



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 906 791 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.04.1999 Patentblatt 1999/14

(51) Int. Cl.⁶: **B06B 1/06**

(21) Anmeldenummer: **98117312.3**

(22) Anmeldetag: **12.09.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

• **CeramTec AG Innovative Ceramic Engineering
73207 Plochingen (DE)**

(30) Priorität: **04.10.1997 DE 19743859**

(72) Erfinder:
• **Brenner, Axel
28259 Bremen (DE)**
• **Handschuh, Kurt
90542 Eckental (DE)**

(71) Anmelder:
• **STN ATLAS Elektronik GmbH
28309 Bremen (DE)**

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Verbund-Ultraschallwandlers**

(57) Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines Verbund-Ultraschallwandlers mit in Kunststoff eingelagerten, im wesentlichen in Längsrichtung abstrahlenden Wandlerelementen aus piezoelektrischer Keramik vorgestellt, bei dem zur Senkung der Herstellungskosten in aufeinanderfolgenden Verfahrensschritten mehrere flache Keramikkörper (20) mit einer Vielzahl von parallelen, schlitzzartigen und allseits geschlossenen Durchbrüchen gepreßt, in eine Gießform (25) eingesetzt

und die Gießform (25) mit Kunststoff ausgegossen wird. Nach Aushärten wird der so entstandene Gußblock (28) entformt, und am entformten Gußblock (28) die auf voneinander abgekehrten, quer zur Längsrichtung der Durchbrüche (21) sich erstreckenden Seiten das Keramikmaterial (26) so weit entfernt, daß das in den Durchbrüchen (21) eingebettete Kunststoffmaterial (26) stirnseitig freiliegt.

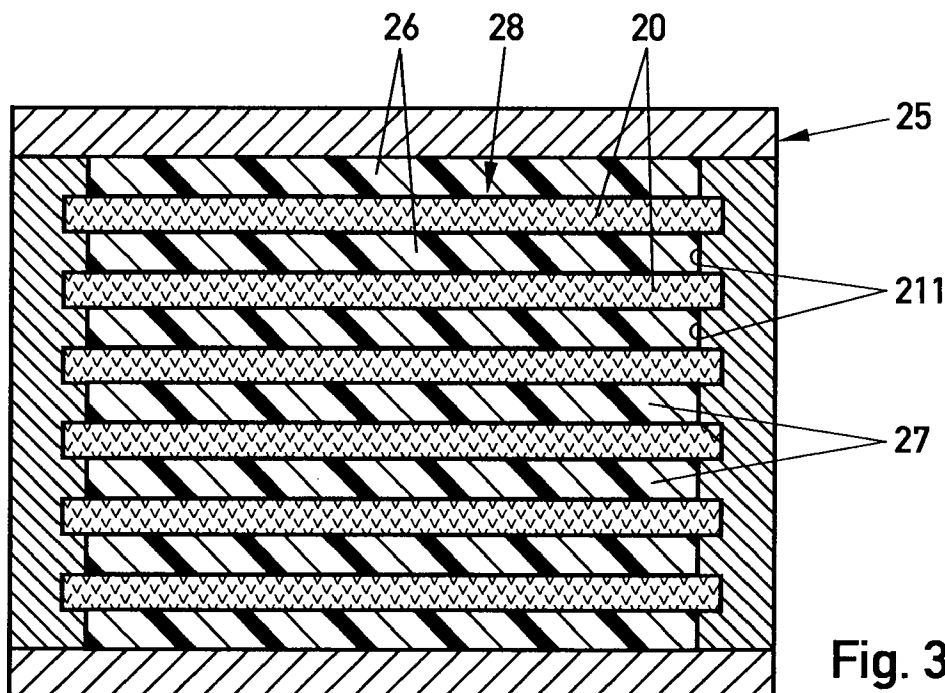


Fig. 3

EP 0 906 791 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Verbund-Ultraschallwandlers, der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

[0002] Ein solcher Verbund-Ultraschallwandler, auch Composite-Ultraschallwandler genannt, ist aus vielen kleinen piezoelektrisch aktiven, einzelnen Wandlerelementen aufgebaut. Die Wandlerelemente sind in den Abmessungen so konzipiert, daß sie im wesentlichen in Längsrichtung abstrahlen. Die Wandlerelemente eines Verbund-Ultraschallwandlers sind in eine Kunststoffmatrix so eingelagert, daß die Längsrichtungen der Wandlerelemente zueinander parallel sind. Die Länge der einzelnen Wandlerelemente bestimmt die Dicke des Verbund-Ultraschallwandlers und damit den Arbeitsfrequenzbereich.

[0003] Bei einem bekannten Verfahren zur Herstellung eines solchen Ultraschall-Verbundwandlers (EP 0 462 311 B1) wird zunächst eine Form aus Kunststoff so erzeugt, daß sie negative Strukturen entsprechend einer vorgegebenen Anordnung der Wandlerelemente enthält, wobei die Form die negativen Strukturen überragt. Die Form wird mit einem Keramikschlicker bis über die negativen Strukturen hinaus gefüllt und dann getrocknet und gebrannt. Beim Brennen verbrennt die Kunststoffform ohne feste Rückstände, und es entsteht die nunmehr an einem Keramikboden fixierte Anordnung der Wandlerelemente. Die Hohlräume, die beim Brennen durch Ausbrennen der Kunststoffform entstehen, werden mit einem Polymer vergossen, wodurch die Lage der Wandlerelemente fixiert wird und sich die mechanische Stabilität des Verbund-Ultraschallwandlers unter Erfüllung der akustischen Anforderungen ergibt. Schließlich wird der die Wandlerelemente verbindende Keramikboden entfernt und die Stirnseiten der Wandlerelemente werden mit Elektroden belegt.

[0004] Bei diesem Verfahren ist es für die saubere und verlustfreie Entformung der Kunststoffform mit den Negativstrukturen der Wandleranordnung erforderlich, die Negativstrukturen, welche die Zwischenräume zwischen den einzelnen Wandlerelementen vorgeben, im Querschnitt über deren Länge zu verjüngen. Damit können nach diesem Verfahren nur Ultraschallwandler mit kegelstumpf- oder pyramidenstumpfförmig ausgebildeten Wandlerelementen erzeugt werden. Außerdem lassen sich nur begrenzte Verhältnisse zwischen Wandlerelementgeometrie und den Abständen der Wandlerelemente realisieren, wobei der Keramikanteil relativ klein ist und damit sich nur eine begrenzte akustische Leistungsfähigkeit erreichen läßt.

[0005] Bei einem ebenfalls bekannten Verfahren zur Herstellung von Composite-Wandlern werden in einen mittels eines geeigneten Verfahrens hergestellten Keramikblock, einen sog. Rohling, mit einer sehr genauen arbeitenden Keramiksäge, vorzugsweise einer Inlachsäge, Schlitz in Längs- und Querrichtung gesägt. Der Sägeschnitt erfolgt dabei nur so tief, daß noch ein

durchgehender unterer Keramiksockel verbleibt. Der eingesetzte Rohling wird mit einem Polymer vorzugsweise Polyurethan, vergossen. Nach dem Verguß wird der Keramiksockel abgesägt. Die Tiefe der in den Rohling eingebrachten Sägeschnitte ist durch die gewünschte Arbeitsfrequenz (Resonanzfrequenz) des Wandlers bestimmt.

[0006] Der Nachteil dieses Verfahrens liegt in den langen Prozeßzeiten für das Sägen. Darüberhinaus ist die Ausschußrate sehr hoch, da infolge der Sprödigkeit des Keramikmaterials sehr leicht einzelne der gesägten Säulen ausbrechen, wodurch der gesamte Rohling unbrauchbar wird.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrund, ein Verfahren zur Herstellung eines Verbund-Ultraschallwandlers anzugeben, das nicht den vorgenannten Einschränkungen unterliegt und infolge kurzer Prozeßzeiten und extrem geringer Ausschußrate einen nur geringen Kosteneinsatz erfordert.

[0008] Die Aufgabe ist bei einem Verfahren der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichen teil des Anspruchs 1 gelöst.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, daß anders als bei den bekannten Verfahren nicht sofort der dreidimensionale Wandlerblock mit der Vielzahl von durch einen Sockel verbundenen Keramiksäulen hergestellt wird, sondern zunächst Keramikkörper als zweidimensionale, leiterartige Gebilde erstellt werden. Durch Zusammenfügen dieser zweidimensionalen, leiterartigen Gebilde entsteht dann der dreidimensionale Wandlerblock. Die leiterartigen Keramikkörper selbst und die in der Gießform erfolgende Zusammenführung der Keramikkörper können entsprechend den jeweiligen Anforderungen an den fertigen Wandler in den Geometrien von Keramik und Freiraum variiert werden. Die leiterartigen, flachen Keramikkörper lassen sich nach bekannten Verfahren herstellen, wobei bevorzugt Preßverfahren angewendet werden, wie sie von der Herstellung von piezokeramischen Scheiben oder Zylindern bekannt sind. Gegenüber dem bekannten Sägeverfahren sind die Prozeßzeiten bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wesentlich kürzer und die Ausschußquote deutlich niedriger.

[0010] Zweckmäßige Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens mit vorteilhafter Weiterbildung und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren ist anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels eines Verbund-Ultraschallwandlers im folgenden näher beschrieben.

[0012] Es zeigen, jeweils in schematischer Darstellung:

Fig.1 ausschnittsweise einen Querschnitt eines Verbund-Ultraschallwandlers,

Fig.2 eine perspektivische Darstellung eines Keramikkörpers zur Fertigung des Verbund-Ultraschallwandlers in Fig.1,

Fig.3 einen Querschnitt einer Gießform mit eingesetzten Keramikkörpern zur Fertigung des Verbund-Ultraschallwandlers in Fig.1.

[0013] Der in Fig.1 ausschnittsweise im Querschnitt skizzierte Verbund-Ultraschallwandler, auch Composite-Ultraschallwandler genannt, weist eine Vielzahl von kleinen, piezoelektrisch aktiven Wandlerelementen 11 aus piezoelektrischer Keramik auf, die in einer Kunststoffmatrix 12 aus einem Polymer, vorzugsweise Polyurethan, eingebettet sind. Die Wandlerelemente 11 haben Säulenform und sind so ausgerichtet, daß ihre Längsrichtungen zueinander parallel sind. Auf der einen Oberfläche der Kunststoffmatrix 12 und auf der einen Stirnseite der Wandlerelemente 11, ist eine durchgehende Elektrode 14 angeordnet. Auf der von dieser durchgehenden Elektrode 14 abgekehrten Oberfläche der Kunststoffmatrix 12 und der Stirnfläche der Wandlerelemente 21 ist eine strukturierte Elektrode 15 angeordnet. Je nach Anwendung des Verbund-Ultraschallwandlers, kann diese strukturierte Elektrode 15 ringförmig oder linear strukturiert sein. Mit der strukturierten Elektrode 15 werden vorgegebene Wandlerlemente 11 zu getrennt ansteuerbaren Gruppen zusammengefaßt. Je nachdem, welche der Elektroden 14,15 in Senderichtung zeigt, die in Fig.1 mit Pfeil 13 symbolisiert ist, ist auf der einen Elektrode 14 in bekannter Weise mindestens eine Anpaßschicht 16 zur Anpassung der akustischen Impedanz und auf der anderen Elektrode 15 eine Dämpfungsschicht 17 angeordnet, die entgegen der Senderichtung 13 abgegebenen Ultraschall absorbiert.

[0014] Der so aufgebaute Verbund-Ultraschallwandler wird in folgenden Verfahrensschritten hergestellt:

[0015] Zunächst werden eine Mehrzahl von plattenförmigen Keramikkörpern 20, wie einer in Fig.2 skizziert ist, durch Pressen und anschließendem Brennen hergestellt. Die Dicke des Keramikkörpers 20 ist relativ gering und beträgt beispielsweise weniger als 0,5 mm. Beim Pressen mittels einer Preßform werden in den Keramikkörpern 20 allseits geschlossene Durchbrüche 21 eingearbeitet, die einen rechteckförmigen Querschnitt mit einem optimierten Längezu Breite-Verhältnis aufweisen und parallel zueinander ausgerichtet sind. Als Endprodukt des Preßvorgangs entsteht ein leiterartiges Gebilde von in einem der Breite der Durchbrüche 21 entsprechenden Abstand voneinander angeordneten Keramikstegen 22, die auf der Längsseite des plattenförmigen Keramikkörpers 20 durch zwei brückenartige Keramikstreifen 23 bzw. 24 miteinander verbunden sind. Diese Keramikstege 22 bilden die späteren Wandlerelemente 11 des Verbund-Ultraschallwandlers in Fig.1.

[0016] Die so hergestellten, leiterförmigen Keramik-

körper 20 werden in eine Gießform 25 eingesetzt, wobei die einzelnen Keramikkörper 20 parallel zueinander und im Abstand voneinander ausgerichtet werden. Ein Querschnitt einer Gießform 25 mit insgesamt sechs eingesetzten Keramikkörpern 20 ist in Fig.3 dargestellt. Die Anzahl der Keramikkörper 20 bestimmt sich ebenso wie Anzahl und Länge der Keramikstege 22 in den einzelnen Keramikkörpern 20 durch die beabsichtigte Konfiguration des Verbund-Ultraschallwandlers. Nunmehr wird die Gießform 25 mit einem Kunststoffmaterial 26 so ausgegossen, daß die Zwischenräume frei von Luft einschließen ausgefüllt sind. Als Kunststoff wird ein Polymer, vorzugsweise Polyurethan, verwendet. Dieses Kunststoffmaterial 26 füllt alle Durchbrüche 21 in den Keramikkörpern 20 und alle Zwischenräume 27 zwischen den einzelnen Keramikkörpern 20 aus. Nach Aushärten des Polymers entsteht ein Gußblock 28 der durch Abtrennen der Gießform 25 entformt wird. Der entformte Gußblock 28 wird auf voneinander abgekehrten quer zur Längsrichtung der Durchbrüche 21 in den einzelnen Keramikkörpern 20 sich erstreckenden Seiten soweit beschnitten, daß das in den Durchbrüchen 21 eingebettete Kunststoffmaterial 26 stirnseitig freiliegt. Bezogen auf die einzelnen Keramikkörper 20 werden also durch Entlangschneiden oder -sägen längs der schmalen Seitenkanten 211 der Durchbrüche 21 die Keramikstreifen 23 und 24 an allen Keramikkörpern 20 sowie das dazwischenliegende Kunststoffmaterial 26 abgetrennt. Damit besteht zwischen den Stegen 22 keine Brücke aus Keramikmaterial mehr, und im Gußblock 28 sind nunmehr die die Wandlerelemente 11 bildenden Keramikstege 22 in der Kunststoffmatrix 12 eingebettet. Da die Nennfrequenz der einzelnen Wandlerelemente 11 von ihrer Länge abhängt, werden noch die Stirnseiten der Keramikstege 22 soweit abgeschliffen bis Nennfrequenz erreicht ist.

[0017] Der so hergestellte Gußblock 28 wird noch mit den Elektroden 14 und 15 und den Schichten 16 und 17 versehen, so daß sich nunmehr der in Fig.1 skizzierte Verbund-Ultraschallwandler ergibt.

[0018] Die Erfindung ist nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. So kann der Verbund-Ultraschallwandler nicht nur als Flächenarray sondern auch als Lineararray ausgeführt werden. In diesem Fall wird nur ein einziger Keramikkörper 20 in die Gießform 25 eingesetzt und in der beschriebenen Weise behandelt.

[0019] Die Gießform 25 kann einfacher ausgeführt werden, wenn auf der Oberfläche der beiden brückenartigen Keramikstreifen 23,24 der Keramikkörper 10 Abstandsnocken angeformt werden, die die gießformseitig vorgehaltenen Abstandsstege überflüssig werden lassen.

[0020] Für spezielle Anwendungen kann anstelle einer rechteckförmigen Gießform 25 auch eine gekrümmte, insbesondere eine ringförmige Gießform verwendet werden, in die dann die einzelnen Keramikkörper 10 radial eingesetzt werden. Zusätzlich können

noch akustisch entkoppelnde Trennschichten, z.B. aus Kork oder Hartschaum, in die Gießform eingelegt und mit vergossen werden.

[0021] Anstelle von leiterartigen Gebilden können die flachen Formkörper 10 auch als kammartige Gebilde mit von einem Kammrücken abstehenden Kammzähnen hergestellt werden. Am entformten Gußblock 28 brauchen dann nur noch einseitig die Kammrücken entfernt zu werden. Die in der Kunststoffmatrix eingebetteten Kammzähne bilden wiederum die Wandlerelemente 11.

[0022] Anstelle durch Pressen und Brennen können die flachen Keramikkörper 10 auch in anderer Weise hergestellt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Verbund-Ultraschallwandlers, der in Kunststoff eingelagerte, im wesentlichen in Längsrichtung abstrahlende Wandlerelemente (11) aus piezoelektrischer Keramik enthält, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- es werden flache Keramikkörper (20) erzeugt, die jeweils eine Vielzahl von voneinander beabstandeten, schlitzzartigen, Durchbrüchen (21) aufweisen,
- mehrere Keramikkörper (20) werden mit Abstand voneinander in eine Gießform (25) eingesetzt,
- die Gießform (25) wird mit einem Kunststoffmaterial (26), vorzugsweise einem Polymer, ausgegossen,
- der nach Aushärten entstehende Gußblock (28) wird entformt und
- am entformten Gußblock (28) wird auf quer zur Längsrichtung der Durchbrüche (21) sich erstreckenden Seiten vorhandenes Keramikmaterial (23, 24) so weit entfernt, daß das in den Durchbrüchen (21) eingebettete Kunststoffmaterial (26) an den schmalen Seitenkanten (211) der Durchbrüche freiliegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die flachen Keramikkörper (20) jeweils ein leiterartiges Gebilde aus zwei durch voneinander beabstandete Keramikstege (22) miteinander verbundenen Keramikstreifen (23, 24) darstellen und daß am entformten Gußblock (28) die Keramikstreifen (23, 24) entfernt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die flachen Keramikkörper (20) jeweils ein kammartiges Gebilde mit von einem

Kammrücken zahnartig abstehenden Keramikstegen darstellen und daß am entformten Gußblock (28) die Kammrücken entfernt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Entfernen des stirnseitigen Keramikmaterials (23, 24) mittels Schneiden oder Sägen längs der schmalen Seitenkanten (211) der Durchbrüche (21) durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen den mit Kunststoffmaterial (26) gefüllten Durchbrüchen (21) verbleibenden Keramikstege (22) stirnseitig bis zum Erreichen der gewünschten Nennfrequenz des Wandlers abgeschliffen werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Gießform (25) rechteckförmig ist und die Keramikkörper (20) in der Gießform (255) parallel zueinander ausgerichtet sind.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Gießform (25) ringförmig gebogen ist und die Keramikkörper (20) radial in der Gießform (25) ausgerichtet sind.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in die Gießform (25) akustisch entkoppelnde Trennschichten eingelegt und mit vergossen werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramikkörper (20) durch Pressen geformt und anschließend gebrannt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramikkörper (20) mit geringer Materialstärke, vorzugsweise in Rechteckform ausgeführt werden.

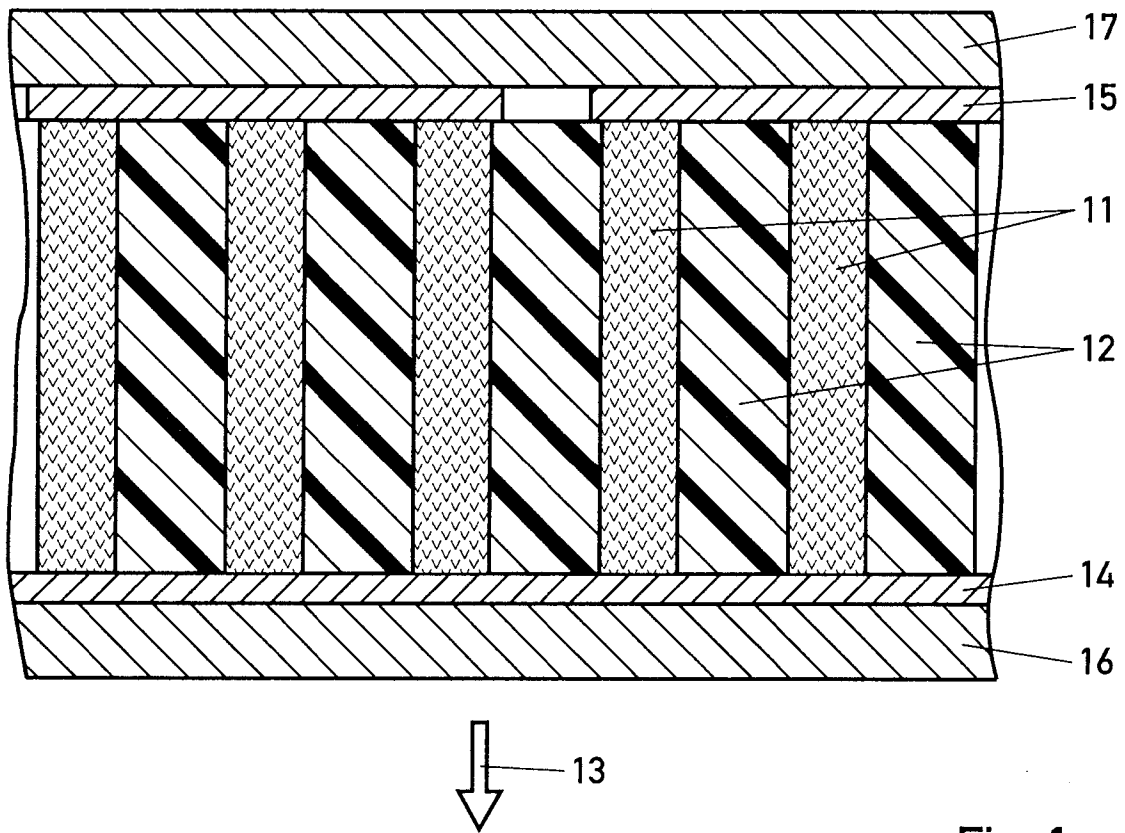


Fig. 1

