(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년09월06일
(11) 등록번호 10-2704207
(24) 등록일자 2024년09월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 33/09 (2006.01) *G01R 15/08* (2006.01)
G01R 15/14 (2006.01) *G01R 15/20* (2006.01)
G01R 33/00 (2006.01) *G01R 33/07* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01R 33/093 (2013.01)
G01R 15/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-7005860
(22) 출원일자(국제) 2019년07월23일
심사청구일자 2022년01월12일
(85) 번역문제출일자 2021년02월25일
(65) 공개번호 10-2021-0044799
(43) 공개일자 2021년04월23일
(86) 국제출원번호 PCT/US2019/042921
(87) 국제공개번호 WO 2020/040921
국제공개일자 2020년02월27일
(30) 우선권주장
15/999,448 2018년08월20일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20170184635 A1*
JP2015503735 A*
*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, 바띠멍 "르 포낭트 디", 뤼 레블랑크 25
(72) 발명자
벨린, 노에미
프랑스 94800 빌레쥐프 뤼 유젠느 바르린 9
밀라노, 숀, 디.
미국 03046 뉴햄프셔주 던바턴 맨션 로드 225
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박영우

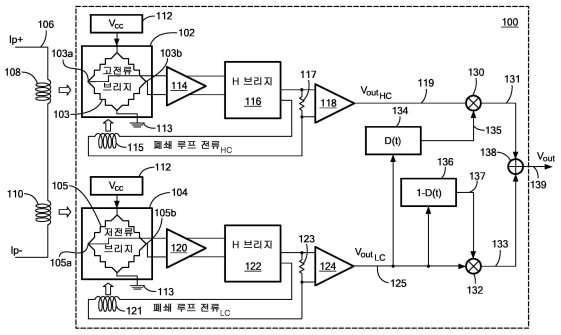
전체 청구항 수 : 총 30 항 심사관 : 정윤석

(54) 발명의 명칭 **다중의 감도 범위들을 가지는 전류 센서**

(57) 요 약

여기에 설명되는 시스템들 및 방법들은 다중의 다른 감도 범위들을 가지는 다중 센서 장치들을 구비하는 자기장 검출에 기초하는 전류 센서를 제공한다. 상기 다중 센서 장치들의 출력들은 단일의 출력 신호를 발생시키도록 결합될 수 있다. 상기 전류 센서는 각기 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 가지는 둘 또는 그 이상의 센서 장치들을 포함할 수 있고, 도체를 통하는 전류들의 다른 범위들에 대응되는 다른 제1 측정 범위들 내의 자기장을 감지하도록 구성되며, 각각의 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 다른 자기장 신호들을 발생시키도록 더 구성된다. 상기 전류 센서는 상기 도체를 통하는 전류에 대응되는 다른 자기장 신호들의 결합을 나타내는 출력 신호를 발생시키도록 구성되는 회로를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01R 15/142 (2013.01)
G01R 15/205 (2013.01)
G01R 15/207 (2013.01)
G01R 33/0017 (2013.01)
G01R 33/07 (2013.01)
G01R 33/096 (2013.01)
G01R 33/098 (2013.01)
(72) 발명자
버싱, 웨이드
미국 03104 뉴햄프셔주 맨체스터 카네기 스트리트 235
페르몬, 클로드
프랑스 91400 오르세이 알레 브왈로 6

명 세 서

청구범위

청구항 1

도체를 통하는 전류에 의해 발생되는 자기장을 감지하기 위한 전류 센서에 있어서,

하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 구비하는 제1 센서 장치를 포함하며, 상기 제1 센서 장치는 상기 도체를 통하는 전류들의 제1 범위에 대응되는 제1 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성되고, 상기 제1 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제1 자기장 신호를 발생시키도록 더 구성되며;

하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 구비하는 제2 센서 장치를 포함하고, 상기 제2 센서 장치는 상기 도체를 통하는 전류들의 제2 범위에 대응되는 제2 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성되고, 상기 제2 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제2 자기장 신호를 발생시키도록 더 구성되며, 상기 제1 센서 장치 및 상기 제2 센서 장치는 형상 이방성 특성, 차폐 특성, 상기 제1 및 제2 센서 장치들의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격 및/또는 스택(stack) 특성 중의 하나 또는 그 이상에서 서로 다르고;

상기 제1 자기장 신호에 반응하고 상기 제2 자기장 신호에 반응하며, 상기 제1 자기장 신호 및 상기 제2 자기장 신호의 결합을 나타내는 출력 신호를 발생시키도록 구성되는 회로를 포함하며, 상기 출력 신호는 상기 도체를 통하는 전류에 대응되고, 상기 회로는,

제1 전류 범위 신호를 발생시키도록 상기 제1 자기장 신호와 포화 계수(saturation coefficient)를 결합시키는 제1 유닛;

제2 전류 범위 신호를 발생시키도록 상기 제2 자기장 신호와 상기 포화 계수의 보완 버전을 결합시키는 제2 유닛; 및

상기 도체를 통하는 전류에 대응되는 상기 출력 신호를 발생시키도록 상기 제1 전류 범위 신호 및 상기 제2 전류 범위 신호를 결합시키는 제3 유닛을 포함하는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 제1 센서 장치는 제1 브리지(bridge)로 배열되는 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들을 포함하며, 상기 제2 센서 장치는 제2 브리지로 배열되는 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들을 포함하는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 제1 브리지의 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격은 상기 제2 브리지의 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격과 다른 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 4

제 2 항에 있어서, 상기 도체는 에지를 가지며, 상기 제1 브리지의 각각의 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 실질적으로 같은 거리에 있고, 상기 제2 브리지의 각각의 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 실질적으로 같은 거리에 있는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 도체는 에지를 가지며, 상기 제1 브리지의 각각의 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 제1 거리에 배치될 수 있고, 상기 제2 브리지의 각각의 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 제2 거리에 배치될 수 있으며, 상기 제2 거리는 상기 제1 거리 보다 큰 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 제1 센서 장치 또는 상기 제2 센서 장치 중의 적어도 하나는 연질의 자성 물질을 구비

하는 차폐층을 더 포함하여, 상기 제1 센서 장치 또는 상기 제2 센서 장치 중의 적어도 하나가 겪는 자기장이 상기 차폐층에 기인하는 인자에 의해 감소되는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 제1 센서 장치 및 상기 제2 센서 장치는 형상 이방성 특성에서 서로 다르며, 상기 제1 센서 장치의 적어도 하나의 자기장 센싱 요소는 제1 폭을 가지고, 상기 제2 센서 장치의 적어도 하나의 자기장 센싱 요소는 상기 제1 폭과 다른 제2 폭을 가지는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 감지되는 전류들의 상기 제1 범위는 감지되는 전류들의 상기 제2 범위 보다 작고, 상기 제1 폭은 상기 제2 폭 보다 큰 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 제1 센서 장치는 제1 포화 한계값을 가지며, 상기 제2 센서 장치는 제2 포화 한계값을 가지는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제1 유닛은 상기 제1 전류 범위 신호를 발생시키기 위해 상기 제1 자기장 신호와 상기 포화 계수를 곱하도록 구성되고;

상기 제2 유닛은 상기 제2 전류 범위 신호를 발생시키기 위해 상기 포화 계수의 보완 버전을 곱하도록 구성되며;

상기 제3 유닛은 상기 도체를 통하는 전류에 대응되는 상기 출력 신호를 발생시키기 위해 상기 제1 전류 범위 신호 및 상기 제2 전류 범위 신호를 더하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 상기 제1 센서 장치의 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들 및 상기 제2 센서 장치의 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들은 하나 또는 그 이상의 자기저항 요소(magnetoresistance element)들을 포함하는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 하나 또는 그 이상의 자기저항 요소들은 거대 자기저항(GMR) 요소, 이방성 자기저항(AMR) 요소, 터널링 자기저항(TMR) 요소 또는 자기 터널 접합(MTJ) 요소 중의 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 13

도체를 통하는 전류에 의해 발생되는 자기장을 감지하기 위한 방법에 있어서,

제1 센서 장치에 의해 상기 도체를 통하는 전류들의 제1 범위에 대응되는 제1 측정 범위 내의 자기장을 감지하는 단계 및 상기 제1 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제1 자기장 신호를 발생시키는 단계를 포함하고;

제2 센서 장치에 의해 상기 도체를 통하는 전류들의 제2 범위에 대응되는 제2 측정 범위 내의 자기장을 감지하는 단계 및 상기 제2 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제2 자기장 신호를 발생시키는 단계를 포함하며, 상기 제1 센서 장치 및 상기 제2 센서 장치는 형상 이방성 특성, 차폐 특성, 상기 제1 및 제2 센서 장치들의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격, 또는 스택 특성 중의 하나 또는 그 이상에서 서로 다르고;

상기 도체를 통하는 전류를 나타내는 출력 신호를 발생시키도록 상기 제1 자기장 신호 및 상기 제2 자기장 신호를 결합하는 단계를 포함하며, 상기 결합하는 단계는,

제1 전류 범위 신호를 발생시키도록 포화 계수를 상기 제1 자기장 신호에 적용하는 단계;

제2 전류 범위 신호를 발생시키도록 상기 포화 계수의 보완 버전을 상기 제2 자기장 신호에 적용하는 단계; 및

상기 도체에 의해 운반되는 전류에 대응되는 상기 출력 신호를 발생시키도록 상기 제1 전류 범위 신호 및 상기 제2 전류 범위 신호를 결합시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 제1 전류 범위 신호를 발생시키도록 상기 포화 계수를 상기 제1 자기장 신호에 적용하는 단계는 상기 제1 자기장 신호와 상기 포화 계수를 곱하는 단계를 포함하고;

상기 제2 전류 범위 신호를 발생시키도록 상기 포화 계수의 보완 버전을 상기 제2 자기장 신호에 적용하는 단계는 상기 제2 자기장 신호와 상기 포화 계수의 보완 버전을 곱하는 단계를 포함하며;

상기 도체에 의해 운반되는 전류에 대응되는 상기 출력 신호를 발생시키도록 상기 제1 전류 범위 신호 및 상기 제2 전류 범위 신호를 결합하는 단계는 상기 제1 전류 범위 신호와 상기 제2 전류 범위 신호를 더하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

제 13 항에 있어서, 상기 제1 센서 장치는 제1 브리지로 배열되는 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들을 포함하고, 상기 제2 센서 장치는 제2 브리지로 배열되는 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격은 상기 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격과 다른 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서, 상기 도체는 에지를 가지며, 상기 제1 브리지의 각각의 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 실질적으로 같은 거리에 있고, 상기 제2 브리지의 각각의 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 실질적으로 같은 거리에 있는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 18

제 15 항에 있어서, 상기 도체는 에지를 가지며, 상기 제1 브리지의 각각의 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 제1 거리에 배치되고, 상기 제2 브리지의 각각의 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 제2 거리에 배치되며, 상기 제2 거리는 상기 제1 거리 보다 큰 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 19

제 13 항에 있어서, 상기 제1 센서 장치 또는 상기 제2 센서 장치 중의 적어도 하나 내에 연질의 자성 물질을 구비하는 차폐층을 형성하는 단계를 더 포함하여, 상기 제1 센서 장치 및 상기 제2 센서 장치가 상기 차폐층에 기인하여 감도에서 서로 다르며, 상기 차폐층은 연질의 자성 물질을 포함하여 상기 제1 센서 장치 또는 상기 제2 센서 장치가 겪는 자기장이 상기 차폐층에 기인하는 인자에 의해 감소되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 20

제 13 항에 있어서, 상기 제1 센서 장치 및 상기 제2 센서 장치는 형상 이방성 특성에서 서로 다르며, 상기 제1 센서 장치의 적어도 하나의 자기장 센싱 요소는 제1 폭을 가지고, 상기 제2 센서 장치의 적어도 하나의 자기장 센싱 요소는 상기 제1 폭과 다른 제2 폭을 가지는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서, 감지되는 전류들의 상기 제1 범위는 감지되는 전류들의 상기 제2 범위 보다 작고, 상기 제1 폭은 상기 제2 폭 보다 큰 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 22

도체를 통하는 전류에 의해 발생되는 자기장을 감지하기 위한 전류 센서에 있어서,

하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 수단들을 구비하고, 상기 도체를 통하는 전류들의 제1 범위에 대응되는 제1 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성되는 제1 감지 수단을 포함하며, 상기 제1 감지 수단은 상기 제1 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제1 자기장 신호를 발생시키도록 구성되고;

하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 수단들을 구비하고, 상기 도체를 통하는 전류들의 제2 범위에 대응되는 제2 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성되는 제2 감지 수단을 포함하며, 상기 제2 감지 수단은 상기 제2 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제2 자기장 신호를 발생시키도록 구성되고, 상기 제1 감지 수단 및 상기 제2 감지 수단은 형상 이방성 특성, 차폐 특성, 상기 제1 감지 수단 및 제2 감지 수단의 자기장 센싱 수단들 사이의 간격, 또는 스택 특성 중의 하나 또는 그 이상에서 서로 다르며;

상기 제1 자기장 신호에 반응하고, 상기 제2 자기장 신호에 반응하여 출력 신호를 발생시키기 위한 수단을 포함하고, 상기 출력 신호는 상기 제1 자기장 신호 및 상기 제2 자기장 신호의 결합을 나타내며, 상기 출력 신호는 상기 도체에 의해 운반되는 전류에 대응되고, 상기 출력 신호를 발생시키기 위한 수단은,

제1 전류 범위 신호를 발생시키기 위해 상기 제1 자기장 신호와 포화 계수를 결합시키도록 구성되는 제1 결합 수단;

제2 전류 범위 신호를 발생시키기 위해 상기 제2 자기장 신호와 상기 포화 계수의 보완 버전을 결합시키도록 구성되는 제2 결합 수단; 및

상기 도체에 의해 운반되는 상기 전류에 대응하는 상기 출력 신호를 발생시키기 위해 상기 제1 전류 범위 신호와 상기 제2 전류 범위 신호를 결합시키도록 구성되는 제3 결합 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 23

제 22 항에 있어서, 상기 제1 감지 수단은 제1 브리지로 배열되는 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들을 포함하며, 상기 제2 감지 수단은 제2 브리지로 배열되는 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들을 포함하는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 24

제 23 항에 있어서, 상기 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격은 상기 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격과 다른 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 25

제 24 항에 있어서, 상기 도체는 에지를 가지며, 상기 제1 브리지의 각각의 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 실질적으로 같은 거리에 있고, 상기 제2 브리지의 각각의 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 실질적으로 같은 거리에 있는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 26

제 25 항에 있어서, 상기 도체는 에지를 가지며, 상기 제1 브리지의 각각의 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 제1 거리에 배치되고, 상기 제2 브리지의 각각의 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 제2 거리에 배치되며, 상기 제2 거리는 상기 제1 거리 보다 큰 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 27

제 22 항에 있어서, 상기 제1 감지 수단 또는 상기 제2 감지 수단 중의 적어도 하나는 연질의 자성 물질의 차폐층을 포함하여, 상기 제1 감지 수단 또는 상기 제2 감지 수단 중의 적어도 하나가 겪는 자기장이 상기 차폐층에 기인하는 인자에 의해 감소되는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 28

제 22 항에 있어서, 상기 제1 감지 수단 및 상기 제2 감지 수단은 형상 이방성 특성에서 서로 다르며, 상기 제1

감지 수단의 적어도 하나의 자기장 센싱 수단은 제1 폭을 가지고, 상기 제2 감지 수단의 적어도 하나의 자기장 센싱 수단은 상기 제1 폭과 다른 제2 폭을 가지는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 29

제 28 항에 있어서, 감지되는 전류들의 상기 제1 범위는 감지되는 전류들의 상기 제2 범위 보다 작고, 상기 제1 폭은 상기 제2 폭 보다 큰 것을 특징으로 하는 전류 센서.

청구항 30

제 22 항에 있어서,

상기 제1 결합 수단은 상기 제1 전류 범위 신호를 발생시키기 위해 상기 제1 자기장 신호와 상기 포화 계수를 곱하도록 구성되고;

상기 제2 결합 수단은 상기 제2 전류 범위 신호를 발생시키기 위해 상기 제2 자기장 신호와 상기 포화 계수의 보완 버전을 곱하도록 구성되며;

상기 제2 결합 수단은 상기 도체에 의해 운반되는 전류에 대응되는 상기 출력 신호를 발생시키기 위해 상기 제1 전류 범위 신호와 상기 제2 전류 범위 신호를 더하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전류 센서.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 대체로 전류 센서들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일부 종래의 전기 전류 센서들은 상기 도체를 통하는 전류에 의해 발생되는 자기장을 감지하기 위해 전류를 운반하는 도체 근처에 위치한다. 상기 전류 센서는 상기 도체를 통하는 전류에 의해 유도되는 상기 자기장에 비례하는 크기를 가지는 출력 신호를 발생시킨다.

[0003] 전류 센서들은 개방 루프 또는 폐쇄 루프 구성으로 배열될 수 있다. "개방 루프" 전류 센서는 전류를 운반하거나 일차 도체에 근접하는 자기장 트랜스듀서를 포함한다. 상기 자기장 트랜스듀서는 상기 일차 도체를 통과하는 전류에 의해 발생되는 자기장에 비례하는 출력 신호를 제공한다. "폐쇄 루프" 전류 센서는 상기 자기장 트랜스듀서에 근접하는 이차 도체를 추가적으로 포함한다. 전류는 상기 일차 도체를 통과하는 전류에 의해 발생되는 자기장에 대향되고 소거하는 자기장을 발생시키기 위해 상기 이차 도체를 통과한다. 일부 폐쇄 루프 전류 센서들에서, 상기 이차 도체 전류의 측정은 상기 일차 도체를 통과하는 전류의 레벨의 표시를 제공할 수 있다.

[0004] 다양한 파라미터들이 자기장 센서들 및 자기장 센싱 요소들의 성능을 특징짓는다. 자기장 센싱 요소들에 관하여, 상기 파라미터들은 자기장의 변화에 반응하는 상기 자기장 센싱 요소의 출력 신호의 변화인 감도 및 상기 자기장에 대하여 상기 자기장 센서의 출력 신호가 선형으로 변화(즉, 직접으로 비례)되는 정도인 선형성을 포함한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 다중의 감도 범위들을 가지는 전류 센서를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 여기에 개시되는 개념들, 시스템들, 방법들 및 기술들에 따르면, 전류 센서는 자기장 강도에 따라 다중의 다른 감도 범위들을 제공하기 위해 다중 센서 장치들을 구비하여 제공된다. 상기 다중 센서 장치들의 출력들은 단일의 출력 신호를 발생시키도록 결합될 수 있다.

[0007] 본 발명은 둘 또는 그 이상의 전류 범위들 내의 전류를 감지하도록 구성되는 전류 센서를 이용하여 도체를 통해 흐르는 전류의 정확한 무핵(coreless) 측정을 제공한다. 예를 들면, 상기 도체는 동일한 PCB 상에 납땜된 전류

센서와 함께 또는 독립적인 버스 바(bus bar)로 인쇄 회로 기판(PCB) 내에 통합될 수 있다.

[0008] 상기 전류 센서는, 이에 한정되는 것은 아니지만, 제1 감도 범위 및 다른 제2 감도 범위와 같은 다중의 감도 범위들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 제1 감도 범위는 신호대 잡음 비가 최대에 가깝지만 보다 큰 전류들에서는 포화되는 저전류 측정 범위를 포함할 수 있고, 상기 제2 감도 범위는 공통 모드 자기장에 대한 면역과 폐쇄 루프 소모가 감소되는 보다 높은 전류 측정 범위를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 전류 센서는 둘 이상의 감도 범위들을 포함할 수 있다. 예를 들면, 상기 전류 센서는 상기 제1 감도 범위(즉, 저전류 측정 범위) 및 상기 제2 감도 범위(즉, 고전류 측정 범위) 사이의 하나 또는 그 이상의 중간 전류 범위들을 측정하도록 구성될 수 있다.

[0009] 상기 전류 센서는 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 가지는 제1 센서 장치 및 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 가지는 제2 센서 장치를 포함할 수 있다. 상기 제1 및 제2 센서 장치들 모두의 자기장 센싱 요소들은 하나 또는 그 이상의 자기저항 요소(magnetoresistance element)들을 포함할 수 있다. 예를 들면, 일부 실시예들에서, 상기 전류 센서는 다중의 거대 자기 저항(giant magnetoresistance: GMR) 요소들을 가지는 거대 자기 저항(GMR) 스택(stack)을 포함할 수 있다. 상기 GMR 스택은 대칭적 반응 및 소정의 범위 이내의 허용 가능한 선형 범위를 제공하는 듀얼 스핀 밸브(dual spin valve)가 될 수 있다. 상기 GMR 스택의 층들(예를 들어, 자유층들)의 내부 바이어싱은 보다 큰 감도를 제공하도록 낮을 수 있다.

[0010] 일부 실시예들에서, 상기 전류 센서는 동일한 다이(die) 상의 다중의 자기저항 요소들을 포함할 수 있다.

[0011] 상기 센서 장치들의 다른 특성들은 각각의 센서 장치의 감도를 변화시키도록 변경될 수 있다. 예를 들면, 형상 이방성(shape anisotropy) 특성, 차폐 특성, 각각의 센서 장치의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격 및/또는 스택 특성 중의 하나 또는 그 이상이 각각의 센서 장치의 감도를 변화시키기 위해 변경될 수 있다.

[0012] 상기 다른 센서 장치들은 하나 또는 그 이상의 다른 형상 이방성 특성들을 가지고 제공될 수 있다. 예를 들면, 상기 다른 센서 장치들은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 요크(yoke) 형상과 같은 다양한 다른 형상들을 가지고 제공될 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 전류 센서는 제1 폭(예를 들어, 제1 요크 폭)을 가지는 제1 센서 장치 및 다른 제2 폭(예를 들어, 제2 요크 폭)을 가지는 제2 센서 장치를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 보다 큰 폭이 보다 낮은 측정 범위에 대해 사용될 수 있고, 보다 작거나 보다 좁은 요크 폭이 보다 높은 측정 범위에 대해 사용될 수 있다.

[0013] 상기 전류 센서의 다른 센서 장치들은 폐쇄 루프 구성을 가지고 형성될 수 있다. 예를 들면, 각각의 상기 센서 장치들은 각각의 센서 장치에 근접하는 이차 도체를 포함할 수 있다.

[0014] 일부 실시예들에서, 상기 도체 및 상기 다른 센서 장치들 사이의 커플링 비(coupling ratio)가 다를 수 있다. 상기 제1 센서 장치는 보다 낮은 측정 범위를 감지하고, 상기 도체에 대해 높은 제1 커플링 비를 가지도록 구성될 수 있다. 상기 폐쇄 루프 구성에 의해 보상되는 자기장은 상기 도체 내의 낮은 전류들에 대해 적용되며, 이에 따라 상기 도체 및 상기 제1 센서 장치 사이의 제1 커플링 비는 클 수 있다. 상기 제2 센서 장치는 보다 높은 측정 범위를 감지하고, 상기 도체에 대해 보다 낮은 제2 커플링 비를 가지도록 구성될 수 있다. 상기 제2 센서 장치의 폐쇄 루프 구성에 의해 보상되는 자기장이 상기 제1 센서 장치와 비교될 수 있다. 이에 따라, 상기 도체 및 상기 제2 센서 장치 사이의 제2 커플링 비는 상기 도체 및 상기 제1 센서 장치 사이의 제1 커플링 비와 비교할 경우에 보다 낮을 수 있거나, 감소될 수 있다.

[0015] 상기 다른 센서 장치들의 출력들은 상기 전류 센서에 대해 단일의 출력 신호를 발생시키도록 결합될 수 있다. 포화 계수(saturation coefficient) 및 보완 포화 계수(complement saturation coefficient)가 상기 센서 장치들의 출력들(예를 들어, 제1 및 제2 자기장 신호들)을 결합하도록 생성될 수 있다. 예를 들면, 상기 포화 계수는 상기 다른 센서 장치들로부터의 출력들 중의 적어도 하나를 이용하여 생성될 수 있고, 상기 보완 포화 계수는 상기 포화 계수로부터 생성될 수 있다. 상기 포화 계수는 제1 전류 범위 신호를 발생시키도록 제1 센서 장치의 출력에 대응되는 제1 자기장 신호에 적용될 수 있으며, 상기 보완 포화 계수는 제2 전류 범위 신호를 발생시키도록 제2 센서 장치의 출력에 대응되는 제2 자기장 신호에 적용될 수 있다. 상기 제1 및 제2 전류 범위 신호들은 상기 도체를 통하는 전류를 나타내는 상기 전류 센서에 대한 출력을 발생시키도록 결합될 수 있다.

[0016] 본 발명에 따르면, 도체를 통하는 전류에 의해 발생되는 자기장을 감지하기 위한 전류 센서는 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 구비하는 제1 센서 장치를 포함하며, 상기 제1 센서 장치는 상기 도체를 통하는 전류들의 제1 범위에 대응되는 제1 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성되고, 상기 제1 측정 범위 내의 상기 감지된 자기장을 나타내는 제1 자기장 신호를 발생시키도록 더 구성된다. 제2 센서 장치는 하나 또는 그 이상의

자기장 센싱 요소들을 포함하며, 상기 제2 센서 장치는 상기 도체를 통하는 전류들의 제2 범위에 대응되는 제2 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성되고, 상기 제2 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제2 자기장 신호를 발생시키도록 더 구성된다. 상기 제1 센서 장치 및 상기 제2 센서 장치는 형상 이방성 특성, 차폐 특성, 상기 제1 및 제2 센서 장치들의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격 및/또는 스택 특성 중의 하나 또는 그 이상에서 서로 상이하다. 또한, 상기 제1 자기장 신호에 반응하고 상기 제2 자기장 신호에 반응하여 상기 제1 자기장 신호 및 상기 제2 자기장 신호의 결합을 나타내는 출력 신호를 발생시키도록 구성되는 회로가 제공되며, 여기서 상기 출력 신호는 상기 도체를 통하는 전류에 대응된다.

[0017] 본 발명의 다양한 측면들의 특징들은 다음 사항들을 단독으로 또는 결합하여 다음 사항들 중의 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 상기 제1 센서 장치는 제1 브리지로 배열되는 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들을 포함할 수 있고, 상기 제2 센서 장치는 제2 브리지로 배열되는 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들을 포함할 수 있다. 상기 제1 브리지의 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격은 상기 제2 브리지의 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격과 다를 수 있다. 실시예들에서, 상기 도체는 에지(edge)를 가지며, 각각의 상기 제1 브리지의 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 실질적으로 같은 거리에 있을 수 있고, 각각의 상기 제2 브리지의 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 실질적으로 같은 거리에 있을 수 있다. 실시예들에서, 상기 도체는 에지를 가지며, 각각의 상기 제1 브리지의 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 제1 거리에 배치될 수 있고, 각각의 상기 제2 브리지의 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 제2 거리에 배치될 수 있으며, 여기서 상기 제2 거리는 상기 제1 거리 보다 크다. 상기 제1 센서 장치 또는 상기 제2 센서 장치 중의 적어도 하나는 연질의 자성 물질로 만들어진 차폐층(shield layer)을 더 포함할 수 있으므로, 상기 제1 센서 장치 또는 상기 제2 센서 장치 중의 적어도 하나가 겪는 자기장이 상기 차폐층에 기인하는 인자에 의해 감소될 수 있다. 상기 제1 센서 장치 및 상기 제2 센서 장치는 형상 이방성 특성이 서로 다를 수 있으며, 여기서 상기 제1 센서 장치의 적어도 하나의 자기장 센싱 요소는 제1 폭을 가지고, 상기 제2 센서 장치의 적어도 하나의 자기장 센싱 요소는 상기 제1 폭과 다른 제2 폭을 가진다. 상기 감지되는 전류들의 제1 범위는 상기 감지되는 전류들의 제2 범위 보다 작을 수 있으며, 여기서 상기 제1 폭이 상기 제2 폭 보다 클 수 있다. 상기 제1 센서 장치는 제1 포화 한계(saturation threshold)를 가질 수 있고, 상기 제2 센서 장치는 제2 포화 한계를 가질 수 있다. 상기 회로는, 제1 전류 범위 신호를 발생시키도록 상기 제1 자기장 신호를 포화 계수와 결합시키는 제1 유닛; 제2 전류 범위 신호를 발생시키도록 상기 제2 자기장 신호를 상기 포화 계수의 보완 버전(complement version)과 결합시키는 제2 유닛; 및 상기 도체를 통하는 전류에 대응되는 상기 출력 신호를 발생시키도록 상기 제1 전류 범위 신호와 상기 제2 전류 범위 신호를 결합시키는 제3 유닛을 포함할 수 있다.

[0018] 또한, 도체를 통하는 전류에 의해 발생되는 자기장을 감지하기 위한 방법이 설명되며, 상기 방법은 제1 센서 장치에 의해 상기 도체를 통하는 전류들의 제1 범위에 대응되는 제1 측정 범위 내의 자기장을 감지하는 단계 및 상기 제1 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제1 자기장 신호를 발생시키는 단계를 포함하고; 제2 센서 장치에 의해 상기 도체를 통하는 전류들의 제2 범위에 대응되는 제2 측정 범위 내의 자기장을 감지하는 단계 및 상기 제2 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제2 자기장 신호를 발생시키는 단계를 포함하며, 상기 제1 센서 장치 및 상기 제2 센서 장치는 형상 이방성 특성, 차폐 특성, 상기 제1 및 제2 센서 장치들의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격, 또는 스택 특성의 하나 또는 그 이상이 서로 다르며; 상기 도체를 통하는 전류를 나타내는 출력 신호를 발생시키도록 상기 제1 자기장 신호 및 상기 제2 자기장 신호를 결합하는 단계를 포함한다. 상기 결합하는 단계는 제1 전류 범위 신호를 발생시키도록 포화 계수를 상기 제1 자기장 신호에 적용하는 단계, 제2 전류 범위 신호를 발생시키도록 상기 포화 계수의 보완 버전을 상기 제2 자기장 신호에 적용하는 단계, 그리고 상기 도체에 의해 운반되는 전류에 대응되는 상기 출력 신호를 발생시키도록 상기 제1 전류 범위 신호 및 상기 제2 전류 범위 신호를 결합하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 또 다른 측면에 따르면, 도체를 통하는 전류에 의해 발생되는 자기장을 감지하기 위한 전류 센서는, 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 포함하고, 상기 도체를 통하는 전류들의 제1 범위에 대응되는 제1 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성되는 제1 센싱 수단을 포함하며, 상기 제1 센싱 수단은 상기 제1 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제1 자기장 신호를 발생시키도록 구성되고, 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 포함하고, 상기 도체를 통하는 전류들의 제2 범위에 대응되는 제2 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성되는 제2 센싱 수단을 포함하며, 상기 제2 센싱 수단은 상기 제2 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제2 자기장 신호를 발생시키도록 구성되고, 상기 제1 센서 장치 및 상기 제2 센서 장치는 형상 이방성 특성, 차폐 특성, 상기 제1 및 제2 센서 장치들의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격, 또는 스택 특성의 하나 또는 그 이상에서 서로 다르다. 또한, 상기 제1 자기장 신호에 반응하고, 상기 제2 자기장 신호에 반응하여 출력 신호를 발생시키기 위한 수단이 제공되며, 상기 출력 신호는 상기 제1 자기장 신호 및 상기 제2 자기장 신호의 결합을 나타

내고, 상기 출력 신호는 상기 도체에 의해 운반되는 전류에 대응된다.

[0020] 본 발명의 하나 또는 그 이상의 실시예들의 세부 사항들은 첨부된 도면들과 다음의 상세한 설명에서 설시된다. 본 발명의 다른 특징들, 목적들 및 이점들은 상세한 설명과 도면들 및 특허청구범위로부터 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0021] 상술한 특징들은 동일한 참조 부호들이 동일한 요소들을 나타내는 다음의 도면들의 설명으로부터 보다 완전하게 이해될 수 있을 것이며, 첨부된 도면들에서,

도 1은 전류 센서의 회로도를 나타내고,

도 2는 요크 형상을 가지는 자기장 센싱 요소의 상면도를 나타내며,

도 2a는 다른 폭들을 가지는 자기장 센싱 요소들의 감도들을 비교하는 도표를 나타내고,

도 3은 상기 도체에 대한 도 1의 전류 센서 내의 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들의 간격을 나타내며,

도 4는 도체의 에지 상부에 위치하는 두 개의 센서 장치들을 가지는 도 1의 전류 센서를 나타내고,

도 4a는 각각의 해당 센서 장치들에 대한 상기 도체로부터의 거리에 기초하는 다른 센서 장치들의 커플링 비들을 비교하는 도표를 나타내며,

도 5는 도 1의 전류 센서의 센서 장치(예를 들어, 저전류 브리지)의 출력 신호를 예시하는 도표를 나타내고,

도 5a는 도 1의 전류 센서의 센서 장치(예를 들어, 고전류 브리지)의 출력 신호를 예시하는 도표를 나타내며,

도 5b는 포화 계수를 예시하는 도표를 나타내고,

도 5c는 제1 센서 장치의 출력 신호, 제2 센서 장치의 출력 신호 및 도 1의 전류 센서의 출력 신호의 도표를 나타내며,

도 6은 이중(또는 듀얼) 스핀 밸브 스택을 가지는 자기저항 요소의 층들을 예시하고,

도 6a는 차폐층을 가지는 도 1의 제1 및 제2 센서 장치들을 예시하며,

도 7은 도체를 통하는 전류에 의해 발생되는 자기장을 감지하기 위한 방법의 흐름도를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 도 1을 참조하면, 전류 센서(100)는 도체(106)에 근접하여 배치되는 제1 센서 장치(sensor arrangement)(102) 및 제2 센서 장치(104)를 포함한다. 제1 센서 장치(102)는 적어도 두 개의 이격되는 자기장 센싱 요소(magnetic field sensing element)들을 포함할 수 있으며, 제2 센서 장치(104)는 적어도 두 개의 이격된 자기장 센싱 요소들을 포함할 수 있다. 예를 들면, 제1 센서 장치(102)는 둘 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 가지는 제1 브리지(bridge) 구성(103)을 포함할 수 있으며, 제2 센서 장치(104)는 둘 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 가지는 제2 브리지 구성(105)을 포함할 수 있다.

[0023] 도 1의 예시적인 실시예에서, 제1 및 제2 브리지 구성들(103, 105)은 휘스톤 브리지(Wheatstone bridge)와 같은 브리지 구성으로 결합되는 네 개의 자기저항 요소(magnetoresistance element)들을 포함한다. 예를 들면, 각각의 제1 및 제2 브리지 구성들(103, 105)의 자기저항 요소들은 상기 브리지의 각 레그(leg)가 서로 인접하게 위치하는 두 개의 자기저항 요소들을 포함하며, 하나의 이러한 레그가 다른 하나의 레그와 이격되도록 결합될 수 있다.

[0024] 이러한 장치로써, 상기 브리지의 차동 출력 신호(differential output signal)(각 브리지 레그의 중간 노드(node)들(103a, 103b, 105a, 105b) 사이에서 취함)는 상기 도체(106)를 통하는 전류 외의 소스들로부터의 표유 자계(stray field)들을 거부하는 차동 신호를 야기할 수 있다. 상기 자기저항 요소들은 거대 자기저항(giant magnetoresistance: GMR) 요소, 이방성 자기저항(anisotropic magnetoresistance: AMR) 요소, 터널링 자기저항(tunneling magnetoresistance: TMR) 요소 또는 자기 터널 접합(magnetic tunnel junction: MTJ) 요소 중의 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 자기장 센싱 요소들이 하나 또는 그 이상의 홀 효과(Hall effect) 요소들로 제공될 수 있는 점이 이해되어야 할 것이다.

[0025] 제1 및 제2 센서 장치들(102, 104)은 도체(106)의 다른 부분들에 근접하여 배치될 수 있다. 예를 들면, 제1 센

서 장치(102)는 도체(106)의 제1 부분(108)에 근접하여 배치될 수 있고, 제2 센서 장치(104)는 도체(106)의 다른 제2 부분(110)에 근접하여 배치될 수 있다.

[0026] 제1 및 제2 센서 장치들(102, 104)은 제1 및 제2 부분들(108, 110)에서 각기 도체(106)를 통하는 전류를 감지하고, 제1 및 제2 부분들(108, 110)에서 도체(106)를 통하는 전류에 대응되는 출력 신호들(예를 들어, 각기 제1 및 제2 자기장 신호들)을 발생시키도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 제1 및 제2 센서 장치들(102, 104)은 도체(106)를 통하는 전류들의 다른 범위들에 대응되는 다른 측정 범위들 내의 자기장을 감지하도록 구성될 수 있다. 예를 들면, 제1 센서 장치(102)는 도체(106)를 통하는 전류들의 제1 범위에 대응되는 제1 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성될 수 있고, 제2 센서 장치(104)는 도체(106)를 통하는 전류들의 제2 범위에 대응되는 제2 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 제1 측정 범위는 보다 높은 전류 범위에 대응될 수 있고, 상기 제2 측정 범위는 보다 낮은 전류 범위에 대응될 수 있다. 다른 실시예들에서, 상기 제1 측정 범위가 보다 낮은 전류 범위에 대응될 수 있고, 상기 제2 측정 범위가 보다 높은 전류 범위에 대응될 수 있다. 예시적인 제1 실시예에서, 상기 낮은 전류 범위는 대략 20㎃ 내지 1A가 될 수 있으며, 상기 높은 전류 범위는 대략 1A 내지 100A가 될 수 있다. 예시적인 제2 실시예에서, 상기 낮은 전류 범위는 대략 0A 내지 40㎃가 될 수 있으며, 상기 높은 전류 범위는 상기 제2 실시예에서 대략 40㎃ 내지 1A가 될 수 있다.

[0027] 도 1에 예시한 바와 같이, 제1 및 제2 센서 장치들(102, 104)은 공급 전압(112) 및 기준 단자(reference terminal)(113)(예를 들어, 접지 단자)에 연결된다.

[0028] 이제 제1 센서 장치(102)를 참조하면, 제1 센서 장치(102)는 제1 및 제2 노드들(103a, 103b)을 통해 제1 차동 증폭기(differential amplifier)(114)에 연결되기 위한 차동 자기장 신호를 발생시킬 수 있다. 제1 증폭기(114)의 하나 또는 그 이상의 출력들은 제1 H 브리지 회로(116)의 하나 또는 그 이상의 입력들에 연결된다. 제1 H 브리지 회로(116)는 두 입력 신호들을 비교하고, 노이즈(noise) 및/또는 간섭(예를 들어, DC 오프셋(offset))을 감소시키거나 제거하도록 함께 연결되는 다중의 전계 효과 트랜지스터들을 포함할 수 있으며, 일부 실시예들에서, 상기 두 입력 신호들 사이의 차이에 이득(gain)을 적용할 수 있다.

[0029] 제1 피드백 코일(feedback coil)(115)은 대략 영(zero) 가우스(Gauss)까지 상기 브리지 상의 차동 자계를 구동시키도록 상기 센싱 요소들에 동등한 반대의 자기장을 인가하기 위하여 제1 센서 장치(102)에 근접하여 배치될 수 있다. 상기 제1 센서 장치(102)의 센싱 요소들 상의 차동 자계를 영까지 가져오기 위해 필요한 제1 코일(115)을 통하는 전류는 이에 따른 폐쇄 루프 전류 센싱 시스템을 구현하기 위해 제1 레지스터(resistor)(117)에 의해 감지된다.

[0030] 상기 제1 센스 레지스터(117) 상의 전압은 제2 증폭기(118)에 연결된다. 일부 실시예들에서, 제2 증폭기(118)는 온도 보상을 포함하여 오프셋 및/또는 이득 조정을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0031] 이제 제2 센서 장치(104)를 참조하면, 제2 센서 장치(104)는 제1 및 제2 노드들(105a, 105b)을 통해 제3 차동 증폭기(120)에 연결되기 위한 차동 자기장 신호를 발생시킬 수 있다. 제3 증폭기(120)의 하나 또는 그 이상의 출력들은 제2 H 브리지 회로(122)의 하나 또는 그 이상의 입력들에 연결된다. 제2 H 브리지 회로(122)는 두 입력 신호들을 비교하고, 노이즈 및/또는 간섭(예를 들어, DC 오프셋)을 제거하거나 감소시키도록 함께 연결되는 다중의 전계 효과 트랜지스터들을 포함할 수 있으며, 일부 실시예들에서, 상기 두 입력 신호들 사이의 차이에 이득을 적용할 수 있다.

[0032] 제2 피드백 코일(121)은 상기 브리지 상의 차동 자계를 대략 영 가우스까지 구동시키도록 상기 센싱 요소들에 동등한 반대의 자기장을 인가하기 위하여 제2 센서 장치(104)에 근접하여 위치할 수 있다. 상기 제2 센서 장치(104)의 센싱 요소들 상의 차동 자계를 영까지 가져오기 위해 필요한 제2 코일(121)을 통하는 전류는 이에 따른 폐쇄 루프 전류 센싱 시스템을 구현하기 위하여 제2 레지스터(123)에 의해 감지된다. 비록 전류 센서(100)가 도 1에서 폐쇄 루프 센서인 것으로 도시되지만, 일부 실시예들에서, 전류 센서(100)가 개방 루프 센서가 될 수 있는 점이 이해되어야 할 것이다.

[0033] 상기 제2 센스 레지스터(123) 상의 전압은 제4 증폭기(124)에 연결된다. 일 실시예에서, 제4 증폭기(124)는 온도 보상을 포함하여 오프셋 및/또는 이득 조정을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0034] 증폭기(118)는 제1 센서 장치(102)에 의해 감지되는 자기장 신호에 대응되고, 도체(106)를 통하는 전류들의 제1 범위를 나타내는 제1 자기장 신호(119)를 발생시킬 수 있다. 증폭기(124)는 제2 센서 장치(104)에 의해 감지되는 자기장 신호에 대응되고, 도체(106)를 통하는 전류들의 제2 범위를 나타내는 제2 자기장 신호(125)를 발생시

킬 수 있다.

[0035] 상기 제1 및 제2 자기장 신호들(119, 125)은 상기 도체를 통하는 전류의 레벨에 대응되는 상기 전류 센서의 출력(139)을 발생시키도록 결합될 수 있다. 다양한 계획들이 상기 제1 및 제2 자기장 신호들(119, 125)을 결합하기 위해 가능하다.

[0036] 예시적인 실시예에서, 포화 계수(saturation coefficient) 또는 포화 계수 함수(saturation coefficient function)가 도 5 내지 도 5c와 함께 다음에 상세하게 설명되는 바와 같이 생성되며, 상기 센서 출력 신호(139)를 제공하는 데 이용된다. 이를 위하며, 증폭기(124)의 출력은 제1 포화 모듈(saturation module)(134)의 입력, 제2 포화 모듈(136)의 입력 및 제2 혼합기(mixer) 또는 증폭기(132)의 제1 입력에 연결된다.

[0037] 제1 포화 모듈(134)은 상기 제2 자기장 신호(125)를 수신할 수 있고, 포화 계수를 발생시킬 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 포화 계수는 전류 센서(100)의 특정한 적용 및 측정되는 하나 또는 그 이상의 전류 범위들에 적어도 부분적으로 기초하여 결정되는 두 포화 계수들(예를 들어, 0 및 1) 사이에서 변화될 수 있다. 예를 들면, 일 실시예에서, 상기 포화 계수들은 제1 센서 장치(102)의 출력(예를 들어, 고전류 브리지의 출력)을 제거하고, 상기 제2 전류 범위를 측정(예를 들어, 상기 낮은 전류 범위를 측정)할 때에 노이즈의 주입을 방지하도록 선택될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 포화 모듈(134)은 비교기(comparator) 및 기준값(또는 기준 한계값)을 이용하여 상기 포화 계수를 생성할 수 있다.

[0038] 증폭기(118)의 출력은 제1 혼합기 또는 증폭기(130)의 제1 입력에 연결되며, 제1 포화 모듈(135)의 출력은 제1 혼합기(130)의 제2 입력에 연결될 수 있다. 제1 혼합기(130)는 상기 포화 계수(135)를 제1 자기장 신호(119)에 적용하고, 제1 전류 범위 신호(131)를 발생시키도록 구성될 수 있다.

[0039] 제2 포화 모듈(136)은 제2 자기장 신호(125)를 수신하고, 보완 포화 계수(137)를 발생시키도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 보완 포화 계수(137)는 포화 계수(135)의 보완 버전(complement version)이 될 수 있다.

[0040] 제2 포화 모듈(136)의 출력은 제2 혼합기(132)의 제2 입력에 연결된다. 제2 혼합기(132)는 상기 제2 자기장 신호에 상기 보완 포화 계수(137)를 적용하고, 제2 전류 범위 신호(133)를 발생시키도록 구성될 수 있다.

[0041] 제1 및 제2 혼합기들(130, 132)의 출력들은 각기 상기 제1 및 제2 전류 범위 신호들(131, 133)을 제공하도록 제3 혼합기 또는 증폭기(138)의 제1 입력 및 제2 입력에 각기 연결될 수 있다. 제3 혼합기(138)는 상기 도체(106)를 통하는 전류에 대응되는 출력 신호(139)를 발생시키기 위해 상기 제1 전류 범위 신호(131) 및 상기 제2 전류 범위 신호(133)를 결합시키도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 출력 신호(139)는 상기 제1 자기장 신호(119) 및 상기 제2 자기장 신호(125)의 결합에 대응될 수 있다.

[0042] 이제 도 2를 참조하면, 자기장 센싱 요소(200)는 요크(yoke) 형상을 가지도록 제공된다. 자기장 센싱 요소(200)는 도 1의 제1 및 제2 센서 장치들(102, 104)의 제1 및 제2 브리지 구성들(103, 105)의 자기장 센싱 요소들과 동일할 수 있거나, 실질적으로 유사할 수 있다.

[0043] 상기 자기장 센싱 요소(200)는 주요부(main part)(201), 상기 주요부(201)에 연결되는 두 개의 암(arm)들(206, 208), 그리고 상기 두 개의 암들(206, 208)에 각기 연결되는 두 개의 측부 암들(212, 214)을 가진다. 일부 실시예들에서, 상기 주요부(201), 상기 두 개의 암들(206, 208) 및 상기 두 개의 측부 암들(212, 214)은 각기 폭(W)을 가진다. 그러나 다른 실시예들에서, 상기 폭들은 다를 수 있다.

[0044] 자기장 센싱 요소(200)의 길이(L) 및 자기장 센싱 요소(200)의 측부 암들(212, 214)의 길이(d)는 각기 자기장 센싱 요소(200)의 폭(W)의 적어도 세배가 될 수 있고, 자기장 센싱 요소(200)의 폭(W)은 약 일 ㎛ 내지 약 이십 ㎛가 될 수 있다.

[0045] 자기장 센싱 요소(200)의 치수들은, 예를 들면, 다음의 범위들 내에 있을 수 있다.

[0046] - 자기장 센싱 요소(200)의 주요부(201)의 길이(L)는 약 십 ㎛ 내지 십 밀리미터가 될 수 있고;

[0047] - 자기장 센싱 요소(200)의 암들(206, 208)의 길이(l)는 상기 폭(W)의 적어도 세 배가 될 수 있으며;

[0048] - 자기장 센싱 요소(200)의 폭(W)은 약 일 ㎛ 내지 약 이십 ㎛가 될 수 있다.

[0049] 자기장 센싱 요소(200)의 암들(206, 208)은 상기 주요부(201)에 평행한 상기 측부 암들(212, 214)에 링크되며, 전체 폭(L)의 약 1/4 내지 1/3의 길이(l)를 가진다.

[0050] 대체로, 상기 요크 형상을 가지는 자기장 센싱 요소(200)의 감도는 상기 폭(W) 또는 길이(L)가 증가할 때에 상

기 폭(W)이 증가하고 저주파 노이즈가 감소함에 따라 증가한다.

[0051] 일 실시예에서, 상기 요크 형상은 상기 주요부(201)의 길이 방향의 중심 영역 내에 보다 우수한 자기 균일성을 제공할 수 있다. 이는 주로 상기 주요부(201)를 따른 상기 요크 길이의 소자 자계(demagnetizing field)에 기인하며, 이는 자기장 센싱 요소(200)의 길이를 따른 영(zero)의 자계에서의 자화로 알 수 있는 자기장 센싱 요소(200)의 자유층(free layer)의 이방성을 유도한다. 핀층(pinned layer)이 자기장 센싱 요소(200)에 직교하는 자기장(예를 들어, 화살표(202))을 가질 경우, 외부 자기장이 상기 화살표(202)의 방향으로 인가될 때, 자유층 자화가 균일하게, 즉 도메인 점프(domain jump) 없이 회전한다. 상기 자유층의 자화의 균일한 회전은 반응에서의 단계들이 없는 반응 곡선을 가져온다.

[0052] 상기 자기저항 요소(200)는 거대 자기저항(GMR) 요소, 이방성 자기저항(AMR) 요소, 터널링 자기저항(TMR) 요소 또는 자기 터널 접합(MTJ) 요소 중의 적어도 하나의 형태를 가질 수 있다.

[0053] GMR 요소에 대해, 전체적인 스택(stack)이 요크 형상으로 설계될 수 있지만, TMR 요소에 대해서는 일부 실시예들에서, 상기 자유층만이 요크 형상을 가질 수 있다. 비록 자기장 센싱 요소(200)가 도 2에 요크 형상을 가지는 것으로 도시되지만, 다른 실시예들에서, 자기장 센싱 요소(200)가 다양한 다른 형상들을 가지도록 형성될 수 있는 점이 이해되어야 할 것이다. 예를 들면, 일부 실시예들에서, 자기장 센싱 요소(200)는 직선 바(bar)의 형상을 가지도록(예를 들어, 상기 치수들(L 및 w)을 가지지만, 상기 치수들(l 및 d)과 연관된 특징들을 가지지 않도록) 형성될 수 있다.

[0054] 전류 센서(예를 들어, 도 1의 센서(100))에 사용되는 자기장 센싱 요소들의 하나 또는 그 이상의 성질들이 다른 감도들을 제공하도록 변경될 수 있다. 예를 들면, 상기 제1 및 제2 센서 장치들(예를 들어, 도 1의 102, 104) 내의 자기장 센싱 요소들은 형상 이방성(shape anisotropy) 특성, 차폐(shielding) 특성, 각각의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격 및/또는 스택 특성 중의 하나 또는 그 이상에서 서로 다를 수 있다. 일 실시예에서, 센서 장치 내의 상기 자기장 센싱 요소들의 특정 성질들은 원하는 측정 범위(예를 들어, 측정되는 전류 범위)에 적어도 부분적으로 기초하여 선택될 수 있다.

[0055] 이제 도 2a를 참조하면, 에르스텟(oersted) 당 감도 퍼센티지(%/Oe)의 단위로 감도 값들에 상응하는 수직축(예를 들어, y축) 및 에르스텟(Oe) 단위로 자기장 값들에 상응하는 수평축(예를 들어, x축)을 가지는 다른 폭들을 가지는 자기장 센싱 요소들의 감도들을 비교하는 도표(250)가 제공된다. 일 실시예에서, 상이한 폭들을 가지는 자기장 센싱 요소들이 상이한 측정 범위들을 감지하는 데 이용될 수 있다. 예를 들면, 보다 큰(또는 보다 긴) 폭을 가지는 자기장 센싱 요소들은 이들이 보다 높은 감도를 가지므로 낮은 전류 범위들을 측정하는 데 이용될 수 있다. 또한, 보다 작은(또는 좁은) 폭을 가지는 자기장 센싱 요소들은 이들이 보다 낮은 감도 및 보다 높은 표유 자계 면역을 가지므로 보다 높은 전류 범위들을 측정하는 데 이용될 수 있다.

[0056] 도표(250)에서, 제1 파형(252)은 제1 폭을 가지는 자기장 센싱 요소의 감도에 대응되고, 제2 파형(254)은 제2 폭을 가지는 자기장 센싱 요소의 감도에 대응되며, 제3 파형(256)은 제3 폭을 가지는 자기장 센싱 요소의 감도에 대응되고, 제4 파형(258)은 제4 폭을 가지는 자기장 센싱 요소의 감도에 대응된다. 일 실시예에서, 상기 제1, 제2, 제3 및 제4 폭들은 각기 다르다. 예를 들면, 제1 폭은 상기 제2, 제3 및 제4 폭들보다 클 수 있고, 제2 폭은 상기 제3 및 제4 폭들보다 클 수 있으며, 제3 폭은 상기 제4 폭보다 클 수 있다. 일 실시예에서, 상기 제1 폭은 대략 20㎛가 될 수 있고, 상기 제2 폭은 대략 5㎛가 될 수 있으며, 상기 제3 폭은 대략 3㎛가 될 수 있고, 상기 제4 폭은 대략 1㎛가 될 수 있다. 그러나, 특정한 자기장 센싱 요소의 폭이 변화될 수 있고, 전류 센서의 특정한 응용에 적어도 부분적으로 기초하여 선택될 수 있는 점이 이해되어야 할 것이다.

[0057] 도표(250)에 예시한 바와 같이, 상기 자기장 센싱 요소의 폭이 증가하면서 상기 자기장 센싱 요소의 감도가 증가하며, 상기 자기장 센싱 요소의 폭이 감소하면서 상기 자기장 센싱 요소의 감도가 감소한다. 예를 들면, 제1 파형(252)은 파형들(254, 256, 258)과 비교할 경우에 가장 큰 폭을 가지는 자기장 센싱 요소에 대응되며, 이에 따라 제1 파형(252)은 가장 높은 감도 값을 가진다. 제4 파형(258)은 파형들(252, 254, 256)과 비교할 경우에 가장 작은 폭을 가지며, 이에 따라 제4 파형(258)은 각각의 파형들(252, 254, 256) 보다 작은 감도 값을 가진다.

[0058] 따라서 측정되는 원하는 전류 범위에 따라, 센서 장치들이 다른 폭들을 갖는 자기장 센싱 요소들을 가지도록 형성되고 제공될 수 있으므로, 제1 센서 장치가 제1 측정 범위 내의 자기장을 감지할 수 있고, 제2 센서 장치가 제2 측정 범위 내의 자기장을 감지할 수 있다. 특정한 자기장 센싱 요소의 폭은 상기 전류 센서의 특정한 응용 및 측정되는 하나 또는 그 이상의 전류 범위들에 기초하여 선택될 수 있다.

[0059] 이제 도 3을 참조하면, 전류 센서(300)가 도체(306)의 에지(312) 상부에 위치할 수 있으므로 제1 센서 장치(302)는 도체(306)와 수직하게 정렬(여기서는 상부에)되고, 제2 센서 장치(304)는 도체(306)와 수직하게 정렬되지 않으며, 대신에 전류를 운반하지 않는 표면(308)과(즉, 상기 도체의 에지(312)에 걸치는 제1 및 제2 센서 장치들(302, 304)과) 정렬된다. 일 실시예에서, 전류 센서(300), 제1 및 제2 센서 장치들(302, 304) 그리고 도체(306)는 각기 도 1의 전류 센서(100), 제1 및 제2 센서 장치들(102, 104), 그리고 도체(106)와 동일할 수 있거나, 실질적으로 유사할 수 있다.

[0060] 제1 및 제2 센서 장치들(302, 304)은 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 포함할 수 있다. 예를 들면, 도 3에 예시한 바와 같이, 제1 센서 장치(302)는 제1, 제2, 제3 및 제4 자기장 센싱 요소들(302a-302d)을 포함하고, 제2 센서 장치(304)는 제1, 제2, 제3 및 제4 자기장 센싱 요소들(304a-304d)을 포함하며, 이들은 각기 에지(312)로부터 소정의 거리(d2)로 이격된다.

[0061] 전류 센서(300)는 각각의 제1 및 제2 센서 장치들(302, 304)이 각각의 제1 및 제2 센서 장치들(302, 304) 내의 요소들에 의해 감지되는 자기장 사이의 구배(gradient)를 감지하도록 구성될 수 있다. 예를 들면, 상기 제1 센서 장치(302)는 상기 요소들(302a, 302b)이 겪는 자기장 및 상기 요소들(302c, 302d)이 겪는 자기장 사이의 차이를 나타내는 자기장 신호를 발생시킬 수 있다. 유사하게, 상기 제2 센서 장치(304)는 상기 요소들(304a, 304b)이 겪는 자기장 및 상기 요소들(304c, 304d)이 겪는 자기장 사이의 차이를 나타내는 자기장 신호를 발생시킬 수 있다. 이에 따라, 감지 방법론은 상기 센싱 요소들(302a, 302b, 304a, 304d)이 겪는 자기장들 및 상기 센싱 요소들(302c, 302d, 304c, 304d)이 겪는 자기장들의 차이(또는 구배)를 요구한다.

[0062] 도체(306)에 대한 전류 센서(300)의 위치는 상기 도체(306)를 통하는 전류의 레벨과 이에 따른 예상되는 자기장 강도, 상기 자기장 센싱 요소들의 감도 및/또는 측정되는 자기장 구배에 적어도 부분적으로 기초하여 선택될 수 있다. 일부 실시예들에서, 각 브리지 내의 적어도 하나의 제1 자기장 센싱 요소가 상기 전류를 운반하는 도체(306)와 수직하게 정렬되고, 적어도 하나의 제2 자기장 센싱 요소가 전류를 운반하는 도체(306)와 수직하게 정렬되지 않을 때에 발생될 수 있는 경우과 같이 상기 제1 및 제2 센서 장치들(302, 304)이 가능한 가장 큰 자기장 구배(즉, 각 브리지 내의 이격되는 자기장 센싱 요소들이 겪는 자기장들 사이의 가장 큰 차이)를 겪도록 상기 센서(300)를 배치하는 것이 바람직할 수 있다. 이를 위하여, 전류 센서(300)의 제1 부분(300a)은 도체(306)와 수직하게(여기서는 상부에) 정렬되며, 제2 부분(300b)은 도체(306)와 수직하게 정렬되지 않고, 대신에 전류를 운반하지 않는 표면(308)과 수직하게 정렬된다. 이러한 하나의 구성에서, 전류 센서(300)는 제1 부분(300a)의 에지(300c) 및 제2 부분(300b)의 에지(300d)가 도체(306)의 에지(312)로부터 여기서는 거리("d1")로 나타낸 같은 거리에 있도록(그리고 일부 실시예들에서, 상기 센싱 요소들(302a-302d, 304a-304d)이 상기 도체 에지(312)로부터 여기서는 거리("d2")로 나타낸 같은 거리에 있도록) 배치될 수 있다. 이에 따라, 제1 부분(300a) 및 제2 부분(300b)은 크기(예를 들어, 폭, 길이)가 같을 수 있다.

[0063] 다른 실시예들에서, 제1 부분(300a) 및 제2 부분(300b)은 크기가 다를 수 있다. 예를 들면, 전류 센서(300)는 도체(306)의 에지(312)로부터 제1 부분(300a)의 에지(300c)까지의 거리가 도체(306)의 에지(312)로부터 제2 부분(300b)의 에지(300d)까지의 거리 보다 크도록 배치될 수 있다. 이러한 구성들에서, 상기 자기장 센싱 요소들(302a-302d, 304a-304d)은 상기 도체 에지(312)로부터 같은 거리로 이격되지 않을 수 있다.

[0064] 일부 실시예들에서, 전류 센서(300) 모두(또는 적어도 제1 및 제2 센서 장치들(302, 304) 모두)는 도체(306)와 수직하게 정렬(즉, 상부에 배치)될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 상기 제1 및 제2 센서 장치들(302, 304)의 센싱 요소들(302a-302d, 304a-304d)은 상기 센싱 요소들이 겪는 자기장들의 구배를 확보하기 위해 상기 도체(306)에 대해 중심을 두지 않는다. 다른 실시예들에서, 전류 센서(300)는 어떤(또는 적어도 제1 및 제2 센서 장치들(302, 304)의 센싱 요소들(302a-302d, 304a-304d)은 아닌) 부분도 도체(306)와 수직하게 정렬(즉, 상부에 배치)되지 않고, 대신에 전류 센서(300)가 도체(306)에 대해 수직하게 오프셋되도록 배치될 수 있다.

[0065] 비록 제1 및 제2 센서 장치들(302, 304)이 도 3에 각기 네 개의 자기장 센싱 요소들(302a-302d, 304a-304d)을 포함하는 것으로 도시되지만, 다른 실시예들에서, 제1 및 제2 센서 장치들(302, 304)(또는 여기에 설명되는 임의의 전류 센서)이 넷보다 적은 자기장 센싱 요소들 또는 넷 보다 많은 자기장 센싱 요소들을 포함할 수 있는 점이 이해되어야 할 것이다.

[0066] 이제 도 4를 참조하면, 전류 센서(400)는 도체(406)의 에지(412) 상부에 위치한다. 전류 센서(400)는 동일한 다이(die) 상에 배치되는, 제1, 제2, 제3 및 제4 자기장 센싱 요소들(402a-402d)을 가지는 제1 센서 장치(402) 그리고 제1, 제2, 제3 및 제4 자기장 센싱 요소들(404a-404d)을 가지는 제2 센서 장치(404)를 포함한다. 일 실시예에서, 도체(406)는 동일한 PCB 상에 납땜되는 전류 센서(400)와 함께, 또는 독립적인 버스 바(bus bar)로 인

쇄 회로 기판(PCB) 내에 통합될 수 있다.

[0067] 일 실시예에서, 전류 센서(400), 제1 및 제2 센서 장치들(402, 404), 그리고 도체(406)는 각기 도 1의 전류 센서(100), 제1 및 제2 센서 장치들(102, 104), 그리고 도체(106)와 동일할 수 있거나, 실질적으로 유사할 수 있다.

[0068] 상기 제1 센서 장치(402)의 자기장 센싱 요소들(402a-402d)은 도체(406)를 통하는 전류의 다른 전류 범위들을 측정하는 능력을 제공하기 위해 제2 센서 장치(404)의 자기장 센싱 요소들(404a-404d)과 다른 거리로 서로 이격될 수 있다. 예를 들면, 도 4에 예시한 바와 같이, 제1 센서 장치(402)는 도체(406)의 에지(412)에 걸치도록 배치된다. 제1 센서 장치(402)는 도체(406) 상부에 위치하지 않는 제1 쌍의 자기장 센싱 요소들(402a, 402b) 및 도체(406) 상부에 위치하는 제2 쌍의 자기장 센싱 요소들(402c, 402d)을 포함한다. 제1 쌍(402a, 402b)은 제2 쌍(402c, 402d)으로부터 제1 거리(420)로 이격된다. 일 실시예에서, 제1 쌍(402a, 402b)은 에지(412)로부터 제2 쌍(402c, 402d)과 동일한 거리로 이격된다. 다른 실시예들에서, 제1 쌍(402a, 402b)은 에지(412)로부터 제2 쌍(402c, 402d)과 다른 거리로 이격될 수 있다.

[0069] 제2 센서 장치(404)도 도체(406)의 에지(412)에 걸치도록 배치된다. 예를 들면, 제2 센서 장치(404)는 도체(406) 상부에 위치하지 않는 제1 쌍의 자기장 센싱 요소들(404a, 404b) 및 도체(406) 상부에 위치하는 제2 쌍의 자기장 센싱 요소들(404c, 404d)을 포함한다. 제1 쌍(404a, 404b)은 제2 쌍(404c, 404d)으로부터 제2 거리(422)로 이격된다. 일 실시예에서, 제1 쌍(404a, 404b)은 에지(412)로부터 제2 쌍(404c, 404d)과 동일한 거리로 이격된다. 다른 실시예들에서, 제1 쌍(404a, 404b)은 에지(412)로부터 제2 쌍(404c, 404d)과 다른 거리로 이격될 수 있다.

[0070] 상기 제1 센서 장치(402)의 제1 쌍의 요소들(402a, 402b) 및 제2 쌍의 요소들(402c, 402d) 사이의 제1 거리(420)는 상기 제2 센서 장치(404)의 제1 쌍의 요소들(404a, 404b) 및 제2 쌍의 요소들(402c, 402d) 사이의 상기 제2 거리(422)와 다를 수(예를 들어, 작거나 클 수) 있다. 이에 따라, 제1 센서 장치(402)는 도체(406)를 통하는 전류들의 제1 범위에 대응되는 제1 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성될 수 있고, 제2 센서 장치(404)는 도체(406)를 통하는 전류들의 다른 제2 범위에 대응되는 다른 제2 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성될 수 있다.

[0071] 제1 센서 장치(402)의 제1 및 제2 쌍들(402a-402d)과 제2 센서 장치(404)의 제1 및 제2 쌍들(404a-404d) 사이의 상이한 간격은 상기 제1 및 제2 센서 장치들(402, 404)에 대해 상이한 커플링 비(coupling ratio)들을 제공할 수 있다. 상기 다른 커플링 비들은 감도의 상이한 레벨들을 제공할 수 있다. 상기 센서 장치의 커플링 비는 측정되는 전류에 의해 각각의 센서 장치의 요소들 상에 발생되는 차동 자계의 양을 지칭한다. 예를 들면, 제1 센서 장치(402)는 보다 높은 전류 측정 범위를 감지하도록 구성될 수 있고, 도체(406)에 대해 제1 커플링 비를 가질 수 있으며, 상기 제2 센서 장치(404)는 보다 낮은 전류 측정 범위를 감지하도록 구성될 수 있고, 도체(406)에 대해 제2 커플링 비를 가질 수 있다. 상기 제1 센서 장치의 폐쇄 루프 구성에 의해 보상되는 자기장은 상기 제2 센서 장치의 경우 보다 클 수 있다. 이에 따라, 상기 도체(406) 및 상기 제1 센서 장치(402)의 제1 커플링 비는 상기 도체(406) 및 상기 제2 센서 장치(404) 사이의 제2 커플링 비와 비교할 경우에 보다 낮을 수 있거나, 감소될 수 있다. 예를 들면, 상기 제2 센서 장치의 폐쇄 루프 구성에 의해 보상되는 자기장이 보다 작을 수 있으며, 이에 따라 상기 도체(406) 및 상기 제2 센서 장치(404)의 제2 커플링 비가 보다 클 수 있다.

[0072] 이제 도 4a를 참조하면, 도표(450)는 도 4의 제1 센서 장치(402)에 대한 제1 커플링 비(452)와 도 4의 제2 센서 장치(404)에 대한 제2 커플링 비(454)를 비교하며, 도체(G/A)를 통하는 암페어(amp) 당 자기장 밀도에 상응하는 수직축(예를 들어, y축) 및 자기장 센싱 요소들 사이의 여기서는 밀리미터인 거리 값에 상응하는 수평축(예를 들어, x축)을 가진다.

[0073] 도표(450)에서, 상기 제1 센서 장치(402)의 제1 요소 쌍(402a, 402b)은 상기 제1 센서 장치(402)의 제2 요소 쌍(402c, 402d)으로부터 제1 거리(420)로 이격되어, 제1 커플링 비(452)를 가져온다. 또한, 상기 제2 센서 장치(404)의 제1 요소 쌍(404a, 404b)은 상기 제2 센서 장치(404)의 제2 요소 쌍(404c, 404d)으로부터 제2 거리(422)로 이격되어, 제2 커플링 비(454)를 가져온다.

[0074] 상기 커플링 비들(452, 454)(예를 들어, Rcp[G/A])은 상기 측정되는 도체(406)를 통하는 전류에 의해 상기 제1 및 제2 센서 장치들(402, 404)의 센싱 요소들 상에 발생되는 차동 자계에 대응된다. 이에 따라, 제1 및 제2 센서 장치들(402, 404)은 다른 측정 범위들 내의 자기장을 측정하기 위해 여기서는 제1 및 제2 커플링 비들(452, 454)인 다른 커플링 비들을 가지도록 형성된다.

[0075] 예를 들면, 상기 제1 센서 장치(예를 들어, 고전류 브리지)에 대하여, 감지되는 최대 자계가 높을 수 있으며, 이에 따라 상기 제1 쌍(402a, 402b) 및 제2 쌍(402c, 402d) 사이의 커플링 비가 상기 폐쇄 루프 구성에서 필요한 전류를 감소시키도록 작을 수(예를 들어, 보다 낮은 소모) 있다. 상기 제2 센서 장치(404)(예를 들어, 저전류 브리지)에 대하여, 감지되는 최대 자계가 낮을 수 있으며, 이에 따라 상기 제1 쌍(404a, 404b) 및 제2 쌍(404c, 404d) 사이의 커플링 비가 상기 폐쇄 루프 구성으로부터 너무 많은 전류를 요구함 없이 클 수(예를 들어, 보다 높은 전단 감도) 있다.

[0076] 이제 도 5를 참조하면, 도표(500)는 도 1의 전류 센서의 제2 센서 장치(예를 들어, 저전류 브리지)의 출력 신호(502)를 나타내며, 상기 출력 신호 값(amps)에 상응하는 수직축(예를 들어, y축) 및 여기서는 밀리초(ms)인 시간 값에 상응하는 수평축(예를 들어, x축)을 가진다. 일 실시예에서, 상기 제2 센서 장치는 도 1의 제2 센서 장치(104)와 동일할 수 있거나, 실질적으로 유사할 수 있으며, 출력 신호(502)는 상기 제2 자기장 신호(125)에 대응될 수 있다.

[0077] 일 실시예에서, 상기 제2 센서 장치는 저전류 브리지에 대응될 수 있고, 상기 제2 센서 장치에 의해 감지되는 전류가 하나 또는 그 이상의 각각의 한계값들 보다 크거나 초과할 때에 하나 또는 그 이상의 한계값들에서 포화되거나 그렇지 않으면 안정되도록 구성될 수 있다. 예를 들면, 도포(500)에 예시한 바와 같이, 상기 제2 센서 장치(예를 들어, 저전류 브리지)는 측정된 전류가 제1 한계값(504)(예를 들어, 30amps) 및/또는 제2 한계값(506)(예를 들어, -30amps) 보다 클 때에 포화되거나 안정되도록 구성될 수 있다.

[0078] 이제 도 5a를 참조하면, 도표(520)는 도 1의 전류 센서의 제1 센서 장치(예를 들어, 고전류 브리지)의 출력 신호(522)를 나타내며, 상기 출력 신호 값(amps)에 상응하는 수직축(예를 들어, y축) 및 여기서는 밀리초(ms)인 시간 값에 상응하는 수평축(예를 들어, x축)을 가진다. 일 실시예에서, 상기 제1 센서 장치는 도 1의 제1 센서 장치(102)와 동일할 수 있거나, 실질적으로 유사할 수 있으며, 출력 신호(522)는 상기 제1 자기장 신호(119)에 대응될 수 있다.

[0079] 상기 제1 센서 장치는 고전류 브리지에 대응될 수 있으며, 이에 따라 그 각각의 출력 신호(522)는 특정한 한계값에서 포화되지 않는다. 예를 들면, 도표(520)에 예시한 바와 같이, 출력 신호(522)는 상기 도체들을 통하는 +/- 60amps의 전류들에 의해 발생되는 자계들의 존재에서 포화되지 않거나 안정되지 않는다.

[0080] 일 실시예에서, 각각의 제2 및 제1 센서 장치들에 의해 발생되는 출력 신호들(502, 522)은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 전류 센서(100)의 출력 신호(139)과 같은 출력 신호를 발생시키도록 결합될 수 있다. 출력 신호들(502, 522)을 결합하기 위해, 포화 계수가 상기 출력 신호들(502, 522) 중의 적어도 하나에 적용될 수 있다.

[0081] 이제 도 5b를 참조하면, 도표(540)는 포화 계수, 또는 포화 계수 함수(542)를 나타낸다. 일 실시예에서, 포화 계수(542)는, 이에 한정되는 것은 아니지만, 전류 센서(100)의 출력 신호(139)와 같은 출력 신호를 발생시키도록 제2 및 제1 센서 장치들의 출력들(502, 522)과 함께 이용된다. 보다 상세하게는, 상기 포화 계수(542)는 상기 제1 자기장 신호(522)(도 5a)에 적용될 수 있고, 상기 포화 계수의 보완 버전은 상기 제2 자기장 신호(502)(도 5)에 적용될 수 있다.

[0082] 상기 포화 계수(542)는 상기 전류 센서의 센서 장치들 중의 적어도 하나의 출력들 중의 하나를 이용하여 계산될 수 있다. 예를 들면, 일부 실시예들에서, 상기 포화 계수(542)는 상기 제2 센서 장치(예를 들어, 저전류 브리지)의 출력 신호(502)를 이용하여 발생될 수 있다. 상기 포화 계수(542)의 값은 전류 센서(100)의 특정한 응용 및 측정되는 하나 또는 그 이상의 전류 범위들에 적어도 부분적으로 기초하여 결정되는 두 포화 계수들(여기서는, 0 및 1) 사이에서 변화될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 포화 계수(542)는 저전류들을 측정할 때에 여기서는 제1 센서 장치의 출력 신호(522)인 상기 고전류 브리지 출력을 소거하고, 노이즈의 주입을 방지하도록 구성될 수 있다.

[0083] 상기 포화 계수(D(t))는 다음의 식을 이용하여 결정될 수 있다.

[0084]
$$D(t) = exp\left(\frac{BridgeOutput_{LC}(t)}{I_{mean}} - 1\right)^{12}$$

[0085] 여기서, $BridgeOutput_{LC}$는 상기 저전류 브리지의 출력 값이고, I_{mean}은 고정 계수(fixed coefficient)이다. 상기 I_{mean} 값의 선택은 적용에 따라 달라질 것이다. 일반적으로, I_{mean}은 상기 고전류 브리지의 검출 한계 이상에 되어야 하며, 상기 저전류 폐쇄 루프의 소모를 제한하도록 충분히 낮아야 한다. 상기 포화 계수(542)는 양 출력 신

호들(502, 522)의 결합인 재구성되는 출력 신호를 제공하도록 상기 두 출력 신호들(502, 522) 사이의 계면들에서의 값들(예를 들어, 점프(jump)들)의 차이를 제한하도록 구성될 수 있다.

[0086] 이제 도 5c를 참조하면, 도표(560)는 상기 제1 센서 장치의 출력 신호(556)(예를 들어, 상기 포화 계수(D(t))를 곱한 도 5a의 신호(522)), 상기 제2 센서 장치의 출력 신호(558)(예를 들어, 상기 포화 계수의 보완(1-D(t))을 곱한 도 5의 신호(502)), 그리고 전류 센서(예를 들어, 도 1의 전류 센서(100))의 출력 신호(562)를 예시한다. 일 실시예에서, 출력 신호(562)는 도 1의 전류 센서(100)의 출력 신호(139)와 동일할 수 있거나, 실질적으로 유사할 수 있다.

[0087] 상기 출력 신호(562)($V_{out}(t)$)는 다음 식을 이용하여 결정될 수 있다.

[0088] $$V_{out}(t) = D(t) * BridgeOutput_{HC}(t) + \big(1 - D(t)\big) * BridgeOutput_{LC}(t)$$

[0089] 여기서, $D(t)$는 상기 포화 계수이고, $BridgeOutput_{HC}$는 상기 고전류 브리지의 출력 값이며, $BridgeOutput_{LC}$는 상기 저전류 브리지의 출력 값이다.

[0090] 도표(560)에 예시한 바와 같이, 출력 신호(562)는 상기 포화 계수의 보완을 곱한 상기 제2 센서 장치의 출력 신호(502) 및 상기 포화 계수를 곱한 상기 제1 센서 장치의 출력 신호(522)의 결합이다.

[0091] 도 6을 이제 참조하면, 전류 센서(100)의 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들을 제공하도록 사용될 수 있는 듀얼 스핀 밸브(dual spin valve) 자기저항 요소(600)는, 예를 들면, 이중 핀(double pinned) 자기저항 요소에 대응되는 제1 부분(602) 및 반전된 이중 핀 자기저항 요소에 대응되는 제2 부분(604)을 포함한다. 공통 반강자성 피닝층(antiferromagnetic pinning layer)(606)이 제1 부분(602) 및 제2 부분(604) 사이에 형성될 수 있다.

[0092] 상기 듀얼 스핀 밸브 자기저항 요소(600)는 두 개의 자유층 구조들을 가질 수 있으며, 여기서 스페이서층(spacer layer)들(608, 610)이 상기 두 자유층 구조들에 상이한 커플링들을 가져오도록 선택되는 상이한 두께들을 가질 수 있으므로, 상기 두 자유층 구조들이 도시된 바와 같은 대향하는 방향들을 구비하는 자기장들을 가진다. 상기 두 자유층 구조들 내의 상기 자기장들의 방향들은 도시된 방향과 반대가 될 수 있다.

[0093] 일부 실시예들에서, 제1 스페이서층(608)은 제1 스페이서층(608) 및 인접하는 상부 자유층 구조 사이에 반강자성 커플링을 야기하도록 두 예시적인 범위들 중의 하나 이내, 예를 들어, 약 1.7㎚ 내지 약 2.3㎚ 또는 약 3.0㎚ 내지 약 3.7㎚가 될 수 있는 두께를 가진다. 일부 다른 실시예들에서, 상기 두 범위들은 약 0.7㎚ 내지 약 1.0㎚ 또는 약 3.0㎚ 내지 약 3.7㎚로 대체될 수 있다.

[0094] 일부 실시예들에서, 제2 스페이서층(610)은 제2 스페이서층(610) 및 인접하는 하부 자유층 구조 사이에 반강자성 커플링을 야기하도록 두 예시적인 범위들 중의 하나 이내, 예를 들어, 약 1.0㎚ 내지 약 1.7㎚ 또는 약 2.3㎚ 내지 약 3.0㎚가 될 수 있는 두께를 가진다.

[0095] 이에 따라, 상기 두 자유층 구조들이 대향하는 방향들을 지향하는 명목 방향들을 구비하는 자기장들을 가지는 점이 이해될 것이다. 또한, 제1 및 제2 스페이서층들(608, 610)의 두께들의 선택에 의해, 강자성 및 반강자성인 상기 두 커플링들이 대략 동일한 크기이지만, 대향되는 방향들을 가질 수 있다.

[0096] 또한, 상기 이중 스핀 밸브 자기저항 요소(600)의 동작이 상기 자기저항 요소들(예를 들어, 이중 핀 자기저항 요소 부분(602) 및 반전된 이중 핀 자기저항 요소 부분(604)을 가지는 스택)의 일련의 스택 결합과 매우 유사하게 수행되며, 여기서 두 개의 결과적인 스페이서층들(608, 610)이 상기 하부 자유층 구조에 강자성 커플링을 야기하고, 상기 상부 자유층 구조에 반강자성 커플링을 야기하도록 선택되는 두께를 가지는 점이 이해되어야 할 것이다.

[0097] 일부 선택적인 실시예들에서, 제1 스페이서층(608)은 제2 스페이서층(610)과 동일한 두께를 가질 수 있거나, 그 반대가 될 수도 있다. 상기 이중 스핀 밸브 자기저항 요소(600)는 두 개의 합성 반강자성(synthetic antiferromagnetic: SAF) 핀 구조들을 가질 수 있으며, 두 개의 다른 핀층들(즉, single layer pinned layers)도 가질 수 있다. 상기 두 개의 합성 반강자성(SAF) 핀 구조들 및 상기 두 개의 다른 핀 층들 또한 여기서 핀층 구조들로 언급된다.

[0098] 상기 요소 스택들의 다양한 성질들이 결과적인 감도를 변화시키도록 변화될 수 있는 점이 이해될 것이다. 일 예로서, 이중 증착이 다른 감도들을 가지는 두 개의 다른 스택들을 생성하는 데 이용될 수 있다.

[0099] 이제 도 6a를 참조하면, 각기 차폐층(662, 664)을 가지는 제1 센서 장치(652) 및 제2 센서 장치(654)가 제공된다. 제1 및 제2 센서 장치들(652, 654)은 도 1의 제1 및 제2 센서 장치들(102, 104)과 동일할 수 있거나, 실질적으로 유사할 수 있다. 제1 센서 장치(652)는 제1 센서 장치(652)의 제1 표면(여기서는 상부 표면)에 인접하여 배치되는 제1 차폐층(662)을 포함하고, 제2 센서 장치(654)는 제2 센서 장치(654)의 제2 표면(여기서는 하부 표면)에 인접하여 배치되는 제2 차폐층(664)을 포함한다.

[0100] 비록 도 6a에 각각의 제1 및 제2 제2 센서 장치들(652, 654)의 적어도 하나의 표면에 인접하여 배치되는 차폐층이 도시되지만, 차폐층들이 제1 및 제2 센서 장치들(652, 654)의 임의의 표면상에 또는 인접하여 형성될 수 있는 점이 이해되어야 할 것이다. 예를 들면, 차폐층들(662, 664)은 특정 센서 장치의 상부 표면, 하부 표면, 측부 표면, 또는 상기 상부 표면, 하부 표면 및/또는 측부 표면의 임의의 결합에 인접하도록 제공될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 및 제2 센서 장치들(652, 654) 중의 하나는 차폐층을 포함할 수 있고, 제1 및 제2 센서 장치들(652, 654) 중의 다른 하나는 차폐층을 포함하지 않을 수 있다.

[0101] 상기 차폐 특성은 제1 및 제2 센서 장치들(652, 654) 사이에서 다를 수 있다. 예를 들면, 제1 및 제2 차폐층들(662, 664)은 연질의 자성 물질로 이루어질 수 있다. 상기 제1 및 제2 차폐층들(662, 664)은 각각의 센서 장치에 대해 다른 감도들 및 측정 범위들을 제공하기 위해 다른 성질들 및/또는 치수들(예를 들어, 두께) 및/또는 각각의 센서 장치에 대한 위치를 가질 수 있다. 이와 같은 실시예에서, 제1 센서 장치(652) 및 제2 센서 장치(654)는 이들의 각각의 차폐층들(662, 664)에 기인하는 감도에서 서로 다를 수 있다.

[0102] 이제 도 7을 참조하면, 도체를 통하는 전류에 의해 발생되는 자기장을 감지하기 위한 방법(700)이 예시된다. 방법(700)은 블록 702에서 제1 센서 장치에 의해 상기 도체를 통하는 전류들의 제1 범위에 대응되는 제1 측정 범위 내의 자기장을 감지하며, 상기 제1 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제1 자기장 신호를 발생시킴으로써 시작된다.

[0103] 블록 704에서, 제2 센서 장치에 의해 상기 도체를 통하는 전류들의 제2 범위애 대응되는 제2 측정 범위 내에서 자기장이 감지될 수 있고, 상기 제2 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 상기 제2 자기장 신호가 발생된다. 일 실시예에서, 상기 제1 자기장 신호는 상기 제2 자기장 신호와 다를 수 있고, 상기 전류들의 제1 범위는 상기 전류들의 제2 범위와 다를 수(예를 들어, 작거나 클 수) 있다.

[0104] 상기 다른 센서 장치들은 상기 도체를 통하는 전류의 다른 범위들에 대응되는 다른 측정 범위들을 구비하여 다른 측정 범위들 내의 자기장들 감지하도록 구성될 수 있다. 예를 들면, 일 실시예에서, 제1 센서 장치는 보다 높은 전류 범위에 대응되는 상기 제1 측정 범위를 구비하여 상기 제1 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성될 수 있고, 제2 센서 장치는 보다 낮은 전류 범위에 대응되는 상기 제2 측정 범위를 구비하여 상기 제2 측정 범위 내의 자기장을 감지하도록 구성될 수 있다.

[0105] 각각의 상기 다른 센서 장치들(예를 들어, 브리지 구성들)은 각각의 측정 범위들 내의 감지된 자기장을 나타내는 자기장 신호(예를 들어, 아날로그 출력)를 발생시킬 수 있다. 다른 자기장 신호들을 발생시키기 위해, 상기 제1 센서 장치 및 상기 제2 센서 장치는, 이에 한정되는 것은 아니지만, 형상 이방성 특성, 차폐 특성, 상기 제1 및 제2 센서 장치들의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격 및/또는 스택 성질과 같은 다른 성질들을 가질 수 있다. 예를 들면, 상기 제1 센서 장치 및 상기 제2 센서 장치는, 이에 한정되는 것은 아니지만, 다른 폭들, 두께들 또는 형상들을 가지는 것과 같이 형상 이방성 특성에서 서로 다를 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 제1 센서 장치의 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들은 제1 폭을 가질 수 있고, 상기 제2 센서 장치의 하나 또는 그 이상의 자기장 센싱 요소들은 상기 제1 폭과 다른(예를 들어, 작거나, 큰) 제2 폭을 가질 수 있다.

[0106] 상기 제1 및/또는 제2 센서 장치의 자기장 센싱 요소들은 요크 형상과 같은 다양한 다른 형상들로 형성될 수 있다.

[0107] 상기 제1 센서 장치는 제1 브리지 구성으로 배열된 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들을 포함할 수 있고, 상기 제2 센서 장치는 제2 브리지 구성으로 배열된 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들을 포함할 수 있다. 각 브리지 구성의 상기 자기장 센싱 요소들 사이의 간격은 상기 다른 측정 범위들을 갖는 센서 장치들을 제공하기 위해 다를 수 있다. 예를 들면, 상기 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격은 상기 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들 사이의 간격과 다를 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 제1 브리지의 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들 및 상기 제1 브리지의 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 실질적으로 동등한 거리에 있을 수 있다. 다른 실시예들에서, 상기 제1 브리지의 제1의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 제1 거리에 배치될 수 있고, 상기 제2 브리지의 제2의 복수의 자기장 센싱 요소들은 상기 에지로부터 상기 제1 거리와 다른

(예를 들어, 크거나 작은) 제2 거리에 배치될 수 있다.

[0108] 일부 실시예들에서, 차폐 특성이 상기 제1 및 제2 센서 장치들 사이에서 다를 수 있다. 예를 들면, 연질의 자성 물질의 차폐층은 상기 제1 센서 장치 또는 상기 제2 센서 장치 중의 적어도 하나에 형성될 수 있으므로, 상기 제1 센서 장치 및 상기 제2 센서 장치가 상기 차폐층에 기인하는 감도에서 서로 다를 수 있다. 일 실시예에서, 각각의 상기 제1 및 제2 센서 장치들이 차폐층을 포함할 수 있지만, 상기 차폐층들은 각각의 센서 장치에 대해 다른 감도들 및 측정 범위들을 제공하기 위해 다른 특성들을 가질 수 있다.

[0109] 블록 706에서, 상기 제1 자기장 신호 및 상기 제2 자기장 신호가 상기 도체를 통하는 전류를 나타내는 출력 신호를 발생시키도록 결합될 수 있다. 상기 제2 센서 장치(예를 들어, 저전류 브리지)의 출력은 상기 제2 센서 장치를 위해 목표로 하는 측정 범위 보다 높은 전류에 대해 포화될 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 전류 센서의 회로부(예를 들어, 전단 증폭기들)가 상기 다른 센서 장치(예를 들어, 다른 브리지) 감도들을 보상하도록 구성될 수 있으므로, 상기 다른 센서 장치들이 동일한 전류에 대해 동일하거나 실질적으로 유사한 출력 레벨들을 가질 수 있다.

[0110] 상기 제1 및 제2 자기장 신호들을 결합하기 위해, 포화 계수가 상기 제1 또는 제2 센서 장치들 중의 적어도 하나의 출력을 이용하여 발생될 수 있다. 예를 들면, 상기 포화 계수(D(t))는 다음의 식을 이용하여 결정될 수 있다.

[0111] $$D(t) = exp\left(\frac{BridgeOutput_{LC}(t)}{I_{mean}} - 1\right)^{12}$$

[0112] 여기서, $BridgeOutput_{LC}$는 상기 저전류 브리지의 출력값이며, I_{mean}은 상기 고전류 브리지의 검출 한계 이상으로 선택되고, 상기 저전류 폐쇄 루프의 소모를 제한하도록 충분히 낮은 고정 계수이다. 일부 실시예들에서, 상기 저전류 브리지는 상기 제2 센서 장치가 될 수 있으며, 이에 따라 상기 제2 센서 장치에 의해 발생되는 제2 자기장 신호가 상기 포화 계수를 발생시키는 데 이용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 상기 저전류 브리지는 상기 제1 센서 장치가 될 수 있으며, 이에 따라 상기 제1 센서 장치에 의해 발생되는 제1 자기장 신호가 상기 포화 계수를 발생시키는 데 이용될 수 있다.

[0113] 상기 포화 계수의 값은 두 포화 계수들(예를 들어, 0 및 1) 사이에서 변화될 수 있고, 상기 포화 계수들은 상기 전류 센서의 특정한 응용 및 측정되는 하나 또는 그 이상의 전류 범위들에 적어도 부분적으로 기초하여 결정될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 포화 계수는 상기 고전류 브리지 출력을 제거하고, 저전류들을 측정할 때에 노이즈의 주입을 방지하도록 구성될 수 있다.

[0114] 보완 포화 계수는 상기 포화 계수의 보완 버전(예를 들어, 1-D(t))을 취하여 생성될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 포화 계수는 제1 전류 범위 신호를 발생시키도록 상기 제1 자기장 신호에 적용될 수 있고, 상기 포화 계수의 보완 버전은 제2 전류 범위 신호를 발생시키도록 상기 제2 자기장 신호에 적용될 수 있다.

[0115] 상기 제1 전류 범위 신호 및 상기 제2 전류 범위 신호는 상기 도체에 의해 운반되는 전류에 대응되는 상기 출력 신호를 발생시키도록 결합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 출력 신호($V_{out}(t)$)는 다음의 식을 이용하여 결정될 수 있다.

[0116] $$V_{out}(t) = D(t) * BridgeOutput_{HC}(t) + \big(1 - D(t)\big) * BridgeOutput_{LC}(t)$$

[0117] 여기서, $D(t)$는 상기 포화 계수이고, $BridgeOutput_{HC}$는 상기 고전류 브리지의 출력값(예를 들어, 상기 제1 센서 장치로부터의 제1 자기장 신호)이며, $BridgeOutput_{LC}$는 상기 저전류 브리지의 출력값(예를 들어, 상기 제2 센서 장치의 제2 자기장 신호)이다. 상기 출력 신호는 둘 또는 그 이상의 측정 범위들을 이용하여 상기 도체를 통하는 전류에 대응된다.

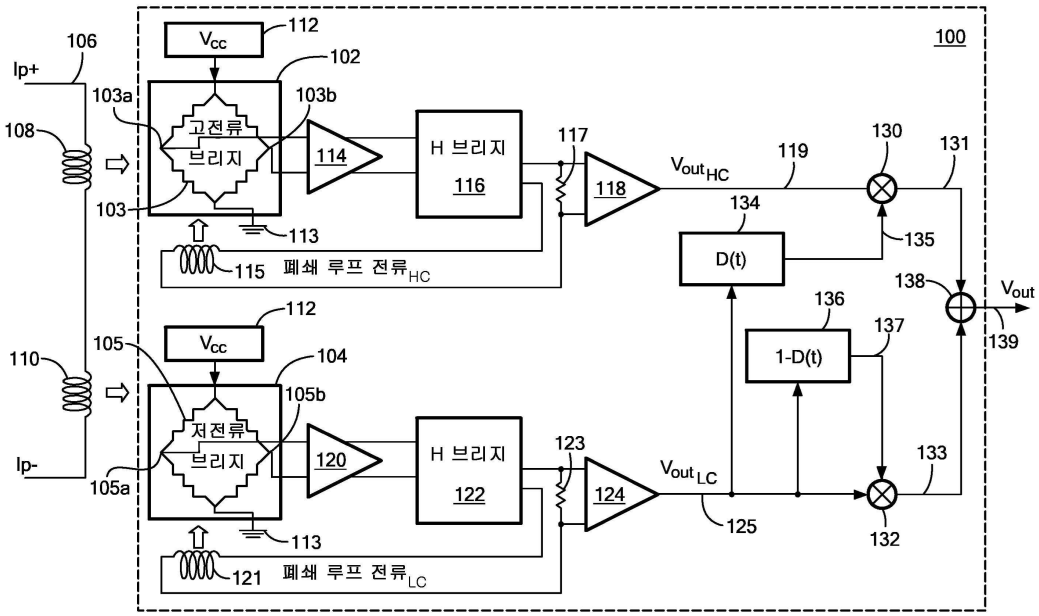
[0118] 블록 702, 블록 704 및 블록 706과 관련하여 설명된 동작들이 동시에 또는 실질적으로 동시에 수행될 수 있는 점이 이해될 것이다.

[0119] 본 발명의 주제인 다양한 개념들, 구조들 및 기술들을 예시하는 데 기여하는 바람직한 실시예들을 설명하였지만, 이들 개념들, 구조들 및 기술들을 포괄하는 다른 실시예들도 구현될 수 있는 점이 명백할 것이다. 이에 따라, 본 발명의 범주가 설시된 실시예들에 한정되는 것은 아니며, 다음의 특허청구범위의 사상과

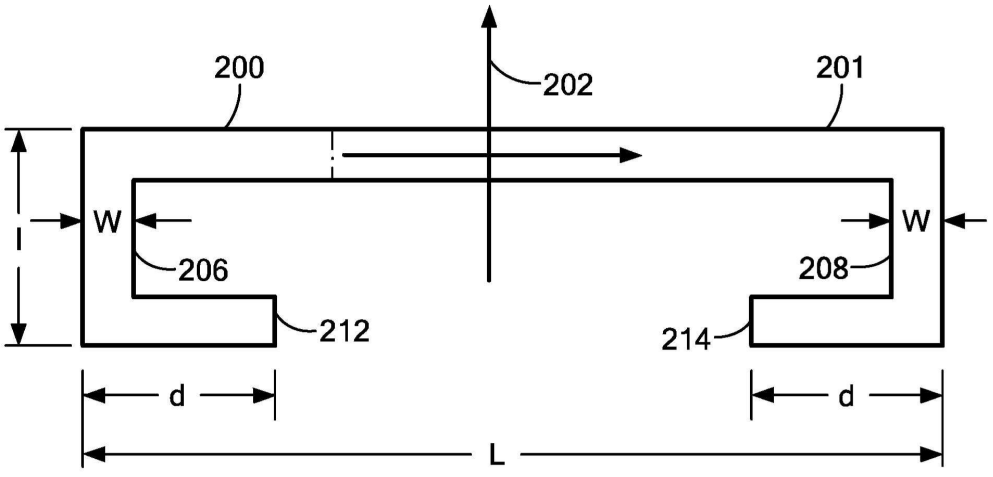
범주에 의해서만 한정되어야 하는 점이 이해될 것이다.

도면

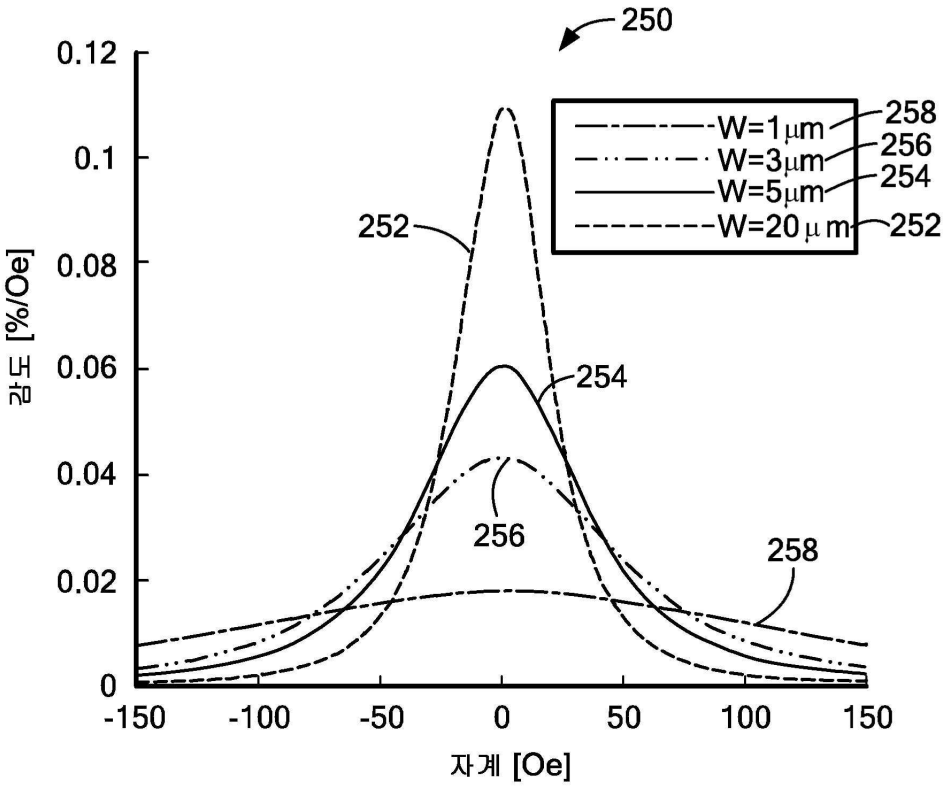
도면1



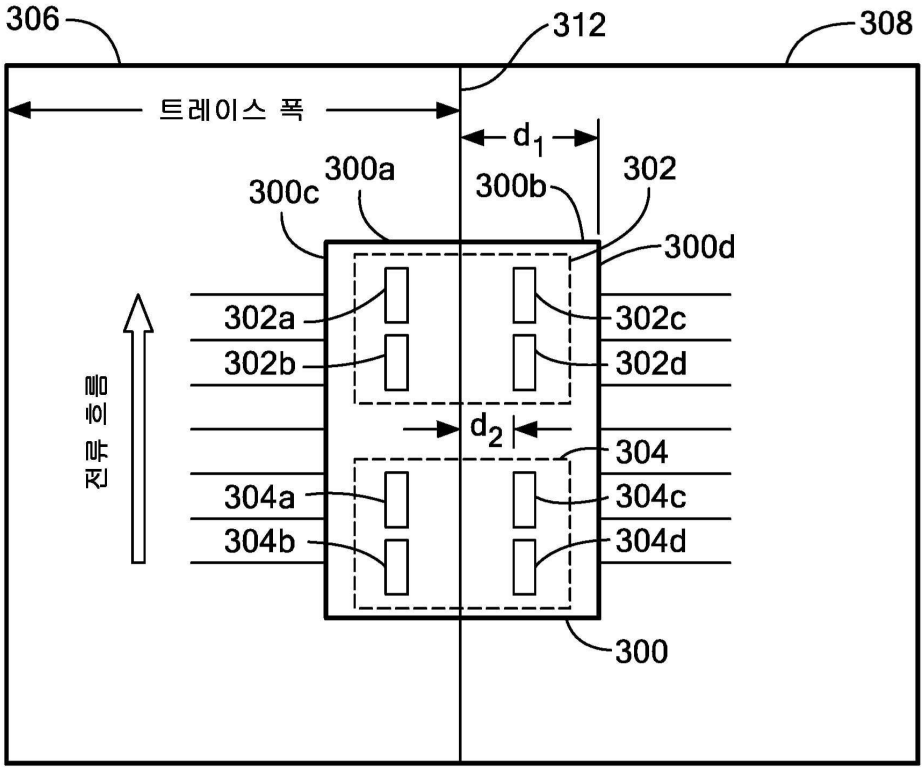
도면2



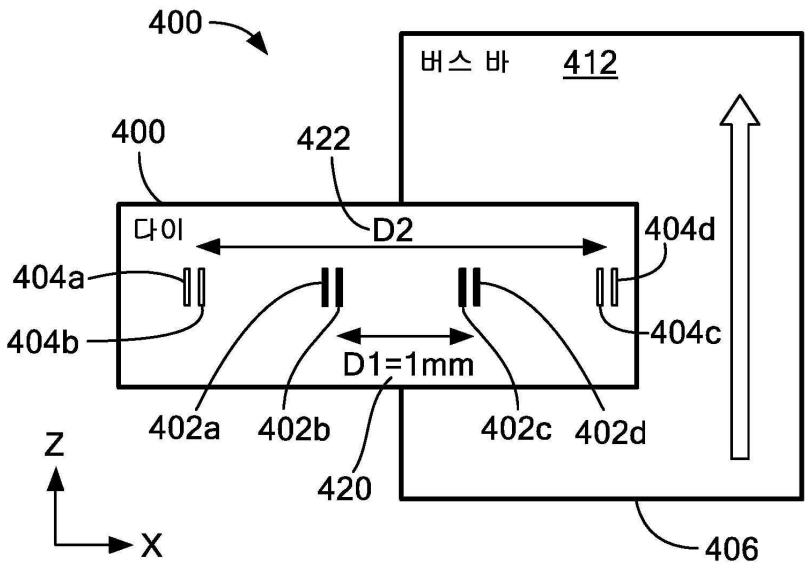
도면2a


250
0.12
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
감도 [%/Oe]
-150
-100
-50
0
50
100
150
자계 [Oe]
W=1μm
W=3μm
W=5μm
W=20μm
258
256
254
252
252
254
256
258

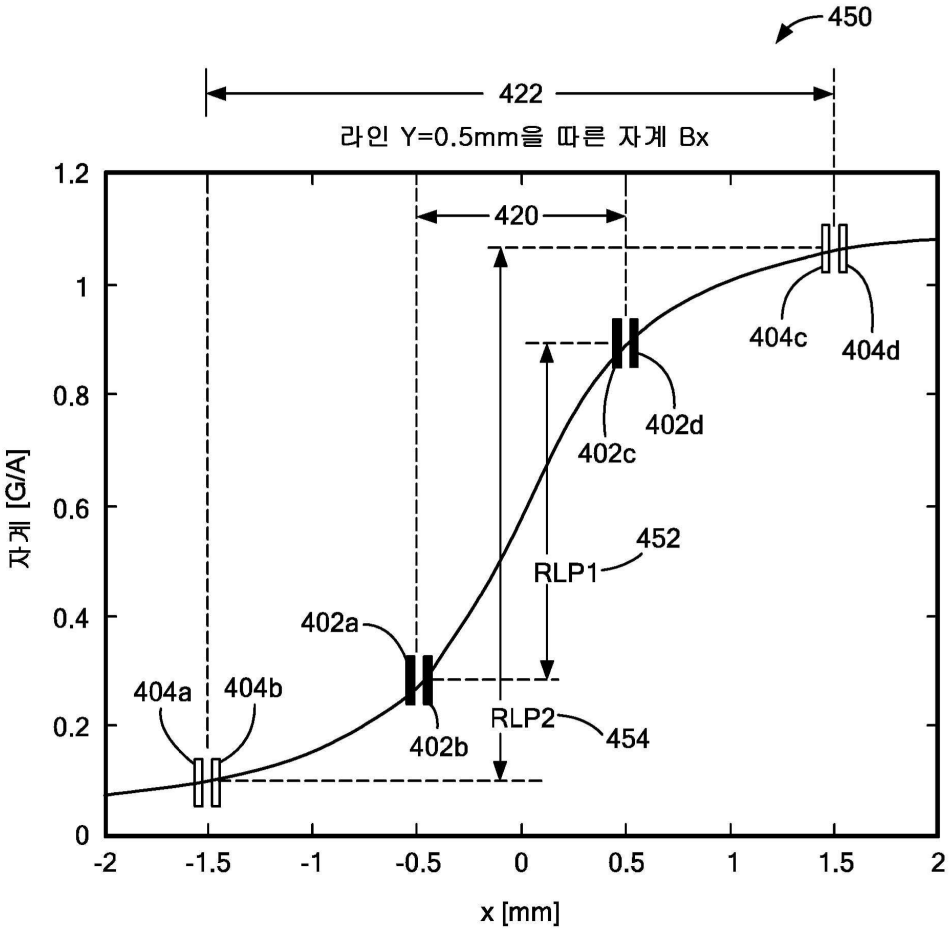
도면3


306
312
308
트레이스 폭
d1
300a
300c
300b
302
300d
302a
302b
302c
302d
d2
304
304a
304b
304c
304d
전류 흐름
300

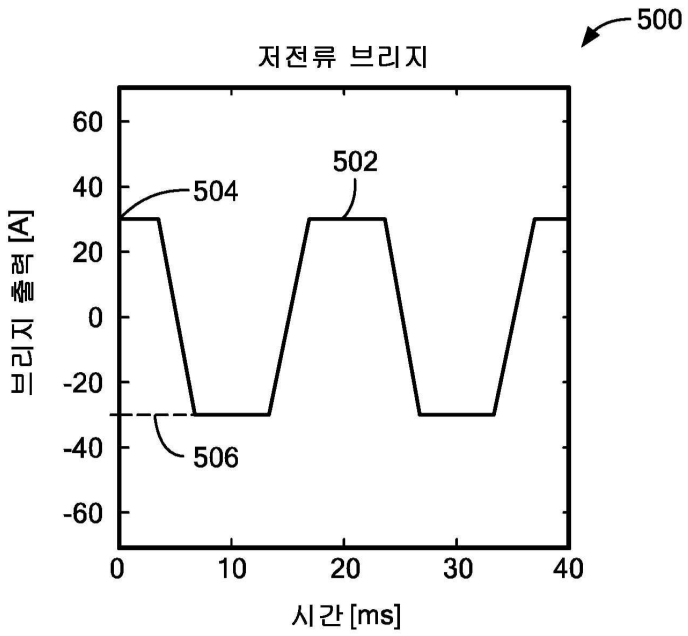
도면4


400
버스 바 412
400
422
다이
D2
404d
404a
404b
404c
D1=1mm
402a
402b
402c
402d
420
Z
X
406

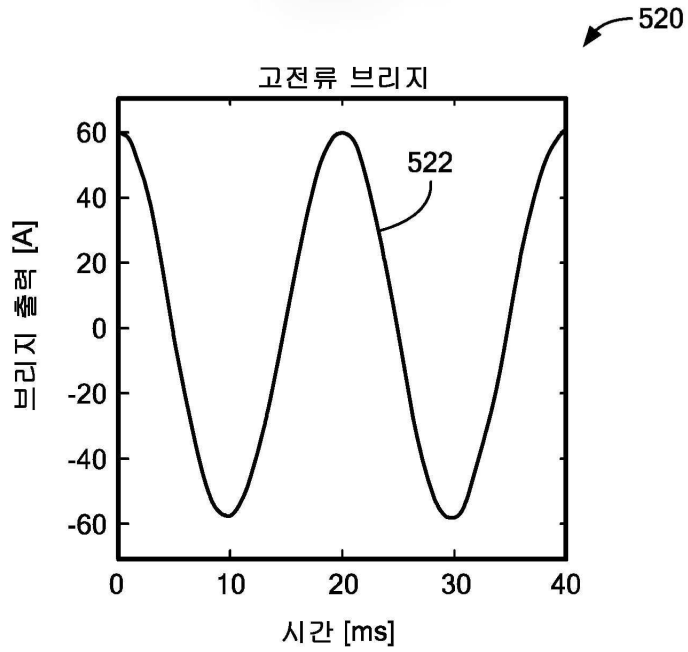
도면4a


450
422
라인 Y=0.5mm을 따른 자계 Bx
420
404c
404d
402d
402c
452
RLP1
402a
404a
404b
RLP2
454
402b
자계 [G/A]
x [mm]
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-2
-1.5
-1
-0.5
0
0.5
1
1.5
2

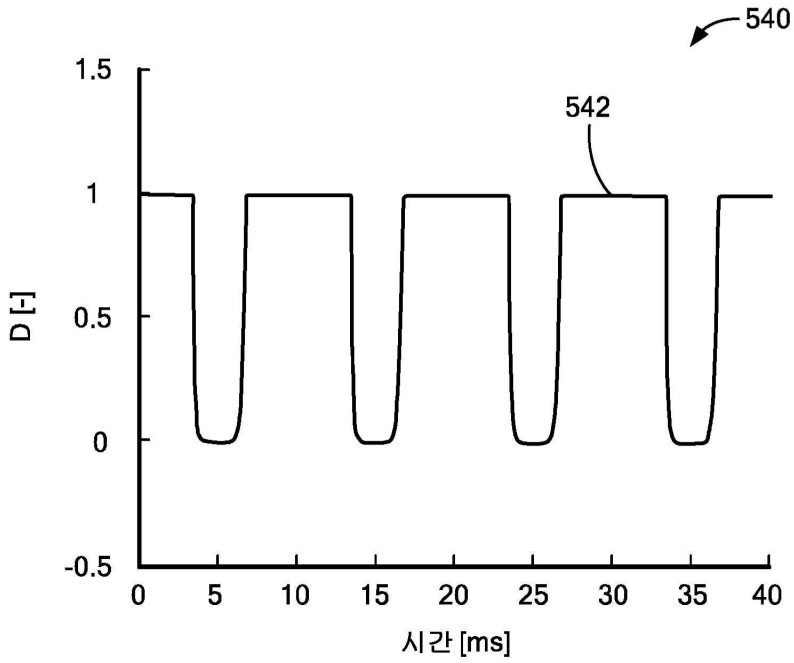
도면5


500
저전류 브리지
60
40
20
0
-20
-40
-60
502
504
506
브리지 출력 [A]
0
10
20
30
40
시간 [ms]

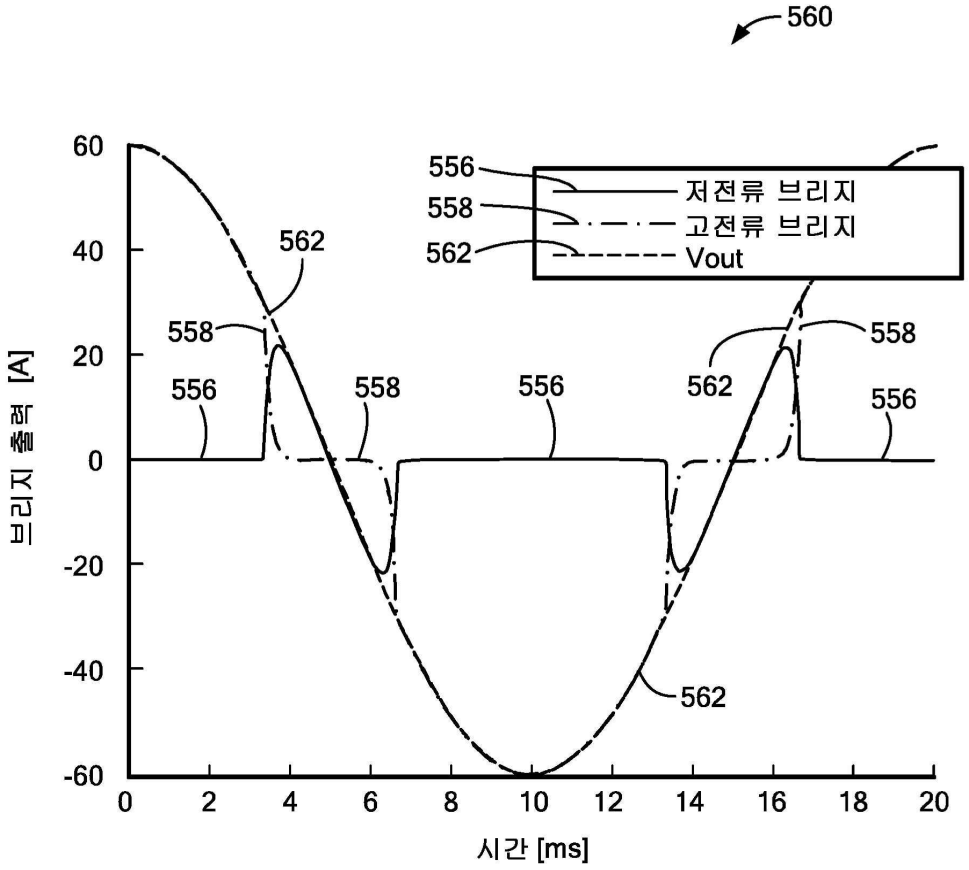
도면5a


520
고전류 브리지
60
40
20
0
-20
-40
-60
522
브리지 출력 [A]
0
10
20
30
40
시간 [ms]

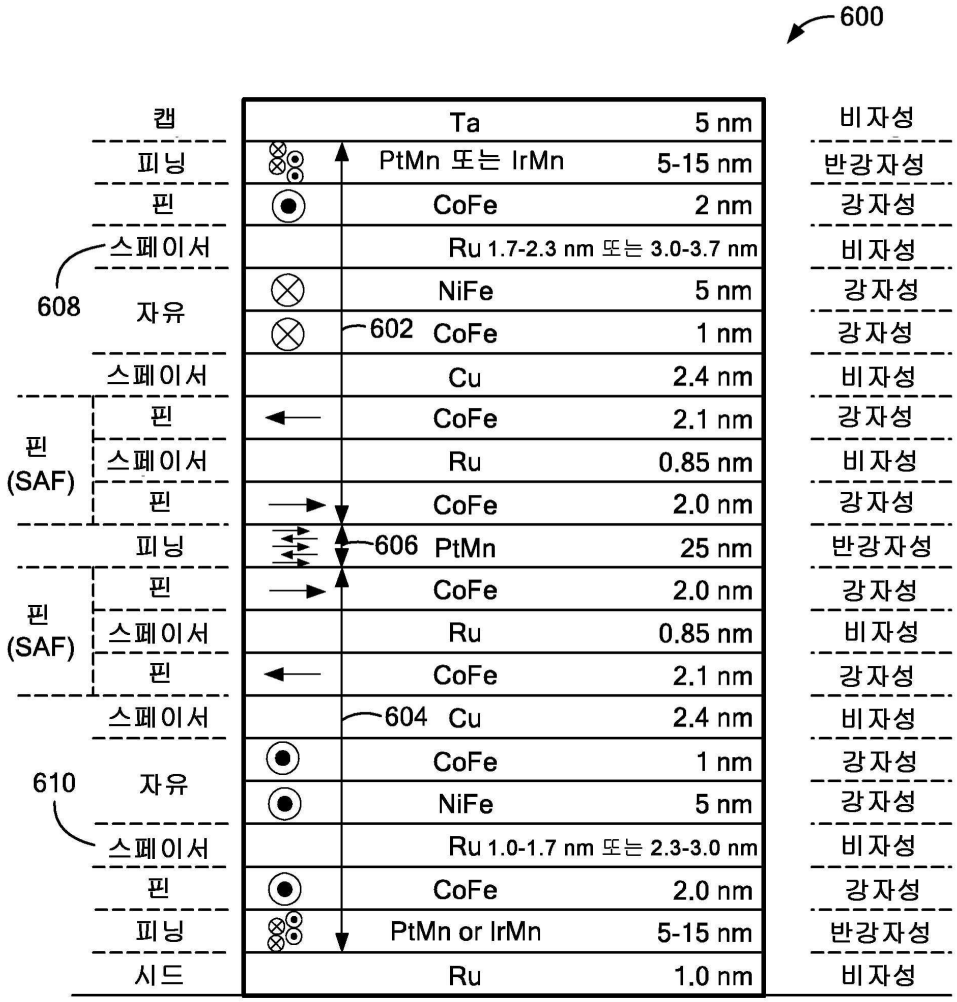
도면5b



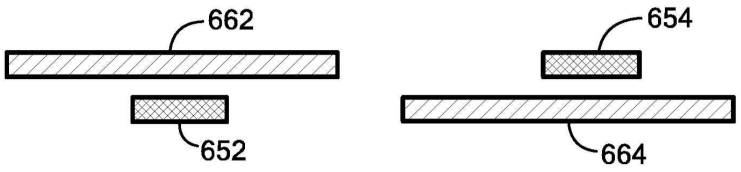
도면5c


560
556
558
562
저전류 브리지
고전류 브리지
Vout
브리지 출력 [A]
시간 [ms]
60
40
20
0
-20
-40
-60
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20

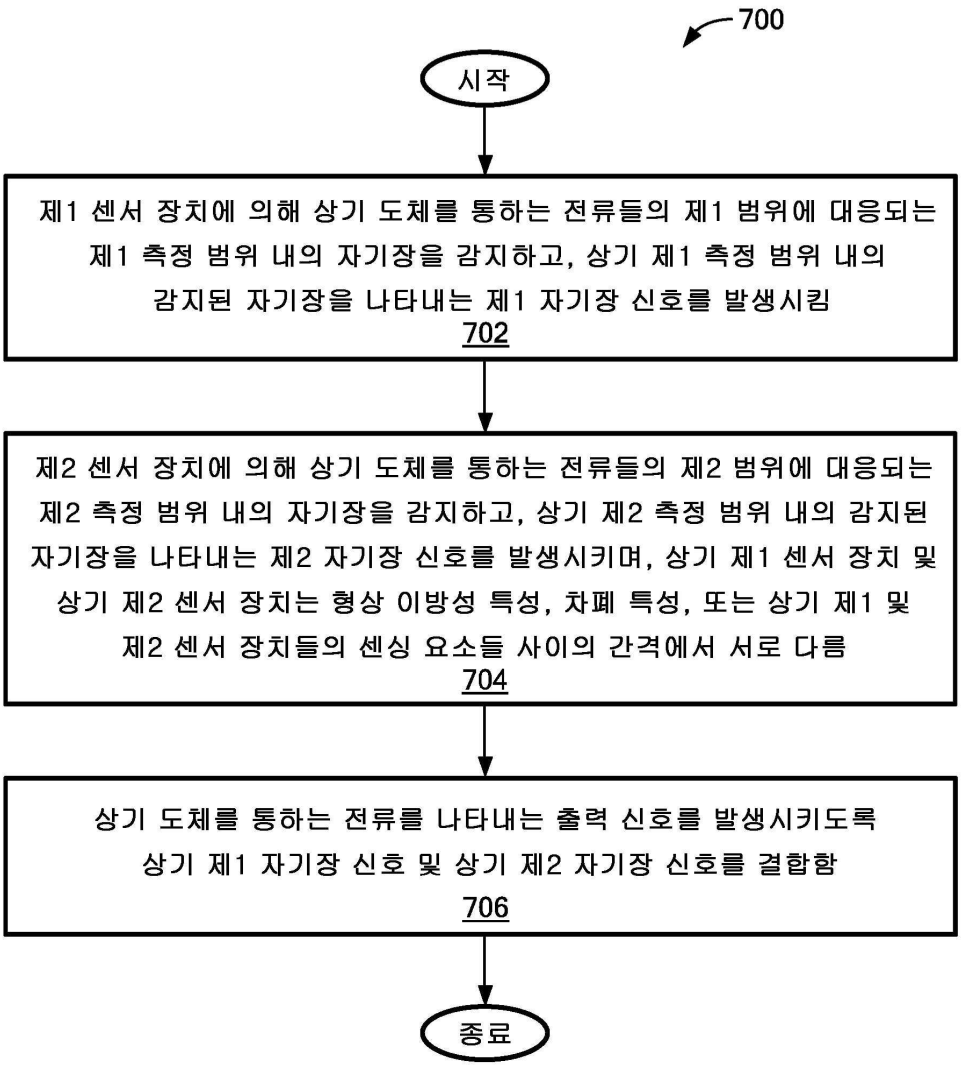
도면6


600
캡
Ta
5 nm
비자성
피닝
PtMn 또는 IrMn
5-15 nm
반강자성
핀
CoFe
2 nm
강자성
스페이서
Ru 1.7-2.3 nm 또는 3.0-3.7 nm
비자성
608
자유
NiFe
5 nm
강자성
602
CoFe
1 nm
강자성
스페이서
Cu
2.4 nm
비자성
핀
CoFe
2.1 nm
강자성
핀 (SAF)
스페이서
Ru
0.85 nm
비자성
핀
CoFe
2.0 nm
강자성
606
피닝
PtMn
25 nm
반강자성
핀
CoFe
2.0 nm
강자성
핀 (SAF)
스페이서
Ru
0.85 nm
비자성
핀
CoFe
2.1 nm
강자성
604
스페이서
Cu
2.4 nm
비자성
610
자유
CoFe
1 nm
강자성
NiFe
5 nm
강자성
스페이서
Ru 1.0-1.7 nm 또는 2.3-3.0 nm
비자성
핀
CoFe
2.0 nm
강자성
피닝
PtMn or IrMn
5-15 nm
반강자성
시드
Ru
1.0 nm
비자성

도면6a


662
652
654
664

도면7


700
시작
제1 센서 장치에 의해 상기 도체를 통하는 전류들의 제1 범위에 대응되는 제1 측정 범위 내의 자기장을 감지하고, 상기 제1 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제1 자기장 신호를 발생시킴
702
제2 센서 장치에 의해 상기 도체를 통하는 전류들의 제2 범위에 대응되는 제2 측정 범위 내의 자기장을 감지하고, 상기 제2 측정 범위 내의 감지된 자기장을 나타내는 제2 자기장 신호를 발생시키며, 상기 제1 센서 장치 및 상기 제2 센서 장치는 형상 이방성 특성, 차폐 특성, 또는 상기 제1 및 제2 센서 장치들의 센싱 요소들 사이의 간격에서 서로 다름
704
상기 도체를 통하는 전류를 나타내는 출력 신호를 발생시키도록 상기 제1 자기장 신호 및 상기 제2 자기장 신호를 결합함
706
종료