

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. <sup>8</sup> H01L 43/06 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년02월02일 10-0548087 2006년01월24일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2003-0074300 2003년10월23일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2004-0036625 2004년04월30일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(30) 우선권주장	JP-P-2002-00308376 JP-P-2003-00359790	2002년10월23일 2003년10월20일	일본(JP) 일본(JP)
------------	--	----------------------------	------------------

(73) 특허권자 야마하 가부시키키가이샤  
일본국 시즈오카켄 하마마츠시 나카자와쵸 10번 1고

(72) 발명자 오오하시도시유키  
일본시즈오카켄하마마츠시나카자와쵸10-1야마하가부시키키가이샤내

와쿠이유키오  
일본시즈오카켄하마마츠시나카자와쵸10-1야마하가부시키키가이샤내

(74) 대리인 장수길  
이중희  
구영창

심사관 : 고헌석

(54) 자기 센서, 자기 센서의 제조 방법, 및 해당 제조 방법에 적합한 마그네트 어레이

요약

본 발명은 프리층의 자구의 자화의 방향을 안정적으로 유지할 수 있는 자기 저항 효과 소자를 구비한 자기 센서를 제공하는 것이다. 이 자기 센서는 핀드층(pinned layer)과 프리층을 포함하는 폭협대상부(폭이 좁은 띠형상부)(11a...11a)를 구비한 자기 저항 효과 소자를 포함한다. 프리층의 양단부 아래쪽에는 동일 프리층에 소정 방향의 바이어스 자계를 발생시키는 영구자석으로 이루어지는 바이어스 자석막(11b...11b)과, 상기 프리층에 근접하여 형성되고 소정 조건 하에서의 통전에 의해 상기 바이어스 자계와 동일한 방향의 자계를 상기 프리층에 인가하는 초기화용 코일(31)이 형성되어 있다. 또한, 바이어스 자석막의 착자(着磁)와 핀드층의 자화의 방향의 고정은 복수의 영구자석을 정방격자의 격자점에 배치함과 함께 각 영구자석의 자극의 극성이 최단 거리를 두고 인접하는 다른 자극의 극성과 다르게 구성된 마그네트 어레이에 의해서 형성되는 자계에 의해 이루어진다.

대표도

도 2

색인어

영구자석, 초기화용 코일, 웨이퍼, 마그네트 어레이

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 자기 센서의 실시 형태의 평면도.

도 2는 도 1에 도시한 제1 X축 GMR 소자의 개략 확대 평면도.

도 3은 도 2에 도시한 제1 X축 GMR 소자를 도 2의 1-1선을 따른 평면으로 절단한 개략 단면도.

도 4는 도 2에 도시한 제1 X축 GMR 소자의 스핀밸브막 구성을 도시하는 도면.

도 5는 도 1에 도시한 제1 X축 GMR 소자의 X축 방향으로 변화하는 자계에 대한 저항값의 변화를 실선으로 도시하고, Y축 방향으로 변화하는 자계에 대한 저항값의 변화를 파선으로 도시한 그래프.

도 6의 (a)는 도 1에 도시한 자기 센서가 포함하는 X축 자기 센서의 등가 회로도, (b)는 상기 X축 자기 센서의 X축 방향으로 변화하는 자계에 대한 출력의 변화를 나타낸 그래프.

도 7의 (a)는 도 1에 도시한 자기 센서가 포함하는 Y축 자기 센서의 등가 회로도, (b)는 상기 Y축 자기 센서의 Y축 방향으로 변화하는 자계에 대한 출력의 변화를 나타낸 그래프.

도 8의 (a)는 도 1에 도시한 자기 센서가 포함하는 별도의 X축 자기 센서의 등가 회로도, (b)는 상기 X축 자기 센서의 X축 방향으로 변화하는 자계에 대한 출력의 변화를 나타낸 그래프.

도 9의 (a)는 도 1에 도시한 자기 센서가 포함하는 별도의 Y축 자기 센서의 등가 회로도, (b)는 상기 Y축 자기 센서의 Y축 방향에서 변화하는 자계에 대한 출력의 변화를 나타낸 그래프.

도 10은 도 1에 도시한 자기 센서를 제조하는 도중의 스핀밸브막이 형성된 석영 유리의 평면도.

도 11은 도 1에 도시한 자기 센서를 제조할 때에 사용하는 마그네트 어레이를 준비하기 위한 금속 플레이트, 및 상기 금속 플레이트에 삽입된 영구막대자석을 도시한 평면도.

도 12는 도 1에 도시한 자기 센서를 제조할 때에 사용하는 마그네트 어레이의 단면도.

도 13은 도 12에 도시한 마그네트 어레이의 자석의 일부를 추출한 사시도.

도 14는 도 1에 도시한 자기 센서를 제조하는 공정의 하나를 도시한 도면.

도 15는 도 1에 도시한 자기 센서의 각 GMR 소자의 바이어스 자석막을 착자하는 방법을 도시한 개념도.

도 16은 도 1에 도시한 자기 센서의 각 GMR 소자의 핀드층의 자화의 방향을 고정하는 방법을 도시한 개념도.

도 17은 GMR 소자의 프리층과 바이어스 자석막의 자화의 형태를 도시한 평면도로서, (a)는 바이어스 자석막의 착자 전의 상태, (b)는 바이어스 자석막의 착자 후의 상태, (c)는 외부 자계가 가해진 상태, (d)는 외부 자계가 소멸한 후의 상태를 도시한 도면.

도 18의 (a)는 바이어스 자석막의 착자 전의 상태에서의 GMR 소자의 외부 자계에 대한 저항값의 변화를 나타낸 그래프, (b)는 바이어스 자석막의 착자 후의 상태에서의 GMR 소자의 외부 자계에 대한 저항값의 변화를 나타낸 그래프.

도 19는 GMR 소자의 프리층과 바이어스 자석막의 자화의 형태를 도시한 평면도로서, (a)는 바이어스 자석막의 착자 후에 외부 자계가 가해지지 않은 상태, (b)는 강한 외부 자계가 가해진 상태, (c)는 강한 외부 자계가 소멸한 후의 상태를 도시한 도면.

도 20은 본 발명에 따른 자기 센서의 다른 실시 형태에서의 제1 X축 GMR 소자의 개략 확대 평면도.

도 21은 본 발명의 다른 자기 센서(N 타입)의 실시 형태의 평면도.

도 22는 본 발명의 다른 자기 센서(S 타입)의 실시 형태의 평면도.

도 23은 본 발명에 의한 마그네트 어레이 MB의 요크의 부분 평면도.

도 24는 도 23에 도시한 요크의 부분 확대도.

도 25는 도 24의 2-2선을 따른 평면으로 요크를 절단한 단면도.

도 26은 도 23에 도시한 요크의 하나의 관통 구멍의 평면도.

도 27은 본 발명에 따른 마그네트 어레이 MB의 어레이용 기관의 단면도.

도 28은 도 27에 도시한 어레이용 기관의 부분 평면도.

도 29는 도 27에 도시한 어레이용 기관의 기초가 되는 얇은 판자체.

도 30은 마그네트 어레이 MB를 제조하는 일 공정을 도시한 도면.

도 31은 마그네트 어레이 MB를 제조하는 일 공정을 도시한 도면.

도 32는 마그네트 어레이 MB를 제조하는 일 공정을 도시한 도면.

도 33은 마그네트 어레이 MB를 제조하는 일 공정을 도시한 도면.

도 34는 마그네트 어레이 MB의 자석의 일부와 요크를 추출한 사시도.

도 35는 마그네트 어레이 MB의 부분 단면도.

도 36은 마그네트 어레이 MB에 의한 자계를 설명하기 위한 동일 마그네트 어레이 MB의 평면도.

도 37은 마그네트 어레이 MA에 의한 자계를 설명하기 위한 동일 마그네트 어레이 MA의 평면도.

도 38은 도 21 및 도 22에 도시한 자기 센서의 각 GMR 소자의 핀드층의 자화의 방향을 고정하는 방법을 도시한 개념도.

도 39는 도 21 및 도 22에 도시한 자기 센서의 각 GMR 소자의 바이어스 자석막을 착자할 때의 마그네트 어레이 MB와 기관과의 위치 관계를 도시한 단면도.

도 40은 도 21 및 도 22에 도시한 자기 센서의 각 GMR 소자의 바이어스 자석막을 착자하는 방법을 도시한 개념도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

10, 50 : 자기 센서

11~14, 21~24, 51~54, 61~64 : GMR 소자

11a~14a, 21a~24a, 51a~54a, 61a~64a : 폭협대상부

11b~14b, 21b~24b, 51b~54b, 61b~64b : 바이어스 자석막

31~34, 41~44, 71~74, 81~84 : 초기화용 코일

MA : 마그네트 어레이

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 핀드층과 프리층을 포함하여 이루어지는 자기 저항 효과 소자를 이용한 자기 센서, 자기 센서의 제조 방법, 및 해당 제조 방법에 적합한 마그네트 어레이에 관한 것이다.

종래부터, 자화의 방향이 소정의 방향으로 고정된 핀드층과, 자화의 방향이 외부 자계에 따라 변화하는 프리층을 구비하고, 핀드층의 자화의 방향과 프리층의 자화의 방향의 상대 관계에 따른 저항값을 나타내는 거대 자기 저항 소자(GMR 소자) 등의 자기 저항 효과 소자가 자기 센서에 응용되어 있다. 이러한 자기 센서에서는, 미소한 외부 자계를 정밀도 좋게 검출하기 위해, 외부 자계가 상기 자기 센서에 인가되지 않는 경우의 프리층의 각 자구의 자화의 방향을 소정의 방향(이하, 이 소정의 방향을 「초기 상태의 방향」이라고 칭함)으로 안정적으로 유지할 필요가 있다.

그래서, 일반적으로는, 박막의 프리층의 평면에서 본 형상을 장방형으로 함과 함께, 상기 장방형의 긴 변(장축)을 상기 초기 상태의 방향에 일치시킴으로써, 자화의 방향이 길이 방향으로 정렬하는 형상 이방성을 이용하여 상기 프리층의 각 자구의 자화의 방향을 초기 상태의 방향에 일치시키도록 하고 있다. 또, 외부 자계가 소멸했을 때에 프리층의 각 자구의 자화의 방향이 장기적으로 안정적으로 상기 초기 상태의 방향으로 복귀하도록, 프리층의 길이 방향의 양단부에 영구자석막인 바이어스 자석막을 배치하고, 상기 바이어스 자석막에 의해서 상기 초기 상태의 방향의 자계를 상기 프리층에 가하게 되어 있다(예를 들면, 일본 특개평 2002-299728(도 42~도 44)을 참조).

이러한, 프리층과 바이어스 자석막의 자화의 형태를, 상기 프리층과 상기 바이어스 자석막의 평면도인 도 17을 참조하여 설명한다. 도 17에서, 프리층(100)은 X축 방향으로 길이 방향을 갖도록 형성되어 있고, 상기 길이 방향의 양단에 한쌍의 바이어스 자석막(101, 102)이 배치되어 있다.

이들 막을 형성한 단계에서는, 도 17의 (a)의 화살표로 나타낸 바와 같이, 프리층(100) 및 바이어스 자석막(101, 102)의 각 자구의 자화의 방향은 프리층의 길이 방향의 방향인 초기 상태의 방향으로 정렬되어 있지 않다. 프리층(100) 및 바이어스 자석막(101, 102)이 이러한 상태에 있는 자기 센서에 대하여 프리층의 길이 방향과 직교하는 방향(Y축 방향)으로 크기가 변화하는 외부 자계를 인가하여 상기 자기 센서의 저항값을 조사하면, 도 18의 (a)에 도시한 바와 같이, 히스테리시스 발생한다. 이것으로부터 자명한 바와 같이, 프리층(100) 및 바이어스 자석막(101, 102)의 자화의 방향이 상기 프리층의 길이 방향으로 정렬되어 있지 않은 자기 센서에서는, 외부 자계가 「0」 근방일 때의 저항값이 도 18의 (a)에 화살표로 나타낸 범위 내에서 변동하게 되어, 그 결과 상기 자기 센서는 미소 자계를 정밀도 좋게 검출할 수 없다.

다음에, 프리층(100) 및 바이어스 자석막(101, 102)이 도 17의 (a)에 도시한 상태에 있는 자기 센서에 대하여 프리층(100)의 길이 방향(X축 플러스 방향)으로 바이어스 자석막(101, 102)의 보자력  $H_c$ 보다도 크기가 큰 자계를 인가하고, 프리층(100)의 초기화와 바이어스 자석막(101, 102)의 착자를 행하면, 도 17의 (b)에 도시한 바와 같이, 상기 프리층(100) 및 상기 바이어스 자석막(101, 102)의 각 자구의 자화의 방향은 초기 상태의 방향에 일치한다.

이러한 상태에 있는 자기 센서에 대하여 Y축 방향으로 바이어스 자석막(101, 102)의 보자력보다도 작은 범위 내에서 크기가 변화하는 외부 자계를 인가하면, 프리층(100)의 각 자구의 자화의 방향은 도 17의 (c)에 도시한 바와 같이 변화하고, 그 후 상기 외부 자계를 소멸시키면 동일 프리층(100)의 각 자구의 자화의 방향은 도 17의 (b)과 동일하게 도 17의 (d)에 도시한 초기 상태의 방향으로 복귀한다. 이 경우, 자기 센서의 저항값을 조사하면, 도 18의 (b)에 도시한 바와 같이, 히스테리시스가 저감하여 외부 자계가 「0」 근방일 때의 자기 저항값이 대략 일정하게 된다. 따라서, 프리층(100)의 초기화, 및 바이어스 자석막(101, 102)의 착자를 행한 자기 센서는 미소 자계를 정밀도 좋게 검출할 수 있게 된다.

그러나, 이러한 자기 센서(프리층(100)의 초기화, 및 바이어스 자석막(101, 102)의 착자를 행한 자기 센서)에 바이어스 자석막(101, 102)의 보자력보다는 작지만 비교적 큰 크기를 갖고, 또한 초기 상태의 방향과는 반대의 방향(X축 마이너스 방향)으로 주성분을 갖는 외부 자계가 인가되면, 프리층의 각 자구의 자화는 도 19의 (a)에 도시한 상태로부터 도 19의 (b)에 도시한 상태로 변화하고, 그 후 상기 외부 자계를 소멸시켜도, 도 19의 (c)에 도시한 바와 같이, 프리층(100)의 각 자구의 자화의 방향이 초기 상태의 방향으로 일치(복귀)하지 않게 된다. 그 결과, 자기 센서는 다시 외부 자계의 변화에 대하여 히스테리시스를 갖게 되어, 자계의 검출 정밀도가 악화한다는 문제가 있다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

따라서, 본 발명의 목적의 하나는, 큰 외부 자계가 인가된 후에도, 검출 정밀도를 양호하게 유지하는 것이 가능한 자기 센서를 제공하는 데에 있다. 또한, 본 발명의 다른 목적은 상기 바이어스 자석막의 착자를 효율적으로 행할 수 있는 자기 센서, 자기 센서의 제조 방법, 및 해당 제조 방법에 적합한 마그네트 어레이를 제공하는 데에 있다.

**발명의 구성 및 작용**

본 발명의 특징은, 핀드층과 프리층을 포함하는 자기 저항 효과 소자를 포함하여 이루어지는 자기 센서가 상기 프리층의 양단에 배치됨과 함께 상기 프리층에 소정의 방향의 바이어스 자계를 발생시키는 영구자석으로 이루어지는 바이어스 자석막과, 상기 프리층에 근접하여 형성되어 소정 조건 하에서의 통전에 의해 상기 바이어스 자계와 동일 방향의 자계를 상기 프리층에 인가하는 초기화용 코일을 구비한 것에 있다.

이것에 따르면, 초기화용 코일은 소정 조건 하에서 통전되고, 프리층의 각 자구의 자화의 방향을 바이어스 자석막에 의한 바이어스 자계와 동일한 방향으로 복귀하기 위한 초기화용 자계를 발생시키기 때문에, 강한 자계가 자기 센서에 인가되는 등의 어떤 이유에 의해 프리층의 각 자구의 자화의 방향이 무질서한 경우에도, 이것을 수정할 수 있어, 그 결과 자계에 대한 저항값 변화에 히스테리시스를 갖지 않고, 장기간에 걸쳐서 미소 자계를 정밀도 좋게 검출할 수 있는 자기 센서가 제공될 수 있다.

본 발명의 다른 특징은, 핀드층과 프리층과 상기 프리층에 대하여 바이어스 자계를 부여하는 영구자석으로 이루어지는 바이어스 자석막을 기판 위에 갖고 상기 핀드층의 자화의 방향과 상기 프리층의 자화의 방향이 이루는 상대 각도에 따라 저항값이 변화하는 자기 저항 효과 소자를 구비한 자기 센서의 제조 방법인, 복수의 영구자석을 정방격자의 격자점에 배치함과 함께 각 영구자석의 자극의 극성이 최단 거리를 두고 인접하는 다른 자극의 극성과 다르게 구성한 마그네트 어레이를 준비하는 공정과, 상기 핀드층이 되는 막과 상기 프리층이 되는 막과 상기 바이어스 자석막이 되는 막을 포함하는 섬 형상의 소자막을 복수개 상기 기판 위에 점재시켜 이루어지는 웨이퍼를 제조하는 공정과, 상기 웨이퍼와 상기 마그네트 어레이가 소정의 상대적 위치 관계를 갖도록 상기 웨이퍼를 상기 마그네트 어레이에 근접 배치하고, 상기 마그네트 어레이의 자극 중의 하나의 자극과 상기 자극과 최단 거리를 두고 인접하는 상기 마그네트 어레이의 자극 중의 다른 자극과의 사이에 형성되는 자계를 이용하여 상기 복수의 소자막의 상기 바이어스 자석막이 되는 막의 착자를 행하는 공정을 포함하는 것에 있다.

상기 마그네트 어레이는, 복수의 영구자석을 정방격자의 격자점에 배치하고, 각 영구자석의 자극의 극성이 평면에서 보아(동일 평면 내에서) 최단 거리를 두고 인접하는 다른 자극의 극성과 다르게 구성되어 있다. 따라서, 마그네트 어레이의 상측에서, 상기 마그네트 어레이의 평면에서 보아, 하나의 N극으로부터 동일 N극의 우측에 존재하는 S극으로 우측 방향의 자계, 동일 N극으로부터 동일 N극의 상측에 존재하는 S극으로 위 방향의 자계, 동일 N극으로부터 동일 N극의 좌측에 존재하는 S극으로 좌측 방향의 자계, 및 동일 N극으로부터 동일 N극의 하측에 존재하는 S극으로 아래 방향의 자계가 형성된다(도 13을 참조). 마찬가지로, 임의의 S극에 대해서는 이 S극의 우측에 존재하는 N극으로부터 좌측 방향의 자계, 이 S극의 상측에 존재하는 N극으로부터 아래 방향의 자계, 이 S극의 좌측에 존재하는 N극으로부터 우측 방향의 자계, 및 이 S극의 하측에 존재하는 N극으로부터 위 방향의 자계가 형성된다.

상기 방법은 이러한 자계를 형성하는 마그네트 어레이에 대하여, 상기 핀드층이 되는 막과 상기 프리층이 되는 막과 상기 바이어스 자석막이 되는 막을 포함하는 섬 형상의 소자막을 복수개 상기 기판 위에 점재시켜 이루어지는 웨이퍼를 소정의 상대적 위치 관계를 갖고 근접 배치하고, 상기 마그네트 어레이에 의해 형성되는 상술한 자계를 이용하여 상기 복수의 소자막의 상기 바이어스 자석막이 되는 막의 착자를 행한다. 따라서, 단일 기판 상에서 바이어스 자석막의 착자 방향이 서로 교차(이 경우에는 직교)하여 이루어지는 자기 센서를 효율적으로 제조할 수 있다.

보다 구체적으로는, 상기 웨이퍼를 제조하는 공정은, 상기 복수의 소자막의 각 프리층이 되는 막을 장축과 단축을 구비한 형상이 되도록 형성함과 함께, 적어도 복수의 소자층의 프리층이 되는 막 중 하나의 장축과 다른 프리층이 되는 막의 장축이 직교하도록 상기 복수의 소자막의 각 프리층이 되는 막을 형성하고, 또한 상기 바이어스 자석막이 되는 막을 상기 각 프리층이 되는 막의 장축 방향의 양단부에 형성하는 공정을 포함하고, 상기 바이어스 자석막이 되는 막의 착자를 행하는 공정에서의 상기 소정의 상대적 위치 관계는 상기 마그네트 어레이에 의해 형성되는 자계에 의해, 상기 바이어스 자석막이 되는 막의 자화의 방향을 상기 바이어스 자석막이 양단에 형성된 상기 프리층이 되는 막의 장축 방향에 일치시키는 상기 웨이퍼와 상기 마그네트 어레이와의 상대적 위치 관계이다.

또한, 이 경우에 있어서, 상기 웨이퍼와 상기 마그네트 어레이가 상기 소정의 상대적 위치 관계와는 다른 상대적 위치 관계를 갖도록 상기 웨이퍼를 상기 마그네트 어레이에 근접 배치하고, 상기 마그네트 어레이에 의해 형성되는 상기 자계를 이용하여 상기 복수의 소자막의 상기 핀드층이 되는 막의 자화의 방향을 고정하는 공정을 포함하는 것이 적합하다.

이것에 따르면, 바이어스 자석막이 되는 막의 착자에 사용하는 마그네트 어레이를 핀드층의 자화의 방향을 고정할 때에도 사용할 수 있기 때문에, 단일 기판 상에서 핀드층의 자화의 방향이 서로 교차(이 경우에는 직교)하여 이루어지는 자기 센서(직교하는 방향의 자계를 각각 검출할 수 있는 2축 자기 센서)를 효율적으로 또한 염가로 제조할 수 있다.

또한, 본 발명에 따르면, 대략 직방체 형상으로서 상기 직방체의 하나의 중심축에 직교하는 단면의 형상이 대략 정방형인 복수의 영구자석을 대략 정방형을 갖는 단부면(edge face)의 무게 중심이 정방격자의 격자점에 일치하도록 배치함과 함께, 배치된 각 영구자석의 자극의 극성(상기 단부면에 나타나는 자극의 극성)이 최단 거리를 두고 인접하는 다른 영구자석의 자극의 극성(상기 단부면에 나타나는 자극의 극성)과 다르게 구성한 마그네트 어레이가 제공된다.

즉, 이 마그네트 어레이는 상기 복수의 영구자석이 각각의 상기 대략 정방형을 갖는 단부면의 무게 중심이 정방격자의 격자점에 일치하고, 각각의 상기 대략 정방형을 갖는 단부면의 변은 동일 열 상의 다른 단부면의 변과 대략 동일선 상에 존재하고, 상기 단부면이 대략 동일 평면 상에 존재하고, 또한 상기 단부면의 자극의 극성이 최단 거리를 두고 인접하는 다른 영구자석의 단부면의 자극의 극성과 다르게 배치된 마그네트 어레이이다.

상술한 바와 같이, 이러한 마그네트 어레이를 이용하면, 예를 들면 상기 2축 자기 센서의 각 바이어스 자석막이 되는 막의 착자 및/또는 각 핀드층이 되는 층의 자화의 방향의 고정을 효율적으로 행할 수 있기 때문에, 상기 2축 자기 센서를 염가로 제조할 수 있다.

또한, 이 마그네트 어레이는 대략 직방체 형상으로서 상기 직방체의 하나의 중심축에 직교하는 단면의 형상이 대략 정방형이고 또한 상기 중심축에 직교하는 상기 대략 정방형의 단부면에 자극이 형성된 영구자석을 복수개 구비한 마그네트 어레이로서, 상기 복수의 영구자석은 각각의 상기 대략 정방형을 갖는 단부면의 무게 중심이 정방격자의 격자점에 일치하도록 배치됨과 함께, 상기 정방격자의 임의의 일렬 상에 배치된 상기 복수의 영구자석 중 하나의 영구자석의 상기 단부면의 1변이 동일한 열 상에 배치된 다른 영구자석의 상기 단부면의 1변과 대략 동일선 상에 존재하고, 상기 복수의 영구자석의 단부면 전체가 대략 동일 평면 상에 존재하고, 또한 상기 복수의 영구자석 중 최단 거리를 두고 서로 인접하는 2개의 영구자석의 단부면에 형성된 자극의 극성이 다르게 되도록 배치된 마그네트 어레이이며, 상기 자기 센서의 바이어스 자석막 등의 착자를 행할 때에 적합하게 사용될 수 있다.

또한, 대략 직방체 형상으로서 상기 직방체의 하나의 중심축에 직교하는 단면의 형상이 대략 정방형이고 또한 상기 중심축에 직교하는 대략 정방형의 단부면에 자극이 형성된 영구자석을 복수개 구비함과 함께, 자성 재료로 이루어지는 얇은 판자형 요크를 구비한 마그네트 어레이로서, 상기 복수의 영구자석은 각각의 상기 대략 정방형을 갖는 단부면의 무게 중심이 정방격자의 격자점에 일치하도록 배치됨과 함께, 상기 정방격자의 임의의 일렬 상에 배치된 상기 복수의 영구자석 중 하나의 영구자석의 상기 단부면의 1변이 동일한 열 상에 배치된 다른 영구자석의 상기 단부면의 1변과 대략 동일선 상에 존재하고, 상기 복수의 영구자석의 단부면 전체가 대략 동일 평면 상에 존재하고, 또한 상기 복수의 영구자석 중 최단 거리를 두고 서로 인접하는 2개의 영구자석의 단부면에 형성된 자극의 극성이 다르게 배치되고, 상기 요크는 상기 배치된 복수의 영구자석과 대략 동일한 위치에 상기 영구자석의 상기 대략 정방형을 갖는 단면과 대략 동일 형상의 복수의 관통 구멍을 구비하고, 상기 관통 구멍에 상기 영구자석이 삽입되어 상기 영구자석의 단부면이 존재하는 평면이 상기 요크의 상면과 하면 사이에 존재하도록 배치된 마그네트 어레이는 상기 자기 센서의 바이어스 자석막 등의 착자를 행할 때에 적합하게 사용될 수 있다.

이 마그네트 어레이는 자성 재료로 이루어지는 요크를 구비하기 때문에, 영구자석으로부터의 자력선을 원하는 개소로 유도하는 것이 가능하게 된다. 따라서, 이 마그네트 어레이에 의해, 자기 센서의 바이어스 자석막의 착자 등을 효과적으로 행할 수 있다.

이 경우, 상기 요크는 상기 복수의 관통 구멍 중 최단 거리를 두고 서로 인접하는 관통 구멍끼리의 사이에, 에어 갭이 되는 관통 구멍이 형성되는 것이 적합하다.

이 마그네트 어레이는 최단 거리를 두고 인접하는 관통 구멍끼리의 사이(이들 2개의 관통 구멍에는 서로 자극의 극성이 다른 영구자석의 단부면이 삽입됨)에 에어 갭이 되는 관통 구멍이 형성되어 있으므로, 자속은 관통 구멍 내 및 관통 구멍의 근방 부분의 공간에 집중된다. 즉, 마그네트 어레이는 국소적인 좁은 공간 영역에, 크기가 크고 또한 방향이 일정한 자장을 일으킬 수 있다. 따라서, 이 마그네트 어레이에 의해 자기 센서의 바이어스 자석막의 착자 등을 효과적으로 행할 수 있다.

상기 요크는 평면에서 보아 상기 정방격자의 각 격자점끼리 연결하여 형성되는 정방형의 무게 중심을 포위하는 위치에 개구가 형성되어 이루어지는 것도 적합하다.

이 마그네트 어레이는 상술한 관통 구멍만이 아니라 개구도 구비하고 있다. 이 개구가 형성된 위치는 각 격자점끼리 연결하여 형성되는 정방형의 무게 중심을 포위하는 위치이다. 이 위치는 각 자극으로부터의 자력선이 교차하여 자계가 불안정해지는 부분이다. 따라서, 개구에 의해 자계가 불안정함이 해소된다. 그 결과, 최단 거리를 두고 인접하는 다른 극의 자극 간에 생기는 자계가 직선적으로 되어, 보다 안정된 강한 일정한 자계를 상기 관통 구멍의 근방 부분에 국소적으로 발생시키는 것이 가능하다. 이 이유에 의해, 이러한 마그네트 어레이에 따르면, 자기 센서의 바이어스 자석막의 착자 등을 효과적으로 행할 수 있다.

또한, 상기 요크의 각 관통 구멍은 평면에서 보아 상기 영구자석의 대략 정방형을 갖는 단면과 대략 동일한 정방형의 정방형부와, 상기 정방형부의 각 각부(角部)로부터 상기 정방형의 외측으로 팽출한(swelling) 마진부를 포함하는 것이 적합하다.

요크에 대하여, 에칭에 의해 정방형의 관통 구멍을 형성하는 경우, 에칭이 불충분하면 정방형의 각부가 원호형이 되어 영구자석을 삽입할 수 없게 될 우려가 있다. 이것에 대하여, 상기 요크에 있어서는 마진부도 에칭되기 때문에, 영구자석을 관통 구멍 내에 확실하게 삽입할 수 있다.

이하, 본 발명에 따른 자기 센서의 실시 형태에 대하여 도면을 참조하여 설명한다. 이 자기 센서는 후술하는 제조 방법에 의해서 N 타입과 S 타입으로 나누어진다. 도 1은 N 타입의 자기 센서(10)와 S 타입의 자기 센서(50)를 배열한 것의 평면도이다. N 타입의 자화의 방향 등이 서로 다른 점을 제외하여 실질적으로 동일한 형상, 구성을 갖고 있다. 따라서, 이하, N 타입의 자기 센서(10)를 주로 설명한다.

자기 센서(10)는, 도 1에 도시한 바와 같이 평면에서 보아 서로 직교하는 X축, 및 Y축을 따른 변을 갖는 장방형상(대략 정방형상)으로서, X축, 및 Y축으로 직교하는 Z축 방향으로 작은 두께를 갖는 석영 유리로 이루어지는 단일 칩(단일 기판)(10a)과, 도 3에 도시한 기판(10a) 위에 적층된 복수의 절연층(10b)(이 절연층 중에는 배선층이 포함됨)과, 상기 절연층(10b)의 최상층(10b1) 위에 형성된 합계 8개의 GMR 소자(11~14, 21~24)와, 합계 8개의 초기화용 코일(31~34, 41~44)을 포함하여 구성되어 있다.

제1 X축 GMR 소자(11)는 칩(10a)의 Y축 방향 대략 중앙부 아래쪽에서 X축 마이너스 방향 단부 근방에 형성되어 있고, 도 1의 흑색으로 칠해진 화살표로 나타낸 바와 같이, 핀드층의 고정된 자화의 방향은 X축 마이너스 방향으로 되어 있다. 제2 X축 GMR 소자(12)는 칩(10a)의 Y축 방향 대략 중앙부 상측에서 X축 마이너스 방향 단부 근방에 형성되어 있고, 도 1의 흑색으로 칠해진 화살표로 나타낸 바와 같이, 핀드층의 고정된 자화의 방향은 X축 마이너스 방향으로 되어 있다. 제3 X축 GMR 소자(13)는 칩(10a)의 Y축 방향 대략 중앙부 상측에서 X축 플러스 방향 단부 근방에 형성되어 있고, 도 1의 흑색으로 칠해진 화살표로 나타낸 바와 같이, 핀드층의 고정된 자화의 방향은 X축 플러스 방향으로 되어 있다. 제4 X축 GMR 소자(14)는 칩(10a)의 Y축 방향 대략 중앙부 아래쪽에서 X축 플러스 방향 단부 근방에 형성되어 있고, 도 1의 흑색으로 칠해진 화살표로 나타낸 바와 같이, 핀드층의 고정된 자화의 방향은 X축 플러스 방향으로 되어 있다.

제1 Y축 GMR 소자(21)는 칩(10a)의 X축 방향 대략 중앙부 좌측에서 Y축 플러스 방향 단부 근방에 형성되어 있고, 도 1의 흑색으로 칠해진 화살표로 나타낸 바와 같이, 핀드층의 고정된 자화의 방향은 Y축 플러스 방향으로 되어 있다. 제2 Y축 GMR 소자(22)는 칩(10a)의 X축 방향 대략 중앙부 우측에서 Y축 플러스 방향 단부 근방에 형성되어 있고, 도 1의 흑색으로

로 칠해진 화살표로 나타낸 바와 같이, 핀드층의 고정된 자화의 방향은 Y축 플러스 방향으로 되어 있다. 제3 Y축 GMR 소자(23)는 칩(10a)의 X축 방향 대략 중앙부 우측에서 Y축 마이너스 방향 단부 근방에 형성되어 있고, 도 1의 흑색으로 칠해진 화살표로 나타낸 바와 같이, 핀드층의 고정된 자화의 방향은 Y축 마이너스 방향으로 되어 있다. 제4 Y축 GMR 소자(24)는 칩(10a)의 X축 방향 대략 중앙부 좌측에서 Y축 마이너스 방향 단부 근방에 형성되어 있고, 도 1의 흑색으로 칠해진 화살표로 나타낸 바와 같이, 핀드층의 고정된 자화의 방향은 Y축 마이너스 방향으로 되어 있다.

각 GMR 소자(11~14, 21~24)는 칩(10a)에서의 배치가 다른 점을 제외하고, 서로 실질적으로 동일한 구조를 구비하고 있다. 따라서, 이하 제1 X축 GMR 소자(11)를 대표예로서 그 구조에 대하여 설명한다.

제1 X축 GMR 소자(11)는 평면도인 도 2, 및, 도 2의 1-1선을 따른 평면에서 제1 X축 GMR 소자(11)를 절단한 개략 단면도인 도 3에 도시한 바와 같이, 스핀밸브막 SV로 이루어져 Y축 방향으로 길이 방향을 갖는 복수의 폭협대상부(narrow zonal portions)(11a...11a)와, 각 폭협대상부(11a)의 길이 방향(Y축 방향) 양단부의 아래쪽에 형성된 CoCrPt 등의 경질 강자성체로서, 고보자력, 고각형비(高角型比)를 갖는 재질로 이루어지는 바이어스 자석막(경질 강자성체 박막층으로서 착자에 의해 영구자석막이 되는 막)(11b...11b)을 구비하고 있다. 각 폭협대상부(11a...11a)는 각 바이어스 자석막(11b...11b)의 상면에서 X축 방향으로 신장하여 인접하는 폭협대상부(11a)와 접합하여 소위 「지그재그형상」으로 형성됨과 함께, 상기 각 바이어스 자석막(11b...11b)의 상면에서 상기 각 바이어스 자석막(11b...11b)과 자기적으로 결합되어 있다.

제1 X축 GMR 소자(11)의 스핀밸브막 SV는 도 4에 막 구성을 도시한 바와 같이, 기판인 칩(10a) 위에 순서대로 적층된 프리층(자유층) F, 막 두께가 2.4nm(24Å)의 Cu로 이루어지는 도전성의 스페이서층 S, 고착층(핀층) P, 및 막 두께가 2.5nm(25Å)의 티탄(Ti) 또는 탄탈(Ta)로 이루어지는 캡핑층 C로 이루어져 있다.

프리층 F는 외부 자계의 방향에 따라 자화의 방향이 변화하는 층으로서, 기판(10a)의 바로 윗쪽에 형성된 막 두께가 8nm(80Å)의 CoZrNb 비정질 자성층(11-1)과, CoZrNb 비정질 자성층(11-1) 위에 형성된 막 두께가 3.3nm(33Å)의 NiFe 자성층(11-2)과, NiFe 자성층(11-2) 위에 형성된 1~3nm(10~30Å) 정도의 막 두께의 CoFe층(11-3)으로 이루어져 있다. CoZrNb 비정질 자성층(11-1)과 NiFe 자성층(11-2)은 연질 강자성체 박막층을 구성하고 있다. CoFe층(11-3)은 NiFe층(11-2)의 Ni, 및 스페이서층 S의 Cu(11-4)의 확산을 방지하는 것이다.

고착층(핀층) P는, 막 두께가 2.2nm(22Å)의 CoFe 자성층(11-5)과, Pt를 45~55mol% 포함하는 PtMn 합금으로 형성한 막 두께가 24nm(240Å)의 반강자성막(11-6)을 중첩시킨 것이다. CoFe 자성층(11-5)은 착자(자화)된 반강자성막(11-6)에 교환 결합적으로 보강됨으로써 자화(자화 벡터)의 방향이 X축 마이너스 방향에 고정(고착)되는 핀드층을 구성하고 있다.

바이어스 자석막(11b...11b)은 프리층 F의 일축 이방성을 유지하기 위해, 상기 프리층 F에 대하여 상기 프리층 F의 길이 방향인 Y축 마이너스 방향(도 1 및 도 2의 윤곽선 화살표(outline arrow)로 나타낸 방향)으로 바이어스 자계를 제공하고 있다.

이와 같이 구성된 제1 X축 GMR 소자(11)는 도 5의 실선으로 나타낸 바와 같이, X축을 따라 변화하는 외부 자계에 대하여,  $-H_c \sim +H_c$ 의 범위에서, 외부 자계에 대략 비례하여 변화하는 저항값을 나타내고, 도 5의 파선으로서 도시한 바와 같이, Y축을 따라 변화하는 외부 자계에 대해서는 대략 일정한 저항값을 나타낸다.

다음에 초기화용 코일(31~34, 41~44)에 대하여 설명한다. 초기화용 코일(31~34, 41~44)은 도 1 및 도 3에 도시한 바와 같이, GMR 소자(11~14, 21~24) 각각의 대략 바로 아래에서 절연층의 최상층(10b1)을 개재하여 하층의 절연층(10b2) 내에 매설되어 있다. 초기화용 코일(31~34, 41~44)은 서로 동일 형상을 가짐과 함께, 각 대응하는 바로 윗쪽의 GMR 소자와의 상대 위치 관계도 서로 동일하고, 도 1에 윤곽선 화살표로 나타낸 방향의 초기화용 자계를 각 대응하는 GMR 소자에 인가하게 되어 있다.

이하, 초기화용 코일(31)을 대표예로서 설명하면, 이 초기화용 코일(31)은 평면에서 보아 외형이 대략 장방형이 되도록 권취되어, 동일 평면에서 보아 제1 X축 GMR 소자(11)의 바로 아래에서 제1 X축 GMR 소자(11)의 폭협대상부(11a)의 길이 방향과 직교하는 방향(X축 방향)으로 직선적으로 연장되는 복수의 초기화용 자계 발생부(31a...31a)를 갖고 있다. 또한, 초기화용 코일의 하나의 단부(31b) 및 다른 단부(31c)는 정전압원의 플러스극 및 마이너스극과 각각 접속되어 있어, 초기화용 코일(31)에는 소정의 조건이 성립했을 때에 소정의 전류가 통전되고, 도 1에 윤곽선 화살표로 도시한 바와 같이, 제1 X축 GMR 소자(11)의 폭협대상부(11a)에 대하여 Y축 마이너스 방향의 초기화용 자계를 인가하도록 되어 있다.

다음에, 상기 GMR 소자(11~14) 및 GMR 소자(21~24)에 의해 각각 구성되는 X축 자기 센서(X축 방향을 자계 검출 방향으로 하는 자기 센서) 및 Y축 자기 센서(Y축 방향을 자계 검출 방향으로 하는 자기 센서)에 대하여 설명하면, X축 자기 센서는 도 6의 (a)에 등가 회로를 도시한 바와 같이, 제1~제4 X축 GMR 소자(11~14)가 도 1에 도시하지 않은 도선을 통하여 풀 브릿지(full-bridge) 접속되어 구성되어 있다. 또, 도 6의 (a)에서, 제1~제4 X축 GMR 소자(11~14) 각각에 인접한 위치에 도시된 그래프는 각 그래프에 인접한 GMR 소자의 특성(외부 자계에 대한 저항값 R의 변화)을 나타내고 있다. 이 점은 도 7~도 9에 대하여 마찬가지이다. 이들 그래프 중 Hx, Hy는 각각 X축, Y축을 따라 크기가 변화하는 외부 자계를 나타내고 있다.

이러한 구성에서, 제1 X축 GMR 소자(11)와 제4 X축 GMR 소자(14)의 접속점, 및 제2 X축 GMR 소자(12)와 제3 X축 GMR 소자(13)의 접속점이 각각 도시하지 않은 정전압원의 플러스극, 및 마이너스극(접지)에 접속되고, 전위 +V(본 예에서는 5(V)) 및 전위 -V(본 예에서는 0(V))가 각각 부여된다. 그리고, 제1 X축 GMR 소자(11)와 제3 X축 GMR 소자(13)의 접속점과, 제4 X축 GMR 소자(14)와 제2 X축 GMR 소자(12)의 접속점의 전위차  $V_{ox}$ 가 센서 출력으로서 추출된다. 그 결과, X축 자기 센서는 도 6의 (b)에 도시한 바와 같이 X축을 따라 변화하는 외부 자계 Hx에 대략 비례하여 변화하는 출력 전압  $V_{ox}$ 를 나타내도록 되어 있다.

Y축 자기 센서는 도 7의 (a)에 등가 회로를 도시한 바와 같이 제1~제4 Y축 GMR 소자(21~24)가 도 1에 도시하지 않은 도선을 통하여 풀 브릿지 접속되어 구성되어 있다. 그리고, 제1 Y축 GMR 소자(21)와 제4 Y축 GMR 소자(24)의 접속점, 및 제2 Y축 GMR 소자(22)와 제3 Y축 GMR 소자(23)의 접속점이 각각 도시하지 않은 정전압원의 플러스극, 및 마이너스극(접지)에 접속되고, 전위 +V(본 예에서는 5(V)), 및 전위 -V(본 예에서는 0(V))가 각각 부여된다. 또한, 제1 Y축 GMR 소자(21)와 제3 Y축 GMR 소자(23)의 접속점과, 제4 Y축 GMR 소자(24)와 제2 Y축 GMR 소자(22)의 접속점의 전위차  $V_{oy}$ 가 센서 출력으로서 추출된다. 그 결과, Y축 자기 센서는 도 7의 (b)에 도시한 바와 같이, Y축을 따라 변화하는 외부 자계 Hy에 대략 비례하여 변화하는 출력 전압  $V_{oy}$ 를 나타내도록 되어 있다. 이상이 N 타입의 자기 센서(10)의 구성이다.

한편, S 타입의 자기 센서(50)는 도 1에 도시한 바와 같이 GMR 소자(51~54, 61~64)와, 초기화용 코일(71~74, 81~84)을 포함하고 있어, 자기 센서(10)와 마찬가지로 구성을 구비하고, X축 자기 센서 및 Y축 자기 센서를 구비하고 있다.

즉, 자기 센서(50)의 X축 자기 센서는 도 8의 (a)의 등가 회로도에 도시한 바와 같이, 제1~제4 X축 GMR 소자(51~54)가 도 1에 도시하지 않은 도선을 통하여 풀 브릿지 접속되어 구성되어 있다. 이러한 구성에서, 제1 X축 GMR 소자(51)와 제4 X축 GMR 소자(54)의 접속점, 및 제2 X축 GMR 소자(52)와 제3 X축 GMR 소자(53)의 접속점이 각각 도시하지 않은 정전압원의 플러스극, 및 마이너스극(접지)에 접속되고, 전위 +V(본 예에서는 5(V)), 및 전위 -V(본 예에서는 0(V))가 각각 부여된다. 그리고, 제1 X축 GMR 소자(51)와 제3 X축 GMR 소자(53)의 접속점과 제4 X축 GMR 소자(54)와 제2 X축 GMR 소자(52)의 접속점 사이의 전위차  $V_{ox}$ 가 센서 출력으로서 추출된다. 그 결과, X축 자기 센서는 도 8의 (b)에 도시한 바와 같이, X축을 따라 변화하는 외부 자계 Hx에 대략 비례하여 변화하는 출력 전압  $V_{ox}$ 를 나타내도록 되어 있다.

또한, 자기 센서(50)의 Y축 자기 센서는 도 9의 (a)에 등가 회로를 도시한 바와 같이, 제1~제4 Y축 GMR 소자(61~64)가 도 1에 도시하지 않은 도선을 통하여 풀 브릿지 접속되어 구성되어 있다. 그리고, 제1 Y축 GMR 소자(61)와 제4 Y축 GMR 소자(64)와의 접속점, 및 제2 Y축 GMR 소자(62)와 제3 Y축 GMR 소자(63)와의 접속점이 각각 도시하지 않은 정전압원의 플러스극, 및 마이너스극(접지)에 접속되고, 전위 +V(본 예에서는 5(V)), 및 전위 -V(본 예에서는 0(V))이 각각 부여된다. 또한, 제4 Y축 GMR 소자(64)와 제2 Y축 GMR 소자(62)의 접속점과, 제1 Y축 GMR 소자(61)와 제3 Y축 GMR 소자(63)와의 접속점 사이의 전위차  $V_{oy}$ 가 센서 출력으로서 추출된다. 그 결과, Y축 자기 센서는 도 9의 (b)에 도시한 바와 같이 Y축을 따라 변화하는 외부 자계 Hy에 대략 비례하여 변화하는 출력 전압  $V_{oy}$ 를 나타내도록 되어 있다.

다음에, 상기한 바와 같이 구성되는 자기 센서(10, 50)의 제조 방법에 대하여 설명한다. 우선, 평면도인 도 10에 도시한 바와 같이, 후에 기판(10a, 50a)이 되는 장방형의 석영 유리(웨이퍼)(10a1) 위에, 각 절연층(10b)을 소정의 배선 또는 LSI의 형성과 함께 적층하고, 초기화용 코일(31~34, 41~44, 71~74, 81~84)을 절연층(10b2) 내에 형성한 후에 최상층인 절연층(10b1)을 형성한다(도 1~도 3을 참조).

계속해서, 상기 GMR 소자(11~14, 21~24, 51~54, 61~64)를 구성하는 막 M을 섬 형상으로 복수 형성한다. 구체적으로 설명하면, 상기 바이어스 자석막(11b)을 형성하고, 그 위에 상기 GMR 소자(11~14, 21~24, 51~54, 61~64)를 구성하는 막 M을 형성한다. 이 성막은 초고진공 장치를 이용하여 정밀한 두께로 연속 적층하여 행해진다. 막 M은 패터닝되어, 섬 형상의 GMR 소자가 되는 부분이 복수 형성된다. 이들의 막 M은 석영 유리(10a1)가 후의 절단 공정에 의해 도 10의 파선을 따라서 절단되어 도 1에 도시한 각각의 자기 센서(10, 50)로 분할되었을 때, 도 1에 도시한 GMR 소자(11~14, 21~24, 51~54, 61~64)의 각 위치에 배치되도록 형성된다.

다음에, 평면도인 도 11에 도시한 바와 같이, 정방형의 관통 구멍이 정방격자 형상으로 복수개 형성된(즉, X축 및 Y축에 평행한 변을 갖는 정방형의 관통 구멍이, 상기 X축 및 Y축을 따라 서로 등거리로 형성된) 장방형의 금속 플레이트(91)를 준비하고, 금속 플레이트(91)의 각 관통 구멍에 관통 구멍과 대략 동일한 정방형 단면을 갖는 직방체 형상의 영구막대자석(92...92)을 영구막대자석(92...92)의 자극이 형성되는 단부면이 금속 플레이트(91)와 평행해지도록 삽입한다. 이 때, 영구막대자석(92...92)의 각 단부면을 포함하는 평면에서 최단 거리에서 인접하는 자극의 극성이 다르게 영구막대자석(92...92)을 배치한다. 또, 영구막대자석(92...92)의 각 자하(磁荷)의 크기는 전부 대략 같은 것을 사용한다.

다음에, X-Z 평면을 따른 단면을 도시한 도 12에 도시한 바와 같이, 두께가 약 0.5mm로 상기 금속 플레이트(91)와 대략 동일 형상의 장방형을 갖는 투명한 석영 유리로 이루어지는 플레이트(93)를 준비하고, 영구막대자석(92...92)의 상면(상기 자극이 형성된 단부면과 반대측의 면)과 플레이트(93)의 하면을 접착체에 의해 접착하고, 금속 플레이트(91)를 하측으로부터 제거한다. 이 단계에서, 영구막대자석(92...92)과 플레이트(93)에 의해 대략 직방체 형상으로서 상기 직방체의 하나의 중심축에 직교하는 단면의 형상이 대략 정방형인 복수의 영구자석을, 대략 정방형을 갖는 단부면의 무게 중심이 정방격자의 격자점에 일치하도록 배치함과 함께, 배치된 각 영구자석의 자극의 극성이 최단 거리를 두고 인접하는 다른 영구자석의 자극의 극성과 다르게 구성한 마그네트 어레이 MA가 형성된다.

도 13은 상기 영구막대자석(92...92)을 4개만 추출한 상태를 도시하는 사시도이다. 이 도 13으로부터 자명한 바와 같이, 영구막대자석(92...92)의 단부면(상기 자극이 형성된 단부면)에서는 하나의 N극으로부터 동일 N극에 최단 거리에서 인접하는 S극을 향하는 90°씩 방향이 다른 자계가 형성되어 있다. 본 실시 형태에서는, 이 자계를 GMR 소자(11~14, 21~24, 51~54, 61~64)의 각 바이어스 자석막(11b~14b, 21b~24b, 51b~54b, 61b~64b)의 착자를 위한 자계, 및 각 고착층 P(고착층 P의 핀드층)의 자화의 방향을 고정할 때의 자계로서 사용한다.

즉, 우선 도 14에 도시한 바와 같이 GMR 소자가 되는 막 M이 형성된 석영 유리(10a1)를, GMR 소자가 되는 막 M이 형성된 면이 플레이트(93)의 상면과 접하도록 배치하고, 플레이트(93)와 석영 유리(10a1)를 클램프 C에 의해 서로 고정한다. 이 때, 후에 자기 센서(10, 50)가 되는 부분을 자기 센서(10, 50)의 각 2 갯수분만 주목하여 확대한 평면도인 도 15에 도시한 바와 같이, 자기 센서(10, 50)의 각 변이 되는 석영 유리(10a1)의 절단선 CL의 각 교점 CP가 영구막대자석(92...92) 각각의 무게 중심과 일치하도록, 석영 유리(10a1)와 마그네트 어레이 MA를 상대적으로 배치한다. 따라서, 도 15에 화살표로 나타낸 바와 같이, 플레이트(93)의 상면에 석영 유리(10a1)가 장착된 상태에서는 GMR 소자가 되는 각 막 M에, 각 막 M의 폭협대상부의 길이 방향의 자계가 인가된다.

본 실시 형태에서는, 이러한 자계를 이용하여 바이어스 자석막(11b~14b, 21b~24b, 51b~54b, 61b~64b)의 착자를 행함과 함께, 프리층 F의 각 자구의 자화의 방향을 초기 상태에서의 방향에 일치시킨다. 즉, 프리층 F의 각 자구의 자화를 초기화한다.

다음에, GMR 소자가 되는 막 M이 형성된 석영 유리(10a1)와 마그네트 어레이 MA(플레이트(93))의 상대 위치 관계를 도 16의 평면도에 도시한 바와 같이 변경하고, 상기 GMR 소자가 되는 막 M이 형성된 면이 플레이트(93)의 상면과 접하도록 배치한다. 이 때, 자기 센서(10, 50)의 각 변이 되는 석영 유리(10a1)의 절단선 CL의 각 교점 CP가 서로 인접하는 4개의 영구막대자석(92...92)의 무게 중심의 각각과 일치하도록, 석영 유리(10a1)와 마그네트 어레이 MA를 상대적으로 배치한다. 따라서, 도 16에 화살표로 나타낸 바와 같이, 플레이트(93)의 상면에 석영 유리(10a1)가 장착된 상태에서는 GMR 소자가 되는 각 막 M에 각 막 M의 폭협대상부의 길이 방향과 직교하는 방향의 자계가 인가된다.

본 실시 형태에서는, 이러한 자계를 이용하여 고착층 P(고착층 P의 핀드층)의 자화의 방향을 고정하는 열 처리(규칙화 열 처리)를 행한다. 즉, 도 16에 도시한 상태에서, 플레이트(93)와 석영 유리(10a1)를 클램프 C에 의해 서로 고정하고, 진공 중에서 이들을 250℃~280℃로 가열하고, 그 상태에서 4 시간정도 방치한다.

그 후, 석영 유리(10a1)를 추출하고, 각 막 M을 접속하는 배선 등을 형성하고, 마지막으로 도 10 등에 도시한 과선(절단선 CL)을 따라 석영 유리(10a1)를 절단한다. 이상에 의해, 도 1에 도시한 자기 센서(10, 50)가 일시에 다수개 제조된다.

이상, 설명한 바와 같이, 상기 실시 형태는 프리층 F의 길이 방향의 양단에 배치됨과 함께 프리층에 소정의 방향(동일 프리층의 길이 방향)의 바이어스 자계를 발생시키는 영구자석으로 이루어지는 바이어스 자석막(11b...11b)을 구비하고 있기 때문에, 외부 자계가 존재하지 않은 상태에서의 프리층의 각 자구의 자화의 방향을 안정적으로 소정의 방향으로 유지할 수 있다.

또한, 초기화용 코일(31~34, 41~44)이 소정 조건 하에서 통전되고, 프리층의 각 자구의 자화의 방향을 바이어스 자석막에 의한 바이어스 자계의 방향과 동일한 방향(즉, 프리층의 길이 방향)으로 복귀하기 위한 초기화용 자계를 발생하기 때문에, 강한 자계가 프리층에 인가됨으로써 프리층의 각 자구의 자화의 방향이 무질서하게 된 경우에도, 자화의 방향을 확실하게 초기 상태로 복귀할 수 있다. 그 결과, 자기 센서(10, 50)는 외부 자계의 변화에 대하여 외부 자계가 「0」 근방일 때에 발생하는 히스테리시스를 작게 유지할 수 있기 때문에, 미소 자계를 장기간에 걸쳐 정밀도 좋게 검출할 수 있다.

또한, 상술한 제조 방법의 실시 형태에 따르면, 복수의 영구자석을 정방격자의 격자점에 배치함과 함께 각 영구자석의 자극의 극성이 최단 거리를 두고 인접하는 다른 자극의 극성과 다르게 구성한 마그네트 어레이 MA가 준비되어, 이 마그네트 어레이 MA가 형성하는 자계에 의해 프리층의 각 자구의 자화의 방향의 초기화 및 바이어스 자석막의 착자와, 핀드층이 되는 자성층의 자화의 방향을 고정시키는 피닝(pinning)이 행해진다. 따라서, 자계 검출 방향이 다른(서로 직교한) 복수의 GMR 소자를 단일 칩 상에서 효율적이고 또한 용이하게 형성할 수 있고, 적어도 서로 직교하는 방향에서 크기가 변화하는 자계 각각을 검출할 수 있는 단일 칩으로 이루어지는 자기 센서를 염가로 제조할 수 있다.

또, 상기 실시 형태에서는 바이어스 자석막(마그네트막)을 패터닝한 후에 GMR막(GMR 소자가 되는 막) M을 형성하고, 이 GMR막 M을 패터닝한 후에 규칙화 열 처리를 행하였다. 그러나, 이 규칙화 열 처리는 GMR막 M의 패터닝 전에 행해도 된다. 또한, 바이어스 자석막을 GMR막 M 후에 형성해도 된다.

다음에, 본 발명에 따른 자기 센서의 다른 실시 형태(제2 실시 형태)에 대하여 설명한다. 이 자기 센서에는 상술한 자기 센서와 마찬가지로, 도 21에 평면도를 도시한 N 타입과 도 22에 평면도를 도시한 S 타입이 있다. N 타입의 자기 센서(110)와 S 타입의 자기 센서(150)는 도 21 및 도 22에 흑색으로 칠해진 화살표로 나타낸 핀드층의 고정된 자화의 방향 및 윤곽선 화살표로 나타낸 프리층의 초기 상태의 자화의 방향이 서로 다른 점을 제외하면 실질적으로 동일한 형상, 구성을 갖고 있다. 또, 도 21 및 도 22에서, 초기화용 코일의 도시는 생략되어 있다.

N 타입의 자기 센서(110)는 N 타입의 자기 센서(10)의 GMR 소자 및 초기화용 코일의 배치가 다른 점을 제외하고, 자기 센서(10)와 동일한 구조를 구비하고 있다. 즉, 자기 센서(110)는 단일의 칩(10a)과 동일한 단일 칩(110a)과, 절연층(10b)와 동일한 절연층과, 상기 절연층의 최상층 위에 형성된 합계 8개의 GMR 소자(111~114, 121~124)와, 합계 8개의 초기화용 코일을 포함하여 구성되어 있다. GMR 소자(111~114, 121~124)와 8개의 초기화용 코일과의 상대 위치 관계는 GMR 소자(11~14, 21~24)와 초기화용 코일(31~34, 41~44)과의 상대 위치 관계와 동일하다. 또한, GMR 소자(111~114)는 GMR 소자(11~14)와 마찬가지로, 풀 브릿지 접속되어 X축 자기 센서를 구성한다. GMR 소자(121~124)는 GMR 소자(21~24)와 마찬가지로, 풀 브릿지 접속되어 Y축 자기 센서를 구성한다.

제1 X축 GMR 소자(111)는 칩(110a)의 Y축 방향 대략 중앙부에서 X축 마이너스 방향 단부 근방에 형성되어 있다. 제2 X축 GMR 소자(112)는 칩(110a)의 Y축 방향 대략 중앙부에서 제1 X축 GMR 소자(111)보다도 약간의 거리만큼 X축 플러스 방향으로 떨어져 있는 위치에 형성되어 있다. 제3 X축 GMR 소자(113)는 칩(110a)의 Y축 방향 대략 중앙부에서 X축 플러스 방향 단부 근방에 형성되어 있다. 제4 X축 GMR 소자(114)는 칩(110a)의 Y축 방향 대략 중앙부에서 제3 X축 GMR 소자(113)보다도 약간의 거리만큼 X축 마이너스 방향으로 떨어져 있는 위치에 형성되어 있다. 제1~제4 X축 GMR 소자(111~114)의 각 길이 방향은 Y축 방향으로 되어 있다.

제1 Y축 GMR 소자(121)는 칩(110a)의 X축 방향 대략 중앙부에서 Y축 플러스 방향 단부 근방에 형성되어 있다. 제2 Y축 GMR 소자(122)는 칩(110a)의 X축 방향 대략 중앙부에서 제1 Y축 GMR 소자(121)보다도 약간의 거리만큼 Y축 마이너스 방향으로 떨어져 있는 위치에 형성되어 있다. 제3 Y축 GMR 소자(123)는 칩(110a)의 X축 방향 대략 중앙부에서 Y축 마이너스 방향 단부 근방에 형성되어 있다. 제4 Y축 GMR 소자(124)는 칩(110a)의 X축 방향 대략 중앙부에서 제3 Y축 GMR 소자(123)보다도 약간의 거리만큼 Y축 플러스 방향으로 떨어져 있는 위치에 형성되어 있다. 제1~제4 Y축 GMR 소자(121~124)의 각 길이 방향은, X축 방향으로 되어 있다.

S 타입의 자기 센서(150)는 S 타입의 자기 센서(50)의 GMR 소자 및 초기화용 코일의 배치가 다른 점을 제외하고, 자기 센서(50)와 동일한 구조를 구비하고 있다. 즉, 자기 센서(150)는 단일 칩(50a)과 동일한 단일 칩(150a)과, 절연층(10b)과 동일한 절연층과, 상기 절연층의 최상층 위에 형성된 합계 8개의 GMR 소자(151~154, 161~164)와, 합계 8개의 초기화용 코일을 포함하여 구성되어 있다. GMR 소자(151~154, 161~164)와 8개의 초기화용 코일과의 상대 위치 관계는 GMR 소자(51~54, 61~64)와 초기화용 코일(71~74, 81~84)과의 상대 위치 관계와 동일하다. 또한, GMR 소자(151~154)는 GMR 소자(51~54)와 마찬가지로, 풀 브릿지 접속되어 X축 자기 센서를 구성한다. GMR 소자(161~164)는 GMR 소자(61~64)와 마찬가지로, 풀 브릿지 접속되어 Y축 자기 센서를 구성한다.

제1~제4 X축 GMR 소자(151~154)의 기관(150a)에 대한 위치 관계는 제1~제4 X축 GMR 소자(111~114)의 기관(110a)에 대한 위치 관계와 마찬가지로이다. 제1~제4 X축 GMR 소자(151~154)의 각 길이 방향은 Y축 방향으로 되어 있다. 또한, 제1~제4 Y축 GMR 소자(161~164)의 기관(150a)에 대한 위치 관계는 제1~제4 Y축 GMR 소자(121~124)의 기관(110a)에 대한 위치 관계와 마찬가지로이다. 제1~제4 Y축 GMR 소자(161~164)의 각 길이 방향은 X축 방향으로 되어 있다.

다음에, 상기한 바와 같이 구성된 자기 센서(110, 150)의 제조 방법에 대하여 설명한다. 이 제조 방법에서는 상술한 마그네트 어레이 MA와, 마그네트 어레이 MA와는 별도의 마그네트 어레이 MB를 사용한다.

우선, 상술한 방법에 의해 마그네트 어레이 MA를 준비함과 함께, 이하에 설명하는 방법으로 마그네트 어레이 MB를 준비한다. 이 마그네트 어레이 MB의 제조 방법의 설명에 앞서, 마그네트 어레이 MB를 구성하는 각 부품에 대하여 설명한다. 마그네트 어레이 MB는 요크(요크판)(200)와, 어레이용 기관(210)과, 복수의 영구자석(영구막대자석)(230)으로 구성되어 있다.

요크(200)는 도 23 내지 도 25에 도시되어 있다. 도 23은 요크(200)의 부분 평면도, 도 24는 도 23의 부분 확대도, 도 25는 도 24의 2-2선을 따른 평면에서 요크(200)를 절단한 단면도이다. 이 요크(200)는 공기보다 높은 투자율(permeability)을 갖는 자성 재료(예를 들면, 42엘로이(Fe-42Ni 합금) 등)로 이루어지는 얇은 판자체이다. 요크(200)는 바람직하게는 고풍화 고투자율 재료(예를 들면, 퍼멀로이나 규소 동판(silicon steel(sheet))로 이루어져 있으면 된다. 요크(200)의 평면 형상은 장방형이다. 요크(200)의 판두께는, 이 예에서는 0.15mm이다. 요크(200)는 복수의 관통 구멍(201)을 구비하고 있다. 관통 구멍(201)은 평면에서 보아 대략 정방형을 갖고 있다. 복수의 관통 구멍(201)은 정방격자 형상으로 배열되어 있다. 즉, 각 관통 구멍(201)의 무게 중심은 도 24에 도시한 정방격자점 SP에 일치하고 있다. 평면에서 보아, 관통 구멍(201)의 임의의 한 변은 인접하는 관통 구멍(201)의 하나의 변과 평행하게 되어 있다. 즉, 관통 구멍(201)의 임의의 1변은 그 관통 구멍(201)과 동일 열 상에 형성된 다른 관통 구멍(201)의 1변과 동일 직선 상에 존재한다.

각 관통 구멍(201)은 하나의 관통 구멍(201)의 평면 형상을 도시한 도 26에 도시한 바와 같이, 평면에서 보아 정방형부(201a)와 마진부(원호형상부, R부)(201b)를 구비한 형상을 갖고 있다. 정방형부(201b)의 형상은 정방형이다. 마진부(201b)는 정방형부(201b)의 각 각부로부터 상기 정방형의 외측으로 팽출하고 있다. 보다 구체적으로 설명하면, 마진부(201b)의 외형은 정방형부(201a)의 대각선 CR 상에 중심 RP를 구비하는 원호 형상으로 되어 있다.

서로 최단 거리를 두고 인접하는 관통 구멍(201)끼리의 사이에는 에어 갭이 되는 관통 구멍(202)이 형성되어 있다. 관통 구멍(202)의 형상은 평면에서 보아 대략 장방형이다. 관통 구멍(202)의 긴 변은 관통 구멍(201)에 인접하는 관통 구멍(201)의 정방형부(201b)의 1변과 평행하다. 관통 구멍(202)의 긴 변의 길이는 정방형부(201a)의 1변의 길이와 대략 동일한 길이 또는 정방형부(201a)의 1변의 길이보다 약간 짧은 길이이다. 관통 구멍(202)의 짧은 변의 길이는 GMR 소자(111~114, 121~124, 151~154, 161~164)가 되는 막 M의 길이 방향의 길이보다도 크다.

요크(200)는, 또한 개구(자속 제어 구멍)(203)를 구비하고 있다. 개구(203)는 평면에서 보아, 상기 정방격자의 각 격자점 SP끼리 연결하여 형성되는 정방형의 무게 중심 SQ를 포위하는 위치에 형성되어 있다. 개구(203)는 평면에서 보아, 무게 중심 SQ를 중심으로 하는 원형 형상을 갖고 있다.

도 27 및 도 28에 도시된 어레이용 기관(210)은 도 29에 도시한 자성 재료(예를 들면, 퍼멀로이)로 이루어지는 얇은 판자체(210a)를 가공한 기관이다. 어레이용 기관(210)은 평면에서 보아 요크(200)와 대략 동일한 형상을 구비하고 있다. 어레이용 기관(210)은 복수의 홈(210b)을 구비하고 있다. 복수의 홈(210b)은 평면에서 보아, 요크(200)의 관통 구멍(201)과 동일 개소(동일 위치)에 형성되어 있다. 홈(210b)의 형상은 관통 구멍(201)의 정방형부(201a)와 대략 동일한 형상이다.

영구막대자석(230)(도 31을 참조)은 직방체 형상을 갖고 있다. 영구막대자석(230)은 그 직방체의 상대적으로 긴 중심축에 직교하는 평면에서 절단한 단면의 형상이 관통 구멍(201)(및 홈(210b))과 대략 동일한 정방형으로 되어 있다. 영구막대자석(230)의 자극은 상기 정방형을 갖는 양방의 단부면 근방에 형성되어 있다. 복수의 영구막대자석(230)의 각 자하의 크기는 전부 대략 같다.

다음에, 마그네트 어레이 MB의 제조 방법에 대하여 설명한다. 우선, 요크(200)가 되는 판체를 준비하고, 이 판체에 대하여 에칭을 실시함으로써 관통 구멍(201), 관통 구멍(202) 및 개구(203)를 형성한다. 다음에, 어레이용 기관(210)이 되는 얇은 판자체(210a)를 준비하고, 이 얇은 판자체(210a)에 대하여 에칭(하프 에칭)을 실시함으로써 홈(210b)을 형성한다.

다음에, 사시도인 도 30 및 단면도인 도 31에 도시한 바와 같이, 어레이용 기관(210) 위에, 각 기동형의 스페이서(220)를 배치한다. 스페이서(220)는 어레이용 기관(210)의 복수의 홈(210b)으로 이루어지는 임의의 일렬과, 그 옆에 평행하고 또한 인접하는 옆을 구성하는 복수의 홈(210b)과의 사이에 배치된다. 스페이서(220)가 이와 같이 배치되었을 때, 스페이서(220)의 Z축 방향 길이는 영구막대자석(230)의 자극이 형성되는 양 단면 간의 길이보다도 짧다. 또, 도 30에서는 마진부(201b)는 생략되어 있다.

계속해서, 스페이서(220) 위에 요크(200)를 배치한다. 이 때, 요크(200)의 관통 구멍(201)(의 정방향부(201a))과 어레이용 기관(210)의 홈(210b)이 평면에서 보아 일치하도록 요크(200)를 배치한다. 즉, 요크(200)가 스페이서(220) 위에 배치된 상태에서 홈(210b)과 관통 구멍(201)이 Z축 방향 내에서 정렬되어 있다. 또, 이러한 배치를 용이하게 행할 수 있도록 하기 위해서, 요크(200) 및 어레이용 기관(210)에 위치 결정을 위한 마크(얼라인먼트 마크)를 형성해두어도 된다.

다음에, 복수의 영구막대자석(230)을 요크(200)의 복수의 관통 구멍(201)에 각각 삽입한다. 이 영구막대자석(230) 삽입 시에서, 영구막대자석(230)의 하나의 자극이 형성되는 하나의 단부면을 어레이용 기관(210)의 홈(210b)의 상면에 접촉시킨다. 그 결과, 복수의 영구막대자석(230)의 다른 자극이 형성되는 다른 단부면(이하, 편의 상 「상면」이라고 칭함)이 대략 동일 평면 내(동일 평면 상)에 존재하도록 배치된다. 또한, 이 때, 영구막대자석(230)의 상면을 포함하는 상기 평면에서 최단 거리에서 인접하는 자극의 극성이 다르게 영구막대자석(230)을 배치한다. 그 결과, 영구막대자석(230)은 도 32에 도시한 바와 같이 배치된다. 이 상태에서 영구막대자석(230)의 X축 방향 및 Y축 방향으로의 이동은, 영구막대자석(230)이 홈(210b)과 요크(200)의 관통 구멍(201)에 삽입되어 있음으로써, 저지된다.

다음에, 요크(200)의 개구(203)를 이용하면서 요크(200)를 상측(Z축 플러스 방향)으로 들어올린다. 보다 구체적으로 설명하면, 핀 세트를 이용하여 2개의 개구(203)를 좁게하면서 요크(200)를 들어올린다. 이와 같은 동작을 다른 개구(203)를 이용하여 반복하고, 요크(200) 전체를 서서히 들어올린다. 이 때, 도 33에 도시한 바와 같이, 영구막대자석(230)의 상면(복수의 영구막대자석(230)의 자극이 형성된 다른 단부면 전체)이 형성하는 평면이, 요크(200)의 상면 200up와 하면 200dn 사이의 위치가 되도록, 요크(200)의 높이(어레이용 기관(210)으로부터의 거리)를 조정한다. 즉, 요크(200)의 판의 두께 내에 영구막대자석(230)의 상면이 위치하도록, 요크(200)를 들어 올린다. 또, 요크(200)의 상면 200up과 영구막대자석(230)의 상면이 형성하는 평면이 일치하여도 된다. 그 후, 스페이서(220)를 추출함과 함께, 요크(200)를 어레이용 기관(210)에 대하여 고정한다. 이상에 의해, 마그네트 어레이 MB가 완성된다.

도 34는 마그네트 어레이 MB의 영구막대자석(230...230)을 4개만 추출한 상태를 도시하는 사시도이다. 이 도 34로부터 자명한 바와 같이, 영구막대자석(230...230)의 상면(상기 자극이 형성된 단부면)에서는, 하나의 N극으로부터 동일 N극에 최단 거리에서 인접하는 S극을 향하는 90°씩 방향이 다른 자계가 형성되어 있다. 본 실시 형태에서는, 이 마그네트 어레이 MB에 의해 초래되는 자계를 GMR 소자(111~114, 121~124, 151~154, 161~164)의 각 바이어스 자석막의 착자를 위한 자계로서 사용한다.

이 마그네트 어레이 MB는 최단 거리를 두고 인접하는 자극의 극성이 다른 영구막대자석(230)(의 상면)끼리의 사이에 에어 갭이 되는 관통 구멍(202)이 형성되어 있다. 이에 의해, 도 35에 도시한 바와 같이, 자속은 관통 구멍(202) 내 및 관통 구멍(202)의 근방 부분의 공간에 집중한다. 즉, 마그네트 어레이 MB는 국소적인 좁은 공간 영역(관통 구멍(202)의 근방 영역)에 크기가 크고 또한 방향이 일정한 자장을 일으킬 수 있다.

도 36 및 도 37은 마그네트 어레이 MB 및 마그네트 어레이 MA에서의 평면에서 보아 자속의 형태를 화살표로서 각각 나타낸 도면이다. 이 양 도면을 비교함으로써 알 수 있듯이, 마그네트 어레이 MB는 상술한 관통 구멍(202)뿐만 아니라, 개구(203)를 구비하고 있기 때문에, 최단 거리를 간격을 두어 인접하는 다른 극성의 영구막대자석(230) 사이에 생기는 자계가 직선으로 되어, 마그네트 어레이 MA보다도 안정된 강한 일정한 자계를 국소적으로 발생시킬 수 있다.

이상에 의해 마그네트 어레이 MA 및 MB가 준비되었기 때문에, 이하 자기 센서(110, 150)의 구체적 제조 방법에 대하여 설명한다.

우선, 후에 GMR 소자(111~114, 121~124, 151~154, 161~164)가 되는 막 M을 형성한 기관(석영 유리, 후에 설명하는 도 39에 도시된 기관(110a1)인 웨이퍼)을 준비한다. 이 기관은 도 10에 도시한 기관(10a1)과 마찬가지로 하여 형성된다. 또한, 기관에 형성된 막 M은 이 기관이 후의 절단 공정에 의해 절단되었을 때, 도 21 및 도 22에 도시한 개개의 자기 센서(110, 150)가 형성되도록 배치된다.

다음에, GMR 소자가 되는 막 M이 형성된 전술한 기관과 마그네트 어레이 MA(플레이트(93))를 도 38의 평면도에 도시한 바와 같이 배치하고, 이들 상대 위치 관계를 고정한다. 이 때, GMR 소자가 되는 막 M이 형성된 기관의 면이 플레이트(93)의 상면과 접하도록 배치한다(도 14를 참조). 또한, 자기 센서(110, 150)의 각 변이 되는 기관의 절단선 CL의 각 교점 CP가 서로 인접하는 4개의 영구막대자석(92...92)의 무게 중심 각각과 일치하도록, 상기 기관과 마그네트 어레이 MA를 상대적으로 배치한다. 따라서, 도 38에 화살표로 나타낸 바와 같이, 마그네트 어레이 MA의 상면에 기관이 장착된 상태에서 GMR 소자가 되는 각 막 M에 상기 각 막 M의 폭협대상부의 길이 방향과 직교하는 방향의 자계가 인가된다.

이 제2 실시 형태에 있어서는, 이러한 자계를 이용하여 고착층 P(고착층 P의 핀드층)의 자화의 방향을 고정하는 열 처리를 행한다. 즉, 도 38에 도시한 상태에서, 플레이트(93)와 기관을 클램프에 의해 서로 고정하고(도 14를 참조함), 진공 중에서 이들을 250℃~280℃로 가열하고, 그 상태에서 4시간 정도 방치한다.

계속해서, 도 39에 도시한 바와 같이, GMR 소자가 되는 막 M이 형성된 기관(110a1)을, GMR 소자가 되는 막 M이 형성된 면이 마그네트 어레이 MB의 요크(200)의 상면 200up와 접하도록 배치한다. 이 때, 부분 확대 평면도인 도 40에 도시한 바와 같이, 자기 센서(110, 150)의 각 변이 되는 기관(110a1)의 절단선 CL의 각 교점 CP가 영구막대자석(230...230)의 각각의 무게 중심과 일치하도록, 기관(110a1)과 마그네트 어레이 MB를 상대적으로 배치한다. 이 때, GMR 소자가 되는 각 막 M은 평면에서 보아 요크(200)의 개구(202) 내측에 배치된다. 그 결과, 요크(200)의 상면 200up에 기관(110a1)이 장착된 상태에서, 도 40에 화살표로 나타낸 바와 같이, GMR 소자가 되는 각 막 M에 대하여 동일 각 막 M의 폭협대상부의 길이 방향의 자계가 인가된다.

이 제2 실시 형태에 있어서는, 이러한 자계를 이용하여 바이어스 자석막의 착자를 행함과 함께, 프리층의 각 자구의 자화의 방향을 초기 상태에서의 방향에 일치시킨다. 즉, 프리층의 각 자구의 자화를 초기화한다.

그 후, 기관(110a1)을 추출하고, 각 막 M을 접속하는 배선 등을 형성하고, 마지막으로 도 38 및 도 40에 도시한 절단선 CL을 따라 기관(110a1)을 절단한다. 이상에 의해, 도 21에 도시한 모노리식(단일 칩)의 자기 센서(110) 및 도 22에 도시한 모노리식(단일 칩)의 자기 센서(150)가 일시에 다수개 제조된다.

이와 같이, 제2 실시 형태에 있어서는, 마그네트 어레이 MB를 사용하여 강한 자계를 국소적으로 발생시키고, 이 자계에 의해 GMR 소자의 바이어스 자석막의 착자를 행한다. 마그네트 어레이 MB는 에어 갭으로서 기능하는 관통 구멍(202)이 형성된 요크(200)를 구비하고 있다. 따라서, 마그네트 어레이 MB를 사용함으로써 관통 구멍(202)의 근방의 공간에 강한 일정한 자계를 생성할 수 있으므로, 보자력이 큰 자성 재료를 바이어스 자석막에 사용한 경우에도, 이 바이어스 자석막을 확실하게 착자시킬 수 있다. 그 결과, 외란(예를 들면, 큰 외부 자계)이 인가된 후에도, 프리층의 자화가 초기의 방향으로 안정적으로 복귀하는 고신뢰성의 자기 센서(110, 150)를 제공할 수 있다.

또한, 마그네트 어레이 MB의 요크(200)에는 각 자극으로부터의 자력선이 교차하여 자계가 불안정하게 되는 부분에 개구(203)가 형성되어 있다. 그 결과, 자력선의 방향성이 안정되기 때문에, 상기 관통 구멍(202)의 근방에서의 자계를 보다 안정시키는 것이 가능하게 된다. 또한, 개구(203)는 마그네트 어레이 MB의 어레이용 기관(210)과 요크(200)와의 거리(요크(200)의 높이)를 조정할 때에 이용된다. 그 결과, 요크(200)의 위치가 높이 방향에서 용이하고 또한 이상적으로 조정될 수 있기 때문에, 착자하려고 하는 GMR 소자의 바이어스 자석막이 위치하는 부분에 최적의 자계를 발생시키는 것이 가능하게 된다.

덧붙여, 마그네트 어레이 MB의 요크(200)의 관통 구멍(201)은 정방형이 아니라, 정방형의 각 각부로부터 정방형의 외측으로 팽출한 마진부(201b)를 구비한 형상을 갖고 있다. 따라서, 에칭에 의해 관통 구멍(201)을 형성했을 때, 각부의 에칭이 불충분한 경우에도, 영구막대자석(230)을 관통 구멍(201) 내에 확실하게 삽입할 수 있다. 또, 이러한 마진부를 홈(210b)의 각부에 형성해도 된다.

본 발명은 상기 실시 형태에 한정되지 않고, 본 발명의 범위 내에서 여러가지의 변형예를 채용할 수 있다. 예를 들면, 도 20에 제1 X축 GMR 소자(301)를 대표예로서 도시한 바와 같이, 폭협대상부(301a)는 그 양단부 아래쪽으로 배치된 바이어스 자석막(301b...301b) 상부에서 분리되어 있어도 된다. 또한, 초기화용 코일(302)은 중심점 P1 및 중심점 P2를 각각 갖는 스파이럴 코일(302-1, 302-2)이 접속되어 이루어지는 더블 스파이럴형(double spiral type)의 코일이어도 된다. 이 경우, 제1 XGMR 소자(301)는 중심점 P1 및 P2 사이에 배치되고, 그 결과 제1 XGMR 소자(301)의 하측을 통과하는 초기화용 코일(302)의 각 도선부에는 서로 병행하여 동일 방향(각 폭협대상부(301a)의 길이 방향과 직교하는 방향)으로 전류가 흐

르고, 상기 초기화용 자계를 발생한다. 또한, 초기화용 코일은 다층 코일이어도 되고, 토로이달(toroidal) 코일이어도 된다. 또한, 초기화용 코일이 발생하는 초기화용 자계와는 직교하는 방향으로 각 GMR 소자의 기능을 검사하기 위한 검사용 자계를 발생하는 검사용 코일이, 초기화용 코일의 상측 또는 하측(Z축 방향)의 상기 절연층 내에 병설되어도 된다.

### 발명의 효과

본 발명에 따르면, 자구의 자화의 방향을 안정적으로 유지할 수 있는 자기 저항 효과 소자를 구비한 자기 센서를 제공할 수 있다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

핀드층(pinned layer)과 프리층을 포함하는 자기 저항 효과 소자를 포함하여 이루어지는 자기 센서에 있어서,

상기 프리층의 양단에 배치됨과 함께 상기 프리층에 소정의 방향의 바이어스 자계를 발생시키는 영구자석으로 이루어지는 바이어스 자석막과,

상기 프리층에 근접하여 형성되고 소정 조건 하에서의 통전에 의해 상기 바이어스 자계와 동일한 방향의 자계를 상기 프리층에 인가하는 초기화용 코일

을 포함하는 자기 센서.

#### 청구항 2.

핀드층과 프리층과 상기 프리층에 대하여 바이어스 자계를 부여하는 영구자석으로 이루어지는 바이어스 자석막을 기판 위에 갖고 상기 핀드층의 자화의 방향과 상기 프리층의 자화의 방향이 이루는 상대 각도에 따라 저항값이 변화하는 자기 저항 효과 소자를 포함하는 자기 센서의 제조 방법으로서,

복수의 영구자석을 정방격자의 격자점에 배치함과 함께 각 영구자석의 자극의 극성이 최단 거리를 두고 인접하는 다른 자극의 극성과 다르도록 구성한 마그네트 어레이를 준비하는 공정과,

상기 핀드층이 되는 막과 상기 프리층이 되는 막과 상기 바이어스 자석막이 되는 막을 포함하는 섬 형상의 소자막을 복수 개만큼 상기 기판 위에 점재(点在)시켜 이루어지는 웨이퍼를 제조하는 공정과,

상기 웨이퍼와 상기 마그네트 어레이가 소정의 상대적 위치 관계를 갖도록 상기 웨이퍼를 상기 마그네트 어레이에 근접 배치하고, 상기 마그네트 어레이의 자극 중 하나의 자극과 상기 자극과 최단 거리를 두고 인접하는 상기 마그네트 어레이의 자극 중 다른 자극과의 사이에 형성되는 자계를 이용하여 상기 복수의 소자막의 상기 바이어스 자석막이 되는 막의 착자(着磁)를 행하는 공정

을 포함하는 자기 센서의 제조 방법.

#### 청구항 3.

제2항에 있어서,

상기 웨이퍼를 제조하는 공정은, 상기 복수의 소자막의 각 프리층이 되는 막을 장축과 단축을 포함한 형상이 되도록 형성함과 함께, 적어도 상기 복수의 소자층의 프리층이 되는 막의 하나의 장축과 다른 프리층이 되는 막의 장축이 직교하도록 상기 복수의 소자막의 각 프리층이 되는 막을 형성하고, 또한 상기 바이어스 자석막이 되는 막을 상기 각 프리층이 되는 막의 장축 방향의 양단부에 형성하는 공정을 포함하고,

상기 바이어스 자석막이 되는 막의 착자를 행하는 공정에서의 상기 소정의 상대적 위치 관계는, 상기 마그네트 어레이에 의해 형성되는 자계에 의해 상기 바이어스 자석막이 되는 막의 자화의 방향을 상기 바이어스 자석막이 양단에 형성된 상기 프리층이 되는 막의 장축 방향에 일치시키는 상기 웨이퍼와 상기 마그네트 어레이와의 상대적 위치 관계인 자기 센서의 제조 방법.

#### 청구항 4.

제3항에 있어서,

상기 웨이퍼와 상기 마그네트 어레이가 상기 소정의 상대적 위치 관계와는 다른 상대적 위치 관계를 갖도록 상기 웨이퍼를 상기 마그네트 어레이에 근접 배치하고, 상기 마그네트 어레이에 의해 형성되는 상기 자계를 이용하여 상기 복수의 소자막의 상기 핀드층이 되는 막의 자화의 방향을 고정하는 공정을 더 포함하는 자기 센서의 제조 방법.

#### 청구항 5.

대략 직방체 형상으로서 상기 직방체의 하나의 중심축에 직교하는 단면의 형상이 대략 정방형이고 또한 상기 중심축에 직교하는 상기 대략 정방형의 단부면(edge face;端面)에 자극이 형성된 영구자석을 복수개 포함하는 마그네트 어레이로서,

상기 복수의 영구자석은, 각각의 상기 대략 정방형을 갖는 단부면의 무게 중심이 정방격자의 격자점에 일치하도록 배치됨과 함께, 상기 정방격자의 임의의 일렬 상에 배치된 상기 복수의 영구자석 중 하나의 영구자석의 상기 단부면의 1변이 동일한 열 상에 배치된 다른 영구자석의 상기 단부면의 1변과 대략 동일선 상에 존재하고, 상기 복수의 영구자석의 단부면 전체가 대략 동일 평면 상에 존재하고, 또한 상기 복수의 영구자석 중 최단 거리를 두고 서로 인접하는 2개의 영구자석의 단부면에 형성된 자극의 극성이 다르게 되도록 배치되는 마그네트 어레이.

#### 청구항 6.

대략 직방체 형상으로서 상기 직방체의 하나의 중심축에 직교하는 단면의 형상이 대략 정방형이고 또한 상기 중심축에 직교하는 상기 대략 정방형의 단부면에 자극이 형성된 영구자석을 복수개 포함함과 함께, 자성 재료로 이루어지는 얇은 판자형의 요크를 포함하는 마그네트 어레이로서,

상기 복수의 영구자석은, 각각의 상기 대략 정방형을 갖는 단부면의 무게 중심이 정방격자의 격자점에 일치하도록 배치됨과 함께, 상기 정방격자의 임의의 일렬 상에 배치된 상기 복수의 영구자석 중 하나의 영구자석의 상기 단부면의 1변이 동일한 열 상에 배치된 다른 영구자석의 상기 단부면의 1변과 대략 동일선 상에 존재하고, 상기 복수의 영구자석의 단부면 전체가 대략 동일 평면 상에 존재하고, 또한 상기 복수의 영구자석 중 최단 거리를 두고 서로 인접하는 2개의 영구자석의 단부면에 형성된 자극의 극성이 다르도록 배치되고,

상기 요크는 상기 배치된 복수의 영구자석과 대략 동일한 위치에 상기 영구자석의 상기 대략 정방형을 갖는 단면(斷面)과 대략 동일 형상의 복수의 관통 구멍을 포함하고, 상기 관통 구멍에 상기 영구자석이 삽입되어 상기 영구자석의 단부면이 존재하는 평면이 상기 요크의 상면과 하면 사이에 존재하도록 배치되는 마그네트 어레이.

#### 청구항 7.

제6항에 있어서,

상기 요크는 상기 복수의 관통 구멍 중 최단 거리를 두고 서로 인접하는 관통 구멍끼리의 사이에, 에어 갭이 되는 관통 구멍이 형성되는 마그네트 어레이.

## 청구항 8.

제7항에 있어서,

상기 요크는 평면에서 보아 상기 정방격자의 각 격자점끼리 연결하여 형성되는 정방형의 무게 중심을 포위하는 위치에 개구가 형성되어 이루어지는 마그네트 어레이.

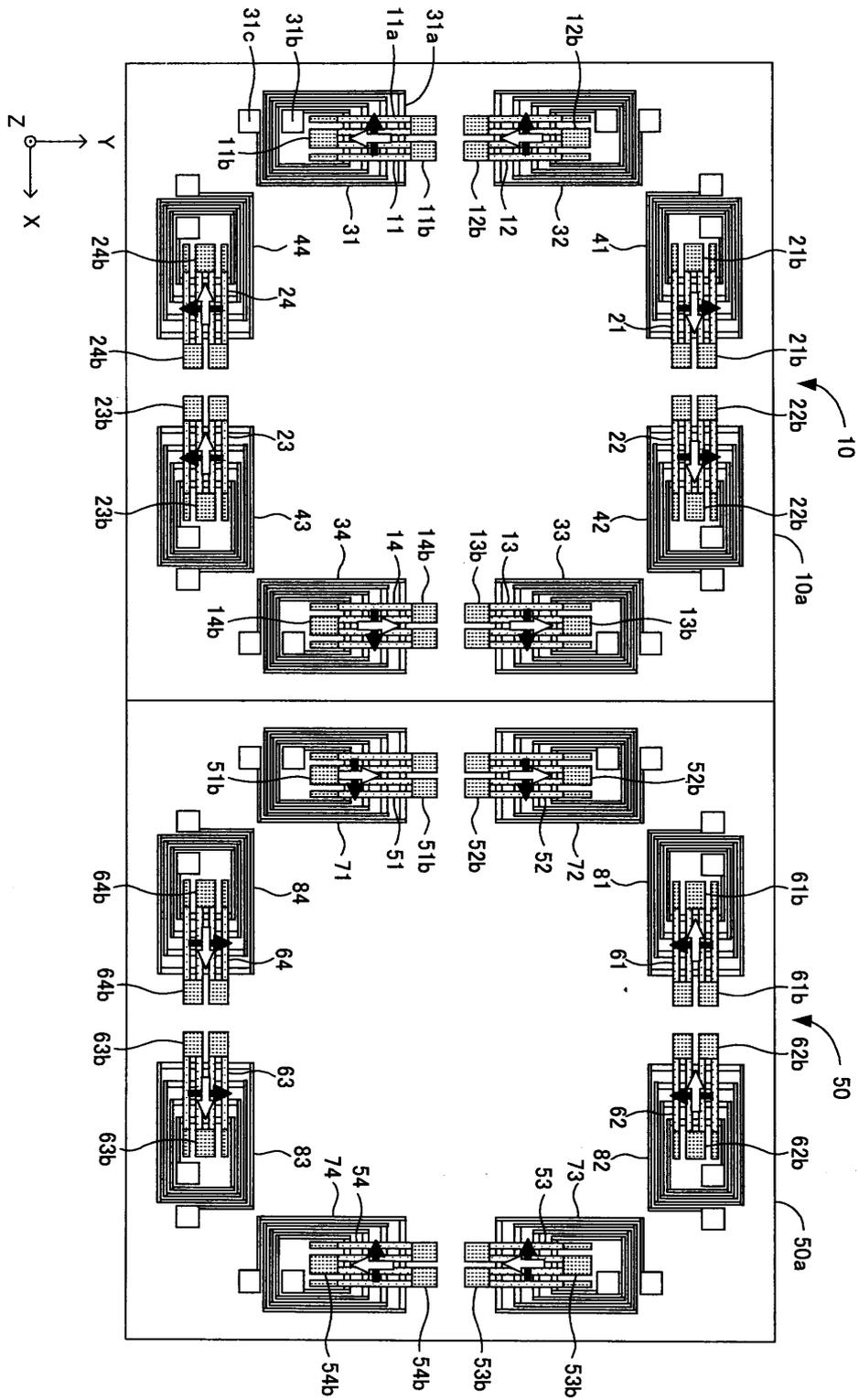
## 청구항 9.

제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

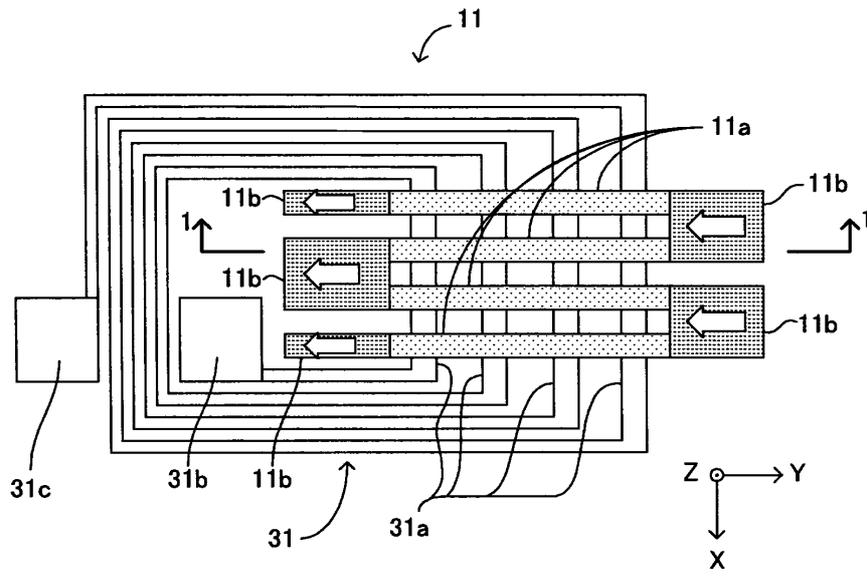
상기 요크의 각 관통 구멍은, 평면에서 보아 상기 영구자석의 대략 정방형을 갖는 단면과 대략 동일한 정방형의 정방형부와, 상기 정방형부의 각 각부(角部)로부터 상기 정방형의 외측으로 팽출한(swelling) 마진부를 포함하여 이루어지는 마그네트 어레이.

도면

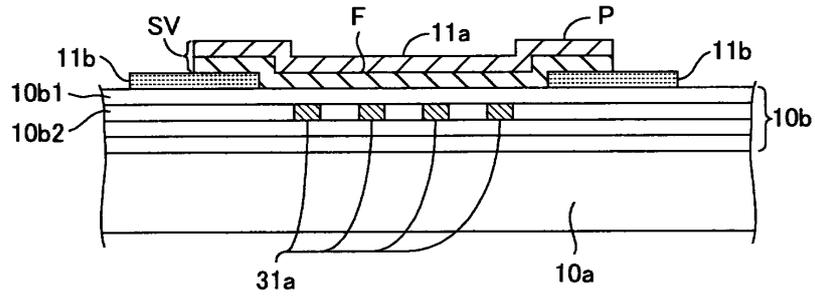
도면1



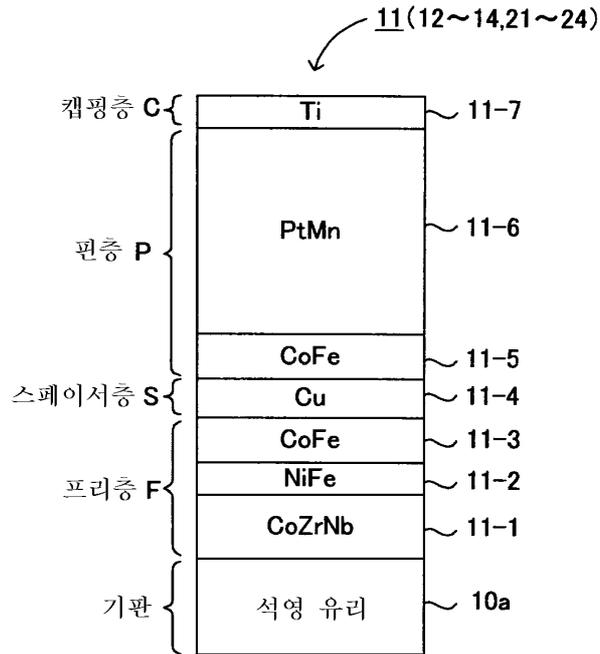
도면2



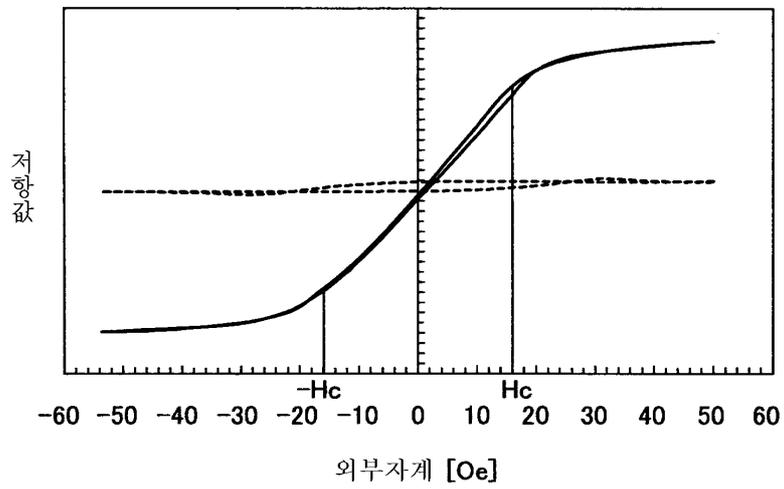
도면3



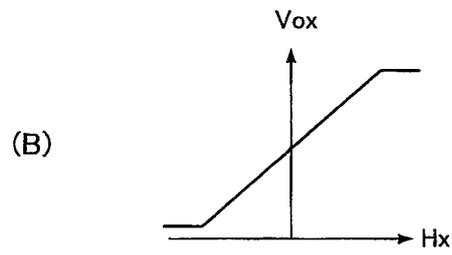
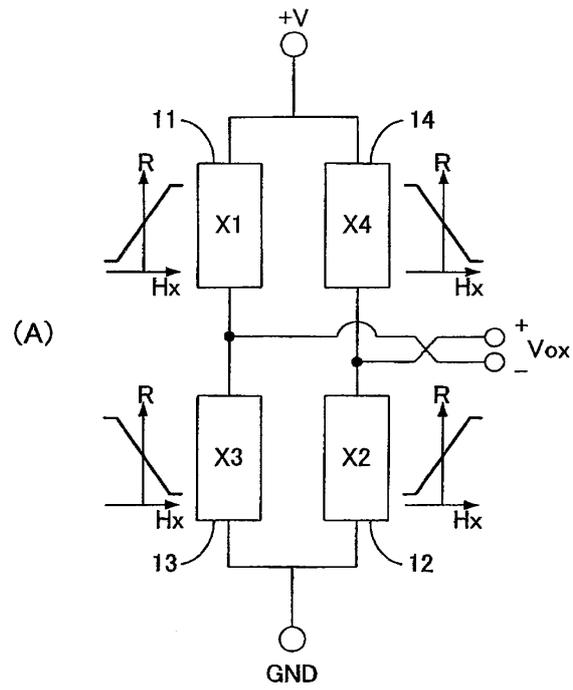
도면4



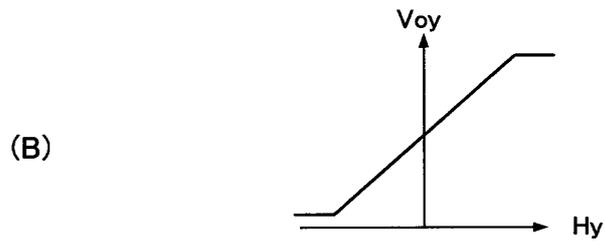
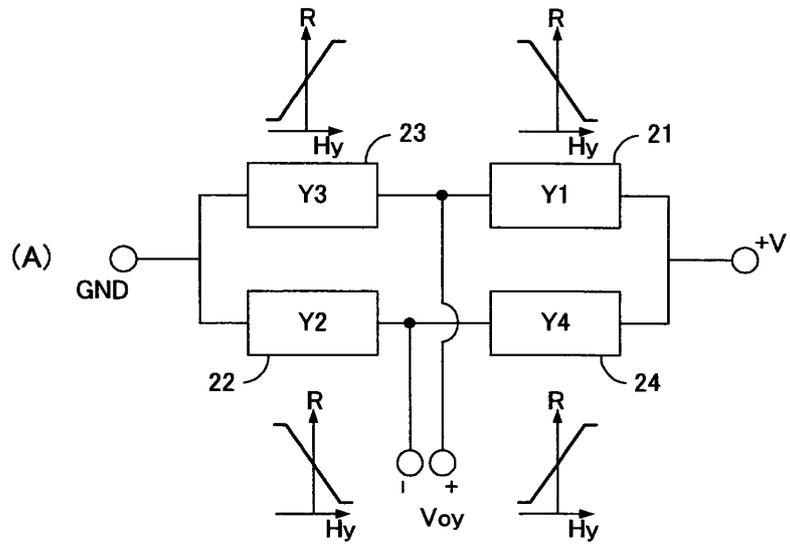
도면5



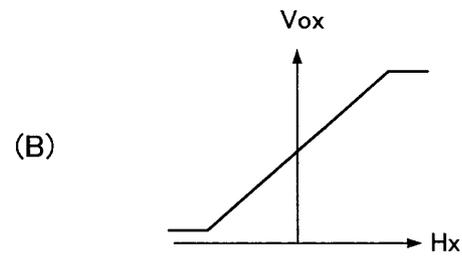
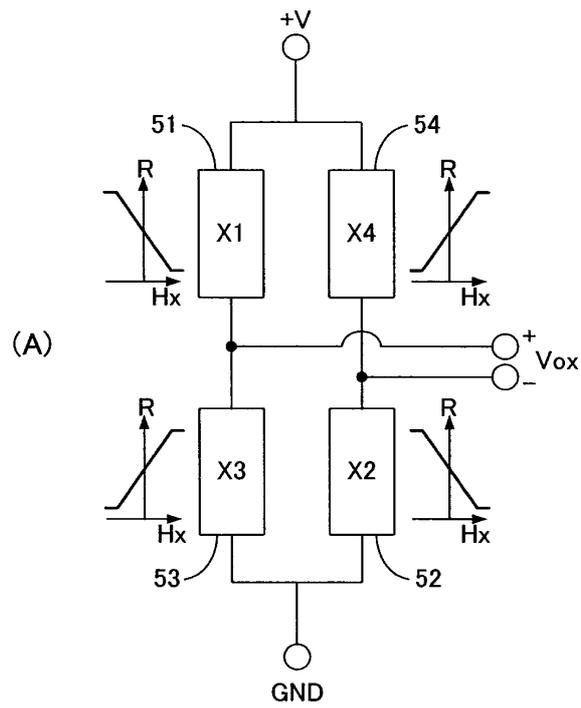
도면6



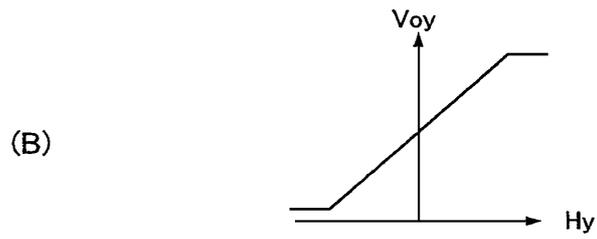
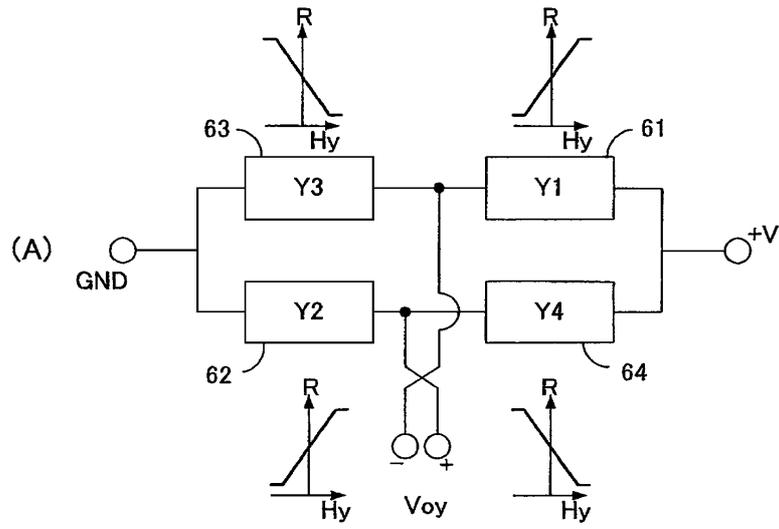
도면7



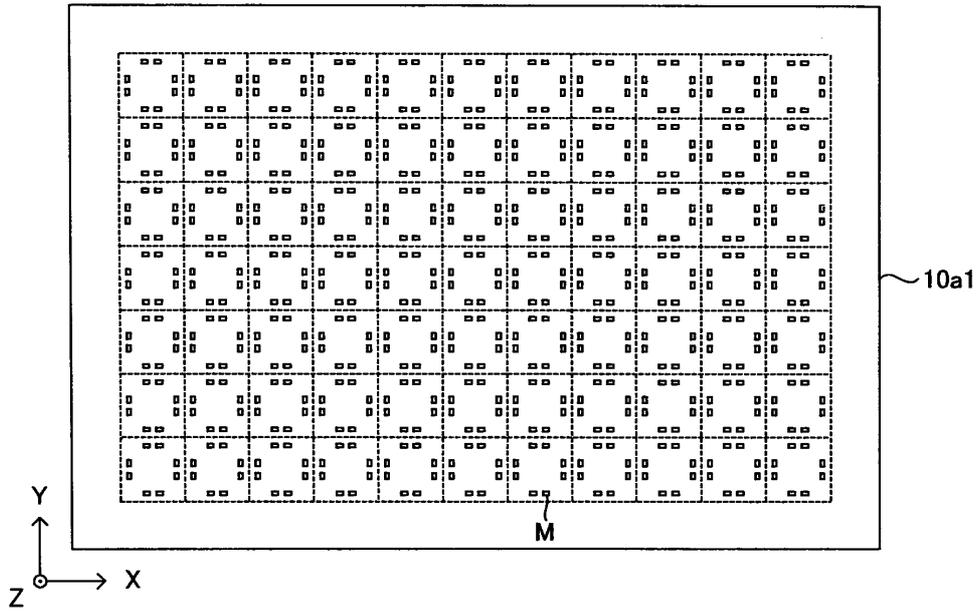
도면8



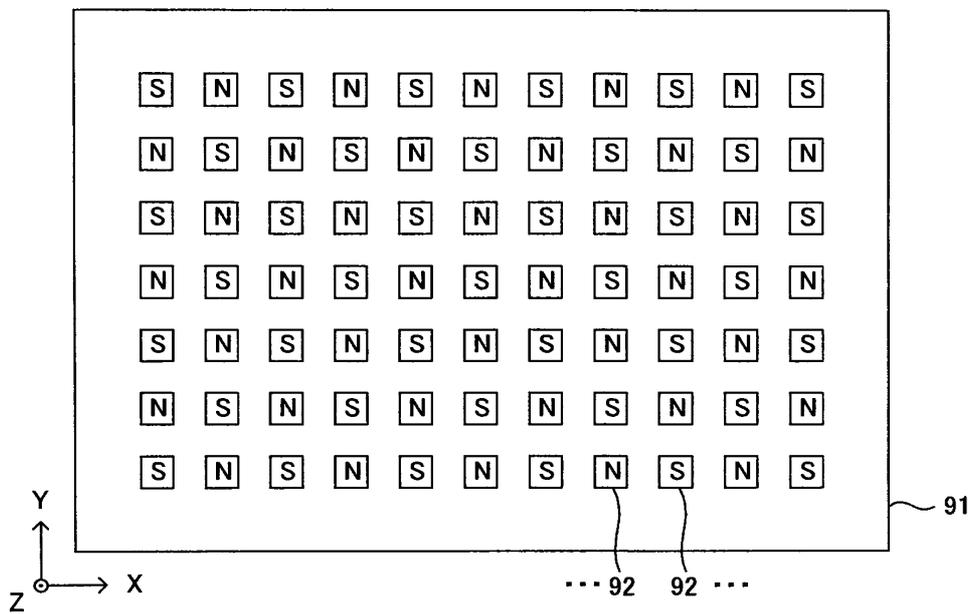
도면9



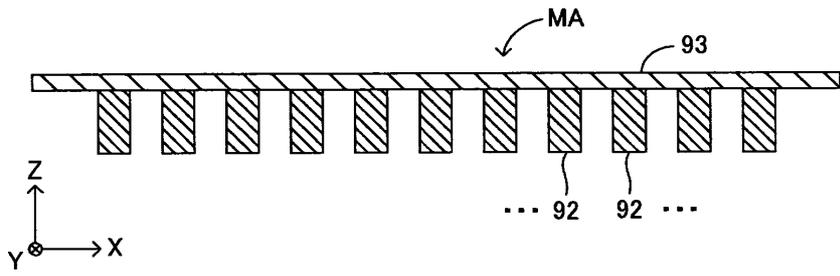
도면10



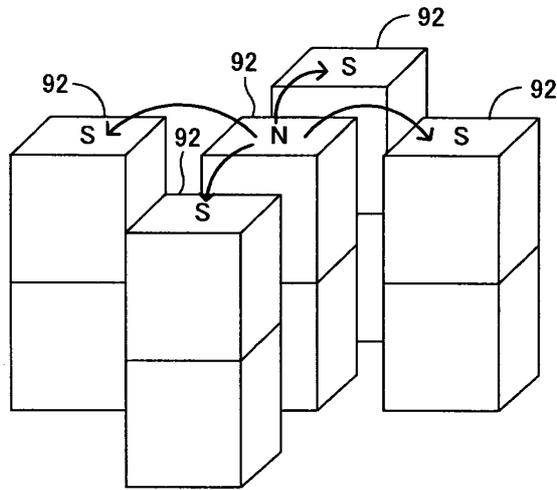
도면11



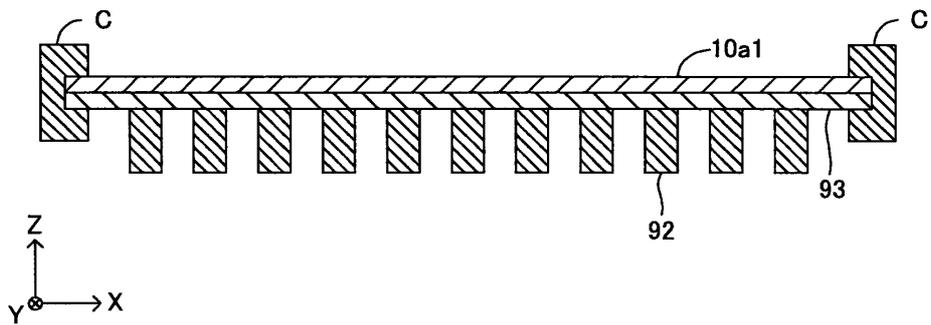
도면12



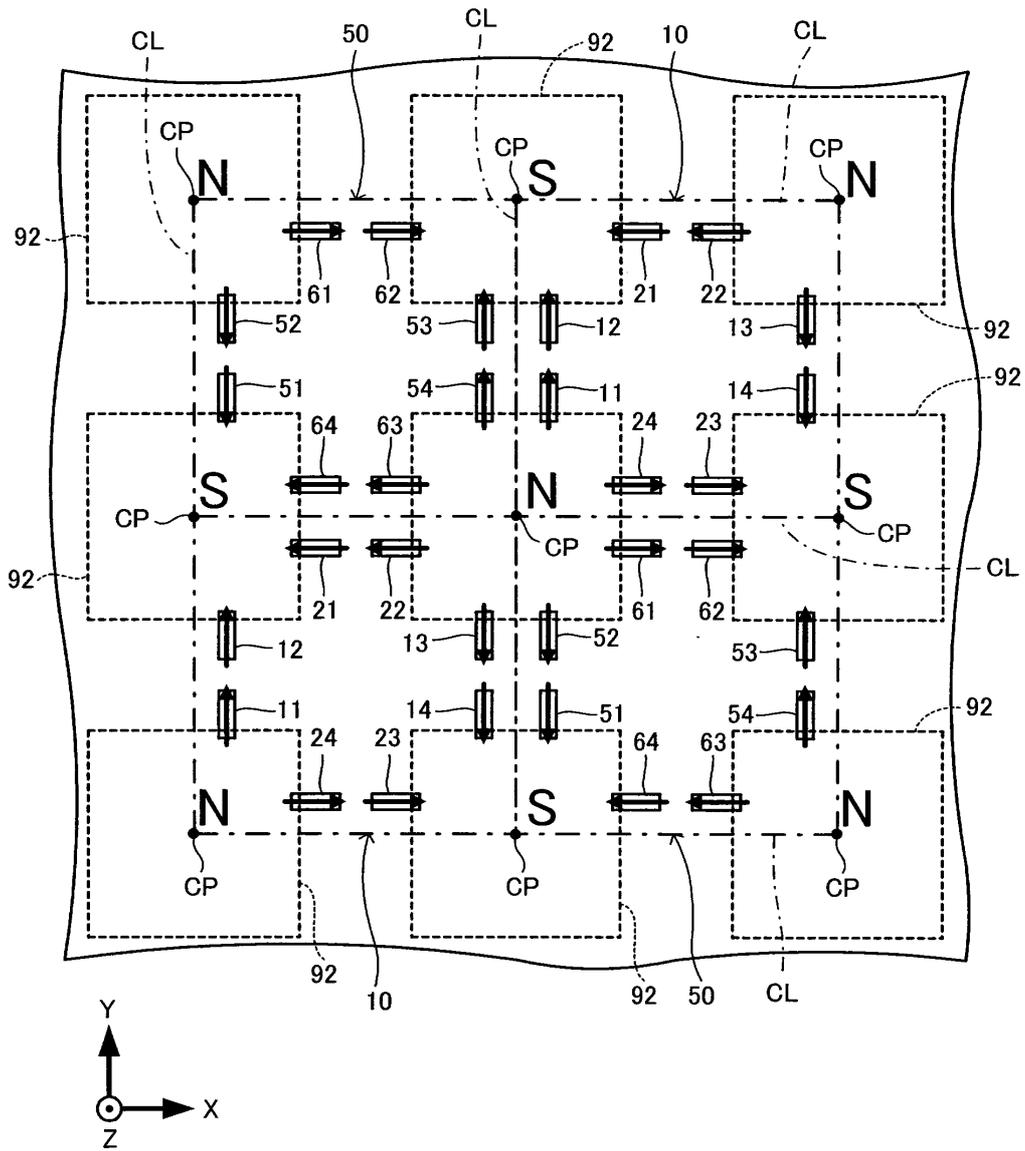
도면13



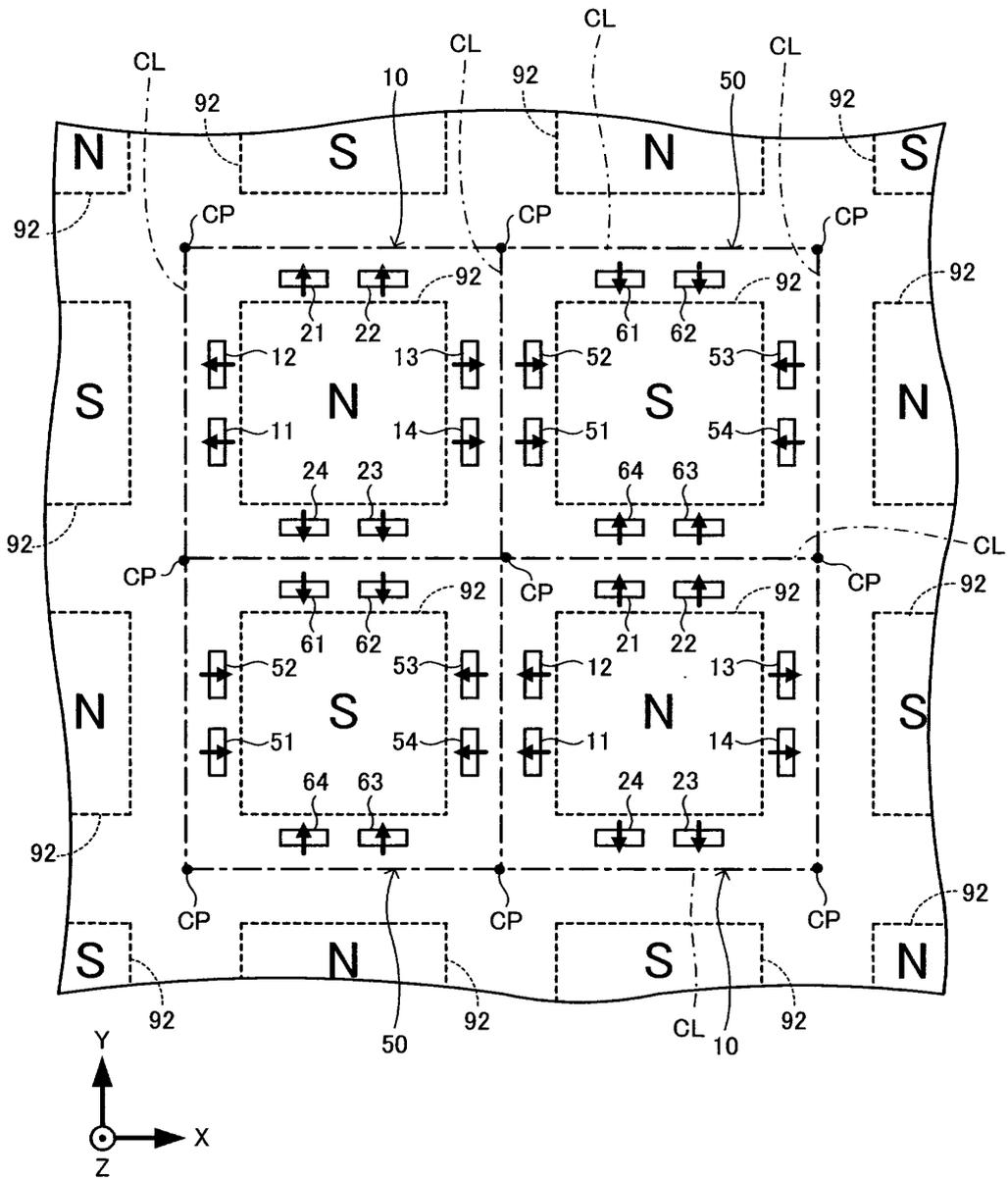
도면14



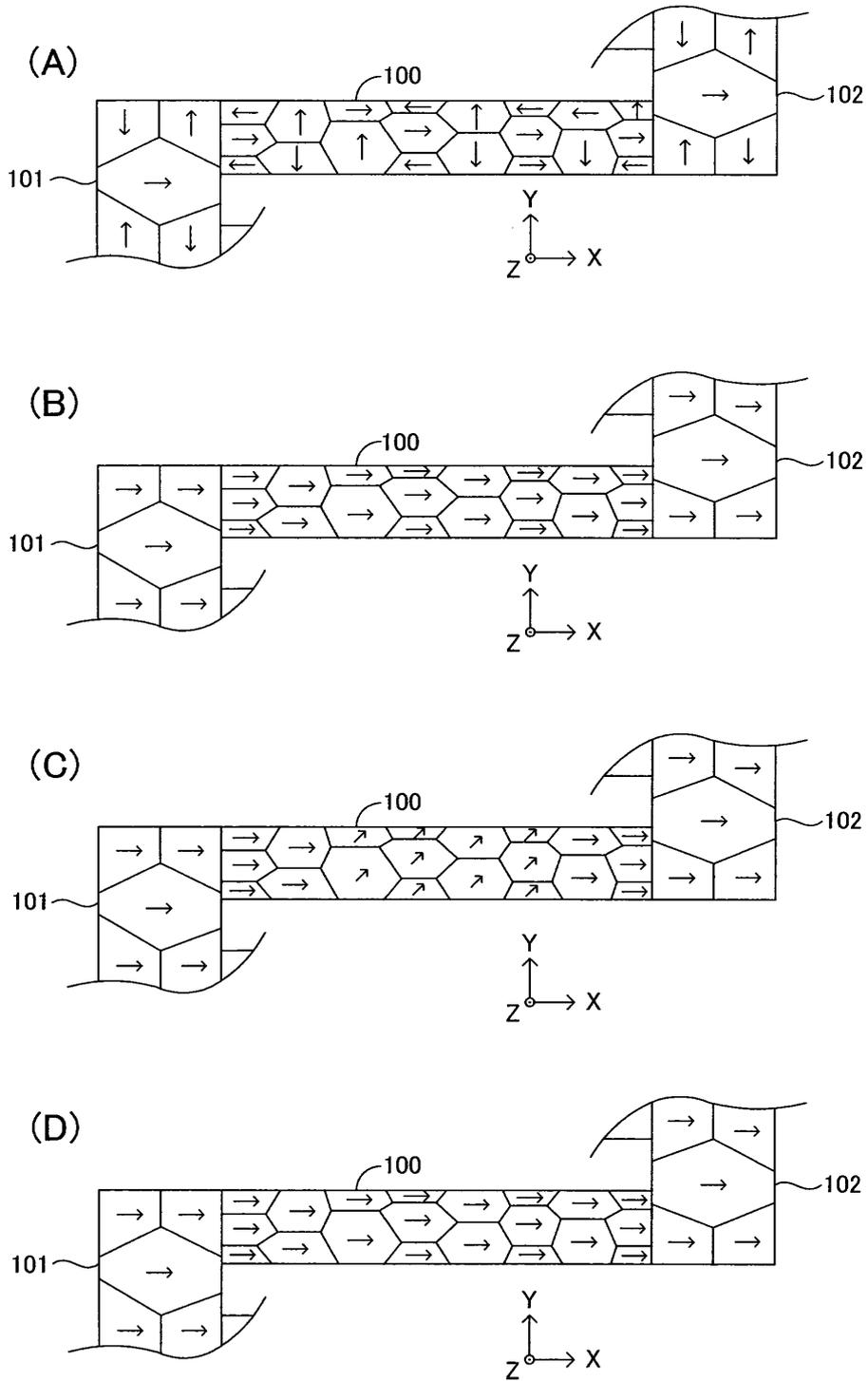
도면15



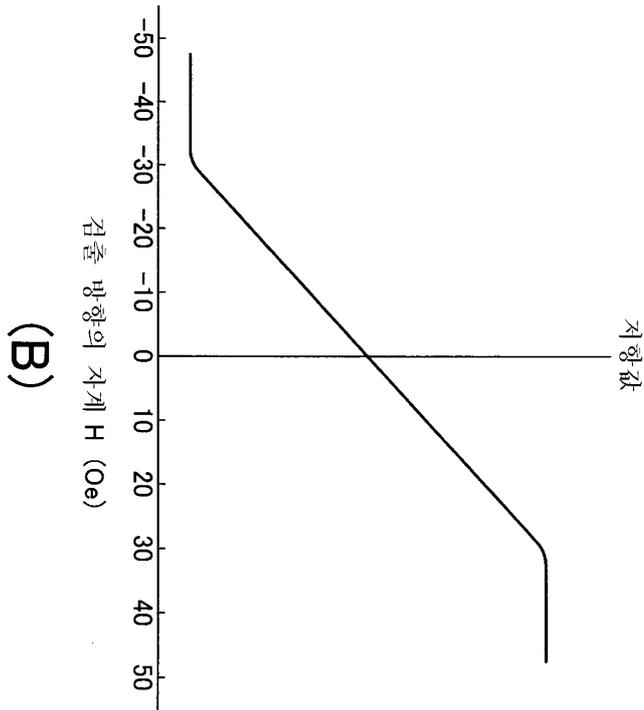
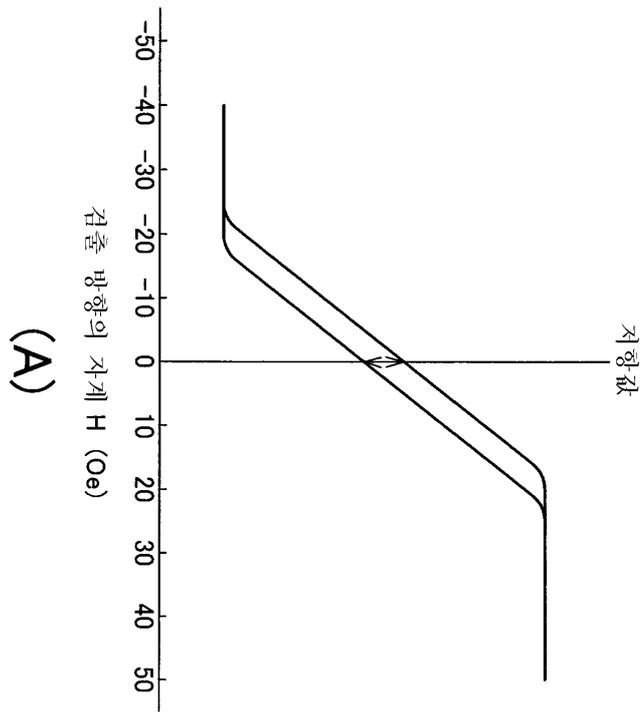
도면16



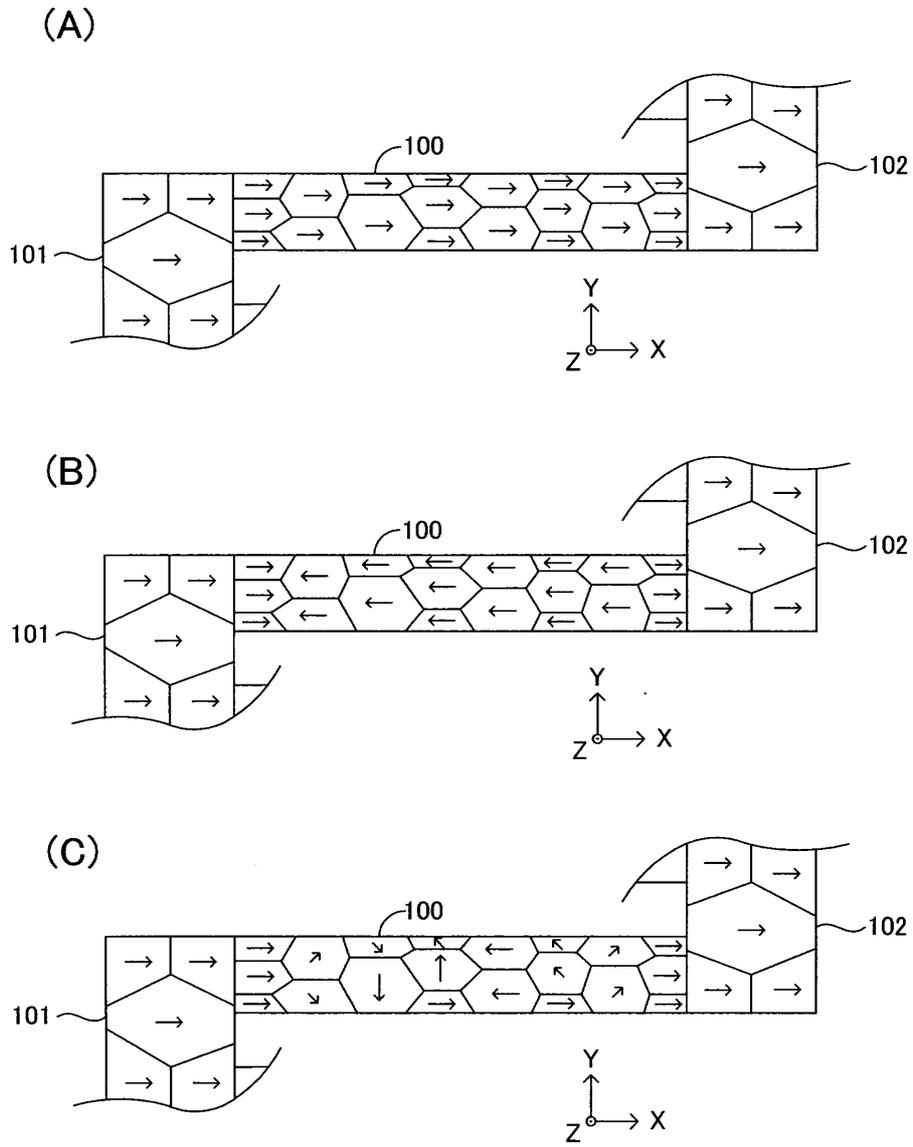
도면17



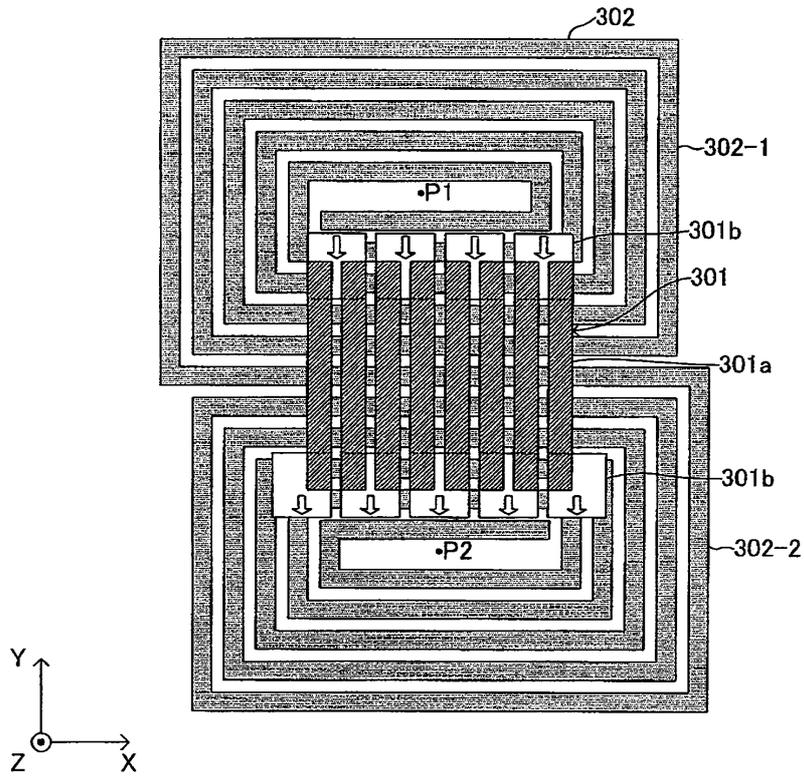
도면18



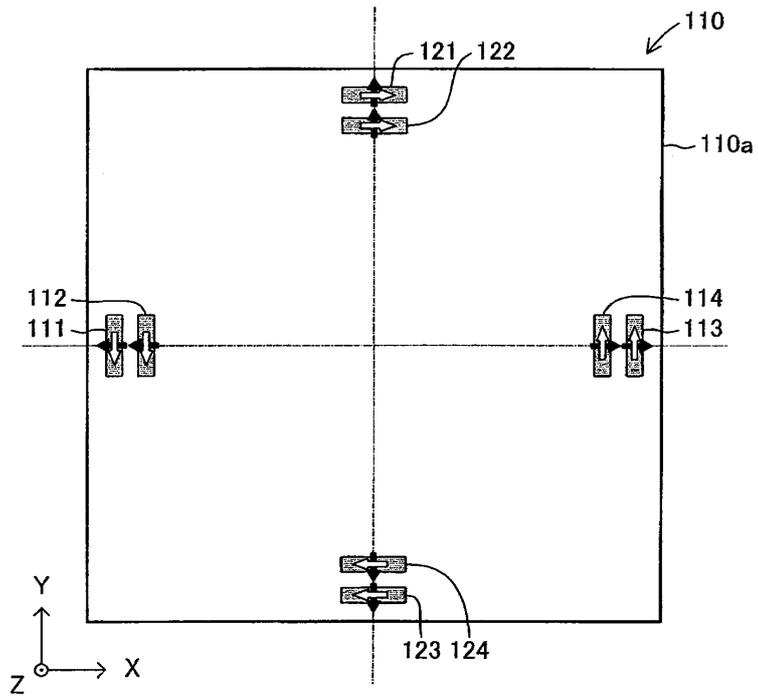
도면19



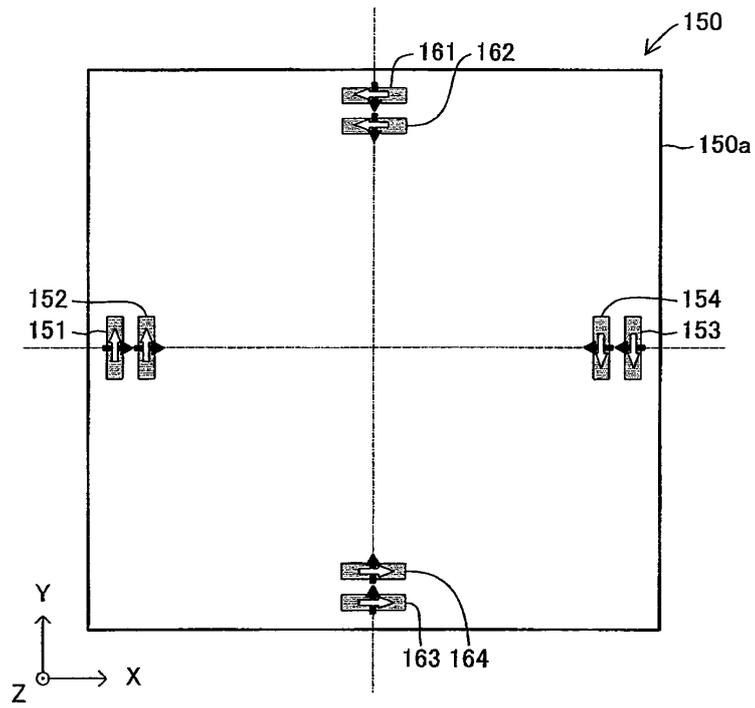
도면20



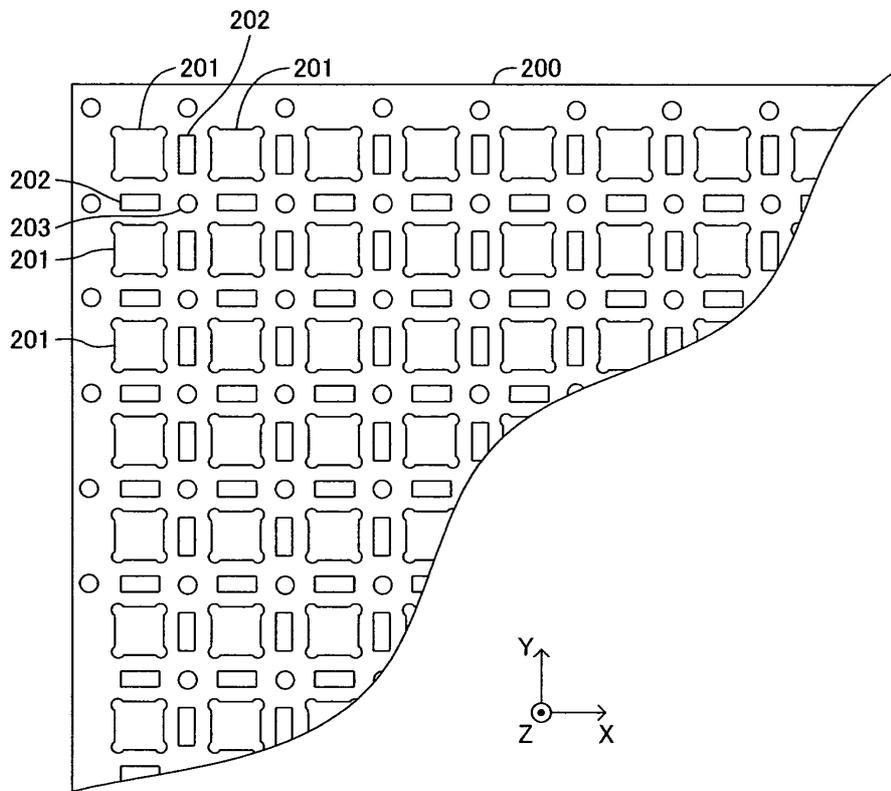
도면21



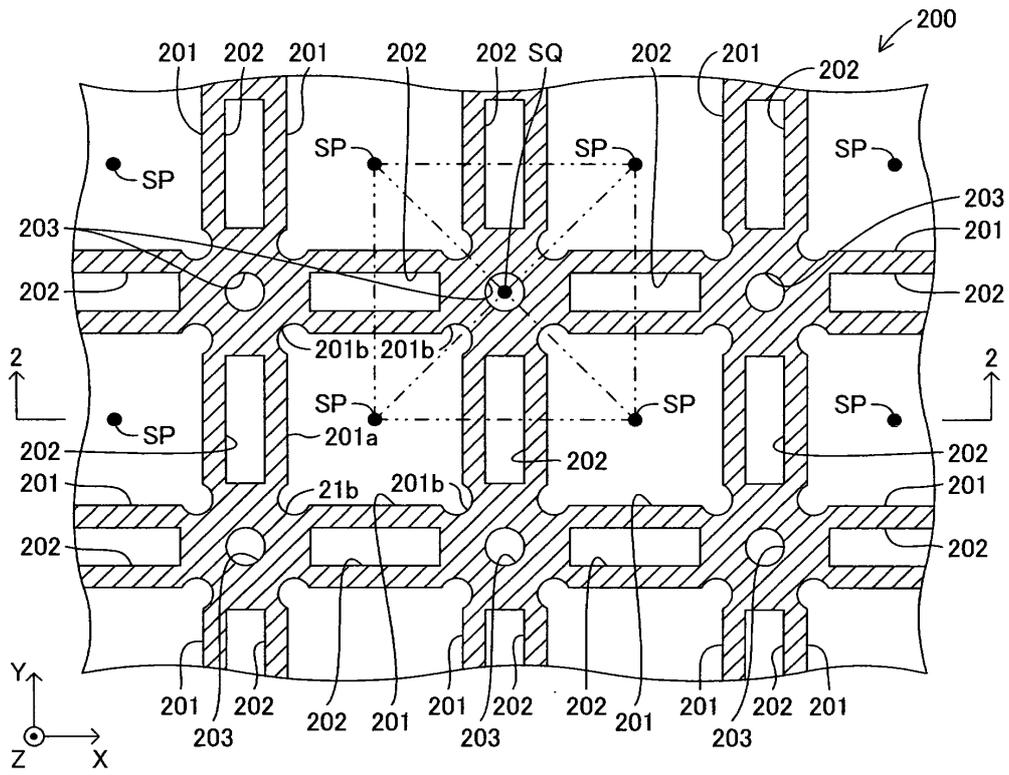
도면22



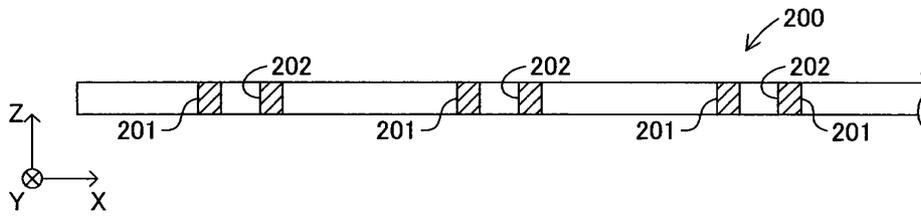
도면23



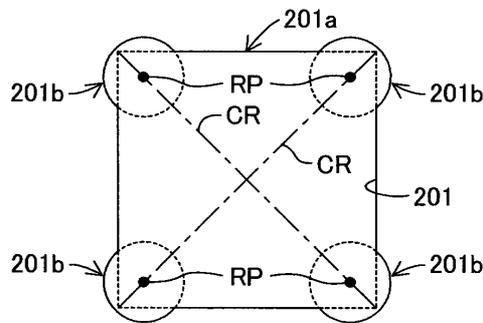
도면24



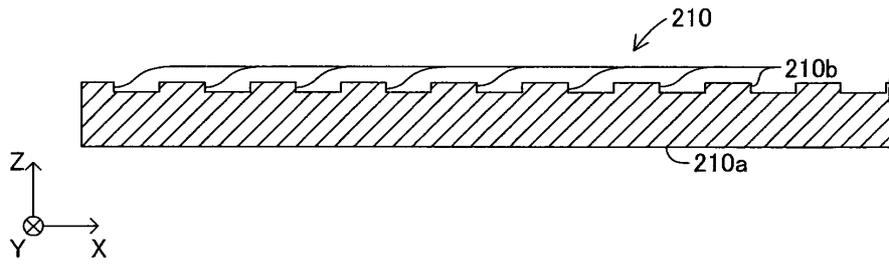
도면25



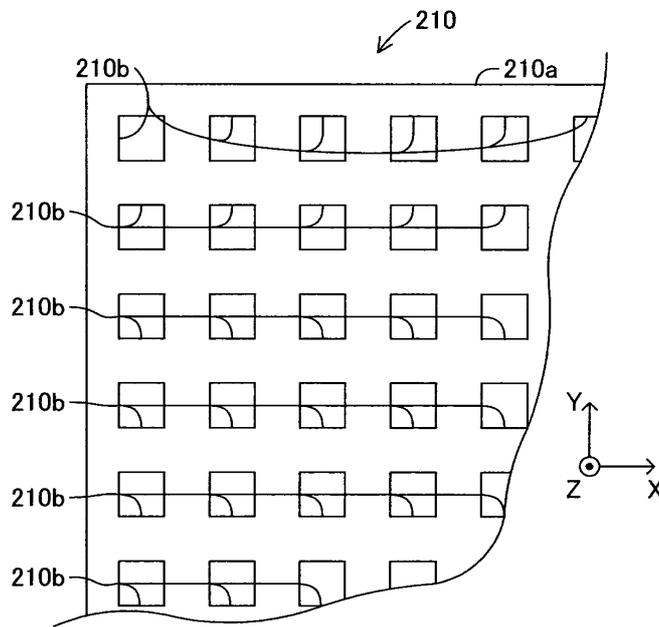
도면26



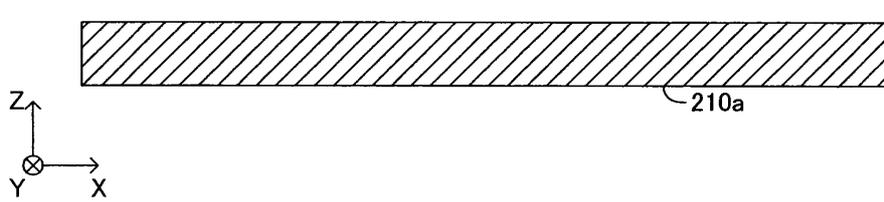
도면27



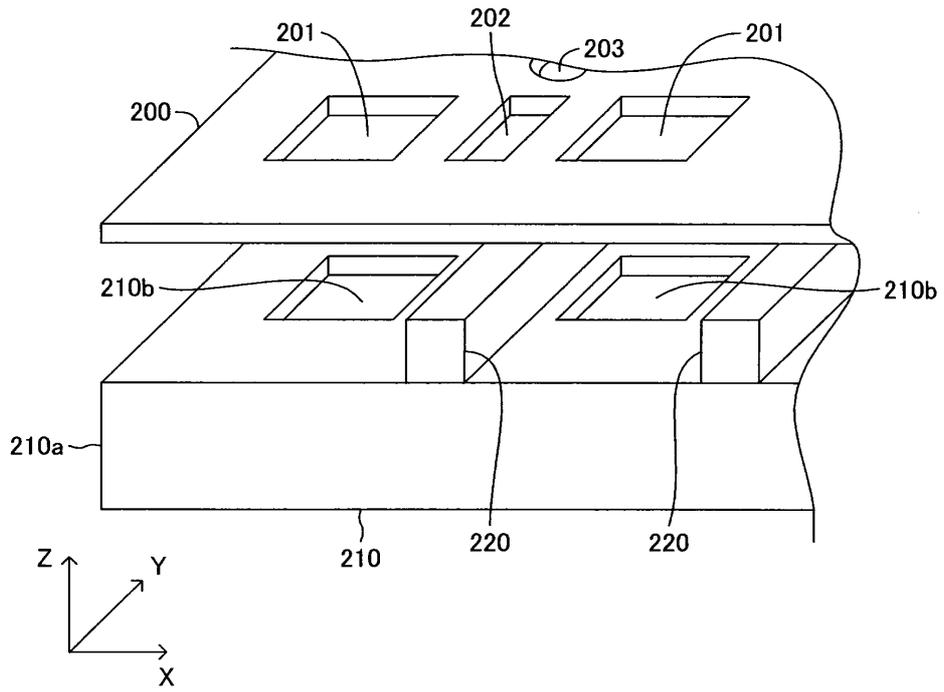
도면28



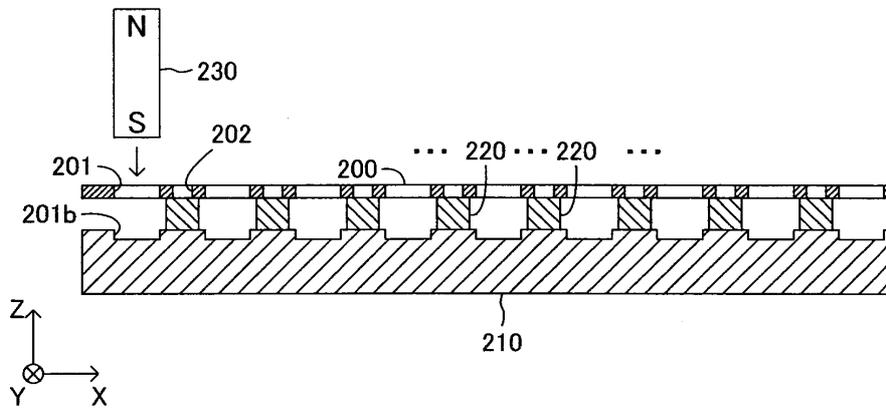
도면29



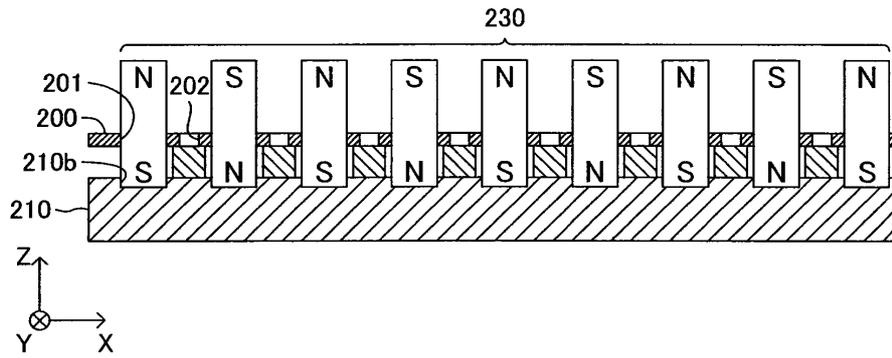
도면30



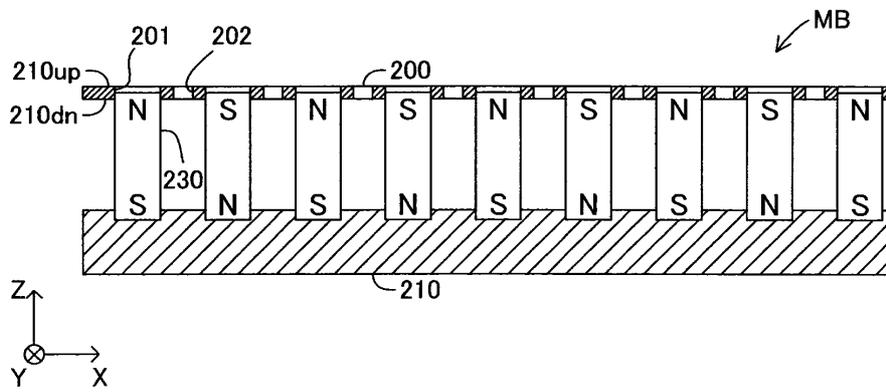
도면31



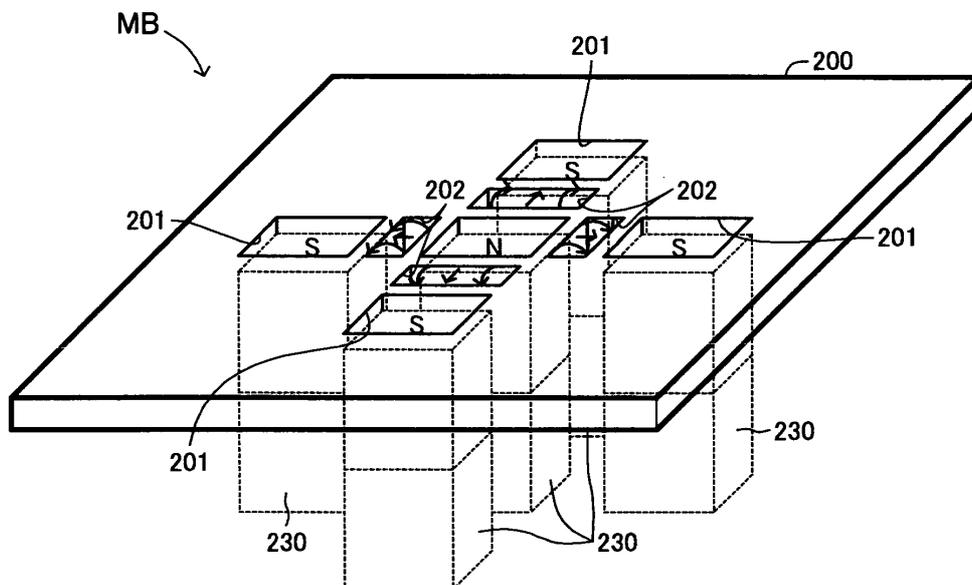
도면32



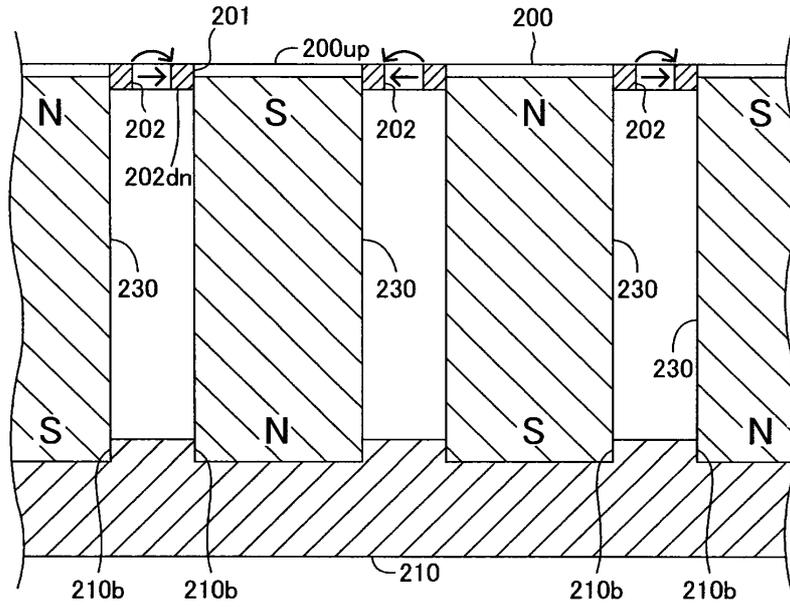
도면33



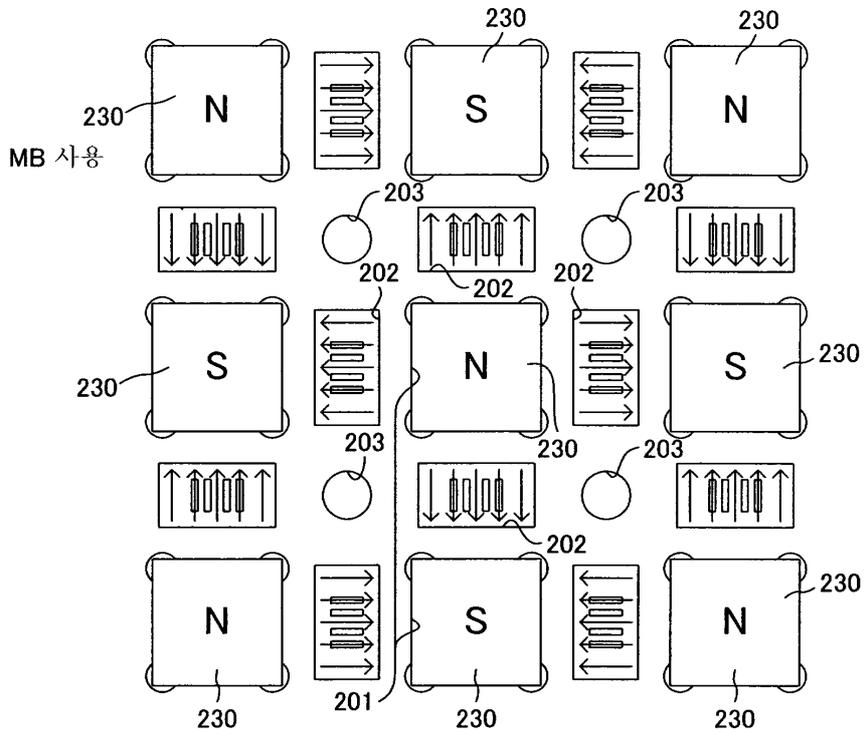
도면34



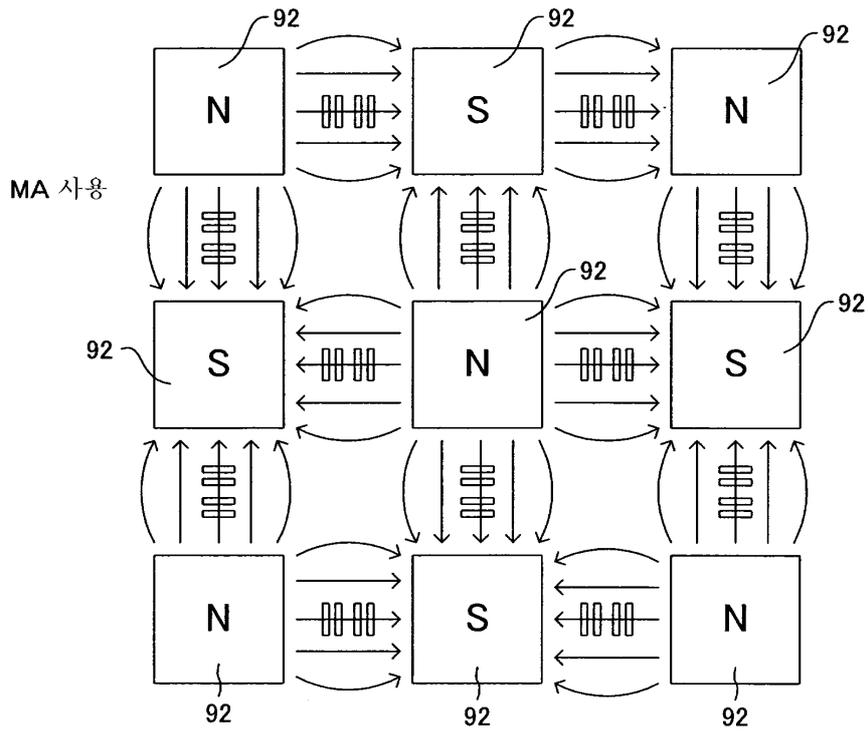
도면35



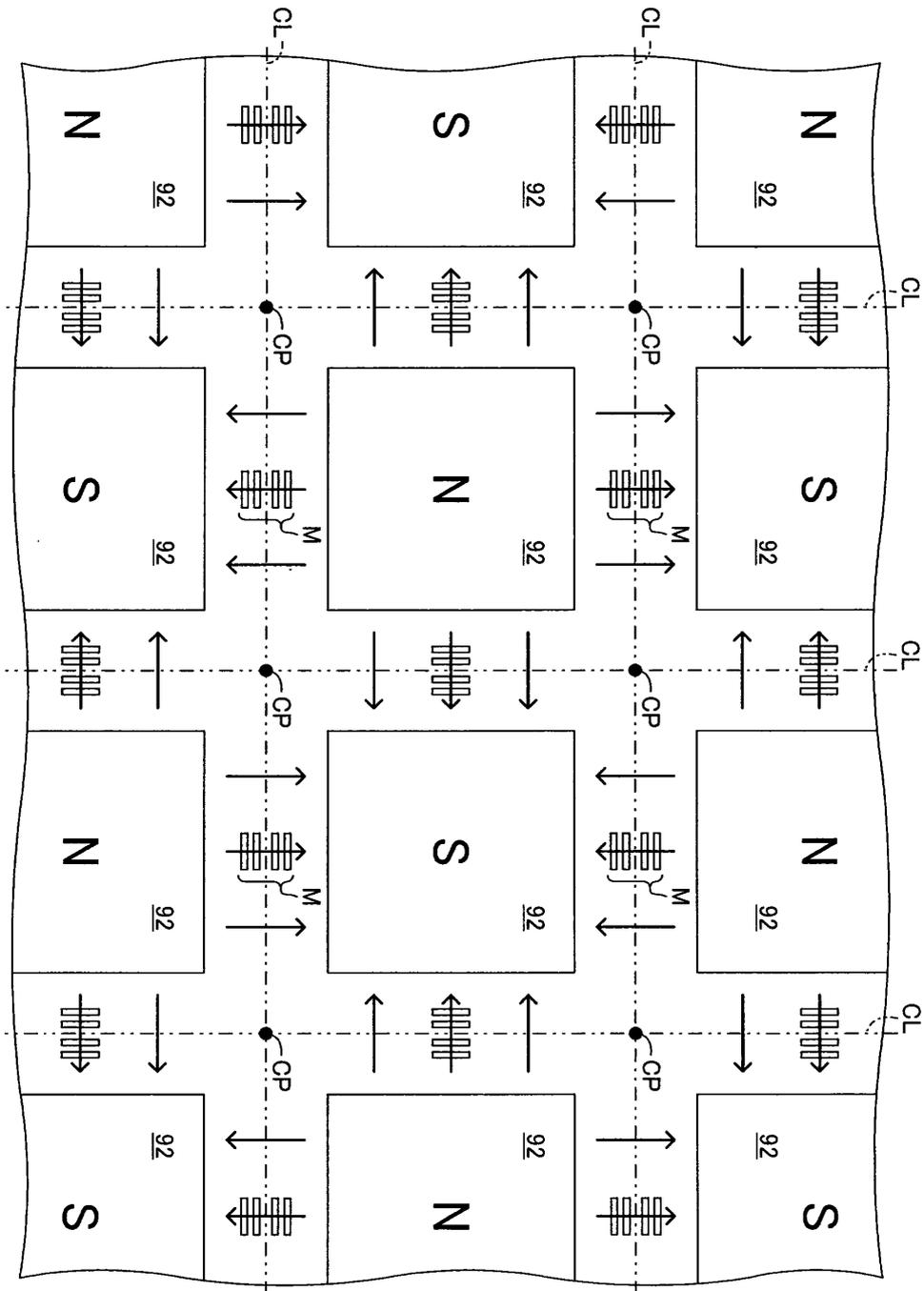
도면36



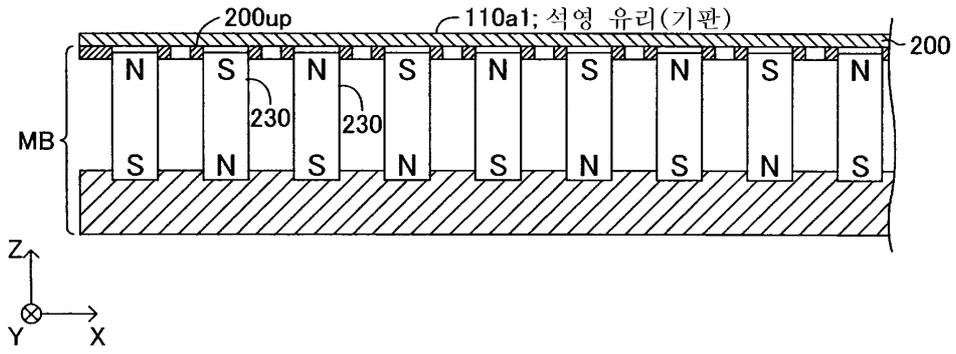
도면37



도면38



도면39



도면40

