



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2011년02월15일  
(11) 등록번호 10-1014370  
(24) 등록일자 2011년02월07일

(51) Int. Cl.

G01R 33/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0131535  
(22) 출원일자 2008년12월22일  
심사청구일자 2008년12월22일  
(65) 공개번호 10-2010-0072964  
(43) 공개일자 2010년07월01일  
(56) 선행기술조사문헌  
US03886440 A1\*  
JP2006113029 A  
JP2005069883 A  
JP2001083223 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국지질자원연구원

대전 유성구 가정동 30번지

(72) 발명자

정현기

대전 서구 삼천동 가람아파트 9동 1205호

임무택

대전 유성구 전민동 엑스포아파트 404동 1002호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

정상규

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 김주식

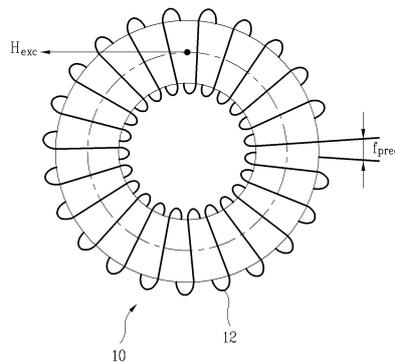
**(54) 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자 세차 자력계 센서**

**(57) 요약**

본 발명의 “모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서”는, 코일에 전류를 흘린 후 상기 전류를 끊고 상기 코일에 유기되는 전류의 진동수를 측정하여 외부 자기장의 세기를 산출하는 양자세차 자력계 센서에 있어서, 상기 코일이 토로이드 코일(toroid coil)로 이루어진 것을 특징으로 하며, 상기 코일이 두 개의 솔레노이드 코일(solenoid coil)을 수직으로 연결하거나, N(N은 3 이상의 정수)개의 솔레노이드 코일을 다각형 형태로 연결되어 이루어질 수도 있다.

본 발명의 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서는 감도 취약각도가 존재하지 않아 모든 방향에서 외부 자기장의 측정이 가능하여 자력측정 시 센서를 특정방향에 맞출 필요가 없어 간편하게 외부 자기장을 측정할 수 있고, 또한, 본 발명은 향후 보다 나은 임피던스 매칭 및 전력소모 최적화 개발 과정을 거쳐 실전에서 다양하게 응용될 수 있는 원천기술 축적으로 이어질 것이다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**손정술**

대전 서구 복수동 초록마을아파트 1단지 106동 70  
2호

**임형래**

대전 서구 도마동 효성타운 106동 501호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2008-002

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 기본사업

연구과제명 USN기반 융합 자원탐사 시스템 개발

기여율

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2008-01-01~2011-12-31

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

코일에 전류를 흘린 후 상기 전류를 끊고 상기 코일에 유기되는 전류의 진동수를 측정하여 외부 자기장의 세기를 산출하는 양자세차 자력계 센서에 있어서,

상기 코일은 토로이드 코일(toroidal coil)로 이루어지며,

상기 코일은 탄화수소계 용매가 채워진 비자성 용기에 담겨지고, 측정장치와 연결되는 것을 특징으로 하는 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서.

**청구항 2**

코일에 전류를 흘린 후 상기 전류를 끊고 상기 코일에 유기되는 전류의 진동수를 측정하여 외부 자기장의 세기를 산출하는 양자세차 자력계 센서에 있어서,

상기 코일은 두 개의 솔레노이드 코일(solenoid coil)이 수직으로 연결되거나, N(N은 3이상의 정수)개의 솔레노이드 코일이 다각형 형태로 연결되어 이루어지며,

상기 코일은 탄화수소계 용매가 채워진 비자성 용기에 담겨지고, 측정장치와 연결되는 것을 특징으로 하는 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서.

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 측정장치는,

상기 코일에 유기된 전류의 진동수를 측정하는 카운터와,

상기 코일에 전류를 공급하는 전류공급원과,

상기 코일에 공급하는 전류를 스위칭하는 릴레이

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 코일에 강한 전류를 흘린 후 상기 전류를 끊고 코일에 유기되는 전류의 진동수를 측정하여 자기장의 세기를 측정하는 양자세차 자력계 센서에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 물리탐사에서 자력탐사는 개략탐사 및 정밀탐사를 위해 기본적으로 중요한 정보를 제공하는 방법이다. 이를 위하여 지표 및 항공탐사에서 쓰이는 자력계로는 3성분 플럭스게이트 자력계(Fluxgate magnetometer), 양자세차 자력계(Proton precession magnetometer), 오버하우저 효과 자력계(Overhauser effect magnetometer), 광펌핑 자력계(Optical-pumping magnetometer) 등이 있다.

[0003] 플럭스게이트 자력계는 벡터적 성분 측정이 가능하지만 온도 드리프트(drift) 특성이나 직교성(orthogonality) 각도가 정밀하지 못하고, 오버하우저 효과 자력계는 경험적으로 60Hz 전력선 등의 외부 잡음환경에 다소 취약하며, 광펌핑 자력계는 현재 기술 수준 상 내부 램프 수명의 엄밀한 예측이 불가능하여 교체를 위해서는 제작사에

서의 직접 튜닝이 다시 필요한 불편함이 있다.

[0004] 양자세차 자력계는 총자기장(total magnetic field)을 정확한 진동수 카운팅에 의해 측정하므로 기준 발진 진동수의 온도 특성만 좋다면 정밀한 자기장값의 획득이 가능하여 항공 자력 탐사를 포함하여 세계적으로 여전히 많이 쓰이고 있다.

[0005] 그러나, 양자세차의 원리에 기인하는 이러한 자기장 측정 방식들은 외부 자기장에 지배되는 특정방향의 감도 취약 각도(dead band)가 존재하는 원천적인 한계가 있다. 양자세차의 원리를 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0006] 원자핵인 양자(proton)는 스핀(spin)이라는 양자역학적 성질을 가지고 있으며, 양자의 스핀은 양자화된 각운동량에 따른 자기양자수(magnetic quantum number)를 가지며 일정한 방향성을 가진다. <sup>1</sup>H(proton)이나 <sup>13</sup>C 등과 같이 총 스핀양자수가 0이 아닌 경우에는 자화율( $r_p$ )을 가진다. 양자의 스핀은 1/2이며 가능한 스핀상태는  $m = \pm 1/2$ 이다. 이와 같이 상태는 다르지만 에너지값은 같은 경우를 중첩되어 있다고 한다. 열평형상태에서 이 둘의 분포(population)는 같지만, 양자에 강한 자기장을 가하면 중첩 상태가 깨져 양자의 자기모멘트는 가해진 자기장 방향으로 정렬하여 일치하게 된다. 이때 가해진 자기장을 제거하면 양자의 자기모멘트에는 지구 자기장이 작용하게 되는데 아래 수학적 1과 같이 지구 자기장이 양자의 자기 모멘트와 평행하지 않은 방향으로 작용하면 양자는 세차운동을 하게 된다. 이때, 양자의 자기모멘트에 수직인 지구 자기장 성분이 세차운동을 일으킨다. 따라서 세차운동은 수학적 1과 같이 양자의 자기모멘트의 방향과 지구 자기장의 방향이 평행하지 않아야 발생하게 된다.(즉, 양자의 자기모멘트의 방향과 지구 자기장의 방향이 0도이거나 180도인 경우에는 세차운동이 발생하지 않는다.)

수학적 1

[0007] 
$$\text{dir}(\overrightarrow{H_{ear}}) \nparallel \text{dir}(\overrightarrow{H_{exc}})$$

[0008] 세차운동이란 회전체의 회전축이 움직이지 않는 어떤 축의 둘레를 도는 현상으로서, 약한 외력의 모멘트가 수직으로 작용하여 생기며, 지구의 자전축, 인공위성의 자전축 등이 세차운동을 한다. 한편, 원자핵인 양자(proto n)는 스핀 양자수에 의해 자기모멘트를 가지게 되는데 이 자기 모멘트와 다른 방향으로 약한 외부 자기장(보통 지구자기장이 된다.)이 작용하게 되면 양자는 자기모멘트에 수직인 외부 자기장 성분에 대하여 세차 운동(precession)을 하게 되며, 이러한 세차운동의 주파수( $f_{prec}$ )는 외부 자기장의 세기( $H_{ear}$ )와 비례한다.

[0009] 양자세차 자력계는 전술한 원리를 이용한 것으로서, 솔레노이드 코일에 전류를 흘린 후 상기 전류를 끊고 솔레노이드 코일에 유기되는 전류의 진동수(이는 세차운동의 주파수( $f_{prec}$ )와 같다.)를 측정하여 외부 자기장의 세기를 산출하는 것이다. 즉, 솔레노이드 코일에 강한 전류를 흘리면 솔레노이드 코일의 내부에는 솔레노이드를 관통하는 방향으로 자기장이 형성된다. 이 자기장에 의해 솔레노이드 내부에 있는 양자의 자기모멘트는 가해진 자기장의 방향(솔레노이드를 관통하는 방향)과 일치하게 되는데, 이때 전류를 끊으면 양자의 자기모멘트에 지구 자기장이 작용하면서 양자는 세차운동을 하게 된다.

[0010] 그런데, 세차운동은 상기 수학적 1과 같이 양자의 자기모멘트와 지구 자기장의 방향이 평행하지 않을 때 발생하게 되는데, 수학적 2와 같이 양자의 자기장과 지구의 자기장의 방향이 평행한 경우(예를 들어, 양자세차 자력계 센서의 솔레노이드를 관통하는 방향과 평행하게 지구 자기장이 작용하는 경우)에는 양자의 자기모멘트의 축을 이동시키는 외력이 존재하지 않아 세차운동이 발생하지 않으며 지구 자기장의 세기를 측정할 수 없게 된다.

수학적 2

[0011] 
$$\text{dir}(\overrightarrow{H_{ear}}) \parallel \text{dir}(\overrightarrow{H_{exc}})$$

[0012] 실질적으로는 양자의 자기모멘트와 지구 자기장의 방향이 수직인 방향에서 유기 전압의 세기가 가장 크게 나타나며 두 자기장의 방향이 평행에 가까워질수록 유기 전압의 세기가 감소하여 진동수 측정이 어렵게 된다. 즉, 종래의 양자세차 자력계는 외부 자기장에 지배되는 특정방향의 감도 취약각도(dead band)가 존재한다는 원천적인 한계가 있다. 따라서 종래 양자세차 자력계는 지구 자기장 측정을 위하여 솔레노이드 코일의 자기장 방향과 지구 자기장 방향이 수직하도록 센서의 위치를 조정해 주어야만 한다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

[0013] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여, 모든 방향에서 측정이 가능한 즉, 감도 취약각도(dead band)가 존재하지 않아 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

**과제 해결수단**

[0014] 전술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서는, 코일에 전류를 흘린 후 상기 전류를 끊고 상기 코일에 유기되는 전류의 진동수를 측정하여 외부 자기장의 세기를 산출하는 양자세차 자력계 센서에 있어서, 상기 코일이 토로이드 코일(toroid coil)로 이루어진 것을 특징으로 하며, 상기 코일은 두 개의 솔레노이드 코일(solenoid coil)을 수직으로 연결하거나, N(N은 3이상의 정수)개의 솔레노이드 코일을 다각형 형태로 연결하여 이루어질 수도 있다.

[0015] 상기 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서는, 상기 코일은 탄화수소계 용매가 채워진 비자성 용기에 담겨지고, 측정장치와 연결되며, 상기 측정장치는, 상기 코일에 유기된 전류의 진동수를 측정하는 카운터와, 상기 코일에 전류를 공급하는 전류공급원과, 상기 코일에 공급하는 전류를 스위칭하는 릴레이를 포함하여 이루어지는 것이 바람직하다.

**효과**

[0016] 본 발명의 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서는 감도 취약각도가 존재하지 않아 모든 방향에서 외부 자기장의 측정이 가능하다. 따라서 자력측정시 센서를 특정방향에 맞출 필요가 없어 간편하게 외부 자기장을 측정할 수 있다.

[0017] 또한, 이 연구결과는 향후 보다 나은 임피던스 매칭 및 전력소모 최적화 개발 과정을 거쳐 실전에서 다양하게 응용될 수 있는 원천기술 축적으로 이어질 것이다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

[0018] 이하에서는, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.

[0019] 각 도면에 도시된 동일한 참조 부호는 동일한 기능을 수행하는 구성요소를 의미한다.

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서의 개념도이다. 도시된 바와 같이, 본 발명의 양자세차 자력계 센서(10)는 코일이 토로이드 코일(toroid coil)(12)로 이루어지고 토로이드 코일(12)에 유기된 전류의 진동수(양자의 세차운동의 주파수( $f_{prec}$ )와 동일)를 측정하여 수학적 식 3에 의해 지구 자기장의 세기를 측정한다.

**수학적 식 3**

$$H_{ear} = \frac{2\pi f_{prec}}{r_p}$$

[0021]

[0022] ( $H_{ear}$ 는 지구자기장의 크기,  $f_{prec}$ 는 세차운동주파수,  $r_p$ 는 양자의 자화율)

[0023] 토로이드 코일(12)에 전류를 가하게 되면, 토로이드 코일(12) 내부에 자기장이 형성되는데 자기장의 세기는 중심으로부터 거리에 반비례하며, 자기장의 방향은 전류가 흐르는 방향으로 나사를 돌렸을 때 나사가 진행되는 방향이며 원형을 그리며 토로이드 코일 내부를 돌게 되고, 토로이드 코일(12) 내부의 임의의 지점에서의 자기장의 방향은 도 1에 도시된 바와 같이 원주의 접선방향이다. 따라서 토로이드 코일(12) 내부에 형성된 자기장의 방향은 동일한 원주상의 각 지점에서 각각 모두 다르게 된다.

[0024] 토로이드 코일(12)에 전류를 흘려 상기와 같이 토로이드 코일(12) 내부에 강한 자기장이 형성되면 토로이드 코일(12) 내부에 존재하는 양자의 자기모멘트( $H_{exc}$ )는 여기 단계(excitation stage)를 거쳐 내부 자기장과 그 방향이 일치하게 된다. 전술한 바와 같이 토로이드 코일(12) 내부에 형성된 자기장은 동일한 원주상의 각 지점에서 그 방향이 모두 다르므로 양자의 자기모멘트의 방향도 동일한 원주상의 각 지점에서 그 방향이 모두 다르게 형성된다.

[0025] 이때, 코일에 인가된 전류를 끊고 외부 자기장인 지구 자기장( $H_{ear}$ )이 작용하게 될 때, 센서의 방향과 관계 없이 지구 자기장( $H_{ear}$ )에 대하여 수학적 식 1을 만족하는 양자가 토로이드 코일(12) 내 대부분의 임의의 지점에서 필히 존재하게 된다. 따라서 종래 단순한 솔레노이드 코일과는 달리, 센서의 방향과 관계 없이 양자의 세차운동이 발생하게 되어 어떠한 방향에서도 지구 자기장의 세기를 측정할 수 있게 된다.

[0026] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서의 구성도이다. 본 발명의 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서(10)는 토로이드 코일(12)에 측정장치(20)가 연결되게 된다. 측정장치(20)는 양자의 세차운동으로 인하여 코일에 유기된 전류를 증폭시키는 증폭기(22)와, 증폭된 신호의 진동수를 측정하는 카운터(21)와, 코일에 전류를 공급하는 전류공급원(25)과, 코일에 공급하는 전류를 스위칭하는 릴레이 및 이들을 제어하는 메인 컨트롤러(27)를 포함하여 이루어진다. 릴레이는 스위치와 릴레이 스위칭 컨트롤러(23)를 포함한다.

[0027] 도 2를 참조하여, 본 발명의 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서의 동작을 간단히 설명하면 다음과 같다.

[0028] 먼저, 전류공급원(25)을 통하여 토로이드 코일(12)에 전류를 인가한다. 코일에 인가된 전류에 의하여 토로이드 코일(12) 내부에는 강한 자기장이 유도되고 이 자기장에 의하여 토로이드 코일(12) 내에 양자는 여기단계(excitation state)를 거쳐 자기장( $H_{exc}$ )의 방향과 동일한 방향으로 재배열된 자기모멘트를 가지게 되는 정상상태가 된다.

[0029] 토로이드 코일(12) 내부의 양자가 정상상태가 되었을 때, 릴레이(23)에 의해 토로이드 코일(12)에 인가된 전류를 끊게 된다. 그러면 토로이드 코일(12) 내부에 존재하는 양자에는 지구 자기장이 작용하게 되고, 센서 방향이나 지구 자기장의 방향과 관계 없이 토로이드 코일(12) 내부의 대부분의 양자는 상기 수학적 식 1에 조건을 만족하게 되어 지구 자기장 방향을 축으로 하여 세차운동을 하게 된다.

[0030] 양자의 세차운동으로 인하여 토로이드 코일(12)에는 양자의 세차 운동의 주파수( $f_{prec}$ )와 동일한 진동수를 갖는 교류 전류가 유기된다. 카운터(21)에서 코일에 유기된 전류의 진동수를 측정한다. 카운터(21)에서의 진동수 측정은 코일에 유기되는 전압의 크기 및 방향 변화를 일정시간 동안 카운트하는 방식으로 측정될 수 있다. 전류는 상대적으로 약하므로 전압의 변화를 통하여 진동수를 카운트하게 된다.

[0031] 측정된 양자의 세차운동 주파수( $f_{prec}$ )는 수학적 식 3을 이용하여 연산장치(미도시)에 의해 지구의 자기장의 세기로 산출되어 디스플레이 장치(미도시)를 통해 디스플레이된다.

- [0032] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서의 사시도이다. 본 발명의 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서(10)는, 탄화수소계 용매가 채워진 비자성 용기에 토로이드 코일(12)이 담겨져 이루어지고, 토로이드 코일(12)은 측정장치와 연결된다. 토로이드 코일(12)은 피복된 상태로 담겨지게 되며, 도3에는 피복된 토로이드 코일(12)이 도시되어 있다. 탄화수소계 용매로는 케로센(kerosene)이 사용되는 것이 바람직하며, 유리되는 양자를 충분히 함유하고 포함된 다른 원소들은 총 스핀양자수가 0이 되는 물질이라면 기타 다른 용매도 이용될 수 있다.
- [0033] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서는 단순한 형태로서 운반이 용이하고 언제 어디서나 측정장치와 연결하여 자력 측정이 가능하다.
- [0034] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서의 개념도이며, 도 5는 적용된 일례에 대한 사시도이다.
- [0035] 본 발명의 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서는 전술한 토로이드 코일 형태 이외에 N(N은 3이상의 정수)개의 솔레노이드 코일을 다각형 형태로 연결하여 만들어질 수도 있으며, 두 개의 솔레노이드 코일(solenoid coil)의 경우 수직으로 연결하여 감도 취약각도(dead band)를 줄이는 형태로 이루어질 수도 있다. 그 일례로서 도 4에는 4개의 솔레노이드 코일(14)을 사각형 형태(rectangular-type)로 연결하여 이루어진 개념도가 나타나 있고, 도 5에는 본 실시예가 적용된 센서의 사시도가 나타나 있다. 이러한 경우에도 지구 자기장을 측정하기 어려운 취약 각도를 없앨 수 있다.
- [0036] 도 6은 종래 양자세차 자력계 센서와 본 발명의 실시예가 적용된 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서들의 측정 결과를 비교한 그래프이다. 도 6에서 가로축은 센서의 위치 변화에 따른 각도를 나타낸 것이며, 세로축은 코일에 유기되는 전압의 진폭을 나타내며, 본 그래프는 24번 감긴 코일을 사용하여 각도에 따른 측정값의 상대 크기를 도시한 것이다.
- [0037] 도 6에 도시된 바와 같이 종래 솔레노이드 코일을 사용하면 양자의 자기모멘트가 지구자기장의 방향과 수직을 이루는 방향에서는 유기되는 전압이 크게 나타나나, 지구자기장과 평행한 방향으로 이동할수록 유기되는 전압의 크기가 급격히 감소하여 지구자기장의 측정이 어려운 취약각도(dead band)가 존재한다.
- [0038] 그러나, 솔레노이드 코일을 수직(Perpendicular-type)으로 연결한 경우에 종래의 경우에 비해 취약각도가 현격히 줄어든 것을 알 수 있으며, 세개의 솔레노이드 코일을 삼각형 형태(Triangular-type)로 연결한 경우에는 취약각도가 더욱 줄어든 것을 알 수 있고, 토로이드 타입 코일의 경우 취약각도가 존재하지 않는 것을 알 수 있다.
- [0039] 즉, N개(N=2,3,4...∞)의 코일을 다각형 형태로 보다 많이 연결할 수록 취약각도가 줄어드는 것을 알 수 있으며, 그 극한인 토로이드 형태에서는 취약각도가 존재하지 않는 것을 실험적으로 알 수 있다.
- [0040] 이상과 같이 도면과 명세서에서 최적 실시 예가 개시되었다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

**도면의 간단한 설명**

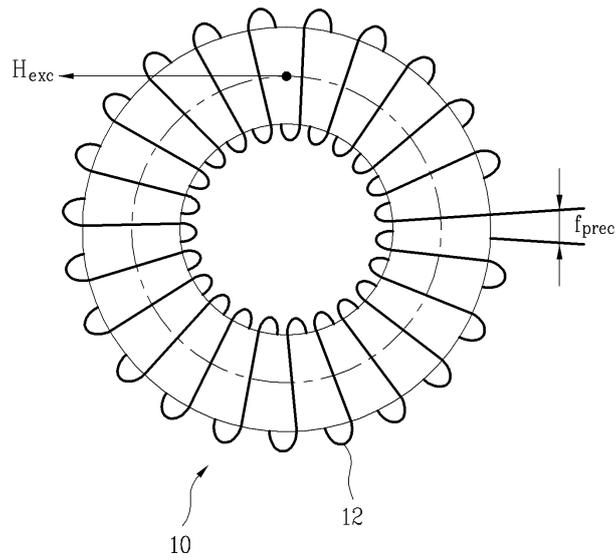
- [0041] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서의 개념도이다.
- [0042] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서의 구성도이다.
- [0043] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서의 사시도이다.
- [0044] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서의 개념도이다.

[0045] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서의 사시도이다.

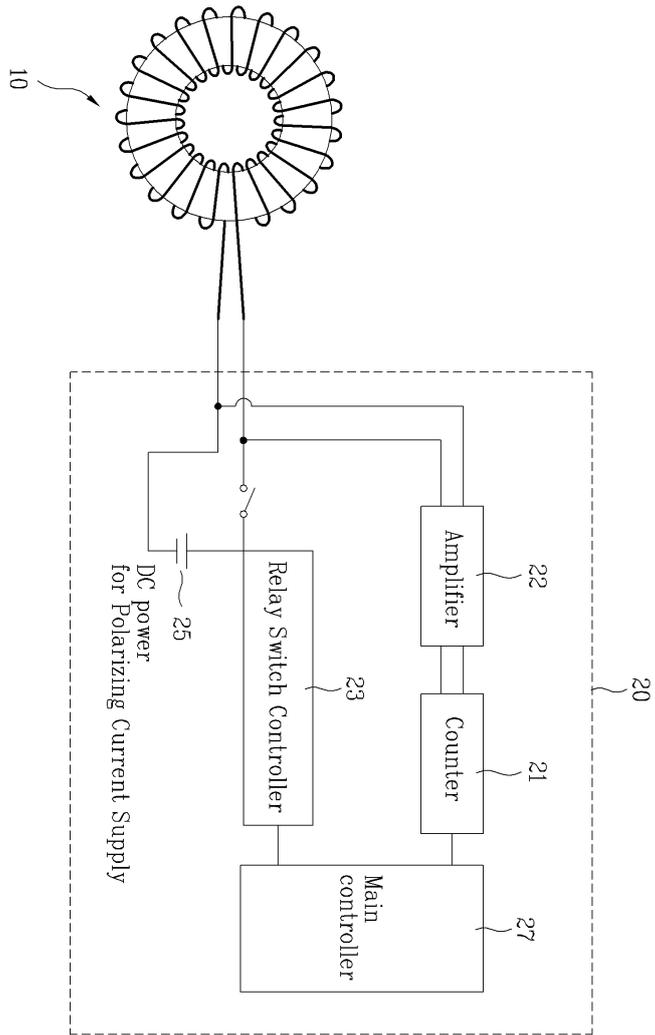
[0046] 도 6은 종래 양자세차 자력계 센서와 본 발명의 실시예가 적용된 모든 방향에서 측정할 수 있는 양자세차 자력계 센서들의 측정 결과를 비교한 그래프이다.

도면

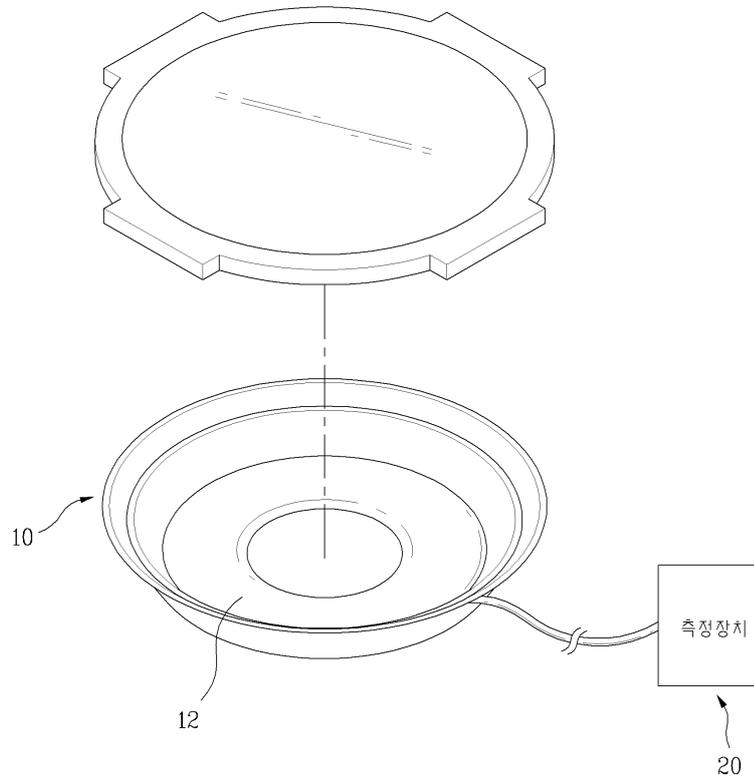
도면1



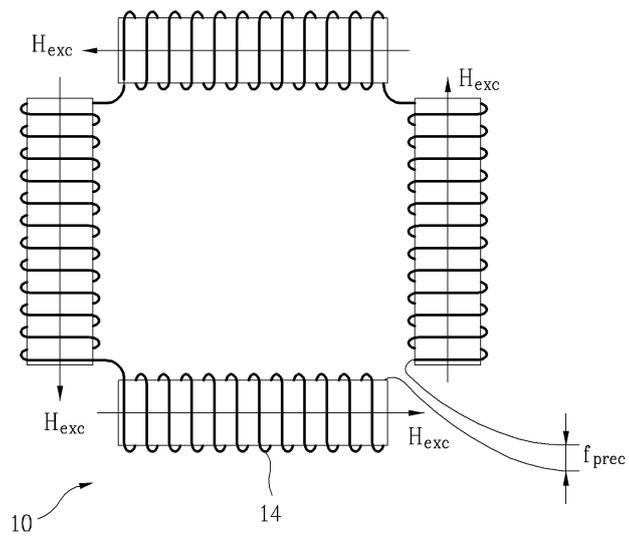
도면2



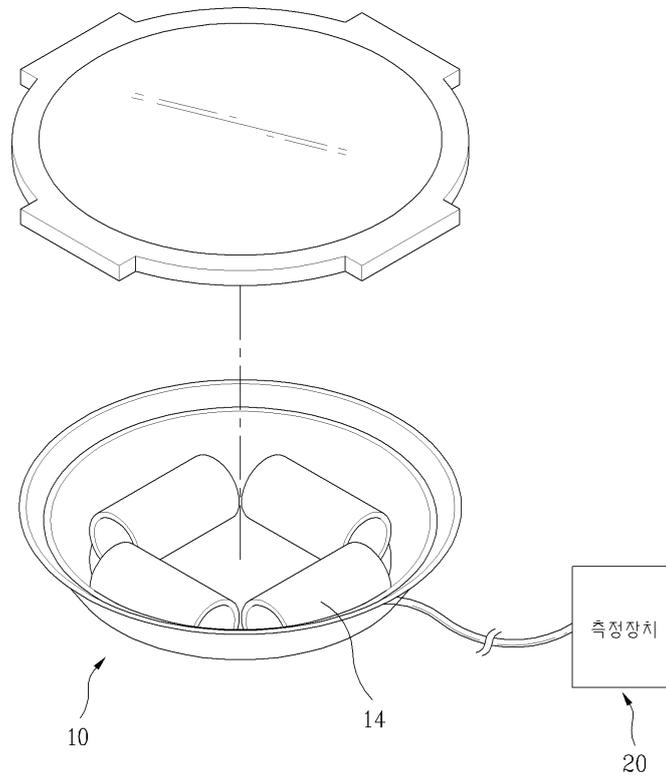
도면3



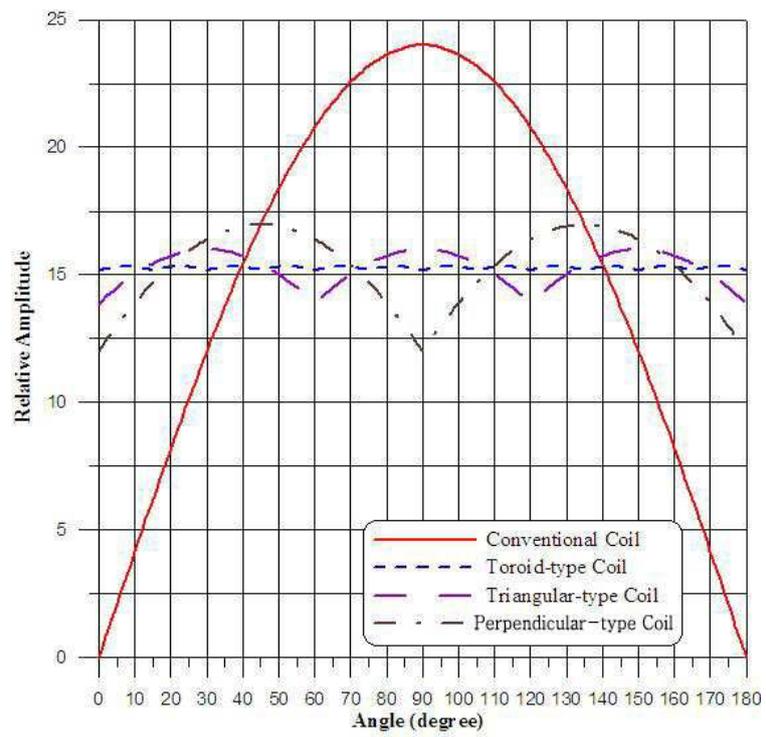
도면4



도면5



도면6



Multi-Turn (24) Pick-up Coil