



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.

G01D 5/16 (2006.01)

G01D 5/12 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0037381

(43) 공개일자 2007년04월04일

(21) 출원번호 10-2006-0095437

(22) 출원일자 2006년09월29일

심사청구일자 2006년09월29일

(30) 우선권주장 JP-P-2005-00287378 2005년09월30일 일본(JP)
JP-P-2005-00340551 2005년11월25일 일본(JP)

(71) 출원인 히타치 긴조쿠 가부시카가이샤
일본국 도쿄도 미나토구 시바우라 1쵸메 2반 1코

(72) 발명자 아베, 야수노리
일본 321-4335, 모카, 시모-코마기 40-1
니헤이, 유지
일본 321-4304, 모카, 히가시고우 40

(74) 대리인 장훈
이범래

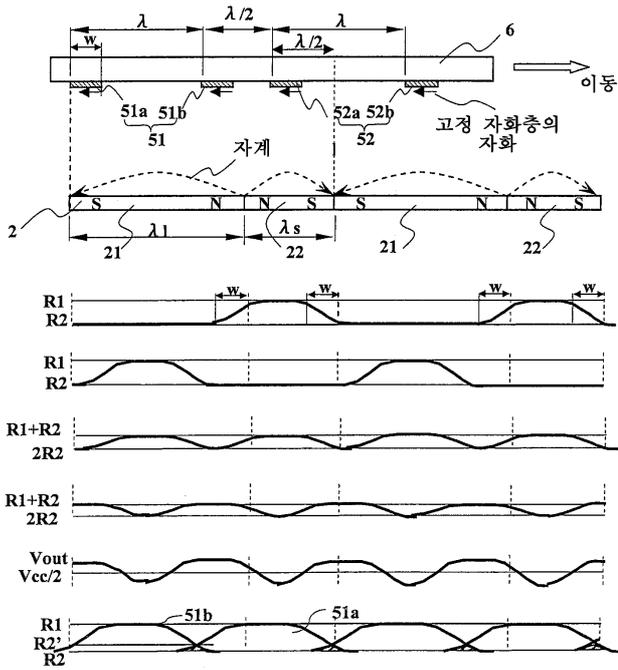
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 자기 인코더

(57) 요약

본 발명은 자기 매체의 자화 영역 주기의 반(半)의 주기를 가진 신호 출력을 얻을 수 있는 SVGMR 소자로 이루어지는 자기 센서를 가지는 자기 인코더이다. 자기 인코더는 그 연장된 방향으로 교대로 역으로 자화되어 있는 제 1 자화 영역과 제 2 자화 영역이 교대로 연속하여 배치된 자기 매체와, 자기 매체에 있는 간극을 갖고 대향하여, 짝수개의 SVGMR 소자를 갖고, 자기 매체에 대하여 그 연장된 방향으로 이동할 수 있는 자기 센서를 갖는다. 모든 SVGMR 소자의 고정 자화층의 자화가 자기 매체가 연장된 방향으로서 같은 방향을 향하고 있다. 자기 센서의 짝수개의 SVGMR 소자는 자기 매체가 연장된 방향으로 제 1 자화 영역 길이와 제 2 자화 영역 길이의 합의 반의 길이씩 떨어져 설치되어 있고, 직렬로 접속되어 있기 때문에, 자기 센서의 저항 변화의 주기가 자기 매체의 자화 영역 주기의 반이 되어, 고분해능 출력을 얻을 수 있다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1.

자기 인코더에 있어서:

어떤 방향으로 연장되어 있는 자기 매체로서, 그 연장된 방향으로 교대로 연속하여 그 위에 배치되어 있고, 그 연장된 방향을 따라 서로 역방향으로 자화되어 있는 제 1 자화 영역과 제 2 자화 영역을 갖는 동시에, 제 1 자화 영역과 제 2 자화 영역은 길이가 다르고, 이들 중 긴 것의 길이를 λ_1 , 짧은 것의 길이를 λ_s 로 한, 상기 자기 매체;

자기 매체가 연장된 방향과 직교한 방향으로 연장되어, 자기 매체와 소정 간극으로 대향한 구형(矩刑) 평면을 가지는 짝수개의 SVGMR 소자를 갖고, 자기 매체가 연장된 방향으로 매체와 상대적으로 이동할 수 있는 자기 센서를 포함하고,

짝수개의 SVGMR 소자는 자기 매체가 연장된 방향으로 $(\lambda_1 + \lambda_s)/2$ 로 정의되는 길이 λ 씩 떨어져 있고,

SVGMR 소자 각각은 고정 자화층과, 비자성 도체층과, 자유 자화층을 적층한 것으로, 모든 SVGMR 소자에 있는 고정 자화층의 자화가 자기 매체의 연장된 방향으로서 같은 방향을 향하고 있고, SVGMR 소자에 외부 자계가 고정 자화층의 자화와 같은 방향으로 인가되었을 때에 SVGMR 소자 저항이 최소가 되고 반대 방향으로 인가되었을 때에 그것이 최대가 되는 것을 갖고,

짝수개의 SVGMR 소자는 직렬로 전기적으로 접속되어 접속된 SVGMR 소자의 단자로부터 신호 출력을 취출하는, 자기 인코더.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

SVGMR 소자 각각의 자기 매체가 연장된 방향의 폭 w 가, λ_s 와 같거나 그것보다도 작은, 자기 인코더.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

자기 센서는 서로 $\lambda \cdot (1/2 + n)$ 만큼 자기 매체가 연장된 방향으로 떨어져 있는 제 1 센서와 제 2 센서를 갖고,

n 은 0을 포함하는 양의 정수이고,

제 1 센서와 제 2 센서 각각은 전기적으로 직렬로 접속되어 있는 동시에 서로 자기 매체가 연장된 방향으로 λ 씩 떨어진 같은 수의 짝수개의 SVGMR 소자로 구성되어 있고,

제 1 센서의 1 단자와 제 2 센서의 1 단자는 전기적으로 접속되어 있고, 제 1 센서의 타단자와 제 2 센서의 타단자의 사이에 측정용 전압을 인가하고, 제 1 센서와 제 2 센서가 서로 접속된 상기 1 단자로부터 신호 출력을 취출하는, 자기 인코더.

청구항 4.

제 2 항에 있어서,

자기 센서는 서로 $\lambda \cdot (1/2 + n)$ 만큼 자기 매체가 연장된 방향으로 떨어져 있는 제 1 센서와 제 2 센서를 갖고,

n 은 0을 포함하는 양의 정수이고,

제 1 센서와 제 2 센서 각각은 전기적으로 직렬로 접속되어 있는 동시에 서로 자기 매체가 연장된 방향으로 λ 씩 떨어진 같은 수의 짝수개의 SVGMR 소자로 구성되어 있고,

제 1 센서의 1 단자와 제 2 센서의 1 단자는 전기적으로 접속되어 있고, 제 1 센서의 타단자와 제 2 센서의 타단자의 사이에 측정용 전압을 인가하고, 제 1 센서와 제 2 센서가 서로 접속된 상기 1 단자로부터 신호 출력을 취출하는, 자기 인코더.

청구항 5.

제 3 항에 있어서,

λ_1 이 $\lambda + w$ 와 같거나 그것보다도 크고, λ_s 가 $\lambda - w$ 와 같거나 그것보다도 작은, 자기 인코더.

청구항 6.

제 4 항에 있어서,

λ_1 이 $\lambda + w$ 와 같거나 그것보다도 크고, λ_s 가 $\lambda - w$ 와 같거나 그것보다도 작은, 자기 인코더.

청구항 7.

제 3 항에 있어서,

제 1 센서의 인접하는 2개의 SVGMR 소자의 사이에 제 2 센서의 1개의 SVGMR 소자가 배치되어 있는, 자기 인코더.

청구항 8.

제 4 항에 있어서,

제 1 센서의 인접하는 2개의 SVGMR 소자의 사이에 제 2 센서의 1개의 SVGMR 소자가 배치되어 있는, 자기 인코더.

청구항 9.

제 3 항에 있어서,

제 1 센서와 제 2 센서는 각각 4개 이상의 SVGMR 소자로 구성되어 있는, 자기 인코더.

청구항 10.

제 4 항에 있어서,

제 1 센서와 제 2 센서는 각각 4개 이상의 SVGMR 소자로 구성되어 있는, 자기 인코더.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

기술 분야

본 발명은 스핀 밸브형 거대 자기 저항 효과막을 갖는 자기 센서를 사용한 자기식(磁氣式) 인코더에 관한 것이다.

종래 기술

최근, 소형로봇이나 디지털카메라, 잉크젯 프린터 등 민생 용도로 사용되는 자기 인코더는 저가이고 소형일뿐만 아니라, 고분해능이고 또한 양호한 깎 출력 특성이 요구되고 있다. 다시 말하면, 소형으로 체배화(遞倍化)의 신호 처리 회로가 불필요하고, 동작 중의 깎 변동에 대하여 안정된 출력을 유지할 수 있는 자기 인코더가 요구되고 있다. 또, 저소비전력화도 요구되고 있다.

종래의 자기 인코더는 이방성 자기 저항 효과막으로 형성된 자기 저항 소자(이하, AMR 소자라고 함)를 사용하고 있다. AMR 소자는 비교적 작은 자계 강도의 영역에서도 자계의 변화에 의해서 전기 저항이 수% 변화하고, 또 막의 제조도 용이하기 때문에, 많이 사용되고 있다. 그러나, NiFe 합금 박막이나 NiCo 합금 박막을 사용한 AMR 소자에서 안정된 자기 저항 효과를 얻기 위해서는 막 두께를 20 내지 40nm로 두껍게 할 필요가 있다. 막 두께가 두껍기 때문에 소자 자체의 전기 저항이 낮아져, 사용하기 어렵다. 고분해능을 얻기 위해서 AMR 소자의 폭 방향의 치수를 작게 하면, 막 두께가 두꺼운 것도 영향을 주어 형상 이방성(Hk)이 커져, 작은 자계 강도의 영역에서 충분한 전기 저항 변화를 얻을 수 없고, 기대한 전기 출력을 얻을 수 없다고 하는 문제가 있다. 이 때문에, AMR 소자를 사용한 자기 인코더로 분해능(分解能)을 올리는 것은 어려웠다. 고분해능화는 소자나 칩의 협(狹)피치화이고, 단위 길이당 전기 출력 신호수를 올리는 것이다.

고분해능화가 어려운 AMR 소자 대신에, 결합형 거대 자기 저항 효과막을 사용한 소자(이하 결합형 GMR 소자)가, 일본특허 제2812042호 공보에 개시되어 있다. 결합형 GMR 소자는 AMR 소자에 비해 2 내지 4배 큰 전기 저항 변화율을 가진다. 일본특허 제2812042호 공보의 GMR 소자는 NiCoFe 박막과 비자성 금속 박막을 수직층 교대로 적층한 인공 격자 금속막을 사용하고 있다. 강자성 박막과 비자성 금속 박막을 다층화하는 것으로, 큰 자기 저항 변화율을 얻었다. 그러나, 비

자성 금속 박막은 우량 도전재로 막의 전기 저항이 AMR 소자의 1/2 내지 1/3 정도로 낮기 때문에, 저소비전력으로 하는 것이 어렵다. 결합형 GMR 소자에서는 전기 저항 변화율은 20 내지 30%로 크지만, 이 전기 저항 변화율을 얻기 위해서는 큰 자계 강도로 사용할 필요가 있다. 이 때문에, 자기 인코더와 같은 비교적 작은 자계 강도로 사용하는 것이 어려웠다.

비교적 작은 자계 강도의 영역에서 결합형 GMR 소자와 같은 정도의 전기 저항 변화율을 나타내는 막으로서, 하드디스크 기억장치(HDD)의 자기헤드에 사용되고 있는 스핀 밸브형 거대 자기 저항 효과막이 있다. 일본특허 제3040750호 공보에 기재되어 있는 바와 같이, 스핀 밸브형 거대 자기 저항 효과막은 외부 자계(자속)의 방향이 변화하여도 자화 방향이 변화하지 않는 고정 자화층과, 비자성 도전층과, 자계의 변화에 추종하여 자화 방향이 변화하는 자유 자화층으로 구성된다. 스핀 밸브형 거대 자기 저항 효과막을 가공한 소자(이하, SVGMR 소자라고 함)는 결합형 GMR 소자에 비해 전기 저항이 5 내지 6배 크고, 자기 센서에 사용한 경우 저소비전력화를 행하기 쉽다. 또한, 1 내지 160A/m(약 0.006 내지 200e)로 비교적 작은 자계 강도의 영역에서 동작한다고 하는 특징이 있다.

그러나, AMR 소자나 결합형 GMR 소자를 SVGMR 소자로 바꾸는 것만으로는 분해능이 저하된다고 하는 결점이 있다. 착자 피치(λ)로 N극과 S극이 교대로 착자된 자기 매체와 함께, SVGMR 소자를 사용하면 자기 센서의 출력 신호의 주기는 2배인 2λ 가 된다. 다시 말하면, 분해능이 1/2이 된다. 이것은 SVGMR 소자가 가지는 자기 저항 변화 특성에 기인하고 있고, 종래의 인코더 구조에서는 분해능의 저하는 피할 수 없다.

SVGMR 소자는 소자의 고정 자화층의 자화 방향과 같은 방향으로 외부 자계가 가해졌을 때에 소자의 전기 저항이 변화하고, 역방향으로 외부 자계가 가해졌을 때는 소자의 전기 저항이 변화하지 않는다고 하는 특성을 가지기 때문이다. 또는 소자의 고정 자화층의 자화 방향과 같은 방향으로 외부 자계가 가해졌을 때는 소자의 전기 저항이 변화하지 않고, 역방향으로 외부 자계가 가해졌을 때는 소자의 전기 저항이 변화하는 특성을 가지기 때문이다. 자기 매체가 λ 의 착자 피치로 착자되어 있으면, 자계 방향도 λ 마다 반전하게 된다. 그 때문에, SVGMR 소자의 전기 저항의 변화는 2배인 2λ 의 주기가 된다. 결합형 GMR 소자와 AMR 소자를 사용하였을 때는 주기 λ 의 전기 신호를 얻을 수 있다. 결합형 GMR 소자와 AMR 소자는 무자계의 상태에서 최대의 전기 저항을 나타내고, 외부 자계 강도가 오르면 전기 저항이 저하된다. 요컨대, 자계 방향으로 관계없이 자계 강도의 증감으로 신호가 나간다. 이 때문에, 착자 피치(λ)와 같은 주기의 전기 신호를 얻을 수 있다. SVGMR 소자는 시장 요구인 고분해능화에 대응하기 어렵기 때문에, SVGMR 소자를 자기 인코더에 응용하는 것은 이루어져 있지 않았다. 그러나, 비교적 작은 자계 강도의 영역에서 결합형 GMR 소자와 같은 정도의 큰 자기 저항 변화율을 얻을 수 있고, 또한 결합형 GMR 소자의 5 내지 6배 큰 전기 저항을 얻을 수 있기 때문에, 저소비전력화를 하기 쉽다고 하는 이 점은 버리기 어려운 것이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 SVGMR 소자로 이루어지는 자기 센서와 교대로 역방향으로 자화된 자화가 연속하여 설치되어 있는 자기 매체를 갖는 자기 인코더이며, 자기 매체의 자화 영역 주기의 반(半) 길이의 주기를 가진 전기 신호를 얻을 수 있는 동시에, 자기 센서의 저소비전력화와 잦은 변동에 대하여 안정된 출력 특성을 얻을 수 있는 자기 인코더를 제공하는 것이다.

발명의 구성

본 발명의 자기 인코더는: 어떤 방향으로 연장되어 있는 자기 매체로서, 그 연장된 방향으로 교대로 역방향으로 자화되어 있는 제 1 자화 영역과 제 2 자화 영역이 그 연장된 방향으로 교대로 연속하여 그 위에 배치되어 있는 상기 자기 매체; 자기 매체와 소정 간극으로 대향한 구형(矩刑) 평면을 가지는 짝수개의 SVGMR 소자를 가지는 동시에 자기 매체가 연장된 방향으로 자기 매체에 대하여 상대적으로 이동할 수 있는 자기 센서를 갖는다. 제 1 자화 영역과 제 2 자화 영역은 길이가 다르고, 이들 중 긴 것의 길이를 λ_1 , 짧은 것의 길이를 λ_2 로 한다. SVGMR 소자의 구형 평면은 자기 매체가 연장된 방향과 직교한 방향으로 연장된다. 짝수개의 SVGMR 소자는 자기 매체가 연장된 방향으로 $(\lambda_1 + \lambda_2)/2$ 로 정의되는 길이 λ 씩 떨어져 있다. SVGMR 소자 각각은 고정 자화층과, 비자성 도체층과, 자유 자화층을 이 순서로 적층한 것이고, 모든 SVGMR 소자에 있는 고정 자화층의 자화가 자기 매체가 연장된 방향으로서 같은 방향을 향하고 있다. SVGMR 소자에 외부 자계가 고정 자화층의 자화와 같은 방향으로 인가되었을 때에 SVGMR 소자 저항이 최소가 되고 반대 방향으로 인가되었을 때에 그것이 최대가 된다. 짝수개의 SVGMR 소자는 직렬로 전기적으로 접속되고, 접속된 SVGMR 소자의 단자로부터 신호 출력을 취출한다.

SVGMR 소자에서는 고정 자화층의 자화와 자유 자화층의 자화가 반평행으로 되어 있을 때에, SVGMR 소자를 흐르는 전류에 대한 SVGMR 소자의 저항이 최대가 되고, 고정 자화층의 자화와 자유 자화층의 자화가 평행으로 되어 있을 때에, SVGMR 소자의 저항이 최소가 된다. 본 발명에 적용할 수 있는 SVGMR 소자에서는 외부 자계가 SVGMR 소자에 인가되어 있지 않은 상태 또는 고정 자화층의 자화와 반대 방향으로 인가되어 있는 상태에서는, 자유 자화층의 자화와 고정 자화

층의 자화가 반평행으로 되어 있고, 외부 자계가 고정 자화층의 자화와 같은 방향으로 인가되면, 자유 자화층의 자화가 외부 자계와 같은 방향 즉 고정 자화층의 자화와 같은 방향으로 회전하여, 외부 자계가 충분히 커지면 자유 자화층의 자화가 고정 자화층의 자화와 평행해지고, SVGMR 소자의 저항이 최소가 된다. 또는 외부 자계가 SVGMR 소자에 인가되어 있지 않은 상태 또는 고정 자화층의 자화와 같은 방향으로 인가되어 있는 상태에서는, 자유 자화층의 자화와 고정 자화층의 자화가 평행하게 되어 있고 SVGMR 소자의 저항이 최소가 되고 있고, 외부 자계가 고정 자화층의 자화와 반대 방향으로 인가되면, 자유 자화층의 자화가 외부 자계와 같은 방향 즉 고정 자화층의 자화와 반대 방향으로 회전하고, 외부 자계가 충분히 커지면 자유 자화층의 자화가 고정 자화층의 자화와 반평행해지고, SVGMR 소자의 저항이 최대가 된다.

SVGMR 소자에서, 외부 자계가 인가되어 있지 않은 상태에서 자유 자화층의 자화와 고정 자화층의 자화가 평행 상태를 취할지 반평행 상태를 취할지는 고정 자화층 및 자유 자화층에 사용하고 있는 재질, 고정 자화층과 자유 자화층의 사이에 있는 비자성 도체층의 두께에 의해서 결정된다.

본 발명의 자기 인코더에서, 원반의 외주면에 형성한 또는 원반 단면에 형성한 또는 직선형의 자기 스케일에 형성한 자기 매체를 사용할 수 있다. 자기 인코더의 자기 매체의 형태에 관해서는 널리 알려져 있기 때문에 여기에서는 자세한 설명을 하지 않는다.

본 발명의 자기 인코더의 자기 매체에서는 제 1 자화 영역과 제 2 자화 영역의 길이가 다른 것이 필요하다. 제 1 자화 영역과 제 2 자화 영역 중 더욱 긴 영역에 의해서 저항의 높은 부분(산)이 생기는 경우는 인접하는 저항의 높은 부분과의 중복이 생기고 중복된 저항의 높은 부분과 중복되지 않은 저항의 높은 부분에서 저항의 차가 나타난다. 제 1 자화 영역과 제 2 자화 영역 중 더욱 짧은 영역에 의해서 저항의 높은 부분(산)이 생기는 경우는 저항의 높은 부분의 기슭과 인접하는 저항의 높은 부분의 기슭의 중복이 생기지 않기 때문에 저항의 높은 부분과 저항이 낮은 부분에서 저항의 차가 나타난다. 그러나, 제 1 자화 영역과 제 2 자화 영역의 길이가 같은 경우에는 저항의 높은 부분의 기슭과 인접하는 저항의 높은 부분의 기슭의 중복이 생겨 저항이 낮은 부분이 없어지기 때문에, 저항의 차가 작게 출력을 취하기 어렵다.

본 발명의 자기 인코더에 있어서, 자기 센서는 자기 매체가 연장된 방향으로 λ 떨어진 짝수개의 SVGMR 소자로 구성되어 있다. SVGMR 소자가 제 1 자화 영역 또는 제 2 자화 영역과 대향하는 위치에 있을 때 SVGMR 소자의 저항은 최소치(R2)로부터 최대치(R1)로 변화하여, 저항의 산을 나타낸다. 자기 센서가, λ 떨어져 직렬로 접속한 짝수개의 SVGMR 소자로 구성되어 있는 것에 의해, SVGMR 소자의 저항의 산이 λ 만큼 떨어져 생기고, 신호 출력이 자기 패턴의 주기($\lambda_1 + \lambda_2$)의 반의 주기가 된다.

또 본 발명의 자기 인코더에 있어서는 SVGMR 소자 각각의, 자기 매체가 연장된 방향으로의 폭 w가, λ_s 와 같거나 그보다도 작은 것이 바람직하다.

λ 떨어져 반복하여 생기는 SVGMR 소자의 저항의 산에서 저항이 변화하는 그 부분의 길이가 w이다. SVGMR 소자가, 자기 매체의 제 1 자화 영역과 대향하는 위치에 있을 때 최대 저항(R1)이 되고, 제 2 자화 영역과 대향하는 위치에 있을 때 최소 저항(R2)이 되는 것으로 하면, SVGMR 소자가 제 1 자화 영역의 선단부보다도 w만큼 앞에 있을 때는 제 2 자화 영역과 대향하고 있기 때문에, SVGMR 소자의 저항은 R2이다. 제 1 자화 영역 선단보다도 w만큼 앞의 위치로부터 SVGMR 소자가 제 1 자화 영역에 더욱 가까워지면, SVGMR 소자의 일부분이 제 1 자화 영역과 대향하기 때문에 제 1 자화 영역에 의해서 SVGMR 소자의 자유 자화층의 자화가 고정 자화층 자화와 평행한 위치로부터 회전을 시작한다. 그 때문에 SVGMR 소자의 저항이 최소치(R2)로부터 증가한다. SVGMR 소자가 제 1 자화 영역과 대향하는 정도가 더욱 증가하면 그 저항이 증가하고, SVGMR 소자가 제 1 자화 영역과 완전히 대향하는 위치까지 오면 SVGMR 소자의 자유 자화층의 자화가 고정 자화층 자화와 반평행해지고 그 저항이 대략 최대치(R1)가 된다. SVGMR 소자가 제 1 자화 영역과 대향하는 위치로부터 진행하여 제 2 자화 영역 선단으로부터 w만큼 앞의 위치에 오고, 또 SVGMR 소자가 진행하여 제 2 자화 영역에 SVGMR 소자가 일부 대향하게 되면 제 1 자화 영역의 자계가 작아지기 때문에, SVGMR 소자의 자유 자화층 자화가 고정 자화층 자화와 반평행의 위치로부터 회전을 시작하기 때문에, SVGMR 소자 저항이 최대치(R1)로부터 저하된다. SVGMR 소자가 더욱 진행하여 제 1 자화 영역과 대향하는 위치로부터 제 2 자화 영역과 완전히 대향하는 위치까지 진행하면, 제 1 자화 영역에 의한 자계가 SVGMR 소자의 자유 자화층에 작용하지 않게 되기 때문에, SVGMR 소자의 자유 자화층의 자화가 고정 자화층 자화와 평행해지고 그 저항이 최소치(R2)가 된다. SVGMR 소자 저항이 최소치(R2)로부터 최대치(R1)로 변화하거나, 또는 최대치(R1)로부터 최소치(R2)로 변화하는 구간이 SVGMR 소자의 폭 w와 대략 일치한다. SVGMR 소자가 자기 매체의 제 1 자화 영역과 대향하는 위치에 있을 때 최소 저항(R2)이 되고, 제 2 자화 영역과 대향하는 위치에 있을 때 최대 저항(R1)이 되는 것으로 하여도 동일하다.

그래서, SVGMR 소자 저항이 제 2/제 1 자화 영역과 대향하는 위치에서는 최소치(R2)이고, 제 2/제 1 자화 영역과 대향하고 있지만 제 1/제 2 자화 영역의 끝으로부터 w만큼 바로 앞부터 저항이 점차로 증가하여 제 1/제 2 자화 영역과 완전히

대향하는 위치에서 대략 최대치(R1)가 된다. 그리고, 제 1/제 2 자화 영역과 대향하고 있지만 제 2/제 1 자화 영역의 끝으로부터 w만큼 바로 앞부터 SVGMR 소자 저항이 점차로 감소하여, 제 2/제 1 자화 영역과 완전히 대향하는 위치에서 최소치(R2)가 된다. 제 1 자화 영역 길이가 더욱 긴 자화 영역 길이 λ_1 , 제 2 자화 영역 길이가 더욱 짧은 자화 영역 길이 λ_s 라고 하면, SVGMR 소자 저항의 산 기슭 부분의 길이가 w이고, 저항의 산의 피크 길이가 대략 λ_1-w 또는 λ_s-w 이다.

SVGMR 소자 저항의 산의 피크 길이가 λ_1-w 가 될지 λ_s-w 가 될지는 SVGMR 소자의 고정 자화층 자화의 방향이 제 2 자화 영역의 자화와 같은 방향인지, 제 1 자화 영역의 자화와 같은 방향인지에 의해서 결정된다. 그러나, 제 1 자화 영역과 제 2 자화 영역은 바꿀 수 있기 때문에, 저항의 산의 피크 길이가 λ_1-w 인 경우와, λ_s-w 인 경우가 있다고 생각해야 할 것이다. 여기에서, $\lambda_1 > \lambda_s$ 라고 정하고 있기 때문에, 더욱 짧은 자화 영역 길이 λ_s 가 w보다도 작은 경우에는 SVGMR 소자가 더욱 짧은 자화 영역과 완전히 대향하는 경우가 없기 때문에, 저항의 최대치/최소치를 취할 수 없다. 그래서, SVGMR 소자 폭 w는 더욱 짧은 자화 영역 길이 λ_s 보다도 작거나 같을 필요가 있다.

본 발명의 자기 인코더에 있어서, 자기 센서는 서로 $\lambda \cdot (1/2 + n)$ 만큼 자기 매체가 연장된 방향으로 떨어져 있는 제 1 센서와 제 2 센서를 갖고 있는 것이 바람직하다. 또, 여기에서 n은 0을 포함하는 양의 정수이다. 제 1 센서와 제 2 센서 각각은 전기적으로 직렬로 접속되어 있는 동시에 서로 자기 매체가 연장된 방향으로 λ 씩 떨어진 같은 수의 짝수개의 SVGMR 소자로 구성되어 있다. 제 1 센서의 1 단자, 즉 제 1 센서를 구성하고 있는 짝수개의 SVGMR 소자의 개방 단자 중의 1 단자와, 제 2 센서의 1 단자, 즉 제 2 센서를 구성하고 있는 짝수개의 SVGMR 소자의 개방 단자 중의 1 단자는 전기적으로 접속되어 있다. 제 1 센서의 타단자, 즉 제 1 센서를 구성하고 있는 짝수개의 SVGMR 소자의 개방 단자 중의 타단자와, 제 2 센서의 타단자, 즉 제 2 센서를 구성하고 있는 짝수개의 SVGMR 소자의 개방 단자 중의 타단자의 사이에 측정용 전압을 인가한다. 제 1 센서와 제 2 센서가 서로 접속된 상기 1 단자로부터 신호 출력을 취출한다.

본 발명의 자기 인코더에서, 제 1 센서와 제 2 센서가 서로 $(\lambda_1 + \lambda_s)/2$ 로 정의되는 길이 λ 와, 0을 포함하는 양의 정수 n으로 표시되는, 거리 $\lambda \cdot (1/2 + n)$ 만큼 자기 매체가 연장된 방향으로 떨어져 있기 때문에, 제 1 센서와 제 2 센서의 저항 패턴은 $1/2 \cdot \lambda$ 만큼 위상이 다른 것으로 되어 있다. 제 1 센서와 제 2 센서의 중점 전위를 신호 출력력으로서 취출하면, 브리지 출력을 취출할 수 있다.

본 발명의 자기 인코더에서, 더욱 긴 자화 영역 길이 λ_1 이 $\lambda + w$ 와 같거나 그것보다도 크고, 더욱 짧은 자화 영역 길이 λ_s 가 $\lambda - w$ 와 같거나 그것보다도 작은 것이 바람직하다.

자기 인코더에서, 더욱 긴 자화 영역 길이 λ_1 이 $\lambda + w$ 와 같거나 그것보다도 크면, $\lambda_1 - \lambda - w \geq 0$ 이 된다. 그런데, 더욱 긴 자화 영역과 대향하는 위치에 SVGMR 소자 저항의 산이 생기는 경우, 그 SVGMR 소자로부터 λ 만큼 진행한 또는 늦은 SVGMR 소자에서는 상술한 SVGMR 소자 저항의 산보다도 λ 만큼 진행한 또는 늦은 위치에 저항의 산이 생긴다. 각 SVGMR 소자 저항의 산의 피크 길이가 약 $\lambda_1 - w$ 이기 때문에, 인접한 저항의 산의 피크가 겹치는 길이가 약 $\lambda_1 - w - \lambda$ 이다. 이 값이 0 또는 정(正)이기 때문에, 인접한 저항의 산의 피크가 겹치는 것을 의미하고 있다. 그래서, 각 센서에 있는 복수의 SVGMR 소자를 직렬로 결합하면 그 합계 저항의 최대치와 최소치의 차를 크게 할 수 있다.

반대에 의해 짧은 자화 영역과 대향하는 위치에 SVGMR 소자 저항의 산이 생기는 경우, 그 SVGMR 소자로부터 λ 만큼 진행한 또는 늦은 SVGMR 소자에서는 상술한 SVGMR 소자 저항의 산보다도 λ 만큼 진행한 또는 늦은 위치에 저항의 산이 생긴다. 각 SVGMR 소자 저항의 산 기슭으로부터 기슭까지의 길이가 $\lambda_s + w$ 이다. 더욱 짧은 자화 영역 길이 λ_s 가 $\lambda - w$ 와 같거나 그것보다도 작기 때문에, 길이 λ 중에, SVGMR 소자 저항의 산 기슭으로부터 기슭까지의 길이 $\lambda_s + w$ 가 포함되는 것을 의미하고 있다. 인접하는 저항의 산 기슭이 서로 중복되지 않게 된다. 그래서, 각 센서에 있는 복수의 SVGMR 소자를 직렬로 결합하면 그 합계 저항의 최대치와 최소치의 차를 크게 할 수 있다.

또, 위에서 $\lambda_1 \geq \lambda + w$ 와 $\lambda_s \leq \lambda - w$ 의 2개의 조건을 제시하였지만, 이들은 같은 것을 의미하고 있다. λ 의 정의로부터 $2\lambda = \lambda_1 + \lambda_s$ 이기 때문에, 이것을 제 1 식에 넣어 λ_1 을 지우면 제 2 식이 된다.

본 발명의 자기 인코더에서, 제 1 센서에 있는 인접하는 2개의 SVGMR 소자의 사이에 제 2 센서의 1개의 SVGMR 소자가 배치되어 있는 것이 바람직하다. 제 1 센서, 제 2 센서 모두 λ 떨어진 같은 수의 짝수개의 SVGMR 소자로 구성되어 있기 때문에, 각각의 센서의 SVGMR 소자 배치폭이 $\lambda \cdot (\text{SVGMR 소자수} - 1)$ 이 된다. 제 1 센서의 인접하는 2개의 SVGMR 소자간에 제 2 센서의 SVGMR 소자를 배치함으로써, 제 1 센서와 제 2 센서의 전체의 SVGMR 소자 배치폭을 좁게 할 수 있다.

또 본 발명의 자기 인코더에서, 제 1 센서와 제 2 센서 각각이 4개 이상의 SVGMR 소자로 구성되어 있는 것이 바람직하다. 제 1 센서와 제 2 센서 각각이 4개의 SVGMR 소자로 구성되어 있으면 계속된 2개의 제 1/제 2 자화 영역으로부터 생기는 자계를 동시에 검출할 수 있고, 제 1 센서와 제 2 센서 각각이 2n개(n은 양의 정수)의 SVGMR 소자로 구성되어 있으면 계

속된 n개의 제 1/제 2 자화 영역으로부터 생기는 자계를 동시에 검출할 수 있다. 제 1 센서와 제 2 센서 각각이 계속된 n개의 제 1/제 2 자화 영역으로부터 생기는 자계를 동시에 검출할 수 있기 때문에, 제 1 센서와 제 2 센서의 출력이 n개의 제 1/제 2 자화 영역의 자계의 평균이 되고, 계속된 n개의 제 1/제 2 자화 영역의 길이 또는 자화 강도에 변동이 있어도 그것이 보상된다. 그 결과로서 신호 출력의 지터를 작게 할 수 있다.

지터를 작게 하기 위해서는 제 1 센서와 제 2 센서 각각이 더욱 많은 SVGMR 소자로 구성되어 있는 것이 바람직하지만, 센서가 더욱 많은 SVGMR 소자를 가지면 센서폭이 넓어지기 때문에, 제 1 센서와 제 2 센서 각각이 많아도 6개의 SVGMR 소자로 구성되어 있는 것이 바람직하다.

본 발명에 의해서 SVGMR 소자를 적용한 자기 인코더에서는 각 자화 영역의 평균 길이 λ 를 주기로 하는 전기 신호를 얻을 수 있었다. 또한, 전기 저항이 큰 SVGMR 소자를 사용하고 있기 때문에 저소비전력 자기 센서를 실현할 수 있었다. 또, 비교적 작은 자계 강도의 영역에서 큰 자기 저항 변화율을 얻을 수 있고, 자기 센서와 자기 매체의 공극 길이 변동에 대하여 안정된 출력 특성(꺾 특성)을 얻을 수 있는 자기 인코더를 실현할 수 있었다.

이하, 도면을 참조하면서 본 발명의 실시예의 자기 인코더를 상세하게 설명한다. 설명을 알기 쉽게 하기 위해서, 같은 부품, 부위에는 동일한 부호를 사용한다. 실시예에서는 외부 자계가 인가되어 있지 않은 상태에서는 SVGMR 소자의 자유 자화층의 자화와 고정 자화층의 자화가 반대를 향하고 있어 SVGMR 소자의 전기 저항이 높고, SVGMR 소자의 고정 자화층의 자화와 같은 방향으로 외부 자계가 SVGMR 소자에 가해졌을 때에는 SVGMR 소자의 전기 저항이 저하되고, 역방향으로 외부 자계가 SVGMR 소자에 가해졌을 때에 SVGMR 소자의 전기 저항이 변화하지 않는 스핀 밸브형 거대 자기 저항 효과막을 사용하여 설명을 한다. 고정 자화층의 자화와 자유 자화층의 자화가 같은 방향일 때, SVGMR 소자의 전기 저항이 최소이고, 역방향일 때는 자기 저항 변화를 일으키지 않기 때문에 SVGMR 소자의 전기 저항이 최대이다.

EXAMPLE 1

도 1에, SVGMR 소자를 사용한 자기 인코더를 설명하기 위한 사시 모식도를 도시한다. 자기 인코더(1)는 자기 매체(2)와 자기 센서(6)로 구성하고 있다. 자기 매체(2)는 그 연장된 방향을 따라 서로 역방향으로 자화된 2개의 자화 영역, 즉 제 1 자화 영역(21)과 제 2 자화 영역(22)이 교대로 연속하여 배치되어 있다. 이하의 설명에 있어서, 제 1 자화 영역(21)의 길이 λ_1 이 제 2 자화 영역(22)의 길이 λ_2 보다도 길다고 한다. 자기 센서(6)에서는 기재(4)상에 복수개의 SVGMR 소자(5)가 자기 매체(2)가 연장된 방향과 직교한 구형 평면에 형성되어 있고, SVGMR 소자(5)의 끝은 도체(도시하지 않음)로 연결되어 FPC3에 접속되어 있다. 자기 매체(2)는 구형 평면형의 SVGMR 소자(5)와 소정의 간극을 개재하여 대향하고 있다. 자기 센서(6)가 자기 매체(2)에 대하여 상대적으로 이동하면, SVGMR 소자에 인가되어 있는 자계 강도가 변화하여 SVGMR 소자의 저항이 변화한다. 이하의 설명에서는 자기 매체(2)가 고정되어 있고 자기 센서(6)가 이동하는 것으로 설명한다.

도 2에, SVGMR 소자(5)를 모식도로 도시한다. SVGMR 소자(5)는 기재(4; 基材)상에 고정 자화층(10), 비자성 도체층(11), 자유 자화층(12)의 순서로 적층한 후, 포토리소그래프로 레지스트 마스크를 제작하여 이온 밀링 가공을 하여 구형 소자로 하였다. 기재(4)는 열팽창 계수 $\alpha:38 \times 10^{-7} \text{deg}^{-1}$ 의 알루미늄 실리케이트 유리를 사용하였다. 고정 자화층(10)은 반강자성막 $\text{Mn}_{50}\text{Pt}_{50}$ (원자%)의 조성으로 두께 12nm의 위에, $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (원자%)의 조성으로, 두께 5nm이었다. 비자성 도체층(11)은 구리이고, 두께 3nm이었다. 자유 자화층(12)은 $\text{Ni}_{85}\text{Fe}_{15}$ 층과 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 층의 2층막으로, 합계 두께 5nm이었다. $\text{Ni}_{85}\text{Fe}_{15}$ 층과 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 층의 막 두께 비율을 3:1 내지 5:1로 하였다. 고정 자화층(10)의 자화 방향을 고정하기 위해서, 약 240A/m(약 300e)의 자계 중에서 스퍼터를 하였다. 자유 자화층의 NiFe막에 자기 이방성을 주어 자기 특성을 올리기 위해서, 자계 중에서 스퍼터를 하였다.

기재(4)상에 제작한 스핀 밸브형 거대 자기 저항 효과막에, 포토리소그래프기술로 레지스트 마스크를 제작한 후, 아르곤 이온을 사용한 이온 밀링을 하여, 목적으로 하는 형태를 한 SVGMR 소자(5)로 가공하였다. SVGMR 소자는 대략 구형의 형상을 하고 있다. 도 2에서 구형 SVGMR 소자(5)의 폭을 w로, 길이를 L로 도시한다. 길이(L)는 자기 매체(2)의 폭보다도 길게 하고, 자기 매체 폭의 밖에서 SVGMR 소자간을 전기적으로 직렬로 접속하였다. 스핀 밸브형 거대 자기 저항 효과막을 구불구불하게 가공하는 것으로, 소자를 접속하였다. 소자간의 접속부는 외부 자계를 받지 않기 때문에, 자기 저항 변화를 일으키지 않는다.

고정 자화층(10)의 자화 방향을 실선 화살 표시 13으로 도시하고 있고, 자유 자화층(12)에 가해지는 외부 자계 방향을 일점쇄선 화살 표시 14와 파선의 화살 표시 15로 도시하고 있다. 외부 자계가 일점쇄선 화살 표시 14의 방향으로 가해지면, 고정 자화층의 자화 방향과 같은 방향이 되기 때문에, SVGMR 소자(5)의 전기 저항은 자계 강도의 증가와 함께 저하되었

다. 파선의 화살 표시 15방향으로 외부 자계가 가해져도, 고정 자화층의 자화 방향과 역방향이 되기 때문에 SVGMR 소자(5)의 전기 저항은 변화하지 않는다. 도 3에, 외부 자계와 전기 저항의 관계를 도시한다. 도 3a에, SVGMR 소자에 외부 자계가 인가되었을 때의 저항의 변화를 도시한다. 자계가 가해져 있지 않았을 때의 SVGMR 소자의 전기 저항은 R1이고, + 방향(고정 자화층의 자화 방향과 같은 방향)에 자계를 인가하여 가면 전기 저항은 저하되어 R2로 포화한다. -방향(고정 자화층의 자화 방향과 역방향)에 자계를 가하여도, 자기 저항 변화를 일으키지 않기 때문에 SVGMR 소자의 전기 저항은 R1로 유지된다. $(R1-R2)/R1 \times 100(\%)$ 로 구해지는 값을, 자기 저항 변화율이라고 한다. 도 3b는 소자의 고정 자화층의 자화와 같은 방향으로 자계가 가해졌을 때는 소자의 전기 저항이 변화하지 않고, 역방향으로 자계가 가해졌을 때에 소자의 전기 저항이 변화하는 SVGMR 소자를 사용하였을 때의, 외부 자계와 전기 저항의 변화의 관계를 도시하고 있다. 고정 자화층의 자화와 자유 자화층의 자화가 같은 방향일 때 SVGMR 소자의 전기 저항은 최소이고, 역방향일 때는 자기 저항 변화를 일으키지 않기 때문에, SVGMR 소자의 전기 저항은 최대가 된다. 참고를 위해서 도 3c에 결합형 GMR(거대 자기 저항 효과) 소자, 도 3d에 AMR(이방성 자기 저항 효과) 소자 각각의 외부 자계와 전기 저항의 관계를 도시한다. 결합형 GMR 소자와 AMR 소자에서는 SVGMR 소자와 달리 외부 자계의 증감 양 방향으로서 자기 저항 변화를 나타낸다. 이렇게, 외부 자계의 증감 양 방향으로서 자기 저항 변화를 나타내기 때문에, 자기 매체의 단위 자화 영역 길이 λ 즉 자화 길이와 같은 주기를 가진 전기 신호를 얻을 수 있다. 결합형 GMR 소자의 초기(무자계시(無磁界時)) 전기 저항(R3)이 약 322 Ω 인데 대하여, SVGMR 소자의 초기 전기 저항(R1)이 약 1560 Ω 로 결합형 GMR 소자의 초기 전기 저항의 약 5배로 되어 있다. 전기 저항(R3과 R1)의 값은 소자 폭 w가 5 μm 이고 길이(L)가 1000 μm 인 소자의 일레이다. 이들 초기 전기 저항에 있어서의 차이가, 자기 센서의 소비전력의 차가 된다. 초기 전기 저항이 클 수록, 자기 센서의 소비전력을 작게 할 수 있다.

EXAMPLE 2

도 4를 참조하여, 자기 매체(2)에서 제 1 자화 영역(21)의 길이 λ_1 이 제 2 자화 영역(22)의 길이 λ_s 보다 클 때의 동작을 설명한다. 도 4a는 자기 센서(6)의 SVGMR 소자(51a 내지 52b)와 자기 매체(2)의 위치 관계를 설명하고, 도 4b부터 도 4f에 SVGMR 소자(51a 내지 52b)가 위치하는 자기 매체(2) 상의 장소와의 관계로 전기 저항과 전기 신호를 그래프로 하여 도시한다. 도 4b는 제 1 센서(51)의 SVGMR 소자(51a), 도 4c는 제 1 센서(51)의 다른 SVGMR 소자(51b), 도 4d는 SVGMR 소자(51a와 51b)로 이루어지는 제 1 센서(51), 도 4e는 SVGMR 소자(52a와 52b)로 이루어지는 제 2 센서(52)의 전기 저항의 그래프를 도시하고 있다. 자기 센서(6)에서는 기재상에 4개의 SVGMR 소자(51a 내지 52b)를 설치하고 있다. 각 SVGMR 소자는 소자 폭 w를 갖고, 제 1과 제 2 센서 각각 내에서 SVGMR 소자를 간극 λ 로 배치하였다. 제 1 센서(51) 뒤에 제 2 센서(52)를 $\lambda/2$ 엇갈리게 하여 배치하였다. 도 4a에서 각 SVGMR 소자에 부기한 화살 표시는 고정 자화층의 자화 방향이다. 자기 매체(2)에서는 제 1 자화 영역(21)과 제 2 자화 영역(22)의 자화 방향이 반대로 되어 있고, 제 1 자화 영역(21)의 길이가 제 2 자화 영역(22)의 길이보다 길어지도록 자화하였다. 제 1 자화 영역 길이를 λ_1 , 제 2 자화 영역 길이를 λ_s 로 도시하고 있다. λ_1 과 λ_s 의 합계 길이가 각 자기 센서의 SVGMR 소자 간극 λ 의 2배에 상당하고 있다. 자기 매체(2)의 제 1 자화 영역(21)과 제 2 자화 영역(22) 각각의 양단을 연결하는 파선 화살 표시로 각 자화 영역으로부터 생긴 누출 자계의 방향을 도시하고 있다.

도 5에, SVGMR 소자(51a 내지 52b)의 접속을 등가 회로로 도시하고 있다. 제 1 센서(51)의 SVGMR 소자(51a와 51b)를 직렬로 접속하고, 마찬가지로 제 2 센서(52)의 SVGMR 소자(52a와 52b)를 직렬로 접속하였다. 제 1 센서의 SVGMR 소자(51b)의 일단과 제 2 센서의 SVGMR 소자(52a)의 일단을 접속하고, 접속점을 출력 단자에 접속하여 중점 전위(V_{out})를 취출한다. 제 1 센서(51)의 SVGMR 소자(51a)의 타단을 전원(V_{cc})에, 제 2 센서(52)의 SVGMR 소자(52b)의 타단을 GND에 떨어뜨렸다.

도 4a에서, 자기 센서(6)가 화살 표시 방향으로 이동하였을 때, SVGMR 소자(51a와 51b)는 자기 매체로부터의 누설 자계를 받아, SVGMR 소자(51a)는 도 4b, SVGMR 소자(51b)는 도 4c에 도시하는 바와 같이 전기 저항이 변화한다. 전기 저항의 최대치를 R1, 최소치를 R2라고 하고 있다. 도 4d에 SVGMR 소자(51a와 51b)의 합성 전기 저항(제 1 센서(51)의 전기 저항에 상당)을 도시한다. 도 4b와 도 4c에 도시하는 SVGMR 소자(51a와 51b) 각각의 전기 저항 주기는 2λ 이지만, 소자 간극 λ 로 배치하고 있기 때문에 SVGMR 소자(51a와 51b)의 합성 전기 저항(도 4d 참조)은 최대 저항 변화가 R1-R2이고 주기 λ 로 할 수 있었다. 마찬가지로 제 2 센서(52)의 합성 전기 저항을 도 4e에 도시한다. 도 4e에서는 도 4d로부터 $\lambda/2$ 위상 진행하고 있고, 자기 센서(6)의 출력인 중점 전위(V_{out})는 도 4f에 도시하는 바와 같이, 진폭의 중심 전위 $V_{cc}/2$ 이고 주기 λ 의 전기 신호로 할 수 있었다. 이 출력의 진폭은 R1과 R2의 차가 클 수록 큰 것이 되기 때문에, SVGMR 소자와 같이 저항 변화가 큰 소자를 사용하면 출력도 커진다. 또한 본 발명과 같이, 제 1 센서와 제 2 센서 각각의 SVGMR 소자 간격을 제 1 자화 영역 길이 λ_1 과 제 2 자화 영역 길이 λ_s 의 평균인 λ 로 하고, 제 1 센서와 제 2 센서 간격을 그 반인 $\lambda/2$ 가 된 SVGMR 소자 배치를 사용하는 것으로, SVGMR 소자를 사용한 것만으로 얻을 수 없는 고분해능의 자기 인코더를 얻을 수 있었다.

도 4b로부터 알 수 있는 바와 같이, SVGMR 소자의 저항 변화영역은 SVGMR 소자 폭 w 와 대략 일치하고 있다. 동 도면에서 SVGMR 소자의 저항이 $R2$ 보다도 커지는 범위는 제 2 자화 영역 길이 λ_s 에 SVGMR 소자 폭 w 를 더한 $\lambda_s + w$ 의 길이로 되어 있다. SVGMR 소자 폭 w 가 커지면, 저항의 산 부분의 폭이 넓어지고, 도 4g에 도시하는 바와 같이, SVGMR 소자(51a)에 의한 저항의 산 기슭과 SVGMR 소자(51b)에 의한 저항의 산 기슭이 겹친다. 저항의 산 기슭이 겹치면 저항의 최소치가 $R2$ 보다도 큰 $R2'$ 가 된다. 그 때문에, 각 SVGMR 소자의 저항 변화가, 기슭이 겹치지 않는 경우의 $R1-R2$ 로부터 $R1-R2'$ 가 되어, 도 4f에 도시한 출력 V_{out} 의 진폭이 작아진다.

이러한 저항의 산 기슭의 중복은 제 1 자화 영역 길이와 제 2 자화 영역 길이가 같은 길이인 경우에는 반드시 생긴다. 그래서 제 1 자화 영역 길이와 제 2 자화 영역 길이를 바꾸는 것이 필요하다. 이 실시예에서는 제 1 자화 영역 길이 λ_1 과 제 2 자화 영역 길이 λ_s 의 합계 길이 2λ 중에 SVGMR 소자(51a)에 의한 저항의 산의 폭 $\lambda_s + w$ 와 SVGMR 소자(51b)에 의한 저항의 산의 폭 $\lambda_s + w$ 가 포함되어 있다. 제 1 자화 영역이 제 2 자화 영역보다도 길면, SVGMR 소자(51a)에 의한 저항의 산 기슭과 SVGMR 소자(51b)에 의한 저항의 산 기슭의 중복이 적어지고, 또 $\lambda_1 + \lambda_s (= 2\lambda) \geq 2(\lambda_s + w)$ 이면 SVGMR 소자(51a)에 의한 저항의 산 기슭과 SVGMR 소자(51b)에 의한 저항의 산 기슭이 전혀 겹치지 않는다.

EXAMPLE 3

도 4a에 도시한 실시예 2의 자기 인코더에 있어서 제 1 자화 영역 길이가 제 2 자화 영역 길이보다도 짧은 자기 매체(2)를 사용한 것을 실시예 3에서 도 6a 내지 6f를 참조하여 설명한다. 도 6a는 자기 센서(6)의 SVGMR 소자(51a 내지 52b)와 자기 매체(2)의 위치 관계를 설명하고, 도 6b부터 도 6f에 SVGMR 소자(51a 내지 52b)가 위치하는 자기 매체(2) 상의 장소와의 관계로 전기 저항과 전기 신호를 그래프로 하여 도시한다. 도 6b는 제 1 센서(51)의 SVGMR 소자(51a), 도 6c는 제 1 센서(51)의 다른 SVGMR 소자(51b), 도 6d는 SVGMR 소자(51a와 51b)로 이루어지는 제 1 센서(51), 도 6e는 SVGMR 소자(52a와 52b)로 이루어지는 제 2 센서(52)의 전기 저항의 그래프를 도시하고 있다. 자기 센서(6)는 기재상에 4개의 SVGMR 소자(51a 내지 52b)를 설치하고 있다. 각 센서 내의 각 SVGMR 소자는 소자 폭 w 를 갖고, 제 1 센서와 제 2 센서 각각 내에서 SVGMR 소자를 간극 λ 로 배치하였다. 제 1 센서(51) 뒤에 제 2 센서(52)를 $\lambda/2$ 엇갈리게 하여 배치하였다. 도 6a에서 각 SVGMR 소자에 부기한 화살 표시는 고정 자화층의 자화 방향이다. 자기 매체(2)에서는 제 1 자화 영역(21)과 제 2 자화 영역(22)의 자화 방향이 반대로 되고 있고, 제 1 자화 영역(21)의 길이가 제 2 자화 영역(22)의 길이보다도 작아지도록 자화하였다. 제 1 자화 영역 길이를 λ_s , 제 2 자화 영역 길이를 λ_1 로 도시하고 있다. λ_s 와 λ_1 의 합계 길이가 각 자기 센서의 SVGMR 소자 간극 λ 의 2배에 상당하고 있다. 자기 매체(2)의 제 1 자화 영역(21)과 제 2 자화 영역(22) 각각의 양단을 연결하는 파선 화살 표시로 각 자화 영역에서 생긴 누설 자계의 방향을 도시하고 있다.

도 6a에서, 자기 센서(6)가 화살 표시 방향으로 이동하였을 때, SVGMR 소자(51a와 51b)는 자기 매체로부터의 누설 자계를 받아, SVGMR 소자(51a)는 도 6b, SVGMR 소자(51b)는 도 6c에 도시하는 바와 같이 전기 저항이 변화한다. 전기 저항의 최대치를 $R1$, 최소치를 $R2$ 라고 하고 있다. 도 6d에 SVGMR 소자(51a와 51b)의 합성 전기 저항(제 1 센서(51)의 전기 저항에 상당)을 도시한다. 도 6b와 도 6c에 도시하는 SVGMR 소자(51a와 51b) 각각의 전기 저항 주기는 2λ 이지만, 소자 간극 λ 로 배치하고 있기 때문에 SVGMR 소자(51a와 51b)와의 합성 전기 저항(도 6d 참조)은 최대 저항 변화가 $R1-R2$ 이고 주기 λ 로 할 수 있었다. 마찬가지로 제 2 센서(52)의 합성 전기 저항을 도 6e에 도시한다. 도 6e에서는 도 6d로부터 $\lambda/2$ 위상 진행하고 있고, 자기 센서(6)의 출력인 중점 전위(V_{out})는 도 6f에 도시하는 바와 같이, 진폭의 중심 전위 $V_{cc}/2$ 로 주기 λ 를 가지는 전기 신호로 할 수 있었다. 위에서 설명한 SVGMR 소자 배치를 사용하는 것으로, SVGMR 소자만으로는 얻을 수 없었던 고분해능의 자기 인코더를 얻을 수 있었다.

EXAMPLE 4

제 1 자화 영역(21)의 길이가 제 2 자화 영역(22)의 길이보다도 큰 자기 매체(2)와, 제 1 센서의 제 1 SVGMR 소자(51a)와 제 2 SVGMR 소자(51b)의 사이에 제 2 센서의 제 1 SVGMR 소자(52a)를 배치한 구조를 가지는 자기 센서(6)를 갖는 자기 인코더를 실시예 4에서, 도 7을 참조하여 설명한다. 제 1 자화 영역 길이를 λ_1 , 제 2 자화 영역 길이를 λ_s 로 도시한다. 도 7a에 도시하는 바와 같이, 제 1 센서와 제 2 센서 각각의 SVGMR 소자 간격을 제 1 자화 영역 길이 λ_1 과 제 2 자화 영역 길이 λ_s 의 평균인 λ 로 하고, 제 2 센서의 제 1 SVGMR 소자(52a)를 제 1 센서의 제 1 SVGMR 소자(51a)로부터 $\lambda/2$ 엇갈리게 하여 배치하였다. 제 1 센서의 제 2 SVGMR 소자(51b)는 제 2 센서의 제 1 SVGMR 소자(52a)로부터 $\lambda/2$ 어긋난 위치에 있다. 또, 각 SVGMR 소자 폭이 w 이다. 자기 센서(6)가 화살 표시 방향으로 이동하였을 때, SVGMR 소자(51a와 51b)는 자기 매체로부터의 누설 자계를 받아, SVGMR 소자(51a)는 도 7b, SVGMR 소자(51b)는 도 7c에 도시하는 바와 같이 전기 저항이 변화한다. 전기 저항의 최대치를 $R1$, 최소치를 $R2$ 라고 하고 있다. 도 7d에 SVGMR 소자(51a와 51b)의 합성 전기 저항(제 1 센서의 전기 저항에 상당)을 도시한다. 도 7b와 도 7c에 도시하는 SVGMR 소자(51a와 51b) 각각의 전기 저항은 주기 2λ 이지만 소자 간극 λ 로 배치하고 있기 때문에, SVGMR 소자(51a와 51b)와의 합성 전기 저항(도 7d

참조)은 최대 저항 변화가 R1-R2이고 주기 λ 로 할 수 있었다. 마찬가지로 제 2 센서의 합성 전기 저항을 도 7e에 도시한다. 도 7e에서는 도 7d로부터 $\lambda/2$ 위상 진행하고 있고, 자기 센서(6)의 출력인 중점 전위(V_{out})로서, 도 7f에 도시하는 바와 같이, 진폭의 중심 전위 $V_{cc}/2$ 로 주기 λ 의 전기 신호를 얻을 수 있었다.

본 실시예 4에서는 실시예 2와 같이 자기 매체(2)의 제 1 자화 영역 길이가 제 2 자화 영역 길이보다도 크기 때문에, 각 SVGMR 소자(51a 내지 52b)의 전기 저항과 중점 전위는 실시예 2와 같은 변화를 나타내고, 고분해능의 자기 인코더를 얻을 수 있었다. 도 7a에서 선두의 SVGMR 소자(51a)로부터 최후미의 소자(52b)까지의 배치 길이는 $\{\lambda + (\lambda/2) + w\}$ 이다. 실시예 2에서 개시한 제 1 센서 뒤에 제 2 센서를 배치한 자기 센서에서는 SVGMR 소자의 배치 길이가 $\{\lambda + (\lambda/2) + \lambda + w\}$ 이었다. 실시예 4의 배치를 취하는 것으로 자기 센서 폭을 작게 할 수 있고, 웨이퍼로부터의 자기 센서 소자가 빠지는 수를 많이 할 수 있기 때문에, 저가격화가 가능해졌다. 또한, 소형화도 실현할 수 있었다.

EXAMPLE 5

도 8에, 본 발명의 자기 인코더의 갭 특성을 도시한다. 자기 매체와 자기 센서의 간극을 $0\mu\text{m}$ 부터 $25\mu\text{m}$ 까지 $5\mu\text{m}$ 간격으로 바꾸고, 자기 센서 출력을 측정하여 간극 길이에 대한 자기 센서 출력의 관계, 즉 갭 특성을 얻었다. 여기에서 사용한 자기 센서는 실시예 2 및 3에서 사용한 것과 마찬가지로, 제 1 센서 뒤에 $\lambda/2$ 엇갈리게 하여 제 2 센서를 배치하였다. 각 센서의 SVGMR 소자의 간극 λ 가 $20\mu\text{m}$, SVGMR 소자의 폭 w 가 $5\mu\text{m}$ 이었다. 자기 매체에서는 제 1 자화 영역 길이와 제 2 자화 영역 길이의 합 2λ 가 $40\mu\text{m}$ 이었다. 자성체의 특성은 보자력(保磁力) $H_c: 217\text{kA/m}$, 잔류 자속 밀도 $B_r: 1.4\text{ T}$, 각형비(角型比) $R: 0.8$ 이었다. 조건 1: 제 1 자화 영역 길이가 제 2 자화 영역 길이보다도 길고, 조건 2: 제 1 자화 영역 길이가 제 2 자화 영역 길이와 같고, 그리고 조건 3: 제 1 자화 영역 길이가 w 이고, 제 1 자화 영역 길이가 제 2 자화 영역 길이보다도 짧다고 하였다. 비교를 위해서 결합형 GMR 센서에 관해서도 갭 특성을 측정하였다. 결합형 GMR 센서에서는 제 1 자화 영역 길이와 제 2 자화 영역 길이가 같았다.

갭 특성은 최대 출력의 80%의 출력을 주는 갭 길이 범위의 크기로 평가하였다. 도 8의 세로축은 각 조건하에서의 최대 출력을 1로 하고 그것과의 비율로 표시하고 있다. 도 8로부터 알 수 있는 바와 같이 결합형 GMR 센서와 비교하여, 어느 쪽의 조건에 있어서나 SVGMR 소자의 센서에서는 갭 길이 범위가 넓어져 있다. 결합형 GMR 센서는 갭이 커짐에 따라서 급격하게 출력이 저하되고, 80% 이상의 출력을 얻을 수 있는 갭 길이 범위는 0부터 $1.8\mu\text{m}$ 로 대단히 작다. SVGMR 소자의 센서에서는 조건 1의 갭 길이 범위는 0부터 $10.1\mu\text{m}$, 조건 2의 갭 길이 범위는 7.9부터 $13.8\mu\text{m}$, 조건 3의 갭 길이 범위는 0부터 $13.8\mu\text{m}$ 이었다. 모두, 결합형 GMR 센서와 비교하여 5배 이상의 갭 길이 범위를 얻을 수 있었다. 제 1 자화 영역과 제 2 자화 영역의 길이를 바꾸는 것으로, 큰 자기 센서 출력을 얻을 수 있고, 결합형 GMR 센서의 5배 이상의 갭 길이 범위를 얻을 수 있었다. 이와 같이 큰 갭 길이 범위가 된 것은 SVGMR 소자가 작은 자계 강도로 동작하는 것의 뒷받침이라고 할 수 있다.

EXAMPLE 6

실시예 2와 마찬가지로 제 1 자화 영역 길이가 제 2 자화 영역 길이보다도 큰 자기 매체(2)와, 제 1 센서(51)와 제 2 센서(52) 각각이 4개의 SVGMR 소자로 구성되어 있는 자기 센서(6)를 갖는 자기 인코더를 실시예 6에서 도 9를 참조하여 설명한다. 제 1 센서(51)는 SVGMR 소자(51a 내지 51d), 제 2 센서(52)는 SVGMR 소자(52a 내지 52d)로 구성되어 있다. 제 1과 제 2 센서 각각의 SVGMR 소자 간격을 제 1 자화 영역 길이와 제 2 자화 영역 길이의 평균인 λ 로 하고, 제 1 센서의 제 4 SVGMR 소자(51d)와 제 2 센서의 제 1 SVGMR 소자(52a)는 $\lambda/2$ 때 배치하고 있다. 도 9의 SVGMR 소자(51c부터 52b)의 부분과 대향하는 자기 매체 부분은 실시예 2의 도 4와 같기 때문에 동작의 설명을 생략한다. 제 1 센서(51)와 제 2 센서(52)에 있는 SVGMR 소자수를 늘리는 것으로, 지터(위상 어긋남)를 작게 할 수 있다. 도 9에서 자기 매체(2)의 제 1 자화 영역(211 내지 214), 제 2 자화 영역(221 내지 224) 각각의 길이를 λ_{11} 내지 λ_{14} , λ_{s1} 내지 λ_{s4} 와 λ_1 과 λ_s 로 번호를 붙였다. λ_{11} 내지 λ_{14} 가 완전히 같은 길이이고, λ_{s1} 내지 λ_{s4} 가 완전히 같은 길이이면 지터는 일어나지 않지만, 길이가 다르면 재생된 전기 신호에 지터가 생기고, 검출 정밀도의 저하가 된다. SVGMR 소자수를 늘리는 것으로, 자기 매체의 자화 영역 길이의 변동을 보상할 수 있기 때문에, 지터를 저감할 수 있다. 실시예 6에서는 실시예 2와 비교하여, 지터가 1 내지 1.5% 개선되었다.

도 10에, SVGMR 소자(51a 내지 52d)의 접속을 등가 회로로 도시한다. 제 1 센서(51)의 SVGMR 소자(51a 내지 51d)를 직렬로 접속하고, 마찬가지로 제 2 센서(52)의 SVGMR 소자(52a 내지 52d)를 직렬로 접속하였다. 제 1 센서(51)의 SVGMR 소자(51d)와 제 2 센서(52)의 SVGMR 소자(52a)의 각 일단을 접속하고, 접속점을 출력 단자에 접속하여 중점 전위를 취출하였다. 제 1 센서(51)의 SVGMR 소자(51a)의 타단을 전원 V_{cc} 에, 제 2 센서(52)의 SVGMR 소자(52d)의 타단을 GND에 떨어뜨렸다.

EXAMPLE 7

실시에 7은 실시예 6과 같은 수의 SVGMR 소자(51a 내지 52d)를 갖고, 제 1 센서의 제 1 SVGMR 소자(51a)와 제 2 SVGMR 소자(51b)의 사이에 제 2 센서의 제 1 SVGMR 소자(52a)를 배치한 자기 센서를 가지는 자기 인코더이다. 도 11을 참조하여 자기 센서의 구조와 동작을 설명한다. 제 1 센서의 제 1 SVGMR 소자(51a)와 제 2 SVGMR 소자(51b)의 사이에 제 2 센서의 제 1 SVGMR 소자(52a)를 제 1 센서의 제 1 SVGMR 소자(51a)로부터 $\lambda/2$ 떼어 배치한 구조이기 때문에, SVGMR 소자(51a 내지 52d)의 배치 길이가 실시예 6에 비해 대략 반이 되고, 자기 센서의 소형화가 실현되었다. 이 실시예에 있어서도 자기 매체(2)의 제 1 자화 영역(21)의 길이와 제 2 자화 영역(22)의 길이의 평균을 λ 로 하고 있다. 제 1 자화 영역 길이가 제 2 자화 영역 길이보다도 길기 때문에, 제 1 자화 영역 길이를 λ_1 , 제 2 자화 영역 길이를 λ_2 로 나타낸다. SVGMR 소자(51a 내지 52d)의 접속의 등가 회로는 도 10과 같다. 도 11a에서, 자기 센서(6)가 화살 표시 방향으로 이동하였을 때, 제 1 센서의 SVGMR 소자(51a 내지 51d)가 자기 매체(2)로부터의 누설 자계를 받아, SVGMR 소자(51a와 51c)는 도 11b, SVGMR 소자(51b와 51d)는 도 11c로 도시하는 바와 같이 전기 저항이 변화한다. SVGMR 소자(52a와 52c)는 도 11b보다도 $\lambda/2$ 진행하고, SVGMR 소자(52b와 52d)는 도 11c보다도 $\lambda/2$ 진행하고 있다. 각 SVGMR 소자의 전기 저항의 최대치를 R1, 최소치를 R2라고 하고 있다. 도 11d에 SVGMR 소자(51a 내지 51d)의 합성 전기 저항(제 1 센서의 전기 저항에 상당)을 도시한다. 도 11b와 도 11c에 도시하는 SVGMR 소자(51a와 51c, 51b와 51d) 각각의 전기 저항은 주기 2λ 이지만, SVGMR 소자(51a 내지 51d)를 소자 간극 λ 로 배치하고 있기 때문에 SVGMR 소자(51a 내지 51d)의 합성 전기 저항은 최대 저항 변화가 R1-R2이고 주기 λ 가 되었다. 마찬가지로 제 2 센서의 합성 전기 저항은 도 11e에 도시하는 바와 같이 주기 λ 이고, 도 11d의 합성 전기 저항으로부터 위상차 $\lambda/2$ 로 되어 있다. 자기 센서(6)의 출력인 중점 전위(V_{out})는 도 11f에 도시하는 바와 같이 주기 λ 을 가지는 전기 신호를 얻을 수 있었다. 제 1 센서와 제 2 센서 각각 4개의 SVGMR 소자를 가진 본 실시예의 자기 인코더에서는 본 실시예와 마찬가지로 제 1 센서의 제 1 SVGMR 소자와 제 2 SVGMR 소자의 사이에 제 2 센서의 제 1 SVGMR 소자를 배치하고, 제 1 센서와 제 2 센서 각각 2개의 SVGMR 소자를 가진 실시예 4의 자기 인코더와 비교하여, 지터가 1 내지 1.5% 개선되었다.

발명의 효과

본 발명에 따라, SVGMR 소자로 이루어지는 자기 센서와 교대로 역방향으로 자화된 자화가 연속하여 설치되어 있는 자기 매체를 갖는 자기 인코더가 제공되며, 자기 매체의 자화 영역 주기의 반(半) 길이의 주기를 가진 전기 신호를 얻을 수 있는 동시에, 자기 센서의 저소비전력화와 꺾 변동에 대하여 안정된 출력 특성을 얻을 수 있는 자기 인코더를 제공한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 의한 SVGMR 소자를 사용한 자기 인코더의 사시 모식도.

도 2는 본 발명에 사용한 SVGMR 소자를 설명하는 모식도.

도 3a와 도 3b는 SVGMR 소자에 인가되는 외부 자계(H)와 전기 저항(R)의 관계를 설명하는 그래프이고, 도 3c는 결합형 GMR 소자에 인가되는 외부 자계(H)와 전기 저항(R)의 관계를 설명하는 그래프, 도 3d는 이방성 자기 저항 소자에 인가되는 외부 자계(H)와 전기 저항(R)의 관계를 설명하는 그래프.

도 4a는 제 1 자화 영역 길이가 제 2 자화 영역 길이보다도 큰 자기 매체를 가지는 본 발명에 의한 실시예 2의 자기 인코더의 구조와 동작을 설명하는 도면, 도 4b는 제 1 센서의 SVGMR 소자의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 도 4c는 제 1 센서의 별도의 SVGMR 소자의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 도 4d는 제 1 센서의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 도 4e는 제 2 센서의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 도 4f는 제 1 센서와 제 2 센서의 중점 전위 출력을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 도 4g는 2개의 SVGMR 소자의 저항의 기습이 겹치는 상황을 설명하는 그래프.

도 5는 실시예 2의 SVGMR 소자의 접속을 등가 회로로 도시하는 도면.

도 6a는 제 1 자화 영역 길이가 제 2 자화 영역 길이보다도 작은 자기 매체를 가지는 본 발명에 의한 실시예 3의 자기 인코더의 구조와 동작을 설명하는 도면, 도 6b는 제 1 센서의 SVGMR 소자의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 도 6c는 제 1 센서의 별도의 SVGMR 소자의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프.

프, 도 6d는 제 1 센서의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 도 6e는 제 2 센서의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 그리고 도 6f는 제 1 센서와 제 2 센서의 중점 전위 출력을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프.

도 7a는 제 1 센서의 제 1 SVGMR 소자와 제 2 SVGMR 소자의 사이에 제 2 센서의 제 1 SVGMR 소자를 배치한 자기 센서를 갖는 본 발명에 의한 실시예 4의 자기 인코더의 구조와 동작을 설명하는 도면, 도 7b는 제 1 센서의 SVGMR 소자의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 도 7c는 제 1 센서의 별도의 SVGMR 소자의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 도 7d는 제 1 센서의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 도 7e는 제 2 센서의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 그리고 도 7f는 제 1 센서와 제 2 센서의 중점 전위 출력을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프.

도 8은 SVGMR 소자를 갖는 본 발명의 자기 인코더 및 결합형 GMR 소자를 갖는 비교예의 자기 인코더이고, 공극 길이에 대한 자기 센서 출력의 관계(갭(gap) 특성)를 도시하는 그래프.

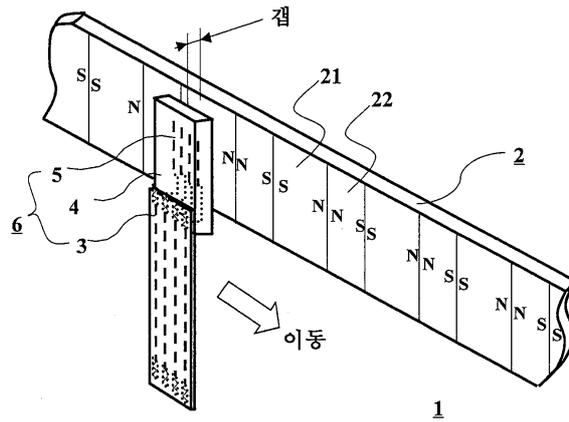
도 9는 제 1 센서와 제 2 센서 각각이 4개의 SVGMR 소자로 구성되어 있는 자기 센서를 갖는 본 발명의 실시예 6의 자기 인코더 구조를 설명하는 도면.

도 10은 실시예 6의 SVGMR 소자의 접속을 등가 회로로 도시하는 도면.

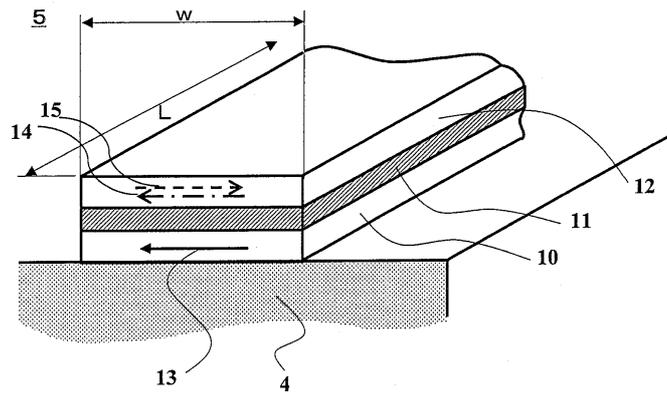
도 11a는 제 1 센서와 제 2 센서 각각이 4개의 SVGMR 소자로 구성되어 있고, 제 1 센서의 제 1 SVGMR 소자와 제 2 SVGMR 소자의 사이에 제 2 센서의 제 1 SVGMR 소자를 배치한 자기 센서를 갖는 본 발명에 의한 실시예 7의 자기 인코더의 구조와 동작을 설명하는 도면, 도 11b는 제 1 센서의 SVGMR 소자의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 도 11c는 제 1 센서의 별도의 SVGMR 소자의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 도 11d는 제 1 센서의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 도 11e는 제 2 센서의 전기 저항을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프, 그리고 도 11f는 제 1 센서와 제 2 센서의 중점 전위 출력을 자기 매체 상의 위치와의 관계로 설명하는 그래프.

도면

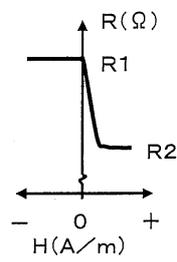
도면1



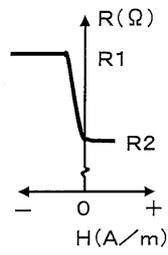
도면2



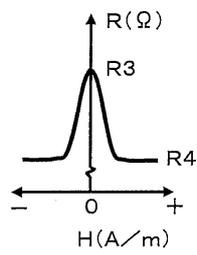
도면3a



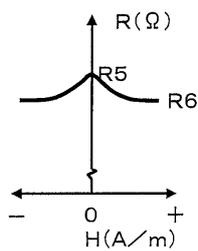
도면3b



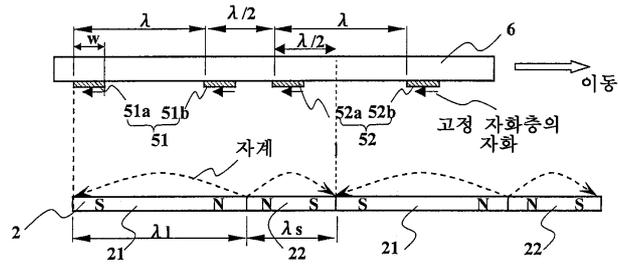
도면3c



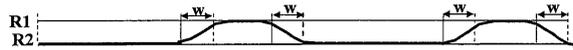
도면3d



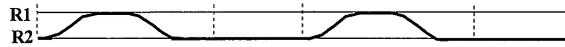
도면4a



도면4b



도면4c



도면4d



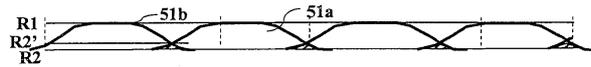
도면4e



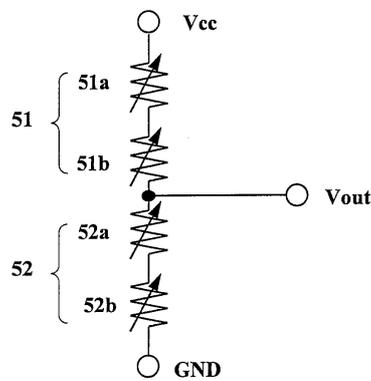
도면4f



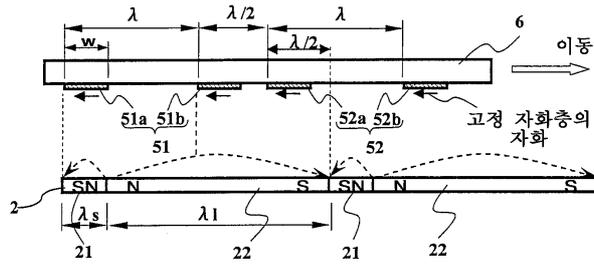
도면4g



도면5



도면6a



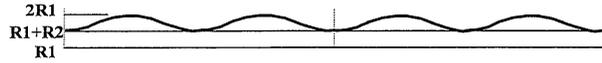
도면6b



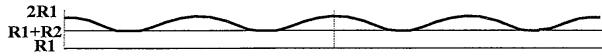
도면6c



도면6d



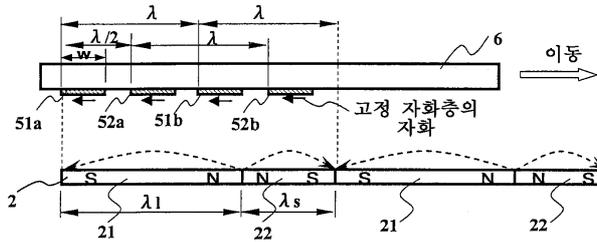
도면6e



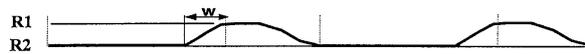
도면6f



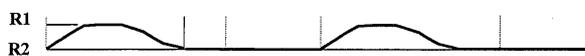
도면7a



도면7b



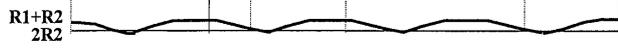
도면7c



도면7d



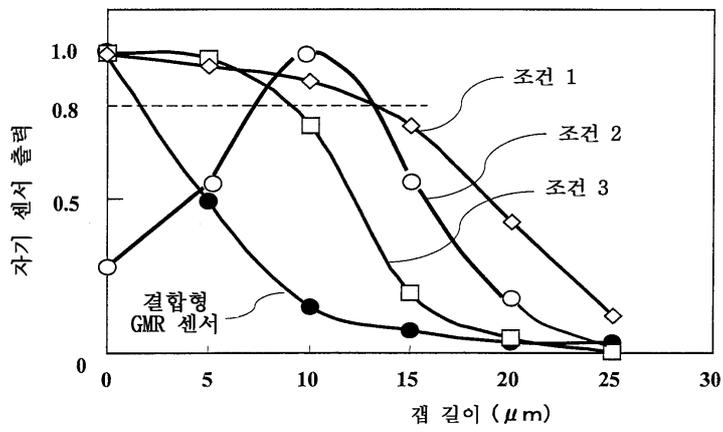
도면7e



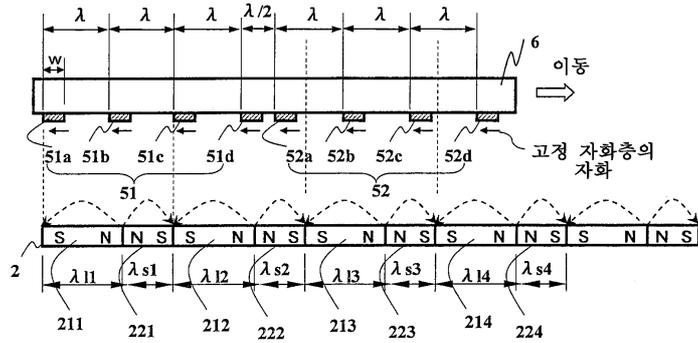
도면7f



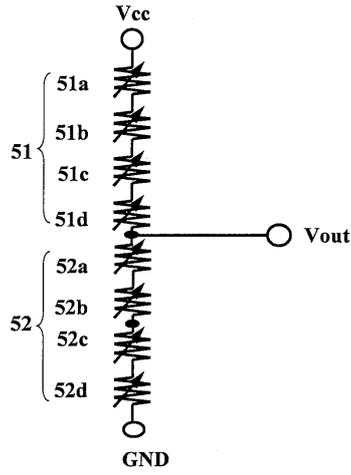
도면8



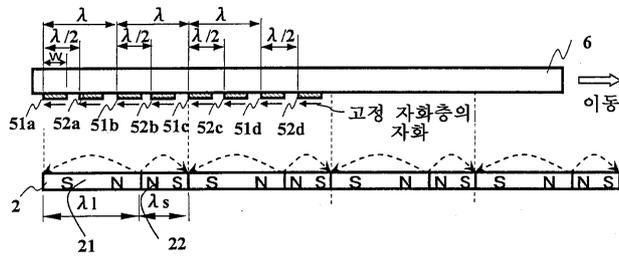
도면9



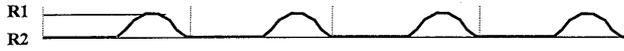
도면10



도면11a



도면11b



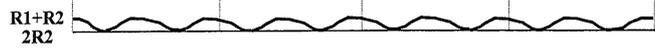
도면11c



도면11d



도면11e



도면11f

