

# (19)대한민국특허청(KR)

## (12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01L 43/08 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년09월25일 10-0627212 2006년09월15일
-----------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------------

(21) 출원번호	10-2005-0020492	(65) 공개번호	10-2006-0043874
(22) 출원일자	2005년03월11일	(43) 공개일자	2006년05월15일

(30) 우선권주장	JP-P-2004-00070927	2004년03월12일	일본(JP)
(73) 특허권자	야마하 가부시키키가이샤 일본국 시즈오카켄 하마마쓰시 나카자와쵸 10반 1고		
(72) 발명자	오오하시 도시유키 일본 시즈오카켄 하마마쓰시 나카자와쵸 10-1 야마하 가부시키키가이샤 내  아이소 고끼찌 일본 시즈오카켄 하마마쓰시 나카자와쵸 10-1 야마하 가부시키키가이샤 내		
(74) 대리인	장수길 이중희 구영창		

심사관 : 구분재

(54) 자기 센서를 제조하기 위한 방법, 그 방법에 이용되는 자석어레이, 및 자석 어레이를 제조하기 위한 방법

### 요약

자기 센서는 8개의 SAF-타입 GMR 소자를 포함한다. 4개의 GMR 소자는 X-축 방향으로의 자계를 검출하고 브리지-접속되어 X-축 자기 센서를 구성한다. 나머지 4개의 GMR 소자는 Y-축 방향으로의 자계를 검출하고 브리지 접속되어 Y-축 자기 센서를 구성한다. 각 GMR 소자의 핀형층의 자화는, 자석 어레이의 요크(yoke)의 정사각형부에 삽입되는 영구 막대 자석이 요크의 직사각형부의 주위에서 발생시키는 자계에 의해 정해진 방향으로 고정된다. 요크의 특정 직사각형부의 주위에서 생성된 자계는 전자의 직사각형부에 인접한 직사각형부의 근처에 생성되는 자계와 90도만큼 방향이 다르다.

### 대표도

도 4

### 색인어

자기센서, 자석 어레이, GMR 소자, X-축 및 Y-축 자기센서, 요크

## 명세서

### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 자기 센서(N-타입)의 실시예를 도시한 평면도.

도 2는 본 발명에 따른 다른 자기 센서(S-타입)의 실시예를 도시한 평면도.

도 3a는 도 1에 도시된 제1 X-축 GMR 소자를 도시한 확대된 개략 평면도.

도 3b는 도 3a의 라인 1-1에 따른 제1 X-축 GMR 소자의 개략적인 단면도.

도 4는 도 3에 도시된 제1 X-축 GMR 소자의 막 구성(합성 스핀 밸브 막 SAF)을 도시한 도면.

도 5는 X-축의 방향으로 가변되는 자계의 존재시 직선에 의해 나타낸 바와 같은 도 1에 도시된 제1 X-축 GMR 소자의 저항의 변동, 및 Y-축 방향으로 가변되는 자계의 존재시 곡선에 의해 나타낸 바와 같은 저항 변동을 도시한 그래프.

도 6a는 도 1에 도시된 자기 센서에 포함된 X-축 자기 센서의 등가 회로도.

도 6b는 X-축 방향으로 가변되는 자계의 존재시 도 6a의 X-축 자기 센서의 출력 변동을 도시한 그래프.

도 7은 도 1 및 2에 도시된 자기 센서의 핀형 층의 자화 방향을 고정하는데 이용되는 자석 어레이를 도시한 평면도.

도 8은 도 7의 자석 어레이를 도시한 부분적인 단면도.

도 9는 도 7의 자석 어레이의 요크를 도시한 평면도.

도 10은 도 9의 요크를 도시하는 확대된 부분 평면도.

도 11은 도 10의 라인 2-2에 따른 요크의 단면도.

도 12는 도 9의 요크에 형성된 관통홀을 도시한 평면도.

도 13은 도 7의 자석 어레이의 어레이 기판을 도시한 부분적인 단면도.

도 14는 도 7의 자석 어레이의 어레이 기판을 도시한 평면도.

도 15는 도 13의 어레이 기판을 형성하는데 이용되는 박형 플레이트를 도시한 단면도.

도 16은 도 7의 자석 어레이의 제조시 하나의 단계를 도시한 도면.

도 17은 도 7의 자석 어레이의 제조시 다른 단계를 도시한 도면.

도 18은 도 7의 자석 어레이의 제조시 다른 단계를 도시한 도면.

도 19는 도 7의 자석 어레이의 제조시 다른 단계를 도시한 도면.

도 20은 자석 어레이에 의해 생성된 자계를 설명하기 위한 목적으로 도 7의 자석 어레이를 도시한 부분적인 단면도.

도 21은 자석 어레이에 의해 생성된 자계를 설명하기 위한 목적으로 도 7의 자석 어레이를 도시한 평면도.

도 22는 도 1 및 도 2의 자기 센서가 제조되는 웨이퍼를 도시한 부분 평면도.

도 23은 도 1 및 2의 자기 센서의 GMR 소자의 핀형층의 자화를 각각의 정해진 방향으로 고정하기 위한 방법을 나타내는, 자석 어레이와 웨이퍼를 도시한 부분적인 단면도.

도 24는 도 1 및 도 2의 자기 센서의 GMR 소자의 핀형층의 자화를 각각의 정해진 방향으로 고정하기 위한 방법을 도시한 개념도.

도 25는 종래의 스핀 밸브 막에 대해 어닐링 온도와 교환-결합 자계간의 관계에 대한 연구 결과를 도시한 그래프, 및 본 발명의 방법에 의해 제조되는 합성 스핀 밸브 막을 도시한 도면.

도 26은 종래의 스핀 밸브 막에 대해 어닐링 온도와 MR 비 간의 관계에 대한 연구 결과를 도시한 그래프, 및 본 발명의 방법에 의해 제조되는 합성 스핀 밸브 막을 도시한 도면.

도 27은 웨이퍼 상의 자기 센서를 위한 위치결정 그리드를 도시한 개념도.

도 28은 웨이퍼 상의 자기 센서를 위한 위치결정 그리드를 도시한 개념도.

도 29는 도 27 및 도 28의 웨이퍼 상의 다양한 위치에 배치되고 도 7의 자석 어레이의 이용에 의해 제조된 X-축 자기 센서의 출력 전압 특성을 도시한 그래프.

도 30은 도 27 및 도 28의 웨이퍼 상의 다양한 위치에 배치되고 도 7의 자석 어레이로부터 요크를 제거함으로써 준비되는 자석 어레이를 이용하여 제조된 X-축 자기 센서의 출력 전압 특성을 도시한 그래프.

도 31은 도 27 및 도 28의 웨이퍼 상의 다양한 위치에 배치되고 도 7의 자석 어레이의 이용에 의해 제조된 Y-축 자기 센서의 출력 전압 특성을 도시한 그래프.

도 32는 도 27 및 도 28의 웨이퍼 상의 다양한 위치에 배치되고 도 7의 자석 어레이로부터 요크를 제거함으로써 준비되는 자석 어레이를 이용하여 제조된 X-축 자기 센서의 출력 전압 특성을 도시한 그래프.

도 33은 도 27 및 도 28의 웨이퍼 상의 다양한 위치에 배치되고 도 7의 자석 어레이의 이용에 의해 제조된 X-축 자기 센서의 민감도를 도시한 도면.

도 34는 도 27 및 도 28의 웨이퍼 상의 다양한 위치에 배치되고 도 7의 자석 어레이로부터 요크를 제거함으로써 준비되는 자석 어레이를 이용하여 제조된 X-축 자기 센서의 민감도를 도시한 도면.

도 35는 도 27 및 도 28의 웨이퍼 상의 다양한 위치에 배치되고 도 7의 자석 어레이의 이용에 의해 제조된 X-축 자기 센서의 민감도를 도시한 도면.

도 36은 도 27 및 도 28의 웨이퍼 상의 다양한 위치에 배치되고 도 7의 자석 어레이로부터 요크를 제거함으로써 준비되는 자석 어레이를 이용하여 제조된 X-축 자기 센서의 민감도를 도시한 도면.

도 37은 도 27 및 도 28의 웨이퍼 상의 다양한 위치에 배치되고 도 7의 자석 어레이의 이용에 의해 제조된 Y-축 자기 센서의 민감도를 도시한 도면.

도 38은 도 27 및 도 28의 웨이퍼 상의 다양한 위치에 배치되고 도 7의 자석 어레이로부터 요크를 제거함으로써 준비되는 자석 어레이를 이용하여 제조된 Y-축 자기 센서의 민감도를 도시한 도면.

도 39는 도 27 및 도 28의 웨이퍼 상의 다양한 위치에 배치되고 도 7의 자석 어레이의 이용에 의해 제조된 Y-축 자기 센서의 민감도를 도시한 도면.

도 40은 도 27 및 도 28의 웨이퍼 상의 다양한 위치에 배치되고 도 7의 자석 어레이로부터 요크를 제거함으로써 준비되는 자석 어레이를 이용하여 제조된 Y-축 자기 센서의 민감도를 도시한 도면.

도 41은 본 발명에 따른 다른 자기 센서의 실시예를 도시한 평면도.

도 42는 종래의 스핀 밸브막의 구성을 도시한 도면.

도 43은 강한 자계가 인가된 후 관찰되는 도 41의 자기 센서의 출력 변동을 도시한 그래프.

도 44는 강한 자계가 인가된 후 관찰되는, 도 41과 유사한 소자 배열을 가지고 도 42의 스핀 밸브막을 채용하는 종래 자기 센서의 출력 변동을 도시한 그래프.

<도면의 주요 부분에 대한 간단한 설명>

10a : 기판

10b : 유전체 층 및 배선층

11-1 ~ 11-3 : 자유층

11-4 : 스페이서 층

11-5 ~ 11-8 : 고정층

11-9 : 캡핑 층

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 다중막 적층된 고정층을 가지고 있는 자기저항 소자(소위, 합성 스핀 밸브막)를 이용하여 자기 센서를 제조하기 위한 방법, 상기 방법에 이용하는데 적합한 자석 어레이, 및 자석 어레이를 제조하기 위한 방법에 관한 것이다.

종래 주지된 거대 자기저항 소자(이하에서는, "GMR 소자"로 지칭됨)는 핀형층, 및 핀형층의 자화를 정해진 방향으로 고정하기 위한 핀잉(pinning) 층을 포함하는 고정층; 그 자화 방향이 외부 자계에 따라 가변되는 자유층; 및 핀형층과 자유층 간에 배치되고 비자기 전기 도전체로 만들어지는 스페이서 층을 포함한다. GMR 소자의 저항은 핀형층의 자화 방향과 자유층의 자화 방향간의 각도에 따라 가변된다. 환언하면, GMR 소자의 저항은 핀형층의 자화 방향으로 정렬된 외부 자계의 성분에 따라 가변된다. 그러므로, GMR 소자의 자기 검출 방향은 핀형층의 자화 방향과 일치한다.

GMR 소자는 지자기 센서(terrestrial magnetism sensor)와 같은 자기 센서에 이용된다. 그러한 어플리케이션에서, GMR 소자가 강한 자계 또는 고온에 노출된 경우에도, 그 고정층이 안정된 자화를 나타낸다. 고정층의 자화가 변경하는 경우, GMR 소자의 저항 특성이 가변될 것이다. 요구 조건을 충족시키기 위해, 종래의 고정층이 다중막 적층된 고정층으로 대체되는 GMR 소자(소위, 합성 스핀 밸브 막)가 개발되었다.

다중막 적층된 고정층의 핀형층은 스페이서 층에 인접한 제1 강자성막, 제1 강자성막 상에 적층되는 제2 강자성막, 및 제1 강자성막과 제2 강자성막 간의 교환-결합막을 포함한다. 다중막 적층된 고정층의 핀잉층은 반강자성 자석으로 만들어지고, 제2 강자성층 상에 적층된다. 핀잉층은 제2 강자성층에 교환-결합되어 제2 강자성막의 자화를 정해진 방향으로 고정시킨다. 제1 강자성막 및 제2 강자성막은 교환-결합 막을 통해 서로에게 교환-결합되어, 제1 강자성막의 자화가 정해진 방향으로 고정된다(예를 들면, 일본특허번호 제2786601호(문단 0016 내지 0024 및 도 5)를 참조할 것).

한편, GMR 소자를 활용하고 외부 자계의 방향을 검출하도록 적응된 자기 센서(예를 들면, 지자기 센서)는 다른 자기 검출 방향의 적어도 2개의 GMR 소자를 필요로 한다. 외부 자계의 방향은 자계의 2개 벡터의 결과적인 벡터의 방향과 일치하고, 2개의 벡터들은 2개의 GMR 소자들에 의해 각각 검출되며 2개의 GMR 소자들의 자기 검출 방향과 각각 정렬된다. 그러한 자기 센서는 2축 자기 센서라 불린다.

합성 스핀 밸브 막의 핀형층의 자화를 고정하기 위해서는, 매우 강한 자계가 인가되는 동안에 소자막이 소정 기간 동안에 고온으로 유지되는 단계(열 처리 프로세스)가 수행되어야 한다. 따라서, 그 합성 스핀 밸브 막이 다른 자기 검출 방향을 가지고 있는 2개의 GMR 소자를 이용하는 2축 자기 센서의 크기를 감소하기 위해서는, 그 방향이 서로 다른 2개의 강한 자계(예를 들면, 방향이 서로 수직이다)는 가까운 위치에서 생성되어야 한다. 그러나, 그러한 자계의 생성은 매우 어렵다. 결과적으로, 합성 스핀 밸브 막을 이용하는 작은 규모의 2축 자기 센서는 대량 생산에 어려움을 가지고 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 합성 스핀 밸브 막을 이용하여 작은 크기의 2축 자기 센서의 대량 생산을 가능하게 하는 자기 센서를 제조하기 위한 방법, 상기 방법에 이용되는데 적합한 자석 어레이, 및 자석 어레이를 제조하기 위한 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 제조 방법은 합성 스핀 밸브막을 가지는 거대 자기저항소자(GMR 소자)를 이용하는 자기 센서를 제조하도록 적용된다. GMR 소자는 핀형층 및 핀형층의 자화를 정해진 방향으로 고정하기 위한 핀잉층을 포함하는 고정층, 그 자화 방향이 외부 자계에 따라 가변되는 자유층, 및 핀형층 및 자유층 사이에 배치되고 비자기 전기 도전체로 만들어지는 스페이서층을 포함한다.

고정층은 핀형층이 스페이서 층에 인접한 제1 강자성막, 제1 강자성막 상에 적층되는 제2 강자성막, 및 제1 강자성막과 제2 강자성막의 사이에 샌드위치되는 교환-결합막을 포함하며, 핀잉층은 반강자성 자석으로 만들어지고, 교환-결합막의 반대 측 상에 제2 강자성막에 인접하여 배치되며, 제2 강자성막과의 교환-결합을 통해 제2 강자성막의 자화를 정해진 방향으로 고정하도록 적응되는 교환 바이어스 막을 포함하고, 제1 강자성막 및 제2 강자성막은 교환-결합 막을 통해 서로 교환-결합되도록 구성된 다중막 적층된 고정층이다.

본 발명의 방법에 의해 제조된 자기 센서에서, 적어도 2개의 그러한 GMR 소자가 기판 상에 배치되고, GMR 소자의 핀형층의 자화 방향이 서로 실질적으로 수직이 된다.

그렇게 구성되는 자기 센서를 제조하기 위한 본 발명의 방법은,

- (1) 자석 어레이를 준비하는 단계;
- (2) GMR 소자가 될 소자 막을 가지는 웨이퍼를 제조하는 단계; 및
- (3) 고정층이 될 막의 자화를 각각의 정해진 방향으로 고정하는 단계를 포함한다.

(1) 자석 어레이를 준비하는 단계는 이하의 방식으로 수행된다.

복수의 영구 자석 및 자기 재료로 만들어지는 박형-플레이트 요크를 포함하는 자석 어레이가 준비되고, 각 영구 자석은 실질적으로 직육면체(rectangular parallelepiped)의 형태를 가지며, 직육면체는 그 축에 수직으로 취했을 때 실질적으로 정사각형의 단면을 가지고 있고, 각 영구 자석은 축에 수직인 실질적으로 정사각형 형태를 가지는 그 대응하는 반대 엔드 표면 상에 생성되는 자극을 구비하며,

복수의 영구 자석은, 그 실질적으로 정사각형인 엔드 표면의 각각의 중심이 정방 격자의 격자점과 일치하고, 정방 격자의 동일한 격자선에 배열된 영구 자석은 특정 영구 자석의 엔드 표면의 한 측면이 다른 영구 자석의 엔드 표면의 한 측면과 실질적으로 정렬되도록 되며, 복수의 영구 자석의 엔드 표면이 실질적으로 동일한 면 상에 존재하고, 2개의 인접하고 가장 근접한 영구 자석의 엔드 표면 상에 생성된 자극의 극성이 다르도록 배열되고,

요크는 배열된 영구 자석과 실질적으로 동일한 방식으로 배열되는 복수의 관통홀을 가지며, 각 관통홀은 영구 자석의 실질적으로 정사각형 단면과 실질적으로 동일한 형태를 가지는 정사각형부, 및 각각이 정사각형부(정사각형)의 측면의 중앙부를 따라 형성되고 그 긴 측면으로서 중앙부를 가지는 직사각형부를 포함하며, 복수의 영구 자석은 복수의 관통홀의 대응하는 정사각형부를 통해 삽입되고, 복수의 영구 자석의 엔드 표면이 존재하는 면이 요크의 상부 표면과 하부표면 사이에 배치된다.

자석 어레이를 평면에서 봤을 때, 우향 자계는 특정 N극으로부터 N극의 우측에 위치한 S극을 향해 생성되고, 상향 자계는 N극으로부터 N극의 상측에 위치한 S극을 향해 생성되며, 좌향 자계는 N극으로부터 N극의 좌측에 위치한 S극을 향해 생

성되고, 하향 자계는 N극으로부터 N극의 하측에 위치한 S극을 향해 생성된다. 마찬가지로, 좌향 자계는 S극의 우측에 위치한 N극으로부터 특정 S극을 향해 생성되고, 하향 자계는 S극의 상측에 위치한 N극으로부터 S극을 향해 생성되며, 우향 자계는 S극의 좌측에 위치한 N극으로부터 S극을 향해 생성되며, 상향 자계는 S극의 하측에 위치한 N극으로부터 S극을 향해 생성된다. 자계와 연관된 자기력선은 요크를 따라 요크의 직사각형부를 통해 직사각형부 근처를 따라 통과한다. 따라서, 상호 직교하는 매우 강한 자계가 요크의 인접하는 직사각형부에서 및 직사각형부의 바로 윗 부분에서 생성된다.

(2) GMR 소자가 될 소자막을 가지는 웨이퍼를 제조하는 단계는 이하의 방법으로 수행된다.

각각이 고정층이 되는 막, 스페이서 층이 되는 막, 및 자유층이 되는 막을 포함하는 소자막이 기판 상에 형성되는 웨이퍼가 제조된다.

이 경우에, 웨이퍼는 이하와 같이 제조될 수 있다. 각각이 고정층이 될 막, 스페이서 층이 될 막, 및 자유층이 될 막을 포함하는 적어도 2개의 섬형 소자막이 기판 상에 배치되고, 평면에서 봤을 때, 하나의 소자막이 자석 어레이의 특정 정사각형부의 특정 측면을 따라 형성된 특정 직사각형부에 대응하는 위치에 배치되는(즉, 그 내부에 배치되는) 동안, 다른 소자막이 정사각형부의 전자의 측면에 인접한 정사각형부의 측면을 따라 형성된 다른 직사각형부에 대응하는 위치에 배치되도록(즉, 그 내부에 배치되도록) 적어도 2개의 소자막이 형성된다.

(3) 고정층이 될 막의 자화를 각각의 정해진 방향으로 고정하는 단계가 이하의 방식으로 수행된다.

소자막이 형성되는 웨이퍼는 웨이퍼의 면이 요크의 면과 평행하도록 자석 어레이의 근처에 배치됨으로써, 요크의 직사각형부(에 및/또는 주위에)의 근처에 형성되는 자계를 웨이퍼에 인가하고, 고온으로 유지됨으로써 정해진 방향으로의 자화의 고정이 고정층이 될 막에 대해 동시에 수행된다.

평면에서 봤을 때, 하나의 소자막이 자석 어레이의 특정 정사각형부의 특정 측면을 따라 형성된 특정 직사각형부에 대응하는 위치에 배치되는(즉, 그 내부에 배치되는) 동안, 다른 소자막이 정사각형부의 전자의 측면에 인접한 정사각형부의 측면을 따라 형성된 다른 직사각형부에 대응하는 위치에 배치되도록(즉, 그 내부에 배치되도록) 자석 어레이의 근처에 웨이퍼를 배치함으로써 적어도 2개의 섬형 소자막이 웨이퍼 상에 형성되는 경우에, 자석 어레이의 직사각형부(에 및/또는 주위에)의 근처에 생성되는 자계가 소자막에 인가된다. 소자막은 고온으로 유지됨으로써, 소자막의 고정층이 될 막의 자화가 각각의 정해진 방향으로 동시에 고정된다.

상기 언급된 바와 같이, 상호 직교의 매우 강한 자계가 자석 어레이의 요크의 인접하는 직사각형부 및 직사각형부의 주위(바로 위)의 부분에 생성된다. 따라서, 강한 자계가 2개의 인접하는 소자막에 인가되어, 소자막의 합성 스핀 밸브막의 핀형층의 자화가 용이하게 고정될 수 있다. 또한, 적어도 2개의 GMR 소자가 동일한 기판 상에 서로 매우 근접하여 배치되고 GMR 소자의 합성 스핀 밸브막의 핀형층의 자화 방향이 서로 직교하는 2축 자기 센서를 형성할 수 있다. 또한, 상기 언급된 자석 어레이를 이용하여, 자화의 고정은 2개 이상(다수의) 2축 자기 센서를 산출하도록 단일 웨이퍼 상에 형성되는 복수의 소자막의 핀형층에 대해 동시에(동일한 열처리 프로세스에서) 수행될 수 있다. 그러므로, 2축 자기 센서가 저비용으로 제조될 수 있다.

본 발명에 따른 자석 어레이는 자기 센서를 제조하기 위한 상기 언급된 방법에 이용된다. 양호하게는, 평면에서 봤을 때 자석 어레이의 요크에서, 정방 격자의 인접하는 격자점을 접속함으로써 형성되는 정사각형의 중심이 대응하는 개구내에 배치되는 위치에 개구가 형성된다(즉, 각 개구는 정방 격자의 인접하는 격자점을 접속함으로써 형성된 정사각형의 중심을 둘러싸도록 형성된다). 개구는 실질적으로 원형일 수 있다.

개구가 형성되는 위치는 영구 자석의 자극으로부터 확장되는(생성되는) 자기력선이 교차하여 결과적으로 자계가 불안정한 곳이다. 그러한 위치에 개구를 형성하는 것은 자기력선의 교차를 방지하고 따라서 자계의 불안정성을 제거한다. 그러므로, 안정되고 강하며 일정한 자계가 요크의 각 직사각형부에 국부적으로 생성될 수 있다. 결과적으로, 자석 어레이의 이용은 예를 들면 고정층이 될 막에 대한 자화의 효율적인 고정, 및 자기 센서의 바이어스 자기막의 효율적인 자화를 허용한다.

양호하게는, 평면에서 봤을 때, 요크의 각 관통홀은 실질적으로 원형의 아크 형태를 가지며 외부로 확장하도록 관통홀의 정사각형부의 대응하는 코너에 형성되는 가장자리부를 구비한다.

예를 들어 에칭에 의해 정사각형 관통홀이 요크에 형성된 경우에, 불충분한 에칭은 정사각형 관통홀이 원만한 코너를 가지도록 유발하고, 잠재적으로 영구 자석이 대응하는 관통홀을 통해 삽입될 수 없는 문제로 결론나게 된다. 이에 비해, 상기 설명된 요크의 제조시, 가장자리부가 또한 에칭되어, 영구 자석이 대응하는 관통홀을 통해 신뢰성있게 삽입될 수 있다.

상기 언급된 자석 어레이는 박형 플레이트로 형성되는 어레이 기관, 어레이 기관 상에 어레이된 복수의 영구 자석, 및 복수의 영구 자석의 상부에 배치되고 자기 재료의 박형 플레이트로 형성되는 요크를 포함한다. 자석 어레이는 소정 정방 격자 어레이로 박형 플레이트에 복수의 홈을 형성하는 수단에 의해 어레이 기관을 준비하는 단계 - 각 홈은 소정 깊이, 및 영구 자석의 엔드 면과 형태가 실질적으로 동일한 정사각형 형태를 가짐 -; 소정 정방 격자 어레이로 자기 재료의 박형 플레이트에 복수의 관통홀을 형성함으로써 요크를 준비하는 단계 - 각 관통홀은 어레이 기관의 홈과 형태가 실질적으로 동일한 정사각형 형태를 가지는 정사각형부 및 각각이 정사각형부의 측면의 중앙부를 따라 형성되고 그 중앙부를 그 긴 측면으로 가지는 직사각형부를 포함함-; 홈의 2개의 인접하는 평행선들 사이의 어레이 기관 상에 각 프리즘형(프리즘의) 스페이서를 배열하는 단계; 평면에서 봤을 때, 어레이 기관의 복수의 홈이 요크의 대응하는 관통홀과 정렬되도록 스페이서 위에 요크를 배치하는 단계; 각각이 실질적으로 직육면체의 형태를 가지는 복수의 영구 자석을, 영구 자석의 하부 엔드 표면이 홈의 대응하는 기저 표면과 접하도록 요크의 대응하는 관통홀을 통해 어레이 기관의 대응하는 홈에 삽입하는 단계 - 직육면체는 그 축에 수직으로 취했을 때 정사각형 형태에서의 단면(정사각형 형태의 단면)을 가지며, 정사각형 형태는 어레이 기관의 홈 및 요크의 관통홀의 정사각형부와 그 형태가 실질적으로 동일하고, 각 영구 자석은 정사각형 형태를 가지는 대응하는 반대 엔드 표면상에 생성된 자극을 구비함; 영구 자석의 상부 엔드 표면이 존재하는 면이 요크의 상부 및 하부 표면의 사이에 배치되도록 요크를 올리는 단계; 및 스페이서를 제거하는 단계를 포함한다.

바람직하게는, 요크를 준비하는 단계는, 평면에서 봤을 때, 정방 격자의 격자점을 접속함으로써 형성되는 정사각형의 중심이 배치되는 위치에 박형 플레이트의 개구를 형성하는 단계를 포함한다.

바람직하게는, 요크를 올리는 단계에서, 요크는 요크를 개구에서 툴로 홀딩하는 수단에 의해 올려진다.

본 발명의 다양한 다른 목적, 특징 및 다수의 부수적인 장점들은 첨부된 도면과 관련하여 고려되는 경우에 양호한 실시예의 이하의 상세한 설명을 참조하여 더 잘 이해될 것이라는 것은 자명하다.

#### 발명의 구성 및 작용

본 발명의 실시예들이 도면을 참조하여 상세하게 설명될 것이다. 본 발명에 따른 자기 센서의 실시예가 우선 설명된다. 자기 센서는 도 1에 도시된 N-타입 자기 센서(10) 및 도 2에 도시된 S-타입 자기 센서(30)로 분류된다. N-타입 및 S-타입 자기 센서(10, 30)는 이하에 설명되는 제조 방법에 의해 제조된다.

N-타입 자기 센서(10) 및 S-타입 자기 센서(30)는 도 1 및 도 2의 굵은 화살표로 나타낸 바와 같은 핀형층(pinned layer)의 고정된 자화 방향과 도 1 및 도 2의 속이 빈 화살표로 나타낸 바와 같은 초기 상태(외부 자계가 없는 상태)에서의 자유층의 자화 방향을 제외하고는, 실질적으로 동일한 형태와 구성을 취한다. 그러므로, N-타입 자기 센서(10)가 이하에 주로 설명된다.

도 1에 도시된 바와 같이, 자기 센서(10)는 하나의 기관(10a, 모놀리식 칩)과 기관(10a) 상(또는 위, 또는 상부)에 형성되는 8개의 GMR 소자(11 내지 14 및 21 내지 24)를 포함한다. 기관(10a)은 석영 유리로 만들어진다. 기관(10a)은 평면에서 봤을 때 서로 직교하는 X-축 및 Y-축을 따라 연장되는 측면을 가지는 직사각형 형태(실질적으로 정사각형 형태)를 취하고 X-축 및 Y-축에 직교하는 Z-축을 따라 작은 두께를 가지는 박형 플레이트이다.

GMR 소자(11 내지 14, 21 내지 24)는 기관(10a) 상에서의 배열을 제외하고는, 실질적으로 동일한 구조를 가지고 있다. 그러므로, 제1 X-축 GMR 소자(11)의 구조가 표현되어 설명된다.

제1 X-축 GMR 소자(11)의 평면도인 도 3a, 및 도 3a의 라인 1-1에 따른 제1 X-축 GMR 소자(11)의 개략적인 단면도인 도 3b에 도시된 바와 같이, 제1 X-축 GMR 소자(11)는 Y-축으로 연장되는 복수의 좁은 스트립 부(11a) 및 좁은 스트립 부(11a)의 길이상으로 반대 엔드부(Y-축에 대해 반대 엔드부) 하에 형성된 복수의 바이어스 자석막(11b)을 포함한다.

좁은 스트립 부(11a)는 다중막 적층된 고정층을 가지는 자기저항 소자를 구성하는 합성 스핀 밸브막 SAF로 형성된다. 바이어스 자석막(11b)은 높은 항자력(coercive force) 및 높은 잔류자기 비율(remanence ratio)을 가지는 CoCrPt와 같은 고체 강자성 재료로 만들어지고 자화되어 영구 자석막이 된다. 좁은 스트립 부(11a)는 바이어스 자석막(11b)의 상부 표면에서 바이어스 자석막(11b)에 자기적으로 결합된다.

제1 X-축 GMR 소자(11)의 합성 스핀 밸브막 SAF가 도 4에 도시되어 있다. 제1 X-축 GMR 소자(11)의 합성 스핀 밸브막 SAF는 기관(10a) 상에 형성된 유전체 층(10b, 와이어링 층(들)을 포함함), 유전체 층(10b) 상에 형성되는 자유층 F, 자유



층 F 상에 형성되는 스페이서 층 S, 스페이서 층 S 상에 형성되는 고정층 P, 및 고정층 P 상에 형성되는 캡핑 층 C를 포함한다. 트랜지스터 및 메모리 등과 같은 자기 센서(10)의 소자들은 기판(10a)의 내부 또는 그 위에 형성된다. 배선층은 유전체 층(10b)에 포함된다. 배선층은 소자, 패드 및 GMR 소자 등을 접속시켜 센서(10)를 형성한다. 패드는 패드의 상부 표면에 본딩된 Au 와이어를 통해 자기 센서(10)를 외부 장비와 접속시킨다. 배선층은 도전체 라인으로 불릴 수 있다. 기판(10a) 및 유전체층(10b)은 합쳐서, "기판"으로 불리는데, 이는 GMR 소자(11 내지 14, 21 내지 24)가 그 위에 형성되기 때문이다.

자유층 F의 자화 방향은 외부 자계의 방향에 따라 가변된다. 자유층 F는 기판(유전체층(10b)) 상에 형성되고 8nm(80Å)의 두께를 가지는 CoZrNb 비정질 자기층(11-1), CoZrNb 비정질 자기층(11-1) 상에 형성되고 3.3nm(33Å)의 두께를 가지는 NiFe 자기층(11-2), 및 NiFe 자기층(11-2) 상에 형성되고 약 1nm 내지 3nm(10Å 내지 30Å)의 두께를 가지는 CoFe 층(11-3)을 포함한다. CoZrNb 비정질 자기층(11-1) 및 NiFe 자기층(11-2)은 연한 강자성막을 구성한다. CoFe 층(11-3)은 NiFe 층(11-2)으로부터 Ni의 확산 및 스페이서 층 S의 Cu 층(11-4)으로부터 Cu의 확산을 방지한다.

스페이서 층 S는 Cu로 만들어지고 2.4nm(24Å)의 두께를 가지는 전기적 도전막이다.

고정층(자화 고정층 또는 핀 층) P는 CoFe로 만들어지고 2.5nm(25Å)의 두께를 가지는 제1 강자성막(11-5), Ru로 만들어지고 0.8nm 내지 0.9nm(8Å 내지 9Å)의 두께를 가지며 제1 강자성막(11-5) 상에 적층된 교환-결합 막(11-6), CoFe로 만들어지고 2.2nm(22Å)의 두께를 가지며 교환-결합막(11-6) 상에 적층되는 제2 강자성막(11-7), 및 24nm(240Å)의 두께를 가지고 45mol% 내지 55mol%의 양으로 Pt를 포함하는 PtMn 합금으로 만들어지며 제2 강자성막(11-7) 상에 적층된 교환 바이어스 막(반강자성막)(11-8)을 포함한다.

상기 언급된 바와 같이, 교환-결합막(11-6)은 제1 강자성막(11-5)과 제2 강자성막(11-7) 사이에 샌드위치된다. 제1 강자성막(11-5), 교환-결합막(11-6), 및 제2 강자성막(11-7)은 자화 방향이 외부 자계의 변동에 따라 가변되지 않도록 자화가 정해진 방향으로 고정되는 핀형층을 구성한다. 교환 바이어스 막(11-8)은 핀형층의 자화를 정해진 방향으로 고정하기 위한 핀잉층이다.

소정의 강한 자계가 소정의 기간 동안 소정의 고온에서 소자에 인가되는 순서화 열처리(열 처리 프로세스)를 막(11-5 내지 11-8)이 적층되는 소자에 대해 행하는 경우, 교환 바이어스 막(11-8)이 제2 강자성막(11-7)에 교환-결합되어 제2 강자성막(11-7)의 자화(자화 벡터)를 정해진 방향으로 고정한다. 제1 강자성막(11-5) 및 제2 강자성막(11-7)은 교환 결합막(11-6)을 통해 서로 교환-결합된다. 결과적으로, 제1 강자성막(11-5)의 자화는 정해진 방향으로 고정된다. 주목할 점은, 제1 강자성막(11-5)의 자화 방향 및 제2 강자성막(11-7)의 자화 방향은 서로 반대로 평행하다. 예를 들어, 도 1에서, 자계의 방향이 X-축의 양의 방향으로 설정된 동안에 순서화 열처리가 수행된 경우, 제1 X-축 GMR 소자(11)의 제1 강자성막(11-5)의 자화가 X-축의 음의 방향으로 고정된다. 제1 강자성막(11-5)의 자화 방향은 제1 X-축 GMR 소자의 핀형층의 자화가 고정되는 방향이다.

캡핑층 C는 1.5nm(15Å)의 두께를 가지고 있고 티타늄(Ti) 또는 탄탈륨(Ta)로 만들어진다.

도 3a 및 3b에 도시된 바이어스 자석막(11b)은 자유층 F의 단축 이방성을 유지하기 위해 바이어스 자계를 자유층 F의 길이 방향으로 자유층 F에 인가한다. 제1 X-축 GMR 소자(11)에서, 바이어스 자석막(11b)은 바이어스 자계를 Y-축의 음의 방향으로 인가한다.

이렇게 구성된 제1 X-축 GMR 소자(11)는 이하의 특성을 나타낸다. 도 5에 직선으로 표시된 바와 같이, X-축을 따라 가변되는 외부 자계가 있는 경우에, 제1 X-축 GMR 소자(11)의 저항이  $-H_c$  내지  $+H_c$ 의 범위내에서 외부 자계에 비례하여 실질적으로 가변된다. 도 5의 파선으로 표시된 바와 같이, 제1 X-축 GMR의 저항은 Y-축에 따라 가변되는 외부 자계의 존재 시 실질적으로 일정하다. 환언하면, 제1 X-축 GMR 소자(11)는 핀형층의 자화가 고정되는 방향의 자계를 검출한다.

제1 X-축 GMR 소자(11)는 기판(10a) 상에서 기판(10a)의 중앙부에 대해 Y-축의 음의 방향을 향한 측면에 위치한 위치 및 X-축의 음의 방향에 대해 기판(10a)의 에지부의 주위에 형성된다. 상기 언급된 바와 같이, 제1 X-축 GMR 소자(11)의 핀형층의 자화는 X-축의 음의 방향으로 고정된다. 제2 X-축 GMR 소자(12)는 기판(10a) 상에서 기판(10a)의 중앙부에 대해 Y-축의 양의 방향을 향한 측면에 위치한 위치 및 X-축의 음의 방향에 대해 기판(10a)의 에지부의 주위에 형성되고, 제2 X-축 GMR 소자(12)의 핀형층의 자화는 X-축의 음의 방향으로 고정된다. 제3 X-축 GMR 소자(13)는 기판(10a) 상에서 기판(10a)의 중앙부에 대해 Y-축의 양의 방향을 향한 측면에 위치한 위치 및 X-축의 양의 방향에 대해 기판(10a)의 에지부의 주위에 형성되고, 제3 X-축 GMR 소자(13)의 핀형층의 자화는 X-축의 양의 방향으로 고정된다. 제4 X-축 GMR 소



자(14)는 기판(10a) 상에서 기판(10a)의 중앙부에 대해 Y-축의 음의 방향을 향한 측면에 위치한 위치 및 X-축의 양의 방향에 대해 기판(10a)의 에지부의 주위에 형성되고, 제4 X-축 GMR 소자(14)의 편형층의 자화는 X-축의 양의 방향으로 고정된다.

제1 Y-축 GMR 소자(21)는 기판(10a) 상에서 기판(10a)의 중앙부에 대해 X-축의 음의 방향을 향한 측면에 위치한 위치 및 Y-축의 양의 방향에 대해 기판(10a)의 에지부의 주위에 형성되고, 제1 Y-축 GMR 소자(21)의 편형층의 자화는 Y-축의 양의 방향으로 고정된다. 제2 Y-축 GMR 소자(22)는 기판(10a) 상에서 기판(10a)의 중앙부에 대해 X-축의 양의 방향을 향한 측면에 위치한 위치 및 Y-축의 양의 방향에 대해 기판(10a)의 에지부의 주위에 형성되고, 제2 Y-축 GMR 소자(22)의 편형층의 자화는 Y-축의 양의 방향으로 고정된다. 제3 Y-축 GMR 소자(23)는 기판(10a) 상에서 기판(10a)의 중앙부에 대해 X-축의 양의 방향을 향한 측면에 위치한 위치 및 Y-축의 음의 방향에 대해 기판(10a)의 에지부의 주위에 형성되고, 제3 Y-축 GMR 소자(23)의 편형층의 자화는 Y-축의 음의 방향으로 고정된다. 제4 Y-축 GMR 소자(24)는 기판(10a) 상에서 기판(10a)의 중앙부에 대해 X-축의 음의 방향을 향한 측면에 위치한 위치 및 Y-축의 음의 방향에 대해 기판(10a)의 에지부의 주위에 형성되고, 제4 Y-축 GMR 소자(24)의 편형층의 자화는 Y-축의 음의 방향으로 고정된다.

다음으로, GMR 소자(11 내지 14)를 포함하는 X-축 자기 센서(X-방향의 자계를 검출하기 위한 자기 센서) 및 GMR 소자(21 내지 24)를 포함하는 Y-축 자기 센서(Y-방향의 자계를 검출하기 위한 자기 센서)가 설명된다.

도 6a의 등가 회로에 도시된 바와 같이, X-축 자기 센서는 예시되지 않은 도전체를 통해 제1 내지 제4 X-축 GMR 소자(11 내지 14)의 풀 브리지(full bridge) 접속에 의해 구성된다. 도 6a에서, 제1 내지 제4 X-축 GMR 소자(11 내지 14)를 각각 수반하는 그래프는 그것에 인접한 GMR 소자의 특성(외부 자계에 따른 저항 R의 변동)을 나타낸다. 그래프에 나타나는  $H_x$ 는 그 세기가 X-축(외부 자계의 X-축 성분)에 따라 가변되는 외부 자계를 나타낸다.

상기 언급된 구성에서, 제1 X-축 GMR 소자(11) 및 제4 X-축 GMR 소자(14)의 접속점, 및 제2 X-축 GMR 소자(12) 및 제3 X-축 GMR 소자(13)의 접속점은 예시되지 않은 일정 전압 소스의 양극 및 음극(그라운드)에 각각 접속되어, 전위 +V (본 실시예에서 5V) 및 전위 -V(본 실시예에서는 0V)가 개별적인 접속점에 인가된다. 제1 X-축 GMR 소자(11)와 제3 X-축 GMR 소자(13)의 접속점, 및 제4 X-축 GMR 소자(12)와 제2 X-축 GMR 소자(12)의 접속점간의 전위차  $V_{0x}$ 는 센서 출력으로서 얻어진다. 결과적으로, 도 6b에 도시된 바와 같이, X-축 자기 센서는 전압  $V_{0x}$ 를 출력하고, 이는 X-축에 따라 가변되는 외부 자계  $H_x$ 에 실질적으로 비례하며, 외부 자계  $H_x$ 가 증가함에 따라 감소된다.

Y-축 자기 센서는 예시되지 않은 도전체를 통해 제1 내지 제4 Y-축 GMR 소자(21 내지 24)의 풀 브리지(full bridge) 접속에 의해 구성된다. Y-축 자기 센서는 전압  $V_{0y}$ 를 출력하고, 이는 Y-축에 따라 가변되는 외부 자계  $H_y$ 에 실질적으로 비례하며, 외부 자계  $H_y$ 가 증가함에 따라 감소된다. N-타입 자기 센서(10)는 상기 설명된 바와 같이 구성된다.

한편, 도 2에 도시된 바와 같이, S-타입 자기 센서(30)는 GMR 소자(31 내지 34, 및 41 내지 44)를 포함한다. 자기 센서(30)는 자기 센서(10)와 유사한 방식으로 구성되고 X-축 자기 센서 및 Y-축 자기 센서로 구성된다.

특히, 자기 센서(30)의 X-축 자기 센서는 예시되지 않은 도전체를 통해 제1 내지 제4 X-축 GMR 소자(31 내지 34)의 풀 브리지(full bridge) 접속에 의해 구성된다. 자기 센서(30)의 X-축 자기 센서는 외부 자계  $H_x$ 에 실질적으로 비례하며 외부 자계  $H_x$ 가 증가함에 따라 증가되는 전압  $V_{0x}$ 를 출력한다. 자기 센서(30)의 Y-축 자기 센서는 예시되지 않은 도전체를 통해 제1 내지 제4 Y-축 GMR 소자(41 내지 44)의 풀 브리지(full bridge) 접속에 의해 구성된다. 자기 센서(30)의 Y-축 자기 센서는 외부 자계  $H_y$ 에 실질적으로 비례하며 외부 자계  $H_y$ 가 증가함에 따라 증가되는 전압  $V_{0y}$ 를 출력한다.

다음으로, 본 발명에 따른 자석 어레이(50)의 실시예가 설명된다. 자석 어레이(50)는 자기 센서(10, 30)의 고정층 P의 편형층의 자화를 각각의 정해진 방향으로 고정하는데 이용된다. 도 7 및 8에 도시된 바와 같이, 자석 어레이(50)는 요크(요크 플레이트, 60), 어레이 기판(70), 및 복수의 영구 자석(영구 막대 자석, 80)을 포함한다.

요크(60)는 도 9 내지 도 11에 도시된다. 도 9는 요크(60)의 평면도이고, 도 10은 도 9의 확대된 부분도이며, 도 11은 도 10의 라인 2-2에 따른 요크(60)의 단면도이다. 요크(60)는 42 합금(Ni를 42wt.% 양만큼 포함하는 Fe-42 Ni 합금)과 같이, 공기보다 더 큰 투자율(permeability)을 가지는 자기 재료로 만들어지는 박형 플레이트 부재이다. 요크(60)는 퍼멀로이(Permalloy) 또는 실리콘 강철(시트)과 같은 고-포화, 고-투자율 재료로 만들어질 수 있다.

요크(60)는 평면에서 봤을 때 직사각형 형태를 취한다. 본 실시예에서, 요크(60)는 0.15mm의 두께를 가지고 있다. 요크(60)는 복수의 관통홀(61) 및 복수의 개구(자속 제어 홀, 62)를 포함한다. 도 12의 확대된 도면에 도시된 바와 같이, 각 관통홀(61)은 하나의 정사각형부(61a), 4개의 직사각형부(61b), 및 4개의 가장자리 부(원형 아크부 또는 R 부분, 61c)를 포함한다.

정사각형부(61a)는 평면에서 봤을 때 정사각형 형태를 가지고 있다. 각 직사각형부(61b)는 정사각형부(61a)의 외부로 연장되는 방식으로 정사각형부(61a)의 측면의 중앙부를 따라 형성되는 직사각형 형태를 가지고 있고, 그 긴 측면으로서 중앙부를 가지고 있다(즉, 중앙부는 직사각형 형태의 하나의 긴 측면을 형성한다). 각 가장자리부(61c)는 정사각형부(61a)의 대응하는 코너부로부터 정사각형부(61a)의 외부에까지 연장한다. 더 구체적으로는, 각 가장자리부(61c)는 그 중앙 RP가 정사각형부(61a)의 대각선 CR 상에 위치하도록 원형 아크의 형태를 취한다.

복수의 관통홀(61)은 정방 격자 어레이로 배열된다. 환언하면, 각 관통홀(61)의 중심(각 정사각형부(61a)의 중심)은 도 10에 도시된 정방 격자의 격자점 SP와 일치한다. 특정 관통홀(61)의 정사각형부(61a)의 한 측면은 인접하는 관통홀(61)의 정사각형부(61a)의 한 측면과 평행하다. 특정 관통홀(61)의 정사각형부(61a)의 한 측면은 특정 관통홀(61)과 동일한 칼럼 또는 로우에 형성된 다른 관통홀(61)의 정사각형부(61a)의 한 측면과 정렬된다. 마찬가지로, 특정 관통홀(61)의 직사각형부(61b)의 한 측면은 특정 관통홀(61)과 동일한 칼럼 또는 로우에 형성된 다른 관통홀(61)의 직사각형부(61b)의 한 측면과 정렬된다.

개구(62)는 정방 격자의 격자점 SP를 접속함으로써 형성되는 정사각형의 중심 CP가 대응하는 개구(62) 내에 배치되는 위치에 형성된다. 즉, 각 개구(62)는 정방 격자의 인접하는 격자점 SP를 접속함으로써 형성되는 정사각형의 중심 CP를 둘러싸도록 형성된다. 더 구체적으로는, 평면에서 봤을 때, 각 개구(62)는 그 중앙이 중심 CP에 배치되는 원형 관통홀이다.

도 13 및 도 14에 도시된 어레이 기관(70)은 도 15에 도시된 자기 재료(예를 들면, 42 합금과 같은 퍼멀로이)의 박형 플레이트(70a)로 형성된다. 평면에서 봤을 때, 어레이 기관(70)은 요크(60)와 형태가 실질적으로 동일한 직사각형 형태를 가지고 있다. 어레이 기관(70)은 복수의 홈(70b)을 포함한다. 평면에서 봤을 때, 복수의 홈(70b)은 요크(60)의 관통홀(61)의 대응하는 정사각형부(61a)와 동일한 위치에 배치된다. 각 홈(70b)은 관통홀(61)의 정사각형부(61a)와 형태가 실질적으로 동일한 정사각형 형태를 가지고 있다.

각 영구 막대 자석(80)은 직육면체의 형태를 취한다. 직육면체의 하나의 중앙 축(예를 들면, 직육면체의 상대적으로 긴 축)에 직각인 면에 의해 절단된 직육면체의 단면은 관통홀(61)의 정사각형부(61a) 및 어레이 기관(70)의 홈(70b)과 형태가 실질적으로 동일한 정사각형 형태를 가지고 있다. 각 영구 막대 자석(80)은 정사각형 형태를 가지고 있고, 대응하는 반대 엔드 표면의 주위에 생성된 자극을 가지고 있다. 복수의 영구 막대 자석(80)은 실질적으로 동일한 자기 전하를 가지고 있다. 영구 막대 자석(80)은 어레이 기관(70)의 대응하는 홈(70b)에 요크(60)의 대응하는 정사각형부(61a)를 통해 삽입되어 제자리에 고정된다. 영구 막대 자석(80)은 2개의 인접하는 가장 인접한 영구 막대 자석(80)이 그 엔드 표면 상에 생성되는 자극간의 극성이 다르도록 배열된다(즉, 2개의 인접하는, 가장 근접한 영구 자석의 엔드 표면 상에 생성된 자극들의 극성이 상이하다).

자석 어레이(50)의 상기 설명은 아래와 같이 요약될 수 있다. 자석 어레이(50)는 복수의 영구 막대 자석(80) 및 자기 재료로 만들어지는 박형-플레이트 요크(60)를 포함한다. 각 영구 막대 자석(80)은 실질적으로 직육면체의 형태를 가지고 있다. 직육면체는 그 축에 수직으로 취했을 때 실질적으로 정사각형 형태의 단면을 가지고 있다. 각 영구 막대 자석(80)은 축에 수직인 실질적으로 정사각형 형태를 가지는 그 대응하는 반대 엔드 표면 상에 생성된 자극을 가지고 있다.

복수의 영구 막대 자석(80)은 각각의 실질적으로 정사각형 엔드 표면의 중심이 정방 격자의 격자점 SP와 일치하도록 배열되고, 정방 격자의 동일한 격자선 상에 배열된 영구 막대 자석(80)은 특정 영구 막대 자석(80)의 엔드 표면의 한 측면이 다른 영구 막대 자석(80)의 엔드 표면의 한 측면과 실질적으로 정렬되도록 된다. 또한, 복수의 영구 막대 자석(80)은 그 엔드 표면이 실질적으로 동일한 면 상에 존재하고 2개의 인접하고 가장 근접한 영구 막대 자석(80)의 엔드 표면 상에 생성된 자극의 극성이 다르도록 배열된다.

요크(60)는 배열된 영구 막대 자석(80)과 실질적으로 동일한 방식으로 배열되는 복수의 관통홀(61)을 가지고 있다. 각 관통홀(61)은 영구 막대 자석(80)의 단면의 실질적으로 정사각형인 형태와 실질적으로 동일한 형태를 가지는 정사각형부(61a), 및 각각이 정사각형부(61a)의 측면의 중앙부를 따라 형성되고 그 긴 측면으로서 중앙부를 가지는 직사각형부(61b)를 포함한다. 복수의 영구 막대 자석(80)은 복수의 관통홀(61)의 대응하는 정사각형부(61a)를 통해 삽입된다. 영구 막대 자석(80)의 엔드 표면이 존재하는 면은 요크(60)의 상부 표면과 하부 표면 사이에 배치된다.

다음으로, 자석 어레이(50)를 제조하는 방법이 설명된다. 우선, 요크(60)를 형성하는데 이용되는 플레이트가 준비된다. 에칭이 플레이트 상에서 수행되어, 관통홀(61) 및 개구(62)를 형성한다. 다음으로, 어레이 기판(70)을 형성하는데 이용되는 박형 플레이트(70a, 도 15 참조)가 준비된다. 에칭(절반 에칭)이 박형 플레이트(70a)에 수행되어 홈(70b)을 형성한다(도 13 및 도 14 참조).

다음으로, 도 16의 사시도 및 도 17의 단면도에 도시된 바와 같이, 유리로 만들어지는 프리즘형(프리즘의) 스페이서(90)가 어레이 기판(70) 상에 배열된다. 각 스페이서(90)는 홈(70b)의 2개의 인접하는 평행 라인들 간의 어레이 기판(70) 상에 배치된다. 이렇게 배치된 스페이서(90)에서, Z-축으로의 스페이서(90)의 길이는 자극이 형성되는, 영구 막대 자석(80)의 반대 엔드 표면들 간의 길이보다 더 짧다.

이어서, 요크(60)가 스페이서(90) 상에 배치된다. 이 경우에, 요크(60)는 평면에서 봤을 때, 어레이 기판(70)의 홈(70b)이 요크(60)의 관통홀(61)의 대응하는 정사각형부(61a)와 정렬되도록 배치된다. 배치 작업을 용이하게 하기 위해, 위치결정 마크(정렬 마크)가 요크(60) 및 어레이 기판(70) 상에 제공될 수 있다. 유의할 점은, 도 16에서, 가장자리부(61c)가 생략된다는 점이다.

다음으로, 도 17에 도시된 바와 같이, 영구 막대 자석(80)은 대응하는 관통홀(61)을 통해 삽입된다. 삽입 작업은 영구 막대 자석(80)의 분극된 제1 측면 엔드 표면이 어레이 기판(70)의 홈(70b)의 대응하는 하부 표면을 접하도록 수행된다. 결과적으로, 영구 막대 자석(80)의 분극된 제2 측면 엔드 표면(이하에서는, 편의상 "상부 표면"으로 지칭됨)은 실질적으로 동일한 면 내에(동일한 면 상에) 존재한다. 또한, 영구 막대 자석(80)은 영구 막대 자석(80)의 상부 표면을 포함하는 평면에서 봤을 때 2개의 인접하는 가장 근접한 영구 자석(80)의 엔드 표면 상에 생성된 자극의 극성이 다르도록 배열된다.

결과적으로, 영구 막대 자석(80)은 도 18에 도시된 바와 같이 배열된다. 이 상태에서, 영구 막대 자석(80)이 홈(70b) 및 요크(60)의 관통홀(61)의 정사각형부(61a)에 삽입되므로, 영구 막대 자석(80)의 X- 및 Y-축 방향의 이동이 방지된다.

다음으로, 요크(60)가 개구(62)를 이용하여 올려진다(Z-축의 양의 방향으로). 특히, 요크(60)는 핀셋(tweezer)을 이용하여 2개의 개구(62)에서 유지되면서 상승된다. 이러한 상승 작업은 전체 요크(60)를 점진적으로 상승시키기 위해 다른 개구(62)를 이용하여 반복적으로 수행된다.

도 19에 도시된 바와 같이, 요크(60)의 높이(어레이 기판(70)과 요크(60)간의 거리)는 영구 막대 자석(80)의 상부 표면에 의해 정의된 면(영구 막대 자석(80)의 분극된 제2-측면 엔드 표면)이 요크(60)의 상부 표면(60up) 및 하부 표면(60dn) 사이에 배치되도록 조정된다. 환언하면, 요크(60)는 영구 막대 자석(80)의 상부 표면이 요크(60)의 두께의 범위내에서 배치되도록 올려진다. 유의할 점은, 요크(60)의 상부 표면(60up) 및 영구 막대 자석(80)의 상부 표면에 의해 정의된 면이 동일한 면에 존재할 수 있다는 점이다. 이어서, 스페이서(90)가 제거되고, 요크(60)는 어레이 기판(70)에 관련하여 고정된다. 그러므로, 자석 어레이(50)가 완료된다.

도 20의 부분적으로 확대된 단면도 및 도 21의 부분적으로 확대된 평면도에 도시된 바와 같이, 이렇게 제조된 자석 어레이(50)에서, 영구 막대 자석(80)의 상부 표면(분극된 제2-측면 엔드 표면)의 주위에서, 자계는 각 N-극에 인접하고 가장 근접하게 배치된 S-극을 향해 N-극으로부터 생성된다.

환언하면, 도 21에 도시된 바와 같이 자석 어레이(50)를 평면에서 봤을 때, 우향 자계는 특정 N극으로부터 N극의 우측에 위치한 S극을 향해 생성되고, 상향 자계는 N극으로부터 N극의 상측에 위치한 S극을 향해 생성되며, 좌향 자계는 N극으로부터 N극의 좌측에 위치한 S극을 향해 생성되고, 하향 자계는 N극으로부터 N극의 하측에 위치한 S극을 향해 생성된다. 마찬가지로, 좌향 자계는 S극의 우측에 위치한 N극으로부터 특정 S극을 향해 생성되고, 하향 자계는 S극의 상측에 위치한 N극으로부터 S극을 향해 생성되며, 우향 자계는 S극의 좌측에 위치한 N극으로부터 S극을 향해 생성되며, 상향 자계는 S극의 하측에 위치한 N극으로부터 S극을 향해 생성된다. 자계와 연관된 자기력선은 요크(60)를 따라 요크(60)의 직사각형부(61b)를 통해 직사각형부(61b)의 바로 위로 통과한다. 따라서, 특정 정사각형부(61a)가 주목되는 경우, 상호 직교하는 매우 강한 자계가 정사각형부(61a)와 연관된 인접하는 직사각형부(61b)의 바로 위 부분에(즉, 정사각형부(61a)에서 서로 인접된, 정사각형부(61a)의 측면을 따라 형성된 직사각형부(61b)의 바로 위 부분에) 국부적으로 생성된다.

또한, 자석 어레이(50)는 개구(62)를 가지고 있다. 도 10을 참조하여 설명된 바와 같이, 개구(62)는 정방 격자의 격자점 SP를 접속시킴으로써, 즉 요크(60)의 관통홀(61, 정사각형부(61a))의 중심을 접속시킴으로써 형성되는 정사각형의 중심 CP가 배치되는 위치에 형성된다. 즉, 각 개구(62)는 정방 격자의 인접하는 격자점 SP를 접속시킴으로써 형성되는 정사각형의 중심 CP를 둘러싸도록 형성된다. 개구(62)가 형성되는 위치는 영구 막대 자석(80)의 자극으로부터 연장되는(생성되는)

자력선이 교차하는 곳으로서, 결과적으로 자계의 불안정성이 나타난다. 그 위치에 개구(62)를 형성하는 것은 자력선의 교차를 방지함으로써, 자계의 불안정성을 제거한다. 그러므로, 직사각형부(61b) 및 직사각형부(61b)의 바로 윗 부분에서 안정되고 강하며 일정한 자계가 국부적으로 생성될 수 있다.

다음으로, 자기 센서(10, 30)를 제조하기 위한 방법이 설명된다.

우선, 도 3b 및 4에 도시된 유전체층(10b)이 도 22에 도시된 웨이퍼(석영 유리 또는 Si 기판)(10a1)에 형성된다. 이 때, 자유층 F를 초기화하기 위한 소정 배선, LSI, 및 예시되지 않은 코일이 형성된다. 웨이퍼(10a1)는 도 22의 파선에 의해 표시된 절단 라인 CL에 따라 이후의 단계에서 절단됨으로써, 기판(10a, 30a)을 산출한다.

다음으로, GMR 소자(11 내지 14, 21 내지 24, 31 내지 34, 41 내지 44)가 되는 복수의 막(소자막) M이 형성된다. 특히, 바이어스 자석막(11b)이 되는 막들이 형성된다. 그리고 나서, 합성 스핀 밸브 막 SAF가 되는 막, 고정층이 되는 막을 포함하는 각각의 막, 스페이서 층이 되는 막, 및 자유층이 되는 막이 막(11b) 상에 형성된다. 이러한 막 피착 프로세스는 컴포넌트 막들이 정확하게 제어된 각 두께들로 연속적으로 적층되는 방식으로 울트라-하이 진공 장치를 이용하여 수행된다.

막들이 패터닝되어 복수의 섬형 막 M을 형성하고, 이들 각각은 좁은 스트립 부(11a)와 동일한 형태를 가지고 있다. 막 M은 섬형 GMR 소자가 될 것이다. 석영 유리(10a1)가 도 22의 파선으로 표시된 절단 라인 CL에 따라 나중 단계에서 절단되어 도 1 및 도 2에 도시된 자기 센서(10, 30)를 형성하는 경우에 막 M이 GMR 소자(11 내지 14, 21 내지 24, 31 내지 34 및 41 내지 44)의 위치에 배열되도록, 막 M은 석영 유리(10a1) 상에 형성된다.

환언하면, 상기 설명된 프로세스에 따르면, 각각이 합성 스핀 밸브막 SAF가 되는 막을 포함하는 적어도 2개의(복수의) 섬형 소자막 M은 기판(웨이퍼(10a1)) 상에 배치된다. 평면에서 봤을 때, 하나의 소자막 M이 자석 어레이(50)의 특정 정사각형부(61a)의 특정 측면을 따라 형성된 특정 직사각형부(61b)에 대응하는 위치에 배치되는(즉, 그 내부에 배치되는) 동안, 다른 소자막 M이 정사각형부(61a)의 전자의 측면에 인접한 정사각형부(61a)의 측면을 따라 형성된 다른 직사각형부(61b)에 대응하는 위치에 배치되도록(즉, 그 내부에 배치되도록) 적어도 2개의 소자막 M이 형성된다.

다음으로, 막 M이 형성되는 웨이퍼(10a1) 및 자석 어레이(50)가 도 23에 도시된 바와 같이 배열된다. 이러한 배열에서, 막 M이 형성되는 웨이퍼(10a1)의 측면은 요크(60)의 상부 표면(60up)과 접촉하게 된다. 또한, 도 24에 도시된 바와 같이, 웨이퍼(10a1) 및 자석 어레이(50)는 자기 센서(10, 30)의 측면에 대응하는 절단 라인 CL의 교차점 CP 각각이 4개의 인접하는 영구 막대 자석(80)의 그룹의 중심과 일치하도록 하는 관계로 배열된다. 결과적으로, 도 24의 화살표로 나타낸 바와 같이, 웨이퍼(10a1)가 자석 어레이(50)의 상부 표면 상에 배치되어 있는 동안에, 자계가 막 M의 좁은 스트립부(11a)의 길이 방향에 대해 수직으로 막 M에 인가된다.

다음으로, 상기된 관계로 배열되는 웨이퍼(10a1) 및 자석 어레이(50)는 진공에서 250℃ 내지 280℃(양호하게는 270℃)의 온도로 가열되어 약 3시간 동안 그 온도로 유지된다.

환언하면, 평면에서 봤을 때, 하나의 소자막 M이 자석 어레이(50)의 특정 정사각형부(61a)의 특정 측면을 따라 형성된 특정 직사각형부(61b)에 대응하는 위치에 배치되는(즉, 그 내부에 배치되는) 동안에, 다른 소자막 M이 정사각형부(61a)의 전자에 인접한 정사각형부(61a)의 측면을 따라 형성된 다른 직사각형부(61b)에 대응하는 위치에 배치되고(즉, 그 내부에 배치되고), 자석 어레이(50)의 직사각형부(61b)의 주위에(바로 윗 부분에) 생성된 자계가 소자막 M에 인가되며, 소자막 M을 가지고 있는 웨이퍼(10a1)가 고온에서 유지됨으로써 복수의 소자막 M의 고정층이 되는 막(핀형층)의 자화가 각 정해진 방향으로 동시에 고정되도록, 웨이퍼(10a1)는 자석 어레이(50)의 근처에 배치된다.

이어서, 웨이퍼(10a1)는 웨이퍼(10a1)가 실온으로 냉각될 때까지 열의 인가없이 유지되도록 허용된다. 그리고 나서, 웨이퍼(10a1)가 진공 장치로부터 언로딩된다. 막 M을 접속시키기 위한 배선 등이 형성된다. 마지막으로, 웨이퍼(10a1)가 도 22 및 도 24에 도시된 절단 라인 CL에 따라 절단된다. 그러므로, 도 1 및 도 2에 도시된 다수의 모놀리식(단일-칩) 자기 센서(10, 30)가 한번에 제조된다.

상기 설명된 바와 같이, 본 실시예는 강한 자계가 자석 어레이(50)의 이용에 의해 국부적으로 생성되고 합성 스핀 밸브막 SAF의 핀형층의 자화 방향을 고정하는데 이용되는 열처리 프로세스를 수행한다. 자석 어레이(50)는 직사각형부(61b)가 형성되고 에어 갭으로 기능하는 요크(60)를 포함한다. 따라서, 자석 어레이(50)를 이용함으로써, 강하고 일정한 자계가 직사각형부(61b)의 주위의 공간에 생성될 수 있어, 합성 스핀 밸브막 SAF의 핀형층의 자화가 각각 정해진 방향으로 신뢰성 있게 고정될 수 있다.

또한, 자석 어레이(50)의 요크(60)에서, 개구(62)는 자극으로부터 연장되는 자기력선이 다르게는 교차되어 자계가 결과적으로 불안정하게 되는 부분에 형성된다. 결과적으로, 자기력선의 방향 특성이 안정하게 되고, 개구(62) 주위의 자계가 더 큰 정도로 안정화될 수 있다. 또한, 개구(62)는 자석 어레이(50)의 요크(60)와 어레이 기판(70)간의 거리(요크(60)의 높이)를 조정하는데 이용된다. 결과적으로, 요크(60)의 높이 방향으로의 위치가 용이하고 이상적으로 조정될 수 있으므로, 최적의 자계가 편형층이 되고 그 자화가 각각의 정해진 방향으로 고정되는 막이 배치되는 부분에 인가될 수 있다.

상기된 바와 같이, 자석 어레이(60)는 상호 교차하는(직교하는) 강하고 일정한 자계를 인접하는 영역에(인접하는 직사각형부(61b)의 바로 윗 부분에) 생성할 수 있다. 따라서, 뛰어난 열 저항, 강한 자계에 대한 뛰어난 저항성, 및 양호한 온도 특성을 가지는 합성 스핀 밸브막 SAF를 채용하는 양측 자기 센서가 용이하게 제조될 수 있다.

추가적으로, 각 관통홀(61)의 정사각형부(61a)는 대각선으로 외부로 확장하는 방식으로 정사각형부(61a)의 대응하는 코너에 형성되는 가장자리부(61c)를 가지고 있다. 따라서, 관통홀(61)을 에칭하는 프로세스에서, 정사각형부(61a)의 코너부가 불충분하게 에칭되는 경우라도, 영구 막대 자석(80)이 대응하는 관통홀(61)을 통해 용이하게 삽입될 수 있다.

도 25의 그래프는 종래의 스핀 밸브막 SV 및 상기 언급된 합성 스핀 밸브막 SAF에 대해 어닐링 온도 TA와 교환-결합 자계 Hua간의 관계에 대한 연구 결과를 도시하고 있다. 어닐링 온도 TA는 어닐링 동안에 GMR 소자가 유지되는 소정 온도이다. 더 구체적으로는, GMR 소자는 이하와 같이 어닐링된다. 소정 세기(도 25의 예에서는 100 Oe)의 자계가 GMR 소자의 편형층의 고정된 자화 방향에 반대인 방향으로 인가되는 반면에, GMR 소자는 열의 인가를 통해 어닐링 온도 TA에서 유지되고, 이어서 GMR 소자가 실온으로 냉각되도록 허용된다. 교환-결합 자계 Hua는 이하를 유발하는 자계 H이다. 자계 H가 어닐링된 GMR 소자의 편형층의 고정된 자화 방향과 반대 방향으로 실온에서 어닐링된 GMR 소자에 인가된 경우, 편형층의 자화 방향이 초기에 고정된 자화 방향으로부터 변경된다.

도 25로부터 명백한 바와 같이, 본 실시예의 방법에 의해 제조된 합성 스핀 밸브막 SAF는 종래의 스핀 밸브막 SV보다 더 큰 교환-결합 자계 Hua의 값을 나타내고, 종래 스핀 밸브막 SV에 비해 더 높은 어닐링 온도가 도달될 때까지 교환-결합 자계 Hua를 높은 레벨로 유지한다.

도 26의 그래프는 종래의 스핀 밸브막 SV 및 상기 제조된 합성 스핀 밸브막 SAF에 대해 어닐링 온도 TA 및 MR 비 사이의 관계에 대한 연구 결과를 도시하고 있다. 도 26으로부터 명백한 바와 같이, 본 실시예의 방법에 의해 제조된 합성 스핀 밸브막 SAF는 종래 스핀 밸브막 SV보다 더 높은 MR 비의 값을 나타내고, 종래 스핀 밸브막 SV에 비해 더 높은 어닐링 온도가 도달될 때까지 MR 비를 높은 레벨로 유지한다. 즉, 본 발명의 방법에 의해 제조된 합성 스핀 밸브막 SAF는 종래의 스핀 밸브막 SV에 비해 더 높은 열 저항을 나타낸다. 그러므로, 자기 센서(10, 30)의 제조가 보호막을 형성하는 프로세스(패시베이션 처리) 또는 합성 밸브막 SAF의 고정층의 자화가 각각의 정해진 방향으로 고정된 후의 납땜 프로세스와 같은 고온 프로세스와 관련되는 경우라도, 일정한 특성을 가지는 자기 센서(10, 30)가 얻어질 수 있다.

다음으로, 요크(60)를 포함하는, 자석 어레이(50)의 이용에 의해 제조된 합성 스핀 밸브막 SAF(그 편형층이 자화가 고정되는 방향으로 고정되도록 함)을 가지는 자기 센서 및 자석 어레이(50)로부터 요크(60)를 제거하여 준비되는 자석 어레이의 이용에 의해 제조되는 합성 스핀 밸브막 SAF를 가지는 자기 센서간의 수행이 비교되었다.

도 27 및 도 28은 실험에 이용되는 자기 센서의 웨이퍼 상에서 위치를 보여주는 개략도이다. 도 27은 다수의 막 M이 형성되는 웨이퍼를 도시하고 있다. 도 28은 도 27에 도시된 정사각형부의 하나의 확대도이다.

도 29는 도 27에 도시된 (3,3), (3,5), ..., (7,5) 및 (7,7)의 샷 위치(X-위치, Y-위치)에서 도 28에 도시된 (7,7)의 칩 위치(X-위치, Y-위치)에 배치된 X-축 자기 센서의 특성(외부 자계와 출력 전압의 변동)을 도시하고 있다. X-축 자기 센서는 요크(60)를 포함하는 자석 어레이(50)의 이용에 의해 제조된다. 도 30은 도 27에 도시된 (3,3), (3,5), ..., (7,5) 및 (7,7)의 샷 위치(X-위치, Y-위치)에서 도 28에 도시된 (7,5)의 칩 위치(X-위치, Y-위치)에 배치된 X-축 자기 센서의 특성을 도시하고 있다. X-축 자기 센서는 자석 어레이(50)로부터 요크(60)를 제거함으로써 준비된 자석 어레이의 이용에 의해 제조된다.

도 29 및 도 30간의 비교로부터 명백한 바와 같이, 자석 어레이(50)로부터 요크(60)를 제거함으로써 준비된 자석 어레이의 이용에 의해 제조된 X-축 자기 센서들 중에서, (7,3)의 샷 위치에 형성된 X-축 자기 센서는 정상적인 X-축 자기 센서와 비교할 때 반전된 특성 커브를 나타내고, (3,3)의 샷 위치에 형성된 X-축 자기 센서는 약한 출력 특성을 나타낸다. 이에 비해, 요크(60)를 포함하는, 자석 어레이(50)의 이용에 의해 제조된 X-축 자기 센서는 샷 위치에 관계없이 일정한 출력 특성을 나타낸다.

도 31은 도 27에 도시된 (3,3), (3,5), ..., (7,5) 및 (7,7)의 샷 위치(X-위치, Y-위치)에서 도 28에 도시된 (7,8)의 칩 위치(X-위치, Y-위치)에 배치된 Y-축 자기 센서의 특성을 도시하고 있다. Y-축 자기 센서는 요크(60)를 포함하는 자석 어레이(50)의 이용에 의해 제조된다. 도 32는 도 27에 도시된 (3,3), (3,5), ..., (7,5) 및 (7,7)의 샷 위치(X-위치, Y-위치)에서 도 28에 도시된 (7,6)의 칩 위치(X-위치, Y-위치)에 배치된 Y-축 자기 센서의 특성을 도시하고 있다. Y-축 자기 센서는 자석 어레이(50)로부터 요크(60)를 제거함으로써 준비된 자석 어레이의 이용에 의해 제조된다.

도 30 및 도 31간의 비교로부터 명백한 바와 같이, 자석 어레이(50)로부터 요크(60)를 제거함으로써 준비된 자석 어레이의 이용에 의해 제조된 Y-축 자기 센서들 중에서, (7,3)의 샷 위치에 형성된 Y-축 자기 센서는 정상적인 Y-축 자기 센서와 비교할 때 반전된 특성 커브를 나타내고, (3,3)의 샷 위치에 형성된 Y-축 자기 센서는 약한 출력 특성을 나타낸다. 대조적으로, 요크(60)를 포함하는, 자석 어레이(50)의 이용에 의해 제조된 Y-축 자기 센서는 샷 위치에 관계없이 일정한 출력 특성을 나타낸다.

도 33은 상기 언급된 샷 위치에서 (7,7)의 칩 위치에 배치되고 요크(60)를 포함하는 자석 어레이(50)의 이용에 의해 제조되는 X-축 자기 센서의 민감도(단위 자계 세기당 출력 전압의 변동)를 도시하고 있다. 도 34는 상기 언급된 샷 위치에서 (7,5)의 칩 위치에 배치되고 자석 어레이(50)로부터 요크(60)를 제거함으로써 준비된 자석 어레이의 이용에 의해 제조된 X-축 자기 센서의 민감도를 도시하고 있다.

도 35는 상기 언급된 샷 위치에서 (7,8)의 칩 위치에 배치되고 요크(60)를 포함하는 자석 어레이(50)의 이용에 의해 제조되는 X-축 자기 센서의 민감도를 도시하고 있다. 도 36은 상기 언급된 샷 위치에서 (7,6)의 칩 위치에 배치되고 자석 어레이(50)로부터 요크(60)를 제거함으로써 준비된 자석 어레이의 이용에 의해 제조된 X-축 자기 센서의 민감도를 도시하고 있다.

도 37은 상기 언급된 샷 위치에서 (7,7)의 칩 위치에 배치되고 요크(60)를 포함하는 자석 어레이(50)의 이용에 의해 제조되는 Y-축 자기 센서의 민감도를 도시하고 있다. 도 38은 상기 언급된 샷 위치에서 (7,5)의 칩 위치에 배치되고 자석 어레이(50)로부터 요크(60)를 제거함으로써 준비된 자석 어레이의 이용에 의해 제조된 Y-축 자기 센서의 민감도를 도시하고 있다.

도 39는 상기 언급된 샷 위치에서 (7,8)의 칩 위치에 배치되고 요크(60)를 포함하는 자석 어레이(50)의 이용에 의해 제조되는 Y-축 자기 센서의 민감도를 도시하고 있다. 도 40은 상기 언급된 샷 위치에서 (7,6)의 칩 위치에 배치되고 자석 어레이(50)로부터 요크(60)를 제거함으로써 준비된 자석 어레이의 이용에 의해 제조된 Y-축 자기 센서의 민감도를 도시하고 있다.

도 33 내지 40으로부터 명백한 바와 같이, 요크(60)를 포함하는 자석 어레이(50)를 이용하여 제조된 자기 센서는 양호한 민감도를 나타낸다. 대조적으로, 요크(60)를 구비하지 않는 자석 어레이의 이용에 의해 제조된 자기 센서는 그 민감도가 약한 것들을 포함한다. 이것은 본 발명의 자석 어레이(50)의 이용에 의해 제조된 양축 자기 센서가 뛰어난 열 저항성 및 뛰어난 출력 특성을 나타낸다는 것을 보여준다.

다음으로, 각각의 소자가 상기 설명된 실시예와 마찬가지로의 방식으로, 각각이 합성 스핀 밸브막 SAF를 포함하는, 도 41에 도시된 바와 같이 배열된 소자들을 포함하는 자기 센서(100)가 제조되었다. 또한, 각각이 종래의 스핀 밸브막(도 42에 도시된 막 구조를 가짐)을 포함하는, 자기 센서(100)의 것과 유사한 방식으로 배열되는 소자들을 포함하는 자기 센서(100', 도시되지 않음)가 제조되었다.

자기 센서(100)는 GMR 소자(111 내지 114) 및 GMR 소자(121 내지 124)를 포함한다. GMR 소자(111 내지 114)는 자기 센서(10)의 GMR 소자(11 내지 14)에 각각 대응한다. GMR 소자(121 내지 124)는 자기 센서(10)의 GMR 소자(21 내지 24)에 각각 대응한다. 도 41은 GMR 소자(111 내지 114, 121 내지 124)의 배열, 편형층의 자화 방향, 외부 자계가 없는 경우의 자유층의 자화 방향을 도시하고 있다.

20, 40, 60, 80 및 100(Oe)의 세기를 가지는 자계가 자기 코일을 이용하여 X-축의 양 및 음의 방향으로 자기 센서(100) 및 종래 자기 센서(100')에 인가되었다. 이어서, 인가된 자계가 제거되었고, 자기 센서(100, 100')가 X 및 Y-축 자기 센서의 출력 전압에 대해 조사되었다. 결과는 도 43 및 도 44에 도시되어 있다. 도 43 및 도 44의 비교로부터 명백한 바와 같이, 본 발명에 따른 자기 센서(100)는 자계가 자기 센서에 인가된 후에 출력 변동을 실질적으로 나타내지 않는다(도 43 참조). 대조적으로, 종래 자기 센서(100')는 자계가 인가된 후에 매우 큰 출력 변동을 나타낸다(도 44 참조). 이것은 본 발명에 따른 자기 센서(100)가 강한 자계에 대한 저항성에 있어서 종래 자기 센서(100')보다 우수하다는 것을 나타낸다.

유의할 점은, 상기 설명된 자기 센서는 복수의 상기 자기저항 효과 소자(예를 들면, GMR 소자)가 일반적으로 정사각형 형태를 가지는 단일 칩(기판) 상의 단일 면내에 제공되고 상기 자기저항 효과 소자는 상기 일반적으로 정사각형 칩의 중앙선들에 대해 대칭적으로 배치되어 있으며, 상기 복수의 자기저항 효과 소자의 적어도 2개의 핀형층들이 서로 교차하는 고정된 자화 방향(즉, 고정된 자화 방향은 90도로 서로 교차한다)을 가지고 있도록 형성되는 센서라는 점이다. 또한, 유의할 점은, 상기 자기 센서(10)는 4개의 소자들의 풀 브리지 접속에 의해 X-축 또는 Y-축 자기 센서를 구성하는 4개의 상기 자기저항 효과 소자를 포함하고, 상기 4개의 소자의 핀형층의 상기 고정된 자화 방향은 서로 평행하다는 점이다.

본 발명의 실시예들은 자기 센서를 제조하기 위한 방법, 자석 어레이, 및 자석 어레이를 제조하기 위한 방법에 대해 설명했다. 그러나, 본 발명은 이것으로 제한되지 않고, 본 발명의 범주에서 벗어나지 않고서도 다수의 다른 특정 형태로 실시될 수 있다. 예를 들어, 핀형층의 자화가 자석 어레이(50)의 이용에 의해 각각의 정해진 방향으로 고정되어야 하는 경우, 막 M은 반드시 패터닝될 필요는 없다. 막 M은 핀형층의 자화가 각각의 정해진 방향으로 고정된 이후에 패터닝될 수 있다.

## 발명의 효과

본 발명에 의하면, 합성 스핀 밸브 막을 이용하여 작은 크기의 2축 자기 센서의 대량 생산을 가능하게 하는 자기 센서를 제조하기 위한 방법, 상기 방법에 이용되는데 적합한 자석 어레이, 및 자석 어레이를 제조하기 위한 방법이 제공된다.

## (57) 청구의 범위

### 청구항 1.

적어도 2개의 거대 자기저항 소자들이 기판 상에 배치되고 상기 거대 자기저항 소자들의 핀형층(pinned layer)들의 고정된 자화 방향이 서로 실질적으로 수직이 되도록 구성되는 자기 센서를 제조하기 위한 방법으로서,

상기 거대 자기저항 소자들 각각은 핀형층 및 상기 핀형층의 상기 자화를 정해진 방향으로 고정하기 위한 핀층(pinning layer)을 포함하는 고정층, 그 자화 방향이 외부 자계에 따라 가변되는 자유층, 및 상기 핀형층과 상기 자유층 사이에 배치되고 비자기 전기 도전체로 이루어지는 스페이서 층을 포함하고,

상기 고정층은,

상기 핀형층이, 상기 스페이서 층에 인접한 제1 강자성막, 상기 제1 강자성막 상에 적층되는 제2 강자성막, 및 상기 제1 강자성막과 상기 제2 강자성막의 사이에 샌드위치되는 교환-결합막(exchange-coupling film)을 포함하며,

상기 핀층이, 반강자성체로 이루어지고, 상기 교환-결합막의 반대 측 상의 상기 제2 강자성막에 인접하여 배치되며, 상기 제2 강자성막과의 교환-결합을 통해 상기 제2 강자성막의 자화를 정해진 방향으로 고정하도록 구성되는 교환 바이어스 막을 포함하고,

상기 제1 강자성막 및 상기 제2 강자성막이, 상기 교환-결합 막을 통해 서로 교환-결합되도록 구성된 다층 적층된 고정층이며,

상기 방법은,

복수의 영구 자석 및 자기 재료로 만들어지는 박형-플레이트 요크(yoke)를 포함하는 자석 어레이를 준비하는 단계 - 각 영구 자석은 실질적으로 직육면체의 형태를 가지며, 상기 직육면체는 그 측에 대해 수직으로 취해졌을 때 실질적으로 정사각형의 단면을 가지고 있고, 각 영구 자석은 상기 측에 수직인 상기 실질적인 정사각형 형태를 가지는 대응하는 반대 엔드 표면들 상에 생성되는 자극들(magnetic poles)을 포함하고,

상기 복수의 영구 자석은, 실질적으로 정사각형인 엔드 표면의 각각의 중심이 정방 격자의 격자점과 일치하고, 상기 정방 격자의 동일한 격자선에 배열된 상기 영구 자석은 특정 영구 자석의 엔드 표면중 한 측면이 다른 영구 자석의 엔드 표면중 한 측면과 실질적으로 정렬되도록 되며, 상기 복수의 영구 자석의 상기 엔드 표면이 실질적으로 상기 동일한 면 상에 존재하고, 2개의 인접하고 가장 근접한 영구 자석의 엔드 표면 상에 생성된 자극들의 극성이 서로 다르도록 배열되고,



상기 요크는 상기 배열된 영구 자석들과 실질적으로 동일한 방식으로 배열되는 복수의 관통홀을 가지며, 각 관통홀은 상기 영구 자석의 상기 단면의 실질적으로 정사각형 형태와 실질적으로 동일한 형태를 가지는 정사각형부, 및 각각이 상기 정사각형부의 측면의 중앙부를 따라 형성되고 상기 중앙부를 긴 측면으로서 가지는 직사각형부를 포함하며, 상기 복수의 영구 자석은 상기 복수의 관통홀의 상기 대응하는 정사각형부를 통해 삽입되고, 상기 복수의 영구 자석의 상기 엔드 표면이 존재하는 면이 상기 요크의 상부 표면과 하부 표면 사이에 배치됨 - ;

상기 고정층이 되는 막, 상기 스페이서 층이 되는 막, 및 상기 자유층이 되는 막을 각각 포함하는 소자막들이 상기 기판 상에 형성되는, 웨이퍼 제조 단계; 및

상기 웨이퍼 상에 형성된 상기 소자막들에서 상기 고정층들이 되는 막들의 상기 자화 방향들을, 상기 웨이퍼의 면이 상기 요크의 면과 평행하도록 상기 자석 어레이의 근처에 상기 웨이퍼를 배치시키는 것에 의해, 동시에 고정함으로써, 상기 요크의 상기 직사각형부들의 주위에 생성된 자계를 상기 웨이퍼에 인가하고 상기 웨이퍼를 고온으로 유지하는 단계

를 포함하는 자기 센서 제조 방법.

## 청구항 2.

복수의 영구 자석 및 자기 재료로 이루어지는 박형-플레이트 요크를 포함하는 자석 어레이로서,

각 영구 자석은 실질적으로 직육면체의 형태를 가지며, 상기 직육면체는 그 축에 수직으로 취했을 때 실질적으로 정사각형 형태의 단면을 가지고, 각 영구 자석은 상기 축에 수직인 실질적으로 정사각형 형태를 가지는 대응하는 반대 엔드 표면들 상에 생성된 자극을 가지며,

상기 실질적으로 정사각형인 엔드 표면들의 각각의 중심이 정방 격자의 격자점과 일치하고, 상기 정방 격자의 동일한 격자 선에 배열된 상기 영구 자석은, 특정 영구 자석의 엔드 표면들중 한 측면이 다른 영구 자석의 엔드 표면들중 한 측면과 실질적으로 정렬되도록 되며, 상기 복수의 영구 자석의 상기 엔드 표면들이 실질적으로 동일한 면 상에 존재하고, 2개의 인접하고 가장 근접한 영구 자석들의 엔드 표면 상에 생성된 자극의 극성이 다르도록 배열되는 복수의 영구 자석; 및

상기 배열된 영구 자석과 실질적으로 동일한 방식으로 배열되는 복수의 관통홀을 가지며, 각 관통홀은 상기 영구 자석의 상기 단면의 상기 실질적인 정사각형 형태와 실질적으로 동일한 형태를 가지는 정사각형부, 및 각각이 상기 정사각형부의 측면의 중앙부를 따라 형성되고 상기 중앙부를 긴 측면으로서 가지는 직사각형부를 포함하며, 상기 복수의 영구 자석은 상기 복수의 관통홀의 상기 대응하는 정사각형부들을 통해 삽입되고, 상기 복수의 영구 자석의 엔드 표면들이 존재하는 면이 상기 요크의 상부 표면과 하부 표면 사이에 배치되는 요크

를 포함하는 자석 어레이.

## 청구항 3.

제2항에 있어서,

평면에서 봤을 때 상기 자석 어레이의 상기 요크에서, 개구들은, 각 개구가 상기 정방 격자의 인접하는 격자점들을 접속함으로써 형성되는 정사각형의 중심을 둘러싸도록 형성되는 자석 어레이.

## 청구항 4.

제2항에 있어서,

평면에서 봤을 때, 상기 요크의 상기 각 관통홀은 실질적으로 원형의 아크 형태(circular arc shape)를 가지며 외부로 확장하도록 상기 관통홀의 상기 정사각형부의 대응하는 코너들에 형성되는 가장자리부들을 포함하는 자석 어레이.

**청구항 5.**

제3항에 있어서,

평면에서 봤을 때, 상기 요크의 상기 각 관통홀은 실질적으로 원형 아크 형태를 가지며 외부로 확장하도록 상기 관통홀의 상기 정사각형부의 대응하는 코너들에 형성되는 가장자리부들을 포함하는 자석 어레이.

**청구항 6.**

박형 플레이트로 형성되는 어레이 기관, 상기 어레이 기관 상에 어레이된 복수의 영구 자석, 및 상기 복수의 영구 자석의 상부들에 배치되고 자기 재료의 박형 플레이트로 형성되는 요크를 포함하는 자석 어레이의 제조 방법으로서,

소정의 정방 격자 어레이로 상기 박형 플레이트에 복수의 홈을 형성하는 것에 의해 상기 어레이 기관을 준비하는 단계 - 상기 각 홈은 소정 깊이, 및 상기 영구 자석의 엔드 면과 형태가 실질적으로 동일한 정사각형 형태를 가짐 - ;

상기 소정의 정방 격자 어레이로 상기 자기 재료의 상기 박형 플레이트에 복수의 관통홀을 형성하는 것에 의해 상기 요크를 준비하는 단계 - 상기 각 관통홀은 상기 어레이 기관의 상기 홈과 형태가 실질적으로 동일한 정사각형 형태를 가지는 정사각형부 및 각각이 상기 정사각형부의 측면의 중앙부를 따라 형성되고 상기 중앙부를 그 긴 측면으로 가지는 직사각형부를 포함함 - ;

상기 홈들의 2개의 인접하는 평행선들 사이의 상기 어레이 기관 상에 각 스페이서를 배열하는 단계;

평면에서 봤을 때, 상기 어레이 기관의 상기 복수의 홈이 상기 요크의 상기 대응하는 관통홀과 정렬되도록 상기 스페이서들 위에 상기 요크를 배치하는 단계;

실질적으로 직육면체의 형태를 각각 가지는 상기 복수의 영구 자석을, 상기 영구 자석들의 하부 엔드 표면들이 상기 홈들의 대응하는 기저 표면과 접하도록 상기 요크의 상기 대응하는 관통홀들을 통해 상기 어레이 기관의 상기 대응하는 홈에 삽입하는 단계 - 상기 직육면체는 그 축에 수직인 정사각형 형태의 단면을 가지며, 상기 정사각형 형태는 상기 어레이 기관의 상기 홈 및 상기 요크의 상기 관통홀의 상기 정사각형부와 그 형태가 실질적으로 동일하고, 각 영구 자석은 상기 정사각형 형태를 가지는 대응하는 반대 엔드 표면들 상에 생성된 자극들을 포함함;

상기 영구 자석들의 상부 엔드 표면들이 존재하는 면이 상기 요크의 상부 및 하부 표면들 사이에 배치되도록 상기 요크를 올리는 단계; 및

상기 스페이서를 제거하는 단계

를 포함하는 자석 어레이 제조 방법.

**청구항 7.**

제6항에 있어서,

상기 요크를 준비하는 단계는, 평면에서 봤을 때, 상기 정방 격자의 격자점들을 접속함으로써 형성되는 정사각형들의 중심들이 배치되는 위치들에 상기 박형 플레이트의 개구들을 형성하는 단계를 포함하는 자석 어레이 제조 방법.

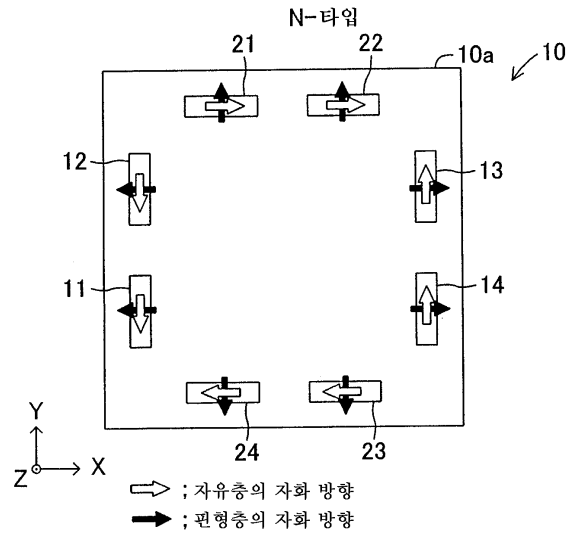
**청구항 8.**

제7항에 있어서,

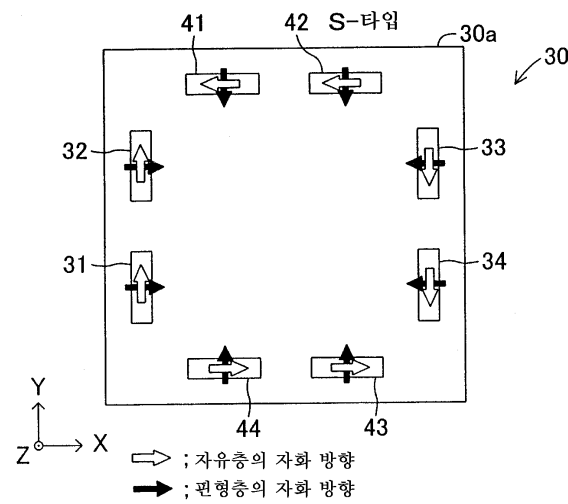
상기 요크를 올리는 단계에서, 상기 요크는 상기 요크를 상기 개구들에서 톨로 홀딩하는 것에 의해 올려지는 자석 어레이 제조 방법.

도면

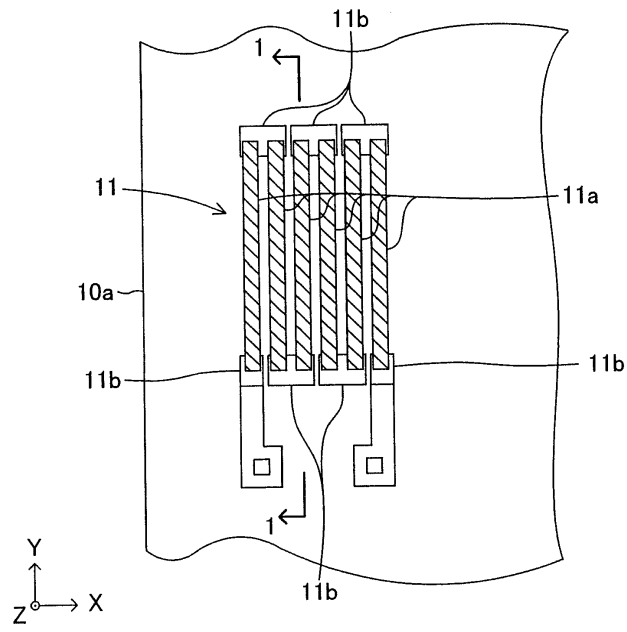
도면1



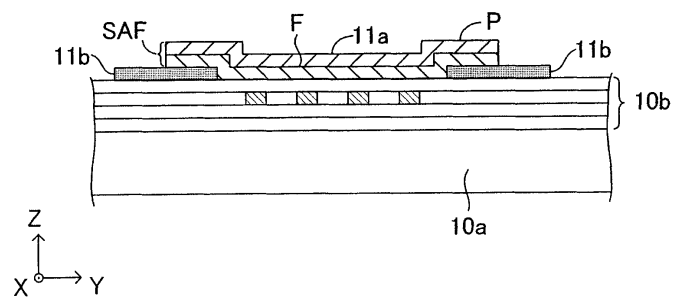
도면2



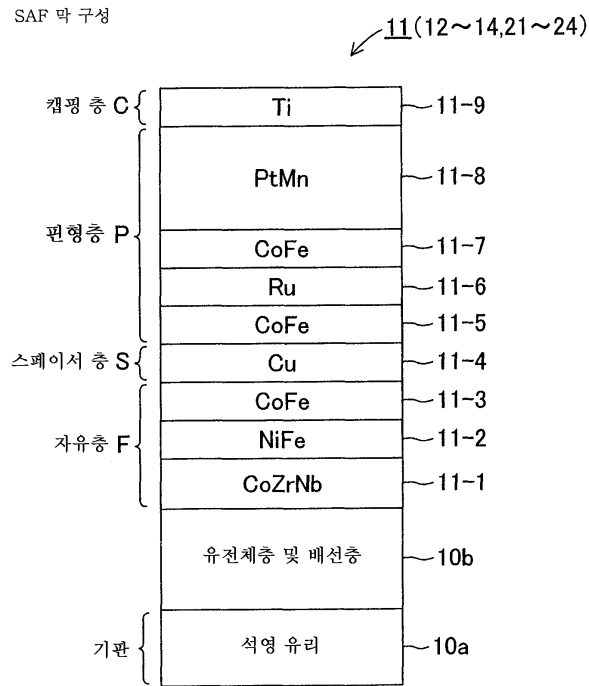
도면3a



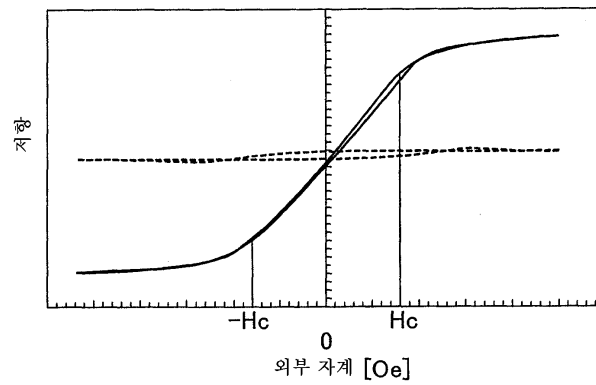
도면3b



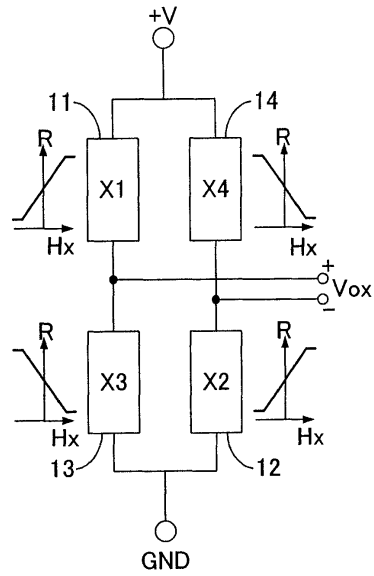
도면4



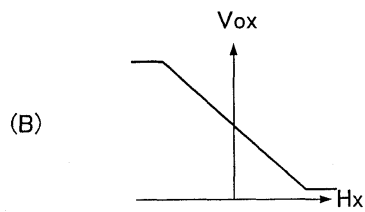
도면5



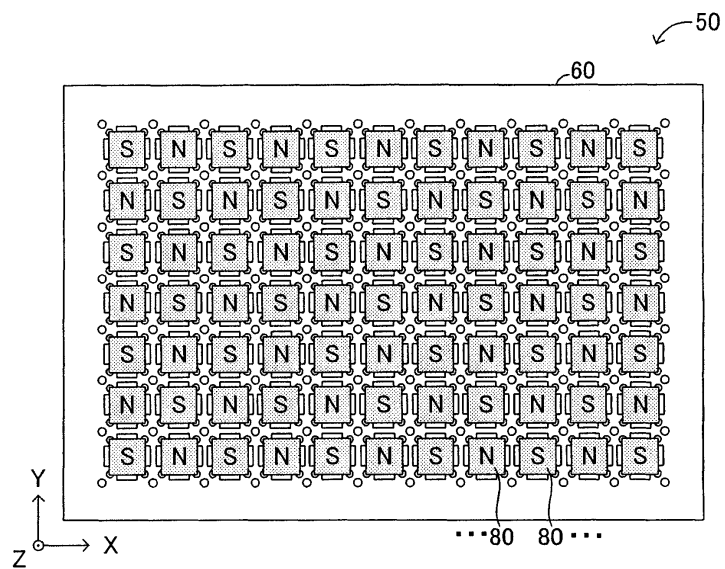
도면6a



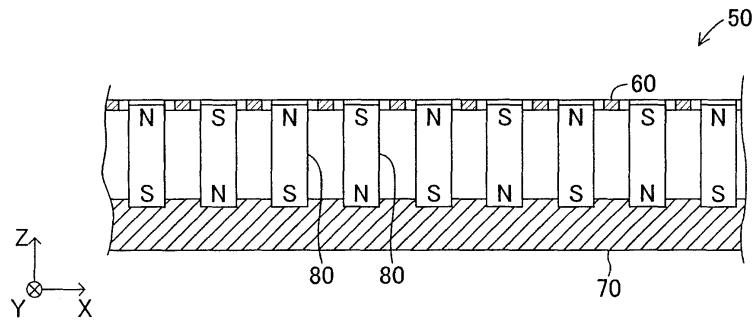
도면6b



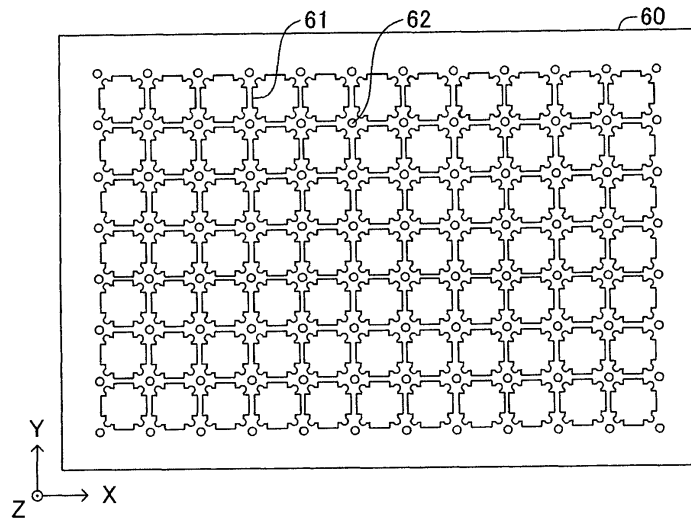
도면7



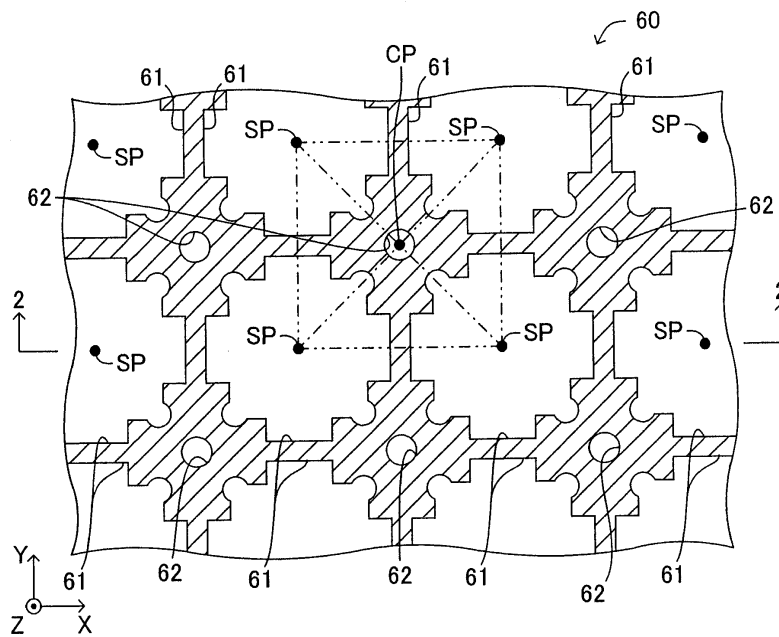
도면8



도면9

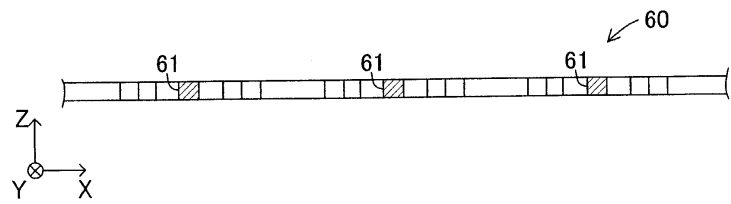


도면10

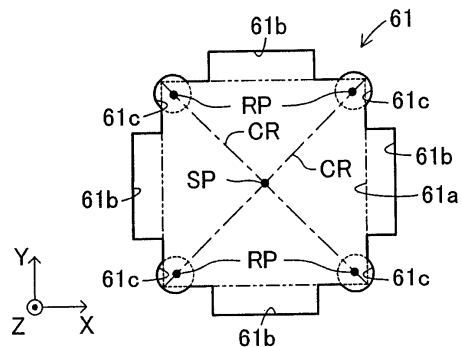




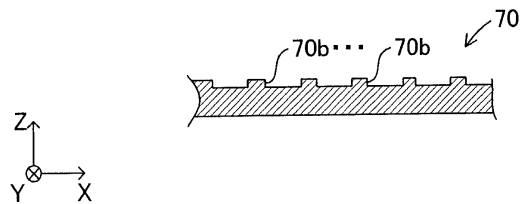
도면11



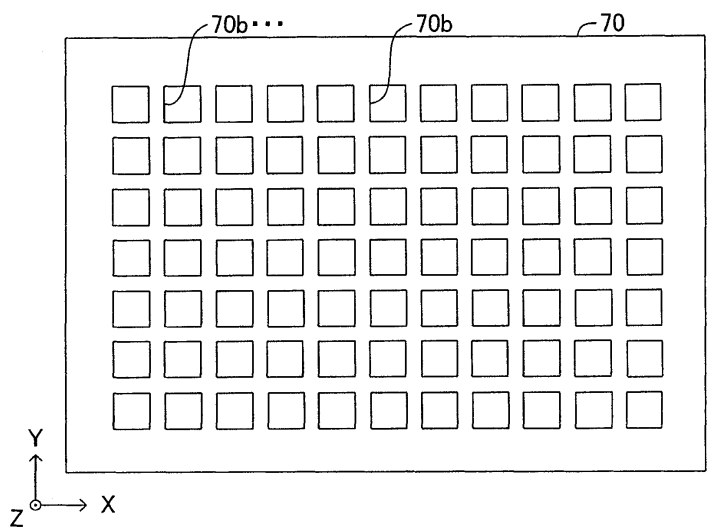
도면12



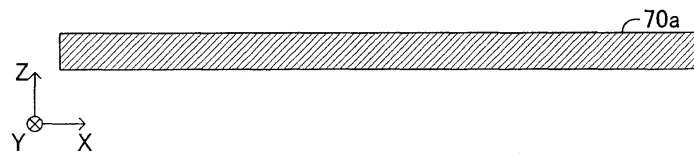
도면13



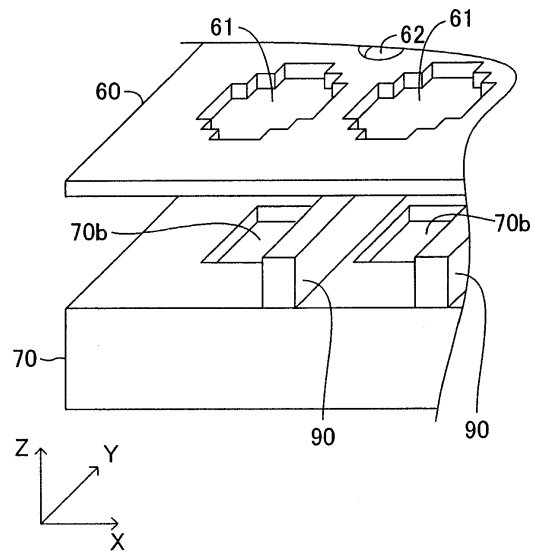
도면14



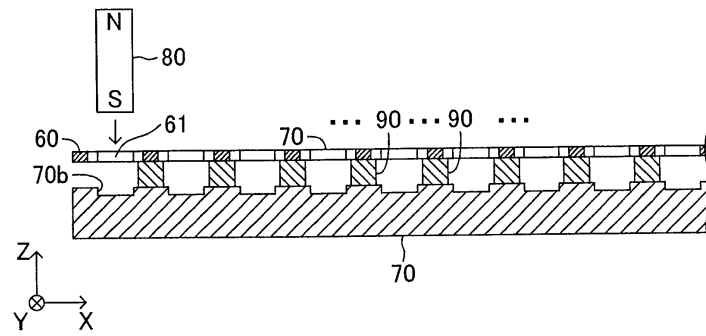
도면15



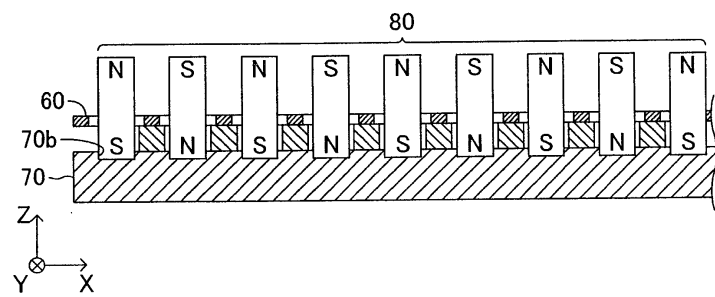
도면16



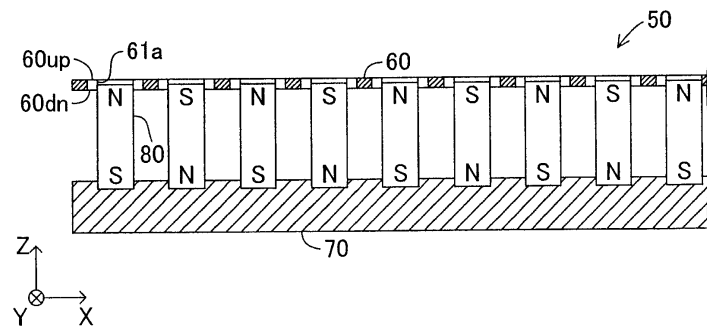
도면17



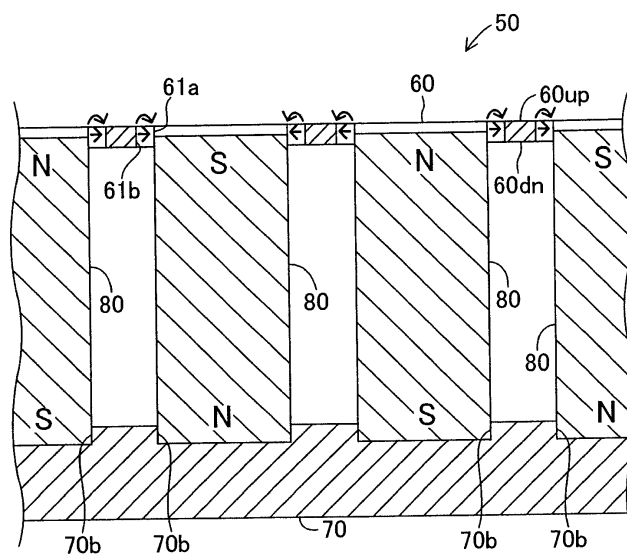
도면18



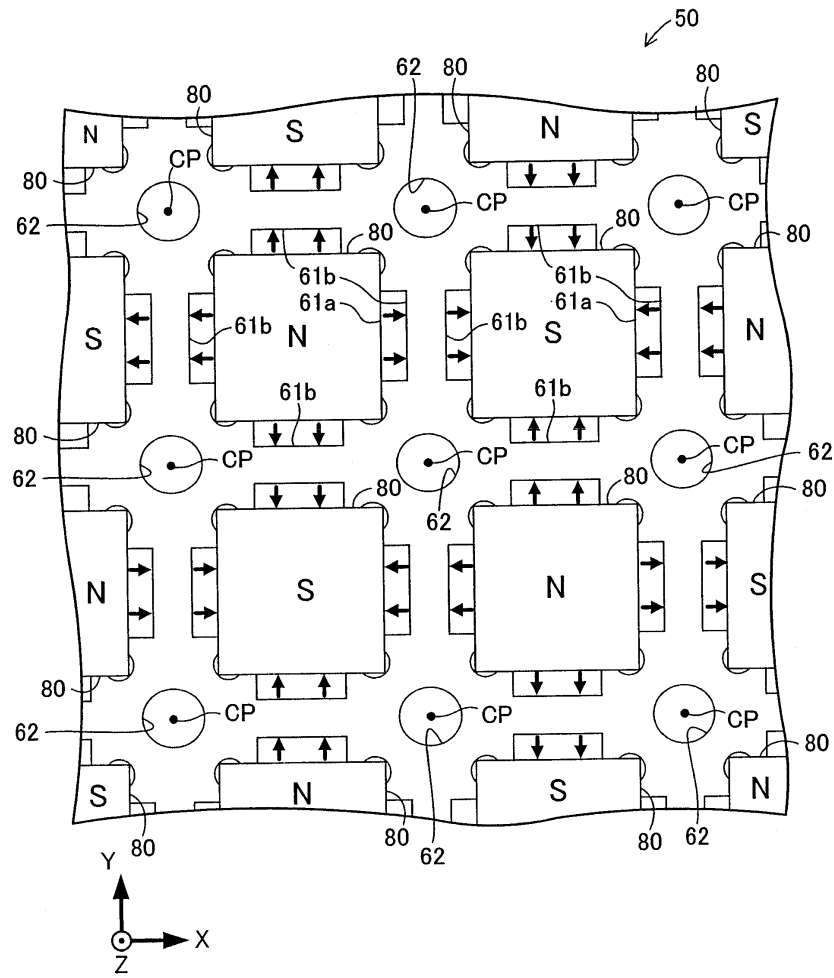
도면19



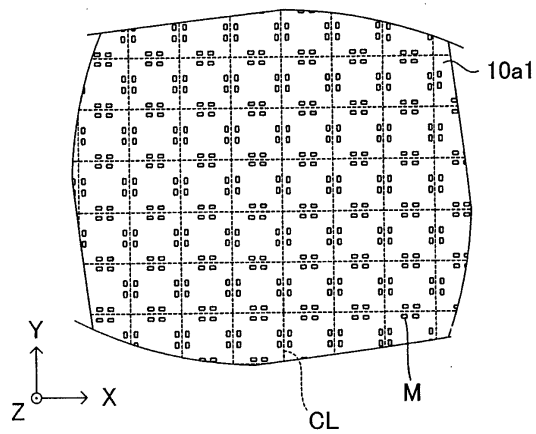
도면20



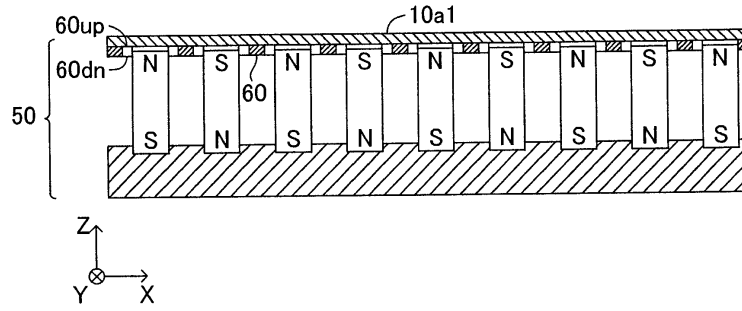
도면21



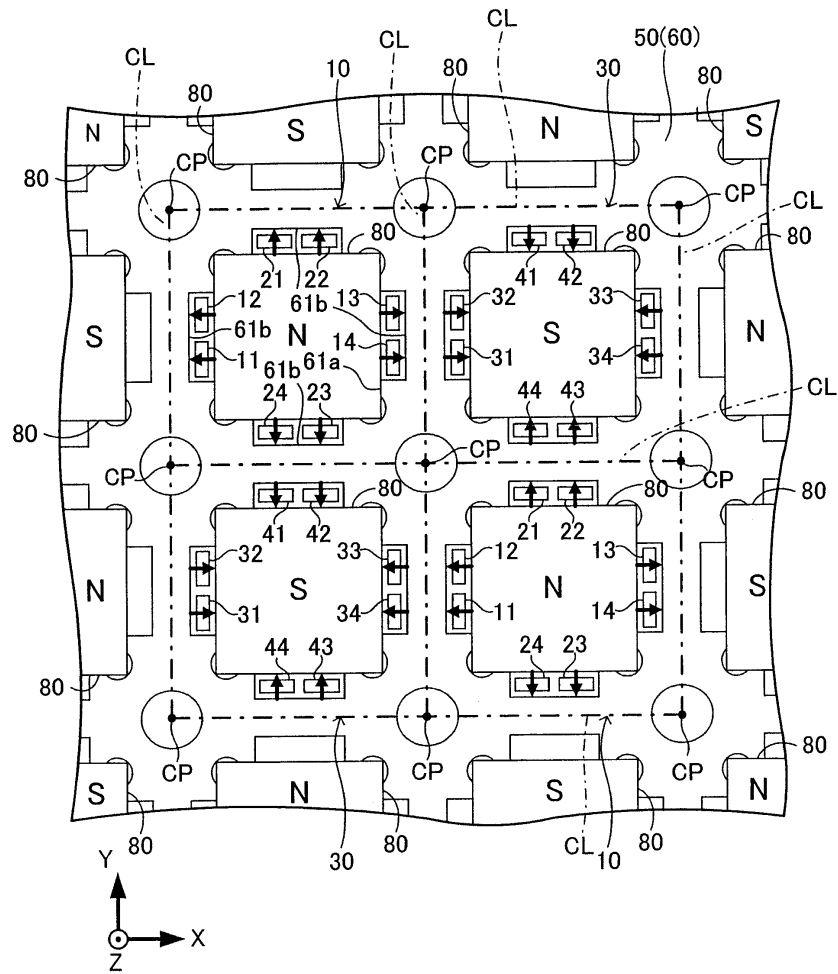
도면22



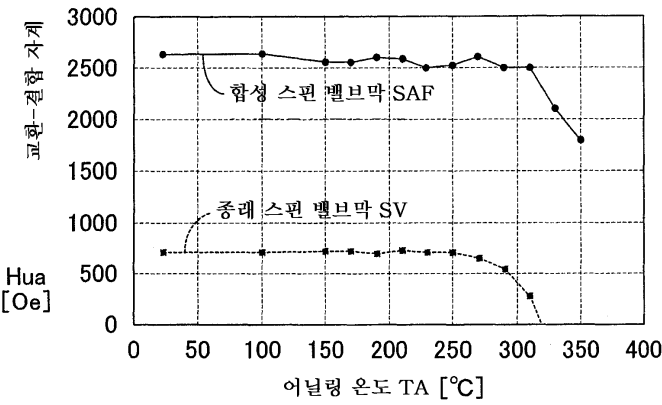
도면23



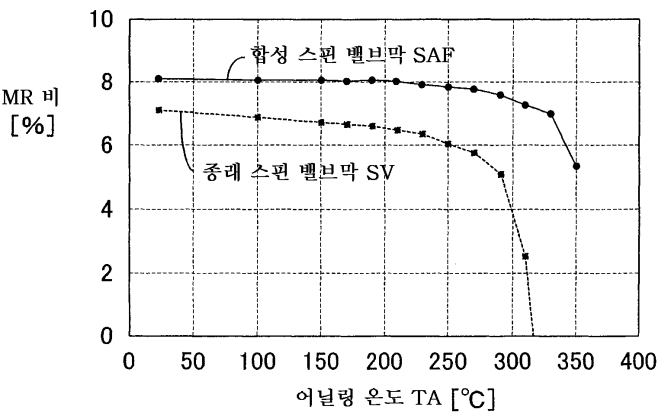
도면24



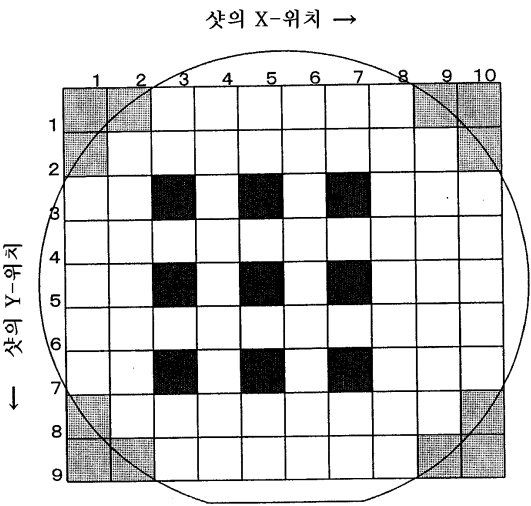
도면25



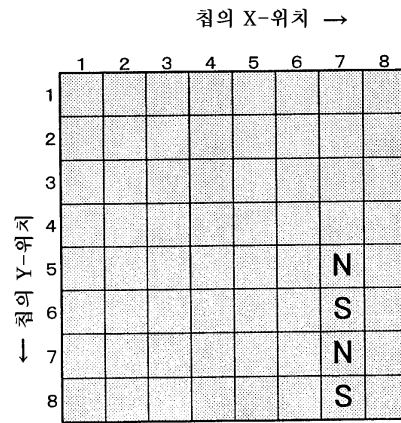
도면26



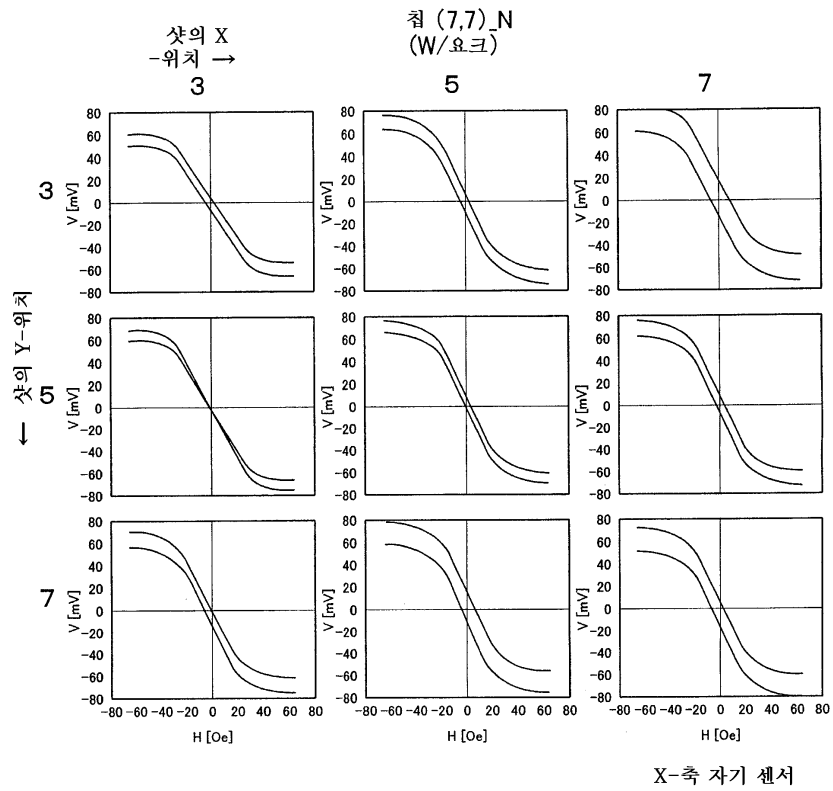
도면27



도면28

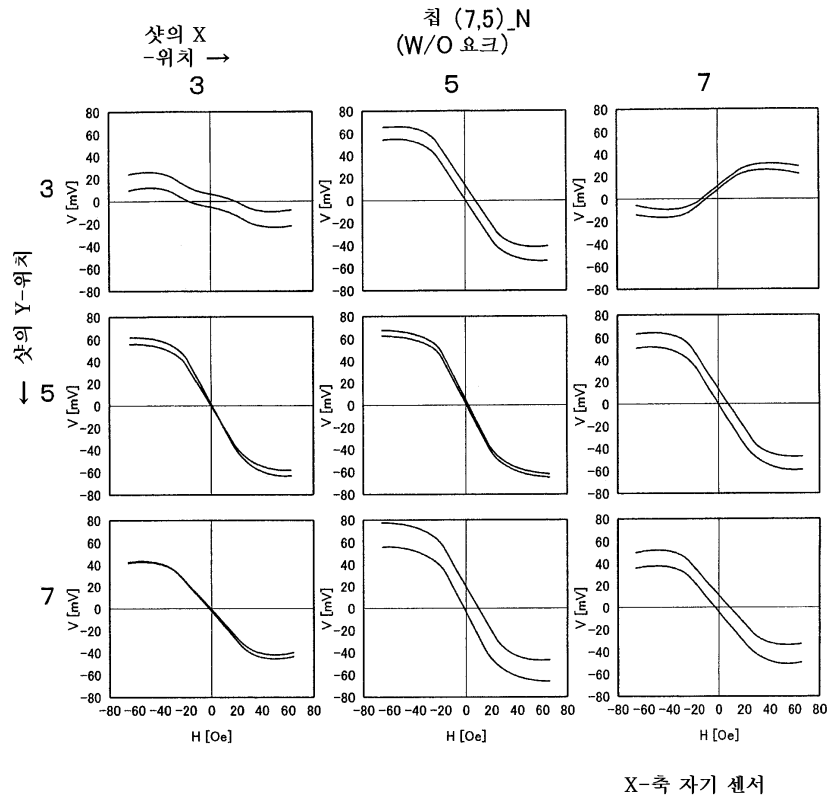


도면29

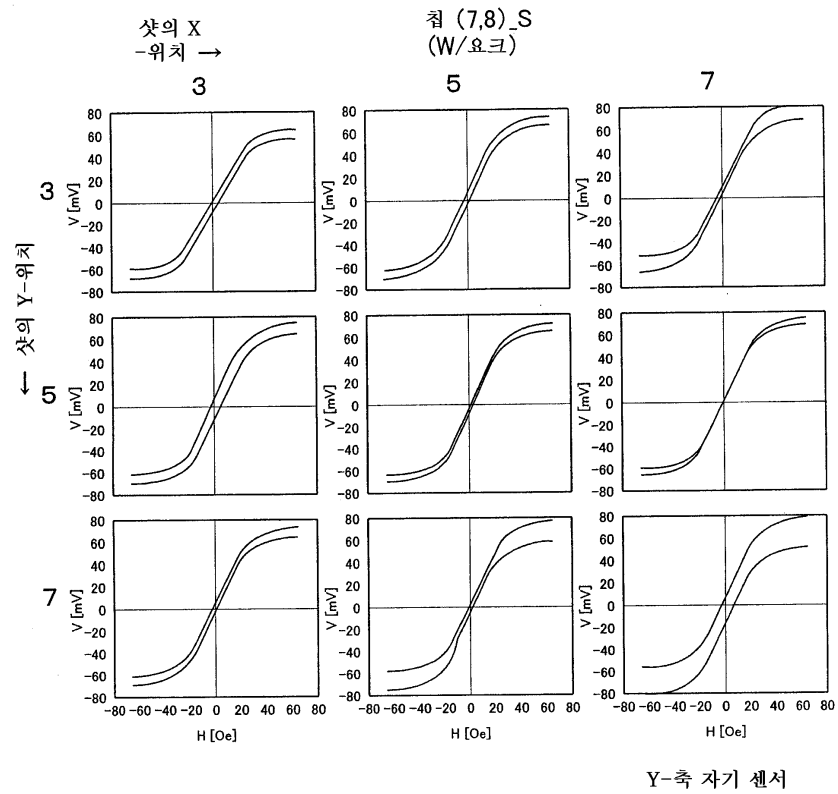




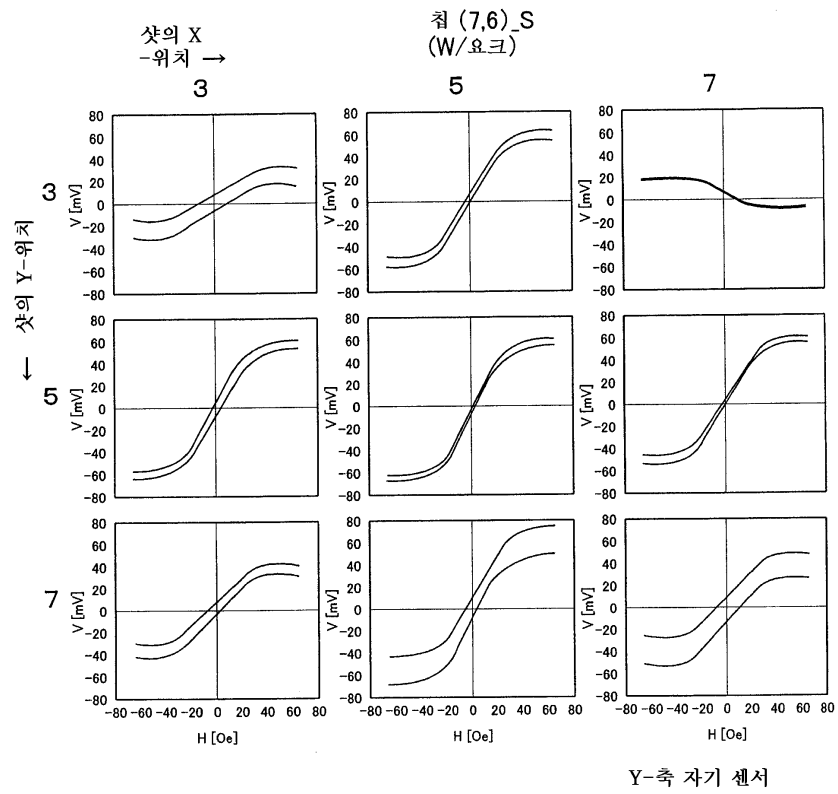
도면30



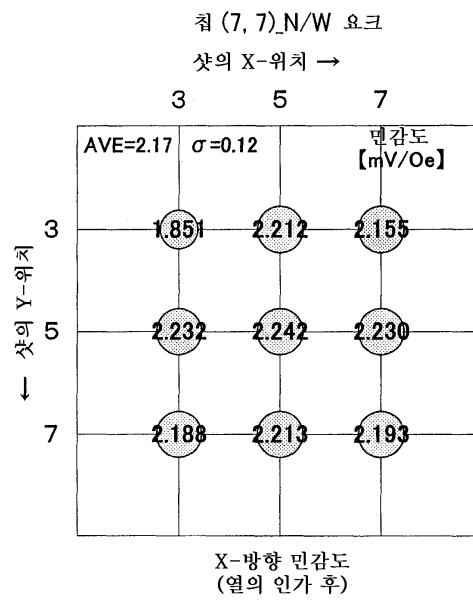
도면31



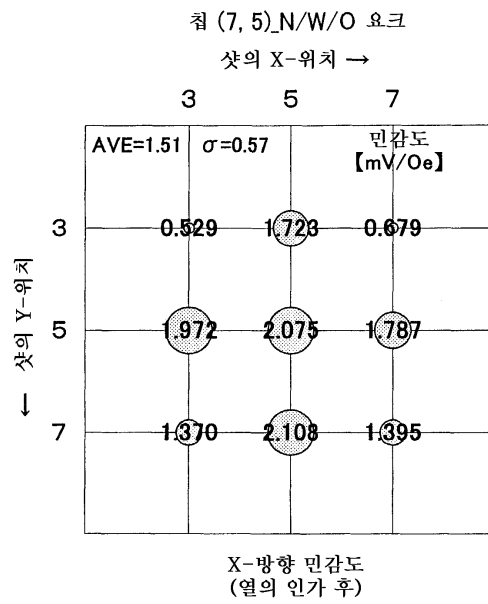
도면32



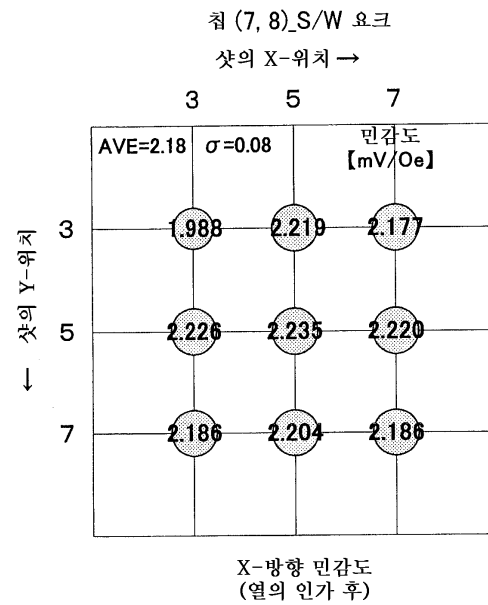
도면33



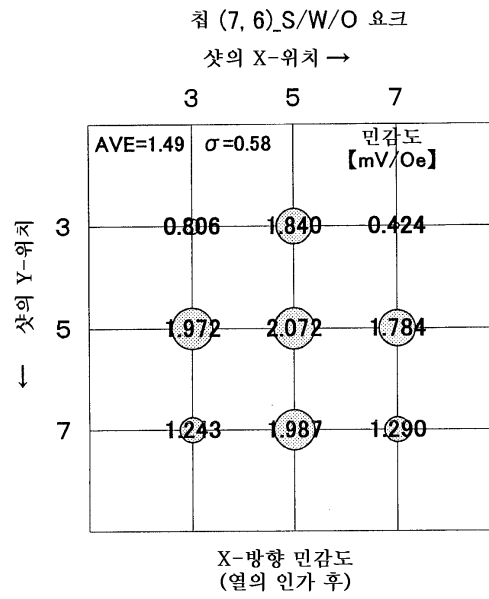
도면34



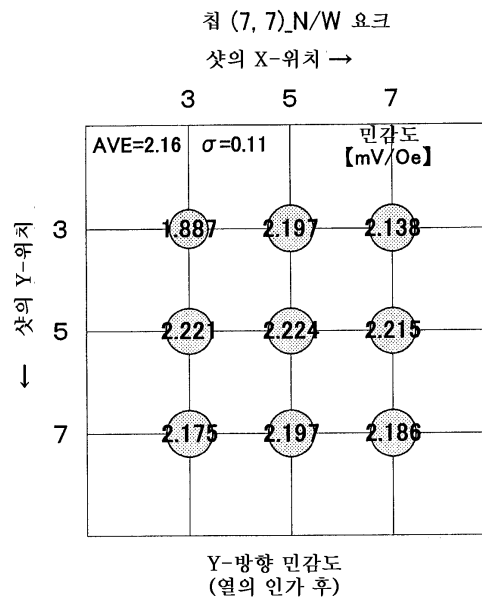
도면35



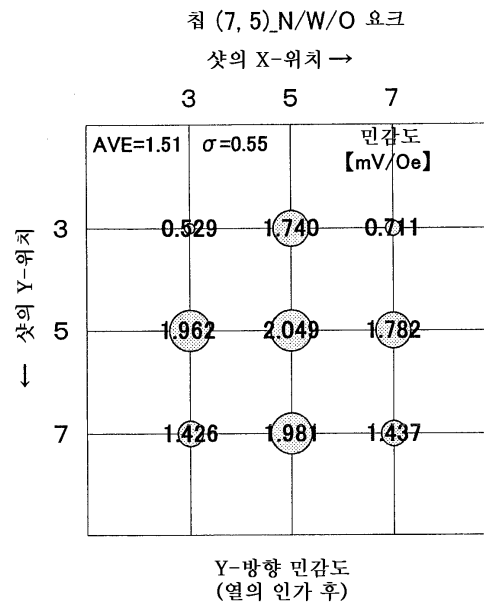
도면36



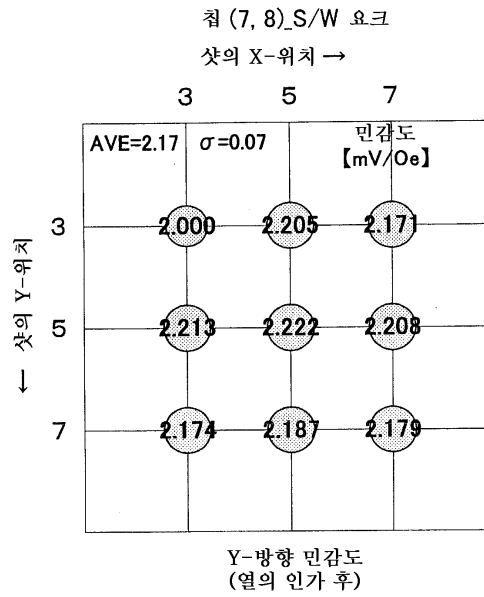
도면37



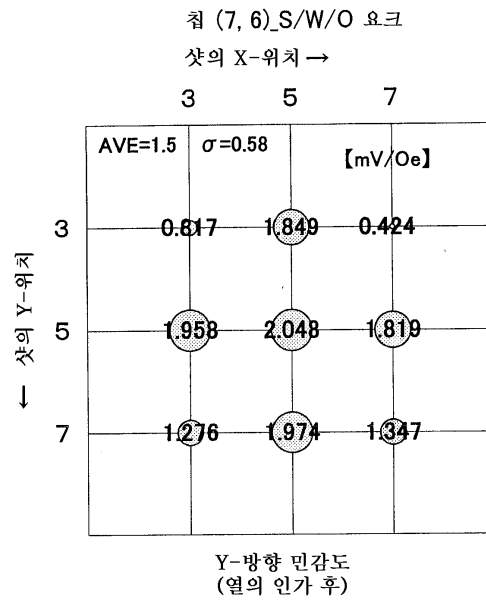
도면38



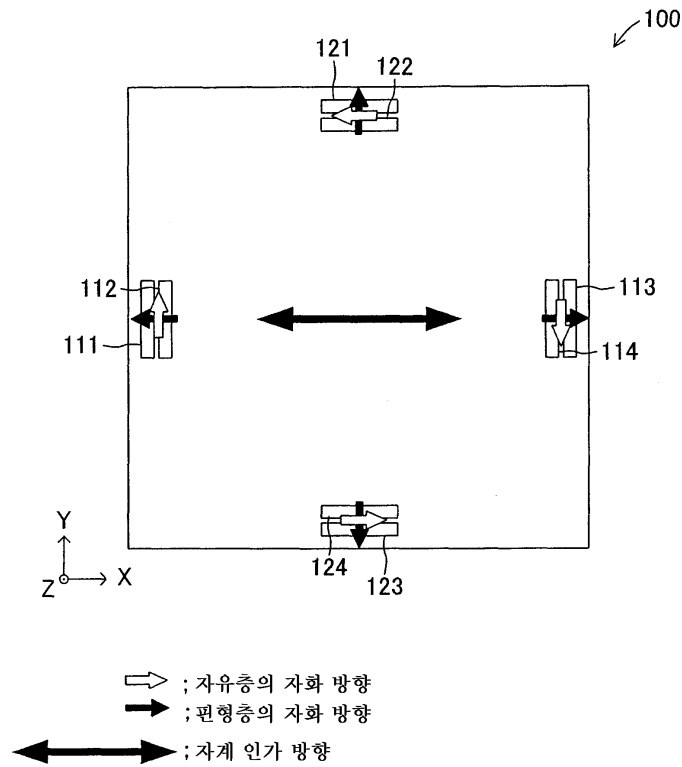
도면39



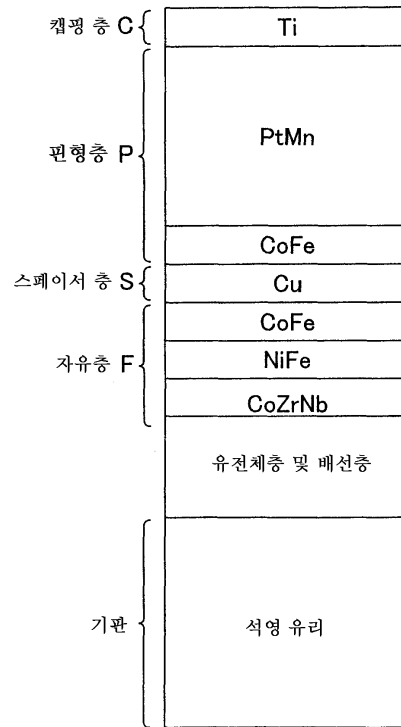
도면40



도면41

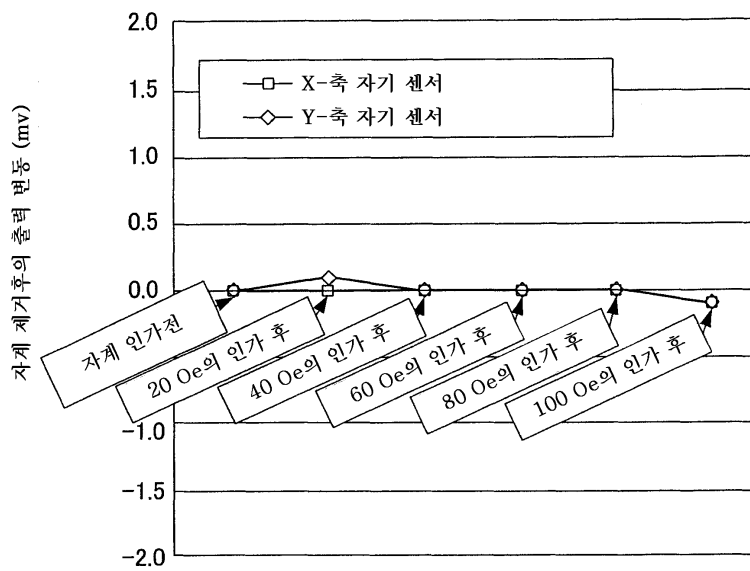


도면42



도면43

SAF GMR 센서의 저항 대 강자계





도면44

