

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6186336号
(P6186336)

(45) 発行日 平成29年8月23日(2017.8.23)

(24) 登録日 平成29年8月4日(2017.8.4)

(51) Int.Cl. F I
G O 1 V 3/00 (2006.01) G O 1 V 3/00 C

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-228016 (P2014-228016)	(73) 特許権者	506081530
(22) 出願日	平成26年11月10日(2014.11.10)		コリア インスティテュート オブ ジオ
(65) 公開番号	特開2015-102547 (P2015-102547A)		サイエンス アンド ミネラル リソース
(43) 公開日	平成27年6月4日(2015.6.4)		ズ
審査請求日	平成26年11月10日(2014.11.10)		大韓民国 デジョン 34132 ユソン
審査番号	不服2016-17722 (P2016-17722/J1)		ーグ グァハクロー 124
審査請求日	平成28年11月28日(2016.11.28)	(74) 代理人	110000729
(31) 優先権主張番号	10-2013-0143412		特許業務法人 ユニアス国際特許事務所
(32) 優先日	平成25年11月25日(2013.11.25)	(72) 発明者	李 泰鍾
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		大韓民国 大田廣域市 儒城區 柯亭路
			43 ハン-ウル アパートメント 11
			1-1803

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーおよびこれを用いたボアホール電磁探査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに平行に形成される一対のボアホールのうちいずれか一方のボアホールに設置される発信部と、前記一対のボアホールのうち他方のボアホールに設置され、前記発信部からの信号を受信する受信部と、前記発信部および前記受信部からの信号を受信し分析するために地上に設置される地上部とを含み、地下環境の地質または資源の埋蔵有無に関する探査を行うボアホール電磁探査システムにおいて、前記ボアホール内で広帯域の磁場を広帯域の周波数に対してかつx軸、y軸、z軸に対してそれぞれ正確かつ精密に測定することができるように構成される誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーであって、

前記地上部との通信のための通信部と、

電源供給のための電源部と、

前記ボアホール磁場計測センサー全体の制御のための制御部と、

前記ボアホール磁場計測センサー全体が前記ボアホール内で北方向となす角度および勾配を測定するための3成分フラックスゲート磁力計からなる3成分磁力センサー部と、

前記ボアホール磁場計測センサーの現在位置、方向、勾配を含む状態情報を検出するための3成分加速度センサー部と、

アナログセンサー信号をデジタル信号に変換するためのA/D変換部を含み、x軸、y軸、z軸方向の3成分磁場を広帯域でそれぞれ検出するための3成分磁場センサー部と、

前記通信部、前記電源部、前記制御部、前記3成分磁力センサー部、前記3成分加速度センサー部および前記3成分磁場センサー部を内部に含むケーシングと、

10

20

前記ケーシングの両端部にそれぞれ形成され、加圧により接続される圧力コネクタ部と、を含んでなり、

前記 3 成分磁場センサー部は、

z 軸が前記ケーシングの長さ方向であり、x 軸の方向は前記 z 軸に対して垂直な方向であり、y 軸の方向は前記 x 軸および前記 z 軸の方向に対して垂直な方向であるとするとき

、棒状または円筒状のコアに複数のコイルが巻かれた形態の垂直コイルモジュールを含み、z 軸方向の磁場を検出する z 成分センサー部と、

前記垂直コイルモジュールに対して直角となるように、前記ケーシングの直径より小さいサイズに形成される複数の棒状または円筒状の水平コイルモジュールが前記ケーシングの直径方向を向くように並列配置され、x 軸方向の磁場を検出する x 成分センサー部と、

複数の前記水平コイルモジュールが前記 x 成分センサー部および前記 z 成分センサー部のそれぞれのコイルモジュールとそれぞれ直角をなすように配置され、y 軸方向の磁場を検出する y 成分センサー部と、を含んでなり、

前記水平コイルモジュールは、

前記ケーシングの直径より小さいサイズに形成されるコアと、

前記コアに複数回巻かれる信号コイルと、

前記信号コイルの外側に配置される絶縁材と、

前記絶縁材の外側に巻かれるキャリブレーションコイルと、を含んでなり、

前記キャリブレーションコイルを介して前記信号コイルと反対方向の電流を流すことにより、バックアップコイルの役割、および前記信号コイルの周波数別応答特性を把握するための送信源として活用可能なキャリブレーション機能を兼備するように構成される、ことを特徴とする、誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサー。

【請求項 2】

前記ケーシングは、

前記通信部、前記電源部、前記制御部および前記 A / D 変換部が設置される部分はステンレススチールを含む導電性材質で形成され、

前記 3 成分磁力センサー部、前記 3 成分磁場センサー部および前記 3 成分加速度センサー部が設置される部分は、ガラス繊維を有する不導体材質で形成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサー。

【請求項 3】

前記コアはフェライトを含むミューメタル材質で形成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサー。

【請求項 4】

前記垂直コイルモジュールは、

前記 z 成分センサー部の全長および前記ケーシングの直径に対応するサイズに形成されるコアと、

前記コアに複数回巻かれる信号コイルと、

前記信号コイルの外側に配置される絶縁材と、

前記絶縁材の外側に巻かれるキャリブレーションコイルと、を含んでなり、

前記キャリブレーションコイルを介して前記信号コイルと反対方向の電流が流れるようにすることにより、バックアップコイルの役割、および前記信号コイルの周波数別応答特性を把握するための送信源として活用可能なキャリブレーション機能を兼備するように構成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサー。

【請求項 5】

前記コアはフェライトを含むミューメタル材質で形成されることを特徴とする、請求項 4 に記載の誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサー。

【請求項 6】

前記ボアホール磁場計測センサーは、

前記 x 成分センサー部および前記 y 成分センサー部には複数の前記水平コイルモジュールがそれぞれ電氣的に並列に連結され、

前記 x 成分および前記 y 成分の水平磁場測定のためのセンサーを電氣的に並列に連結することにより、誘導コイルの断面積と巻数が、それぞれ電氣的に並列に連結された前記コイルモジュールの個数だけ増加して、直径が制限的なボアホール内の環境で微弱な電磁気波信号を感知することが可能な特性を示す誘導コイル型センサーの感度を倍加させることができるように構成されることを特徴とする、請求項 1 に記載の誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサー。

【請求項 7】

地下環境の地質または資源の埋蔵有無に関する探査を行うためのボアホール電磁探査システムにおいて、

互いに平行に形成される一対のボアホールのうちいずれか一方のボアホールまたは地上に設置される発信部と、

前記一対のボアホールのうち他方のボアホール、地上、または前記ボアホールと同一のボアホールに設置され、前記発信部からの信号を受信する受信部と、

前記発信部および前記受信部からの信号を受信し分析するために地上に設置される地上部と、を含んでなり、

前記受信部は、

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサーを用いて構成されることを特徴とする、ボアホール電磁探査システム。

【請求項 8】

地下環境の地質または資源の埋蔵有無に関する探査を行うためのボアホール電磁探査方法において、

互いに平行に形成される一対のボアホールを掘削する掘削段階と、

それぞれの前記ボアホールに磁気センサーおよび前記磁気センサーからの信号を受信する受信部をそれぞれ設置する設置段階と、

前記磁気センサーおよび前記受信部からの信号を受信して地下環境に対する分析を行う分析段階と、を含んでなり、

前記設置段階は、

前記磁気センサーとして、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサーを設置するように構成されることを特徴とする、ボアホール電磁探査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ボアホール電磁探査 (borehole electromagnetic exploration or tomography; EM tomography) に係り、さらに詳しくは、ボアホール内における自然的な地球磁場の変化モニタリングまたはボアホールを用いた電磁探査を介して、石油、石炭などのエネルギー資源分野、鉱物資源分野、並びに土木および環境分野などに適用するために、ボアホール内で広帯域の磁場をそれぞれ x 軸、y 軸、z 軸に対して 3 次的に正確かつ精密に測定することができるように構成される誘導型 3 成分ボアホール磁場計測センサーに関する。

【0002】

また、本発明は、前述したようにボアホール内で磁場をそれぞれ x 軸、y 軸、z 軸に対して 3 次的に正確かつ精密に測定することができるように構成される誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサーを用いて、石油、石炭などのエネルギー資源分野、鉱物資源分野、並びに土木および環境分野などに適用することができるように構成されるボアホール電磁探査方法に関する。

【背景技術】

【0003】

10

20

30

40

50

従来、地球磁場の変化をモニタリングしたり、石油や石炭などのエネルギー資源または金属などの鉱物資源を探索したりして土木、環境分野に適用するために、ボアホール内に電磁気センサーを設置して地下の地質または環境を調べる、いわゆるボアホール電磁探査 (borehole electromagnetic exploration or tomography; E M tomography) 方法が提案されて使用されている。

【 0 0 0 4 】

すなわち、図 1 を参照すると、図 1 は従来のボアホール電磁探査 (E M tomography) システムの全体的な構成を概略的に示す図である。

【 0 0 0 5 】

図 1 に示すように、ボアホール電磁探査システム 1 0 は、一般に、2つのボアホール 1 1、1 2 をそれぞれ形成した後、そのいずれか一方には発信器 (transmitter) 1 3 を設置し、他方には発信器 1 3 からの信号を受信する受信器 (receiver) 1 4 をそれぞれ設置し、このような発信器 1 3 および受信器 1 4 からの信号を、地上に設置される地上部 1 5 で受信して分析することにより、該当地域の地質や主要資源の埋蔵有無、地下環境などに関する探査が行われる。

【 0 0 0 6 】

この際、前述した発信器 1 3 はボアホール内だけでなく地上にも位置することができ、前記受信器 1 4 も発信器 1 3 と同一のボアホール 1 1 内または他のボアホール 1 2 内に位置して探査を行うことができる。

【 0 0 0 7 】

さらに詳しくは、前述したようなボアホール電磁探査システムに対する従来技術の例として、例えば、米国特許第 7, 0 3 0, 6 1 7 号 (2 0 0 6 年 4 月 1 8 日) に開示されているような「電磁気誘導探査の遂行のためのシステム、装置および方法 (System, apparatus, and method for conducting electromagnetic induction surveys) 」がある。

【 0 0 0 8 】

すなわち、図 2 を参照すると、図 2 は従来技術の例として米国特許第 7, 0 3 0, 6 1 7 号に提示されたボアホール電磁探査システムの全体的な構成を概略的に示す図である。

【 0 0 0 9 】

さらに詳しくは、前記米国特許第 7, 0 3 0, 6 1 7 号に提示されたボアホール電磁探査システム 2 0 は、図 2 に示すように、ボアホール 2 1 内に、磁気モーメント (magnetic moment) を発生する発信器 2 2 を設置し、前記発信器 2 2 から発生した磁場を受信する受信器 2 3 を、隣接して配置された他のボアホール 2 4 内に設置し、この際、前記発信器 2 2 による磁場および伝導性ケーシング (conductive casing) による減衰 (attenuation) を検出するための補助受信器 (auxiliary receiver) 2 5 を前記発信器 2 2 に隣接して設置するように構成され、このような発信器 2 2、受信器 2 3 および補助受信器 2 5 によって伝送される信号を、地上に設置された地上部 2 6 で受信して分析することにより、該当地域の地質や主要資源の埋蔵有無および地下環境に関する探査が行われることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

よって、前述したように構成される米国特許第 7, 0 3 0, 6 1 7 号に提示されたボアホール電磁探査システム 2 0 によれば、補助受信器 2 5 によって測定された磁場と発信器磁気モーメント (transmitter magnetic moment) の比 (ratio) によって導電ケーシングによる減衰を考慮することができるので、より正確な測定が可能となる。

【 0 0 1 1 】

ここで、一般に、地下の地質構造は、非常に複雑な 3 次元的構造を形成しており、このような地下空間の環境を正確に把握するためには、磁場の方向を x 軸、y 軸および z 軸の各方向で 3 次元的に測定し分析しなければならないが、前述した米国特許第 7, 0 3 0, 6 1 7 号は、単に磁気モーメントを発生する発信器およびその磁気モーメントを受信する受信器の構成のみを提示しており、前述したように 3 成分に対する磁場測定および分析のような技術内容については提示していない。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

また、前述したようなポアホール電磁探査システムについての従来技術の他の例としては、例えば、韓国登録特許公報第 10 - 0563542 号（2006 年 3 月 16 日）に提示された「デジタル 3 成分フラックスゲート磁場測定器を用いた、鉄材が配筋された深い基礎の深度探知装置」および韓国登録特許公報第 10 - 0264630 号（2000 年 6 月 2 日）に提示された「ポアホール内の 3 軸磁場測定によるコンクリート基礎坑内の鉄筋探知装置及び探知方法」がある。

【 0 0 1 3 】

さらに詳しくは、まず、前記韓国登録特許公報第 10 - 0563542 号は、特に、ポアホールの内部に挿入され、鉄材から発生する誘導磁場を感知してデジタル信号として出力するフラックスゲートセンサーを備え、該センサーから出力されたデジタル感知情報を RS - 422、RS - 232 および USB 通信規約に変換する手段を含むことにより、フラックスゲートセンサーで感知された情報をノート型パソコンなどのポータブルコンピュータを介して保存および出力することができるようにして、デジタル化されたフラックスゲートセンサーを用いて多量の資料を感知し、伝送することができるように構成される、デジタル 3 成分フラックスゲート磁場測定器を用いた、鉄材が配筋された深い基礎の深度探知装置に関する。

10

【 0 0 1 4 】

また、前記韓国登録特許公報第 10 - 0264630 号は、ポアホール内に 3 軸磁場測定センサーを挿入し、ポアホール内で上下に移動させて基礎坑内の鉄筋の誘導磁場を測定すると同時に、前記 3 軸磁場測定センサーの深さを測定し、前記鉄筋の誘導磁場測定値と 3 軸磁場測定センサーの深さをコンピュータに保存して基礎坑の下端深さを測定するポアホール内の 3 軸磁場測定によるコンクリート基礎坑内の鉄筋探知装置および探知方法に関する。

20

【 0 0 1 5 】

すなわち、前述した韓国登録公報第 10 - 0563542 号および同第 10 - 0264630 号によれば、ポアホール内に 3 軸磁場測定センサーを挿入して 3 次元的な測定を行う技術内容が開示されているが、前述した韓国登録特許公報第 10 - 0563542 号及び同第 10 - 0264630 号は、コンクリート基礎坑内に配筋された鉄筋の下端深さを抽出するためのもので、ポアホールが基礎坑に接近した場合を仮定したので、高周波数の特定の周波数帯域のみを用いても構わないため、広帯域の周波数帯域が強いて必要ない。よって、商用化されたフラックスゲート型 3 軸磁場センサーの利用が可能である。

30

【 0 0 1 6 】

すなわち、電磁探査において、特定の地盤環境で特定の周波数の電磁気波を用いて電磁探査を行う場合、探査が可能な深度を示す浸透深度（penetration depth）または可探深度（skin depth）は、下記数式 1 で表すことができる。

【 0 0 1 7 】

【 数 1 】

$$\delta = 503\sqrt{\rho/f}(m)$$

40

【 0 0 1 8 】

ここで、 ρ は地層の電気比抵抗（electric resistivity、 $\Omega \cdot m$ ）を示し、 f は周波数（frequency、Hz）を示す。

【 0 0 1 9 】

さらに詳しくは、例えば、地層の電気比抵抗が $100 \Omega \cdot m$ の地域で電磁探査を行う場合、 100 Hz の周波数を用いると、探査が可能な可探深度は約 500 m であり、 $10,000 \text{ Hz}$ の周波数を用いると、可探深度は約 50 m である。

【 0 0 2 0 】

すなわち、前述した韓国登録特許第 10 - 0563542 号および同第 10 - 0264

50

630号の場合、一般に、ボアホールを基礎坑に出来る限り近接位置させてその距離が数m以内であるから、数十～数百kHzの高周波数帯域の電磁気波を用いればよい。よって、このような場合、フラックスゲート電場センサーによっても探査の目的を達成することができる。

【0021】

これに対し、ボアホール電磁探査の場合、2つのボアホール間の距離が数十m～数百mと様々に適用されなければならず、地層の電気比抵抗も数百 \cdot m～数万 \cdot mと様々な地質環境で行われることが可能でなければならぬので、使用する電磁気波の周波数は数Hz～数百kHzであって、広帯域に対して非常に高い敏感度で測定が可能でなければならない。このような場合、前記フラックスゲート型電磁探査受信器は、広帯域と敏感度を同時に満足することが難しい。

10

【0022】

しかも、前記米国特許第7,030,617号と同様に、前記韓国登録特許第10-0563542号および同第10-0264630号にも、3次元的な測定ができるように構成される磁気センサーの具体的な構成については提示されていない。

【0023】

すなわち、地下環境の地質や資源の埋蔵有無などを探査するためのボアホール電磁探査システムにおいて、磁気センサーは、x、y、z軸の3成分に対する磁場を検出するための3軸磁場センサー以外に、前記センサーを制御するための制御手段、センサーの位置を把握するための位置把握手段、センサーからの信号を伝送するための通信手段、およびセンサーが動作するための電源を供給するための電源供給手段などの様々な付随的手段と一緒に設置してセンサー部を構成しなければならないが、前述したように、従来技術には、このようなセンサー部の具体的な構成については提示されていない。

20

【0024】

よって、前述したような従来技術の問題点を解決するためには、地下環境の地質や資源の埋蔵有無などを探査するためのボアホール電磁探査システムへの適用に適するように、一体型のモジュール形態で製作されてボアホール内への設置が容易であるとともに、ボアホール内の磁場を広帯域の周波数に対して且つそれぞれx軸、y軸、z軸に対して3次元的に正確且つ精密に測定することができるように構成される新規のボアホール磁場計測センサーおよびこれを用いたボアホール電磁探査方法を提供することが好ましいが、今までそのような要求を全て満足させる装置または方法は提供されることがなかった。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0025】

【特許文献1】米国登録特許第7,030,617号明細書

【特許文献2】韓国登録特許第10-0563542号公報

【特許文献3】韓国登録特許第10-0264630号公報

【特許文献4】韓国登録特許第10-1039834号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0026】

本発明は、前述したような従来技術の問題点を解決するためのもので、その目的は、地下環境の地質や資源の埋蔵有無などを探査するためのボアホール電磁探査システムへの適用に適するように、一体型のモジュール形態で製作されてボアホール内への設置が容易であるとともに、ボアホール内の磁場を広帯域の周波数範囲に対して且つそれぞれx軸、y軸、z軸に対して3次元的に正確且つ精密に測定することができるように構成される誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーを提供することにある。

【0027】

また、本発明の他の目的は、前述したように、一体型のモジュール形態で製作されてボアホール内への設置が容易であるとともに、ボアホール内の磁場をx軸、y軸、z軸に対

50

して3次元的に正確且つ精密に測定することができるように構成される誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーを用いて、地下環境の地質や資源の埋蔵有無に関する探査をより正確かつ容易に行うことができるように構成されるボアホール電磁探査方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0028】

上記目的を達成するために、本発明のある観点によれば、互いに平行に形成される一対のボアホールのうちいずれか一方のボアホールに設置される発信部と、前記一対のボアホールのうち他方のボアホールに設置され、前記発信部からの信号を受信する受信部と、前記発信部および前記受信部からの信号を受信し分析するために地上に設置される地上部とを含み、地下環境の地質または資源の埋蔵有無に関する探査を行うボアホール電磁探査システムにおいて、前記ボアホール内で広帯域の磁場を広帯域の周波数に対して且つx軸、y軸、z軸に対してそれぞれ正確かつ精密に測定することができるように構成される誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーであって、前記地上部との通信のための通信部と、電源供給のための電源部と、前記ボアホール磁場計測センサー全体の制御のための制御部と、前記ボアホール磁場計測センサー全体が前記ボアホール内で北方向となす角度および勾配を測定するための3成分磁力センサー部と、前記ボアホール磁場計測センサーの現在位置、方向、勾配を含む状態情報を検出するための3成分加速度センサー部と、アナログセンサー信号をデジタル信号に変換するためのA/D変換部を含み、x軸、y軸、z軸方向の3成分磁場を広帯域でそれぞれ検出するための3成分磁場センサー部と、前記通信部、前記電源部、前記制御部、前記3成分磁力センサー部、前記3成分加速度センサー部および前記3成分磁場センサー部を内部に含むケーシングと、前記ケーシングの両端部にそれぞれ形成される圧力コネクタ部と、を含んでなることを特徴とする、誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーが提供される。

【0029】

ここで、前記ケーシングは、前記通信部、前記電源部、前記制御部および前記A/D変換部が設置される部分はステンレススチールを含む導電性材質で形成され、前記3成分磁力センサー部、前記3成分磁場センサー部および前記3成分加速度センサー部が設置される部分は信号の混乱を防止するために、ガラス繊維を含む不導体材質で形成されることを特徴とする。

【0030】

また、前記3成分磁場センサー部は、z軸が前記ケーシングの長さ方向であり、x軸の方向は前記z軸に対して垂直な方向であり、y軸の方向は前記x軸および前記z軸の方向に対して垂直な方向であるとするとき、棒状または円筒状のコアに複数のコイルが巻かれた形態の垂直コイルモジュールを含み、z軸方向の磁場を検出するz成分センサー部と、前記垂直コイルモジュールに対して直角となるように、前記ケーシングの直径より小さいサイズに形成される複数の棒状または円筒状の水平コイルモジュールが前記ケーシングの直径方向を向くように並列配置され、x軸方向の磁場を検出するx成分センサー部と、複数の前記水平コイルモジュールが前記x成分センサー部および前記z成分センサー部のそれぞれのコイルモジュールとそれぞれ直角をなすように配置され、y軸方向の磁場を検出するy成分センサー部と、を含んでなることを特徴とする。

【0031】

また、前記水平コイルモジュールは、前記ケーシングの直径より小さいサイズに形成されるコアと、前記コアに複数回巻かれる信号コイルと、前記信号コイルの外側に配置される絶縁材と、前記絶縁材の外側に巻かれるキャリブレーションコイルと、を含んでなり、前記キャリブレーションコイルを介して前記信号コイルと反対方向の電流が流れるようにすることにより、パッキングコイルの役割、および前記信号コイルの周波数別応答特性を把握するための送信源として活用可能なキャリブレーション機能を兼備するように構成されることを特徴とする。

【0032】

ここで、前記コアはフェライトを含むミューメタル材質で形成されることを特徴とする。

【0033】

また、前記垂直コイルモジュールは、前記z成分センサー部の全長および前記ケーシングの直径に対応するサイズに形成されるコアと、前記コアに複数回巻かれる信号コイルと、前記信号コイルの外側に配置される絶縁材と、前記絶縁材の外側に巻かれるキャリブレーションコイルと、を含んでなり、前記キャリブレーションコイルを介して前記信号コイルと反対方向の電流が流れるようにすることにより、バックアップコイルの役割、および前記信号コイルの周波数別応答特性を把握するための送信源として活用可能なキャリブレーション機能を兼備するように構成されることを特徴とする。

10

【0034】

ここで、前記コアはフェライトを含むミューメタル材質で形成されることを特徴とする。

【0035】

また、前記ボアホール磁場計測センサーは、前記x成分センサー部および前記y成分センサー部には複数の前記水平コイルモジュールがそれぞれ並列に連結され、前記z成分センサー部には一つの前記垂直コイルモジュールが直列に連結され、前記x成分および前記y成分の水平磁場測定のためのセンサーを並列に連結することにより、誘導コイルの断面積と巻数が、それぞれ並列に連結された前記コイルモジュールの個数だけ増加して、直径が制限的なボアホール内の環境で微弱な電磁気波信号を感知することが可能な特性を示す誘導コイル型センサーの感度を倍加させることができるように構成されることを特徴とする。

20

【0036】

また、本発明の他の観点によれば、地下環境の地質または資源の埋蔵有無に関する探査を行うためのボアホール電磁探査システムにおいて、互いに平行に形成される一对のボアホールのうちいずれか一方のボアホールまたは地上に設置される発信部と、前記一对のボアホールのうち他方のボアホール、地上、または前記ボアホールと同一のボアホールに設置され、前記発信部からの信号を受信する受信部と、前記発信部および前記受信部からの信号を受信し分析するために地上に設置される地上部と、を含んでなり、前記受信部は、上記に記載された誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーを用いて構成されることを特徴とする、ボアホール電磁探査システムが提供される。

30

【0037】

また、本発明の別の観点によれば、地下環境の地質または資源の埋蔵有無に関する探査を行うためのボアホール電磁探査方法において、互いに平行に形成される一对のボアホールを掘削する掘削段階と、それぞれの前記ボアホールに、磁気センサーおよび前記磁気センサーからの信号を受信する受信部をそれぞれ設置する設置段階と、前記磁気センサーおよび前記受信部からの信号を受信して地下環境に対する分析を行う分析段階と、を含んでなり、前記設置段階は、前記磁気センサーとして、上記に記載された誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーを設置するように構成されることを特徴とする、ボアホール電磁探査方法が提供される。

40

【発明の効果】

【0038】

上述したように、本発明によれば、一体型のモジュール形態で製作されてボアホール内への設置が容易であるとともに、ボアホール内で広帯域の磁場をそれぞれx軸、y軸、z軸に対して3次元的に正確且つ精密に測定することができるように構成されることにより、地下環境の地質や資源の埋蔵有無などを探査するためのボアホール電磁探査システムへの適用に適するように構成される誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーを提供することができる。

【0039】

また、本発明によれば、前述したように、一体型のモジュール形態で製作されてボアホ

50

ール内への設置が容易であるとともに、ボアホール内の磁場をそれぞれ x 軸、y 軸、z 軸に対して 3 次元的に正確且つ精密に測定することができるように構成される誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサーを用いて、地下環境の地質や資源の埋蔵有無に関する探査をより正確かつ容易に行うことができるように構成されるボアホール電磁探査方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】従来のボアホール電磁探査 (EM tomography) システムの全体的な構成を概略的に示す図である。

【図2】従来技術の例として米国特許第 7,030,617 号に提示されたボアホール電磁探査システムの全体的な構成を概略的に示す図である。

【図3】本発明の実施例に係る誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサーを含んでなるボアホール電磁探査システムの全体的な構成を概略的に示す図である。

【図4】図3に示した本発明の実施例に係るボアホール電磁探査システムの地上部の具体的な構成を示す図である。

【図5】本発明の実施例に係る誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサーの具体的な構成を概略的に示す図である。

【図6】図5に示した誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサーに設置される 3 成分磁場センサー部の具体的な構成を概略的に示す図である。

【図7A-7B】図6に示した 3 成分磁場センサー部に設置される水平コイルモジュールの具体的な構成を概略的に示す図である。

【図8A-8B】図6に示した 3 成分磁場センサー部に設置される垂直コイルモジュールの具体的な構成を概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0041】

以下、添付図面を参照して、本発明に係る誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサーおよびこれを用いたボアホール電磁探査方法の具体的な実施例について説明する。

【0042】

ここで、以下に説明する内容は本発明を実施するための一つの実施例に過ぎず、本発明は以下に説明する実施例の内容にのみ限定されるものではないことに留意すべきである。

【0043】

また、以下の本発明の実施例についての説明において、従来技術の内容と同一または類似する、或いは当業者の水準で容易に理解し実施することができるものと判断される部分については、説明を簡略にするためにその詳細な説明を省略したことに留意すべきである。

【0044】

すなわち、本発明は、後述するように、地下環境の地質や資源の埋蔵有無などを探査するためのボアホール電磁探査システムへの適用に適するように、一体型のモジュール形態で製作されてボアホール内への設置が容易であるとともに、ボアホール内の磁場をそれぞれ x 軸、y 軸、z 軸に対して 3 次元的に正確かつ精密に測定することができるように構成される誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサーに関するものである。

【0045】

また、本発明は、後述するように、一体型のモジュール形態で製作されてボアホール内への設置が容易であるとともに、ボアホール内で広帯域の磁場をそれぞれ x 軸、y 軸、z 軸に対して 3 次元的に正確且つ精密に測定することができるように構成される誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサーを用いて、地下環境の地質や資源の埋蔵有無に関する探査をより正確かつ容易に行うことができるように構成されるボアホール電磁探査方法に関するものである。

【0046】

次いで、図面を参照して、前述したような本発明の実施例に係る誘導型広帯域 3 成分ボアホール磁場計測センサーおよびこれを用いたボアホール電磁探査方法の具体的な構成に

10

20

30

40

50

ついて説明する。

【0047】

まず、図3を参照すると、図3は、本発明の実施例に係る誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーを含んでなるボアホール電磁探査システムの全体的な構成を概略的に示す図である。

【0048】

さらに詳しくは、図3に示すように、本発明の実施例に係るボアホール電磁探査システム30は、互いに平行に形成される一対のボアホール31、32と、前記ボアホール31に設置される発信部33と、別のボアホール32に設置される受信部34と、地上に設置される地上部35とを含んでなることが従来のボアホール電磁探査システムと類似するが、後述するように構成される本発明に係る誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーを含んでなることは従来のボアホール電磁探査システムと異なる。

10

【0049】

ここで、前記発信部33および地上部35は、前述した従来技術のボアホール電磁探査システムと同様にして構成できる。

【0050】

すなわち、図4を参照すると、図4は、図3に示した本発明の実施例に係るボアホール電磁探査システム30の地上部35の具体的な構成を示す図である。

【0051】

図4に示すように、地上部35は、ボアホール31に設置される受信部34を移動させるための移動手段(winch)と、前記受信部34の位置(すなわち、深さ)を把握するための深さ測定手段(depth encoder)と、現在の地理的な位置を把握するための位置把握手段(GPS)と、前記発信部33および受信部34からの信号と深さ測定手段(depth encoder)および位置把握手段(GPS)からの情報を総合して処理する情報処理手段(console)と、前記情報処理手段(console)と情報を送受信し、情報処理手段(console)の処理結果を保存および出力する入出力手段(PC)とを含んで構成できる。

20

【0052】

ここで、前述した図4の構成は本発明を説明するために地上部35の構成例を示したものに過ぎない。すなわち、本発明は、図4に示した構成以外に、必要に応じて様々に構成できることに留意すべきである。

30

【0053】

また、前述したように、地球磁場の変化モニタリングと特にボアホール電磁探査による石油、石炭、金属鉱山などのエネルギーまたは鉱物資源の探査、および土木・環境分野に適用するために、ボアホール内の磁場の精密な計測が重要である。このために、本発明者は、次のとおり構成される誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーを提案した。

【0054】

ここで、誘導型(Induction type)は、広帯域であり、感度に優れる利点により選択された。一般に、ボアホールの直径が3インチであるように、制限された環境で精密な計測を行うためには、出来る限り多くの巻数が要求されるので、本発明者は、多数の水平型コイルを並列に連結して前述の問題を解決した。

40

【0055】

しかも、信号コイルと反対方向の電流が流れるようにすることにより、バックバックコイル(bucking coil)の役割、及び該当コイルの周波数別応答特性を把握するための送信源として活用するキャリブレーション機能を兼備するようにした。

【0056】

次いで、図5を参照して、本発明の実施例に係る誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーの具体的な構成について説明する。

【0057】

すなわち、図5を参照すると、図5は、本発明の実施例に係る誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサー50の具体的な構成を概略的に示す図である。

50

【 0 0 5 8 】

図5に示すように、本発明の実施例に係る誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサー50は、ケーシング51と、前記ケーシング51の両端部にそれぞれ形成される圧力コネクタ部 (pressure connector) 58とを含んでなり、ここで、前記ケーシング51の内部には、地上部35との通信のための通信部 (telemetry unit) 52と、電源供給のための電源部 (power unit) 53と、計測センサー50全体の制御のための制御部 (CPU) 54と、前記ボアホール磁場計測センサー全体がボアホール内で北方向となす角度および勾配を測定するための3成分磁力センサー部 (3 component fluxgate magnetometer) 55と、計測センサー50の現在位置、方向、勾配などを検出するための3成分加速度センサー (3 component accelerometer) 56と、アナログセンサー信号をデジタル信号に変換するためのA/D変換部 (sensor A/D converter unit) とを含み、x軸、y軸、z軸方向の磁場をそれぞれ検出するための3成分磁場センサー部 (3 component magnetic sensor) 57とがそれぞれ設置されている。

10

【 0 0 5 9 】

ここで、前述したケーシング51において、通信部52、電源部53および制御部54が設置される部分は、例えば、ステンレススチール (stainless steel) などの導電性材質で形成され、3成分磁力センサー部55、3成分加速度センサー56および3成分磁場センサー部57が設置される部分は、信号の混乱を防止するために、例えば、絶縁体に該当するガラス繊維 (fiber glass) などの材質で形成される。

20

【 0 0 6 0 】

また、図6を参照すると、図6は、図5に示した誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサー50に設置される3成分磁場センサー部57の具体的な構成を概略的に示す図である。

【 0 0 6 1 】

図6に示すように、前記3成分磁場センサー部57は、x軸方向の磁場を検出するためのx成分センサー部61と、y軸方向の磁場を検出するためのy成分センサー部62と、z軸方向の磁場を検出するためのz成分センサー部63とを含んで構成されている。

【 0 0 6 2 】

さらに詳しくは、z軸はケーシング51の長さ方向、すなわち、図5に示した誘導型3成分ボアホール磁場計測センサー50が設置されるボアホールの方向と平行な方向であり、x軸の方向は前記z軸に対して垂直な方向であり、y軸の方向は前記x軸および前記z軸の方向に対して垂直な方向であると仮定すると、x成分センサー部61、y成分センサー部62およびz成分センサー部63においてそれぞれのx軸、y軸、z軸の方向に対する磁場センサーの配置は図6に示すとおりである。

30

【 0 0 6 3 】

すなわち、図6に示すように、z成分センサー部63には、棒状または円筒状のコアに複数のコイルが巻かれた形態の垂直コイルモジュール (vertical coil module) 64が一体型に配置されるが、x成分センサー部61には、前記垂直コイルに対して直角となるようにケーシング51の直径より小さいサイズに形成される複数の棒状または円筒状の水平コイルモジュール (horizontal coil module) 65がケーシング51の直径方向を向くように並列配置されるが、y成分センサー部62には、複数の水平コイルモジュール65が前記x成分センサー部61およびz成分センサー部63のコイルモジュールとそれぞれ直角を成すように配置されている。

40

【 0 0 6 4 】

また、図7および図8を参照すると、図7および図8は、それぞれ図6に示した3成分磁場センサー部57に設置される水平コイルモジュール65および垂直コイルモジュール64の具体的な構成を概略的に示す図である。

【 0 0 6 5 】

さらに詳しくは、図7Aに示すように、x成分センサー部61およびy成分センサー部62にそれぞれ配置される水平コイルモジュール65は、例えば、ケーシング51の直径

50

より小さいサイズに形成されるフェライト (ferrite) コア 7 1 に複数の信号コイル 7 2 を巻いて形成され、この際、信号コイル 7 2 の外側に絶縁材 7 3 を配置し、絶縁材 7 3 の外側にさらにキャリブレーションコイル (calibration coil) 7 4 を巻いて周波数特性を向上させるように構成される。

【 0 0 6 6 】

すなわち、本発明に係る水平コイルモジュール 6 5 は、前述したように、最も外側にキャリブレーションコイル 7 4 を巻いて信号コイル 7 2 と反対方向の電流が流れるようにすることにより、バックキングコイル (bucking coil) の役割、およびコイルの周波数別応答特性を把握するための送信源として活用するキャリブレーション機能を兼備するように構成される。

【 0 0 6 7 】

また、図 7 B に示すように、それぞれの水平コイルモジュール 6 5 は、例えば、20個のように、適切な個数の水平コイルモジュール 6 5 を並列に連結して配置する。このような構成により、一種の増幅効果が発生してポアホールの内部のような限られた空間内で検出可能な十分な信号強度を得ることができる。

【 0 0 6 8 】

しかも、図 8 A に示すように、z 成分センサー部 6 3 に配置される垂直コイルモジュール 6 4 も、フェライト (ferrite) コア 8 1 に複数の信号コイル 8 2 を巻き、信号コイル 8 2 の外側に絶縁材 8 3 を配置した後、絶縁材 8 3 の外側にさらにキャリブレーションコイル (calibration coil) 8 4 を巻いて構成されることは図 7 に示した水平コイルモジュール 6 5 と同様であり、但し、コア 8 1 の長さおよび直径が z 成分センサー部 6 3 の全長およびケーシング 5 1 の直径に対応するようにして一体に構成されることは前述した水平コイルモジュール 6 5 と異なる。

【 0 0 6 9 】

すなわち、図 8 B に示すように、垂直コイルモジュール 6 4 は、一つのコイルモジュールが直接連結されるように構成される。

【 0 0 7 0 】

以上、前述したようにして、本発明に係る誘導型広帯域 3 成分ポアホール磁場計測センサーを実現することができ、しかも、そのような誘導型広帯域 3 成分ポアホール磁場計測センサーを用いてポアホール電磁探査を行うことにより、より正確かつ容易に探査作業を行うことができる。

【 0 0 7 1 】

ここで、図 5 ~ 図 8 を参照して前述した本発明の実施例に示した構成は、あくまでも本発明を説明するための構成の例を示したものに過ぎない。すなわち、本発明は、図 5 ~ 図 8 を参照して説明した構成以外にも、当業者によって必要に応じて様々な形態や材質、構造などを含んで様々な構成できることに留意すべきである。

【 0 0 7 2 】

よって、前述したように、本発明に係る誘導型広帯域 3 成分ポアホール磁場計測センサーおよびこれを用いたポアホール電磁探査方法を実現することができる。

【 0 0 7 3 】

また、前述したようにして、本発明に係る誘導型広帯域 3 成分ポアホール磁場計測センサーおよびこれを用いたポアホール電磁探査方法を実現することにより、本発明によれば、一体型のモジュール形態で製作されてポアホール内への設置が容易であるとともに、ポアホール内の磁場をそれぞれ x 軸、y 軸、z 軸に対して 3 次元的に正確かつ精密に測定することができるように構成されることで、地下環境の地質や資源の埋蔵有無などを探査するためのポアホール電磁探査システムへの適用に適するように構成される誘導型広帯域 3 成分ポアホール磁場計測センサーを提供することができる。

【 0 0 7 4 】

しかも、本発明によれば、前述したように、一体型のモジュール形態で製作されてポアホール内への設置が容易であるとともに、ポアホール内の磁場をそれぞれ x 軸、y 軸、z

10

20

30

40

50

軸に対して3次元的に正確かつ精密に測定することができるように構成される誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーを用いて、地下環境の地質や資源の埋蔵有無に関する探査をより正確かつ容易に行うことができるように構成されるボアホール電磁探査方法を提供することができる。

【0075】

以上、前述したような本発明の実施例によって、本発明に係る誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサーおよびこれを用いたボアホール電磁探査方法の詳細な内容について説明したが、本発明は、前述した実施例に記載された内容にのみ限定されるものではない。よって、本発明は、本発明の属する技術分野における通常の知識を有する者によって設計上の必要およびその他の様々な要因によって各種修正、変更、結合および代替などが可能であるのは当たり前である。

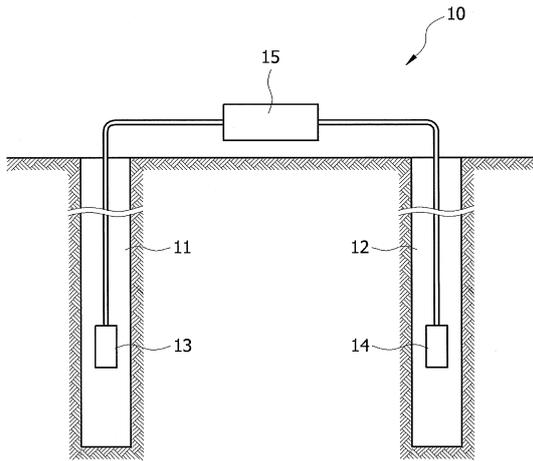
10

【符号の説明】

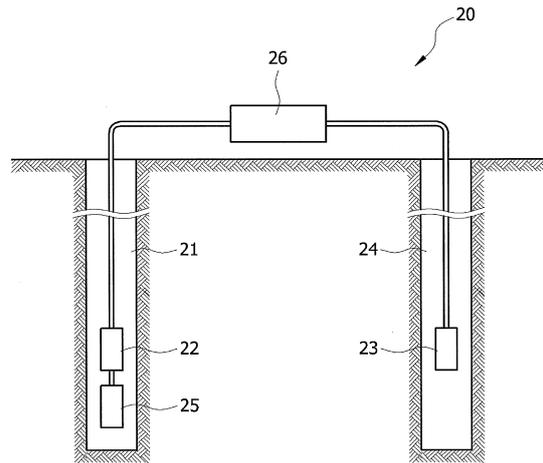
【0076】

10	ボアホール電磁探査システム	
11	ボアホール	
12	ボアホール	
13	発信器	
14	受信器	
15	地上部	
20	ボアホール電磁探査システム	20
21	ボアホール	
22	発信器	
23	受信器	
24	ボアホール	
25	補助受信器	
26	地上部	
30	ボアホール電磁探査システム	
31	ボアホール	
32	ボアホール	
33	発信部	30
34	受信部	
35	地上部	
50	誘導型広帯域3成分ボアホール磁場計測センサー	
51	ケーシング	
52	通信部	
53	電源部	
54	制御部	
55	3成分磁力センサー部	
56	3成分加速度センサー部	
57	3成分磁場センサー部	40
58	入力コネクタ部	
61	x成分センサー部	
62	y成分センサー部	
63	z成分センサー部	
64	垂直コイルモジュール	
65	水平コイルモジュール	
71	コア	
72	信号コイル	
73	絶縁材	

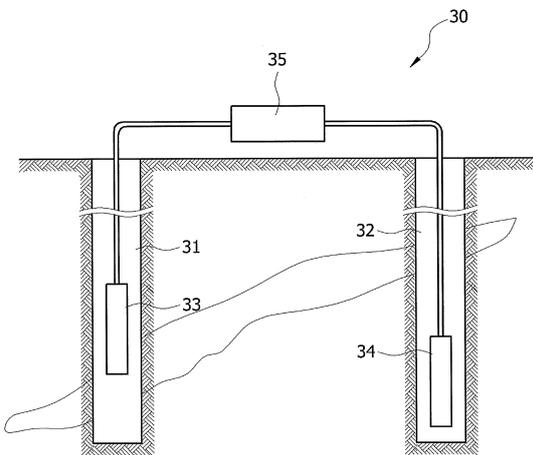
【図1】



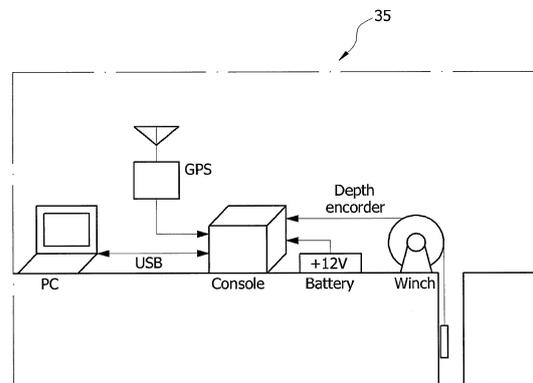
【図2】



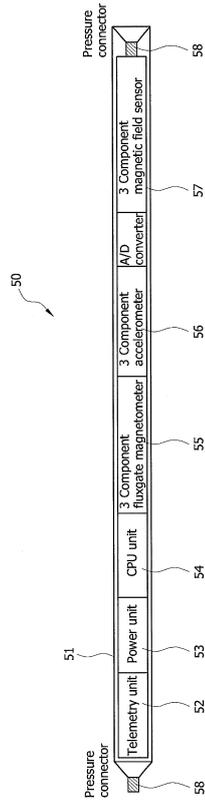
【図3】



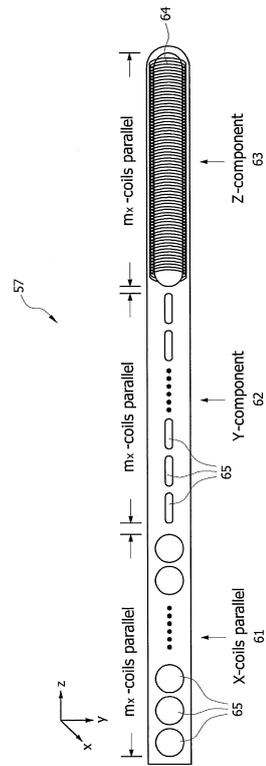
【図4】



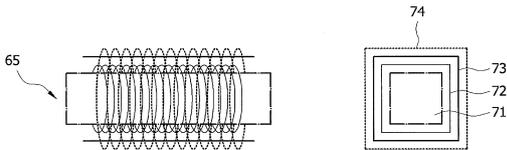
【 5 】



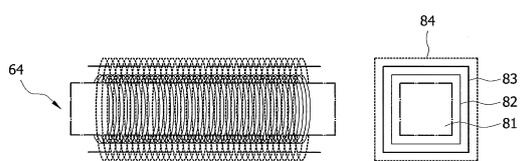
【 6 】



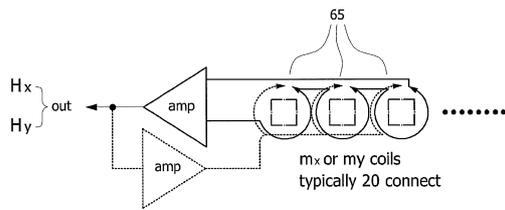
【 7 A 】



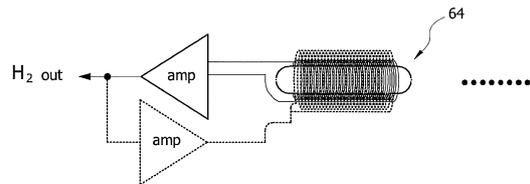
【 8 A 】



【 7 B 】



【 8 B 】



フロントページの続き

(72)発明者 宋 允鎬

大韓民国 大田廣域市 儒城區 下基洞 松林 マ ウル アパートメント 302 1006

(72)発明者 李 明鍾

大韓民国 大田廣域市 儒城區 柯亭路 266 キット アパートメント 12 106

合議体

審判長 中塚 直樹

審判官 清水 稔

審判官 須原 宏光

(56)参考文献 特開平06-186348(JP,A)

米国特許第5585790(US,A)

特開昭61-253486(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01V 3/00