

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 419 661 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG
veröffentlicht nach Art. 158 Abs. 3
EPÜ

21 Anmeldenummer: **89909895.8**

51 Int. Cl.5: **B06B 1/06**

22 Anmeldetag: **18.04.89**

86 Internationale Anmeldenummer:
PCT/SU89/00100

87 Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 90/12659 (01.11.90 90/25)

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.04.91 Patentblatt 91/14

72 Erfinder: **SAMARIN, Igor Albertovich**
ul. Asanalieva, 36-1-134
Minsk, 220024(SU)

84 Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI SE

71 Anmelder: **MINSKY RADIOTEKHNICHESKY**
INSTITUT
ul.P.Brovki, 6
Minsk,220600(SU)

74 Vertreter: **Lehn, Werner, Dipl.-Ing. et al**
Hoffmann, Eitle & Partner Patentanwälte
Arabellastrasse 4
W-8000 München 81(DE)

54 **ELEKTROAKUSTISCHER WANDLER.**

57 Der elektroakustischer Wandler enthält drei elastische Elemente (1, 3,5), zwischen denen zwei Piezoelemente (2, 4) angeordnet sind. Die Gesamtlänge aller elastischen Elemente (1, 3, 5) und der Piezoelemente (2,4) ist einer ganzen Zahl von Halbwellen der Arbeitslänge der akustischen Welle gleich. Die Län-

gen der elastischen Elemente (1, 5) sind einander gleich, während die Länge des elastischen Elementes (3) einer ungeraden Zahl von Viertelwellen der Arbeitslänge der akustischen Welle gleich ist.

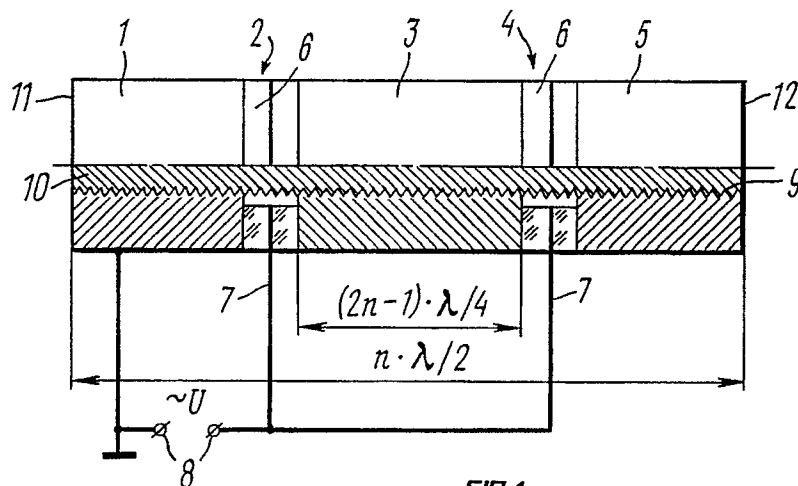


FIG.1

EP 0 419 661 A1

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Einrichtungen zur Erzeugung von mechanischen ultraschallfrequenten Schwingungen, insbesondere auf elektroakustische Wandler.

Zugrundeliegender Stand der Technik

Es ist ein elektroakustischer Wandler bekannt, der zwei Piezoelemente, an deren Stirnseiten elastische Elemente angebracht sind, enthält und eine Länge besitzt, die einer ganzen Zahl von Halbwellen der Arbeitslänge der akustischen Welle gleich ist (US, A, Nr. 3218488).

Somit befinden sich die Piezoelemente in der Mitte des erwähnten elektroakustischen Wandlers, d.h. in der Wirkungszone maximaler mechanischer Spannungen, was bei Zunahme der zugeführten elektrischen Leistung entweder zur Zerstörung von Piezoelementen oder zur Überhitzung derselben und Senkung der Betriebszuverlässigkeit und -stabilität des elektroakustischen Wandlers führt.

Bekannt ist ein elektroakustischer Wandler, der aufeinanderfolgend angeordnete und über ihre Stirnflächen kontaktierende: ein erstes elastisches Element, ein erstes Piezoelement, ein zweites elastisches Element, ein zweites Piezoelement und ein drittes elastisches Element enthält, deren Gesamtlänge einer ganzen Zahl von Halbwellen der Arbeitslänge der akustischen Welle gleich ist, wobei die Längen des ersten und des dritten elastischen Elementes untereinander etwa gleich sind (GB, A, Nr. 1379955).

Im erwähnten elektroakustischen Wandler weist das zwischen den Piezoelementen angeordnete elastische Element eine solche Länge auf, daß der Abstand zwischen den Mittelpunkten der Piezoelemente der halben Längen der akustischen Welle gleich ist.

Darüber hinaus ist der Abstand zwischen dem Mittelpunkt eines jeden Piezoelementes und den Stirnflächen des erwähnten elektroakustischen Wandlers ebenfalls der halben Länge der akustischen Welle gleich.

Auf dieser Weise liegen die Piezoelemente in der Zone maximaler mechanischer Spannungen, was bei Zunahme der zugeführten elektrischen Leistung entweder zur Zerstörung von Piezoelementen oder zur Überhitzung derselben und Senkung der Betriebszuverlässigkeit und -stabilität des elektroakustischen Wandlers führt.

Offenbarung der Erfindung

Der vorliegenden Erfindung war die Aufgabe

zugrunde gelegt, einen elektroakustischen Wandler zu schaffen, in dem die Länge des zwischen den Piezoelementen angeordneten elastischen Elementes so gewählt ist, daß dies eine Steigerung der Ausgangsleistung des elektroakustischen Wandlers unter gleichzeitiger Erhöhung seiner Betriebszuverlässigkeit und -stabilität gewährleisten würde.

Dies ist dadurch erreicht, daß im elektroakustischen Wandler, der aufeinanderfolgend angeordnete und über ihre Stirnflächen kontaktierende: ein erstes elastisches Element, ein erstes Piezoelement, ein zweites elastisches Element, ein zweites Piezoelement und ein drittes elastisches Element enthält, deren Gesamtlänge einer ganzen Zahl von Halbwellen der Arbeitslänge der akustischen Welle gleich ist, während die Längen des ersten und dritten elastischen Elementes untereinander etwa gleich sind, erfindungsgemäß die Länge des zwischen dem ersten und dem zweiten Piezoelement angeordneten elastischen Elementes einer ungeraden Zahl von Viertelwellen der Arbeitslänge der akustischen Welle gleich ist.

Das Trennen der Piezoelemente im zu patentierenden elektroakustischen Wandler durch ein elastisches Element von einer Länge, die einer ungeraden Zahl von Viertelwellen der Arbeitslänge der akustischen Welle gleich ist, führt dazu, daß diese Piezoelemente während des Betriebes außerhalb des Bereichs maximaler mechanischer Spannungen liegen, wodurch die Ausgangsleistung dieses elektroakustischen Wandlers unter gleichzeitiger Erhöhung seiner Betriebszuverlässigkeit und -stabilität gesteigert werden kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im folgenden wird die Erfindung in der Beschreibung eines konkreten Ausführungsbeispiels derselben unter Bezugnahme auf beiliegende Zeichnungen erläutert, in denen es zeigt;

Fig. 1 den erfindungsgemäßen elektroakustischen Wandler (Vorderansicht, im teilweisen Längsschnitt);

Fig. 2 ein Verteilungsdiagramm der Amplitude der mechanischen Schwingungen entlang dem erfindungsgemäßen elektroakustischen Wandler, wo auf der Ordinatenachse in relativen Einheiten Schwingungsamplitudenwerte (ξ), auf der Abszissenachse aber der Abstand von einer der Stirnflächen des elektroakustischen Wandlers von Fig. 1 in Anteilen der Wellenlänge (L) ausgedrückt, abgetragen sind;

Fig. 3 ein Verteilungsdiagramm der Amplitude der mechanischen Schwingungen entlang dem erfindungsgemäßen elektroakustischen Wandler, wo auf der Ordinatenachse in relativen Einheiten die Amplitudenwerte (τ) der mechanischen

Spannungen, auf der Abszissenachse aber der Abstand vom einer der Stirnflächen des elektroakustischen Wandler von Fig. 1, in Anteilen der Wellenlänge (L) ausgedrückt, abgetragen sind.

Beste Ausführungsform der Erfindung

Der erfindungsgemäße elektroakustische Wandler enthält aufeinanderfolgend angeordnete und über ihre Stirnflächen kontaktierende: ein elastisches Element 1 (Fig. 1), ein Piezoelement 2, ein elastisches Element 3, ein Piezoelement 4 und ein elastisches Element 5, deren Gesamtlänge einer ganzen Zahl von Halbwellen der Arbeitslänge der akustischen Welle gleich ist, d.h. $n \cdot \lambda / 2$ beträgt, wo n eine ganze Zahl von Halbwellen der Arbeitswelle λ der akustischen Welle bedeutet.

In der vorliegenden Ausführungsform des elektroakustischen Wandler gemäß der Erfindung sind die Längen der elastischen Elemente 1 und 5 einander gleich. Jedoch können sich diese Längen auch etwas voneinander unterscheiden.

Die Länge des elastischen Elementes 3 ist einer ungeraden Zahl von Viertelwellen der Arbeitslänge der akustischen Welle gleich, d.h., sie macht $(2n - 1) \cdot \lambda / 4$ aus.

Die Piezoelemente 2 und 4 sind in Form von zwei Piezokeramikringen 6 ausgeführt, die elektrische Anschlüsse 7 besitzen, welche als elektrischer Eingang des zu patentierenden elektroakustischen Wandler dienen, der an eine Quelle sinusförmiger Wechselspannung U angeschlossen ist, die in der Zeichnung vereinfacht durch Klemmen 8 wiedergegeben ist.

Die elastischen Elemente 1, 3 und 5 sind in Form von Muttern ausgeführt, die mit ihrem Gewinde 9 auf einen Gewindestift 10 aufgeschraubt sind. Die elastischen Elemente 1, 3 und 5 sowie der Gewindestift 10 sind geerdet.

Der Innendurchmesser der Bohrungen der die Piezoelemente 2 und 4 bildenden Piezokeramikringe 6 ist größer als der Durchmesser des Gewindestiftes 10, was ein Verbinden der Anschlüsse 7 mit den geerdeten elastischen Elementen 1, 3, 5 sowie dem Gewindestift 10 ausschließt.

Die Stirnflächen 11 und 12 der jeweiligen elastischen Elemente 1 und 5 dienen als ein Ausgang der akustischen Wellen im zu patentierenden elektroakustischen Wandler.

Die Wirkungsweise des erfindungsgemäßen elektroakustischen Wandler besteht in folgendem.

Beim Verbinden der Anschlüsse 7 (Fig. 1), die als elektrischer Eingang des erfindungsgemäßen elektroakustischen Wandler dienen, mit einer Quelle sinusförmiger Wechselspannung U, die sich mit einer Frequenz ändert, welche der Frequenz

der mechanischen Resonanz des elektroakustischen Wandler von Fig. 1 gleich ist, erzeugen die Piezoelemente 2 und 4 mechanische Schwingungen, die sich entlang dem erfindungsgemäßen elektroakustischen Wandler ausbreiten. Dabei werden von den als Ausgang dienenden Stirnflächen 11 und 12 des elektroakustischen Wandler akustische Wellen in die Umgebung ausgestrahlt.

Eine Kurve 13 (Fig. 2) gibt die Verteilung der Schwingungsamplitude entlang dem zu patentierenden elektroakustischen Wandler für die von dem einen Piezoelement 2 erzeugten Schwingungen, eine Kurve 14 aber dieselbe für die von dem anderen Piezoelement 4 erzeugten Schwingungen wieder. Infolge der Addition dieser Schwingungen entsteht eine Summenschwingung, deren Amplitudenverteilung durch eine Kurve 15 in der Zeichnung dargestellt ist. Die Amplitude ξ_{\max} der Summenschwingungen der Stirnflächen 11 und 12 des erfindungsgemäßen elektroakustischen Wandler ist um das Doppelte größer als die Amplitude der Schwingungen, die getrennt von jedem der Piezoelement 2 bzw. 4 erzeugt werden. Also ist die am Ausgang des zu patentierenden elektroakustischen Wandler aufgebrauchte akustische Gesamtleistung um den Faktor vier größer.

Die Kurven 16 (Fig. 3) und 17 geben die Verteilung der Amplituden von mechanischen Spannungen, die entlang dem erfindungsgemäßen elektroakustischen Wandler entstehen, bei der Ausbreitung von getrennt von den Piezoelementen 2 und 4 erzeugten Schwingungen wieder. Die Kurve 18 gibt die Verteilung der Amplituden τ_{\max} der mechanischen Gesamtspannungen entlang dem erfindungsgemäßen elektroakustischen Wandler wieder.

Wie es aus dem in Fig. 3 dargestellten Diagramm ersichtlich ist, befinden sich die Piezoelemente 2 (Fig. 1) und 4 in einem Bereich, wo die mechanischen Spannungen keinen Größtwert erreichen. Wenn, man annimmt, daß τ_{\max} (Fig.3) einen Schwellwert der mechanischen Spannung bedeutet, bei der die Zerstörung der Piezoelemente 2 und 4 eintritt, so ist es erkennbar, daß die zugeführte elektrische Leistung um das 0,7fache vergrößert werden kann, ohne daß eine Zerstörung der Piezoelemente geschieht.

Eine Abnahme der mechanischen Spannungen in den Piezoelementen 2 und 4 führt zur Verkleinerung von mechanischen Verlusten und somit zur Erniedrigung der Erhitzungstemperatur der Piezoelemente 2 und 4, was zur Erhöhung der Betriebszuverlässigkeit und -stabilität des zu patentierenden elektroakustischen Wandler im ganzen beiträgt.

Im konkreten Ausführungsbeispiel des elektroakustischen Wandler gemäß Fig. 1 ist jedes Piezoelement 2 und 4 in Form von zwei piezokeramikringen 6 mit einem Außendurchmesser von 40 mm,

einem Bohrungsdurchmesser von 20 mm und einer Stärke von 4 mm ausgeführt. Die Länge der elastischen Elemente 1 und 5 beträgt 18 mm, die Länge des elastischen Elementes 3 macht 60 mm aus. Die elastischen Elemente 1, 3, 5 sind aus einer Aluminiumlegierung hergestellt. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der mechanischen Wellen in dieser Legierung beträgt $4,8 \cdot 10^3$ m/s. Also macht die Länge des elastischen Elementes 3 $\lambda / 4$ aus. Der Gewindestift 10 ist aus Stahl gefertigt. Die Arbeitsfrequenz dieses Wandlers ist 20 kHz.

Der erfindungsgemäße elektroakustische Wandler gewährleistet eine vierfache Steigerung der Ausgangsleistung unter gleichzeitiger Erhöhung der Betriebszuverlässigkeit und -stabilität, was zur Verlängerung der Lebensdauer und Reduzierung des Reparaturaufwandes für den Wandler führt.

Gewerbliche Verwertbarkeit

Der elektroakustische Wandler kann in den technologischen Ausrüstungen angewendet werden, die die akustischen Wellen beim Spülen, Tränken und Schweißen von Erzeugnissen verschiedener Konfiguration verwenden.

Ansprüche

1. Elektroakustischer Wandler, der aufeinanderfolgend angeordnete und über ihre Stirnflächen kontaktierende: ein erstes elastisches Element (1), ein erstes Piezoelement (2), ein zweites elastisches Element (3), ein zweites Piezoelement (4) sowie ein drittes elastisches Element (5) enthält, deren Gesamtlänge einer ganzen Zahl von Halbwellen der Arbeitslänge der akustischen Welle gleich ist, während die Längen des ersten elastischen Elementes (1) und des dritten elastischen Elementes (5) untereinander etwa gleich sind, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Länge des zwischen dem ersten Piezoelement (2) und dem zweiten Piezoelement (4) angeordneten zweiten elastischen Elementes (3) einer ungeraden Zahl von Viertelwellen der Arbeitslänge der akustischen Welle gleich ist.

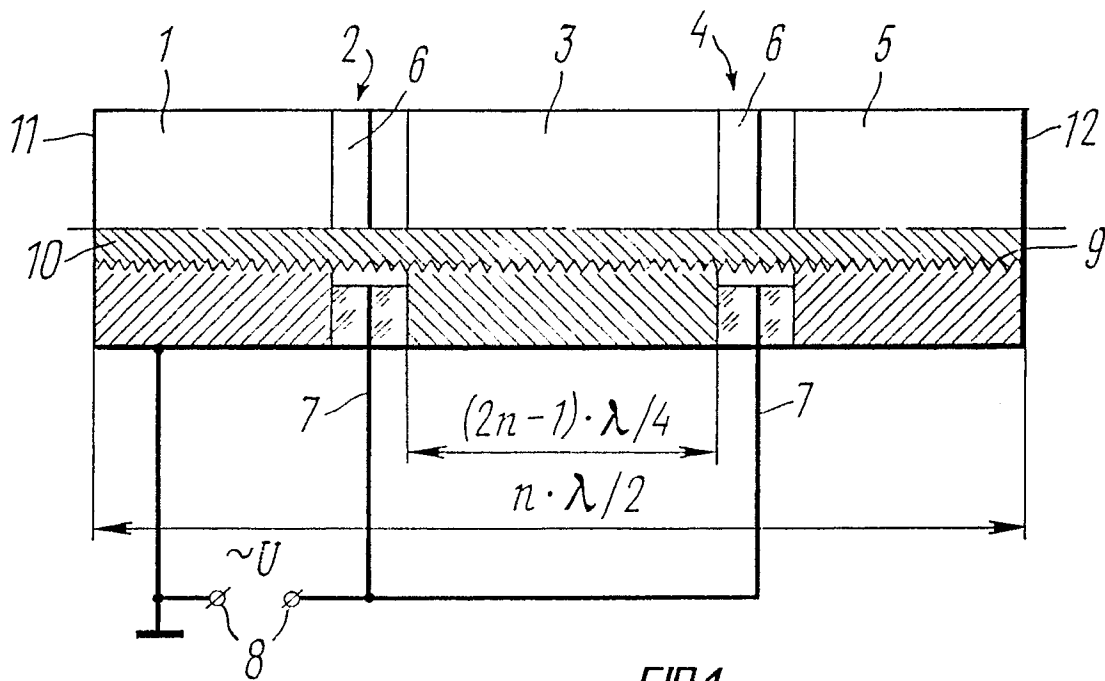


FIG. 1

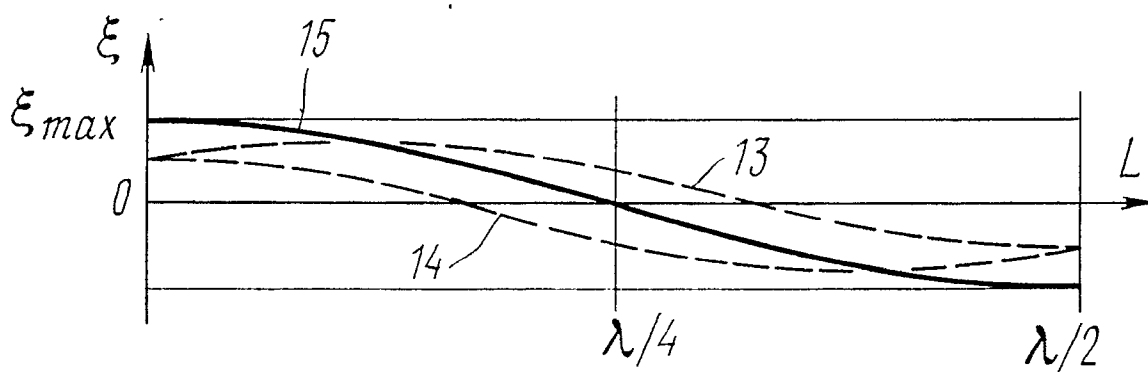


FIG. 2

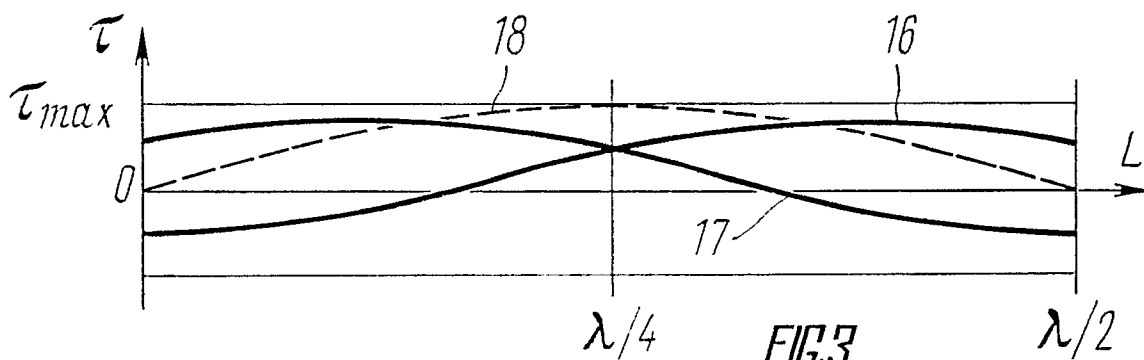


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/SU 89/00100

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl. ⁵	B06B I/06	
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int. Cl. ⁴	B06B I/00, I/06, H04R 17/00	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT⁹		
Category ⁹	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	GB, B, I379955, /EASTMAN KODAK COMPANY), 8 January 1975 (08.01.75), figures 1-3, claims 1,3,4,5, (cited in the description)	I
X	SU, AI, I40279, (L.O. Makarov), 15 June 1966 (15.06.66)	I
A	FR, AI, 2027662 (SIMMS GROUP RESEARCH & DEVELOPMENT LIMITED), 2 October 1970 (02.10.70), figure 3, claim 1.	I
A	FR, AI, 2079768, (SCOTTO Jean-Pierre), 12 November 1971 (12.11.71), the claims	I
A	SU, AI, 1052278, (V.G. Moiseev et al.) 7 November 1983 (07.11.83), the claims	I
<p>* Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
16 November 1989 (16.11.89)	10 January 1990 (10.01.90)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
ISA/SU		