(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년09월12일
(11) 등록번호 10-1438571
(24) 등록일자 2014년09월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01V 3/26 (2006.01) *G01V 3/40* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0143412
(22) 출원일자 2013년11월25일
심사청구일자 2013년11월25일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020010035143 A
KR1020100043511 A

(73) 특허권자
한국지질자원연구원
대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)
(72) 발명자
이태종
대전 유성구 가정로 43, 111동 1803호 (신성동, 삼성한울아파트)
송윤호
대전 유성구 노은로 353, 302동 1006호 (하기동, 송림마을3단지아파트)
이명종
대전광역시 유성구 가정로 266 KIT 아파트 12-106
(74) 대리인
김정수

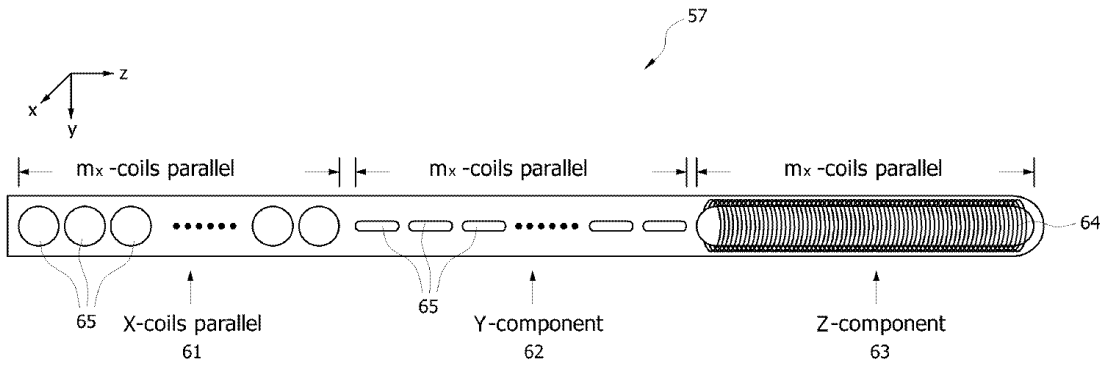
전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 김창주

(54) 발명의 명칭 **유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서 및 이를 이용한 시추공 전자탐사방법**

(57) 요 약

본 발명은 시추공 전자탐사(borehole electromagnetic tomography ; EM tomography)에 관한 것으로, 본 발명에 따르면, 지구자기장의 변화 모니터링 및 석유, 석탄 등의 에너지 자원이나 광물자원을 탐사하고 환경 분야에 적용할 수 있도록 하기 위하여, 시추공 내에서 광대역의 자기장을 각각 x축, y축, z축에 대하여 3차원적으로 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성되는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서 및 그러한 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 이용한 시추공 전자탐사방법이 제공된다.

대 표 도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	GP2013-020
부처명	산업통상자원부
연구사업명	주요사업-기관고유임무형
연구과제명	지하 물성 4차원 융합 물리탐사 기술 개발
기 여 율	1/1
주관기관	한국지질자원연구원
연구기간	2013.01.01 ~ 2013.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

서로 평행하게 형성되는 한 쌍의 시추공 중 하나에 설치되는 발신부와, 상기 한 쌍의 시추공 중 다른 시추공에 설치되어 상기 발신부로부터의 신호를 수신하는 수신부 및 상기 발신부 및 상기 수신부로부터의 신호를 수신하고 분석하기 위해 지상에 설치되는 지상부를 포함하여 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부에 대한 탐사를 수행하는 시추공 전자탐사(borehole electromagnetic tomography ; EM tomography) 시스템에서 상기 시추공 내에서 광대역의 자기장을 광대역 주파수에 대하여 그리고 x축, y축, z축에 대하여 각각 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성되는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서에 있어서,

상기 지상부와의 통신을 위한 통신부(telemetry unit);

전원공급을 위한 전원부(power unit); 상기 시추공 자기장 계측센서 전체의 제어를 위한 제어부(CPU unit);

상기 시추공 자기장 계측 센서 전체가 상기 시추공 내에서 북쪽방향과 이루는 각도 및 기울어진 정도를 측정하기 위한 3 성분 자력센서부(3 component fluxgate magnetometer);

상기 시추공 자기장 계측센서의 현재위치, 방향, 기울기를 포함하는 상태정보를 검출하기 위한 3 성분 가속도센서부(3 componenet accelerometer);

아날로그 센서 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 A/D 변환부(A/D converter unit)를 포함하고, x축, y축, z축 방향의 3성분 자기장을 광대역으로 각각 검출하기 위한 3 성분 자기장 센서부(3 component magnetic sensor);

상기 통신부, 상기 전원부, 상기 제어부, 상기 3 성분 자력센서부, 상기 3 성분 가속도센서부 및 상기 3성분 자기장 센서부를 내부에 포함하는 케이싱; 및

상기 케이싱의 양단부에 각각 형성되는 압력 커넥터부(pressure connector)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 케이싱은,

상기 통신부, 상기 전원부, 상기 제어부 및 상기 A/D 변환부가 설치되는 부분은 스테인레스 스틸(stainless steel)을 포함하는 도전성 재질로 형성되고,

상기 3 성분 자력센서부와 상기 3 성분 자기장 센서부 및 상기 3 성분 가속도센서부가 설치되는 부분은 신호의 혼란을 방지하기 위해 유리섬유(fiber glass)를 포함하는 부도체 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 3 성분 자기장 센서부는,

z축이 상기 케이싱의 길이 방향이고, x축과 y축 방향은 각각 서로 수직인 동시에 상기 z축과 상기 케이싱의 직경 방향에 각각 수직인 방향인 것으로 할 때,

막대형 또는 원통형 코어에 복수의 코일이 감긴 형태로 이루어지는 수직 코일모듈(vertical coil module)을 포함하여 z축 방향의 자기장을 검출하는 z 성분 센서부;

상기 수직 코일모듈과 직각이 되도록 상기 케이싱의 직경보다 작은 크기로 형성되는 복수의 막대형 또는 원통형

의 수평 코일모듈(horizontal coil module)이 상기 케이싱의 직경 방향으로 병렬 배치되어 x축 방향의 자기장을 검출하는 x 성분 센서부; 및

복수 개의 상기 수평 코일모듈이 상기 x 성분 센서부 및 상기 z 성분 센서부의 각각의 코일 모듈들과 각각 직각을 이루도록 배치되어 y축 방향의 자기장을 검출하는 y 성분 센서부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 수평 코일모듈은,

상기 케이싱의 직경보다 작은 크기로 형성되는 코어(core);

상기 코어에 복수 회 감기는 신호코일;

상기 코일의 외측에 배치되는 절연재; 및

상기 절연재의 외측에 감기는 캘리브레이션 코일(calibration coil)을 포함하여 구성됨으로써,

상기 캘리브레이션 코일을 통하여 상기 신호코일과 반대 방향의 전류를 흐르게 하는 것에 의해 외부 또는 시스템 잡음을 상쇄하도록 전류를 조절하는 버킹 코일(bucking coil)의 역할 및 상기 신호코일의 주파수별 응답특성 파악을 위한 송신원으로 활용 가능한 캘리브레이션(calibration) 기능을 함께 가지도록 구성되는 것을 특징으로 하는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 코어는,

페라이트(ferrite)를 포함하는 뮤메탈(μ-metal) 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서.

청구항 6

제 3항에 있어서,

상기 수직 코일모듈은,

상기 z 성분 센서부의 전체 길이 및 상기 케이싱의 직경에 대응하는 크기로 형성되는 코어(core);

상기 코어에 복수 회 감기는 신호코일;

상기 코일의 외측에 배치되는 절연재; 및

상기 절연재의 외측에 감기는 캘리브레이션 코일(calibration coil)을 포함하여 구성됨으로써,

상기 캘리브레이션 코일을 통하여 상기 신호코일과 반대 방향의 전류를 흐르게 하는 것에 의해 외부 또는 시스템 잡음을 상쇄하도록 전류를 조절하는 버킹 코일(bucking coil)의 역할 및 상기 신호코일의 주파수별 응답특성 파악을 위한 송신원으로 활용 가능한 캘리브레이션(calibration) 기능을 함께 가지도록 구성되는 것을 특징으로 하는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 코어는,

페라이트(ferrite)를 포함하는 뮤메탈(μ-metal) 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서.

청구항 8

제 3항에 있어서,

상기 시추공 자기장 계측센서는,

상기 x 성분 센서부 및 상기 y 성분 센서부에는 복수의 상기 수평 코일모듈이 각각 병렬로 연결되고,

상기 z 성분 센서부에는 하나의 상기 수직 코일모듈이 직렬로 연결됨으로써,

상기 x 성분 및 상기 y성분의 수평 자기장 측정을 위한 센서를 병렬로 연결하는 것에 의해 유도코일의 단면적과 감은 수가 각각 병렬로 연결된 상기 코일모듈의 개수만큼 증가하여 직경이 제한적인 시추공 내 환경에서 미약한 전자기파 신호를 감지할 수 있는 특성을 나타내는 유도코일형 센서의 민감도(sensitivity)를 배가시킬 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 하는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서.

청구항 9

지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부에 대한 탐사를 수행하기 위한 시추공 전자탐사 시스템에 있어서,

서로 평행하게 형성되는 한 쌍의 시추공 중 하나 또는 지상에 설치되는 발신부;

상기 한 쌍의 시추공 중 다른 시추공이나, 지상, 또는, 상기 시추공과 동일한 시추공에 설치되어 상기 발신부로부터의 신호를 수신하는 수신부; 및

상기 발신부 및 상기 수신부로부터의 신호를 수신하고 분석하기 위해 지상에 설치되는 지상부를 포함하여 구성되고,

상기 수신부는,

청구항 1항 내지 8항 중 어느 한 항에 기재된 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 이용하여 구성되는 것을 특징으로 하는 시추공 전자탐사 시스템.

청구항 10

지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부에 대한 탐사를 수행하기 위한 시추공 전자탐사 방법에 있어서,

서로 평행하게 형성되는 한 쌍의 시추공을 굴착하는 굴착단계;

각각의 상기 시추공에 자기센서 및 상기 자기센서로부터의 신호를 수신하는 수신부를 각각 설치하는 설치단계; 및

상기 자기센서 및 상기 수신부로부터의 신호를 수신하여 지하 환경에 대한 분석을 수행하는 분석단계를 포함하여 구성되고,

상기 설치단계는,

상기 자기센서로서 청구항 1항 내지 8항 중 어느 한 항에 기재된 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 설치하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 시추공 전자탐사방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 시추공 전자탐사(borehole electromagnetic exploration or tomography ; EM tomography)에 관한 것으로, 더 상세하게는, 시추공 내에서 자연적인 지구자기장의 변화 모니터링 또는 시추공을 이용한 전자탐사를 통하여 석유, 석탄 등의 에너지 자원이나 광물자원 분야와 토목 및 환경 분야 등에 적용하기 위해, 시추공 내에서 광대역의 자기장을 각각 x축, y축, z축에 대하여 3차원적으로 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성되는 유도형 3성분 시추공 자기장 계측센서에 관한 것이다.

[0002] 또한, 본 발명은, 상기한 바와 같이 시추공 내에서 자기장을 각각 x축, y축, z축에 대하여 3차원적으로 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성되는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 이용하여 석유, 석탄 등의 에너지 자원이나 광물자원 분야, 그리고 토목 및 환경 분야 등에 적용할 수 있도록 구성되는 시추공 전자탐사방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 종래, 지구자기장의 변화를 모니터링 하거나, 또는, 석유나 석탄 등과 같은 에너지 자원이나 금속 등 광물자원의 탐사 및 토목, 환경 분야에 적용하기 위해, 시추공 내에 전자기 센서를 설치하여 지하의 지질이나 환경을 조사하는 이른바 시추공 전자탐사(borehole electromagnetic tomography ; EM tomography) 방법이 제안되어 사용되고 있다.

[0004] 즉, 도 1을 참조하면, 도 1은 종래의 시추공 전자탐사(EM tomography) 시스템의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

[0005] 도 1에 나타낸 바와 같이, 시추공 전자탐사 시스템(10)은, 일반적으로, 두 개의 시추공(11, 12)을 각각 형성한 후, 한쪽에는 발신기(transmitter)(13)를 설치하고, 다른 쪽에는 발신기(13)로부터의 신호를 수신하는 수신기(receiver)(14)를 각각 설치하며, 이러한 발신기(13) 및 수신기(14)로부터의 신호를 지상에 설치되는 지상부(15)에서 수신하여 분석함으로써 해당 지역의 지질이나 주요 자원의 매장 여부, 그리고 지하 환경 등에 대한 탐사가 이루어진다.

[0006] 이때, 상기한 발신기(13)는, 시추공 내뿐만 아니라 지상에도 위치할 수 있으며, 상기한 수신기(14) 또한 발신기(13)와 동일한 시추공(11) 내 또는 다른 시추공(12) 내에 위치시켜 탐사를 수행할 수 있다.

[0007] 더 상세하게는, 상기한 바와 같은 시추공 전자탐사 시스템에 대한 종래기술의 예로서, 예를 들면, 미국특허 US 7,030,617호(2006.04.18.)에 제시된 바와 같은 "전자기 유도 탐사의 수행을 위한 시스템, 장치 및 방법(System, apparatus, and method for conducting electromagnetic induction surveys)이 있다.

[0008] 즉, 도 2를 참조하면, 도 2는 종래기술의 예로서 미국특허 US 7,030,617호에 제시된 시추공 전자탐사 시스템의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

[0009] 더 상세하게는, 상기한 미국특허 US 7,030,617호에 제시된 시추공 전자탐사 시스템(20)은, 도 2에 나타낸 바와 같이, 시추공(21) 내에 자기 모멘트(magnetic moment)를 발생하는 발신기(transmitter)(22)를 설치하고, 상기 발신기(22)로부터 발생된 자기장을 수신하는 수신기(23)를 인접하여 배치된 또 다른 시추공(24) 내에 설치하며, 이때, 상기한 발신기(22)에 의한 자기장 및 전도성 케이싱(conductive casing)에 의한 감쇄(attenuation)를 검출하기 위한 보조 수신기(auxiliary receiver)(25)를 상기 발신기(22)에 인접하여 설치하도록 구성되며, 이러한 발신기(22), 수신기(23) 및 보조 수신기(25)에 의해 전송되는 신호를 지상에 설치된 지상부(26)에서 수신하여 분석함으로써 해당 지역의 지질이나 주요 자원의 매장 여부 및 지하 환경에 대한 탐사가 이루어지는 것을 특징으로 하는 것이다.

[0010] 따라서 상기한 바와 같이 구성되는 미국특허 US 7,030,617호에 제시된 시추공 전자탐사 시스템(20)에 따르면, 보조 수신기(25)에 의해 측정된 자기장과 발신기 자기 모멘트(transmitter magnetic moment)의 비(ratio)에 의해 도전 케이싱에 의한 감쇄를 고려할 수 있으므로, 보다 정확한 측정이 가능해진다.

[0011] 여기서, 일반적으로, 지하의 지질구조는 매우 복잡한 3차원적인 구조를 형성하고 있으며, 이러한 지하 공간의 환경을 정확히 파악하기 위하여는 자기장의 방향을 x축, y축 및 z축의 각 방향에서 3차원적으로 측정하고 분석하여야 하나, 상기한 미국특허 US 7,030,617호는 단순히 자기 모멘트를 발생하는 발신기와 이를 수신하는 수신

기의 구성만을 제시하고 있을 뿐, 상기한 바와 같이 3 성분에 대한 자기장 측정 및 분석과 같은 기술내용에 대하여는 제시된 바 없었다.

[0012] 또한, 상기한 바와 같은 시추공 전자탐사 시스템에 대한 종래기술의 다른 예로는, 예를 들면, 한국 등록특허공보 제10-0563542호(2006.03.16.)에 제시된 "디지털 3성분 플럭스게이트 자기장 측정기를 이용한 철재가 배근된 깊은 기초의 심도 탐지장치" 및 한국 등록특허공보 제10-0264630호(2000.06.02.)에 제시된 "시추공 내 3-축 자기장 측정에 의한 콘크리트 기초 파일 내의 철근 탐지 장치와 탐지 방법"이 있다.

[0013] 더 상세하게는, 먼저, 상기한 등록특허공보 제10-0563542호는, 특히, 시추공 내부로 삽입되어 철재로부터 발생되는 유도자기장을 감지하여 디지털신호로 출력하는 플럭스 게이트 센서를 구비하고, 상기 센서에서 출력된 디지털 감지정보를 RS-422, RS-232 및 USB 통신규약으로 변환하는 수단을 포함함으로써, 플럭스 게이트 센서에서 감지된 정보를 노트북 컴퓨터와 같은 포터블 컴퓨터를 통해 저장 및 출력할 수 있도록 하여 디지털화된 플럭스 게이트 센서를 통해 많은 양의 자료를 감지하고 전송할 수 있도록 구성되는 디지털 3성분 플럭스-게이트 자기장 측정기를 이용한 철재가 배근된 깊은 기초의 심도 탐지장치에 관한 것이다.

[0014] 아울러, 상기한 등록특허공보 제10-0264630호는, 시추공 내로 3-축 자기장측정센서를 삽입하고 시추공 내에서 상하로 이동하여 기초 파일내 철근의 유도 자기장을 측정함과 동시에 상기 3-축 자기장 측정센서의 깊이를 측정하고, 상기 철근의 유도자기장 측정치와 3-축 자기장 측정센서의 깊이를 컴퓨터에 저장하여 기초파일의 하단 깊이를 측정하는 시추공 내 3-축 자기장 측정에 의한 콘크리트 기초 파일 내의 철근탐지 장치 및 탐지 방법에 관한 것이다.

[0015] 즉, 상기한 등록특허공보 제10-0563542호 및 등록특허공보 제10-0264630호에 따르면, 시추공 내에 3축 자기장 측정센서를 삽입하여 3차원적인 측정을 수행하는 기술내용이 기재되어 있으나, 상기한 등록특허공보 제10-0563542호 및 등록특허공보 제10-0264630호는 콘크리트 기초파일 내에 배근된 철근의 하단 깊이를 추출하기 위한 것으로, 시추공이 기초파일에 접근한 경우를 가정하였으므로 고주파수의 특정한 주파수 대역만을 이용하여도 무방하여 굳이 광대역의 주파수 대역이 필요하지 않으며, 따라서 상용화된 플럭스 게이트형 3축 자기장 센서의 이용이 가능하다.

[0016] 즉, 전자탐사에서 특정 지반환경에서 특정 주파수의 전자기파를 이용해 전자탐사를 수행하는 경우, 탐사가 가능한 심도를 지칭하는 침투심도(penetration depth) 또는 가탐심도(skin depth) δ는 이하의 [수학식 1]과 같이 나타낼 수 있다.

[0017] [수학식 1]

[0018] $$\delta = 503\sqrt{\rho/f} \quad (m)$$

[0019] 여기서, ρ는 지층의 전기비저항(electric resistivity, ohm-m), f는 주파수(frequency, Hz)를 의미한다.

[0020] 더 상세하게는, 예를 들면, 지층의 전기비저항이 100ohm-m인 지역에서 전자탐사를 수행하는 경우, 100Hz의 주파수를 이용하면 탐사가 가능한 가탐심도는 약 500m이고 10,000Hz를 사용하는 경우 가탐심도는 약 50m가 된다.

[0021] 즉, 상기한 등록특허공보 제10-0563542호 및 등록특허공보 제10-0264630호의 경우, 일반적으로 시추공을 기초파일에 되도록 근접하여 위치시켜 그 거리가 수 m 이내이므로 수십 ~ 수백 kHz의 고주파수 대역의 전자기파를 이용하면 되고, 따라서 이러한 경우 플럭스 게이트 자기장 센서로도 탐사의 목적을 달성할 수 있다.

[0022] 반면, 시추공 전자탐사의 경우, 두 개의 시추공간 거리가 수십 m ~ 수백 m로 다양하게 적용되어야 하고, 지층의 전기비저항 또한 수백 ohm-m ~ 수만 ohm-m로 다양한 지질환경에서 수행될 수 있어야 하므로 사용하는 전자기파의 주파수는 수 Hz ~ 수백 kHz로 광대역에 대해 매우 높은 민감도로 측정이 가능하여야 하며, 이러한 경우, 상기한 플럭스 게이트형 전자탐사 수신기는 광대역과 민감도를 동시에 만족하기 어렵다.

[0023] 더욱이, 상기한 미국특허 US 7,030,617호와 마찬가지로, 상기한 등록특허공보 제10-0563542호 및 등록특허공보 제10-0264630호에도, 3차원적인 측정이 가능하도록 구성되는 자기센서의 구체적인 구성에 대하여는 제시된 바 없었다.

[0024] 즉, 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부 등을 탐사하기 위한 시추공 전자탐사 시스템에 있어서, 자기센서의 구성은, x, y, z축의 3 성분에 대한 자기장을 검출하기 위한 3축 자기장 센서 이외에, 상기한 센서를 제어하기 위한 제어수단, 센서의 위치를 파악하기 위한 위치파악수단, 센서로부터의 신호를 전송하기 위한 통신수단 및 센서가 동작하기 위한 전원을 공급하기 위한 전원공급수단 등의 여러 가지 부수적인 수단들을 함께 설치하여 센서부가 구성되어야 하나, 상기한 바와 같이, 종래기술들에는 이러한 센서부의 구체적인 구성에 대하여는 제시된 바 없었다.

[0025] 따라서 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여는, 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부 등을 탐사하기 위한 시추공 전자탐사 시스템에 적용하기 적합하도록, 일체형의 모듈 형태로 제작되어 시추공 내에 설치가 용이한 동시에, 시추공 내의 자기장을 광대역의 주파수에 대하여 각각 x축, y축, z축에 대하여 3차원적으로 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성되는 새로운 시추공 자기장 계측센서 및 이를 이용한 시추공 전자탐사방법을 제공하는 것이 바람직하나, 아직까지 그러한 요구를 모두 만족시키는 장치나 방법은 제공되지 못하고 있는 실정이다.

[0026] [선행기술문헌]

[0027] 1. 미국 등록특허 US 7,030,617호(2006.04.18.)

[0028] 2. 한국 등록특허공보 제10-0563542호(2006.03.16.)

[0029] 3. 한국 등록특허공보 제10-0264630호(2000.06.02.)

[0030] 4. 한국 등록특허공보 제10-1039834호(2011.06.01.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0031] 본 발명은 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하고자 하는 것으로, 따라서 본 발명의 목적은, 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부 등을 탐사하기 위한 시추공 전자탐사 시스템에 적용하기 적합하도록, 일체형의 모듈 형태로 제작되어 시추공 내에 설치가 용이한 동시에, 시추공 내의 자기장을 광대역의 주파수 범위에 대하여 각각 x축, y축, z축에 대하여 3차원적으로 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성되는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 제공하고자 하는 것이다.

[0032] 또한, 본 발명의 다른 목적은, 상기한 바와 같이 일체형의 모듈 형태로 제작되어 시추공 내에 설치가 용이한 동시에, 시추공 내의 자기장을 각각 x축, y축, z축에 대하여 3차원적으로 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성되는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 이용하여, 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부에 대한 탐사를 보다 정확하고 용이하게 수행할 수 있도록 구성되는 시추공 전자탐사방법을 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0033] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따르면, 서로 평행하게 형성되는 한 쌍의 시추공 중 하나에 설치되는 발신부와, 상기 한 쌍의 시추공 중 다른 시추공에 설치되어 상기 발신부로부터의 신호를 수신하는 수신부 및 상기 발신부 및 상기 수신부로부터의 신호를 수신하고 분석하기 위해 지상에 설치되는 지상부를 포함하여 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부에 대한 탐사를 수행하는 시추공 전자탐사(borehole electromagnetic tomography ; EM tomography) 시스템에서 상기 시추공 내에서 광대역의 자기장을 광대역 주파수에 대하여 그리고 x축, y축, z축에 대하여 각각 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성되는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서에 있어서, 상기 지상부와의 통신을 위한 통신부(telemetry unit); 전원공급을 위한 전원부(power unit); 상기 시추공 자기장 계측센서 전체의 제어를 위한 제어부(CPU unit); 상기 시추공 자기장 계측 센서 전체가 상기 시추공 내에서 북쪽방향과 이루는 각도 및 기울어진 정도를 측정하기 위한 3 성분 자력센서부(3 component fluxgate magnetometer); 상기 시추공 자기장 계측센서의 현재위치, 방향, 기울기를 포함하는 상태정보를 검출하기 위한 3 성분 가속도센서부(3 componenet accelerometer); 아날로그 센서 신호를 디지털 신호로

변환하기 위한 A/D 변환부(A/D converter unit)를 포함하고, x축, y축, z축 방향의 3성분 자기장을 광대역으로 각각 검출하기 위한 3 성분 자기장 센서부(3 component magnetic sensor); 상기 통신부, 상기 전원부, 상기 제어부, 상기 3 성분 자력센서부, 상기 3 성분 가속도센서부 및 상기 3성분 자기장 센서부를 내부에 포함하는 케이싱; 및 상기 케이싱의 양단부에 각각 형성되는 압력 커넥터부(pressure connector)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서가 제공된다.

[0034] 여기서, 상기 케이싱은, 상기 통신부, 상기 전원부, 상기 제어부 및 상기 A/D 변환부가 설치되는 부분은 스테인레스 스틸(stainless steel)을 포함하는 도전성 재질로 형성될 수 있고, 상기 3 성분 자력센서부와 상기 3 성분 자기장 센서부 및 상기 3 성분 가속도센서부가 설치되는 부분은 신호의 혼란을 방지하기 위해 유리섬유(fiber glass)를 포함하는 부도체 재질로 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0035] 또한, 상기 3 성분 자기장 센서부는, z축이 상기 케이싱의 길이 방향이고, x축과 y축 방향은 각각 서로 수직인 동시에 상기 z축과 상기 케이싱의 직경 방향에 각각 수직인 방향인 것으로 할 때, 막대형 또는 원통형 코어에 복수의 코일이 감긴 형태로 이루어지는 수직 코일모듈(vertical coil module)을 포함하여 z축 방향의 자기장을 검출하는 z 성분 센서부; 상기 수직 코일모듈과 직각이 되도록 상기 케이싱의 직경보다 작은 크기로 형성되는 복수의 막대형 또는 원통형의 수평 코일모듈(horizontal coil module)이 상기 케이싱의 직경 방향으로 병렬 배치되어 x축 방향의 자기장을 검출하는 x 성분 센서부; 및 복수 개의 상기 수평 코일모듈이 상기 x 성분 센서부 및 상기 z 성분 센서부의 각각의 코일 모듈들과 각각 직각을 이루도록 배치되어 y축 방향의 자기장을 검출하는 y 성분 센서부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0036] 아울러, 상기 수평 코일모듈은, 상기 케이싱의 직경보다 작은 크기로 형성되는 코어(core); 상기 코어에 복수 회 감기는 신호코일; 상기 코일의 외측에 배치되는 절연재; 및 상기 절연재의 외측에 감기는 캘리브레이션 코일(calibration coil)을 포함하여 구성됨으로써, 상기 캘리브레이션 코일을 통하여 상기 신호코일과 반대 방향의 전류를 흐르게 하는 것에 의해 외부 또는 시스템 잡음을 상쇄하도록 전류를 조절하는 버킹 코일(bucking coil)의 역할 및 상기 신호코일의 주파수별 응답특성 파악을 위한 송신원으로 활용 가능한 캘리브레이션(calibration) 기능을 함께 가지도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0037] 여기서, 상기 코어는, 페라이트(ferrite)를 포함하는 뮤메탈(μ-metal) 재질로 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0038] 더욱이, 상기 수직 코일모듈은, 상기 z 성분 센서부의 전체 길이 및 상기 케이싱의 직경에 대응하는 크기로 형성되는 코어(core); 상기 코어에 복수 회 감기는 신호코일; 상기 신호코일의 외측에 배치되는 절연재; 및 상기 절연재의 외측에 감기는 캘리브레이션 코일(calibration coil)을 포함하여 구성됨으로써, 상기 캘리브레이션 코일을 통하여 상기 신호코일과 반대 방향의 전류를 흐르게 하는 것에 의해 외부 또는 시스템 잡음을 상쇄하도록 전류를 조절하는 버킹 코일(bucking coil)의 역할 및 상기 신호코일의 주파수별 응답특성 파악을 위한 송신원으로 활용 가능한 캘리브레이션(calibration) 기능을 함께 가지도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0039] 여기서, 상기 코어는, 페라이트(ferrite)를 포함하는 뮤메탈(μ-metal) 재질로 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0040] 또한, 상기한 시추공 자기장 계측센서는, 상기 x 성분 센서부 및 상기 y 성분 센서부에는 복수의 상기 수평 코일모듈이 각각 병렬로 연결되고, 상기 z 성분 센서부에는 하나의 상기 수직 코일모듈이 직렬로 연결됨으로써, 상기 x 성분 및 상기 y성분의 수평 자기장 측정을 위한 센서를 병렬로 연결하는 것에 의해 유도코일의 단면적과 감은 수가 각각 병렬로 연결된 상기 코일모듈의 개수만큼 증가하여 직경이 제한적인 시추공 내 환경에서 미약한 전자기파 신호를 감지할 수 있는 특성을 나타내는 유도코일형 센서의 민감도(sensitivity)를 배가시킬 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0041] 아울러, 본 발명에 따르면, 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부에 대한 탐사를 수행하기 위한 시추공 전자탐사 시스템에 있어서, 서로 평행하게 형성되는 한 쌍의 시추공 중 하나 또는 지상에 설치되는 발신부; 상기 한 쌍의 시추공 중 다른 시추공이나, 지상, 또는, 상기 시추공과 동일한 시추공에 설치되어 상기 발신부로부터의 신호를 수신하는 수신부; 및 상기 발신부 및 상기 수신부로부터의 신호를 수신하고 분석하기 위해 지상에 설치되는 지상부를 포함하여 구성되고, 상기 수신부는, 상기에 기재된 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 이용하여 구성되는 것을 특징으로 하는 시추공 전자탐사 시스템이 제공된다.

[0042] 더욱이, 본 발명에 따르면, 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부에 대한 탐사를 수행하기 위한 시추공 전자탐사 방법에 있어서, 서로 평행하게 형성되는 한 쌍의 시추공을 굴착하는 굴착단계; 각각의 상기 시추공에 자기센서 및 상기 자기센서로부터의 신호를 수신하는 수신부를 각각 설치하는 설치단계; 및 상기 자기센서 및 상기 수신부로부터의 신호를 수신하여 지하 환경에 대한 분석을 수행하는 분석단계를 포함하여 구성되고, 상기 설치

단계는, 상기 자기센서로서 상기에 기재된 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 설치하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 시추공 전자탐사방법이 제공된다.

발명의 효과

[0043] 상기한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 일체형의 모듈 형태로 제작되어 시추공 내에 설치가 용이한 동시에, 시추공 내에서 광대역의 자기장을 각각 x축, y축, z축에 대하여 3차원적으로 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성됨으로써, 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부 등을 탐사하기 위한 시추공 전자탐사 시스템에 적용하기 적합하도록 구성되는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 제공할 수 있다.

[0044] 또한, 본 발명에 따르면, 상기한 바와 같이, 일체형의 모듈 형태로 제작되어 시추공 내에 설치가 용이한 동시에, 시추공 내의 자기장을 각각 x축, y축, z축에 대하여 3차원적으로 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성되는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 이용하여, 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부에 대한 탐사를 보다 정확하고 용이하게 수행할 수 있도록 구성되는 시추공 전자탐사방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0045] 도 1은 종래의 시추공 전자탐사(EM tomography) 시스템의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 2는 종래기술의 예로서 미국특허 US 7,030,617호에 제시된 시추공 전자탐사 시스템의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 포함하여 구성되는 시추공 전자탐사 시스템의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 4는 도 3에 나타낸 본 발명의 실시예에 따른 시추공 전자탐사 시스템의 지상부의 구체적인 구성을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서의 구체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 6은 도 5에 나타낸 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서에 설치되는 3 성분 자기장 센서부의 구체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 7은 도 6에 나타낸 3 성분 자기장 센서부에 설치되는 수평 코일모듈의 구체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 8은 도 6에 나타낸 3 성분 자기장 센서부에 설치되는 수직 코일모듈의 구체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0046] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명에 따른 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서 및 이를 이용한 시추공 전자탐사방법의 구체적인 실시예에 대하여 설명한다.

[0047] 여기서, 이하에 설명하는 내용은 본 발명을 실시하기 위한 하나의 실시예일 뿐이며, 본 발명은 이하에 설명하는 실시예의 내용으로만 한정되는 것은 아니라는 사실에 유념해야 한다.

[0048] 또한, 이하의 본 발명의 실시예에 대한 설명에 있어서, 종래기술의 내용과 동일 또는 유사하거나 당업자의 수준에서 용이하게 이해하고 실시할 수 있다고 판단되는 부분에 대하여는, 설명을 간략히 하기 위해 그 상세한 설명을 생략하였음에 유념해야 한다.

[0049] 즉, 본 발명은, 후술하는 바와 같이, 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부 등을 탐사하기 위한 시추공 전자탐사 시스템에 적용하기 적합하도록, 일체형의 모듈 형태로 제작되어 시추공 내에 설치가 용이한 동시에, 시추공 내의 자기장을 각각 x축, y축, z축에 대하여 3차원적으로 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성되는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서에 관한 것이다.

[0050] 또한, 본 발명은, 후술하는 바와 같이, 일체형의 모듈 형태로 제작되어 시추공 내에 설치가 용이한 동시에, 시추공 내에서 광대역의 자기장을 각각 x축, y축, z축에 대하여 3차원적으로 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성되는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 이용하여, 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부에 대한 탐사를 보다 정확하고 용이하게 수행할 수 있도록 구성되는 시추공 전자탐사방법에 관한 것이다.

[0051] 계속해서, 도면을 참조하여, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서 및 이를 이용한 시추공 전자탐사방법의 구체적인 구성에 대하여 설명한다.

[0052] 먼저, 도 3을 참조하면, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 포함하여 구성되는 시추공 전자탐사 시스템의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

[0053] 더 상세하게는, 도 3에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 시추공 전자탐사 시스템(30)은, 서로 평행하게 형성되는 한 쌍의 시추공(31, 32)과 상기 시추공(31)에 설치되는 발신부(33)와, 또 다른 시추공(32)에 설치되는 수신부(34) 및 지상에 설치되는 지상부(35)를 포함하여 구성되는 점은 종래의 시추공 전자탐사 시스템들과 유사하나, 후술하는 바와 같이 구성되는 본 발명에 따른 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 포함하여 구성되는 점이 다르다.

[0054] 여기서, 상기한 발신부(33) 및 지상부(35)는 상기한 종래기술의 시추공 전자탐사 시스템들과 마찬가지로 하여 구성될 수 있다.

[0055] 즉, 도 4를 참조하면, 도 4는 도 3에 나타낸 본 발명의 실시예에 따른 시추공 전자탐사 시스템(30)의 지상부(35)의 구체적인 구성을 나타내는 도면이다.

[0056] 도 4에 나타낸 바와 같이, 지상부(35)는, 시추공(31)에 설치되는 수신부(34)를 이동시키기 위한 이동수단(winch)과, 상기한 수신부(34)의 위치(즉, 깊이)를 파악하기 위한 깊이측정수단(depth encoder)과, 현재의 지리적인 위치를 파악하기 위한 위치파악수단(GPS)과, 상기한 발신부(33) 및 수신부(34)로부터의 신호와 깊이측정수단(depth encoder) 및 위치파악수단(GPS)으로부터의 정보를 종합하여 처리하는 정보처리수단(console) 및 상기한 정보처리수단(console)과 정보를 송수신하고 정보처리수단(console)의 처리 결과를 저장 및 출력하는 입출력수단(PC)을 포함하여 구성될 수 있다.

[0057] 여기서, 상기한 도 4에 나타낸 구성은 본 발명을 설명하기 위하여 지상부(35)의 구성예를 나타낸 것일 뿐이며, 즉, 본 발명은, 도 4에 나타낸 구성 이외에 필요에 따라 다양하게 구성될 수 있는 것임에 유념해야 한다.

[0058] 또한, 상기한 바와 같이, 지구자기장의 변화 모니터링과 특히 시추공 전자탐사를 통한 석유, 석탄, 금속광상 등 에너지 또는 광물자원의 탐사, 그리고 토목, 환경분야에 적용하기 위해 시추공 내 자기장의 정밀한 계측이 중요하며, 이를 위해, 본 발명자들은 다음과 같이 구성되는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 제안하였다.

[0059] 여기서, 유도형(Induction type)은, 광대역이며, 감도가 우수한 장점으로 인해 선택되었으며, 일반적으로, 시추공의 직경이 3 인치인 것과 같이, 제한된 환경에서 정밀한 계측을 위해서는 가능한 한 많은 감은(turn) 수가 요구되므로, 본 발명자들은, 다수의 수평형 코일을 병렬로 연결하여 상기한 문제를 해결하였다.

[0060] 아울러, 신호 코일과 반대 방향의 전류를 흐르게 함으로써 외부 또는 시스템의 배경잡음(background noise)을 상쇄하도록 전류를 조절하는 버킹코일(bucking coil)의 역할 및 해당 코일의 주파수별 응답특성 파악을 위한 송신원으로 활용하는 캘리브레이션(calibration) 기능을 함께 가지도록 하였다.

[0061] 계속해서, 도 5를 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서의 구체적인 구성에 대하여 설명한다.

[0062] 즉, 도 5를 참조하면, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서(50)의 구체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

[0063] 도 5에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서(50)는, 크게 나누어, 케이싱(51)과, 상기 케이싱(51)의 양단부에 각각 형성되는 압력 커넥터부(pressure connector)(58)를 포함하여 구성되며, 여기서, 상기한 케이싱(51)의 내부에는, 지상부(35)와의 통신을 위한 통신부(telemetry unit)(52), 전원공급을 위한 전원부(power unit)(53), 계측센서(50) 전체의 제어를 위한 제어부(CPU unit)(54), 상기 시추공 자기장 계측센서 전체가 시추공 내에서 북쪽방향과 이루는 각도 및 기울어진 정도를 측정하기 위한 3 성분 자력센서부(3 component fluxgate magnetometer)(55), 계측센서(50)의 현재위치, 방향, 기

울기 등을 검출하기 위한 3 성분 가속도센서부(3 compinenet accelerometer)(56), 아날로그 센서 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 A/D 변환부(sensor A/D converter unit)를 포함하고 x축, y축, z축 방향의 자기장을 각각 검출하기 위한 3 성분 자기장 센서부(3 component magnetic sensor)(57)가 각각 설치되어 있다.

[0064] 여기서, 상기한 케이싱(51)에 있어서, 통신부(52), 전원부(53) 및 제어부(54)가 설치되는 부분은, 예를 들면, 스테인레스 스틸(stainless steel)과 같은 도전성 재질로 형성되고, 3 성분 자력센서부(55)와 3 성분 가속도센서부(56) 및 3성분 자기장 센서부(58)가 설치되는 부분은, 신호의 혼란을 방지하기 위해, 예를 들면, 절연체에 해당하는 유리섬유(fiber glass)와 같은 재질로 형성된다.

[0065] 또한, 도 6을 참조하면, 도 6은 도 5에 나타낸 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서(50)에 설치되는 3 성분 자기장 센서부(57)의 구체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

[0066] 도 6에 나타낸 바와 같이, 상기한 3 성분 자기장 센서부(57)는, x축 방향의 자기장을 검출하기 위한 x 성분 센서부(61)와, y축 방향의 자기장을 검출하기 위한 y 성분 센서부(62) 및 z축 방향의 자기장을 검출하기 위한 z 성분 센서부(63)를 포함하여 구성되어 있다.

[0067] 더 상세하게는, z축이 케이싱(51)의 길이 방향, 즉, 도 5에 나타낸 유도형 3성분 시추공 자기장 계측센서(50)가 설치되는 시추공의 방향과 평행한 방향이고, x축과 y축 방향은 각각 서로 수직이며, 동시에 z축과 케이싱(51)의 직경에 각각 수직인 방향인 것으로 가정하면, x 성분 센서부(61)와 y 성분 센서부(62) 및 z 성분 센서부(63)에서 각각의 x축, y축, z축 방향에 대한 자기장 센서의 배치는 도 6에 나타낸 바와 같게 된다.

[0068] 즉, 도 6에 나타낸 바와 같이, z 성분 센서부(63)에는 막대형 또는 원통형 코어에 복수의 코일이 감긴 형태의 수직 코일모듈(vertical coil module)(64)이 일체형으로 배치되나, x 성분 센서부(61)에는 상기한 수직 코일과 직각이 되도록 케이싱(51)의 직경보다 작은 크기로 형성되는 복수의 막대형 또는 원통형의 수평 코일모듈(horizontal coil module)(65)이 케이싱(51)의 직경 방향으로 병렬 배치되며, 아울러, y 성분 센서부(62)에는, 복수 개의 수평 코일모듈(65)이 상기한 x 성분 센서부(61) 및 z 성분 센서부(63)의 코일 모듈들과 각각 직각을 이루도록 배치되어 있다.

[0069] 또한, 도 7 및 도 8을 참조하면, 도 7 및 도 8은 각각 도 6에 나타낸 3 성분 자기장 센서부(57)에 설치되는 수평 코일모듈(65) 및 수직 코일모듈(64)의 구체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

[0070] 더 상세하게는, 도 7a에 나타낸 바와 같이, x 성분 센서부(61) 및 y 성분 센서부(62)에 각각 배치되는 수평 코일모듈(65)은, 예를 들면, 케이싱(51)의 직경보다 작은 크기로 형성되는 페라이트(ferrite) 코어(71)에, 복수의 신호코일(72)을 감아 형성되며, 이때, 신호코일(72)의 외측에 절연재(73)를 배치하고, 절연재(73)의 외측에 다시 캘리브레이션 코일(calibration coil)(74)을 감아 주파수 특성을 향상시키도록 구성된다.

[0071] 즉, 본 발명에 따른 수평 코일모듈(65)은, 상기한 바와 같이 가장 외측에 캘리브레이션 코일(74)을 감아 신호코일(72)과 반대 방향의 전류를 흐르게 함으로써, 외부 또는 시스템 잡음을 상쇄하도록 전류를 조절하는 버킹 코일(bucking coil)의 역할 및 코일의 주파수별 응답특성 파악을 위한 송신원으로 활용하는 캘리브레이션(calibration) 기능을 함께 가지도록 구성된다.

[0072] 또한, 도 7b에 나타낸 바와 같이, 각각의 수평 코일모듈(71)의 연결은, 예를 들면, 20개와 같이, 적절한 개수의 수평 코일모듈(71)을 병렬로 연결하여 배치하며, 이러한 구성에 의해, 일종의 증폭 효과가 발생하여 시추공 내부와 같은 제한된 공간 내에서 검출 가능한 충분한 신호 강도를 얻을 수 있다.

[0073] 아울러, 도 8a에 나타낸 바와 같이, z 성분 센서부(63)에 배치되는 수직 코일모듈(64)도, 상기한 도 7에 나타낸 수평 코일모듈(65)과 마찬가지로, 페라이트(ferrite) 코어(81)에 복수의 신호코일(82)을 감고, 신호코일(82)의 외측에 절연재(83)를 배치한 후 절연재(83)의 외측에 다시 캘리브레이션 코일(calibration coil)(84)을 감아서 이루어지는 점은 상기한 수평 코일모듈(65)과 동일하며, 다만, 코어(81)의 길이와 직경이 z 성분 센서부(63)의 전체 길이 및 케이싱(51)의 직경에 대응하도록 하여 일체로 구성되는 점이 다르다.

[0074] 즉, 도 8b에 나타낸 바와 같이, 수직 코일모듈(64)은, 하나의 코일 모듈이 직접 연결되도록 구성된다.

[0075] 이상, 상기한 바와 같이 하여 본 발명에 따른 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 구현할 수 있으며, 더욱이, 그러한 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 이용하여 시추공 전자탐사를 수행함으로써, 보다 정확하고 용이하게 탐사작업을 수행할 수 있다.

[0076] 여기서, 도 5 내지 도 8을 참조하여 상기한 본 발명의 실시예에 나타낸 구성은 어디까지나 본 발명을 설명하기

위한 구성의 예를 나타낸 것일 뿐이며, 즉, 본 발명은, 상기한 도 5 내지 도 8을 참조하여 설명한 구성 이외에도 당업자에 의해 필요에 따라 여러 가지 형태나 재질 및 구조 등을 포함하여 다양하게 구성될 수 있는 것임에 유념해야 한다.

[0077] 따라서 상기한 바와 같이 하여 본 발명에 따른 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서 및 이를 이용한 시추공 전자탐사방법을 구현할 수 있다.

[0078] 또한, 상기한 바와 같이 하여 본 발명에 따른 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서 및 이를 이용한 시추공 전자탐사방법을 구현하는 것에 의해, 본 발명에 따르면, 일체형의 모듈 형태로 제작되어 시추공 내에 설치가 용이한 동시에, 시추공 내의 자기장을 각각 x축, y축, z축에 대하여 3차원적으로 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성됨으로써, 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부 등을 탐사하기 위한 시추공 전자탐사 시스템에 적용하기 적합하도록 구성되는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 제공할 수 있다.

[0079] 아울러, 본 발명에 따르면, 상기한 바와 같이, 일체형의 모듈 형태로 제작되어 시추공 내에 설치가 용이한 동시에, 시추공 내의 자기장을 각각 x축, y축, z축에 대하여 3차원적으로 정확하고 정밀하게 측정할 수 있도록 구성되는 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서를 이용하여, 지하 환경의 지질이나 자원의 매장 여부에 대한 탐사를 보다 정확하고 용이하게 수행할 수 있도록 구성되는 시추공 전자탐사방법을 제공할 수 있다.

[0080] 이상, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예를 통하여 본 발명에 따른 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서 및 이를 이용한 시추공 전자탐사방법의 상세한 내용에 대하여 설명하였으나, 본 발명은 상기한 실시예에 기재된 내용으로만 한정되는 것은 아니며, 따라서 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 설계상의 필요 및 기타 다양한 요인에 따라 여러 가지 수정, 변경, 결합 및 대체 등이 가능한 것임은 당연한 일이라 하겠다.

부호의 설명

[0081]

10. 시추공 전자탐사 시스템
11. 시추공
12. 시추공
13. 발신기
14. 수신기
15. 지상부
20. 시추공 전자탐사 시스템
21. 시추공
22. 발신기
23. 수신기
24. 시추공
25. 보조 수신기
26. 지상부
30. 시추공 전자탐사 시스템
31. 시추공
32. 시추공
33. 발신부
34. 수신부
35. 지상부
50. 유도형 광대역 3성분 시추공 자기장 계측센서
51. 케이싱
52. 통신부
53. 전원부
54. 제어부
55. 3 성분 자력센서부
56. 3 성분 가속도센서부
57. 3 성분 자기장 센서부
58. 압력 커넥터부
61. x 성분 센서부
62. y 성분 센서부
63. z 성분 센서부
64. 수직 코일모듈
65. 수평 코일모듈
71. 코어
72. 신호코일
73. 절연재

74. 캘리브레이션 코일

81. 코어

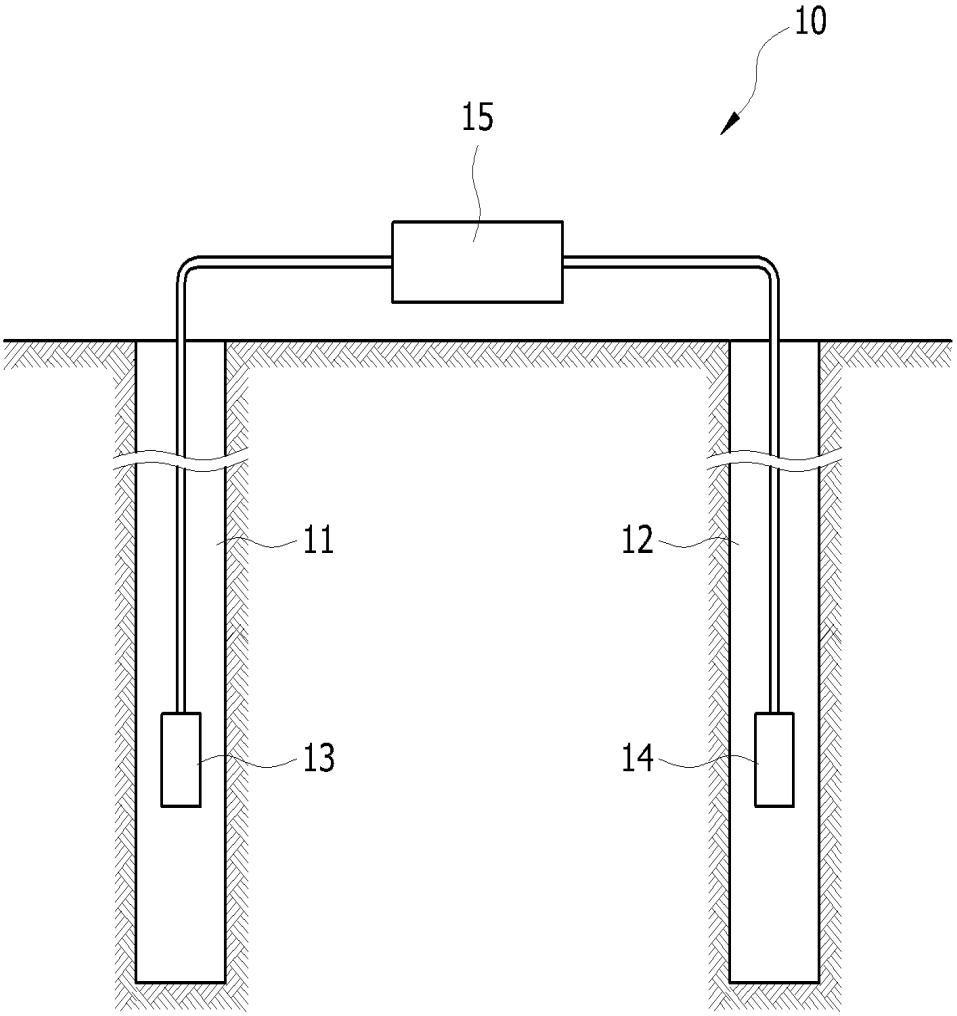
82. 신호코일

83. 절연재

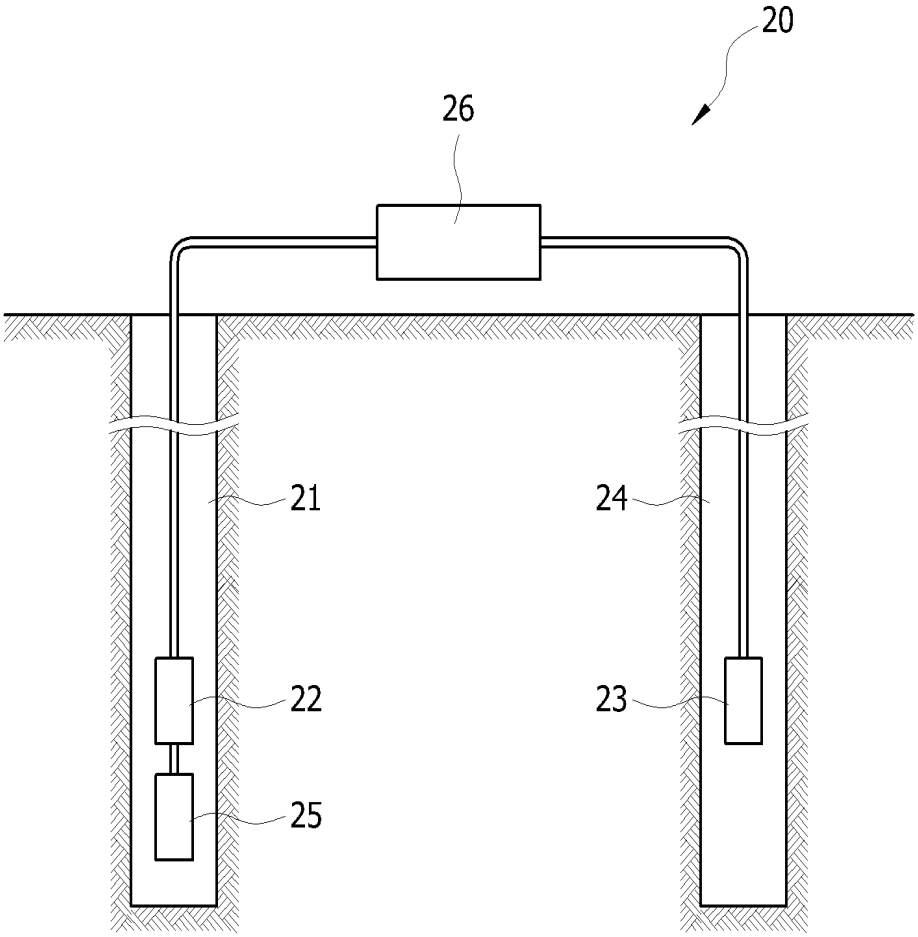
84. 캘리브레이션 코일

도면

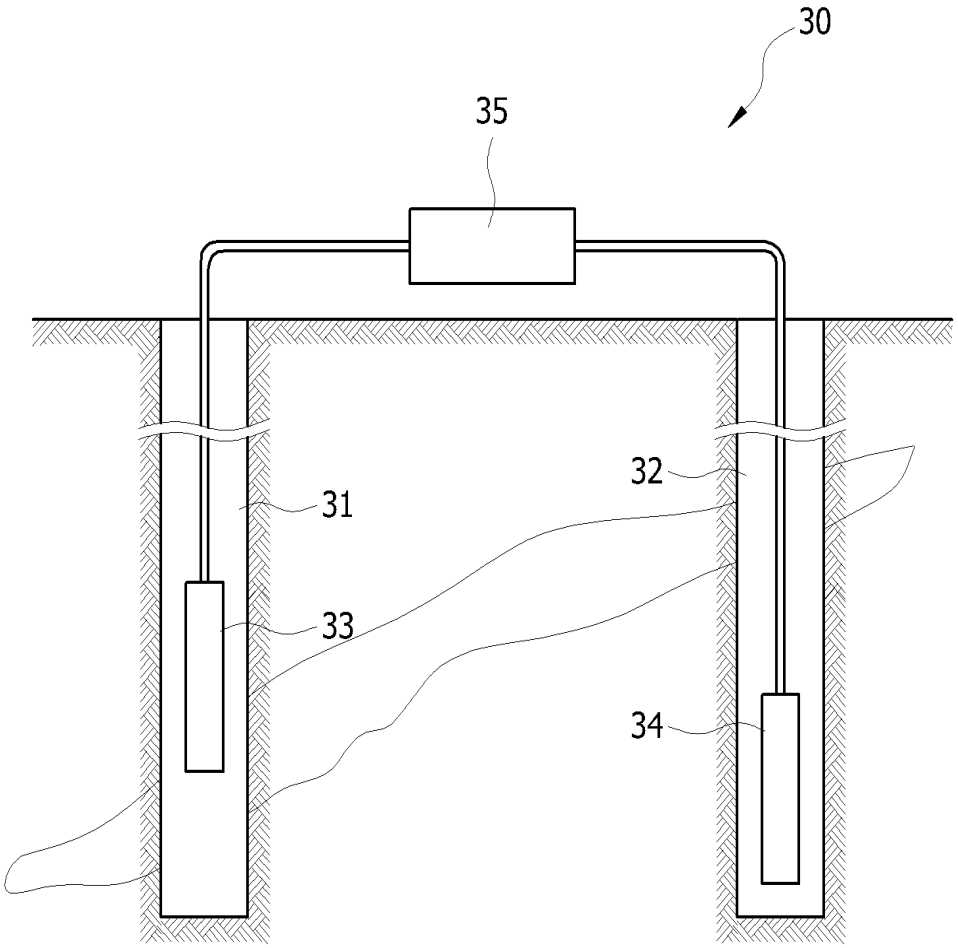
도면1



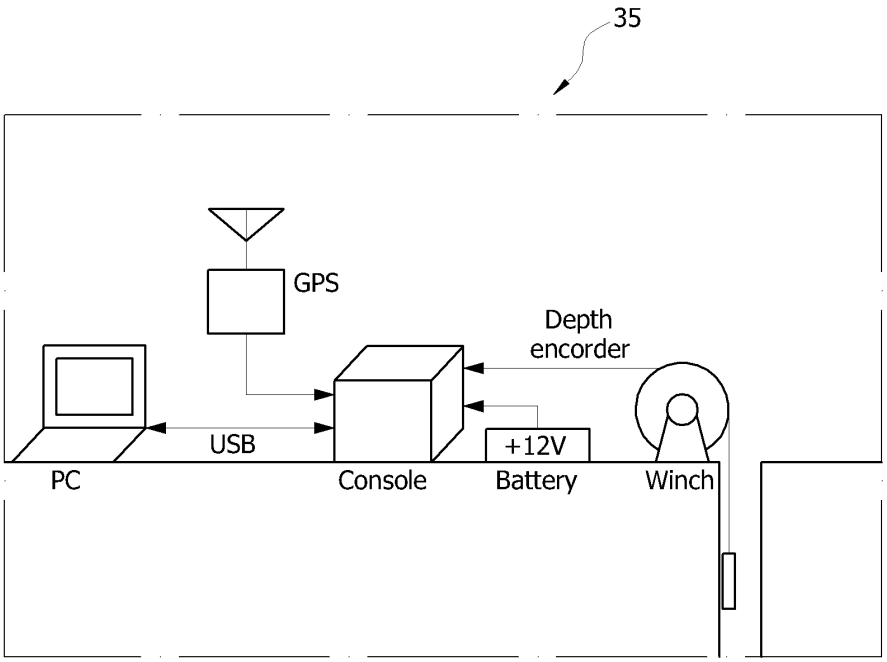
도면2



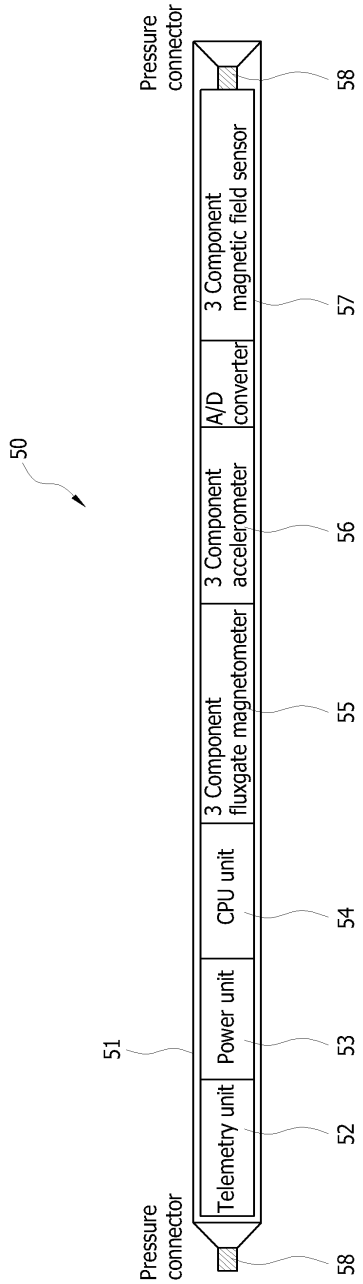
도면3



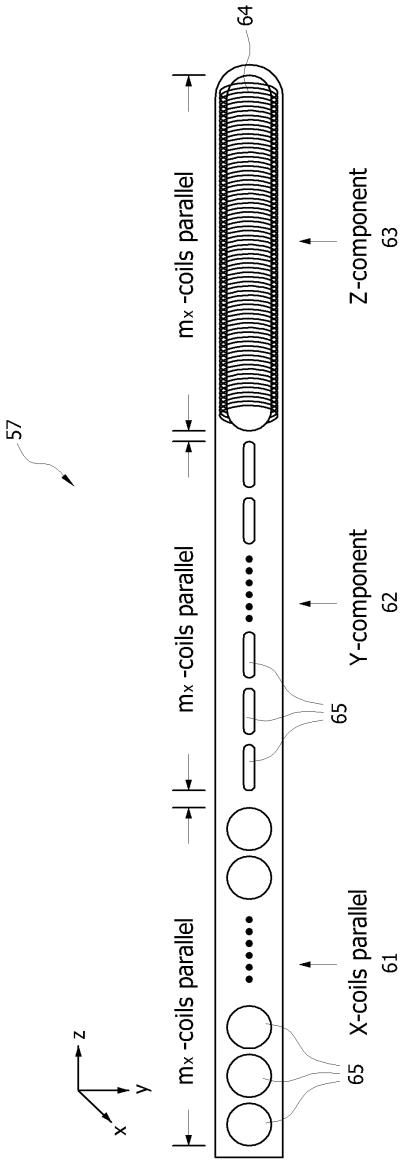
도면4



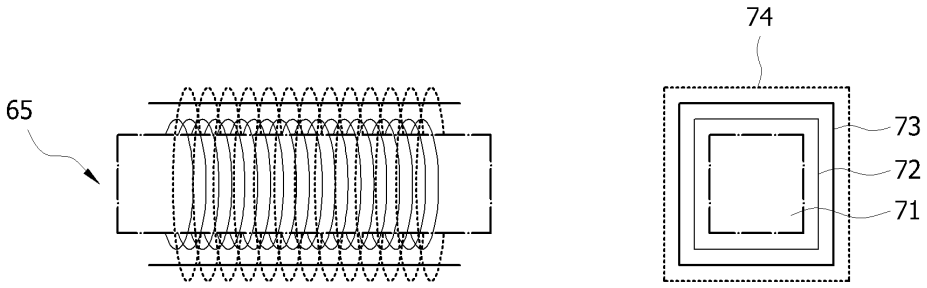
도면5


50
51
Pressure connector
Telemetry unit
Power unit
CPU unit
3 Component fluxgate magnetometer
3 Component accelerometer
A/D converter
3 Component magnetic field sensor
Pressure connector
52
53
54
55
56
57
58
58

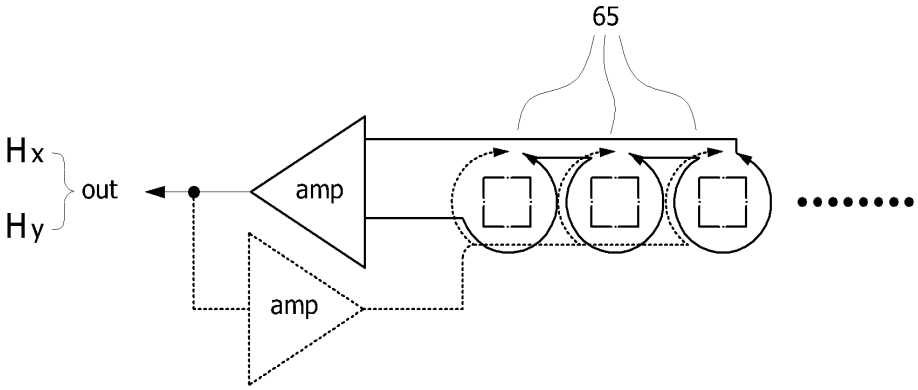
도면6


57
64
mx -coils parallel
Z-component
63
mx -coils parallel
Y-component
62
65
mx -coils parallel
X-coils parallel
61
65
z
y
x

도면7

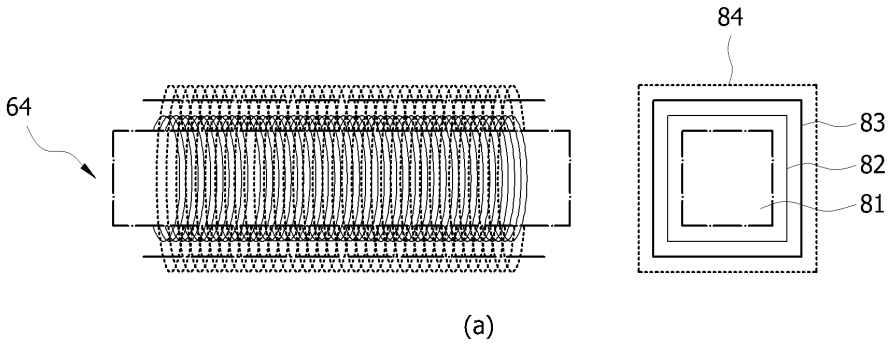


(a)

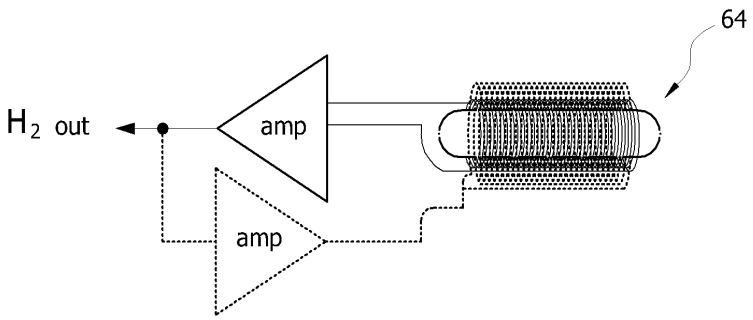


(b)

도면8



(a)



(b)