

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

(11) Nº de publication : **3 036 535**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)
(21) Nº d'enregistrement national : **16 53584**
(51) Int Cl⁸ : **H 01 L 41/08** (2016.01), **H 01 L 41/27**

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 22.04.16.
(30) Priorité : 22.05.15 US 62165755; 20.04.16 IB WOUS2016028475.

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 25.11.16 Bulletin 16/47.
(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.
(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

(71) Demandeur(s) : HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC. — US.

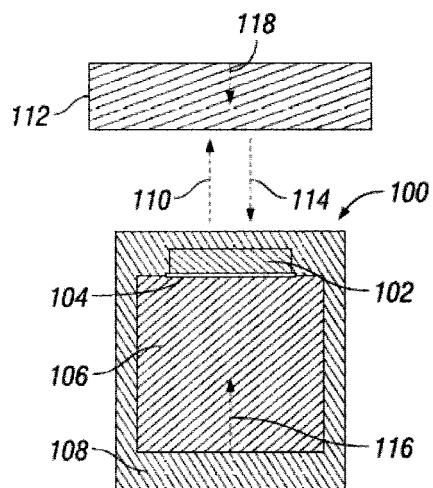
(72) Inventeur(s) : JIN JING, GE YAO et MANDAL BATAKRISHNA.

(73) Titulaire(s) : HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC..

(74) Mandataire(s) : GEVERS & ORES Société anonyme.

(54) **TRANSDUCTEURS A ULTRASONS AVEC MATERIAU PIEZOELECTRIQUE INCORPORE DANS UN RENFORCEMENT.**

(57) Un système et un outil de fond de puits comprenant un transducteur à ultrasons avec un matériau piézoélectrique incorporé dans un renforcement et un procédé de détermination d'un paramètre par l'utilisation d'un transducteur à ultrasons. Un bruit intrinsèque du transducteur peut être diminué par le matériau piézoélectrique qui est au moins partiellement incorporé dans le renforcement. Le transducteur à ultrasons peut comporter un matériau d'encapsulation qui encapsule le renforcement.



Transducteurs à ultrasons avec matériau piézoélectrique incorporé dans un renforcement

Contexte

- [0001] Ce chapitre est destiné à fournir une information contextuelle pertinente pour faciliter une meilleure compréhension des différents aspects des modes de réalisation décrits. Par conséquent, il faut comprendre que ces déclarations sont à lire sous cet éclairage et non comme des acceptations de la technique antérieure.
- [0002] Les transducteurs piézoélectriques à ultrasons utilisent un matériau piézoélectrique pour la conversion entre les énergies électrique et mécanique. La tension appliquée au matériau piézoélectrique amène le matériau piézoélectrique à osciller à une fréquence particulière et produit une onde de pression. Dans les domaines médical, pétrolier, ou dans d'autres industries, l'onde de pression peut être dirigée vers une cible (ou une zone cible) et renvoyée par réflexion de la cible vers le matériau piézoélectrique. Le matériau piézoélectrique peut transformer l'onde de pression réfléchie reçue en un signal électrique.
- 15 Par exemple, les transducteurs à ultrasons sont susceptibles de transformer une onde de pression en un signal électrique (mécanique ou électrique) en tant que récepteur et transformer une tension appliquée en une onde de pression à une fréquence particulière (électrique ou mécanique) en tant qu'émetteur. Les personnes ayant des compétences moyennes dans la technique comprendront que les transducteurs peuvent également effectuer la conversion entre d'autres types d'énergie comprenant l'énergie électromagnétique, chimique, et thermique, entre autres. Les données acquises en utilisant les transducteurs à ultrasons peuvent comprendre des signaux électriques révélateurs des ondes de pression ou d'autres types d'énergie et peuvent être analysées pour déterminer certaines propriétés de la cible.
- 20 [0003] La figure 1 représente une vue schématique d'un transducteur à ultrasons piézoélectrique 100. Comme cela est illustré, le transducteur à ultrasons 100 comprend un matériau piézoélectrique 102, un époxy 104, un renforcement 106, et un matériau d'encapsulation 108. Le matériau piézoélectrique 102 est collé au renforcement 106 en utilisant l'époxy 104.
- 25 [0004] Dans une application impulsion-écho, le transducteur 100 peut envoyer une ou plusieurs ondes ultrasonores 110 de manière à balayer ou à détecter un ou plusieurs paramètres d'une cible 112. Le transducteur 100 envoie l'onde ultrasonore 110 en direction

de la cible 112. En outre, la cible 112 réfléchit l'onde ultrasonore 110 en tant qu'écho 114 qui peut être reçu par le transducteur 100. Le renforcement 106 peut être utilisé en tant que matériau amortisseur pour abaisser le facteur de qualité mécanique du transducteur 100 et peut être aussi utilisé pour atténuer les ondes ultrasonores envoyées 110 ou les échos 114. Dans certains cas, le bruit à la suppression de la résonance 116 qui se propage depuis la partie la plus basse du renforcement 106 vers le matériau piézoélectrique 102 peut être généré dans le transducteur 100 du fait de l'émission de l'onde ultrasonore 110 et/ou de la réception de l'écho 114. La cible 112 peut être suffisamment épaisse pour générer une réflexion 118 de l'onde 110 qui se propage depuis l'arrière de la cible 112 pour arriver au transducteur 100 après que le bruit à la suppression de la résonance 116 se soit dissipé.

[0005] La figure 2 représente un graphique d'un signal impulsion/écho 201 produit par le transducteur 100 en réponse à la réception de l'écho 114. Comme cela est montré, l'amplitude (V) du signal 201 produite par le transducteur 100 est tracée en fonction du temps (μs). Le transducteur 100 produit le signal 201 en réponse à l'écho 114 et est au moins en partie révélateur des paramètres de l'écho 114 et/ou de la cible 112. Comme cela est illustré dans le graphique, le signal 201 démontre que l'écho 114 qui se réfléchit depuis la surface avant de la cible 112 est dominant dans la partie 203 du signal 201, alors qu'un écho de traîne 205, qui peut comporter le bruit à la suppression de la résonance 116 généré à l'intérieur du transducteur 100, suit l'écho 114. Dans certains cas, le bruit à la suppression de la résonance 116 peut être entièrement généré dans le transducteur 100 après réception de l'écho 114 sans comporter d'interférence en provenance de la réflexion 118 qui se propage depuis l'arrière de la cible 112. Dans certaines applications, seuls le temps d'arrivée et l'amplitude de l'écho 114 présentent de l'intérêt. Comme cela est montré dans le graphique, le temps d'arrivée et l'amplitude peuvent être obtenus à partir du signal 201 où le temps d'arrivée 207 est environ de 145 microsecondes et une amplitude du pic 209 du signal 207 est approximativement de 0,46 V. Ces valeurs du signal 201 sont au moins en partie révélatrices de l'écho 114 qui se propage depuis la surface avant de la cible 112, mais ne fournissent pas d'information concernant la ou les caractéristiques ou paramètres à l'intérieur de la cible 112.

[0006] Les paramètres de l'écho de traîne 205 peuvent également présenter de l'intérêt. Comme cela est utilisé ici, l'écho de traîne 205 fait référence à la partie du signal 201 qui peut être l'indication d'un paramètre digne d'intérêt à l'intérieur de la cible 112. L'écho de traîne 205 est révélateur des ondes sonores qui ont traversé la cible 112 et qui sont retournées vers le transducteur 100. Par exemple, dans certaines applications, l'estimation de

l'impédance derrière un tubage pour puits de forage ou l'imagerie derrière une couche hautement réfléchissante (par exemple, une enveloppe en acier) dans la cible 112 peuvent présenter de l'intérêt. Dans les applications médicales, les structures des tissus au-delà de la première couche peuvent présenter de l'intérêt. Comme autre exemple, dans un puits de 5 production de gaz ou de pétrole, l'adhérence au ciment derrière l'enveloppe en acier peut être évaluée.

[0007] Par conséquent, non seulement le temps d'arrivée 207 et l'amplitude 209 de la partie 203 du signal 201 peuvent présenter de l'intérêt, mais également les paramètres de l'écho de traîne 205 peuvent être pris en considération. Comme l'amplitude du bruit à la 10 suppression de la résonnance 116 généré dans le transducteur 100 (par exemple, du fait de la géométrie et/ou de la propagation de l'onde à l'intérieur du transducteur 200, parmi d'autres raisons) approche ou dépasse l'amplitude de l'écho de traîne 205, la diminution du bruit intrinsèque du transducteur (c'est-à-dire du bruit provoqué par le transducteur lui-même) peut être bénéfique pour l'étude des paramètres d'un signal produit par le transducteur 200 après 15 le temps d'arrivée de l'amplitude du pic 209 du signal 201. En outre, le transducteur 100 peut présenter du bruit intrinsèque au cours de l'émission des ondes ultrasonores aussi bien que pendant la réception des ondes ultrasonores. Dans certains cas, le bruit intrinsèque dans l'écho de traîne 205 peut être dû à la construction du transducteur. En modifiant la construction du transducteur, le bruit intrinsèque peut être minimisé.

20 **Brève Description des Dessins**

[0008] Pour une description détaillée des modes de réalisation, référence sera faite maintenant aux dessins d'accompagnement dans lesquels :

[0009] la figure 1 représente la vue schématique d'un transducteur à ultrasons ;

[0010] la figure 2 représente un graphique d'un signal impulsion-écho produit par le 25 transducteur de la figure 1 ;

[0011] les figures 3A et B représentent une vue schématique d'un renforcement avec une cavité conformément à un ou plusieurs modes de réalisation ;

[0012] la figure 4 représente une vue schématique d'un matériau piézoélectrique incorporé dans un renforcement conformément à un ou plusieurs modes de réalisation ;

30 [0013] la figure 5 représente une vue schématique d'un transducteur conformément à un ou plusieurs modes de réalisation ;

- [0014] la figure 6 représente une vue schématique d'un transducteur conformément à un ou plusieurs modes de réalisation ;
- [0015] la figure 7 représente un graphique du tracé du bruit intrinsèque d'un signal produit par un transducteur de l'exemple conformément à un ou plusieurs modes de réalisation ;
- 5 [0016] la figure 8 représente un graphique du tracé du bruit intrinsèque d'un signal produit par un transducteur donné à titre d'exemple conformément à un ou plusieurs modes de réalisation ;
- [0017] la figure 9A représente un graphique d'un signal produit par un transducteur donné à titre d'exemple conformément à un ou plusieurs modes de réalisation ;
- 10 [0018] la figure 9B représente un graphique d'un signal produit par un transducteur donné à titre d'exemple conformément à un ou plusieurs modes de réalisation de la présente divulgation ;
- [0019] la figure 10 représente une vue schématique d'une liaison par câble vers un transducteur conformément à un ou plusieurs modes de réalisation ;
- 15 [0020] la figure 11 représente une vue schématique d'une liaison par câble vers un transducteur conformément à un ou plusieurs modes de réalisation ;
- [0021] la figure 12 représente une vue schématique d'un environnement de forage conformément à un ou plusieurs modes de réalisation ; et
- [0022] la figure 13 représente une vue schématique d'un environnement de diagraphie par 20 ligne câblée conformément à un ou plusieurs modes de réalisation.

Description détaillée

- [0023] Cette divulgation fournit un transducteur piézoélectrique avec un bruit intrinsèque réduit. Spécifiquement, cette divulgation fournit un transducteur à ultrasons avec un matériau piézoélectrique incorporé dans une cavité d'un renforcement qui diminue le bruit intrinsèque 25 pour améliorer l'analyse ou l'imagerie d'un écho de traîne.
- [0024] Les figures 3 à 6 représentent des vues schématiques d'un transducteur 300 conformément à un ou plusieurs modes de réalisation. Comme cela est montré dans la figure 3A, un matériau piézoélectrique 302 est incorporé à l'intérieur d'un renforcement 304. Le matériau piézoélectrique 302 peut comporter un cristal piézoélectrique et/ou une 30 céramique piézoélectrique (par exemple, du zirco-titanate de plomb). Le renforcement 304 peut être n'importe quel matériau approprié avec une impédance qui atténue au moins une

partie du bruit intrinsèque et/ou le bruit à la suppression de la résonance générée par le matériau piézoélectrique 304. Le renforcement 304 peut être adapté pour ajuster la bande passante du matériau piézoélectrique 304. Le renforcement 304 peut comporter du matériau avec une impédance实质上似然的 (par exemple, $\pm 5\%$) à l'impédance du matériau piézoélectrique 302. À titre complémentaire ou en variante, le renforcement 304 peut comporter un matériau caoutchouc tungstène, qui est du tungstène (comme une poudre de tungstène) mélangé dans une matrice de caoutchouc. Du fait de la densité du tungstène, le matériau caoutchouc tungstène peut absorber certaines des ondes sonores imputables au bruit intrinsèque aussi bien qu'accroître l'énergie à l'émission et à la réception du matériau piézoélectrique 302. Dans un ou plusieurs modes de réalisation, un tiers de la hauteur totale 308 du matériau piézoélectrique 302 peut être localisé dans une cavité 303 (ou palier) du renforcement 304. Dans un ou plusieurs modes de réalisation, la profondeur 306 de la cavité 303 est au moins un tiers de toute la hauteur 308 du matériau piézoélectrique 302 ou davantage. Dans certains modes de réalisation, la profondeur 306 de la cavité 303 est au moins 33 %, 50 %, 75 %, 100 %, ou supérieure à 100% de la hauteur 308 du matériau piézoélectrique 302. Comme cela est représenté dans la figure 3B, la cavité 303 peut avoir une profondeur 306 supérieure à la hauteur 308 avec suffisamment de renforcement 304 derrière le matériau piézoélectrique 302 pour absorber les ondes sonores imputables au bruit intrinsèque.

20 [0025] Comme cela est représenté dans la figure 4, la cavité 303 peut comporter un matériau de liaison ou agent 310 placé à l'intérieur de la cavité 303 et entre au moins une partie de la cavité 303 et au moins une partie du matériau piézoélectrique 302. Par exemple, le matériau de liaison ou l'agent 310 peut comporter un époxy ou un adhésif adapté aux applications ultrasoniques du matériau piézoélectrique 302. Pour les applications médicales, 25 où le transducteur 300 est utilisé à température ambiante, certains époxyds ou adhésifs commerciaux avec une épaisseur de la couche de liaison inférieure à 0,05 pouce peuvent être utilisés en tant que matériau de liaison 310 pour fixer le matériau piézoélectrique 302 au renforcement 304. Dans un forage ou dans d'autres applications pour puits de gaz et de pétrole, où une température élevée (supérieure à 200 °F ou 93 °C) peut survenir, les époxyds de 30 grade adapté à la température correspondante peuvent être utilisés en tant que matériau de liaison 310. En général, la propriété électrique du matériau de liaison 310 est non conductrice, mais dans certains cas, le matériau de liaison 310 peut être conducteur. En tant qu'exemple non limitatif, le matériau de liaison 310 peut comporter du DURALCO® 4703,

un époxy pour température élevée disponible chez COTRONICS™ Corporation à Brooklyn, New York. Le matériau piézoélectrique 302 et le renforcement 304 peuvent aussi être encapsulés par un matériau d'encapsulation 312, comme cela est représenté dans la figure 5. Dans un ou plusieurs modes de réalisation, le matériau d'encapsulation 312 peut comporter 5 un composé à mouler isolant et/ou un époxy, tel que de l'INSULCAST® 125 disponible chez ITWS Engineered Polymers North America de Montgomeryville, Pennsylvanie. Le matériau d'encapsulation 312 peut être moulé autour du matériau piézoélectrique 302 et du renforcement 304.

[0026] Dans un ou plusieurs modes de réalisation, l'incorporation du matériau 10 piézoélectrique 302 à l'intérieur du renforcement 304 peut diminuer le facteur de qualité mécanique du transducteur 300. Par conséquent, le bruit intrinsèque du transducteur 300 peut être diminué et/ou la bande passante du transducteur 300 dans le domaine de fréquence peut augmenter. De plus, comme cela est représenté dans la figure 6, les réflexions des 15 ultrasons 314 qui se propagent entre le côté du matériau piézoélectrique 302 et le matériau d'encapsulation 312 peuvent être atténuées par le renforcement 304 entre le côté du matériau piézoélectrique 302 et le matériau d'encapsulation 312. Ainsi, le renforcement 304 peut être configuré pour atténuer les ondes ultrasonores qui se propagent entre le matériau 20 piézoélectrique 302 et le matériau d'encapsulation 312. En outre, la surface de liaison accrue entre le matériau piézoélectrique 302 et le renforcement 304 peut améliorer la robustesse globale du matériau de liaison 310 à haute température (par exemple, au moins à environ 200 °F ou 93 °C) et/ou à pression élevée (par exemple, au moins à environ 15 000 psi ou 103 MPa), comme dans un forage ou dans d'autres applications de puits de gaz ou de pétrole.

[0027] En se référant maintenant aux figures 7 à 9, les graphiques des tracés du signal 25 impulsion-écho des deux transducteurs 100 et 300, chacun comprenant le même matériau piézoélectrique et le même matériau de renforcement, sont représentés à titre de comparaison, conformément à un ou plusieurs modes de réalisation. Afin d'obtenir les tracés des figures 7 et 8, chacun des transducteurs 100 et 300 a été immergé dans l'eau et excité par une impulsion d'onde carrée de 100 V pendant 5 microsecondes. En outre, chacun des transducteurs 100 et 300 n'a pas été placé près d'une cible ou d'une interface pour produire 30 une réflexion ou un écho. Ainsi, les tracés dans les figures 7 et 8 représentent n'importe quel bruit intrinsèque et/ou bruit à la suppression de la résonance qui se propage dans les transducteurs 100 et 300. Dans la figure 7, un signal 701 est représenté produit par le transducteur 100 comprenant un matériau piézoélectrique collé à la surface supérieure du

matériau de renforcement. Dans la figure 8, un signal 801 est représenté produit par le transducteur 300, conformément à un ou plusieurs modes de réalisation, comprenant un matériau piézoélectrique incorporé dans un matériau de renforcement, comme cela est représenté dans les figures 3 à 6. Comme cela est représenté dans la figure 7, le bruit intrinsèque 703 après environ 80 microsecondes est apparent, alors que, dans des conditions de tests semblables, le transducteur 300 avec le matériau piézoélectrique 302 incorporé dans le matériau de renforcement 304 a produit beaucoup moins de bruit intrinsèque 803, particulièrement après 80 microsecondes.

[0028] Les figures 9A et 9B représentent des graphiques de tracés d'un signal impulsion-écho produit par les transducteurs 100 et 300 immersés dans l'eau à une distance d'environ 3 pouces (7,62 cm) de l'interface de réflexion comprenant un lingot d'acier ayant comme dimensions environ 6 x 6 x 6 pouces (15,24 x 15,24 x 15,24 cm), selon un ou plusieurs modes de réalisation. Dans la figure 9A, le signal 901 est produit par le transducteur 100, alors que dans la figure 9B, le signal 911 est produit par le transducteur 300. Les parties 904 et 914 du signal sont révélatrices des réflexions reçues en provenance de l'interface réfléchissante par les transducteurs 100 et 300 respectivement. Le bruit de l'émission 903 et le bruit de la réception 905 sont beaucoup plus apparents dans la conception par collage en partie supérieure du transducteur 100 comme cela est représenté dans la figure 9A, en comparaison avec le bruit de l'émission 913 et le bruit de la réception 915 produits par la conception d'incorporation du transducteur 300, comme cela est représenté dans la figure 9B.

[0029] Les figures 10 et 11 dépeignent des vues schématiques du câblage du matériau piézoélectrique 302 à l'intérieur du renforcement 304 du transducteur 300, conformément à un ou plusieurs modes de réalisation. Dans la figure 10, les câbles 316A, B peuvent être reliées aux électrodes 318 qui sont en prise électrique avec le matériau piézoélectrique 302. Le câble 316B peut passer à travers le renforcement 304 loin du matériau piézoélectrique 302. Les câbles 316 peuvent servir de connexions électriques aux électrodes 318 pour stimuler ou exciter le matériau piézoélectrique 302. Dans la figure 11, le câble 316B peut être relié électrique au matériau piézoélectrique 302 via l'électrode 318 en faisant courir le câble 316B à travers un côté du renforcement 304 et dans le matériau d'encapsulation 308. Les câbles 316A, B peuvent être dirigés hors du matériau d'encapsulation 308 et loin du matériau piézoélectrique. Dans un ou plusieurs modes de réalisation, si le renforcement 304 comporte un matériau conducteur, les câbles 316A, B peuvent être connectés directement au renforcement 304.

[0030] La figure 12 représente une vue schématique de l'environnement d'une diagraphie en cours de forage (LWD) et/ou de mesure en cours de forage (MWD) dans lequel un transducteur 1226 conformément à un ou plusieurs modes de réalisation décrit dans la présente divulgation peut être utilisé. Comme cela est représenté, une plate-forme de forage 1202 est équipée avec un derrick 1204 qui supporte un palan 1206 pour lever et abaisser un train de forage 1208. Le train de forage 1206 suspend un mécanisme d'entraînement supérieur 1210 qui fait pivoter le train de forage 1208 lorsque le train de forage est abaissé à travers la tête de puits 1212. Les sections du train de forage 1208 sont reliées par des connecteurs filetés 1207. Un trépan de forage 1214 est relié à l'extrémité inférieure du train de forage 1208. Lorsque le trépan 1214 tourne, un trou de forage 1220 est créé qui croise différentes formations souterraines de sol 1221 dans un réservoir. Une pompe 1216 fait circuler du fluide de forage à travers une conduite d'alimentation 1218 en direction du mécanisme d'entraînement supérieur 1210, à travers l'intérieur du train de forage 1208, à travers les orifices du trépan de forage 1214, puis vers la surface via l'anneau 15 entourant le train de forage 1208, et dans une fosse de rétention 1224. Le fluide de forage transporte les déblais depuis le trou de forage dans la fosse 1224 et participe au maintien de l'intégrité du trou de forage 1220.

[0031] Un outil de fond de puits 1240, par exemple, un outil de LWD/MWD, est localisé sur le train de forage 1208 et peut être près du trépan de forage 1214. L'outil de fond de puits 1240 comporte le transducteur 1226 et le module de télémétrie 1280. Le transducteur 1226 est en communication avec le module de télémétrie 1280 qui a un émetteur (par exemple, un émetteur de télémétrie acoustique) qui émet des signaux sous la forme de vibrations acoustiques dans la paroi du tubage du train de forage 1208. Un réseau de récepteurs 1230 peut être couplé au tubage au-dessous du mécanisme d'entraînement supérieur 1210 pour recevoir les signaux transmis. Un ou plusieurs modules répéteurs 1232 peuvent être éventuellement fournis le long du train de forage pour recevoir et retransmettre les signaux de télémétrie. Bien sûr d'autres techniques de télémétrie peuvent être employées, telles que la télémétrie d'impulsion dans la boue, la télémétrie électromagnétique, et la télémétrie du tube de forage câblé. Beaucoup de techniques de télémétrie offrent aussi la 25 capacité de transmettre les ordres depuis la surface vers l'outil de fond de puits 1240, permettant ainsi l'ajustement des paramètres de configuration et de fonctionnement de l'outil de fond de puits 1240. Dans certains modes de réalisation, le module de télémétrie 1280 stocke également ou alternativement les mesures pour une utilisation ultérieure lorsque l'outil 30 de fond de puits 1240 revient à la surface.

- [0032] Comme le trépan 1214 prolonge le trou de forage à travers les formations, le transducteur 1226 peut émettre une onde ultrasonore radialement vers l'extérieur à partir de l'outil de fond de puits 1240 et recevoir les échos en retour provenant du fluide de forage, du tubage, ou du collage au ciment dans le trou de forage 1220, par exemple. Le
- 5 transducteur 1226 peut produire des signaux révélateurs d'un paramètre de fond de puits (par exemple, par l'émission et la réception d'ondes ultrasonores dans une application impulsion-écho comme décrit ici par rapport au transducteur 300) en réponse à la réception d'ondes ultrasonores. Le paramètre de fond de puits peut comporter l'orientation et/ou la position de l'outil de fond de puits 1240 ; la dimension du trou de forage ; la vitesse et la densité du
- 10 fluide de forage ; une vitesse acoustique et une impédance d'au moins un élément parmi le tubage, le fluide de forage, le collage au ciment, et/ou la formation du sol ; et différentes autres conditions de forage en fond de puits. Le signal produit par le transducteur 1226 peut être utilisé pour estimer une impédance acoustique derrière un tubage de trou de forage ou pour produire une image de n'importe quelle autre couche hautement réfléchissante derrière
- 15 le tubage du trou de forage. Tel que cela est utilisé ici, une couche hautement réfléchissante peut comporter n'importe quelle couche de matériau ayant une impédance acoustique différente de celle du fluide de forage. Dans certains modes de réalisation, le collage au ciment derrière le tubage en acier peut également être évalué sur la base des signaux produits par le produit par le transducteur 1226.
- 20 [0033] La figure 13 représente une vue schématique d'un environnement de diagraphie par ligne câblée dans lequel le transducteur 1226 conformément à un ou plusieurs modes de réalisation décrits dans la présente divulgation peut être utilisé. Comme cela est représenté, les opérations de diagraphie peuvent être menées en utilisant une colonne pour diagraphie par ligne câblée 1234, par exemple, une sonde de diagraphie par ligne câblée, suspendue par un
- 25 câble 1242 qui fournit l'énergie à la colonne de diagraphie 1234 et les signaux de télémétrie entre la colonne de diagraphie 1234 et la surface. La colonne de diagraphie 1234 comporte l'outil de fond de puits 1240, qui peut collecter les données de la diagraphie par ultrasons avec le transducteur 1226 tel que cela est décrit ici. Par exemple, le transducteur 1226 peut émettre une onde ultrasonore radialement vers l'extérieur à partir de l'outil de fond de
- 30 puits 1240 et recevoir les échos en retour en provenance du fluide de forage, du tubage, ou du collage au ciment dans le trou de forage 1220. Le transducteur 1226 peut produire des signaux révélateurs d'un paramètre du fond de puits lié au fluide de forage, au tubage, ou au collage au ciment, tel que la vitesse acoustique et/ou l'impédance. L'outil de fond de puits 1240 peut comporter un rotateur 1225 pour faire pivoter le transducteur 1226 par

rapport à la colonne de diagraphie 1234 et/ou à l'outil de fond de puits 1240 pour recueillir les signaux ultrasoniques dans une direction azimutale dans le trou de forage 1220. Dans un ou plusieurs modes de réalisation, la colonne de diagraphie 1234 peut pivoter par rapport au trou de forage 1220 pour faire tourner le transducteur 1226 afin de recueillir les signaux

5 ultrasoniques dans une direction azimutale. À titre complémentaire, ou en variante, le transducteur 1226 et l'outil de fond de puits 1240 peuvent être positionnés sur une extrémité distale de la colonne de diagraphie 1234.

[0034] L'outil de fond de puits 1240 peut être couplé aux autres modules de la colonne de diagraphie par ligne câblée 1234 par un ou plusieurs adaptateurs 1233. Un dispositif 10 d'enregistrement 1244 recueille les mesures en provenance de la colonne de diagraphie 1234, et comporte un système informatique 1245 pour traiter et stocker les mesures rassemblées par les capteurs. Entre autres choses, le système informatique 1245 peut comporter un support non transitoire lisible par ordinateur (par exemple un disque dur et/ou une mémoire) capable d'exécuter des instructions pour effectuer de telles tâches. Outre recueillir et traiter les 15 mesures, le système informatique 1245 peut être capable de commander la colonne de diagraphie 1234 et l'outil de fond de puits 1240. Le dispositif d'enregistrement 1244 peut en outre comporter une interface utilisateur (non représentée) qui affiche les mesures, par exemple, un écran ou une imprimante. Ainsi, il importe de comprendre que le transducteur 1226 peut être utilisé dans diverses applications de fond de puits, telles que des 20 applications pour ligne câblée, câble lisse, tubes enroulés, MWD, ou LWD.

[0035] Dans un système à balayage par ultrasons, un rapport signal sur bruit élevé (SNR) peut être d'un intérêt particulier. Le SNR est habituellement amélioré par l'optimisation de l'électronique du système, afin de ramener le bruit électronique au niveau du bruit intrinsèque du transducteur. Dans certaines situations, le bruit intrinsèque du transducteur devient le 25 goulot d'étranglement de la technologie. Par conséquent, les modes de réalisation prennent en compte un procédé et un système efficaces pour diminuer le bruit intrinsèque d'un transducteur piézoélectrique à ultrasons. À titre complémentaire, un ou plusieurs modes de réalisation de cette divulgation fournissent une façon alternative de construire un transducteur en utilisant les mêmes matériaux, dans le même facteur de forme, tout en diminuant le bruit 30 intrinsèque du transducteur. En outre, dans un ou plusieurs modes de réalisation, un ou plusieurs matériaux piézoélectriques assortis peuvent être collés en utilisant le matériau liant tel que cela est décrit ici sur une surface supérieure du matériau piézoélectrique incorporé dans le matériau liant.

[0036] En plus des modes de réalisation décrits ci-dessus, beaucoup d'exemples de combinaisons spécifiques sont compris dans l'étendue de la divulgation, dont plusieurs sont détaillées ci-dessous :

Exemple 1 : un système comprenant :

- 5 un transducteur à ultrasons comprenant :
 un renforcement ; et
 un matériau piézoélectrique au moins partiellement incorporé dans le renforcement.

Exemple 2 : le système de l'exemple 1, comprenant en outre un matériau d'encapsulation,
10 dans lequel le matériau piézoélectrique est encapsulé à l'intérieur du matériau
 d'encapsulation.

Exemple 3 : le système de l'exemple 1, comprenant en outre un matériau liant entre le
matériau piézoélectrique et le renforcement.

15 Exemple 4 : le système de l'exemple 3, dans lequel le matériau liant comprend un époxy.

Exemple 5 : le système de l'exemple 3, dans lequel le matériau liant comprend une
épaisseur inférieure à 0,05 pouce.

20 Exemple 6 : le système de l'exemple 3, dans lequel le matériau liant est configuré pour être
 soumis à une température supérieure à 200 °F (93 °C).

Exemple 7 : le système de l'exemple 1, dans lequel le renforcement comprend une cavité et le
25 matériau piézoélectrique est localisé dans la cavité.

Exemple 8 : le système de l'exemple 7, dans lequel au moins un tiers de toute la hauteur du
matériau piézoélectrique est localisé dans la cavité.

30 Exemple 9 : le système de l'exemple 1, comprenant en outre un outil de fond de puits
 comprenant le transducteur.

Exemple 10 : le système de l'exemple 2, dans lequel le matériau de renforcement est configuré pour atténuer les ondes sonores qui se propagent entre le matériau piézoélectrique et le matériau d'encapsulation.

5 Exemple 11 : un outil de fond de puits repérable dans un trou de forage qui croise une formation souterraine de sol, comprenant :

un transducteur à ultrasons comprenant :

un renforcement ; et

10 un matériau piézoélectrique au moins partiellement incorporé dans le renforcement.

Exemple 12 : l'outil de fond de puits de l'exemple 11, comprenant en outre un matériau d'encapsulation, dans lequel le matériau piézoélectrique et le renforcement sont encapsulés à l'intérieur du matériau d'encapsulation.

15 Exemple 13 : l'outil de fond de puits de l'exemple 11, comprenant en outre un matériau liant entre le matériau piézoélectrique et le renforcement.

Exemple 14 : l'outil de fond de puits de l'exemple 11, dans lequel le renforcement comprend 20 une cavité, et le matériau piézoélectrique est localisé dans la cavité.

Exemple 15 : l'outil de fond de puits de l'exemple 14, dans lequel au moins un tiers de la totalité de la hauteur du matériau piézoélectrique est localisé dans la cavité.

25 Exemple 16 : l'outil de fond de puits de l'exemple 11, dans lequel le matériau liant est configuré pour être soumis à une température supérieure à 200 °F (93 °C).

Exemple 17 : l'outil de fond de puits de l'exemple 12, dans lequel le matériau de renforcement est configuré pour atténuer les ondes sonores qui se propagent entre le matériau 30 piézoélectrique et le matériau d'encapsulation.

Exemple 18 : un procédé pour déterminer un paramètre en utilisant un transducteur à ultrasons, comprenant :

l’incorporation d’un matériau piézoélectrique au moins partiellement dans un renforcement ;

la production d’un signal en réponse à la réception d’une onde ultrasonore avec le matériau piézoélectrique, un bruit intrinsèque du transducteur étant diminué par le matériau piézoélectrique qui est au moins partiellement incorporé dans le renforcement ; et

5 la détermination du paramètre en utilisant le signal.

10 Exemple 19 : le procédé de l’exemple 18, dans lequel l’incorporation du matériau piézoélectrique comprend en outre l’incorporation du matériau piézoélectrique dans une cavité du renforcement.

15 Exemple 20 : le procédé de l’exemple 18, dans lequel l’incorporation du matériau piézoélectrique comprend en outre l’incorporation depuis le tiers jusqu’à la totalité de la hauteur du matériau piézoélectrique dans le renforcement.

Exemple 21 : le procédé de l’exemple 18, dans lequel la détermination du paramètre comprend la détermination d’une impédance acoustique dans un trou de forage qui croise une formation souterraine de sol.

20 **[0037]** Cette discussion concerne différents modes de réalisation de la présente divulgation. Les schémas ne sont pas nécessairement à l’échelle. Certaines caractéristiques des modes de réalisation peuvent être représentées à une échelle exagérée ou sous une forme quelque peu schématique et certains détails des éléments traditionnels peuvent ne pas être représentés dans un but de clarté et de concision. Bien qu’un ou plusieurs de ces modes de réalisation puissent être préférés, les modes de réalisation divulgués ne doivent pas être interprétés, ou utilisés 25 d’une manière différente, comme limitant la portée de la divulgation, y compris les revendications. Il doit être pleinement reconnu que les différents enseignements des modes de réalisation discutés peuvent être employés séparément ou dans n’importe quelle combinaison appropriée pour produire les résultats désirés. De plus, l’homme compétent dans la technique 30 comprendra que la description a une application étendue, et la discussion de n’importe quel mode de réalisation est censée être uniquement à titre d’exemple de ce mode de réalisation, et n’est pas destinée à suggérer que l’étendue de la divulgation, comprenant les revendications, se limite à ce mode de réalisation.

- [0038] Certains termes sont utilisés partout dans la description et les revendications pour renvoyer à des composants ou à des caractéristiques en particulier. Comme l'homme compétant dans la technique peut s'en rendre compte, des personnes différentes peuvent se référer à une même caractéristique ou un même composant en utilisant des noms différents.
- 5 Ce document n'entend pas faire de distinction entre des composants ou des caractéristiques qui diffèrent par leur nom mais non pas par leur fonction, à moins que cela ne soit spécifiquement stipulé. Dans la discussion et dans les revendications, les termes « comportant » et « comprenant » sont utilisés de façon ouverte, et devraient être ainsi interprétés pour signifier « comportant, mais non limité à.... ». De même, le terme « couple » ou « couples » est destiné à signifier soit une liaison directe, soit une liaison indirecte. De plus, les termes « axial » and « axialement » signifient généralement le long ou en parallèle à un axe central (par exemple, l'axe central d'un corps ou d'un port), alors que les termes « radial » et « radialement » signifient généralement perpendiculaire à l'axe central. L'utilisation de « haut », « bas », « au-dessus », « en dessous », et les variantes de ces
- 10 termes, est faite par commodité, mais ne demande pas d'orientation particulière des composants.
- 15 [0039] La référence tout au long de cette spécification à « un seul mode de réalisation », « un mode de réalisation », ou à un terme semblable signifie qu'une caractéristique, une structure, ou un aspect particuliers décrits en lien avec le mode de réalisation peut être compris dans au moins un mode de réalisation de la présente divulgation. Ainsi, les apparitions des expressions « dans un seul mode de réalisation », « dans un mode de réalisation », et des termes semblables tout au long de cette spécification peuvent, mais pas nécessairement, toutes renvoyer au même mode de réalisation.
- 20 [0040] Bien que la présente invention ait été décrite par rapport à des détails spécifiques, il n'est nullement prévu que de tels détails doivent être considérés comme des limitations à l'étendue de l'invention, sauf dans la mesure où ils sont compris dans les revendications d'accompagnement.

Revendications

1. Système comprenant :

un transducteur à ultrasons comprenant :

un renforcement ; et

5 un matériau piézoélectrique au moins partiellement incorporé dans le renforcement.

2. Système selon la revendication 1, comprenant en outre un matériau d'encapsulation, dans lequel le matériau piézoélectrique et le renforcement sont encapsulés à l'intérieur du matériau
10 d'encapsulation.

3. Système selon la revendication 1, comprenant en outre un matériau liant entre le matériau piézoélectrique et le renforcement.

15 4. Système selon la revendication 3, dans lequel le matériau liant comprend un époxy.

5. Système selon la revendication 3, dans lequel le matériau liant comprend une épaisseur inférieure à 0,05 pouce.

20 6. Système selon la revendication 3, dans lequel le matériau liant est configuré pour être soumis à une température supérieure à 200 °F (93 °C).

7. Système selon la revendication 1, dans lequel le renforcement comprend une cavité et le matériau piézoélectrique est localisé dans la cavité.

25

8. Système selon la revendication 7, dans lequel au moins un tiers de toute la hauteur du matériau piézoélectrique est localisé dans la cavité.

30

9. Système selon la revendication 1, comprenant en outre un outil de fond de puits comprenant le transducteur.

10. Système selon la revendication 2, dans lequel le matériau de renforcement est configuré pour atténuer les ondes sonores qui se propagent entre le matériau piézoélectrique et le matériau d'encapsulation.

11. Outil de fond de puits repérable dans un trou de forage qui croise une formation souterraine de sol, comprenant :

un transducteur à ultrasons comprenant :

5 un renforcement ; et

un matériau piézoélectrique au moins partiellement incorporé dans le renforcement.

12. Outil de fond de puits selon la revendication 11, comprenant en outre un matériau 10 d'encapsulation, dans lequel le matériau piézoélectrique et le renforcement sont encapsulés à l'intérieur du matériau d'encapsulation.

13. Outil de fond de puits selon la revendication 11, comprenant en outre un matériau liant entre le matériau piézoélectrique et le renforcement.

15 14. Outil de fond de puits selon la revendication 11, dans lequel le renforcement comprend une cavité, et le matériau piézoélectrique est localisé dans la cavité.

20 15. Outil de fond de puits selon la revendication 14, dans lequel au moins un tiers de la totalité de la hauteur du matériau piézoélectrique est localisé dans la cavité.

16. Outil de fond de puits selon la revendication 11, dans lequel le matériau liant est configuré pour être soumis à une température supérieure à 200 °F (93 °C).

25 17. Outil de fond de puits selon la revendication 12, dans lequel le matériau de renforcement est configuré pour atténuer les ondes sonores qui se propagent entre le matériau piézoélectrique et le matériau d'encapsulation.

30 18. Procédé de détermination d'un paramètre par l'utilisation d'un transducteur à ultrasons, comprenant :

l'incorporation d'un matériau piézoélectrique au moins partiellement dans un renforcement ;

la production d'un signal en réponse à la réception d'une onde ultrasonore avec le matériau piézoélectrique, le bruit intrinsèque du transducteur étant diminué par

le matériau piézoélectrique qui est au moins partiellement incorporé dans le renforcement ; et
la détermination du paramètre en utilisant le signal.

- 5 19. Procédé selon la revendication 18, dans lequel l'incorporation du matériau piézoélectrique comprend en outre l'incorporation du matériau piézoélectrique dans une cavité du renforcement.
- 10 20. Procédé selon la revendication 18, dans lequel l'incorporation du matériau piézoélectrique comprend en outre l'incorporation depuis le tiers jusqu'à la totalité de la hauteur du matériau piézoélectrique dans le renforcement.
- 15 21. Procédé selon la revendication 18, dans lequel la détermination du paramètre comprend la détermination d'une impédance acoustique dans un trou de forage qui croise une formation souterraine de sol.

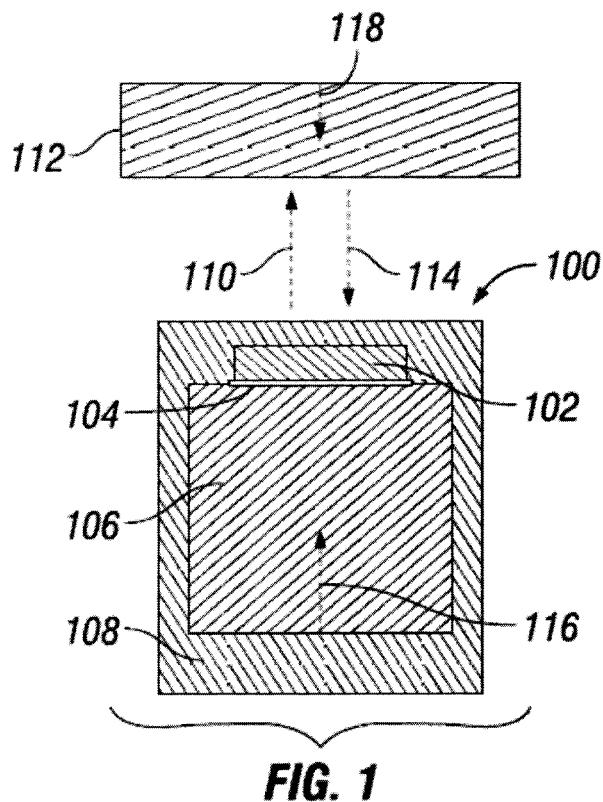


FIG. 1

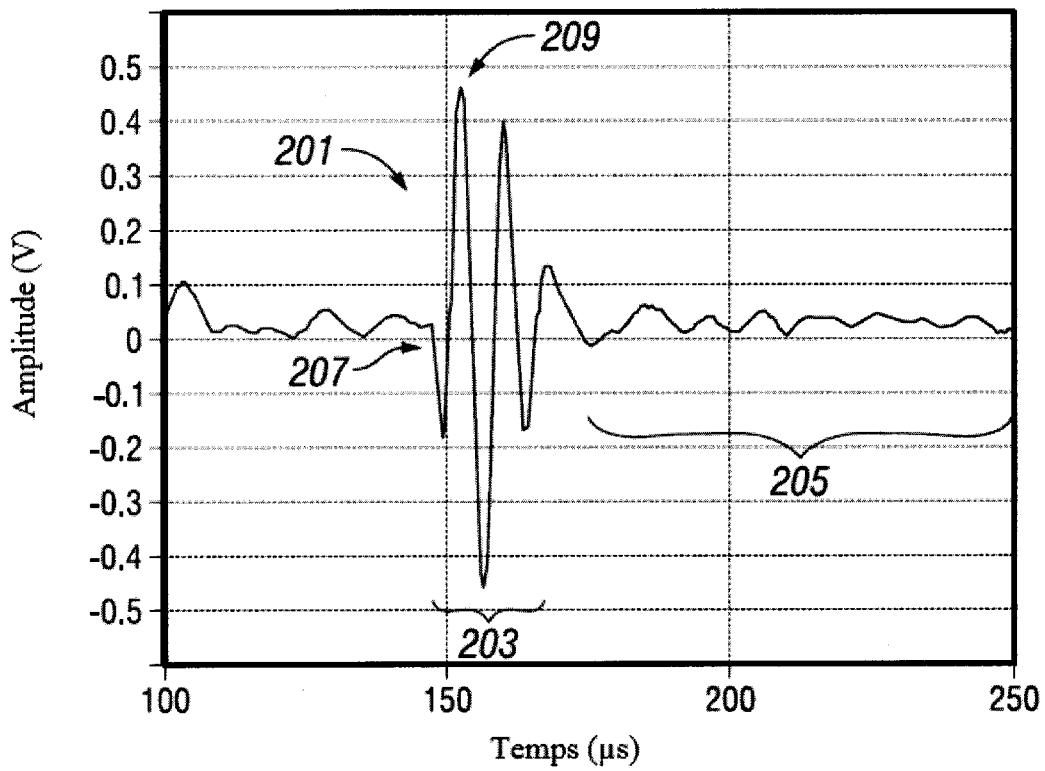
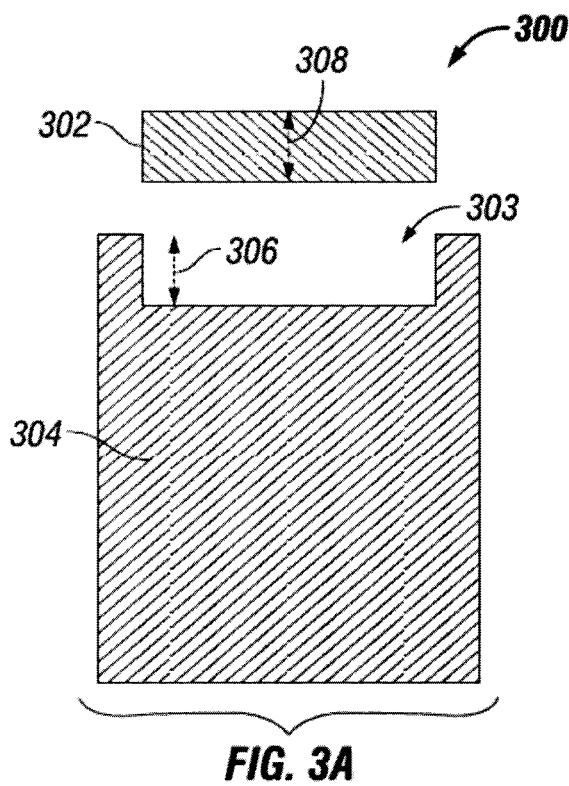
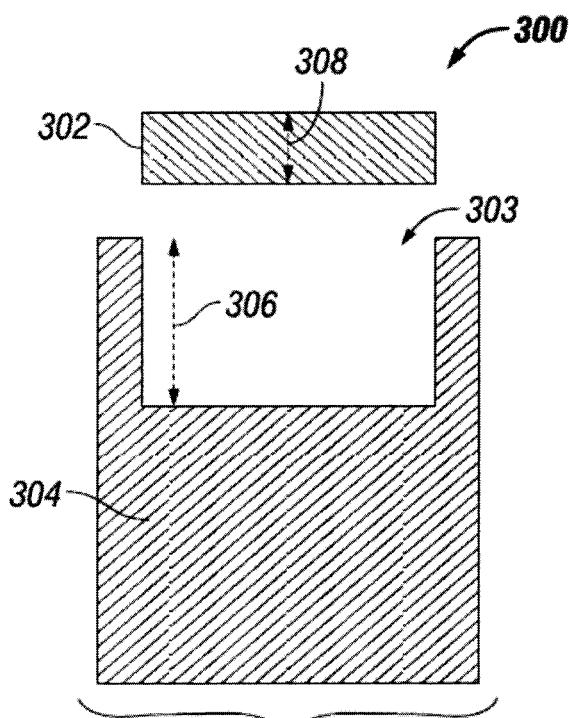
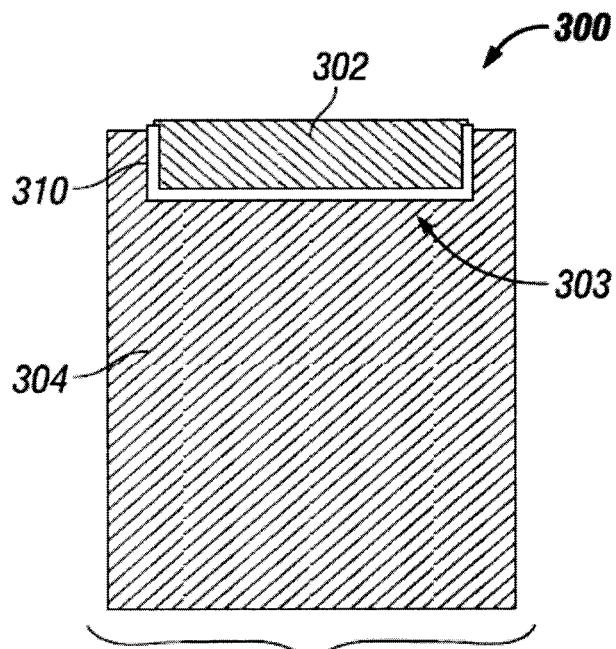
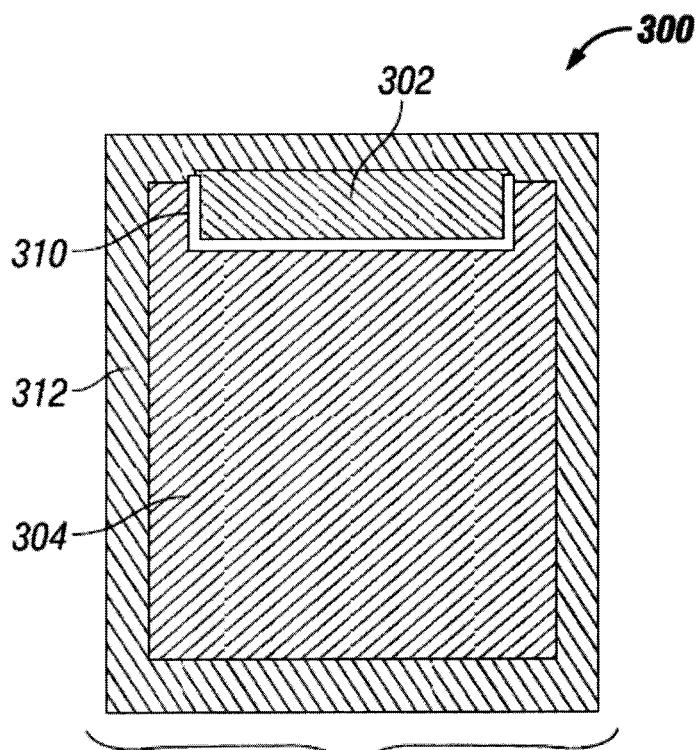
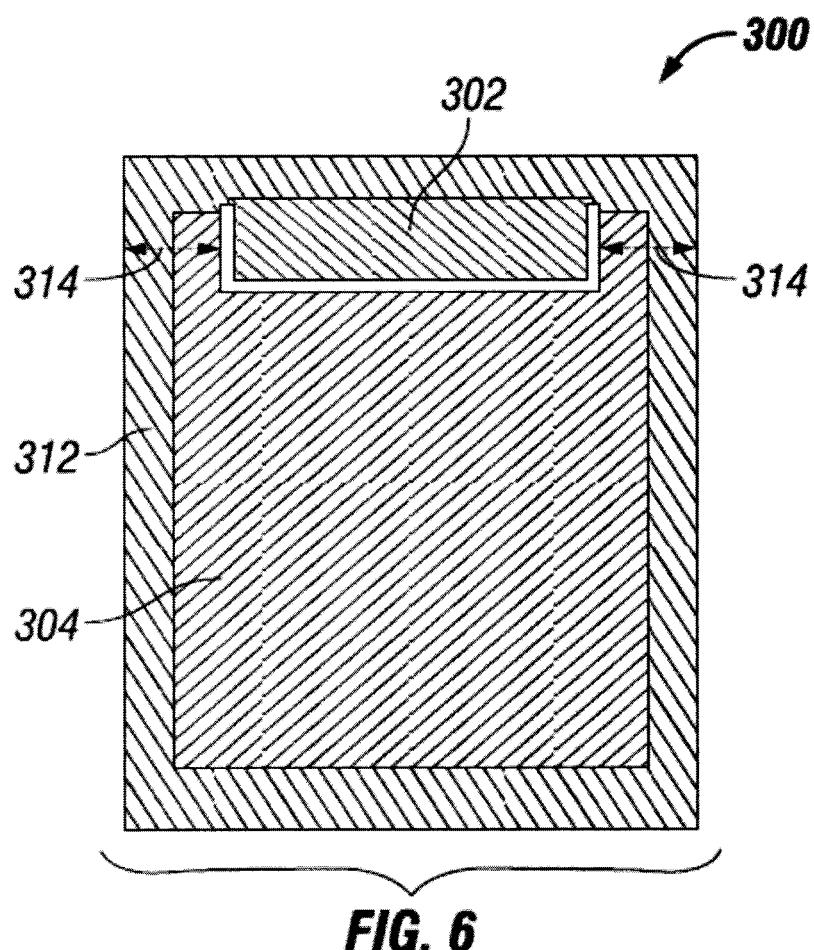


FIG. 2

**FIG. 3A****FIG. 3B**

**FIG. 4****FIG. 5**

4/9



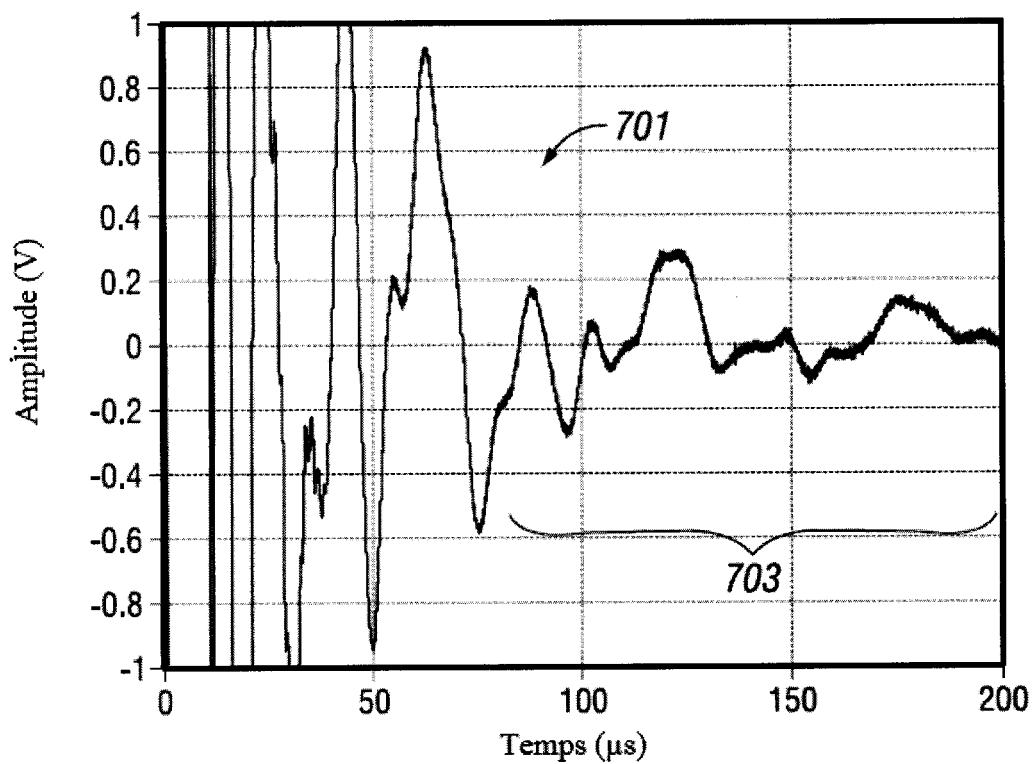


FIG. 7

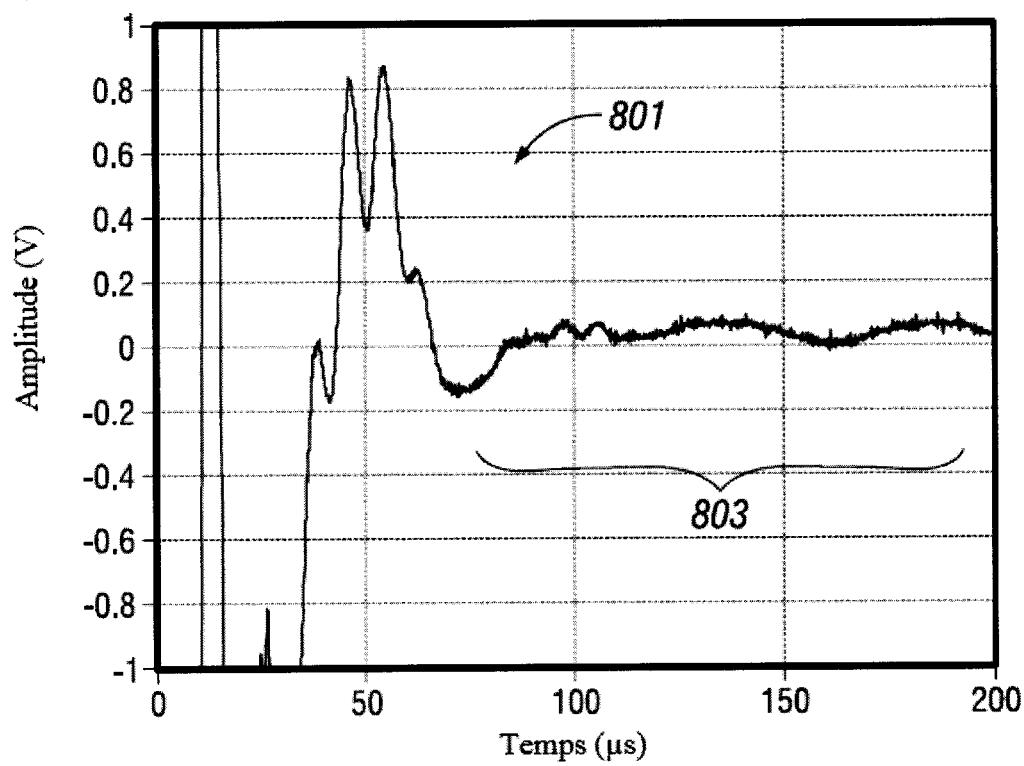


FIG. 8

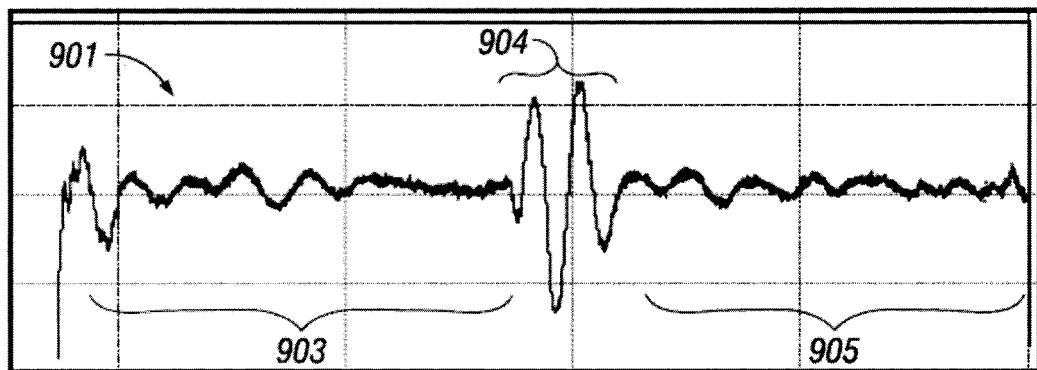


FIG. 9A

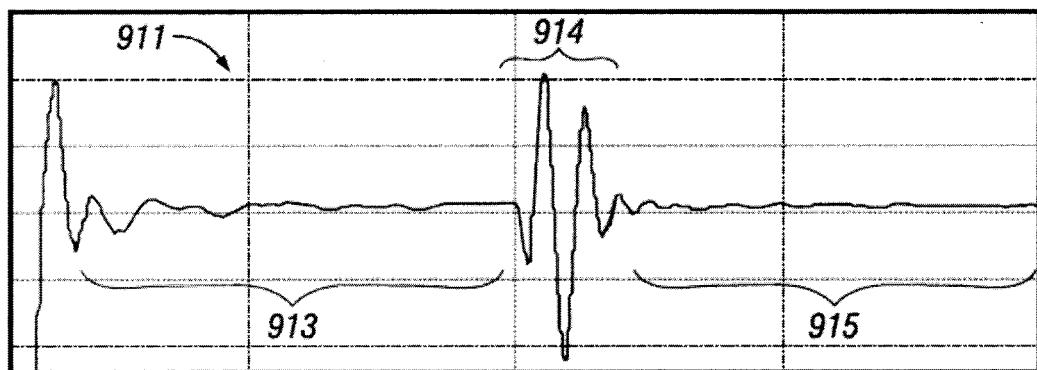
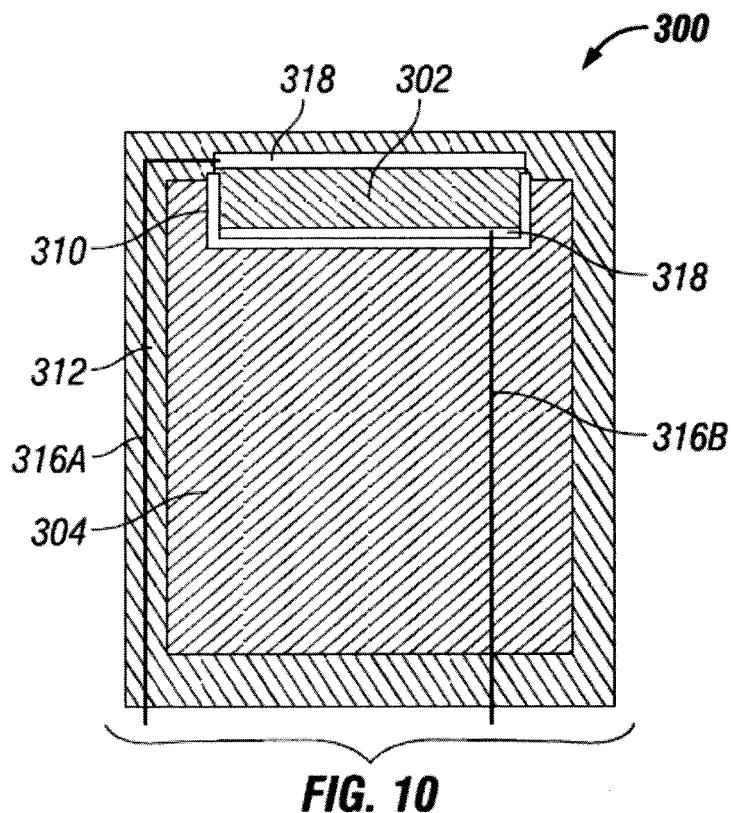
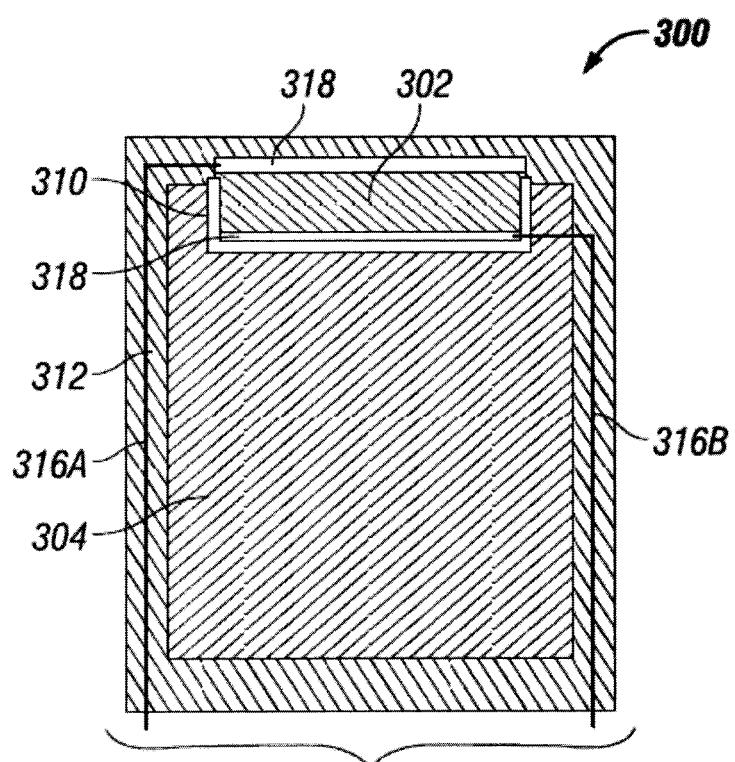


FIG. 9B

**FIG. 10****FIG. 11**

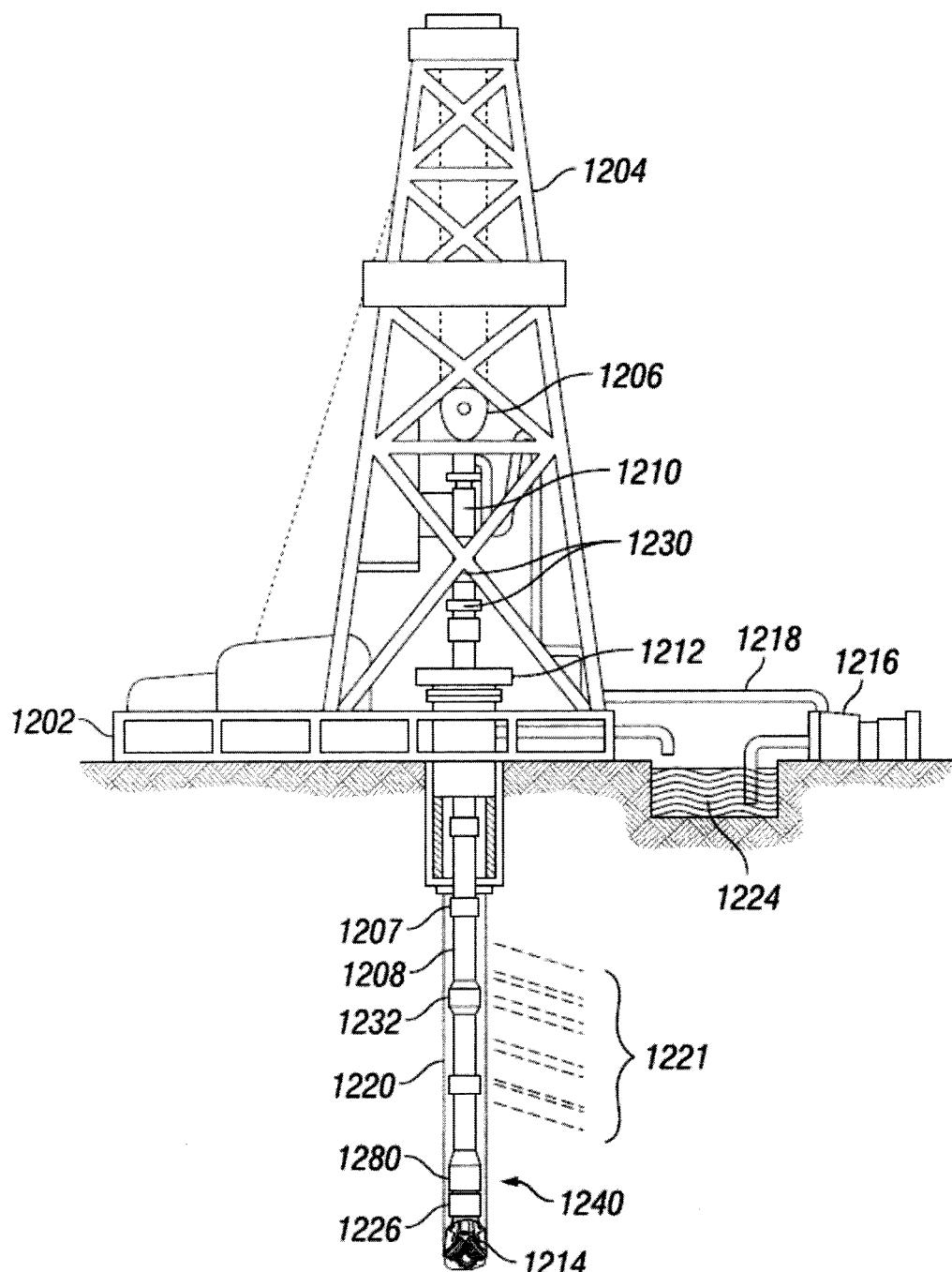


FIG. 12

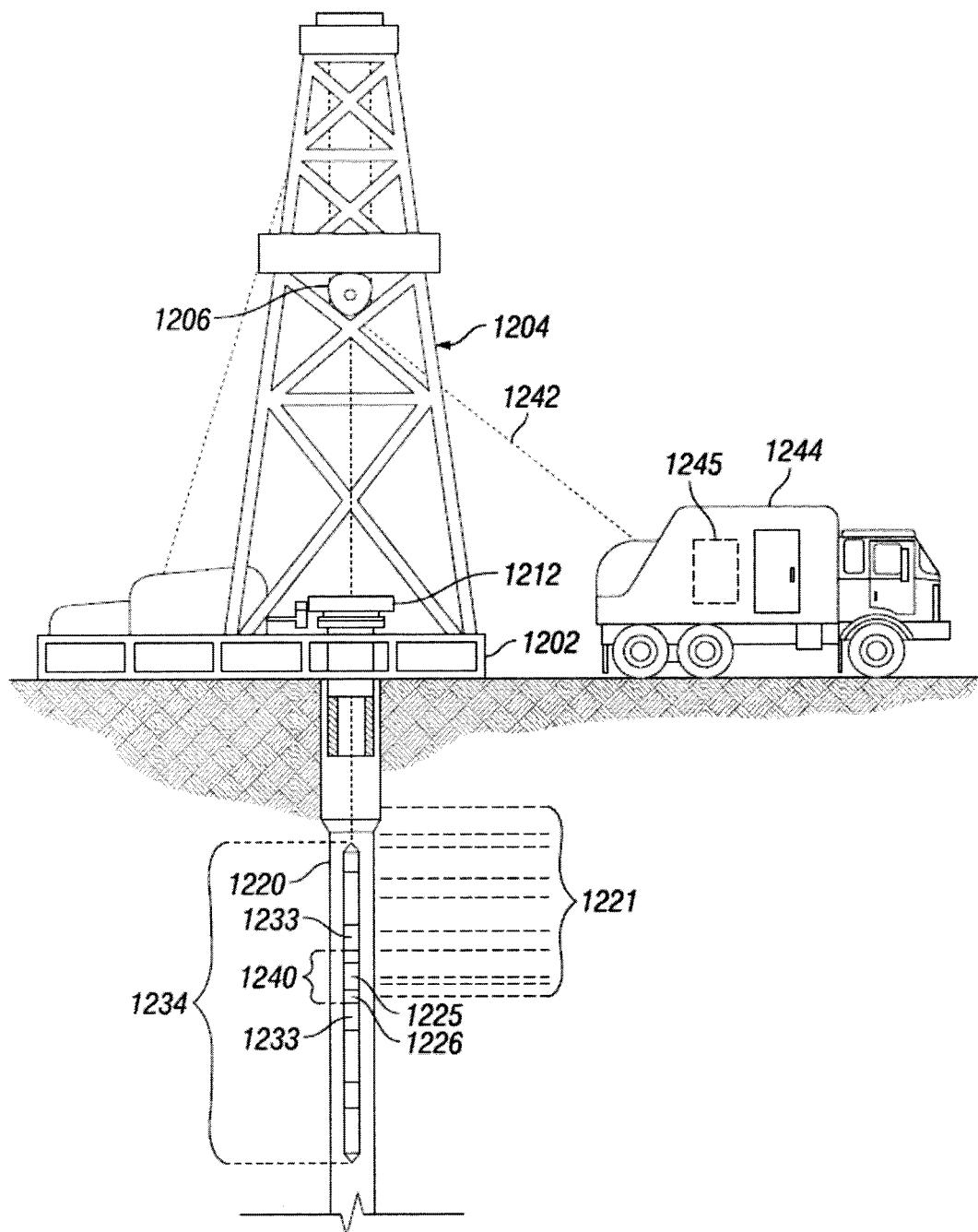


FIG. 13