(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년05월12일
(11) 등록번호 10-2532327
(24) 등록일자 2023년05월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*G01R 33/00* (2006.01) *G01D 5/14* (2006.01)
*G01R 33/025* (2006.01) *G01R 33/06* (2006.01)
*H01F 5/04* (2006.01) *H03K 17/95* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*G01R 33/0094* (2013.01)
*G01D 5/145* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7035013
(22) 출원일자(국제) 2018년04월20일
심사청구일자 2020년10월21일
(85) 번역문제출일자 2019년11월27일
(65) 공개번호 10-2020-0014759
(43) 공개일자 2020년02월11일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/028475
(87) 국제공개번호 WO 2018/217342
국제공개일자 2018년11월29일
(30) 우선권주장
15/606,358 2017년05월26일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2016525216 A*
JP2012150007 A
JP2016217871 A
US20030057983 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
**알레그로 마이크로시스템스, 엘엘씨**
미국 03103-3353 뉴햄프셔주 맨체스터 페리미터 로드 955
**꼼미사리아 아 레네르지 아또미끄 에 오 에네르지 알떼르나띠브스**
프랑스, 파리 75015, 바띠멩 "르 포낭트 디", 뤼 레블랑크 25
(72) 발명자
**라트햄, 알렉산더**
미국 01451 매사추세츠주 하바드 스틸 리버 로드 200
**페르몬, 클로드**
프랑스 91400 오르세이 알레 브왈로 6
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**박영우**

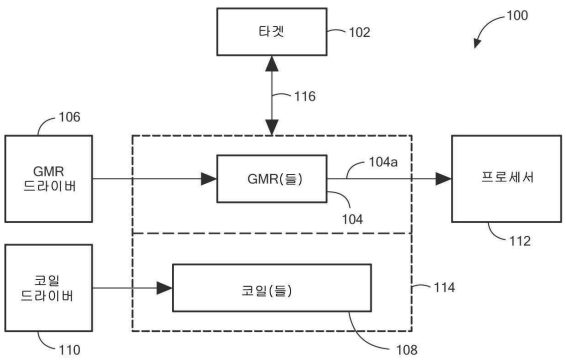
전체 청구항 수 : 총 27 항 심사관 : 이병수

(54) 발명의 명칭 **반사 자기장을 구비하는 코일 구동 위치 센서**

## (57) 요 약

자기장 센서는 AC 코일 구동 신호에 반응하는 적어도 하나의 코일; 센싱 요소 구동 신호에 반응하고, 상기 적어도 하나의 코일에 근접하여 위치하는 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들; 및 각각의 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들에 대한 도전성 타겟의 거리 사이의 차이를 나타내는 상기 자기장 센서의 출력 신호를 발생시키도록 상기 적어도 둘의 자기장 센싱 요소들에 연결되는 회로를 포함한다.

*대 표 도* - 도1



(52) CPC특허분류
*G01R 33/0005* (2013.01)
*G01R 33/0011* (2013.01)
*G01R 33/0017* (2013.01)
*G01R 33/025* (2021.05)
*G01R 33/06* (2021.05)
*H01F 5/04* (2013.01)
*H03K 17/9525* (2013.01)
(72) 발명자
**판네티에르-르쾨르, 미리암**
프랑스 91440 뷔르 쉬르 이베트 뤼 드 라 무투아리테 41
**카두간, 브라이언**
미국 03110 뉴햄프셔주 베드포드 그레이프바인 로드 61

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

자기장 센서에 있어서,

AC 코일 구동 신호에 반응하는 적어도 하나의 코일;

센싱 요소 구동 신호에 반응하고, 상기 적어도 하나의 코일에 근접하여 위치하는 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들; 및

각각의 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들에 대한 도전성 타겟의 거리 사이의 차이를 나타내는 상기 자기장 센서의 출력 신호를 발생시키도록 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들에 연결되는 회로를 포함하며,

상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 적어도 하나의 코일의 갭(gap)과 정렬되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 적어도 하나의 코일에 의해 발생되는 직접 결합 자기장(directly coupled magnetic field) 및 상기 도전성 타겟에 의해 반사되는 반사 자기장(reflected magnetic field)을 검출하도록 구성되며, 상기 적어도 하나의 코일 및 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들의 구성은 상기 직접 결합 자기장을 위한 소정의 레벨을 구현하기 위해 선택되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 코일 및 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들의 구성은 상기 직접 결합 자기장을 위한 소정의 레벨을 최소화하도록 선택되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 코일은 한 쌍의 코일들을 포함하며, 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들은 상기 한 쌍의 코일들 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 코일은 단일의 코일을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 코일은 제1 방향으로의 전류 흐름을 가지도록 구성되는 제1 부분 및 제2 방향으로의 전류 흐름을 가지도록 구성되는 제2 부분을 포함하며, 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 적어도 하나의 코일의 제1 부분 상부에 배치되고, 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 적어도 하나의 코일의 제2 부분 상부에 배치되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

### 청구항 7

삭제

### 청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 코일은 제1 복수의 루프(loop)들 및 상기 제1 복수의 루프들로부터 갭에 의해 이격되는 제2 복수의 루프들을 포함하며, 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나

는 상기 갭과 정렬되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 9**

제 1 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 코일은 적어도 둘의 층들을 포함하며, 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 적어도 하나의 코일의 적어도 둘의 층들 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서, 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들은 적어도 하나의 브리지를 형성하도록 전기적으로 연결되는 적어도 넷의 자기장 센싱 요소들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 11**

제 1 항에 있어서, 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들은 적어도 둘의 브리지들을 형성하도록 전기적으로 연결되는 적어도 여덟의 자기장 센싱 요소들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 12**

제 1 항에 있어서, 상기 도전성 타겟은 압력 민감성 요소(pressure susceptible element)를 포함하며, 상기 출력 신호는 상기 압력 민감성 요소와 연관된 압력을 더 나타내는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 13**

제 1 항에 있어서, 상기 AC 코일 구동 신호는 제1 주파수를 가지며, 상기 센싱 요소 구동 신호는 제2 주파수를 가지는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 14**

제 13 항에 있어서, 상기 AC 코일 구동 신호의 제1 주파수는 적어도 부분적으로 상기 도전성 타겟과 연관된 표피 효과(skin effect)에 기초하여 선택되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 15**

제 13 항에 있어서, 상기 AC 코일 구동 신호 및 상기 센싱 요소 구동 신호는 공통 소스에 의해 제공되며, 상기 AC 코일 구동 신호의 제1 주파수 및 상기 센싱 요소 구동 신호의 제2 주파수는 동일한 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 16**

제 15 항에 있어서, 상기 제1 주파수 및 상기 제2 주파수는 교란을 검출하도록 제1 주파수 값으로부터 제2 주파수 값까지 상기 제1 주파수를 변화시키는 것 및 상기 제1 주파수 값과 연관된 상기 출력 신호와 상기 제2 주파수 값과 연관된 상기 출력 신호를 비교하는 것에 대응하여 선택되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 17**

제 13 항에 있어서, 상기 AC 코일 구동 신호 및 센싱 요소 구동 신호는 독립적인 소스들에 의해 제공되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 18**

제 17 항에 있어서, 상기 센싱 요소 구동 신호의 제2 주파수는 DC인 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 19**

제 17 항에 있어서, 상기 AC 코일 구동 신호의 제1 주파수는 교란을 검출하도록 제1 주파수 값으로부터 제2 주파수 값까지 상기 제1 주파수를 변화시키는 것 및 상기 제1 주파수 값과 연관된 상기 출력 신호와 상기 제2 주파수 값과 연관된 상기 출력 신호를 비교하는 것에 대응하여 선택되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 20**

제 1 항에 있어서, 상기 회로는 저역 통과 필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 21**

제 1 항에 있어서, 상기 회로는 온도 센서 및 물질 유형 선택기(material type selector)에 반응하는 온도 보상기(temperature compensator)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 22**

제 1 항에 있어서, 상기 회로는 선형화 모듈(linearization module)을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 23**

제 1 항에 있어서, 상기 AC 코일 구동 신호는 제1 위상을 가지며, 각각의 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들은 각각의 자기장 신호를 발생시키고, 상기 자기장 센서는 제2 위상을 가지는 제2 AC 코일 구동 신호에 의해 구동되고 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들에 인접하여 배치되는 적어도 하나의 피드백 코일을 더 포함하며, 상기 회로는 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들에 의해 발생되는 상기 자기장 신호들을 위한 소정의 레벨을 구현하기 위해 상기 제2 AC 코일 구동 신호를 조정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 24**

제 23 항에 있어서, 상기 제2 AC 코일 구동 신호를 검출하며, 상기 검출된 제2 AC 코일 구동 신호에 기초하여 상기 자기장 센서의 상기 출력 신호를 제공하는 전류 검출 회로를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 25**

제 23 항에 있어서, 상기 AC 코일 구동 신호는 제1 위상을 가지며, 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 도전성 타겟에 반사되고 제2 위상을 가지는 반사 자기장을 검출하며, 상기 회로는 상기 자기장 신호를 복조하기 위해 상기 제1 위상 및 상기 제2 위상 사이의 차이에 반응하는 복조기(demodulator)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 26**

제 1 항에 있어서, 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들은 홀 효과(Hall effect) 요소, 거대 자기저항(GMR) 요소, 이방성 자기저항(AMR) 요소, 터널링 자기 저항(TMR) 요소, 또는 자기 터널 접합(MTJ) 요소 중의 하나 또는 그 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 27**

자기장 센서에 있어서,

기판을 포함하고;

상기 기판에 의해 지지되고, AC 코일 구동 신호에 반응하는 적어도 하나의 코일을 포함하며;

상기 적어도 하나의 코일에 대해 제1 위치에 배치되는 제1 세트의 적어도 둘의 자기장 센싱 요소들을 포함하고;

상기 적어도 하나의 코일에 대해 제2 위치에 배치되는 제2 세트의 적어도 둘의 자기장 센싱 요소들을 포함하며, 상기 제2 위치는 상기 제1 위치로부터 이격되고, 상기 제2 세트의 자기장 센싱 요소들은 브리지를 형성하도록 상기 제1 세트의 자기장 센싱 요소들에 전기적으로 연결되며;

상기 제1 세트의 자기장 센싱 요소들에 대한 도전성 타겟의 제1 거리 및 상기 제2 세트의 자기장 센싱 요소들에 대한 상기 도전성 타겟의 제2 거리 사이의 차이를 나타내는 출력 신호를 발생시키도록 상기 브리지에 연결되는 회로를 포함하며,

상기 제1 세트 및 상기 제2 세트의 적어도 둘의 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 적어도 하나의 코

일의 갭과 정렬되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

**청구항 28**

자기장 센서에 있어서,

AC 코일 구동 신호에 반응하는 적어도 하나의 코일;

센싱 요소 구동 신호에 반응하고, 상기 적어도 하나의 코일에 근접하여 위치하는 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들; 및

각각의 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들에 대한 도전성 타겟의 거리 사이의 차이를 나타내는 상기 자기장 센서의 출력 신호를 발생시키기 위한 수단을 포함하며,

상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 적어도 하나의 코일의 갭과 정렬되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 자기장 검출에 관한 것이며, 보다 상세하게는 반사 자기장을 발생시키기 위한 자성 타겟으로부터의 반사 자기장의 검출에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0002] 자기장 센서들은 흔히 강자성 타겟을 검출하는 데 이용된다. 이들은 종종 상기 타겟의 동작이나 위치를 검출하기 위한 센서들로서 동작한다. 이러한 센서들은 로봇 공학, 자동차, 제조 등을 포함하는 기술의 많은 영역들에서 매우 흔하다. 예를 들면, 자기장 센서는 차량의 휠이 록업될 때에 상기 차량의 컨트롤 프로세서가 잠김 방지 브레이크 시스템을 결속하도록 작동시키는 것을 검출하는 데 이용될 수 있다. 이러한 예에서, 상기 자기장 센서는 상기 휠의 회전을 검출할 수 있다. 자기장 센서는 또한 물체까지의 거리를 검출할 수 있다. 예를 들면, 자기장 센서는 유압 피스톤의 위치를 검출하는 데 이용될 수 있다.

## *발명의 내용*

### *해결하려는 과제*

[0003] 본 발명은 반사 자기장을 발생시키기 위한 자성 타겟으로부터의 반사 자기장의 검출을 제공한다.

### *과제의 해결 수단*

[0004] 일 실시예에서, 자기장 센서는 AC 코일 구동 신호에 반응하는 적어도 하나의 코일; 센싱 요소 구동 신호에 반응하고, 상기 적어도 하나의 코일에 근접하여 위치하는 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들; 그리고 각각의 상기 적어도 둘의 이격된 자기장 센싱 요소들에 대한 도전성 타겟의 거리 사이의 차이를 나타내는 상기 자기장 센서의 출력 신호를 발생시키도록 상기 적어도 둘의 자기장 센싱 요소들에 연결되는 회로를 포함한다.

[0005] 다음 특징들의 하나 또는 그 이상이 포함될 수 있다.

[0006] 상기 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 적어도 하나의 코일에 의해 발생되는 직접 결합 자기장(directly coupled magnetic field) 및 상기 도전성 타겟에 의해 반사되는 반사 자기장(reflected magnetic field)을 검출하도록 구성될 수 있으며, 여기서 상기 적어도 하나의 코일 및 상기 적어도 둘의 자기장 센싱 요소들의 구성은 상기 직접 결합 자기장을 위한 소정의 레벨을 구현하도록 선택된다.

[0007] 상기 적어도 하나의 코일 및 상기 적어도 둘의 자기장 센싱 요소들의 구성은 상기 직접 결합 자기장을 위한 소정의 레벨을 최소화하도록 선택될 수 있다.

[0008] 상기 적어도 하나의 코일은 한 쌍의 코일들을 포함할 수 있으며, 여기서 상기 적어도 둘의 자기장 센싱 요소들은 상기 코일들 사이에 배치될 수 있다.

[0009] 상기 적어도 하나의 코일은 단일의 코일을 포함할 수 있다.

[0010] 상기 적어도 하나의 코일은 제1 방향으로의 전류 흐름을 가지도록 구성되는 제1 부분 및 제2 방향으로의 전류 흐름을 가지도록 구성되는 제2 부분을 포함할 수 있으며, 여기서 상기 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 적어도 하나의 코일의 제1 부분 상부에 배치되고, 상기 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 적어도 하나의 코일의 제2 부분 상부에 배치된다.

[0011] 상기 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 적어도 하나의 코일의 갭(gap)과 정렬될 수 있다.

[0012] 적어도 하나의 코일은 제1 복수의 루프(loop)들 및 상기 복수의 루프들로부터 갭에 의해 이격되는 제2 복수의 루프들을 포함할 수 있으며, 여기서 상기 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 갭과 정렬된다.

[0013] 적어도 하나의 코일은 적어도 둘의 층들을 포함할 수 있으며, 여기서 상기 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 적어도 하나의 코일의 적어도 둘의 층들 사이에 배치된다.

[0014] 상기 자기장 센싱 요소들은 적어도 하나의 브리지를 형성하도록 전기적으로 연결되는 적어도 넷의 자기장 센싱 요소들을 포함할 수 있다.

[0015] 상기 자기장 센싱 요소들은 적어도 둘의 브리지들을 형성하도록 전기적으로 연결되는 적어도 여덟의 자기장 센싱 요소들을 포함할 수 있다.

[0016] 상기 도전성 타겟은 압력 민감성 요소(pressure susceptible element)를 포함할 수 있으며, 상기 출력 신호는 상기 압력 민감성 요소와 연관된 압력을 더 나타낸다.

[0017] 상기 AC 코일 구동 신호는 제1 주파수를 포함할 수 있고, 상기 센싱 요소 구동 신호는 제2 주파수를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 AC 코일 구동 신호의 제1 주파수는 적어도 부분적으로 상기 도전성 타겟과 연관된 표피 효과(skin effect)에 기초하여 선택될 수 있다.

[0019] 상기 AC 코일 구동 신호 및 상기 센싱 요소 구동 신호는 공통 소스에 의해 제공될 수 있으며, 여기서 상기 AC 코일 구동 신호의 제1 주파수 및 상기 센싱 요소 구동 신호의 제2 주파수는 실질적으로 동일하다.

[0020] 상기 제1 주파수 및 상기 제2 주파수는 교란을 검출하도록 제1 주파수 값으로부터 제2 주파수 값까지 상기 제1 주파수를 변화시키는 것 및 상기 제1 주파수 값과 연관된 상기 출력 신호와 상기 제2 주파수 값과 연관된 상기 출력 신호를 비교하는 것에 대응하여 선택될 수 있다.

[0021] 상기 AC 코일 구동 신호 및 상기 센싱 요소 구동 신호는 독립적인 소스들에 의해 제공될 수 있다.

[0022] 상기 센싱 요소 구동 신호의 제2 주파수는 대략 DC가 될 수 있다.

[0023] 상기 AC 코일 구동 신호의 제1 주파수는 교란을 검출하도록 제1 주파수 값으로부터 제2 주파수 값까지 상기 제1 주파수를 변화시키는 것 및 상기 제1 주파수 값과 연관된 상기 출력 신호와 상기 제2 주파수 값과 연관된 상기 출력 신호를 비교하는 것에 대응하여 선택될 수 있다.

[0024] 상기 회로는 저역 통과 필터를 포함할 수 있다.

[0025] 상기 회로는 온도 센서 및 물질 유형 선택기(material type selector)에 반응하는 온도 보상기(temperature compensator)를 포함할 수 있다.

[0026] 상기 회로는 선형화 모듈(linearization module)을 포함할 수 있다.

[0027] 상기 AC 코일 구동 신호는 제1 위상을 가질 수 있으며, 여기서 각각의 상기 적어도 둘의 자기장 센싱 요소들은 각각의 자기장 신호를 발생시키고, 상기 자기장 센서는 제2 위상을 가지는 제2 AC 코일 구동 신호에 의해 구동되고 상기 적어도 둘의 자기장 센싱 요소들에 인접하여 배치되는 적어도 하나의 피드백 코일을 더 포함하며, 상기 회로는 상기 적어도 둘의 자기장 센싱 요소들에 의해 발생되는 상기 자기장 신호들을 위한 소정의 레벨을 구현하기 위해 상기 제2 AC 코일 구동 신호를 조정하도록 구성된다.

[0028] 전류 검출 회로가 상기 제2 AC 코일 구동 신호를 검출하고, 상기 검출된 제2 AC 코일 구동 신호에 기초하여 상기 자기장 센서의 상기 출력 신호를 제공하도록 포함될 수 있다.

[0029] 상기 AC 코일 구동 신호는 제1 위상을 가질 수 있으며, 상기 자기장 센싱 요소들 중의 적어도 하나는 상기 도전성 타겟에 반사되고 제2 위상을 가지는 반사 자기장을 검출할 수 있으며, 상기 회로는 상기 자기장 신호를 복조

하기 위해 상기 제1 위상 및 상기 제2 위상 사이의 차이에 반응하는 복조기(demodulator)를 포함한다.

[0030] 상기 자기장 센싱 요소들은 홀 효과(Hall effect) 요소, 거대 자기저항(GMR) 요소, 이방성 자기저항(AMR) 요소, 터널링 자기저항(TMR) 요소, 또는 자기 터널 접합(MTJ) 요소 중의 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다.

[0031] 다른 실시예에서, 자기장 센서는 기판을 포함하고; 상기 기판에 의해 지지되고, AC 코일 구동 신호에 반응하는 적어도 하나의 코일을 포함하며; 상기 코일에 대해 제1 위치에 배치되는 제1 세트의 적어도 둘의 자기장 센싱 요소들을 포함하고; 상기 코일에 대해 제2 위치에 배치되는 제2 세트의 적어도 둘의 자기장 센싱 요소들을 포함하며, 상기 제2 위치는 상기 제1 위치로부터 이격되고, 상기 제2 세트의 자기장 센싱 요소들은 브리지를 형성하도록 상기 제1 세트의 자기장 센싱 요소들에 전기적으로 연결되며; 상기 제1 세트의 자기장 센싱 요소들에 대한 도전성 타겟의 제1 거리 및 상기 제2 세트의 자기장 센싱 요소들에 대한 상기 도전성 타겟의 제2 거리 사이의 차이를 나타내는 출력 신호를 발생시키도록 상기 브리지에 연결되는 회로를 포함한다.

## *도면의 간단한 설명*

[0032] 앞서의 특징들은 다음의 도면들의 설명으로부터 보다 상세하게 이해될 수 있을 것이다. 도면들은 본 발명에서 개시되는 기술을 설명하고 이해하는 데 기여한다. 모든 가능한 실시예들을 예시하고 설명하는 것은 흔히 현실적이지 않거나 가능하지 않기 때문에, 제공되는 도면들은 실시예들의 하나 또는 그 이상의 예들을 도시한다. 이에 따라, 첨부된 도면들이 본 발명의 범주를 제한하도록 의도되는 것은 아니다. 도면들에서 동일한 부호들은 동일한 요소들을 나타낸다.

도 1은 타겟을 감지하기 위한 시스템의 블록도이다.

도 2는 타겟을 감지하기 위한 시스템의 등각 투영도이다.

도 2a는 도 2의 시스템의 단면도를 나타낸다.

도 3은 타겟을 감지하기 위한 코일 및 자기저항(MR) 요소들의 개략적인 도면이다.

도 3a는 본드 패드들을 포함하는 타겟을 감지하기 위한 코일 및 MR 요소들의 실시예의 개략적인 도면이다.

도 3b는 타겟을 감지하기 위한 코일 및 MR 요소들의 실시예의 개략적인 도면이다.

도 4는 타겟을 감지하기 위한 시스템의 단면도이다.

도 5는 타겟을 감지하기 위한 코일 및 MR 요소들의 개략적인 도면이다.

도 5a는 타겟을 감지하기 위한 코일 및 MR 요소들의 실시예의 개략적인 도면이다.

도 5b는 리드 프레임을 포함하는 타겟을 감지하기 위한 코일 및 MR 요소들의 실시예의 개략적인 도면이다.

도 5c는 타겟을 감지하기 위한 코일 및 MR 요소들의 실시예의 개략적인 도면이다.

도 6은 타겟을 감지하기 위한 코일 및 MR 요소들의 실시예의 개략적인 도면이다.

도 7은 타겟을 감지하기 위한 코일들 및 MR 요소들의 단면도이다.

도 8은 압력 센서의 등각 투영도이다.

도 8a는 도 8의 압력 센서의 실시예들의 등각 투영도이다.

도 9는 기판들을 포함하는 압력 센서의 실시예의 단면도이다.

도 10은 자성 타겟을 감지하기 위한 회로의 블록도이다.

도 10a는 자성 타겟을 감지하기 위한 회로의 실시예의 블록도이다.

도 11은 자성 타겟을 감지하기 위한 회로의 실시예의 블록도이다.

도 11a는 자성 타겟을 감지하기 위한 회로의 실시예의 블록도이다.

도 11b는 자성 타겟을 감지하기 위한 회로의 실시예의 블록도이다.

도 11c는 자성 타겟을 감지하기 위한 회로의 실시예의 블록도이다.

도 11d는 자성 타겟을 감지하기 위한 회로의 실시예의 블록도이다.

도 11e는 자성 타겟을 감지하기 위한 회로의 실시예의 블록도이다.

도 11f는 자성 타겟을 감지하기 위한 회로의 실시예의 블록도이다.

도 12는 감도 검출을 구비하는 시스템을 위한 출력 신호를 나타내는 도면이다.

도 12a는 감도 검출을 구비하는 자기장 검출 회로의 블록도이다.

도 12b는 감도 검출을 구비하는 자기장 검출 회로의 실시예의 블록도이다.

도 12c는 감도 검출을 구비하는 자기장 검출 회로의 실시예의 블록도이다.

도 13은 코일 및 MR 요소들을 포함하는 감도 검출을 구비하는 자기장 검출 회로의 실시예의 블록도이다.

도 13a는 카운터코일들 및 트레이스들 사이의 갭들을 가지는 코일의 실시예의 개략적인 도면이다.

도 13b는 감도 검출을 구비하는 자기장 검출 회로의 실시예의 블록도이다.

도 14는 자기장 센서 및 변화되는 두께의 물질을 갖는 자성 타겟의 측면도이다.

도 14a는 자기장 센서 및 변화되는 두께의 물질을 갖는 자성 타겟의 측면도이다.

도 14b는 자기장 센서 및 변화되는 두께의 물질을 갖는 자성 타겟의 측면도이다.

도 15는 자기장 센서 및 다중의 두께들을 구비하는 물질을 갖는 자성 타겟의 측면도이다.

도 15a는 자기장 센서 및 다중의 두께들을 구비하는 물질을 갖는 자성 타겟의 측면도이다.

도 15b는 자기장 센서 및 다중의 두께들을 구비하는 물질을 갖는 자성 타겟의 측면도이다.

도 15c는 자기장 센서 및 다중의 두께들을 구비하는 물질을 갖는 자성 타겟의 측면도이다.

도 16은 자기장 센서 및 경사 평면을 갖는 자성 타겟의 측면도이다.

도 16a는 자기장 센서 및 경사 평면을 갖는 자성 타겟의 측면도이다.

도 17은 리드 와이어들에 의해 연결되는 기판 및 리드 프레임의 측면도이다.

도 17a는 솔더 범프들에 의해 연결되는 기판 및 리드 프레임의 측면도이다.

도 18은 하나 또는 그 이상의 코일들을 포함하는 이중 다이 패키지의 개략적인 도면이다.

도 18a는 하나 또는 그 이상의 코일들을 포함하는 이중 다이 패키지의 개략적인 도면이다.

도 19는 하나 또는 그 이상의 코일들을 포함하는 다중 다이 패키지의 개략적인 도면이다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0033] 여기에 사용되는 바에 있어서, "자기장 센싱 요소(magnetic field sensing element)"라는 용어는 자기장을 감지할 수 있는 다양한 전자 요소들을 기술하는 데 사용된다. 상기 자기장 센싱 요소는, 이에 한정되는 것은 아니지만, 홀 효과(Hall Effect) 요소, 자기저항(magnetoresistance: MR) 요소, 또는 자기트랜지스터(magnetotransistor)가 될 수 있다. 알려진 바와 같이, 다른 유형들의 홀 효과 요소들, 예를 들면, 평면형 홀(planar Hall) 요소, 수직형 홀(vertical Hall) 요소 및 원형 수직 홀(circular vertical Hall: CVH) 요소가 존재한다. 또한 알려진 바와 같이, 다른 유형들의 자기저항 요소들, 예를 들면, 안티몬화인듐(InSb)과 같은 반도체 자기저항 요소, 거대 자기저항(GMR) 요소, 이방성 자기저항(AMR) 요소, 터널링 자기저항(TMR) 요소, 그리고 자기 터널 접합(MTJ) 요소가 존재한다. 상기 자기장 센싱 요소는 단일의 요소가 될 수 있거나, 선택적으로는 다양한 구성들, 예를 들어 하프 브리지 또는 풀(휘스톤(Wheatstone)) 브리지로 배열되는 둘 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 포함할 수 있다. 장치의 유형 및 다른 응용 요구 사항들에 따라, 상기 자기장 센싱 요소는 실리콘(Si)이나 게르마늄(Ge)과 같은 IV족 반도체 물질, 또는 갈륨-비소(GaAs) 혹은, 예를 들어, 안티몬화인듐(InSb)이나 인듐갈륨비소(InGaAs)와 같은 인듐 화합물과 같이 III-V족 반도체 물질로 이루어진 장치가 될 수 있다.

[0034] 알려진 바와 같이, 전술한 자기장 센싱 요소들의 일부는 상기 자기장 센싱 요소를 지지하는 기판에 대해 평행한 최대 감도의 축을 가지는 경향이 있고, 전술한 자기장 센싱 요소들의 다른 것들은 상기 자기장 센싱 요소를 지지하는 기판에 대해 직교하는 최대 감도의 축을 가지는 경향이 있다. 특히, 평면형 홀 요소들은 기판에 대해 직

교하는 감도의 축들을 가지는 경향이 있는 반면, 금속계 또는 금속성 자기저항 요소들(예를 들어, MR, TMR, AMR)과 수직형 홀 요소들은 기판에 대해 평행한 감도의 축들을 가지는 경향이 있다.

[0035] 여기에 사용되는 바에 있어서, "자기장 센서(magnetic field sensor)"라는 용어는 대체로 다른 회로들과 결합하여 자기장 센싱 요소를 사용하는 회로를 기술하는 데 사용된다. 자기장 센서들은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 자기장의 방향의 각도를 감지하는 각도 센서, 전류를 운반하는 도체에 의해 운반되는 전류에 의해 발생되는 자기장을 감지하는 전류 센서, 강자성 물체의 근접을 감지하는 자기 스위치, 상기 자기장 센서가 백-바이어스(back-biased)되거나 다른 자석과 결합되어 사용되는 경우에 통과하는 강자성 물품들, 예를 들면, 링 자석 또는 강자성 타겟(예를 들어, 기어 톱니들)의 자기 도메인들을 감지하는 회전 검출기, 그리고 자기장의 자기장 밀도를 감지하는 자기장 센서를 포함하는 다양한 응용들에 사용된다.

[0036] 여기에 사용되는 바에 있어서, "타겟(target)" 및 "자성 타겟(magnetic target)"이라는 용어들은 자기장 센서 또는 자기장 센싱 요소에 의해 감지되거나 검출되는 물체를 설명하는 데 사용된다. 상기 타겟은 상기 타겟, 예를 들면, 전기를 전도하는 금속성 타겟 내에 와전류(eddy current)들이 흐르게 하는 도전성 물질을 포함할 수 있다.

[0037] 도 1은 도전성 타겟(102)을 검출하기 위한 시스템(100)의 블록도이다. 타겟(102)은 다양한 실시예들에서 자성 또는 비자성이 될 수 있다. 시스템(100)은 하나 또는 그 이상의 자기저항(MR) 요소들(104) 및 MR 드라이버 회로(driver circuit)(106)를 포함한다. MR 드라이버 회로는 파워 서플라이 또는 MR 요소들(104)에 동력을 제공하는 다른 회로를 포함할 수 있다. 실시예들에서, MR 요소들(104)은 홀 효과 요소들 등과 같은 다른 유형의 자기장 센싱 요소들로 대체될 수 있다. MR 요소들(104)은 단일의 MR 요소 또는 다중의 MR 요소들을 포함할 수 있다. 상기 MR 요소들은 특정 실시예들에서 브리지 구성으로 배열될 수 있다.

[0038] 시스템(100)은 또한 하나 또는 그 이상의 코일들(108) 및 코일 드라이버 회로(110)를 포함할 수 있다. 코일들(108)은 전류가 상기 코일들(108)을 통해 흐를 때에 자기장을 발생시키도록 구성되는 전기 코일들, 권선들, 와이어들, 트레이스(trace)들 등이 될 수 있다. 실시예들에서, 코일들(108)은 둘 또는 그 이상 코일들을 포함하며, 각 도전성 트레이스는 반도체 기판, 유리 기판, 세라믹 기판, 또는 이들과 유사한 것과 같은 기판에 의해 지지된다. 다른 실시예들에서, 코일들(108)은 기판에 의해 지지되지 않을 수 있다. 예를 들면, 코일들(108)은 칩 패키지(chip package), 프레임(frame), PCB, 또는 코일의 트레이스들을 지지할 수 있는 다른 유형의 구조에 의해 지지될 수 있다. 다른 실시예들에서, 코일들(108)은 독립된 와이어가 될 수 있다. 즉, 별도의 지지 구조에 의해 지지되지 않을 수 있다.

[0039] 코일 드라이버(110)는 상기 자기장을 발생시키도록 코일들(108)에 전류를 공급하는 전력 회로이다. 일 실시예에서, 코일 드라이버(110)는 코일들(108)이 교번 자기장들(즉, 시간에 걸쳐 변화하는 자성 모멘트들을 가지는 자기장들)을 생성하도록 교류 전류를 생성할 수 있다. 코일 드라이버(110)는 상기 반도체 다이(die) 상에 전체적으로 또는 부분적으로 구현되는 회로가 될 수 있다.

[0040] 시스템(100)은 또한 MR 요소들(104)에 의해 검출되는 바와 같은 자기장을 나타낼 수 있는 MR 요소들(104)로부터의 신호(104a)를 수신하도록 연결되는 프로세서(112)를 포함할 수 있다. 프로세서(100)는 신호(104a)를 수신할 수 있으며, 타겟(102)의 위치, 속도, 방향 또는 다른 속성을 결정하기 위해 이를 이용할 수 있다.

[0041] MR 요소들(104) 및 코일들(108)은 기판(114) 상에 위치할 수 있다. 기판(114)은 실리콘 기판, 칩 패키지, PCB 또는 다른 유형의 기판 수준의 기판들과 같은 반도체 기판들이나, MR 요소들(104) 및 코일들(108)을 지지할 수 있는 임의의 유형의 플랫폼을 포함할 수 있다. 기판(114)은 단일 기판 또는 다중 기판들뿐만 아니라 단일 형태의 기판 또는 다중 형태의 기판들을 포함할 수 있다.

[0042] 동작 시에, MR 드라이버(106)는 MR 요소들(104)에 전력을 제공하며, 코일 드라이버(110)는 코일들(108)에 전류를 제공한다. 반응 시에, 코일들(108)은 검출된 자기장을 나타내는 신호(104a)를 생성하는 MR 요소들(104)에 의해 검출될 수 있는 자기장을 생성할 수 있다.

[0043] 타겟(102)이 상기 자기장에 관하여 이동하면서, 상기 자기장을 통한 그 위치 및 이동이 상기 자기장을 변화시킨다. 반응 시에, MR 요소들(104)에 의해 생성되는 신호(104a)가 변화된다. 프로세서(112)는 신호(104a)를 수신하고, 타겟(102)의 위치, 이동, 또는 다른 특성들을 결정하도록 상기 신호의 변화들(및/또는 상태)을 처리한다. 일 실시예에서, 시스템(100)은 축(116)을 따른 타겟(102)의 이동이나 위치를 검출할 수 있다. 다시 말하면, 시스템(100)은 타겟(102)이 MR 요소들(104) 및 코일들(108)을 향하여 이동하거나 이들로부터 멀어지게 이동함에 따라 MR 요소들(104)에 근접하는 타겟(102)의 위치를 검출할 수 있다. 시스템(102)은 또한 타겟(102)의 다른 형

태들의 위치나 이동을 검출할 수 있다.

[0044] 도 2를 이제 참조하면, 시스템(200)은 시스템(100)과 동일하거나 유사할 수 있다. 기판(202)은 기판(114)과 동일하거나 유사할 수 있으며, 코일(204), 코일(206) 및 MR 요소(208)를 지지할 수 있다. 비록 하나의 MR 요소가 도시되지만, MR 요소(208)는 시스템(200)의 실시예에 따라 둘 또는 그 이상 MR 요소들을 포함할 수 있다. 타겟(203)은 타겟(102)과 동일하거나 유사할 수 있다.

[0045] 비록 도시되지 않지만, MR 드라이버 회로(106)는 MR 요소(208)에 전류를 제공할 수 있고, 코일 드라이버 회로(110)는 코일들(204, 206)에 전류를 제공할 수 있다.

[0046] 코일(204, 206)은 상기 전류가 화살표(208)(코일(204) 내의 시계 방향의 전류를 나타냄) 및 화살표(210)(코일(206) 내의 반시계 방향의 전류를 나타냄)로 도시한 바와 같이 대향하는 방향들로 코일들(204, 206)을 통해 흐르도록 배열될 수 있다. 그 결과, 코일(204)은 화살표(212)로 나타낸 바와 같이 음의 Z 방향(즉, 도 2에서 아래)으로 자기 모멘트를 가지는 자기장을 생성할 수 있다. 유사하게, 코일(206)은 화살표(214)로 나타낸 바와 같이 대향하는 방향인 양의 Z 방향으로 자기 모멘트를 가지는 자기장을 생성할 수 있다. 양 코일들에 의해 생성되는 총 자기장(211)은 자기장 라인들(211)로 도시되는 경우와 유사한 형상을 가질 수 있다. 코일들(204, 206)이 상기 코일들을 통한 전류가 대향하는 방향들로 흐르도록 각기 감겨진 단일 코일 구조로 형성될 수 있는 점이 이해될 것이다. 선택적으로는, 코일들(204, 206)은 별도의 코일 구조들로 형성될 수 있다.

[0047] 일 실시예에서, MR 요소(208)는 코일들(204, 206) 사이에 배치될 수 있다. 이러한 배치에서, 코일들(204, 206)에 의해 생성되는 자기장들 이외의 임의의 다른 자기장들의 부존재에서, MR 요소(208)에서의 순(net) 자기장은 영(zero)이 될 수 있다. 예를 들면, 상기 코일(204)에 의해 생성되는 자기장의 음의 Z 성분이 상기 코일(206)에 의해 생성되는 자기장의 양의 Z 성분으로 상쇄될 수 있으며, 상기 기판(202) 상부에 도시된 자기장의 음의 X 성분이 상기 기판(202) 아래에 도시된 자기장의 양의 X 성분으로 상쇄될 수 있다. 다른 실시예들에서, 추가적인 코일들이 기판(202)에 추가될 수 있으며, 상기 MR 요소(208)에서의 순 자기장이 실질적으로 영이 되도록 배열될 수 있다.

[0048] MR 요소(208)의 위치에서 실질적으로 영의 자기장을 구현하기 위해, 코일(204)과 코일(206)은 상기 코일들을 통한 전류가 실질적으로 동일한 평면 내에서 원형의 패턴들로 흐르도록 배치될 수 있다. 예를 들면, 상기 코일들(204, 206)을 통한 전류는 상기 코일들을 통해 원형의 패턴들로 흐른다. 도시한 바와 같이, 이들 원형의 패턴들은 서로에 대해서 및 기판(202)의 상부 표면(216)과 실질적으로 동일 평면상에 있다.

[0049] 전술한 바와 같이, 코일 드라이버(110)는 교번 자기장을 생성할 수 있다. 이러한 배치에서, 상기 자기장 라인들(211)로 도시된 자기장은 시간에 걸쳐 방향과 크기가 변화될 수 있다. 그러나 이들 변화들 동안에, 상기 MR 요소(208)의 위치에서의 자기장은 실질적으로 영으로 남을 수 있다.

[0050] 동작 시에, 타겟(203)이 MR 요소(208)를 향하고 이로부터 멀어지게(즉, 상기 양의 및 음의 Z 방향으로) 이동함에 따라, 자기장(211)은 와전류들이 타겟(203) 내로 흐르게 할 것이다. 이들 와전류들은 그들 자신들의 자기장들을 생성할 것이고, 이는 상기 MR 요소(208)의 평면 내에서 영이 아닌 자기장을 생성할 것이며, 영이 아닌 자기장은 타겟(203)의 동작이나 위치를 검출하기 위해 감지될 수 있다.

[0051] 도 2a를 참조하면, Y 방향으로의 라인(218)에서 바라볼 경우에 시스템(200)의 단면도(250)는 상기 타겟(203) 내의 와전류들을 예시한다. 기호 'x'는 도면 속으로 흐르는 전류를 나타내고, 기호 '•'는 도면 밖으로 흐르는 전류를 나타낸다. 전술한 바와 같이, 상기 코일들(204, 206)을 통한 전류는 자기장(211)의 교번 강도를 가져올 수 있는 교류 전류가 될 수 있다. 실시예들에서, 상기 코일(204)을 통한 교류 전류의 위상은 자기장(211)이 교번 또는 주기적 자기장이 되도록 상기 코일(206)을 통한 교류 전류의 위상과 정합된다.

[0052] 교번 자기장(211)은 자성 타겟(203) 내에 반사(reflected) 와전류들(240, 242)을 생성할 수 있다. 와전류들(240, 242)은 각기 상기 코일들(204, 206)을 통해 흐르는 전류에 대해 대향하는 방향이 될 수 있다. 도시한 바와 같이, 와전류(246)는 도면 밖으로 흐르고, 와전류(248)는 도면 속으로 흐르는 반면, 코일 전류(251)는 도면 속으로 흐르고, 전류(252)는 도면 밖으로 흐른다. 또한, 도시한 바와 같이, 상기 와전류(242)의 방향은 상기 코일(206)을 통한 전류의 방향과 반대이다.

[0053] 와전류들(240, 242)은 자기장(211)과 반대의 방향을 가지는 반사 자기장(reflected magnetic field)(254)을 형성한다. 전술한 바와 같이, MR 요소(208)는 자기장(211)으로 인하여 영의 순 자기장을 검출한다. 그러나, MR 요소(208)는 상기 반사 자기장(254)의 존재에서는 영이 아닌 자기장을 검출할 것이다. 자기장 라인(256)으로 예시

한 바와 같이, 상기 반사 자기장(254)의 값은 MR 요소(208)에서 영이 아니다.

[0054] 타겟(203)이 코일들(204, 206)에 보다 가깝게 이동하면서, 자기장(211)은 타겟(203) 내에 보다 강한 와전류들을 생성할 수 있다. 그 결과, 자기장(254)의 강도가 변화될 수 있다. 도 2a에서, 예를 들면, 코일들(204, 206)에 대한 타겟(203)의 보다 가까운 근접으로 인하여 자기장(211')(도 2a의 오른쪽 패널 내)은 자기장(211)보다 강한 자기장을 나타낼 수 있다. 따라서 와전류들(240', 242')은 와전류들(240, 242)보다 강한 전류들이 될 수 있으며, 자기장(254')은 자기장(254)보다 강한 자기장이 될 수 있다. 이러한 현상은 MR 요소(208)가 타겟(203)이 코일들(204, 206)에 보다 가까울 때에 보다 강한 자기장(즉, 자기장(254'))을 검출하고, 타겟(203)이 코일들(204, 206)로부터 보다 멀 때에 보다 약한 자기장(즉, 자기장(254))을 검출하는 결과를 가져올 수 있다.

[0055] 또한, 와전류들(240', 242')은 대체로 타겟(203)의 표면상이나 부근에서 일어난다. 이에 따라, 타겟(203)이 MR 요소(208)에 보다 가까이 이동하면서, 상기 자기장의 소스가 MR 요소(208)에 보다 가깝기 때문에 MR 요소(208)는 상기 와전류들로부터 보다 강한 자기장을 겪을 수 있다.

[0056] 도 3은 코일들(302, 304) 및 MR 요소들(306, 308)을 포함하는 회로(300)의 개략적인 도면이다. 코일들(302, 304)은 코일들(204, 206)과 동일하거나 유사할 수 있으며, MR 요소들(306, 308)은 각기 MR 요소(208)와 동일하거나 유사할 수 있다.

[0057] 일 실시예에서, 코일들(302, 304) 및 MR 요소들(306, 308)은 기판에 의해 지지될 수 있다. 예를 들면, 코일들(302, 304)은 기판에 의해 지지되는 도전성 트레이스들을 포함할 수 있고, MR 요소들(306, 308)은 상기 기판 내에 또는 표면상에 형성될 수 있다.

[0058] 일 실시예에서, 코일들(302, 304)은 전류를 운반하는 단일의 도전성 트레이스를 포함할 수 있다. 상기 코일(302)을 형성하는 트레이스의 일부는 상기 코일(304)을 형성하는 트레이스의 일부에 대향하는 방향으로 루프(loop) 또는 나선형이 될 수 있으므로, 각 코일을 통한 와전류는 동등하며, 대향하는 방향들로 흐른다. 다른 실시예들에서, 다중의 트레이스들이 사용될 수 있다.

[0059] 코일들(302, 304)은 MR 요소들(308, 306)을 중간에 두고 MR 요소들(306, 308)의 대향하는 측부들 상에 대칭으로 위치한다. 이는 MR 요소들(306, 308)이 상기 코일들(302, 304)에 의해 생성되는 자기장의 중심에 있는 결과를 가져올 수 있으므로, 임의의 다른 자극의 부존재에서, 코일들(302, 304)에 의해 생성되는 자기장들(여기서는 직접 결합 자기장(directly coupled magnetic field)으로 언급됨)의 결과로서 상기 MR 요소들(306, 308)에 의해 검출되는 자기장은 실질적으로 영이 된다.

[0060] 도 3a는 도 1의 시스템(100)과 동일하거나 유사할 수 있는 자기장 검출 회로(300')의 실시예의 개략적인 도면이다. 코일들(302, 304)은 상술한 바와 같이 기판에 의해 지지될 수 있다. 회로(300')는 브리지 구성(318)으로 연결될 수 있는 네 개의 MR 요소들(310, 312, 314, 316)을 포함할 수 있다. 실시예들에서, 브리지(318)는 신호들(318a, 318b)로 구성되는 차동 출력을 생성할 수 있다.

[0061] 상기 MR 요소들을 브리지로 배열하는 것은, 특정 실시예들에서, 상기 자기장 센서의 감도를 증가시킬 수 있다. 일 실시예에서, 타겟이 상기 회로(300')에 대해 이동할 수 있으므로, 상기 타겟이 상기 회로에 접근함에 따라 이는 주로 MR 요소들(310, 312)을 향해 이동하지만, MR 요소들(314, 316)을 향해 이동하지는 않는다. 이러한 구성으로써, 상기 MR 요소들(310, 312)의 저항이 변화될 수 있고, 상기 MR 요소들(314, 316)의 저항은 상기 타겟이 상기 MR 요소들에 접근하고 이들로부터 물러남에 따라 상대적으로 일정하게 남을 수 있다. 예를 들면, 상기 타겟이 접근함에 따라 상기 MR 요소들(310, 312)의 저항이 감소하고, MR 요소들(314, 316)의 저항이 증가하도록 MR 요소들이 배치될 경우, 상기 타겟이 접근함에 따라 신호(318a)는 감소될 것이고, 신호(318b)는 증가될 것이다. 상기 MR 요소들(및 상기 차동 신호들(318a, 318b))의 반대되는 반응은 상기 차동 신호를 수신하는 프로세서가 임의의 공통 모드 노이즈를 무시하게 하면서도 상기 자기장 검출 회로의 감도를 증가시킬 수 있다.

[0062] 실시예들에서, MR 요소들(310-316)을 브리지로 배열하는 것은 레지스터(resistor)들의 세트에 걸친 상기 타겟의 위치의 차이의 검출 및/또는 상기 브리지 출력들 사이의 위상 차이의 검출을 가능하게 할 수 있다. 이는, 예를 들면, 타겟의 기울어짐이나 변형을 검출하는 데 활용될 수 있다.

[0063] 회로(300')는 또한 접근될 수 있고, 칩 패키지(도시되지 않음)에 대해 외부에서 연결들을 형성할 수 있는 다중의 리드들(322)을 가지는 본드 패드(bond pad)들(320)을 포함할 수 있다. 리드 와이어들 또는 도전성 트레이스들(324)은 MR 요소들(310, 312, 314, 316)을 외부 리드들 또는 패드들(322)에 연결할 수 있으므로, 이들은, 예를 들면, MR 드라이버(106)와 같은 다른 회로들에 연결될 수 있다.

[0064] 도 3b를 참조하면, 회로(323)는 네 개의 코일들(324-330) 및 MR 요소들의 세 개의 열(row)들(332, 334, 336)을 포함한다. 회로(323)는 타겟의 장소 또는 동작을 검출하는 데 사용될 수 있다.

[0065] 상기 코일들은 교번하는 패턴들로 자기장들을 생성할 수 있다. 예를 들면, 코일(324)은 도면 속으로 들어가는 자기장을 생성할 수 있고, 코일(326)은 도면 바깥으로 나오는 자기장을 생성할 수 있으며, 코일(328)은 도면 속으로 들어가는 자기장을 생성할 수 있고, 코일(330)은 도면 바깥으로 나오는 자기장을 생성할 수 있다. 그 결과, 코일들(324, 326, 328, 330)에 의해 생성되는 자기장들의 결과로서 상기 열들(332, 334, 336) 내의 MR 요소들에 의해 검출되는 자기장은 실질적으로 영이 될 수 있다.

[0066] 회로(323)는 또한 추가 코일들 및 추가 MR 요소들을 더하여 확장될 수 있다. 실시예들에서, 상기 추가 코일들은 상술한 바와 같이 교번하는 방향들을 갖는 자기장들을 생성하도록 구성될 수 있으며, 상기 코일들 사이의 상기 MR 요소들은 이들이 실질적으로 영이 되는 자기장을 검출하도록 배치될 수 있다.

[0067] 상기 열들(332, 334, 336) 내의 MR 요소들은 그리드(grid)를 형성할 수 있다. 타겟이 상기 그리드 상부로 이동하고, 상기 MR 요소들에 접근함에 따라, 상기 MR 요소들은 상기 코일들(324-330)에 의해 생성되는 자기장들의 결과로서 상기 타겟 내를 흐르는 상기 와전류들에 의해 생성되는 반사 자기장에 노출될 것이며, 이를 검출할 것이다. 예를 들면, 타겟이 MR 요소들(338, 340) 상부로 이동할 경우, 이들 MR 요소들은 상기 반사 자기장을 검출할 수 있고, 이와 동일한 것을 나타내는 출력 신호를 생성할 수 있다. 상기 MR 요소들로부터 상기 출력 신호들을 수신하는 프로세서는 이후에 MR 요소들(338, 340)의 상부 또는 부근으로서 상기 타겟의 위치를 확인할 수 있다. 상기 타겟이 이후에 MR 요소(342)에 가깝게 이동할 경우, MR 요소(342)는 상기 타겟으로부터 상기 반사 자기장을 검출할 것이며, 상기 타겟이 검출된 것을 나타내는 출력 신호를 생성할 것이다. 상기 출력 신호들을 수신하는 프로세서는 이후에 MR 요소(342)의 상부 또는 부근으로서 상기 타겟의 위치를 확인할 수 있다.

[0068] 단일의 큰 타겟이 상기 그리드(332, 334, 336)의 전방에 배치될 수 있다. 이후에, 각 MR 요소가 겪는 반사 자기장들의 차이는 상기 타겟 및 상기 그리드의 평면의 유사성의 맵핑(mapping)이 된다. 이는 또한 외부 제한의 함수로서 상기 타겟의 변형들을 맵핑하는 데 이용될 수 있다.

[0069] 도 4를 참조하면, 타겟(402)을 검출하기 위한 시스템(400)은 타겟(402)을 검출하도록 단일의 코일 및 MR 요소를 사용할 수 있다. MR 요소(404)는 코일(406)에 근접하게 배치될 수 있다. 일 실시예에서, MR 요소(404)는 코일(406)과 타겟(402) 사이에 배치될 수 있다. 다른 실시예들에서, 상기 코일(406)의 트레이스들은 MR 요소(404)와 타겟(402) 사이에 놓일 수 있다(도시되지 않음).

[0070] 상기 단일의 코일 구성에서, MR 요소(404)는 자성 타겟(402)의 부존재에서도 자기장을 겪을 수 있다. 자성 타겟(402)이 존재하지 않을 경우, 와전류가 존재하지 않을 것이며, 반사 자기장이 존재하지 않을 것이다. 그러나 MR 요소(404)가 단일의 코일(406)에 근접하게 배치되고 두 개의 대향하는 코일들 사이에 배치되지 않기 때문에, 이는 상기 코일(406)에 의해 생성되는 직접 결합 자기장(405)을 겪을 것이다.

[0071] 상기 타겟(402)의 존재는 반사 자기장을 가져올 수 있으며, 이러한 추가적인 자기장은 타겟(402)의 존재를 나타내도록 MR 요소(404)에 의해 검출될 수 있다. 예를 들면, 코일(406)을 통한 전류는 타겟(402) 내에 와전류들(전류들(408, 410)로 도시됨)을 생성할 수 있고, 이들은 반사 자기장(412)을 생성할 수 있다. 반사 자기장(412)은 MR 요소(404)가 겪는 자기장의 강도를 증가시킬 수 있다. 따라서 타겟(402)이 존재할 때, MR 요소(404)는 타겟(402)이 존재하지 않을 때 보다 강한 자기장을 검출할 수 있다.

[0072] 상기 타겟(402)의 근접은 또한 상기 MR 요소(404)에 의해 검출되는 반사 자기장의 강도를 증가시키거나 감소시킬 수 있다. 타겟(402)이 코일(406)에 보다 가깝게(또는 그 반대로) 이동함에 따라, 상기 와전류들(전류들(408', 410')로 도시됨)은 그 강도가 증가될 것이며, 이는 보다 큰 강도를 갖는 반사 자기장(412')을 생성할 것이다. 따라서 MR 요소(404)는 타겟(402)이 코일(406)에 보다 가깝게 이동함에 따라 보다 강한 자기장을 검출할 것이다.

[0073] 도 4에 도시한 실시예에서, MR 요소(404)는 코일(406)의 루프들에 인접하여 배치된다. 이는 반사 자기장(412)을 검출하도록 MR 요소(404)의 보다 큰 감도를 가져올 것이다. 그러나 상기 코일(406)에 의해 생성되는 자기장이 상기 MR 요소(404)의 위치에서 영이 아니기 때문에, MR 요소(404)는 또한 상기 반사 자기장뿐만 아니라, 상기 코일(406)에 의해 직접적으로 생성되는 자기장, 즉 "직접 결합(directly coupled)" 자기장을 검출할 것이다. 다양한 기술들이 상기 직접 결합 자기장에 대한 MR 요소(404)의 감도를 감소시키는 데 이용될 수 있다.

[0074] 도 5를 참조하면, 회로(500)는 코일(502) 및 코일(502)의 트레이스들의 상부 또는 아래에 배치되는 네 개의 MR

요소들(1-4)을 포함한다. 상기 MR 요소들은 브리지 구성(504)으로 연결될 수 있다. 상기 브리지 구성은 신호들(504a, 504b)로 구성되는 차동 출력을 제공할 수 있다.

[0075] 실시예들에서, 회로(500)는 타겟을 검출하기 위한 단일-코일 회로로 사용될 수 있다. 예를 들면, 타겟이 MR 요소들(1, 2)에 접근하면서 출력 신호(504a)가 변화될 수 있고, 상기 타겟이 MR 요소들(3, 4)에 접근하면서 출력 신호(504b)가 변화될 수 있다. MR 요소들(1-4)은 상기 타겟이 요소들(1-4)에 접근하면서 출력 신호(504a)는 그 값이 증가하고, 출력 신호(504b)는 그 값이 감소하거나, 그 반대가 되도록 배열될 수 있다. 예를 들면, 이러한 실시예들에서, 상기 요소들(1, 2) 부근의 상기 코일에 의해 생성되는 자기장은 상기 요소들(3, 4) 부근에서 상기 코일에 의해 생성되는 자기장에 비해 부호가 반대가 된다. 따라서 상기 반사 자기장들은 외부의 공통 자기장들로 인한 변화를 억제하면서 상기 반사 자기장에 대한 상기 브리지 차동 출력의 감도를 향상시키도록 방향이 반대가 된다.

[0076] 도 5a를 참조하면, 회로(500')는 전류가 화살표(508)로 도시한 방향으로 코일(506)을 통해 흐를 경우, 상기 전류가 시계 방향으로 코일 부분(510)을 통해 흐르고, 반시계 방향으로 카운터-루프(counter-loop) 코일 부분(512)을 통해 흐르도록 배열되는 코일(506)을 포함한다. 따라서 코일 부분들(510, 512)은 상술한 바와 같이 대향하는 방향을 가지는 국소 자기장들을 생성할 수 있다. MR 요소들(1-4)은 도시한 바와 같이 상기 타겟이 접근함에 따라 차동 신호를 제공하는 브리지를 형성하도록 배열될 수 있다. 상기 카운터-루프는 상기 코일에 의해 생성되고, 상기 MR 요소들에 의해 검출되는 상기 직접 결합 자기장을 감소시킬 수 있다. 예를 들면, 코일(506)에 의해 생성되는 자기장은 MR 요소들(1-4)에 의해 직접 검출될(예를 들어, 직접 결합될) 수 있다. 코일 부분들(510, 512)은 각기 상기 코일(506)에 의해 생성되는 자기장의 대향하는 방향으로 국소 자기장을 생성할 수 있다. 따라서 상기 국소 자기장들은 적어도 MR 요소들(1-4) 주위의 국소 영역에서 상기 코일(506)에 의해 생성되는 직접 결합 자기장을 (적어도 부분적으로)상쇄시킬 수 있다. 이는 MR 요소들(1-4)에 의해 검출되는 상기 직접 결합 자기장을 감소시키거나 제거할 수 있으므로, 상기 MR 요소들(1-4)에 의해 검출되는 자기장이 상기 타겟으로부터의 반사 자기장이 된다.

[0077] 실시예들에서, 상기 카운터-루프는 감도 검출을 제공하도록 반사 자기장 및 상기 코일의 직접 자기장을 측정하는 데 이용된다. 또한, 이러한 구성에서, MR 요소들(1-4)은 이들이 상기 주요 코일에 의해 생성되는 자기장을 보지 않도록 배치될 수 있다.

[0078] 실시예들에서, 상기 타겟은 MR 요소들(1, 3)에 인접하지만, MR 요소들(2, 4)에 인접하지 않게(또는 그 반대가 되게) 위치할 수 있다. MR 요소들(1-4)이 브리지 형성으로 배열될 경우, 상기 브리지의 차동 출력은, 예를 들면, 상기 타겟이 MR 요소들(1, 3)을 향하거나 이들로부터 멀어지게 이동함에 따라 변화될 수 있다.

[0079] 실시예들에서, 상기 타겟은 MR 요소들(1, 2)이 일 방향으로 상기 반사 자기장을 겪고(예를 들어, 상기 반사 자기장의 일측을 겪고), MR 요소들(3, 4)이 대향하는 방향으로 상기 반사 자기장을 겪도록(예를 들어, 상기 반사 자기장의 타측을 겪도록) 위치할 수 있다. 이러한 실시예에서, 상기 타겟이 상기 MR 요소들에 보다 가깝게 이동하면서, 차동 신호를 생성하도록 신호(504a)가 증가할 수 있고, 신호(504b)가 감소할 수 있다(또는 그 반대가 될 수 있다).

[0080] 도 5b를 참조하면, 회로(500")는 두 개의 MR 브리지들을 포함한다. MR 브리지(514)는 MR 요소들(1-4)을 포함하고, 신호들(514a, 514b)로 구성되는 차동 출력 신호를 생성하는 반면, MR 브리지(516)는 MR 요소들(508)을 포함하고, 신호들(516a, 516b)로 구성되는 차동 출력 신호를 생성한다. 타겟이 상기 MR 요소들(1-8)에 접근함에 따라, 상기 MR 브리지들(514, 516)의 출력 신호들은 상기 타겟의 존재 및 근접을 나타내도록 변화될 수 있다. 회로(500")는 또한 본드 패드들(518)을 구비하여 도시된다.

[0081] 일 실시예에서, 상기 타겟이 브리지(514)(MR 요소들 1-4)에 인접하여 위치할 수 있으므로, 상기 브리지(514)의 차동 출력이 상기 타겟이 브리지(514)에 보다 가깝게 또는 그로부터 더 멀리 이동함에 따라 영향을 받는다. 이러한 실시예에서, 상기 브리지(516)의 출력은 상기 타겟이 이동하면서 상대적으로 안정하게 남을 수 있다. 따라서 상기 브리지(516)의 출력은 기준으로 이용될 수 있다. 특히, 이러한 배치는 상기 검출되는 타겟이 상대적으로 브리지(514)에 가까워서, 상기 타겟의 이동이 브리지(514)에 보다 큰 영향을 미치고 브리지(516)에 보다 작거나 영의 영향을 미치는 상황들에서 동작할 수 있다.

[0082] 추가적으로 또는 선택적으로, 동일한 구성이 거리의 차이를 측정하는 데 이용될 수 있으며, 제1 거리는 큰 타겟 및 MR 요소들(1, 2, 3, 4)의 록(lock) 사이가 되고, 제2 거리는 대응되는 타겟과 MR 요소들(5, 6, 7, 8) 사이가 된다.

[0083] 추가적으로 또는 선택적으로, 도 5b의 동일한 구성이 상기 코일의 평면에 직교하는 평면을 따른 타겟의 센터링(centering) 및 상기 브리지들(514, 516) 사이에 동일한 거리에 위치하는 상기 라인(530)을 따른 상기 코일의 평면의 교차를 정확하게 결정하는 데 이용될 수 있다.

[0084] 도 5c를 참조하면, 회로(501)는 코일(520) 및 코일(520) 주위에 간격들로 배치되는 다중의 MR 요소들(522)을 포함한다. MR 요소들(522)은 도 3b에 도시되고 앞서 설명한 그리드와 유사한 그리드를 형성할 수 있다. 실시예들에서, MR 요소들(522)은 브리지 구성들로 연결될 수 있다. 다른 실시예들에서, MR 요소들(522)은 다른 MR 요소들을 공유하지 않는 개별적인 회로들(또는 그 일부)로 동작할 수 있다. 두 경우들에서, MR 요소들(522)은 타겟(및 그 반사 자기장)이 검출될 때에 신호를 생성할 수 있다. 프로세서는 이들 신호들을 수신할 수 있고, 상기 타겟의 장소, 위치, 속도, 유사성, 각도, 또는 다른 속성들을 계산할 수 있다.

[0085] 일 실시예에서, 회로(501)는 상기 코일에 대해 삼차원으로 상기 타겟의 위치를 검출하는 데 이용될 수 있다. 상기 MR 요소들이 코일(520)을 따라 평면 내에 위치하기 때문에, 이들은 그리드로 동작할 수 있다. 상기 타겟이 상기 MR 요소들 중의 하나(또는 그 이상)에 접근하면서, 이들은 상기 그리드의 이차원을 따라 상기 타겟의 배치를 결정하는 데 이용될 수 있는 출력 신호를 발생시킬 것이다. 또한, 상술한 바와 같이, 코일(520)과 상기 MR 요소들은 상기 코일 및 그리드의 이차원에 직교하는 방향(즉, 도면 속으로 및 도면 바깥으로의 방향)으로 상기 MR 요소들로부터의 거리를 검출하는 데 사용될 수 있다.

[0086] 도 6을 이제 참조하면, 타겟을 검출하기 위한 회로(600)는 코일(602) 및 하나 또는 그 이상의 MR 요소들(604, 606)을 포함할 수 있다. 코일(602)은 갭(gap)(612)으로 분리되는 두 개의 코일 부분들(608, 610)을 가질 수 있다. 실시예들에서, 상기 부분들(608, 610)을 통한 전류는 동일한 방향으로 흐른다. 예를 들면, 상기 부분(608)을 통한 전류가 상기 코일 주위를 시계 방향으로 흐를 경우, 상기 부분(610)을 통한 전류도 시계 방향으로 흐를 수 있다.

[0087] MR 요소들(604, 606)은 이들이 코일(602)의 트레이스들의 바로 위(또는 아래)에 있지 않도록 상기 갭 내에 배치될 수 있다. MR 요소들을 갭(612) 내에 배치하는 것은 코일(602)과 MR 요소들(604, 606) 사이의 용량 또는 유도 결합을 감소시킬 수 있다. 또한, 갭(612)은 상기 MR 요소들과 상기 타겟 사이의 거리보다 작은 폭(W)을 가질 수 있다. 상대적으로 작은 갭(612)의 결과로서, 상기 자기장을 생성하고 있는 부분들 사이에 어떤 갭도 없는 단일의 코일과 같이 상기 타겟 내에 유도되는 와전류들 및 결과적인 반사 자기장이 나타날 수 있다(즉, 상기 MR 요소들에 의해 검출될 수 있다).

[0088] 실시예들에서, MR 요소들을 갭(612) 내에 위치시키는 것은 상기 갭(612)에 의해 생성되는 직접 결합 자기장에 대한 상기 MR 요소들의 감도를 감소시킬 수 있으며, 이에 따라 상기 MR 요소들이 상기 반사 자기장에 대한 감도를 유지하게 할 수 있다.

[0089] 다른 실시예들에서, 코일(602)은 상기 트레이스들의 하나 또는 그 이상 내에 조그(jog)를 포함할 수 있다. MR 요소들(604, 606)은 상기 조그와 정렬될 수 있다.

[0090] 도 7은 코일(700)의 트레이스들 사이에 개재되는 MR 요소들(604, 606)을 가지는 회로의 단면도이다. 일 실시예에서, 코일(700)은 코일(602)과 동일하거나 유사할 수 있다. 코일 트레이스들(602a, 602b)은 기판(도시되지 않음)의 표면상에 위치할 수 있다. MR 요소들(604, 606)은 트레이스들(602a, 602b)이 MR 요소들(604, 606)과 상기 기판 사이에 위치하도록 최상부의 트레이스들(602a, 602b) 상에 배치될 수 있다. 트레이스들(614a, 614b)의 추가적인 층은 최상부의 MR 요소들(604, 606) 상에 위치할 수 있다. 트레이스들(602a, 602b, 614a, 614b)은 상기 트레이스들을 통해 흐르는 전류가 자기장을 유도하기 위해 원형 또는 나선형의 패턴으로 흐르도록 동일한 코일의 일부가 될 수 있다. MR 요소들(604, 606)을 상기 코일의 트레이스들 사이에 배치하는 것은 상기 코일에 의해 생성되는 직접 결합 자기장을 감소시킬 수 있다.

[0091] 도 8을 참조하면, 압력 센서(800)는 코일(804) 및 MR 요소들(806, 808)을 지지하는 기판(803)을 가지는 자기장 센서(802)를 포함한다. 실시예들에서, 자기장 센서(802)는 도 5의 회로(500), 도 3의 회로(300), 또는 타겟의 근접을 검출할 수 있는 상술한 자기장 검출 회로들 중의 임의의 것과 동일하거나 유사할 수 있다.

[0092] 실시예들에서, 코일(804) 및 MR 요소들(806, 808)은 동일한 기판(803)에 의해 지지될 수 있다. 다른 실시예들에서, MR 요소(806), MR 요소(808) 및 코일(804)은 다른 기판들(도시되지 않음) 상에 지지될 수 있다. 예를 들면, 코일(804)은 하나의 기판에 의해 지지될 수 있는 반면, MR 요소들(806, 808)은 다른 기판으로 지지될 수 있다. 다른 예에서, MR 요소(806), MR 요소(808) 및 코일(804)은 각기 별도의 기판에 의해 지지될 수 있다. 회로 요소들을 지지하는 기판들의 임의의 다른 조합들도 가능하다.

[0093] 압력 센서(800)는 도전성 부분(811) 및 변형 가능한 부분(812)을 가지는 챔버(810)를 포함한다. 일 실시예에서, 챔버(810)는 연장된 튜브로 형성될 수 있다. 도 8의 실시예에서, 상기 도전성 부분 및 상기 변형 가능한 부분(812)은 다이어프램(diaphragm)으로 작용할 수 있는 튜브의 일측 단부에 배치되는 멤브레인을 포함할 수 있으며, 자기장 검출 회로(802)를 향하거나 이로부터 멀어지게 이동하도록 변형될 수 있다.

[0094] 변형 가능한 부분(812)은 스테인리스 스틸, 구리 베릴륨, 티타늄 합금들, 초합금들 및/또는 사파이어로 형성될 수 있다. 상기 챔버(810) 내부의 압력이 상기 챔버(810) 외부의 압력보다 클 때, 변형 가능한 부분(812)은 자기장 검출 회로(802)를 향해 연장될 수 있다. 상기 챔버(810) 외부의 압력이 클 경우, 변형 가능한 부분(812)은 자기장 검출 회로(812)로부터 수축될 수 있으며, 상기 챔버(810) 내부 및 외부의 압력이 평형일 경우, 상기 변형 가능한 부분은 상기 연장되고 수축되는 위치들 사이의 중립의 위치를 택할 수 있다.

[0095] 원형의 변형 가능한 부분의 경우, 상기 멤브레인의 변형은 다음의 공식으로 주어진다.

[0096] $$d = \frac{3}{16}\frac{p}{Eh^3}(1-\nu^2)(a^2-r^2)^2$$

[0097] 여기서, h는 상기 변형 가능한 부분의 두께이고, v는 푸아송 모듈(Poisson module)이며, E는 영의 모듈(Young module)이고, a는 상기 변형 가능한 부분의 반경이며, r은 상기 변형이 측정되는 지점이다.

[0098] 실시예들에서, 최대의 변형은 상기 변형 가능한 부분이 항상 180℃ 이상의 온도에서도 물질의 탄성 도메인 내에 있도록 충분히 낮을 수 있다. 이러한 이유로, 마레이징(maraging) 합금들 또는 티타늄 합금들과 같은 초합금들이 적합한 물질들이 될 수 있다.

[0099] 자기장 검출 회로(802)는 상술한 바와 같이 코일(804)에 근접하여 배치되는 적어도 하나의 자기장 센싱 요소(806 및/또는 808)를 포함할 수 있다. 코일(804)은 도전성 부분(812) 내에 상술한 와전류들 및 반사 자기장들과 유사한 와전류들 및 반사 자기장을 유도하는 자기장을 생성할 수 있다. 자기장 검출 회로(802)는 또한 상기 챔버(810)의 내부 및 외부 사이의 압력 차이를 나타내는 출력 신호를 발생시키기 위한 회로를 포함할 수 있다.

[0100] 실시예들에서, 자기장 검출 회로(802)는 두 개의 이격된 MR 요소들(806, 808)을 포함하며, 상기 변형 가능한 부분이 상기 MR 요소들을 향하여 연장되거나 및/또는 이들로부터 수축됨에 따라 상기 도전성 부분(812) 및 상기 MR 요소들(806, 808) 중의 하나 사이의 거리를 검출한다. 실시예들에서, 자기장 검출 회로(802)는 a) 상기 도전성 부분(812) 및 자기장 센서(808) 사이의 거리, 그리고 b) 상기 도전성 부분(812) 및 자기장 센서(806) 사이의 거리 사이의 차이를 검출하도록 구성될 수 있다. 이들 거리들 사이의 차이는 자기장 검출 회로(802)의 출력 신호를 생성하는 데 이용될 수 있다.

[0101] 상기 자기장 검출 회로(802)에 의해 생성되는 출력 신호는 상기 거리를 나타낼 수 있으며, 이는 이후에 챔버(810) 내의 연관된 압력을 계산하기 위해 프로세서에 의해 수신될 수 있다. MR 요소들(806, 808)은 다중의 MR 요소들을 포함할 수 있고, 상술한 바와 같이, 차동 출력을 생성하도록 브리지 구성으로 배열될 수 있다.

[0102] 일 실시예에서, MR 요소(806)는 도전성의 변형 가능한 부분(812)의 에지와 정렬될 수 있고, MR 요소(808)는 도전성의 변형 가능한 부분(812)의 중심 또는 중심 영역과 정렬될 수 있다. 이러한 배치에서, MR 요소(808)는 변형 가능한 부분(812)이 MR 요소(808)를 향하거나 이로부터 멀어지게 이동함에 따라 반응할 것이며, MR 요소(806)는 영향을 받지 않을 것이거나 요소(808)보다 상당히 적은 정도로 영향을 받을 것이며, 이에 따라 상대적으로 일정한 저항 값을 가질 수 있다. 상기 MR 요소들을 이러한 방식으로 배치하는 것은 표유 자기장(stray field)으로 인한 에러들을 제거하는 데 이용될 수 있다. 이는 또한 MR 요소들 사이의 에어 갭 공차를 보상하는 데 도움이 된다. 예를 들면, 상기 두 센서들에 의해 검출되는 거리의 차이는 시간, 온도 등에 걸친 에어 갭 내의 작은 변화들을 보상하는 데 이용될 수 있다.

[0103] 도 8a를 참조하면, 압력 센서(818)의 다른 실시예는 변형 가능한 측벽(821) 및 유체가 연장된 튜브(820) 내의 챔버로 들어가게 하는 개구부(823)를 가지는 제1 연장된 튜브(820)를 포함한다. 상기 유체가 튜브(820) 내에 압력을 생성함에 따라, 상기 측벽(821)은 풍선처럼 팽창될 수 있거나 연장될 수 있다. 상기 튜브(820)의 단부(828)는 도전성이 될 수 있다.

[0104] 압력 센서(818)는 또한 개구부(824)를 가지는 제2 연장된 튜브(822)를 포함한다. 연장된 튜브(822)는 단단한 벽(826) 및 개구부(824)를 가질 수 있다. 개구부(824)는 개구부(824) 내로 삽입되는 튜브(820)를 위해 충분히 큰 직경이나 크기를 가질 수 있다.

[0105] 압력 센서(818)는 자기장 센서(802) 및/또는 상술한 자기장 센서들 중의 임의의 것과 동일하거나 유사할 수 있는 자기장 센서(830)를 포함할 수 있다.

[0106] 실시예들에서, 상기 튜브들(820, 822)이 조립될 때, 튜브(820)의 도전성 단부(828)는 MR 요소(808)에 근접하여 배치될 수 있다. 상기 튜브(820) 내의 압력이 증가하거나 감소함에 따라, 상기 튜브(822)의 단단한 벽은 변형 가능한 측벽(821)이 측방으로 연장되도록 유지될 수 있다. 그러나 단부(828)는 튜브 챔버(823) 내의 압력이 변화됨에 따라 MR 요소(808)를 향해 확장되고 연장될 수 있으며, MR 요소(808)로부터 수축될 수 있다. 자기장 센서(830)는 상기 거리의 변화를 검출할 수 있고, 단부(828) 및 MR 요소(808) 사이의 거리를 나타내는 출력 신호를 생성할 수 있다. 실시예들에서, 자기장 검출 회로(802)는 a) 도전성 단부(828) 및 자기장 센서(808) 사이의 거리, 그리고 b) 도전성 단부(808) 및 자기장 센서(806) 사이의 거리 사이의 차이를 검출하도록 구성될 수 있다. 이들 거리들 사이의 차이는 자기장 검출 회로(830)의 출력 신호를 생성하는 데 이용될 수 있다. 프로세서 회로는 상기 신호를 수신할 수 있고, 상기 거리에 기초하여 튜브(820) 내의 압력을 계산할 수 있다.

[0107] 또한, 도 9를 참조하면, 압력 센서(900)는 도 8의 기판(803)과 동일하거나 유사할 수 있는 제1 기판(902) 및 상기 제1 기판(902)에 부착되는 제2 기판(904)을 포함한다. 제2 기판(904)은 표면(908) 및 상기 표면 내에 형성된 리세스(recess)(906)를 포함할 수 있다. 리세스(906)는 상기 기판 내로 식각될 수 있다. 실시예들에서, 웨이퍼(904)는 점선들(910)로 도시한 바와 같이 압력 하에서 휘어지도록 충분히 얇게 식각될 수 있다. 기판(902)에 의해 지지되는 MR 요소들은(상술한 바와 같이 반사 자기장을 통해) 상기 웨이퍼(904)의 휘어짐을 검출할 수 있다. 상기 검출된 휘어짐은 이후에 압력과 연관될 수 있다.

[0108] 실시예들에서, 상기 기판(902) 상의 MR 요소들은 앞서 설명하고 도 8a에 예시한 배치와 유사하게 하나 또는 그 이상 MR 요소들이 상기 리세스(906)의 에지(예를 들어, 휘어지지 않은 부분)에 인접하고, 하나 또는 그 이상의 MR 요소들이 상기 리세스(906)의 중심(예를 들어, 휘어지는 부분)에 인접하도록 배치될 수 있다.

[0109] 실시예들에서, 기판(904)은 도전성 물질, 예를 들면 구리로 형성될 수 있다. 이에 따라, 기판(904)에 대한 압력(및/또는 리세스(906) 내의 압력)에 의해 야기되는 기판(904)의 도전성의 변형 가능한 부분의 이동이 기판(902) 상의 자기장 센서들에 의해 검출될 수 있다.

[0110] 선택적으로, 상기 기판(904)은, 예를 들면 구리와 같은 충분히 두꺼운 도전성 물질로 코팅된 사파이어와 같은 결정성 물질로 형성될 수 있다.

[0111] 실시예들에서, 리세스(906)는 기준 압력을 결정하기 위해 제조 프로세스 동안에 비워진다. 실시예들에서, 상기 기준 압력은 진공 또는 표준 압력(예를 들어, 100kPa 이하) 보다 작은 압력이다. 특정한 구성들에서, MR 브리지(예를 들어, 도 3a의 브리지(318))의 출력 신호들 중의 하나 또는 그 이상이 상기 기준 압력의 값을 나타내는 신호를 발생시키는 데 이용될 수 있다.

[0112] 도 10을 참조하면, 자기장 센서(1000)의 블록도가 도시된다. 자기장 센서는 자기장을 발생시키기 위한 코일(1002), 상기 코일에 전력을 제공하기 위한 코일 드라이버(1004), MR 요소(1006), 그리고 MR 요소(1006)에 전력을 제공하기 위한 MR 드라이버 회로(1008)를 포함한다. MR 요소(1006)는 단일의 MR 요소가 될 수 있거나, 브리지 구성으로 배열될 수 있는 다중의 MR 요소들을 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 코일(1002)과 MR 요소(1006)는 도전성 타겟의 거리를 검출하도록 구성될 수 있다. 실시예들에서, 코일 드라이버(1004) 및/또는 MR 드라이버(1008)는 앞서 설명하고 AC 소스(1010)로 나타낸 바와 같이 코일(1002) 및 MR 요소(1008)를 구동시키기 위해 AC 출력을 생성할 수 있다. AC 소스(1010)는 코일(1002) 및 MR 요소(1006) 모두를 구동시키는 데 사용되는 공통 소스가 될 수 있다. 실시예들에서, 신호(1012)는 AC 신호가 될 수 있다.

[0113] 자기장 센서(1000)는 또한 상기 MR 요소(1006)의 출력 신호(1012)를 증폭하기 위한 증폭기(amplifier)를 포함한다. 출력 신호(1012)는 차동 신호가 될 수 있으며, 증폭기(1014)는 차동 증폭기가 될 수 있다. 출력 신호(1012) 및 증폭된 신호(1016)는 DC 신호가 될 수 있다.

[0114] 자기장 센서(1000)는 또한 신호(1016)로부터 노이즈 및 다른 잡음들을 필터링하기 위한 저역 통과 필터(low pass filter)(1018), 그리고 온도(예를 들어, 온도 센서(1020)에 의해 측정되는 온도)에 따라 상기 출력 신호 및 물질 유형 모듈(material type module)(1022)에 따라 물질의 유형의 크기를 조절할 수 있는 오프셋 모듈(offset module)(1024)을 포함할 수 있다. 세그먼트 선형화 회로(segmented linearization circuit)(1026)도 포함될 수 있으며, 이는 보상된 신호(1028)에 선형 회귀(linear regression)를 수행할 수 있고, 출력 신호(1030)를 생성할 수 있다.

[0115] 실시예들에서, 상기 타겟으로부터의 반사 자기장은 주파수(f)(상기 코일 드라이버(1004)와 동일한 주파수)를 가질 것이다. 상기 코일(1002)에 의해 생성되는 자기장 및 상기 반사 자기장이 동일한 주파수를 가지기 때문에, MR 요소(1006)의 출력은 0Hz(또는 DC) 성분, 주파수(f)에서의 성분 및 다중의 주파수(f)에서의 고조파(harmonic) 성분들을 포함할 수 있다. 해당 기술 분야의 숙련자는 가장 낮은 고조파 주파수 성분이 주파수(2*f)에서 발생될 수 있는 점을 이해할 것이다. 그러나 상기 MR 브리지의 평형 내의 임의의 차이는 상기 신호 내에 존재할 수 있는 주파수 성분을 발생시킬 수 있다. 따라서 저역 통과 필터(1018)는 상기 주파수(f) 및 보다 높은 것을 제거하도록 구성될 수 있다. 즉, 저역 통과 필터(1018)는 컷-오프(cut-off) 주파수($f_{cutoff}$)를 포함할 수 있고, 여기서 $f_{cutoff}<f$이다. 실시예들에서, 상기 필터는 가능한 주파수(f) 신호들을 제거하도록 설계될 수 있다. 이에 따라, 상기 주파수(f)는 상기 타겟의 이동의 주파수 범위보다 큰 주파수로 선택될 수 있다.

[0116] 실시예들에서, MR 요소(1008)의 감도는 온도에 따라 변화된다. 상기 반사 자기장의 강도도 타겟 물질 유형 및 주파수에 따라 온도와 함께 변화될 수 있다. 보상하기 위해, 모듈(1022)은 온도 및/또는 사용되는 물질의 효과들을 보상하기 위한 파라미터들을 포함할 수 있다. 상기 파라미터들은 선형 및/또는 이차 보상 값들을 포함할 수 있다.

[0117] 실시예들에서, 처리 회로(1032)는 상기 자기장을 나타내는 신호를 처리할 수 있다. 공통 소스(1010)가 MR 요소(1006) 및 코일(1002)을 구동시키는 데 사용되기 때문에, 코일(1002) 및 MR 요소(1006)의 주파수는 실질적으로 동일하다. 이 경우, 상기 신호의 후처리는 필터링, 선형 회귀, 이득(gain) 및 증폭, 또는 다른 신호 변환 기술들을 포함할 수 있다.

[0118] MR 요소(1006)는 상기 코일(1002)에 의해 직접적으로 생성되는 자기장 및 상기 코일(1002)을 통한 전류에 의해 발생되는 자기장에 의해 유도되는 상기 도전성 타겟 내의 와전류들에 의해 생성되는 반사 자기장도 검출할 수 있다.

[0119] 도 10a를 참조하면, 자기장 센서(1000')는 상술한 바와 같이 코일(1002), 코일 드라이버(1004), 공통 AC 소소(1010), MR 드라이버(1008), MR 요소(1006), 증폭기(1014), 그리고 저역 통과 필터(1018)를 포함할 수 있다.

[0120] 자기장 센서(1000')는 폐쇄 루프(closed loop) 센서 내에 있는 도 10의 센서(1000)와 다를 수 있으며, 이에 따라 코일(1002)과 다른 AC 주파수에서 동작할 수 있는 제2 코일(1035)을 포함할 수 있다. 이러한 예에서, 코일(1035)은 기호 "-f"로 나타내는 바와 같이 코일(1002)과 180도의 위상이 될 수 있다. 코일(1035)은 또한 타겟을 검출하는 데 이용될 수 있는 제1 자기장을 생성할 수 있다. 실시예들에서, 코일(1035)은 코일(1002)보다 상대적으로 작을 수 있다. 코일(1035)은 MR 요소(1006)에 의해 검출될 수 있는 자기장을 생성하도록 MR 요소(1006)에 인접하여 배치될 수 있지만, 상기 타겟 내에 와전류들을 생성하지는 않는다.

[0121] 실시예들에서, 코일(1035)은 상기 MR 요소의 자기 저항으로 인한 오프셋 에러(offset error)들에 이용될 수 있다. 예를 들면, 코일(1035)을 통해 구동되는 전류의 크기는 상기 MR 요소(1006)의 출력이 영 볼트가 될 때까지 변화되지 않을 수 있다. 이 때, 상기 코일(1035)을 통한 전류는 (예를 들면, 코일(1035)에 직렬인 분류기(shunt resistor)에 걸친 전압을 측정하여)측정될 수 있다. 측정된 전류는 MR 요소(1006)와 연관된 자기저항 에러를 제거하기 위해 상기 MR 요소(1006)의 출력과 유사하게 처리될 수 있다.

[0122] 자기장 센서(1000')는 또한 신호(1038)를 수신하기 위한 증폭기(1036)를 포함할 수 있다. 자기장 센서(1000')는 또한 상술한 바와 같이 저역 통과 필터(1019), 물질 유형 모듈(1022), 온도 센서(1020), 오프셋 모듈(1024), 그리고 세그먼트 선형화 모듈(1026)을 포함할 수 있다.

[0123] 도 11-도 11f는 유도 결합 또는 신호 정확도에 영향을 미치는 다른 노이즈를 감소시키기 위해 신호 처리를 가지는 자기장 센서들의 다양한 실시예들을 포함한다. 도 11-도 11f의 예시적인 자기장 센서들도 주파수 도약(frequency hopping) 등과 같은 타겟으로부터 반사 자기장을 검출하는 것과 관련된 다양한 특징들을 채용할 수 있다. 이러한 자기장 센서들은 감도 값을 계산하기 위해 회로부도 포함할 수 있다.

[0124] 도 11을 이제 참조하면, 자기장 센서(1100)는 코일(1002), 코일 드라이버(1004), AC 드라이버(1010), MR 드라이버(1008), MR 요소(1006), 증폭기(1014), 저역 통과 필터(1018), 온도 센서(1020), 물질 유형 모듈(1022), 오프셋 모듈(1024), 그리고 세그먼트 선형화 모듈(1026)을 포함할 수 있다.

[0125] MR 요소(1006)는 센싱 요소 구동 신호에 반응할 수 있으며, 코일(1002)에 의해 발생되는 직접 결합 자기장을 검출하고, 대응하여 신호(1012)를 생성하도록 구성될 수 있다. 처리 회로부는 MR 요소(1006)에 의해 상기 코일(1002)에 의해 생성되는 직접 결합 자기장의 검출과 연관된 감도 값을 계산할 수 있다. 상기 감도 값은 상기 타

겟 내의 와전류들에 의해 생성되는 반사 자기장과 실질적으로 독립될 수 있다.

[0126] 도시한 바와 같이, AC 드라이버(1010)는 코일 드라이버(1004)에 연결되지만, 센서(1100) 내의 MR 드라이버(1008)에는 연결되지 않는다. 이러한 실시예에서, MR 드라이버(1008)는 MR 요소(1006)를 구동시키도록 DC 신호(예를 들어, 약 영의 주파수를 갖는 신호)를 발생시킬 수 있다.

[0127] 코일(1002)은 MR 요소(1006)에 의해 검출될 수 있는 DC(또는 실질적으로 낮은 주파수의 AC) 자기장을 생성할 수 있지만, 상기 타겟 내에 와전류들을 생성하지는 않는다. 상기 DC(또는 실질적으로 낮은 주파수의 AC) 자기장의 검출에 의해 생성되는 신호는 상기 자기장 센서의 감도를 조정하는 데 이용될 수 있다.

[0128] 코일(1002)은 또한 MR 요소(1006)에 의해 검출될 수 있는 이들 보다 높은 주파수들에서 반사 자기장을 생성하는 상기 타겟 내의 와전류들을 유도하는 보다 높은 주파수들에서의 AC 자기장을 생성할 수 있다.

[0129] MR 요소(1006)는 신호(1012)를 생성할 수 있으며, 이는 상기 타겟 내에 와전류들을 야기하지 않는 상기 보다 낮은 주파수의 자기장을 나타내는 상기 DC 또는 실질적으로 낮은 AC 주파수에서의 주파수 성분들(예를 들어, "직접 결합(directly coupled)" 신호 또는 신호 성분) 및/또는 상기 검출된 반사 자기장을 나타내는 상기 보다 높은 AC 주파수에서의 주파수 성분들(예를 들어, "반사(reflected)" 신호 또는 신호 성분)을 포함할 수 있다. 상기 직접 결합 신호들은 상기 센서의 감도를 조정하는 데 이용될 수 있는 반면, 상기 반사 신호들은 상기 타겟을 검출하는 데 이용될 수 있다. 코일 드라이버(1004) 및/또는 MR 드라이버(1008)는 감도 신호가 이들 각각의 출력 구동 신호들을 조절함에 따라 상기 감도 신호에 대응하여 상기 직접 결합 신호들을 이용할 수 있다.

[0130] 실시예들에서, 상기 직접 결합 신호 및 상기 반사 신호는 동일한 신호의 주파수 성분들로서 포함될 수 있다. 이 경우, 코일(1002)은 양 주파수 성분들을 동시에 생성하도록 구동될 수 있다. 다른 실시예들에서, 상기 직접 결합 신호 및 상기 반사 신호들의 발생은, 예를 들면 시분할 다중화(time-division multiplexing) 계획을 이용하여 다른 시간들에서 발생될 수 있다.

[0131] 센서(1100)는 또한 상기 신호로부터 AC 성분을 제거하거나, 상기 신호 내의 AC 성분을 다른 주파수로 시프트하기 위해 신호(1016)를 변조할 수 있는 복조기 회로(demodulator circuit)(1050)를 포함할 수 있다. 예를 들면, 복조기 회로(1050)는 주파수(f)에서의 신호(1016)를 변조할 수 있다. 해당 기술 분야에 알려진 바와 같이, 신호(1016)가 상기 검출된 자기장을 나타내는 주파수(f)에서의 신호 성분들을 포함하기 때문에, 주파수(f)에서의 신호(1016)를 변조하는 것은 상기 검출된 자기장을 나타내는 신호 요소들을 0Hz 또는 DC로 시프트할 수 있다. 신호(1016) 내의 다른 주파수 성분들은 보다 높은 주파수들로 시프트될 수 있으므로, 이들은 저역 통과 필터(1018)에 의해 제거될 수 있다. 실시예들에서, 감도 값을 나타낼 수 있는 상기 DC 또는 신호(1016)의 낮은 주파수 성분은 상기 신호에 대응하여 코일(1002)의 출력을 조정하도록 코일 드라이버(1004) 및/또는 상기 감도 값에 대응하여 구동 신호(1009)를 조정하도록 MR 드라이버(1008)로 다시 공급될 수 있다. DC 출력 신호(1052)는 MR 요소(1006)에 대한 상기 타겟의 근접을 나타낼 수 있다.

[0132] 다른 실시예들에서, 시분할 다중화 계획이 이용될 수 있다. 예를 들면, 코일 드라이버(1004)는 제1 시간 간격 동안에 제1 주파수에서, 제2 시간 간격 동안에 제2 주파수 등에서 코일(1002)을 구동시킬 수 있다. 일부 예들에서, 상기 제1 및 제2(및 후속하는) 시간 간격들은 중첩되지 않는다. 다른 예들에서, 상기 제1 및 제2 시간 간격들은 중첩될 수 있다. 이들 예들에서, 코일 드라이버(1004)는 둘 또는 그 이상의 주파수들에서 동시에 코일(1002)을 구동시킬 수 있다. 상기 제1 및 제2 시간 간격들이 중첩되지 않을 때, 복조기(1050)는 상기 코일 드라이버(1004)와 동일한 주파수에서 동작할 수 있다. 상기 시간 간격들이 중첩될 때, 다중의 변조기들이 각 주파수에서 상기 신호들을 분리하기 위해 상기 제1 주파수에서 제1 작동으로 상기 제2 주파수에서 제2 작동으로 사용될 수 있다.

[0133] 상기 반사 자기장(및 이에 따른 상기 검출된 타겟)의 정확한 판독을 구현하기 위해 상기 MR 요소(1006)가 검출하는 상기 직접 결합 자기장을 감소시키는 것이 유리할 수 있지만, 산정되는 감도 값을 허용하는 직접 결합(즉, 상기 코일(1002)에 의해 생성되는 자기장을 직접 검출하는)의 일부 양을 가지는 것도 유리할 수 있다. 상기 반사 자기장 및 상기 코일에 의해 생성되는 자기장 모두의 동시 측정은 상기 MR 요소들의 감도, 코일 구동 전류 등과 독립적으로 상기 물체의 거리를 정확하게 결정하게 한다. MR 요소들의 감도는 온도 및/또는 상기 MR 어레이의 평면 내의 원치 않는 DC 또는 AC 표유 자기장들의 존재로 변화될 수 있다. 상기 반사 자기장과 상기 코일 자기장 사이의 비율은 단지 기하학적 설계에 의존하며, 이에 따라 거리를 정확하게 결정하는 우수한 파라미터가 된다.

[0134] 도 11을 참조하면, 주파수 도약 계획이 이용될 수 있다. 예를 들면, 코일 드라이버(1004)는 다른 주파수들(예를

들어, 시간에 걸쳐 주파수들 사이에서 교번되거나, 다중의 주파수들을 포함하는 신호를 생성하는)에서 코일(1002)을 구동시킬 수 있다. 이러한 실시예들에서, 센서(1100)는 각 주파수에서 신호를 검출하기 위해 다중의 복조기 회로들 및/또는 필터들을 포함할 수 있다.

[0135] 도 11a를 참조하면, 자기장 센서(1100')는 코일(1002), 코일 드라이버(1004), AC 드라이버(1010), MR 드라이버(1008), MR 요소(1006), 증폭기(1014), 저역 통과 필터(1018), 온도 센서(1020), 물질 유형 모듈(1022), 그리고 오프셋 모듈(1024)을 포함한다.

[0136] 도시한 바와 같이, AC 드라이버(1010)는 주파수(f1)에서 코일(1002)을 구동시키도록 코일 드라이버(1004)에 연결된다. MR 드라이버(1008)는 주파수(f2)에서 MR 요소(1006)를 구동시키도록 AC 드라이버(1102)에 연결된다. 주파수들(f1, f2)은 다른 주파수들이 될 수 있으며, 비고조파 주파수들이 될 수 있다(다시 말하면, f1이 f2의 고조파 주파수가 아닐 수 있거나, 그 반대가 될 수 있다). 실시예들에서, 주파수(f1)는 주파수(f2) 보다 낮다. 다른 실시예들에서, 주파수들(f1, f2)은 상기 두 주파수들 사이의 차이가 f1 및 f2 아래로 완전히 떨어지도록 상대적으로 서로 가까울 수 있다. 주파수(f2)는 영의 값 또는 영이 아닌 값의 주파수가 될 수 있지만, 선택적으로 f2 보다 큰 f1을 선택할 수 있다. 이후에, 복조가 f2-f1에서 수행된다.

[0137] 일 실시예에서, 주파수(f1)는 상기 타겟 내에 소정의 레벨 보다 큰 와전류를 생성하는 것이 회피되도록 선택될 수 있거나 및/또는 상기 타겟 내에 완전한 반사를 제공하도록 선택될 수 있다. 상기 반사 자기장은 다음의 공식에 따라 상기 타겟 내의 표피 심도(skin depth)와 관련될 수 있다.

[0138] $$\delta = \frac{1}{\sqrt{\sigma \mu \pi f}}$$

[0139] 앞서의 공식에서, σ는 상기 타겟 물질의 전도도이고, μ는 상기 타겟 물질의 투자율이며, f는 상기 동작 주파수이다. 상기 타겟 물질의 두께가 상기 표피 심도(δ) 보다 약 5배 클 경우, 상기 자기장은 완전히 반사될 수 있다. 상기 타겟의 두께가 상기 표피 심도와 동일한 경우, 상기 자기장의 약 절반만이 반사될 수 있다. 따라서 이와 같이 상기 표피 심도 보다 충분히 낮고 상기 타겟의 두께보다 크게 선택되는 주파수(f)는 낮은 와전류들 및 감소된 강도를 갖는 반사 자기장을 유도할 수 있다. 앞서 주어진 공식은 높은 도전성 및 낮은 자성의 물질들에 대해 유효할 수 있다. 낮은 도전성을 갖는 물질 또는 강자성의 물질에 대하여, 복잡한 표피 심도에서 변경될 수 있는 상기 와전류들의 손실은 반사 자기장 강도의 감소를 가져올 수 있다.

[0140] 회로(1100')는 또한 대역 통과 필터(band pass filter)(1104) 및 복조기 회로(1106)를 포함할 수 있다. 대역 통과 필터(1104)는 주파수들(f1, f2)을 배제하지만, 주파수 |f1-f2|를 보존하는 통과 대역을 가질 수 있다. 이러한 방식으로, 상기 코일 및/또는 GMR 드라이버로부터 상기 자기장 센서들 내로의 유도 노이즈가 걸러질 수 있다. 회로(1100')는 또한 주파수 |f1-f2|에서 복조하는 복조기 회로(1106) 및 f1에서 상기 자기장 센서들에 의해 관찰되는 자기장을 나타낼 수 있는 DC 주위에 중심을 두는 신호를 회복하기 위한 저역 통과 필터를 포함할 수 있다. 실시예들에서, 상기 주파수 |f1-f2|에서의 신호는 상기 타겟 및/또는 상기 직접 결합 자기장에 대한 정보를 포함할 수 있지만, 유도 결합 또는 다른 노이즈 소스들로부터의 감소된 노이즈를 가질 수 있다.

[0141] 이제 도 11b를 참조하면, 자기장 센서(1100")는 코일(1002), 코일 드라이버(1004), AC 드라이버(1010), MR 드라이버(1008), MR 요소(1006), 증폭기(1014), 저역 통과 필터(1018), 온도 센서(1020), 물질 유형 모듈(1022), 오프셋 모듈(1024), 그리고 세그먼트 선형화 모듈(1026)을 포함한다.

[0142] 도시한 바와 같이, AC 드라이버(1010)는 코일 드라이버(1004)에 연결되지만, 센서(1100) 내의 MR 드라이버(1008)에는 연결되지 않는다. 이러한 실시예에서, MR 드라이버(1008)는 MR 요소(1006)를 구동시키기 위해 DC 신호(예를 들어, 약 영의 주파수를 갖는 신호)를 생성할 수 있다.

[0143] 코일(1002)은 타겟 내에 와전류들 및 반사 자기장을 유도하는 AC 자기장을 생성할 수 있다.

[0144] 센서(1100")는 또한 신호(1016)를 복조할 수 있는 복조 회로(demodulation circuit)(1060)를 포함할 수 있다. 복조 회로(1060)는 신호(1016)를 신호(1016) 내의 상기 타겟에 대한 정보를 DC로 시프트할 수 있는 주파수(f)에서의 신호와 곱할 수 있으며, 상기 신호 내의 노이즈 또는 다른 정보를 보다 높은 주파수들로 시프트할 수 있다. 저역 통과 필터(1018)는 상기 신호로부터 보다 높은 주파수들에서의 노이즈를 제거할 수 있다. 실시예들에서, 복조 회로(1060)는 디지털 도메인 내에 신호(1016)를 복조하는 디지털 회로 또는 아날로그 도메인 내에 신호(1016)를 복조하는 아날로그 회로가 될 수 있다.

[0145] 센서(1100")는 또한 상기 코일(1002) 내의 전류의 위상 및/또는 주파수와 발생되는 상기 자기장을 검출하는 위상 검출 및 보상 회로(phase detection and compensation circuit)(1062)를 포함할 수 있다. 회로(1062)는 코일(1002) 내의 위상 및 f의 차이들을 검출하고 보상할 수 있으며, 신호(1016)를 변조하는 데 이용될 수 있는 보정된 신호(1063)를 생성할 수 있다.

[0146] 실시예들에서, 상기 주파수(f), 상기 타겟의 물질의 유형, 상기 타겟의 형상, 배선 및 전자 장치들 및/또는 다른 인자들이 상기 코일(1002)에 대한 구동 신호(1010) 및 상기 MR 요소(1008)에 의해 검출되는 반사 자기장 사이의 위상 이동을 야기할 수 있다. 상기 신호들 사이의 위상이 측정될 수 있고, 상기 신호(1016)의 위상과 정합되도록 상기 위상 검출 및 보상 회로(1062)로부터의 신호(1063)의 위상을 조정하는 데 이용될 수 있다.

[0147] 주파수 도약 계획도 이용될 수 있다. 예를 들면, 코일 드라이버(1004) 및/또는 MR 드라이버(1008)는 다중의 주파수들에서 신호들을 구동시킬 수 있다. 각 주파수에서, 위상 검출 및 보상 회로(1062)는 신호(1016)의 위상과 정합되도록 신호(1063)의 위상을 조정할 수 있다.

[0148] 이제 도 11c를 참조하면, 자기장 센서(1100"')는 코일(1002), 코일 드라이버(1004), AC 드라이버(1010), MR 드라이버(1008), MR 요소(1006), 증폭기(1014), 온도 센서(1020), 물질 유형 모듈(1022), 오프셋 모듈(1024), 그리고 세그먼트 선형화 모듈(1026)을 포함한다.

[0149] 도시한 바와 같이, AC 드라이버(1010)는 코일 드라이버(1004)에 연결되지만, 센서(1100) 내의 MR 드라이버(1008)에는 연결되지는 않는다. 이러한 실시예에서, MR 드라이버(1008)는 MR 요소(1006)를 구동시키기 위해 DC 신호(예를 들어, 약 영의 주파수를 갖는 신호)를 생성할 수 있다.

[0150] 코일(1002)은 타겟 내의 와전류들 및 반사 자기장을 유도하는 AC 자기장을 생성할 수 있다. 상기 반사 자기장은 상기 검출된 자기장을 나타내는 신호(1012)를 생성하는 MR 요소(1006)에 의해 검출될 수 있다.

[0151] 센서(1100"')는 또한 신호(1016)에 대해 고속 푸리에 변환(fast Fourier transform: FFT)을 수행할 수 있는 고속 푸리에 변환(FFT) 회로(1070)를 포함할 수 있다. 상기 FFT를 수행하는 것은 신호(1016) 내의 하나 또는 그 이상의 주파수 성분들을 확인할 수 있다. 일 실시예에서, FFT 회로(1070)는 신호(1016) 내의 가장 큰 진폭을 갖는 주파수 성분을 확인할 수 있으며, 이는 주파수 f에서 상기 검출된 자기장을 나타낼 수 있다. FFT 회로(1070)는 주파수(f)에서의 상기 검출된 신호뿐만 아니라 신호(1016)의 임의의 다른 주파수 성분들을 포함하는 출력 신호(1072)를 생성할 수 있다.

[0152] 선택적으로, 상기 드라이버는 다른 주파수들(fa, fb, fc)을 동시에 발생시킬 수 있고, 상기 FFT 회로는 fa, fb 및 fc에서의 진폭들을 계산할 수 있으며, 이들은 위치, 물질, 두께 등을 포함하는 상기 타겟의 다른 파라미터들을 결정하는 데 이용될 수 있다. 또한, 교란(예를 들어, 상기 타겟의 변형, 표유 자기장, 노이즈 소스 등으로부터의)이 특정한 주파수에서 일어날 경우, 상기 시스템은 상기 교란을 검출할 수 있고, 그러한 주파수에서의 데이터를 무시할 수 있다. 상기 FFT 회로에 의해 계산되는 진폭들은 또한 후속하는 처리에 의해 무시될 수 있는 임의의 특정한 주파수에서의 교란이 존재하는지를 결정하는 데 이용될 수 있다. 실시예들에서, FFT 온도 이득 보상 및 선형화는 상기 아날로그 및/또는 디지털 도메인 내에서 계산될 수 있다.

[0153] 도 11d를 이제 참조하면, 자기장 센서(1100D)는 코일(1002), 코일 드라이버(1004), MR 드라이버(1008) 및 MR 요소(1006)를 포함한다. 상기 MR 센서(1006)의 출력 신호(1007)는 검출된 자기장을 나타낼 수 있다. 비록 도시되지 않지만, 센서(1100D)는 또한 증폭기(1014), 저역 통과 필터(1018), 온도 센서(1020), 물질 유형 모듈(1022), 오프셋 모듈(1024), 그리고 세그먼트 선형화 모듈(1026)을 포함할 수 있다. 발진기(oscillator)(1182)는 주파수(f)에서 코일 드라이버(1004)를 동작시키는 데 사용될 수 있다.

[0154] 도시한 바와 같이, 발진기(1182)는 코일 드라이버(1004)에 연결되지만, 센서(1100D) 내의 MR 드라이버(1008)에는 연결되지 않는다. 이러한 실시예에서, MR 드라이버(1008)는 MR 요소(1006)를 구동시키기 위해 DC 신호(예를 들어, 약 영의 주파수를 갖는 신호)를 생성할 수 있다.

[0155] 센서(1100D)는 또한 직교 복조 회로(quadrature demodulation circuit)(1180)를 포함한다. 직교 복조 회로(1180)는 상기 구동 주파수(f)의 90°시프트를 생성하기 위해 시프트 회로(shift circuit)(1188)를 포함한다. 발진기(1182)는 주파수(f)에서 코사인(cosine) 신호를 생성할 수 있다. 따라서 상기 시프트 회로(1188)의 출력은 주파수(f)에서 사인(sine) 신호가 될 수 있다. 이에 따라, 상기 복조기들(1190, 1192)(및 후속하는 저역 통과 필터링) 내의 곱에 의해, 상기 MR 센서(1006)의 검출된 신호가 위상이 같은 및 위상이 다른 성분들(예를 들어, 신호들(1184a, 1186a))로 분리될 수 있다. 결과적인 위상과 크기는 상기 반사 자기장 및 상기 타겟에 대한

정보를 결정하는 데 이용될 수 있다. 예를 들면, 위상 정보는 상기 타겟이 적절하게 정렬되던지 그렇지 않던지 상기 타겟의 물질의 자기적 성질들을 결정하기 위해 상기 타겟 내에 결함이나 이상이 존재하는지를 결정하는 데 이용될 수 있다. 발진기(1182)도 주기(1/f)를 갖는 구형파를 생성할 수 있으며, 시프트 회로(1188)는 1/(4f)로 적절하게 상기 구형파를 시프트할 수 있다.

[0156] 도 11e를 참조하면, 다른 실시예에서, 자기장 센서(1100E)는 상기 위상이 같은 및 위상이 다른 정보 모두를 제공하는 선택적인 것으로서 두 신호 경로들을 통해 직교 변조 신호(quadrature modulated signal)를 생성할 수 있다. 회로(1100E)에서, 상기 MR 요소들의 절반은 주파수(f)에서의 신호에 의해 구동될 수 있고, 상기 MR 요소들의 절반은 90°위상이 다른 주파수로 구동될 수 있다. 상기 복조 체인(예를 들어, 상기 시스템의 복조 기능을 포함하는 회로들)은 DC에서의 저역 통과 필터와 보상 및 선형화를 포함하는 도 10의 복조 회로와 동일하거나 유사할 수 있다.

[0157] 실시예들에서, 직교 복조가 복귀 신호의 절대 크기와 위상을 결정하는 데 이용될 수 있다. 이는 상기 신호의 원치 않는 영위상화(dephasing)의 자동 보정을 가능하게 할 수 있으며, 타겟 속성들의 보다 정확한 결정 및 상기 물질의 자성이나 소실 성질들에 관련된 정보의 검색을 제공할 수 있다.

[0158] 도 11f를 참조하면, 자기장 센서(1100F)는 $f_1$의 주파수에서 코일(1002)을 구동시키는 코일 드라이버(1004)를 포함한다. MR 드라이버(1008)는 동일하지만, 코일 드라이버(1004)에 대해 90도 위상이 다른 주파수($f_1$)에서 MR 요소를 구동시킬 수 있다. 그 결과, 상기 MR 요소(1006)에 의해 생성된 신호(1016)는 사인과 코사인을 곱의 결과가 될 수 있는 $f_1$의 두 배(즉, $2*f_1$)인 주파수를 가질 수 있다. 센서(1100F)는 상기 반사 자기장 정보를 DC 주위의 주파수로 전환시키도록 상기 신호를 복조할 수 있는 복조기 회로(1195)를 포함할 수 있다.

[0159] 도 12를 참조하면, 신호(1270)는 코일(1002)을 구동시키기 위해 코일 드라이버(1004)에 의해 사용되는 신호를 나타낼 수 있다. 상기 신호가 하이(high)일 때, 코일 드라이버(1004)는 일 방향으로 흐르는 전류로 코일(1002)을 구동시킬 수 있고, 상기 신호가 로우(low)일 때, 코일 드라이버는 대향하는 방향으로 흐르는 전류로 코일(1002)을 구동시킬 수 있다. 실시예들에서, 코일 드라이버(1004)는 직류 전류(즉, DC에서)로 또는 상기 코일(1002)에 의해 생성된 자기장이 상기 타겟 내에 와전류들을 생성하지 않도록 충분히 낮은 주파수에서 코일(1002)을 구동시킬 수 있다.

[0160] 일 예로서, 앞서의 표피 심도 공식을 참조하면, 50Hz에서의 구리의 표피 심도는 약 10㎜가 될 수 있고, 10㎑에서는 약 600㎛가 될 수 있다. 따라서, 0.5㎜ 두께의 구리 타겟이 정해지면, 5㎑ 아래의 주파수가 상대적으로 낮은 강도를 갖는 반사 자기장들을 생성할 수 있다.

[0161] 코일 드라이버(1004)는 신호 부분들(1272, 1274)로 도시한 바와 같이 상대적으로 낮거나 또는 DC 주파수에서 코일(1002)을 구동시킬 수 있다. 상기 주파수는 충분히 낮을 수 있으며, 이에 따라 부분들(1272, 1274)의 지속이 충분히 길 수 있으므로, 신호(1270)의 전환(예를 들면, 부분(1272) 동안의 하이 값으로부터 부분(1274) 동안의 로우 값으로의 전환)에 의해 상기 타겟 내에 발생되는 임의의 와전류들이 해결되고 소멸되는 시간을 가진다. 상기 부분들(1272, 1274) 동안에 도시되는 직접 결합 신호는 상기 코일(1002)의 직접 결합 자기장으로 인한 임의의 오프셋을 제거하기 위해 하이로부터 로우(상기 검출된 자기장의 변화를 나타내는)로 전환될 수 있다.

[0162] 신호(1270)의 부분(1276)은 상기 MR 요소(1006)에 의해 검출되는 자기장을 나타낼 수 있는 반면, 코일 드라이버(1004)는 상기 타겟 내에 와전류들을 유도하도록 충분히 높은 주파수에서 코일(1002)을 구동시킨다. 부분(1276)이 동작하는 동안, MR 요소(1006)는 상기 코일(1002)에 의해 직접적으로 생성되는 직접 결합 자기장과 상기 자기장 타겟 내의 와전류들에 의해 생성되는 자기장도 검출할 수 있다. 상기 검출된 신호는 상기 와전류들에 의해 생성되는 자기장으로부터 상기 직접 결합 자기장을 분리하기 위해 후속하여 처리될 수 있다. 비록 도시되지 않지만, 부분(1276)은 상기 부분들이 다른 정보를 포함할 수 있기 때문에 부분(1272)보다 크거나 작은 크기를 가질 수 있다. 예를 들면, 부분(1276)은 상기 반사 신호뿐만 아니라 상기 직접 결합 신호를 포함할 수 있다.

[0163] 신호(1270) 내에 도시한 바와 같이, 다른 극성들의 낮은 주파수 부분들(1272, 1274)은 신호(1270) 내에서 서로 인접할 수 있다. 다른 실시예들에서, 신호(1270') 내에 도시한 바와 같이, 다른 극성들의 낮은 주파수 부분들(1272', 1274')은 상기 신호 내에서 서로 인접하지 않을 수 있다. 예를 들면, 이들은 높은 주파수 신호 부분(1276)에 의해 분리될 수 있다.

[0164] 다른 실시예들에서, 상기 코일은 상기 낮은 주파수(낮은 주파수 부분들(1272, 1274)의) 및 상기 높은 주파수(높은 주파수 부분(1276)의) 모두에서 동시에 구동될 수 있다. 상기 주파수들은 이후에 MR 요소의 반응을 측정하기

위해 신호 처리 기술들을 이용하여 분리될 수 있다.

[0165] 특정한 예들에서, 상기 낮은 주파수 부분들(1272, 1274) 대 상기 높은 주파수 부분(1276)은 비율은 상기 반사 신호의 크기를 결정하거나 나타내는 데 이용될 수 있다. 이러한 방식으로 상기 비율을 측정하는 것은 온도, 표유 자기장들 등으로 인한 변화들과 같은 외부의 원치 않는 변화들에 대한 상기 크기 측정의 감도를 감소시킬 수 있다.

[0166] 도 12a를 이제 참조하면, 자기장 센서(1200)는 상기 감도 값에 대응하여 상기 자기장 센서의 출력 신호를 조정하도록 구성될 수 있다. 센서(1200)는 코일(1202) 및 코일 드라이버(1204)를 포함할 수 있다. MR 요소(1206)는 상술한 바와 같이 타겟에 의해 반사되는 바와 같은 코일(1202)에 의해 생성되는 자기장을 검출할 수 있다. 실시예들에서, 상기 MR 요소(1206)의 출력 신호(1208)는 제1 주파수 및 제2 주파수를 포함할 수 있다. 예를 들면, 상기 제1 주파수는 상기 코일 드라이버의 주파수가 될 수 있고, 상기 제2 주파수는 0Hz 또는 DC가 될 수 있다. 이 경우, MR 요소(1206)는 DC 바이어스 회로(bias circuit)(1210)에 의해 구동될 수 있다. 다른 예들에서, 상기 제2 주파수는 영이 아닌 주파수가 될 수 있다.

[0167] 다른 실시예에서, 코일 드라이버(1204)는 제1 시간 간격 동안에 하나의 주파수에서 및 제2 시간 간격 동안에 다른 주파수로 코일(1202)을 구동시킬 수 있다. 상기 시간 간격들은 교번될 수 있고, 중첩되지 않을 수 있다.

[0168] 센서(1200)는 또한 하나 또는 그 이상의 저역 통과 필터들(1214, 1216)뿐만 아니라 복조기들(1224, 1226)을 포함할 수 있는 분리기 회로(separator circuit)를 포함할 수 있다. 센서(1200)는 또한 혼합기 회로(mixer circuit)(1212)를 포함할 수 있다. 발진기들(1218, 1220)은 코일(1202)을 구동시키고 신호(1208)를 처리하는 데 이용되는 진동하는 신호들을 생성할 수 있다. 실시예들에서, 발진기(1220)는 발진기(1218)의 주파수($f_{low}$) 보다 높은 주파수($f_{high}$)를 갖는 신호를 제공할 수 있다. 실시예들에서, $f_{low}$가 충분히 낮은 주파수이므로, 주파수 흐름의 결과로 상기 타겟에 의해 생성되는 임의의 반사 자기장이 영이 되거나, 검출되지 않게 충분히 작거나, 상기 출력에 대한 그 영향이 무시될 수 있거나 시스템 공차들 이내가 된다.

[0169] 혼합기(1212)는 코일 드라이버(1204)로 공급되는 신호(1222)를 생성하도록 상기 발진기(1218, 1220)로부터의 신호들을 혼합(예를 들어, 가산)할 수 있다. 코일 드라이버(1204)는 이후에 상기 혼합 신호(1202)에 따라 코일(1202)을 구동시킬 수 있다.

[0170] 코일(1202)이 상기 혼합 신호에 의해 구동되기 때문에, 출력 신호(1208)는 MR 센서(1206)에 의해 검출되는 바와 같이 $f_{high}$ 및 $f_{low}$에서 발진들을 포함할 수 있다. 복조기(1226)는 주파수($f_{high}$)에서의 상기 신호(1208)의 일부를 상기 신호 내의 다른 주파수들과 분리하기 위해 주파수($f_{high}$)에서 신호(1208)를 복조할 수 있다. 해당 기술 분야의 숙련자는 상기 복조 프로세스가 상기 신호 내의 보다 높은 주파수들로 시프트되는 다른 주파수들을 가져올 수 있는 점을 인지할 수 있을 것이다. 저역 통과 필터(1214)는 이후에 상기 신호로부터 이들 주파수들을 제거할 수 있고, 주파수($f_{high}$) 또는 DC에서 주로 정보를 포함하는 필터링된 신호(1228)를 생성할 수 있다.

[0171] 유사하게, 복조기(1224)는 상기 신호 내의 다른 주파수들과 주파수($f_{low}$)에서의 상기 신호(1208)의 일부를 분리하기 위하여 주파수($f_{low}$)에서의 신호(1208)를 복조할 수 있다. 해당 기술 분야의 숙련자는 상기 복조 프로세스가 상기 신호 내의 보다 높은 주파수들로 시프트되는 상기 다른 주파수들을 가져올 수 있는 점을 인지할 수 있을 것이다. 저역 통과 필터(1216)는 이후에 상기 신호로부터 이들 주파수들을 제거할 수 있고, 주파수($f_{low}$) 또는 DC에서 주로 정보를 포함하는 필터링된 신호(1230)를 생성할 수 있다. 처리 회로(1232)는 상기 검출된 타겟을 나타내는 출력 신호(1232)를 생성하도록 신호들(1228, 1230)을 처리할 수 있다.

[0172] 처리 회로(1232)는 표유 자기장 간섭, 온도 시프트들, 패키지 스트레스들, 또는 다른 외부 자극들에 의해 야기되는 바람직하지 않은 변화들에 실질적으로 민감하지 않은 출력을 제공하도록 상기 신호들의 비율을 취하는 것을 포함하여 다양한 방식들로 신호들(1228, 1230)을 처리할 수 있다. 상기 신호들의 비율을 취하는 것은 또한 온도, 공급 전압의 변화, 외부 자극들 등으로 인한 상기 코일 드라이버 내의 변화들(예를 들어, 상기 코일 드라이버에 의해 제공되는 전류 또는 전압의 변화들)에 실질적으로 민감하지 않은 출력을 제공할 수 있다.

[0173] 신호(1230)는 또한 화살표(1234)로 도시한 바와 같이 DC 바이어스 회로(1220) 내로 공급되는 감도 신호로 이용될 수 있다. DC 바이어스 회로(1210)는 온도, 표유 자기장들, 패키지 스트레스들 등으로 인한 시스템 감도의 변화들을 보상하기 위해 상기 신호(1230)의 값에 기초하여 MR 요소(1206)를 구동시키는 데 이용되는 상기 전압 레벨을 조정할 수 있다.

[0174] 도 12b를 참조하면, 자기장 센서(1200')는 센서(1200)와 유사할 수 있으며, 추가적인 평면 내 자기장 코일(1236)을 포함할 수 있다. DC 바이어스 회로(1236)는 일정한 자기장을 생성하도록 DC 전류로 코일(1232)을 구동시킬 수 있다. 상기 일정한 자기장은 MR 요소(1206)에 의해 직접 검출될 수 있으며, 바이어싱 자기장이 될 수 있다. 다른 실시예들에서, 상기 평면 내 자기장 코일(1232)에 의해 생성되는 자기장은 상기 MR 감도에 비례하는 신호를 발생시키는 데 이용될 수 있고, 이는 MR 요소(1206)에 의해 검출될 수 있으며, 상기 회로(1200')의 감도를 조정하기 위해 후속하여 다시 공급되고 이용될 수 있다. 실시예들에서, 상기 평면 내 자기장 코일(1232)에 의해 발생되는 자기장은 상기 코일(1202)에 의해 생성되는 자기장에 직교할 수 있으며, 상기 MR 요소의 감도를 증가/감소시키는 데 이용될 수 있다. DC 바이어스 회로(1236)는 상기 폐쇄 루프 시스템에 의해 관찰되는 감도의 변화를 보상하는 방식으로 코일(1232)을 구동시킬 수 있다. 다시 말하면, DC 바이어스 회로는 감도 에러들을 상기 피드백 루프 시스템의 대역폭까지 보상하기 위해 피드백 신호(1234)에 대응하여 코일(1232)로 공급되는 상기 구동 전류의 크기를 변화시킬 수 있다. 상기 대역폭은 상기 필터(1216)의 컷-오프 주파수에 의해 결정될(또는 적어도 많은 영향을 받을) 수 있다.

[0175] 도시한 바와 같이, DC 바이어스 회로(1236)는 신호(1230)를 수신할 수 있고, 평면 내 자기장 코일(1232)에 제공되는 전류의 양을 조정할 수 있으며, 이에 따라 후속하여 상기 평면 내 자기장 코일(1232)에 생성되는 자기장의 강도를 조정할 수 있다. 비록 도 12b에는 도시되지 않지만, DC 바이어스 회로(1210')도 신호(1230)를 수신할 수 있고, MR 요소(1206)를 구동시키는 전류를 조정하기 위해 이를 이용할 수 있다. 실시예들에서, DC 바이어스 회로(1210'), DC 바이어스 회로(1236), 또는 이들 모두는 신호(1230)에 기초하여 이들의 출력들을 조정할 수 있다.

[0176] 도 12c를 참조하면, 자기장 센서(1240)는 발진기(1220), 발진기(1218) 및 혼합기(1212)를 포함한다. 코일 드라이버(1204)는 상기 혼합기(1212)에 의해 생성되는 신호를 수신하고, 주파수들($f_{high}$ 및 $f_{low}$)을 포함하는 신호로 코일(1202)을 구동시킨다.

[0177] 센서(1240)는 둘(또는 그 이상)의 MR 요소들(1254, 1256)을 포함할 수 있다. MR 드라이버(1250)는 발진기(1220)에 연결될 수 있고 주파수($f_{high}$)에서 MR 센서(1254)를 구동시킬 수 있으며, MR 드라이버(1252)는 발진기(1218)에 연결될 수 있고 주파수($f_{low}$)에서 드라이버 MR 센서(1256)를 구동시킬 수 있다. 저역 통과 필터(1216)는 MR 센서(1254)로부터의 출력 신호(1258)를 필터링할 수 있고, 저역 통과 필터(1264)는 MR 센서(1256)로부터의 출력 신호(1260)를 필터링할 수 있다. MR 센서들(1254, 1256)이 구동되는 주파수들로 인하여, 출력 신호(1258)는 $f_{high}$에서의 주파수 성분을 포함할 수 있고, 출력 신호(1260)는 $f_{low}$에서의 주파수 성분을 포함할 수 있다. 필터링된 신호(1230)는 상기 센서(1240)의 감도를 조정하는 데 이용될 수 있는 감도 신호가 될 수 있다. 따라서 신호(1230)는 MR 드라이버(1252), MR 드라이버(1250) 및/또는 코일 드라이버(1204)로 다시 공급될 수 있으며, 이들은 각기 상기 신호(1230)의 값에 기초하여 이들의 출력을 조정할 수 있다. 실시예들에서, 신호(1230)는 DC 또는 진동하는 신호가 될 수 있다.

[0178] 도 13을 참조하면, 회로(1300)는 코일(1302) 및 브리지 구성들로 배열되는 MR 요소들(1-8)을 포함한다. 코일(1302)은 이른바 카운터코일(countercoil) 부분들(1304A, 1304B, 1306A, 1306B)을 포함할 수 있다. 먼저 카운터코일 부분(1304A)은 그 아래의 MR 요소들에 대해 좌측으로 자기장을 생성할 수 있다. 후속하여, 부분(1304B)은 우측으로 자기장을 생성할 수 있고, 부분(1306A)은 우측으로 자기장을 생성할 수 있으며, 부분(1306B)은 좌측으로 자기장을 생성할 수 있다. MR 요소들(1, 3)은 카운터코일 부분(1304A) 부근에 위치하며, MR 요소들(2, 4)은 카운터코일 부분(1304B) 부근에 위치한다. MR 요소들(5, 6)은 카운터코일 부분(1306A) 부근에 위치하며, MR 요소들(7, 8)은 카운터코일 부분(1306B) 부근에 위치한다. 또한, 상기 MR 브리지들은 각 브리지 내의 요소들의 일부가 카운터코일 부분(1304) 부근에 위치하고, 상기 요소들의 일부가 카운터코일 부분(1306) 부근에 위치하도록 분리된다. 예를 들면, MR 브리지(1308)는 MR 요소들(1, 3)(카운터코일 부분(1304) 부근에 위치) 및 MR 요소들(5, 6)(카운터코일 부분(1306) 부근에 위치)을 포함한다. 카운터코일 부분들(1304, 1306)을 제공하는 것은 상기 MR 요소들에 대한 상기 직접 결합 자기장의 크기와 극성에 영향을 미칠 수 있다.

[0179] MR 요소들(1, 3)은 코일(1302)에 관하여 제1 결합 계수(coupling factor)를 가질 수 있고, MR 요소들(2, 4)은 제2 결합 계수를 가질 수 있으며, MR 요소들(5, 6)은 제3 결합 계수를 가질 수 있고, MR 요소들(7, 8)은 코일(1302)에 관하여 제4 결합 계수를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 상기 MR 요소들(1, 3, 7, 8)의 결합 계수는 상기 MR 요소들(2, 4, 5, 6)의 결합 계수와 동등하거나 반대가 될 수 있다. 이는, 예를 들면, 대향하는 코일 방향들로 동등한 전류를 운반하는 코일 부분들(1304A, 1304B 및 1306A, 1306B)뿐만 아니라 이들과 관련된 상기 MR

요소들의 위치 결정에 기인할 수 있다.

[0180] 일 실시예에서, 브리지들(308, 1310)은 반사 자기장에 동일하게 반응할 것이다. 그러나 이들은 상기 직접 결합 자기장에 반대로 반응할 수 있다. 상기 두 브리지들의 출력들의 가산은 상기 반사 자기장에 대한 정보를 포함할 수 있고, 상기 두 브리지들의 감산은 상기 직접 결합 자기장에 대한 정보를 포함할 수 있다. 상기 직접 결합 자기장 정보는 이후에 시스템 감도의 측정으로 이용될 수 있고, 상기 반사 자기장 정보를 정규화하는 데 이용될 수 있다. 다른 실시예에서, 브리지들(1308, 1310)은 반사 자기장에 동일하게 반응한다. 그러나 이들은 상기 직접 결합 자기장에 다르게(반드시 정확하게 반대는 아니게) 반응할 수 있다. 상기 두 브리지들의 감산은 여전히 상기 직접 결합 자기장에 대한 정보만을 포함하는 신호를 가져오며, 이는 시스템 감도의 측정으로 이용될 수 있다. 상기 두 브리지들의 합산은 상기 반사 자기장에 대한 정보와 함께 직접 결합 자기장 정보의 일부를 포함할 수 있다. 그러나 이는 일정한 오프셋으로 나타남에 따라 상기 선형화 블록으로 보상될 수 있다.

[0181] 예를 들면, 동작 동안에, 다음의 공식들이 적용될 수 있다.

[0182] $$V_{bridge1} = (C_r + C_1) * i * S_1$$
$$V_{bridge2} = (C_r + C_2) * i * S_2$$

[0183] 위의 공식들에서, $C_r$은 상기 반사 자기장을 나타내고, $C_r$은 상기 제1 MR 브리지에 의해 검출되는 직접 결합 자기장을 나타내며, $C_2$는 상기 제2 MR 브리지에 의해 검출되는 직접 결합 자기장을 나타내며, i는 상기 코일을 통한 전류를 나타내고, $S_1$은 상기 제1 MR 브리지의 감도를 나타내며, $S_2$는 상기 제2 MR 브리지의 감도를 나타낸다. $S_1$=$S_2$로 상정하고, $C_r$에 대해 정리하면 다음 공식과 같다.

[0184] $$C_r = \frac{(V_{bridge2})(C_1) - (V_{bridge1})(C_2)}{V_{bridge1} - V_{bridge2}}$$

[0185] 앞서의 공식은 전류 및 상기 MR 요소들의 감도에 독립적인 $C_r$에 대한 공식을 제공한다. 실시예들에서, 상기 코일의 기하학적 구조, MR 요소들 및 타겟은 $C_1$=-$C_2$인 점을 제공할 수 있다. 다른 실시예들에서, 상기 시스템의 기하학적 구조는 $C_1$ 및 $C_2$의 다른 비율들을 제공할 수 있다. 알려진 비율로써, $C_r$은 상기 반사 자기장에 대한 값을 제공하기 위해 계산될 수 있다.

[0186] 도 13a를 참조하면, 코일(1302')은 카운터 코일 부분들(1304'A, 1304'B 및 1306'A, 1306'B) 및 코일 요소들 사이의 갭을 포함할 수 있다. 도 13A에서, 코일(1302')의 중앙 부분들 및 MR 요소들(1-8)만이 도시된다.

[0187] 상기 카운터 코일 부분들(1304', 1306')은 각기 주요 코일의 트레이스들 사이의 각각의 갭(1350, 1352) 내에 배치될 수 있다. MR 요소들(1-8)은 상기 주요 코일의 갭들 내에 배치될 수 있다. 도 6의 갭과 같이, 갭들(1350, 1350) 내에 상기 MR 요소들을 배치하는 것은 상기 직접 결합 자기장에 대한 상기 MR 요소들의 감도를 감소시킬 수 있다. 따라서, 코일(1302')을 위한 코일 설계는 각 요소에 대해 원하는 직접 결합을 구현하기 위해 상기 감도를 감소시키는 갭들(1350, 1352) 및 상기 감도를 증가시키는 카운터코일 부분들(1304', 1306')을 포함함에 의해 상기 직접 결합 자기장에 대한 상기 MR 요소들의 감도를 조정할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 직접 결합 자기장은 상기 반사 자기장과 크기가 유사하다.

[0188] 도 13b를 참조하면, 자기장 센서(1320)는 도 13에 배열된 바와 같이 코일(1302), MR 브리지(1308) 및 MR 브리지(1310)를 포함할 수 있다. 코일 드라이버(1322)는 주파수(f)에서 코일(1302)을 구동시킬 수 있다. MR 드라이버(1324)는 0Hz(즉, DC) 또는 다른 주파수에서 하나 또는 두 MR 브리지들(1308, 1310)을 구동시킬 수 있다.

[0189] 복조기(1324) 및 복조기(1326)는 각기 주파수(f)에서 MR 브리지들(1308, 1310)로부터의 상기 출력 신호들을 복조할 수 있다. 이는 상기 주파수(f)에서의 신호들의 주파수 성분들을 0Hz 또는 DC로 시프트할 수 있으며, 상기 신호 내의 다른 주파수 성분들을 보다 높은 주파수 대역들로 시프트할 수 있다. 저역 통과 필터들(1328, 1330)은 상기 신호들로부터 상기 보다 높은 주파수 성분들을 제거할 수 있고, DC 신호(V1)(상기 MR 브리지(1308)에 의해 검출되는 자기장에 대응) 및 DC 신호(V2)(MR 브리지(1310)에 의해 검출되는 자기장에 대응)를 처리 블록(1332)에 제공할 수 있다. 처리 블록(1332)은 상기 검출된 타겟을 나타내는 신호를 생성하도록 신호들(V1 및 V2)을 처리할 수 있다. 일 실시예에서, 처리 블록은 동작 X=(V1+V2)/(V1-V2)을 수행할 수 있으며, 여기서 X는 상기 검출된 타겟을 나타내는 신호이다. 이러한 실시예에서, 상기 브리지들(1308, 1310)의 MR의 위치는 상기 제1 브리지가 상기 코일로부터의 음의 신호(직접 결합 자기장) 및 상기 코일로부터의 제2의 대향하는 신호를 관찰

하는 방식으로 선택된다. 두 브리지들은 동일한 반사 신호를 관찰할 수 있다. 따라서 V1+V2는 상기 반사 신호를 실질적으로 포함할 수 있고, V1-V2는 상기 코일 신호를 실질적으로 포함할 수 있다. 상기 비율은 이후에, 예를 들면, 상기 온도 또는 표유 자기장들뿐만 아니라 코일 전류의 변화들로 인한 상기 MR 요소들의 감도 변화에 독립적인 양(X)을 가져온다. 이러한 실시예에서, 상기 MR들(및/또는 코일들)의 위치는 각 MR이 코일 신호 및 동일한 범위의 크기의 반사 신호, 즉 통상적으로 상기 직접 검출된 자기장의 0.1% 내지 100%로 변화되는 반사 자기장을 관찰하도록(예를 들어, 검출할 수 있도록) 선택될 수 있다.

[0190] 이제 도 14를 참조하면, 시스템(1400)은 자기장 센서(1402) 및 타겟(1404)을 포함한다. 자기장 센서(1402)는 자기장 센서(100) 및/또는 상술한 자기장 센서들 중의 임의의 것과 동일하거나 유사할 수 있다. 이에 따라, 자기장 센서(1402)는 자기장을 생성하고 도전성 타겟(1404) 내에 와전류들을 생성하는 코일 및 상기 와전류들로부터 반사 자기장들 검출하는 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 포함할 수 있다.

[0191] 상기 타겟(1404)의 표피 효과(skin effect)는 상기 반사 자기 신호의 양을 제어하고, 상기 타겟 위치를 인코드하도록 상기 반사 신호의 양을 이용하여 선형의 속도 및 각도(회전하는 타겟의 경우) 측정들을 검출하는 데 이용될 수 있다. 타겟은 높은 도전성의 물질(높은 주파수의 신호로 측정되는 얕은 표피 심도)과 상대적으로 낮은 도전성의 물질들(중간 또는 낮은 주파수의 신호를 이용하여 측정되는 깊은 표피 심도)을 결합하여 생성될 수 있다. 상기 타겟은 상기 낮은 도전성의 물질 내로 선형의 경사 또는 디지털 톱니 패턴을 갈거나 식각하여 생성될 수 있다. 후속하는 단계에서, 높은 도전성의 물질이 평면의 표면을 생성하도록 이후에 갈리거나 연마되는 표면 상부에 증착된 수 있다. 선택적으로, 상기 낮은 도전성의 물질은 생략될 수 있다.

[0192] 측정 기술들 또한 다양한 주파수들(예를 들면, 코일(1002)의) 및 상기 타겟의 표피 효과를 활용할 수 있다. 상대적으로 높은 주파수 및 얕은 표피 심도가 상기 센서와 상기 타겟의 면 사이의 에어 갭 거리를 측정하는 데 이용될 수 있다. 이러한 신호는 이후에 상기 시스템의 감도를 보정하는 데 이용될 수 있다. 상기 높은 도전성의 물질의 최대 두께를 초과하는 표피 심도를 가지는 중간 주파수가 상기 낮은 도전성의 물질에 의해 형성되는 타겟의 위치를 감지하는 데 이용될 수 있다. 상대적으로 낮은(예를 들어, 상기 타겟에 의해 반사되지 않도록 충분히 낮은) 주파수의 신호가 상기 MR 센서들의 전체적인 감도를 측정하고, 표유 자기장, 온도, 또는 패키지 스트레스들로 인한 감도의 변화를 보상하기 위해 피드백을 제공하는 데 이용될 수 있다. 도 14를 다시 참조하면, 타겟(1404)은 제1 물질 부분(1406) 및 제2 물질 부분(1408)을 포함할 수 있다. 제1 물질 부분(1406)은 금속과 같은 높은 도전성의 물질이 될 수 있고, 제2 물질 부분(1408)은 플라스틱, 세라믹 또는 다른 절연 물질과 같은 상대적으로 낮은 도전성의 물질이 될 수 있거나, 그 반대가 될 수 있다. 실시예들에서, 상기 제1 및 제2 물질 부분들(1406, 1408)은 일체로 형성될 수 있는 경우와 같은 통합 구조가 될 수 있거나, 도 14에 도시한 바와 같이 서로 물리적으로 연결되는 별도의 요소들이 될 수 있다.

[0193] 상기 제1 물질 부분(1406)의 두께(1410)가 상기 타겟(1404)의 길이를 따라 변화될 수 있으므로, 일 단부(1412)에서, 제1 물질 부분(1406)은 상대적으로 두껍고, 다른 단부(1414)에서, 제1 물질 부분(1406)은 상대적으로 얇다. 상기 제1 물질 부분(1406)의 두꺼운 단부(1412)에서 자기장 센서(1402)에 의해 유도되는 와전류들은 상기 얇은 단부(1414)에서 유도되는 경우들과 다를 수 있다. 이에 따라, 상기 두꺼운 단부(1406)에서 생성되는 반사 자기장 또한 상기 얇은 단부(1414)에서 생성되는 반사 자기장과 다를 수 있다. 상기 제1 물질 부분(1406)의 두께가 상기 타겟(1404)의 길이를 따라 선형으로 변화되기 때문에, 상기 반사 자기장도 상기 타겟(1404)의 길이를 따라 선형으로 변화될 수 있다. 따라서 상기 자기장 센서(1402)의 자기장 센싱 요소들은 자기장 센서(1402)가 상기 타겟(1404)의 길이를 따라 위치하는지를 결정하기 위해 상기 반사 자기장의 차이를 검출할 수 있다. 실시예들에서, 상대적으로 높은 주파수가 상기 에어 갭을 감지하는 데 이용될 경우, 상기 단부(1414)에서의 두께는 선택되는 주파수에서 하나의 표피 심도보다 크고, 다섯의 표피 심도들보다 작게 선택될 수 있다. 상기 단부(1412)에서의 두께는 상대적으로 보다 낮은 주파수에서 하나의 표피 심도보다 크게 선택될 수 있다.

[0194] 실시예들에서, 타겟(1404)은 자기장 센서(1402)에 대해 선형의 방향(화살표(1416)로 도시됨)으로 이동할 수 있다. 타겟(1404)이 이동함에 따라, 자기장 센서(1402)는 자기장 센서(1402)에 대한 상기 타겟(1404)의 위치를 결정하기 위해 상기 반사 자기장의 변화를 검출할 수 있다. 물론, 다른 실시예들에서, 타겟(1416)이 정지할 수 있고, 자기장 센서(1402)는 타겟(1404)에 대해 이동할 수 있다.

[0195] 다른 예로서, 다중의 주파수들이 에어 갭을 결정하고, 상기 타겟(1404)의 위치를 해결하는 데 이용될 수 있다. 예를 들면, 상기 단부(1414)에서 제1 물질 부분(1406)의 두께가 주파수(f1)에서의 하나의 표피 심도보다 클 경우, 주파수(f1)에서의 반응은 타겟(1404)과 상기 MR 요소들 사이의 에어 갭의 함수로서만 변화될 수 있다. 제2 주파수를 이용하여, 상기 단부(1414)에서 제1 물질 부분(1406)의 두께가 주파수(f2)에서의 하나의 표피 심도보

다 작을 경우, 상기 반응은 에어 갭 및 타겟(1404)의 위치 모두의 함수로서 변화될 수 있다.

[0196] 도 14a를 이제 참조하면, 시스템(1400')은 자기장 센서(1402) 및 실린더, 기어 등의 형상이 될 수 있는 회전하는 타겟(1418)을 포함할 수 있다. 타겟(1418)은 제1 물질 부분(1420) 및 제2 물질 부분(1422)을 포함할 수 있다. 제1 물질 부분(1420)은 금속과 같은 높은 도전성의 물질이 될 수 있고, 제2 물질 부분(1422)은 플라스틱, 세라믹 또는 다른 절연 물질과 같은 상대적으로 낮은 도전성의 물질이 될 수 있거나, 그 반대가 될 수 있다. 실시예들에서, 상기 제1 및 제2 물질 부분들(1420, 1422)은 일체로 형성될 수 있는 경우와 같은 통합된 구조가 될 수 있거나, 도 14에 도시한 바와 같이 서로 물리적으로 연결되는 별도의 요소들이 될 수 있다.

[0197] 상기 제1 물질 부분(1420)의 두께(1423)는 타겟(1418) 주위의 각도의 함수로서 타겟(1418)의 둘레에서 변화될 수 있으므로, 지점(1424)에서, 제1 물질 부분(1420)은 상대적으로 얇고, 지점(1426)에서, 제1 물질 부분(1420)은 상대적으로 두껍다. 상기 제1 물질(1420)의 보다 두꺼운 부분들 내에 자기장 센서(1402)에 의해 유도되는 와전류들은 보다 얇은 부분들에서 유도되는 것들과 다를 수 있다. 이에 따라, 상기 지점(1424)에서 생성되는 반사 자기장 또한 상기 지점(1426)에서 생성되는 반사 자기장과 다를 수 있다. 상기 제1 물질 부분(1420)의 두께가 타겟(1418)의 둘레 주위에서 타겟(1418) 주위의 각도의 함수로 변화되기 때문에, 상기 반사 자기장 또한 상기 둘레 주위에서 변화될 수 있다.

[0198] 자기장 센서(1402)는 상기 타겟(1418)의 반경 외측에 위치할 수 있고, 상기 타겟(1418)의 외측 표면에 인접할 수 있다. 따라서, 상기 자기장 센서(1402)의 자기장 센싱 요소들은 상기 타겟(1418)의 회전 각도를 결정하기 위해 상기 반사 자기장의 차이를 검출할 수 있다. 자기장 센서(1402)는 또한 상기 타겟(1418)의 회전 속도 및/또는 방향을 검출할 수 있다.

[0199] 도 14b를 이제 참조하면, 시스템(1400")은 자기장 센서(1402) 및 회전하는 타겟(1428)을 포함할 수 있다. 타겟(1428)은 제1 물질 부분(1430) 및 제2 물질 부분(1432)을 포함할 수 있다. 제1 물질 부분(1430)은 금속과 같은 높은 도전성의 물질이 될 수 있고, 제2 물질 부분(1432)은 플라스틱, 세라믹 또는 다른 절연 물질과 같은 상대적으로 낮은 도전성의 물질이 될 수 있거나, 그 반대가 될 수 있다. 실시예들에서, 상기 제1 및 제2 물질 부분들(1430, 1432)은 일체로 형성될 수 있는 경우와 같이 통합 구조가 될 수 있거나, 도 14에 도시한 바와 같이 서로 물리적으로 연결되는 별도의 요소들이 될 수 있다.

[0200] 도 14b에서, 상기 제1 물질 부분(1430)의 두께는 도면 속으로 연장될 수 있다. 제1 물질 부분(1430)의 두께가 타겟(1428)의 둘레 주위에서 타겟(1428) 주위의 각도의 함수로 변화될 수 있으므로, 지점(1434)에서, 제1 물질 부분(1430)은 상대적으로 두껍고, 지점(1436)에서, 제1 물질 부분(1430)은 상대적으로 얇다. 제1 물질 부분(1430)의 두꺼운 부분들 내에서 상기 자기장 센서(1402)에 의해 유도되는 와전류들은 얇은 부분들에서 유도되는 것들과 다를 수 있다. 이에 따라, 상기 지점(1434)에서 생성되는 반사 자기장 또한 상기 지점(1436)에서 생성되는 반사 자기장과 다를 수 있다. 제1 물질 부분(1430)의 두께가 타겟(1428)의 둘레 주위에서 변화되기 때문에, 상기 반사 자기장도 상기 둘레 주위에서 변화될 수 있다.

[0201] 자기장 센서(1402)는 상기 타겟(1428)의 반경 내측에 위치할 수 있고, 상기 타겟(1428)의 실질적으로 평탄한 면(1440)에 인접할 수 있다. 다시 말하면, 타겟(1428)이 회전하는 축의 단부에 위치할 경우, 자기장 센서(1402)는 상기 축의 일 단부의 면에 인접하여 배치될 수 있다. 따라서, 상기 자기장 센서(1402)의 자기장 센싱 요소들은 상기 타겟(1428)의 회전 각도를 결정하기 위해 상기 반사 자기장의 차이를 검출할 수 있다. 자기장 센서(1402)는 또한 타겟(1418)의 회전 속도 및/또는 방향을 검출할 수 있다.

[0202] 자기장 센서(1402)는, 예를 들면, 도 3a에 예시한 바와 같이 구배 측정기 모드(gradiometer mode)로 장착될 수 있다. 상기 구배 측정기의 절반은 상기 도전성 부분(1450)과 상기 타겟 사이의 거리가 실질적으로 일정하게 남는 위치에 놓일 수 있고, 상기 구배 측정기의 절반은 상기 도전성 물질의 경사(1404)가 존재하는 위치에 놓일 수 있다. 상기 두 신호들 사이의 차이는 상기 타겟의 진동으로 인한 원치 않는 변동들을 억제하는 데 이용될 수 있다.

[0203] 도 15를 참조하면, 시스템(1500)은 자기장 센싱 요소(1502) 및 타겟(1504)을 포함할 수 있다. 자기장 센서(1502)는 자기장 센서(100) 및/또는 상술한 자기장 센서들 중의 임의의 것과 동일하거나 유사할 수 있다. 이에 따라, 자기장 센서(1502)는 자기장을 생성하고 타겟(1504) 내에 와전류들을 생성하는 코일 및 상기 와전류들로부터 반사 자기장들을 검출하는 하나 또는 그 이상 자기장 센싱 요소들을 포함할 수 있다.

[0204] 타겟(1504)은 제1 물질 부분(1506) 및 제2 물질 부분(1508)을 포함할 수 있다. 제1 물질 부분(1506)은 금속과 같은 높은 도전성의 물질이 될 수 있고, 제2 물질 부분(1508)은 플라스틱, 세라믹 또는 다른 절연 물질과 같은

상대적으로 낮은 도전성의 물질이 될 수 있거나, 그 반대가 될 수도 있다. 실시예들에서, 상기 제1 및 제2 물질 부분(1506, 1508)은 일체로 형성될 수 있는 경우와 같은 통합된 구조가 될 수 있거나, 도 14에 도시한 바와 같이 서로 물리적으로 연결되는 별도의 요소들이 될 수 있다.

[0205] 제1 물질 부분(1506)은 일련의 교번되는 웰(well)들(1510) 및 밸리(valley)들(1512)을 포함할 수 있다. 웰들(1510)은 밸리들(1512)의 두께보다 상대적으로 큰 두께(1514)를 가질 수 있다. 이에 따라, 상기 웰들(1510) 내에 생성되는 반사 자기장은 밸리들(1512)에서 생성되는 반사 자기장과 다를 수 있다. 따라서 상기 자기장 센서(1502)의 자기장 센싱 요소들은 타겟(1504)이 자기장 센서(1502)에 대해 이동함에 따라 웰들(1510) 및 밸리들(1512)에 의해 생성되는 다른 자기장들을 검출할 수 있다. 상기 검출된 자기장들은, 예를 들면 자성 타겟(1500)의 속도, 위치, 회전 각도 및/또는 방향을 검출하는 데 이용될 수 있다.

[0206] 시스템(1500')은 자기장 센서(1502) 및 타겟(1516)을 포함할 수 있다. 타겟(1516)은 하나 또는 그 이상의 제1 물질 부분들(1518) 및 제2 물질 부분(1520)을 포함할 수 있다. 제1 물질 부분들(1518)은 금속과 같은 높은 도전성의 물질이 될 수 있고, 제2 물질 부분(1522)은 플라스틱, 세라믹, 또는 다른 절연 물질과 같은 낮은 도전성의 물질이 될 수 있거나, 그 반대가 될 수 있다.

[0207] 제1 물질 부분들(1518)은 타겟(1516)의 길이를 따라 이격되는 배치로 위치하는 일련의 별개의 웰들을 포함할 수 있다. 이에 따라, 자기장 센서(1502)가 톱니(1518)에 인접할 때, 반사 자기장이 생성되고, 검출될 것이다. 자기장 센싱 요소가 절연 영역(예를 들어, 영역(1522))에 인접할 때, 반사 자기장이 상기 절연 영역(1522)에 의해 생성되지 않을 수 있다. 따라서 상기 자기장 센서(1502)의 자기장 센싱 요소들은 타겟(1516)이 자기장 센서(1502)에 대해 이동함에 따라 상기 웰들(1518)에 의해 생성되는 반사 자기장들을 검출할 수 있으며, 반사 자기장이 생성되지 않는 때를 검출할 수 있다. 상기 검출된 자기장들은, 예를 들면 자성 타겟(1516)의 속도 및/또는 방향을 검출하는 데 이용될 수 있다.

[0208] 도 15a를 참조하면, 시스템(1522)은 자기장 센서(1502) 및 회전하는 타겟(1524)을 포함할 수 있다. 타겟(1524)은 제1 물질 부분(1526) 및 제2 물질 부분(1528)을 포함할 수 있다. 제1 물질 부분(1526)은 금속과 같은 높은 도전성의 물질이 될 수 있고, 제2 물질 부분(1528)은 플라스틱, 세라믹 또는 다른 절연 물질과 같은 상대적으로 낮은 도전성의 물질이 될 수 있거나, 그 반대가 될 수 있다.

[0209] 제1 물질 부분들(1526)은 타겟(1524) 주위에 다양한 각도들로 상기 타겟(1524)의 둘레 주위에 이격되는 배치로 위치하는 하나 또는 그 이상의 톱니들(1530)을 포함할 수 있다. 비록 두 개의 톱니들이 도시되지만, 타겟(1524)은 하나의 톱니, 두 개의 톱니들, 또는 상기 타겟(1524)의 둘레 주위에 이격되는 관계로 그 이상의 톱니들을 포함할 수 있다. 상기 톱니들은 균등하거나 균등하지 않은 패턴으로 이격될 수 있다.

[0210] 이에 따라, 자기장 센서(1502)가 톱니(1530)에 인접할 때, 반사 자기장이 생성되고 검출될 것이다. 자기장 센싱 요소 톱니에 인접하지 않을 때, 다른 강도를 갖는 반사 자기장이 제1 물질 부분(1526)에 의해 생성될 수 있다. 따라서 상기 자기장 센서(1502)의 자기장 센싱 요소들은 타겟(1524)이 자기장 센서(1502)에 대해 회전함에 따라, 상기 톱니들(1530)에 의해 생성되는 반사 자기장들 및 톱니들이 없이 상기 제1 물질 부분(1526)의 영역들에 의해 생성되는 반사 자기장을 검출할 수 있다. 상기 검출된 자기장들은, 예를 들면 자성 타겟(1500)의 속도 및/또는 방향을 검출하는 데 이용될 수 있다.

[0211] 도 15b를 참조하면, 시스템(1522')은 자기장 센서(1502) 및 회전 타겟(1532)을 포함할 수 있다. 타겟(1532)은 하나 또는 그 이상의 제1 물질 부분들(1534) 및 제2 물질 부분(1536)을 포함할 수 있다. 제1 물질 부분들(1534)은 금속과 같은 높은 도전성의 물질이 될 수 있고, 제2 물질 부분(1536)은 플라스틱, 세라믹 또는 다른 절연 물질과 같은 상대적으로 낮은 도전성의 물질이 될 수 있거나, 그 반대가 될 수 있다.

[0212] 제1 물질 부분들(1534)은 타겟(1532)의 방사상의 둘레 주위에 이격되는 배치로 위치하는 일련의 별개의 웰들을 포함할 수 있다. 제1 물질 부분들(1530)은 균등하거나, 임의의 유형의 패턴에 따라 이격될 수 있다. 이에 따라, 자기장 센서(1502)가 상기 제1 물질 부분들(1534) 중의 하나에 인접할 때, 반사 자기장이 생성되고 검출될 것이다. 자기장 센서(1502)가 절연 영역(예를 들어, 영역(1538))에 인접할 때, 반사 자기장이 상기 절연 영역(1538)에 의해 생성되지 않을 수 있다. 따라서 상기 자기장 센서(1502)의 자기장 센싱 요소들은 타겟(1532)이 자기장 센서(1502)에 대해 회전함에 따라 상기 제1 물질 부분들(1534)에 의해 생성되는 반사 자기장들을 검출할 수 있으며, 반사 자기장이 절연 영역들(1538)에 의해 생성되지 않는 때를 검출할 수 있다. 상기 검출된 자기장들은, 예를 들면 자성 타겟(1532)의 회전 속도 및/또는 방향을 검출하는 데 이용될 수 있다.

[0213] 자기장 센서(1502)는 타겟(1532)의 가장 외측의 반경 내에 배치될 수 있으며, 타겟(1532)의 실질적으로 평탄한

면(1540)에 인접할 수 있다. 다시 말하면, 타겟(1532)이 회전하는 축의 단부에 놓일 경우, 자기장 센서(1502)는 상기 축의 일측 단부의 면에 인접하게 배치될 수 있다. 따라서 타겟(1532)이 회전함에 따라, 상기 자기장 센서(1502)의 자기장 센싱 요소들은 이들이 지나감에 따라 제1 물질 부분들(1534)을 검출할 수 있다.

[0214] 도 15c를 참조하면, 시스템(1522")은 자기장 센서(1502) 및 회전 타겟(1532)을 포함할 수 있다. 타겟(1532)은 하나 또는 그 이상의 제1 물질 부분들(1534') 및 제2 물질 부분(1536)을 포함할 수 있다. 제1 물질 부분들(1534)은 금속과 같은 높은 도전성의 물질이 될 수 있고, 제2 물질 부분(1536)은 플라스틱, 세라믹 또는 다른 절연 물질과 같은 상대적으로 낮은 도전성의 물질이 될 수 있거나, 그 반대가 될 수 있다.

[0215] 제1 물질 부분들(1534')은 상기 타겟(1532)의 상이한 반경의 둘레 주위에 이격되는 배치로 위치하는 몇몇 시리즈들의 별개의 웰들을 포함할 수 있다. 제1 물질 부분들(1530)은 균등하거나, 임의의 유형의 패턴에 따라 이격될 수 있다. 이에 따라, 자기장 센서(1502)가 상기 제1 물질 부분들(1534) 중의 하나에 인접할 때, 반사 자기장이 생성되고 검출될 것이다. 자기장 센서(1502)가 절연 영역(예를 들어, 영역(1538))에 인접할 때, 반사 자기장이 상기 절연 영역(1538)에 의해 생성되지 않을 수 있다. 따라서 상기 자기장 센서(1502)의 자기장 센싱 요소들은 타겟(1532)이 자기장 센서(1502)에 대해 회전함에 따라 상기 제1 물질 부분들(1534)에 의해 생성되는 반사 자기장들을 검출할 수 있으며, 반사 자기장이 절연 영역들(1538)에 의해 생성되지 않는 때를 검출할 수 있다. 제2 방사형의 시리즈의 웰들은 상기 제2 방사형의 시리즈 내의 각 웰(1560)이 제1 방사형의 시리즈 내의 웰들(1534) 사이의 갭(1562)에 인접하여 위치하도록 배열될 수 있다. 자기장 센서(1502)가 각 방사형의 시리즈를 검출함에 따라, 위상의 90도 시프트 또는 상기 제1 방사형의 시리즈의 웰들 및 상기 제2 방사형의 시리즈의 웰들의 검출 사이의 다른 피치가 존재할 수 있으며, 이는 버니어(Vernier) 유형의 접근 방식으로 각도의 정확성을 증가시키는 데 이용될 수 있다.

[0216] 자기장 센서(1502)는 타겟(1532)의 가장 외측의 반경 내에 위치할 수 있으며, 타겟(1532)의 실질적으로 평탄한 면(1540)에 인접할 수 있다. 다시 말하면, 타겟(1532)이 회전하는 축의 단부에 배치될 경우, 자기장 센서(1502)는 상기 축의 일측 단부의 면에 인접하게 위치할 수 있다. 따라서 타겟(1532)이 회전하면서, 상기 자기장 센서(1502)의 자기장 센싱 요소들은 이들이 지나감에 따라 제1 물질 부분들(1534)을 검출할 수 있다.

[0217] 도 16을 참조하면, 시스템(1600)은 제1 자기장 센서(1602), 제2 자기장 센서(1604) 및 회전하는 타겟(1606)을 포함할 수 있다. 자기장 센서들(1602, 1604)은 자기장 센서(100) 및/또는 상술한 자기장 센서들 중의 임의의 것과 동일하거나 유사할 수 있다.

[0218] 타겟(1606)은 중심 축(1610) 주위에 위치하는 나선형의 경사 평면(inclined plane)(1608)을 포함할 수 있다. 실시예들에서, 중심 축(1610)은 회전하는 축이 될 수 있다. 타겟(1606)은 또한 도전성 기준 부분(1612)을 포함할 수 있다. 기준 부분(1612) 및 경사 평면(1608)은 도전성 물질로 형성될 수 있다.

[0219] 일 실시예에서, 자기장 센서(1602)는 기준 부분(1612)에 인접하여 배치될 수 있다. 자기장 센서(1602)의 코일은 자기장을 생성하며, 이는 결국 기준 부분(1612) 내에 와전류들을 생성한다. 자기장 센서(1602)는 상기 와전류들에 의해 생성되는 반사 자기장을 검출할 수 있다.

[0220] 유사하게, 자기장 센서(1604)는 경사 평면(1608)에 대해 배치될 수 있다. 자기장 센서(1608)의 코일은 자기장을 생성할 수 있으며, 이는 결국 자기장 센서(1604)에 인접하는 경사 평면의 일부(1614) 내에 와전류들을 생성할 수 있다. 자기장 센서(1604)는 상기 경사 평면(1608) 내의 와전류들에 의해 생성되는 반사 자기장을 검출할 수 있다.

[0221] 타겟(1606)이 회전함에 따라, 상기 자기장 센서(1604)에 인접하는 경사 평면(1608)의 일부(1614)는 자기장 센서(1604)를 향하여 및/또는 이로부터 멀어지게 이동할 것이다. 자기장 센서(1604)에 대한 상기 부분(1614)의 근접(D)은 자기장 센서(1604)에 의해 검출될 수 있다. 처리 회로부(도시되지 않음)는 상기 근접(D)을 타겟(1606)의 회전 각도와 연관시킬 수 있으며, 위치, 회전의 속도, 회전의 방향 등을 결정할 수 있다.

[0222] 도 16a를 참조하면, 시스템(1600')은 자기장 센서들(1616)의 그리드 및 회전하는 타겟(1606)을 포함할 수 있다.

[0223] 타겟(1606)은 중심 축(1610) 주위에 위치하는 나선형의 경사 평면(1608)을 포함할 수 있다. 실시예들에서, 중심 축(1610)은 회전하는 축이 될 수 있다. 타겟(1606)은 또한 도전성 기준 부분(1612)을 포함할 수 있다. 기준 부분(1612) 및 경사 평면(1608)은 도전성 물질로 형성될 수 있다.

[0224] 일 실시예에서, 그리드(1616)의 자기장 센서(1602)는 기준 부분(1612)에 인접하여 위치할 수 있다. 자기장 센서(1602)의 코일은 자기장을 생성하며, 이는 결국 기준 부분(1612) 내에 와전류들을 생성한다. 자기장 센서(160

2)는 상기 와전류들에 의해 생성되는 반사 자기장을 검출할 수 있다.

[0225] 다른 자기장 센서들(1618a-1618h)은 경사 평면(1608)에 대해 상기 그리드(1616) 상의 다양한 장소들에 배치될 수 있다. 각각의 자기장 센서들(1618a-1618h)의 코일은 자기장을 생성할 수 있고, 이는 결국 각 자기장 센서(1618a-1618h)에 인접하는 상기 경사 평면의 일부 내에 와전류들을 생성할 수 있으며, 각기 상기 경사 평면(1608) 내의 와전류들에 의해 생성되는 국소 반사 자기장을 검출할 수 있다.

[0226] 타겟(1606)이 회전함에 따라, 자기장 센서들(1618a-1618h)에 인접하는 경사 평면(1608)의 일부들은 자기장 센서들(1618a-1618h)을 향하여 및/또는 이들로부터 멀어지게 이동할 것이다. 임의의 자기장 센서(1618a-1618h)에 대한 임의의 부분(1614)의 근접(D)은 각 자기장 센서에 의해 검출될 수 있다. 처리 회로부(도시되지 않음)는 상기 근접(D)을 타겟(1606)의 회전 각도와 연관시킬 수 있으며, 위치, 회전의 속도, 회전의 방향 등을 결정할 수 있다.

[0227] 도 16a를 참조하면, 그리드를 형성하는 복수의 센서들(1618a-1618h)은 다음 지점들에 나선의 거리를 측정하는 데 이용될 수 있으므로, 상기 그리드의 중심 센서의 회전의 축에 직교하는 방향들 상의 상기 나선의 진동들이 상기 회전의 축을 따른 진동들을 억제하도록 보정하게 한다.

[0228] 도 17을 참조하면, 기판(1700)은 코일들 및 자기장 센싱 요소들을 포함하는 상술한 자기장 센서 회로들 하나 또는 그 이상을 지지할 수 있다. 기판(1700)은 프레임(1702) 상에 배치(및 부착)될 수 있다. 기판(1700)은 반도체 기판, 유리 기판, 세라믹 기판, 또는 이들과 유사한 것이 될 수 있다. 본드 와이어(bond wire)들(1704)은 기판(1700) 상의 연결 패드들을 프레임(1702)의 리드들에 전기적으로 연결시킬 수 있다. 프레임(1702)은 리드 프레임, 패드 프레임, 또는 기판(1700)을 지지할 수 있는 임의의 구조가 될 수 있다.

[0229] 실시예들에서, 기판(1700)은 상술한 코일들과 동일하거나 유사할 수 있는 코일(1701)을 지지할 수 있다. 코일(1701)은 타겟 내에 와전류 및 반사 자기장을 유도할 수 있는 자기장 및/또는 MR 요소들에 직접 결합될(예를 들어, 이들에 의해 직접 검출될) 수 있는 자기장을 생성할 수 있다. 도시한 바와 같이, 코일(1701)은 프레임(1702) 내의 갭(1703)에 인접하게(또는 대향되게) 위치할 수 있다. 프레임(1702)이 도전성 물질(금속과 같은)일 경우, 상기 코일(1701)에 의해 생성되는 자기장은 프레임(1702)으로부터 와전류들 및 반사 자기장을 유도할 수 있다. 코일(1701)을 갭(1703) 부근에 배치하는 것은 그렇지 않으면 프레임(1702)에 의해 발생될 수 있는 임의의 원치 않는 반사 자기장을 감소시키거나 소거할 수 있다.

[0230] 도 17a에서, 기판(1706)은 코일들 및 자기장 센싱 요소들을 포함하는 상술한 자기장 센서 회로들 중의 하나 또는 그 이상을 지지할 수 있다. 기판(1706)은 리드 프레임(1707) 상에 배치될(및 부착될) 수 있다. 기판(1706)은 하나 또는 그 이상의 비아(via)들(1708)을 포함할 수 있으며, 이들은 솔더 볼(solder ball)들(또는 솔더 범프(solder bump)들)(1710)에 연결될 수 있다. 솔더 볼들(1710)은 비아들(1708)과 리드 프레임(1707)의 리드들의 사이에 전기적 연결을 제공하도록 리드 프레임(1707)의 리드들에 연결될 수 있다. 상기 전기적 연결은 리드들(1707)을 통해 상기 센서 회로부(대체로 기판(1700)의 하나의 표면에 의해 지지됨)를 외부 시스템 및 구성 요소들에 연결할 수 있다.

[0231] 실시예들에서, 기판(1706)은 상술한 코일들과 동일하거나 유사할 수 있는 코일(1709)을 지지할 수 있다. 코일(1709)은 타겟 내에 와전류 및 반사 자기장를 유도할 수 있는 자기장 및/또는 MR 요소들에 직접 결합될(예를 들어, 이들에 의해 직접 검출될) 수 있는 자기장을 생성할 수 있다. 도시한 바와 같이, 코일(1709)은 프레임(1707) 내의 갭(1705)에 인접하게(또는 대향되게) 배치될 수 있다. 프레임(1707)이 도전성 물질(금속과 같은)일 경우, 상기 코일(1709)에 의해 생성되는 자기장은 프레임(1707)으로부터 와전류들 및 반사 자기장을 유도할 수 있다. 코일(1709)을 갭(1705) 부근에 위치시키는 것은 그렇지 않으면 프레임(1707)에 의해 발생될 수 있는 임의의 원치 않는 반사 자기장을 감소시키거나 소거할 수 있다.

[0232] 실시예들에서, 도 16a의 센서들(1608a-h)의 그리드는 기판(1700 또는 1706)의 표면상에 형성될 수 있다.

[0233] 도 18을 참조하면, 자기장 센서 회로(1800)는 하나 또는 그 이상 기판들에 의해 지지될 수 있다. 도 18에 도시한 바와 같이, 제1 기판(1802)은 자기장을 생성할 수 있는 하나 또는 그 이상 코일들(1804, 1806)을 지지할 수 있다. 제2 기판(1808)은 앞서 논의된 바와 같이 상기 반사 자기장을 검출할 수 있는 하나 또는 그 이상 자기장 센싱 요소들(1810)을 지지할 수 있다. 상기 반도체 다이들(1802, 1808)은 또한 앞서 논의된 바와 같이 추가적인 회로부를 포함할 수 있다. 기판(1802)에 의해 지지되는 회로들은 리드 와이어들(도시되지 않음)로 기판(1808)에 의해 지지되는 회로들에 전기적으로 연결될 수 있다. 지지되는 회로들도 리드 와이어들에 의해 프레임(1811)의 리드들에 연결될 수 있다. 반도체 패키지(도시되지 않음)는 상기 기판들을 둘러쌀 수 있다.

[0234] 일 실시예에서, 제2 다이(1808)는 제1 다이(1802)의 상부 표면에 접착될 수 있다. 선택적으로는, 다이(1808)는 반전될 수 있고, 다이-대-다이 전기 연결들로 다이(1802)에 전기적으로 연결될 수 있다.

[0235] 상기 코일들(1804, 1808)에 의해 생성되는 자기장들은 코일들(1804, 1806) 사이의 영역, 즉 상기 MR 요소들(1810)이 배치되는 영역 내에서 서로를 상쇄할 수 있다. 따라서, 기판(1808)은 MR 요소들(1810)에 의해 검출되는 임의의 표유 또는 직접 결합 자기장을 최소화하기 위해 MR 요소들(1810)이 상기 자기장들이 소거되는 영역 내에 있도록 배치될 수 있다.

[0236] 실시예들에서, 기판들(1802, 1808)은 다른 유형의 기판들이 될 수 있다. 예를 들면, 기판(1802)은 코일들(1804, 1806)과 같은 금속 트레이스들을 지지하기 위한 비싸지 않은 기판이 될 수 있는 반면, 기판(1808)은 MR 요소들 및/또는 다른 집적 회로들을 지지하기 위한 기판이 될 수 있다.

[0237] 도 18a를 참조하면, 자기장 센서 회로(1800')는 다중의 반도체 다이들에 의해 지지될 수 있다. 도시한 바와 같이, 제1 다이(1812)는 둘(또는 그 이상)의 세트들의 코일들을 지지할 수 있다. 제1 세트의 코일들은 코일들(1814, 1816)을 포함할 수 있다. 제2 세트는 코일들(1818, 1820)을 포함할 수 있다. 제2 다이(1822)는 제1 세트의 자기장 센싱 요소들(1824)을 지지할 수 있고, 제3 다이(1826)는 제2 세트의 자기장 센싱 요소들(1828)을 지지할 수 있다.

[0238] 일 실시예에서, 자기장 센서 회로(1800')는 두 개의 자기장 센서들을 포함할 수 있다. 제1 센서는 코일들(1814, 1816), 다이(1822) 및 자기장 센싱 요소들(1824)을 포함할 수 있다. 제2 자기장 센서는 코일들(1818, 1820), 다이(1826) 및 자기장 센싱 요소들(1828)을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 자기장 센서 회로(1800')는 추가 코일들, 다이들 및 자기장 센싱 요소들을 포함할 수 있는 추가 자기장 센서들을 포함할 수 있다.

[0239] 자기장 센서 회로(1800')는 둘(또는 그 이상)의 자기장 센서들을 채용하는 상술한 시스템들 중의 임의의 것에 사용될 수 있다. 추가적으로 또는 선택적으로, 상기 회로(1800') 내의 두 자기장 센서들은 상기 두 센서들 사이의 크로스-토크(cross-talk)를 회피하기 위해 다른 주파수들에서 구동될 수 있다.

[0240] 도 19를 참조하면, 자기장 센서 회로(1900)는 다중의 기판들에 의해 지지될 수 있다. 제1 기판은 코일(1902)을 지지할 수 있다. 네 개의 보다 작은 기판들(1904-1910)은 각기 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 지지할 수 있다. 도시한 바와 같이, 기판들(1904-1910)은 코일(1902)의 트레이스들에 인접하여 위치할 수 있다. 일부 실시예들에서, 기판들(1904-1910)은 이들이 지지하는 상기 자기장 센싱 요소들이 코일(1902)의 트레이스들 사이의 갭(1912)에 인접하여 놓이도록 배치될 수 있다.

[0241] 제5 기판(1914)은 코일(1902)과 상기 자기장 센싱 요소들을 구동시키기 위한 회로부뿐만 아니라, 상기 자기장 센싱 요소들로부터 수신되는 신호들을 처리하는 처리 회로부를 지지할 수 있다. 다양한 다이들 상의 회로들은 리드 와이어들(1916)에 의해 함께 연결될 수 있다.

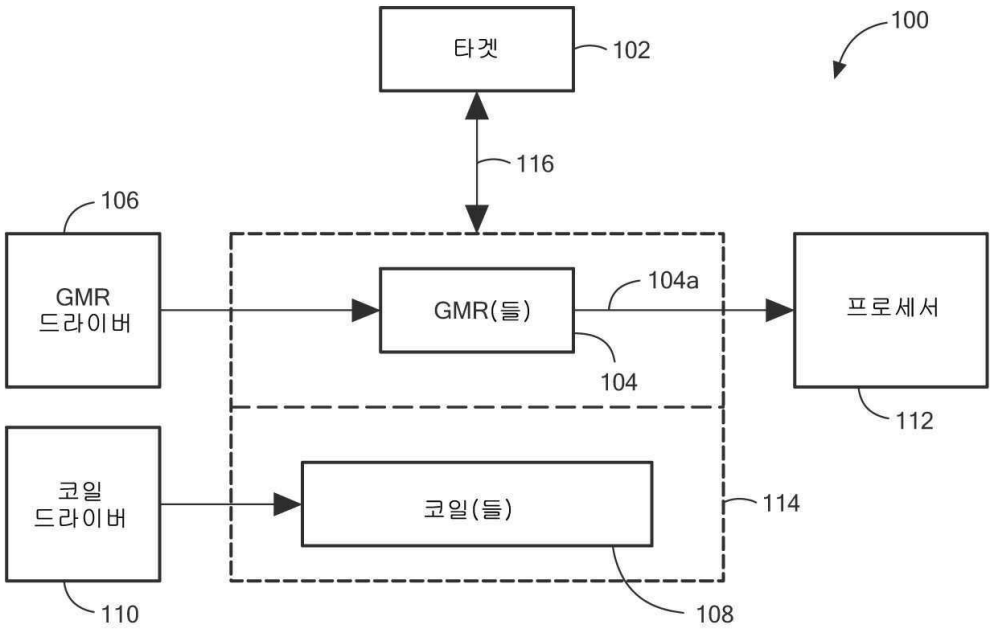
[0242] 비록 도시되지 않지만, 다른 실시예에서, 보다 큰 기판(1402)이 상기 코일들과 MR 요소들을 지지할 수 있다. 보다 작은 기판(1904-1908)은 상기 코일들과 MR 요소들을 구동시키기 위한 회로부 및/또는 상기 자기장 신호들을 처리하기 위한 회로들을 지지할 수 있다.

[0243] 일 실시예에서, 상기 자기장 센싱 요소들 및 코일(1902)은 상술한 자기장 검출 시스템들의 일부 또는 모두에서 설명되는 상기 자기장 센싱 요소들(예를 들어, MR 요소들) 및 코일들과 동일하거나 유사할 수 있다.

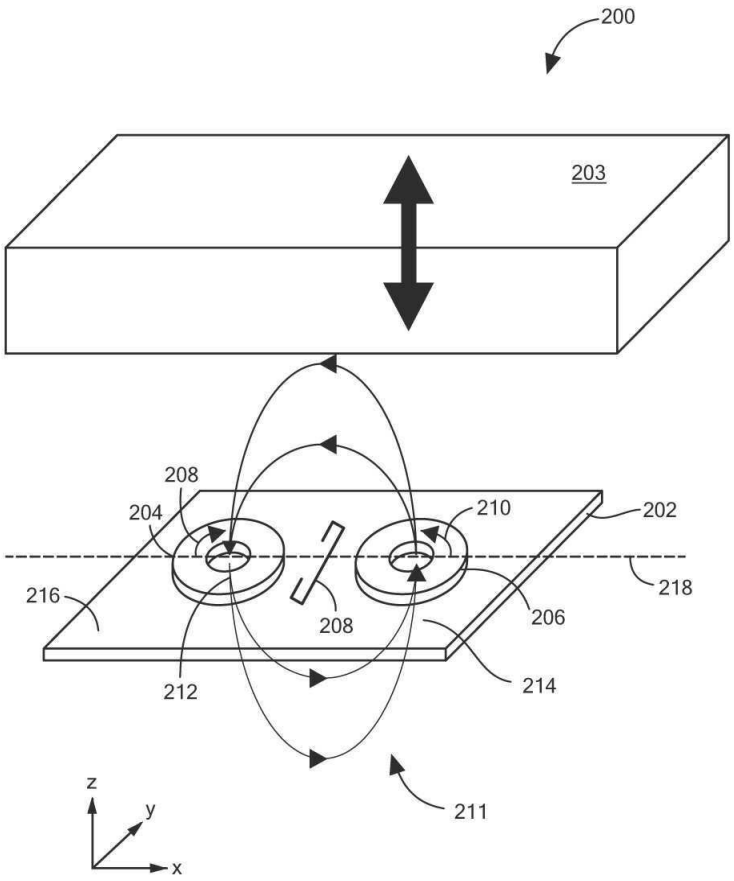
[0244] 상술한 바에서는 본 발명의 주제인 다양한 개념들, 구조들 및 기술들을 예시하는 데 기여하는 바람직한 실시예들을 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 이들 개념들, 구조들 및 기술들을 포괄하는 다른 실시예들도 이용될 수 있는 점이 명확해질 것이다. 이에 따라, 본 발명의 범주가 설시된 실시예들에 한정되지 않으며, 다음의 특허청구범위의 사상과 범주에 의해서만 한정되는 것으로 이해되어야 할 것이다. 여기에 언급되는 모든 참조 문헌들은 전체적으로 여기에 참조로 포함된다.

도면

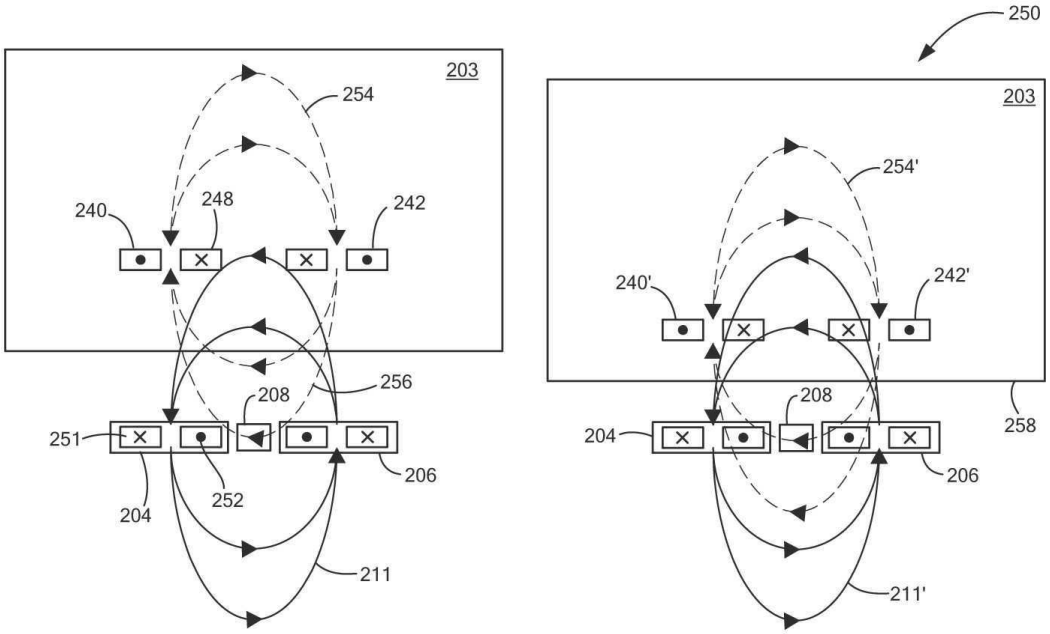
도면1


타겟
102
100
116
106
GMR
드라이버
GMR(들)
104a
104
프로세서
112
코일
드라이버
코일(들)
114
110
108

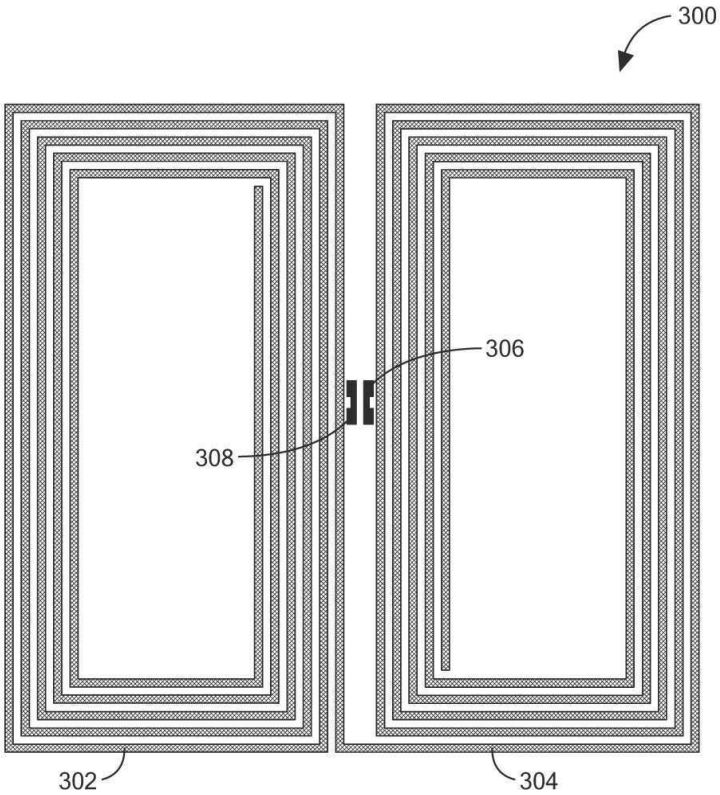
도면2


200
203
208
204
210
202
216
208
206
218
212
214
211
z
y
x

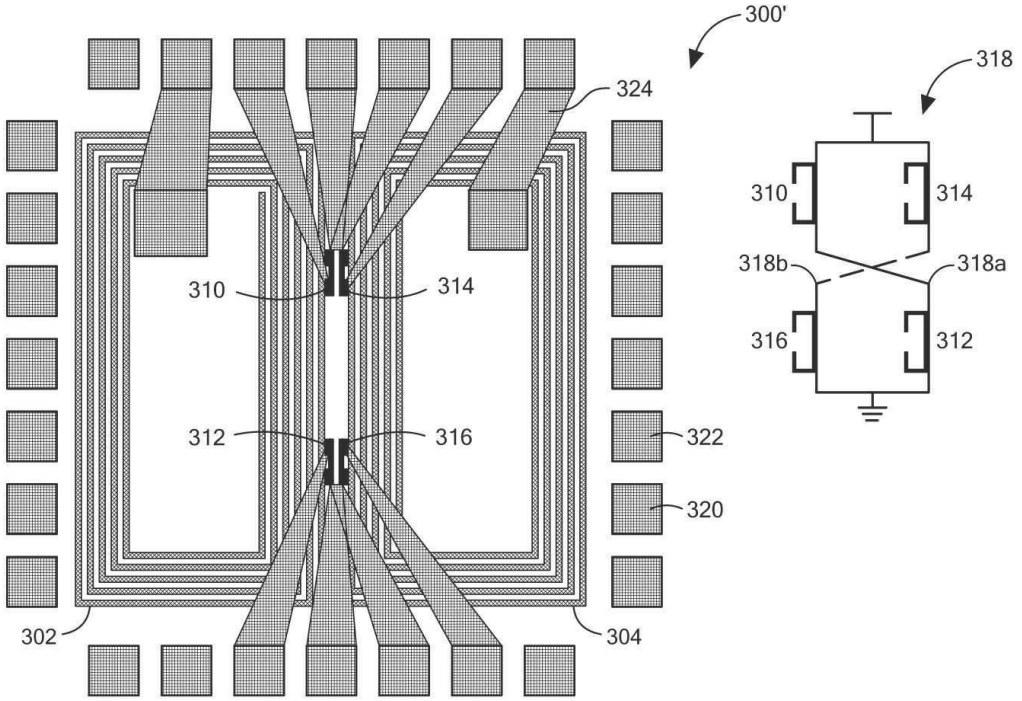
도면2a


250
203
254
240
248
242
256
208
251
206
252
204
211
203
254'
240'
242'
208
204
206
258
211'

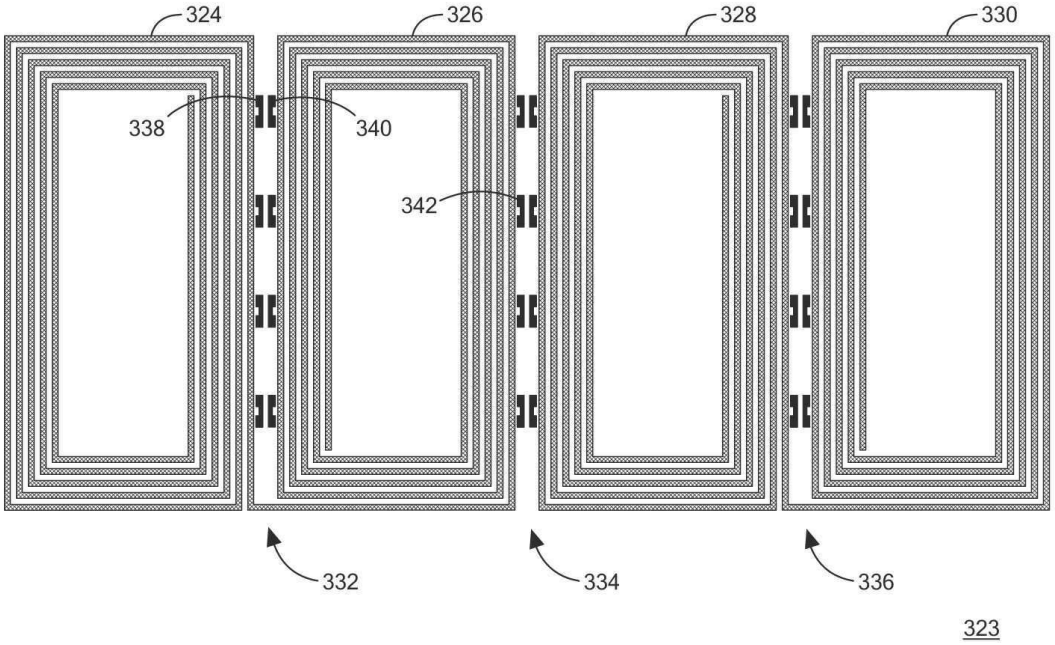
도면3


300
306
308
302
304

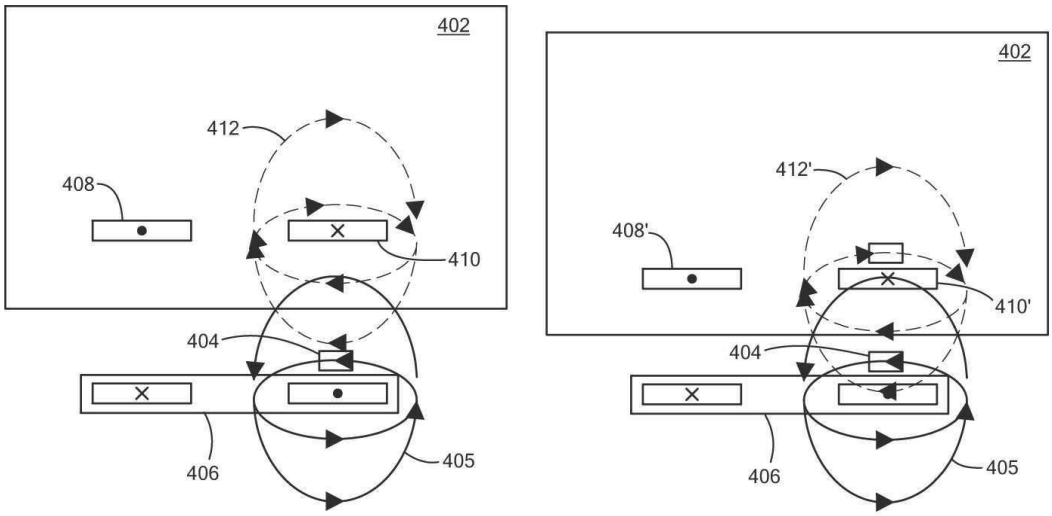
도면3a


300'
318
324
310
314
318b
318a
316
312
310
314
312
316
322
320
302
304

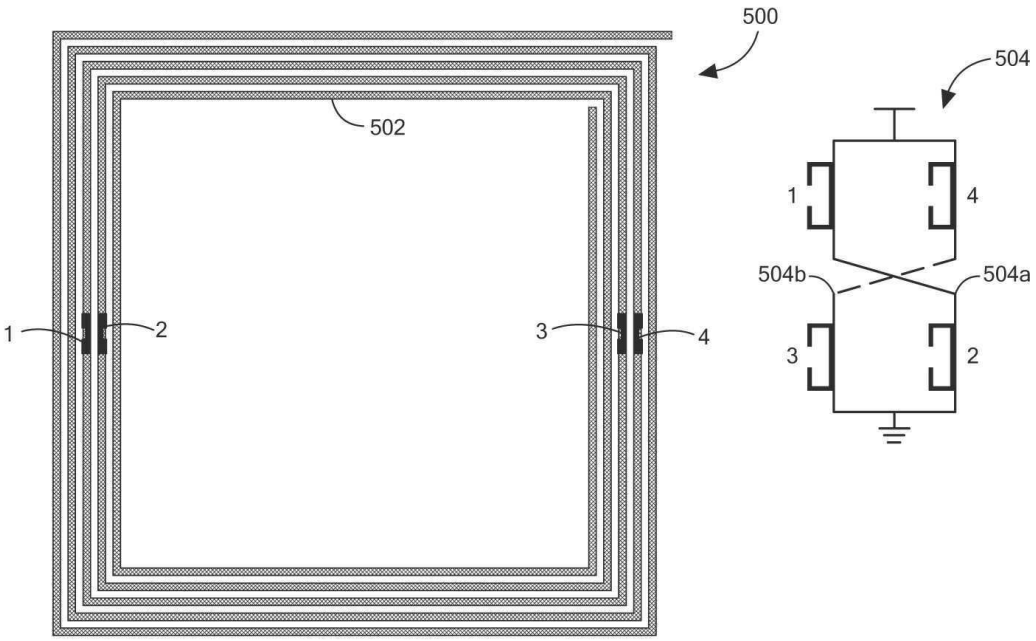
도면3b


324
326
328
330
338
340
342
332
334
336
323

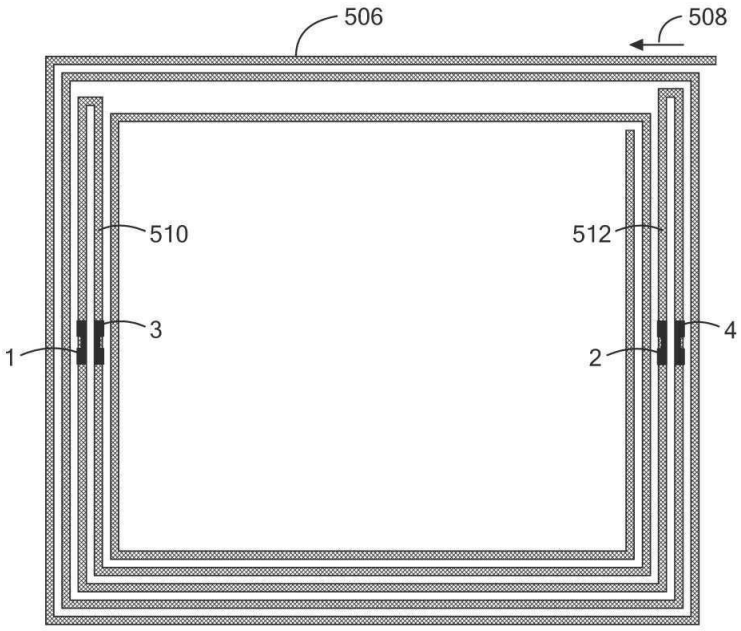
도면4


402
412
408
410
404
406
405
402
412'
408'
410'
404
406
405

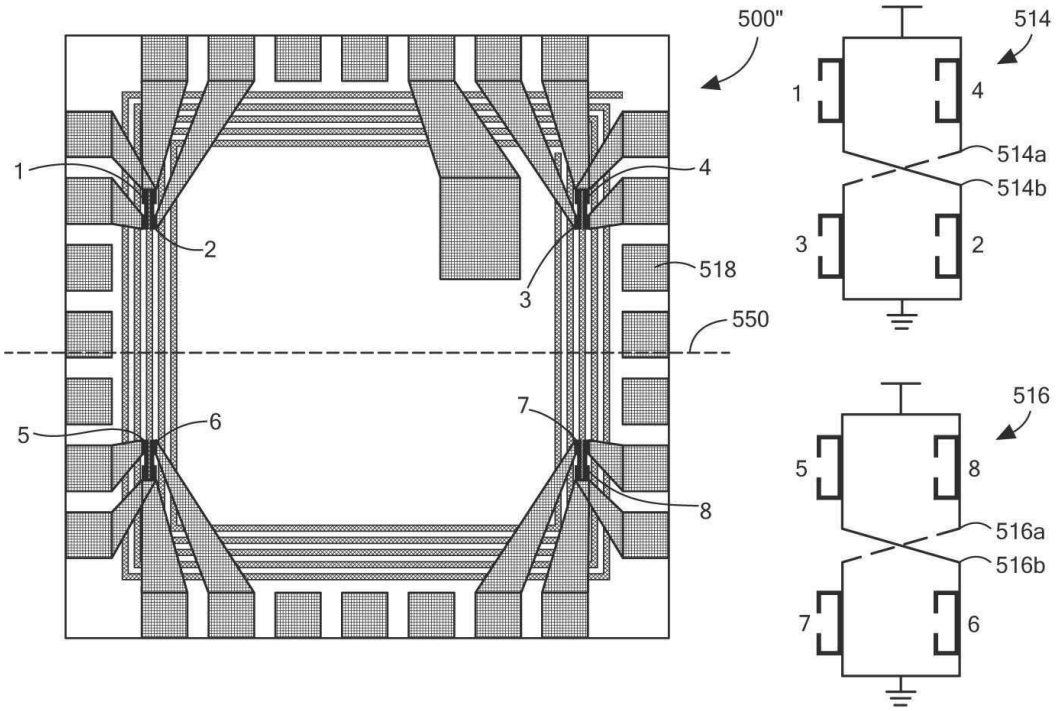
도면5


500
502
504
1
2
3
4
504b
504a

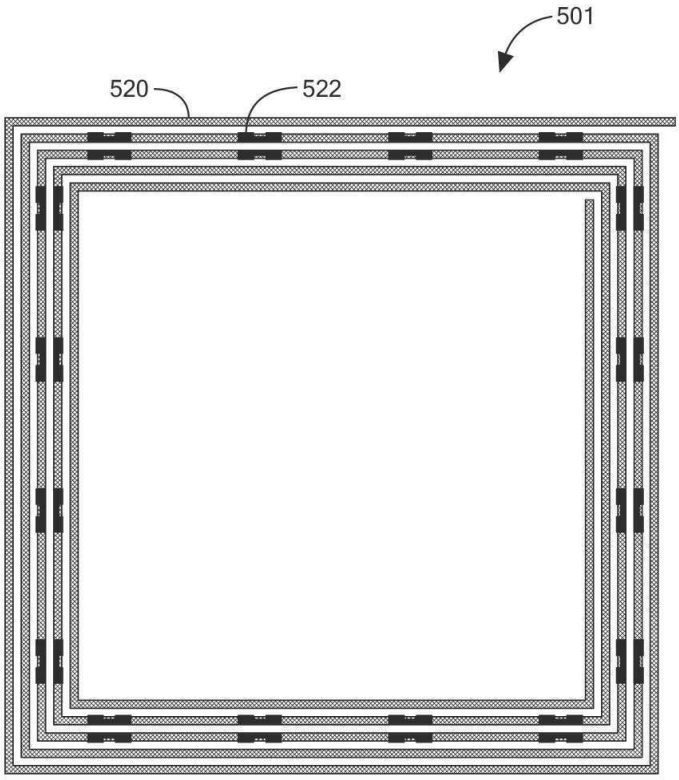
도면5a


506
508
510
512
1
3
2
4

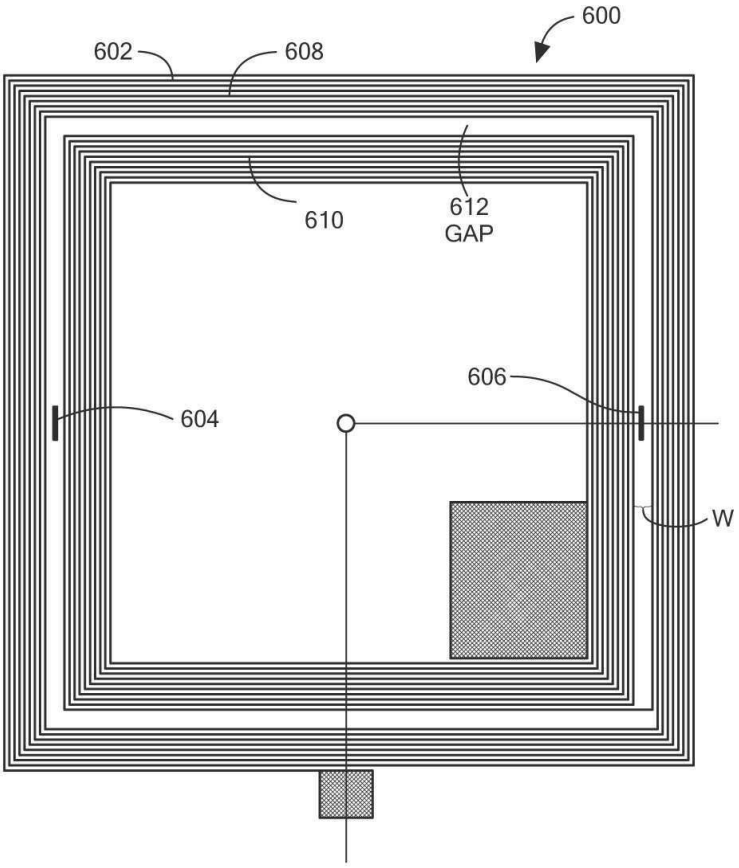
도면5b


500"
514
1
4
514a
514b
3
2
518
550
516
5
8
516a
516b
7
6

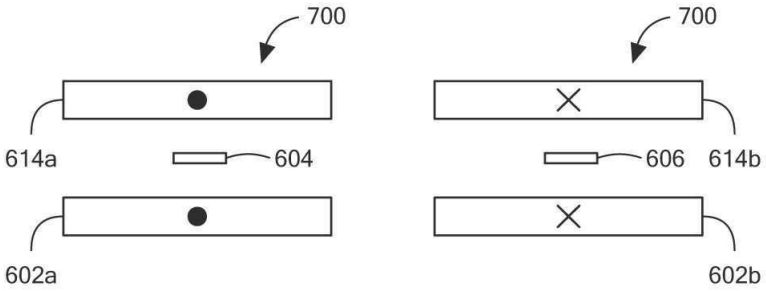
도면5c



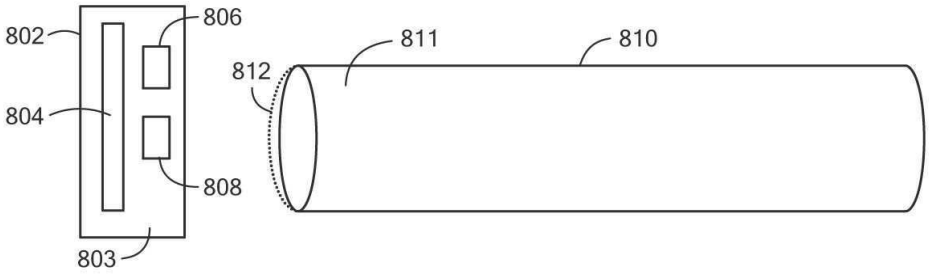

도면6



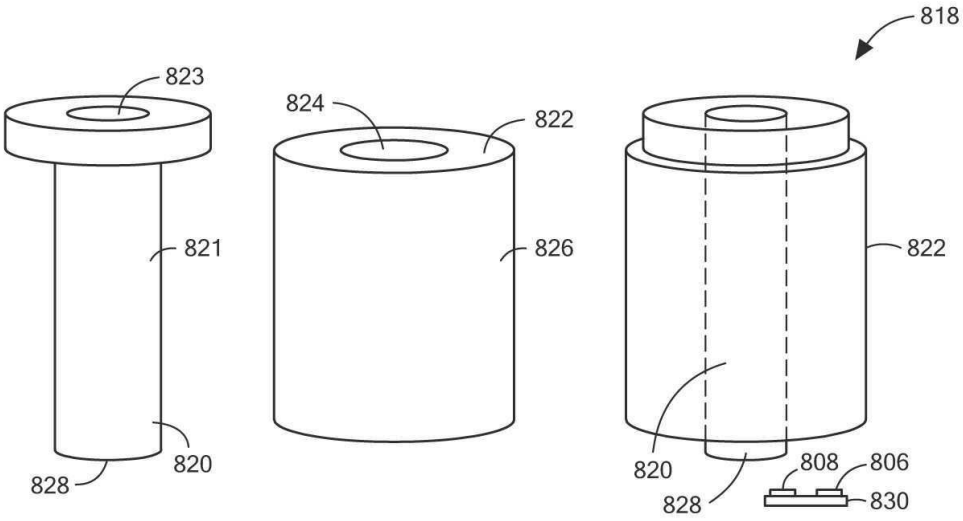
도면7


700
700
614a
604
606
614b
602a
602b

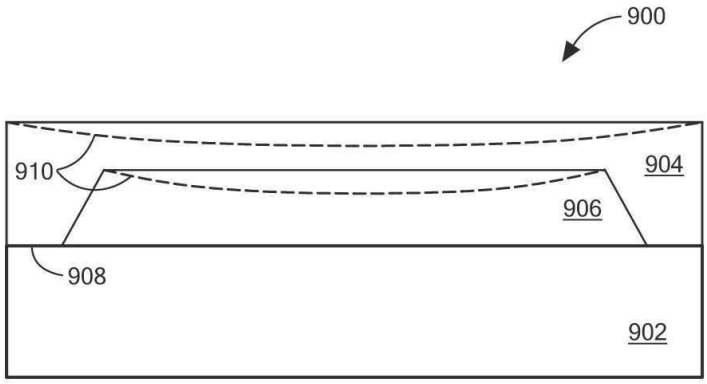
도면8


802
806
804
808
803
812
811
810

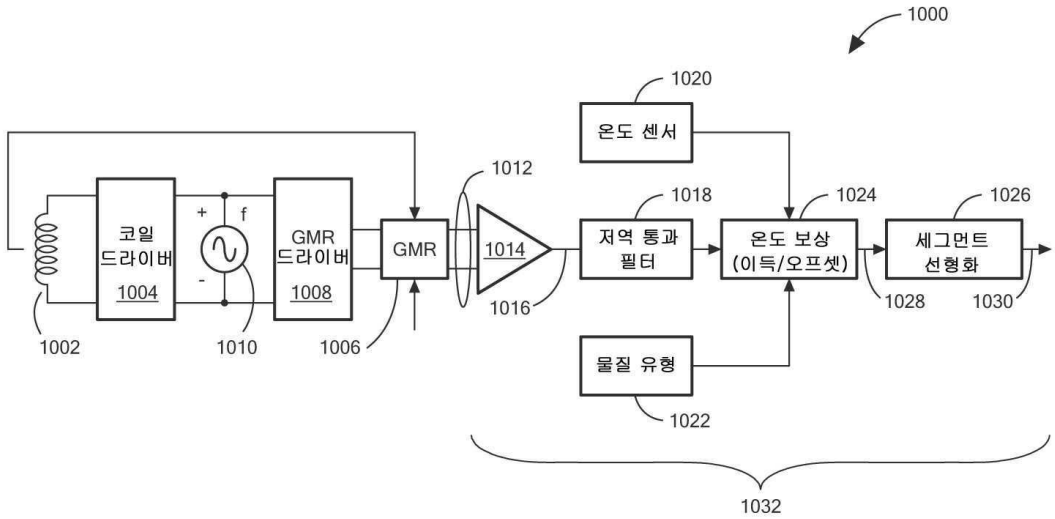
도면8a


818
823
824
822
821
826
822
820
828
820
828
808
806
830

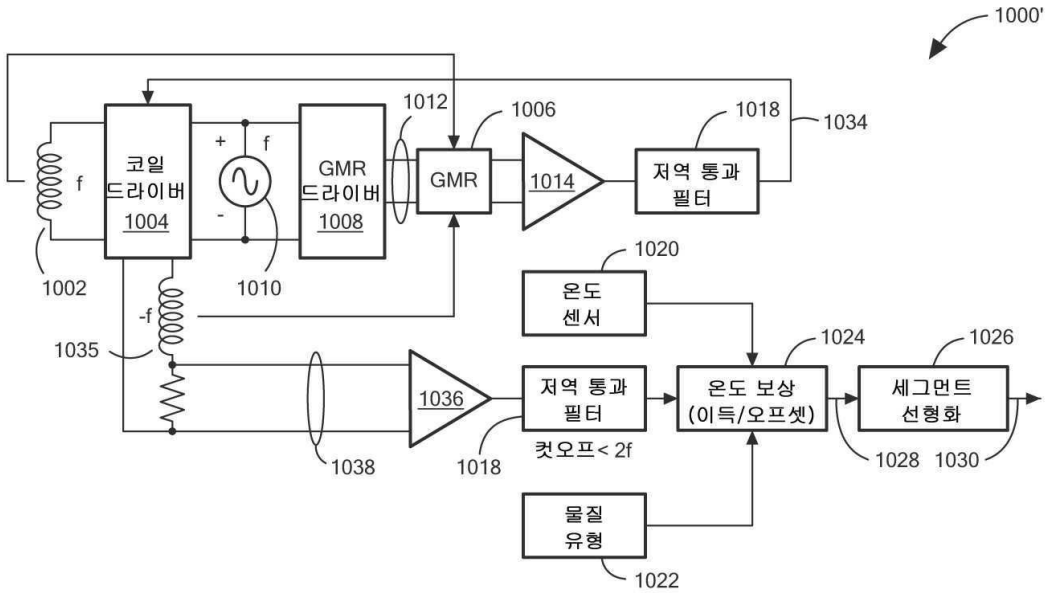
도면9



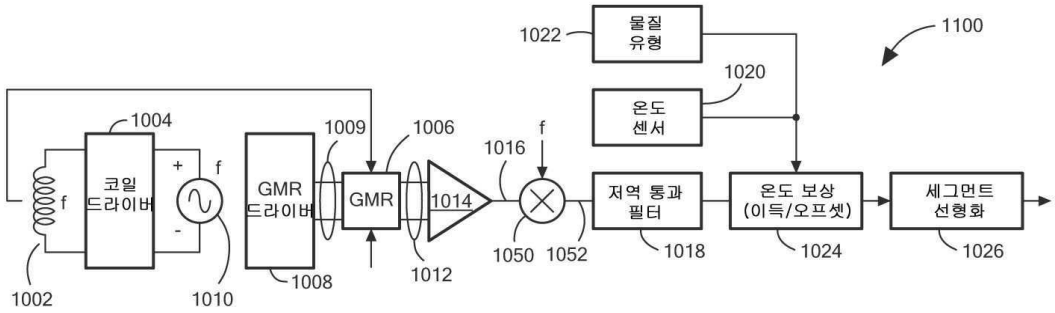

도면10



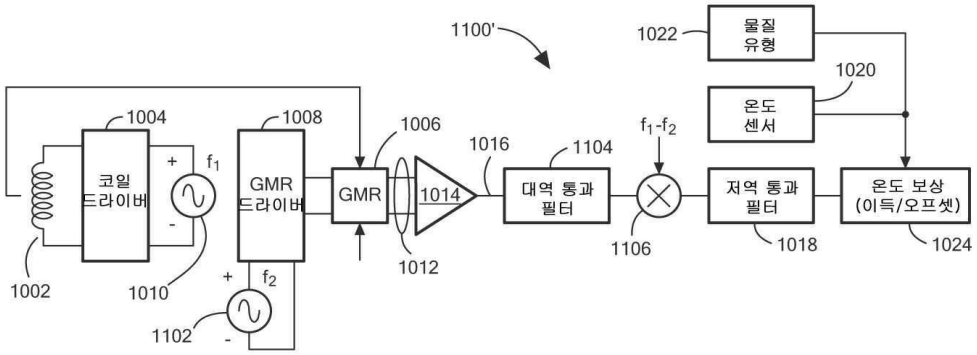

도면10a



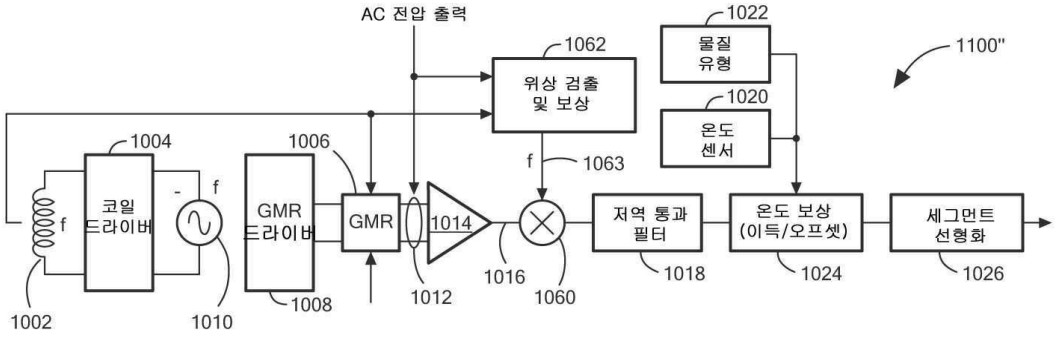
도면11



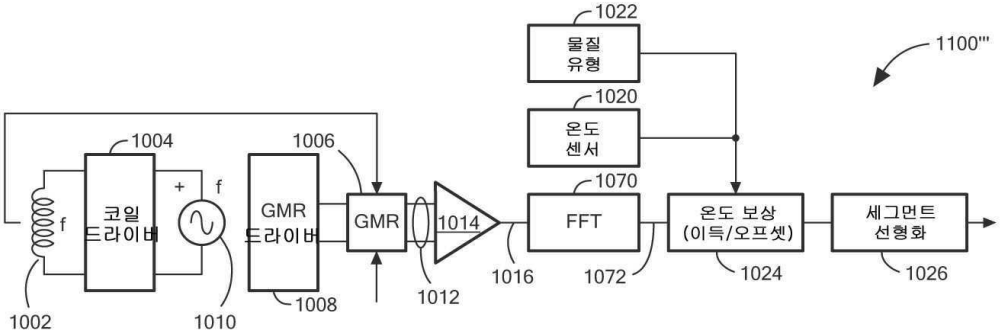

도면11a



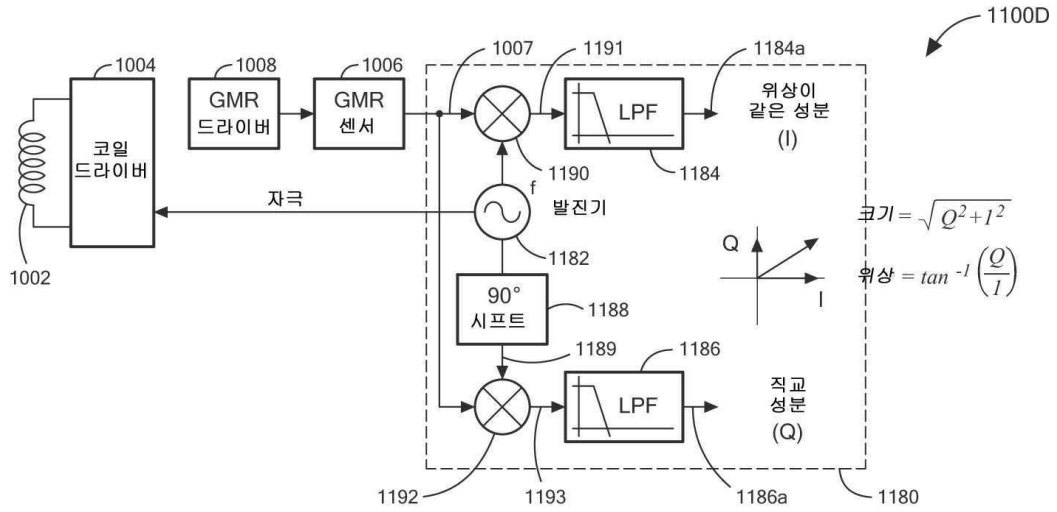

도면11b



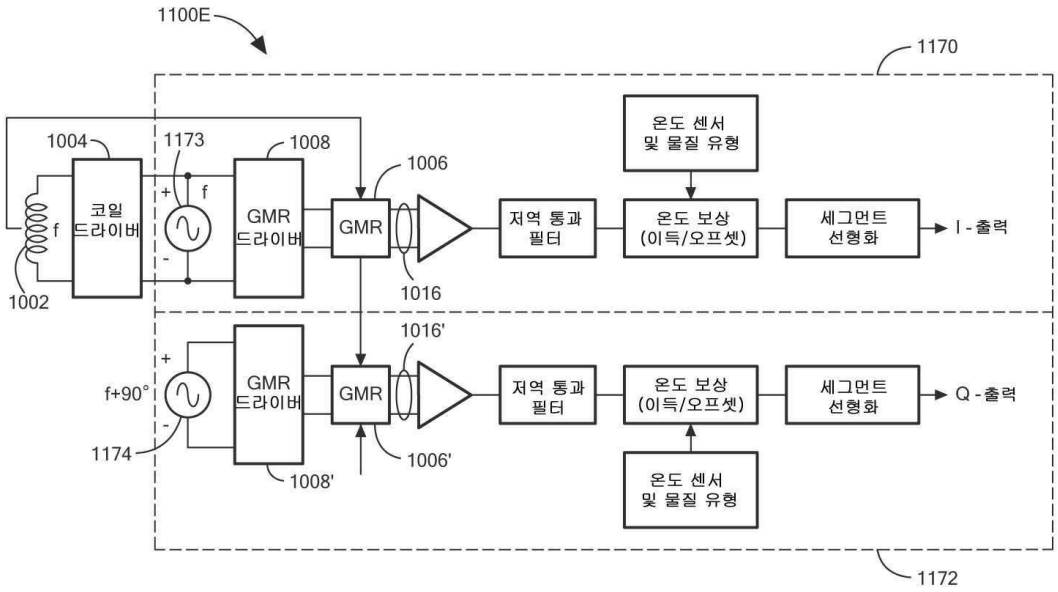

도면11c



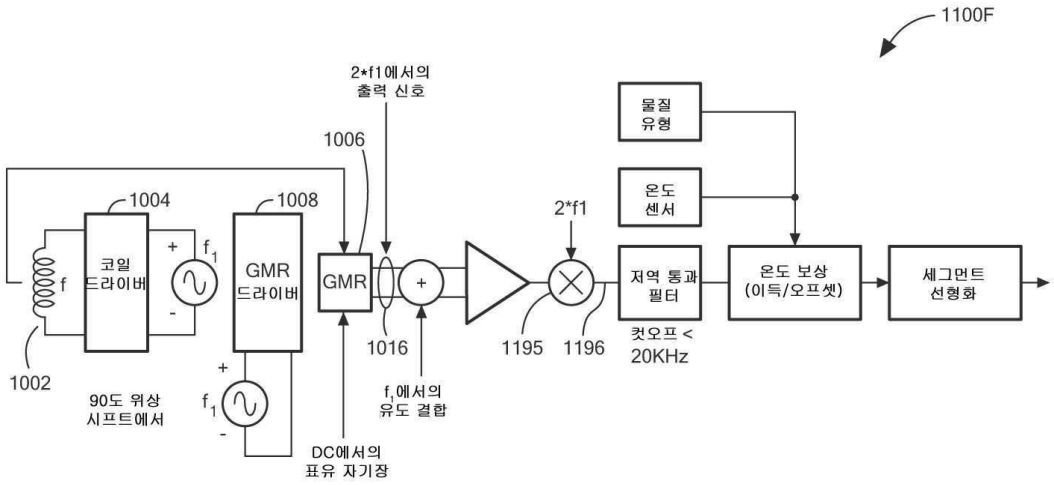
도면11d


1100D
1004
코일 드라이버
1002
1008
GMR 드라이버
1006
GMR 센서
1007
1191
LPF
1184
1184a
위상이 같은 성분 (I)
1190
f
발진기
자극
1182
90° 시프트
1188
1189
1186
LPF
직교 성분 (Q)
Q
I
크기 = $\sqrt{Q^2+I^2}$
위상 = $tan^{-1}\left(\frac{Q}{I}\right)$
1192
1193
1186a
1180

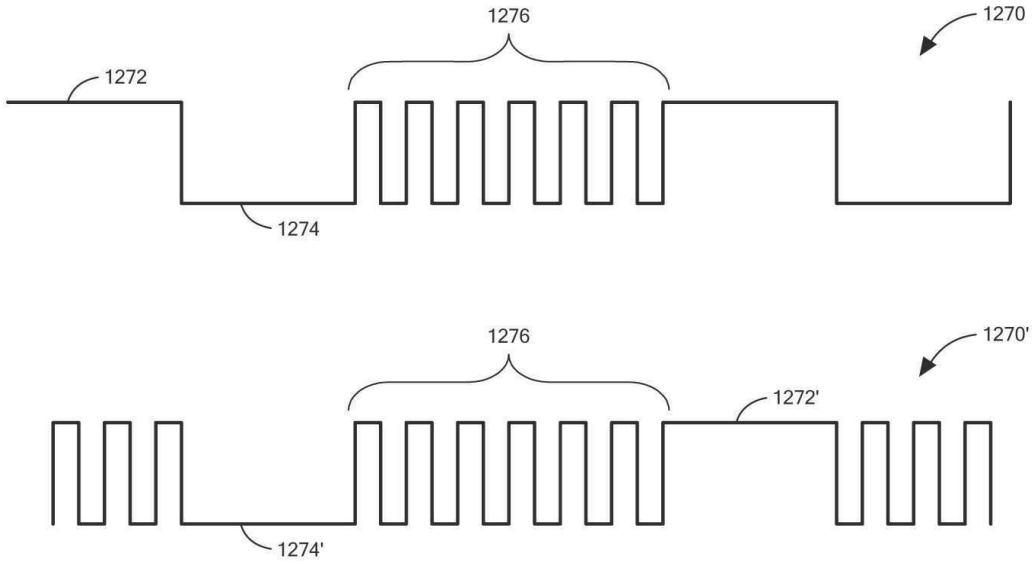
도면11e


1100E
1170
1004
코일 드라이버
1002
1173
f
+
-
1008
GMR 드라이버
1006
GMR
1016
저역 통과 필터
온도 센서 및 물질 유형
온도 보상 (이득/오프셋)
세그먼트 선형화
I - 출력
1016'
f+90°
1174
1008'
1006'
Q - 출력
1172

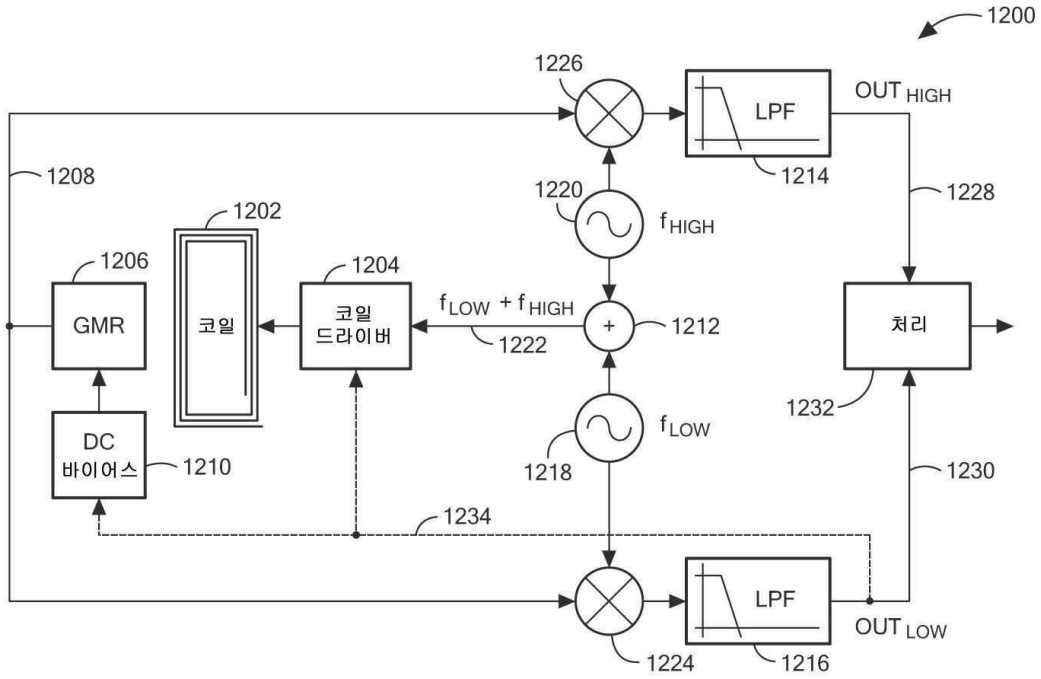
도면11f


1100F
2*f1에서의
출력 신호
1006
물질
유형
온도
센서
1004
1008
2*f1
코일
드라이버
GMR
드라이버
GMR
저역 통과
필터
온도 보상
(이득/오프셋)
세그먼트
선형화
f
f1
1002
90도 위상
시프트에서
f1
1016
1195
1196
컷오프 <
20KHz
f1에서의
유도 결합
DC에서의
표유 자기장

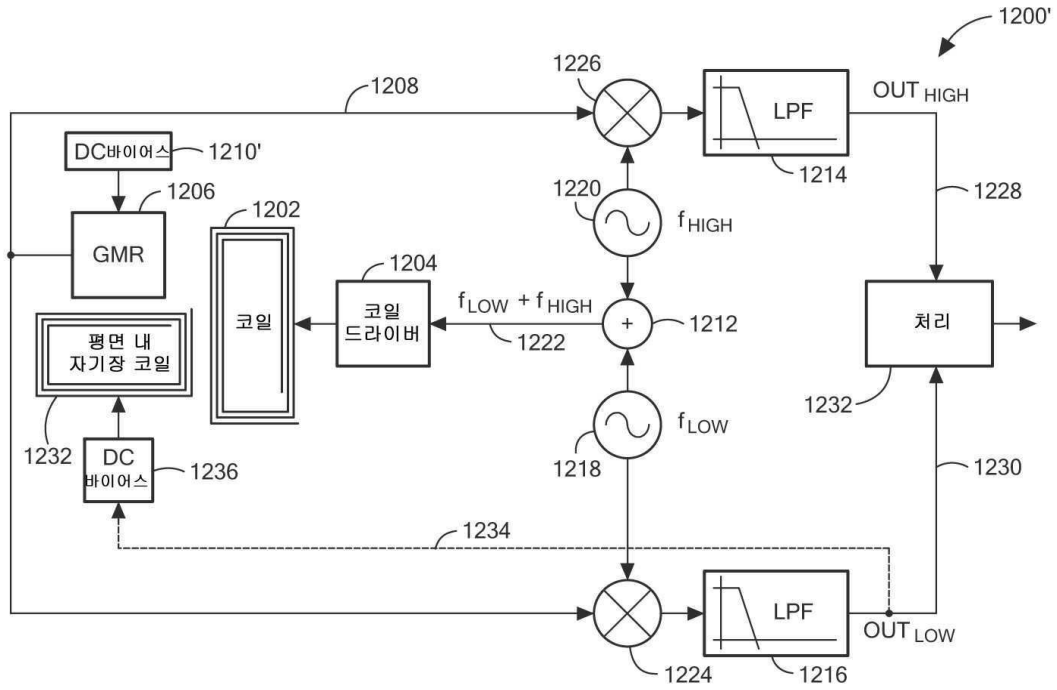
도면12


1276
1270
1272
1274
1276
1270'
1272'
1274'

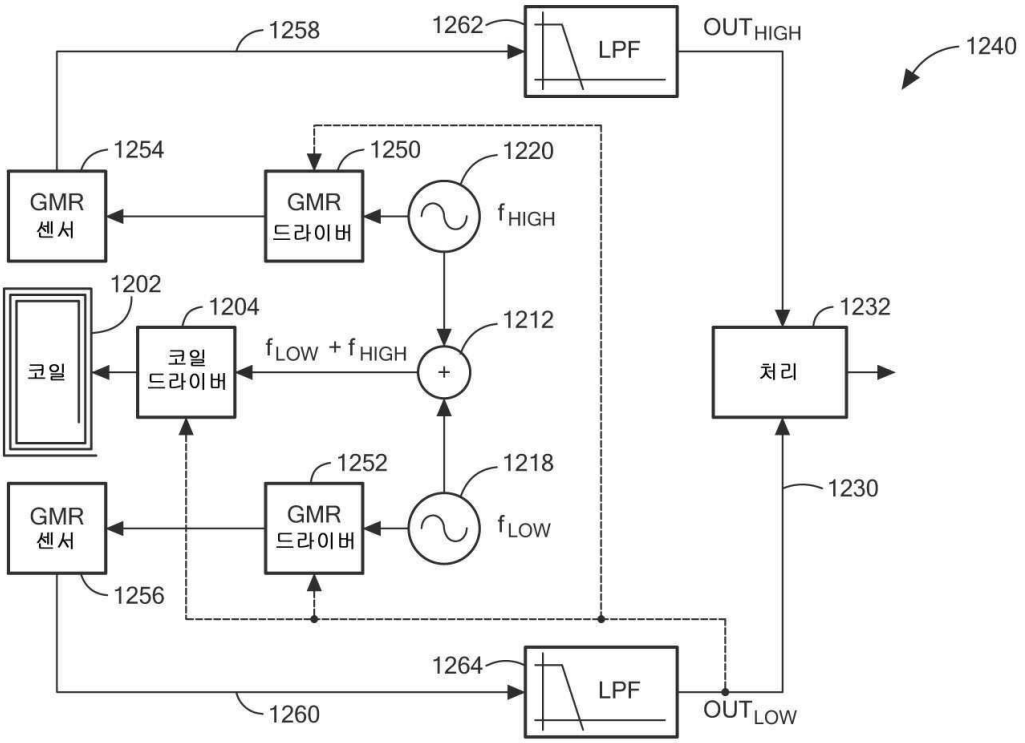
도면12a


1200
1226
LPF
OUT HIGH
1214
1228
1208
1220
f HIGH
1202
1206
GMR
코일
1204
코일 드라이버
f LOW + f HIGH
1222
1212
처리
1232
DC 바이어스
1210
f LOW
1218
1230
1234
LPF
OUT LOW
1224
1216

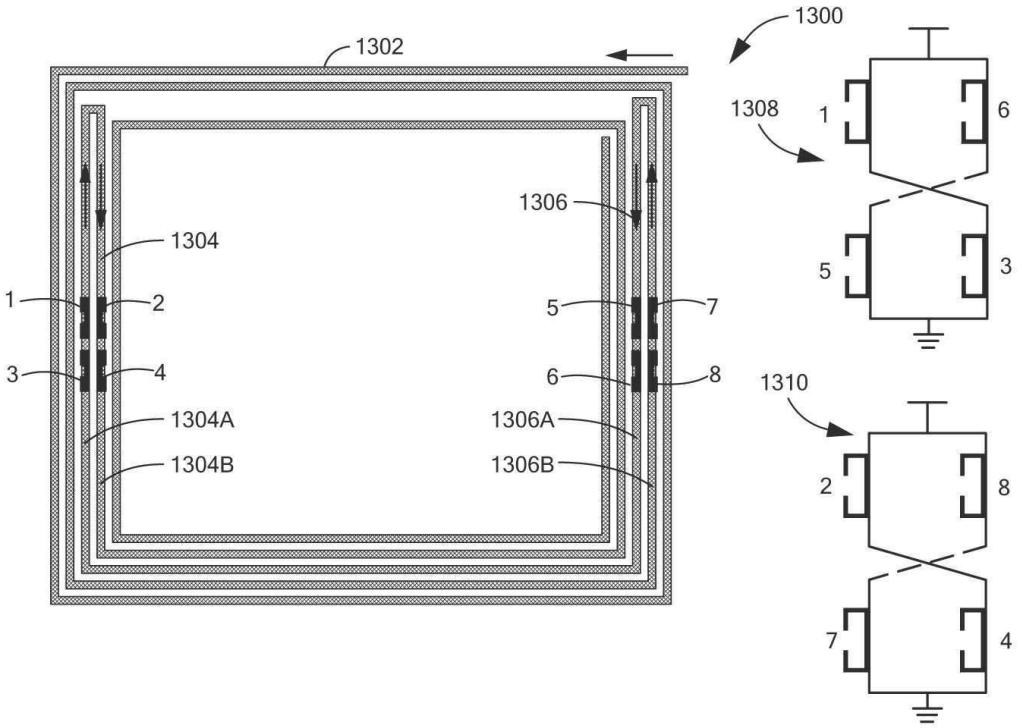
도면12b


1200'
1226
LPF
OUT HIGH
1208
1214
1228
DC바이어스
1210'
1220
f HIGH
1206
1202
GMR
1204
코일
코일 드라이버
f LOW + f HIGH
1222
1212
처리
평면 내 자기장 코일
1232
f LOW
1218
1232
DC 바이어스
1236
1230
1234
LPF
OUT LOW
1224
1216

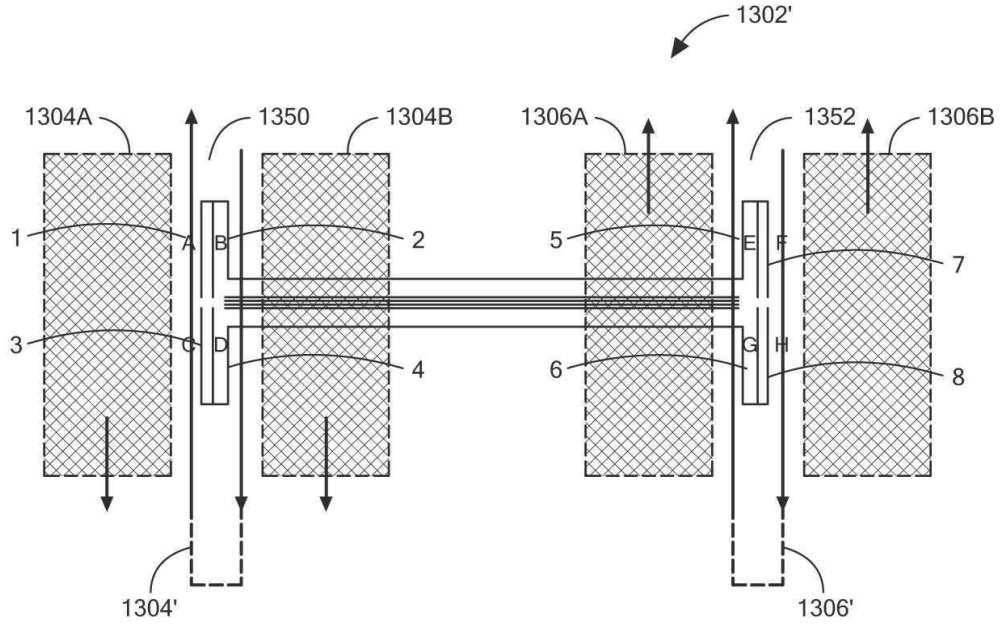
도면12c


1258
1262
LPF
OUTHIGH
1240
1254
1250
1220
GMR 센서
GMR 드라이버
fHIGH
1202
1204
1212
1232
코일
코일 드라이버
fLOW + fHIGH
+
처리
1252
1218
1230
GMR 센서
GMR 드라이버
fLOW
1256
1264
LPF
1260
OUTLOW

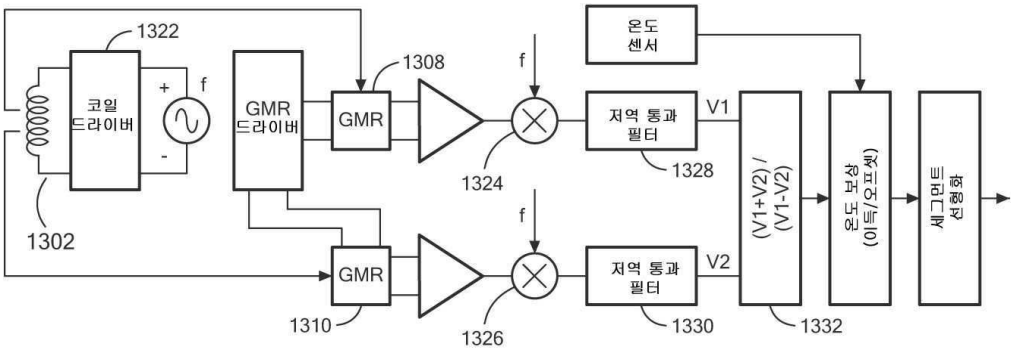
도면13


1300
1302
1308
1
6
5
3
1306
1304
1
2
5
7
3
4
6
8
1304A
1306A
1304B
1306B
1310
2
8
7
4

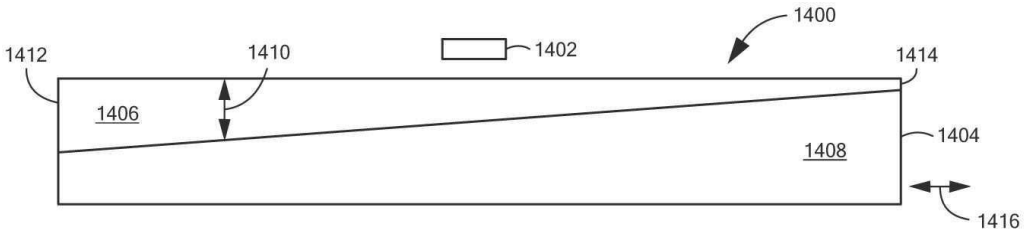
도면13a



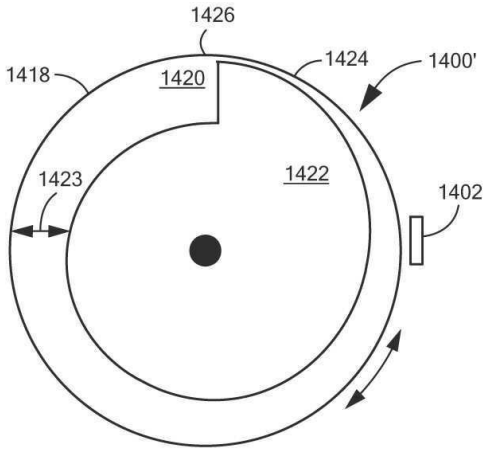

도면13b



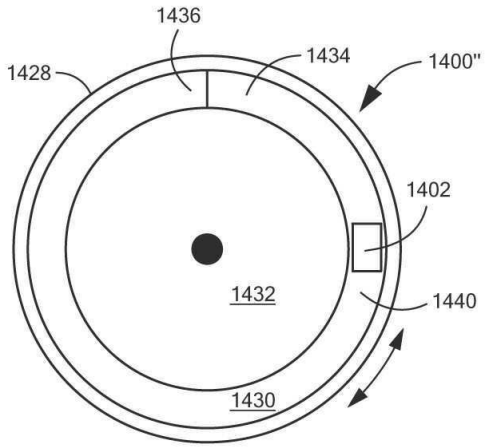

도면14



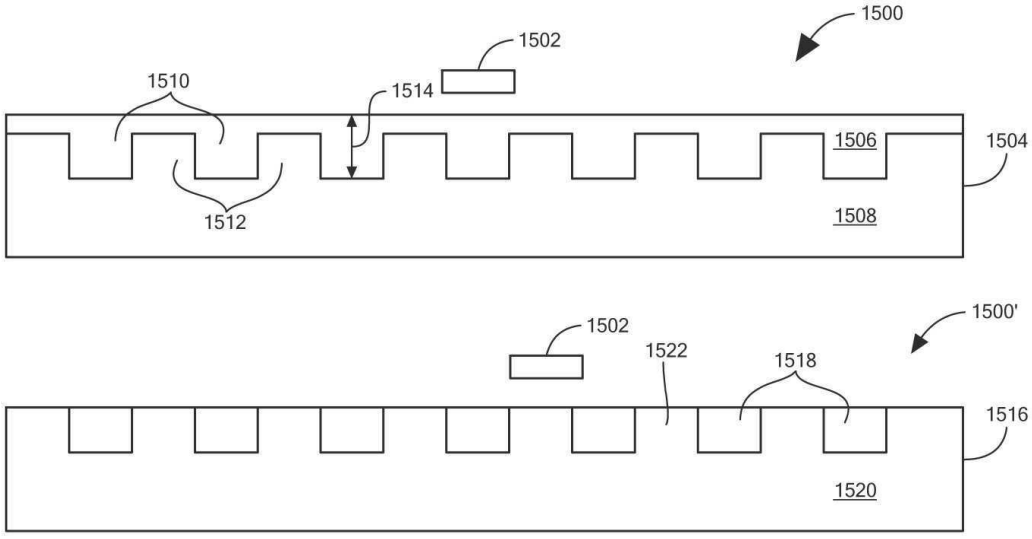
도면14a



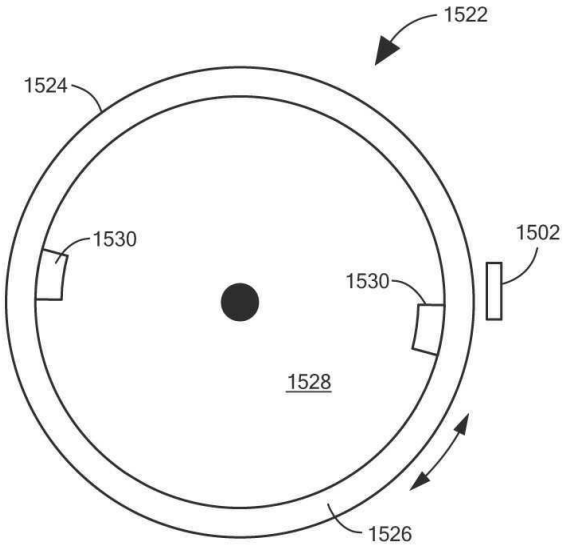

도면14b



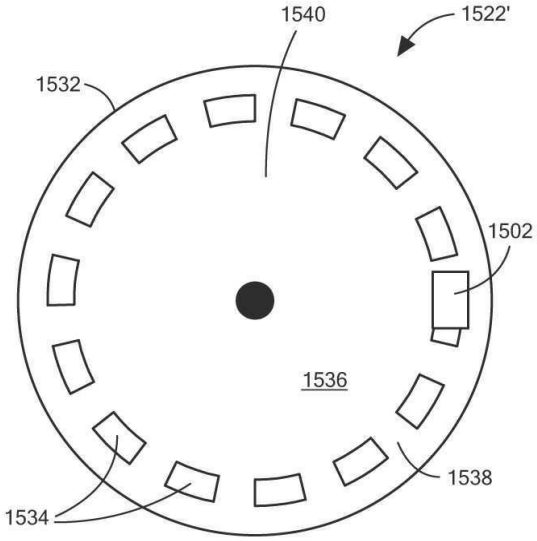

도면15



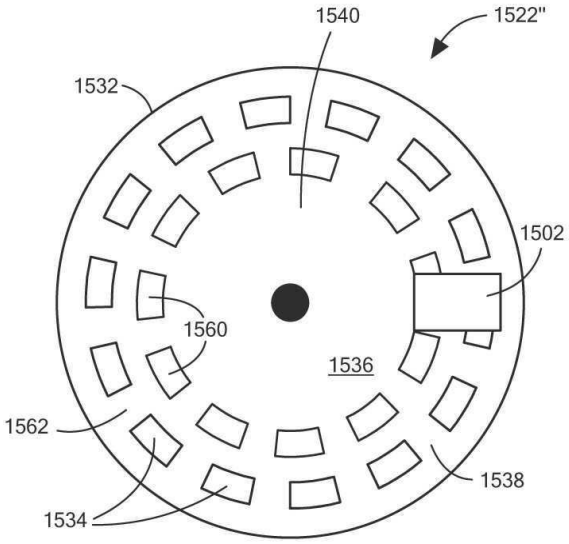
도면15a


1522
1524
1530
1502
1530
1528
1526

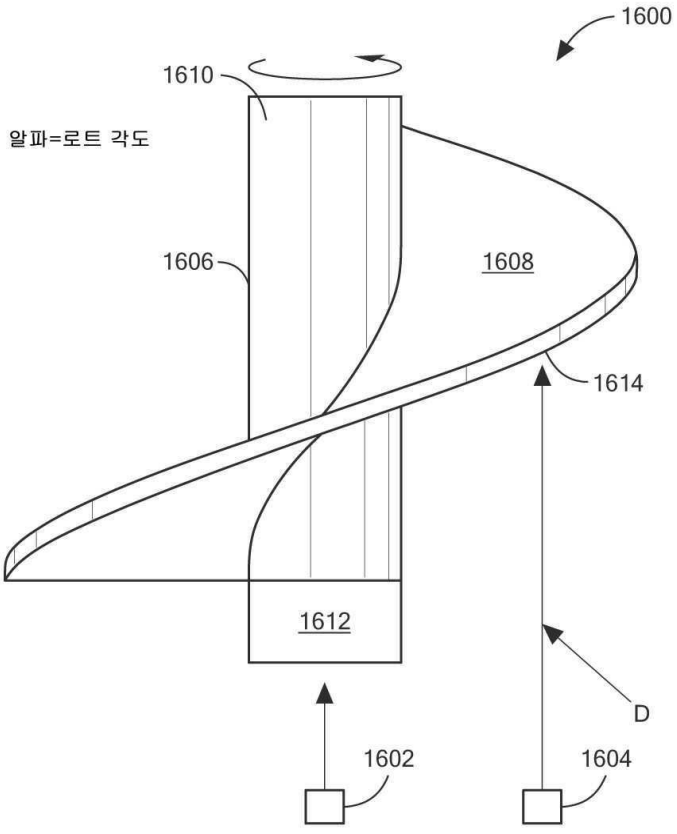
도면15b


1540
1522'
1532
1502
1536
1538
1534

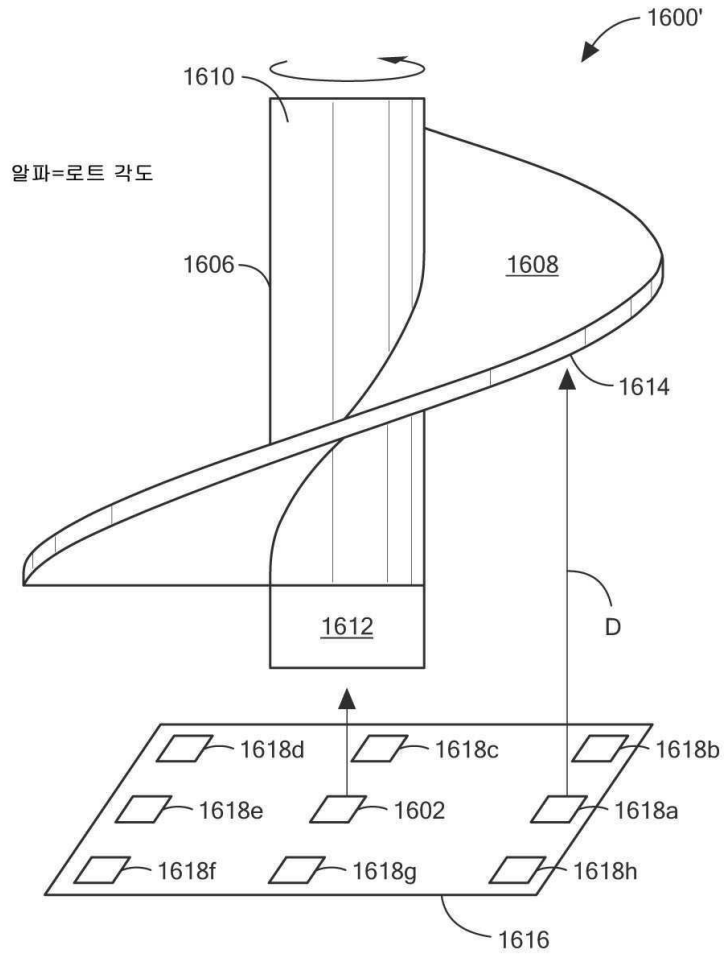
도면15c


1540
1522"
1532
1502
1560
1536
1562
1538
1534

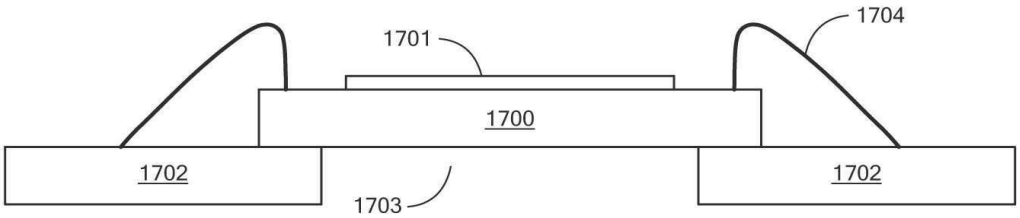
도면16


1600
1610
알파=로트 각도
1606
1608
1614
1612
D
1602
1604

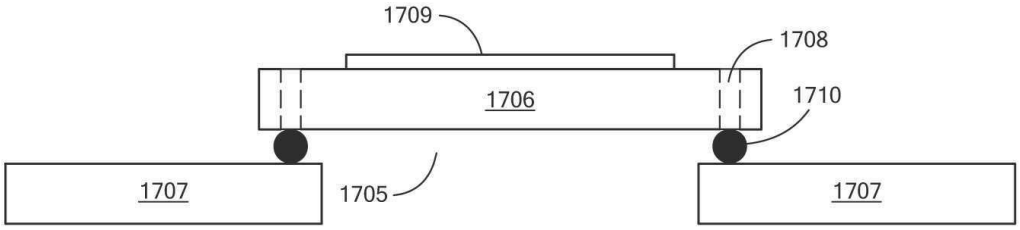
도면16a



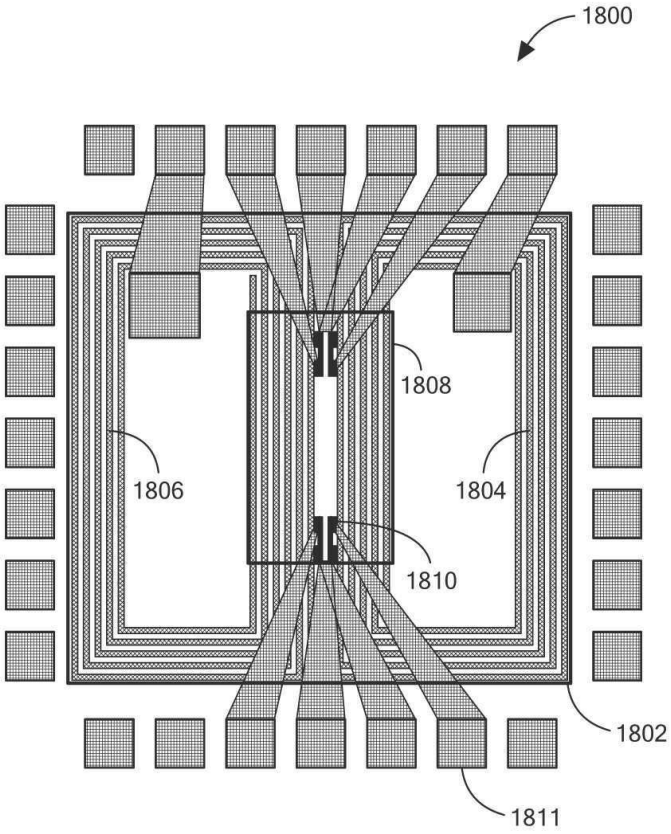

도면17



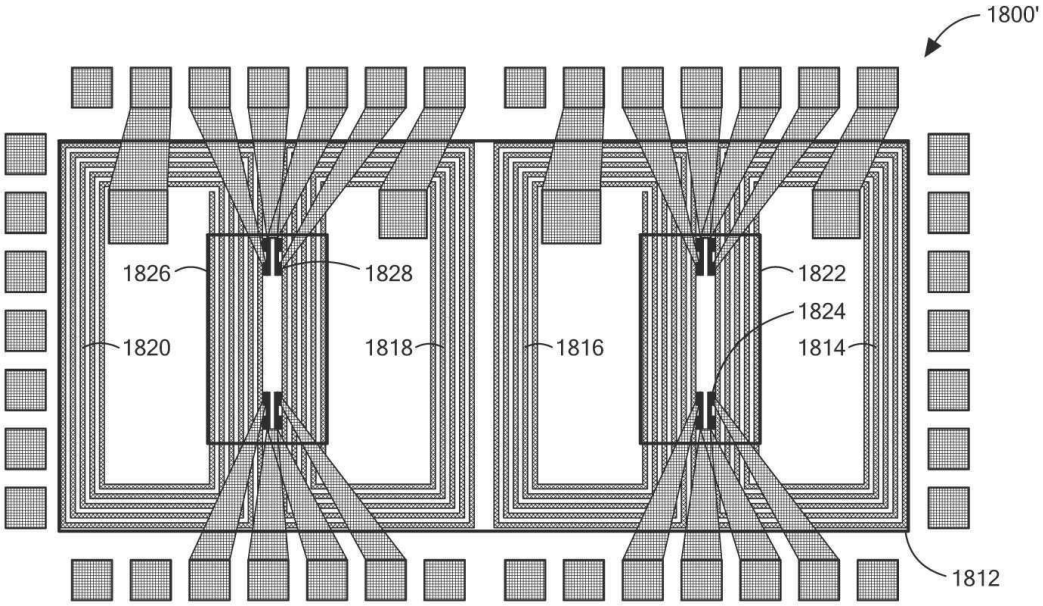

도면17a



도면18


1800
1808
1806
1804
1810
1802
1811

도면18a


1800'
1826
1828
1822
1824
1820
1818
1816
1814
1812

도면19

