

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 688 610 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **95108243.7**

51 Int. Cl.⁸: **B06B 1/06**

22 Anmeldetag: **24.05.95**

30 Priorität: **21.06.94 DE 4421436**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.12.95 Patentblatt 95/52

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE DK ES FR GB IT NL

71 Anmelder: **KRAUTKRÄMER GmbH & Co.**
Robert-Bosch-Strasse 3
D-50354 Hürth (DE)

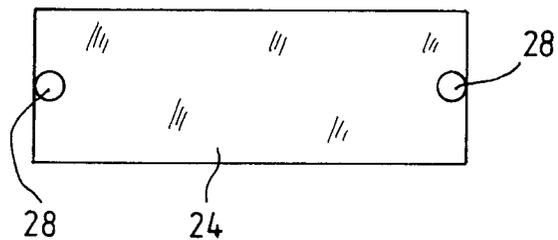
72 Erfinder: **Gossel, Bernhard**
Nievenheimer Str. 27
D-50739 Köln (DE)
Erfinder: **Warkowski, Willi**
Raphaelstr. 37
D-50169 Kerpen-Brüggen (DE)

74 Vertreter: **Bauer, Wulf, Dr.**
Bayenthalgürtel 15
D-50968 Köln (Marienburg) (DE)

54 **Breitstrahlprüfkopf für die Ultraschallprüftechnik**

57 Die Erfindung zeigt einen Breitstrahlprüfkopf für die Ultraschallprüftechnik, mit einem länglichen, piezoelektrischen Kristall (24), der ein Seitenverhältnis von mindestens 1:2 aufweist und eine Dicke hat, die kleiner ist als 1/5 der kleineren Seitenabmessung. Im Bereich jeder Schmalseite (26) ist jeweils eine Ausnehmung vorgesehen, die entweder als ein Loch (28) in unmittelbarer Nähe der Schmalseite (26) oder als ein von der Schmalseite (26) ausgehender Einschnitt (30), z. B. ein Schlitz, ausgebildet ist.

FIG. 2



EP 0 688 610 A2

Die Erfindung bezieht sich auf einen Breitstrahlprüfkopf für die Ultraschallprüftechnik, mit einem länglichen, piezoelektrischen Kristall, der ein Seitenverhältnis von mindestens 1:2 aufweist und eine Dicke hat, die kleiner ist als 1/5 der kleineren Seitenabmessung.

Bei der Ultraschallprüftechnik werden Breitstrahlprüfköpfe eingesetzt, wenn eine große Prüfspurbreite erzielt werden soll. Es gibt die Anordnung kleiner Sendeprüfköpfe, denen als Empfänger Breitstrahlprüfköpfe zugeordnet sind und umgekehrt. Breitstrahlprüfköpfe dieser Art sind aus der DE 24 31 429 C1 bekannt.

Unter Breitstrahlprüfköpfen werden Prüfköpfe verstanden, die einen länglichen, zumeist rechteckförmigen piezoelektrischen Wandler haben. Bei diesen Wandlern handelt es sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung ausschließlich um Kristalle, Folien sind also nicht eingeschlossen.

Typische Breitstrahlprüfköpfe haben einen rechteckförmigen Kristall mit einem Seitenverhältnis von 1:2,5 bis zu 1:3,5. Ein typischer Prüfkopf für 4 MHz hat Schwingerabmessungen von 6 x 17 x 0,25 mm.

Es ist bekannt, daß derartige Prüfköpfe ein Schallfeld in Längsrichtung erzeugen, das im wesentlichen einem gleichschenkligen Trapez ähnlich ist, aber im Randbereich Überhöhungen aufweist. Diese Überhöhungen liegen um typischerweise 2 bis 4 dB höher als der anschließende, weitgehend plateauartige Verlauf über den größten Anteil der Länge des Kristalls. Ein typisches Schallfeld ist in FIG. 1 dargestellt, hierauf wird später noch eingegangen.

Die Randüberhöhung bei Breitstrahlprüfköpfen ist für die Ultraschallprüftechnik nachteilig, weil im Randbereich Fehler überhöht bewertet werden im Vergleich zum Bereich in der Mitte des Kristalls.

Es erfordert erhebliche elektronische Maßnahmen, um die Randüberhöhung elektronisch zu kompensieren. Zur Vermeidung der störenden Randüberhöhungen sind bislang verschiedene Techniken erprobt worden. Es wurde versucht, durch geeignete Formgebung der Schwinger, z. B. Rundungen an den Schwingerenden, schräg geschnittene Schwingerenden, die Überhöhungen zu vermeiden. Hiermit wurde aber kein Erfolg erzielt. In einem anderen Ansatz wurden Dämpfungsmassen geeigneter Ausbildung und in geeigneter Weise an den abstrahlenden Flächen des Prüfkopfes angeordnet. Hierdurch ergaben sich zwar Erfolge, die Korrektur ist aber sehr umständlich und bringt auch den Nachteil mit sich, daß die dämpfenden Massen irgendwann abfallen können, wodurch der Prüfkopf sprunghaft seine Eigenschaften ändert.

Nach wie vor besteht ein Bedürfnis darin, die Randüberhöhungen bereits im Breitstrahlprüfkopf so zu kompensieren, daß das Randfeld etwa die

gleiche Empfindlichkeit aufweist wie der Bereich der Mitte des Breitstrahlprüfkopfes.

Hier setzt nun die Erfindung ein. Sie hat es sich zur Aufgabe gemacht, den Breitstrahlprüfkopf der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, daß die Randüberhöhungen durch einfache Maßnahmen weitgehend kompensiert sind.

Diese Aufgabe wird ausgehend von der vorbekannten Breitstrahlprüfkopf dadurch gelöst, daß im Bereich jeder beiden Schmalseiten jeweils eine Ausnehmung vorgesehen ist, die entweder als ein Loch in unmittelbarer Nähe der Schmalseite oder als ein von der Schmalseite ausgehender Einschnitt, z. B. ein Schlitz, ausgebildet ist.

Die Randüberhöhung, also die höhere Empfindlichkeit im Vergleich zum Plateau im Bereich der Ränder, wird durch eine einfache mechanische Maßnahme beseitigt. Die Fläche des piezoelektrischen Kristalls wird im Bereich der Schmalseite des im wesentlichen rechteckförmigen und vorzugsweise rechteckförmigen piezoelektrischen Kristalls dadurch reduziert, daß die Ausnehmung ausgebildet wird. Sie ist entweder als ein Loch ausgeführt, das sich in unmittelbarer Nähe der Schmalseite befindet, oder liegt als ein Einschnitt vor, der von der Schmalseite ausgehend in den Bereich in Nähe der Schmalseite eingearbeitet ist. Durch die so ausgeführte Ausnehmung wird das Randverhalten gezielt beeinflußt. Die Ausnehmung wird so groß gewählt, daß die Randüberhöhung wegfällt. Wird die Ausnehmung zu groß ausgeführt, so kann die Randüberhöhung sogar in ihr Gegenteil umgekehrt werden. Insgesamt ermöglicht die Erfindung damit eine dosierte Einstellung der Schallfeldkennlinien eines Breitstrahlprüfkopfes im Bereich der Ränder.

Die Fläche der Ausnehmung ist relativ klein, sie beträgt höchstens 5 % vorzugsweise höchstens 2 % der Fläche des piezoelektrischen Kristalls. Die Ausnehmung kann dadurch in den piezoelektrischen Kristall eingearbeitet werden, daß der Bearbeitungsgang von einer Hauptfläche des Kristalls ausgeht, beispielsweise indem das Loch gebohrt wird, sie kann aber auch so ausgeführt werden, daß die Bearbeitung an einer Schmalseite beginnt, beispielsweise durch ein Sägen, z. B. mit einer Diamantsäge.

Die Ausnehmung ist im Bereich der Mitte der Schmalseite angeordnet. Sie befindet sich in einem Bereich innerhalb weniger Millimeter von der Schmalseite entfernt. Typischerweise ist das Loch in einem Bereich, der maximal 3, vorzugsweise maximal 2 mm von der Schmalseite entfernt ist. Der Einschnitt ist maximal 2 mm von der Schmalseite entfernt. Bei größeren Schwingern, also bei tieferen Prüfkopffrequenzen, können diese Maße jedoch überschritten werden.

Die Ausnehmung durchsetzt den Kristall vollständig, es wird also keine Sackbohrung ausgeführt, vielmehr ist das Loch von beiden Hauptflächen des Kristalls aus zugänglich. Ebenso ist der Einschnitt durch die Dicke des Kristalls hindurch ausgeführt.

Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus den übrigen Ansprüchen sowie der nun folgenden Beschreibung von nicht einschränkend zu verstehenden Ausführungsbeispielen, die unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert werden. In dieser zeigen:

FIG. 1 ein Diagramm eines Schallfeldes eines Breitstrahlprüfkopfes nach dem Stand der Technik, aufgetragen ist der Schalldruck p in dB über die Längenabmessung l in mm, die Mitte des Kristalls hat die Längenkoordinate 0,

FIG. 2 eine Draufsicht auf einen Kristall eines Breitstrahlprüfkopfes mit als Löchern ausgeführten Ausnehmungen,

FIG. 3 eine Draufsicht entsprechend FIG. 1, jedoch mit als Einschnitten ausgeführten Ausnehmungen und

FIG. 4 ein Diagramm entsprechend FIG. 1, jedoch für einen Kristall mit Ausnehmungen entsprechend der Erfindung.

FIG. 1 zeigt das Diagramm eines Breitstrahlprüfkopfes für Ultraschallprüftechnik nach dem Stand der Technik, also ohne jegliche Ausnehmung. Dieses Diagramm wurde, wie auch das später noch zu besprechende Diagramm gemäß FIG. 4, mit einer automatischen Schallfeldmeßeinrichtung aufgenommen. Als Reflektor diente eine Stahlkugel mit dem Durchmesser 8 mm in 30 mm Wassertiefe. Das Diagramm hat im wesentlichen die Form eines gleichschenkligen Trapezes, es sind deutliche Randüberhöhungen 20 zu erkennen. Bei ihnen liegt die Empfindlichkeit 2 bis 4 dB oberhalb eines im wesentlichen plateauförmigen Bereichs 22.

FIG. 2 zeigt einen Kristall 24 für vier MHz, er hat eine Länge von 17 mm, eine Breite von 6 mm und eine Dicke von 0,25 mm. Er ist in an sich bekannter Weise mit Elektroden und diesen zugeordneten Anschlüssen belegt, letztere gehören zum Stand der Technik und sind daher hier nicht gezeigt.

Der Kristall 24 hat zwei gegenüberliegende Schmalseiten 26, sie sind entsprechend den genannten Abmessungen 6 mm lang und 0,25 mm hoch. Auf der Mittelebene jeder der beiden Schmalseiten 26 ist in einem Abstand d von der Schmalseite 26 eine Bohrung 28 ausgeführt, die durch den Kristall 24 hindurch geht. Sie hat einen Durchmesser b , der im hier gezeigten Ausführungsbeispiel mit d übereinstimmt, von d aber um $\pm 50\%$ maximal abweichen kann. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Bohrungsdurchmesser

b gleich 1,1 mm, typische Werte liegen zwischen 1 und 1,2 mm. Die Achse der Bohrung 28 erstreckt sich rechtwinklig zur Hauptfläche des Kristalls 24. Die beiden Bohrungen des Kristalls 24 sind baugleich.

Im Ausführungsbeispiel nach FIG. 3 ist beginnend von der Mitte jeder Schmalseite 26 ein Einschnitt 30 in Form eines Sägeschlitzes ausgeführt, er hat eine Schnittbreite von 1 mm und ist 1,2 mm tief, typische Werte für die Schnitttiefe liegen zwischen 1 und 1,5 mm. Auch in diesem Fall geht der Einschnitt 30 durch die Dicke des Kristalls hindurch.

Mit dem Kristall nach FIG. 2 wurde nun in der genannten Meßanordnung, das Schallfelddiagramm aufgenommen. Das Ergebnis ist in FIG. 4 dargestellt. Man erkennt bei weitgehenden Übereinstimmungen der Schallfelder, daß die Randüberhöhungen 20 praktisch weggefallen sind. Die Eigenschaften des Prüfkopfes haben sich deutlich verbessert, die Modulation der Querverteilung ist nun sehr gering.

Nach Einbringen der als Bohrung 28 oder Einschnitt 30 ausgeführten Ausnehmung wird der Prüfkopf mit der üblichen Anpaßschicht, auch Schutzschicht genannt, versehen. Durch sie werden die beiden Ausnehmungen des Kristalls 24 ausgefüllt. Wasser hat damit keinen Zutritt zu den Flächen der Ausnehmungen. Die Schutzschicht bewirkt, daß die Ausschnitte im fertiggestellten Prüfkopf nicht mehr erkannt werden können.

Als vorteilhaft hat es sich erwiesen, den Kristall mit einem relativ harten Backing zu versehen. Zu Backing, auch Dämpfungskörper genannt, wird verwiesen auf das DE-Buch J. Krautkrämer und H. Krautkrämer, Werkstoffprüfung mit Ultraschall, 4. Auflage, dort insbesondere Seite 218 - 219.

Patentansprüche

1. Breitstrahlprüfkopf für die Ultraschallprüftechnik, mit einem länglichen, piezoelektrischen Kristall (24), der ein Seitenverhältnis von mindestens 1:2 aufweist und eine Dicke hat, die kleiner ist als $1/5$ der kleineren Seitenabmessung, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich jederbeiden Schmalseiten (26) jeweils eine Ausnehmung vorgesehen ist, die entweder als ein Loch (28) in unmittelbarer Nähe der Schmalseite (26) oder als ein von der Schmalseite (26) ausgehender Einschnitt (30), z. B. ein Schlitz, ausgebildet ist.
2. Breitstrahlprüfkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmung (28, 30) eine Fläche hat, die zwischen 1 und $1,5 \text{ mm}^2$ liegt.

3. Breitstrahlprüfkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Loch (28) sich in unmittelbarer Nähe der Schmalseite (26) befindet.
5
4. Breitstrahlprüfkopf nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Loch (28) von der Schmalseite (26) um wenige Zehntel mm getrennt ist.
10
5. Breitstrahlprüfkopf nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Loch (28) zur Schmalseite (26) hin offen ist.
15
6. Breitstrahlprüfkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmung (28, 30) im Bereich der Mitte der Schmalseite (26) angeordnet ist.
20
7. Breitstrahlprüfkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmung (28, 30) ein gesägter Schlitz ist, der 0,5 bis 1,5 mm ausgehend von der Schmalseite (26) in den Kristall (24) hineinragt.
25
8. Breitstrahlprüfkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmung (28, 30) durch eine Schutzschicht verschlossen und überdeckt ist.
30
9. Breitstrahlprüfkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er ein relativ hartes Baking aufweist.
35
10. Breitstrahlprüfkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Ausnehmungen (28, 30) ausführungsgleich sind.

40

45

50

55

4

FIG. 1

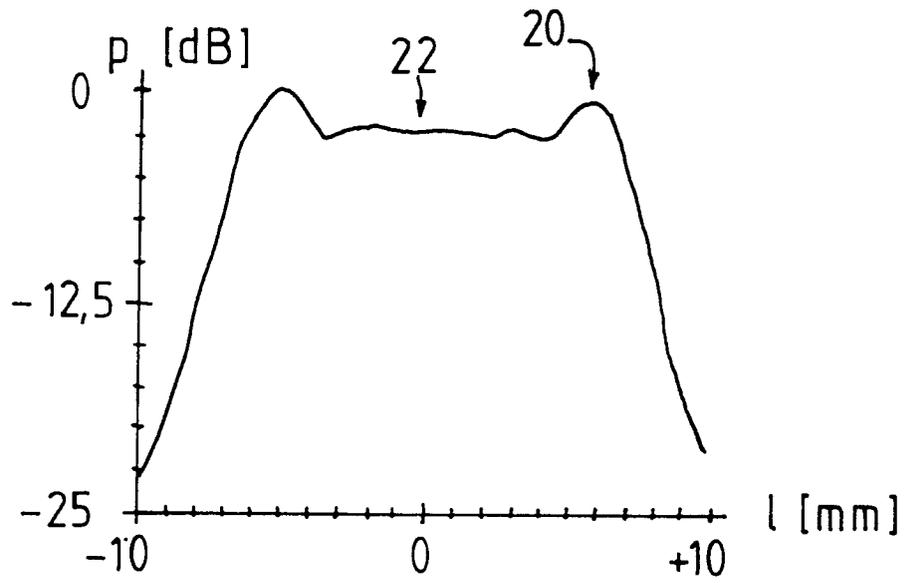


FIG. 2

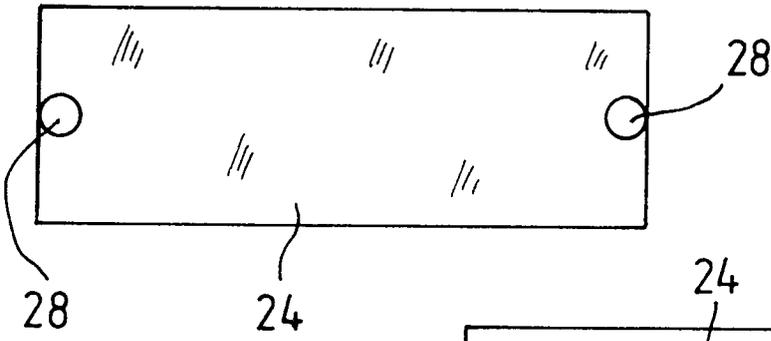


FIG. 3

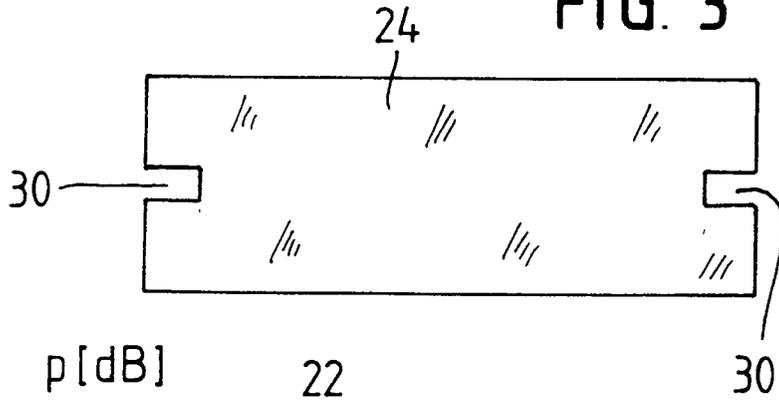


FIG. 4

