



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/190993**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2016 001 207.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2016/028475**
(86) PCT-Anmeldetag: **20.04.2016**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **01.12.2016**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **30.11.2017**

(51) Int Cl.: **B06B 1/06 (2006.01)**
G01V 1/40 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
62/165,755 **22.05.2015** **US**

(74) Vertreter:
**Fleuchaus & Gallo Partnerschaft mbB, 81369
München, DE**

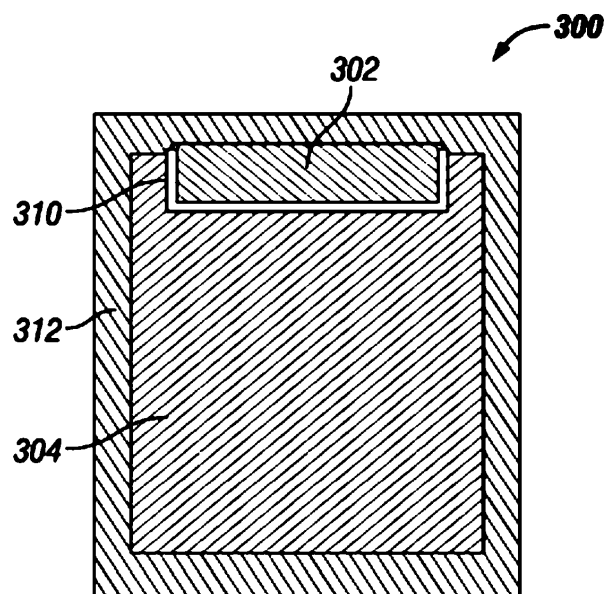
(71) Anmelder:
**Halliburton Energy Services, Inc., Houston, Tex.,
US**

(72) Erfinder:
**Ge, Yao, Singapore, SG; Mandal, Batakrishna,
Missouri City, Tex., US; Jin, Jing, Singapore, SG**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **In einem Träger eingebetteter Ultraschallumwandler mit piezoelektrischem Material**

(57) Zusammenfassung: Ein System und ein Bohrlochwerkzeug umfassen einen Ultraschallwandler mit einem piezoelektrischen Material, das in einen Träger eingebettet ist, und ein Verfahren zum Bestimmen eines Parameters unter Verwendung des Ultraschallwandlers. Ein Eigenrauschen des Wandlers kann verringert werden, indem das piezoelektrische Material mindestens teilweise in den Träger eingebettet ist. Der Ultraschallwandler kann ein einkapselndes Material beinhalten, das den Träger einkapselt.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Dieser Abschnitt dient dazu, relevante Kontextinformationen bereitzustellen, um ein besseres Verständnis der verschiedenen Aspekte der beschriebenen Ausführungsformen zu fördern. Dementsprechend versteht es sich, dass diese Erklärungen unter diesem Gesichtspunkt und nicht als Zulassungen nach dem Stand der Technik zu lesen sind.

[0002] Piezoelektrische Ultraschallwandler verwenden ein piezoelektrisches Material, um zwischen elektrischer und mechanischer Energie umzuwandeln. Eine auf das piezoelektrische Material aufgebrachte Spannung veranlasst das piezoelektrische Material, mit einer bestimmten Frequenz zu schwingen und eine Druckwelle zu erzeugen. In der Medizinbranche, der Erdölindustrie oder anderen Industrien kann die Druckwelle auf ein Ziel (oder einen Zielbereich) gerichtet und vom Ziel zurück zum piezoelektrischen Material reflektiert werden. Das piezoelektrische Material kann die empfangene reflektierte Druckwelle in ein elektrisches Signal umwandeln. Zum Beispiel können Ultraschallwandler in der Lage sein, als ein Empfänger eine Druckwelle in ein elektrisches Signal (mechanisch zu elektrisch) umzuwandeln und als ein Sender eine aufgebrachte Spannung in eine Druckwelle mit einer bestimmten Frequenz (elektrisch zu mechanisch) umzuwandeln. Der Durchschnittsfachmann wird zu schätzen wissen, dass die Wandler ebenfalls zwischen anderen Energiearten, einschließlich unter anderem elektromagnetischer, chemischer und Wärmeenergie, umwandeln können. Die unter Verwendung von Ultraschallwandlern erhaltenen Daten können elektrische Signale beinhalten, die Druckwellen oder andere Arten von Energie anzeigen und die analysiert werden können, um bestimmte Eigenschaften des Ziels zu bestimmen.

[0003] Fig. 1 stellt eine schematische Ansicht eines piezoelektrischen Ultraschallwandlers **100** dar. Wie dargestellt, beinhaltet der Ultraschallwandler **100** ein piezoelektrisches Material **102**, ein Epoxid **104**, einen Träger **106** und ein einkapselndes Material **108**. Das piezoelektrische Material **102** ist an einen Träger **106** unter Verwendung eines Epoxids **104** gebunden.

[0004] In einer Puls-Echo-Anwendung kann der Wandler **100** eine oder mehrere Ultraschallwellen **110** senden, um einen oder mehrere Parameter eines Ziels **112** zu scannen oder zu erfassen. Der Wandler **100** sendet die Ultraschallwelle **110** in Richtung des Ziels **112**. Ferner reflektiert das Ziel **112** die Ultraschallwelle **110** als ein Echo **114**, das durch den Wandler **100** empfangen werden kann. Der Träger **106** kann als ein Dämpfungsmaterial verwendet werden, um den mechanischen Qualitätsfaktor des

Wandlers **100** zu verringern, und kann ebenfalls verwendet werden, um gesendete Ultraschallwellen **110** oder die empfangenen Echos **114** zu dämpfen. In einigen Fällen kann ein Abklingrauschen **116**, das sich vom unteren Abschnitt des Trägers **106** zurück zum piezoelektrischen Material **102** ausbreitet, aufgrund der Sendung des Ultraschallwelle **110** und/oder des Empfangs des Echos **114** im Wandler **100** erzeugt werden. Das Ziel **112** kann dick genug sein, um eine Reflexion **118** der Welle **110** zu erzeugen, die sich von der Hinterseite des Ziels **112** ausbreitet, um beim Wandler **100** anzukommen, nachdem sich das Abklingrauschen **116** zerstreut hat.

[0005] Fig. 2 stellt einen Graphen eines Puls-Echo-Signals **201** dar, das durch den Wandler **100** als Reaktion auf das Empfangen des Echos **114** erzeugt wird. Wie dargestellt, wird die Amplitude (V) des durch den Wandler **100** erzeugten Signals **201** in Abhängigkeit der Zeit (μs) angezeigt. Der Wandler **100** erzeugt das Signal **201** als Reaktion auf das Echo **114** und zeigt mindestens teilweise Parameter des Echos **114** und/oder des Ziels **112** an. Wie im Graphen dargestellt, zeigt das Signal **201**, dass das von der vorderen Fläche des Ziels **112** reflektierende Echo **114** im Abschnitt **203** des Signals **201** dominant ist, während ein Nachecho **205**, welches das innerhalb des Wandlers **100** erzeugte Abklingrauschen **116** beinhalten kann, dem Echo **114** folgt. In einigen Fällen kann das Abklingrauschen **116** gänzlich im Wandler **100** nach dem Empfangen des Echos **114** erzeugt werden, ohne Interferenzen von der Reflexion **118**, die von der Hinterseite des Ziels **112** kommt, zu beinhalten. In einigen Anwendungen sind nur die Ankunftszeit und die Amplitude des Echos **114** von Interesse. Wie im Graphen dargestellt, können die Ankunftszeit und die Amplitude aus dem Signal **201** erlangt werden, wobei eine Ankunftszeit **207** etwa 145 Mikrosekunden beträgt und eine Spitzenamplitude **209** des Signals **201** annähernd 0,46 V beträgt. Diese Werte des Signals **201** zeigen mindestens teilweise das Echo **114** an, das von der vorderen Fläche des Ziels **112** kommt, stellen jedoch keine Informationen über die eine oder die mehreren Eigenschaften oder Parameter im Inneren des Ziels **112** bereit.

[0006] Parameter des Nachechos **205** können ebenfalls von Interesse sein. Wie hierin verwendet, bezieht sich das Nachecho **205** auf einen Abschnitt des Signals **201**, das einen Parameter von Interesse im Inneren des Ziels **112** anzeigen kann. Das Nachecho **205** zeigt die Schallwellen an, die durch das Ziel **112** gingen und zum Wandler **100** zurückkehrten. In einigen Anwendungen zum Beispiel kann eine Impedanzschätzung hinter einem Bohrlochfutterrohr oder eine Bildgebung hinter einer hochreflektierenden Schicht (zum Beispiel Stahlfutterrohr) im Ziel **112** von Interesse sein. Bei medizinischen Anwendungen können Gewebestrukturen über erste Schicht hinaus von Interesse sein. Bei einem anderen Beispiel kann

in einem Öl- und Gasproduktionsbohrloch die Zementbindung hinter dem Stahlfutterrohr ausgewertet werden.

[0007] Dementsprechend sind möglicherweise nicht nur die Ankunftszeit **207** und die Amplitude **209** des Abschnitts **203** des Signals **201** von Interesse, sondern ebenfalls Parameter des Nachechos **205** können in Betracht gezogen werden. Während sich die Amplitude des im Wandler **100** erzeugten Abklingrauschens **116** (z. B. unter anderem aufgrund der Geometrie und/oder der Wellenausbreitung innerhalb des Wandlers **200**) der Amplitude des Nachechos **205** nähert oder sie übersteigt, kann die Verringerung des Eigenrauschens des Wandlers (d. h. durch den Wandler selbst verursachtes Rauschen) vorteilhaft zum Studieren der Parameter eines Signals sein, das durch den Wandler **200** nach der Ankunftszeit der Spitzenamplitude **209** des Signals **201** erzeugt wurde. Ferner kann der Wandler **100** Eigenrauschen während der Sendung von Ultraschallwellen sowie während des Empfangs von Ultraschallwellen aufweisen. In einigen Fällen kann das Eigenrauschen im Nachecho **205** aufgrund der Konstruktion des Wandlers auftreten. Indem die Konstruktion des Wandlers geändert wird, kann das Eigenrauschen minimiert werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0008] Zur detaillierten Beschreibung der Ausführungsformen wird nun Bezug auf die begleitenden Zeichnungen genommen, in denen:

[0009] Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Ultraschallwandlers darstellt;

[0010] Fig. 2 einen Graphen eines Puls-Echo-Signals darstellt, das durch den Wandler aus Fig. 1 erzeugt wird;

[0011] Fig. 3A und B eine schematische Ansicht eines Trägers mit einem Hohlraum gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen darstellen;

[0012] Fig. 4 eine schematische Ansicht eines piezoelektrischen Materials darstellt, das in einen Träger gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen eingebettet ist;

[0013] Fig. 5 eine schematische Ansicht eines Wandlers gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen darstellt;

[0014] Fig. 6 eine schematische Ansicht eines Wandlers gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen darstellt;

[0015] Fig. 7 einen Graphen eines Eigenrauschen-Diagramms eines Signals darstellt, das durch einen

beispielhaften Wandler gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen erzeugt wird;

[0016] Fig. 8 einen Graphen eines Eigenrauschen-Diagramms eines Signals darstellt, das durch einen beispielhaften Wandler gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen erzeugt wird;

[0017] Fig. 9A einen Graphen eines Signals darstellt, das durch einen beispielhaften Wandler gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen erzeugt wird;

[0018] Fig. 9B einen Graphen eines Signals darstellt, das durch einen beispielhaften Wandler gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung erzeugt wird;

[0019] Fig. 10 eine schematische Ansicht einer Drahtverbindung mit einem Wandler gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen darstellt;

[0020] Fig. 11 eine schematische Ansicht einer Drahtverbindung mit einem Wandler gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen darstellt;

[0021] Fig. 12 eine schematische Ansicht einer Bohrumgebung gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen darstellt; und

[0022] Fig. 13 eine schematische Ansicht einer Wireline-Messumgebung gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen darstellt.

Ausführliche Beschreibung

[0023] Diese Offenbarung stellt einen piezoelektrischen Wandler mit verringertem Eigenrauschen bereit. Insbesondere stellt diese Offenbarung einen Ultraschallwandler mit einem piezoelektrischen Material bereit, das in einen Hohlraum eines Trägers eingebettet ist, der das Eigenrauschen verringert, um die Analyse oder die Bildgebung eines Nachechos zu verbessern.

[0024] Fig. 3–Fig. 6 stellen schematische Ansichten eines Wandlers **300** gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen dar. Wie in Fig. 3A dargestellt, ist das piezoelektrische Material **302** in den Träger **304** eingebettet. Das piezoelektrische Material **302** kann einen piezoelektrischen Kristall und/oder eine piezoelektrische Keramik (z. B. Bleizirkonattitanat) beinhalten. Bei dem Träger **304** kann es sich um ein beliebiges Material mit einer Impedanz handeln, das mindestens einen Teil des Eigenrauschens und/oder des durch das piezoelektrische Material **304** erzeugten Abklingrauschens dämpft. Der Träger **304** kann ausgelegt sein, die Bandbreite des piezoelektrischen Materials **304** einzustellen. Der Träger **304** kann ein Material mit einer Impedanz beinhalten, die der Im-

pedanz des piezoelektrischen Materials **302** im Wesentlichen ähnlich ist (z. B. $\pm 5\%$). Zusätzlich oder alternativ kann der Träger **304** ein Wolframgummimaterial beinhalten, wobei es sich um in eine Gummimatrix gemischtes Wolfram (wie beispielsweise ein Wolframpulver) handelt. Aufgrund der Dichte von Wolfram kann das Wolframgummimaterial einige der Schallwellen, die dem Eigenrauschen zugeordnet werden können, absorbieren und die Sende- und Empfangsenergie des piezoelektrischen Materials **302** erhöhen. In einer oder in mehreren Ausführungsformen kann sich ein Drittel der gesamten Höhe **308** des piezoelektrischen Materials **302** in einem Hohlraum **303** (oder einer Stufe) des Trägers **304** befinden. In einer oder in mehreren Ausführungsformen beträgt die Tiefe **306** des Hohlraums **303** mindestens ein Drittel oder mehr der gesamten Höhe **308** des piezoelektrischen Materials **302**. In bestimmten Ausführungsformen beträgt die Tiefe **306** des Hohlraums **303** mindestens 33 %, 50 %, 75 % oder 100 % oder mehr als 100 % der Höhe **308** des piezoelektrischen Materials **302**. Wie in Fig. 3B dargestellt, kann der Hohlraum **303** eine Tiefe **306** aufweisen, die größer als die Höhe **308** ist, wobei genug Träger **304** hinter dem piezoelektrischen Material **302** vorhanden ist, um Schallwellen, die dem Eigenrauschen zugeordnet werden können, zu absorbieren.

[0025] Wie in Fig. 4 dargestellt, kann der Hohlraum **303** ein Bindungsmaterial oder -mittel **310** beinhalten, das innerhalb des Hohlraums **303** und zwischen mindestens einem Teil des Hohlraums **303** und mindestens einem Teil des piezoelektrischen Materials **302** angeordnet ist. Zum Beispiel kann das Bindungsmaterial oder -mittel **310** ein Epoxid oder einen Klebstoff beinhalten, das/der für Ultraschallanwendungen des piezoelektrischen Materials **302** geeignet ist. Für medizinische Anwendungen, bei denen der Wandler **300** bei Raumtemperatur verwendet wird, können einige handelsübliche Epoxide oder Klebstoffe mit einer Bindungsschichtdicke von weniger als 0,05 Zoll als Bindungsmaterial **310** verwendet werden, um das piezoelektrische Material **302** am Träger **304** zu befestigen. In einem Bohrloch oder einer anderen Öl- und Gasbohrlochanwendung, bei der hohe Temperaturen (höher als 200 °F oder 93 °C) auftreten können, können als Bindungsmaterial **310** Epoxide verwendet werden, die für die entsprechenden Temperaturen ausgelegt sind. Im Allgemeinen ist die elektrische Eigenschaft des Bindungsmaterials **310** nicht leitfähig, jedoch kann das Bindungsmaterial **310** in einigen Fällen leitfähig sein. In einem Beispiel kann das Bindungsmaterial **310** unter anderem DURALCO® **4703**, ein Hochtemperatur-Epoxid beinhalten, das von CO-TRONICS™ Corporation aus Brooklyn, New York, USA erhältlich ist. Das piezoelektrische Material **302** und der Träger **304** können ebenfalls durch ein einkapselndes Material **312**, wie in Fig. 5 dargestellt, eingekapselt sein. In einer oder in mehreren Ausführungsformen kann das einkapselnde Material **312**

eine isolierende Gussverbindung und/oder ein Epoxid beinhalten, wie beispielsweise INSULCAST® **125**, das von ITWS Engineered Polymers North America aus Montgomeryville, Pennsylvania, USA erhältlich ist. Das einkapselnde Material **312** kann um das piezoelektrische Material **302** und den Träger **304** gegossen sein.

[0026] In einer oder in mehreren Ausführungsformen kann das Einbetten des piezoelektrischen Materials **302** in den Träger **304** den mechanischen Qualitätsfaktor des Wandlers **300** verringern. Daher kann das Eigenrauschen des Wandlers **300** verringert werden und/oder die Bandbreite des Wandlers **300** in der Frequenzdomäne kann sich erhöhen. Zusätzlich, wie in Fig. 6 dargestellt, können Ultraschallreflexionen **314**, die sich zwischen der Seite des piezoelektrischen Materials **302** und dem einkapselnden Material **312** ausbreiten, durch den Träger **304** zwischen der Seite des piezoelektrischen Materials **302** und dem einschließenden Material **312** gedämpft werden. Somit kann der Träger **304** konfiguriert sein, Ultraschallwellen zu dämpfen, die sich zwischen dem piezoelektrischen Material **302** und dem einkapselnden Material **312** ausbreiten. Ferner kann der vergrößerte Bindungsbereich zwischen dem piezoelektrischen Material **302** und dem Träger **304** die Gesamtstabilität des Bindungsmaterials **310** bei hohen Temperaturen (z. B. mindestens etwa 200 °F oder 93 °C) und/oder hohem Druck (z. B. mindestens 15.000 psi oder 103 MPa), wie beispielsweise in einem Bohrloch oder in anderen Öl- und Gasbohrlochanwendungen, verbessern.

[0027] Unter Bezugnahme auf Fig. 7–Fig. 9 sind nun Graphen von Puls-Echo-Signaldiagramme von zwei Wandlern **100** und **300** gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen zum Vergleich dargestellt, wobei jeder das gleiche piezoelektrische Material und Trägermaterial umfasst. Um die Diagramme in Fig. 7 und Fig. 8 zu erhalten, wurde jeder Wandler **100** und **300** in Wasser eingetaucht und durch einen 5 Mikrosekunden langen 100V-Rechteckwellenimpuls angeregt. Ferner wurde jeder Wandler **100** und **300** nicht in der Nähe eines Ziels oder einer Schnittstelle platziert, um eine Reflexion oder ein Echo zu erzeugen. Somit stellen die Diagramme in Fig. 7 und Fig. 8 ein beliebiges Eigenrauschen und/oder Abklingrauschen dar, das sich in den Wandlern **100** und **300** ausbreitet. In Fig. 7 ist ein Signal **701** dargestellt, das durch den Wandler **100** erzeugt wurde, der ein piezoelektrisches Material beinhaltet, das an eine obere Fläche eines Trägermaterials gebunden ist. In Fig. 8 ist ein Signal **801** dargestellt, das durch den Wandler **300** gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen erzeugt wurde, der ein piezoelektrisches Material beinhaltet, das in ein Trägermaterial eingebettet ist, wie in Fig. 3–Fig. 6 dargestellt. Wie in Fig. 7 dargestellt, zeigt sich das Eigenrauschen **703** nach etwa 80 Mikrosekunden, wohingegen unter ähnlichen Testbe-

dingungen der Wandler **300** mit dem in das Trägermaterial **304** eingebetteten piezoelektrischen Material **302** viel weniger Eigenrauschen **803**, insbesondere nach 80 Mikrosekunden, erzeugt.

[0028] Fig. 9A–Fig. 9B stellen Graphen von Puls-Echo-Signaldiagrammen dar, die durch die Wandler **100** und **300** erzeugt wurden, die in Wasser in einem Abstand von etwa 3 Zoll (7,62 cm) von einer Reflexionsschnittstelle eingetaucht wurden, die einen Stahlblock mit den Abmessungen von etwa 6 × 6 × 6 Zoll (15,24 × 15,24 × 15,24 cm) beinhaltet, gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen. In Fig. 9A wurde das Signal **901** durch den Wandler **100** erzeugt, während in Fig. 9B das Signal **911** durch den Wandler **300** erzeugt wurde. Die Signalabschnitte **904** und **914** zeigen die Reflexionen an, die von der reflektierenden Schnittstelle durch den jeweiligen Wandler **100** und **300** empfangen wurden. Das Sendungsrauschen **903** und das Empfangsrauschen **905** zeigen sich in der oben gebundenen Ausgestaltung des Wandlers **100**, wie in Fig. 9A dargestellt, sehr viel deutlicher als im Vergleich zu dem Sendungsrauschen **913** und dem Empfangsrauschen **915**, das durch die eingebettete Ausgestaltung des Wandlers **300** erzeugt wird, wie in Fig. 9B dargestellt.

[0029] Fig. 10 und Fig. 11 bilden schematische Ansichten der Verdrahtung des piezoelektrischen Materials **302** innerhalb des Trägers **304** des Wandlers **300** gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen ab. In Fig. 10 können Drähte **316A**, B mit Elektroden **318** verbunden sein, die elektrisch in das piezoelektrische Material **302** eingreifen. Der Draht **316B** kann durch das Material **304** weg vom piezoelektrischen Material **302** verlaufen. Die Drähte **316** können als elektrische Verbindungen mit den Elektroden **318** dienen, um das piezoelektrische Material **302** mit Energie zu versorgen oder anzuregen. In Fig. 11 kann der Draht **316B** elektrisch mit dem piezoelektrischen Material **302** über eine Elektrode **318** verbunden sein, indem der Draht **316B** durch eine Seite des Trägers **304** und in das ein kapselnde Material **308** verläuft. Die Drähte **316A**, B können aus dem ein kapselnden Material **308** heraus und weg vom piezoelektrischen Material geleitet werden. In einer oder in mehreren Ausführungsformen können die Drähte **316A**, B, wenn der Träger **304** ein leitfähiges Material beinhaltet, direkt mit dem Träger **304** verbunden werden.

[0030] Fig. 12 stellt eine schematische Ansicht eines Protokollierung-während-des-Bohrens-(logging-while-drilling – LWD-) und/oder eine Messen-während-des-Bohrens-(measuring-while-drilling – MWD-) Umgebung dar, in der ein Wandler **1226** gemäß einer oder mehreren in der vorliegenden Offenbarung beschriebenen Ausführungsformen verwendet werden kann. Wie dargestellt, ist eine Bohrplattform **1202** mit einem Bohrturm **1204** ausgerüstet, der eine Hebe-

vorrichtung **1206** zum Anheben und Absenken eines Bohrstrangs **1208** stützt. Die Hebevorrichtung **1206** hängt einen oberen Antrieb **1210** auf, der den Bohrstrang **1208** dreht, während der Bohrstrang durch den Bohrlochkopf **1212** abgesenkt wird. Abschnitte des Bohrstrangs **1208** sind durch Schraubverbindungen **1207** verbunden. Mit dem unteren Ende des Bohrstrangs **1208** ist eine Bohrkronen **1214** verbunden. Während sich die Krone **1214** dreht, wird ein Bohrloch **1220** erzeugt, das verschiedene unterirdische Erdformationen **1221** innerhalb eines Reservoirs kreuzt. Eine Pumpe **1216** zirkuliert Bohrfluid durch eine Versorgungsleitung **1218** zum oberen Antrieb **1210**, durch das Innere des Bohrstrangs **1208**, durch Öffnungen in der Bohrkronen **1214**, zurück zur Oberfläche über den Ring um den Bohrstrang **1208** und in ein Rückhaltebecken **1224**. Das Bohrfluid transportiert Bohrklein aus dem Bohrloch in das Becken **1224** und hilft dabei, die Integrität des Bohrlochs **1220** beizubehalten.

[0031] Ein Bohrlochwerkzeug **1240**, z. B. ein LWD/MWD-Werkzeug, befindet sich auf den Bohrstrang **1208** und kann nahe der Bohrkronen **1214** angeordnet sein. Das Bohrlochwerkzeug **1240** beinhaltet den Wandler **1226** und das Telemetriemodul **1280**. Der Wandler **1226** steht in Kommunikation mit dem Telemetriemodul **1280**, das einen Sender (z. B. einen akustischen Telemetriesender) aufweist, der Signale in Form einer akustischen Vibration in der Schlauchwand des Bohrstrangs **1208** sendet. Eine Empfängeranordnung **1230** kann an den Schlauch unterhalb des oberen Antriebs **1210** gekoppelt sein, um die gesendeten Signale zu empfangen. Ein oder mehrere Zwischenverstärkermodule **1232** können wahlweise entlang des Bohrstrangs bereitgestellt sein, um die Telemetriesignale zu empfangen und zurückzusenden. Natürlich können andere Telemetrietechniken verwendet werden, einschließlich Schlammimpulstelemetrie, elektromagnetische Telemetrie und verdrahtete Bohrgestänge telemetrie. Viele Telemetrietechniken bieten ebenfalls die Fähigkeit, Befehle von der Oberfläche zum Bohrlochwerkzeug **1240** zu übertragen, wodurch eine Einstellung der Konfiguration und der Betriebsparameter des Bohrlochwerkzeugs **1240** ermöglicht wird. In einigen Ausführungsformen speichert das Telemetriemodul **1280** ebenfalls oder alternativ Messungen zum späteren Abrufen, wenn das Bohrlochwerkzeug **1240** an die Oberfläche zurückkehrt.

[0032] Während die Krone **1214** das Bohrloch durch die Formationen ausdehnt, kann der Wandler **1226** eine Ultraschallwelle vom Bohrlochwerkzeug **1240** radial nach außen senden und Echos, die zum Beispiel vom Bohrfluid, dem Futterrohr oder der Zementbindung im Bohrloch **1220** zurückkehren, empfangen. Der Wandler **1226** kann Signale erzeugen, die einen Bohrlochparameter (z. B. indem Ultraschallwellen in einer Puls-Echo-Anwendung, wie hierin in Be-

zug auf den Wandler **300** beschrieben, gesendet und empfangen werden) als Reaktion auf das Empfangen von Ultraschallwellen anzeigen. Der Bohrlochparameter kann die Ausrichtung und/oder die Position des Bohrlochwerkzeugs **1240**; die Bohrlochgröße; die Bohrfluidgeschwindigkeit und -dichte; eine akustische Geschwindigkeit und Impedanz mindestens eines des Futterrohrs, des Bohrfluids, der Zementbindung und/oder der Erdformation und verschiedene andere Bohrbedingungen im Bohrloch beinhalten. Das durch den Wandler **1226** erzeugte Signal kann verwendet werden, um eine akustische Impedanz hinter einem Bohrlochfutterrohr zu schätzen oder ein Bild einer beliebigen anderen hochreflektierenden Schicht hinter dem Bohrlochfutterrohr zu erzeugen. Wie hierin verwendet, kann eine hochreflektierende Schicht eine beliebige Schicht von Material mit einer anderen akustischen Impedanz als die des Bohrfluids beinhalten. In einigen Ausführungsformen kann die Zementbindung hinter dem Stahlfutterrohr ebenfalls basierend auf den durch den Wandler **1226** erzeugten Signalen ausgewertet werden.

[0033] Fig. 13 stellt eine schematische Ansicht einer Wireline-Messumgebung dar, in welcher der Wandler **1226** gemäß einer oder mehreren in der vorliegenden Offenbarung beschriebenen Ausführungsformen verwendet werden kann. Wie dargestellt, können Messvorgänge unter Verwendung eines Wireline-Messstrangs **1234**, z. B. einer Wireline-Messsonde, die über ein Kabel **1242** aufgehängt ist, das Strom zum Messstrang **1234** und Telemetriesignale zwischen dem Messstrang **1234** und der Oberfläche überträgt, durchgeführt werden. Der Messstrang **1234** beinhaltet das Bohrlochwerkzeug **1240**, das Ultraschallmessdaten mit dem Wandler **1226** wie hierin beschrieben sammeln kann. Zum Beispiel kann der Wandler **1226** eine Ultraschallwelle vom Bohrlochwerkzeug **1240** radial nach außen senden und Echos, die vom Bohrfluid, dem Futterrohr oder der Zementbindung im Bohrloch **1220** zurückkehren, empfangen. Der Wandler **1226** kann Signale erzeugen, die einen Bohrlochparameter anzeigen, der in Zusammenhang mit dem Bohrfluid, dem Futterrohr oder der Zementbindung steht, wie beispielsweise eine akustische Geschwindigkeit und/oder Impedanz. Das Bohrlochwerkzeug **1240** kann eine Dreheinrichtung **1225** zum Drehen des Wandlers **1226** relativ zum Messstrang **1234** und/oder zum Bohrlochwerkzeug **1240** beinhalten, um die Ultraschallsignale in einer azimutalen Ausrichtung im Bohrloch **1220** zu sammeln. In einer oder in mehreren Ausführungsformen kann sich der Messstrang **1234** relativ zum Bohrloch **1220** drehen, um den Wandler **1226** zum Sammeln von Ultraschallsignalen in einer azimutalen Ausrichtung zu drehen. Zusätzlich oder alternativ können der Wandler **1226** und das Bohrlochwerkzeug **1240** an einem distalen Ende des Messstrangs **1234** positioniert sein. Das Bohrlochwerkzeug **1240** kann an andere Module des Wireline-Messstrangs **1234** durch

einen oder mehrere Adapter **1233** gekoppelt sein. Eine Messeinrichtung **1244** sammelt Messwerte vom Messstrang **1234** und beinhaltet ein Computersystem **1245** zum Verarbeiten und Speichern der durch die Sensoren erfassten Messwerte. Unter anderem kann das Computersystem **1245** ein nicht flüchtiges computerlesbares Medium (z. B. ein Festplattenlaufwerk und/oder einen Speicher) beinhalten, das in der Lage ist, Anweisungen auszuführen, um derartige Aufgaben durchzuführen. Zusätzlich zum Sammeln und Verarbeiten von Messwerten kann das Computersystem **1245** in der Lage sein, den Messstrang **1234** und das Bohrlochwerkzeug **1240** zu steuern. Die Messeinrichtung **1244** kann ferner eine Benutzerschnittstelle (nicht dargestellt) beinhalten, welche die Messwerte anzeigt, zum Beispiel ein Monitor oder ein Drucker. Somit versteht es sich, dass der Wandler **1226** in verschiedenen Bohrlochwendungen, wie beispielsweise Wireline-, Slickline-, Rohrschlangen-, MWD- oder LWD-Anwendungen, verwendet werden kann.

[0034] In einem Ultraschall-Scansystem kann der hohe Signal-zu-Rauschabstand (signal-to-noise ratio – SNR) von besonderem Interesse sein. Der SNR wird für gewöhnlich durch Optimierung der Elektronik im System verbessert, um das Elektronikrauschen auf das Niveau des Eigenrauschens des Wandlers zu senken. In einigen Fällen wird das Eigenrauschen des Wandlers zum Engpass der Technologie. Daher ermöglichen Ausführungsformen ein effektives Verfahren und System zum Verringern des Eigenrauschens eines piezoelektrischen Ultraschallwandlers. Zusätzlich stellen eine oder mehrere Ausführungsformen dieser Offenbarung einen alternativen Weg zum Bauen eines Wandlers, indem die gleichen Materialien im gleichen Formfaktor verwendet werden, während das Eigenrauschen des Wandlers verringert wird. Ferner können in einer oder in mehreren Ausführungsformen piezoelektrische Materialien unter Verwendung der Bindungsmaterialien wie hierin beschrieben mit einer oberen Oberfläche des in das Bindungsmaterial eingebetteten piezoelektrischen Materials gebunden werden.

[0035] Zusätzlich zu den oben beschriebenen Ausführungsformen liegen viele Beispiele spezifischer Kombinationen im Umfang der Offenbarung, von denen einige nachfolgend ausführlicher beschrieben sind:

Beispiel 1: System, umfassend:
einen Ultraschallwandler, umfassend:
einen Träger; und
ein piezoelektrisches Material, das mindestens teilweise in den Träger eingebettet ist.

[0036] Beispiel 2: System nach Beispiel 1, das ferner ein inkapselndes Material umfasst, wobei das piezoelektrische Material und der Träger im inkapselnden Material eingekapselt sind.

[0037] Beispiel 3: System nach Beispiel 1, das ferner ein Bindungsmaterial zwischen dem piezoelektrischen Material und dem Träger umfasst.

[0038] Beispiel 4: System nach Beispiel 3, wobei das Bindungsmaterial ein Epoxid umfasst. Beispiel 5: System nach Beispiel 3, wobei das Bindungsmaterial eine Dicke von weniger als 0,05 Zoll umfasst.

[0039] Beispiel 6: System nach Beispiel 3, wobei das Bindungsmaterial konfiguriert ist, einer Temperatur unterworfen zu sein, die höher als 200 °F (93 °C) ist.

[0040] Beispiel 7: System nach Beispiel 1, wobei der Träger einen Hohlraum umfasst und sich das piezoelektrische Material in dem Hohlraum befindet.

[0041] Beispiel 8: System nach Beispiel 7, wobei sich mindestens ein Drittel der gesamten Höhe des piezoelektrischen Materials in dem Hohlraum befindet.

[0042] Beispiel 9: System nach Beispiel 1, das ferner ein den Wandler beinhaltendes Bohrlochwerkzeug umfasst.

[0043] Beispiel 10: System nach Anspruch 2, wobei das Trägermaterial konfiguriert ist, Schallwellen, die sich zwischen dem piezoelektrischen Material und dem einkapselnden Material ausbreiten, zu dämpfen.

[0044] Beispiel 11: Bohrlochwerkzeug, das in einem Bohrloch positioniert werden kann, das eine unterirdische Erdformation kreuzt, umfassend:
einen Ultraschallwandler, umfassend:
einen Träger; und
ein piezoelektrisches Material, das mindestens teilweise in den Träger eingebettet ist.

[0045] Beispiel 12: Bohrlochwerkzeug nach Beispiel 11, das ferner ein einkapselndes Material umfasst, wobei das piezoelektrische Material und der Träger im einkapselnden Material eingekapselt sind.

[0046] Beispiel 13: Bohrlochwerkzeug nach Beispiel 11, das ferner ein Bindungsmaterial zwischen dem piezoelektrischen Material und dem Träger umfasst.

[0047] Beispiel 14: Bohrlochwerkzeug nach Beispiel 11, wobei der Träger einen Hohlraum umfasst und sich das piezoelektrische Material in dem Hohlraum befindet.

[0048] Beispiel 15: Bohrlochwerkzeug nach Beispiel 14, wobei sich mindestens ein Drittel der gesamten Höhe des piezoelektrischen Materials in dem Hohlraum befindet.

[0049] Beispiel 16: Bohrlochwerkzeug nach Beispiel 11, wobei das Bindungsmaterial konfiguriert ist, einer

Temperatur unterworfen zu sein, die höher als 200 °F (93 °C) ist.

[0050] Beispiel 17: Bohrlochwerkzeug nach Anspruch 12, wobei das Trägermaterial konfiguriert ist, Schallwellen, die sich zwischen dem piezoelektrischen Material und dem einkapselnden Material ausbreiten, zu dämpfen.

[0051] Beispiel 18: Verfahren zum Bestimmen eines Parameters unter Verwendung eines Ultraschallwandlers, umfassend:

Einbetten eines piezoelektrischen Materials mindestens teilweise in einen Träger;

Erzeugen eines Signals als Reaktion auf das Empfangen einer Ultraschallwelle mit dem piezoelektrischen Material, wobei ein Eigenrauschen des Wandlers durch das piezoelektrische Material, das mindestens teilweise in den Träger eingebettet ist, verringert wird; und

Bestimmen des Parameters unter Verwendung des Signals.

[0052] Beispiel 19: Verfahren nach Beispiel 18, wobei das Einbetten des piezoelektrischen Materials ferner das Einbetten des piezoelektrischen Materials in einen Hohlraum des Trägers umfasst.

[0053] Beispiel 20: Verfahren nach Beispiel 18, wobei das Einbetten des piezoelektrischen Materials ferner das Einbetten eines Drittels der gesamten Höhe des piezoelektrischen Materials in den Träger umfasst.

[0054] Beispiel 21: Verfahren nach Beispiel 18, wobei das Bestimmen des Parameters das Bestimmen einer akustischen Impedanz in einem Bohrloch umfasst, das eine unterirdische Erdformation kreuzt.

[0055] Diese Erörterung ist auf verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung gerichtet. Die Zeichnungsfiguren sind nicht unbedingt maßstabsgetreu. Bestimmte Merkmale der Ausführungsformen können vergrößert oder in einer etwas schematischen Form dargestellt sein und einige Details herkömmlicher Elemente sind möglicherweise aus Gründen der Klarheit und Prägnanz nicht dargestellt. Obwohl eine oder mehrere dieser Ausführungsformen bevorzugt werden kann/können, sind die offenbarten Ausführungsformen nicht derart auszulegen oder anderweitig zu verwenden, dass sie den Umfang der Offenbarung, einschließlich der Patentansprüche, beschränken. Es ist vollständig anzuerkennen, dass die verschiedenen Lehren der erörterten Ausführungsformen separat und in jeder beliebigen Kombination verwendet werden können, um die gewünschten Ergebnisse zu erzeugen. Zusätzlich versteht der Fachmann, dass die Beschreibung eine breite Anwendung aufweist und dass die Erörterung einer beliebigen Ausführungsform nur als Bei-

spiel dieser Ausführungsform dient und nicht dazu gedacht ist, anzudeuten, dass der Umfang der Offenbarung, einschließlich der Patentansprüche, auf diese Ausführungsform beschränkt ist.

[0056] Bestimmte Begriffe werden in der gesamten Beschreibung und den Patentansprüchen verwendet, um bestimmte Merkmale oder Komponenten zu bezeichnen. Der Fachmann versteht, dass andere Personen die gleichen Merkmale oder Komponenten mit anderen Namen bezeichnen können. Diese Schrift ist nicht dazu gedacht, zwischen Komponenten oder Merkmalen zu unterscheiden, die sich zwar im Namen, jedoch nicht in der Funktion unterscheiden, wenn es nicht ausdrücklich anders angegeben ist. In der Erörterung und in den Patentansprüchen werden die Begriffe „beinhaltend“ und „umfassend“ in einer offenen Weise verwendet und sind somit als „beinhaltend unter anderem ...“ auszulegen. Ebenso sollen die Begriffe „koppeln“ oder „koppelt“ entweder eine indirekte oder eine direkte Verbindung bedeuten. Zusätzlich bedeutet der Begriff „axial“ im Allgemeinen entlang oder parallel zu einer zentralen Achse (z. B. einer zentralen Achse eines Körpers oder eines Anschlusses), während der Begriff „radial“ im Allgemeinen senkrecht zu der zentralen Achse bedeutet. Die Verwendung von „obere/r/s“, „untere/r/s“, „oberhalb“, „unterhalb“ und Variationen dieser Begriffe erfolgt der Einfachheit halber und bedarf keiner besonderen Ausrichtung der Komponenten.

[0057] Bezugnahmen auf „eine Ausführungsform“ oder ähnliche Bezeichnungen über die vorliegende Patentschrift hinweg bedeuten, dass ein bestimmtes Merkmal, eine bestimmte Struktur oder Eigenschaft, beschrieben in Verbindung mit der Ausführungsform, in mindestens einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beinhaltet sein kann. Somit beziehen sich die Wendung „in einer Ausführungsform“ und ähnliche Bezeichnungen über die vorliegende Patentschrift hinweg, wenn auch nicht notwendigerweise, alle auf die gleiche Ausführungsform.

[0058] Obwohl die vorliegende Erfindung in Bezug auf spezifische Details beschrieben wurde, sind derartige Details nicht dazu gedacht als Beschränkungen des Umfangs der Erfindung angesehen zu werden, außer in dem Ausmaß, in dem sie in den begleitenden Patentansprüchen beinhaltet sind.

Patentansprüche

1. System, umfassend:
einen Ultraschallwandler, umfassend:
einen Träger; und
ein piezoelektrisches Material, das mindestens teilweise in den Träger eingebettet ist.

2. System nach Anspruch 1, das ferner ein ein-kapselndes Material umfasst, wobei das piezoelektrische Material und der Träger im ein-kapselnden Material eingekapselt sind.

3. System nach Anspruch 1, das ferner ein Bindungsmaterial zwischen dem piezoelektrischen Material und dem Träger umfasst.

4. System nach Anspruch 3, wobei das Bindungsmaterial ein Epoxid umfasst.

5. System nach Anspruch 3, wobei das Bindungsmaterial eine Dicke von weniger als 0,05 Zoll umfasst.

6. System nach Anspruch 3, wobei das Bindungsmaterial konfiguriert ist, einer Temperatur unterworfen zu sein, die höher als 200 °F (93 °C) ist.

7. System nach Anspruch 1, wobei der Träger einen Hohlraum umfasst und sich das piezoelektrische Material in dem Hohlraum befindet.

8. System nach Anspruch 7, wobei sich mindestens ein Drittel der gesamten Höhe des piezoelektrischen Materials in dem Hohlraum befindet.

9. System nach Beispiel 1, das ferner ein den Wandler beinhaltendes Bohrlochwerkzeug umfasst.

10. System nach Anspruch 2, wobei das Trägermaterial konfiguriert ist, Schallwellen, die sich zwischen dem piezoelektrischen Material und dem ein-kapselnden Material ausbreiten, zu dämpfen.

11. Bohrlochwerkzeug, das in einem Bohrloch positioniert werden kann, das eine unterirdische Erdformation kreuzt, umfassend:
einen Ultraschallwandler, umfassend:
einen Träger; und
ein piezoelektrisches Material, das mindestens teilweise in den Träger eingebettet ist.

12. Bohrlochwerkzeug nach Anspruch 11, das ferner ein ein-kapselndes Material umfasst, wobei das piezoelektrische Material und der Träger im ein-kapselnden Material eingekapselt sind.

13. Bohrlochwerkzeug nach Anspruch 11, das ferner ein Bindungsmaterial zwischen dem piezoelektrischen Material und dem Träger umfasst.

14. Bohrlochwerkzeug nach Anspruch 11, wobei der Träger einen Hohlraum umfasst und sich das piezoelektrische Material in dem Hohlraum befindet.

15. Bohrlochwerkzeug nach Anspruch 14, wobei sich mindestens ein Drittel der gesamten Höhe des

piezoelektrischen Materials in dem Hohlraum befindet.

16. Bohrlochwerkzeug nach Anspruch 11, wobei das Bindungsmaterial konfiguriert ist, einer Temperatur unterworfen zu sein, die höher als 200 °F (93 °C) ist.

17. Bohrlochwerkzeug nach Anspruch 12, wobei das Trägermaterial konfiguriert ist, Schallwellen, die sich zwischen dem piezoelektrischen Material und dem einkapselnden Material ausbreiten, zu dämpfen.

18. Verfahren zum Bestimmen eines Parameters unter Verwendung eines Ultraschallwandlers, umfassend:

Einbetten eines piezoelektrischen Materials mindestens teilweise in einen Träger;
Erzeugen eines Signals als Reaktion auf das Empfangen einer Ultraschallwelle mit dem piezoelektrischen Material, wobei ein Eigenrauschen des Wandlers durch das piezoelektrische Material, das mindestens teilweise in den Träger eingebettet ist, verringert wird;
und
Bestimmen des Parameters unter Verwendung des Signals.

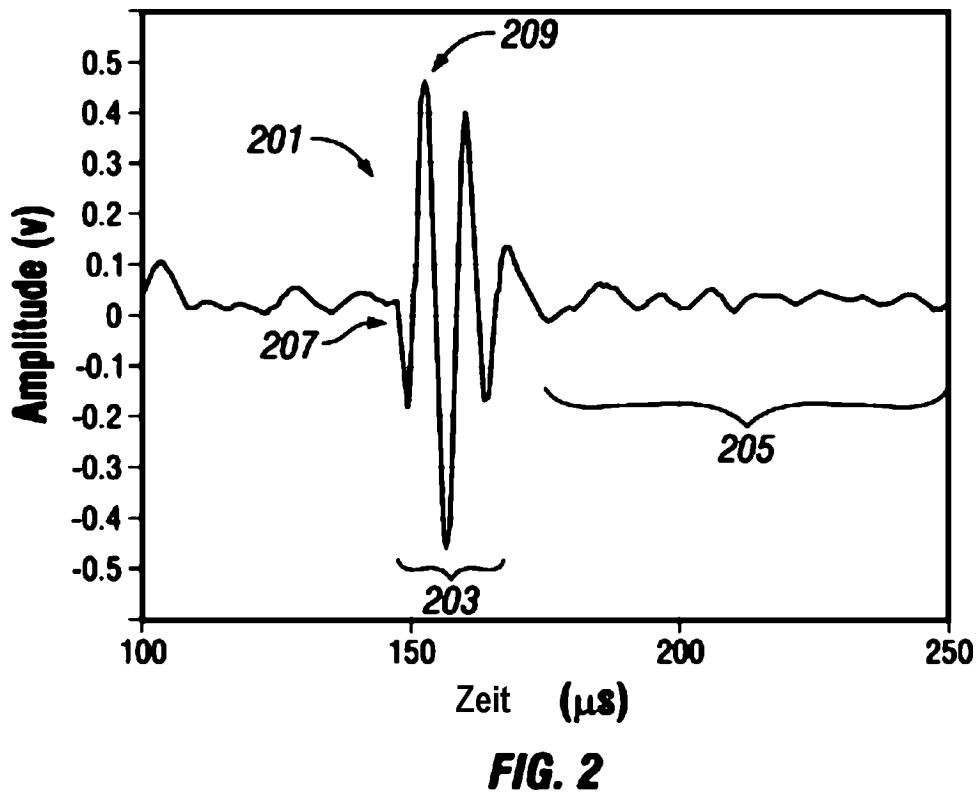
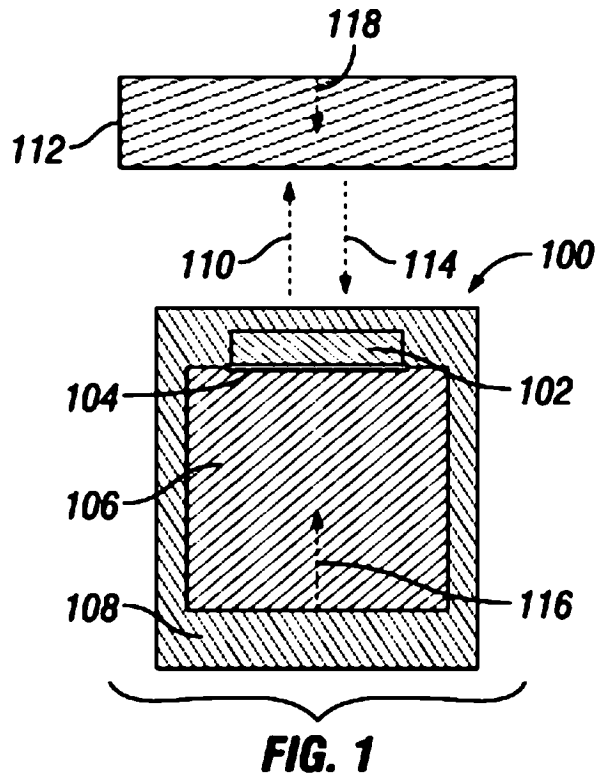
19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Einbetten des piezoelektrischen Materials ferner das Einbetten des piezoelektrischen Materials in einen Hohlraum des Trägers umfasst.

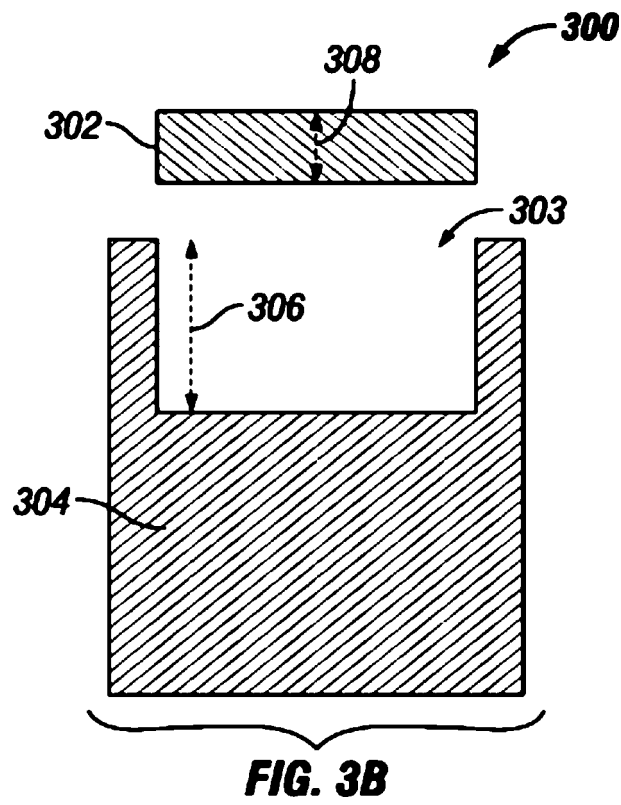
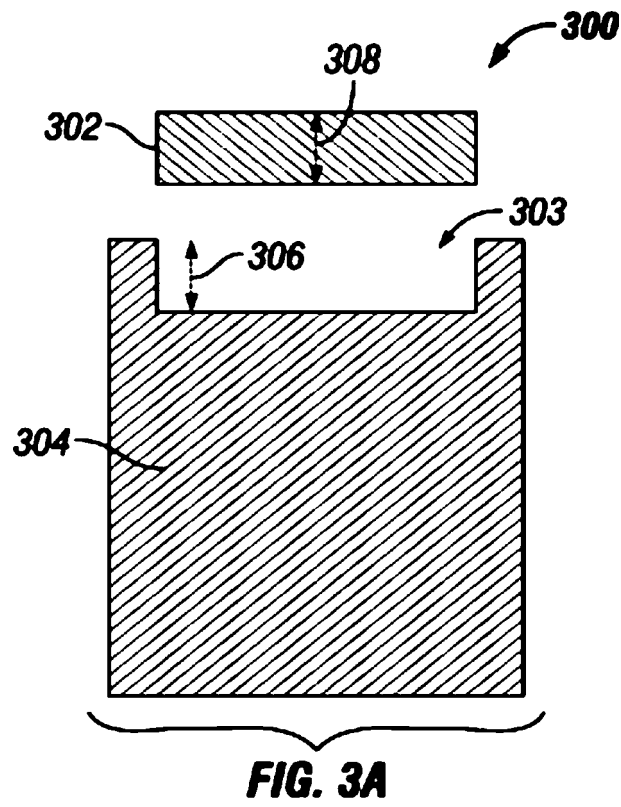
20. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Einbetten des piezoelektrischen Materials ferner das Einbetten eines Drittels der gesamten Höhe des piezoelektrischen Materials in den Träger umfasst.

21. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Bestimmen des Parameters das Bestimmen einer akustischen Impedanz in einem Bohrloch umfasst, das eine unterirdische Erdformation kreuzt.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





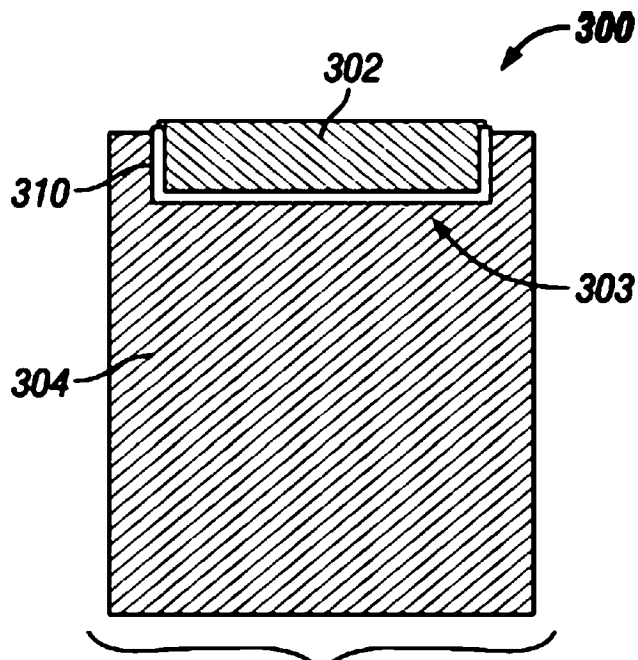


FIG. 4

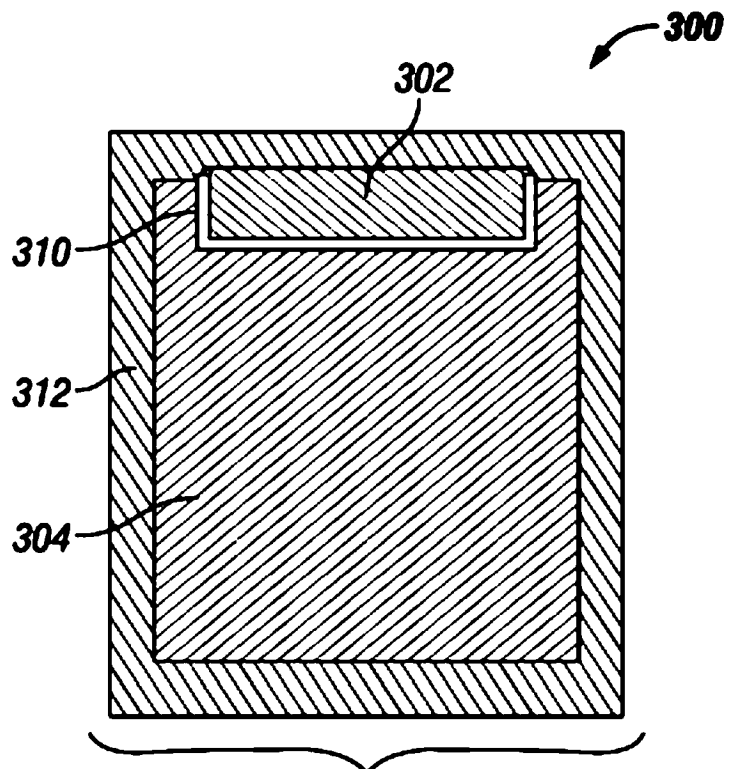


FIG. 5

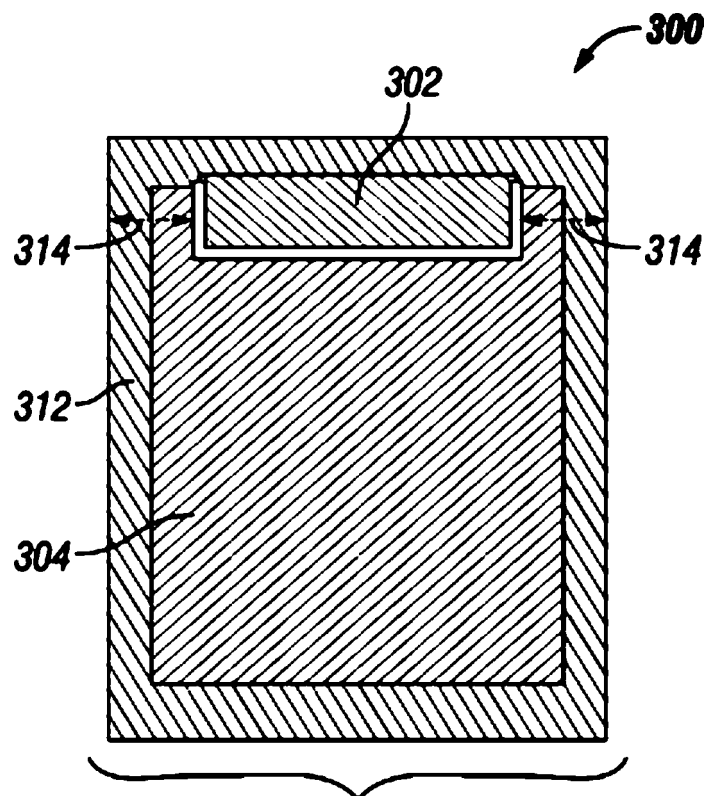


FIG. 6

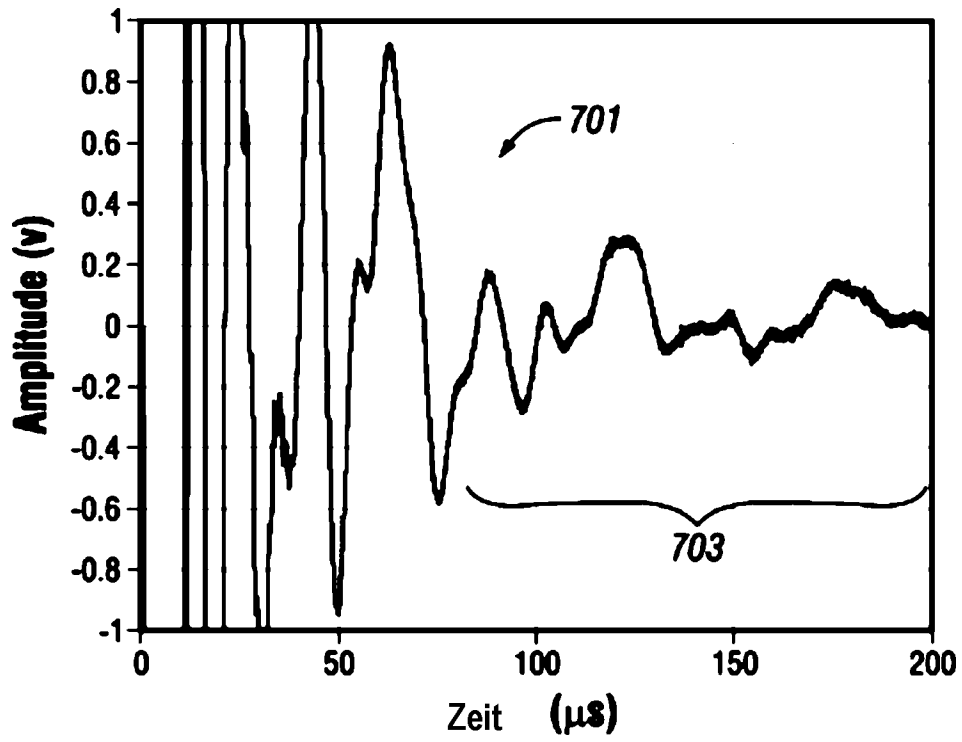


FIG. 7

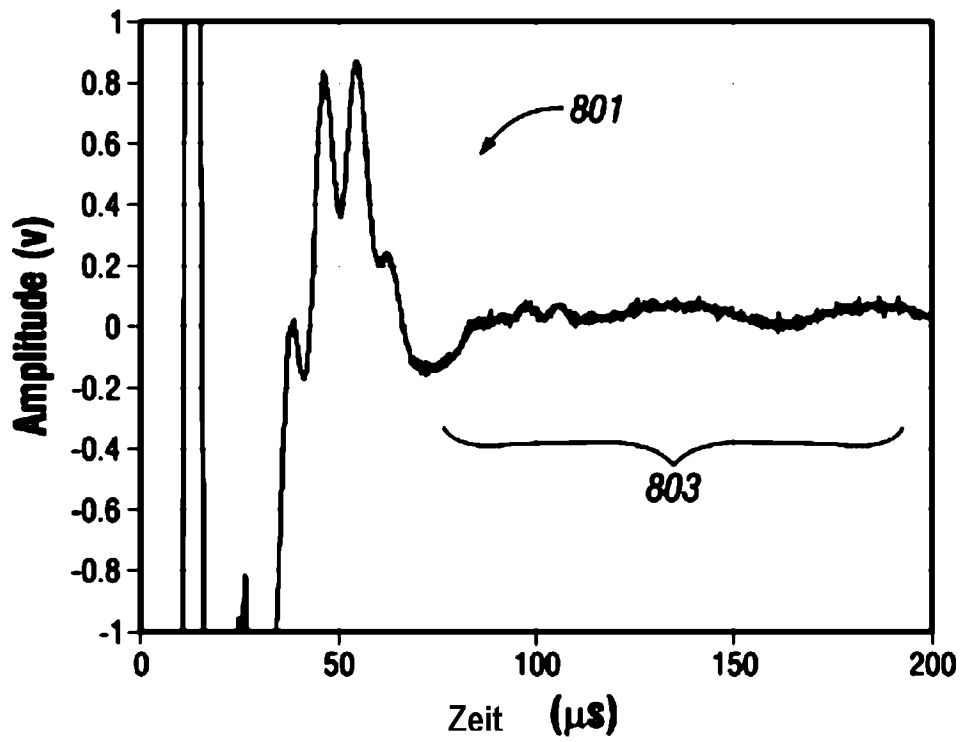


FIG. 8

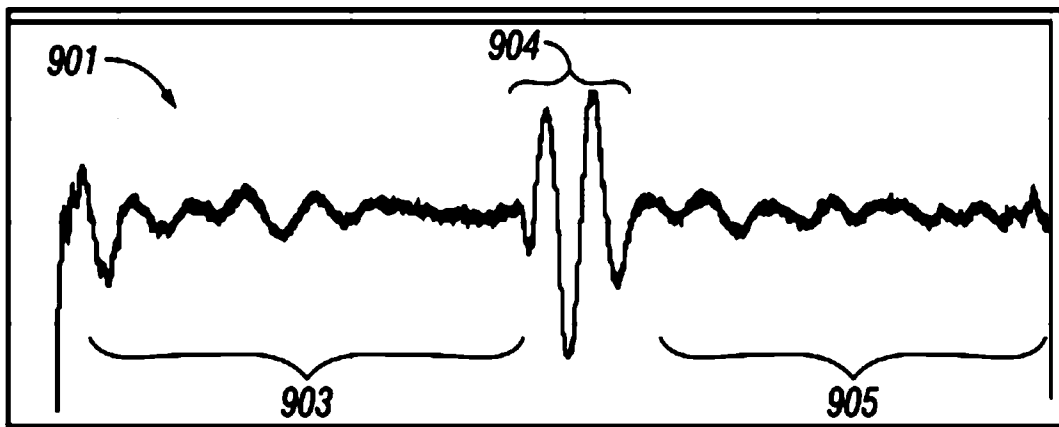


FIG. 9A

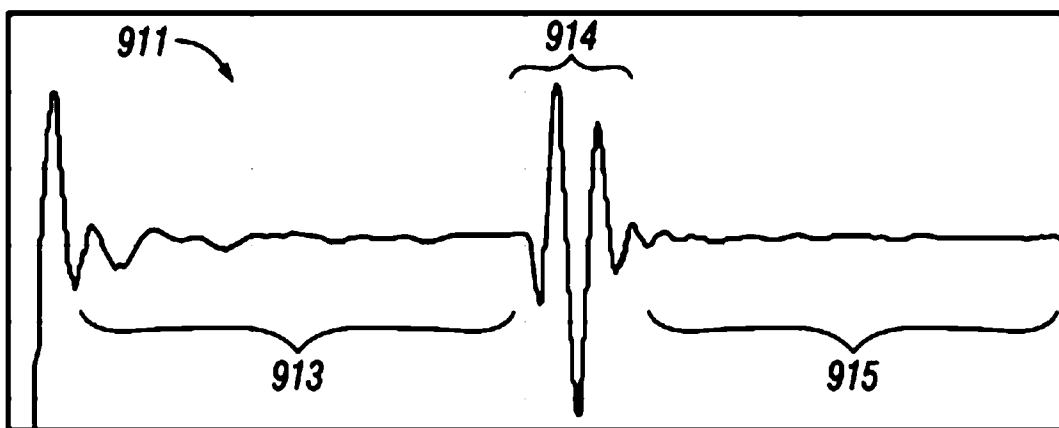


FIG. 9B

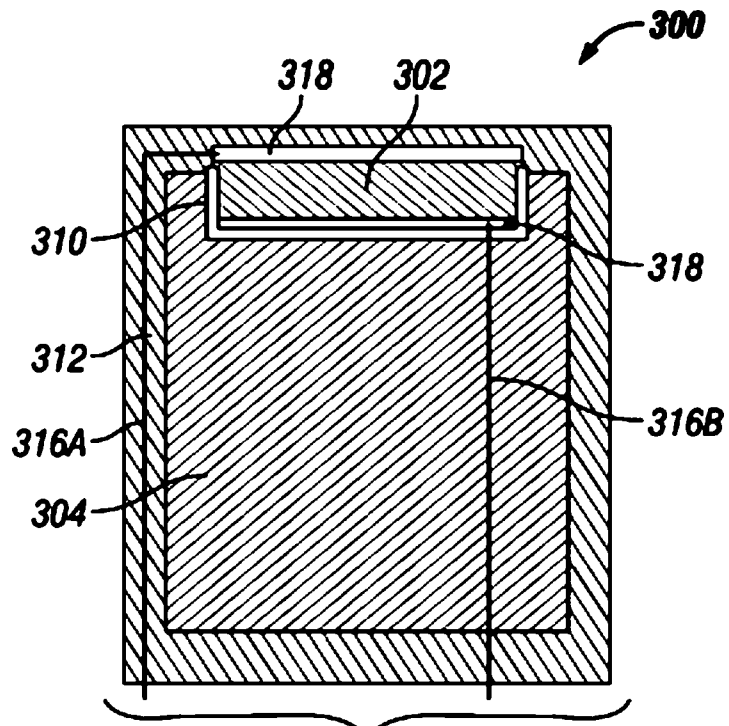


FIG. 10

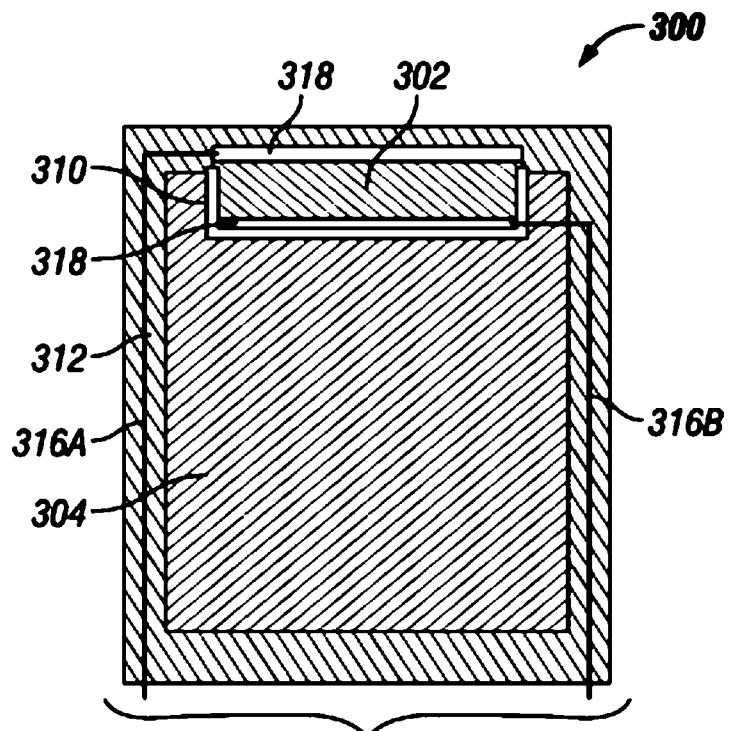


FIG. 11

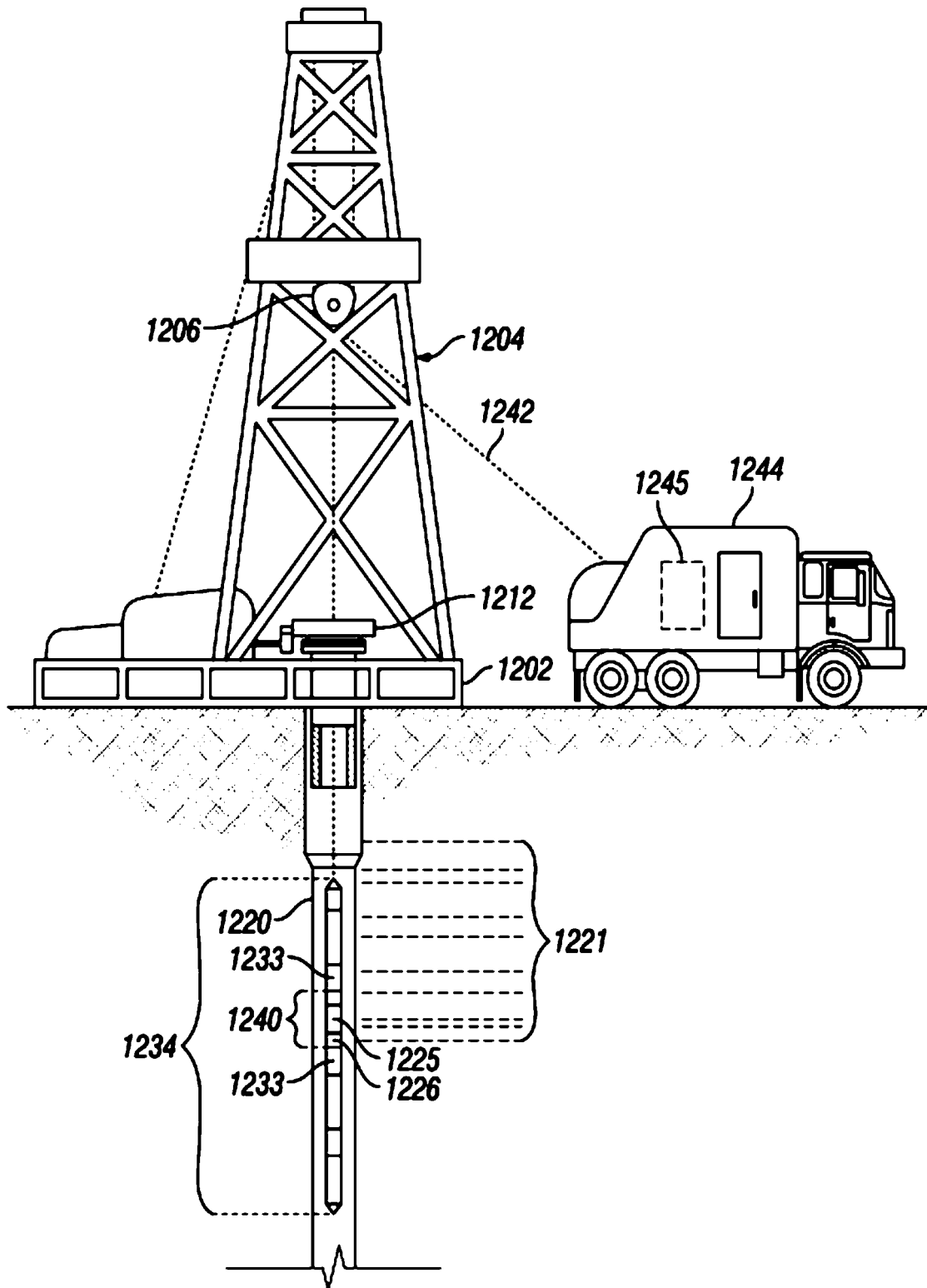


FIG. 13