



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년10월11일
 (11) 등록번호 10-1906878
 (24) 등록일자 2018년10월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01R 33/00 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-7028532
- (22) 출원일자(국제) 2013년04월05일
 심사청구일자 2017년03월20일
- (85) 번역문제출일자 2013년10월29일
- (65) 공개번호 10-2014-0019821
- (43) 공개일자 2014년02월17일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2012/032315
- (87) 국제공개번호 WO 2012/148646
 국제공개일자 2012년11월01일
- (30) 우선권주장
 13/095,371 2011년04월27일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2008513762 A*
 US20110018533 A1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 알레그로 마이크로시스템스, 엘엘씨
 미국 03103-3353 뉴햄프셔주 맨체스터 페리미터
 로드 955
- (72) 발명자
 세사레티, 주안 마누엘
 아르헨티나 1425 부에노스 아이레스 이로 비 라
 비그나니 2360
 몬레알, 게라르도
 아르헨티나 1631 부에노스 아이레스 라 프라데라
 1144 하라스 델 필라
- (74) 대리인
 박영우

전체 청구항 수 : 총 26 항

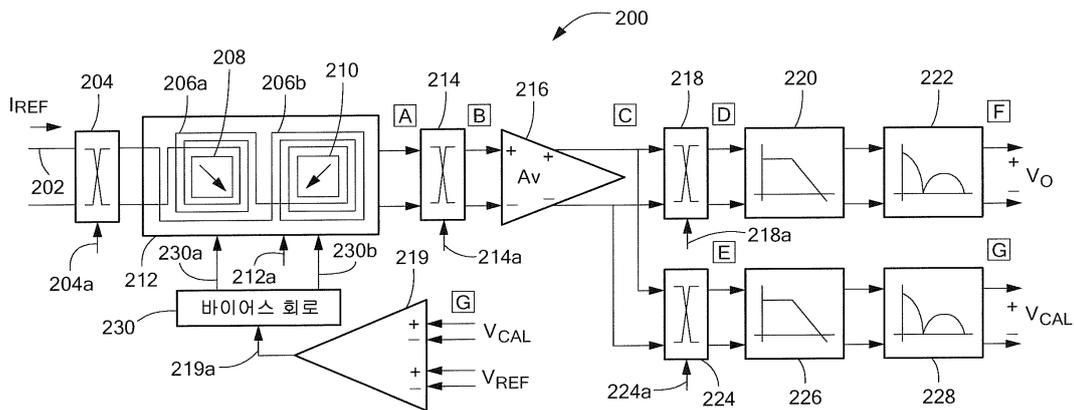
심사관 : 오용균

(54) 발명의 명칭 자기장 센서의 셀프-조정 또는 셀프-테스팅 회로 및 방법

(57) 요약

자기장 센서는 자기장 센서의 회로들의 조정(calibration) 또는 셀프-테스트(self-test)를 위한 기준장 감지(reference-field-sensing) 회로 채널을 포함한다. 자기장 센서는, 자기장 센서가 반응하도록 기준 자기장(reference magnetic field)을 생성할 수 있다.

대표도 - 도12



명세서

청구범위

청구항 1

적어도 두 개의 자기장 감지 소자들;

상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들에 연결되고, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 측정장 감지(measured-field-sensing) 구성 및 기준장 감지(reference-field-sensing) 구성으로 연결하도록 구성되며, 상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때 외부 자기장이 존재하는 경우 협동하여 응답하도록 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 병렬로 연결하고, 상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때 상기 외부 자기장에 대한 응답들이 서로 반대되도록 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 연결하며, 상기 측정장 감지 구성 및 상기 기준장 감지 구성이 시분할 멀티플렉싱(time division multiplexing)을 이용하여 제1 스위칭율(switching rate)로 교번되도록 스위칭하여 자기장 신호를 제공하는 제1 스위칭 회로;

상기 자기장 신호를 수신하도록 연결된 처리 회로; 및

상기 처리 회로로부터 상기 자기장 신호를 나타내는 신호를 수신하도록 연결되고, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 구동하도록 인가되는 바이어스 신호 또는 상기 처리 회로의 게인(gain) 중 적어도 하나를 제어하도록 피드백 신호를 생성하는 피드백 회로를 포함하고,

상기 제1 스위칭 회로에 의해 생성되는 상기 자기장 신호는,

상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때 상기 외부 자기장에 응답하여 생성되는 측정 자기장 응답 신호 부분; 및

상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때 기준 자기장에 응답하여 생성되는 기준 자기장 응답 신호 부분을 포함하고,

상기 자기장 신호는, 제1 시간 구간들에서 상기 측정 자기장 응답 신호 부분만을 나타내고, 상기 제1 시간 구간들 사이에 상기 제1 스위칭율과 동기된 레이트(rate)로 삽입되는 제2 시간 구간들에서 상기 기준 자기장 응답 신호 부분만을 나타내고,

상기 피드백 회로는, 상기 자기장 신호를 수신하고 상기 측정 자기장 응답 신호 부분으로부터 분리된 상기 기준 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 스위칭된 신호를 생성하는 스위칭 회로를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 기준 자기장은, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들 중 선택된 소자들의 위치들에서 상반된 방향들을 향하는 제1 및 제2 기준 자기장들을 포함하고, 상기 자기장 센서는,

상기 제1 및 제2 기준 자기장들을 생성하는 자기장 생성기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 3

제2 항에 있어서, 상기 자기장 생성기는,

상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들에 각각 인접한 적어도 두 개의 기준장 전도체부들을 포함하고,

상기 적어도 두 개의 기준장 전도체부들은 기준 전류를 전송하여 상기 기준 자기장을 생성하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 기준 전류를 제공하도록 연결된 제2 스위칭 회로를 더 포함하고,

상기 제2 스위칭 회로는 상기 제1 스위칭회와 동기되어 상기 기준 전류를 제1 기준 전류 방향 및 제2 기준 전류 방향으로 교번하여 스위칭하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 5

제3 항에 있어서,

상기 처리 회로는 상기 제1 스위칭 회로로부터 상기 자기장 신호를 수신하도록 연결되고,

상기 처리 회로는,

상기 제1 시간 구간들에서 상기 측정 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 상기 자기장 신호를 선택 및 처리하도록 시분할 다중화되어(time division multiplexed) 상기 측정 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 제1 센서 출력 신호를 생성하는 제1 처리 채널; 및

상기 제2 시간 구간들에서 상기 기준 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 상기 자기장 신호를 선택 및 처리하도록 시분할 다중화되어(time division multiplexed) 상기 기준 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 제2 센서 출력 신호를 생성하는 제2 처리 채널을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

제5 항에 있어서,

상기 피드백 회로는 상기 제2 센서 출력 신호를 나타내는 신호를 수신하도록 연결되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 9

제5 항에 있어서, 상기 측정장 감지 구성은, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들의 초핑(chopping)을 위하여 교번하는 적어도 두 개의 서로 다른 측정장 감지 구성들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 10

제5 항에 있어서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 기판에 의해 지지되고,

상기 적어도 두 개의 기준장 전도체부들은 상기 기판에 의해 지지되고 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들에 근접한 전도체(conductor)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 11

제10 항에 있어서, 상기 적어도 두 개의 기준장 전도체부들은 상기 기판에 의해 지지되는 2 이상의 금속층(metal layer)들에 걸쳐진 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 12

제5 항에 있어서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 기판에 의해 지지되고,

상기 적어도 두 개의 기준장 전도체부들은 상기 기판으로부터 이격되나 상기 기판에 근접한 전도체(conductor)를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 13

제5 항에 있어서, 상기 외부 자기장은 측정 전류 전도체에 의해 전송되는 측정 전류에 의해 생성되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 14

제5 항에 있어서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 적어도 두 개의 홀 효과(Hall effect) 소자들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 15

제5 항에 있어서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 적어도 두 개의 자기 저항(magnetoresistance) 소자들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서.

청구항 16

자기장 센서의 조정(calibration) 또는 셀프-테스트(self-test)를 제공하는 방법에 있어서,
 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 측정장 감지(measured-field-sensing) 구성으로 연결하는 단계;
 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 기준장 감지(reference-field-sensing) 구성으로 연결하는 단계;
 자기장 신호를 제공하도록 시분할 멀티플렉싱(time division multiplexing)을 이용하여 제1 스위칭율(switching rate)로 상기 측정장 감지 구성 및 상기 기준장 감지 구성을 교번하여 스위칭하는 단계; 및
 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 구동하도록 인가되는 바이어스 신호 또는 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들에 연결된 처리 회로의 게인(gain) 중 적어도 하나를 제어하도록 피드백 신호로서 상기 자기장 신호를 나타내는 신호를 이용하는 단계를 포함하고,
 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 상기 측정장 감지구성으로 연결하는 단계는, 외부 자기장이 존재하는 경우 협동하여 응답하도록 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 병렬로 연결하는 단계를 포함하고,
 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 상기 기준장 감지구성으로 연결하는 단계는, 상기 외부 자기장에 대한 응답들이 서로 반대되도록 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 연결하는 단계를 포함하고,
 상기 스위칭하는 단계에 의해 생성되는 상기 자기장 신호는,

상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때 상기 외부 자기장에 응답하여 생성되는 측정 자기장 응답 신호 부분; 및

상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때 기준 자기장에 응답하여 생성되는 기준 자기장 응답 신호 부분을 포함하고,

상기 자기장 신호는, 제1 시간 구간들에서 상기 측정 자기장 응답 신호 부분만을 나타내고, 상기 제1 시간 구간들 사이에 상기 제1 스위칭율과 동기된 레이트(rate)로 삽입되는 제2 시간 구간들에서 상기 기준 자기장 응답 신호 부분만을 나타내고,

상기 피드백 신호를 생성하는 피드백 회로는, 상기 자기장 신호를 수신하고, 상기 측정 자기장 응답 신호 부분으로부터 분리된 상기 기준 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 스위칭된 신호를 생성하는 스위칭 회로를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법.

청구항 17

제16 항에 있어서, 상기 기준 자기장은, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들 중 선택된 소자들의 위치들에서 상반된 방향들을 향하는 제1 및 제2 기준 자기장들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법.

청구항 18

제16 항에 있어서,
 상기 기준 자기장을 생성하도록 기준 전류를 생성하는 단계를 더 포함하고,
 상기 기준 자기장은 상반된 방향들을 향하는 자기장 방향들을 각각 가지는 적어도 두 개의 기준 자기장 부분들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법.

청구항 19

제18 항에 있어서,

상기 제1 스위칭율과 동기되어 제1 기준 전류 방향 및 제2 기준 전류 방향으로 교번하여 스위칭하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법.

청구항 20

제18 항에 있어서,

제1 스위칭 회로로부터 상기 자기장 신호를 수신하는 단계;

상기 측정 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 제1 센서 출력 신호를 생성하기 위하여 상기 제1 시간 구간들에서 상기 측정 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 상기 자기장 신호를 선택 및 처리하도록 시분할 다중화(time division multiplexing)하는 단계; 및

상기 기준 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 제2 센서 출력 신호를 생성하기 위하여 상기 제2 시간 구간들에서 상기 기준 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 상기 자기장 신호를 선택 및 처리하도록 시분할 다중화(time division multiplexing)하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

제20 항에 있어서,

상기 제2 센서 출력 신호를 나타내는 신호를 상기 피드백 신호로서 이용하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법.

청구항 24

제20 항에 있어서, 상기 측정장 감지 구성은, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들의 초핑(chopping)을 위하여 교번하는 적어도 두 개의 서로 다른 측정장 감지 구성들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법.

청구항 25

제20 항에 있어서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 기판에 의해 지지되고,

상기 적어도 두 개의 기준 자기장 부분들은, 상기 기판에 의해 지지되고 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들에 근접한 전도체(conductor)를 포함하는 적어도 두 개의 기준장 전도체부들에 의해 생성되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법.

청구항 26

제25 항에 있어서, 상기 적어도 두 개의 기준장 전도체부들은 상기 기판에 의해 지지되는 2 이상의 금속층(metal layer)들에 걸쳐진 것을 특징으로 하는 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법.

청구항 27

제20 항에 있어서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 기판에 의해 지지되고,

상기 적어도 두 개의 기준 자기장 부분들은, 상기 기판으로부터 이격되거나 상기 기판에 근접한 전도체(conductor)를 포함하는 적어도 두 개의 기준장 전도체부들에 의해 생성되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서의

조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법.

청구항 28

제20 항에 있어서, 상기 외부 자기장은 측정 전류 전도체에 의해 전송되는 측정 전류에 의해 생성되는 것을 특징으로 하는 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법.

청구항 29

제20 항에 있어서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 적어도 두 개의 홀 효과(Hall effect) 소자들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법.

청구항 30

제20 항에 있어서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 적어도 두 개의 자기 저항(magnetoresistance) 소자들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 자기장 센서들에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 측정장 감지(measured-field-sensing) 구성 및 기준장 감지(reference-field-sensing) 구성으로 교번하여 연결되는 자기장 감지 소자들을 가지는 자기장 센서들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 알려진 바와 같이, 다양한 종류의 감지 소자들, 예를 들어 이들에 한정되지는 않으나, 홀 효과(Hall effect) 소자들, 자기 저항(magnetoresistance) 소자들, 및 자기 트랜지스터(magnetotransistor)들이 존재한다. 또한, 알려진 바와 같이, 서로 다른 종류의 홀 효과 소자들, 예를 들어 평면 홀(planar Hall) 소자들, 수직 홀(vertical Hall) 소자들 및 원형 홀(circular Hall) 소자들이 존재한다. 또한, 알려진 바와 같이, 서로 다른 종류의 자기 저항 소자들, 예를 들어 이방성 자기 저항(anisotropic magnetoresistance, AMR) 소자들, 거대 자기 저항(giant magnetoresistance, GMR) 소자들, 터널링 자기 저항(tunneling magnetoresistance, TMR) 소자, 안티몬화 인듐(Indium antimonide, InSb) 센서, 및 자기 터널 접합(magnetic tunnel junction, MTJ) 소자들이 존재한다.

[0003] 홀 효과 소자들은 자기장에 비례하는 출력 전압을 생성한다. 반면, 자기 저항 소자들은 자기장에 비례하여 저항 값을 변경한다. 회로에 있어서, 전류가 상기 자기 저항 소자를 흐르게 함으로써, 상기 자기장에 비례하는 전압 출력 신호를 생성할 수 있다.

[0004] 자기장 감지 소자들을 이용하는 자기장 센서들은 다양한 응용들을 가지고, 응용의 예들로서, 이들에 한정되지 않으나, 전류 운반 전도체(current-carrying conductor)에 의해 전송되는 전류에 의해 생성되는 자기장을 감지하는 전류 센서, 강자성 또는 자성 물체의 근접을 감지하는 자기 스위치(근접 검출기(proximity detector)로도 불림), 통과하는 강자성 물품, 예를 들어 튕니를 감지하는 회전 검출기(rotation detector), 자기장의 자기장 밀도를 감지하는 자기장 센서 등이 있다. 다만, 여기에 개시된 회로들 및 기술들은 임의의 자기장 센서에도 적용될 수 있다.

[0005] 알려진 바와 같이, 일부 집적 회로들은 내부에 내장형 셀프 테스트(built-in self-test, BIST) 기능을 가지고 있다. 내장형 셀프 테스트는 집적 회로의 내부 기능의 전부 또는 일부를 확인할 수 있는 기능이다. 일부 종류의 집적 회로들은 집적 회로 다이의 바로 상부에 형성된 내장형 셀프 테스트 회로들을 가진다. 일반적으로, 상기 내장형 셀프 테스트는 외부 수단에 의해, 예를 들어 집적 회로의 외부로부터 상기 집적 회로의 전용 핀들 또는 포트들에 전달되는 신호에 의해 활성화된다. 예를 들어, 메모리부를 가지는 집적 회로는 내장형 셀프 테스트 회로를 포함할 수 있고, 이는 상기 집적 회로의 외부로부터 전달된 셀프 테스트 신호에 의해 활성화될 수 있다. 상기 내장형 셀프 테스트 회로는 상기 셀프 테스트 신호에 응답하여 상기 집적 회로의 상기 메모리부를 테스트할 수 있다.

[0006] 자기장 센서들에 사용되는 종래의 내장형 셀프 테스트 회로들은 상기 자기장 센서에 사용되는 자기장 감지 소자를 테스트하지 않을 수 있다. 또한, 종래의 내장형 셀프 테스트 회로들은 자기장 센서를 가지는 회로들의 전부

를 테스트하지 않을 수 있다.

- [0007] 일부 자기장 센서들은 셀프-조정(self-calibration) 기술들을 채용하고, 예를 들어 코일 또는 이와 유사한 것으로 조정 자기장을 국부적으로 생성하고, 상기 조정 자기장으로부터의 결과 신호를 측정하며, 상기 결과 신호에 관련된 신호를 피드백함으로써, 자기장 센서의 게인(gain)을 제어할 수 있다. 몇몇의 셀프-조정 구성들이, 본 출원의 출원인에 의해 2008년 2월 26일자로 출원된 미국 특허 출원 번호 제12/037,393호, "Magnetic Field Sensor With Automatic Sensitivity Adjustment"에 도시 및 개시되어 있다. 또한, 본 출원의 출원인에 의해 2010년 7월 21일자로 출원된 미국 특허 출원 번호 제12/840,324호, "Circuits and Methods For Generating A Diagnostic Mode Of Operation In A Magnetic Field Sensor"에는 자기장 감지 소자들에 근접하여 배치되어 셀프-테스트 자기장을 생성하는 코일들 및 전도체들의 다양한 구성들이 개시되어 있다. 또한, 상기 출원은 다양한 멀티플렉싱(multiplexing) 구성들을 개시한다. 이러한 출원들, 및 여기에 개시된 모든 다른 특허 출원들 및 특허들은 전체로서 여기에 참조로 포함된다.
- [0008] 일반적으로, 자기장 센서의 조정은, 상기 자기장 센서가 자기장을 감지하고 있지 않을 때, 즉 상기 자기장 센서가 이의 정규 감지 모드로 동작하고 있지 않을 때 수행되어야만 한다.
- [0009] 자기장 센서 내에 사용되는 자기장 감지 소자를 테스트하는 셀프-테스트 기능이 가능한 자기장 센서 내의 내장형 셀프 테스트 회로들 및 기술들이 요구된다. 또한, 상기 자기장 센서 내의 모든 회로들을 셀프 테스트할 수 있는 자기장 센서 내의 내장형 셀프 테스트 회로들 및 기술들이 요구된다. 또한, 외부 자기장의 크기와 무관하게 셀프 테스트를 수행할 수 있는 것이 바람직하다.
- [0010] 상기 셀프 테스트 기능에 더하여, 상기 자기장 센서가 정상적인 구동 중 상기 자기장 센서의 게인 조절(조정)이 수행될 수 있는 것이 바람직하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명의 목적은 측정장 감지(measured-field-sensing) 구성 및 기준장 감지(reference-field-sensing) 구성으로 교번하여 연결되는 자기장 센서 및 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명은 자기장 센서가 정상 동작을 수행하는 동안 상기 자기장 센서의 게인 조절(gain adjustment)(조정(calibration))을 제공할 수 있다.
- [0013] 또한, 본 발명은 자기장 센서 내에 사용되는 자기장 감지 소자를 테스트하는 셀프-테스트 기능을 가지는 자기장 센서의 내장형 셀프 테스트(built-in self-test) 회로들 및 기술들을 제공할 수 있다. 또한, 본 발명은 상기 자기장 센서 내의 회로들 모두를 셀프-테스트할 수 있는 자기장 센서의 내장형 셀프 테스트 회로들 및 기술들을 제공할 수 있다. 또한, 본 발명은 외부 자기장의 크기와 무관하게 셀프-테스트를 수행할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 측면에 따라, 자기장 센서는 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 포함한다. 상기 자기장 센서는 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들에 연결된 제1 스위칭 회로를 더 포함한다. 상기 제1 스위칭 회로는 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 측정장 감지(measured-field-sensing) 구성 및 기준장 감지(reference-field-sensing) 구성으로 연결하도록 구성된다. 상기 제1 스위칭 회로는 상기 측정장 감지 구성 및 상기 기준장 감지 구성이 제1 스위칭율(switching rate)로 교번되도록 스위칭하여 자기장 신호를 제공한다. 상기 제1 스위칭 회로에 의해 생성되는 상기 자기장 신호는, 상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때 측정 자기장에 응답하여 생성되는 측정 자기장 응답 신호 부분, 및 상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때 기준 자기장에 응답하여 생성되는 기준 자기장 응답 신호 부분을 포함한다.
- [0015] 상기 자기장 센서의 일 실시예에서, 상기 기준 자기장은, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들 중 선택된 소자들의 위치들에서 상반된 방향들을 향하는 제1 및 제2 기준 자기장들을 포함하고, 상기 자기장 센서는, 상기 제1 및 제2 기준 자기장들을 생성하는 자기장 생성기를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 자기장 센서의 일 실시예에서, 상기 자기장 생성기는, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들에 각각 인접한 적어도 두 개의 기준장 전도체부들을 포함하고, 상기 적어도 두 개의 기준장 전도체부들은 기준 전류를 전

송하여 상기 기준 자기장을 생성하고, 상기 기준 자기장은 상반된 방향들을 향하는 자기장 방향들을 각각 가지는 적어도 두 개의 기준 자기장 부분들을 포함할 수 있다.

- [0017] 일 실시예에서, 상기 자기장 센서는 상기 기준 전류를 제공하도록 연결된 제2 스위칭 회로를 더 포함하고, 상기 제2 스위칭 회로는 상기 제1 스위칭율과 동기되어 상기 기준 전류를 제1 기준 전류 방향 및 제2 기준 전류 방향으로 교번하여 스위칭할 수 있다.
- [0018] 일 실시예에서, 상기 자기장 센서는 상기 제1 스위칭 회로로부터 상기 자기장 신호를 수신하도록 연결된 처리 회로를 더 포함하고, 상기 자기장 신호는, 제1 시간 구간들에서 상기 측정 자기장 응답 신호 부분을 나타내고, 상기 제1 시간 구간들 사이에 상기 제1 스위칭율과 동기된 레이트(rate)로 삽입되는 제2 시간 구간들에서 상기 기준 자기장 응답 신호 부분을 나타낸다. 상기 처리 회로는, 상기 제1 시간 구간들에서 상기 측정 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 상기 자기장 신호를 선택 및 처리하도록 시간 다중화되어(time multiplexed) 상기 측정 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 제1 센서 출력 신호를 생성하는 제1 처리 채널, 및 상기 제2 시간 구간들에서 상기 기준 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 상기 자기장 신호를 선택 및 처리하도록 시간 다중화되어(time multiplexed) 상기 기준 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 제2 센서 출력 신호를 생성하는 제2 처리 채널을 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 자기장 센서의 일 실시예에서, 상기 제1 스위칭 회로는, 상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들이 자기장에 대한 상반된 응답 방향들을 가지도록 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 연결할 수 있다.
- [0020] 상기 자기장 센서의 일 실시예에서, 상기 제1 스위칭 회로는, 상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들이 자기장에 대한 동일한 응답 방향들을 가지도록 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 연결할 수 있다.
- [0021] 일 실시예에서, 상기 자기장 센서는 상기 제2 센서 출력 신호를 나타내는 신호를 수신하도록 연결되고, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 구동하도록 인가되는 바이어스 신호 또는 상기 제1 및 제2 처리 채널들의 게인(gain) 중 적어도 하나를 제어하도록 피드백 신호를 생성하는 피드백 회로를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 자기장 센서의 일 실시예에서, 상기 측정장 감지 구성은, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들의 초핑(chopping)을 위하여 교번하는 적어도 두 개의 서로 다른 측정장 감지 구성들을 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 자기장 센서의 일 실시예에서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 기판에 의해 지지되고, 상기 적어도 두 개의 기준장 전도체부들은 상기 기판에 의해 지지되고 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들에 근접한 전도체(conductor)를 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 자기장 센서의 일 실시예에서, 상기 적어도 두 개의 기준장 전도체부들은 상기 기판에 의해 지지되는 2 이상의 금속층(metal layer)들에 걸쳐질 수 있다.
- [0025] 상기 자기장 센서의 일 실시예에서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 기판에 의해 지지되고, 상기 적어도 두 개의 기준장 전도체부들은 상기 기판으로부터 이격되거나 상기 기판에 근접한 전도체(conductor)를 포함할 수 있다.
- [0026] 상기 자기장 센서의 일 실시예에서, 상기 측정 자기장은 측정 전류 전도체에 의해 전송되는 측정 전류에 의해 생성될 수 있다.
- [0027] 상기 자기장 센서의 일 실시예에서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 적어도 두 개의 홀 효과(Hall effect) 소자들을 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 자기장 센서의 일 실시예에서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 적어도 두 개의 자기 저항(magnetoresistance) 소자들을 포함할 수 있다.
- [0029] 본 발명의 다른 측면에 따라, 자기장 센서의 조정(calibration) 또는 셀프-테스트(self-test)를 제공하는 방법은 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 측정장 감지(measured-field-sensing) 구성으로 연결하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 기준장 감지(reference-field-sensing) 구성으로 연결하는 단계를 더 포함한다. 상기 방법은 자기장 신호를 제공하도록 제1 스위칭율(switching rate)로 상기 측정장 감지 구성 및 상기 기준장 감지 구성을 교번하여 스위칭하는 단계를 더 포함한다. 상기 스위칭하는 단계에 의해 생성되는 상기 자기장 신호는, 상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때 측정 자기장에 응답하여 생성되는 측

정 자기장 응답 신호 부분, 및 상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때 기준 자기장에 응답하여 생성되는 기준 자기장 응답 신호 부분을 포함한다.

- [0030] 상기 방법의 일 실시예에서, 상기 기준 자기장은, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들 중 선택된 소자들의 위치들에서 상반된 방향들을 향하는 제1 및 제2 기준 자기장들을 포함할 수 있다.
- [0031] 일 실시예에서, 상기 방법은 상기 기준 자기장을 생성하도록 기준 전류를 생성하는 단계를 더 포함하고, 상기 기준 자기장은 상반된 방향들을 향하는 자기장 방향들을 각각 가지는 적어도 두 개의 기준 자기장 부분들을 포함할 수 있다.
- [0032] 일 실시예에서, 상기 방법은 상기 제1 스위칭율과 동기되어 제1 기준 전류 방향 및 제2 기준 전류 방향으로 교번하여 스위칭하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0033] 일 실시예에서, 상기 방법은 제1 스위칭 회로로부터, 제1 시간 구간들에서 상기 측정 자기장 응답 신호 부분을 나타내고, 상기 제1 시간 구간들 사이에 상기 제1 스위칭율과 동기된 레이트(rate)로 삽입되는 제2 시간 구간들에서 상기 기준 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 상기 자기장 신호를 수신하는 단계, 상기 측정 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 제1 센서 출력 신호를 생성하기 위하여 상기 제1 시간 구간들에서 상기 측정 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 상기 자기장 신호를 선택 및 처리하도록 시간 다중화(time multiplexing)하는 단계, 및 상기 기준 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 제2 센서 출력 신호를 생성하기 위하여 상기 제2 시간 구간들에서 상기 기준 자기장 응답 신호 부분을 나타내는 상기 자기장 신호를 선택 및 처리하도록 시간 다중화(time multiplexing)하는 단계를 더 포함하는 할 수 있다.
- [0034] 상기 방법의 일 실시예에서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 상기 기준장 감지 구성으로 연결하는 단계는, 상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들이 자기장에 대한 상반된 응답 방향들을 가지도록 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 연결하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0035] 상기 방법의 일 실시예에서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 상기 측정장 감지 구성으로 연결하는 단계는, 상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들이 자기장에 대한 동일한 응답 방향들을 가지도록 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 연결하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0036] 상기 방법의 일 실시예에서, 상기 제2 센서 출력 신호를 나타내는 신호를, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들을 구동하도록 인가되는 바이어스 신호 또는 제1 및 제2 처리 채널들의 게인(gain) 중 적어도 하나를 제어하는 피드백 신호로 변환하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0037] 상기 방법의 일 실시예에서, 상기 측정장 감지 구성은, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들의 초핑(chopping)을 위하여 교번하는 적어도 두 개의 서로 다른 측정장 감지 구성들을 포함할 수 있다.
- [0038] 상기 방법의 일 실시예에서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 기판에 의해 지지되고, 상기 적어도 두 개의 기준 자기장 부분들은, 상기 기판에 의해 지지되고 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들에 근접한 전도체(conductor)를 포함하는 적어도 두 개의 기준장 전도체부들에 의해 생성될 수 있다.
- [0039] 상기 방법의 일 실시예에서, 상기 적어도 두 개의 기준장 전도체부들은 상기 기판에 의해 지지되는 2 이상의 금속층(metal layer)들에 걸쳐질 수 있다.
- [0040] 상기 방법의 일 실시예에서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 기판에 의해 지지되고, 상기 적어도 두 개의 기준 자기장 부분들은, 상기 기판으로부터 이격되나 상기 기판에 근접한 전도체(conductor)를 포함하는 적어도 두 개의 기준장 전도체부들에 의해 생성될 수 있다.
- [0041] 상기 방법의 일 실시예에서, 상기 측정 자기장은 측정 전류 전도체에 의해 전송되는 측정 전류에 의해 생성될 수 있다.
- [0042] 상기 방법의 일 실시예에서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 적어도 두 개의 홀 효과(Hall effect) 소자들을 포함할 수 있다.
- [0043] 상기 방법의 일 실시예에서, 상기 적어도 두 개의 자기장 감지 소자들은 적어도 두 개의 자기 저항(magnetoresistance) 소자들을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0044] 본 발명의 실시예들에 따른 자기장 센서 및 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법은, 자기장

센서가 정상 동작을 수행하는 동안 상기 자기장 센서의 게인 조절(gain adjustment)(조정(calibration))을 제공할 수 있다.

[0045] 또한, 본 발명의 실시예들에 따른 자기장 센서 및 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법은, 상기 자기장 센서 내에 사용되는 자기장 감지 소자를 테스트하는 셀프-테스트 기능을 가지는 자기장 센서의 내장형 셀프 테스트(built-in self-test) 회로들 및 기술들을 제공할 수 있다.

[0046] 또한, 본 발명의 실시예들에 따른 자기장 센서 및 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법은, 상기 자기장 센서 내의 회로들 모두를 셀프-테스트할 수 있는 자기장 센서의 내장형 셀프 테스트 회로들 및 기술들을 제공할 수 있다.

[0047] 또한, 본 발명의 실시예들에 따른 자기장 센서 및 자기장 센서의 조정 또는 셀프-테스트를 제공하는 방법은, 외부 자기장의 크기와 무관하게 셀프-테스트를 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0048] 본 발명 및 본 발명의 상술한 특징들이 첨부된 도면들 및 아래의 상세한 설명을 참조하여 보다 용이하게 이해될 것이다. 첨부된 도면들에서,

도 1은 톱드(chopped)(또는 스위치드(switched)) 홀 효과 소자 및 연관된 스위칭 회로를 가지는 종래 기술의 자기장 센서의 블록도이고,

도 1a는 도 1의 종래의 자기장 센서의 다양한 포인트들에서의 주파수 스펙트럼들을 나타내는 일련의 그래프들이며,

도 2는 도 1의 자기장 센서의 홀 효과 소자 및 스위칭 회로로 이용될 수 있고, 또한 아래의 자기장 센서들의 홀 효과 소자 및 스위칭 회로로 이용될 수 있는 홀 효과 소자 및 스위칭 회로를 가지는 스위치드 홀 소자를 나타내는 블록도이고,

도 2a는 도 2의 스위치드 홀 소자의 클록 신호들을 나타내는 그래프이며,

도 2b는 도 2의 스위치드 홀 소자에 의해 제공되는 변조된 오프셋 성분을 나타내는 그래프이고,

도 2c는 도 2의 스위치드 홀 소자에 의해 제공되는 비변조된 자기장 신호 성분을 나타내는 그래프이며,

도 3은 도 1의 센서의 홀 효과 소자 및 스위칭 회로로 이용될 수 있고, 또한 아래의 자기장 센서들의 홀 효과 소자 및 스위칭 회로로 이용될 수 있는 홀 효과 소자 및 스위칭 회로를 가지는 스위치드 홀 소자를 나타내는 블록도이고,

도 3a는 도 3의 스위치드 홀 소자의 클록 신호들을 나타내는 그래프이며,

도 3b는 도 3의 스위치드 홀 소자에 의해 제공되는 비변조된 오프셋 성분을 나타내는 그래프이고,

도 3c는 도 3의 스위치드 홀 소자에 의해 제공되는 변조된 자기장 신호 성분을 나타내는 그래프이며,

도 4는 측정장 감지(measured-field-sensing) 구성으로 병렬로 배치되고, 외부 자기장이 존재할 때 협력하여 응답할 수 있는 두 개의 홀 효과 소자들을 나타내는 블록도이고,

도 5는 기준장 감지(reference-field-sensing) 구성이 되도록 재연결되고, 도 4의 외부 자기장이 존재하면서 또한, 예를 들어 두 개의 서로 다른 코일들에 의해, 두 개의 상반된 방향으로 생성될 수 있는 두 개의 기준 자기장들이 존재할 때의 도 4의 두 개의 홀 효과 소자들을 나타내는 블록도이며,

도 5a는 기준장 감지 구성이 되도록 재연결되고, 도 4의 외부 자기장이 존재하면서 또한, 예를 들어 두 개의 서로 다른 코일들에 의해, 두 개의 상반된 방향으로 생성될 수 있는 AC 자기장들인 두 개의 기준 자기장들이 존재할 때의 도 4의 두 개의 홀 효과 소자들을 나타내는 블록도이고,

도 6은, 측정장 감지 구성일 때 두 개의 홀 소자들의 초핑(chopping)이 없이, 측정장 감지 구성 및 기준장 감지 구성의 두 개의 페이즈들로 연결이 교번되는 두 개의 홀 소자들을 나타내는 블록도이며,

도 7은, 두 개의 측정장 감지 구성들을 위하여 두 개의 홀 소자들이 초핑되면서, 두 개의 측정장 감지 구성들 및 두 개의 기준장 감지 구성들의 네 개의 페이즈들로 연결이 교번되는 두 개의 홀 소자들을 나타내는 블록도이고,

도 8은 도 7의 두 개의 홀 소자들로부터의 출력 신호들을 나타내는 그래프로서, 네 개의 페이지들 모두 동안의 신호들을 나타내는 그래프이며,

도 9는 도 7의 두 개의 홀 소자들로부터의 출력 신호들을 나타내는 그래프로서, 두 개의 홀 소자들의 측정장 감지 구성들에 상응하는 제1 및 제3 페이지들 동안의 신호들을 나타내는 그래프이고,

도 10은 도 7의 두 개의 홀 소자들로부터의 출력 신호들을 나타내는 그래프로서, 두 개의 홀 소자들의 기준장 감지 구성들에 상응하는 제2 및 제4 페이지들 동안의 신호들을 나타내는 그래프이며,

도 11은, 네 개의 측정장 감지 구성들을 위하여 두 개의 홀 소자들이 초평되면서, 네 개의 측정장 감지 구성들 및 네 개의 기준장 감지 구성들의 여덟 개의 페이지들로 연결이 교번되는 두 개의 홀 소자들을 나타내는 블록도이고,

도 12는, 두 개의 홀 소자들, 여기서 코일들로 도시된 상응하는 두 개의 기준장 전도체들, 및 측정(일반) 자기장에 응답하여 출력 신호를 생성하도록 구성된 제1 채널과 두 개의 기준장 전도체들에 의해 생성되는 기준 자기장에 응답하여 신호를 생성하도록 구성된 제2 채널의 두 개의 전자 채널들을 가지는 자기장 센서를 나타내는 블록도이며,

도 13은 도 12의 자기장 센서의 일부를 나타내는 블록도로서, 특히 도 12의 제1 채널이 도시되고, 제2 채널이 도시되지 않은 블록도이고,

도 14 내지 도 18은 도 13의 자기장 센서부의 다양한 포인트들에서의 주파수 스펙트럼들을 나타내는 그래프들이며,

도 19는 도 12의 자기장 센서의 다른 일부를 나타내는 블록도로서, 특히 도 12의 제2 채널이 도시되고, 제1 채널이 도시되지 않은 블록도이고,

도 20 내지 도 24는 도 19의 자기장 센서부의 다양한 포인트들에서의 주파수 스펙트럼들을 나타내는 그래프들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0049] 본 발명을 기술하기에 앞서, 일부의 도입 개념 및 용어가 설명된다. 여기에 사용되는 바와 같이, 용어 "자기장 감지 소자(magnetic field sensing element)"는 자기장을 감지할 수 있는 다양한 종류의 전자 소자들을 기술하도록 사용된다. 상기 자기장 감지 소자들은, 이에 한정되지 않으나, 홀 효과(Hall effect) 소자들, 자기 저항(magnetoresistance) 소자들, 또는 자기 트랜지스터(magnetotransistor)들일 수 있다. 알려진 바와 같이, 서로 다른 종류의 홀 효과 소자들, 예를 들어 평면 홀 소자(planar Hall element), 수직 홀 소자(vertical Hall element) 및 원형 홀 소자(circular Hall element) 등이 존재한다. 또한, 알려진 바와 같이, 서로 다른 종류의 자기 저항 소자들, 예를 들어 이방성 자기 저항(anisotropic magnetoresistance, AMR) 소자, 거대 자기 저항(giant magnetoresistance, GMR) 소자, 터널링 자기 저항(tunneling magnetoresistance, TMR) 소자, 안티몬화 인듐(Indium antimonide, InSb) 소자, 및 자기 터널 접합(magnetic tunnel junction; MTJ) 소자 등이 존재한다.

[0050] 알려진 바와 같이, 상술한 자기장 감지 소자들의 일부는 상기 자기장 감지 소자를 지지하는 기판에 평행한 최대 감도의 축을 가질 수 있고, 다른 상술한 자기장 감지 소자들은 상기 자기장 감지 소자를 지지하는 기판에 수직인 최대 감도의 축을 가질 수 있다. 특히, 전부는 아니나 대부분의 자기 저항 소자들은 상기 기판에 평행한 최대 감도의 축을 가질 수 있고, 전부는 아니나 대부분의 홀 소자들은 상기 기판에 수직인 최대 감도의 축을 가질 수 있다.

[0051] 여기에 사용되는 바와 같이, 용어 "자기장 센서(magnetic field sensor)"는 자기장 감지 소자를 포함하는 회로를 기술하도록 사용된다. 자기장 센서들은 다양한 응용들을 가지고, 응용의 예들로서, 이들에 한정되지 않으나, 전류 운반 전도체(current-carrying conductor)에 의해 전송되는 전류에 의해 생성되는 자기장을 감지하는 전류 센서, 강자성 또는 자성 물체의 근접을 감지하는 자기 스위치(근접 검출기(proximity detector)로도 불림), 통과하는 강자성 물품, 예를 들어 톱니를 감지하는 회전 검출기(rotation detector), 자기장의 자기장 밀도를 감지하는 자기장 센서(예를 들어, 선형 자기장 센서) 등이 있다. 여기서 선형 자기장 센서들이 예로서 기재된다. 다만, 여기에 개시된 회로들 및 기술들은 자기장을 검출할 수 있는 임의의 자기장 센서에도 적용될 수 있다.

[0052] 여기에 사용되는 바와 같이, 용어 "자기장 신호(magnetic field signal)"는 자기장 감지 소자에 의해 감지된 자

기장으로부터 기인하는 임의의 회로 신호를 기술하도록 사용된다.

- [0053] 후술될 기준장 감지(reference-field-sensing) 구성 동작 모드들은 일반적으로 자기장 센서의 게인(gain) 또는 감도(sensitivity)를 조절하도록 이용된다. 그러나, 기준장 감지 구성은 또한 상기 자기장 센서의 셀프-테스트(self-test)를 제공하도록 이용될 수도 있다. 즉, 기준장 동작 모드 동안 아무런 출력 신호도 생성되지 않으면(즉, 선형 자기장 센서의 경우, 상기 출력 신호가 너무 낮거나 너무 높으면), 상기 자기장 센서는 작동이 안 되는 것으로 여겨진다. 따라서, 여기에 사용되는 바와 같이, "기준(reference)"은 감도 측정(셀프-테스트) 및 조정(calibration)을 포괄하도록 사용된다.
- [0054] 도 1을 참조하면, 종래 기술의 자기장 센서(10)는 스위칭 회로(12) 내에 연결된 홀 효과 소자(13)를 포함한다. 스위칭 회로(12)는 외부 자기장에 응답하여 차동 출력 신호(12a, 12b)를 생성하도록 구성된다. 다수의 후술되는 신호들은 차동 신호들일 수 있으나, 용어 "차동(differential)"이 항상 기술되지 않을 수 있다. 다른 실시예들에서, 상기 신호들의 일부 또는 전부는 싱글엔드(single ended) 신호들일 수 있다.
- [0055] 스위칭 회로(12)는 도 2 내지 도 2c를 참조하여 보다 상세히 후술된다. 여기서는 스위칭 회로(12)가 f_c 의 주파수의 클럭으로 홀 효과 소자(13)에 구동 신호(미도시)를 스위칭하는 것만 언급하더라도 충분할 것이다.
- [0056] 자기장 센서(10)는 또한, 신호(12a, 12b)를 수신하도록 연결되고 초평된 신호(14a, 14b)를 생성하는 스위칭 회로(14)를 포함한다. 스위칭 회로(14)도 f_c 의 주파수의 클럭으로 스위칭한다. 스위칭 회로(12)와 스위칭 회로(14)의 조합된 동작에 관하여 도 3 내지 도 3c를 참조하여 보다 상세히 후술된다.
- [0057] 증폭기(16)는 초평된 신호(14a, 14b)를 수신하도록 연결되고, 증폭된 신호(16a, 16b)를 생성한다. 스위칭 회로(18)는 증폭된 신호(16a, 16b)를 수신하도록 연결되고, 디멀티플렉싱된 신호(18a, 18b)를 생성한다. 스위칭 회로(18)는 f_c 의 주파수를 가진 클럭을 공급받는다. 저역 통과 필터(20)는 디멀티플렉싱된 신호(18a, 18b)를 수신하도록 연결되고, 필터링된 신호(20a, 20b)를 생성한다. $\text{sinc}/x(\text{sinc})$ 필터(22)는 필터링된 신호(20a, 20b)를 수신하도록 연결되고, 필터링된 신호(22a, 22b), 즉 자기장 센서(10)로부터의 출력 신호를 생성한다.
- [0058] 일 실시예에서, sinc 필터(22)는 f_c 의 주파수에서 제1 노치(notch)를 가지는 스위치드 커패시터(switched capacitor) 필터일 수 있다. 그러나, 다른 실시예에서, sinc 필터(22)는 디지털적으로 생성될 수 있다. 또 다른 실시예에서, sinc 필터(22)는 아날로그 비클럭(unclocked) 필터일 수 있다.
- [0059] 도시된 바와 같이 f_c 의 주파수에서 상기 노치를 가지도록 sinc 필터(22)에 제공되는 클럭 주파수는 f_c 의 주파수일 수 있는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러나, sinc 필터(22)가 f_c 의 주파수에서 상기 노치를 가지도록 설계되나 다른 주파수의 클럭 신호를 이용할 수 있는 것 또한 이해할 수 있을 것이다. 첨부된 도면들을 참조하여 하기에서는, sinc 필터(22)에 제공되는 클럭이 f_c 의 주파수를 가지는 것으로 설명된다. 다만, 노치 주파수가 f_c 의 주파수인 것이 바람직하다.
- [0060] 자기장 센서 출력 신호(22a, 22b)는 자기장 감지 소자(12)에 의해 감지된 자기장에 비례하는 선형 신호이고, 자기장 센서(10)는 선형 자기장 센서인 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러나, 다른 실시예에서, 비교기가 신호(22a, 22b)를 수신하고, 이에 따라 상기 비교기에 의해 생성된 상기 자기장 센서 출력 신호가 2-상태 신호이며, 상기 자기장 센서가 자기 스위치(magnetic switch)일 수 있다. 또한, 일 실시예에서 필터들(20, 22) 중 하나만이 이용될 수 있는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0061] 도 1a를 참조하여 도 1의 상기 자기장 센서의 동작이 후술된다.
- [0062] 도 1a를 참조하면, 그래프들(26) 각각은 주파수 단위를 임의의 단위로 가지는 수평축 및 파워(power)의 단위를 임의의 단위로 가지는 수직축을 포함한다.
- [0063] 그래프(28)는 신호(12a, 12b)(즉, 신호(12a, 12b)의 주파수 스펙트럼)를 나타내고, 일 주파수, 예를 들어 DC 외부 자기장을 가리키는 제로(zero) 주파수에서 외부 자기장 신호(B external)에 잔여 오프셋 신호(ResOff)가 더해진 신호를 나타낸다. 홀 효과 오프셋 신호(Hal10ff)는, 클럭의 주파수(f_c)에 따라, 다른 주파수에 존재한다. 이 효과는 도 2 내지 도 2c를 참조하여 후술된다.
- [0064] 홀 효과 오프셋 신호(Hal10ff)는, 스위칭 회로(12)가 스위칭하지 않을 때, 즉 홀 효과 소자들(104, 106)을 흐르는 전류가 하나의 특정한 각각의 방향으로 향할 때, 홀 효과 소자(13)의 출력 신호(12a, 12b)에 존재할 수 있는 DC 전압 에러에 상응한다. 그래프(28)에 도시된 바와 같이, 홀 효과 오프셋 신호(Hal10ff)는 스위칭 회로(12)의

스위칭 동작에 의해 차동 신호(12a, 12b)에서 보다 높은 주파수로 쉬프트된다(또한, 그래프(30)를 참조하여 후술될 바와 같이, 스위칭 회로(14)의 동작에 의해 DC로 다시 되돌아가도록 쉬프트된다). 잔여 오프셋 신호(ResOff)는, 스위칭 신호(12)가 스위칭하더라도 차동 신호(12a, 12b)에서 DC에 남아있는 잔여 오프셋 신호에 상응한다(또한, 그래프(30)를 참조하여 후술될 바와 같이, 스위칭 회로(14)의 동작에 의해 보다 높은 주파수로 쉬프트된다).

- [0065] 그래프(30)는 초핑(chopping) 후의 신호(14a, 14b)를 나타낸다. 홀 효과 신호(HallOff)는 스위칭 회로(14)의 동작에 의해 DC로 쉬프트되고, 신호(Bexternal + ResOff)는 f_c 의 주파수에 존재하다.
- [0066] 그래프(32)는 신호(16a, 16b)를 나타낸다. 그래프(32)에서, 증폭기(16)의 DC 오프셋이 DC에서 상기 홀 오프셋 신호에 더해져서 결과적으로 DC에서 신호(HallOff + AmpOff)가 존재한다.
- [0067] 그래프(34)는 스위칭 회로(18) 후의 신호(18a, 18b)를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 신호(Bexternal + ResOff)가 이제 DC에 존재하고, 신호(HallOff + AmpOff)가 이제 f_c 의 주파수에 존재하다.
- [0068] 그래프(36)는 필터(20) 후의 신호(20a, 20b)를 나타낸다. 필터(20)의 절점 주파수(break frequency)는 f_c 의 주파수 미만으로 선택된다. 원하는 바와 같이, 신호(HallOff + AmpOff)가 감소된다.
- [0069] 그래프(38)는 sinc 필터(22) 후의 신호(22a, 22b)를 나타낸다. sinc 필터(22)의 상기 노치는 f_c 의 주파수, 즉 sinc 필터(22)의 나이퀴스트(Nyquist) 주파수에 존재하도록 선택된다. 그래프(38)에서 또한 신호(22a, 22b)에서 상기 외부 자기장 신호(이와 일부 잔여 오프셋의 합)만이 남는다. 홀 효과 소자 오프셋(HallOff)이 제거되었다.
- [0070] 도 2 내지 도 2c를 참조하면, 홀 오프셋 성분(예를 들어, 58)을 변조하는 타입의 스위치드 홀 소자(50)는 홀 소자(또는 홀 플레이트)(52) 및 변조(modulation) 회로(54)를 포함한다. 홀 소자(52)는, 도시된 바와 같이, 각각이 상응하는 스위치(56a, 56b, 56c, 56d)의 제1 단자에 연결된 네 개의 콘택들(52a, 52b, 52c, 52d)을 포함한다. 스위치들(56b, 56c)의 제2 단자들은 스위치드 홀 출력 신호의 양의 노드(positive node)(여기서 V_{0+} 로 표시)를 제공하도록 연결되고, 스위치들(56a, 56d)의 제2 단자들은 스위치드 홀 출력 신호의 음의 노드(negative node)(여기서 V_{0-} 로 표시)를 제공하도록 연결된다.
- [0071] 추가적인 스위치들(60a, 60b, 60c, 60d)이 홀 콘택들(52a, 52b, 52c, 52d)을 전원 전압(V_s) 및 접지에 선택적으로 연결하도록 배치된다. 보다 구체적으로, 도시된 바와 같이, 스위치들(56b, 56d, 60a, 60c)은 클록 신호(CLK)에 의해 제어되고, 스위치들(56a, 56c, 60b, 60d)은 상보적인 클록 신호(complementary clock signal)(CLK/)에 의해 제어된다. 도 2a에 도시된 바와 같이, 클록 신호들(CLK, CLK/)은 두 개의 상태들 또는 위상들, 즉 Φ_0 상태 및 Φ_{90} 상태를 가질 수 있다.
- [0072] 동작에 있어서, 위상(Φ_0)에서, 전류가 단자(52a)에서 단자(52c)로 흐르고, 스위치드 홀 출력 신호(V_0)는 $V_H + V_{op}$ (여기서, V_{op} 는 홀 소자 오프셋 전압 또는 홀 오프셋 성분이고, V_H 는 자기장 신호 성분임)와 같다. 위상(Φ_{90})에서, 전류가 단자(52b)에서 단자(52d)로 흐르고, 스위치드 홀 출력 신호(V_0)는 $V_H - V_{op}$ 와 같다. 따라서, 변조 회로(54)는 도 2b에 도시된 홀 오프셋 성분(V_{op})을 변조한다. 자기장 신호 성분(V_H)은, 도 2c에서 도시된 바와 같이, 실질적으로 불변 상태(invariant)로 남는다.
- [0073] 도 3의 초핑 회로(70)는 도 1의 조합된 스위칭 회로들(12, 14)로서 사용될 수 있다.
- [0074] 도 3 내지 도 3c를 참조하면, 자기장 신호 성분을 변조하는 타입의 대안적인 스위치드 홀 소자(70)(이는 도 1의 스위칭 회로들(12, 14)에 사용될 수 있음)는 홀 소자(72) 및 변조 회로(74)를 포함한다. 홀 소자(72)는 도 2의 홀 효과 소자(52)와 동일하고, 각각이 상응하는 스위치(76a, 76b, 76c, 76d)의 제1 단자에 연결된 네 개의 콘택들(72a, 72b, 72c, 72d)을 포함한다. 스위치들(76a, 76b)의 제2 단자들은 스위치드 홀 출력 신호의 양의 노드(여기서 V_{0+} 로 표시)를 제공하도록 연결되고, 스위치들(76a, 76d)의 제2 단자들은 스위치드 홀 출력 신호의 음의 노드(negative node)(여기서 V_{0-} 로 표시)를 제공하도록 연결된다. 따라서, 도 2와 도 3을 비교하면 위상(Φ_{90})에서 상기 홀 소자의 출력 콘택들이 교환된 것을 알 수 있다.
- [0075] 추가적인 스위치들(80a, 80b, 80c, 80d)이 홀 콘택들(72a, 72b, 72c, 72d)을 전원 전압(V_s) 및 접지에 선택적으로 연결하도록 배치된다. 도시된 바와 같이, 스위치들(76b, 76d, 80a, 80c)은 클록 신호(CLK)에 의해 제어되고, 스위치들(76a, 76c, 80b, 80d)은 상보적인 클록 신호(CLK/)에 의해 제어된다. 도시된 바와 같이, 클록 신호

들(CLK, CLK/)은 도 2의 유사한 신호들과 동일할 수 있고, 따라서 두 개의 상태들 또는 위상들, 즉 Φ_0 및 Φ_{90} 를 가질 수 있다.

- [0076] 동작에 있어서, 위상(Φ_0)에서, 전류가 단자(72a)에서 단자(72c)로 흐르고, 스위치드 홀 출력 신호(V_0)는 $V_H + V_{op}$ 와 같다. 위상(Φ_{90})에서, 전류가 단자(72b)에서 단자(72d)로 흐르고, 스위치드 홀 출력 신호(V_0)는 $-V_H + V_{op}$ 와 같다. 따라서, 변조 회로(74)는 도 3c에 도시된 변조된 자기 신호 성분(V_H)을 제공하도록 상기 자기 신호 성분을 변조한다. 오프셋 성분(V_{op})은, 도 3b에서 도시된 바와 같이, 실질적으로 불변 상태로 남는다.
- [0077] 스위치들(80a-80d)이 도 1의 스위칭 회로와 동일하거나 유사한 스위칭 회로를 형성할 수 있는 것을 이해할 수 있을 것이다. 또한, 스위치들(76a-76d)이 도 1의 스위칭 회로(14)와 동일하거나 유사한 스위칭 회로를 형성할 수 있는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0078] 일 실시예에서, 도 1의 스위칭 회로(12)와 스위칭 회로(14)의 조합은, 도 2 내지 도 2c를 참조하여 상술한 타입 보다는, 도 3 내지 도 3c를 참조하여 상술한 타입일 수 있다.
- [0079] 도 4를 참조하면, 두 개의 홀 효과 소자들이 함께 병렬로 연결될 수 있다. 병렬로 연결된 상기 두 개의 홀 효과 소자들은 도 1 내지 도 3c를 참조하여 상술한 임의의 단일 홀 효과 소자를 대신하여 사용될 수 있다. 따라서, 상기 두 개의 병렬 홀 효과 소자들의 (양(plus) 및 음(minus)) 출력은 하나의 홀 효과 소자로부터의 양 및 음 출력을 대신하여 사용될 수 있다. 구동 신호들(도 4에 도시되지 않음)은 임의의 상술한 도면들에서 상기 하나의 홀 효과 소자를 구동하는 것과 같은 방식으로 상기 두 개의 병렬 홀 효과 소자들을 구동할 수 있다.
- [0080] 여기서, 상기 홀 효과 소자들의 병렬 배치는, 보다 상세히 후술될 기준장 감지(reference-field-sensing) 구성과 반대되는, 측정장 감지(measured-field-sensing) 구성이라 불린다.
- [0081] 도 5를 참조하면, 도 4의 상기 두 개의 홀 효과 소자들은 기준장 감지 구성으로 함께 연결(즉, 재연결)될 수 있다. 이러한 배치로, 상기 두 개의 홀 효과 소자들의 조합은 상기 두 개의 홀 효과 소자들 각각에 의해 동일한 방향으로 감지되는 외부 자기장(Bexternal)에 실질적으로 비응답하는 것을 이해할 수 있을 것이다. 상기 두 개의 홀 효과 소자들의 불일치(mismatch)에 기인하여 상기 외부 자기장에 대한 잔여 반응이 발생할 수 있고, 이에 의해 잔여 외부 자기장 신호가 발생할 수 있다.
- [0082] 그러나, 상기 기준장 감지 구성으로 배치된 상기 두 개의 홀 효과 소자들 각각에 의해 서로 다른 방향으로 감지되는 두 개의 기준 자기장들(Bcoil)에 응답하여, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들의 조합은 0(zero)이 아닌 출력 신호(V_{Bcoil})를 생성하는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0083] 도 5a를 참조하면, 상기 기준장 감지 구성으로 배치된 상기 두 개의 홀 효과 소자들이 다시 도시되어 있다. 여기서, 상기 두 개의 기준 자기장들(Bcoil)의 각각의 두 개의 페이즈(phase)들이 도시되어 있다. 본질적으로, AC 기준 자기장에 응답하여, 출력 신호(V_{Bcoil})는 AC 신호이다. 한편, 상기 두 개의 홀 효과 소자들이 상기 기준장 감지 구성으로 배치될 때, 상기 외부 자기장이 DC 자기장인지 또는 AC 자기장인지와 무관하게, 홀 효과 소자들 양쪽에서 동일한 방향을 가지는 상기 외부 자기장은 상기 출력 신호에 실질적으로 0의 기여를 할 수 있다.
- [0084] 도 6을 참조하면, 동일한 자기장 감지 소자들인 두 개의 자기장 감지 소자들이 두 개의 서로 다른 페이즈 배치(phase arrangement)들로 도시되어 있다. 상기 두 개의 서로 다른 페이즈 배치들은 도 12를 참조하여 보다 상세히 후술되는 스위칭 회로에 의해 서로 교번할 수 있다.
- [0085] 여기에 사용되는 바와 같이, 단어 "페이즈(phase)"는 많은 경우에서 상기 측정장 감지 구성으로 또는 상기 기준장 감지 구성으로 2 이상의 자기장 감지 소자들의 연결 배치를 기술하도록 사용될 수 있고, 또한 여기에 도시된 바와 같이 단순한 전도체(conductor)이거나, 후술될 다른 배치들에서, 예를 들어 도 12에 도시된 바와 같이, 두 개의 기준장 코일부들로 구성된, 기준장 전도체를 통과하는 전류의 방향을 기술하도록 사용될 수 있다. 상기 단어 "페이즈"는, 여기에서 사용되는 바와 같이, 보다 상세히 후술될 초핑 배치를 가리키지 않는다.
- [0086] 우선 페이즈 1 배치를 참조하면, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들이, 도 4를 참조하여 상술한 연결 배치와 동일하거나 유사한 측정장 감지 구성으로 연결된다. 상술한 바와 같이, 이러한 연결 배치로, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들은 외부 환경으로부터 수신될 수 있는 외부 자기장에 응답하고, 합쳐져서 소위 "측정 자기장 응답 신호(measured-magnetic-field-responsive signal)"를 생성한다.
- [0087] 기준장 전도체는 점선으로 표시되어 있고, 상기 점선은 상기 기준장 전도체에 의해 전송되는 전류가 없음을 나

타낸다. 그러나, 다른 실시예에서, 상기 기준장 전도체는 전류(IREF)를 전송할 수 있다.

- [0088] 상기 기준장 전도체에 의해 전송되는 전류가 상기 기준장 전도체의 주변에 자기장을 생성하는 것을 이해할 수 있을 것이다. 또한, 상기 기준장 전도체의 경로에 기인하여, 상기 자기장이 오른쪽 자기장 감지 소자에서 페이지로 들어가는 방향을 가지고, 왼쪽 자기장 감지 소자에서 페이지에서 나오는 방향을 가지는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 상기 기준장 전도체에 의해 생성되는 두 개의 자기장들이 상기 두 개의 자기장 감지 소자들에서 상반되는 방향들을 가진다. 상기 두 개의 자기장 감지 소자들이 상기 측정장 감지 구성으로 병렬로 연결되고, 모두가 동일한 방향의 응답을 가지기 때문에, 상기 기준장 전도체에 의해 전송되는 전류에 응답하여 상기 두 개의 자기장 감지 소자들에 의해 생성되는 출력 신호는 0이거나 0에 가까울 것이다.
- [0089] 따라서, 상기 기준장 전도체에 흐르는 어떠한 전류도 상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때의 상기 두 개의 자기장 감지 소자들에 의해 합쳐져 생성된 출력 신호에 영향을 전혀 또는 거의 미치지 않는다.
- [0090] 이와 대조적으로, 외부 환경으로부터 수신될 수 있는 측정 자기장은 상기 홀 소자들 모두를 동일한 방향으로 통과할 수 있고, 상기 측정 자기장에 응답하여 생성된 상기 측정 자기장 응답 신호는 0이 아니다. 따라서, 상기 페이지 1 배치로 연결되었을 때, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들은 상기 기준장 전도체에 의해 생성된 자기장에 응답하지 않으나, 측정(외부 또는 일반) 자기장에 응답한다.
- [0091] 페이지 2 배치에서, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들은, 도 5 및 도 5a를 참조하여 상술한 연결 배치와 동일하거나 유사한 기준장 감지 구성으로 연결된다. 상술한 기재로부터, 상기 기준장 감지 구성일 때, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들이 페이지에 수직한 자기장들에 상반된 방향들로 응답하는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0092] 상기 두 개의 자기장 감지 소자들의 상기 페이지 2 배치에서, 상술한 페이지 1 배치와 동일한 상기 기준장 전도체가 전류(IREF)를 전송한다. 상기 페이지 1 배치에서 상술한 바와 같이, 전류(IREF)는 상기 두 개의 자기장 감지 소자들에서 상반된 방향들로 자기장들을 생성한다. 상기 기준장 감지 구성의 상기 두 개의 자기장 감지 소자들이 자기장들에 상반되는 감도들을 가지기 때문에, 전류(IREF)가 존재하면, 여기서 "기준 자기장 응답 신호(reference-magnetic-field-responsive signal)"로 불리는 0이 아닌 출력 신호가 상기 두 개의 자기장 감지 소자들에 의해 생성된다. 따라서, 상기 페이지 2 배치로 연결될 때, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들은 상기 기준장 전도체에 의해 생성된 자기장에 응답하나, 측정(외부 또는 일반) 자기장에 응답하지 않는다.
- [0093] 후술되는 기재로부터, 자기장 센서가 상기 페이지 1 및 페이지 2 배치들을 번갈아 교번함으로써 동작할 수 있는 것이 보다 명백하게 될 것이다. 이러한 교번하는 배치로, 상기 측정장 감지 구성은 항상 동일하고, 상기 두 개의 홀 소자들의 초핑이 없음이 명백하게 될 것이다. 상기 측정장 감지 구성에서의 초핑은 도 7 및 도 10을 참조하여 보다 상세히 후술될 것이다.
- [0094] 동일한 두 개의 자기장 감지 소자들로부터 출력되나, 다만 서로 다른 시점에 출력되는 상기 측정 자기장 응답 신호 및 상기 기준 자기장 응답 신호는 여기에서 포괄하여 자기장들에 응답하는 "자기장 신호(magnetic field signal)"로 불린다.
- [0095] 상기 두 개의 자기장 감지 소자들, 예를 들어 도 6의 상기 두 개의 자기장 감지 소자들의 연결들이 번갈아 교번되므로, 상기 자기장 신호는 상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때 측정된 자기장에 응답하여 생성된 상기 측정 자기장 응답 신호 부분들, 및 상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때 기준 자기장에 응답하여 생성된 기준 자기장 응답 신호 부분들을 모두 가지는 것이 첨부된 도면들로부터 명백하게 될 것이다. 보다 상세히 후술되는 바와 같이, 상기 측정장 감지 구성과 상기 기준장 감지 구성이 시분할 멀티플렉싱(time division multiplexing)을 이용하여 번갈아 교번하여 발생하므로, 상기 측정 자기장 응답 신호 부분들은 보다 상세히 후술되는 방식으로 상기 기준 자기장 응답 신호 부분들로부터 분리될 수 있다.
- [0096] 도 7을 참조하면, 동일한 자기장 감지 소자들인 두 개의 자기장 감지 소자들이 네 개의 서로 다른 페이지 배치들, 즉 상기 측정장 감지 구성에서 두 개 및 상기 기준장 감지 구성에서 두 개(각 구성에 연관된 2X 초핑 배치)로 도시되어 있다. 상기 네 개의 서로 다른 페이지 배치들은 도 12를 참조하여 보다 상세히 후술될 스위칭 회로에 의해 연속적 및 반복적으로 교번할 수 있다.
- [0097] 우선 페이지 1 배치를 참조하면, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들은, 도 4를 참조하여 상술한 연결 배치와 동일하거나 유사한 측정장 감지 구성으로 연결된다. 상술한 바와 같이, 이러한 연결 배치로, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들은 외부 환경으로부터 수신될 수 있는 외부 자기장에 응답하고, 측정(외부) 자기장에 응답하여 합쳐서 상기 측정 자기장 응답 신호를 생성한다.

- [0098] 기준장 전도체는 점선으로 표시되어 있고, 상기 점선은 상기 기준장 전도체에 의해 전송되는 전류가 없음을 나타낸다. 그러나, 교번적인(alternate) 실시예에서, 상기 기준장 전도체는 전류를 전송할 수 있다.
- [0099] 페이지 2 배치에서, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들은, 도 5 및 도 5a를 참조하여 상술한 연결 배치와 동일하거나 유사한 기준장 감지 구성으로 연결된다. 상술한 기재로부터, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들이 페이지에 수직인 자기장들에 상반된 방향으로 응답하도록 상기 두 개의 자기장 감지 소자들이 연결된 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0100] 상기 두 개의 자기장 감지 소자들의 상기 페이지 2 배치에서, 상술한 페이지 1 배치와 동일한 상기 기준장 전도체가 전류(IREF)를 전송한다. 전류(IREF)는 상기 두 개의 자기장 감지 소자들에서 상반된 방향으로 자기장들을 생성한다. 상기 기준장 감지 구성의 상기 두 개의 자기장 감지 소자들이 자기장들에 상반되는 감도들을 가지기 때문에, 전류(IREF)가 존재하면, 0이 아닌 출력 신호, 즉 상기 기준 자기장 응답 신호가 상기 두 개의 자기장 감지 소자들에 의해 생성된다. 상기 페이지 2 배치에서, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들은 상기 기준장 전도체에 의해 생성된 자기장에 응답하나, 측정(외부) 자기장에 응답하지 않는다.
- [0101] 페이지 3 배치에서, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들은 다시 상기 측정장 감지 구성으로 연결된다. 다만, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들은 상기 페이지 1 배치에서 도시된 것과 반대되는 극성을 가지도록 연결된다. 상기 반대되는 극성은, 예를 들어 도 3 내지 도 3c를 참조하여 상기 두 개의 자기장 감지 소자들의 상술한 초핑의 일부를 나타낼 수 있다.
- [0102] 상기 홀 소자들 내의 서로 다른 화살표 방향들은 상기 개별적인 홀 소자들의 선택된 두 개의 단자들로의 구동 신호들(미도시)의 서로 다른 연결들을 나타낸다. 종래의 홀 소자들은 4-단자 장치들로서, 상기 단자들의 두 개는 구동 전류를 전송하도록 연결되고, 나머지 두 개의 단자들은 차동 출력 신호를 제공한다. 상기 네 개의 단자들이 적어도 네 개의 서로 다른 구성들로 연결될 수 있는 것을 이해할 수 있을 것이다. 개별적인 홀 소자가 2 이상의 이러한 서로 다른 구성들로 연결되고, 2 이상의 서로 다른 구성들로부터의 출력 신호들이 산술적으로 처리(예를 들어, 합산 또는 평균화)되는 경우, 산술적으로 처리된 신호는 상기 서로 다른 구성들 중 임의의 하나에서의 출력 신호보다 작은 오프셋 전압을 가질 것이다. 이러한 서로 다른 구성들과 연관된 출력 신호들의 합산 또는 평균화는 상술한 "초핑(chopping)"에 상응한다.
- [0103] 도 7의 배치, 특히, 페이지 1 및 페이지 3의 상기 두 개의 측정장 구성들은 상기 두 개의 홀 소자들의 2x 초핑을 나타낸다. 본질적으로, 서로 다른 시점에 생성되는 상기 측정 자기장 응답 신호 부분들은 오프셋 전압을 감소시키도록 산술적으로 처리될 수 있다.
- [0104] 상기 두 개의 자기장 감지 소자들의 상기 페이지 3 배치에서, 상기 페이지 1 및 페이지 2 배치들과 동일한 상기 기준장 전도체가 전류를 전송하지 않는다. 그러나, 다른 실시예에서, 상기 기준장 전도체는 전류를 전송할 수 있다. 상기 페이지 1 배치에서와 동일하게, 상기 페이지 3 배치에서, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들은 합쳐져서 기준장 전도체에 의해 전송되는 전류에 의해 생성된 자기장에 응답하지 않으나, 외부 자기장에 응답한다.
- [0105] 페이지 4 배치에서, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들은 다시 상기 기준장 감지 구성으로 연결된다.
- [0106] 상기 두 개의 자기장 감지 소자들의 상기 페이지 4 배치에서, 상기 페이지 1, 페이지 2 및 페이지 3 배치들과 동일한 상기 기준장 전도체가 상기 페이지 2 배치에서 도시된 것과 상반된 방향으로 전류(IREF)를 전송한다. 상기 페이지 2 배치에서와 동일하게, 상기 페이지 4 배치에서, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들은 합쳐져서 전류(IREF)에 의해 생성된 자기장에 응답하나, 외부 자기장에 응답하지 않는다.
- [0107] 동일한 두 개의 자기장 감지 소자들로부터 출력되나, 다만 서로 다른 시점에 출력되는 상기 측정 자기장 응답 신호 및 상기 기준 자기장 응답 신호는 여기에서 포괄하여 자기장들에 응답하는 "자기장 신호(magnetic field signal)"로 불린다.
- [0108] 상기 두 개의 자기장 감지 소자들, 예를 들어 도 7의 상기 두 개의 자기장 감지 소자들의 연결들이 번갈아 교번되므로, 상기 자기장 신호는 상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때 측정된 자기장에 응답하여 생성된 상기 측정 자기장 응답 신호 부분들, 및 상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때 기준 자기장에 응답하여 생성된 기준 자기장 응답 신호 부분들을 모두 가지는 것이 첨부된 도면들로부터 명백하게 될 것이다. 보다 상세히 후술되는 바와 같이, 상기 측정장 감지 구성과 상기 기준장 감지 구성이 시분할 멀티플렉싱을 이용하여 번갈아 교번하여 발생하므로, 상기 측정 자기장 응답 신호 부분들은 보다 상세히 후술되는 방식으로 상기 기준 자기장 응답 신호 부분들로부터 분리될 수 있다.

- [0109] 도 8을 참조하면, 그래프(100)는 시간 단위를 임의의 단위로 가지는 수평축 및 전압의 단위를 임의의 단위로 가지는 수직축을 포함한다. 자기장 신호(102)는, 예를 들어 도 7을 참조하여 네 개의 페이지들 동안 두 개의 자기장 감지 소자들에 의해 생성된 자기장 신호를 나타낼 수 있다.
- [0110] 그래프(100)에는 네 개의 시간 구간들(t_0-t_1 , t_1-t_2 , t_2-t_3 , t_3-t_4)이 도시되어 있다. 시간 구간들(t_0-t_1 , t_1-t_2 , t_2-t_3 , t_3-t_4)은 도 7의 페이지 1, 페이지 2, 페이지 3 및 페이지 4에 각각 상응한다. 자기장 신호(102)는, 도 7의 상기 두 개의 자기장 감지 소자들에 의해 상기 네 개의 페이지들, 즉 페이지 1, 페이지 2, 페이지 3 및 페이지 4 동안에 각각 생성된 측정 자기장 응답 신호 부분(102a), 기준 자기장 응답 신호 부분(102b), 측정 자기장 응답 신호 부분(102c), 및 기준 자기장 응답 신호 부분(102d)을 포함한다.
- [0111] 두 개의 측정 자기장 응답 신호 부분들(102a, 102c)은 상기 두 개의 자기장 감지 소자들에 의해 감지될 수 있는 외부 자기장의 크기를 나타내는 크기를 가지고, 구동 신호들의 서로 다른 연결에 기인하여 페이지 1에서 하나의 방향으로 크기가 측정되고 페이지 3에서 다른 방향으로 크기가 측정된다.
- [0112] 두 개의 기준 자기장 응답 신호 부분들(102b, 102d)은 도 6의 기준장 전도체를 흐르는 전류(IREF)에 의해 생성될 수 있는 (상반된 방향들의 두 개의 기준 자기장 부분들을 가지는) 기준 자기장의 크기를 나타내는 크기를 가지고, 페이지 2에서 하나의 방향으로 크기가 측정되고 페이지 4에서 다른 방향으로 크기가 측정된다.
- [0113] 자기장 신호(102)는 오프셋 전압(104)을 가진다. 따라서, 두 개의 측정 자기장 응답 신호 부분들(102a, 102c)은 오프셋 전압(104)을 중심으로 가지는 크기들을 가질 수 있다. 이와 유사하게, 기준 자기장 응답 신호 부분들(102b, 102d)이 오프셋 전압(104)을 중심으로 가지는 크기들을 가질 수 있다.
- [0114] 오프셋 전압(104)이 원치 않는 전압인 것을 이해할 수 있을 것이다. 보다 상세히 후술되는 바와 같이, 오프셋 전압(104)이 제거될 수 있다.
- [0115] 도 9를 참조하면, 도 8과 유사한 구성요소들에는 유사한 참조번호가 부여되어 있고, 그래프(120)는 도 8에 도시된 것과 동일한 수평축 및 수직축을 가진다. 한편, 여기서 도시된 바와 같이, 두 개의 측정 자기장 응답 신호 부분들(102a, 102c)만이 시분할 멀티플렉싱 방식에 의해 도 8의 자기장 신호(102)로부터 분리되어 생성될 수 있다.
- [0116] 도 10을 참조하면, 도 8과 유사한 구성요소들에는 유사한 참조번호가 부여되어 있고, 그래프(140)는 도 8에 도시된 것과 동일한 수평축 및 수직축을 가진다. 한편, 여기서 도시된 바와 같이, 두 개의 기준 자기장 응답 신호 부분들(102b, 102d)만이 시분할 멀티플렉싱 방식에 의해 도 8의 자기장 신호(102)로부터 분리되어 생성될 수 있다.
- [0117] 도 11을 참조하면, 두 개의 자기장 감지 소자들이 여덟 개의 서로 다른 페이지 배치들, 즉 서로 다른 상기 자기장 감지 소자들의 연결들 및 전도체에 흐르는 전류의 방향들로 도시되어 있다. 도 6 및 도 7의 배치들과 유사하게, 페이지들, 즉 페이지 1, 페이지 2, 페이지 3, 페이지 4, 페이지 5, 페이지 6, 페이지 7 및 페이지 8에서, 상기 자기장 감지 소자들이 (측정 시간 구간들 동안) 상기 측정장 감지 구성으로 또한 (기준 시간 구간들 동안) 상기 기준장 감지 구성(각 구성에 연관된 4x 초핑 배치)으로 번갈아 교번하여 연결된다. 여기서, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들의 매 두 개의 페이지들마다 전류의 방향이 교번하는 것이 도시되어 있다.
- [0118] 또한, 페이지 1, 페이지 3, 페이지 5 및 페이지 7의 상기 측정장 감지 구성들에서, 상기 전도체에 흐르는 전류는 턴-오프될 수 있고, 이는 점선들로 표시되어 있다.
- [0119] 페이지 1, 페이지 3, 페이지 5 및 페이지 7의 상기 측정장 감지 구성들 각각은, 상기 두 개의 자기장 감지 소자들 내의 서로 다른 방향의 화살표로 표시된 바와 같이, 구동 신호들(미도시)의 서로 다른 연결들(즉, 네 개의 서로 다른 연결들)을 가진다. 상기 네 개의 서로 다른 연결들에 따라, 도 11에 도시된 배치가 4x 초핑 배치이고, 이러한 네 개의 서로 다른 페이지들에서의 출력 신호들이 측정장 구성들일 때의 오프셋 전압을 감소시키기 위하여 합산되거나, 이와 달리 평균화될 수 있는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0120] 도 12를 참조하면, 자기장 센서(200)는 여기서 도전성 기준장 코일들로 도시된 두 개의 기준장 전도체들(206a, 206b)을 포함하고, 상기 두 개의 기준장 코일들을 흐르는 전류에 응답하여 상반된 방향들로 자기장들을 생성하도록 상기 기준장 코일들은 상반된 방향으로 감길 수 있다. 두 개의 기준장 전도체들(206a, 206b)은 직렬로 연결되고, 스위칭 회로(204)에 의해 전류(202)를 수신하도록 연결된다. 제어 신호(204a)에 응답하여, 스위칭 회로(204)는 두 개의 기준장 전도체들(206a, 206b)을 흐르는 전류(202)의 방향을 주기적으로 뒤바꾸도록 동작할 수 있다.

- [0121] 자기장 센서(200)는 또한 여기서 두 개의 홀 소자들로 도시된 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)을 포함한다. 상기 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)은 스위칭 회로(212) 내에 연결된다. 두 개의 홀 소자들(208, 210)이 도시되어 있으나, 다른 실시예에서, 유사한 회로들 및 기능들이 2 이상의 자기저항 소자들로 달성될 수 있다.
- [0122] 제어 신호(212a)에 응답하여, 스위칭 회로(212)는 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)을, 도 6, 도 7 및 도 11을 참조하여 상술한 바와 같이, 상기 측정장 감지 구성 및 상기 기준장 감지 구성으로 번갈아 교번하여 연결할 수 있다. 이러한 교번하는 스위칭은 도 6에 도시된 바와 같이 상기 측정장 감지 구성일 때 초핑이 없거나, 도 7에 도시된 바와 같이 상기 측정장 감지 구성일 때 2x 초핑을 가지거나, 도 11에 도시된 바와 같이 상기 측정장 감지 구성일 때 4x 초핑을 가지거나, 또는 다른 초핑 배치들을 가질 수 있다.
- [0123] 차동 자기장 신호일 수 있는 자기장 신호는 참조번호 A로 표시되어 있다. 상술한 바와 같이, 자기장 신호(A)는 상기 측정장 감지 구성으로 연결되었을 때 측정 자기장에 응답하여 생성된 (또한 기준 자기장과 실질적으로 무관한) 측정 자기장 응답 신호 부분, 및 상기 기준장 감지 구성으로 연결되었을 때 기준 자기장에 응답하여 생성된 (또한 측정 자기장과 실질적으로 무관한) 기준 자기장 응답 신호 부분을 포함할 수 있다. 상기 두 개의 신호 부분들은, 예를 들어 도 6, 도 7 및 도 11을 참조하여 상술한 바와 같이, 주기적으로 교번하여 생성된다.
- [0124] 스위칭 회로(214)는 상기 차동 신호, 즉 자기장 신호(A)를 수신하도록 연결되고, 참조번호 B로 표시되고 차동 신호로 도시된 스위칭된 신호를 생성하도록 구성된다. 스위칭 회로(214)는 스위칭 회로(212)와 조합되어 두 개의 홀 소자들(208, 210)의 풀-초핑(full-chopping)을 제공하고, 스위칭 회로들(214, 212)이 도 3의 스위치들(80a-80d, 76a-76d)에 각각 유사할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 다만, 2x 초핑을 나타내는 도 3 내지 도 3c의 배치와 달리, 도 12의 스위칭 회로들(212, 214)은 예를 들어 도 11에 도시된 4x 초핑을 나타낼 수 있다.
- [0125] 스위칭 회로(214)는 제어 신호(214a)를 수신하도록 연결된다. 증폭기(216)는 스위칭된 신호(B)를 수신하도록 연결되고, 참조번호 C로 표시되고 차동 신호로 도시된 증폭된 신호를 생성하도록 구성된다.
- [0126] 제1 회로 채널, 즉 측정장 감지 채널의 일부에서, 스위칭 회로(218)는 차동 신호(C)를 수신하도록 연결되고, 참조번호 D로 표시되고 차동 신호로 도시된 스위칭된 신호를 생성하도록 구성된다.
- [0127] 상기 제1 회로 채널의 다른 일부에서, 필터 회로(220)는 차동 신호(D)를 수신하도록 연결되고, 다른 필터 회로(222)에 의해 수신되는 필터링된 신호를 생성하도록 구성된다. 필터 회로(222)는 참조번호 F로 표시되고 차동 신호로 도시된 출력 신호를 생성하도록 구성될 수 있다. 출력 신호(F)는 상술한 측정 자기장 응답 신호일 수 있다.
- [0128] 제2 회로 채널, 즉 기준장 감지 채널의 일부에서, 스위칭 회로(224)는 차동 신호(C)를 수신하도록 연결되고, 참조번호 E로 표시되고 차동 신호로 도시된 스위칭된 신호를 생성하도록 구성된다.
- [0129] 상기 제2 회로 채널의 다른 일부에서, 필터 회로(226)는 차동 신호(E)를 수신하도록 연결되고, 다른 필터 회로(228)에 의해 수신되는 필터링된 신호를 생성하도록 구성된다. 필터 회로(228)는 참조번호 G로 표시되고 차동 신호로 도시된 출력 신호를 생성하도록 구성될 수 있다. 출력 신호(G)는 상술한 기준 자기장 응답 신호일 수 있다.
- [0130] 출력 신호들(F 및 G), 즉 상기 측정 자기장 응답 신호 부분 및 상기 기준 자기장 응답 신호 부분은 반복적 및 주기적으로 번갈아 발생할 수 있다.
- [0131] 자기장 센서(200)는 또한, 출력 신호(G), 즉 상기 기준 자기장 응답 신호를 수신하도록 연결되고, 기준 신호(VREF)를 수신하도록 연결되며, 에러 신호(219a)를 생성하도록 구성된 증폭기(219)를 더욱 포함할 수 있다. 바이어스 회로는 에러 신호(219a)를 수신하고, 바이어스 신호들(230a, 230b)을 생성하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 바이어스 신호들(230a, 230b)은 전류 신호들일 수 있고, 스위칭 회로(212)에 의해 두 개의 홀 소자들(208, 210) 각각의 두 개의 단자들에 홀러 구동(drive)할 수 있다.
- [0132] 동작에 있어서, 에러 신호(219a)는 바이어스 신호들(230a, 230b)의 크기를 제어한다. 출력 신호(G)가 기준 신호(VREF)와 비교하여 너무 큰 경우 바이어스 신호들(230a, 230b)이 감소될 수 있다. 따라서, 자기장 센서(200)의 유효한 게인(gain) 또는 감도(sensitivity)가 기준 전압(VREF)과 비교하여 제어된다.
- [0133] 일부 다른 실시예들에서, 에러 신호(219a)는 증폭기(216)의 게인을 대신하여 제어한다.
- [0134] 일부 또 다른 실시예들에서, 증폭기(219)가 사용되지 않고, 출력 신호(G)가 다른 프로세서(미도시)에 의해 수신

되어 출력 신호(F)에 관련된 신호의 크기를 조절하도록 이용될 수 있다.

- [0135] 자기장 센서(200)의 상세한 동작이 도 13 내지 도 14를 참조하여 후술된다. 구체적으로, 도 13은 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 측정장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때의 자기장 센서(200)를 도시한다. 이와 유사하게, 도 19는 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)이, 예를 들어 도 7의 상기 기준장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때의 자기장 센서(200)를 도시한다.
- [0136] 도 13을 참조하면, 도 12와 유사한 구성요소들에는 유사한 참조번호가 부여되어 있고, 측정 자기장 응답 신호(F)를 생성하는 상기 제1 채널만을 가지는 도 12의 자기장 센서(200)의 일부(300)가 도시되어 있다.
- [0137] 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 측정장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때, 스위칭 회로(204)는 임의의 구성으로 연결될 수 있다. 여기서 스위칭 회로(204)가 스위칭을 하지 않는 것으로 도시되어 있고, 이는 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)이 스위칭 회로(212)에 의해 상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때마다 스위칭 회로(204)가 전송로(pass-through)인 것을 의미한다.
- [0138] 또한, 상기 측정장 감지 구성일 때, 두 개의 기준장 코일들(206a, 206b)에 흐르는 전류(202)는 0으로 설정될 수 있다. 상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때, 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)이 합쳐져서 동일한 방향의 자기장에 응답하고, 두 개의 기준장 코일들(206a, 206b)에 의해 상반된 방향들로 생성될 수 있는 자기장들에 응답하지 않는 것을 상술한 기재로부터 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 전류(202)는 전력 소모를 감소시키도록 0으로 설정될 수 있다.
- [0139] 스위칭 회로(214) 내부의 스위칭 표시(switching symbol)에 의해 스위칭 회로(214)가 스위칭하는 것으로 표시되어 있고, 이는, 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)이 스위칭 회로(212)에 의해 상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때마다, 스위칭 회로(214)가 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)과 증폭기(216) 사이의 연결을 뒤바꾸는 것을 의미한다. 이에 따라, 자기장 신호(A)의 성분들이 주파수 쉬프트(frequency shift)될 수 있고, 이는 후술된다.
- [0140] 스위칭 회로(218) 내부의 스위칭 표시에 의해 스위칭 회로(218) 또한 스위칭하는 것으로 표시되어 있고, 이 역시, 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)이 스위칭 회로(212)에 의해 상기 측정장 감지 구성으로 연결될 때마다, 스위칭 회로(218)가 증폭기(216)와 필터 회로(220) 사이의 연결을 뒤바꾸는 것을 의미한다. 이에 따라, 증폭된 신호(C)의 성분들이 주파수 쉬프트될 수 있고, 이는 후술된다.
- [0141] 도시된 바와 같이, 제어 신호들(214a, 218a)에 의해 각각의 스위칭 회로들(214, 218)이 fck의 스위칭율(switching rate)로 스위칭한다. 이와 달리, 스위칭 회로(212)는 2fck의 스위칭율로 스위칭하고, 이는 스위칭 회로(212)가 제어 신호(212a)의 매 두 개의 클록 사이클들마다 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)을 상기 측정장 감지 구성으로 연결하는 것을 의미한다.
- [0142] 도 14 내지 도 18은 일반 구성 동작 모드로 반복적 및 주기적으로 연결된 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)을 가지는 자기장 센서(200)의 일부(300) 내에서 발생하는 신호들(A, B, C, D 및 F)의 주파수 도메인 그래프들을 도시한다. 구체적으로, 도 14 내지 도 18은 측정장 감지 구성 동작 모드에 대한 도 11의 상기 4x 초핑을 나타낸다.
- [0143] 도 14를 참조하면, 그래프(320)는 임의의 주파수의 단위를 가지는 수평축 및 임의의 크기의 단위를 가지는 수직축을 가진다. 그래프(320)는 정지된, 즉 변화되지 않는 자기장이 존재할 때의 세 개의 스펙트럼 라인들을 포함한다. 상기 자기장은 감지된 또는 외부의 자기장이다.
- [0144] 그래프(320)는, 도 13의 자기장 센서 일부(300)에 연관된 자기장 신호(A), 즉 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 측정장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때의 자기장 신호(A)를 나타낸다.
- [0145] 제1 스펙트럼 라인(왼쪽)은 DC에서 발생하고, 외부 또는 감지된 자기장의 크기(Bext)와 도 13의 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)에 의해 생성되는 (초핑 후의) 원치 않는 잔여 오프셋 전압의 합에 상응하는 크기를 가진다.
- [0146] 제2 스펙트럼 라인은 fck/2의 주파수에서 상술한 4X 초핑으로부터 유발된다.
- [0147] 제3 스펙트럼 라인은 fck의 주파수에서 상술한 4X 초핑으로부터 유발된다.
- [0148] 도 15를 참조하면, 그래프(330)는 임의의 주파수의 단위를 가지는 수평축 및 임의의 크기의 단위를 가지는 수직축을 가진다. 그래프(330)는 정지된, 즉 변화되지 않는 자기장이 존재할 때의 세 개의 스펙트럼 라인들을 포함

한다. 상기 자기장은 감지된 또는 외부의 자기장이다.

- [0149] 그래프(330)는 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 측정장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때의 도 13의 자기장 센서 일부(300)에 연관된 자기장 신호(B)를 나타낸다.
- [0150] 도시된 바와 같이, 도 12 및 도 13의 스위칭 회로(214)의 동작에 의해 주파수들이 쉬프트된다.
- [0151] 제1 스펙트럼 라인(왼쪽)은 DC에서 발생하고, 도 14의 상기 제3 스펙트럼 라인의 크기에 상응하는 크기를 가진다.
- [0152] 제2 스펙트럼 라인은 $f_{ck}/2$ 의 주파수에서 발생하고, 도 14의 상기 제2 스펙트럼 라인의 크기에 상응하는 크기를 가진다.
- [0153] 제3 스펙트럼 라인은 f_{ck} 의 주파수에서 발생하고, 도 14의 상기 제1 스펙트럼 라인의 크기, 즉 상기 외부 또는 감지된 자기장의 크기(Bext)와 도 13의 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)에 의해 생성되는 (초핑 후의) 상기 원치 않는 잔여 오프셋 전압의 합에 상응하는 크기를 가진다.
- [0154] 도 16을 참조하면, 그래프(340)는 임의의 주파수의 단위를 가지는 수평축 및 임의의 크기의 단위를 가지는 수직축을 가진다. 그래프(340)는 정지된, 즉 변화되지 않는 자기장이 존재할 때의 세 개의 스펙트럼 라인들을 포함한다. 상기 자기장은 감지된 또는 외부의 자기장이다.
- [0155] 그래프(340)는 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 측정장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때의 도 13의 자기장 센서 일부(300)에 연관된 자기장 신호(C)를 나타낸다.
- [0156] 도시된 바와 같이, 증폭기(216)는 DC에 존재하는 도 15의 상기 제1 스펙트럼 라인에 오프셋 성분(AmpOff)을 부가한다. 또는, 도 16의 세 개의 스펙트럼 라인들은 도 15의 그것들과 동일하나, 증폭기(216)의 계인에 따라 스케일링될 수 있다.
- [0157] 도 17을 참조하면, 그래프(350)는 임의의 주파수의 단위를 가지는 수평축 및 임의의 크기의 단위를 가지는 수직축을 가진다. 그래프(350)는 정지된, 즉 변화되지 않는 자기장이 존재할 때의 세 개의 스펙트럼 라인들을 포함한다. 상기 자기장은 감지된 또는 외부의 자기장이다.
- [0158] 그래프(350)는 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 측정장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때의 도 13의 자기장 센서 일부(300)에 연관된 자기장 신호(D)를 나타낸다.
- [0159] 도시된 바와 같이, 도 12 및 도 13의 스위칭 회로(218)의 동작에 의해 주파수들이 쉬프트된다.
- [0160] 제1 스펙트럼 라인(왼쪽)은 DC에서 발생하고, 도 16의 상기 제3 스펙트럼 라인의 크기, 즉 상기 외부 또는 감지된 자기장의 크기(Bext)와 도 13의 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)에 의해 생성되는 (초핑 후의) 상기 원치 않는 잔여 오프셋 전압의 합에 상응하는 크기를 가진다.
- [0161] 제2 스펙트럼 라인은 $f_{ck}/2$ 의 주파수에서 발생하고, 도 16의 상기 제2 스펙트럼 라인의 크기에 상응하는 크기를 가진다.
- [0162] 제3 스펙트럼 라인은 f_{ck} 의 주파수에서 발생하고, 도 16의 상기 제1 스펙트럼 라인의 크기에 상응하는 크기를 가진다.
- [0163] 도 18을 참조하면, 그래프(360)는 임의의 주파수의 단위를 가지는 수평축 및 임의의 크기의 단위를 가지는 수직축을 가진다. 그래프(360)는 정지된, 즉 변화되지 않는 자기장이 존재할 때의 세 개의 스펙트럼 라인들을 포함한다. 상기 자기장은 감지된 또는 외부의 자기장이다.
- [0164] 그래프(360)는 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 측정장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때의 도 13의 자기장 센서 일부(300)에 연관된 자기장 신호(F)를 나타낸다.
- [0165] 도시된 바와 같이, 도 12 및 도 13의 필터 회로들(220, 222)의 동작에 의해 도 17의 일부 스펙트럼 성분들이 제거되어, 상기 외부 또는 감지된 자기장의 크기(Bext)와 도 13의 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)에 의해 생성되는 (초핑 후의) 상기 원치 않는 잔여 오프셋 전압(ResOff)의 합에 상응하는 크기를 가지는 스펙트럼 라인만이 존재한다. 도 18의 스펙트럼 라인은 상술한 측정 자기장 응답 신호를 나타낸다.
- [0166] 도 19를 참조하면, 도 12와 유사한 구성요소들에는 유사한 참조번호가 부여되어 있고, 기준 자기장 응답 신호(G)를 생성하는 상기 제2 채널만을 가지는 도 12의 자기장 센서(200)의 일부(400)가 도시되어 있다.

- [0167] 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 기준장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때, 스위칭 회로(204)는, 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)이 스위칭 회로(212)에 의해 상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때마다, 전류(202)의 방향을 뒤바꾼다.
- [0168] 상기 기준장 감지 구성일 때, 두 개의 기준장 코일들(206a, 206b)에 흐르는 전류(202)는 IREF의 값으로 설정될 수 있다. 상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때, 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)이 합쳐져서 두 개의 기준장 코일들(206a, 206b)에 의해 상반된 방향으로 생성될 수 있는 상반된 방향의 자기장들에 응답하고, 외부 또는 감지된 자기장일 수 있는 동일한 방향의 자기장에 응답하지 않는 것을 상술한 기재로부터 이해할 수 있을 것이다.
- [0169] 스위칭 회로(214)가 스위칭하지 않는 것으로 도시되어 있고, 이는, 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)이 스위칭 회로(212)에 의해 상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때마다, 스위칭 회로(214)가 자기장 신호(A)를 증폭기(216)에 자기장 신호(B)로서 스위칭 없이 단지 전달하는 것을 의미한다. 이에 따라, 자기장 신호(A)의 성분들이 주파수 쉬프트되지 않고, 이는 후술된다.
- [0170] 이와 달리, 스위칭 회로(224) 내부의 스위칭 표시에 의해 스위칭 회로(224) 또한 스위칭하는 것으로 표시되어 있고, 이는, 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)이 스위칭 회로(212)에 의해 상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때마다, 스위칭 회로(224)가 증폭기(216)와 필터 회로(226) 사이의 연결을 뒤바꾸는 것을 의미한다. 이에 따라, 증폭된 신호(C)의 성분들이 주파수 쉬프트될 수 있고, 이는 후술된다.
- [0171] 도시된 바와 같이, 제어 신호들(204a, 224a)에 의해 각각의 스위칭 회로들(204, 224)이 fck의 스위칭율로 스위칭한다. 이와 달리, 스위칭 회로(212)는 2fck의 스위칭율로 스위칭하고, 이는 스위칭 회로(212)가 제어 신호(212a)의 매 두 개의 클록 사이클들마다 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)을 상기 기준장 감지 구성으로 연결하고, 매 두 개의 클록 사이클들 사이의 클록 사이클들마다 상기 측정장 감지 구성으로 연결하는 것을 의미한다.
- [0172] 도 20 내지 도 24는 기준장 감지 구성 동작 모드로 반복적 및 주기적으로 연결된 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)을 가지는 자기장 센서(200)의 일부(400) 내에서 발생되는 신호들(A, B, C, E 및 G)의 주파수 도메인 그래프들을 도시한다. 구체적으로, 도 20 내지 도 24는 상기 기준장 감지 구성 동작 모드에 대한 도 11의 상기 4x 초평을 나타낸다.
- [0173] 도 20을 참조하면, 그래프(420)는 임의의 주파수의 단위를 가지는 수평축 및 임의의 크기의 단위를 가지는 수직축을 가진다. 그래프(420)는 스위칭 회로(204)의 동작으로 주기적으로 뒤바뀌는 전류(202)에 의해 생성되는 주기적으로 뒤바뀌는 기준 자기장이 존재할 때의 두 개의 스펙트럼 라인들을 포함한다.
- [0174] 그래프(420)는, 도 19의 자기장 센서 일부(400)에 연관된 자기장 신호(A), 즉 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 기준장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때의 자기장 신호(A)를 나타낸다.
- [0175] 제1 스펙트럼 라인(왼쪽)은 DC에서 발생하고, 상기 외부 또는 감지된 자기장에 대한 잔여 감도(ResBext)와 도 19의 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)에 의해 (초평 없이) 생성되는 원치 않는 잔여 오프셋 전압의 합에 상응하는 크기를 가진다.
- [0176] 제2 스펙트럼 라인은 fck의 주파수에서 발생하고, 두 개의 기준장 코일들(206a, 206b)에 의해 생성된 상기 기준 자기장의 크기에 상응하는 크기(Bcal)를 가진다. 이러한 스펙트럼 라인은 스위칭 회로(204)의 스위칭 동작에 의해 이미 fck의 주파수로 쉬프트되어 있다.
- [0177] 도 21을 참조하면, 그래프(430)는 임의의 주파수의 단위를 가지는 수평축 및 임의의 크기의 단위를 가지는 수직축을 가진다. 그래프(430)는 스위칭 회로(204)의 동작으로 주기적으로 뒤바뀌는 전류(202)에 의해 생성되는 주기적으로 뒤바뀌는 기준 자기장이 존재할 때의 두 개의 스펙트럼 라인들을 포함한다.
- [0178] 그래프(430)는 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 기준장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때의 도 19의 자기장 센서 일부(400)에 연관된 자기장 신호(B)를 나타낸다.
- [0179] 두 개의 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 기준장 감지 구성으로 연결될 때, 도 12 및 도 19의 스위칭 회로(214)가 단지 전송로의 역할을 하므로, 그래프(430)는 도 20의 그래프(420)와 동일한 스펙트럼 라인들을 가진다.
- [0180] 도 22를 참조하면, 그래프(440)는 임의의 주파수의 단위를 가지는 수평축 및 임의의 크기의 단위를 가지는 수직

축을 가진다. 그래프(440)는 스위칭 회로(204)의 동작으로 주기적으로 뒤바뀌는 전류(202)에 의해 생성되는 주기적으로 뒤바뀌는 기준 자기장이 존재할 때의 두 개의 스펙트럼 라인들을 포함한다.

[0181] 그래프(440)는 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 기준장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때의 도 19의 자기장 센서 일부(400)에 연관된 자기장 신호(C)를 나타낸다.

[0182] 도시된 바와 같이, 증폭기(216)는 DC에 존재하는 도 21의 상기 스펙트럼 라인에 오프셋 성분(AmpOff)을 추가한다. 또는, 도 22의 두 개의 스펙트럼 라인들은 도 21의 그것들과 동일하나, 증폭기(216)의 게인에 따라 스케일링될 수 있다.

[0183] 도 23을 참조하면, 그래프(450)는 임의의 주파수의 단위를 가지는 수평축 및 임의의 크기의 단위를 가지는 수직축을 가진다. 그래프(450)는 스위칭 회로(204)의 동작으로 주기적으로 뒤바뀌는 전류(202)에 의해 생성되는 주기적으로 뒤바뀌는 기준 자기장이 존재할 때의 두 개의 스펙트럼 라인들을 포함한다.

[0184] 그래프(450)는 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 기준장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때의 도 19의 자기장 센서 일부(400)에 연관된 자기장 신호(E)를 나타낸다.

[0185] 도시된 바와 같이, 도 12 및 도 19의 스위칭 회로(224)의 동작에 의해 주파수들이 쉬프트된다.

[0186] 제1 스펙트럼 라인(왼쪽)은 DC에서 발생하고, 도 22의 제2 스펙트럼 라인의 크기, 즉 두 개의 기준장 코일들(206a, 206b)에 의해 생성된 상기 기준 자기장의 크기에 상응하는 크기(Bcal)를 가진다. 이러한 스펙트럼 라인은 스위칭 회로(224)의 동작에 의해 DC로 쉬프트된 것이다.

[0187] 도 24를 참조하면, 그래프(460)는 임의의 주파수의 단위를 가지는 수평축 및 임의의 크기의 단위를 가지는 수직축을 가진다. 그래프(460)는 하나의 스펙트럼 라인을 포함한다.

[0188] 그래프(460)는 자기장 감지 소자들(208, 210)이 상기 기준장 감지 구성으로 반복적 및 주기적으로 연결될 때의 도 19의 자기장 센서 일부(400)에 연관된 자기장 신호(G)를 나타낸다.

[0189] 도시된 바와 같이, 도 12 및 도 19의 필터 회로들(226, 228)의 동작에 의해 도 23의 일부 스펙트럼 성분들이 제거되어, DC에서 상기 기준 자기장의 크기(Bcal)에 상응하는 크기를 가지는 스펙트럼 라인만이 존재한다. 도 23의 스펙트럼 라인은 상술한 기준 자기장 응답 신호를 나타낸다.

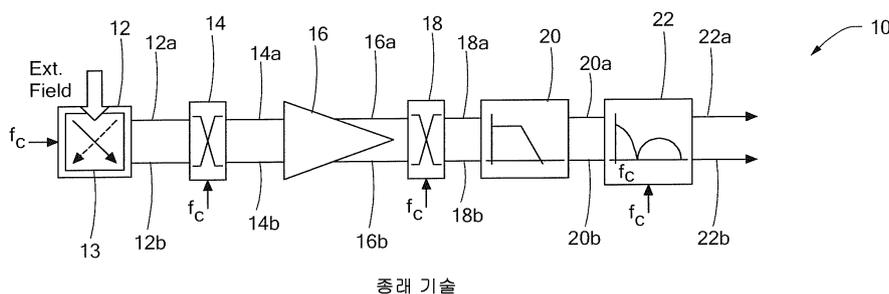
[0190] 여기서, 상기 자기장 센서의 조정(calibration)의 관점에서 회로들 및 기술들에 기재되었으나, 동일한 기술들이 상기 자기장 센서의 셀프-테스트를 제공하도록 이용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 즉, 도 12 및 도 19의 상기 기준 자기장 응답 신호 부분(G)이, 예를 들어 다른 프로세서에 의해 상기 신호가 허용 가능한 한계들 내에 존재하는 지를 확인함으로써, 검사될 수 있다.

[0191] 여기에 인용된 모든 문헌들은 전체로서 여기에 참조로 포함된다.

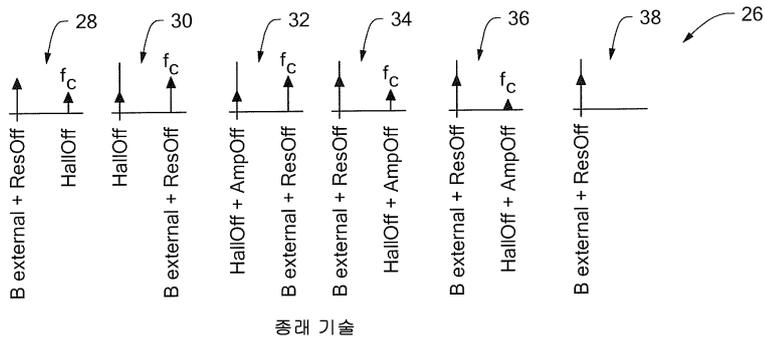
[0192] 바람직한 실시예들에 대하여 상술하였으나, 이들은 본 특허에 대한 다양한 개념들, 구조들 및 기술들을 예시하도록 기재된 것이고, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자들은 이러한 개념들, 구조들 및 기술들을 포함하는 다른 실시예들이 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 이에 따라, 본 특허의 범위는 상술한 실시예들로 한정되지 않고, 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역에 의해서만 한정되어야 할 것이다.

도면

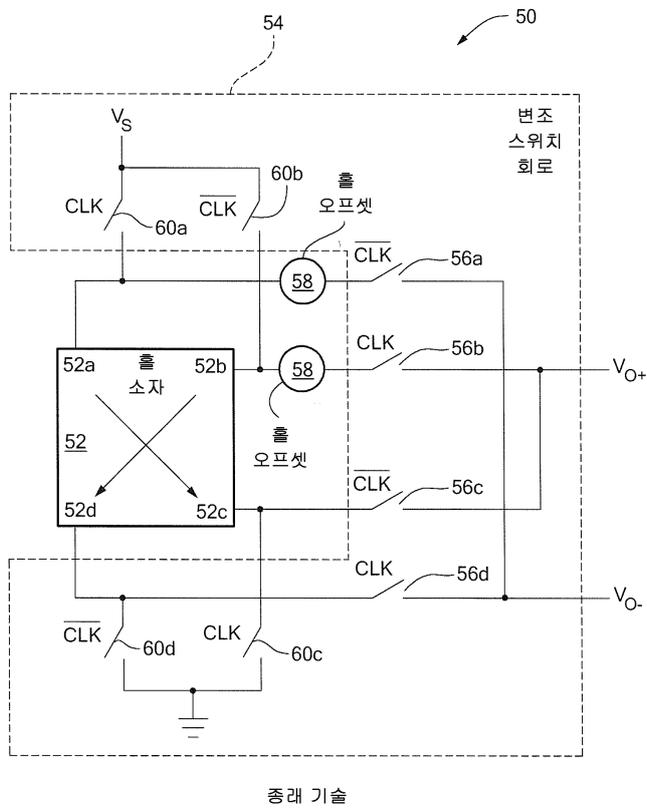
도면1



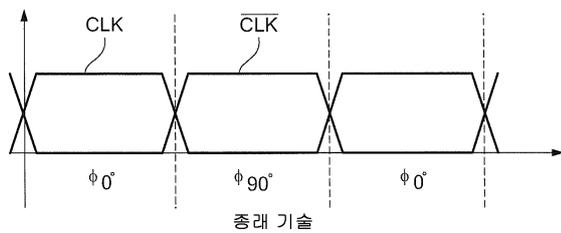
도면1a



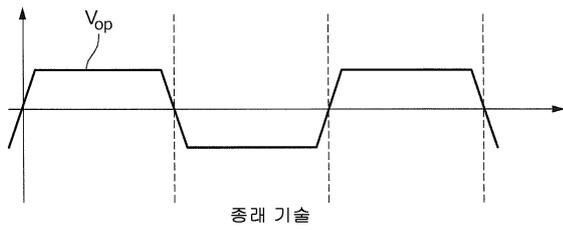
도면2



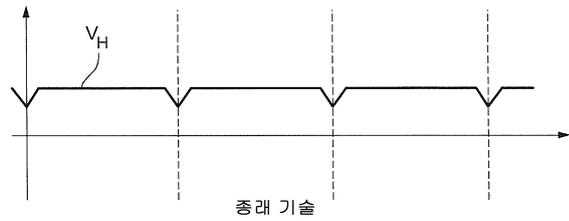
도면2a



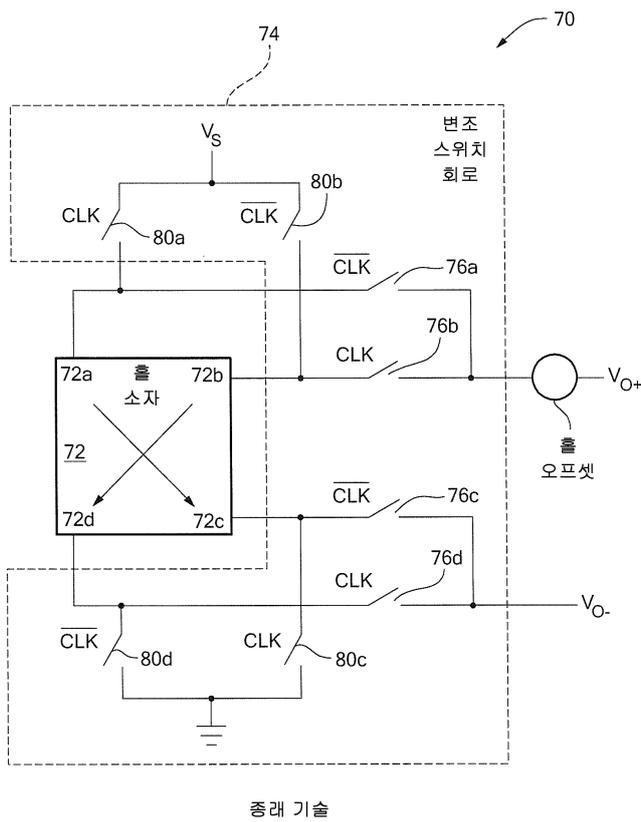
도면2b



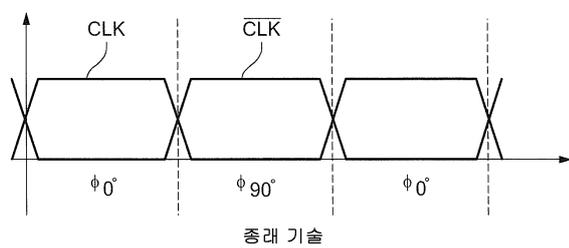
도면2c



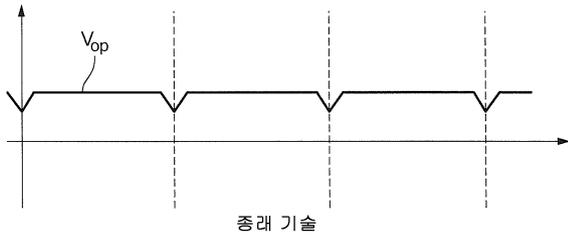
도면3



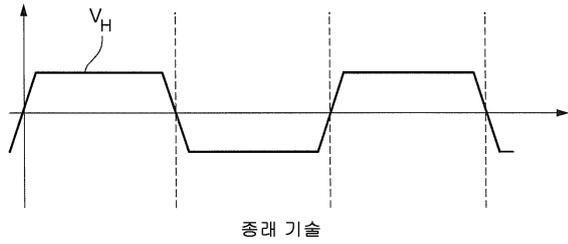
도면3a



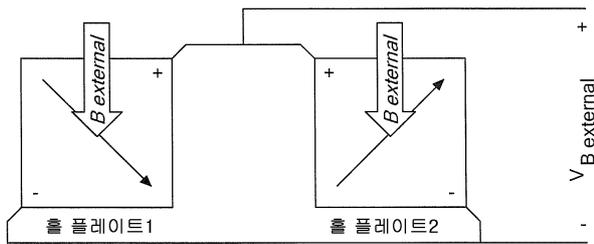
도면3b



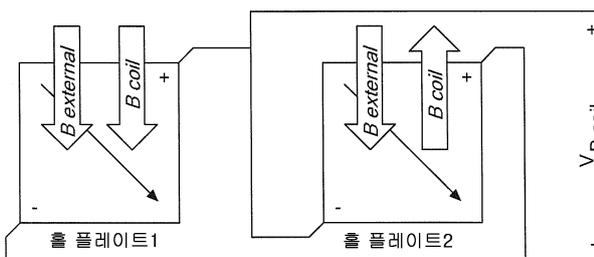
도면3c



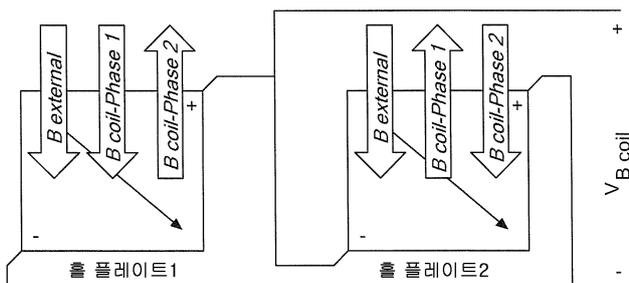
도면4



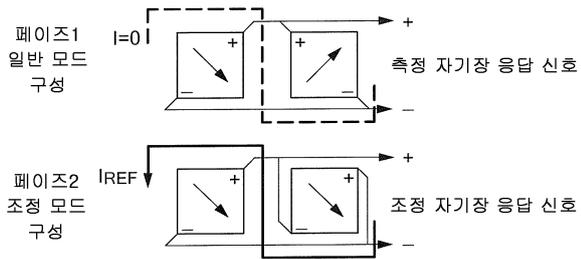
도면5



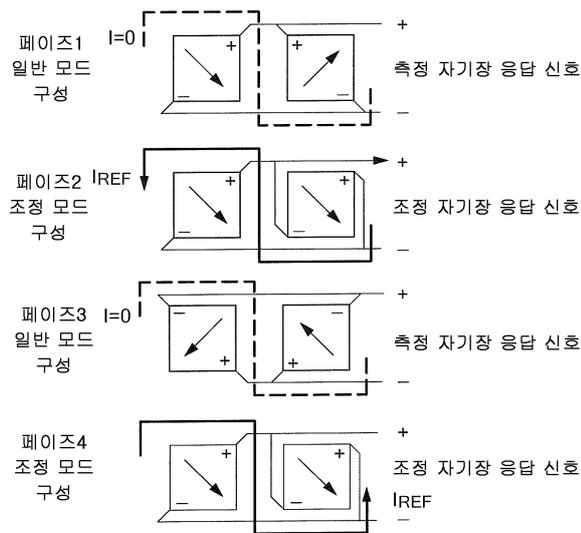
도면5a



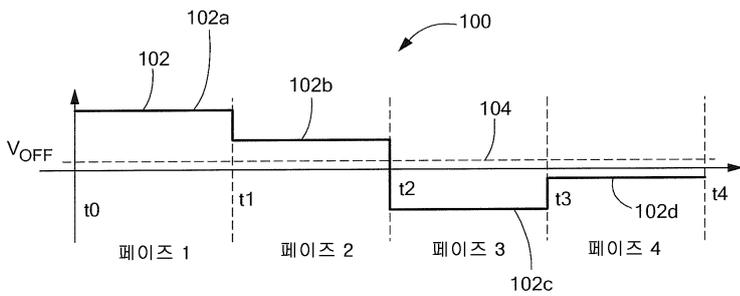
도면6



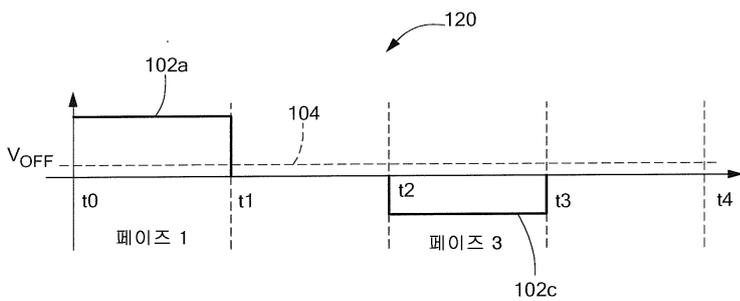
도면7



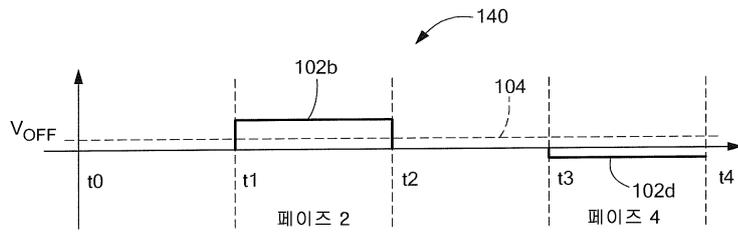
도면8



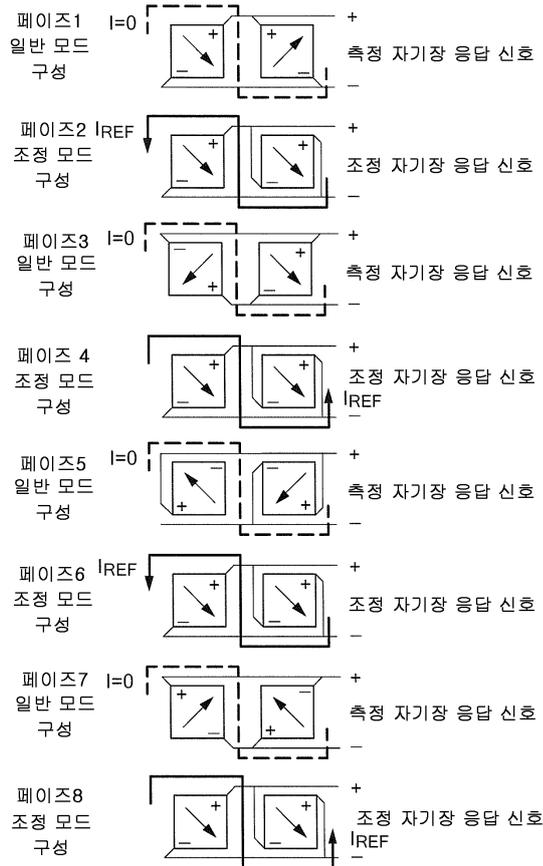
도면9



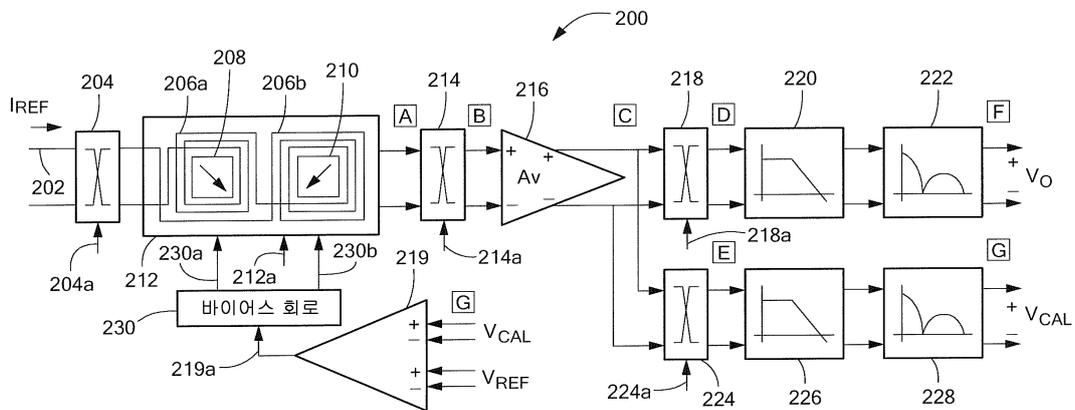
도면10



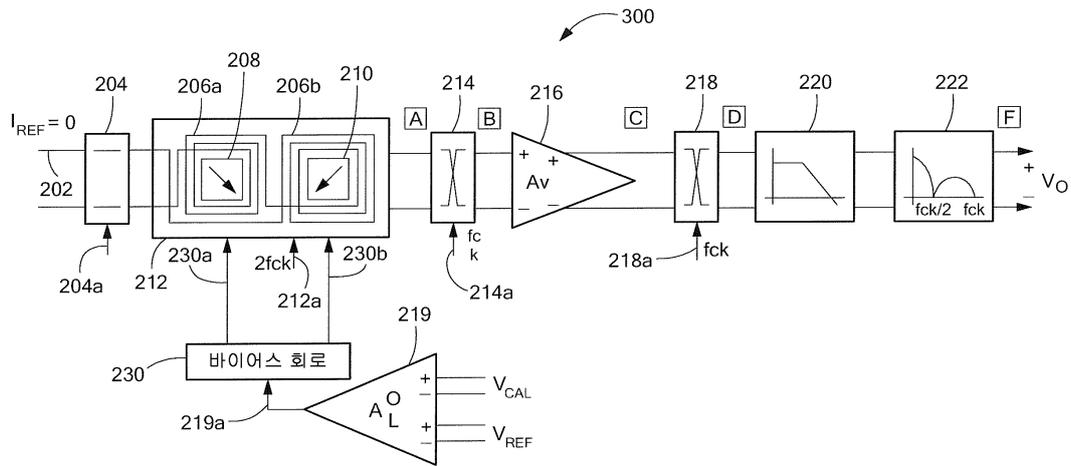
도면11



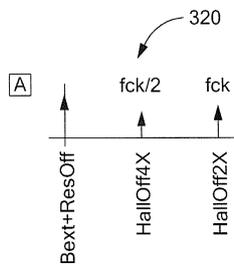
도면12



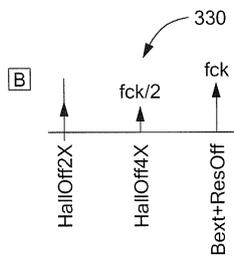
도면13



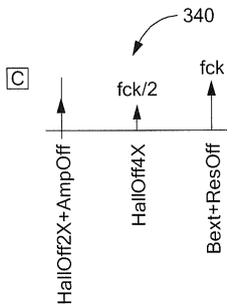
도면14



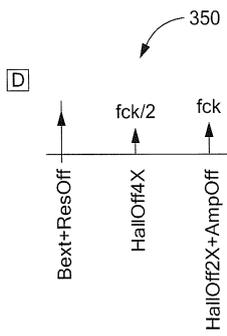
도면15



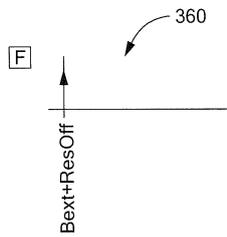
도면16



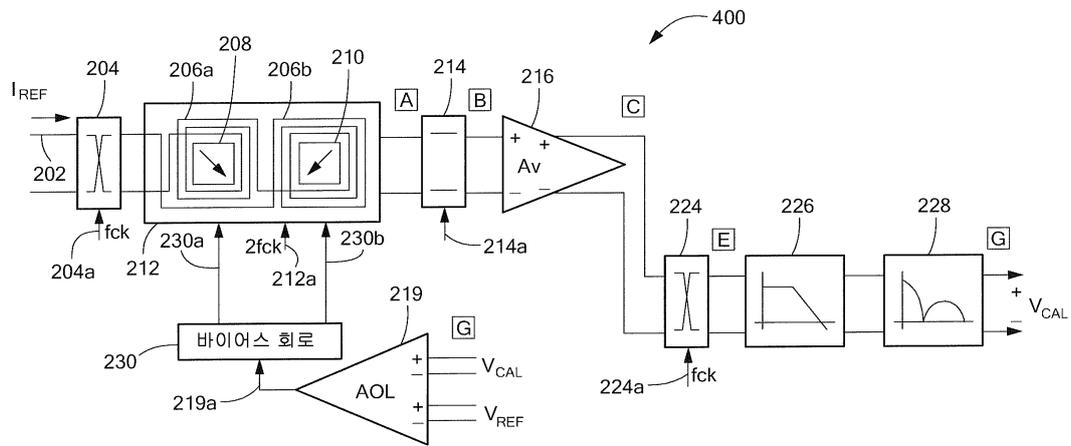
도면17



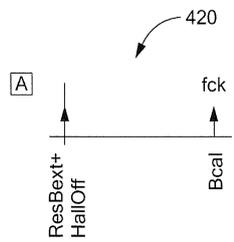
도면18



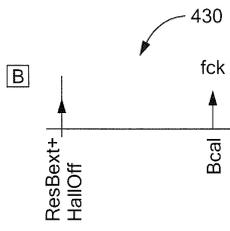
도면19



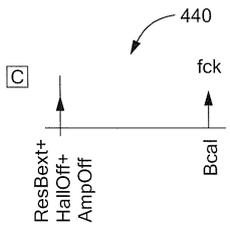
도면20



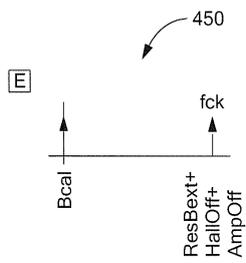
도면21



도면22



도면23



도면24

