

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4872116号
(P4872116)

(45) 発行日 平成24年2月8日(2012.2.8)

(24) 登録日 平成23年12月2日(2011.12.2)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 V 1/40 (2006.01) GO 1 V 1/40

請求項の数 22 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2009-504496 (P2009-504496)	(73) 特許権者	502027743
(86) (22) 出願日	平成19年4月6日(2007.4.6)		ウェザーフォード/ラム インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2009-532709 (P2009-532709A)		アメリカ合衆国、77027 テキサス州、ヒューストン、ポスト オーク プールバード 515、スウィート 600 (番地なし)
(43) 公表日	平成21年9月10日(2009.9.10)	(74) 代理人	100094318
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/066173		弁理士 山田 行一
(87) 国際公開番号	W02007/118210	(74) 代理人	100123995
(87) 国際公開日	平成19年10月18日(2007.10.18)		弁理士 野田 雅一
審査請求日	平成20年12月8日(2008.12.8)	(74) 代理人	100107456
(31) 優先権主張番号	60/744,394		弁理士 池田 成人
(32) 優先日	平成18年4月6日(2006.4.6)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パッシブ吸音材を用いる常設型チューブ伝達方式地震計アレイの性能改良

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

仕上げ井システムの環状領域内の望ましくない音響波を遮断するように構成された装置であって、複数のブラシを備える、前記装置。

【請求項 2】

前記望ましくない音響波がチューブ波である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記複数のブラシは、望ましくない音響波を吸収するように構成されている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記ブラシが、前記環状領域内の流体に対して高い音響インピーダンスコントラストを有している、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 5】

前記ブラシは、金属コア内に配置された単フィラメント繊維を備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記単フィラメント繊維が、動作および設置条件に耐えるように選択された材料を備えている、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

生産チューブにおけるパイプモードを低減するように適合された装置であって、複数の

ブラシを備える、前記装置。

【請求項 8】

前記パイプモードが、半径方向モード、垂直モードおよび屈曲モードのうちの少なくとも1つを備える、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 9】

前記ブラシは、金属コア内に配置された単フィラメント繊維を備える、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 10】

前記単フィラメント繊維が、前記生産チューブに隣接して外側にある流体に対して、高い音響インピーダンスコントラストを有している、請求項 9 に記載の装置。

10

【請求項 11】

炭化水素の生産および流れに基づく生産チューブからの音響放出を低減する装置であって、複数のブラシを備える、前記装置。

【請求項 12】

前記音響放出が、前記生産チューブの振動により発生する、請求項 11 に記載の装置。

【請求項 13】

前記ブラシが、前記生産チューブに隣接して外側にある流体に対して、高い音響インピーダンスコントラストを有している、請求項 11 に記載の装置。

【請求項 14】

前記ブラシは、金属コア内に配置された単フィラメント繊維を備える、請求項 11 に記載の装置。

20

【請求項 15】

生産チューブと、

前記生産チューブと共にボアホール内に配備される複数の地震センサと、

望ましくない音響波とパイプ振動のうちの少なくとも一方から前記地震センサを保護するように構成された1つまたは複数のデバイスであって、少なくとも一つが複数のブラシを備える前記1つまたは複数のデバイスと

を備えた仕上げ井システム。

【請求項 16】

前記望ましくない音響波がチューブ波である、請求項 15 に記載の仕上げ井システム。

30

【請求項 17】

前記1つまたは複数のデバイスが、前記生産チューブに沿って、前記地震センサに隣接して配置されている、請求項 15 に記載の仕上げ井システム。

【請求項 18】

前記1つまたは複数のデバイスが、前記生産チューブを囲む環状空間内の流体に対して、前記地震センサの検出帯域幅内で高い音響インピーダンスコントラストを有している、請求項 15 に記載の仕上げ井システム。

【請求項 19】

前記ブラシが、前記流体に対する前記高い音響インピーダンスコントラストを得るために、単フィラメント繊維を含む、請求項 18 に記載の仕上げ井システム。

40

【請求項 20】

前記単フィラメント繊維が、円形形状に巻かれた金属コア内に配置されている、請求項 19 に記載の仕上げ井システム。

【請求項 21】

前記1つまたは複数のデバイスが、前記望ましくない音響波または前記パイプ振動を反射または吸収する、請求項 15 に記載の仕上げ井システム。

【請求項 22】

仕上げ井システムで望ましくない音響波またはパイプ振動のうちの少なくとも一方を低減する方法において、

ボアホール内に生産チューブと複数の地震センサとを配備するステップと、

50

前記生産チューブに隣接して少なくとも一つの装置を提供するステップであって、前記装置は、前記望ましくない音響波またはパイプ振動のうち少なくとも一つから前記地震センサを保護するように構成された複数のブラシを備える、前記ステップと、

を有する方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の相互参照】

【0001】

[0001]本願は、2006年4月6日付で出願された、米国特許仮出願第60/744,394号明細書からの利益を主張するものであり、この仮出願の内容は参照により本明細書に組み込まれる。

10

【発明の分野】

【0002】

[0002]本発明の実施形態は、一般に、地震の検出応用に関し、より具体的には、パッシブ吸音材を用いた常設型チューブ伝達方式地震計アレイの性能改良に関する。

【関連技術の説明】

【0003】

[0003]ポアホール地震観測では、震源から発生する波は、震源から受信器へ直接伝播するだけでなく、他の経路に沿っても伝わる可能性がある。これは、雑音として作用する望ましくない波となり、ポアホール地震観測で記録される下向きおよび上向きの実体波動場の両方を不明瞭にする可能性がある。低周波数において、および従来の有線技術を用いた垂直地震プロファイリング(VSP)探査では、これらの望ましくない波はチューブ波と称されることが多く、孔井内を導波として伝播する。

20

【0004】

[0004]多くの研究の主題であるチューブ波は、ストーンレイ(Stoneley)モードおよびバイオット(Biot)低速波の極限の場合と見なされている圧縮波によって決定されている(Marzetta, 1985年; Norris, 1987年)。この状況は、常設型チューブ伝達方式ダウンホール地震センサを用いる場合には、完全に異なる。液体が充填されたポアホールにチューブを導入すると、チューブ波の伝播はより複雑になる。生産井におけるこれら低周波チューブ波の調査は、現場試験および理論的方法によって実施されてきた(Jacques, P., Ong, H., Jupe, A. および Brown, I. 著、2003年、"Permanent downhole seismic sensors in flowing wells," 73rd Ann. Internat. Mtg.: Soc. of Expl. Geophys., Expanded Abstract, 2282~2284ページ、および Ziatdinov, S., Bakulin, A., Kashtan, B., Golovnina, Z. および Korneev, V. 著、2005年、"Tube waves in producing wells with tubing and casing," 75th Ann. Internat. Mtg.: Soc. of Expl. Geophys., Expanded Abstract, 332~335ページ)。

30

【0005】

[0005]したがって、チューブ波の衝撃を低減し、孔井が完成した際に生産チューブ(production tube)に設置される常設型地震観測システムの性能を改良するメカニズムが必要とされている。

40

【発明の概要】

【0006】

[0006]本発明の実施形態によれば、一般に、例えば、孔井が完成すると生産チューブ上に設置される地震観測システム等の常設型地震観測システム内の導波(すなわち「チューブ」波)の衝撃を低減する方法および装置が提供される。

【0007】

[0007]本発明の一実施形態は、完成した環状領域内の望ましくない音響波を阻止するた

50

めの装置を提供する。いくつかの実施形態に関しては、このような装置は、生産チューブのパイプモードを減少させる可能性がある。いくつかの実施形態に関しては、このような装置は、炭化水素の生成および流れに基づく生産チューブからの音響放出を、低減する可能性がある。

【 0 0 0 8 】

[0008]本発明の別の実施形態は、仕上げ井システムを提供する。仕上げ井システムは、一般に、生産チューブと、生産チューブと共にボアホール内に配置される複数の地震センサと、望ましくない音響波とパイプ振動のうちの少なくとも一方から地震センサを遮蔽するように構成された1つまたは複数のデバイスとを含んでいる。

【 0 0 0 9 】

[0009]本発明の上記の特徴を詳細に理解できるように、上記で簡単に要約した本発明を、実施形態を参照することによって、より具体的に説明し得る。実施形態のうちのいくつかは、添付図面に示されている。しかし、添付図面は、本発明の典型的な実施形態のみを示しており、したがって、本発明の範囲を限定すると見なされるべきではなく、本発明では、他の同等効果の実施形態も含むものとする。

【 詳細な説明 】

【 0 0 1 0 】

[0017]本発明の実施形態は、一般に、常設型地震観測システム内の導波（すなわち「チューブ」波）の衝撃を低減するための方法および装置を提供する。パッシブ吸音材を用いることによって、チューブ波の衝撃が低減され、孔井が完成すると生産チューブ上に設置される常設型地震観測システムの性能を改善することにつながる。

【 0 0 1 1 】

[0018]仕上げ井システムにおける流体圧力の脈動と機械的振動とは、過剰なノイズの原因となり得る。励起機構は、油圧式および/または機械式であってもよい。液体が充填された仕上げ井システムでは、脈動と振動とは強く結合している。各機械的要素と流体との間の結合は基本的な役割を果たしている。

【 0 0 1 2 】

（センサへの結合ノイズ）

[0019]生産チューブ伝達方式の常設型地震センサを考えると、流体の脈動によって生成されたノイズは、図1で示されるような、数多くの異なる方法で、ケーシング結合されたセンサに伝達される。これらの手段は、仕上げ井結合（completion coupling）（機械的結合）および流体結合という2つのカテゴリーに基づいて分類される。

【 0 0 1 3 】

[0020]本明細書では、仕上げ井結合は、一般に、機械的振動の結合を意味する。したがって、仕上げ井結合は、（1）生産チューブ102と光ファイバー（FO）3-Cセンサ104との間の「Tc」と表記された結合110（例えば、チューブへのセンサの取付デバイスによって生じるようなもの）と、（2）生産チューブ102と孔井ケーシング106との間の「Cc」と表記された結合112（例えば、チューブセントラライザーによって生じるようなもの）と、（3）FOセンサ104と孔井ケーシング106との間の「Sc」と表記された結合114（例えば、センサとケーシングとの接触点によるもの）とを含んでもよい。ケーシング106と周囲の形成物100との間の機械的結合は完全であると仮定されてもよい。

【 0 0 1 4 】

[0021]本明細書では、流体結合は、一般に、チューブ内部および仕上げ井システムと結合された環状部内での流体の脈動を意味する。したがって、流体結合は、（1）内側のチューブ流体108とチューブ102との間の「F_it」と表記された結合116と、（2）環状流体110とチューブとの間の「Ft」と表記された結合118と、（3）環状流体110とケーシング106との間の「Fc」と表記された結合120と、（4）環状流体110とFOセンサ104との間の「Fs」と表記された結合122とを含んでもよい

10

20

30

40

50

。ポアホール周囲は多孔質媒体と考えるとよい (Norris, A. N 著、1987年、"The tube wave as a Biot slow wave." Geophysics, 52, p. 694~696 に記載されるとおり)。

【0015】

仕上げ井システムの運動

[0022] ケーシング106、チューブ102またはセンサ104の機械的運動は、一つの結合微分方程式に従って運動する。典型的には、ケーシング、チューブまたはセンサの運動に関する微分方程式は以下ようになる。

【数1】

$$\begin{aligned} & [Ico] \frac{\partial^2}{\partial t^2} [u, U, S, M, W] + [Rco] \frac{\partial}{\partial t} [u, U, S, M, W] \\ & = [\alpha co] \nabla [\nabla (u, U, S, M, W)] - [\mu co] \nabla \wedge [\nabla \wedge (u, S, M)] \end{aligned}$$

10

なお、 u は、絶対基準系に対するケーシングの変位ベクトルであり、 S は、ケーシングに対する光ファイバースенсаの変位ベクトルであり、 M は、ケーシングに対するチューブの変位ベクトルであり、 U はケーシングに対する環状流体の変位ベクトルであり、 W は、チューブ102に対する内側のチューブ流体の変位ベクトルである。ケーシングの運動については、 $[I_c] = [I_c]$ は、ケーシングに対する慣性結合マトリックスであり、 $[R_c] = [R_c]$ は、ケーシングに対する粘性結合マトリックスである。

20

【0016】

[0023] チューブの運動については、 $[I_t] = [I_t]$ は、チューブに対する慣性結合マトリックスであり、 $[R_t] = [R_t]$ は、チューブに対する粘性結合マトリックスである。

【0017】

[0024] センサの運動については、 $[I_s] = [I_s]$ は、センサに対する慣性結合マトリックスであり、 $[R_s] = [R_s]$ は、センサに対する粘性結合マトリックスである。

30

【0018】

流体運動

[0025] 環状流体運動または内側チューブの流体運動については、典型的には、微分方程式は以下ようになる。

【数2】

$$\begin{aligned} & [If] \frac{\partial^2}{\partial t^2} [u, U, S, M, W] + [Rf] \frac{\partial}{\partial t} [u, U, S, M, W] \\ & = [\alpha f] \nabla [\nabla (u, U, S, M, W)] \end{aligned}$$

40

なお、環状流体運動については、 $[I_a] = [I_a]$ は、環状流体に対する慣性結合マトリックスであり、 $[R_a] = [R_a]$ は、環状流体に対する粘性結合マトリックスである。内側チューブの流体運動については、 $[I_i] = [I_i]$ は、内側チューブの流体に対する慣性結合マトリックスであり、 $[R_i] = [R_i]$ は、内側チューブの流体に対する粘性結合マトリックスである。流体（環状部および内側チューブ）と仕上げ井システム（ケーシング、チューブおよびセンサ）との間の相対運動は、慣性結合と粘性結合の有効性に依存する。この有効性は臨界周波数 f_c の関数（形成物の周囲特徴を含むポアホール周囲の特徴による）であり、この臨界周波数が粘性結合と慣性結合との交差点を

50

決定している。 f_c に対して励起周波数が低い場合、慣性結合は無視できる。

【 0 0 1 9 】

[0026] f_c に対して励起周波数が高い場合、粘性結合は無視できる。臨界周波数 f_c は、ボアホール周囲では比較的低位のため、流体の粘性は無視できると見なされ、 $[R_{c0}] = [R_{f1}] = 0$ になる。全体の方程式系は、5つの自由度から成る。ノイズの減衰を最適化するために、センサは、可能な限り効果的に分離され(ケーシングを介した形成物との結合は除く)、自由度の数は減少されてもよく、および/または望ましくない波動場の効果は抑制されてもよい。

【 0 0 2 0 】

複合波の発生源

[0027] ボアホールの機械的振動の主発生源は、表面グラウンドロール (ground roll) または、チューブ、環状流体、ケーシングおよびチューブという流体柱を含む仕上げ井システムとの結合を通過するレイリー波である。励起の第2発生源は、ボアホールを囲む多孔質媒体の特徴に依存する実体波(例えば、P波およびS波)である。常設型チューブ伝達方式地震センサを用いる場合、仕上げ井システムの形状が複雑になるため、各励起モードは、チューブ波、パイプモード、共振等と多かれ少なかれ結合する種々のタイプの波を提供する。

【 0 0 2 1 】

[0028] 流体運動のようないくつかの要素機構はいわゆるチューブ波を発生する。このチューブ波は、流体が充填されたボアホールが導波管である理由から、低周波数の圧縮波または遅いバイロット波と、擬似レイリーまたはストーンレイ波といった界面波と、導波とを与えるチューブ「呼吸(respiration)」と、屈曲波を伴うチューブ「屈曲(flexion)」とを生成することによって発生する。

【 0 0 2 2 】

[0029] 軟質の形成物では、せん断波がボアホールに当たると、低周波数の、ある入射角度において、流体内で強い共振が発生し、この場合、せん断波の垂直な波数はチューブ波が励起するチューブ波の波数と等しい(Peng, C., Cheng, C.H. および Toksoz 著、1993年、"Borehole effects on downhole seismic measurements." Geophysics, 41, 883~912ページを参照のこと)。

【 0 0 2 3 】

[0030] 図2は、2つの異なる周波数100Hzと500Hzにおける、流体柱の中心の圧力に対するボアホールの受信パターン200を表している。ボアホールは無限であると仮定され、均一な弾性媒体で囲まれ、せん断波の速度(V_s)はチューブ波の速度(V_{tube})よりも低い。

【 0 0 2 4 】

[0031] 流体充填パイプシステムでは、圧力脈動と機械的振動は強力に結合する。パイプシステム(すなわち、チューブおよび内側のチューブ流体)を囲む構造体(すなわち、ケーシングおよび環状流体)は、各要素がどのように結合されるかに依存して、流体脈動および機械的振動と相互に作用する。仕上げ井システム(すなわち、構造体とパイプシステム)を、剛体の両端を備えた簡単なオルガンパイプに匹敵する有効媒体と考えると、固有周波数は、

【数3】

$$fn = \frac{V_{completion}}{2l} (n + 1/2)$$

によって与えられる。なお、 $V_{completion}$ は、仕上げ井システムの各要素が完全に結合した場合の仕上げ井システムの実効速度であり、 l は、仕上げ井システムの有効

10

20

30

40

50

長である。この時点で、 $V_{\text{completion}}$ は、各構成要素（チューブ、ケーシングまたは流体）単独よりも低い。構成要素が完全に結合していない場合、 $V_{\text{completion}}$ は数個の値を取ることができる。これらの振動によって、導波だけでなく、典型的には、パイブモードと称される垂直モードと半径方向モードと屈曲モードが生成される。

【0025】

現場試験分析と解釈

[0032]現場試験の分析は複合波の識別を必要とし、この複合波は、典型的には、伝播特性：振幅、偏波（粒子運動）および/または速度によって特定される。例えば、チューブ波は、一般に、実体波よりも振幅が大きく、偏波は楕円形であり、速度は、典型的には、表面に近いいくつかの多孔質媒体内のせん断波よりも低くすることができる。現場試験は、陸上のアキテーヌ盆地（フランス南西部）にあるガス貯蔵場所で開催された。常設型の5つの観測点の3-C光ファイバー（FO）地震計アレイが、直径4インチの仕上げ井チューブに固定され（Bostick, F. X., Knudsen, S., Nakstad, H., Blanco, J. および Mastin, E. 著、2003年、"Permanently installed fiber optic multi-station 3-C in-well seismic trial at Izaute field." EAGE 65th Conference and Technical Exhibition, Stavangerを参照のこと）、一方が9 5/8インチで他方が13 3/8インチである2つの接合ケーシングを介して、形成物に能動的に結合されている。「能動的」観測点はまた、ばねと音響的に絶縁された案内ポストという独特の方法を用いて、仕上げ井チューブから実質的に分離された。比較するために、単一の3-C地震センサ観測点が、仕上げ井チューブに直接固定された。この「受動的」観測点は、最も浅い能動的観測点に近接して取り付けられ、ケーシング、したがって形成物と分離された。受動的観測点の目的は、チューブ振動から来る波をより正確に特定することである。

【0026】

[0033]観測点の上、下および観測点の間で、ケーシングとチューブとの間に、チューブ波抑制デバイスとして設計されたブラシシステムを取り付け、環状流体柱の運動を抑制した。ウォークアウェイ垂直地震プロファイリング（VSP）データが、10mの空間サンプリング間隔で記録された。震源はNomad 65振動装置であった。振動装置は、10 Hzで始まり、210 Hzで終わる12秒の上方掃引で駆動された。対数掃引、線形掃引および双曲線掃引を含む種々の掃引構成を用いて、グラウンドロールおよびせん断波への衝撃を調査した。

【0027】

ブラシシステム

[0034]両方の調査で同じ発生源と記録システムを用いて、まずは、ブラシシステムなしで、次にブラシシステムありで試験が実施された。結果が図3に示されている。ブラシシステムがある場合、典型的には、3つの変更点が観測された。（1）チューブ波の振幅が、周波数が増加するにつれて大幅に減少したこと、（2）チューブ波の反射と重なりが大きく減少したこと、（3）チューブ波の速度が低下したこと、である。

【0028】

[0035]ブラシシステムを追加することによって、環状流体柱を区分化する有効媒体が大幅に変更された。2つの代替的な解釈によって、これらの結果を説明することができる。すなわち、（1）環状流体柱は、ブラシシステムを用いた結果として、完全に隔離されて動かないと考えてもよく、観測されるのは、主に、内側に流体を含んだチューブの振動によるものであると考えられること、（2）ブラシシステムもこれらの低周波数では運動しているために、40 Hzまでの周波数では環状流体は運動している可能性があるが、40 Hzを超えると、ブラシシステムと環状流体柱は運動を停止することである。

【0029】

能動的および受動的システム

[0036]同じウォークアウェイVSP調査に対する能動的観測点と受動的観測点の両方の応答を比較する試験の目的は、複雑な波動場の種々の構成要素（特にパイプモード）を正確に区別し、実体波への構成要素の衝撃を予測することである。

【0030】

[0037]図4は、日面座標系に基づく半径方向成分（R）と垂直成分（N）と接線成分（T）とを有する同一の共通受信器集合（CRG）についての、能動的データセット402と受動的データセット404との比較を示している。この分析は、実体波とチューブ波またはパイプモードとの間の振幅比を用いることを基本にしている。

【0031】

[0038]P波エネルギーと比較すると、能動的観測点データ402ではパイプモードの大幅な減少が明らかに見られる。この減少は、主に、チューブとFOセンサとの間の能動的観測点結合が、ケーシングとFOセンサとの間の結合よりも大幅に小さいという事実による。受動的観測点404において明瞭に識別される2つの最初のパイプモード周波数は、それぞれ、16Hzおよび40Hzである（周波数スペクトルを参照のこと）。これらのモードは、チューブが表面から258m深さまで自由である場合、チューブの上方部から来る振動に対応する。

【0032】

掃引試験

[0039]表面媒体に依存して、グラウンドロールと、震源により発生したせん断波エネルギーとは、周波数によって異なる可能性がある。次に図5を参照すると、3つの振動装置による試験が、対数掃引502、線形掃引504、双曲線掃引506を用いて実施された。各調査結果を比較すると、グラウンドロールとせん断波は、低周波数の掃引期間が短い（すなわち、双曲線掃引506では）ときに最小エネルギーになることを示している。

【0033】

[0040]現場試験と併せて理論的結合機構を理解すると、仕上げ井システムにおける複合波モードの発生源と、チューブ伝達方式地震センサへの衝撃とを決定することができることが実証される。これらの望ましくないまたはノイズの多い波は、仕上げ井システムの種々の構成要素が一体に結合される方法に依存する可能性がある。

【0034】

[0041]この地震ノイズを抑制するために、仕上げ井システムの各構成要素と検出システムとの分離が採用されてもよい。調査の手順は、適切な地震エネルギー源パラメータを選択することによって、グラウンドロールおよび/またはせん断波などのノイズの多い発生源を低減することにも注目すべきである。

【0035】

[0042]いくつかの実施形態においては、各種の地震観測仕上げ井システム設計の際に地震の画像化および監視のための最良の条件を試み、達成するセンサシステムが提供される。場合によっては、望ましくないチューブ波のレベルを低減することが最も有効であろう。

【0036】

例示的なパッシブ吸音材

[0043]以下に、孔井が完成すると生産チューブに設置される、常設型地震観測システムの性能を改良する目的で、パッシブ吸音材を使用する原理について説明する。典型的な仕上げ井システムの例が示され、吸音材についても説明される。

【0037】

[0044]生産チューブに沿って孔井の環状領域内（地震センサがケーシングと接触している場所）に設置された常設型地震観測システムにおいては、遭遇する共通の問題は、生産チューブ自体に伴う、望ましくない複合音響およびパイプ振動である。パイプ振動と環状導波との両方を低減するための1つの方法は、ノイズと見なされるこれらの望ましくない波を抑制する目的で、地震センサの近くに1つまたは複数の吸音材を挿入することである。このようなデバイス（いわゆるチューブ波抑制デバイス602）の例が図6に示されて

10

20

30

40

50

いる。

【 0 0 3 8 】

[0045]チューブ波抑制デバイス602は、環状領域604内の孔井流体（図示せず）に対する地震検出帯域内の高い音響インピーダンスコントラストを所有してもよい。チューブ波抑制デバイス602は、上記の孔井流体に対する高い音響インピーダンスコントラスト比と、十分な音響損失特性を得るために、単フィラメント繊維を含むブラシ606からなってもよい。単フィラメント繊維は、図示された円形形状に巻かれた金属コア608内に配置されてもよい。このような望ましいインピーダンスコントラストにおいては、望ましくない導波が、地震センサの回りに配置された抑制デバイス602によって反射および/または吸収され、したがって、センサによって確認できないこともある。同じ抑制デバイス602を用いて得られる他の利点には、地震計アレイの近傍の仕上げ井システムの音響的および機械的振動の特性を低減することが含まれ、したがって、パイプモードなどのノイズ発生源と生産ノイズによる音響放出とが低減される。

10

【 0 0 3 9 】

吸音材を用いた例示的な仕上げ井システム

[0046]図7は、チューブ波抑制デバイス602が用いられる場合の地震計アレイの典型的な仕上げ井システム700の図を示している。チューブ波抑制デバイス602（ブラシタイプのデバイスが示されている）は、典型的な仕上げ井システムの環状領域内の望ましくない音響波を遮断する目的で、例えばチューブ信号を測定するのに用いられるセンサパッケージを備えた地震計マンドレル702の回りに適合および配置されてもよい。

20

【 0 0 4 0 】

[0047]チューブ波抑制デバイス602はまた、生産チューブ102におけるパイプモードを低減することができる。抑制デバイスはまた、炭化水素の生成および流れによって、生産チューブからの音響放出を低減できる。いくつかの実施形態においては、抑制デバイス602は、図6で示されるとおり、円形形状に巻かれた金属コア内に単フィラメント繊維を含み、高い音響インピーダンスコントラストを提供できる。繊維の材料は、チューブ波を低減する目的で、動作および設置条件に耐え、音響コントラストを増すように選択されてもよい。

【 0 0 4 1 】

[0048]以上は、本発明の実施形態に関して説明してきたが、本発明の基本的範囲から逸脱することなく、本発明の他の実施形態およびさらなる実施形態が考案されてもよく、本発明の範囲は以下の特許請求の範囲によって決定される。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 2 】

【図1】常設型光ファイバー3成分（3-C）地震観測システム上で作用する、仕上げ井結合と流体結合を示している。

【図2】せん断波が入射平面波であるときのポアホールの受信パターンの図を示す。

【図3】本発明の実施形態による導波抑制デバイスがない場合、およびある場合の、ウォークアウェイ垂直地震プロファイリング（VSP）データの共通発生源の集合を示す。

【図4】本発明の実施形態によるRTN座標成分に沿って導波抑制デバイスを備えた、能動的地震観測点と受動的地震観測点との比較を示している。

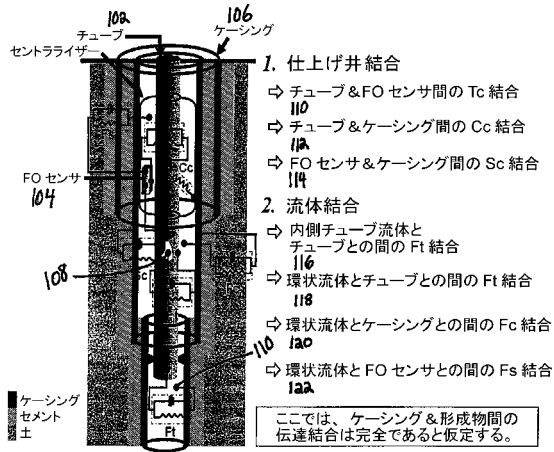
40

【図5】本発明の実施形態による、対数掃引と線形掃引と双曲線掃引とを示す共通受信器の集合（CRG）における掃引試験を示している。

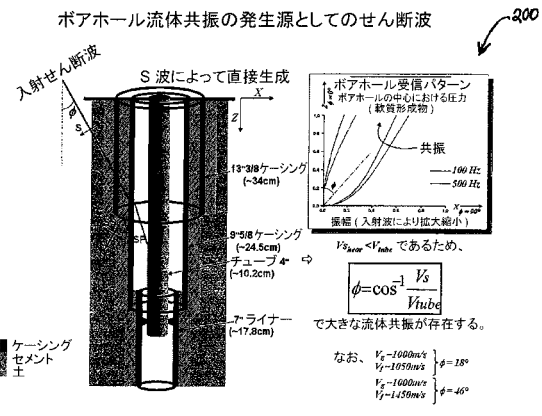
【図6】本発明の実施形態による例示的なチューブ波抑制デバイスを示している。

【図7】本発明の実施形態によるチューブ波抑制デバイスを利用した例示的な仕上げ井システムを示している。

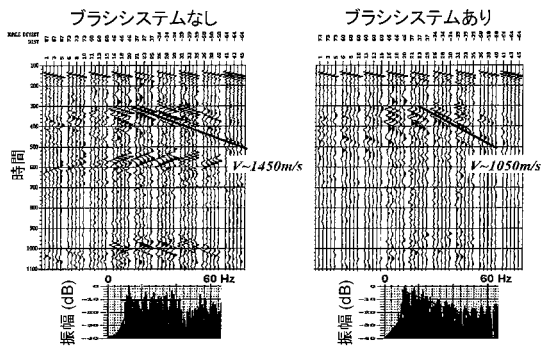
【 図 1 】



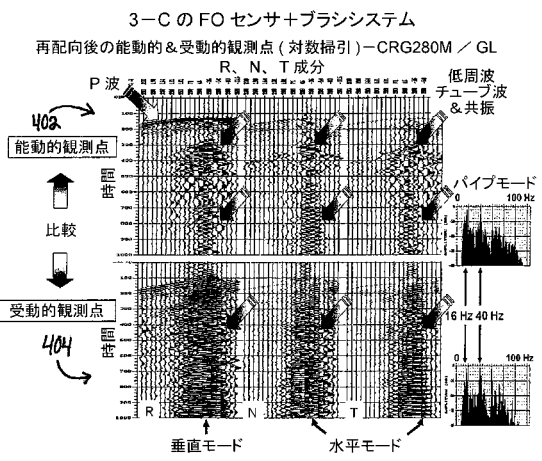
【 図 2 】



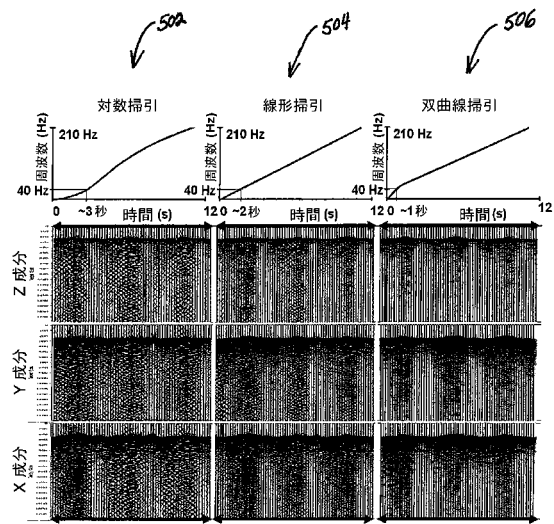
【 図 3 】



【 図 4 】

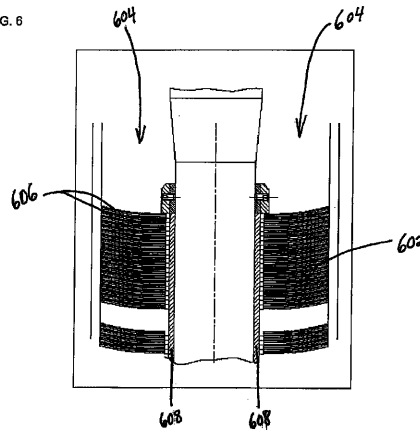


【 図 5 】

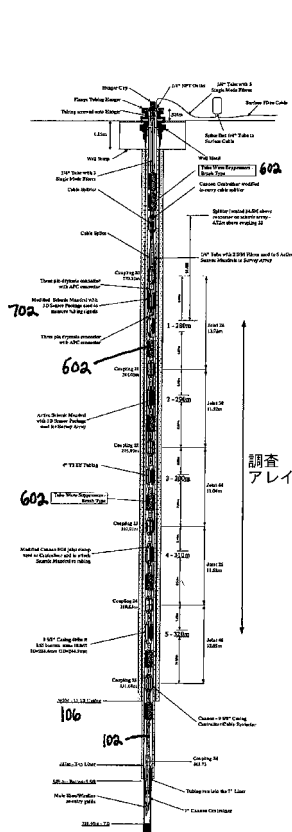


【 図 6 】

FIG. 6



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 クヌーセン, スヴェレ
ノルウェー, エヌ-7043 トロンハイム, ギェミー コンゲヴェイ 25
- (72)発明者 トラヴィス, ポール
イギリス, アバディーン エービー15 8ティージャー, キングスウェルズ, キングスウ
ッド アヴェニュー 18

審査官 高見重雄

- (56)参考文献 特開昭63-282683(JP,A)
特開平09-152487(JP,A)
特開平10-062555(JP,A)
特開昭53-043601(JP,A)
特表2002-506978(JP,A)
米国特許第05005666(US,A)
英国特許出願公開第02253054(GB,A)
英国特許出願公開第02339908(GB,A)
特開2006-052479(JP,A)
登録実用新案第3109978(JP,U)
特開平11-039952(JP,A)
特表2004-528501(JP,A)
特開昭59-183190(JP,A)
特開2001-254779(JP,A)
特開平10-246781(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01V 1/00-99/00