



# Registerauszug

zum

## Aktenzeichen 20 2009 018 526.5

Stand 28.02.2012

---

Es bestehen folgende Eintragungen:

---

### Stammdaten

- [-----] **Schutzrechtsart:** Gebrauchsmuster
- [-----] **Status:** Anhängig/in Kraft
- [21] **Aktenzeichen DE:** 20 2009 018 526.5
- [54] **Bezeichnung/Titel:** Vorrichtung zur zerstörungsfreien Inspektion des Inneren von Bauteilen und Transducer hierfür
- [51] **IPC-Hauptklasse:** G01N 29/265 (2011.01)
- [51] **IPC-Nebeklasse(n):** G01N 29/28 (2011.01)
- [22] **Anmeldetag DE:** 15.10.2009
- [47] **Eintragungstag:** 09.12.2011
- [45] **Veröffentlichungstag der Eintragung:** 02.02.2012
- [71/73] **Anmelder/Inhaber:** Institut für Akustomikroskopie Dr. Krämer GmbH, 35745 Herborn, DE
- [74] **Vertreter:** Werner F. Reichert, 93047 Regensburg, DE
- [10] **Veröffentlichte DE-Dokumente:** DE202009018526U1
- [-----] **Zustellanschrift:** Patentanwalt Dr. Werner F. Reichert, 93047 Regensburg, DE
- [-----] **Fälligkeit:** Aufrechterhaltungsgebühr für das 4.-6. Jahr/ 31.10.2012
- [67] **Abzweigung aus Aktenzeichen:** 10 2009 044 254.5

### Verfahrensdaten

#### Vorverfahren

---

- [-----] **Verfahrensart:** Vorverfahren
- [-----] **Verfahrensstand:** Die Anmeldung befindet sich in der Vorprüfung
- [-----] **Verfahrensstandstag:** 28.10.2011
- [-----] **EDV-Erfassungstag:** 28.10.2011

#### Gebrauchsmusterverfahren

---

- [-----] **Verfahrensart:** Gebrauchsmusterverfahren
  - [-----] **Verfahrensstand:** Eintragung des Gebrauchsmusters
  - [-----] **Verfahrensstandstag:** 09.12.2011
  - [-----] **EDV-Erfassungstag:** 09.12.2011
-



(10) **DE 20 2009 018 526 U1** 2012.02.02

(12)

## Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2009 018 526.5**

(22) Anmeldetag: **15.10.2009**

(47) Eintragungstag: **09.12.2011**

(43) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **02.02.2012**

(51) Int Cl.: **G01N 29/265** (2011.01)

**G01N 29/28** (2011.01)

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:

**Institut für Akustomikroskopie Dr. Krämer GmbH,  
35745, Herborn, DE**

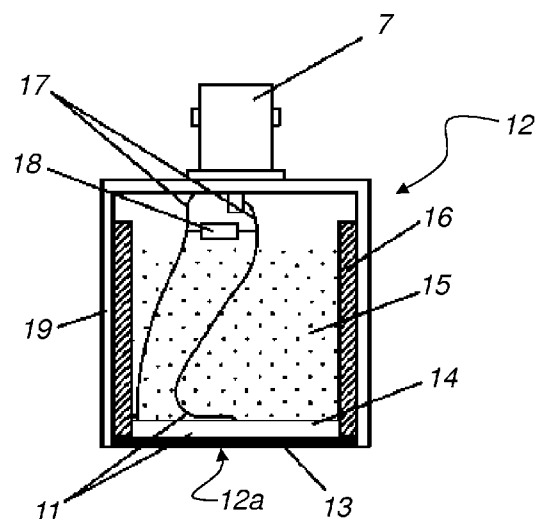
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:

**Reichert, Werner F., 93047, Regensburg, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur zerstörungsfreien Inspektion des Inneren von Bauteilen und Transducer hierfür**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur zerstörungsfreien Inspektion des Inneren von Bauteilen (2), insbesondere mit einer Ultraschallanordnung (10), mit mindestens einem Transducer (12), der dem Bauteil (2) zugeordnet ist, dass zwischen dem Bauteil (2) und einem freien Ende (12a) des mindestens einen Transducers (12) ein flüssiges Koppelmedium (8) vorgesehen ist, dass zur Inspektion des gesamten Bauteils (2) eine Vorrichtung (9) vorgesehen ist, die den mindestens einen Transducer (12) mäanderförmig im Wesentlichen entlang einer ersten Bewegungsrichtung (20a) und entlang einer zweiten, der ersten Bewegungsrichtung (20a) entgegengesetzten Bewegungsrichtung (20b) im flüssigen Koppelmedium (8) über das Bauteil (2) bewegt, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Transducer (12) in Richtung der ersten Bewegungsrichtung (20a) und in Richtung der zweiten Bewegungsrichtung (20b) jeweils einen während der Bewegung im flüssigen Koppelmedium (8) Turbulenzen reduzierenden Fortsatz (27a, 27b) aufweist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur zerstörungsfreien Inspektion des Inneren von Bauteilen. Die Vorrichtung umfasst dabei eine Ultraschallanordnung mit mindestens einem Transducer, der dem Bauteil zugeordnet ist. Zwischen den Bauteilen und einem freien Ende des mindestens einen Transducers ist ein flüssiges Koppelmedium vorgesehen. Für die Inspektion des gesamten Bauteils ist eine Vorrichtung vorgesehen, die den mindestens einen Transducer mäanderförmig im Wesentlichen entlang einer ersten Bewegungsrichtung und entlang einer zweiten, der ersten Bewegungsrichtung entgegengesetzten Bewegungsrichtung, im flüssigen Koppelmedium über das Bauteil bewegt.

**[0002]** Die Erfindung betrifft außerdem einen Transducer. Der Transducer ist zur störungsfreien Inspektion des Inneren von Bauteilen geeignet. Der Transducer besitzt ein freies Ende von dem aus Ultraschallwellen abgebar und von dem ein Echo der abgebenen Ultraschallwellen empfangbar ist.

**[0003]** Die deutsche Offenlegungsschrift DE 10 2006 032 431 A1 offenbart ein Verfahren zur Detektion von mechanischen Defekten in einem aus einem Stabstück bestehenden Halbleitermaterial. Das Halbleitermaterial besitzt mindestens eine ebene Fläche und eine senkrecht zu dieser Fläche gemessene Dicke von 1 cm bis 100 cm. Bei dem Verfahren wird die ebene Fläche des Stabstücks mit mindestens einem Transducer abgerastert, der über ein flüssiges Koppelmedium an die ebene Fläche des Stabstücks angekoppelt ist.

**[0004]** Die unveröffentlichte deutsche Patentanmeldung DE 10 2008 002 832.0 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur zerstörungsfreien Detektion von Defekten im Inneren von Halbleitermaterial. Das Halbleitermaterial besitzt eine Länge, eine Querschnittsfläche und eine entlang der Länge ausgerichtete Mantelfläche. Eine Ultraschallanordnung ist dem Halbleitermaterial zugeordnet. Ebenso ist eine Einrichtung zur Erzeugung einer Relativbewegung zwischen der Ultraschallanordnung und entlang der Länge L der Mantelfläche des Halbleitermaterials vorgesehen.

**[0005]** Das U.S.-Patent 4,170,144 offenbart eine Vorrichtung zum Abscannen eines Materials. Mit der Vorrichtung ist es möglich, Veränderungen der Dicke oder elastischer Konstanten im Inneren eines Materials zu bestimmen. Dazu wird ein Transducer über die Oberfläche des Materials bewegt. Anhand des von dem Material zurück gestreuten Ultraschallechos kann man auf die Veränderungen der Dicke bzw. der elastischen Konstanten schließen. Die von dem Transducer ausgehenden Ultraschallwellen werden

über ein Koppelmedium an das zu untersuchende Bauteil angekoppelt.

**[0006]** Die U.S.-Patentanmeldung 2007/001215 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Koppeln des Ultraschalls zwischen einem Transducer und einem Objekt. Ein Scanningelement ist an einem Ultraschall-Transducer angebracht, um dadurch ein integrales Bauteil zusammen mit dem Transducer zu bilden. Dabei ist die den Ultraschall aussendende Fläche des Transducers in einer mit Flüssigkeit gefüllten Kammer in einer oberen Kammer angeordnet. Der Ultraschall-Transducer wird dabei relativ zu dem abzuscannenden Objekt bewegt.

**[0007]** Die internationale Patentanmeldung WO 02/40987 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur akustischen, mikroskopischen Untersuchung von flachen Substraten. Die zu untersuchenden Substrate werden in eine Nasszelle überführt, in der der Ultraschall angekoppelt wird.

**[0008]** Der Stand der Technik spricht nicht die Problematik an, welche bei höheren Scanngeschwindigkeiten auftritt. Wenn der Transducer mit einer höheren Geschwindigkeit in dem flüssigen Koppelmedium verfahren wird, bilden sich Turbulenzen bzw. es haften am freien Ende des Transducers Blasen an, die zu einer Verfälschung des Messergebnisses führen können. Um dies zu vermeiden, ist es im Stand der Technik nur möglich, die Scanngeschwindigkeit des Transducers nicht allzu groß werden zu lassen. Die maximale Geschwindigkeit, mit der der Transducer in dem flüssigen Koppelmedium verfahren werden kann, beträgt bisher ein Meter pro Sekunde.

**[0009]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur zerstörungsfreien Inspektion des Inneren von Bauteilen zu schaffen, mit der es möglich ist, in kürzerer Zeit und störungsfrei das Innere eines Bauteils zerstörungsfrei zu inspizieren.

**[0010]** Die obige Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gelöst, die die Merkmale des Anspruchs 1 umfasst.

**[0011]** Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist, einen Transducer zur zerstörungsfreien Inspektion des Inneren eines Bauteils derart umzugestalten, dass mit dem Transducer höhere Verfahrensgeschwindigkeiten in dem Koppelmedium möglich sind, ohne dabei die Inspektionsqualität und die mit dem Transducer erfolgte Bildaufnahme zu verschlechtern.

**[0012]** Die obige Aufgabe wird durch einen Transducer gelöst, der die Merkmale des Anspruchs 6 umfasst.

**[0013]** Um das gesamte Bauteil zu inspizieren ist es erforderlich, den Transducer bei der Vorrichtung zur

zerstörungsfreien Inspektion des Inneren von Bauteilen mäanderförmig über die Oberfläche des Bauteils zu verfahren. Dabei wird die gesamte Oberfläche des Bauteils mit dem mindestens einen Transducer mäanderförmig abgescannt. Dabei wird der Transducer in einer ersten Bewegungsrichtung und in einer zweiten Bewegungsrichtung über die Oberfläche des Bauteils geführt. Dabei ist die erste Bewegungsrichtung der zweiten Bewegungsrichtung entgegengesetzt. Der erfindungsgemäße Transducer ist dabei derart ausgestaltet, dass er einen in Richtung der ersten Bewegungsrichtung und in Richtung der zweiten Bewegungsrichtung weisenden Fortsatz ausgebildet hat. Der Fortsatz ist dabei derart gestaltet, dass er während der Bewegung des Transducers in flüssigem Koppelmedium die auftretenden Turbulenzen minimiert.

**[0014]** Die Fortsätze des mindestens einen Transducers weisen eine Höhe auf. Bei der Benutzung des mindestens einen Transducers tauchen die Fortsätze dabei mindestens zur Hälfte der Höhe in das flüssige Koppelmedium ein. Jeder der Fortsätze besitzt eine Länge und eine maximale Breite. Die Länge ist größer als die maximale Breite. Die maximale Breite ist mindestens gleich dem Durchmesser des Transducers am freien Ende des Transducers.

**[0015]** Die Fortsätze des Transducers haben sowohl in der ersten Bewegungsrichtung als auch in der zweiten Bewegungsrichtung die gleiche Form. Bevorzugt haben die Fortsätze die Form eines gleichschenkligen Dreiecks. Die beiden Schenkel treffen in Bewegungsrichtung unter einem spitzen Winkel aufeinander. Die Spitze des gleichschenkligen Dreiecks, bei der die Schenkel unter dem Winkel aufeinander treffen, ist eine abgerundete Spitze.

**[0016]** Für eine vorteilhafte und zerstörungsfreie Inspektion des Inneren von Bauteilen wird ein Transducer verwendet, der ein Element trägt, das zwei gegenüberliegende Fortsätze ausgebildet hat. Der Transducer besitzt ein freies Ende, das die für die zerstörungsfreie Inspektion des Bauteils erforderliche Ultraschallwellen abgibt und das von dem zu untersuchenden Bauteil Echo der Ultraschallwellen empfängt. Die Fortsätze des am Transducer befestigten Elements weisen dabei bei Gebrauch des Transducers in die erste Bewegungsrichtung und in die zweite Bewegungsrichtung. Dabei ist zu bemerken, dass die erste Bewegungsrichtung der zweiten Bewegungsrichtung entgegengesetzt ist.

**[0017]** Die Fortsätze des Elements, welches am Transducer befestigt ist, haben mindestens eine Höhe, eine Länge und eine maximale Breite. Die Länge ist dabei größer als die maximale Breite. Die maximale Breite ist mindestens gleich einem Durchmesser des mindestens einen Transducers am freien Ende des mindestens einen Transducers. Als Transducer

werden piezoelektrische Wandler für Ultraschalluntersuchungen der Bauteile verwendet. Die Transducer wandeln eine elektrische Spannung in ein Ultraschallsignal und umgekehrt. Dies geschieht mit Hilfe eines Piezo-Elements.

**[0018]** Als Piezo-Element werden Materialien bezeichnet, die bei Anlegen einer elektrischen Spannung ihre Form verändern. Umgekehrt führt mechanischer Druck, welcher durch das Echo erzeugt werden kann, auf ein Piezo-Element dazu, dass das Piezo-Element eine elektrische Spannung erzeugt. Diese Effekte nutzt ein Transducer aus.

**[0019]** In einem Transducer befindet sich ein Piezo-Element, das aus Zinkoxyd (ZnO) gebildet ist. Wird an dem Transducer eine elektrische Spannung angelegt, verformt sich das Piezo-Element aufgrund der beschriebenen Eigenschaften. Wird die elektrische Spannung mit einer bestimmten Frequenz angelegt, erfolgt auch die Verformung des Piezo-Elements im Transducer mit einer Frequenz, bei der akustische Wellen erzeugt werden. In Abhängigkeit von der Form und Größe des Piezo-Elements und dem Material, werden Ultraschallsignale mit unterschiedlicher Frequenz bzw. Bandbreite erzeugt. Diese akustischen Wellen bzw. Ultraschallwellen werden im Transducer gebündelt und durch eine Reihe von Linsen und Filtern fokussiert. Über eine weitere Linse (Kalotte) auf der Unterseite bzw. am freien Ende des Transducers verlassen die erzeugten Ultraschallwellen den Transducer. Für die Erzeugung eines Bildes an dem zu inspizierenden Bauteil nutzt man die Umkehrung des Piezo-elektrischen Effekts aus. Trifft ein reflektiertes Ultraschallsignal (Echo) auf den Transducer, werden diese Ultraschallwellen an das aktive Element im Inneren des Transducers geleitet. Die Ultraschallwellen bewirken dort eine Verformung des Piezo-Elements. Das Piezo-Element wandelt die Verformung in eine entsprechende elektrische Spannung. Aus der Höhe und Art der elektrischen Spannung wird das Ultraschallbild von dem zu untersuchenden Bauteil erzeugt.

**[0020]** Im Folgenden sollen Ausführungsbeispiele die erfindungsgemäße Vorrichtung und den erfindungsgemäßen Transducer und deren Vorteile anhand der beigefügten Figuren näher erläutern.

**[0021]** Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer Vorrichtung zur zerstörungsfreien Detektion bzw. Inspektion von Defekten im Inneren von Bauteilen.

**[0022]** Fig. 2 zeigt eine schematische Ansicht des Aufbaus eines Transducers für die Abgabe und den Empfang von Ultraschallwellen.

**[0023]** Fig. 3 zeigt eine schematische Ansicht, wie ein zu untersuchendes Bauteil mit einem Transducer mäanderförmig abgescannt wird.

[0024] **Fig. 4** zeigt eine Darstellung eines Transducers gemäß dem Stand der Technik.

[0025] **Fig. 5** zeigt eine perspektivische Ansicht eines Transducers gemäß der gegenwärtigen Erfindung.

[0026] **Fig. 6** zeigt die Darstellung der Turbulenzen und Blasenbildung bei der Bewegung eines Transducers in flüssigem Koppelmedium gemäß dem Stand der Technik.

[0027] **Fig. 7** zeigt eine vergrößerte Darstellung des Transducers bei der Bewegung in flüssigem Koppelmedium gemäß dem Stand der Technik.

[0028] **Fig. 8** zeigt eine Ansicht des Transducers gemäß dem Stand der Technik während der Bewegung am Umkehrpunkt der mäanderförmigen Abstruktstruktur.

[0029] **Fig. 9** zeigt ein mit dem Transducer gemäß dem Stand der Technik aufgenommenes Bild, bei dem Fehler im Bild erkennbar sind.

[0030] **Fig. 10** zeigt eine Darstellung der Bewegung des erfindungsgemäßen Transducers im flüssigen Koppelmedium.

[0031] **Fig. 11** zeigt eine schematische Draufsicht auf den Transducer gemäß der gegenwärtigen Erfindung.

[0032] **Fig. 12** zeigt eine schematische Seitenansicht des Transducers in Zuordnung zu dem inspizierenden Bauteil.

[0033] Für gleiche oder gleich wirkende Elemente der Erfindung werden identische Bezugszeichen verwendet. Ferner werden der Übersicht halber nur Bezugszeichen in den einzelnen Figuren dargestellt, die für die Beschreibung der jeweiligen Figur erforderlich sind.

[0034] **Fig. 1** zeigt eine schematische Ansicht einer Anordnung **1** zur zerstörungsfreien Inspektion von Bauteilen **2**. Die in **Fig. 1** beschriebene Anordnung **1** ist Stand der Technik. Mit der Anordnung **1** können Bauteile **2** mit beliebigem Querschnitt **Q** untersucht werden. Das zu untersuchende Bauteil **2** ist in einem Behältnis **6** positioniert, das mit einem flüssigen Koppelmedium **8** gefüllt ist. Die Vorrichtung **10** zur zerstörungsfreien Inspektion des Bauteils **2** besitzt in der hier gezeigten Darstellung mehrere Transducer **12**. Von den Transducern **12** werden Ultraschallsignale abgegeben und über das Koppelmedium **8** an das Bauteil **2** gekoppelt. Der Doppelpfeil **9** deutet an, dass die mehreren Transducer **12** entlang des zu untersuchenden Bauteils **2** verfahren werden, um dadurch das gesamte Bauteil **2** zu erfassen und

von dem aus dem Bauteil **2** zurückkommenden Ultraschallecho ein entsprechendes Bild des Inneren des Bauteils **2** zu erzeugen. Die mehreren Transducer **12** werden entsprechend entlang der Oberfläche **2a** des Bauteils **2** verfahren. Während des Verfahrens der Transducer **12** tauchen diese in das flüssige Koppelmedium **8** ein.

[0035] **Fig. 2** zeigt die Ausgestaltung eines Transducers **12**, der zur Erzeugung eines Ultraschallbilds Verwendung findet. Der Transducer **12** besitzt eine Verbindung **7**, über die er mit anderen Bauteilen **2** der Anordnung **1** verbunden werden kann. Über diese Verbindung **7** werden z. B. die elektrischen Verbindungen geführt. Ferner stellt diese Verbindung **7** ebenfalls die mechanische Verbindung dar. Am unteren Ende des Transducers **12** ist das aktive Element **14** vorgesehen. Das aktive Element **14** ist das Piezo-Element, mit dem die Schallwellen erzeugt werden und das die von dem Bauteil **2** zurückkommenden Schallwellen empfängt und entsprechend in elektrische Signale wandelt. Ferner sind mehrere Elektroden **11** vorgesehen, die für die entsprechende Wandlung der Signale verantwortlich sind. Über mehrere elektrische Leitungen **17** werden dem Transducer **12** die Spannungen zugeführt bzw. werden von den Transducern **12** die Spannungen zur entsprechenden Wandlung abgeführt. Ebenso ist eine elektrische Schaltung **18** vorgesehen, die für die Wandlung der Ultraschallwellen in elektrische Signale verantwortlich ist. Ebenso wird über die elektrische Schaltung **18** das Anlegen der elektrischen Spannung an das entsprechende aktive Element **14** gesteuert. Die elektrischen Leitungen **17**, die elektrische Schaltung **18** und das aktive Element **14** sind in einem Gehäuse **19** untergebracht. An der Gehäuseinnenwand liegt ein zusätzliches Rohr **16** an, das das aktive Element **14** haltet. Das Gehäuse **19** ist durch eine Endplatte **13** abgeschlossen und bildet somit das freie Ende **12a** des Transducers **12**. Im Inneren des Gehäuses **19** sind zumindest die Leitungen **17** von einer Füllung **15** umgeben. Diese Füllung **15** dämpft diffus die abgestrahlten Ultraschallsignale. Die Endplatte **13** ist das freie Ende **12a** des Transducers **12** und befindet sich zwischen der Linse und dem Koppelmedium **8**. Ferner schützt die Endplatte **13** den Transducer **12** vor Beschädigungen.

[0036] **Fig. 3** zeigt die schematische Darstellung, wie das Bauteil **2** mit dem Transducer **12** abgescannt wird. Der Transducer **12** wird dabei mäanderförmig über der Oberfläche **2a** des Bauteils **2** geführt. Die mäanderförmige Bewegung des Transducers **12** setzt sich somit aus einer ersten Bewegungsrichtung **20a** und einer zweiten Bewegungsrichtung **20b** zusammen. Dabei ist die erste Bewegungsrichtung **20a** parallel zur zweiten Bewegungsrichtung **20b** und die zweite Bewegungsrichtung **20b** ist der ersten Bewegungsrichtung **20a** entgegengesetzt. Bei Umkehrpunkten **22** wird der Transducer **12** von der ersten Be-

wegungsrichtung **20a** in die zweite Bewegungsrichtung **20b** übergeführt. Somit ist es möglich, die gesamte Oberfläche **2a** des Bauteils **2** mit dem Transducer **12** abzuscannen und somit ein Ultraschallbild von einem inneren Bereich des Bauteils **2** zu erfassen.

[0037] **Fig. 4** zeigt einen Transducer **12**, wie er gemäß dem Stand der Technik Verwendung findet. Der Transducer **12** ist, wie bereits in der Beschreibung zur **Fig. 2** erwähnt, über die Verbindung **7** mit einem Träger **24** verbunden. Der Transducer **12** besitzt gemäß dem Stand der Technik eine im Wesentlichen zylindrische Form. Vom freien Ende **12a** des Transducers **12** werden die für die zerstörungsfreie Untersuchung des Bauteils **2** erforderlichen Ultraschallsignale ausgesendet und die für die Bilddarstellung erforderlichen Ultraschallsignale empfangen. Das freie Ende **12a** und ein Teil des Transducers **12** taucht somit in das flüssige Koppelmedium **8** ein.

[0038] **Fig. 5** zeigt die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Transducers **12** im Bereich des freien Endes **12a**. In dem zylindrischen Abschnitt des Transducers **12** ist ein Element **27** befestigt. Das Element **27** besitzt zwei gegenüberliegende Fortsätze **27a** und **27b**. Bei Gebrauch des erfindungsgemäßen Transducers **12** weisen der erste Fortsatz **27a** in die erste Bewegungsrichtung **20a** und der zweite Fortsatz **27b** in die zweite Bewegungsrichtung **20b**.

[0039] **Fig. 6** zeigt eine Darstellung des Transducers **12** gemäß dem Stand der Technik, wie er in dem flüssigen Koppelmedium **8** über das Bauteil **2** (hier nicht dargestellt) geführt wird. Der Transducer **12** wird entlang der ersten Bewegungsrichtung **20a** geführt. Wie aus der **Fig. 6** deutlich zu erkennen ist, treten im Koppelmedium **8** erhebliche Turbulenzen **30** und eine verstärkte Blasenbildung **31** auf. Die Turbulenzen **30** und die Blasenbildung **31** werden durch die Bewegung des Transducers **12** im Koppelmedium **8** hervorgerufen.

[0040] Je höher die Geschwindigkeit des Transducers **12** in der ersten Bewegungsrichtung **20a** oder der zweiten Bewegungsrichtung **20b** ist, desto größer sind die Turbulenzen **30** und die Blasenbildung **31**.

[0041] **Fig. 7** zeigt eine vergrößerte Darstellung des Transducers **12**, der entlang der Bewegungsrichtung **20a** durch das Koppelmedium **8** geführt wird. Wie aus der **Fig. 7** deutlich zu erkennen ist, tritt aufgrund der Bewegung des Transducers **12** eine verstärkte Blasenbildung **31** im Koppelmedium **8** auf. Hinzu kommt, dass aufgrund der schnellen Bewegung des Transducers **12** im Koppelmedium **8** ein Teil der Flüssigkeit auf den Transducer **12** aufsteigt und somit zu erheblichen Turbulenzen **30** im Koppelmedium **8** führt.

[0042] **Fig. 8** zeigt das freie Ende **12a** des Transducers **12** während der Bewegung im Koppelmedium **8**. Gerade am Umkehrpunkt **22** zwischen der ersten Bewegungsrichtung **20a** und der zweiten Bewegungsrichtung **20b** tritt eine verstärkte Blasenbildung **31** auf. Ebenso kommt es am Umkehrpunkt **22** zu erheblichen Turbulenzen **30**. Dies ist leicht vorstellbar, da am Umkehrpunkt **22** die Geschwindigkeit des Transducers **12** in der ersten Bewegungsrichtung **20a** reduziert werden muss und der Transducer **12** am Umkehrpunkt **22** wieder in die zweite Bewegungsrichtung **20b** auf eine bestimmte Geschwindigkeit beschleunigt werden muss. In **Fig. 8** ist die Situation dargestellt, dass am freien Ende **12a** des Transducers **12** eine Luftblase anhaftet.

[0043] **Fig. 9** zeigt ein Ultraschallbild **33** aus dem Inneren des Bauteils **2**. Es ist deutlich zu erkennen, dass das Bild mehrere schwarze Streifen **35** aufweist, die keine Bildinformation enthalten. Diese schwarzen Streifen **35** rühren daher, dass bei dem Transducer **12** des Standes der Technik gerade am Umkehrpunkt **22** Luftblasen am freien Ende **12a** des Transducers anhaften. Die Luft bzw. Luftblasen, die am freien Ende **12a** des Transducers **12** anhaften, reflektieren den Ultraschall vollkommen. Somit ergeben sich am akustischen Bild an den Stellen die Fragmentweisen Zeilenausfälle **35**.

[0044] **Fig. 10** zeigt den erfindungsgemäßen Transducer **12** mit dem am Transducer **12** befestigten Element **27**, das geeignet ist, bei der Bewegung in flüssigem Koppelmedium **8** die Turbulenzen zu reduzieren. Das Element **27** besitzt einen ersten Fortsatz **27a** und einen zweiten Fortsatz **27b**. Durch diese Fortsätze **27a**, **27b** ist es möglich, dass auch bei hohen Scangeschwindigkeiten von bis zu ca. 1,5 Meter pro Sekunde die Turbulenzen **30** und auch die Blasenbildung **31** im Koppelmedium **8** reduziert sind.

[0045] **Fig. 11** zeigt eine Draufsicht auf den erfindungsgemäßen Transducer **12** mit dem die Turbulenzen **30** reduzierenden Element **27**. Das Element **27** besitzt einen ersten Fortsatz **27a** und einen zweiten Fortsatz **27b**. Der erste Fortsatz **27a** ist in Bewegungsrichtung **20a** und der zweite Fortsatz **27b** ist in Bewegungsrichtung **20b** ausgerichtet. Jeder der Fortsätze **27a** und **27b** besitzt eine Breite **B** und eine Länge **L**. Dabei ist die Länge **L** größer als die Breite **B** des Fortsatzes **27a** bzw. **27b**. Ebenso sind die beiden Fortsätze **27a** und **27b** derart ausgebildet, dass deren Breite **B** zumindest gleich dem Durchmesser **D** des Transducers **12** ist. Die Fortsätze **27a** und **27b** des Elements **27** haben beide die gleiche Form. Die Form der Fortsätze **27a** und **27b** ist ein gleichschenkliges Dreieck. Die Schenkel **28** eines jeden der Fortsätze **27a** oder **27b** schließen dabei einen spitzen Winkel **a** ein. Die Spitzen **29** der Fortsätze **27a** und **27b** sind abgerundet.

[0046] Fig. 12 zeigt eine Seitenansicht des Transducers 12 mit dem Element 27, das für eine Reduktion der Turbulenzenbildung während des Verfahrens des Transducers 12 im Koppelmedium 8 sorgt. Das Element 27 ist dabei derart am Transducer 12 befestigt, dass das freie Ende 12a des Transducers 12 das Element 27 überragt. Das freie Ende 12a des Transducers 12 ist gegenüber dem Bauteil 2 angeordnet, von dem es gilt, das Innere des Bauteils 2 zu inspizieren. Der Transducer 12 taucht dabei derart weit in das Koppelmedium 8 ein, dass zumindest die Linie 8a des flüssigen Koppelmediums 8 bis zur Hälfte der Höhe H des Elements 27 reicht. Da das Element 27 mit den beiden Fortsätzen 27a und 27b eine strömungsoptimierte Form des Transducers 12 bildet, werden dadurch Turbulenzen 30 und auch Luftblasen, sowie die Wellenbildung im Koppelmedium 8 deutlich reduziert. Aufgrund der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Transducers 12 ist es möglich, die maximale Scanngeschwindigkeit mit einem Ultraschallmikroskop von bisher ein Meter pro Sekunde auf 1,5 Meter pro Sekunde zu erhöhen. Mit dem Ultraschallmikroskop kann eine maximale Vergrößerung von 250-fach erreicht werden. Dabei ist ein minimales Scannfeld von 500 µm auf 500 µm möglich. Der Transducer 12 sendet Schallfrequenzen im Bereich von 1 MHz bis 1000 MHz aus. Der Transducer 12 mit dem erfindungsgemäßen Element 27 zur Reduktion von Turbulenzen 30 und Wellenbildung im Koppelmedium 8 kann bei verschiedensten Ultraschallmikroskopen verwendet werden.

[0047] Die Erfindung wurde unter Bezugnahme auf eine bevorzugte Ausführungsform beschrieben. Es ist jedoch für einen Fachmann vorstellbar, dass Abwandlungen oder Änderungen der Erfindung gemacht werden können, ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Ansprüche zu verlassen. Dabei ist es für einen Fachmann selbstverständlich, dass das die Turbulenzen 30 reduzierende Element 27 Abwandlungen aufweisen kann, die ebenfalls die Wirkung erzielen, dass die Turbulenzen 30 während der Bewegung des Transducers 12 im Koppelmedium 8 deutlich reduziert sind.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102006032431 A1 [0003]
- DE 102008002832 [0004]
- US 4170144 [0005]
- WO 02/40987 [0007]



### Schutzansprüche

1. Vorrichtung zur zerstörungsfreien Inspektion des Inneren von Bauteilen (2), insbesondere mit einer Ultraschallanordnung (10), mit mindestens einem Transducer (12), der dem Bauteil (2) zugeordnet ist, dass zwischen dem Bauteil (2) und einem freien Ende (12a) des mindestens einen Transducers (12) ein flüssiges Koppelmedium (8) vorgesehen ist, dass zur Inspektion des gesamten Bauteils (2) eine Vorrichtung (9) vorgesehen ist, die den mindestens einen Transducer (12) mäanderförmig im Wesentlichen entlang einer ersten Bewegungsrichtung (20a) und entlang einer zweiten, der ersten Bewegungsrichtung (20a) entgegengesetzten Bewegungsrichtung (20b) im flüssigen Koppelmedium (8) über das Bauteil (2) bewegt, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Transducer (12) in Richtung der ersten Bewegungsrichtung (20a) und in Richtung der zweiten Bewegungsrichtung (20b) jeweils einen während der Bewegung im flüssigen Koppelmedium (8) Turbulenzen reduzierenden Fortsatz (27a, 27b) aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Fortsätze (27a, 27b) des mindestens einen Transducers (12) eine Höhe (H) besitzen und das bei Benutzung des mindestens einen Transducers (12) die Fortsätze (27a, 27b) mindestens zur Hälfte der Höhe (H) in das flüssige Koppelmedium (8) eintauchen.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 und 2, wobei jeder der Fortsätze (27a, 27b) eine Länge (L) und eine maximale Breite (B) besitzt, die Länge (L) größer ist als die maximale Breite (B) und dass die maximale Breite (B) mindestens gleich einem Durchmesser (D) des mindestens einen Transducers (12) am freien Ende (12a) des Transducers (12) ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei jeder der Fortsätze (27a, 27b) die gleiche Form besitzt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Form ein gleichschenkliges Dreieck ist und die beiden Schenkel (28) in Bewegungsrichtung (20a 20b) einen spitzen Winkel ( $\alpha$ ) einschließen und eine abgerundete Spitze (29) bilden.

6. Transducer (12) zur zerstörungsfreien Inspektion des Inneren von Bauteilen (2), wobei der Transducer (12) ein freies Ende (12a) besitzt, von dem aus die Ultraschallwellen abgebar und vom ein Echo der abgegebenen Ultraschallwellen empfangbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass am Transducer (12) ein Element (27) befestigt ist, das zwei gegenüberliegende Fortsätze (27a, 27b) ausgebildet hat.

7. Transducer nach Anspruch 6, wobei die Fortsätze (27a, 27b) des Elements (12) mindestens eine Hö-

he (H), eine Länge (L) und eine maximale Breite (B) besitzen, wobei die Länge (L) größer ist als die maximale Breite (B) und wobei die maximale Breite (B) mindestens gleich einem Durchmesser (D) des mindestens einen Transducers (12) am freien Ende (12a) des Transducers (12) ist.

8. Transducer nach den Ansprüchen 6 bis 7, wobei das Element (27) mit den beiden Fortsätzen (27a, 27b) derart am Transducer (12) angeordnet ist, dass das freie Ende (12a) des Transducers (12) das Element (27) überragt.

9. Transducer nach den Ansprüchen 6 bis 8, wobei jeder der Fortsätze (27a, 27b) die gleiche Form besitzt.

10. Transducer nach Anspruch 9, wobei die Form ein gleichschenkliges Dreieck ist und die beiden Schenkel (28) einen spitzen Winkel ( $\alpha$ ) einschließen und eine abgerundete Spitze (29) bilden.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

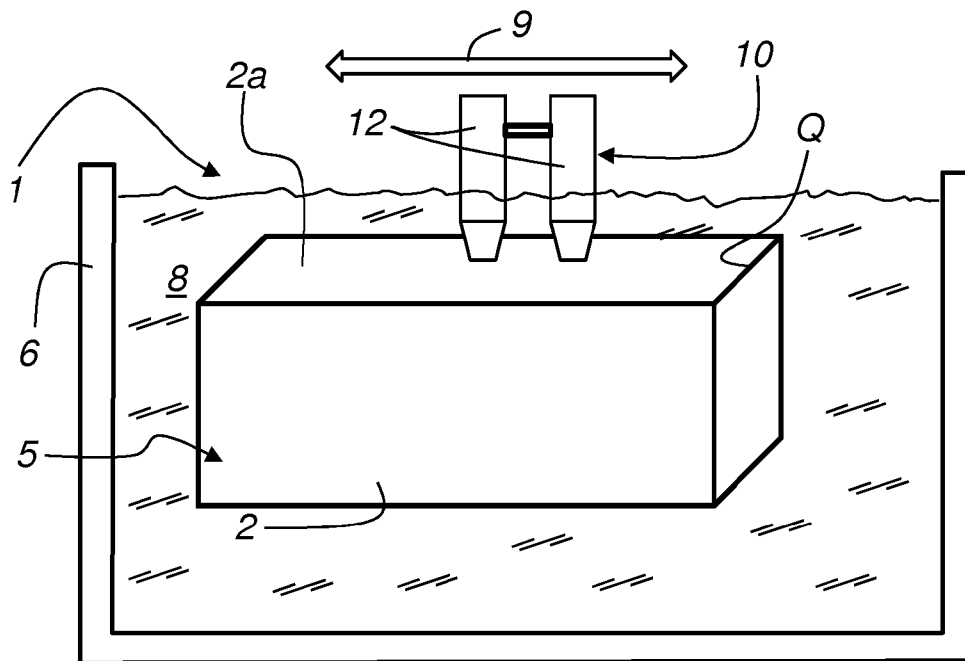


Fig. 1

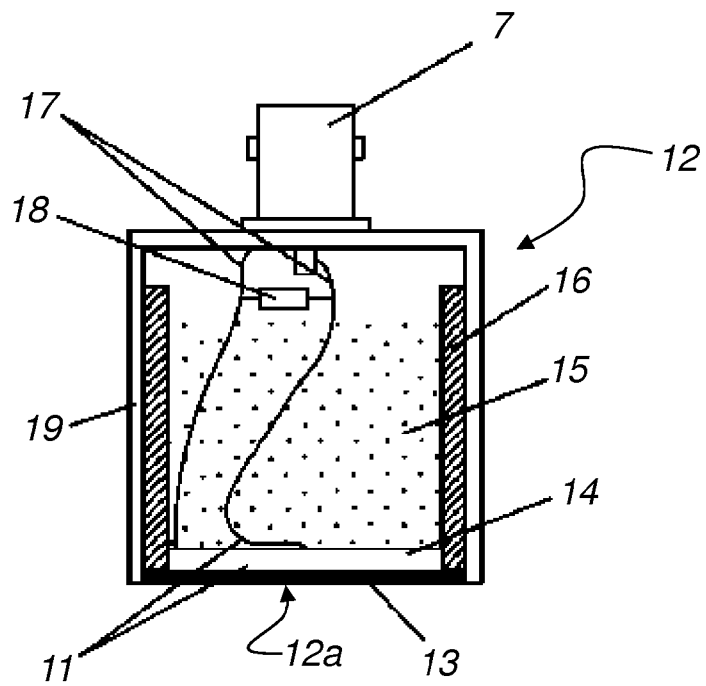


Fig. 2

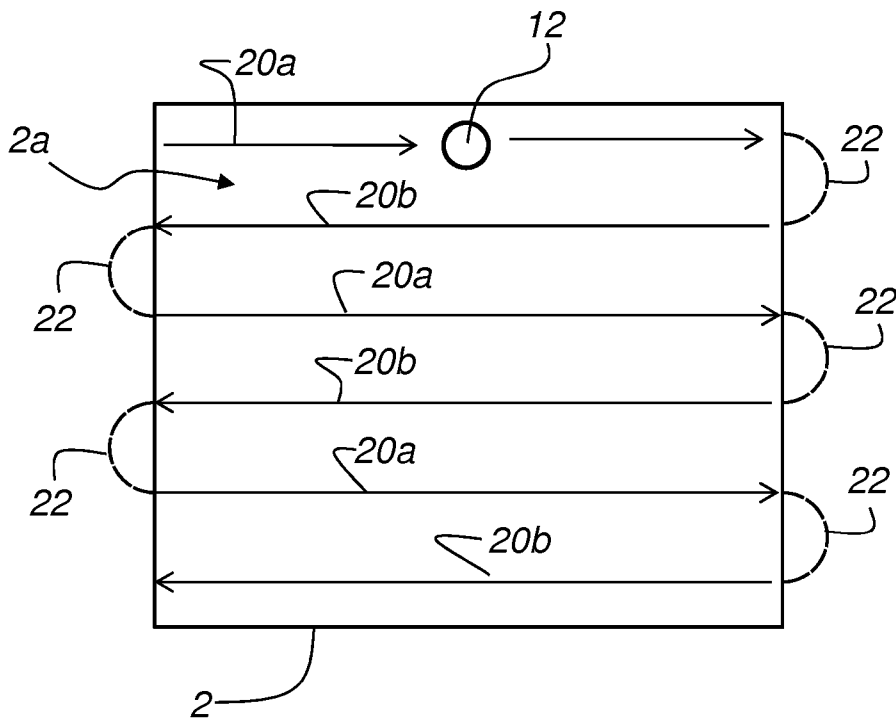


Fig. 3

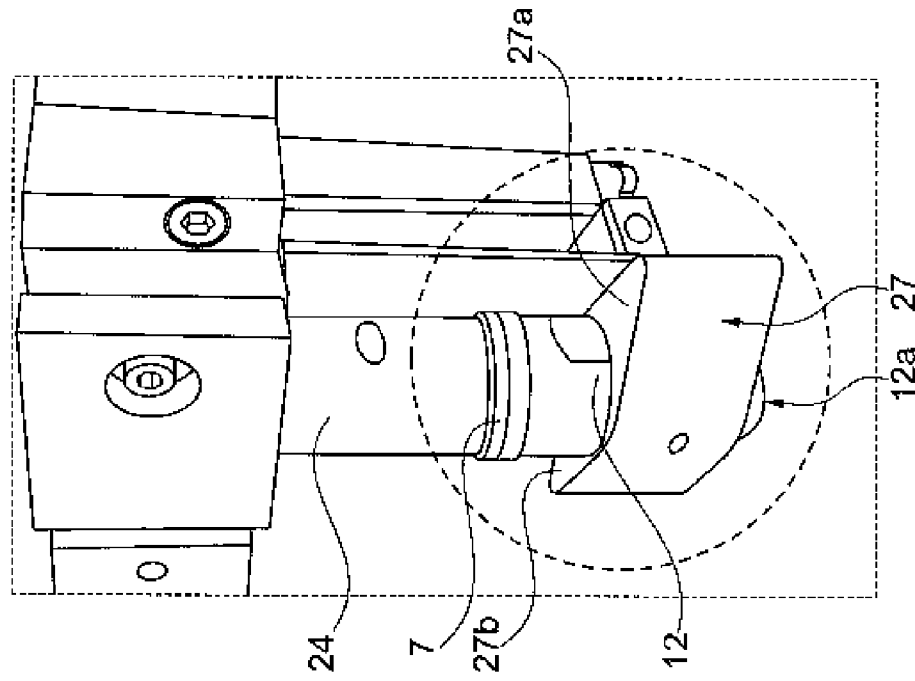
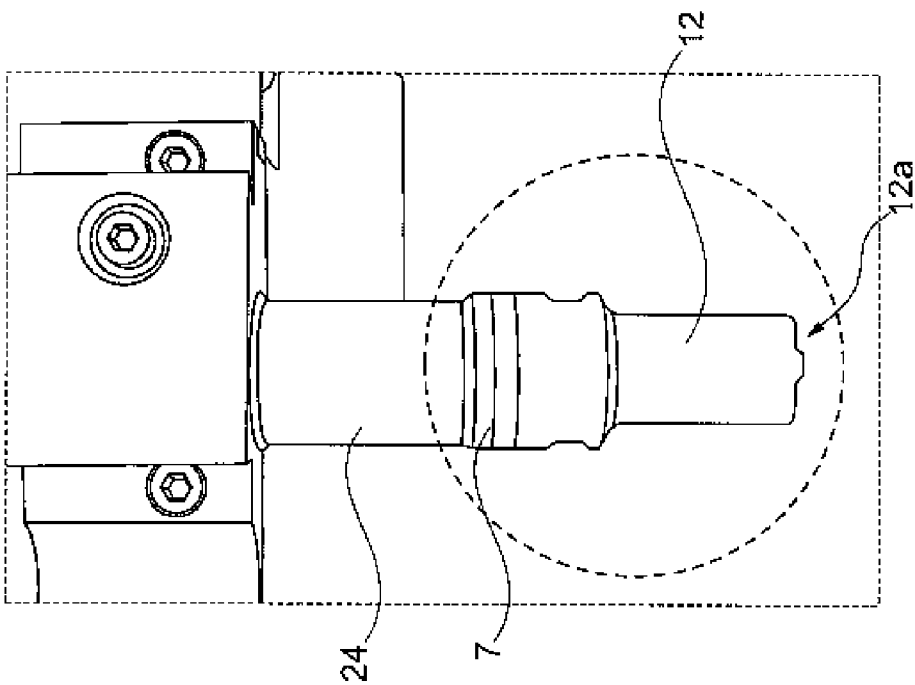


Fig. 5



Stand der Technik  
Fig. 4

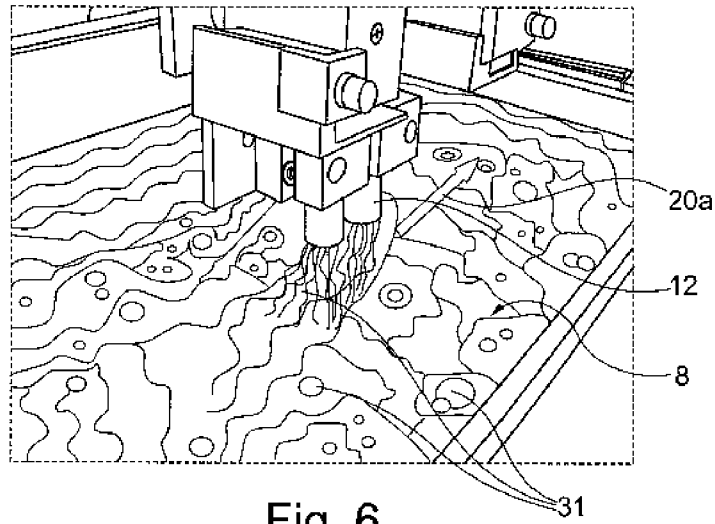


Fig. 6

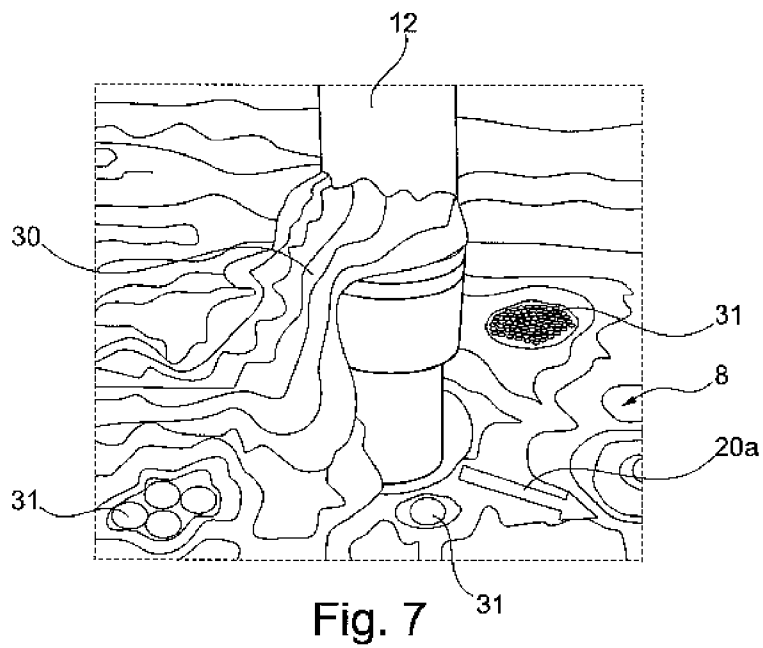


Fig. 7

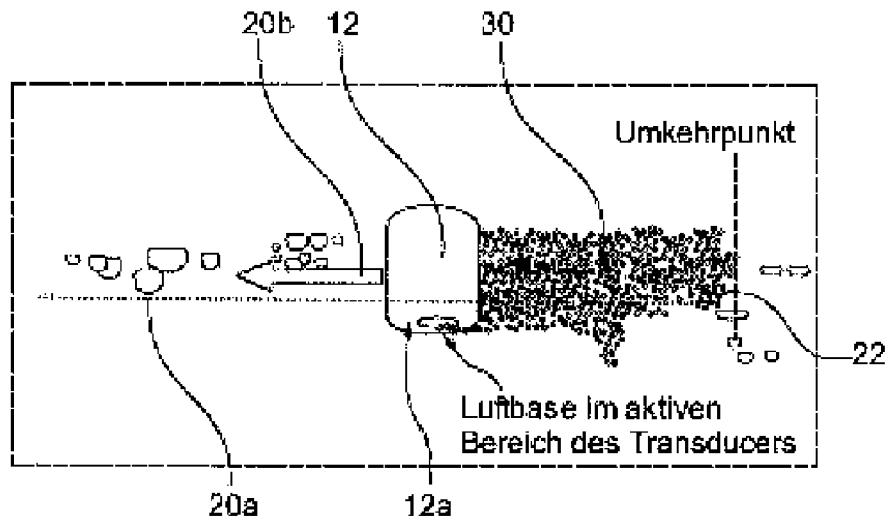


Fig. 8

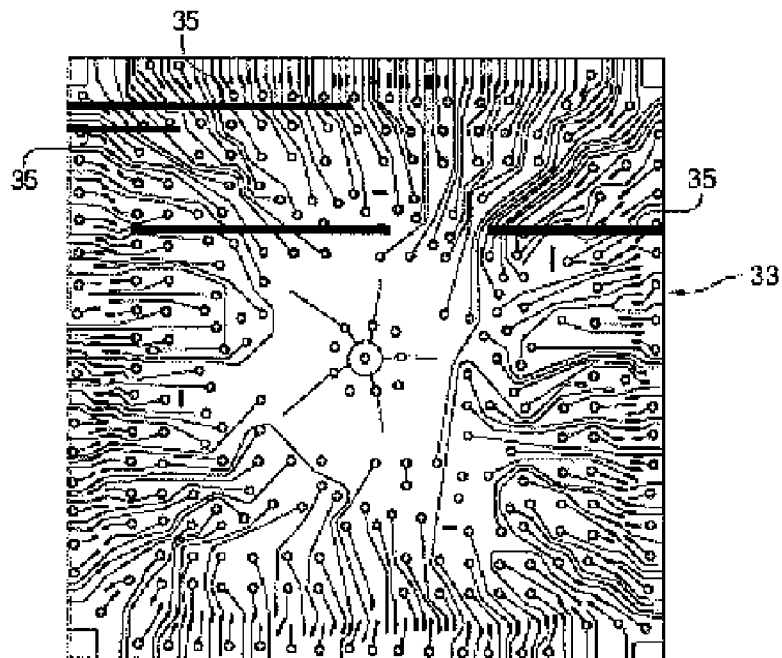


Fig. 9

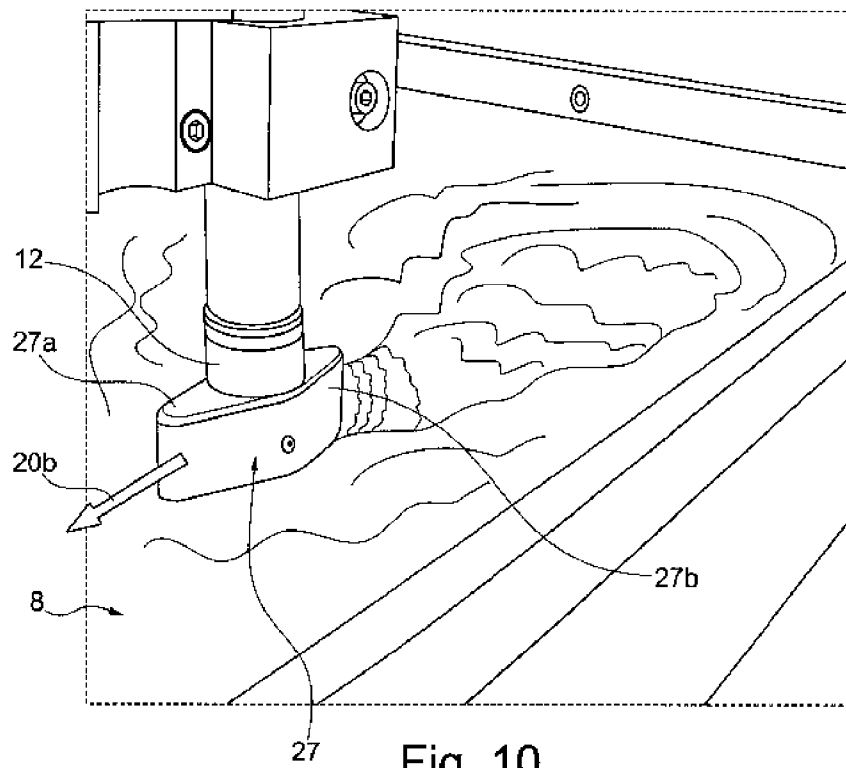


Fig. 10

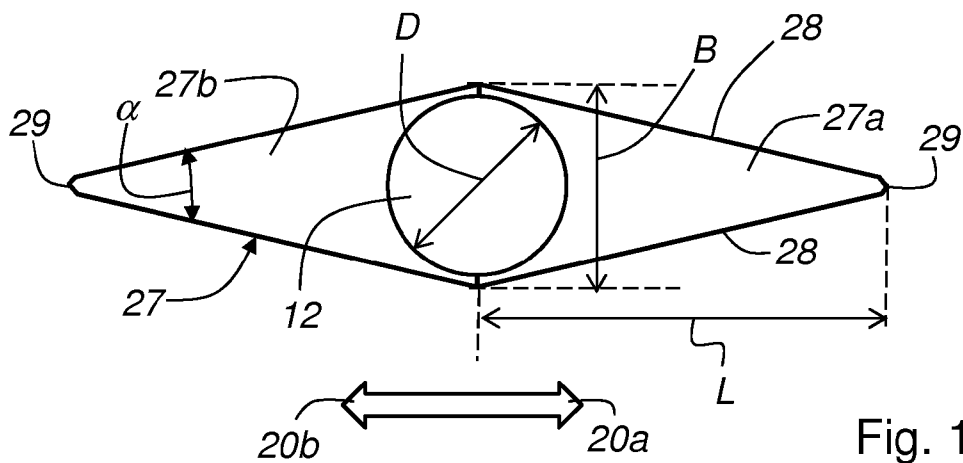


Fig. 11

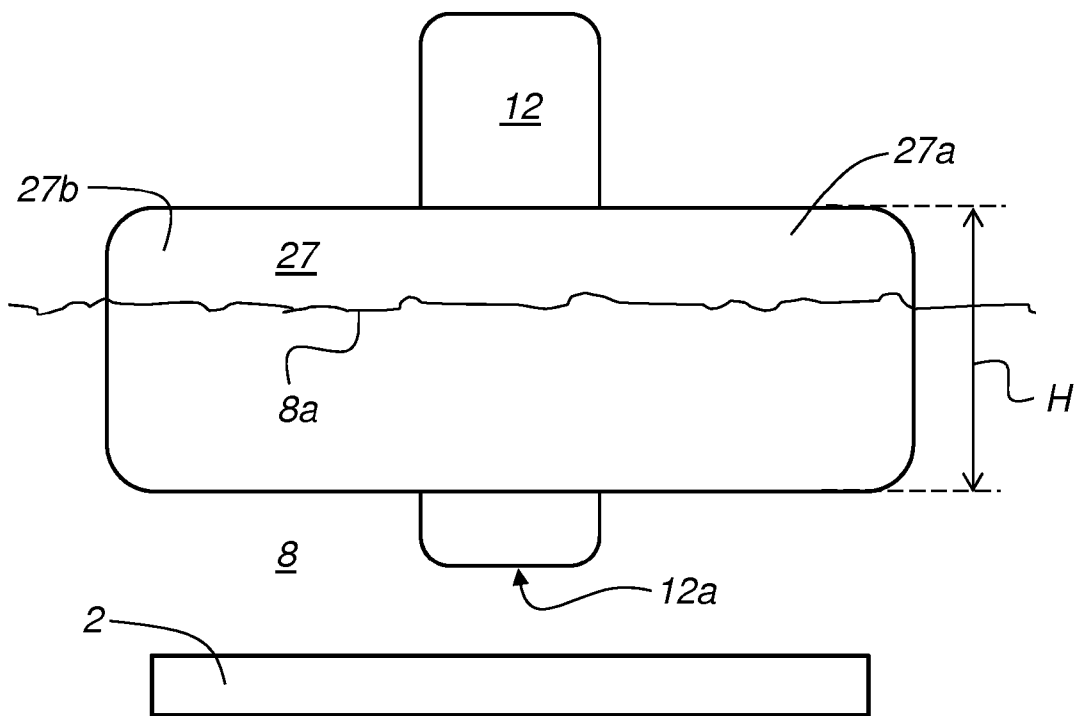


Fig. 12