

19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

51 Int. Cl.<sup>2</sup>: G 04 C 5/00  
//  
G 04 F 5/06

12 **AUSLEGESCHRIFT** A3

11 **607 874 G**

- 21 Gesuchsnummer: 8668/75  
61 Zusatz von:  
62 Teilgesuch von:  
22 Anmeldungsdatum: 03. 07. 1975  
30 Priorität: Japan, 05. 07. 1974 (49-78680)

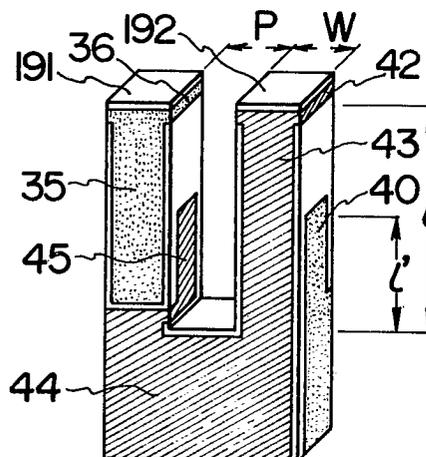
- 42 Gesuch bekanntgemacht: }  
44 Auslegeschrift veröffentlicht: } 15. 12. 1978

- 71 Patentbewerber: Motoyasu Hanji, Tokyo (Japan)  
74 Vertreter: Prof. Konst. Katzarov S.A., Genf  
72 Erfinder: Motoyasu Hanji, Tokyo (Japan)

- 56 Recherchenbericht siehe Rückseite

54 **Piezoelektrischer Stimmablschwinger**

57 Das Problem des unerwünschten Auftretens von Oberschwingungen und einer Erhöhung der Serieresonanz-Impedanz für die Grundschiwingung kleiner Resonatoren mit oberflächlich angebrachten Elektroden wird dadurch überwunden, dass jeder Schenkel mindestens eine Elektrode (40, 45) aufweist, deren Länge (1') zwischen 0,3- und 0,5mal die Länge (1) des Schenkels beträgt.





**RAPPORT DE RECHERCHE**  
**RECHERCHENBERICHT**

Demande de brevet No.:  
Patentgesuch Nr.:

8668/75

I.I.B. Nr.: HO 12 197

Documents considérés comme pertinents Einschlägige Dokumente		
Catégorie Kategorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes. Kennzeichnung des Dokuments, mit Angabe, soweit erforderlich, der massgeblichen Teile	Revendications con- cernées Betrifft Anspruch Nr.
P	FR - A - 2 228 322 (SUWA SEIKOSHA)  * Figur 7a, 7b; Seite 7, Zeilen 25-40 *	I
A	GB - A - 972 700 (KINSEKISHA KENKYUJO)  * Fig. 3b, 3c, 3d, 6a, 6b und 7; Seite 2, Zeilen 54-82; Seite 3, Zeilen 20-34 *	I, 1, 2
Domaines techniques recherchés Recherchierte Sachgebiete (INT. CL.2)		
H 03 H 9/04 H 03 H 9/06 H 03 H 9/14 H 03 H 9/16 G 04 F 5/00		
Catégorie des documents cités Kategorie der genannten Dokumente: X: particulièrement pertinent von besonderer Bedeutung A: arrière-plan technologique technologischer Hintergrund O: divulgation non-écrite nichtschriftliche Offenbarung P: document intercalaire Zwischenliteratur T: théorie ou principe à la base de l'invention der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: demande faisant interférence kollidierende Anmeldung L: document cité pour d'autres raisons aus andern Gründen angeführtes Dokument &: membre de la même famille, document correspondant Mitglied der gleichen Patentfamilie; übereinstimmendes Dokument		
Etendue de la recherche/Umfang der Recherche		
Revendications ayant fait l'objet de recherches Recherchierte Patentansprüche: I und 1 - 3		
Revendications n'ayant pas fait l'objet de recherches Nicht recherchierte Patentansprüche: Raison: Grund:		
Date d'achèvement de la recherche./Abschlussdatum der Recherche		Examinateur I.I.B./I.I.B. Prüfer
15. März 1977		COPPIETERS

## PATENTANSPRÜCHE

1. Piezoelektrischer Stimmgabelschwinger, bestehend aus einem U-förmigen, vierkantigen Schwingkörper mit einem Basisteil, zwei Schenkeln und oberflächlich angebrachten Elektroden, dadurch gekennzeichnet, dass an jedem Schenkel mindestens eine Anregungselektrode angeordnet ist, die sich vom Basisteil des Schwingkörpers aus bis zu einer Distanz erstreckt, welche zwischen 0,3- und 0,5mal die Länge der Schenkel beträgt.

2. Piezoelektrischer Stimmgabelschwinger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jede Seitenfläche der beiden Schenkel eine solche Anregungselektrode aufweist.

3. Piezoelektrischer Stimmgabelschwinger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die vier in den beiden Hauptebenen des Schwingkörpers liegenden Seitenflächen der beiden Schenkel je mit zwei solchen Anregungselektroden versehen sind.

4. Piezoelektrischer Stimmgabelschwinger nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Schenkel zusätzlich eine alle vier Seitenflächen bedeckende, gemeinsame Elektrode enthält, welche am freien Ende des Schenkels in der Umgebung des einen Schwingungsknotens der zweiten Harmonischen angeordnet und mit einer der Anregungselektroden verbunden ist.

Die vorliegende Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Stimmgabelschwinger, bei dem unerwünschte Oberschwingungen während des Betriebes unterdrückt werden.

Stimmgabelschwinger aus einem piezoelektrischen Monokristall aus Materialien wie Quarz, Lithium-Tantalat, Lithium-Niobat oder aus polykristallinem Keramikmaterial wurden mit verschiedenen Elektroden-Anordnungen versehen, um einen gewünschten Biegeschwingungs-Modus, entsprechend dem Schnittwinkel und dem verwendeten Kristall, anzuregen.

Dem unter anderem in der GB-PS Nr. 972 700 und in der FR-Patentanmeldung Nr. 7 414 973 ausführlich beschriebenen Stand der Technik ist folgendes beizufügen:

In Fig. 1a und 1b der beiliegenden Zeichnungen, welche den Schwingkörper eines bekannten piezoelektrischen Stimmgabelschwingers zeigen, stellen die schraffierten Flächen Elektroden zur Anregung von Biegeschwingungen im Schwingkörper dar. Im speziellen zeigt Fig. 2a an den Seitenflächen der Schenkel 111 und 112 des Schwingkörpers angebrachte, gespaltene Elektroden 3 bis 10. Diese Seitenflächen liegen in Hauptebenen  $B_1C_1$  gemäss Fig. 1a. In Fig. 2b sind die Elektroden 10 bis 17 in einer sogenannten Vierseiten-Anordnung an den vier Längsflächen der Schenkel 121 und 122 des Schwingkörpers angebracht. Diesmal liegen die Elektroden in den Hauptebenen  $B_2C_2$  und  $A_2C_2$  des Koordinatensystems gemäss Fig. 1b.

Die Kristallachsen  $A_1$ ,  $B_1$  und  $C_1$  resp.  $A_2$ ,  $B_2$  und  $C_2$  stehen senkrecht aufeinander und bilden jeweils ein kubisches Koordinatensystem. Die Schnittrichtung eines piezoelektrischen Stimmgabelschwingers wird üblicherweise wie folgt gelegt:

Für Quarzkristalle:

$A_1$  entspricht X,  $B_1$  entspricht Z' und  $C_1$  entspricht Y'; resp.  $A_2$  ist Z',  $B_2$  ist X und  $C_2$  ist Y'.

Für Lithium-Tantalat-Kristalle gilt:

$A_1$  entspricht Z',  $B_1$  entspricht X' und  $C_1$  entspricht Y''; resp.  $A_2$  ist X'',  $B_2$  ist Z' und  $C_2$  ist Y''.

Bei Lithium-Niobat-Kristallen tritt kein Nullpunkt des Temperaturkoeffizienten auf, so dass die Schnittrichtungen

derart gelegt werden, dass  $A_1$  nicht auf X und  $C_1$  nicht auf Z,  $B_2$  nicht auf X sowie  $C_2$  nicht auf Z fallen.

X, Y und Z sind die gebräuchlichen Bezeichnungen für Koordinatenachsen in Kristallen. X, Y' und Z' zeigen an, dass das ursprüngliche XYZ-System um die Achse gedreht wurde. Die Bezeichnung X', Y'' und Z' deutet an, dass das ursprüngliche System zuerst um die Z-Achse und anschliessend um die X'-Achse gedreht worden ist.

In jedem der obgenannten, gedrehten Koordinatensysteme wird der Schnittwinkel für die Herstellung des piezoelektrischen Schwingers so gewählt, dass eine im gewünschten Temperaturbereich günstige Frequenzcharakteristik entsteht. In polykristallinen, piezoelektrischen Keramik-Schwingkörpern muss die Schwingungsebene wegen des Fehlens von ausgeprägten Kristallachsen polarisiert werden.

Die bekannten piezoelektrischen Stimmgabelschwinger gemäss Fig. 1a und 1b werden in der  $B_1C_1$ - bzw.  $B_2C_2$ -Ebene schwingen, wenn an die Elektroden  $D_1$  und  $E_1$  bzw.  $D_2$  und  $E_2$  eine Wechselfspannung mit der Resonanzfrequenz des Schwingers angelegt wird. Ein Stimmgabelschwinger dieser Art kann an den Seitenflächen des Basisteiles 201 bzw. 202 festgehalten werden. Bei jeder Lage der Halterung des Schwingkörpers erzeugt ein piezoelektrischer Stimmgabelschwinger in der Regel auch Schwingungen höherer Ordnung, welche von der gewünschten Grundfrequenz abweichen. Besonders bei kleinen Stimmgabelschwingern zum Einbau in Armbanduhren entstehen aber auch wegen der an der Oberfläche angebrachten Elektroden Oberschwingungen. Die Elektroden, in Fig. 1a und 1b schraffiert dargestellt, werden so gross wie möglich gestaltet, um zu verhindern, dass die Serieresonanz-Impedanz vergrössert wird. Diese Struktur der Elektroden bewirkt aber bei relativ kleinen Stimmgabelschwingern, dass die Serieresonanz-Impedanz für Oberschwingungen oft kleiner ist als für die Grundschwingung.

Ziel dieser Erfindung ist es, einen piezoelektrischen Stimmgabelschwinger zu schaffen, der im wesentlichen ausschliesslich bei der Grundfrequenz arbeitet. Oberschwingungen sollen möglichst weitgehend unterdrückt werden. Es soll eine geeignet geformte Elektroden-Anordnung geschaffen werden, welche den Schwinger bei Anlegen einer bestimmten Wechselfspannung in der Grundfrequenz zu Schwingungen anregt und unerwünschte Oberschwingungen möglichst gut unterdrückt. Dabei soll die Serieresonanz-Impedanz für die Grundschwingung durch diese Elektroden-Anordnung nicht wesentlich erhöht werden. Weitere Merkmale der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung der Zeichnungen hervorgehen.

Es zeigen:

Fig. 1a eine schematische Schrägansicht eines herkömmlichen piezoelektrischen Stimmgabelschwingers mit daran angebrachten, gespalteten Längselektroden;

Fig. 1b eine schematische Schrägansicht eines anderen herkömmlichen piezoelektrischen Stimmgabelschwingers mit Elektroden in Vierseiten-Anordnung.

Fig. 2a zeigt das elektrische Verbindungsschema des Schwingers gemäss Fig. 1a.

Fig. 2b zeigt das elektrische Verbindungsschema des Schwingers gemäss Fig. 1b.

Fig. 3a zeigt schematisch einen Schenkel eines herkömmlichen Stimmgabelschwingers im Ruhezustand.

Fig. 3b zeigt diesen Schenkel bei Schwingung mit der Grundfrequenz.

Fig. 3c zeigt den Schenkel bei einer Schwingung zweiter Ordnung.

Fig. 3d zeigt den Schenkel bei einer Schwingung dritter Ordnung.

Fig. 3e zeigt einen piezoelektrischen Stimmgabelschwinger zur Erläuterung der Schwingungsarten des Schenkels.

Fig. 4a ist eine schematische Darstellung des in der Grundfrequenz schwingenden Schenkels gemäss Fig. 3b zur Erläuterung der elektrischen Ladungsverteilung an dessen Seitenflächen.

Fig. 4b desgleichen entsprechend Fig. 3c.

Fig. 5a ist eine schematische Schrägansicht einer erfindungsgemässen Elektroden-Anordnung einer ersten Art zum Anbringen an einem Schenkel des Schwingers mit Vierseiten-Elektroden-Anregung.

Fig. 5b ist eine schematische Schrägansicht einer anderen Elektroden-Anordnung der ersten Art mit Spaltelektroden-Anregung.

Fig. 6a ist eine perspektivische Vorderansicht einer dritten Elektroden-Anordnung.

Fig. 6b zeigt die Rückansicht dieser dritten Elektroden-Anordnung.

Fig. 7 ist eine abgewinkelte Darstellung dieser dritten Elektroden-Anordnung.

Fig. 8a zeigt eine vierte Elektroden-Anordnung in Frontansicht.

Fig. 8b zeigt die Rückseite dieser vierten Elektroden-Anordnung.

Fig. 9 zeigt eine Abwicklung dieser vierten Elektroden-Anordnung.

Fig. 10a zeigt die erste Elektroden-Anordnung gemäss Fig. 5a in Frontansicht.

Fig. 10b zeigt die Rückseite dieser ersten Elektroden-Anordnung.

Fig. 11 zeigt diese erste Elektroden-Anordnung in einer abgewinkelten Darstellung.

Fig. 12a zeigt die zweite Elektroden-Anordnung gemäss Fig. 5b in Frontansicht.

Fig. 12b zeigt die Rückseite dieser zweiten Elektroden-Anordnung.

Fig. 13 zeigt eine Abwicklung dieser zweiten Elektroden-Anordnung.

Wie Fig. 3e zeigt, sind die Schenkel 1 eines piezoelektrischen Stimmgabelschwingers je bei einer imaginären Grenzfläche 18 mit dem Basisteil 2 verbunden. Es soll zunächst angenommen werden, der Schenkel 1 sei dort vom Basisteil 2 getrennt. Fig. 3a zeigt schematisch den Schenkel als Stab mit seinem oberen freien Ende 21 und seinem unteren «Gleitende» 20, mit welchem er längs der Grundfläche 18 quasi gleitbar mit dem Basisteil verbunden ist.

Fig. 3b, 3c und 3d zeigen, wie oben erwähnt, verschiedene Schwingungszustände. 22, 23, 25, 26, 27 und 28 sind Schwingungsknoten, und 24 deutet auf eine Stelle hin, bei der die Biegung des Schenkels in umgekehrter Richtung erfolgt.

Tritt nun von aussen eine Krafteinwirkung auf den piezoelektrischen Körper ein, so entstehen Ladungen an den Oberflächen dieses Körpers. Werden umgekehrt Ladungen auf die Oberflächen gebracht, treten im Innern des Körpers Kräfte auf und deformieren ihn.

Ein Quarz-Stimmgabelschwinger wird z. B. bei Anregung Biegeschwingungen mit Ausdehnungs- und Kontraktionsbewegungen in Richtung der Y'-Achse des Quarz-Kristalls ausführen. Diese Bewegungen werden durch die besagten Deformationen im Schwingkörper hervorgerufen.

In Fig. 4a und 4b sind die Ladungsverteilungen dargestellt, die auf der Oberfläche des Schenkels bei Schwingungen gemäss Fig. 3b bzw. 3c auftreten. Bei Schwingungen gemäss Fig. 3c oder solchen höherer Ordnung treten auf ein und derselben Seite des Schenkels positive und negative Ladungen auf. Positive Ladungen entstehen bei den mit 301, 291, 311, 322 und 341 bezeichneten Stellen, während bei 302, 292, 312, 321, 331 und 342 negative Ladungen auftreten. Die Ladung auf dem Gebiet zwischen den Schwingungsknoten in Fig. 4b bestimmen den Schwingungsmodus zweiter Ordnung.

Es ist einleuchtend, dass, wenn im Gebiet zwischen den Knoten der Schwingung zweiter Ordnung eine Ladungsverteilung gemäss Fig. 4b unterdrückt wird, diese Schwingung zweiter Ordnung gar nicht auftreten kann.

5 Entsprechend der oben erwähnten Massnahme zur Verhinderung der Schwingung zweiter Ordnung wird an der einen Seite des Schenkels eine gemeinsame Elektrode für die Gebiete 311 und 321 vorgesehen. Auf der anderen Seite dieses Schenkels ist eine weitere gemeinsame Elektrode für die Gebiete 312 und 322 vorgesehen. Die bei 311 auftretende Ladungsmenge muss mit jener bei 321 auftretenden gleich gross gemacht werden. Ebenso muss die Ladungsmenge bei 312 mit jener bei 322 in Übereinstimmung gebracht werden. Die Anregungselektroden werden zwischen dem Biegepunkt 24 und dem Gleitende 20 des Schenkels angeordnet. Der Biegepunkt 24 liegt, vom Gleitende 20 aus gemessen, auf ungefähr der halben Strecke. Die gemeinsamen Elektroden bei den Gebieten 331 und 332 verhindern dort eine Aufladung entsprechend dem Schwingungsmodus zweiter Ordnung, so dass dieser gar nicht auftreten kann. Eine Elektroden-Anordnung, welche unerwünschte Ladungsverteilungen an der Oberfläche des Schenkels des Schwingkörpers verhindert, wird im folgenden «Elektroden-Anordnung der ersten Art» genannt.

Fig. 5a und 5b zeigen Beispiele von Elektroden-Anordnungen dieser ersten Art an Stimmgabelschwängern. Die beiden Beispiele zeigen Anordnungen, welche an Schwinger gemäss Fig. 1a bzw. 1b angebracht werden können. 61, 65, 70, 74, 85, 94, 81 und 92 deuten auf Erregerselektroden, 62, 64, 82 und 84 sind Anschlusselektroden, und 63 und 83 sind gemeinsame Elektroden zur Verhinderung unerwünschter Ladungen.

Entsprechend dem vorausgegangenen sind zur Vermeidung der Anregung von Schwingungen zweiter Ordnung zwischen den Punkten 23 und 25 keine Elektroden vorgesehen. Die Elektroden über den Gebieten 311 und 312 können weggelassen werden, da die Elektroden bei den Gebieten 341 und 342 ausreichen, um Schwingungen in der Grundfrequenz anzufachen. Eine Elektroden-Anordnung, welche zwischen den Punkten 23 und 25 keine Elektroden an den Seitenflächen der Schenkel aufweist, wird nachfolgend «Elektroden-Anordnung der zweiten Art» genannt. Da jedoch eine möglichst kleine Serieresonanz-Impedanz des Schwingers erwünscht ist, hat die Anordnung mit Anregungselektroden nur bei den Gebieten 341 und 342 zwischen den Punkten 20 und 25 Nachteile. Ihre Serieresonanz-Impedanz ist grösser als jene einer konventionellen Anordnung gemäss Fig. 1a oder 1b. Die Elektroden werden daher bis zum Punkt 24, also ungefähr bis zur Mitte des Schenkels, verlängert. Experimentell wurde festgestellt, dass dadurch die Serieresonanz-Impedanz bezüglich der Grundschwingung nahezu gleich jener eines konventionellen Stimmgabelschwingers gemäss Fig. 1a oder 1b ist.

Man versteht nunmehr, dass in der obenerwähnten Elektroden-Anordnung die gemeinsamen Elektroden 63 und 83 zur Unterdrückung der unerwünschten elektrischen Ladungen gar nicht erforderlich sind. Im folgenden wird aufgrund von experimentell ermittelten Daten gezeigt, dass ein erfindungsgemässer piezoelektrischer Stimmgabelschwinger hervorragende Eigenschaften bezüglich der Unterdrückung von Schwingungen höherer Ordnungen, im besonderen der zweiten Ordnung, aufweist. Zudem tritt keine Verschlechterung der Eigenschaften bezüglich der Serieresonanz-Impedanz auf. Ein Quarz-Stimmgabelschwinger gemäss Fig. 1a und 1b mit  $l = 3,8$  mm,  $W = 0,65$  mm und  $P = 0,25$  mm mit Elektroden in Vierseiten-Anordnung gemäss Fig. 1b wurde bei 32 kHz in Schwingung versetzt. Die Serieresonanz-Impedanz bei der Grundfrequenz sowie bei der zweiten und der dritten Harmonischen wurden gemessen. Die entsprechenden Werte betru-

gen 15 kOhm, 8 kOhm bzw. 15 kOhm. Die analogen Messungen an einem Quarz-Stimmgabelschwinger gemäss Fig. 1a ergaben ungefähr die gleichen Werte. Anschliessend wurde ein Quarz-Stimmgabelschwinger mit gleichen Abmessungen, jedoch mit einer Elektroden-Anordnung gemäss Fig. 5a den gleichen Messungen unterzogen. Die entsprechenden Werte der Serieresonanz-Impedanz waren 16 kOhm, 1000 kOhm bzw. 50 kOhm. Die analogen Messungen mit einer Elektroden-Anordnung gemäss Fig. 5b ergaben ungefähr die gleichen Werte.

Einige bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Fig. 6a bis 12b dargestellt. Fig. 10a und 10b zeigen die erste dieser Ausführungsformen. Es handelt sich dabei um eine Elektroden-Anordnung der ersten Art gemäss Fig. 5a. Die Anordnung enthält die Elektroden 58, 69, 72, 78, 61, 65, 70 und 74 für die Anregung der Schwingungen, die gemeinsamen Elektroden 63 und 76 zur Unterdrückung der unerwünschten elektrischen Ladungen und die Elektroden 75, 77, 62 und 64 zur Verbindung der Anregungselektroden und der gemeinsamen Elektroden. Die Elektroden 67 und 80 sind am Basisteil des Schwingkörpers angebracht und dienen als Verbindungselektroden zu einer Oszillatorschaltung zur Anregung der Schwingung.

Fig. 12a und 12b zeigen eine zweite Ausführungsform. Hier handelt es sich um eine Elektroden-Anordnung der ersten Art mit gespaltenen Elektroden gemäss Fig. 5b. Die Anordnung enthält die Elektroden 81, 85, 92, 94, 87, 91, 97 und 99 zur Schwingungsanregung, die gemeinsamen Elektroden 83 und 89 sowie die Elektroden 82, 84, 88 und 90 als Verbindung der Anregungselektroden und der gemeinsamen Elektroden. Die Elektroden 86 und 96 sind am Basisteil des Schwingkörpers angebracht und dienen dem Anschluss an eine Oszillatorschaltung.

In Fig. 6a und 6b ist als drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Elektroden-Anordnung der zweiten Art mit Vierseiten-Anordnung der Elektroden dargestellt. Die Anordnung enthält die Elektroden 35, 37, 45, 46, 39, 40, 41 und 43 für die Schwingungsanregung. Ausser den Elektroden 45, 46, 39 und 40 an den Gleitenden der Schenkel (bei 18 gemäss Fig. 3e) sind an deren Seitenflächen keine Elektroden vorgesehen. Diese vier Elektroden an den Gleitenden der Schenkel erstrecken sich etwa bis zur Hälfte der Länge  $l$  der Schenkel. Die Elektroden 38 und 44 sind am Basisteil des Schwingkörpers angeordnet und dienen zur Verbindung mit einer Oszillatorschaltung.

Ein viertes Ausführungsbeispiel der Erfindung gemäss Fig. 8a und 8b ist eine Elektroden-Anordnung der zweiten Art mit gespaltenen Elektroden. Sie enthält die Elektroden 47, 49, 54, 57, 51, 53, 55 und 56 zur Schwingungsanregung. An den Seitenflächen der Schenkel sind keine Elektroden angeordnet. Die Elektroden 50 und 58 dienen der Verbindung mit einer Oszillatorschaltung.

Aus der vorangehenden Beschreibung der Zeichnungen geht hervor, dass an den Schenkeln des Schwingkörpers eine Elektroden-Anordnung vorgesehen ist, welche an den Gleitenden angeordnete, sich über die Länge  $l'$  erstreckende Anregungselektroden enthält. Dadurch werden die Schwingungen höherer Ordnungen unterdrückt. Es hat sich gezeigt, dass die Länge  $l'$  zwischen 0,3 und 0,5 mal die Länge  $l$  der Schenkel des Schwingkörpers betragen muss, damit eine Erhöhung der Serieresonanz-Impedanz für die Grundschwingung vermieden wird.

Obwohl die Erfindung anhand von Schwingkörpern aus Quarz erläutert wurde, ist es naheliegend, dass sie auch auf solche aus Lithium-Tantalat, Lithium-Niobat, piezoelektrischem Keramikmaterial oder ähnlichen Stoffen anwendbar ist.

