(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년09월28일
(11) 등록번호 10-0761998
(24) 등록일자 2007년09월19일

(51) Int. Cl.
G01R 31/00(2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-0073260
(22) 출원일자 2006년08월03일
심사청구일자 2006년08월03일
(56) 선행기술조사문헌
KR 1019940000876 A
KR 1020020009743 A

(73) 특허권자
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 서석동 375, 조선대학교 산학기획팀
(72) 발명자
이진이
광주 서구 풍암동 대주2차아파트 202-805
송하용
광주 북구 문흥2동 상록아파트 101-1606
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

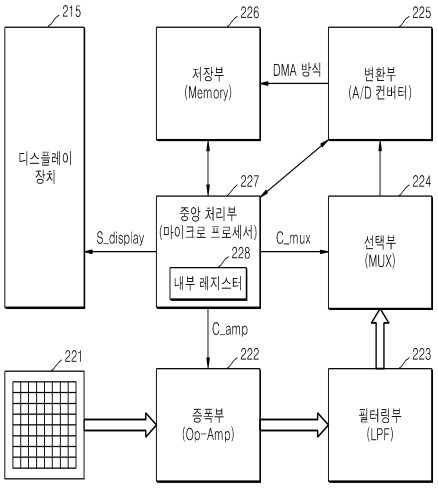
전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 민병준

(54) 향상된 결함 탐상 능력을 갖춘 결함 탐상 장치

(57) 요 약

본 발명의 바람직한 실시예에 따른 결함 탐상 장치는 자기 센서 어레이, 증폭부, 필터링부, 선택부, 변환부, 저장부 및 중앙 처리부를 구비한다. 상기 자기 센서 어레이(Magnetic Sensor Array)는 자원(Magnetic Source)에 의하여 자화된 대상체의 결함 부위에서 발생하는 누설 자속을 검출한다. 상기 증폭부는 상기 자기 센서 어레이에서 출력되는 신호들을 증폭하여 출력한다. 상기 필터링부는 상기 증폭부에서 출력되는 신호들을 필터링하여 출력한다. 상기 선택부는 상기 필터링부에서 출력되는 신호들 중에서, 소정 비트수의 출력 선택 신호에 상응하는 신호를 선택적으로 출력한다. 상기 변환부는 상기 선택부에서 출력되는 아날로그 데이터 신호를 디지털 데이터 신호로 변환하여 출력한다. 상기 저장부에는 상기 디지털 데이터 신호가 저장된다. 상기 중앙 처리부는 상기 디지털 데이터 신호에 포함된 잡음을 소프트웨어적으로 제거하고, 자화 방향으로 인접하는 자기 센서들 간의 출력 차이를 나타내는 디스플레이 데이터 신호를 생성하여 디스플레이 장치로 출력한다. 디스플레이 장치에는 대상체의 결함 유무를 용이하게 파악할 수 있게 하는 화면이 표시된다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

전종우

부산 수영구 망미2동 수영강변e편한세상아파트 105-1903

황지성

전남 담양군 금성면 봉황리 366

특허청구의 범위

청구항 1

자원(Magnetic Source)에 의하여 자화된 대상체의 결함 부위에서 발생하는 누설 자속을 검출하는 자기 센서 어레이(Magnetic Sensor Array);

상기 자기 센서 어레이에서 출력되는 신호들을 증폭하여 출력하는 증폭부;

상기 증폭부에서 출력되는 신호들을 필터링하여 출력하는 필터링부;

상기 필터링부에서 출력되는 신호들 중에서, 소정 비트수의 출력 선택 신호에 상응하는 신호를 선택적으로 출력하는 선택부;

상기 선택부에서 출력되는 아날로그 데이터 신호를 디지털 데이터 신호로 변환하여 출력하는 변환부;

상기 디지털 데이터 신호를 저장하는 저장부; 및

상기 디지털 데이터 신호에 포함된 잡음을 소프트웨어적으로 제거하고, 자화 방향으로 인접하는 자기 센서들 간의 출력 차이를 나타내는 디스플레이 데이터 신호를 생성하여 디스플레이 장치로 출력하는 중앙 처리부;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 자화 방향으로 인접하는 자기 센서들 간의 출력 차이는,

상기 자화 방향(x 방향)에 대한 자속 밀도(B)의 변화량($\partial B/\partial x$)에 대응되는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 선택부는 상기 필터링부에서 출력되는 신호들을, 상기 중앙 처리부로부터 출력되어 상기 선택부로 입력되는 상기 출력 선택 신호에 응답하여, 선택적으로 출력하는 멀티플렉서(Multiplexer)를 구비하고,

상기 중앙 처리부는, 어느 하나의 자기 센서에 상응하는 디지털 데이터 신호를 입력받아, 입력된 디지털 데이터 신호의 최대값과 최소값을 제외한 나머지 값들의 평균값을 상기 디지털 데이터 신호의 크기값으로 출력하는 소프트웨어를 실행함으로써, 상기 멀티플렉서의 멀티플렉싱(Multiplexing) 동작으로 인하여 발생하는 잡음을 제거하는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 자기 센서 어레이는 2 차원적으로 배열되는 다수의 자기 센서들을 구비하고,

상기 중앙 처리부는 상기 다수의 자기 센서들 각각의 감도(Sensitivity) 및 오프셋(Offset)에 관한 정보를 담고 있는 내부 레지스터를 구비하며,

초기화 설정 과정에서, 상기 중앙 처리부는 상기 다수의 자기 센서들 각각의 감도 및 오프셋에 관한 정보를 이용하여 상기 다수의 자기 센서들의 출력 레벨을 균등하게 조정하는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 디지털 데이터 신호는,

직접 메모리 접근(Direct Memory Access) 방식에 의하여 상기 변환부로부터 상기 저장부로 직접 전송될 수 있는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 중앙 처리부는,

상기 증폭부에서 출력되는 신호들의 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio)를 높이기 위하여, 상기 증폭부의 증폭 배율을 조절할 수 있는 것을 특징으로 하는 결함 탐상 장치.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<22> 본 발명은 향상된 결함 탐상 능력을 갖춘 결함 탐상 장치에 관한 것이다. 본 발명은 특히, 자기 센서 어레이에서 출력되는 신호들을 적절하게 처리하여 탐상하고자 하는 대상체의 표면 결함 또는 이면 결함의 유무를 용이하게 파악할 수 있게 하는 결함 탐상 장치에 관한 것이다.

<23> 자기적 현상을 이용한 비파괴(Nondestructive) 검사 방법은 구조물의 표면 결함이나 표면 근방의 이면 결함을 찾아내는데 유용한 검사 방법이다. 자기적 현상을 이용한 비파괴 검사 방법으로는 자분 탐상법, 누설 자속 탐상법, 자기 광학 탐상법, 자기 카메라를 이용하는 탐상법 등이 있다. 자기 카메라(Magnetic camera)는 자기적 현상을 이용하여 탐상하고자 하는 대상체의 결함을 실시간으로 가시화하는 결함 탐상 장치의 일종이다.

<24> 도 1은 자기 카메라를 이용하는 탐상법을 설명하는 도면이다.

<25> 도 1에는 표면 결함(101) 또는 이면 결함(102)의 유무를 탐상하고자 하는 대상체(100), 자원(Magnetic Source. 111), 자기 센서부(Magnetic Sensor unit. 112), 자기 렌즈(Magnetic Lens. 113), 데이터 처리부(114) 및 디스플레이 장치(115)가 도시되어 있다.

<26> 자원(111)에 의하여 대상체(100)를 자화시키면 표면 결함(101) 또는 이면 결함(102)의 근방에서는 누설 자속(LMF: Leakage Magnetic Flux)이 발생한다. 대상체(100)가 고온의 구조물인 경우와 같이 대상체(100)까지 근접하기 어려운 경우에는, 대상체(100)로부터 자기 센서부(112)까지 최소한의 리프트 오프(Lift Off)가 보장되어야 한다. 그러나, 리프트 오프(Lift Off)가 클수록 자기 센서부(112)가 누설 자속(LMF)을 검출하기가 어려워진다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 자기 렌즈(113)를 사용한다. 자기 렌즈(113)는 미약한 누설 자속(LMF)을 증폭하고 집속하여 자기 센서부(112)가 보다 용이하게 누설 자속(LMF)을 검출할 수 있도록 한다. 자기 렌즈(113)로서 자성 유체를 사용하면, 대상체(100)의 형상 및 검출 환경에 따라서 자성 유체의 3 차원 형상을 가변시킴으로써 자속 집속 효과를 높일 수 있다.

<27> 자기 센서부(112)는 누설 자속(LMF)의 검출 결과에 상응하는 전압 신호를 데이터 처리부(114)로 출력하고, 데이터 처리부(114)는 입력받는 전압 신호에 담긴 검출 데이터 신호를 적절하게 처리하여 디스플레이 장치(115)로 출력하며, 디스플레이 장치(115)는 입력받는 검출 데이터 신호에 기초하여 대상체(100)의 결함 유무를 나타내는 화면을 표시한다.

<28> 그런데 종래의 자기 카메라의 경우에는, 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio)가 매우 낮고, 자기 센서부(112)에 구비되는 자기 센서들 각각의 특성 편차가 고려되지 않아, 숙련된 전문가가 아니라면 대상체(100)의 결함 유무를 파악하는 것이 어려웠다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<29> 본 발명은 탐상하고자 하는 대상체의 표면 결함 또는 이면 결함의 유무를 용이하게 파악할 수 있게 하는 결함 탐상 장치를 제공하고자 한다. 즉, 본 발명은 향상된 결함 탐상 능력을 갖춘 결함 탐상 장치를 제공하고자 한다.

발명의 구성 및 작용

<30> 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 결함 탐상 장치는 자기 센서 어레이, 증폭부, 필터링부, 선택부, 변환부,

저장부 및 중앙 처리부를 구비한다. 상기 자기 센서 어레이(Magnetic Sensor Array)는 자원(Magnetic Source)에 의하여 자화된 대상체의 결함 부위에서 발생하는 누설 자속을 검출한다. 상기 증폭부는 상기 자기 센서 어레이에서 출력되는 신호들을 증폭하여 출력한다. 상기 필터링부는 상기 증폭부에서 출력되는 신호들을 필터링하여 출력한다. 상기 선택부는 상기 필터링부에서 출력되는 신호들 중에서, 소정 비트수의 출력 선택 신호에 상응하는 신호를 선택적으로 출력한다. 상기 변환부는 상기 선택부에서 출력되는 아날로그 데이터 신호를 디지털 데이터 신호로 변환하여 출력한다. 상기 저장부에는 상기 디지털 데이터 신호가 저장된다. 상기 중앙 처리부는 상기 디지털 데이터 신호에 포함된 잡음을 소프트웨어적으로 제거하고, 자화 방향으로 인접하는 자기 센서들 간의 출력 차이를 나타내는 디스플레이 데이터 신호를 생성하여 디스플레이 장치로 출력한다. 디스플레이 장치에는 대상체의 결함 유무를 용이하게 파악할 수 있게 하는 화면이 표시된다.

<31> 상기 자화 방향으로 인접하는 자기 센서들 간의 출력 차이는 상기 자화 방향(x 방향)에 대한 자속 밀도(B)의 변화량($\partial B/\partial x$)에 대응될 수 있다.

<32> 상기 선택부는 상기 필터링부에서 출력되는 신호들을, 상기 중앙 처리부로부터 출력되어 상기 선택부로 입력되는 상기 출력 선택 신호에 응답하여, 선택적으로 출력하는 멀티플렉서(Multiplexer)를 구비할 수 있다. 상기 중앙 처리부는, 어느 하나의 자기 센서에 상응하는 디지털 데이터 신호를 입력받아, 입력된 디지털 데이터 신호의 최대값과 최소값을 제외한 나머지 값들의 평균값을 상기 디지털 데이터 신호의 크기값으로 출력하는 소프트웨어를 실행함으로써, 상기 멀티플렉서의 멀티플렉싱(Multiplexing) 동작으로 인하여 발생하는 잡음을 제거할 수 있다.

<33> 상기 자기 센서 어레이는 2 차원적으로 배열되는 다수의 자기 센서들을 구비할 수 있으며, 상기 중앙 처리부는 상기 다수의 자기 센서들 각각의 감도(Sensitivity) 및 오프셋(Offset)에 관한 정보를 담고 있는 내부 레지스터를 구비할 수 있다. 초기화 설정 과정에서, 상기 중앙 처리부는 상기 다수의 자기 센서들 각각의 감도 및 오프셋에 관한 정보를 이용하여 상기 다수의 자기 센서들의 출력 레벨을 균등하게 조정할 수 있다.

<34> 본 발명의 어느 한 실시예에 있어서, 상기 디지털 데이터 신호는, 직접 메모리 접근(Direct Memory Access) 방식에 의하여 상기 변환부로부터 상기 저장부로 직접 전송될 수 있다.

<35> 상기 중앙 처리부는, 상기 증폭부의 증폭 배율을 조절함으로써, 상기 증폭부에서 출력되는 신호들의 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio)를 높일 수 있다.

<36> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지의 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.

<37> 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 결함 탐상 장치를 나타내는 블럭도이다.

<38> 도 2에는 자기 센서 어레이(Magnetic Sensor Array. 221), 증폭부(222), 필터링부(223), 선택부(224), 변환부(225), 저장부(226), 내부 레지스터(228)를 구비하는 중앙 처리부(227) 및 디스플레이 장치(215)가 도시되어 있다.

<39> 자기 센서 어레이(221)는 자원(Magnetic Source. 미도시)에 의하여 자화된 대상체(미도시)의 결함(표면 결함 또는 이면 결함) 부위에서 발생하는 누설 자속(Leakage Magnetic Flux)을 검출하여, 검출 결과에 상응하는 전압 신호를 출력한다. 도 2에 도시된 바와 같이, 자기 센서 어레이(221)는 2 차원적으로 배열되는 다수의 자기 센서들을 구비한다. 다수의 자기 센서들은 각각의 센서면에서의 누설 자속 검출 결과에 상응하는 전압 신호를 증폭부(222)로 각각 출력한다. 자기 센서 어레이(221)에는, 센서면에 입사하는 누설 자속의 수직 성분의 크기에 비례하는 전압 신호를 출력하는 다수의 홀 센서(Hall Sensor)들이 구비되거나, 자장(Magnetic Field)의 세기에 따라서 저항값이 변화하는 다수의 자기 저항 센서(MR Sensor: Magnetic Resistive Sensor)들 또는 다수의 거대 자기 저항 센서(GMR sensor: Giant Magnetic Resistive Sensor)들 등이 구비될 수 있다.

<40> 증폭부(222)는 자기 센서 어레이(221)에서 출력되는 신호들을 증폭하여 출력하는 역할을 담당한다. 도 2에 도시된 바와 같이, 연산 증폭기(Op-Amp: Operational Amplifier)를 증폭부(222)로서 사용할 수 있다. 연산 증폭기(Op-Amp)의 증폭 배율을 적절히 조절하면, 증폭부(222)에서 출력되는 신호들의 신호 대 잡음비(SNR: Signal to Noise Ratio)를 높일 수 있다. 연산 증폭기(Op-Amp)의 증폭 배율은 중앙 처리부(227)로부터 출력되는 증폭 배율 제어 신호(C_amp)에 의하여 조절될 수 있다.

<41> 필터링부(Filtering unit. 223)는 증폭부(222)에서 출력되는 신호들을 필터링하여 출력하는 역할을 담당한다.

필터링부(223)는, 고주파수 잡음 또는 자기 센서의 열잡음을 제거하기 위한 저역 통과 필터(LPF: Low Pass Filter)를 구비할 수도 있고, 그 외에 대역 통과 필터(BPF: Band Pass Filter), 대역 차단 필터(BRF: Band Reject Filter) 등을 구비할 수도 있다.

<42> 선택부(224)는 필터링부(223)에서 출력되는 신호들 중에서, 소정 비트수의 출력 선택 신호(C_mux)에 상응하는 신호를 선택적으로 출력하는 역할을 담당한다. 이와 같은 선택적 출력을 위하여, 선택부(224)는 멀티플렉서(MUX: Multiplexer)를 구비할 수 있다. 예컨대, 8 개의 자기 센서들 각각에 상응하는 8 개의 데이터 신호들이 멀티플렉서(MUX)로 동시에 입력되는 경우에, 멀티플렉서(MUX)는 3 비트($8 = 2^3$ 이므로)의 출력 선택 신호(C_mux)에 응답하여 상기 8 개의 데이터 신호들을 택일적으로 출력할 수 있다.

<43> 변환부(225)는 선택부(224)에서 출력되는 아날로그 데이터 신호를 디지털 데이터 신호로 변환하여 출력하는 역할을 담당한다. 도 2에 도시된 바와 같이 변환부(225)는 아날로그 디지털 컨버터(A/D 컨버터)를 구비한다.

<44> 도 3을 참조하여 도 2에서의 자기 센서 어레이(221), 증폭부(222), 필터링부(223), 선택부(224) 및 변환부(225)의 구성예를 설명한다. 즉, 도 3은 도 2에서의 자기 센서 어레이(221), 증폭부(222), 필터링부(223), 선택부(224) 및 변환부(225)의 구성예를 나타내는 도면이다.

<45> 본 발명의 어느 한 실시예에 있어서, 자기 센서 어레이(221)는 다수의 홀 센서(Hall Sensor. 321a)들을 구비할 수 있고, 증폭부(222)는 연산 증폭기(Op-Amp. 322a)로 구현될 수 있고, 필터링부(223)는 저역 통과 필터(LPF. 323a)로 구현될 수 있고, 선택부(224)는 멀티플렉서(MUX. 324)로 구현될 수 있으며, 변환부(225)는 아날로그 디지털 컨버터(A/D 컨버터. 325)로 구현될 수 있다. 그러나, 본 발명의 실시예가 이에 한정되는 것은 아니며, 예컨대, 자기 센서 어레이(221)는 다수의 홀 센서들 대신에 앞서 설명한 바 있는 다수의 자기 저항 센서(MR Sensor)들 또는 다수의 거대 자기 저항 센서(GMR Sensor)들을 구비할 수 있고, 필터링부(223)는 대역 통과 필터(BPF)나 대역 차단 필터(BRF)로 구현될 수 있다.

<46> 전원 전압(Vc)과 접지 전압(Vg) 사이에 접속되는 홀 센서(321a)는 센서면에 입사하는 누설 자속의 수직 성분의 크기에 비례하는 차동 전압 신호를 연산 증폭기(322a)로 출력한다. 연산 증폭기(322a)의 증폭 배율은 중앙 처리부(도 2의 227)로부터의 증폭 배율 제어 신호(C_amp)에 의하여 조절된다. 홀 센서 321a, 연산 증폭기 322a 및 저역 통과 필터 323a가 제 1 센서부(320a)를 구성한다고 할 때, 제 1 센서부(320a), 제 2 센서부(320b), 제 3 센서부(320c) 내지 제 N 센서부(320n) 각각으로부터 출력되는 신호는 멀티플렉서(324)로 입력된다. 각각의 센서부(320a, 320b, 320c, ..., 320n)에서 연산 증폭기와 저역 통과 필터는 신호 대 잡음비(SNR)를 높이기 위한 구성 요소이다.

<47> 멀티플렉서(324)는 제 1 센서부(320a) 내지 제 N 센서부(320n)로부터 출력되는 신호들 중에서, 소정 비트수의 출력 선택 신호(C_mux)에 상응하는 신호를 선택적으로 출력한다. 앞서 예를 들어 설명한 바와 같이, 제 1 센서부(320a) 내지 제 8 센서부(320h)로부터 8 개의 데이터 신호들이 멀티플렉서(324)로 동시에 입력되는 경우에, 멀티플렉서(324)는 중앙 처리부(도 2의 227)로부터 출력되는 3 비트의 출력 선택 신호(C_mux)에 응답하여 상기 8 개의 데이터 신호들을 택일적으로 출력할 수 있다. 이와 같이 본 발명에서는, 멀티플렉서(324)를 사용하여 신호 배선 라인을 간략화함으로써 외부 잡음의 유입을 저감시킬 수 있다.

<48> 멀티플렉서(324)가 출력하는 데이터 신호(S_mux)는 아날로그 디지털 컨버터(325)로 입력된다. 그런데, 본 발명의 다른 실시예에 있어서는, 멀티플렉서(324)와 아날로그 디지털 컨버터(325)의 순서가 바뀔 수도 있다. 즉, 도 2에서 필터링부(223)에서 출력되는 신호들이 변환부(225)로 입력되어 각각 아날로그 디지털 변환된 후, 변환된 신호들이 선택부(224)에 의하여 택일적으로 저장부(226) 또는 중앙 처리부(227)로 출력될 수도 있는 것이다. 도 3의 경우와 같이 멀티플렉서(324)가 아날로그 디지털 컨버터(325)의 앞단에 배치되는 경우에는 아날로그 멀티플렉서(Analog MUX)가 사용될 것이고, 반대로 멀티플렉서(324)가 아날로그 디지털 컨버터(325)의 뒷단에 배치되는 경우에는 디지털 멀티플렉서(Digital MUX)가 사용될 것이다. 아날로그 디지털 컨버터(325)가 멀티플렉서(324)의 앞단에 배치되는 경우에는 더 많은 갯수의 아날로그 디지털 컨버터가 필요하다.

<49> 도 2에서 변환부(225)가 출력하는 디지털 데이터 신호는, 직접 메모리 접근(DMA: Direct Memory Access) 방식에 의하여, 변환부(225)로부터 저장부(226)로 직접 전송될 수 있다. 저장부(226)에는 변환부(225)로부터 직접 전송되는 디지털 데이터 신호 또는 변환부(225)로부터 중앙 처리부(227)를 거쳐 전송되는 디지털 데이터 신호가 저장된다.

<50> 중앙 처리부(227)는 본 발명에 따른 결함 탐상 장치의 전체적인 동작을 제어하는 구성 요소이다. 특히 중앙 처리부(227)는, 변환부(225) 또는 저장부(226)로부터 출력되는 디지털 데이터 신호에 포함된 잡음을 소프트웨어적

으로 제거하고, 자화 방향으로 인접하는 자기 센서들 간의 출력 차이를 나타내는 디스플레이 데이터 신호(S_display)를 생성하여 디스플레이 장치(215)로 출력하는 역할을 담당한다. 중앙 처리부(227)가 상기 디지털 데이터 신호에 포함된 잡음을 소프트웨어적으로 제거하는 과정은 도 5를 참조하여 설명하고, 중앙 처리부(227)가 상기 디지털 데이터 신호로부터 상기 디스플레이 데이터 신호(S_display)를 생성하는 과정은 도 6a 및 도 6b를 참조하여 설명한다.

<51> 한편, 도 2에 도시된 바와 같이 중앙 처리부(227)는 다수의 자기 센서들 각각의 감도(Sensitivity) 및 오프셋(Offset)에 관한 정보를 담고 있는 내부 레지스터(228)를 구비한다. 이하에서는 도 4a 내지 도 4c를 참조하여, 본 발명에 따른 결함 탐상 장치의 초기화 설정 과정에서, 중앙 처리부(227)가, 내부 레지스터(228)에 저장된 다수의 자기 센서들 각각의 감도 및 오프셋에 관한 정보를 이용하여, 다수의 자기 센서(예컨대, 홀 센서)들의 출력 레벨을 균등하게 조정하는 과정을 설명한다.

<52> 도 4a는 외부 자장(Magnetic Field)이 인가되지 않는 상태에서 8 개의 홀 센서들 각각으로부터 생성되어 각각 연산 증폭기 및 저역 통과 필터를 거쳐 멀티플렉서에 의하여 순차적으로 출력되는 데이터 신호(S_mux)를 예시하는 도면이다. 도 4a에서 H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7 및 H8은 상기 8 개의 홀 센서들 각각과 대응되는 출력 구간이다. 도 4a에서, 하나의 가로 눈금은 20 ms에 해당하고 하나의 세로 눈금은 0.2 V에 해당한다.

<53> 자기 센서 어레이(221)에 구비되는 다수의 홀 센서들 각각은 서로 다른 감도 및 오프셋을 가지기 때문에, 외부 자장이 배제되어 대상체의 결함으로부터의 누설 자속이 자기 센서 어레이(221)에 입사하지 않는 상태이더라도, 다수의 홀 센서들은 서로 다른 레벨의 신호를 출력한다. 즉, 도 4a에 도시된 바와 같이 다수의 홀 센서들 각각은 서로 다른 오프셋(Offset)을 갖는다. 본 발명에서는, 이와 같은 오프셋 차이(도 4a 참조) 또는 감도 차이(아래에서 설명되는 도 4b 참조)로 인한 문제를 해결하기 위하여, 내부 레지스터(228)에 저장된 다수의 자기 센서들 각각의 감도 및 오프셋에 관한 정보를 이용하여 다수의 자기 센서들의 출력 레벨을 균등하게 조정(아래에서 설명되는 도 4c 참조)하는 초기화 설정 과정이 구비된다.

<54> 도 4b는 상기 초기화 설정 과정을 거치지 않은 경우에 홀 센서들의 출력 전압 신호들을 도시한 것이고, 도 4c는 상기 초기화 설정 과정을 거친 경우에 홀 센서들의 출력 전압 신호들을 도시한 것이다. 도 4b 및 도 4c에서, 가로축은 자원(Magnetic Source)으로 입력되는 솔레노이드 입력 전류(Solenoid input current)를 나타내고(즉, 가로축은 외부 자장의 세기를 나타낸다고 볼 수 있다), 세로축은 홀 센서들의 출력 전압(Hall valtage) 레벨을 나타낸다.

<55> 도 4b와 도 4c를 비교하면 알 수 있듯이, 상기 8 개의 홀 센서들로부터의 출력 전압 신호들(CH1, CH2, CH3, CH4, CH5, CH6, CH7, CH8)은 상기 초기화 설정 과정을 거치면서 균등하게 조정된다. 즉, 중앙 처리부(227)는, 내부 레지스터(228)에 저장된 다수의 홀 센서들 각각의 감도 및 오프셋에 관한 정보를 이용하여, 상기 초기화 설정 과정에서, 다수의 홀 센서들의 출력 레벨을 균등하게 조정한다.

<56> 도 5는 도 3에서의 멀티플렉서(324)에서 출력되는 데이터 신호(S_mux)를 자세하게 나타낸 도면이다. 도 5에서, 하나의 가로 눈금은 0.5 ms에 해당하고 하나의 세로 눈금은 0.1 V에 해당한다.

<57> 도 5에는 어느 하나의 자기 센서에 상응하는 출력 구간(Pn + Pd) 동안에 멀티플렉서(324)에서 출력되는 데이터 신호(S_mux)가 도시되어 있다. 출력 구간 Pn은 멀티플렉서(324)의 멀티플렉싱(Multiplexing) 동작으로 인한 노이즈 유입 구간에 해당되고, 출력 구간 Pd는 순수한 데이터 구간에 해당된다.

<58> 멀티플렉싱(Multiplexing) 동작의 전후에서 발생하는 최소값 노이즈(Noise_min)와 최대값 노이즈(Noise_max)를 순수한 데이터값에 포함시켜 취급한다면 대상체에 대한 정확한 결함 탐상이 실행될 수 없으므로, 데이터 신호에서 최소값 노이즈(Noise_min) 성분과 최대값 노이즈(Noise_max) 성분을 제거할 필요가 있다. 이를 위해서, 본 발명에서의 중앙 처리부(227)는 데이터 신호에 포함된 잡음을 소프트웨어적으로 제거하는 과정을 수행한다. 즉, 중앙 처리부(227)는, 어느 하나의 자기 센서에 상응하는 디지털 데이터 신호를 변환부(225) 또는 저장부(226)로부터 입력받아, 입력된 디지털 데이터 신호의 최대값(Noise_max에 대응되는 것으로 추정됨)과 최소값(Noise_min에 대응되는 것으로 추정됨)을 제외한 나머지 값들의 평균값을 상기 디지털 데이터 신호의 크기값으로 출력하는 소프트웨어를 실행함으로써, 멀티플렉서(324)의 멀티플렉싱(Multiplexing) 동작으로 인하여 발생하는 잡음을 제거한다.

<59> 한편, 도 2에서의 디스플레이 장치(215)는 중앙 처리부(227)로부터 출력되는 디스플레이 데이터 신호(S_display)에 기초하여 대상체의 결함 유무를 나타내는 화면을 표시한다. 자기 센서 어레이(221), 증폭부(222), 필터링부(223), 선택부(224) 및 변환부(225)를 거치면서 생성되는 디지털 데이터 신호는 자화 방향

(Magnetization direction)에 따른 자속 밀도(B)의 세기에 관한 정보를 담고 있다. 그런데, 자화 방향에 따른 자속 밀도의 세기에 관한 정보를 담고 있는 상기 디지털 데이터 신호를 아무런 신호 처리 과정없이 그대로 디스플레이 장치(215)로 출력하는 경우에는, 디스플레이 장치(215)가 표시하는 화면 상에서 대상체의 결함 유무를 파악하는 것이 용이하지 않을 수 있다. 그 이유를 도 6a 및 도 6b를 참조하여 설명한다.

<60> 도 6a 및 도 6b는 표면 결함(또는 이면 결함)을 가진 대상체를 결함 탐상 장치로 탐상하는 경우에 디스플레이 장치(215)가 표시하는 화면을 나타내는 도면이다. 도 6a 및 도 6b에서, xy 평면은 표면 결함(또는 이면 결함)의 유무를 측정하고자 하는 대상체의 탐상면에 대응된다. 도 6a에서 z 축은 자속 밀도(B)의 세기(단위는 mT: milli Tesla)를 나타내고, 도 6b에서 z 축은 자화 방향(Magnetization direction. x 축 방향)에 대한 자속 밀도(B)의 변화량($\partial B/\partial x$. 단위는 mT/mm)을 나타낸다.

<61> 도 6a는 상기 디지털 데이터 신호(자화 방향에 따른 자속 밀도의 세기에 관한 정보를 담고 있음)를 아무런 신호 처리 과정없이 그대로 디스플레이 장치(215)로 출력하는 경우의 화면이고, 도 6b는 상기 디지털 데이터 신호를 적절하게 신호 처리하여 생성되는 디스플레이 데이터 신호(S_display. 자화 방향에 대한 자속 밀도의 변화량에 관한 정보를 담고 있음)를 디스플레이 장치(215)로 출력하는 경우의 화면이다. 여기서, 상기 디지털 데이터 신호를 적절하게 신호 처리하여 디스플레이 데이터 신호(S_display)를 생성한다는 것은, 상기 디지털 데이터 신호를 입력받아 자화 방향으로 인접하는 자기 센서(홀 센서)들 간의 출력 차이를 나타내는 디스플레이 데이터 신호(S_display)를 생성한다는 것을 의미한다. 자화 방향으로 인접하는 자기 센서들 간의 출력 차이는 자화 방향(x 축 방향)에 대한 자속 밀도(B)의 변화량($\partial B/\partial x$)에 대응된다.

<62> 자원(Magnetic Source)에 의하여 대상체를 자화(Magnetization)시키면 결함의 유무와 관계없이 자화 방향으로 자속 밀도(B)의 세기가 증가하는 결과가 검출된다. 따라서, 상기 디지털 데이터 신호(자화 방향에 따른 자속 밀도의 세기에 관한 정보를 담고 있음)를 아무런 신호 처리 과정없이 그대로 디스플레이 장치(215)로 출력하는 경우에는, 자화 방향으로 자속 밀도(B)의 세기가 증가하는 화면(도 6a) 상에서 결함의 존재에 따른 자속 밀도(B)의 미세한 변화를 찾아내는 것이 용이하지 않다. 즉, 도 6a와 같은 화면 상에서 대상체의 결함 유무를 파악하는 것은 어렵다.

<63> 이에 비하여, 상기 디지털 데이터 신호를 적절하게 신호 처리하여 생성되는 디스플레이 데이터 신호(S_display. 자화 방향에 대한 자속 밀도의 변화량에 관한 정보를 담고 있음)를 디스플레이 장치(215)로 출력하는 경우에는, 자화 방향에 대한 자속 밀도(B)의 변화량($\partial B/\partial x$)을 나타내는 화면(도 6b) 상에서 결함의 존재에 따른 자속 밀도(B)의 미세한 변화를 찾아내는 것이 용이하다. 이와 같이 본 발명에서는, 상기 디지털 데이터 신호를 신호 처리하여 생성되는 디스플레이 데이터 신호(S_display)를 디스플레이 장치(215)로 출력함으로써, 대상체의 결함 유무를 용이하게 파악할 수 있도록 하는 화면이 표시된다. 도 6b를 살펴 보면, y 축 방향과 나란한 방향으로 대상체에 결함이 있다는 것을 용이하게 파악할 수 있다.

<64> 이상에서는 도면에 도시된 구체적인 실시예를 참고하여 본 발명을 설명하였으나 이는 예시적인 것에 불과하므로, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 기술을 가진 자라면 이로부터 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명의 보호 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 해석되어야 하고, 그와 동등 및 균등한 범위 내에 있는 모든 기술적 사상은 본 발명의 보호 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

발명의 효과

<65> 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에는 다음과 같은 효과가 있다.

<66> 첫째, 증폭부(예컨대, 연산 증폭기) 및 필터링부(예컨대, 저역 통과 필터, 대역 통과 필터 또는 대역 차단 필터)를 사용함으로써, 자기 센서 어레이에서 출력되는 신호들의 신호 대 잡음비(SNR)를 높일 수 있다.

<67> 둘째, 선택부로서의 멀티플렉서(Multiplexer)를 사용함으로써, 신호 배선 라인을 간략화하여 외부 잡음의 유입을 저감시킬 수 있다.

<68> 셋째, 자기 센서 에레이에 구비되는 다수의 자기 센서들 각각의 특성 편차(감도 및 오프셋)를 고려하여 초기화 설정 과정을 실행하고, 멀티플렉싱(Multiplexing) 동작의 전후에 발생하는 잡음 등 디지털 데이터 신호에 포함된 잡음을 소프트웨어적으로 제거하며, 자화 방향으로 인접하는 자기 센서들 간의 출력 차이에 상응하는 화면을 표시하므로, 대상체의 결함 유무를 용이하게 파악할 수 있게 한다.

도면의 간단한 설명

<1> 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 이해하기 위하여 각 도면에 대한 간단한 설명이 제공된다.

<2> 도 1은 자기 카메라를 이용하는 탐상법을 설명하는 도면이다.

<3> 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 결함 탐상 장치를 나타내는 블럭도이다.

<4> 도 3은 도 2에서의 자기 센서 어레이(221), 증폭부(222), 필터링부(223), 선택부(224) 및 변환부(225)의 구성예를 나타내는 도면이다.

<5> 도 4a는 외부 자장(Magnetic Field)이 인가되지 않는 상태에서 8 개의 홀 센서들 각각으로부터 생성되어 각각 연산 증폭기 및 저역 통과 필터를 거쳐 멀티플렉서에 의하여 순차적으로 출력되는 데이터 신호(S_mux)를 예시하는 도면이다.

<6> 도 4b는 상기 초기화 설정 과정을 거치지 않은 경우에 홀 센서들의 출력 전압 신호들을 도시한 것이고, 도 4c는 상기 초기화 설정 과정을 거친 경우에 홀 센서들의 출력 전압 신호들을 도시한 것이다.

<7> 도 5는 도 3에서의 멀티플렉서(324)에서 출력되는 데이터 신호(S_mux)를 자세하게 나타낸 도면이다.

<8> 도 6a 및 도 6b는 표면 결함(또는 이면 결함)을 가진 대상체를 결함 탐상 장치로 탐상하는 경우에 디스플레이 장치(215)가 표시하는 화면을 나타내는 도면이다.

<9> < 도면의 참조 번호에 대한 설명 >

<10> 100: 대상체 101: 표면 결함

<11> 102: 이면 결함 111: 자원(Magnetic Source)

<12> 112: 자기 센서부 113: 자기 렌즈

<13> 114: 데이터 처리부 115, 215: 디스플레이 장치

<14> 221: 자기 센서 어레이 222: 증폭부

<15> 223: 필터링부 224: 선택부

<16> 225: 변환부 226: 저장부

<17> 227: 중앙 처리부 228: 내부 레지스터

<18> 320a 내지 320n: 제 1 센서부 내지 제 N 센서부

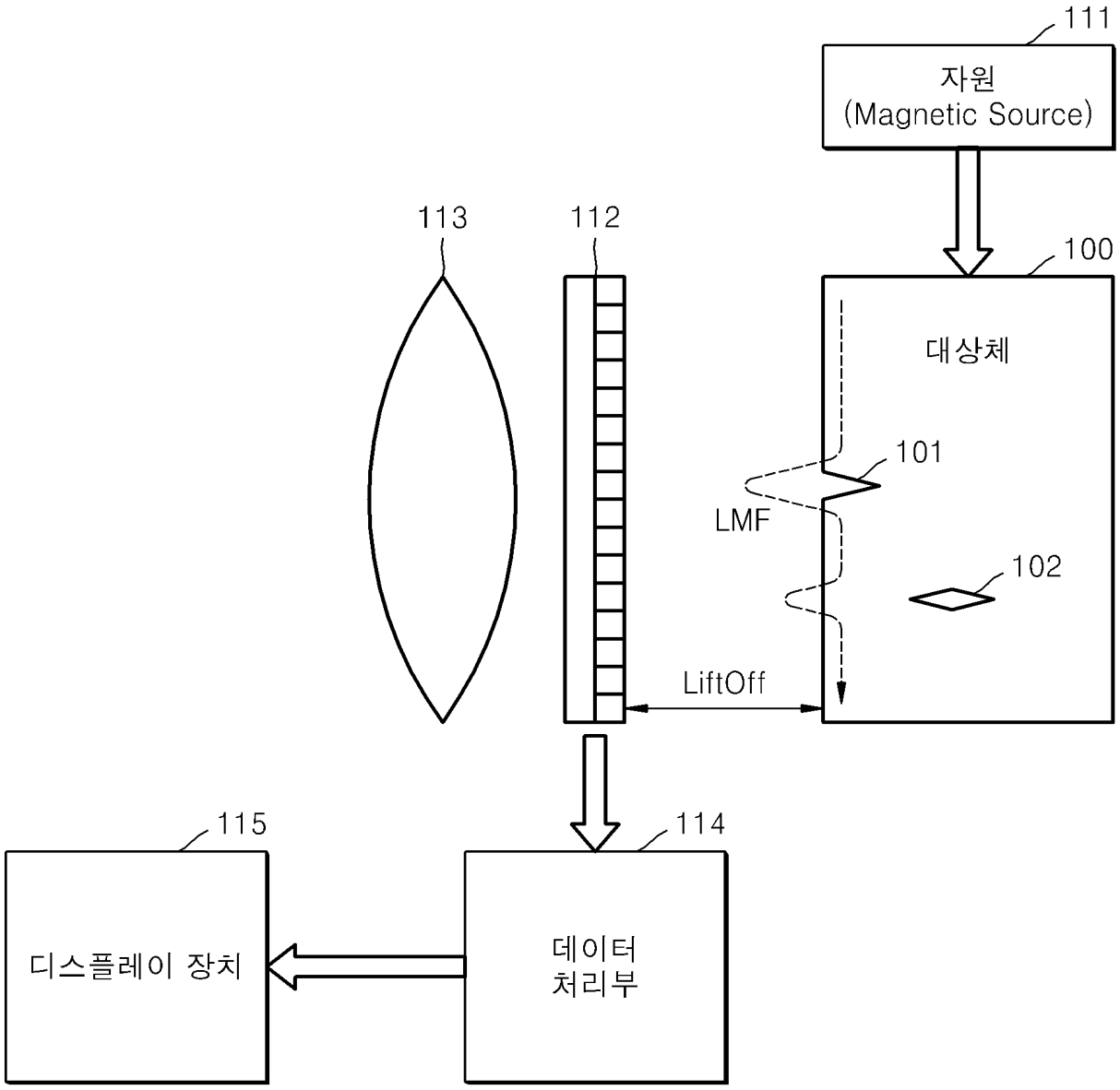
<19> 321a: 홀 센서 322a: 연산 증폭기

<20> 323a: 저역 통과 필터 324: 멀티플렉서

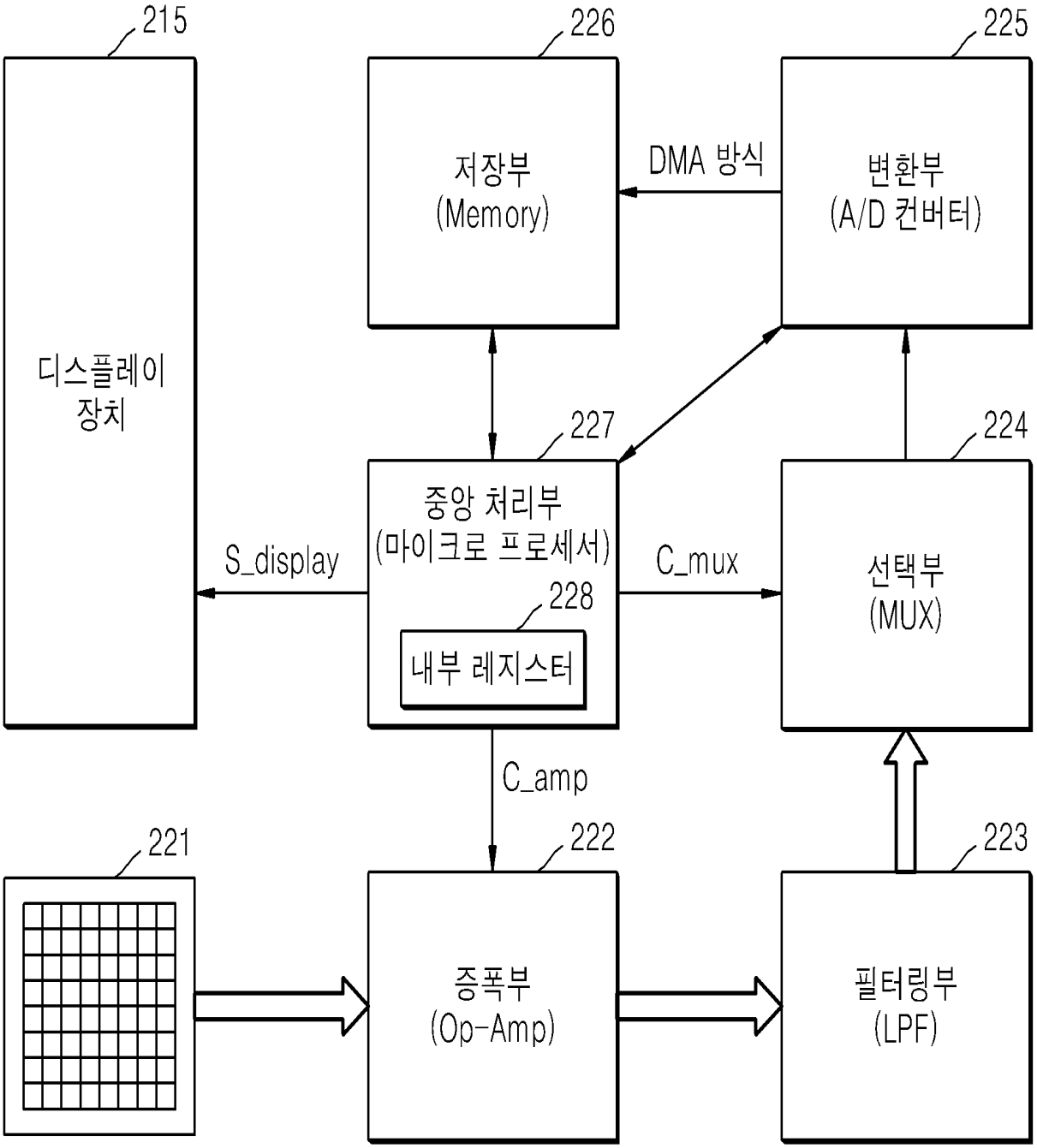
<21> 325: 아날로그 디지털 컨버터

도면

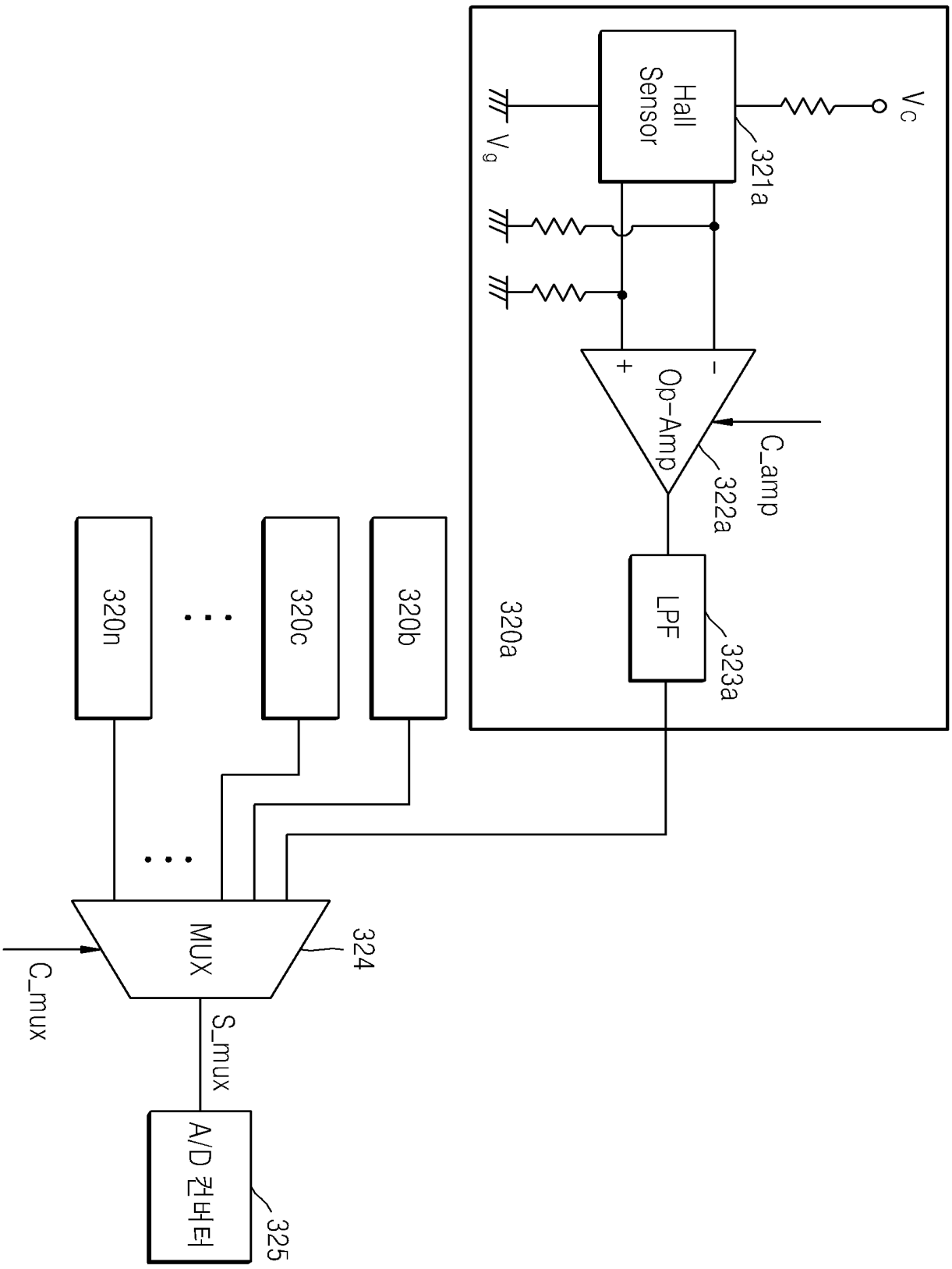
도면1


111
자원
(Magnetic Source)
113
112
100
대상체
101
LMF
102
LiftOff
115
114
디스플레이 장치
데이터
처리부

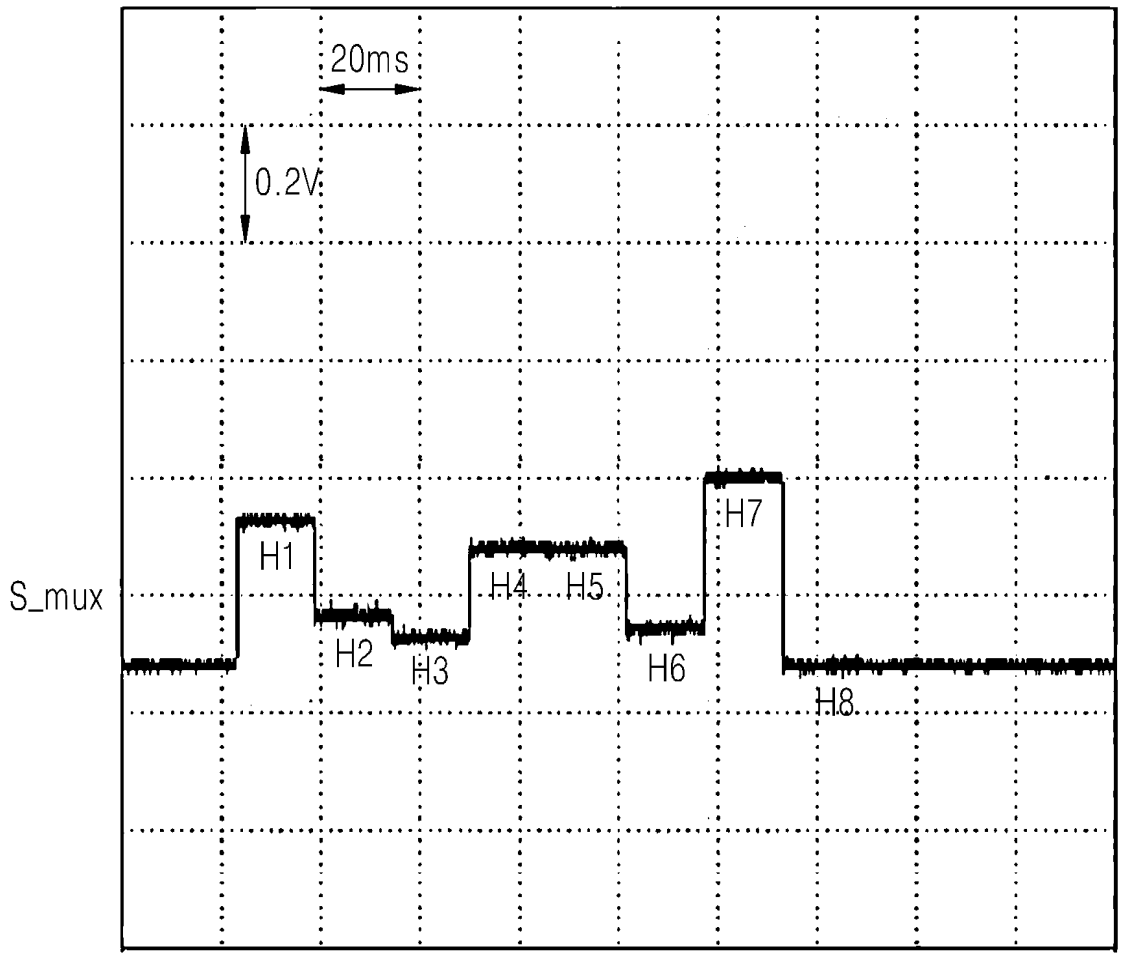
도면2


215
226
225
저장부
(Memory)
DMA 방식
변환부
(A/D 컨버터)
디스플레이
장치
227
224
중앙 처리부
(마이크로 프로세서)
S_display
C_mux
선택부
(MUX)
228
내부 레지스터
C_amp
221
222
223
증폭부
(Op-Amp)
필터링부
(LPF)

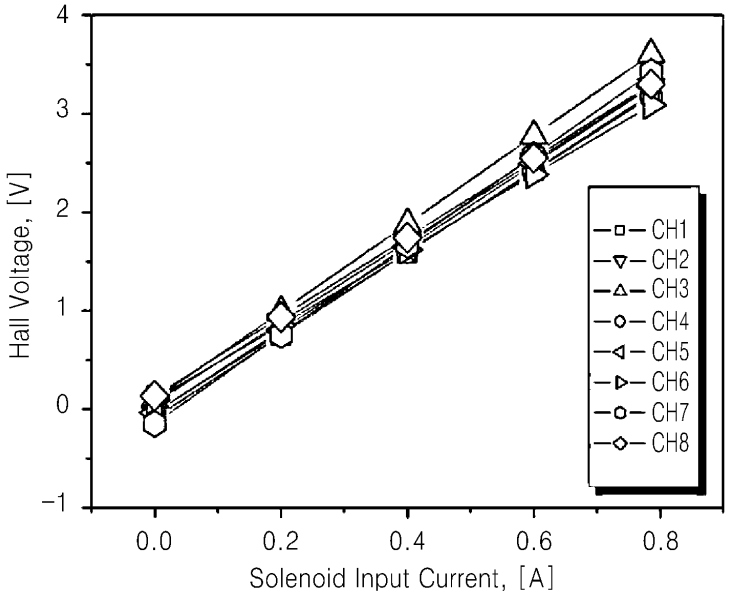
도면3


Hall Sensor
321a
Vc
Vg
Op-Amp
322a
C_amp
LPF
323a
320a
320n
320c
320b
MUX
324
C_mux
S_mux
A/D 컨버터
325

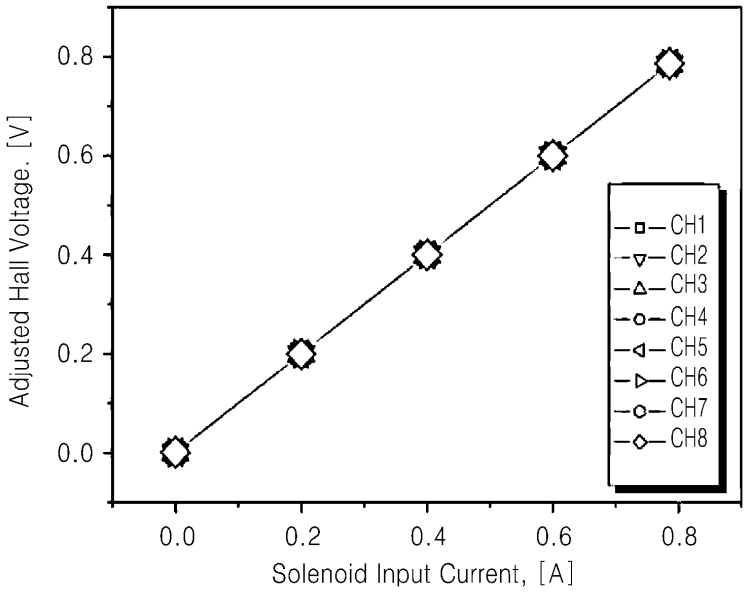
도면4a


20ms
0.2V
S_mux
H1
H2
H3
H4
H5
H6
H7
H8

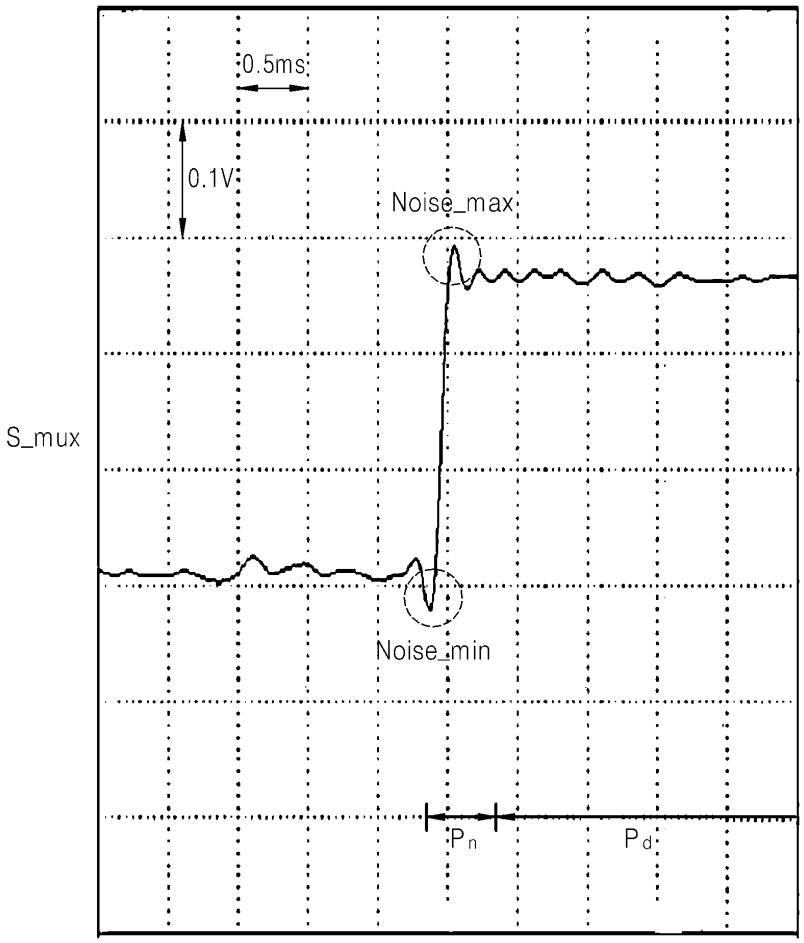
도면4b


Hall Voltage, [V]
Solenoid Input Current, [A]
4
3
2
1
0
-1
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
CH1
CH2
CH3
CH4
CH5
CH6
CH7
CH8

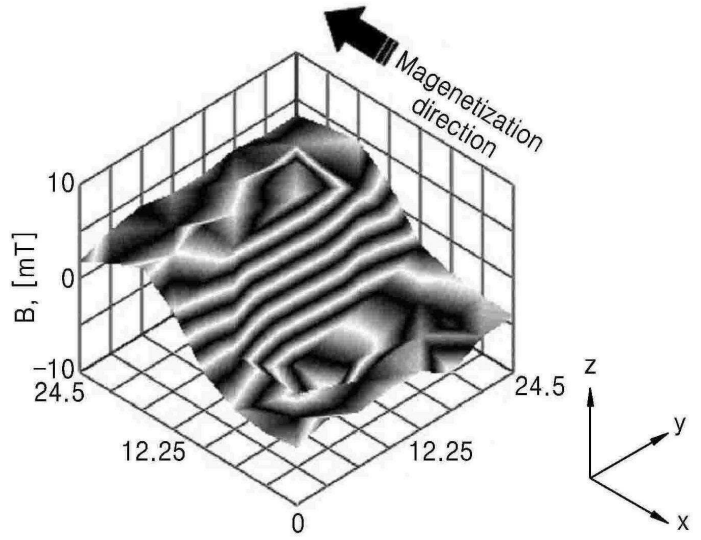
도면4c


Adjusted Hall Voltage. [V]
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
Solenoid Input Current, [A]
CH1
CH2
CH3
CH4
CH5
CH6
CH7
CH8

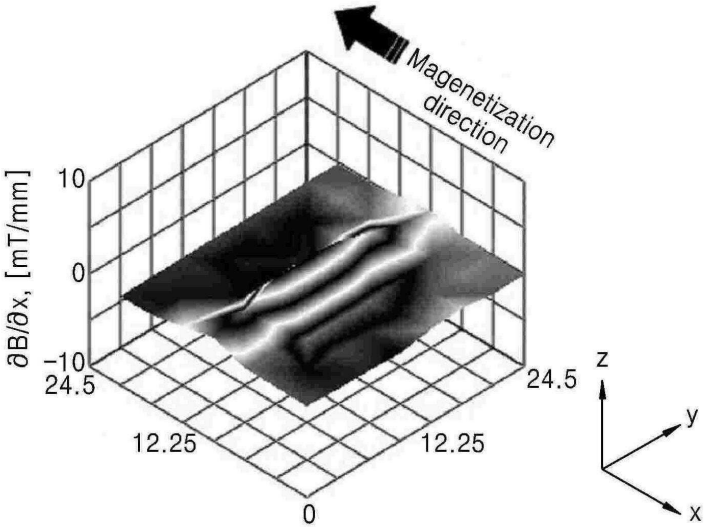
도면5


0.5ms
0.1V
Noise_max
S_mux
Noise_min
Pn
Pd

도면6a


Magenetization direction
B, [mT]
10
0
−10
24.5
12.25
0
12.25
24.5
z
y
x

도면6b


Magenetization direction
∂B/∂x, [mT/mm]
10
0
−10
24.5
12.25
0
12.25
24.5
z
y
x