(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0130298
(43) 공개일자 2013년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/82 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0053987
(22) 출원일자 2012년05월22일
심사청구일자 2012년05월22일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 서석동 375 조선대학교 내
(72) 발명자
이진이
광주광역시 서구 풍암동 대주2차아파트 202동 805호
김정민
광주광역시 동구 금동 57-38 한스빌라 301호
전종우
광주광역시 광산구 신가동 1030번지 신창7차부영사랑으로아파트 1309동 201호
(74) 대리인
특허법인아이엠

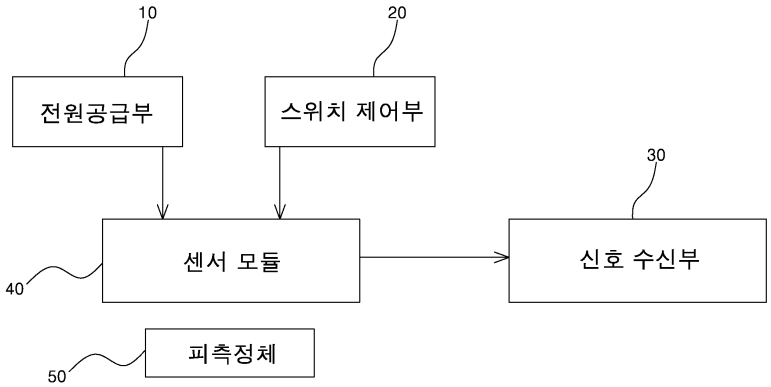
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 **이종 자기 센서를 이용하는 결함 탐상 장치**

(57) 요 약

본 발명의 자기센서를 이용하는 결함 탐상 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 전원을 공급하는 전원공급부, 전원공급부로부터 인가된 입력전원을 수신하여 피측정체의 자기장에 상응하여 센싱전원을 출력하는 센서모듈; 및 센서모듈로부터 출력된 상기 센싱전원을 정량적인 수치로 변환하여 상기 자기장의 세기 분포를 계산하는 신호수신부를 포함하는 결함 탐상 장치에 있어서, 센서모듈은 센서면에 수직방향의 자기장 벡터를 검출하는 제1 센서 어레이 및 제1 센서 어레이와 수평으로 겹쳐지며, 센서면의 수평 방향의 자기장 벡터를 검출하는 제2 센서 어레이를 포함하는 결함 탐상 장치를 제공한다. 본 발명의 실시 에에 따른 결함 탐상 장치는 센서면에 수직방향, 수평방향의 자기장 분포를 검출할 수 있으며, 센서 어레이들의 외부 배선을 줄여 집적도를 높일 수 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2011-0030110
부처명	교육과학기술부
연구사업명	원자력연구개발사업-방사선기술개발사업-첨단비파괴검사기술개발
연구과제명	실시간 플렉시블 3차원 마이크로 자기카메라 개발 및 비파괴검사 응용
기 여 율	1/2
주관기관	조선대학교 산학협력단
연구기간	2011.09.05 ~ 2014.06.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	H0301-12-2008
부처명	지식경제부
연구사업명	대학IT연구센터 육성지원
연구과제명	IT 기반 실시간 손상계측기술 개발
기 여 율	1/2
주관기관	조선대학교 산학협력단
연구기간	2012.01.01 ~ 2012.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

전원을 공급하는 전원공급부;

상기 전원공급부로부터 인가된 입력전원을 수신하여 피측정체의 자기장에 상응하여 센싱전원을 출력하는 센서모듈; 및

상기 센서모듈로부터 출력된 상기 센싱전원을 정량적인 수치로 변환하여 상기 자기장의 세기 분포를 계산하는 신호수신부를 포함하는 결함 탐상 장치에 있어서,

상기 센서모듈은

센서면에 수직방향의 자기장 벡터를 검출하는 제1 센서 어레이; 및

상기 제1 센서 어레이와 평행하게 겹쳐지며, 상기 센서면의 수평 방향의 자기장 벡터를 검출하는 제2 센서 어레이를 포함하는 결함 탐상 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제1 센서 어레이는

복수의 자기센서가 M(자연수)행 N(자연수)열로 배치되며,

상기 각각의 자기센서는 제1 및 제2 입력단과 제1 및 제2 출력단을 구비하는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 제1 입력단에 상기 입력전원이 인가되도록 스위칭되는 제1 입력스위치부; 및

상기 제2 입력단에 접지전원이 인가되도록 스위칭되는 제2 입력스위치부를 포함하는 결함 탐상 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제1 입력스위치부는

일단이 행방향으로 배열된 자기센서들의 상기 제1 입력단과 연결되며, 타단은 상기 전원공급부와 연결되는 복수의 스위치 소자를 구비하는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 제2 입력스위치부는

일단이 행방향으로 배열된 자기센서들의 상기 제2 입력단과 연결되며, 타단이 상기 접지전원과 연결되는 복수의 스위치 소자를 구비하는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 제1 및 제2 입력스위치부는 종방향으로 형성되며, 종방향으로 형성된 상기 자기센서들의 개수에 상응하는 스위치소자들을 구비하는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 제1 입력스위치부의 복수의 스위치 소자들을 순차적으로 턴온 및 턴오프 시키는 제1 제어신호를 인가하고,

상기 제2 입력스위치부의 복수의 스위치 소자들을 순차적으로 턴온 및 턴오프 시키는 제2 제어신호를 인가하는 스위치 제어부를 더 포함하는 결함 탐상 장치.

청구항 8

제 2 항에 있어서,

상기 자기센서는 홀센서인 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제2 센서 어레이는

제1 및 제2 입력단과 제1 및 제2 출력단을 구비하는 복수의 자기저항센서가 I(자연수)행, J(자연수)열로 배치되는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 자기저항센서의 제1 입력단에 상기 전원공급부로부터의 입력전원을 공급하는 제3 입력스위치부; 및

상기 자기저항센서의 제2 입력단에 접지전원을 인가하는 제4 입력스위치부를 포함하는 결함 탐상 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제3 입력스위치부는

일단이 행방향으로 배열된 자기저항센서들의 제1 입력단과 연결되며, 타단은 상기 전원공급부와 연결되는 복수의 스위치 소자를 구비하는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 제4 입력스위치부는

일단이 행방향으로 배열된 자기저항센서들의 제2 입력단과 연결되며, 타단이 상기 접지전원과 연결되는 복수의 스위치 소자를 구비하는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 13

제 11 항 또는 제 12 항에 있어서,

상기 제3 및 제4 입력스위치부는 종방향으로 형성되며, 상기 종방향으로 형성된 상기 자기센서들의 개수에 상응하는 스위치소자들을 구비하는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

제1 단자는 상기 자기저항센서에 고정되며, 제2 및 제3 단자를 선택하도록 스위칭되어, 상기 자기저항센서의 입력단과 출력단을 바꾸도록 스위칭하는 복수의 교환스위치부를 더 포함하되,

상기 복수의 교환스위치부는

제2 단자는 상기 제3 입력스위치부에 연결되며, 제3 단자는 제1 출력단과 연결되는 제1 교환스위치부;

제2 단자는 상기 제4 입력스위치부에 연결되며, 제3 단자는 제2 출력단과 연결되는 제2 교환스위치부;

제2 단자는 상기 제1 출력단과 연결되고, 제3 단자는 상기 제3 입력스위치부에 연결되는 제3 교환스위치부; 및

제2 단자는 상기 제2 출력단과 연결되고, 제4 단자는 상기 제4 입력스위치부에 연결되는 제4 교환스위치부를 포함하는 결함 탐상 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 제1 내지 제4 교환스위치부의 스위치소자들이 제1 단자와 제2 단자 사이가 연결되도록 스위칭되면, 상기 제2 센서 어레이는 상기 피측정체의 x축 방향의 자기장 분포를 측정하며,

상기 제1 내지 제4 교환스위치부의 스위치소자들이 제1 단자와 제3 단자 사이가 연결되도록 스위칭되면, 상기 제2 센서 어레이는 상기 피측정체의 y축 방향의 자기장 분포를 측정하는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 제3 입력스위치부의 복수의 스위치 소자들을 순차적으로 턴온 및 턴오프 시키는 제3 제어신호를 인가하고,

상기 제4 입력스위치부의 복수의 스위치 소자들을 순차적으로 턴온 및 턴오프 시키는 제4 제어신호를 인가하는 스위치 제어부를 더 포함하는 결함 탐상 장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 스위치 제어부는

상기 제1 내지 제4 교환스위치부의 스위치소자들을 스위칭하는 제5 제어신호를 제공하는 것을 특징으로 하는 결

함 탐상 장치.

청구항 18

제 9 항에 있어서,

상기 자기저항센서는

MR 센서, GMR 센서, GMI 센서, SDT 센서, MTJ 센서 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 19

제 1 항에 있어서,

상기 신호 수신부는

상기 센서모듈로부터 인가된 출력을 증폭하는 증폭부 또는 상기 출력을 디지털 신호로 변환하는 변환부를 더 포함하는 결함 탐상 장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 결함 탐상 장치에 관한 것으로, 특히 이종 자기 센서 어레이를 이용한 비스캔 방식의 결함 탐상 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 자기적 현상을 이용한 비파괴(Nondestructive) 검사 방법은 구조물의 표면 결함이나 표면 근방의 이면 결함 또는 내면 결함을 찾아내는데 유용한 검사 방법이다. 비파괴 검사 방법을 이용하여, 원자력 발전, 화력 발전, 화학 산업 등에 사용되는 대형 플랜트나 구조물의 결함을 찾아낼 수 있다.

[0003] 종래의 자기장 분포를 이용한 탐상 장치는 1개의 자기 센서를 2차원 스캔 하는 방법, 1열의 센서를 1차원 스캔하는 방법, 2차원으로 배열한 센서를 이용하는 방법이 있다. 1개의 자기센서를 2차원 스캔하는 방법은 많은 시간이 소요된다. 1열의 센서를 1차원 스캔하는 방법은 별도의 스캔장비가 필요하며, 스캔 장비의 정밀도가 요구된다.

[0004] 종래 2차원으로 배열한 센서를 이용하는 방법은 한번에 자기장 분포를 측정할 수 있는 장점이 있다. 그러나 단일축의 자기센서를 자기 민감도를 가지는 자기센서를 배열하기 때문에 결함주변의 자기장 누설을 이용하여 결함의 크기를 정량적으로 평가하는 데는 한계가 있다.

[0005] 또한, 종래 3축 자기센서를 사용하여 피측정체의 자기장 분포를 측정하는 방식은 배선의 수가 많기 때문에 공간분해능을 높이는데 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 피측정체의 센서면에 수직방향의 자기장 분포와 센서면에 수평방향의 자기장 분포를 높은 공간분해능으로 빠른 시간 내에 측정하여 2차원 및 3차원 자기장 분포를 측정할 수 있는 결함 탐상 장치를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 전원을 공급하는 전원공급부; 상기 전원공급부로부터 인가된 입력전원을 수신하여 피측정체의 자기장에 상응하여 센싱전원을 출력하는 센서모듈; 및 상기 센서모듈로부터 출력된 상기 센싱전원을 정량적인 수치로 변환하여 상기 자기장의 세기 분포를 계산하는 신호수신부를 포함하는 결함 탐상 장치에 있어서, 상기 센서모듈은 센서면에 수직방향의 자기장 벡터를 검출하는 제1 센서 어레이; 및 상기 제1 센서 어레이와 평행하게 겹쳐지며, 상기 센서면의 수평 방향의 자기장 벡터를 검출하는 제2 센서 어레이를 포함하는 결함 탐상 장치를 제공할 수 있다.

[0008] 상기 제1 센서 어레이는 복수의 자기센서가 M(자연수)행 N(자연수)열로 배치되며, 상기 각각의 자기센서는 제1 및 제2 입력단과 제1 및 제2 출력단을 구비할 수 있다.

[0009] 상기 결함 탐상 장치는 상기 제1 입력단에 상기 입력전원이 인가되도록 스위칭되는 제1 입력스위치부; 및 상기 제2 입력단에 접지전원이 인가되도록 스위칭되는 제2 입력스위치부를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 제1 입력스위치부는 일단이 행방향으로 배열된 자기센서들의 상기 제1 입력단과 연결되며, 타단은 상기 전원공급부와 연결되는 복수의 스위치 소자를 구비할 수 있다.

[0011] 상기 제2 입력스위치부는 일단이 행방향으로 배열된 자기센서들의 상기 제2 입력단과 연결되며, 타단이 상기 접지전원과 연결되는 복수의 스위치 소자를 구비할 수 있다.

[0012] 상기 제1 및 제2 입력스위치부는 종방향으로 형성되며, 종방향으로 형성된 상기 자기센서들의 개수에 상응하는 스위치소자들을 구비할 수 있다.

[0013] 상기 결함 탐상 장치는 상기 제1 입력스위치부의 복수의 스위치 소자들을 순차적으로 턴온 및 턴오프 시키는 제1 제어신호를 인가하고, 상기 제2 입력스위치부의 복수의 스위치 소자들을 순차적으로 턴온 및 턴오프 시키는 제2 제어신호를 인가하는 스위치 제어부를 더 포함할 수 있다.

[0014] 상기 자기센서는 홀센서일 수 있다.

[0015] 상기 제2 센서 어레이는 제1 및 제2 입력단과 제1 및 제2 출력단을 구비하는 복수의 자기저항센서가 I(자연수)행, J(자연수)열로 배치될 수 있다.

[0016] 상기 결함 탐상 장치는 상기 자기저항센서의 제1 입력단에 상기 전원공급부로부터의 입력전원을 공급하는 제3 입력스위치부; 및 상기 자기저항센서의 제2 입력단에 접지전원을 인가하는 제4 입력스위치부를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 제3 입력스위치부는 일단이 행방향으로 배열된 자기저항센서들의 제1 입력단과 연결되며, 타단은 상기 전원공급부와 연결되는 복수의 스위치 소자를 구비할 수 있다.

[0018] 상기 제4 입력스위치부는 일단이 행방향으로 배열된 자기저항센서들의 제2 입력단과 연결되며, 타단이 상기 접지전원과 연결되는 복수의 스위치 소자를 구비할 수 있다.

[0019] 상기 제3 및 제4 입력스위치부는 종방향으로 형성되며, 상기 종방향으로 형성된 상기 자기센서들의 개수에 상응하는 스위치소자들을 구비할 수 있다.

[0020] 제1 단자는 상기 자기저항센서에 고정되며, 제2 및 제3 단자를 선택하도록 스위칭되어, 상기 자기저항센서의 입력단과 출력단을 바꾸도록 스위칭하는 복수의 교환스위치부를 더 포함하되, 상기 복수의 교환스위치부는 제2 단자는 상기 제3 입력스위치부에 연결되며, 제3 단자는 제1 출력단과 연결되는 제1 교환스위치부; 제2 단자는 상기 제4 입력스위치부에 연결되며, 제3 단자는 제2 출력단과 연결되는 제2 교환스위치부; 제2 단자는 상기 제1 출력단과 연결되고, 제3 단자는 상기 제3 입력스위치부에 연결되는 제3 교환스위치부; 및 제2 단자는 상기 제2 출력단과 연결되고, 제4 단자는 상기 제4 입력스위치부에 연결되는 제4 교환스위치부를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 제1 내지 제4 교환스위치부의 스위치소자들이 제1 단자와 제2 단자 사이가 연결되도록 스위칭되면, 상기 제2 센서 어레이는 상기 피측정체의 x축 방향의 자기장 분포를 측정하며, 상기 제1 내지 제4 교환스위치부의 스위치소자들이 제1 단자와 제3 단자 사이가 연결되도록 스위칭되면, 상기 제2 센서 어레이는 상기 피측정체의 y축 방향의 자기장 분포를 측정할 수 있다.

[0022] 상기 제3 입력스위치부의 복수의 스위치 소자들을 순차적으로 턴온 및 턴오프 시키는 제3 제어신호를 인가하고, 상기 제4 입력스위치부의 복수의 스위치 소자들을 순차적으로 턴온 및 턴오프 시키는 제4 제어신호를 인가하는

스위치 제어부를 더 포함할 수 있다.

[0023] 상기 스위치 제어부는 상기 제1 내지 제4 교환스위치부의 스위치소자들을 스위칭하는 제5 제어신호를 제공할 수 있다.

[0024] 상기 자기저항센서는 MR 센서, GMR 센서, GMI 센서, SDT 센서, MTJ 센서 중 어느 하나일 수 있다.

[0025] 상기 신호 수신부는 상기 센서모듈로부터 인가된 출력을 증폭하는 증폭부 또는 상기 출력을 디지털 신호로 변환하는 변환부를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0026] 본 발명에 따르면 센서면에 수직방향의 자기장 분포와 센서면에 수평방향의 자기장 분포를 동시에 측정할 수 있는 결함 탐상 장치를 제공할 수 있다.

[0027] 또한, 2중으로 적층된 센서 어레이들에 입력전원과 접지전원을 선택적으로 공급할 수 있는 스위치 소자를 사용하여 센서의 입출력 배선을 줄일 수 있어 센서의 개수를 크게 할 수 있다.

[0028] 또한, 제1 센서 어레이는 수직방향의 자기장 분포를 측정하고, 제2 센서 어레이의 입출력 단자가 서로 교차하도록 스위치 소자들을 구비하여 x축 및 y축 자기장 분포를 동일 시간에 측정하여 3차원 자기장 분포를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 자기 센서를 이용하는 결함 탐상 장치를 도시한 블록도.

도 2는 도 1에 도시된 센서모듈의 일 예를 도시한 도면.

도 3은 도 1에 도시된 센서모듈의 제1 센서 어레이를 도시한 회로도.

도 4는 도 1에 도시된 신호수신부에 포함된 신호증폭부의 일 예를 도시한 회로도.

도 5는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 센서모듈의 실제 제조된 물품의 사진.

도 6은 제1 센서 어레이 및 이의 일부영역을 확대한 사진.

도 7은 제2 센서 어레이 및 이의 일부영역을 확대한 사진.

도 8은 외부 자기장 세기와 출력전압과의 관례를 도시한 그래프.

도 9 및 도 10은 직경 5㎜, 높이 3㎜d인 Nd-Fe-B 자석을 도 5에 도시된 센서모듈로 자기장 벡터를 측정한 그래프들.

도 11은 도 5의 센서모듈에서 자석의 중심선을 따라 자기장 분포를 계측한 그래프.

도 12 내지 도 15는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 센서모듈을 이용하여 강자성체 시험편의 중심부근에 인공결함을 형성한 후 측정한 그래프들.

도 16은 도 1에 도시된 결함 탐상 장치의 제2 실시 예에 따른 센서모듈 중 제2 센서 어레이의 회로도.

도 17 및 도 18은 4㎜ 직경의 자화된 강자성체에 5㎜와 15㎜ 깊이의 인위적인 크랙을 발생시킨 후 본 발명의 실시 예에 따른 결함 탐상 장치에서 자기장 분포를 측정한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 도면을 참조한 본 발명의 설명은 특정한 실시 형태에 대해 한정되지 않으며, 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있다. 또한, 이하에서 설명하는 내용은 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0031] 이하의 설명에서 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용되는 용어로서, 그 자체에 의미가

한정되지 아니하며, 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0032] 본 명세서 전체에 걸쳐 사용되는 동일한 참조번호는 동일한 구성요소를 나타낸다.

[0033] 본 발명에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 또한, 이하에서 기재되는 "포함하다", "구비하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것으로 해석되어야 하며, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0034] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부한 도 1 내지 도 18을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0035] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 결함 탐상 장치를 개략적으로 도시한 블록도이고, 도 2는 도 1에 도시된 센서모듈의 일 예를 도시한 도면이다.

[0036] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 결함 탐상 장치는 전원공급부(10), 스위치 제어부(20), 센서모듈(40) 및 신호수신부(30)를 포함할 수 있다.

[0037] 구체적으로, 전원공급부(10)는 직류 전압 또는 교류 전압을 생성하여 센서모듈(40)에 공급할 수 있다. 본 실시 예에서는 직류 전압을 공급하는 것을 예를 들어 설명하기로 한다. 전원공급부(10)는 소정 레벨의 직류 전압(VCC)를 센서모듈(40)에 공급한다.

[0038] 스위치 제어부(20)는 센서모듈(40)에 포함된 복수의 스위치에 온(on) 또는 오프(off) 신호를 제공할 수 있다. 스위치 제어부(20)는 센서모듈(40)의 제1 센서 어레이(100)에 포함된 복수의 스위치들을 온/오프 시키기 위한 제1 제어신호, 제2 센서 어레이(200)에 포함된 복수의 스위치들을 온/오프 시키기 위한 제2 제어신호를 제공할 수 있다.

[0039] 제1 제어신호 및 제2 제어신호는 스위치 소자들을 턴온시키기 위한 펄스 신호일 수 있으며, 센서모듈(40)에 구비된 모든 센서들이 동작하기 충분한 시간동안 공급될 수 있다.

[0040] 센서모듈(40)은 피측정체(50)의 자기장에 상응하는 전원을 출력한다. 이때, 센서모듈(40)은 센서면에 수직 방향의 자기장 벡터와 센서면의 수평 방향의 자기장 벡터를 검출하여 출력할 수 있다.

[0041] 센서모듈(40)은 제1 센서 어레이(100)와 제2 센서 어레이(200)가 서로 겹쳐지게 형성될 수 있다. 이때, 어느 하나의 센서 어레이는 센서면에 수직방향의 자기장 벡터를 측정하고, 나머지는 수평방향의 자기장 벡터를 측정한다. 이를 통해, 결함 탐상 장치는 피측정체(50)의 2차원 또는 3차원의 자기장 벡터 분포 데이터를 얻을 수 있다.

[0042] 신호수신부(30)는 센서모듈(40)로부터의 센싱 전원을 수신하여 정량적인 수치로 변환한다. 신호수신부(30)는 센서모듈(40)로부터 입력된 전원신호를 자기장 분포로 변환하여 변환된 데이터를 출력할 수 있다.

[0043] 신호수신부(30)와 센서모듈(40)의 사이에 신호증폭부를 더 포함할 수 있다.

[0044] 신호증폭부는 센서모듈(40)로부터 입력된 신호를 증폭시켜 신호수신부(30)에 제공할 수 있다. 신호증폭부는 내부에 과전압 제한기 등이 구비될 수 있으며, 입력 전압을 증폭한다. 신호증폭부는 제1 센서 어레이로부터 입력되는 신호를 증폭하는 제1 증폭회로부와 제2 센서 어레이로부터 입력되는 신호를 증폭하는 제2 증폭회로부를 구비할 수 있다.

[0045] 본 발명의 실시 예에서는 도 2에 도시된 증폭회로를 신호 증폭부로 사용할 수 있으며, 신호의 크기, 감도에 따라 증폭회로는 다양하게 선택될 수 있다.

[0046] 신호수신부(30)는 센서모듈(40)로부터 입력된 신호를 신호처리하고, 이를 디지털 신호로 변환하는 아날로그-디지털 변환기를 더 구비할 수도 있다. 아날로그-디지털 변환기는 센서모듈(40)에 구비된 제1 및 제2 센서어레이에 상응하도록 구비되거나, 하나의 아날로그-디지털 변환기를 이용하여 순차적으로 신호를 변환할 수도 있다.

[0047] 도 3 내지 도 15는 도 1 및 도 2에 도시된 센서모듈의 제1 실시 예를 도시한도면들이다.

[0048] 도 3 내지 도 15을 참조하면, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 센서모듈은 제1 센서 어레이(100) 및 제2 센서 어

레이(200)를 포함할 수 있다. 본 발명의 제1 실시 예에서는 제1 센서 어레이(100)는 홀센서(110)가 배열되고, 제2 센서 어레이(200)는 거대 자기저항센서인 GMR 센서가 배열된 것을 예를 들어 설명하기로 한다.

[0049] 제1 센서 어레이(100)는 피측정체의 수직 자기장 벡터 성분을 측정한다. 즉, 제1 센서 어레이(100)는 센서면에 수직으로 분포하는 자기장 벡터 성분을 측정한다. 이를 위하여, 제1 센서 어레이(100)는 복수의 홀센서(110), 복수의 전원라인(LV1, LV2), 복수의 접지라인(LG1, LG2), 제1 입력스위치부(120), 제2 입력스위치부(130) 및 복수의 출력라인(LO1 내지 LO4)을 포함할 수 있다. 도 3은 본 발명의 설명의 편의상 2×2의 홀센서(110)를 도시하였으나, 홀센서(100)의 개수는 설계 또는 사용처에 따라 다양하게 정해질 수 있다. 이에 따라, 제1 및 제2 입력스위치부(120, 130)의 스위치 개수, 전원라인, 출력라인의 개수가 변경될 수 있다.

[0050] 홀센서(110)는 4 단자의 입출력 단자를 포함할 수 있으며, 제1 및 제2 입력단과 제1 및 제2 출력단을 구비할 수 있다. 홀센서(110)는 M행, N열(M, N은 자연수)의 매트릭스 구조로 배열될 수 있다. 그러나 이에 한정되지 않으며, 피측정체의 수직 자기장 벡터 성분을 균일하게 측정할 수 있도록 다양한 배치 구조가 사용될 수도 있다.

[0051] 여기서, 홀센서(110)의 출력은 수학식 1과 같다.

수학식 1

[0052] $$V_Z = k \times B_Z \times I$$

[0053] 여기서, V_Z는 홀센서의 출력, k는 홀상수, I는 입력전류, B_Z는 z축 방향의 자기장의 세기이다.

[0054] 수학식 1에서와 같이, 홀센서의 출력은 센서면에 수직인 z축 방향의 외부자기장의 세기에 비례한다.

[0055] 전원라인(LV1, LV2)은 행방향으로 서로 나란하게 형성된다. 전원라인(VL1, LV2)은 행방향으로 배열된 M개의 홀센서들의 제1 입력단과 연결된다. 전원라인(LV1, LV2)은 제1 입력스위치부(120) 중 어느 하나의 스위치소자가 턴온되면 입력전원(VCC)을 행방향으로 배열된 홀센서(110)에 제공할 수 있다.

[0056] 접지라인(LG1, LG2)은 행방향으로 서로 나란하게 형성된다. 접지라인(LG1, LG2)은 행방향으로 배열된 M개의 홀센서들의 제2 입력단과 연결된다. 접지라인(LG1, LG2)은 제2 입력스위치부(130) 중 어느 하나의 입력 스위치가 턴온되면 접지전원(GND)을 행방향의 홀센서들에 제공할 수 있다.

[0057] 제1 입력스위치부(120)는 전원라인들(LV1, LV2)과 연결되는 복수의 스위치 소자(SW1a, SW2a)를 포함할 수 있다. 제1 입력스위치부(120)는 제1 제어신호에 의해 순차적으로 턴온되어 전원공급부(10)와 전원라인들(LV1, LV2)을 순차적으로 연결시킨다.

[0058] 제2 입력스위치부(130)는 접지라인들(LG1, LG2)과 연결되는 복수의 스위치 소자(SW1b, SW2b)를 포함할 수 있다. 제2 입력스위치부(130)는 제2 제어신호에 의해 순차적으로 턴온되어 전원공급부(10)와 접지라인들(LG1, LG2)을 순차적으로 연결시킨다.

[0059] 복수의 출력라인(LO1 내지 LO4)은 열방향으로 서로 나란하게 형성된다. 제1 및 제2 출력라인(LO1, LO2)은 열방향으로 배열된 N개의 홀센서(110)들의 제1 출력단과 연결된다. 제3 및 제4 출력라인(LO3, LO4)은 열방향으로 배열된 Nro의 홀센서들의 제2 출력단과 연결된다.

[0060] 여기서, 제1 입력스위치부(120)의 첫번째 스위치소자(SW1a)는 제2 입력스위치부(130)의 첫번째 스위치소자(SW1b)와 동일하게 턴온 및 턴오프 될 수 있다. 이에 따라, 첫번째 행에 배치되는 홀센서들에 전원전압(VCC)과 접지전압(GND)을 인가하여 센싱신호(+VH1, -VH1)를 출력하도록 할 수 있다.

[0061] 상기와 같이, 제1 및 제2 입력스위치부(120, 130)를 구비할 경우 최대 2×(M+N)의 배선을 필요로 하므로 제1 센서 어레이(100)의 외곽에 입력라인 또는 출력라인이 집중되는 것을 방지할 수 있어 많은 개수의 홀센서를 배열하여 분해능을 높일 수 있다.

[0062] 한편, 열방향으로 배열된 홀센서(110)의 제1 및 제2 출력단을 공통으로 연결할 경우 특정 홀센서의 자기장의 세기를 측정할 수도 있다.

[0063] 제2 센서 어레이(200)는 피측정체의 수평 자기장 벡터 성분을 측정한다. 즉, 제2 센서 어레이(200)는 센서면에 수평으로 분포하는 자기장 벡터 성분을 측정한다. 이때, 수평으로 분포하는 자기장 벡터 성분 중 x축과 y축을

나누어 측정한다. 제1 센서 어레이(100)는 제1 센서 어레이(100)의 홀센서 대신 자기저항센서를 사용하는 것을 제외하고는 동일한 구조로 형성될 수 있다. 제2 센서 어레이(200)는 I행, J열(I, J는 자연수)로 배열된 자기저항센서를 포함한다. 여기서는 자기저항센서로 GMR 센서가 사용된 것을 예를 들어 설명하기로 한다.

[0064] GMR 센서는 도 3에 도시된 등가회로와 동일한 등가회로를 가질 수 있다. 이때, GMR 센서는 홀센서와 다르게 수평방향의 자기장에 민감하다. 즉, GMR 센서는 센서면의 x축 및 y축의 자기장 벡터를 검출하되, x축 방향과 y축 방향에 대한 자기장 벡터를 각각 검출할 수 있다. GMR 센서는 2개의 입력핀과 2개의 출력핀을 포함할 수 있다. GMR 센서는 2개의 입력핀에 입력전원이 인가되며, 2개의 출력핀을 통해 전압이 출력된다. 이때, 제2 센서 어레이(200)는 각각의 행별로 입력전원을 인가하기 위하여 복수의 스위치 소자가 배열되며, 또한, 접지전원을 인가하기 위하여 복수의 스위치 소자가 배열된다. 여기서, 동일한 분포하는 GMR 센서들을 구동하기 위하여 입력전원측의 스위치 소자와 접지전원측의 스위치 소자는 같은 행별로 동일한 시간에 온/오프 될 수 있다. 이에 따라, 순차적으로 GMR 센서들을 구동시킬 수 있다.

[0065] 한편, 각각의 열별로 출력단자를 공통으로 연결할 경우에는 특정 GMR 센서에서의 자기장의 세기를 선택적으로 측정할 수 있다.

[0066] 본 발명의 제1 실시 예에서는 x축 방향의 자기장 벡터를 검출하는 것을 예를 들어 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명의 제1 실시 예에 따르면, 제2 센서 어레이(200)는 y축 방향의 자기장 벡터를 검출할 수도 있다. 예를 들면, 제2 센서 어레이(200)를 xy평면 상에서 90도 회전할 경우, y축 방향의 자기장 벡터를 검출할 수 있다.

[0067] GMR 센서는 옴니폴라(Omnipolar)와 히스테리시스 루프 특성을 가진다. 여기서, 옴니폴라만 있는 것으로 가정하면, GMR 센서의 x축 방향 출력은 선형영역에서 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

[0068] $$V_X = C_1 \times p \times (1 - e^{-B_X^2}) + C_2$$

[0069] 여기서, C_1, C_2는 상수이며, p는 구동전압, B_X는 x축 방향 자기장의 크기임.

[0070] 본 실시 예에 따르면, 제2 센서 어레이(200)는 x축 방향의 자기장 벡터와 y축 방향의 자기장 벡터의 데이터를 합산할 경우 3차원의 자기장 벡터를 얻을 수 있다.

[0071] 상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 센서모듈은 x축 방향의 자기장 분포과 z축 방향의 자기장 분포를 동시에 측정하여 피측정체의 결함을 탐상할 수 있다.

[0072] 본 발명의 실시 예에 따른 결함 탐상 장치의 동작을 살펴보면, 스위치 제어부(20)에서 제어신호를 제1 입력스위치부(120)와 제2 입력스위치부(130)에 공급하면, 순차적으로 제1 입력스위치부(120)와 제2 입력스위치부(130)가 순차적으로 턴온 및 턴오프되어 피측정체의 z축 자기장 분포를 스캔한다. 또한, 스위치 제어부(20)에서 제어신호를 제2 센서 어레이(200)의 입력스위치부들에 공급하면, 스위치들이 순차적으로 턴온 및 턴오프되어 피측정체의 x축 자기장 분포를 스캔한다. 이에 따라, 결함 탐상 장치는 피측정체의 x축과 z축의 자기장 분포를 2차원으로 분석할 수 있다.

[0073] 또한, 제2 센서 어레이(200)를 90도 회전시켜 동일한 과정을 수행하면 y축과 z축의 자기장 분포를 2차원으로 분석할 수 있다.

[0074] 이때, 신호처리부에서 두 데이터를 조합하여 피측정체의 3차원 자기장 분포를 측정하여 결함을 확인할 수 있다.

[0075] 도 5는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 센서모듈의 실제 제조된 물품의 사진이며, 도 6은 제1 센서 어레이 및 이의 일부영역을 확대한 사진이고, 도 7은 제2 센서 어레이 및 이의 일부영역을 확대한 사진이다.

[0076] 도 5 내지 도 7에 도시된 바와 같이, 제1 센서 어레이(100)는 0.78㎜간격으로 32×32개의 홀센서를 2차원으로 배열한 것이며, 반도체 공정을 통해 제작된 것이다. 또한, 제2 센서 어레이(200)는 2.34㎜ 간격으로 6×6개의 GMR 센서를 2차원 배열한 것으로, PCB 기판에 개별 실장하여 구성된 것이다.

[0077] 도 8은 외부 자기장 세기와 출력전압과의 관례를 도시한 그래프이다.

[0078] 도 8은 도 5에 도시된 센서모듈에 직경 230㎜, 길이 55㎜의 솔레노이드에 5.5A의 직류전류를 인가함으로써, ±13.3mT의 자기장이 인가되도록 하고, 출력된 전압을 측정한 것을 도시한 그래프이다.

[0079] 측정결과, 제1 센서 어레이에서는 ±13.3mT의 영역에서 ±0.72V가 출력되며, 선형성을 유지하고 있음을 알 수 있다. 또한, 제2 센서 어레이에서는 ±13.3mT 영역에서 ±2.8V가 출력되며 이 영역에서 선형성이 유지됨을 알 수 있다.

[0080] 이때, 각각의 자기장의 세기를 수식화 하면, 수학식 3 및 수학식 4으로 표현될 수 있다.

수학식 3

[0081] $$V_H = C_{Z1} \times B_Z + C_{Z2}$$

[0082] 여기서, V_H는 제1 센서 어레이로부터 출력되는 전압이고, C_{Z1}, C_{Z2}는 상수이며, B_Z는 수직성분(z축)의 자기장의 크기임.

수학식 4

[0083] $$V_G = C_{X1} \times B_X^2 + C_{Z2} \times B_X + C_{X3}$$

[0084] 여기서, V_G는 제2 센서어레이로부터 출력되는 전압이고, C_{X1}, C_{X2}, C_{X3}는 상수이며, B_X는 수평성분(x축)의 자기장의 크기임. V_G는 항상 양수이며, B_X는 양수 또는 음수 값을 가질 수 있다.

[0085] 도 9 및 도 10은 직경 5㎜, 높이 3㎜d인 Nd-Fe-B 자석을 도 5에 도시된 센서모듈로 자기장 벡터를 측정한 그래프들이다.

[0086] 도 9는 제1 센서 어레이의 출력을 나타낸 것으로, 센서면에서 수직인 자기장의 세기를 정량적으로 나타낸 것이다. 도 10은 제2 센서 어레이의 출력을 나타낸 것으로 센서면에 수평이며 x축 방향의 자기장의 세기를 정량적으로 나타낸 것이다.

[0087] 도 9 및 도 10에서와 같이, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 센서모듈은 자기장 분포를 정량적으로 표시할 수 있다.

[0088] 도 11은 도 5의 센서모듈에서 자석의 중심선을 따라 자기장 분포를 계측한 그래프이다. 도 11은 자석을 z축 방향으로 2㎜ ~ 14㎜ 의 각 리프트-오프(lift-off)에서 획득한 xz 단면의 자기장 벡터를 표시한 그래프이다.

[0089] 도 11은 xz 단면의 자기장 벡터로서 점선으로 표시된 것은 x축 방향의 자기장의 세기가 수학식 4에 의해 양의 방향 또는 음의 방향 자기장을 구별하지 못하므로 이점에 착안하여 임의로 양의 방향을 적용한다. 이러한 실험결과는 영구자석의 자기장 벡터 분포와 유사하게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0090] 도 12 내지 도 15는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 센서모듈을 이용하여 강자성체 시험편의 중심부근에 인공결함을 형성한 후 측정한 그래프이다.

[0091] 실험에서 강자성체 시험편은 100×200×5㎜의 크기이며, 중심부근에 방전가공에 의해 폭 1㎜, 길이 10㎜, 깊이 3㎜의 인공결함을 발생시키고, 시험편을 자화시켜 결함으로부터 누설되는 자기장 벡터를 측정하였다. 리프트 오프는 1.2㎜ 이다.

[0092] 도 12 및 도 13은 제1 센서 어레이에서 출력되는 자기장 분포를 측정한 것으로, 결함의 주변에서 발생하는 x축 방향의 구배를 적용하여 z축 자기장 분포를 측정하여 누설자속을 영상화한 것이며, 전체적으로 x축 방향으로 편

향된 것은 자화기의 영향이다.

[0093] 도 14 및 도 15는 제2 센서 어레이에서 출력되는 자기장 분포를 측정한 것으로, x축 방향의 자기장 분포를 측정하여 누설자속을 영상화한 것이다.

[0094] 도 3 내지 도 15에서 나타난 바와 같이, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 센서모듈은 센서면에 대하여 수직방향의 자기장 분포를 측정하는 제1 센서 어레이와 센서면에 대하여 수평방향의 자기장 분포를 측정하는 제2 센서 어레이를 사용함으로써 종래에 비해 짧은 시간에 정밀하게 피측정체의 결함을 측정할 수 있다.

[0095] 도 16은 도 1에 도시된 결함 탐상 장치의 제2 실시 예에 따른 센서모듈 중 제2 센서 어레이의 회로도를 도시한 도면이다. 본 발명의 제2 실시 예에 따른 센서모듈은 제1 센서 어레이와 제2 센서 어레이를 포함할 수 있으며, 제1 센서 어레이는 도 3에 도시된 바와 동일하다. 제1 센서 어레이는 센서면에 수직방향의 자기장 분포를 측정한다. 따라서, 제1 센서 어레이에 대한 중복되는 설명은 생략하고 제2 센서 어레이에 대하여 자세히 설명하기로 한다.

[0096] 도 16을 참조하면, 제2 센서 어레이는 복수의 자기저항센서(310), 제3 입력스위치부(320), 제4 입력스위치부(330)와 제1 내지 제4 교환스위치부(340 내지 370)를 포함할 수 있다.

[0097] 구체적으로, 복수의 자기저항센서(310)는 x축 및 y축 방향의 자기장 분포를 측정할 수 있다. 예를 들면, 자기저항센서(310)는 MR 센서일 수 있다. 이하의 설명에서는 MR 센서에 대하여 설명하기로 한다. 그러나 자기저항센서는 이에 한정되지 않으며, MR 센서와 같이 x축 및 y축 방향의 자기장 분포를 측정할 수 있는 어떠한 센서도 가능하다.

[0098] MR 센서(310)는 0행, P열(0, P는 자연수)의 매트릭스 형태로 배열될 수 있다. MR 센서(310)는 2개의 입력단과 2개의 출력단을 구비하며, 두 입력단으로 입력되는 입력전원(VCC)과 접지전원(GND)에 의해 수평방향의 자기장이 검출되면 내부 자기저항으로 인하여 2개의 출력단으로 각각 전압을 출력한다.

[0099] 제3 입력스위치부(320)는 입력전원(VCC)을 MR 센서(310)에 선택적으로 제공할 수 있다. 여기서, 제3 입력스위치부(320)는 MR 센서(310)의 열방향으로 복수개를 구비할 수 있다. 제3 입력스위치부(320)는 MR 센서 어레이의 행 개수만큼 구비될 수 있다.

[0100] 제4 입력스위치부(330)는 접지전원(GND)을 MR 센서(310)에 선택적으로 제공할 수 있다. 제4 입력스위치부(330)는 MR 센서(310)의 열방향으로 복수개를 구비할 수 있다. 이때, 제4 입력스위치부(330)는 MR 센서 어레이의 행 개수만큼 구비될 수 있다.

[0101] 상기 제3 입력스위치부(320)와 상기 제4 입력스위치부(330)는 도 3에 도시된 제1 및 제2 입력스위치부(110, 120)와 동일할 수 있다.

[0102] 제1 내지 제4 교환스위치부(340 내지 370)는 MR 센서(310)의 제1 및 제2 입력단과 제1 및 제2 출력단을 서로 교환하도록 스위칭된다. 제1 내지 제4 교환스위치부(340 내지 370)는 3단자 스위치가 사용되며, 스위치 동작에 따라 입력전원(VCC)을 MR 센서(310)에 인가하거나, MR 센서(310)로부터 하이 또는 로우의 신호를 출력할 수 있다.

[0103] 예를 들면, 제1 교환스위치부(340)는 2개의 3단자 스위치 소자를 구비할 수 있으며, 제1 단자는 MR 센서(310), 제2 단자는 제3 입력스위치부(320), 제3 단자는 출력단과 연결될 수 있다.

[0104] 제2 교환스위치부(350)는 2개의 3단자 스위치 소자를 구비할 수 있으며, 제1 단자는 MR 센서(310), 제2 단자는 제4 입력스위치부(330), 제3 단자는 출력단과 연결될 수 있다.

[0105] 제3 교환스위치부(360)도 2개의 3단자 스위치 소자를 구비할 수 있으며, 제1 단자는 MR 센서(310), 제2 단자는 제3 입력스위치부(320), 제3 단자는 출력단과 연결될 수 있다.

[0106] 제4 교환스위치부(370)는 2개의 3단자 스위치 소자를 구비할 수 있으며, 제1 단자는 MR 센서(310), 제2 단자는 제4 입력스위치부(330), 제3 단자는 출력단과 연결될 수 있다.

[0107] 여기서, 제1 교환스위치부(340)의 각 스위치 소자들의 제2 단자는 제3 교환스위치부(360)의 제3 단자와 연결될 수 있으며, 제2 교환스위치부(350)의 제2 단자는 제3 교환스위치부(360)의 제3 단자와 연결될 수 있다.

[0108] 또한, 제1 교환스위치부(340)의 각 스위치 소자들의 제3 단자는 제3 교환스위치부(360)의 제2 단자 또는 MR 센서(310)의 출력단과 연결될 수 있고, 제2 교환스위치부(350)의 제3 단자는 제4 교환스위치부(370)의 제2 단자

또는 MR 센서(310)의 출력단과 연결될 수 있다.

[0109] 상기의 제1 및 제2 교환스위치부(340, 350)의 스위치 소자의 개수는 열방향 MR 센서의 개수에 상응하는 개수가 구비될 수 있다. 또한, 제3 및 제4 교환스위치부(350, 360)에 포함된 스위치 소자의 개수는 행방향 MR 센서의 개수에 상응하는 개수가 구비될 수 있다. 이에 따라, 스위치의 방향을 전환하여 입력과 출력을 서로 교환하여 MR 센서(310)의 x축 자기장 방향과 y축 자기장 방향을 모두 측정할 수 있다.

[0110] 예를 들면, 전체 MR 센서들의 x축 방향의 자기장 분포를 측정할 경우 제1 교환스위치부(340)의 스위치 소자들은 도 16에 도시된 바와 같이, 제3 입력스위치부(320)와 연결되도록 스위치되며, 제2 교환스위치부(350)의 스위치 소자들은 제4 입력스위치부(330)와 연결되도록 스위치된다. 또한, 제3 교환스위치부(360)의 스위치소자들은 MR 센서(310)의 출력단과 연결되도록 스위치되며, 제4 교환스위치부(370)의 스위치소자들은 MR 센서(310)의 출력단과 연결되도록 스위치된다.

[0111] 이때, 제3 및 제4 입력스위치부(330)의 스위치소자들이 순차적으로 온/오프되면 x축 방향의 자기장 분포에 상응하는 출력값이 출력단으로 출력된다.

[0112] 이와 반대로 y축 방향의 자기장 분포를 측정할 경우, 제1 및 제2 교환스위치부(340, 350)의 스위치소자들은 제3 단자가 MR 센서(310)의 출력단과 연결되도록 스위치되고, 제3 교환스위치부(360)의 스위치소자들은 제3 입력스위치부(320)와 연결되고, 제4 교환스위치부(370)의 스위치소자들은 제4 입력스위치부(330)와 연결되도록 스위칭된다.

[0113] 상기에서와 같이, 본 발명의 제2 실시 예에 따른 센서모듈은 제2 센서 어레이(200)의 제1 내지 제4 교환스위치부(340 내지 370)의 스위칭을 통해 x축 자기장 분포 뿐만 아니라 y축 자기장 분포를 측정할 수 있다.

[0114] 여기서, 도 1과 도 1을 참조하여 설명한 스위치 제어부(20)는 상기 제3 및 제4 입력스위치부(330)의 스위치소자들을 제어하는 제3 및 제4 제어신호를 생성하여 공급할 수 있다. 그리고 스위치 제어부(20)는 제1 내지 제4 교환스위치부(340 내지 370)이 스위치 소자들을 제어하는 제5 제어신호를 공급할 수 있다.

[0115] 도 17 및 도 18은 4㎜ 직경의 자화된 강자성체에 5㎜와 15㎜ 깊이의 인위적인 크랙을 발생시킨 후 본 발명의 실시 예에 따른 결함 탐상 장치에서 자기장 분포를 측정한 그래프이다.

[0116] 도 17 및 도 18에서와 같이, x, y, z축 방향의 모든 자기장 분포가 측정된 것을 확인할 수 있다.

[0117] 본 발명의 실시 예에 따른 결함 탐상 장치는 센서모듈의 제2 센서 어레이에 사용되는 센서로 GMR 센서와, MR 센서를 예를 들어 설명하였으나, MR 센서, GMR 센서 이외에 GMI 센서, SDT 센서, MTJ 센서들이 사용될 수 있다.

[0118] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 결함 탐상 장치는 제1 및 제2 센서 어레이에 사용되는 스위치소자들로 CMOS 등의 반도체 스위치 소자를 사용할 수 있다.

[0119] 본 발명의 실시 예에 따른 결함 탐상 장치는 피측정체의 z축 방향의 자기장 분포를 측정할 수 있는 센서 어레이와 xy 평면의 자기장 분포를 측정하는 센서 어레이를 수평으로 겹치게 배치함으로써 피측정체의 결함을 입체적으로 측정할 수 있다.

[0120] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 결함 탐상 장치는 복수의 스위치소자들을 이용하여 배선의 개수를 줄여, 집적도를 향상시킬 수 있다.

부호의 설명

[0121]

10: 전원공급부	20: 스위치제어부
30: 신호수신부	40: 센서모듈
50: 피측정체	100: 제1 센서 어레이
110: 홀센서	120: 제1 입력스위치부
130: 제2 입력스위치부	200: 제2 센서 어레이

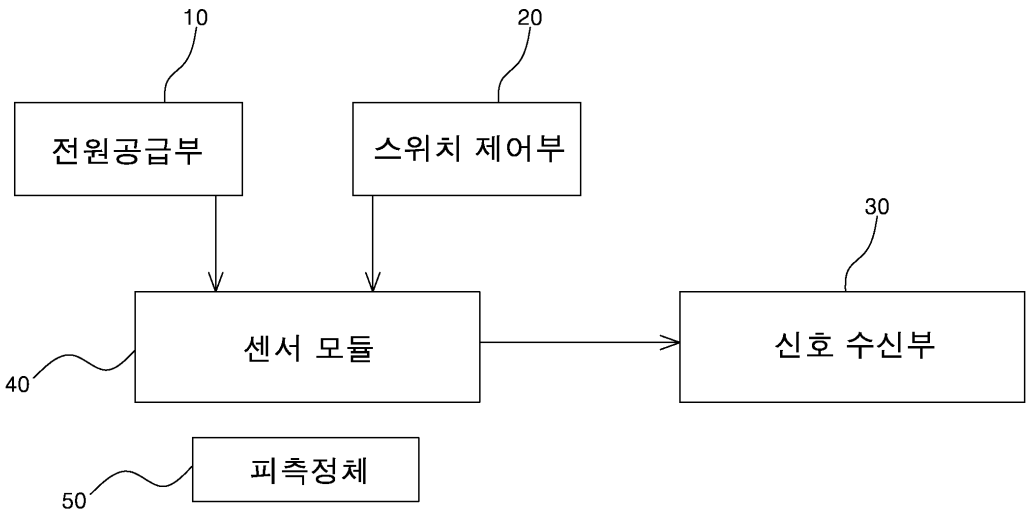
310: MR 센서 320: 제3 입력스위치부

330: 제4 입력스위치부

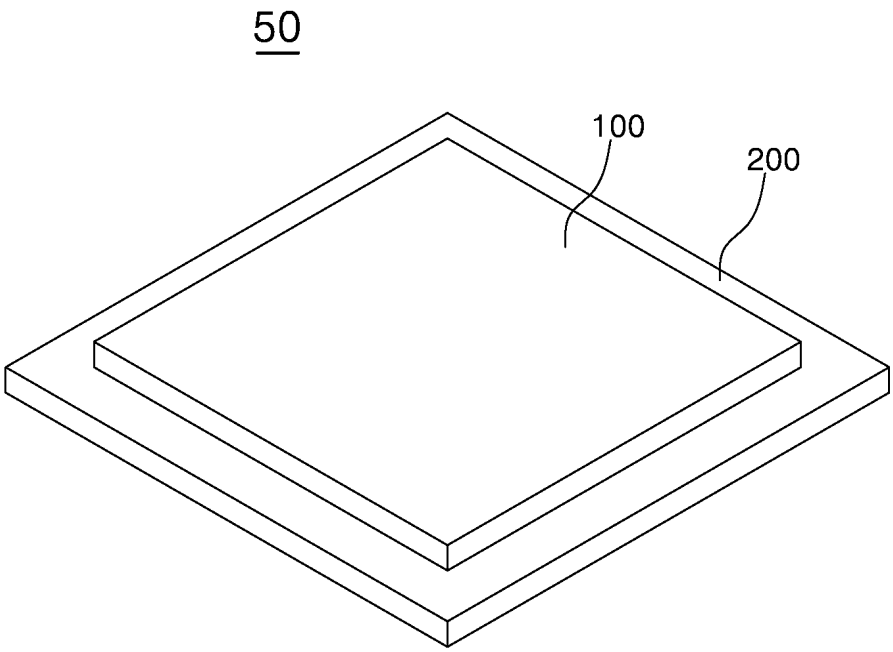
340 내지 370: 제1 내지 제4 교환스위치부

도면

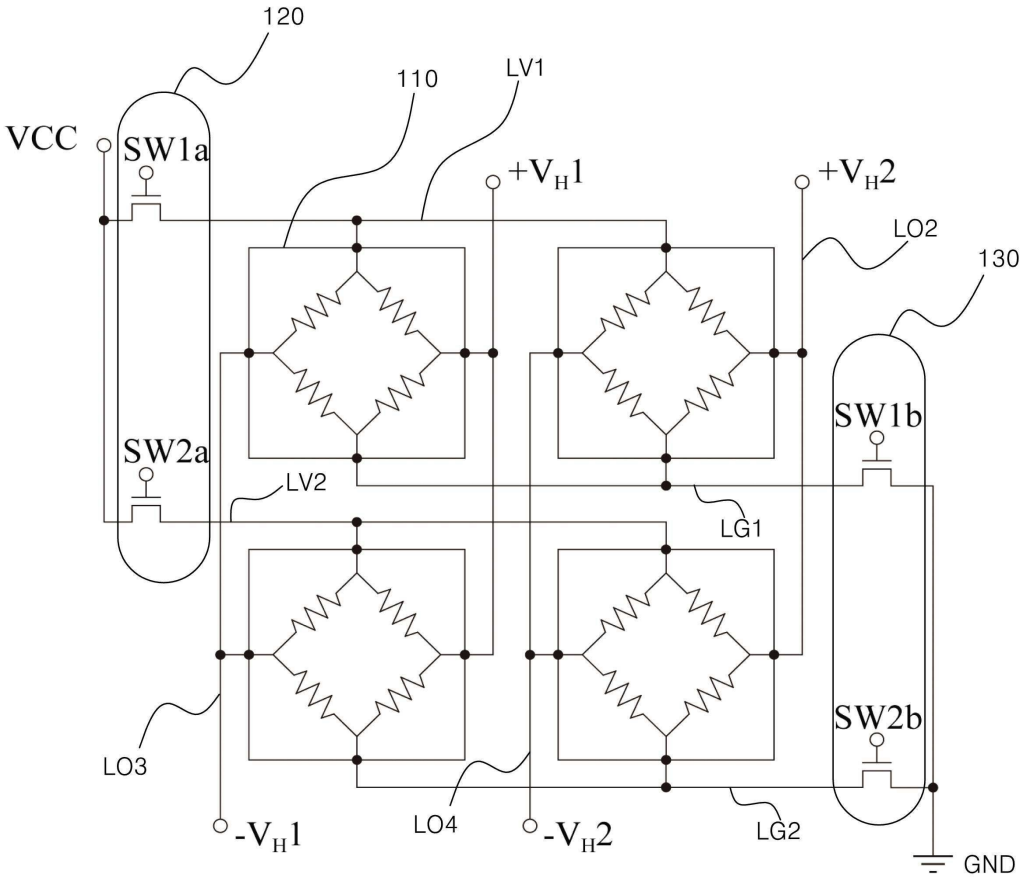
도면1



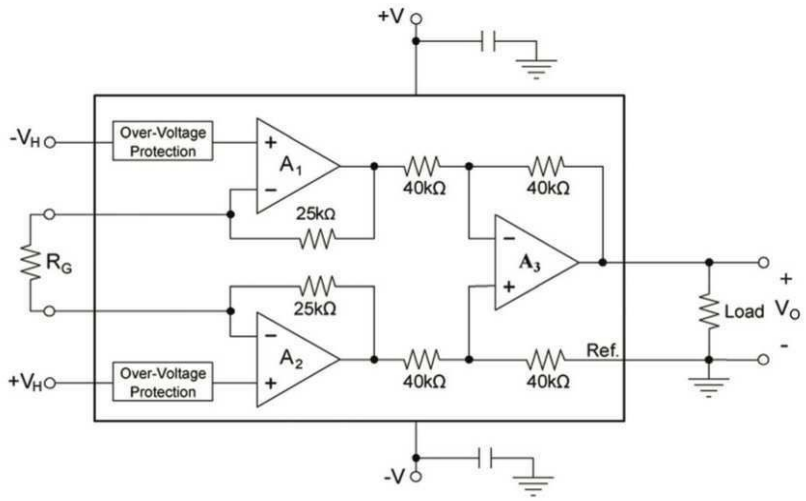
도면2



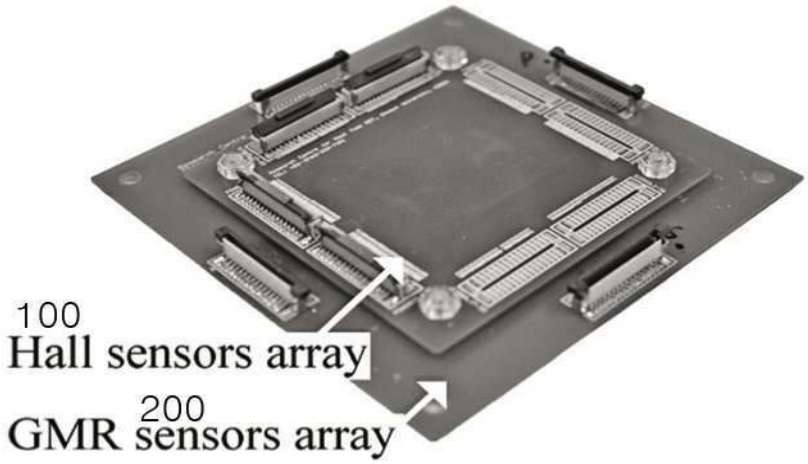
도면3


120
110
LV1
VCC
SW1a
+V_H1
+V_H2
LO2
130
SW1b
SW2a
LV2
LG1
LO3
SW2b
-V_H1
LO4
-V_H2
LG2
GND

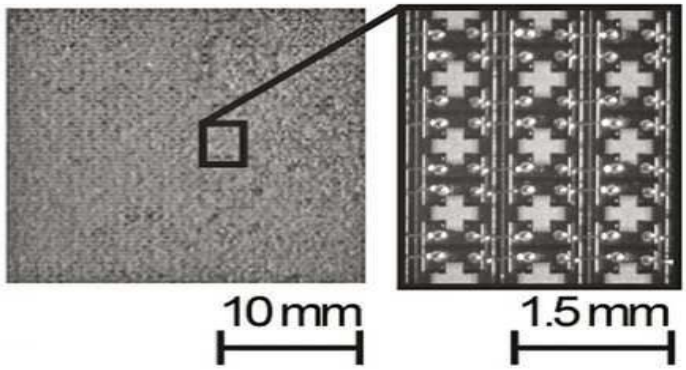
도면4


+V
-V_H
Over-Voltage Protection
A1
40kΩ
40kΩ
25kΩ
R_G
A3
25kΩ
Load
V_O
+
-
+V_H
Over-Voltage Protection
A2
40kΩ
40kΩ
Ref.
-V

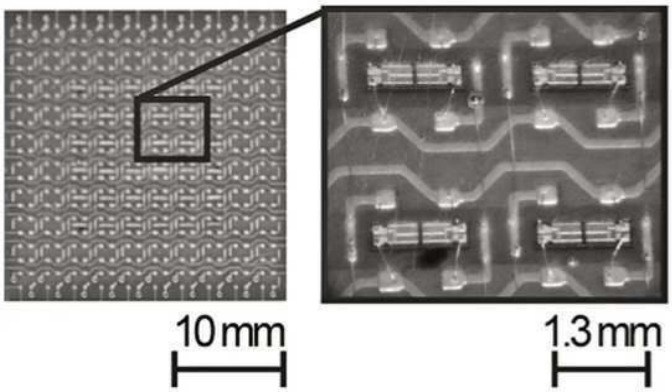
도면5


100
Hall sensors array
200
GMR sensors array

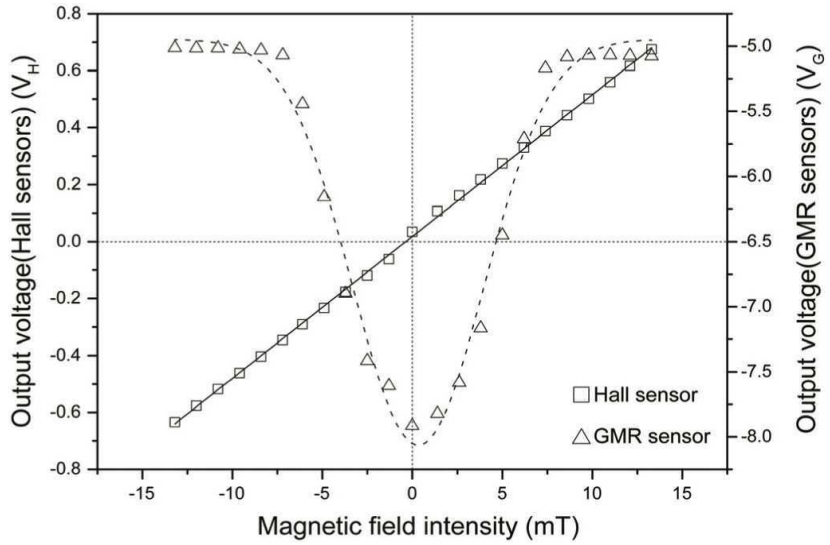
도면6


10mm
1.5mm

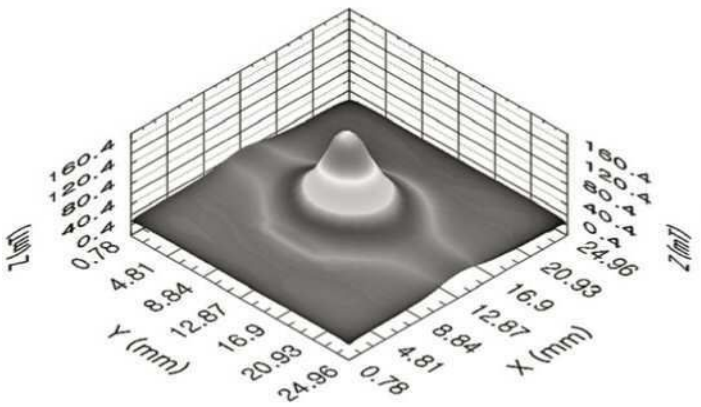
도면7


10mm
1.3mm

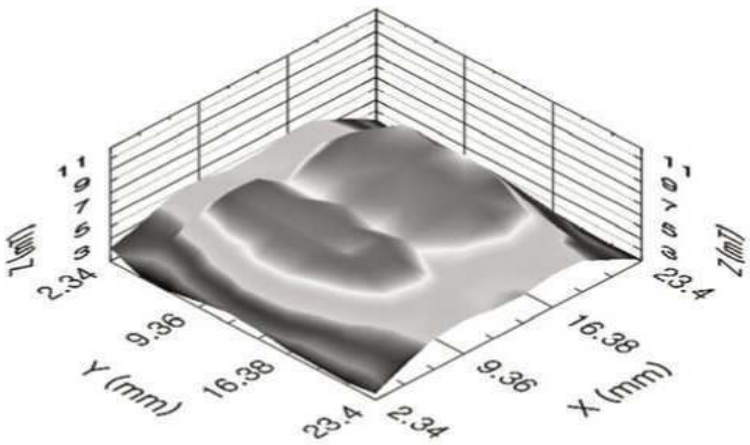
도면8


Output voltage(Hall sensors) (V_H)
Output voltage(GMR sensors) (V_G)
Magnetic field intensity (mT)
Hall sensor
GMR sensor

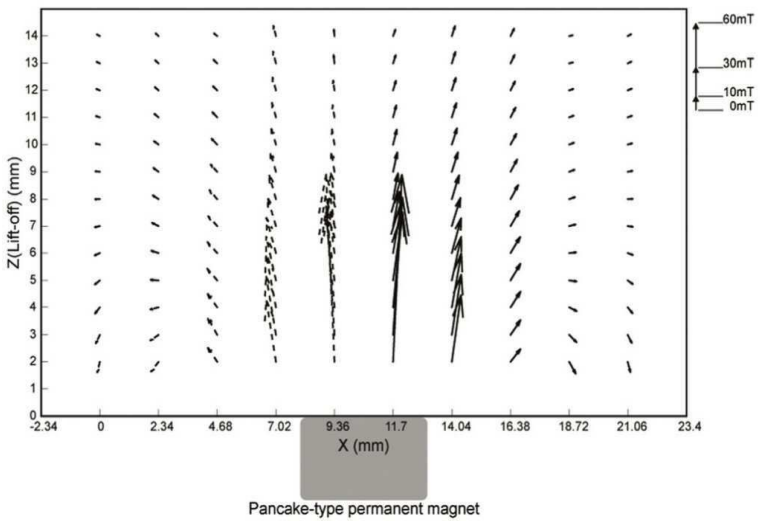
도면9


Y (mm)
X (mm)
Z(mT)

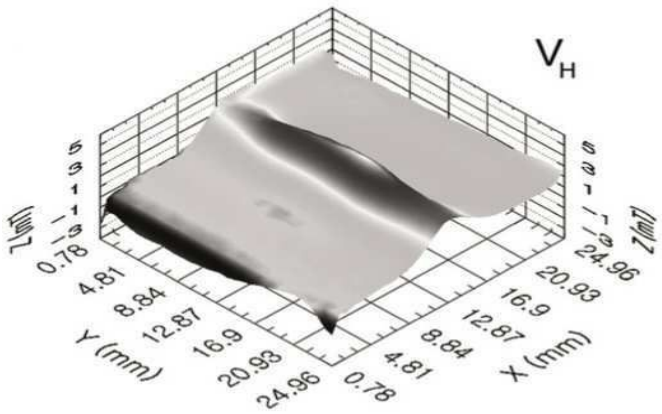
도면10


Y (mm)
X (mm)
Z(mT)

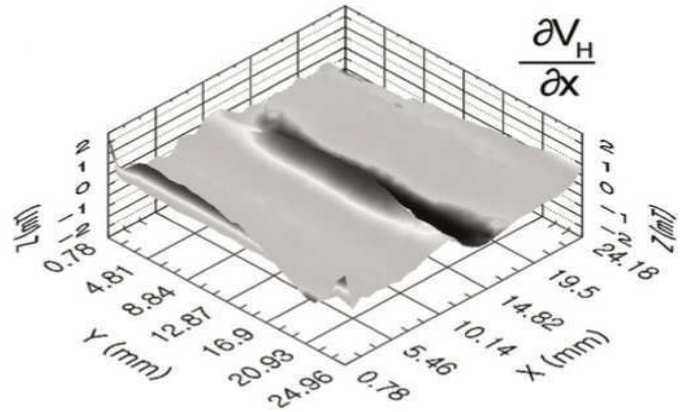
도면11



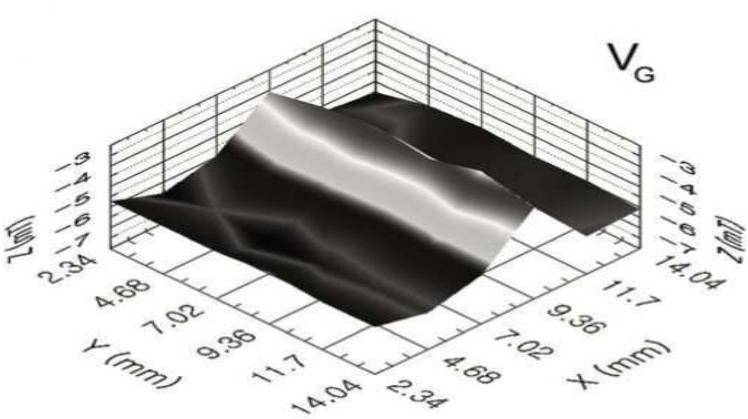
도면12



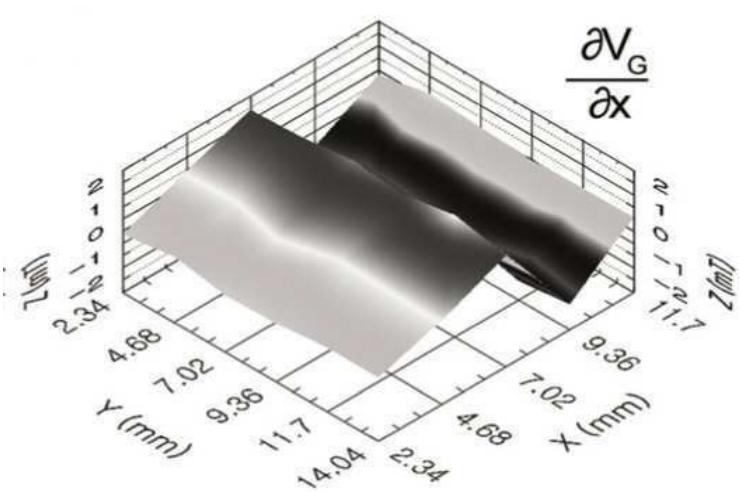
도면13



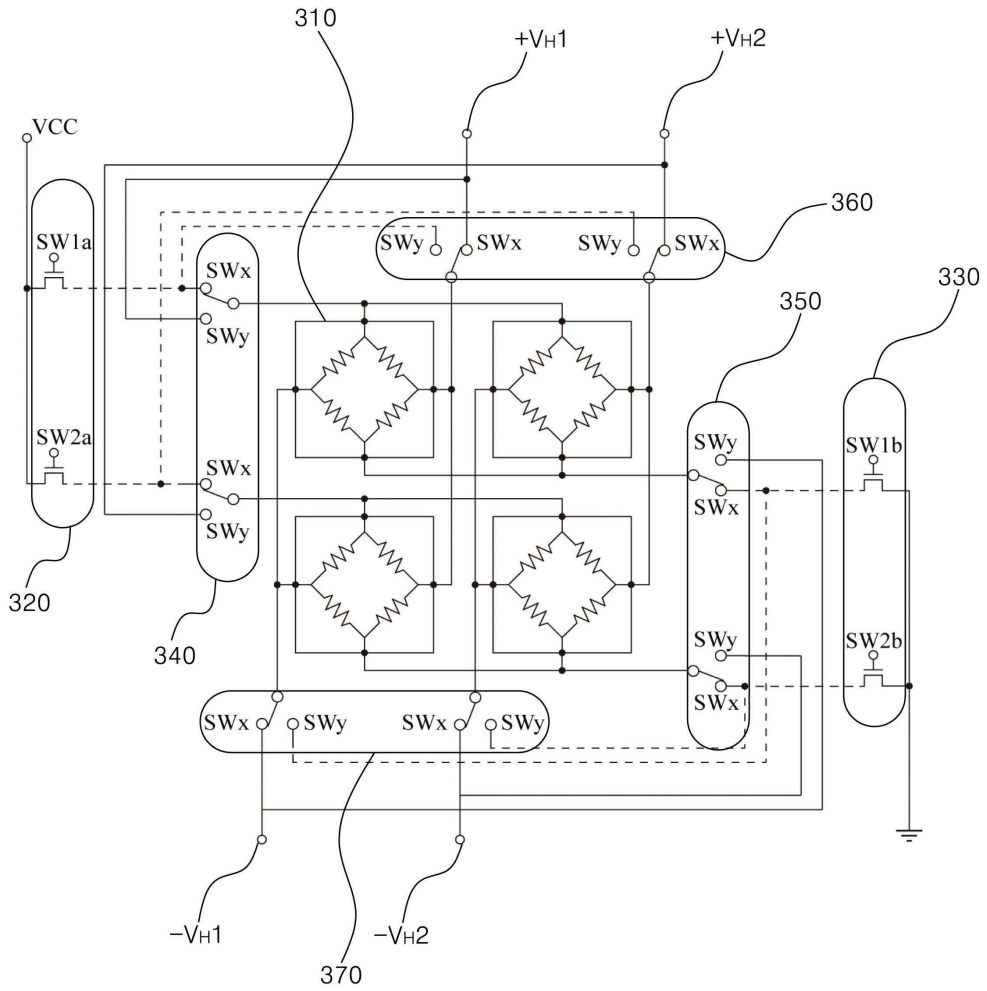
도면14


V_G
Y (mm)
X (mm)
Z (mT)
2.34
4.68
7.02
9.36
11.7
14.04

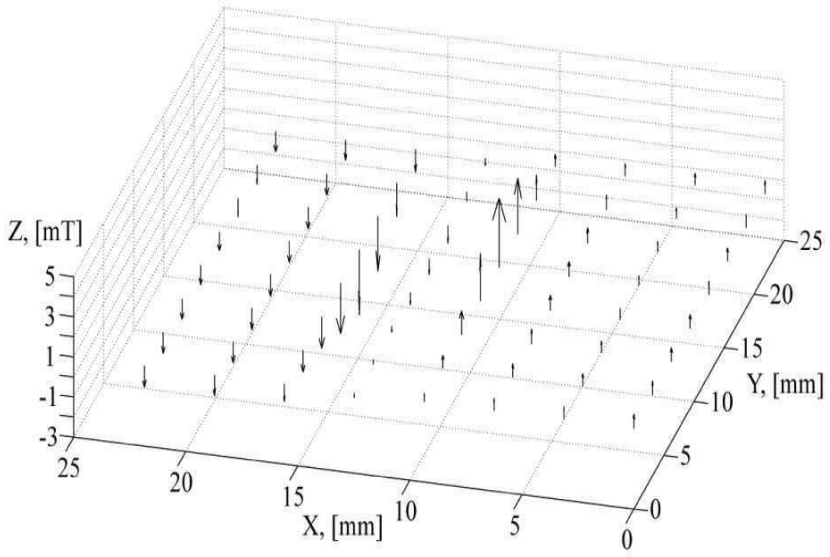
도면15


$\frac{\partial V_G}{\partial x}$
Y (mm)
X (mm)
Z (mT)
2.34
4.68
7.02
9.36
11.7
14.04

도면16


310
+VH1
+VH2
VCC
360
SW1a
SWy
SWx
SWy
SWx
330
350
SWx
SWy
SW2a
SWy
SW1b
SWx
SWx
SWy
320
340
SWy
SW2b
SWx
SWx
SWy
SWx
SWy
−VH1
370
−VH2

도면17


Z, [mT]
5
3
1
-1
-3
25
20
15
10
5
0
X, [mm]
25
20
15
10
5
0
Y, [mm]

도면18

