



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤1 Int. Cl.: H 03 H 9/215  
H 03 B 5/32

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪

618 298

⑳ Gesuchsnummer: 6655/77

㉓ Anmelddungsdatum: 31.05.1977

③0 Priorität(en): 31.05.1976 JP 51-63135

㉔ Patent erteilt: 15.07.1980

④5 Patentschrift  
veröffentlicht: 15.07.1980

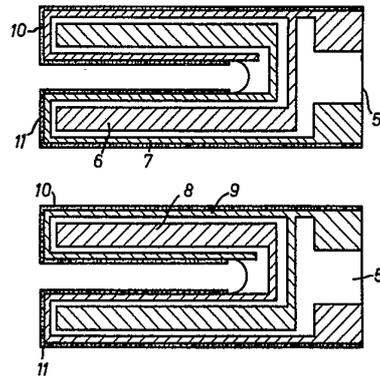
⑦3 Inhaber:  
Matsushima Kogyo Kabushiki Kaisha,  
Suwa-shi/Nagano-ken (JP)

⑦2 Erfinder:  
Mutsumi Negita, Kamiina-gun/Nagano-ken (JP)

⑦4 Vertreter:  
Dr. A.R. Egli & Co., Patentanwälte, Zürich

⑤4 Quarzkristalloszillator.

⑤7 Der Oszillator weist ein dünnes, stimgabelförmiges Schwingquarzplättchen auf. Seine Form und die elektrischen Kontakte werden durch Aetzen hergestellt. Das Plättchen (5) enthält eine obere und eine untere Fläche sowie Seitenflächen. Auf diesen Flächen sind Dünnschichtelektroden (6, 7, 8, 9, 10, 11) aufgebracht. Die Elektroden (10, 11) der Seitenflächen des Plättchens (5) stehen mit den anderen Elektroden (6, 7, 8, 9) in elektrischer Verbindung.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Quarzkristalloszillator mit einem stimmgabelförmigen Schwingquarzplättchen, dadurch gekennzeichnet, dass auf der oberen und auf der unteren Oberfläche des Plättchens (5) Elektroden (6, 7, 8, 9) vorgesehen sind und dass die seitlichen Oberflächen des Plättchens mit Dünnschichtelektroden (10, 11) versehen sind, die mit den Elektroden auf der oberen und auf der unteren Oberfläche in elektrischer Verbindung stehen.

2. Verfahren zur Herstellung eines Quarzkristalloszillators nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst durch Foto-Ätzen die Elektroden auf der oberen und auf der unteren Oberfläche hergestellt und anschliessend maskiert werden und dass dann auf die nicht maskierten Seitenbereiche des Plättchens leitende Dünnschichten so aufgestäubt werden, dass sie mit den Elektroden in elektrischer Verbindung stehen.

Die Erfindung betrifft einen Quarzkristalloszillator gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung.

Es ist üblich, bei einer Oszillatorschaltung eine Feinabstimmung der Schwingfrequenz dadurch vorzunehmen, dass die Kapazität variabler Kondensatoren  $C_G$  und  $C_D$  geändert wird. Der veränderte Wert der Schwingfrequenz  $\Delta f (= f_{osc} - f_s)$  wird ausgedrückt durch  $f_s C_1 / 2 (C_G + C_D)$ . Dabei ist  $C_1$  etwa  $C_D \times C_G / (C_D + C_G)$ ,  $f_{osc}$  ist die Schwingfrequenz,  $f_s$  ist eine individuelle Frequenz des Quarzkristalloszillators,  $C_1$  ist eine dynamische Kapazität und  $C_0$  ist eine elektrostatische Kapazität.

Wie man aus der Formel entnehmen kann, ist der veränderte Wert der Schwingfrequenz, der im Bereich der durch die variablen Kondensatoren  $C_G$  und  $C_D$  eingestellten Schwingfrequenz liegt, proportional zur dynamischen Kapazität  $C_1$ .

Demgemäss ist der Wert der dynamischen Kapazität  $C_1$ , der gross sein muss, um das Vor- und Nachziehen in einem begrenzten Kapazitätsbereich des variablen Kondensators in einer Quarzkristalloszillatorschaltung einstellen zu können, wichtig, da er die Effizienz des Quarzkristalloszillators festlegt.

Ätzen ist eine wirksame Methode zur Herstellung von subminiaturisierten Quarzkristallplättchen. Hierdurch können diese Plättchen bei niedrigen Herstellkosten subminiaturisiert und die Elektroden vereinfacht werden.

Eine generelle Ätzmethode umfasst einen Vorgang zur Erzeugung einer leitenden Dünnschicht mit der Form eines Schwingers, die korrosionsbeständig ist gegen das Quarzkristall-ätzmittel, auf einer dünnen Quarzkristallplatte, ferner einen Vorgang zur Erzeugung eines Fotolackes, der die Form von Elektroden auf der leitenden Dünnschicht mit der Form des Schwingerplättchens aufweist, sowie einen Vorgang zum Ätzen des Quarzkristalls mit Ausnahme jenes Teils der leitenden Dünnschicht mit der Form des Schwingerplättchens, um einen schwingungsfähigen Quarzkristall zu erhalten, und einen Vorgang zum Ätzen der leitenden Dünnschicht mit Ausnahme des Teils der elektrodenförmigen Fotolackschicht, um Elektroden zu erzeugen.

Infolge der Orientierung des Quarzkristalls verläuft die Korrosion längs der Z-Achse. Daher muss ein Z-Platten- oder NT-geschnittener Quarzkristall genommen werden, wobei die Seitenflächen des Schwingerplättchens keine Elektroden haben können, wie es in der DE-AS 1 247 415 beschrieben ist, die einen piezoelektrischen Quarzkristall mit NT- oder MT-Schnitt zeigt, der für ein Brückenfilter mit grosser Bandbreite verwendet wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, mittels eines durch Ätzen hergestellten Subminiatur-Quarzkristallschwingers das elektrische Verhalten und insbesondere die Frequenz-

abstimmbarkeit eines Oszillators zu verbessern.

Diese Aufgabe wird mit einem Quarzkristalloszillator gemäss Anspruch 1 gelöst. Ein Verfahren zu dessen Herstellung gibt Anspruch 2 an.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer Ausführungsform und durch Gegenüberstellung mit herkömmlichen Quarzkristallschwingern erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine allgemeine Quarzkristalloszillatorschaltung;

Fig. 2a und 2b Draufsichten auf ein Quarzkristallschwingerplättchen, das durch Ätzen erhalten worden ist und in einem herkömmlichen Quarzkristalloszillator verwendet wird;

Fig. 2c eine Schnittansicht zur Darstellung der Elektrodenverdrahtung des in den Fig. 2a und 2b gezeigten Quarzkristallplättchens;

Fig. 3a und 3b Draufsichten auf ein anderes durch Ätzen erhaltenes und in einem herkömmlichen Quarzkristalloszillator verwendetes Quarzkristallplättchen;

Fig. 3c eine Schnittansicht der Elektrodenverdrahtung des in den Fig. 3a und 3b gezeigten Quarzkristallplättchens;

Fig. 4a und 4b Draufsichten auf ein erfindungsgemässes Quarzkristallschwingerplättchen;

Fig. 4c einen Querschnitt und die Elektrodenverdrahtung des in den Fig. 4a und 4b gezeigten Quarzkristallplättchens;

Fig. 5 Kennlinien, welche eine Veränderung der Schwingfrequenz  $f_{osc}$  mit dem variablen Kondensator  $C_L$  zeigen;

Fig. 6a und 6b ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemässen Quarzkristallplättchens.

Die in den Figuren verwendeten Bezugszeichen bedeuten: 2 und 3 Elektroden auf der oberen Oberfläche, 4 eine Elektrode auf der unteren Oberfläche; 5 ein Quarzkristallschwingerplättchen; 6 und 7 Elektroden auf der oberen Oberfläche; 8 und 9 Elektroden auf der unteren Oberfläche; 10 und 11 Seitenelektroden; 12, 13, 14 und 15 Kennlinien der Schwingfrequenzänderung; 16 eine obere Maske und 11 eine untere Maske.

Wie bereits erwähnt, können beim NT-geschnittenen Quarzkristall die Seitenoberflächen des Schwingerplättchens nicht mit Elektroden versehen werden. Deshalb ist es bei dem durch Ätzen erhaltenen Schwingerplättchen erwünscht, auf effektive Weise ein elektrisches Feld anzulegen oder ein angelegtes elektrisches Feld effektiv zu nutzen, um den Oszillator zu betreiben, und aus diesem Grund sind viele Arten von Elektrodenkonfigurationen geschaffen worden.

Fig. 2 zeigt ein Beispiel eines bekannten Quarzkristallschwingers. In Fig. 2a bedeutet 1 ein Quarzkristallplättchen, auf dessen oberer Oberfläche zwei Elektroden 2 und 3 gebildet sind. In Fig. 2b ist eine Elektrode 4 auf der unteren Oberfläche des Quarzkristallplättchens 1 gebildet. Bei einem Plättchen dieser Art ist nur die X-Achsenkomponente  $E_x$  des elektrischen Feldes  $E$  wirksam, wie es Fig. 2c zeigt. Dies wirkt sich nachteilig aus, da der elektromechanische Wirkungsgrad klein, die dynamische Impedanz des Quarzkristalloszillators gross und dessen dynamische Kapazität  $C_1$  klein sind.

Fig. 3 zeigt ein weiteres Beispiel eines bekannten Quarzkristallschwingerplättchens, das durch Ätzen erhalten worden ist und für einen Quarzkristalloszillator verwendet wird.

Gemäss den Fig. 3a und 3c ist das Quarzplättchen 5 auf der oberen und auf der unteren Oberfläche je mit zwei Elektroden versehen. Die Elektroden 6, 7 auf der oberen Fläche haben die gleiche Konfiguration wie die Elektroden 8, 9 auf der unteren Fläche. Der in Fig. 1 dargestellte Quarzkristalloszillator ist verbessert, wenn er das Quarzplättchen gemäss Fig. 3 verwendet, da das Plättchen eine niedrigere dynamische Impedanz und eine höhere dynamische Kapazität  $C_1$  aufweist als beim Plättchen gemäss Fig. 2. Die dynamische Kapazität  $C_1$  des in Fig. 3 gezeigten Plättchens ist jedoch immer noch klein gegenüber dem herkömmlichen und relativ grossen Quarzkristallschwinger, der durch ein mechanisches Verfahren hergestellt worden

ist und bei dem ein stimmgabelartiges Quarzkristallschwingerplättchen mit Elektroden auf fast allen Oberflächen der Stimmgabel verwendet wird.

Wie zuvor erwähnt, ergeben alle Quarzkristalloszillatoren, die mit einem Quarzkristallschwingerplättchen aufgebaut sind, das durch einen bekannten Ätzprozess hergestellt worden ist, eine kleine, dynamische Kapazität  $C_1$ , was zu dem Nachteil führt, dass der Bereich der Schwingfrequenz, der sich mit einem variablen Kondensator ändern lässt, ebenfalls klein ist. Dieser Nachteil bildete einen Hinderungsgrund dafür, dass der Quarzkristalloszillator mit einem durch Ätzen hergestellten Quarzkristallschwingerplättchen zu weitläufiger Anwendung gelangte.

Durch die vorliegende Erfindung wird dieser Nachteil überwunden, da mit ihr ein Quarzkristalloszillator verwirklicht wird, der ein durch Ätzen erhaltenes dünnes Quarzkristallschwingerplättchen verwendet, das einen besseren oder gleichen Wirkungsgrad wie jener Quarzkristalloszillator aufweist, der ein durch mechanische Bearbeitung erhaltenes, relativ grosses Quarzkristallschwingerplättchen verwendet.

Im erfindungsgemässen Ausführungsbeispiel der Fig. 4 wird eine Methode verwendet, mit der eine Dünnschicht mit einer Dicke von einigen hundert Angström bis einigen  $\mu\text{m}$  auf den Seitenoberflächen des durch Ätzen erhaltenen, dünnen Quarzkristallschwingerplättchens aufgestäubt wird, so dass ein mit Seitenelektroden versehener Quarzkristalloszillator erhalten wird.

Das Plättchen 5 in Fig. 4 ist mit zwei Elektroden 6 und 7 auf der oberen und mit zwei Elektroden 8 und 9 auf der unteren Oberfläche versehen, wie sie auch in Fig. 3 gezeigt sind. Ausserdem ist das Plättchen durch eine leitende Dünnschicht auf den Seitenoberflächen auch mit Seitenelektroden 10 und 11 versehen. Bei einem Quarzschwinger mit solchen Elektroden sind die X-Achsenkomponenten vergrössert, wenn ein elektrisches Feld anliegt. Deshalb ist die dynamische Kapazität im Vergleich zu dem in Fig. 3 gezeigten Quarzkristalloszillatorplättchen stark vergrössert, was es ermöglicht, den variablen Bereich der Schwingfrequenz entsprechend auszudehnen.

Fig. 5 zeigt die Kennlinien einer mit Hilfe des variablen Kondensators  $C_L$  geänderten Schwingfrequenz. Kurve 12 in Fig. 5 zeigt die typische Kennlinie der Schwingfrequenz eines Quarzkristalloszillators, bei dem ein stimmgabelartiges Quarzkristallplättchen verwendet wird, das durch einen mechanischen Prozess hergestellt worden ist und auf nahezu allen Oberflächen mit Elektroden versehen ist. Kurve 13 zeigt eine typische Kennlinie der Schwingfrequenz eines Quarzkristalloszillators, für den das in Fig. 2 gezeigte Quarzkristallplättchen verwendet worden ist. Kurve 14 zeigt die Schwingfrequenzkennlinie eines Quarzkristalloszillators, für den das in Fig. 3 gezeigte Quarzkristallplättchen verwendet worden ist. Und Kurve 15 zeigt die Schwingfrequenzkennlinie eines Quarzkristalloszillators, für den das in Fig. 4 gezeigte Quarzkristalloszillatorplättchen verwendet wird. Aus den Kurven 14 und 15 geht klar hervor, dass der durch den variablen Kondensator  $C_L$  einstellbare veränderliche Bereich der Schwingfrequenz  $f_{osc}$  durch die erfindungsgemässe Vergrösserung der dynamischen Kapazität  $C_1$  stark vergrössert werden kann.

Durch die erfindungsgemässe Massnahme wird vorteilhafterweise der mit einem variablen Kondensator erzielbare

Bereich der Schwingfrequenz vergrössert, so dass man folgende zusätzliche Vorteile erhält:

1. Der veränderliche Bereich der individuellen Frequenz des Quarzkristalloszillators kann ausgeweitet werden, so lange der Bereich des Quarzkristalloszillators in solchen Grenzen liegt, dass er durch einen variablen Kondensator eingestellt werden kann.

2. Es wird leichter, eine Änderung der individuellen Frequenz zu kompensieren, die bedingt ist z. B. durch einen Alterungseffekt oder durch eine vakuumdichte Einkapselung, die durchgeführt wird, nachdem die individuelle Frequenz des Quarzkristalloszillators eingestellt worden ist.

3. Bei einer Quarzkristalloszillatorschaltung mit hoher Genauigkeit wird zur Erhaltung einer stabilen Schwingfrequenz in weitem Temperaturbereich ein Kondensator mit einer temperaturabhängigen Kapazität, wie ein  $\text{BaTiO}_3$ -Kondensator, zusammen mit dem Quarzkristalloszillator verwendet, um die durch die Umgebungstemperatur bewirkte Änderung der individuellen Frequenz des Quarzkristalloszillators zu kompensieren. Es ist schwer, bei einem Quarzkristalloszillator mit einem Quarzkristallplättchen gemäss Fig. 2 oder 3 eine Temperaturkompensation durchzuführen. Bei dem erfindungsgemässen Quarzkristalloszillator ist dies jedoch leichter, da die Änderung der Schwingfrequenz  $f_{osc}$  in Abhängigkeit der Kapazität  $C_L$  des Kondensators bedeutend grösser ist.

Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Quarzkristallplättchens. 5 ist ein Quarzkristallschwingerplättchen, wie es auch in Fig. 3 gezeigt ist. Masken 16 und 17 sind Beispiele für Maskierungen, die nahezu die gesamte obere und die gesamte untere Oberfläche des Quarzkristallschwingerplättchens bedecken, um zu vermeiden, dass die darauf befindlichen Elektroden kurzgeschlossen werden, und um zu ermöglichen, dass die Seitenelektroden aus leitender Dünnschicht mit den Elektroden in leitender Verbindung stehen, wenn die leitende Dünnschicht auf den Seitenflächen des Quarzkristallschwingerplättchens erzeugt ist. Die Seitenflächen und Kontaktierungsteile für die obere und die untere Oberfläche und die Seitenelektroden des Quarzkristallplättchens werden aufgestäubt, wobei Masken aufgebracht worden sind, nachdem die Elektroden auf der oberen und auf der unteren Oberfläche erzeugt worden sind, so dass man folgende Vorteile erhält:

1. Quarzkristallplättchen können durch Massenproduktion hergestellt werden, da sie nach dem Ätzen partien- oder chargenweise behandelt werden können.

2. Die Seitenelektroden können auf den Innen- und Aussen-seiten der Stimmgabel erzeugt werden, und gleichphasig wirkende Elektroden können durch einen Aufstäubungsvorgang leitend verbunden werden, da es die Aufstäubungsbehandlung ermöglicht, eine leitende Dünnschicht nicht nur auf der oberen Oberfläche zu erzeugen, sondern auch auf den Seitenflächen und auf Teilen der unteren Oberfläche, während es bei einem Beschichten nicht möglich ist, eine leitende Dünnschicht auf der Innenseitenoberfläche der Stimmgabel zu erzeugen.

Durch die erfindungsgemässe Massnahme kann mindestens der gleiche Wirkungsgrad wie bei durch einen mechanischen Prozess hergestellten grossen Quarzoszillatoren erzielt werden.

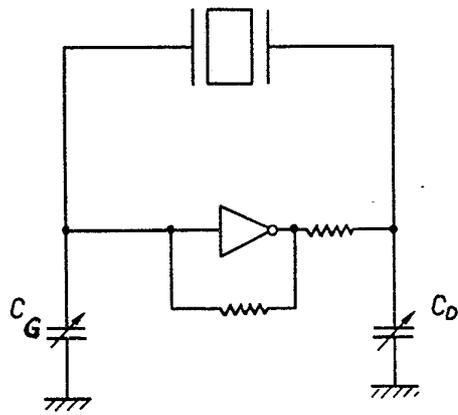


Fig. 1

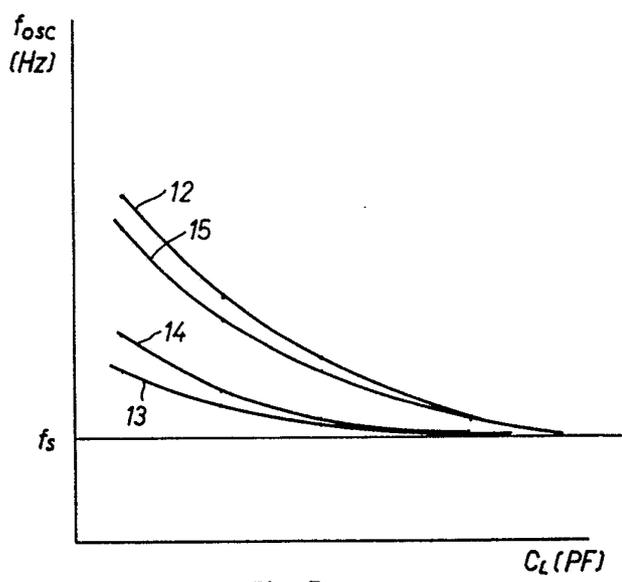


Fig. 5

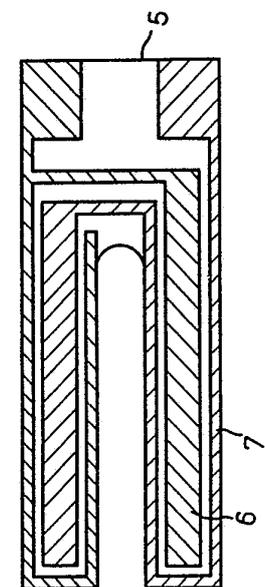


Fig. 3a

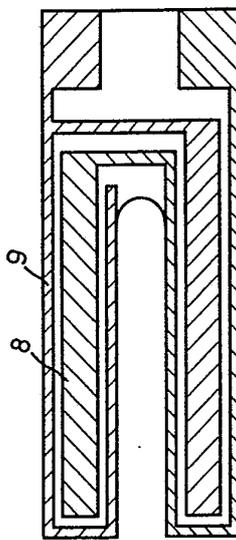


Fig. 3b

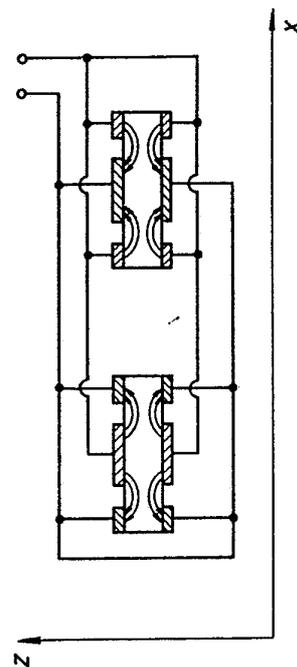


Fig. 3c

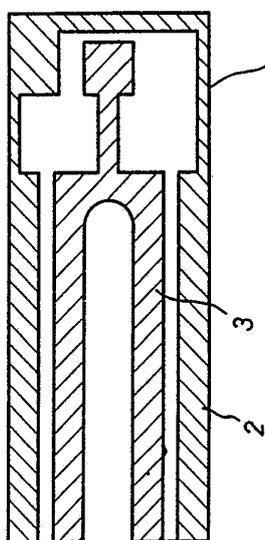


Fig. 2a

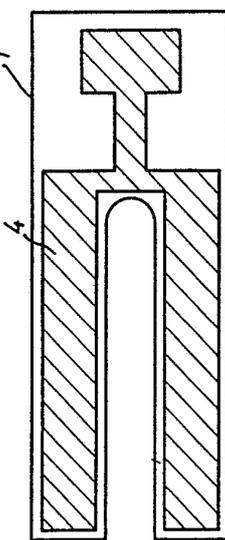


Fig. 2b

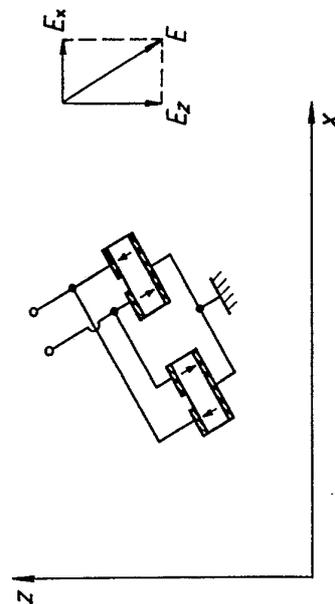


Fig. 2c

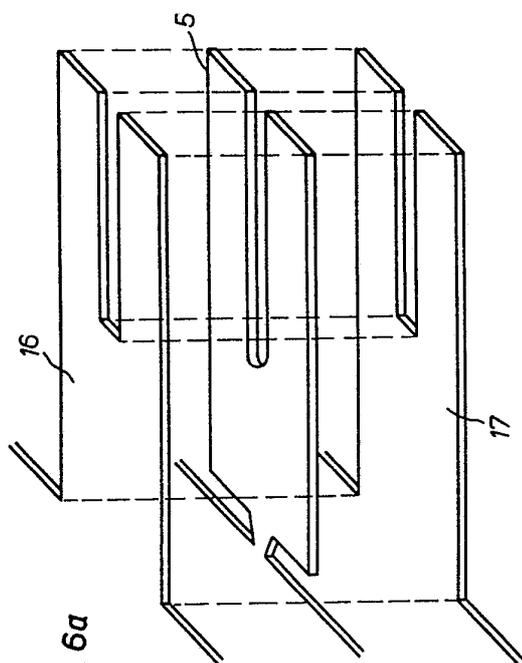


Fig. 6a

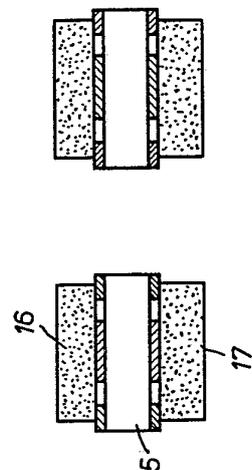


Fig. 6b

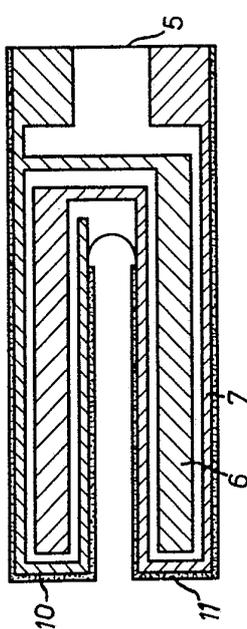


Fig. 4a

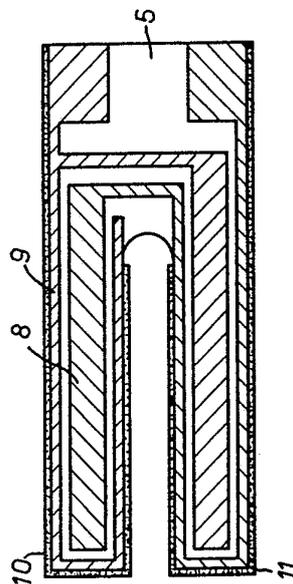


Fig. 4b

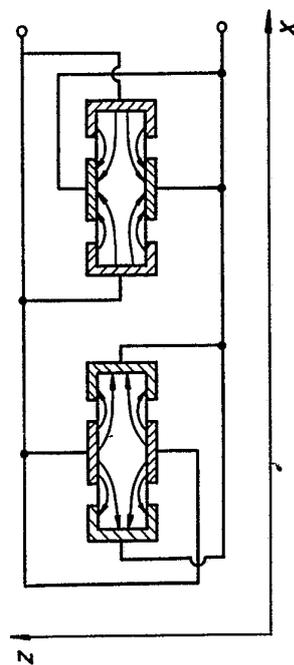


Fig. 4c