

⑤

Int. Cl. 2:

H 04 R 1/46

⑱ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

H 04 R 17/00

G 01 F 23/28

G 01 F 1/66



DT 26 14 376 A 1

⑪

Offenlegungsschrift 26 14 376

⑫

Aktenzeichen:

P 26 14 376.0

⑬

Anmeldetag:

2. 4. 76

⑭

Offenlegungstag:

21. 10. 76

⑳

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

3. 4. 75 USA 565020

⑤④

Bezeichnung:

Ultraschallwandler

⑦①

Anmelder:

U.S. Energy Research and Development Administration, Washington, D.C.

⑦④

Vertreter:

Wagner, K.H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

⑦②

Erfinder:

Karplus, Henry Heinz Berthold, Hinsdale, Ill. (V.St.A.)

DT 26 14 376 A 1

76-R-1670

2614376

United States Energy Research And Development Administration,
Washington, D.C. 20545, U.S.A.

Ultraschallwandler

Die Erfindung bezieht sich auf einen Ultraschallwandler, und zwar im einzelnen auf einen für Hochtemperatur-Anwendungsfälle zweckmäßigen Ultraschallwandler. Insbesondere bezieht sich die Erfindung dabei auf einen Kopplungskeil zur Anwendung in einem Hochtemperaturwandler.

Ultraschallwandler enthalten eine Platte aus piezoelektrischem Material, die mechanisch beim Anlegen eines externen elektrischen Feldes beansprucht wird, und die beim Anlegen einer mechanischen Beanspruchung eine elektrische Ladung erzeugt. Reflexionen der Ultraschallwellen innerhalb des Wandlers erzeugen Störungen, da einige der Wellen oft genug reflektiert werden, um Störsignale im Wandler zu erzeugen, aber nicht oft genug, um intern absorbiert zu werden. Demgemäß verwenden für Raumtemperatur-

609843/1051

betrieb gebaute Wandler normalerweise irgendein Kunststoff- oder gummiartiges Material zur Dämpfung der Eigenschwingungen der Wandlerkomponenten. Materialien mit hohem Innenverlust zeigen jedoch derartige Verluste nur in einem engen Temperaturbereich. Bei hohen Temperaturen können derartige Materialien nicht verwendet werden. Demgemäß können die üblichen im Handel verfügbaren Ultraschallwandler nicht in einer Hochtemperaturumgebung verwendet werden, wie beispielsweise in einem mit flüssigem Metall gekühlten Kernreaktor, wo die Temperaturen 1000°F oder mehr betragen. Ein wichtiger Anwendungsfall für einen derartigen Wandler würde in einem Strömungsmesser vorliegen, wie er in einem mit flüssigem Metall gekühlten schnellen Brüterreaktor verwendet wird. Der Wandler könnte auch in einem Natriumabtastsystem, Flüssigkeitspegel-Anzeigevorrichtungen oder in üblichen (nicht zu zerstörenden) Testvorrichtungen Verwendung finden.

Der erfindungsgemäße Ultraschallwandler zur Anwendung in einer Hochtemperaturumgebung von 1000°F oder mehr weist einen laminierten Metallkopplungskeil auf, der eine Reflexionsseitenkante besitzt, die als ein doppelt geneigtes Dach ausgebildet ist, und wobei ferner eine laminierte Metallschallabsorptions-Unterstützung für den Ultraschallwandlerkristall vorgesehen ist. Insbesondere weist der Ultraschallwandler einen Kopplungskeil auf, der aus einer Vielzahl von dünnen Metallplatten aufgebaut ist, die unter Druck zusammengehalten werden und eine optisch glatte Kante aufweisen, an der der Wandlerkristall befestigt ist, und wobei eine zweite Kante derart geformt ist, daß sie dem Körper entspricht, in den die Ultraschallwellen gerichtet werden sollen, und wobei eine dritte Reflexionskante als ein doppelt abfallendes Dach geformt ist, und wobei schließlich der Neigungswinkel der beiden Oberflächen des Dachs vorzugsweise etwas unterschiedlich ist, und wobei zudem der Winkel der ersten und dritten Kanten zur zweiten Kante der gleiche ist. Darüber hinaus weist der Wandler eine laminierte Metallunterstützung für den Wandlerkristall zur Dämpfung von Rückwellen vom Kristall auf.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich insbesondere aus den Ansprüchen sowie aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen an Hand der Zeichnung; in der Zeichnung zeigt:

- Fig. 1 eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Ultraschallwandlers;
- Fig. 2 einen Teilschnitt längs der Pfeile 2-2 in Fig. 1;
- Fig. 3 eine ähnliche Ansicht eines alternativen Ausführungsbeispiels;
- Fig. 4 einen Schnitt längs der Pfeile 4-4 in Fig. 1;
- Fig. 5 eine auseinandergezogene Ansicht, wobei die Beziehung des Wandlerkristalls zu den ihn umgebenden Teilen dargestellt ist;
- Fig. 6 eine Oszilloskopspur, welche die Ergebnisse darstellt, die mit dem erfindungsgemäßen Wandler erreicht werden.

Der erfindungsgemäße Wandler weist einen Kupplungskeil 10 auf, der aus einer Vielzahl von dünnen, aus rostfreiem Stahl oder anderem korrosions- und temperaturbeständigen Material bestehenden Platten oder Schichten 11 besteht, die unter einem Druck von 500 bis 1000 psi (35 bis 70 kg/cm²) durch Bolzen 12 zusammengehalten werden, und zwar über Klemmplatten 13 auf entgegengesetzten Seiten des Kupplungskeils. Gemäß einem (in Fig. 2 gezeigten) Ausführungsbeispiel der Erfindung hat der Keil 10 eine Breite von 1/2 Zoll (1,3 cm) und enthält zehn Schichten, von denen jede 0,05 Zoll (0,13 cm) breit ist. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel (gezeigt in Fig. 3) der Erfindung ist der Keil 10 0,43 Zoll (1,1 cm) breit und enthält vier 3/32 Zoll (0,24 cm) Schichten in der Mitte und fünf 5/1000 Zoll (0,013 cm) Unterlegteile an den Seiten, um Übertragungen auf die Klemmplatten zu eliminieren. Der Kupplungskeil 10 ist im ganzen von drei-

eckiger Gestalt mit drei durch die Kanten der Schichten 11 gebildeten Funktionsseiten. Eine erste Kante P ist optisch flach auf 0,5 Mikron Genauigkeit poliert, um den Wandlerkristall aufzunehmen. Eine zweite Kante Q besitzt zweckmäßigerweise einen Winkel von 45° gegenüber der ersten Kante und besitzt ferner einen Vorsprung 14, der derart geformt ist, daß er dem Objekt entspricht, in das die Ultraschallwellen gerichtet werden sollen. Da die wichtigste Anwendung der hier beschriebenen Vorrichtung bei einem Strömungsmesser zum Messen der Flüssigmetallströmung durch ein Rohr gegeben ist, ist der Vorsprung 14 hier konkav, um der Form des in Fig. 1 gestrichelten Rohrs zu entsprechen. Ein wichtiges neues Element der vorliegenden Erfindung ist die Form der dritten oder reflektierenden Kante R des Koppungskeils 10. Die Kante R befindet sich unter einem Winkel von 45° gegenüber der Kante Q. Die Kante jeder der den Keil 10 bildenden Schichten 11 ist unter einem Winkel derart geschnitten, daß die Seite R die Form eines doppelt geneigten Dachs besitzt. Obwohl der spezielle Neigungswinkel der beiden Dachhälften nicht kritisch ist, sollten sie in den Bereich von 50 bis 65 Grad fallen, wobei der Winkel bezüglich einer Ebene senkrecht zur Ebene der Schichten 11 gemessen ist.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Neigungswinkel der beiden Dachhälften um ungefähr 5° verschieden. Gemäß einem speziellen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Neigungswinkel der einen Hälfte des Dachs 55° und der anderen Hälfte 60° . Wenn der Neigungswinkel der beiden Dachhälften unterschiedlich ist, so verstärken sich Reflexionen von beiden Hälften nicht, wenn die Wellen zum Kristall zurückreflektiert werden. Die Schallwellen entstehen im Kristall 15, der beispielsweise ein 0,010 Zoll dickes (0,025 cm) Lithiumniobat (LiNbO_3)-Plättchen sein kann. Der Kristall 15 wird durch sechs 0,003 Zoll dicke (0,0076 cm) Folien 16 aus rostfreiem Stahl unterstützt, die zur Dämpfung der von der Rückseite des Kristalls kommenden Schallwellen dienen. Der Kristall 15 besitzt auf beiden Seiten 0,001 Zoll dicke (0,0025 cm) Platinfolien 17 zur

Trennung des LiNbO_3 -Kristalls von den aus rostfreiem Stahl bestehenden Schichten 11 und Folien 16 zur Minimierung der Sauerstoffwanderung vom LiNbO_3 -Plättchen zu dem rostfreien Stahl, was andernfalls bei den interessierenden Temperaturen auftreten könnte. Darüber hinaus ist Platin weich und paßt sich der Form der Körper auf jeder Seite des Platins an. Eine längliche aus rostfreiem Stahl bestehende Folie 18 von 0,020 Zoll Dicke (0,05 cm) ist an dem Ende des Stapels aus Folien 16 angeordnet und dient als Kontaktpunkt für einen elektrischen Leiter 18a mit dem Mittelleiter eines mineralisolierten Koaxialkabels 19, das in seiner Lage durch einen Block 20 gehalten ist, der an den Klemmplatten 13 durch Bolzen 21 befestigt ist.

Der Wandlerkristall 15 und die ihn umgebenden Folien zusammen mit einem Isolierglied 22 sind gegen Oberfläche P des Kopplungskeils 10 geklemmt oder festgelegt, und zwar durch eine Anordnung aus Kugel 23 und Sattel 24, wobei, wenn gewünscht, eine Belleville-Feder 25 vorgesehen ist, um sicherzustellen, daß die Klemmkraft gleichmäßig auf den Kristall 15 übertragen wird. Die Klemmkraft wird dadurch angelegt, daß die Klemmplatte 26 durch die Bolzen 27 nach unten gezogen wird.

Ein Schubwellen erzeugender X-geschnittener LiNbO_3 -Kristall 15 wird vorzugsweise im erfindungsgemäßen Wandler verwendet, obwohl auch ein Longitudinalwellen erzeugender Kristall verwendet werden könnte. Wenn die Übertragung in eine Flüssigkeit, beispielsweise flüssiges Natrium, erfolgt, so werden günstigere Brechwinkel durch Verwendung von Schubwellen erreicht, als durch Verwendung von Longitudinalwellen, weil die Schubwellengeschwindigkeit in Feststoffen kleiner ist als die Longitudinalgeschwindigkeit, und weil aus dem gleichen Grund die in die Flüssigkeit übertragene Energie besser ist. Zudem werden die Schubwellen besser an der Grenzschicht zwischen den Schichten (des Laminats) absorbiert als die Longitudinalwellen. Ein LiNbO_3 -Kristall wird deshalb bevorzugt, weil LiNbO_3 einen hohen elektromechanischen Kopplungskoeffizienten in der Schub-Betriebsart aufweist. Wenn man einen Ultraschallwellen in der Schub-Betriebsart erzeugenden LiNbO_3 -Kristall verwendet, so kann der Ein-

fallswinkel der Ultraschallwellen auf ein Rohr - oder ein anderes Werkstück - derart gewählt werden, daß keine Betriebsartenumkehr an den Kopplungskeilkanten auftritt, was die Konstruktion vereinfacht. Dieses Resultat erhält man dann, wenn der Winkel zwischen den Kanten P und Q des Kopplungskeils größer als 33° ist. Innerhalb dieser Grenzen sind reine Schubwellen in der Flüssigkeit im Rohr vorhanden.

Ein gemäß der Erfindung ausgebildeter Wandler mit einem Kopplungskeil gemäß Fig. 2 wurde untersucht und die Oszilloskopaufzeichnung gemäß Fig. 6 zeigt die in diesem Versuch erhaltenen guten Ergebnisse. Die Testultraschallwellen wurden auf ein leeres Rohr gerichtet und es wurde ein 20 Fuß langes Kabel mit ungefähr 10 Mikrosekunden Verzögerung in der Schaltung verwendet, um das Vorhandensein von flüssigem Metall im Rohr zu simulieren. Fig. 6 zeigt die hohe Spitze des Ultraschallimpulses und die relativ kleinen Spitzen und die schnelle Dämpfung des damit verbundenen Rauschens.

A n s p r ü c h e

1. Ultraschallwandler mit einem Wandlerkristall aus einem Wandlermaterial sowie einem Kopplungskeil, der derart angeordnet ist, daß die Ultraschallwellen vom Wandlerkristall in den Kopplungskeil über eine Kante desselben und in ein Werkstück, angeordnet an einer zweiten Kante des Kopplungskeils, gerichtet werden, dadurch gekennzeichnet, daß der Kopplungskeil (10) aus einer Vielzahl von dünnen, im ganzen dreieckigen Schichten aus einem korrosionsbeständigen und temperaturbeständigen Material besteht, wobei diese Schichten unter Druck zusammengehalten sind, und wobei die dritte Kante des Kopplungskeils derart aufgebaut und angeordnet ist, daß von der Grenzschicht zwischen dem Kopplungskeil und dem Werkstück reflektierte Ultraschallwellen über die Grenzflächen der Schichten gerichtet werden.

2. Ultraschallwandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte Kante als doppelt geneigtes Dach ausgebildet ist.

3. Ultraschallwandler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Neigungswinkel der beiden Hälften der dritten Kante unterschiedlich sind.

4. Ultraschallwandler nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Neigungswinkel der einen Hälfte der dritten Kante bezüglich einer Ebene senkrecht zur Ebene der Schichtungen 55° beträgt, und daß der Neigungswinkel der anderen 60° beträgt.

5. Ultraschallwandler nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Stapel aus Metallfolien, die den Wandlerkristall als Schallwellen dämpfendes Material stützen.

Fig. 1

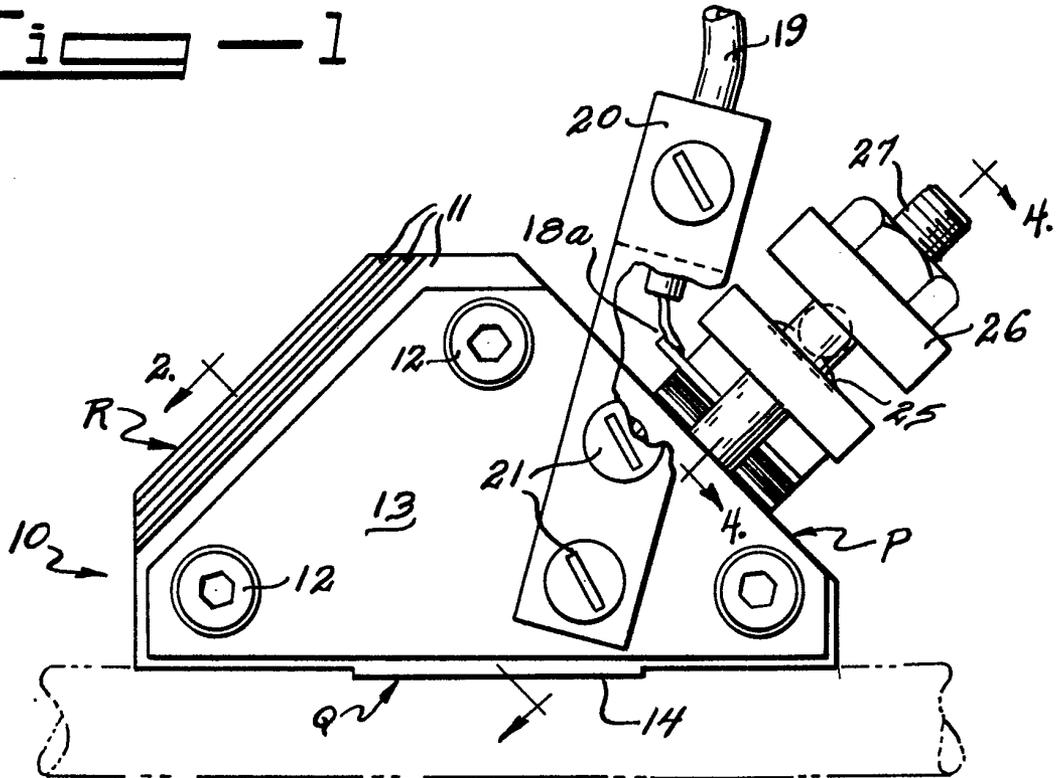


Fig. 2

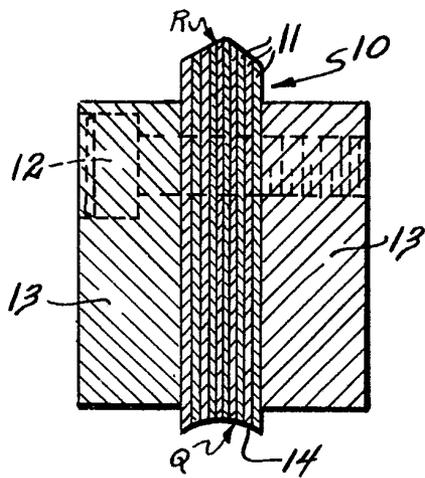
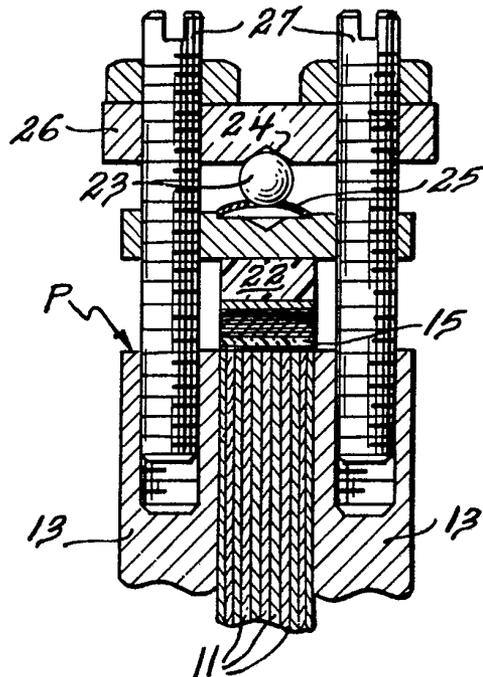


Fig. 4



609843/1051

Fig - 3

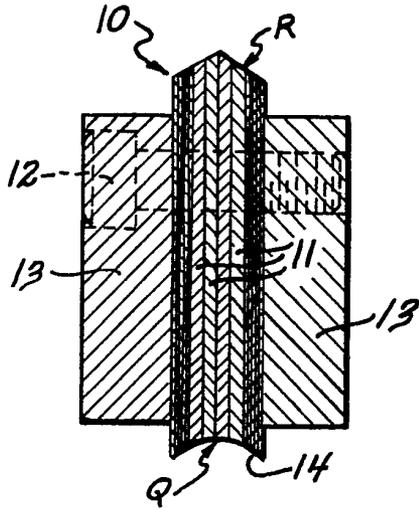


Fig - 6



Mikrosekunden

Fig - 5

