Fig. 17 zeigt, wird die Musterbildung entlang dem äusseren Umfang jedes piezoelektrischen Schwingungskörpers 2 ausgeführt, damit sich die Nuten 18 ausbilden können (Schritt S32). Der nicht maskeierte Ätzenschutzfilm 70 wird durch Ätzen selektiv entfernt, wobei ein Photoresistüberzug 71 eine mustermässige Maske bildet (Schritt S33). Nach dem Ätzen wird wie üblich der Photoresistüberzug 71 abgelöst. Wie in Fig. 18 zu sehen ist, kann der mustermässig abgedeckte Schutzfilm 70 erneut abgedeckt werden, nachdem die Nuten 18 ausgebildet worden sind.

[0135] Nach erneuter Musterbildung durch einen Photoresist auf dem Ätzenschutzfilm 70, nach dem Ätzen des Wafers S im Schritt S34, wird im Schritt S35 der die Maske bildende Ätzenschutzfilm 70 abgelöst. Wie in Fig. 19 gezeigt ist, wurde die Nut 18 zwischen den beiden Schwingarmteilen 10, 11 erzeugt. Zu diesem Zeitpunkt ist die Erzeugung der Nuten beendet. Als Nächstes werden die Elektroden erzeugt, und zwar die Erregerelektrode 15, die Rückführungselektroden 19, 20 sowie die Anschlusselektroden 16, 17, und diese Erzeugung wird durch Aufbringen von Elektrodenfilmen, die nicht dargestellt sind, mustermässig auf die äusseren Flächen jedes piezoelektrischen Schwingungskörpers 2 vorgenommen (Schritt S40). Gleichzeitig wird nach ähnlichen Verfahren im Schritt S41 der Ballastmetallfilm 21 aufgebracht.

[0136] Nun wird das Verbindungsteil, welches den Wafer S mit jeweils einem piezoelektrischen Schwingungskörper 2 verbunden hat, in einem Trennschritt abgetrennt, um die vielen piezoelektrischen Schwingungskörper 2 vom Wafer S zu vereinzeln (Schritt S42). Auf diese Weise werden zahlreiche piezoelektrische Schwingungskörper 2, die jeweils mit Elektroden (den Erregerelektroden 15, den Rückführungselektroden 19, 20 und den Anschlusselektroden 16, 17) versehen wurden, gleichzeitig auf dem Wafer S erzeugt, der vorher auf eine vorbestimmte Dicke abgeschliffen wurde.

[0137] Bevor nun der piezoelektrische Schwingungskörper 2 weiterverarbeitet wird, soll eine Grobeinstellung der Resonanzfrequenz ausgeführt werden (Schritt S43). Dies wird durch Verringerung eines Gewichtes erzielt, indem man die Grobeinstellfolie 21a des Ballastmetallfilms 21 mit Laserlicht bestrahlt, um das Metall teilweise zu verdampfen. Die Feineinstellung der Resonanzfrequenz, welche sehr genaue Frequenzwerte liefert, wird später ausgeführt und dies wird auch später erläutert.

[0138] Nun wird die Herstellung eines luftdichten Anschlusses vorgenommen, indem ein Stecker 4 im Schritt S50 erzeugt wird. Zunächst wird im Schritt S51 eine Hülse 30 erzeugt. Dabei wird ein einseitig geschlossenes zylindrisches Teil durch Tiefziehen in mehreren Schritten aus einer Platte, die aus einem leitfähigen Werkstoff, wie beispielsweise aus einer Legierung aus Eisen, Nickel und Kobalt, aus einer Legierung aus Eisen und Nickel oder einem ähnlichen Material besteht, erzeugt. Das Tiefziehen wird in mehreren Schritten vorgenommen. Dann wird die Hülse 30 durch Öffnen der geschlossenen Bodenfläche des Zylinders und Abtrennen des Zylinders von der Platte erhalten.

[0139] Es folgt nun ein Schritt S52, bei dem eine Härtung vorgenommen wird und der zum Zusammenbau der Anschlussdrähte 31 und des Füllstoffes 32 im Inneren der Hülse 30 dient. Dazu wird die erzeugte Hülse 30 zunächst in einer nicht gezeigten Haltevorrichtung 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.

[0140] Die Hülse 30, die Anschlussdrähte 31 und der Füllkörper 32 werden im nächsten Teilschritt S53 zusammengebaut, und dann wird die Haltevorrichtung in einen Heizofen eingebracht. 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.

[0141] Nun wird im Schritt S60 eine Plattierung vorgenommen. Dabei wird ein Metallfilm aus dem gleichen Material auf die Aussenfläche der Anschlussdrähte 31 und auf 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 und sodann durch eine Säurebehandlung mit verdünnter Salzsäure und Schwefelsäure einer Endreinigung unterzogen. Nach Beendigung der Vorbehandlung wird auf die 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. Anschliessend 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 einer ähnlichen Metallegierung in einer Dicke von etwa 8 µm bis 15 µm auf.

[0142] Durch Beschichtung mit dem Metallfilm, der aus dem Matrixfilm und dem Finish besteht, können die inneren Anschlussdrähte 31a mit dem piezoelektrischen Schwingungskörper 2 verbunden werden. Weiterhin können nicht nur der

piezoelektrische Schwingungskörper 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.

[0143] Anschliessend wird im Schritt S61 ein Anlassen in einem Ofen unter Vakuum vorgenommen, um den Metallfilm zu stabilisieren. Beispielsweise erwärmt man das Werkstück eine Stunde lang 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 als Beispiel bei der Beschichtung mit einem Metallfilm ein Nassplattieren vorgenommen werden kann, ist die vorliegende Erfindung nicht auf diesen besonderen Verfahrensschritt eingeschränkt, sondern die Beschichtung kann auch nach anderen Methoden erfolgen, beispielsweise durch Abscheiden aus einem Dampf, nach einem chemischen Verfahren, aus der Gasphase und nach anderen Möglichkeiten.

[0144] Bei dieser Ausführungsform wird weiterhin nach dem Ende 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 S62), bei der die Anschlusselektroden 16, 17 des piezoelektrischen Schwingungskörpers 2 und die inneren Anschlussdrähte 31a miteinander verbunden werden (Schritt S63). Im Einzelnen bringt man die Enden der inneren Anschlussdrähte 31a und den piezoelektrischen Schwingungskörper 2 an der Stelle der Verbindungsperle E zusammen und setzt die Verbindungsstelle unter einen vorbestimmten Druck, und ausserdem wird die Perle E erhitzt. Auf diese Weise werden die inneren Enden der Anschlussdrähte 31a über die Metallperle E mit den Anschlusselektroden 16, 17 verbunden. Der piezoelektrische Schwingungskörper 2 ist nun elektrisch angeschlossen. Dabei wird der piezoelektrische Schwingungskörper 2 von den Anschlussdrähten 31 auch mechanisch gehalten und ist mit diesen Drähten elektrisch verbunden.

[0145] 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.

[0146] Bevor nun eine Versiegelung ausgeführt wird, welche die bei den Verbindungsvorgängen aufgetretenen Spannungen und Verwerfungen beseitigt, wird das Ganze durch Aufheizen auf eine vorbestimmte Temperatur gebrannt (Schritt S64). Danach wird die Frequenz des piezoelektrischen Schwingungskörpers 2 fein eingestellt (Schritt S65). Bei dieser Feineinstellung der Frequenz wird der piezoelektrische Schwingungskörper 2 in Vibration versetzt, indem eine passende Spannung zwischen die äusseren Anschlussdrähte 31b angelegt wird, wobei sich die gesamte Einrichtung in einer Vakuummkammer befindet. Die Feineinstellung der Frequenz wird so vorgenommen, dass der zur Feineinstellung dienende Metallfilm 21b des metallischen Ballastfilms 21 durch Einwirkung von Laserlicht teilweise verdampft wird, wobei die Frequenz laufend 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 Schwingungskörpers 2 kann auf diese Weise in einem zuvor festgelegten Bereich der Frequenzen fein eingestellt werden.

[0147] Anstelle der Feineinstellung und Grobeinstellung der Frequenzen durch teilweise Verdampfung des metallischen Ballastfilms 21 durch Einwirkung von Laserstrahlung kann die Einstellung der Frequenz auch durch Einwirkung von Argon-Ionen vorgenommen werden. In diesem Falle wird aus dem Ballastfilm 21 durch eine Bestrahlung mit Argon-Ionen Metall abgetragen.

[0148] Schliesslich wird im Schritt S66 ein Presssitz, bei dem der piezoelektrische Schwingungskörper 2 luftdicht mit dem Gehäuse 3 und der Hülse 30 verbunden wird, in welcher sich der piezoelektrische Schwingungskörper 2 befindet, vorgenommen. Insbesondere wird das Gehäuse 3 mit Presssitz mit der äusseren Umfangsfläche der Hülse 30 des Steckers 4 verbunden, während eine vorbestimmte Kraft im Vakuum angelegt wird. Anschliessend wird die metallische Beschichtung, die sich aussen an der Umfangsfläche der Hülse 30 befindet, elastisch verformt, und auf diese Weise wird eine hermetisch dichte Verbindung mit Versiegelung unter Druck durch Kaltschweissen erzeugt. Diese Vorgänge erzeugen im Gehäuse 3 einen luftdichten Verschluss des piezoelektrischen Schwingungskörpers 2 im Vakuum.

[0149] Weiterhin ist es bevorzugt, dass vor der Ausführungsform dieses Versiegelungsschrittes Feuchtigkeit und andere an der Oberfläche absorbierte Stoffe durch eine ausreichende Erhitzung des Gehäuses 3 und des Steckers 4 entfernt werden.

[0150] Nachdem das Gehäuse 3 verschlossen wurde, wird im Schritt S67 eine Entstörung vorgenommen. Diese Entstörung soll die Frequenz oder den Wert eines Resonanzwiderstandes stabilisieren und die Entfernung von metallischen Whiskers, die beim Erzeugen des Presssitzes des Gehäuses 3 durch die Druckkräfte erzeugt wurden, bewirken.

[0151] Nach Beendigung der Entstörung wird noch eine Prüfung der elektrischen Eigenschaften durchgeführt (Schritt S68). Bei diesem Schritt werden die Resonanzfrequenz, der Wert des Resonanzwiderstandes, Erregereigenschaften (Erregerleistung abhängig von der Resonanzfrequenz und dem Resonanzwiderstand) und auch noch andere Eigenschaften des piezoelektrischen Schwingungskörpers 2 gemessen und geprüft. Zusätzlich werden der Isolationswiderstand und andere damit zusammenhängende Werte überprüft. Schliesslich wird die Prüfung auf Dimensionshaltigkeit, Qualität, Aussehen und andere Eigenschaften des piezoelektrischen Schwingungskörpers 2 visuell beurteilt. Damit ist die Serienfertigung des in Fig. 1 gezeigten piezoelektrischen Schwingungskörpers 2 beendet.

[0152] Insbesondere wird beim Serienherstellungsverfahren dieser Ausführungsform ein Wafer S verwendet, der ausgezeichnet poliert ist und beim Polieren nicht anfällig für Beschädigungen ist, und gesamthaft gesehen wird die Produktionseffizienz sowie die Fabrikationsausbeute des Gesamtverfahrens wesentlich gesteigert. Ausserdem gehen die Herstellungskosten zurück.

[0153] Bei der beschriebenen Ausführungsform wird erfindungsgemäss ein Wafer S verwendet, der eine rechteckige Form aufweist, wie es in Fig. 5 gezeigt ist. Der Wafer S kann aber auch andere Formen haben, beispielsweise dreieckig, fünfeckig, sechseckig usw., solange der Wafer S eine eckige Form aufweist, deren Eckbereiche abgerundet sind.

[0154] Der erfindungsgemässe Waferträger weist lediglich eine Einsatzöffnung 41b auf, wie es aus Fig. 5 entnommen werden kann, aber es können auch mehrere Einsatzöffnungen 41b im Waferträger vorhanden sein, um gleichzeitig mehrere Wafer S aufnehmen zu können.

[0155] In der oben stehenden Ausführungsform wurde die Herstellung am Beispiel eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers 1 mit einem piezoelektrischen Schwingungskörper 2 nach Art einer Stimmgabel beschrieben. Die Erfindung ist aber keineswegs auf diesen besonderen piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 eingeschränkt.

[0156] Wie beispielsweise in Fig. 20 dargestellt ist, kann nach der Erfindung auch ein Schwingungserzeuger 80 mit veränderlicher Dicke hergestellt werden, welcher einen Schwingungskörper (piezoelektrischen Schwingungskörper 81) mit veränderlicher Dicke aufweist. Der dickenveränderliche Schwingungskörper 81 enthält eine piezoelektrische Schwingungsplatte 82, die ausgehend von einem Wafer S mit konstanter Dicke mit einer Erregerelektrode 83, einer Ableitungselektrode 84 und einer Anschlusselektrode 85 hergestellt ist. Die piezoelektrische Schwingungsplatte 82 weist beispielsweise eine rechteckige Form der äusseren Begrenzung auf, und die beiden Erregerelektroden 83 liegen über die Dicke der Platte an gegenüberliegenden Seiten einander gegenüber. An einem Endbereich der piezoelektrischen Platte 82 befindet sich die Anschlusselektrode 85, die mit der Erregerelektrode 83 über die Rückführungselektrode 84 elektrisch verbunden ist. Schliesslich ist die Anschlusselektrode 85 mit der Erregerelektrode 83 an einer Seite der Anschlusselektrode 85 verbunden, und auf der anderen Seite der piezoelektrischen Platte 82 befindet sich ebenfalls eine Anschlusselektrode 85, die mit einer Erregerelektrode 83 verbunden ist. Die Anschlusselektrode 85 an einer Fläche der piezoelektrischen Platte 82 ist mit der Anschlusselektrode 85 an der anderen Fläche mittels einer Seitenelektrode 86 elektrisch verbunden, die sich an einer Seitenfläche der piezoelektrischen Platte 82 befindet.

[0157] Der derart aufgebaute dickenveränderliche Schwingungserzeuger 80 und der dickenveränderliche Schwingungskörper 81 sind aus dem Wafer S hergestellt, der nach dem Polierverfahren in der Vorrichtung 40 zum Polieren des Wafers hergestellt wurde, und daher können die Herstellungskosten im Vergleich mit den Verfahren des Standes der Technik vermindert werden.

[0158] In der oben beschriebenen Ausführungsform ist als Beispiel ein piezoelektrischer Schwingungserzeuger 1 dargestellt und beschrieben, der in ein zylindrisches Gehäuse eingebaut ist, aber die Erfindung ist nicht auf einen solchen piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 eingeschränkt. Wie es nämlich beispielsweise in den Fig. 21 und 22 dargestellt ist, kann ein piezoelektrischer Schwingungserzeuger 90 auch in einem keramischen Gehäuse erzeugt werden.

[0159] Der piezoelektrische Schwingungserzeuger 90 weist im Gehäuse ein Unterteil 91 mit einer Ausnehmung 91a auf. Der piezoelektrische Schwingungskörper 2 liegt in der Ausnehmung 91a des keramischen Körpers 91, und ein Deckel 92, der am Unterteil 91 angebracht ist, schliesst das Gehäuse, wenn dieses den piezoelektrischen Schwingungskörper 2 enthält.

[0160] Der Keramikkörper 91 weist einen Anschluss 93 mit einer hermetischen Dichtungsstruktur auf, und das Vorderende des Anschlusses ist mit einer Verbindungsperle (nicht dargestellt) versehen. Weiterhin sind die Verbindungsperlen und die Anschlusselektroden 16, 17 des piezoelektrischen Schwingungskörpers 2 mechanisch und elektrisch miteinander verbunden. Der Anschluss 93 liegt frei an der unteren Fläche des Gehäuses 91. Dabei bildet der Anschluss 93 die Verbindung nach aussen, und das andere Ende ist im Inneren des Gehäuses mit den Anschlusselektroden 16, 17 verbunden.

[0161] Der Grundkörper 91 ist im Vakuum luftdicht verschweisst, beispielsweise unter Verwendung verschiedener Methoden wie des Verschweissens mit Elektronenstrahlen im Vakuum, das Nahtschweissen im Vakuum oder das Verkleben mit einem niedrig schmelzenden Glas oder einem eutektischen Metall. Auf diese Weise wird der piezoelektrische Schwingungskörper 2 luftdicht im Gehäuse eingeschlossen. Dabei dienen der Grundkörper 91 und der Deckel 92 als Versiegelungsmittel 94 zum luftdichten Einschluss des piezoelektrischen Schwingungskörpers 2.

[0162] Auch bei dem piezoelektrischen Schwingungserzeuger 90, der auf diese Weise aufgebaut ist, wird der piezoelektrische Schwingungskörper 2 ausgehend vom Wafer S hergestellt, der in der Poliervorrichtung 40 aufgearbeitet und poliert worden ist, und zwar nach dem erfindungsgemässen Polierverfahren, und daher werden die Fabrikationskosten auch dieses Gerätes im Vergleich mit denjenigen des Standes der Technik vermindert.

[0163] Weiterhin kann ein Schwingungserzeuger 100 zur Oberflächenmontage dadurch erhalten werden, dass man den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 mit seinem zylinderförmigen Gehäuse in einem Harz 101 vergiesst.

[0164] Wie es in den Fig. 23 und 24 gezeigt ist, besteht der Schwingungserzeuger 100 zur Oberflächenmontage zunächst aus dem piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1, der mit Hilfe des Körpers 101 aus geschmolzenem Harz und mit vorbestimmter Form verfestigt werden kann, und ein nach aussen geführter Anschluss 102 ist elektrisch mit den Anschlüssen

drähten 31b verbunden und an der andern Seite elektrisch nach aussen gegen eine untere Fläche des Harzkörpers 101 geführt. Der äussere Verbindungsanschluss 102 ist unten flach und besteht aus einem Metall, beispielsweise aus Kupfer oder einem anderen leitfähigen Material. Durch die Befestigung des piezoelektrischen Schwingungserzeugers 1 mittels des Harzkörpers 101 kann der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 auf diese Weise stabil an einer Leiterplatte oder ähnlichen ebenen Flächen befestigt werden, und dadurch kann der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 leichter Verwendung finden und bequemer befestigt werden. Insbesondere kann der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1, verglichen mit den bisher bestehenden Schwingungserzeugern, mit verminderten Kosten hergestellt werden, und daher ist die Ausführung für Oberflächenmontage 100 ebenfalls günstiger zu produzieren.

[0165] Als Nächstes soll eine Ausführungsform eines erfindungsgemässen Oszillators unter Bezugnahme auf Fig. 25 besprochen werden.

[0166] Wie in Fig. 25 dargestellt ist, weist ein Oszillator 110 dieser Ausführungsform als Schwingungskörper den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 auf, der elektrisch mit einer integrierten Schaltung 111 verbunden ist. Der Oszillator 110 besitzt weiterhin eine Leiterplatte 113, auf der elektronische Bauteile 112 befestigt sind, etwa ein Kondensator oder andere Teile. Die Leiterplatte 113 ist zusammen mit der integrierten Schaltung 111 als Oszillator ausgebildet, und in der Nähe der integrierten Schaltung 111 befindet sich der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1. Das elektronische Bauteil 112, die integrierte Schaltung 111 und der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 sind jeweils über ein Verdrahtungsmuster, welches nicht dargestellt ist, elektrisch miteinander verbunden. Ausserdem nicht dargestellt sind elektrische oder elektronische Bauteile, die gegebenenfalls mit einem Harz vergossen sind.

[0167] Wenn an den Oszillator 110, der wie beschrieben aufgebaut ist, eine Spannung angelegt wird, die an den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 weitergeleitet wird, so wird der piezoelektrische Schwingungskörper 2 im Inneren des piezoelektrischen Schwingungserzeugers 1 in Vibrationen versetzt. Diese Vibrationen werden über die piezoelektrische Eigenschaft in ein elektrisches Signal umgewandelt, das am piezoelektrischen Schwingungskörper 2 anliegt, und das Signal gelangt als elektrisches Signal an die integrierte Schaltung 111. Das eingegebene elektrische Signal kann von der integrierten Schaltung 111 auf verschiedene Weise verarbeitet und als Frequenzsignal ausgegeben werden. Auf diese Weise arbeitet der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 als Oszillator (Schwingkreis).

[0168] Die integrierte Schaltung 111 kann so ausgebildet werden, dass sie auch noch andere Funktionen enthält, beispielsweise eine Möglichkeit zum Einstellen des Datums oder der Uhrzeit für den Betrieb des Gerätes oder einer äusseren Vorrichtung, die Angabe der Uhrzeit, des Datums oder noch andere Funktionen, die die Funktion als Oszillator ergänzen, beispielsweise für einen Zeitmesser oder ähnliche Geräte durch Auswahl der RTC (Real Time Clock) usw. in Übereinstimmung mit einer Anfrage.

[0169] Beim Oszillator 110 dieser Ausführungsform vermindert der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 die Herstellungskosten im Vergleich mit den Verfahren des Standes der Technik, und daher schlägt sich diese Verminderung der Produktionskosten auch auf diesen Oszillator 110 nieder.

[0170] Als Nächstes soll eine Erläuterung einer Ausführungsform gegeben werden, bei der ein elektronisches Gerät nach vorliegender Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 26 vorgestellt wird. Dieses elektronische Gerät wird in Form eines Aufbauschemas veranschaulicht, das einen tragbaren Informationsapparat 120 beschreibt, der einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 enthält. Dieses tragbare Informationsgerät 120 der zu beschreibenden Ausführungsform wird beispielsweise als Mobiltelefon ausgebildet und kann eine Armbanduhr des Standes der Technik ergänzen. Das Gerät sieht ähnlich wie eine Armbanduhr aus, die eine Flüssigkristallanzeige aufweist und welche ein Zifferblatt und die Zeit und andere Informationen auf dem Bildschirm 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 wie die Geräte des Standes der Technik einen Lautsprecher und ein Mikrofon aufweist, die an der Innenseite eines Armbandes angebracht sind. Das elektronische Gerät ist im Vergleich mit den Mobiltelefonen des Standes der Technik äusserst klein und leicht ausgeführt.

[0171] Nun soll dieses mobile Informationsgerät 120 der vorliegenden Ausführungsform erläutert werden. Wie in Fig. 26 gezeigt ist, weist das Informationsgerät 120 den piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1 sowie eine Energiequelle 121 zur Energieversorgung auf. Die Energiequelle 121 besteht aus einer aufladbaren Lithiumbatterie. Die Energiequelle 121 ist parallel zu einer Steuerschaltung 122 geschaltet, die verschiedene Steuerungen ausführt, und liegt an einem Zeitzähler 123, an einer Kommunikationsschaltung 124 zur Ausführung einer Nachrichtenverbindung nach aussen, an einer Anzeige 125 für die verschiedensten Informationen und an einer Spannungsprüfschaltung 126 zur Überwachung der Spannungen der einzelnen Funktionsgruppen. Weiterhin wird Energie von der Energiequelle 121 an die einzelnen Funktionsschaltungen weitergeleitet.

[0172] Die Steuerschaltung 122 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 122 einen Festwertspeicher ROM auf, der vorgängig mit Programmen versehen wurde, sowie eine Zentraleinheit CPU zum Auslesen und zur Ausführung der im Festwertspeicher ROM befindlichen Programme und auch einen flüchtigen Speicher RAM oder eine ähnliche Vorrichtung zur Zusammenarbeit mit der Zentraleinheit CPU.

[0173] Der Zeitzähler 123 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 Schwingungskörper 2 in Schwingungen, und die Vibration wird in einem piezoelektrischen Element, beispielsweise einem Quarz, in ein elektrisches Signal umgewandelt. Das auf diese Weise erhaltene elektrische Signal wird in die Oszillatorschaltung eingespeist. Ein Ausgang der Oszillatorschaltung wird durch die Registerschaltung in Binärdaten umgewandelt, und diese werden gezählt. Weiterhin wird ein Signal über Schnittstellenschaltungen in die Steuerschaltung 122 eingeleitet und von dieser ausgegeben, und die Uhrzeit, das Datum und andere Zeitinformationen werden auf der Anzeige 125 dargestellt.

[0174] Der Kommunikationsteil 124 weist Funktionen auf, die denjenigen bekannter Mobiltelefone ähnlich sind und enthält eine drahtlose Schaltung (Funkschaltung) 127, eine Sprachverarbeitungsschaltung 128, eine Verbindungsschaltung 129, einen Verstärker 130, eine Schaltung zur Eingabe und zur Ausgabe von Sprache 131, eine Schaltung zur Eingabe einer Telefonnummer 132, einen Tongenerator 133 sowie eine Anrufspeicherschaltung 134.

[0175] Die drahtlose Steuerschaltung 127 empfängt oder sendet über eine Antenne 135 verschiedene Daten, beispielsweise Sprachdaten, im Austausch mit einer Basisstation. In der Sprachverarbeitungsschaltung 128 wird ein Sprachsignal kodiert und dekodiert, welches von der Funkschaltung 127 oder vom Verstärker 130 kommt. Der Verstärker 130 verstärkt ein Signal der Sprachverarbeitungsschaltung 128 oder der Schaltung 131 zur Aufnahme und Ausgabe von Sprache auf ein vorbestimmtes Niveau. Die Schaltung zur Aufnahme und Ausgabe von Sprache 131 besteht aus einem Lautsprecher, einem Mikrophon oder ähnlichen Elementen zur hörbaren Ausgabe von Sprache oder zu deren Aufnahme.

[0176] Der Tongenerator 133 für eintreffenden Ton erzeugt den von der Basisstation ankommenden Anruf. Die Schaltungsgruppe 129 schaltet den Verstärker 130 lediglich dann auf die Sprachverarbeitungsschaltung 128 und die Tonerzeugungsschaltung 133 für ankommende Sprache, wenn ein Signal empfangen wird, und dann wird der Tongenerator 133 für Anrufe über den Verstärker 130 mit der Schaltung für Spracheingang und -ausgang 131 zusammengeschaltet.

[0177] Der Anrufspeicher 134 enthält ein Programm, welches über eine Steuerung ausgehender und ankommender Anrufe zur Kommunikation eingerichtet ist. Weiterhin enthält der Kommunikationsteil die Vorrichtung 132 zur Eingabe von Telefonnummern, nämlich Zifferntasten 0 bis 9, sowie andere Tasten, und eine Telefonnummer für eine Sprechverbindung oder andere Verbindungen wird durch Betätigung der Zifferntasten gewählt.

[0178] Wenn eine Spannung, die an den einzelnen Funktionsbereichen der Steuerschaltung 122, von der Energieversorgung 121 kommend, anliegt und dann unter einen vorbestimmten Wert fällt, ermittelt die Spannungsprüfschaltung 126 den Spannungsabfall und informiert die Steuerschaltung 122. In diesem Zusammenhang ist unter der vorbestimmten Spannung ein Wert zu verstehen, der zuvor als minimale Spannung für einen stabilen Betrieb der Kommunikationsschaltungen 124 anzusehen ist, wobei dieser Minimalwert beispielsweise etwa 3V ist. Die Steuerschaltung 122, die durch die Spannungsprüfschaltung 126 vom Spannungsabfall informiert wurde, sperrt nun den Betrieb der drahtlosen Schaltung 127, der Sprachverarbeitungsschaltung 128, der Schaltergruppe 129 und des Tongenerators 133. Insbesondere ist es unabdingbar, die Funkschaltung 127 abzuschalten, welche viel Strom verbraucht. Weiterhin wird in diesem Falle auf der Anzeige 125 eine Mitteilung angezeigt, dass die Kommunikationsschaltungen 124 wegen einer Störung der Batteriespannung ausser Betrieb gelangt sind.

[0179] Dabei wird der Betrieb der Kommunikationsschaltungen 124 unterbrochen, und die Mitteilung dieser Unterbrechung kann auf der Anzeige 125 durch die Spannungsprüfschaltung 126 und die Steuerschaltung 122 ausgegeben werden. Obschon die Nachricht mit Worten angezeigt werden kann, ist es möglich, oben am Anzeigeschirm 125 eine Prüfmarkierung (ein «x») zusammen mit einem Telefon-Ikon als zusätzliche, sofort verständliche Information erscheinen zu lassen.

[0180] Wenn eine Schaltung 136 vorgesehen wird, die in der Lage ist, die Stromversorgung von bestimmten Schaltungen der Schaltungsgruppe 124 selektiv für die Kommunikation abzuschalten, kann die Funktion der Kommunikationsgruppe 124 zuverlässig angehalten werden.

[0181] Wie oben beschrieben wurde, wird für das mobile Informationsgerät 120 der betreffenden Ausführungsform ein hochqualitativer und preisgünstiger piezoelektrischer Schwingungserzeuger 1 zur Verfügung gestellt, und dadurch kann auch das mobile Informationsgerät 120 als solches mit hoher Qualität und zu niedrigen Kosten erstellt werden.

[0182] Als Nächstes soll eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen Funkuhr unter Bezugnahme auf Fig. 27 vorgestellt werden.

[0183] Wie in Fig. 27 gezeigt ist, enthält eine Funkuhr 140 dieser Ausführungsform einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger 1, der elektrisch mit einer Filterschaltung 141 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.

[0184] 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.

[0185] Ein funktioneller Aufbau der Funkuhr 140 soll nun in Einzelheiten erläutert werden.

[0186] Eine Antenne 142 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 Waferträgerwelle mit einer Frequenz von 40 kHz oder 60 kHz. Das empfangene Standard-Funksignal wird im Verstärker 143 verstärkt und gefiltert und in der Filterschaltung 141 abgeglichen, welche mehrere piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 enthält.

[0187] Der piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 gemäss der vorliegenden Erfindung weist jeweils Quarz-Schwingungserzeuger 148, 149 mit Resonanzfrequenzen von 40 kHz und 60 kHz, d.h. die gleichen Frequenzen, wie die Waferträgerfrequenzen, auf.

[0188] Sodann wird das gefilterte Signal mit der vorbestimmten Frequenz ermittelt und in einer Schaltung 144 gleichgerichtet und decodiert. Anschliessend wird dem Signal in einer Wellenformschaltung 145 ein Zeitcode entnommen und in der Zentraleinheit (CPU) 146 gezählt. Die Zentraleinheit CPU 146 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 147 übermittelt, und eine genaue Zeitinformation wird angezeigt.

[0189] 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 148 und 149 zu verwenden.

[0190] 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 140 in anderen Ländern funktionieren soll, muss also ein piezoelektrischer Schwingungserzeuger 1 eingebaut werden, dessen Resonanzfrequenz von derjenigen der japanischen Funkuhr abweichen kann.

[0191] Bei der eben beschriebenen Ausführungsform einer Funkuhr 140 ist in dieser der erfindungsgemässe piezoelektrische Schwingungserzeuger 1 eingebaut, der hochqualitativ und mit niedrigen Kosten hergestellt werden kann, und daher besitzt die entsprechende Funkuhr 140 ebenfalls eine hochqualitative Ausstattung und kann mit geringeren Kosten erzeugt werden.

Patentansprüche

1. Wafer in Form einer eckigen Schleifplatte, der als Ausgangsmaterial für einen piezoelektrischen Schwingungserzeuger eingesetzt wird;
bei dem alle Eckbereiche der eckigen Schleifplatte durch gekrümmte Flächen abgerundet sind, indem Abschrägungen in Form von Krümmungen angebracht wurden, wobei die abgerundeten Eckbereiche mindestens eine erste gekrümmte Fläche und eine zweite gekrümmte Fläche aufweisen, und wobei die Krümmungen gleich oder unterschiedlich gross sind; und
worin eine Bezugsfläche der Kristallorientierung des Ausgangsmaterials durch den ersten gekrümmten Flächenbereich oder den zweiten gekrümmten Flächenbereich spezifiziert ist.
2. Wafer nach Anspruch 1, der im wesentlichen eine rechteckige Form aufweist, wobei zwei aufeinander folgende Eckbereiche die ersten gekrümmten Flächenbereiche und die beiden anderen Eckbereiche die zweiten gekrümmten Flächenbereiche darstellen, und
worin die Bezugsfläche der Kristallorientierung des Ausgangsmaterials mit der Fläche zwischen den beiden ersten gekrümmten Flächenbereichen oder mit einer Endfläche zwischen den beiden zweiten gekrümmten Flächenbereichen zusammenfällt.
3. Vorrichtung zum Polieren der beiden Hauptflächen des Wafers nach Anspruch 1 oder 2, welche eine Zufuhr einer Polierflüssigkeit zwecks Einstellung der Dicke des Wafers auf einen vorbestimmten Wert ermöglicht, wobei die Vorrichtung folgende Bestandteile enthält:
einen Waferträger in Form einer kreisförmigen Schleifplatte, deren Aussenumfang eine Verzahnung trägt und welche mit einer Einsatzöffnung zur Aufnahme des Wafers versehen ist;
ein Planetengetriebe, das mit der Verzahnung des Waferträgers kämmt und den Waferträger einerseits auf einer Kreisbahn um die Mittelachse des Getriebes führt und ihn andererseits in Rotation versetzt;
eine obere und eine untere Schleifplatte in Kreisform mit einem offenen Zentrum, die an der Oberseite bzw. der Unterseite des Waferträgers angeordnet sind und den Wafer zwischen sich einklemmen und eine vorbestimmte Kraft auf den Wafer ausüben, der sich in der Einsatzöffnung des Waferträgers befindet; und
Mittel zur Zufuhr einer Polierflüssigkeit, welche die Polierflüssigkeit zwischen die obere und die untere Schleifplatte bringen;
wobei die Einsatzöffnung im Waferträger kreisförmig ausgestaltet ist und die Krümmung der kreisförmigen Öffnung gleich oder kleiner als die kleinste Krümmung der abgerundeten Eckbereiche des Wafers ist.
4. Vorrichtung zum Polieren des Wafers nach Anspruch 3, bei der die Krümmung der kreisförmigen Einsatzöffnung des Waferträgers gleich oder bis zu 100% kleiner als die kleinste Krümmung der abgerundeten Eckbereiche des Wafers und gleich oder bis zu 90% grösser als die kleinste Krümmung ist.

5. Verfahren zum Polieren eines Wafers, bei dem die Dicke des Wafers durch Läppen und Polieren auf einen vorbestimmten Wert gebracht wird, indem beide Hauptflächen des Wafers nach Anspruch 1 oder 2 poliert werden, wobei eine Polierflüssigkeit durch Flüssigkeits-Zufuhrmittel einer Wafer-Poliervorrichtung in Berührung mit dem Wafer gebracht wird, und wobei die Poliervorrichtung weiterhin (a) einen Waferträger in Form einer kreisförmigen Schleifplatte aufweist, deren Umfang verzahnt ist und deren Mittelbereich eine Einsatzöffnung zur Aufnahme des Wafers aufweist, (b) ein Planetengetriebe, das mit der äusseren Verzahnung des Waferträgers kämmt, um den Waferträger zur Bewegung in einer Kreisbahn um die Mittelachse des Getriebes zu veranlassen und ihn ausserdem in Rotation zu versetzen, (c) eine obere Schleifplatte und eine untere Schleifplatte, die kreisförmig mit einem hohlen Mittelbereich ausgebildet sind und oberhalb bzw. unterhalb des Waferträgers angeordnet sind, um beide Flächen des Wafers zwischen sich einzuschliessen und dabei eine vorbestimmte Kraft auf den in der Einsatzöffnung befindlichen Wafer auszuüben, und (d) Mittel zur Zufuhr von Polierflüssigkeit zwischen die obere und die untere Schleifplatte; wobei die Einsatzöffnung im Waferträger kreisförmig ausgestaltet ist und die Krümmung der kreisförmigen Öffnung gleich oder kleiner als die kleinste Krümmung der abgerundeten Eckbereiche des Wafers ist.
6. Verfahren zum Polieren des Wafers nach Anspruch 5, bei dem die Krümmung der kreisförmigen Einsatzöffnung des Waferträgers gleich oder bis zu 100% kleiner als die kleinste Krümmung der abgerundeten Eckbereiche des Wafers und gleich oder bis zu 90% grösser als die kleinste Krümmung dieser Eckbereiche ist.
7. Verfahren zur Serienherstellung von piezoelektrischen Schwingungserzeugern unter Verwendung eines Wafers, der nach dem Polierverfahren gemäss Anspruch 5 oder 6 poliert wurde, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
Bildung der äusseren Umrisse sämtlicher auf dem Wafer herzustellender piezoelektrischer Schwingungskörper durch mustergemässes Ätzen des polierten Wafers unter Anwendung einer photolithographischen Technologie;
Ausbildung von Elektroden, nämlich einer Erregerelektrode zur Erzeugung von Schwingungen des piezoelektrischen Schwingungskörpers, wenn eine vorbestimmte Spannung an die Elektrode angelegt wird, und einer Anschluss-elektrode, die elektrisch über eine Rückführungselektrode mit der Erregerelektrode verbunden ist, durch mustergemässes Aufbringen eines Elektrodenfilms auf die Aussenfläche sämtlicher piezoelektrischer Schwingungskörper;
Vereinzeln der piezoelektrischen Schwingungskörper durch Auftrennen eines Verbindungsteils auf dem Wafer;
Anschliessen der Anschluss-elektrode der abgetrennten piezoelektrischen Schwingungskörper an die eine Endseite eines äusseren Anschlusses, dessen andere Endseite nach dem Auftrennen elektrisch mit der Aussenseite verbunden ist; und
luftdichtes Versiegeln des piezoelektrischen Schwingungskörpers in einem Gehäuse mittels eines Versiegelungsmittels nach dem vorhergehenden Verfahrensschritt des Anschliessens der Elektroden.
8. Piezoelektrischer Schwingungserzeuger, erhalten nach dem Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Schwingungserzeugers nach Anspruch 7.
9. Oszillator, enthaltend den piezoelektrischen Schwingungserzeuger nach Anspruch 8, der mit einer integrierten Schaltung als Schwingkreis elektrisch verbunden ist.
10. Elektronisches Gerät, enthaltend den piezoelektrischen Schwingungserzeuger nach Anspruch 8, der mit einer Zeit-zählschaltung elektrisch verbunden ist.
11. Funkuhr, enthaltend den piezoelektrischen Schwingungserzeuger nach Anspruch 8, der mit einem Filterglied elektrisch verbunden ist.

FIG. 1

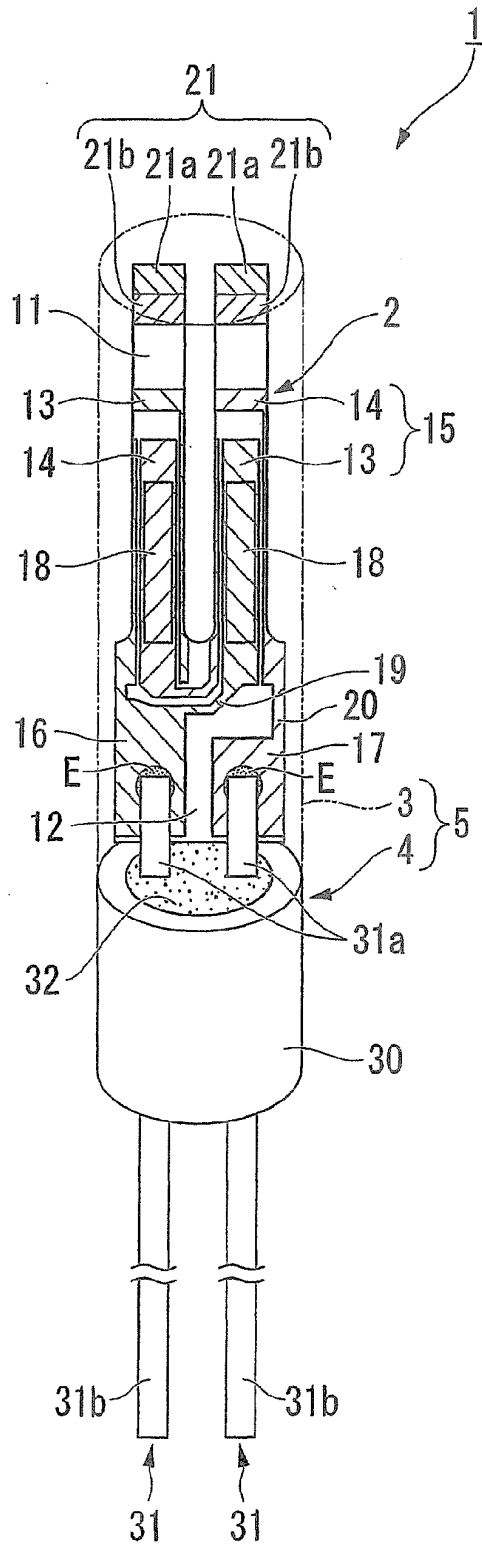


FIG. 2

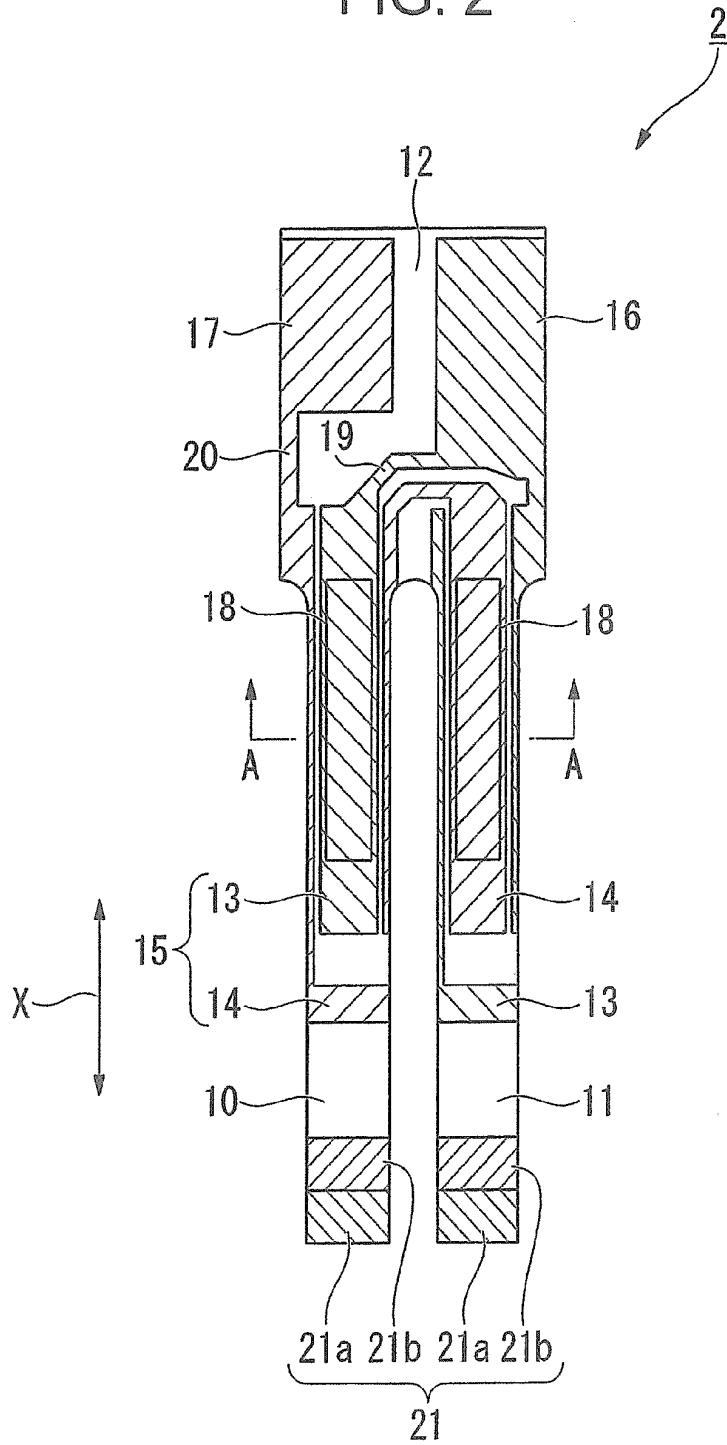


FIG. 3

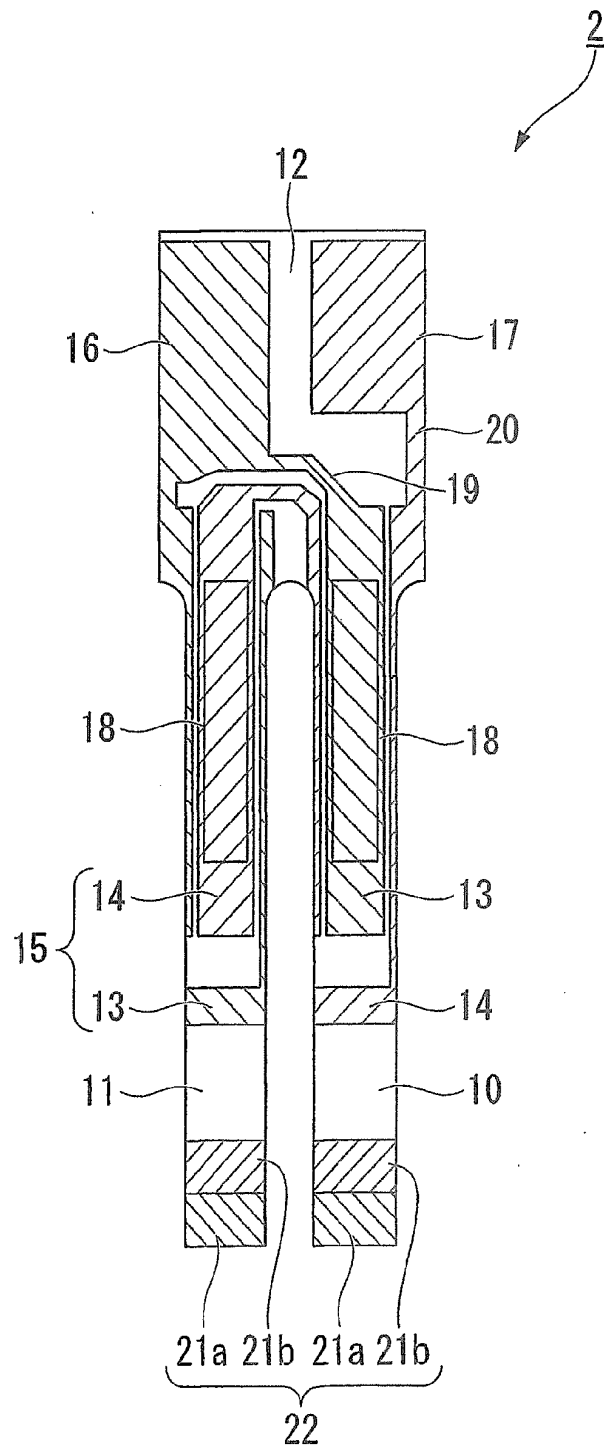


FIG. 3A

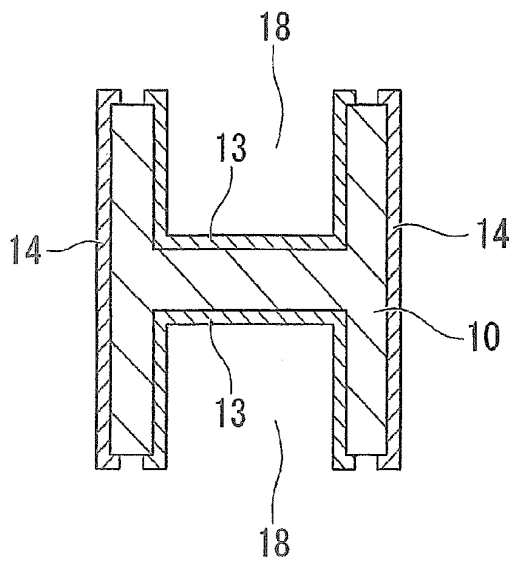


FIG. 3B

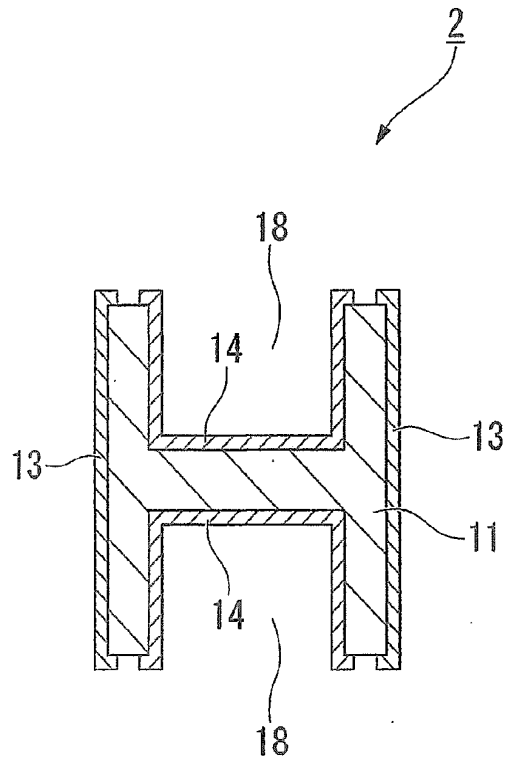


FIG. 4A

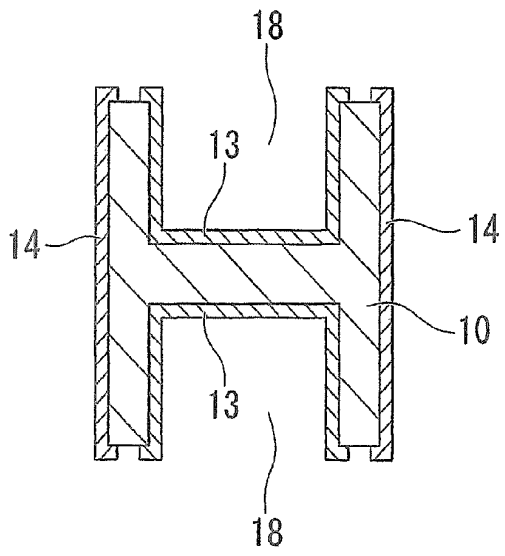


FIG. 4B

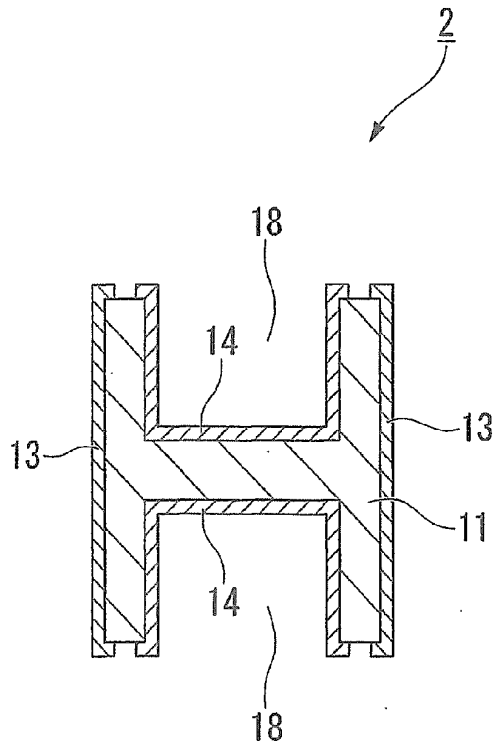


FIG. 5

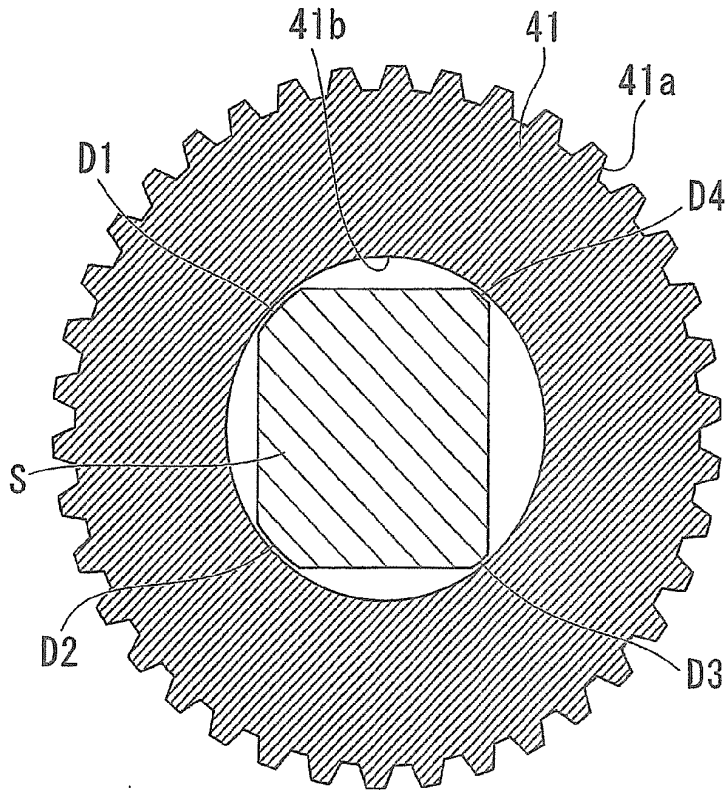


FIG. 6

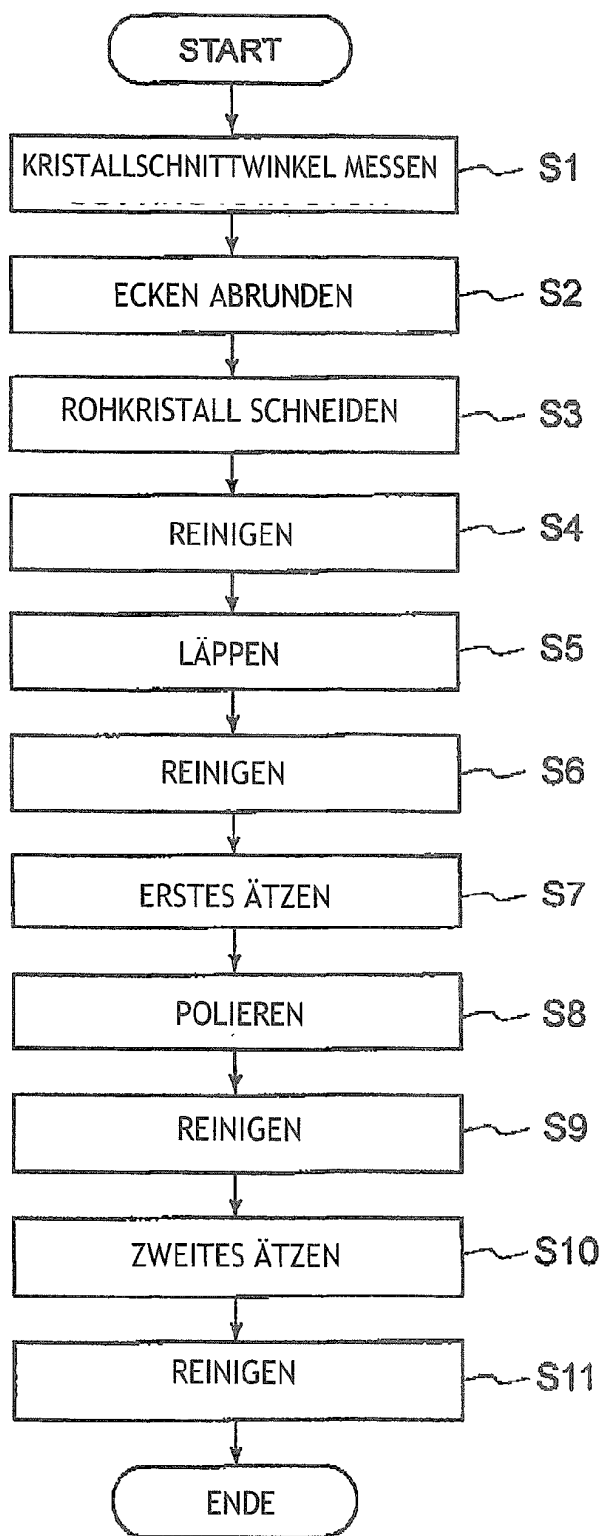


FIG. 8

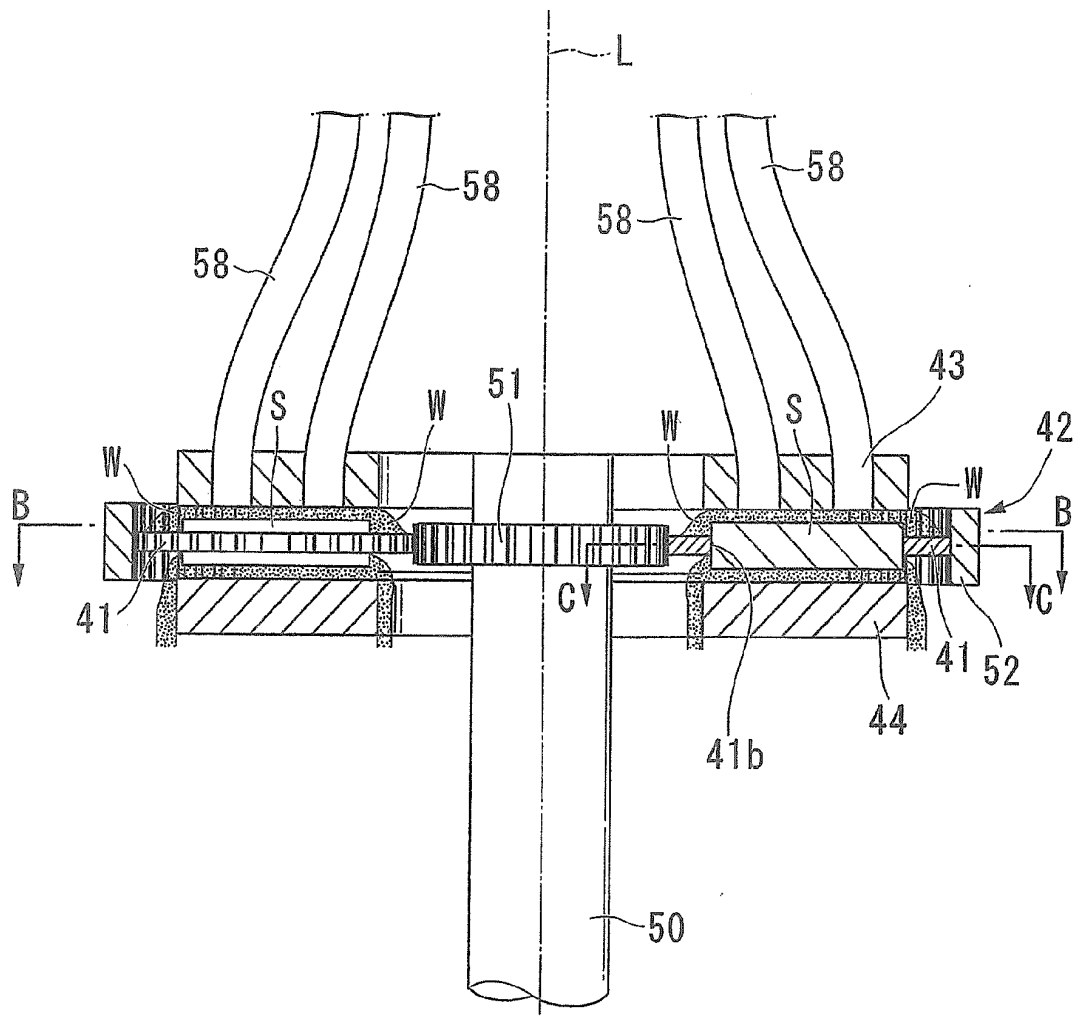


FIG. 9

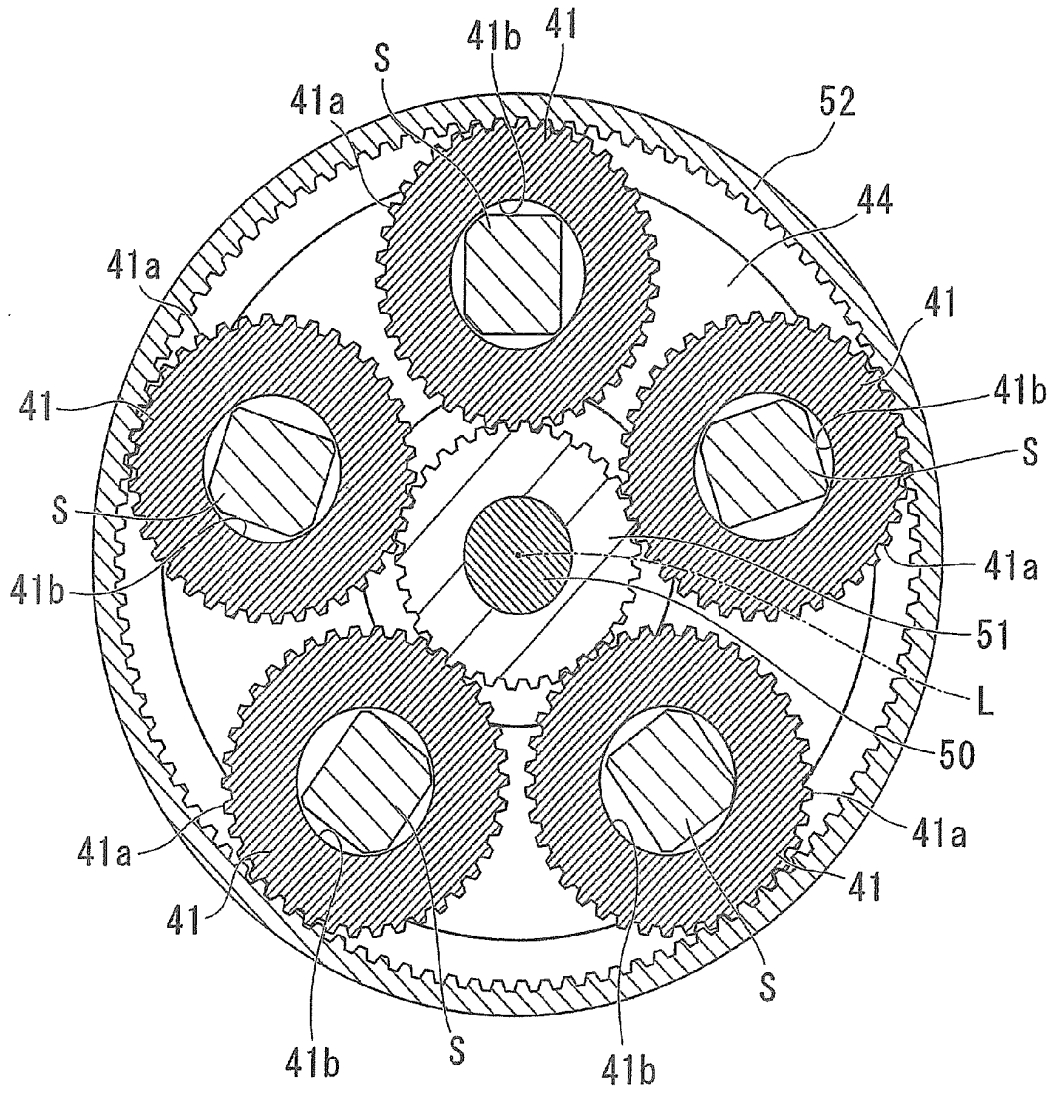


FIG. 10

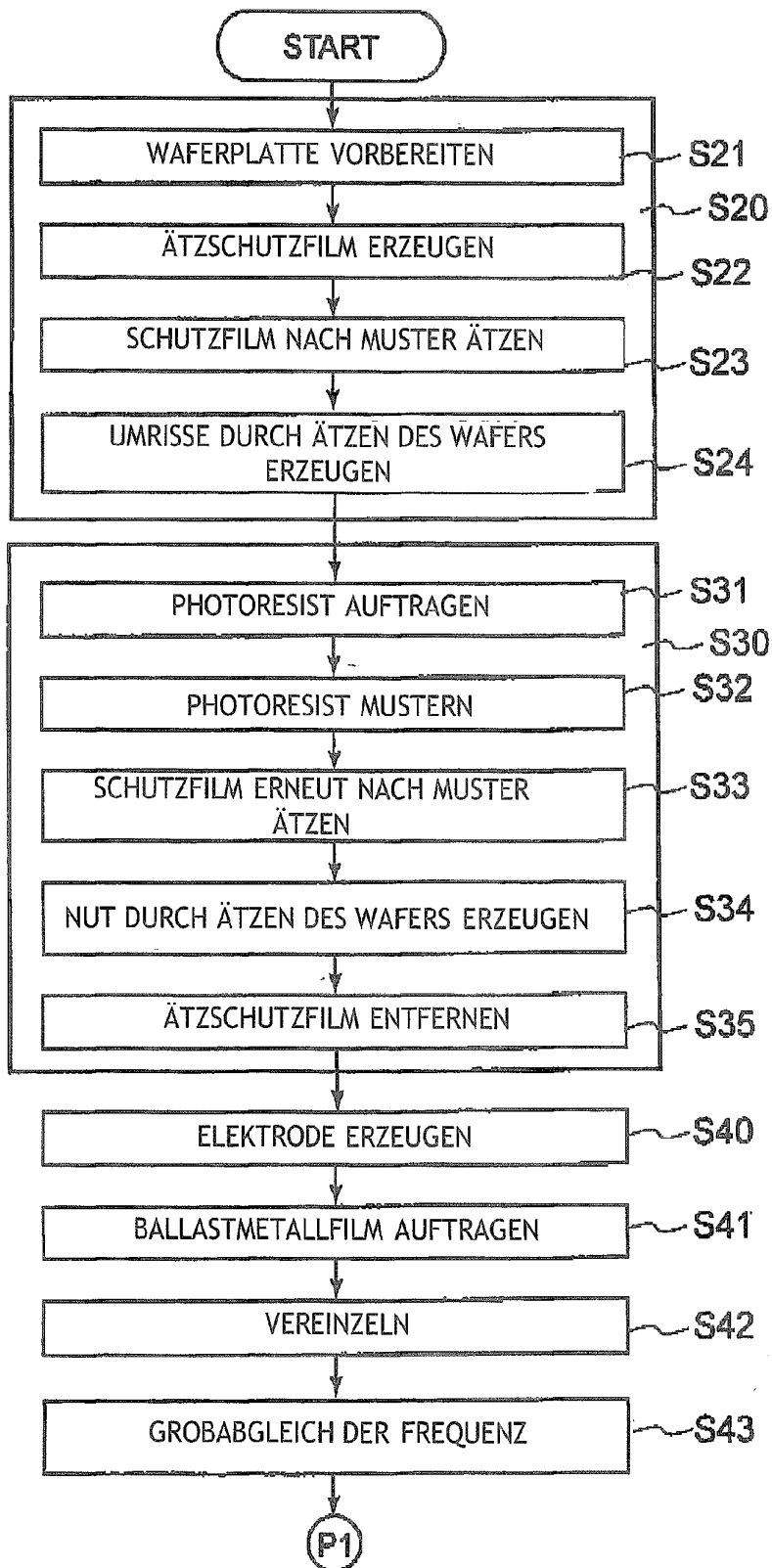


FIG. 11

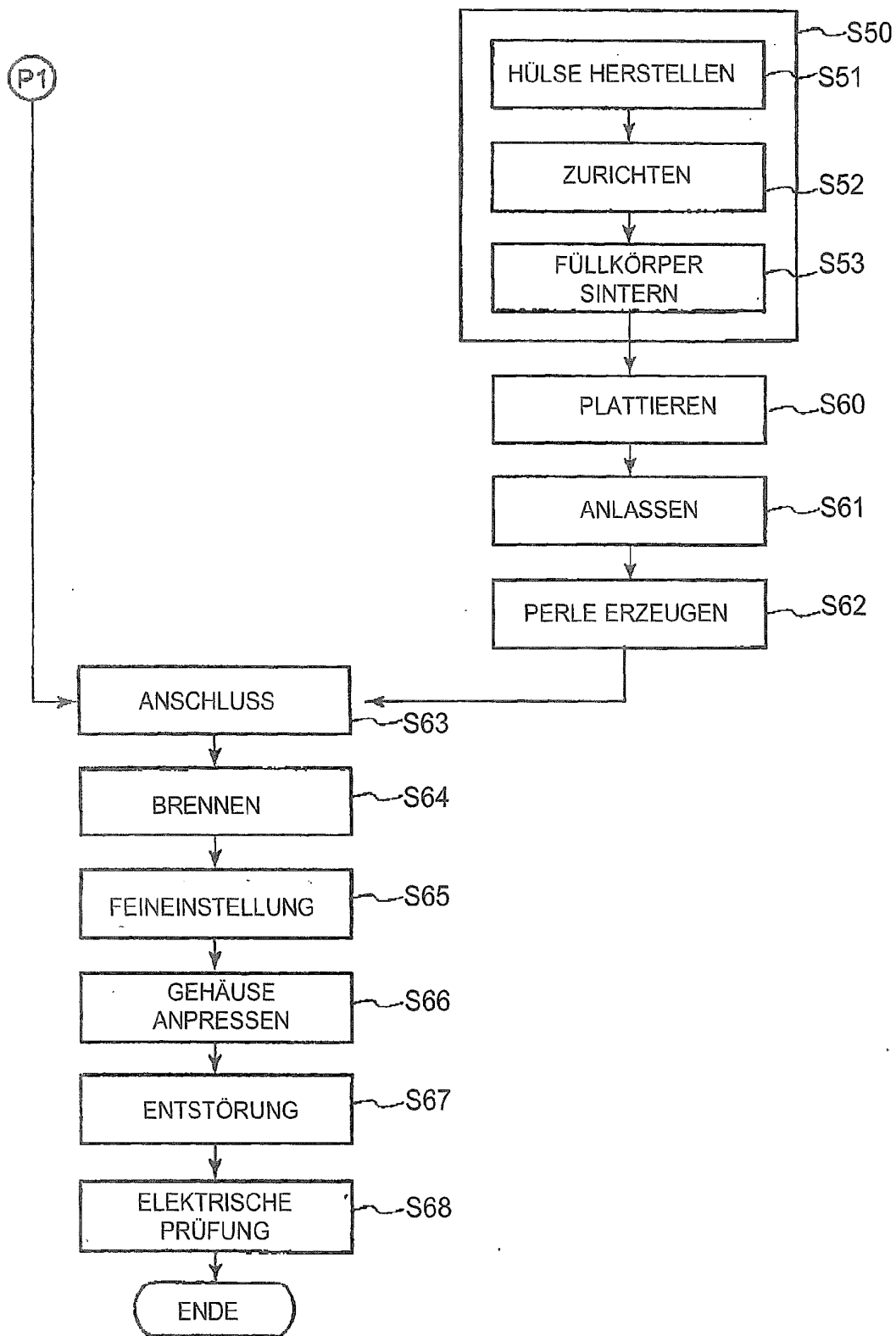


FIG. 12

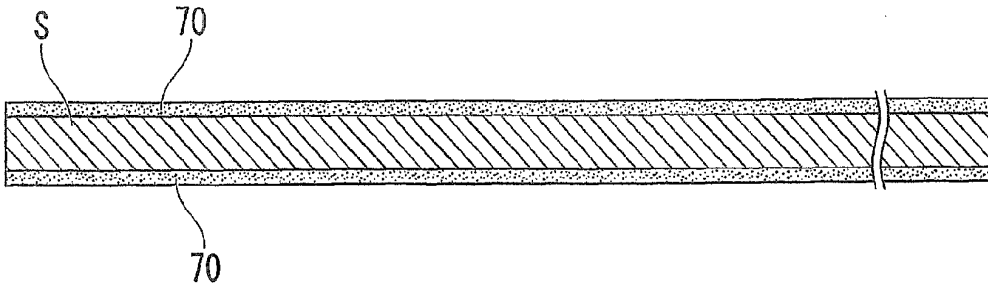


FIG. 13

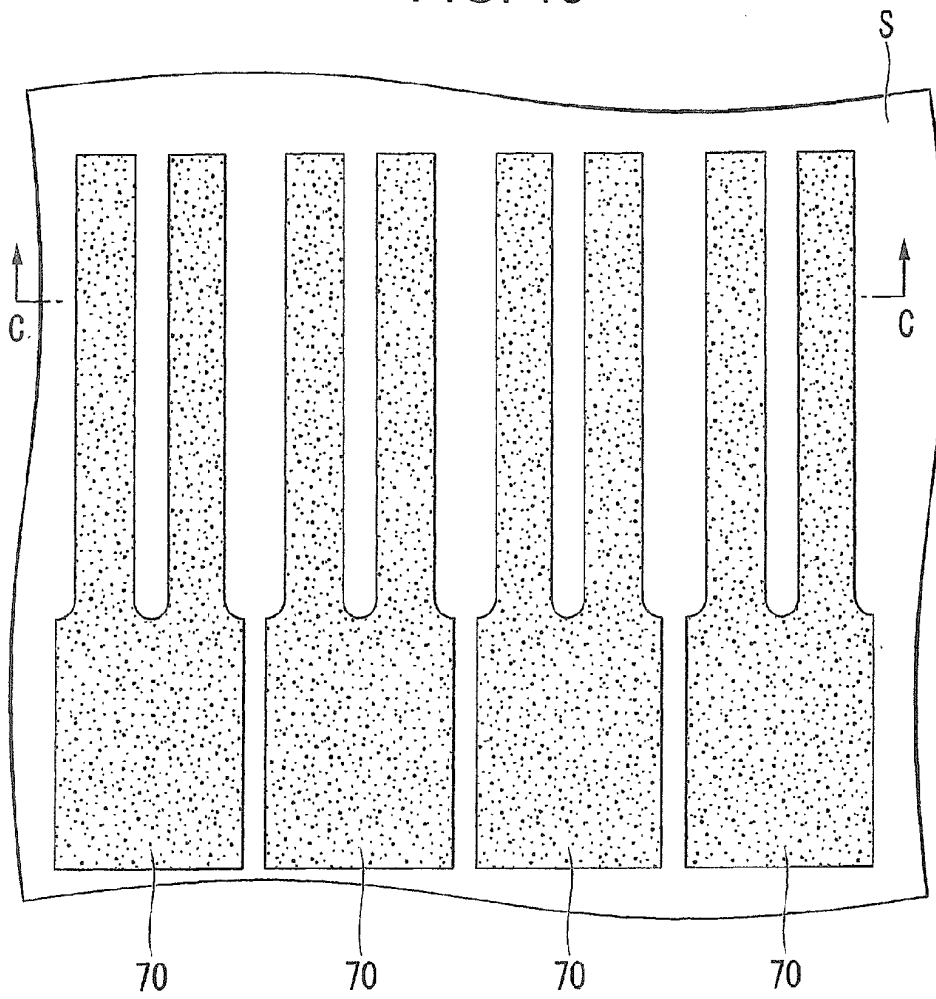


FIG. 14

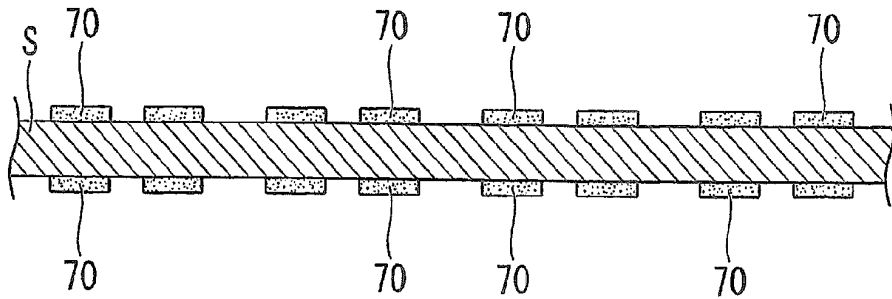


FIG. 15

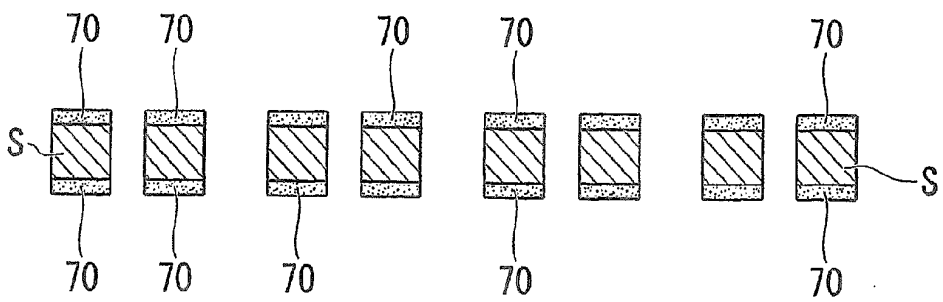


FIG. 16

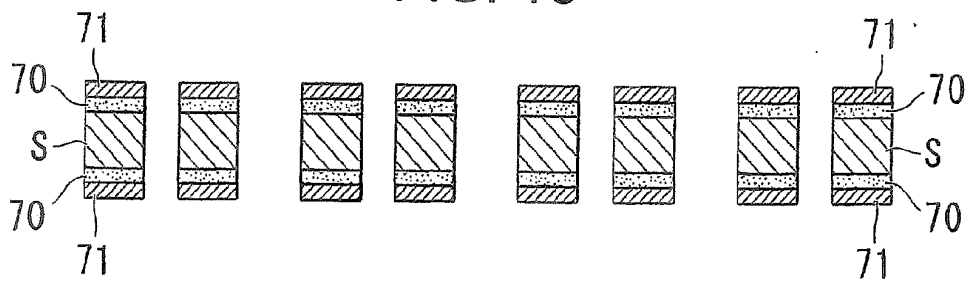


FIG. 17

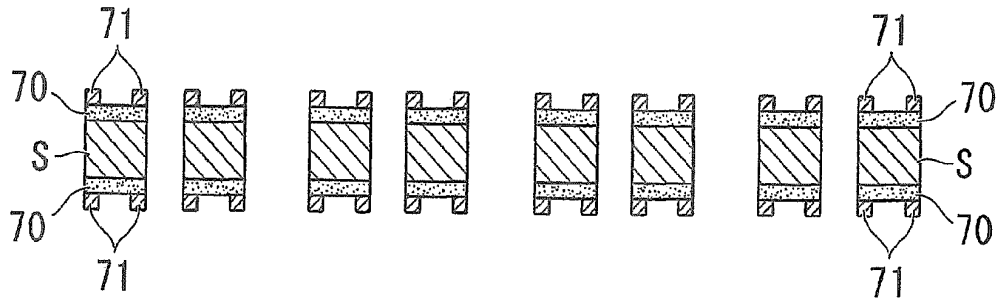


FIG. 18

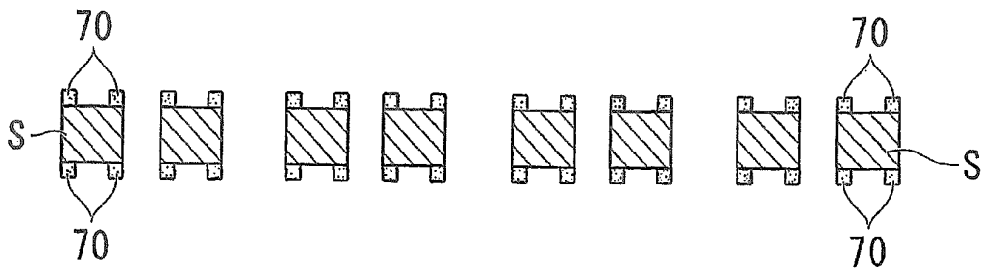


FIG. 19

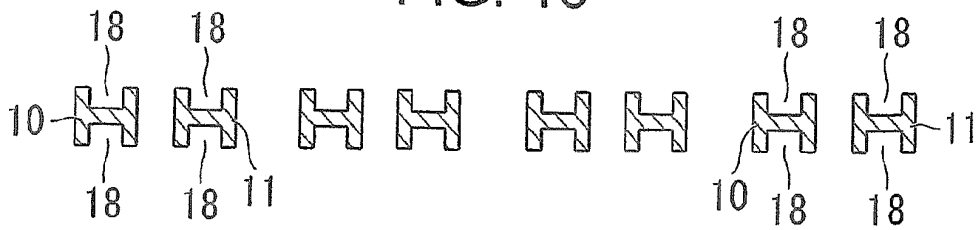


FIG. 20

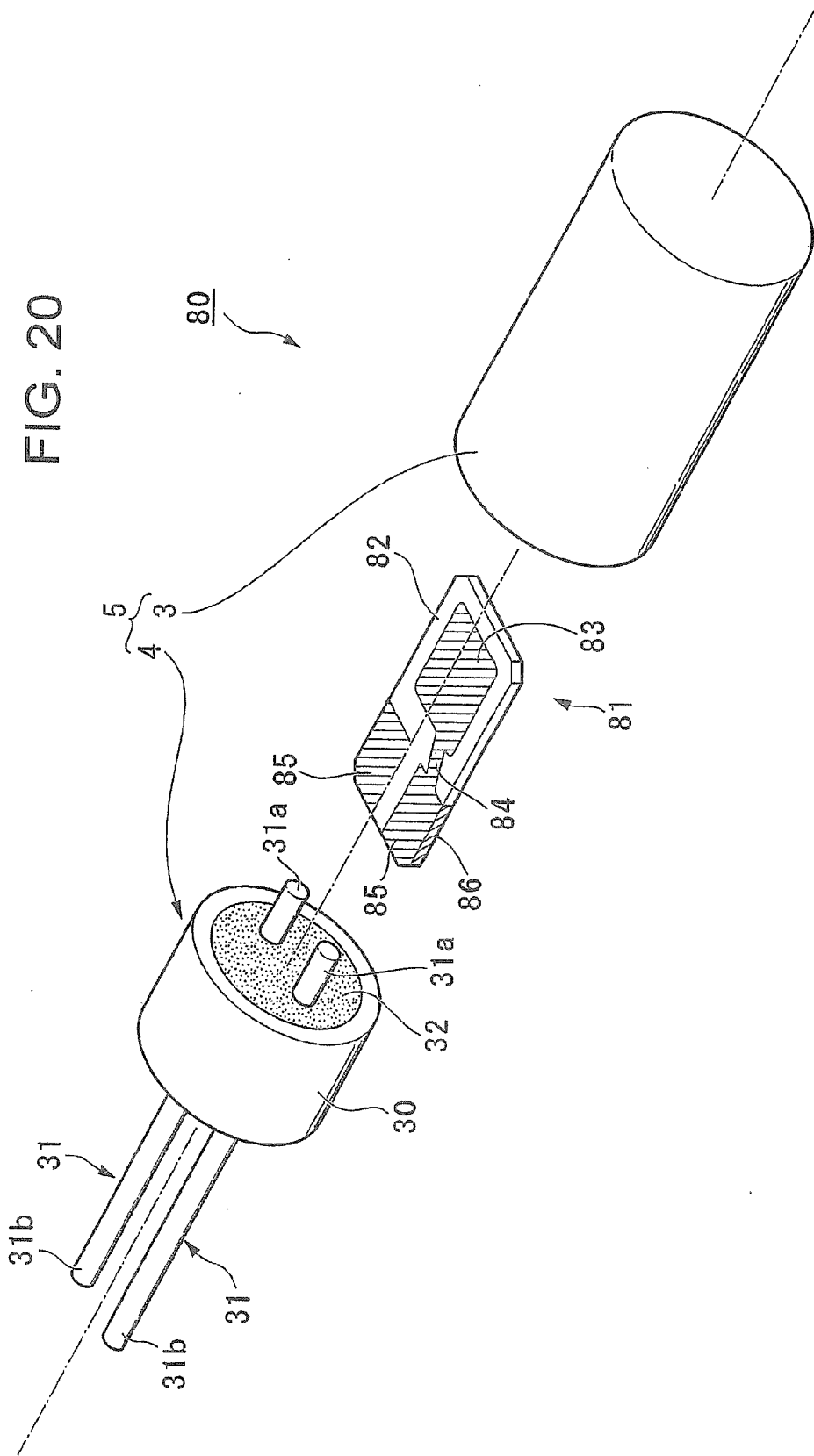


FIG. 21

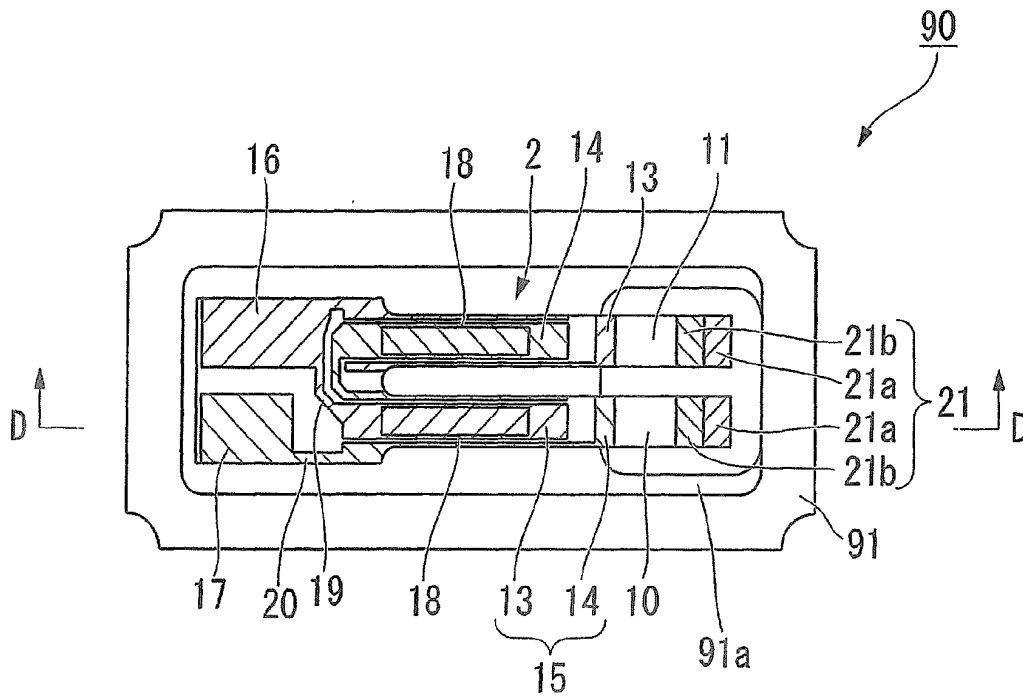


FIG. 22

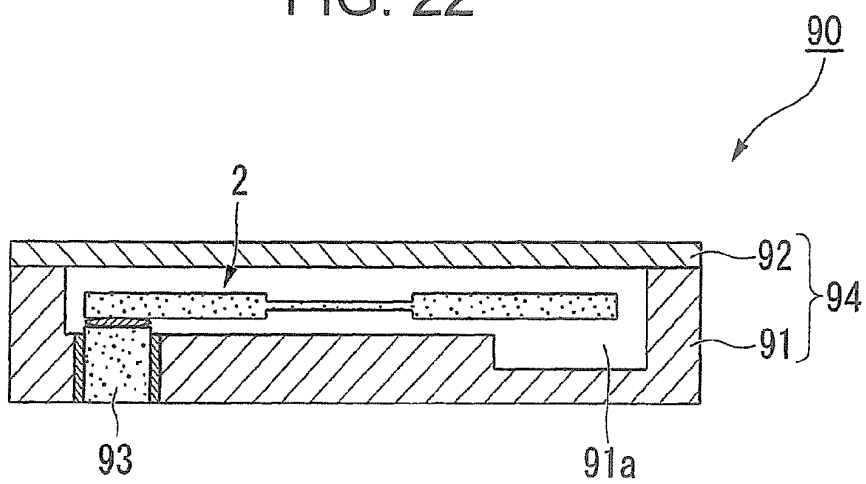


FIG. 23

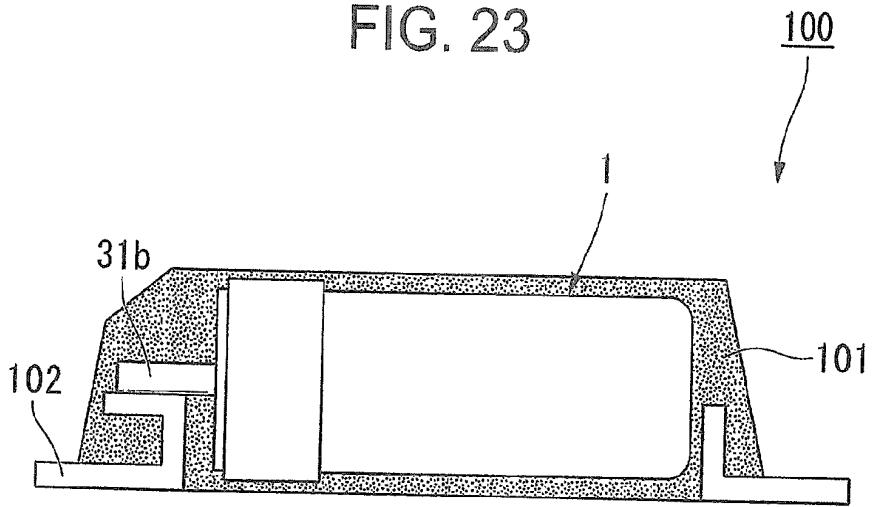


FIG. 24

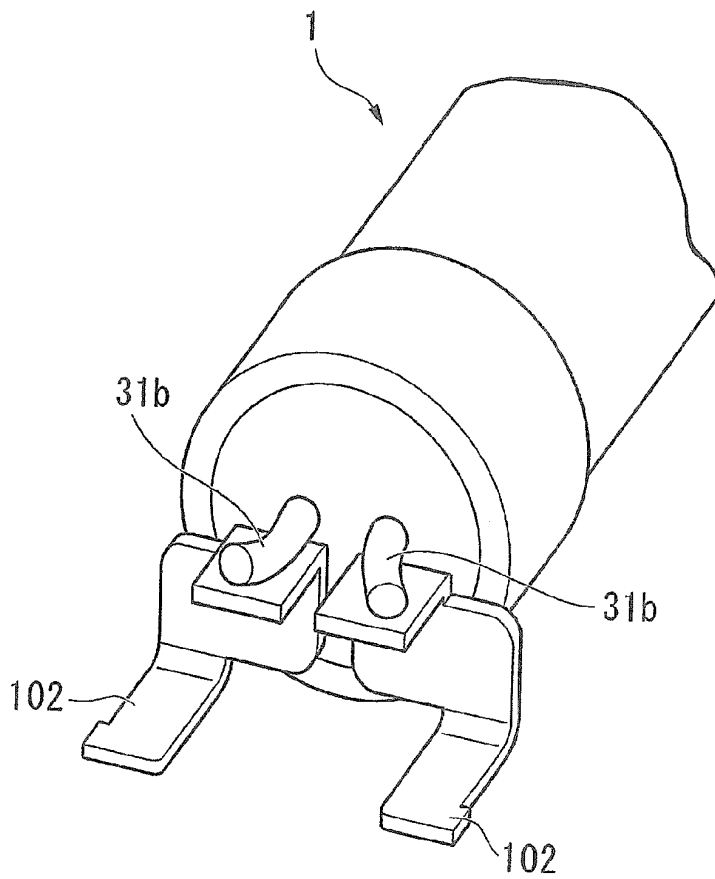


FIG. 25

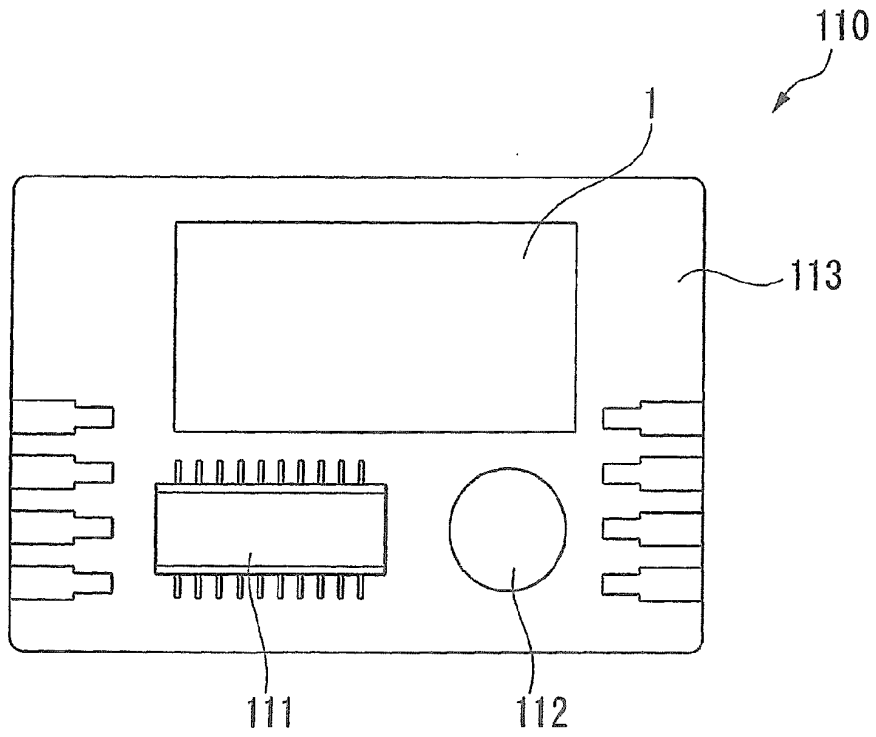


FIG. 26

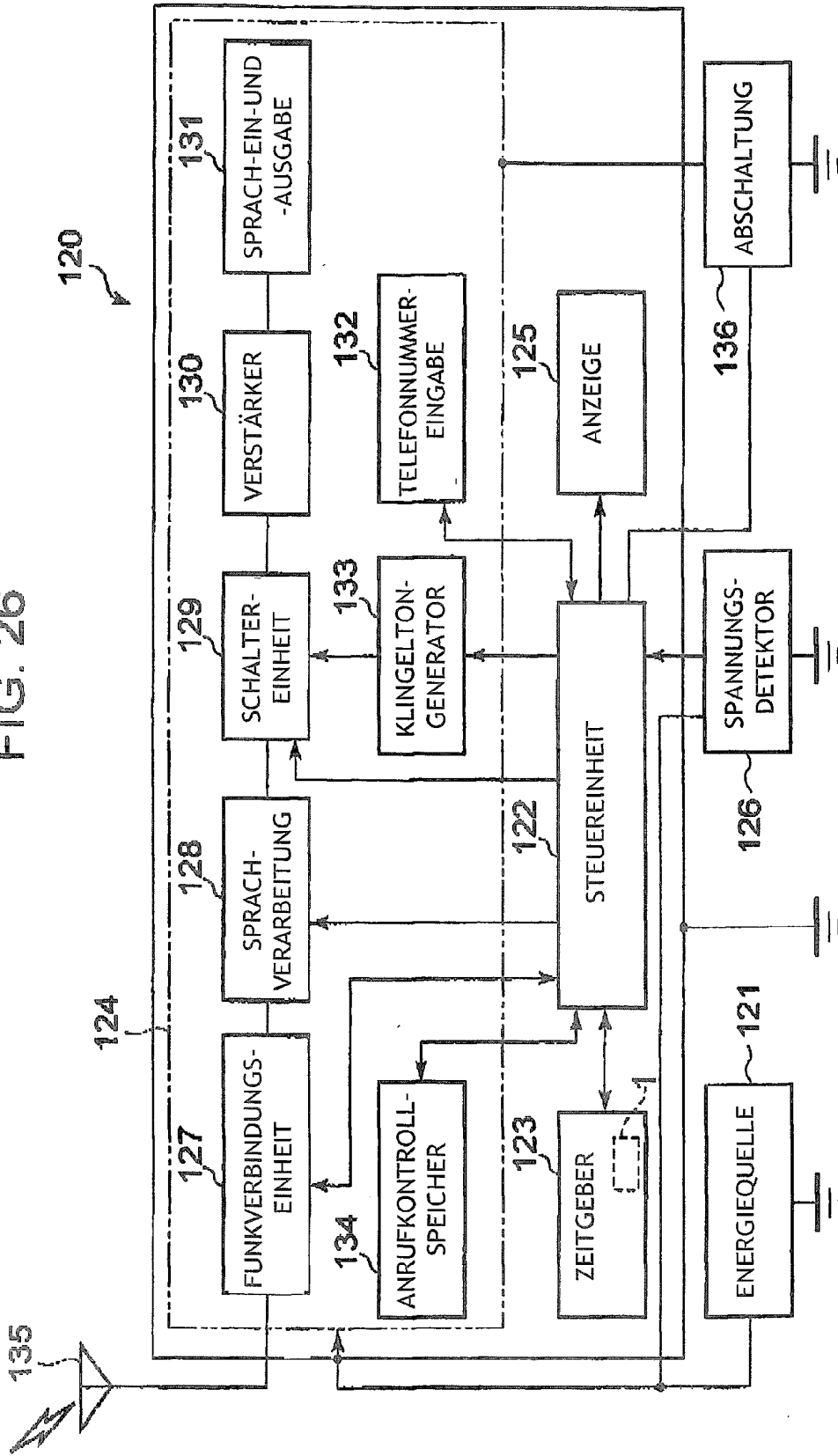


FIG. 27

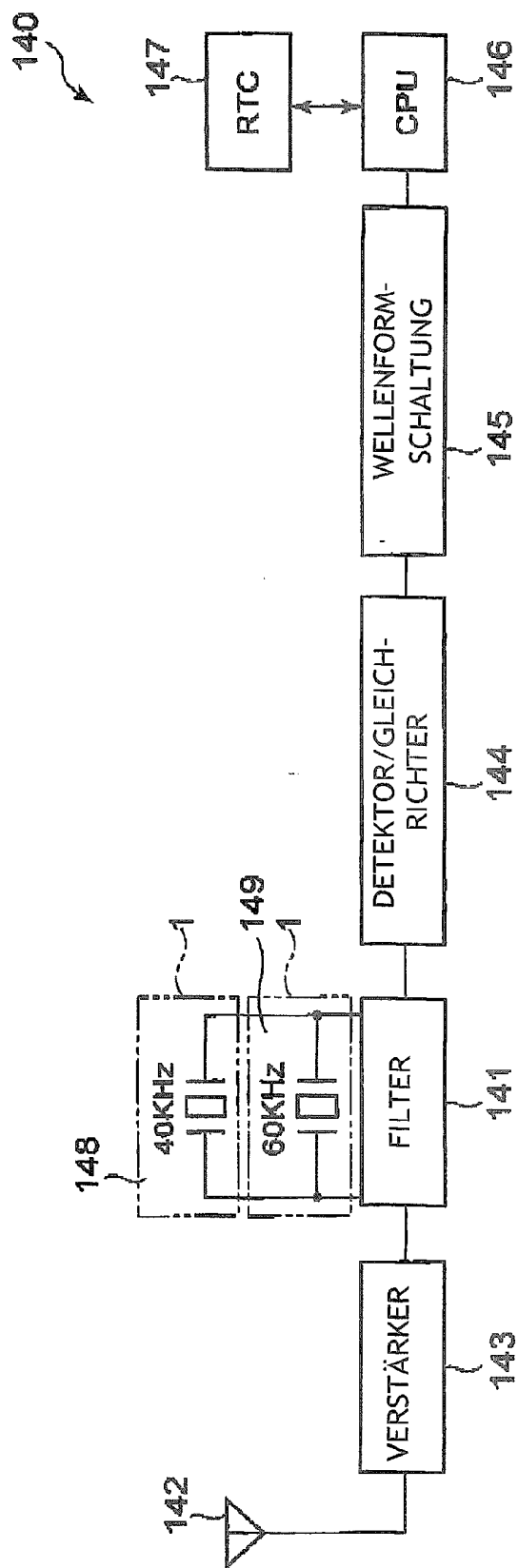


FIG. 28

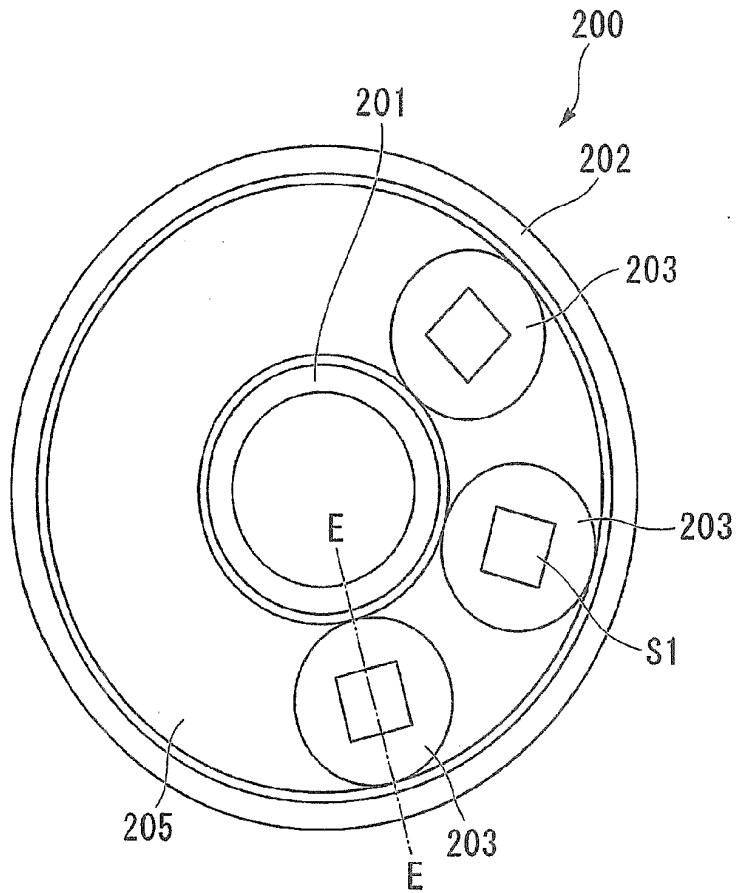


FIG. 29

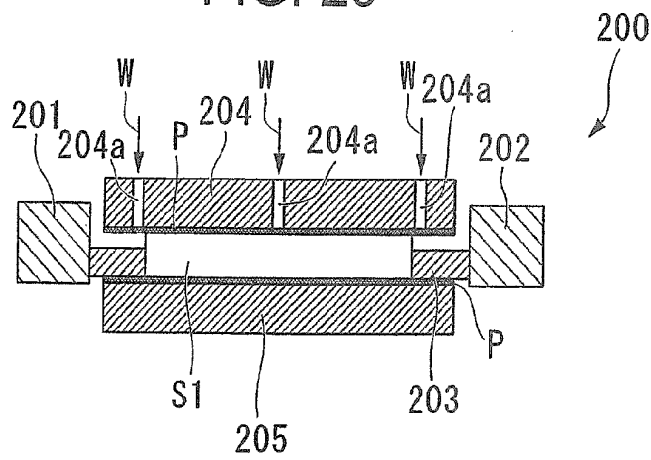


FIG. 30

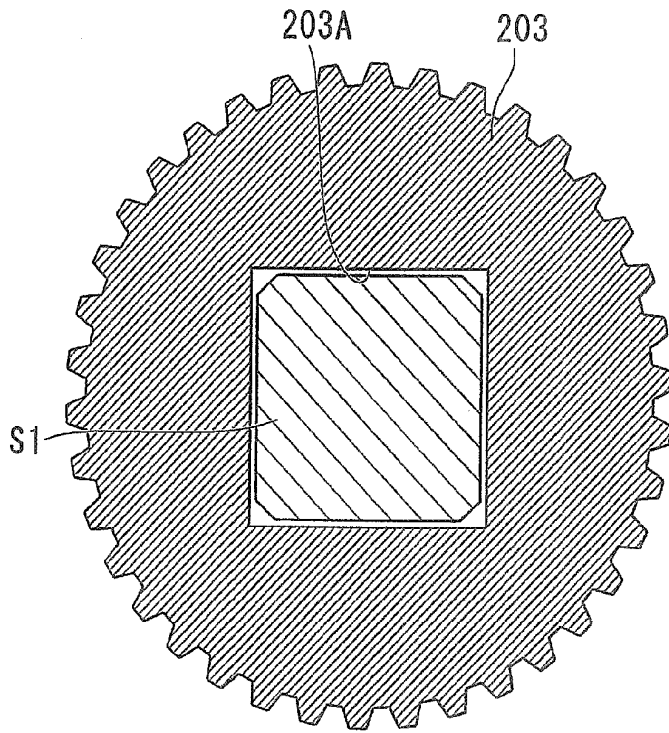


FIG. 31

