



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0015593
(43) 공개일자 2009년02월12일

(51) Int. Cl.

G11B 5/00 (2006.01) G11B 5/02 (2006.01)

G11B 9/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0080032

(22) 출원일자 2007년08월09일

심사청구일자 2007년08월09일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

유천열

인천 연수구 동춘동 동아APT 115-1001

(74) 대리인

권혁수, 송윤희, 오세준

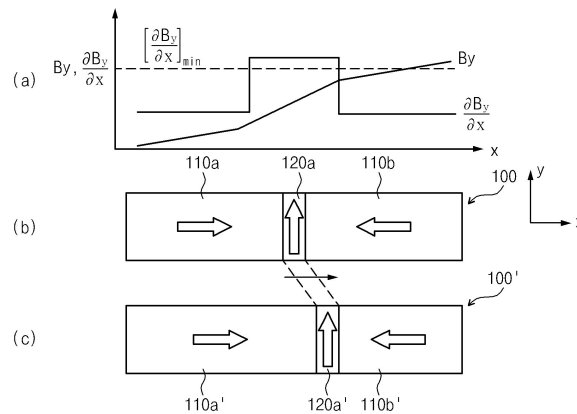
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 자속밀도인가 자력이동 기억 장치, 그 동작 방법 및 그 형성 방법

(57) 요약

본 발명은 자속밀도인가 자력이동 기억 장치, 그 동작 방법 및 그 형성 방법에 관한 것이다. 본 발명의 기억 장치는 복수의 자구들 및 적어도 하나의 자벽을 포함하는 정보저장패턴, 및 정보저장패턴에 구동 자속밀도를 생성하는 적어도 하나의 구동 패턴을 포함하되, 구동 자속밀도에 의하여 정보저장패턴의 자벽이 이동한다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

복수의 자구들 및 적어도 하나의 자벽을 포함하는 정보저장패턴; 및
상기 정보저장패턴에 구동 자속밀도를 생성하는 적어도 하나의 구동 패턴을 포함하되,
상기 구동 자속밀도에 의하여 상기 정보저장패턴의 자벽이 이동하는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 구동 자속밀도는 상기 정보저장패턴의 진행 방향에서의 위치변화에 따라 다른 세기를 가지는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 정보저장패턴에 포함된 자벽들은 같은 자화 방향을 갖는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 정보저장패턴의 상기 자벽들의 자화방향을 같은 방향으로 정렬하는 자벽 정렬 구조체를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 구동 자속밀도는 상기 정보저장패턴의 진행 방향을 따라 주기적인 공간 분포를 갖는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 자벽의 자화 방향과 상기 자구의 자화 방향은 서로 수직한 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 자구들의 자화방향을 상기 정보저장패턴의 진행 방향과 평행 또는 반평행 한 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 정보저장패턴의 주위에 배치되어, 상기 자구의 자화 방향을 변경시키는 쓰기 구조체를 더 포함하는 기억 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,
상기 쓰기 구조체는 상기 정보저장패턴의 진행 방향과 평행 또는 반평행 방향으로 자구들을 자화시키는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 정보저장패턴의 주위에 배치되어, 상기 자구의 자화 방향을 관측하는 재생 구조체를 더 포함하는 기억 장치.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 정보저장패턴은 그 진행 방향을 따라 배열되는 복수개의 단위영역들을 구비하고, 상기 단위영역들 각각은 하나의 단위 자구, 또는 하나의 단위 자구 및 상기 단위 자구에 인접한 하나의 자벽을 포함하되,

상기 구동 자속밀도는 상기 정보저장패턴의 진행 방향을 따라 상기 단위 영역의 길이 또는 그 길이의 정수배를 공간적 주기로 갖는 주기적인 공간 분포를 갖는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 단위 영역에 대응되는 복수의 상기 구동 패턴을 포함하되,

상기 구동 패턴은 상기 단위 영역들 각각에 대응되도록 배치되되,

상기 단위 영역들 각각에 대응되는 상기 구동 패턴들은 서로 동일한 구조를 가지는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 구동 자속밀도는 상기 구동 자속 밀도의 크기의 최대값을 가지는 점 또는 상기 구동 자속밀도의 그래디언트의 부호가 바뀌는 점을 적어도 하나 가지는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 구동 자속밀도의 크기는 상기 자구의 자화 방향의 변경을 위해 요구되는 최대 세기 미만이고, 상기 자벽을 이동시키기 위한 최소 세기 이상인 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 정보저장패턴은 강자성체(ferromagnetic material), 강자성체 합금(ferromagnetic material alloy), 및 페리자성체(ferri-magnetic material) 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 정보저장패턴은 비자성체 및 반강자성체 중에서 적어도 하나를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 정보저장패턴은 스트립라인(strip line) 형태, 개방 루프(open loop) 형태 및 굴곡진(serpentine) 형태 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 18

제 1 항에 있어서,

상기 구동 패턴은 상기 정보저장패턴의 진행 방향과 소정의 각도를 가지고 가로지르는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 19

제 1 항에 있어서,

상기 구동 패턴은 비균일한 공간적 분포를 갖도록, 비균일한 너비를 갖는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 20

제 1 항에 있어서,

상기 정보저장패턴의 진행 방향을 따라 주기적인 자속밀도를 인가하도록 상기 구동 패턴은 상기 정보저장패턴의 진행 방향을 따라 진행하되,

상기 구동 패턴은 주기적인 자속밀도를 인가하도록 구동 패턴의 너비 및 두께 중에서 적어도 하나가 주기적으로 변하는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 21

제 1 항에 있어서,

상기 정보저장패턴은 상기 자벽의 피닝을 위한 피닝 영역을 갖는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 정보저장패턴의 상기 피닝 영역은 상기 피닝 영역에 인접한 영역과 다른 너비, 두께, 물질 조성, 곡률, 및 물리적 특성 중에서 적어도 하나에서 다른 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 23

제 21 항에 있어서,

상기 정보저장패턴 주위에 배치되는 피닝 구조체를 더 포함하되,

상기 피닝 구조체는 상기 피닝 영역의 주위에 다층 박막, 스프링 마그네트 (spring magnet), 반강자성체, 및 연자성체 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 24

제 1 항에 있어서,

상기 구동 패턴의 주위에 배치되어 상기 구동 패턴에 의하여 형성된 자속밀도를 차폐시키는 차폐구조체를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 25

제 1 항에 있어서,

상기 정보저장패턴 및 상기 구동 패턴 사이에 배치되어, 상기 구동패턴에 의해 생성되는 자속밀도의 공간적 분포를 변화시키는 연자성체 패턴을 더 포함하되,

상기 연자성체 패턴은 상기 구동 자속밀도를 상기 정보저장패턴의 진행 방향에서의 위치 변화에 따라 다른 세기를 갖도록 만드는 것을 특징으로 하는 기억 장치.

청구항 26

상기 구동 패턴에 흐르는 전류는 시간에 따라 변하는 것을 특징으로 하는 제1 항에 개시된 기억 장치의 동작 방법.

청구항 27

상기 구동 패턴에 흐르는 전류는 펄스로 인가되는 것을 특징으로 하는 제 1항에 개시된 기억 장치의 동작 방법.

청구항 28

기관 상에 복수의 자구들 및 적어도 하나의 자벽을 포함하는 정보저장패턴을 형성하는 단계; 및

상기 정보 저장 패턴 주위에, 상기 정보저장패턴에 구동 자속밀도를 생성하는 적어도 하나의 구동 패턴을 형성하는 단계를 포함하되,

상기 구동 자속밀도에 의하여 상기 정보저장패턴의 자벽이 이동하는 것을 특징으로 하는 기억 장치의 형성 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 기억장치에 관한 것으로, 더 구체적으로 자속밀도 인가 자벽이동 기억 장치에 관한 것이다.

배경 기술

<2> 기억 장치에는 디램(DRAM), 에스램(SRAM), 플래시 기억 장치(Flash memory device), 자기 하드 디스크(magnetic hard disk)등이 있다. 상기 플래시 기억 장치의 장점은 비휘발성이나, 단점은 가격이 비싸고 대용량화가 어렵다는 것이다. 상기 자기 하드 디스크의 장점은 높은 기록 밀도 및 비휘발성을 가지나, 단점은 기계적으로 움직이는 헤드를 가져 충격에 약하다. 따라서, 상기 하드 디스크는 이동성 저장장치로서 사용되기 부적합하다.

<3> 한편, 전류 인가 자벽이동 기억 장치(current driven magnetic domain wall movement memory device)는 복수의 자구들을 갖는 정보저장패턴(data storage pattern)을 구비한다. 상기 자구들(magnetic domains)은 자벽(magnetic domain wall)이라 불리는 경계면에 의해 구분될 수 있으며, 자구들은 서로 다른 자화 방향(magnetization direction)을 가질 수 있다. 상기 정보저장패턴에 소정의 전류(current)가 흐를 경우, 소정 자구에 기록된 정보는 인접한 다른 자구로 연속적으로 이동할 수 있다. 이러한 현상을 전류인가 자벽이동 현상이라고 불린다. 다만, 상기 전류인가 자벽이동 기억 장치는 상기 자구 또는 자벽의 이동 속도가 느리다. 따라서, 기억 장치로 사용함에 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<4> 본 발명의 일 기술적 과제는 대용량화가 가능하고, 외부 충격에 강하며, 고속동작이 가능한 자벽이동 기억 장치를 제공하는 것이다.

<5> 본 발명의 일 기술적 과제는 대용량화가 가능하고, 외부 충격에 강하며, 고속동작이 가능한 자벽이동 기억 장치의 동작 방법을 제공하는 것이다.

<6> 본 발명의 일 기술적 과제는 대용량화가 가능하고, 외부 충격에 강하며, 고속동작이 가능한 자벽이동 기억 장치의 형성 방법에 관한 것이다.

과제 해결수단

<7> 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 이 장치는 복수의 자구들 및 적어도 하나의 자벽을 포함하는 정보저장패턴, 및 상기 정보저장패턴에 구동 자속밀도를 생성하는 적어도 하나의 구동 패턴을 포함하되, 상기 구동 자속

밀도에 의하여 상기 정보저장패턴의 자벽이 이동한다.

- <8> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 구동 자속밀도는 상기 정보저장패턴의 진행 방향에서의 위치변화에 따라 다른 세기를 가질 수 있다.
- <9> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴에 포함된 자벽들은 같은 자화 방향을 가질 수 있다.
- <10> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴의 상기 자벽들의 자화방향을 같은 방향으로 정렬하는 자벽 정렬 구조체를 더 포함할 수 있다.
- <11> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 구동 자속밀도는 상기 정보저장패턴의 진행 방향을 따라 주기적인 공간 분포를 가질 수 있다.
- <12> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 자벽의 자화 방향과 상기 자구의 자화 방향은 서로 수직할 수 있다.
- <13> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 자구들의 자화방향을 상기 정보저장패턴의 진행 방향과 평행 또는 반평행 할 수 있다.
- <14> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴의 주위에 배치되어, 상기 자구의 자화 방향을 변경시키는 쓰기 구조체를 더 포함할 수 있다.
- <15> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 쓰기 구조체는 상기 정보저장패턴의 진행 방향과 평행 또는 반평행 방향으로 자구들을 자화시킬 수 있다.
- <16> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴의 주위에 배치되어, 상기 자구의 자화 방향을 판독하는 재생 구조체를 더 포함할 수 있다.
- <17> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴은 그 진행 방향을 따라 배열되는 복수개의 단위영역들을 구비하고, 상기 단위영역들 각각은 하나의 단위 자구, 또는 하나의 단위 자구 및 상기 단위 자구에 인접한 하나의 자벽을 포함하되, 상기 구동 자속밀도는 상기 정보저장패턴의 진행 방향을 따라 상기 단위 영역의 길이 또는 그 길이의 정수배를 공간적 주기로 갖는 주기적인 공간 분포를 가질 수 있다.
- <18> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 단위 영역에 대응되는 복수의 상기 구동 패턴을 포함하되, 상기 구동 패턴은 상기 단위 영역들 각각에 대응되도록 배치되되, 상기 단위영역들 각각에 대응되는 상기 구동패턴들은 서로 동일한 구조를 가질 수 있다.
- <19> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 구동 자속밀도는 상기 구동 자속 밀도의 크기의 최대값을 가지는 점 또는 상기 구동 자속밀도의 그래디언트의 부호가 바뀌는 점을 적어도 하나 가질 수 있다.
- <20> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 구동 자속밀도의 크기는 상기 자구의 자화 방향의 변경을 위해 요구되는 최대 세기 미만이고, 상기 자벽을 이동시키기 위한 최소 세기 이상일 수 있다.
- <21> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴은 강자성체(ferromagnetic material), 강자성체 합금(ferromagnetic material alloy), 및 페리자성체(ferri-magnetic material) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- <22> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴은 비자성체 및 반강자성체 중에서 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.
- <23> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴은 스트립라인(strip line) 형태, 개방 루프(open loop) 형태 및 굴곡진(serpentine) 형태 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- <24> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 구동 패턴은 상기 정보저장패턴의 진행 방향과 소정의 각도를 가지고 가로지를 수 있다.
- <25> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 구동 패턴은 비균일한 공간적 분포를 갖도록, 비균일한 너비를 가질 수 있다.
- <26> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴의 진행 방향을 따라 주기적인 자속밀도를 인가하도록 상기 구동 패턴은 상기 정보저장패턴의 진행 방향을 따라 진행하되, 상기 구동 패턴은 주기적인 자속밀도를 인가하도록 구동 패턴의 너비 및 두께 중에서 적어도 하나가 주기적으로 변할 수 있다.

- <27> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴은 상기 자벽의 피닝을 위한 피닝 영역을 가질 수 있다.
- <28> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴의 상기 피닝 영역은 상기 피닝 영역에 인접한 영역과 너비, 두께, 물질 조성, 곡률, 및 물리적 특성 중에서 적어도 하나에서 다른 것을 가질 수 있다.
- <29> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴 주위에 배치되는 피닝 구조체를 더 포함하되, 상기 피닝 구조체는 상기 피닝 영역의 주위에 다층 박막, 스프링 마그네트, 반강자성체, 및 연자성체 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- <30> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 구동 패턴의 주위에 배치되어 상기 구동 패턴에 의하여 형성된 자속밀도를 차폐시키는 차폐구조체를 더 포함할 수 있다.
- <31> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴 및 상기 구동 패턴 사이에 배치되어, 상기 구동패턴에 의해 생성되는 자속밀도의 공간적 분포를 변화시키는 연자성체 패턴을 더 포함하되, 상기 연자성체 패턴은 상기 구동 자속밀도를 상기 정보저장패턴의 진행 방향에서의 위치 변화에 따라 다른 세기를 갖도록 만들 수 있다.
- <32> 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 이 방법은 제1 항에 개시된 기억 장치의 상기 구동 패턴에 흐르는 전류는 시간에 따라 변한다.
- <33> 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 이 방법은 제1 항에 개시된 기억 장치의 상기 구동 패턴에 흐르는 전류는 펄스로 인가될 수 있다.
- <34> 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 이 방법은 기판 상에 복수의 자구들 및 적어도 하나의 자벽을 포함하는 정보저장패턴을 형성하는 단계, 및 상기 정보 저장 패턴 주위에, 상기 정보저장패턴에 구동 자속밀도를 생성하는 적어도 하나의 구동 패턴을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 구동 자속밀도에 의하여 상기 정보저장패턴의 자벽이 이동한다.

효 과

- <35> 본 발명에 따르면, 정보저장패턴에 불균일한 구동 자속밀도가 인가된다. 이에 따라, 상기 정보저장패턴의 자벽들이 이동할 수 있다. 이러한 현상을 이용하면, 상기 정보저장패턴은 기억소자로서 이용될 수 있다. 자속밀도 인가 자벽이동 기억 장치는 상기 자벽이 이동 속도가 빠르고, 비휘발성이다. 따라서, 대용량 기억 장치로 이용될 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <36> 상기 정보저장패턴에 불균일한 자속밀도가 인가되는 경우, 자벽은 인접한 다른 영역으로 연속적으로 이동될 수 있다. 이 출원에서는 이러한 현상을 자속밀도 인가 자벽이동(magnetic flux density driven magnetic domain wall movement) 현상으로 부를 것이다. 본 발명에서 상기 자속밀도인가 자벽이동 현상을 이용한 기억 장치를 제안한다.
- <37> 각 자구의 자화 방향(magnetization direction)은 상기 정보저장패턴의 일 측에 배치되는 쓰기 구조체로부터 인가되는 자속밀도(magnetic flux density)에 의하여 바뀔 수 있고, 서로 평행(parallel) 또는 반평행(anti-parallel)한 상태들 중의 하나일 수 있다. 이처럼, 자구의 자화 방향이 가변적이면서 평행(parallel) 또는 반평행(anti parallel) 두 가지 상태를 가질 수 있다는 점에서, 자구의 자화 방향은 이진 정보(binary data)로서 이용될 수 있다.
- <38> 이때, 상기 자구들은 정보가 저장될 수 있는 독립된 영역이라는 점에서, 하나의 정보저장패턴에는 복수 개의 정보들이 기록될 수 있다. 이에 더하여, 상기 자구는 복수의 단위 자구들로 구분될 수 있고, 상기 단위 자구에 정보가 저장될 수 있다. 또한, 자구들은 자벽을 경계로 연속적으로 배열된다는 점에서, 자벽 이동 기억 장치는 정보가 저장되는 영역들(예를 들면, 플로팅 게이트 전극들(floating gate electrodes)의 공간적 분리를 요구하는 플래시 기억 장치에 비하여 더 높은 정보 저장 밀도를 구현할 수 있다. 또한, 자벽 이동 기억 장치는 반도체 결정을 이용하는 트랜지스터를 사용할 필요가 없어 3차원적 적층 구조(stacked structure)가 용이하다.
- <39> 상기 자속밀도인가 자벽이동 현상은 정보저장패턴 내에서 자구들에 기록된 데이터의 훼손 없이 데이터가 기록된 자구들의 위치를 변화시킨다. 상기 자속밀도인가 자벽이동 현상을 이용하면, 소정 단위 자구에 기록된 데이터를 변경하기 위해, 자기 하드 디스크의 경우처럼 기록 전극 구조체를 기계적으로 이동시킬 필요가 없다. 이에 따라, 자속밀도인가 자벽이동 현상을 이용하는 기억 장치는 외부 충격에 강하다.

- <40> 구체적으로, 이러한 데이터 변경은, 상기 자속밀도 인가 자벽이동 현상을 이용하여, 변경하고자 하는 데이터를 상기 쓰기 구조체에 인접한 단위 자구로 이동시킨 후, 상기 쓰기 구조체를 이용하여 해당 데이터를 변경하는 과정을 통하여 수행될 수 있다.
- <41> 또한, 데이터의 재생은, 상기 자속밀도 인가 자벽이동 현상을 이용하여, 읽고자 하는 데이터를 재생구조체에 인접한 단위 자구로 이동시킨 후, 상기 재생 구조체를 이용하여 해당 데이터를 읽는 과정을 통하여 수행될 수 있다.
- <42> 본 발명에 따른 자속밀도인가 자벽 이동 기억 장치는 상술한 전류 인가 자벽 이동 기억 장치보다 빠른 이동 속도를 확보할 수 있어, 비휘발성 휴대용 대용량 기억 장치로서 유리하다.
- <43> 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되어진 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되어지는 것이다. 도면들에서, 층 및 영역들의 두께는 명확성을 기하기 위하여 과장되어진 것이다. 또한 층 다른 층 또는 기판 "상"에 있다고 언급되어지는 경우에 그것은 다른 층 또는 기판 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 층이 개재될 수도 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다. 명세서 전체에 걸쳐서, 자화방향을 나타내는 화살표는 자벽 혹은 자구 내부의 대표적인 자화방향을 나타내며, 구체적인 자벽 혹은 자구 내부의 자화방향은 생략한다.
- <44> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자벽이동 기억 장치의 동작원리를 설명하기 위한 도면이다.
- <45> 자속밀도인가 자벽이동 기억 장치는 정보저장패턴(100)과 상기 정보저장패턴(100)에 자속밀도를 인가하는 구동 패턴(미도시, driving pattern)을 포함할 수 있다. 상기 정보저장패턴(100)은 복수의 자구들(110)과 자벽들(120)로 구분될 수 있다. 인접한 한 쌍의 서로 다른 자화 방향을 가지는 상기 자구들(110)의 사이에는 자벽(120)이 있을 수 있다. 상기 자구(110) 및 자벽(120)은 상기 정보저장패턴(100) 내에서 이동할 수 있다.
- <46> 상기 자구들(110)은 적어도 하나 이상의 단위 자구(unit magnetic domain)를 포함할 수 있다. 상기 단위 자구는 정보를 저장할 수 있는 최소 영역을 의미한다. 자구(110)가 복수의 단위 자구(110b, 110c)를 구비하고, 상기 단위 자구들(110b, 110c) 사이에 자벽을 포함하지 않을 수 있다.
- <47> 상기 정보 저장 패턴(100)은 복수의 단위영역들을 구비하고, 상기 단위영역들 각각은 하나의 단위 자구(110a)를 포함한다. 다만, 서로 연속하는 상기 단위 자구들(110a, 110b)의 자화방향이 서로 다른 경우, 상기 단위 영역은 하나의 상기 자구(110) 일측에 형성되는 하나의 자벽(120)을 더 포함할 수 있다. 상기 단위 영역은 단위 셀(cell)이라 불린다.
- <48> 구체적으로, 상기 단위 자구들(110b, 110c)의 자화 방향이 같은 방향으로 연속적으로 배치된 경우, 상기 단위 자구들 사이의 자벽(120)은 형성되지 않을 수 있다. 이 경우, 상기 단위 셀 또는 단위 영역은 하나의 상기 단위 자구(110b)만을 포함할 수 있다.
- <49> 도 1을 참조하면, 상기 정보저장패턴(100)은 박막의 형태일 수 있다. 상기 단위 영역들이 배치되는 방향을 진행 방향으로 한다. 또한, 상기 진행 방향은 상기 정보저장패턴(100)의 위치에 따라 방향이 변할 수 있다.
- <50> 본 발명의 일 실시예에 따른 진행 방향은 x축 방향일 수 있다. 또한, 상기 정보저장 패턴(100)은 두께(t)와 너비(w)를 가질 수 있다. 상기 정보저장패턴(100)은 스트립라인(strip line)의 형태를 가질 수 있다. 상기 정보 저장패턴(100)이 진행 방향에 수직하게 절단하면, 절단된 면은 직사각형의 형태를 가질 수 있다. 이 경우, 상기 직사각형의 한 변의 길이가 긴 것을 너비로 하고, 짧은 것을 두께로 한다. 다만, 상기 절단된 면이 직사각형이 아닐 경우에는, 직사각형으로 근사하여 계산될 수 다. 또한, 정보 저장 패턴(100)의 평면은 박막의 형태를 가진 상기 정보저장패턴(100)의 각 자구(110)의 위치에서 너비 방향의 단위 벡터와 진행 방향의 단위 벡터에 의하여 정의되는 평면이다.
- <51> 도 1을 참조하면, 상기 정보저장패턴(100)은 복수의 자구들(110)과 상기 자구들 사이의 자벽(120)으로 구성될 수 있다. 이웃한 자구들(110)의 자화 방향이 서로 반대 방향일 수 있다. 이 경우, 상기 이웃한 자구들(110) 사이의 자벽 (120)의 자화 방향은 이웃한 자구들의 교환 상호 작용 에너지(exchange interaction energy), 자기 이방성 에너지(magnetic anisotropy energy), 및 정자기 에너지(static magnetic energy) 등에 의한 계의 총 에너지가 최소화 되도록 배치될 수 있다. 또한, 상기 자벽(120)의 자화 방향은 정보저장패턴(100)의 두께와 너비 등의 기하학적 구조 및 정보저장패턴(100)의 포화 자화량(Saturation Magnetization), 자기 이방성

에너지(magnetic anisotropy energy) 등에 의하여 결정될 수 있다.

<52> 상기 자벽은 닐 자벽(Neel domain wall), 블로크 자벽(Bloch domain wall), 또는 보텍스 자벽(vortex domain wall), 가로 자벽(transverse domain wall) 등으로 구별될 수 있다. 상기 블로크 자벽의 자화 방향은 상기 정보저장패턴(100)의 평면에 수직일 수 있다. 또한 상기 닐 자벽 또는 상기 가로 자벽의 자화 방향은 상기 정보저장패턴(100)의 평면에 평행할 수 있다. 다만, 상기 블로크 자벽과 상기 닐 자벽은 인접한 자구들(110)의 자화 방향과 수직할 수 있다. 상기 보텍스 자벽의 코어(core)는 상기 정보저장패턴(100)의 평면에 수직일 수 있다. 상기 자벽(120)은 상기 정보저장패턴(100)의 두께, 너비, 물질, 온도 등을 제어함으로써 결정될 수 있다.

<53> 도 1을 참조하면, 상기 정보저장패턴(100)은 스트립라인(strip line)의 형태를 가질 수 있다. 상기 정보저장패턴(100)의 자구들(110)의 자화방향은 상기 진행 방향에 평행 또는 반평행할 수 있다. 또한, 상기 자벽(120)의 자화 방향은 +y축 방향 또는 -y축 방향 일 수 있다. 한편, 상기 정보저장패턴(100) 상에서 y축 방향 성분의 자속밀도(By)가 있고, 상기 By는 x축 방향으로 그래디언트(gradient, $\frac{\partial B_y}{\partial x}$)를 가지는 경우, 상기 정보저장패턴(100)의 상기 자벽(120)에 작용하는 힘은 근사적으로 다음과 같이 주어질 수 있다.

수학식 1

<54>
$$\vec{F} = \nabla(\vec{m} \cdot \vec{B}) = \left(\frac{\partial}{\partial x} \hat{a}_x + \frac{\partial}{\partial y} \hat{a}_y + \frac{\partial}{\partial z} \hat{a}_z \right) (m_x B_x + m_y B_y + m_z B_z)$$

수학식 2

<55>
$$\vec{F} \approx m_y \left(\frac{\partial B_y}{\partial x} \right) \hat{a}_x$$

<56> 여기서, 상기 자구(110)의 x 방향의 자화 성분은 고려하지 아니하고, 상기 자벽(120)의 자화 방향을 y 방향의 성분만으로 근사할 경우, 상기 자벽(120)에 작용하는 힘은 수학식 2와 같이 간단해 진다. 수학식1에서 $\vec{m}$ 은 상기 자벽(120)의 자기 쌍극자 모멘트(magnetic dipole moment)이고, $\vec{B}$ 는 자속밀도(또는 자기장, magnetic flux density)이다.

<57> 상기 구동 자속밀도($\vec{B}$)가 y축 성분을 가지고, $\frac{\partial B_y}{\partial x}$ 는 양의 값을 가지는 경우, 자기 쌍극자 모멘트($\vec{m}$)을 가지고 +y축 방향으로 자화된(magnetized) 상기 자벽(120)은 +x축 방향으로 힘을 받는다. 한편, 자기 쌍극자 모멘트($\vec{m}$)을 가지고 -y축 방향으로 자화된 자벽(120)은 -x축 방향으로 힘을 받는다.

<58> 따라서, +y축 방향으로 자화된 상기 자벽(120)은 +x축 방향으로 이동하고, -y축 방향으로 자화된 상기 자벽(120)은 -x축 방향으로 이동할 수 있다.

<59> 이웃한 상기 자벽들(120a, 120c)의 자화 방향이 서로 반대로 자화된 경우, 상기 자벽들(120a, 120c)의 이동에 의하여 상기 자구(110b, 110c)가 감소하여, 상기 자구(110b, 110c)가 소실될 수 있다. 이에 따라, 상기 자구(110)에 저장된 정보가 소실될 수 있다.

<60> 한편, 상기 자벽들(120)의 자화방향이 같은 방향으로 정렬된 경우, 상기 자벽들(120)은 같은 방향으로 이동할 수 있으므로, 상기 자구(120)에 기록된 정보의 소실 없이 상기 자구(120)의 위치를 이동시킬 수 있어 기억 장치로 이용될 수 있다.

<61> 상기 자구(110)가 복수의 단위 자구(110b, 110c)를 포함하는 경우, 상기 자구(110)에 인접한 자벽(120)이 이동함에 따라, 상기 자구(110)도 이동하게 된다. 따라서, 상기 자구(110)에 저장된 정보들은 소실되지 않는다.

<62> 구체적으로, 인접한 단위 자구들(110b, 110c)의 자화 방향이 같으면, 이들 사이에 자벽이 존재하지 않을 수 있다. 이 경우, 상기 단위 자구들(110b, 110c)의 진행 방향의 양측에 배치된 자벽들(120a, 120c)의 이동은 상기

단위 자구들(110b, 110c)을 이동시킬 수 있다.

<63> 상기 정보저장패턴(100)은 자화된 영역을 포함하되, 임시 정보 저장 영역을 더 포함할 수 있다. 상기 자화된 영역은 자구들(110)과 자벽(120)을 포함할 수 있고, 정보를 저장할 수 있다. 상기 임시 정보 저장 영역은 상기 자화된 영역에 저장된 정보를 임시로 저장할 수 있는 공간일 수 있다. 상기 임시 정보 저장 영역은 본 발명의 기억 장치의 구동 방법에 따라 다양하게 변형될 수 있다.

<64> 본 발명의 변형된 실시예에 의하면, 상기 자벽(120)의 자화방향과 상기 구동 자속밀도의 방향이 같은 방향인 것에 한하지 않고, 상기 자벽(120)이 공간적으로 불균일한 상기 구동 자속밀도에 의하여 이동할 수 있는 한, 다른 형태를 포함할 수 있다.

<65> 자속 밀도(magnetic flux density, 자기장, B)와 자계(magnetic field intensity, H)는 다음과 같은 관계가 있으므로, 자속밀도와 자계를 혼용하여 써도 무방하다.

<66>
$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

<67> 여기서, μ 는 투자율(permeability)이다.

<68> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도 인가 자벽이동 기억 장치에 불균일한 자속밀도를 인가한 경우의 자벽의 이동 현상을 설명하기 위한 도면이다.

<69> 도 2(a)를 참조하면, y축 성분을 가지는 구동 자속 밀도(B_y)가 있다. 이 경우, 상기 구동 자속밀도(B_y)는 양의 값을 가지고, 상기 구동 자속밀도(B_y)의 그래디언트($\frac{\partial B_y}{\partial x}$)가 양의 값을 가진 경우, y축 방향으로 자화된 자벽(120a)은 상기 구동 자속밀도(B_y)가 증가하는 +x축 방향으로 이동할 수 있다. 이에 따라, 상기 자벽(120)의 양측에 배치된 자구들(110a, 110b)도 같이 이동한다.

<70> 한편, y축 성분을 가지는 구동 자속밀도(B_y)는 양의 값을 가지나, 상기 구동 자속밀도(B_y)의 그래디언트($\frac{\partial B_y}{\partial x}$)가 음의 값을 가진 경우, +y축 방향으로 자화된 자벽(120)은 상기 구동 자속밀도(B_y)가 증가하는 -x축 방향으로 이동할 수 있다.

<71> 한편, y축 성분을 가지는 구동 자속밀도($B_y(x)$)는 음의 값을 가지나, 상기 구동 자속밀도(B_y)의 그래디언트($\frac{\partial B_y}{\partial x}$)가 음의 값을 가진 경우, +y축 방향으로 자화된 자벽(120)은 상기 구동 자속밀도(B_y)의 절대값이 감소하는 -x축 방향으로 이동할 수 있다.

<72> 한편, y축 성분을 가지는 구동 자속밀도(B_y)는 음의 값을 가지고, 상기 구동 자속밀도(B_y)의 그래디언트($\frac{\partial B_y}{\partial x}$)가 양의 값을 가진 경우, +y축 방향으로 자화된 자벽(120)은 상기 구동 자속밀도(B_y)의 절대값이 감소하는 +x축 방향으로 이동할 수 있다.

<73> 상기 자벽(120)의 에너지는 자신의 자화 방향과 평행한 구동 자속밀도의 절대값이 클수록, 혹은 반평행한 구동 자속밀도의 절대값이 작을수록 최소화된다. 이에 따라, 상기 자벽(120a)은 자신의 에너지를 최소화하는 방향으로 불균일한 구동 자속밀도에 의해서 이동한다.

<74> 상기 자벽(120a)은 이웃한 자구들(110a, 110b) 사이에서 안정된 상태를 유지할 수 있으므로, 상기 자벽(120a)이 이동하기 위하여는 최소한의 상기 구동 자속밀도(B_y)의 그래디언트($\left[\frac{\partial B_y}{\partial x}\right]_{\min}$)와 구동 자속 밀도의 세기($(B_y)_{\min}$)가 필요할 수 있다.

<75> 또한, 상기 자구(110a)의 자화 방향은 외부 자속밀도와 평행한 경우, 안정화된 에너지 상태를 이룰 수 있다. 따라서, 상기 외부 자속 밀도($\vec{B}$)가 소정의 임계 자속밀도(critical magnetic flux density) 보다 큰 경우, 상기 자구(110a)의 자화 방향은 상기 외부 자속 밀도의 방향으로 회전할 수 있다. 따라서, 이러한 자화 방향의

회전에 의한 데이터의 교란(disturbance)을 방지하기 위하여, 상기 외부 자속밀도($\vec{B}$)의 세기는 상기 임계 자속밀도보다 작을 필요가 있다.

- <76> 상기 외부 자속밀도가 상술한 자벽(120a)을 이동시키는 구동 자속밀도로 작용하는 경우, 상기 정보저장패턴(100)의 자구(110a)은 상기 구동 자속밀도($B_y(x)$)에 의하여 회전할 수 있다. 이 경우, 상기 자구(110a)에 기록된 데이터는 소실될 수 있다. 따라서, 상기 구동 자속밀도($B_y(x)$)의 세기는 상기 자벽(120a)을 이동시키기 위한 최소값 내지 상기 자구(110a)가 회전하는 최대값 미만 일 수 있다.
- <77> 상기 구동 자속밀도($B_y(x)$)는 공간적으로 주기적일 수 있다. 공간적 주기는 단위 영역의 길이에 한하지 않고, 상기 공간적 주기는 상기 단위 영역의 길이의 n 또는 $1/n$ 일 수 있다. 여기서, n 은 양의 정수이다. 또한, 상기 구동 자속밀도($B_y(x)$)의 그래디언트는 위치에 따라 변할 수 있다. 상기 구동 자속밀도($B_y(x)$)는 시간적에 따라 변할 수 있으며, 펄스 형태로 인가될 수 있다.
- <78> 도 2(b)를 참조하면, 상기 정보저장패턴(100)의 자벽 및 자구들은 초기 위치를 가진다. 상술한 도 2(a)의 구동 자속밀도의 인가에 의하여, 도 2(b)의 자벽(120a) 및 자구들(110a, 110b)은 도 2(c)에 도시된 위치로 이동한다.
- <79> 상기 자벽(120a) 또는 상기 자구들(110a, 110b)의 이동거리 및 속도는 상기 정보저장패턴(100)의 물질 특성, 후술할 피닝 영역의 존재 여부, 구동 자속밀도의 형태 및 구동 자속밀도의 인가 시간 등에 의존할 수 있다.
- <80> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자벽이동 기억 장치에 불균일한 구동 자속밀도(도 3(a))를 인가한 경우의 자벽의 이동 현상을 설명하기 위한 도면이다. 도 3(b)에 도시된 자벽(120)의 초기 위치는 시간 $t_1 \sim t_2$ 사이에 인가된 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)에 의하여 도 3(c)와 같이 이동한다. 시간 $t_2 \sim t_3$ 사이에 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)를 인가하면, 도 3(c)에 도시된 상기 자벽(120)은 다시 도 3(d)와 같이 이동한다.
- <81> 도 3(a)를 참조하면, 공간적으로 주기적인 구동 자속밀도($B_y(x)$)는 구동 패턴(미도시)을 흐르는 전류에 의하여 형성될 수 있다. 상기 구동 패턴은 공간적으로 주기적인 구동 자속밀도($B_y(x)$)를 형성하는 기하학적 구조를 가질 수 있다. 공간적으로 주기적인 상기 구동 자속밀도($B_y(x)$)는 1개 이상일 수 있다. 시간 $t_1 \sim t_2$ 사이에, 공간적으로 톱니 모양의 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)가 상기 정보저장패턴(100)에 인가될 수 있다. 또한 시간 $t_2 \sim t_3$ 사이에, 공간적으로 톱니 모양의 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)가 상기 정보저장패턴(100)에 인가될 수 있다. 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)와 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)는 서로 다른 모양일 수 있다.
- <82> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 구동 자속밀도($B_y(x)$)는 톱니 모양에 한정되는 것은 아니며, 다양하게 변형될 수 있다.
- <83> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴(100)은 그 진행 방향으로 복수개의 단위 영역들을 구비할 수 있다. 이 경우, 구동 자속밀도($B_y(x)$)는 상기 정보저장패턴(100)의 진행 방향을 따라 상기 단위 영역의 길이 또는 그 길이의 정수배를 공간적 주기로 가질 수 있다. 즉, 상기 구동 자속밀도($B_y(x)$)의 공간적 주기는 상기 단위 영역의 길이의 1 배, 2 배, 3 배일 수 있다.
- <84> 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$) 및 제2 구동 자속밀도 ($B_{y2}(x)$)는 최대값과 최소값을 가질 수 있다. 상기 구동 자속밀도($B_y(x)$)의 그래디언트($\frac{\partial B_y}{\partial x}$)는 위치에 따라, 양의 값 또는 음의 값을 가질 수 있다. 상기 $\frac{\partial B_y}{\partial x}$ 가 양의 값을 가지는 영역은 음의 값을 가지는 영역보다 넓을 수 있다. 상기 $\frac{\partial B_y}{\partial x}$ 가 양의 값을 가지는 영역 또는 상기 $\frac{\partial B_y}{\partial x}$ 가 음의 값을 가지는 영역은 연속적으로 배치될 수 있다.
- <85> 시간 t_1 에서 상기 정보저장패턴(100)의 상기 자벽(120)은 안정화된 상태일 수 있다. 따라서, 상기 자벽(120)을 이동시키기 위하여 많은 힘이 필요할 수 있다. 상기 $\frac{\partial B_y}{\partial x}$ 에 비례하여 상기 자벽(120)의 자기 쌍극자

모멘트($\vec{m}$)에 작용하는 힘이 커지므로, 상기 $\frac{\partial B_y}{\partial x}$ 를 위치에 따라 다르게 형성함이 바람직하다. 구체적으로, 시간 t1의 초기 상태의 상기 자벽(120)의 위치에서 상기 $\frac{\partial B_y}{\partial x}$ 는 다른 위치에서 보다 클 수 있다.

<86> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 구동 자속밀도($B_y(x)$)는 복수의 구동 자속밀도($B_{ym}(x)$)로 구성될 수 있다. 여기서 n은 1이상 일 수 있다. 따라서, 상기 구동 자속밀도($B_y(x)$)는 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$), 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)를 포함할 수 있고, 상기 각각의 구동 자속밀도($B_y(x)$)는 서로 다른 형태를 가질 수 있다. 상기 제1 및 제2 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$, $B_{y2}(x)$)들은 동시에 또는 다른 시간에 상기 정보저장패턴(100)에 인가될 수 있다. 상기 구동 자속밀도($B_y(x)$)를 형성하는 구동 패턴(미도시)에 흐르는 전류는 시간에 따라 변할 수 있다. 또한, 상기 구동 패턴의 전류는 펄스형으로 인가될 수 있다.

<87> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)와 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)에서 자속 밀도의 방향은 같은 방향 또는 다른 방향일 수도 있다.

<88> 도 3(b)를 참조하면, 상기 정보저장패턴(100)의 자구들(110)은 +x축 또는 -x축 방향으로 자화되어 있고, 자벽들(120)은 +y축 방향으로 자화되어 있을 수 있다.

<89> 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)가 상기 정보저장패턴(100)에 시간 t1~t2 사이에 인가된 경우의 상기 정보저장패턴(100)의 상기 자벽(120)의 이동을 나타낸다. 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)의 인가 후, y축 방향으로 자화된 상기 자벽(120)은 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)의 그래디언트($\frac{\partial B_{y1}(x)}{\partial x}$)에 의하여 +x축 방향으로 소정의 속도로 이동할 수 있다.

<90> 이때, 소정의 속도는 상기 제1 구동 자속 밀도($B_{y1}(x)$) 및 상기 제1구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)의 그래디언트의 세기 및 부호에 의존할 수 있다. 또한, 소정의 속도는 상기 정보 저장 패턴(100)의 포화 자화량, 자기 이방성 에너지 등의 물리적 성질, 두께, 너비, 및 후술할 피닝 에너지 등에 의존할 수 있다.

<91> 구체적으로, 시간 t1에서, 상기 자벽(120)의 위치에서 $\frac{\partial B_{y1}(x)}{\partial x}$ 는 양의 값을 가지므로, +x축 방향으로 상기 자벽(120)은 이동할 수 있다.

<92> 본 발명에 따른 변형된 실시예에 따르면 상기 $\frac{\partial B_{y1}(x)}{\partial x}$ 는 위치에 따라 변할 수 있다.

<93> 시간 t1에서, 상기 자벽(120)은 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)의 그래디언트($\frac{\partial B_{y1}(x)}{\partial x}$)가 양의 값을 가지는 영역에 위치할 수 있다. 또한, 초기 시간 t1에서 상기 자벽(120)의 위치에서 상기 제1 자속밀도의 그래디언트($\frac{\partial B_{y1}(x)}{\partial x}$)는 임계값($\left(\frac{\partial B_{y1}(x)}{\partial x}\right)_{th}$) 이상을 가질 수 있다. 이에 따라, 시간이 경과함에 따라 상기 자벽(120)은 +x방향으로 이동할 수 있다.

<94> 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)의 값이 최대가 되는 위치에서 상기 자벽(120)의 에너지는 안정된 상태일 수 있다. 이에 따라, 상기 자벽(120)은 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)가 최대값이 되는 위치 또는 상기 제1 자속밀도의 그래디언트($\frac{\partial B_{y1}(x)}{\partial x}$)의 부호가 바뀌는 위치에서 멈출 수 있다. 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)의 최대값의 위치는 초기의 상기 자벽(120)의 위치에서 거리(d1)일 수 있다. 다만, 국부적으로 $\frac{\partial B_{y1}(x)}{\partial x}$ 가 음의 값을 가지는 경우, 상기 자벽(120)은 안정된 에너지 상태가 아닐 수 있어, 국부적으로 $\frac{\partial B_{y1}(x)}{\partial x}$ 가 음인 영역을 넘어서 이동할 수 있다.

<95> 도 3(c)는 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)가 상기 정보저장패턴(100)에 시간 t2~t3 사이에 인가된 경우의 상기

정보저장패턴(100)의 자벽(120)의 이동을 나타낸다. 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)에 의하여 상기 정보저장패턴(100)의 상기 자벽(120)이 +x축 방향으로 d1만큼 이동한 후, 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)가 시간 t2에 상기 정보저장패턴(100)에 인가될 수 있다.

<96> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)에 의하여 상기 자벽(120)은 $\frac{\partial B_{y1}(x)}{\partial x}$ 가 최대값을 가지는 위치까지 이동하기 전에, 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)가 상기 정보저장패턴(100)에 인가될 수 있다. 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)와 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)가 인가되는 시간 차이는 다양하게 변형될 수 있다.

<97> 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)는 최대값과 최소값을 가질 수 있다. 또한, 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)의 $\frac{\partial B_{y2}(x)}{\partial x}$ 는 양의 값을 가지는 영역 및 음의 값을 가지는 영역이 있을 수 있다. 상기 양의 값을 가지는 영역 및 음의 값을 가지는 영역은 연속적으로 배치될 수 있다.

<98> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)의 최대값의 위치는 초기 t=t1에서 상기 정보저장패턴(100)의 상기 자벽(120)의 위치와 일치할 수 있다. 이에 따라, 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$) 및 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)를 상기 정보저장패턴(100)에 인가하여, 단위 영역씩 이동할 수 있다.

<99> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)의 최대값의 위치는 t=t1에서의 상기 정보저장패턴(100)의 상기 자벽(120)의 위치와 일치하지 않을 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 상기 정보저장패턴(100)은 후술할 피닝영역을 포함할 수 있다.

<100> 시간 t2에서, 상기 자벽(120)은 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)의 $\frac{\partial B_{y2}(x)}{\partial x}$ 가 양 값을 가진 영역에 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 자벽(120)은 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)가 최대값을 가지는 위치로 이동할 수 있다.

<101> 도 3(d)는 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)가 인가되고, 소정의 시간이 흐른 t3에서의 자벽(120)의 위치를 나타낸다. 상기 자벽(120)은 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)가 시간 t1에 인가되기 전의 상태와 같을 수 있다.

<102> 상술한, 도3(a) 내지 도 3(d)의 과정에 의하여, 상기 정보저장패턴(100)의 자구들은 그 위치를 단위 셀(cell)씩 이동할 수 있다.

<103> 상술한 구동 자속밀도는 상술한 형태에 한하지 않고, $\frac{\partial B_y}{\partial x}$ 에 의하여 이동하는 다른 모든 형태를 포함한다. $\frac{\partial B_y}{\partial x}$ 를 형성하는 방법은 후술한다.

<104> 도 3은 자벽(120)이 우측으로 이동한 것만을 설명하였지만, 구동 자속밀도($B_y(x)$)의 형태에 따라 좌측으로 이동할 수 있음은 자명하다.

<105> 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른 자벽이동 기억소자의 자벽과 자구의 자화방향을 나타내는 도면들이다.

<106> 도 4a를 참조하면, 정보저장패턴(100)은 x방향을 따라 배치된다. 또한, 자구들(110)은 +z 방향 또는 -z방향으로 자화되어 있다. 그리고 자벽들(120)은 +y방향으로 자화되어 있다. $B_y \neq 0, \frac{\partial B_y}{\partial x} \neq 0$ 가 상기 정보저장패턴(100)에 인가된 경우, 상기 자벽(120)은 이동할 수 있다.

<107> 도 4b를 참조하면, 정보저장패턴(100)은 x방향을 따라 배치된다. 또한, 자구들(110)은 +x 방향 또는 -x방향으로 자화될 수 있다. 그리고 자벽들(120)은 +z방향으로 자화되어 있다. $B_z \neq 0, \frac{\partial B_z}{\partial x} \neq 0$ 가 상기 정보저장패턴(100)에 인가된 경우, 상기 자벽(120)은 이동할 수 있다.

<108> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 자벽(120)의 자화 방향은 상기 자구(110)의 자화 방향과 수직일 수 있다. 따라서, 상기 자벽(120)과 상기 자구(110)의 자화방향은 서로 수직인 한 자유롭게 변형될 수 있다.

다만, 상기 자벽(120)은 한쪽 방향으로 정렬되어 있을 수 있다.

- <109> 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 자벽이동 기억소자의 자벽의 자화방향을 같은 방향으로 만드는 본 발명의 일 실시예를 나타내는 도면이다.
- <110> 본 발명의 일 실시예에 따른 자벽이동 기억소자는 정보저장패턴(100)의 자벽들(120)의 자화방향이 같은 방향으로 배치되어야 좌측 또는 우측으로 함께 이동할 수 있다. 즉, 상기 자벽들(120)이 한쪽 방향으로 정렬하지 않으면, 자벽들의 이동 방향이 한쪽 방향으로 이동하지 않을 수 있다. 이에 따라, 상기 자벽들(120)을 한쪽 방향으로 정렬하는 과정이 필요할 수 있다.
- <111> 도 5a를 참조하면, 정보저장패턴(100)의 중심의 자구(110)에 쓰기 구조체(미도시)에 의하여 $-B_x$ 의 강한 자속밀도를 인가하면, 상기 자구(110)는 $-x$ 축 방향으로 자화될 수 있다. 이 경우, 인접한 자벽들(120)의 자화방향은 서로 반대 방향으로 생성될 수 있다. 따라서, 상기 자벽들(120)은 $+y$ 축 방향 또는 $-y$ 축 방향의 자화 방향을 가질 수 있다.
- <112> 도 5b를 참조하면, 정보저장패턴(100)의 중심에 있는 자구(110)를 $-x$ 축 방향으로 자화시키기 위하여 $-x$ 축 방향의 자속밀도($-B_x$)가 인가될 수 있다. 이와 동시에 $+y$ 방향 성분을 가진 자벽 정렬 자속밀도(B_y)가 인가되면, 상기 자구(110)에 이웃한 자벽(120)은 $+y$ 축 방향으로 자화될 수 있다.
- <113> 구체적으로, $+x$ 축 방향으로 자화된 자구(110) 및 $-x$ 축 방향으로 자화된 자구(110) 사이에 생성되는 자벽(120)은 $+y$ 축 방향 또는 $-y$ 축 방향으로 자화될 수 있다. 이 경우, $+y$ 축 방향 또는 $-y$ 축 방향의 결정은 미세한 초기 조건(initial condition)에 의하여 결정될 수 있다. 따라서, 외부에서 $+y$ 축 방향의 상기 자벽 정렬 자속 밀도를 인가하여 상기 자벽(120)을 $+y$ 축 방향으로 정렬할 수 있다. 다만, 상기 자벽(120)을 $+y$ 축 방향으로 정렬하기 위한 $+y$ 축 방향의 상기 자벽 정렬 자속 밀도(B_y)의 세기는 상기 자구들을 $\pm x$ 축 방향으로 자화시키기 위한 $\pm x$ 축 방향의 자속밀도 보다 작을 수 있다.
- <114> 도 6a 내지 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자벽이동 기억 장치의 자벽 정렬(magnetic domain wall alignment)을 설명하기 위한 도면들이다.
- <115> 기판(10) 상에 정보 저장 패턴(100)이 배치된다. 상기 정보 저장 패턴(100)의 주위에 쓰기 구조체(200) 및 재생 구조체(300)가 배치될 수 있다.
- <116> 정보저장패턴(100)의 자구들(110)을 생성하는 과정(쓰기 과정 또는 프로그램 과정)에서 자벽(120)을 일정한 방향으로 정렬할 수 있다. 구체적으로, 상기 정보저장패턴(100)의 자구들(110)은 $\pm x$ 축 방향으로 자화될 수 있다. 이 경우, 이러한 자구들(110)의 자화 방향은 쓰기 구조체(200)에 의해 생성된 $\pm x$ 축 방향의 자속밀도에 의하여 결정될 수 있다. 상기 정보저장패턴(100)을 가로지르는 쓰기 구조체(200)에 전류를 인가하여 $\pm x$ 축 방향의 자속밀도를 생성할 수 있다. 상기 쓰기 구조체(200)는 통상의 하드 디스크 헤드(hard disk head)와 같은 구조를 포함할 수 있다.
- <117> 또한, 상기 쓰기 구조체(200)과 상기 정보저장패턴(100) 사이에 자속 집속체(magnetic flux focusing material, 202)가 배치되어, 상기 쓰기 구조체(200)에 의하여 생성된 자속밀도를 집속할 수 있다. 상기 자속 집속체(202)는 강자성체 물질일 수 있다.
- <118> 도 6a를 참조하면, 자벽 정렬 구조체(210)을 상기 자벽(120) 주위에 배치할 수 있다. 상기 자벽 정렬 구조체(210)은 자구들(110) 사이의 자벽(120)을 소정의 방향으로 정렬할 수 있다.
- <119> 상기 자벽 정렬 구조체(210)는 도전 패턴을 포함할 수 있다. 상기 자벽 정렬 구조체(210)는 상기 쓰기 구조체(200)의 주위에 배치될 수 있다. 상기 도전 패턴의 모양은 $\pm y$ 축 방향의 자속밀도 성분을 가지는 한 당업자에 의해 자유롭게 변경할 수 있다.
- <120> 도 6a를 참조하면, 본 발명에 따른 기억 장치는 쓰기 구조체 및 재생 구조체를 더 포함할 수 있다. 상기 쓰기 구조체(200)는 정보저장패턴(100)의 자구(110)에 정보를 쓸 수 있는 수단일 수 있다. 상기 쓰기 구조체(200)는 도선 또는 코일을 포함할 수 있다.
- <121> 또한 상기 재생 구조체(300)는 상기 정보저장패턴(100)의 상기 자구(120)의 자화방향에 따른 정보를 읽기 위한 수단일 수 있다. 상기 재생 구조체(300)에는 상기 자구(120)의 자화 방향을 감지하는 센서(310)를 포함할 수 있다. 상기 센서(310)는 상기 재생 구조체(300)과 전기적으로 연결될 수 있다. 상기 센서(310)는 터널링 자기 저항 센서(tunneling magneto resistance sensor), 거대 자기저항 센서(giant magneto resistance sensor), 및

비등방성 자기저항(anisotropic magneto resistance) 중에서 적어도 하나일 수 있다.

- <122> 도 6b를 참조하면, 자벽(120)을 +y축 방향으로 정렬하기 위하여 자벽 정렬 구조체(210)가 적어도 하나 배치될 수 있다. 상기 자벽 정렬 구조체(210)는 영구자석(permanent magnet)일 수 있다. 즉, 상기 영구 자석에 의한 자기력선(magnetic force line)에 의하여 +/- y 방향의 자속밀도가 생성될 수 있다.
- <123> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, +y 축 방향의 자속밀도를 생성하여 자벽(120)을 정렬할 수 있도록, 자속 밀도인가 자벽 이동 기억 장치에 외부 바이어스(external bias) 자속밀도를 인가할 수 있다.
- <124> 도 6c를 참조하면, 자벽 정렬 구조체(210)는 정보저장패턴(100)에 외부 바이어스 자속밀도를 인가할 수 있다. 즉, 상기 자벽 정렬 구조체(210)는 영구자석(permanent magnet) 또는 전자석(electromagnet)일 수 있다.
- <125> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 자벽(120)을 특정 방향으로 정렬할 수 있도록, 정보저장패턴(100)은 단방향 이방성(unidirectional anisotropy)을 가질 수 있다. 여기서, 단방향 이방성이란 일정한 방향으로만 자벽들이 정렬하는 성질이다. 구체적으로, 상기 정보저장패턴(100)이 단방향 이방성 물질을 포함하거나, 또는 자벽 정렬 구조체(210)가 단방향 이방성 물질을 포함할 수 있다. 상기 자벽 정렬 구조체(210)가 상기 단방향 이방성 물질을 포함하는 경우, 상기 정보저장패턴(100) 상에 상기 자벽 정렬 구조체(210)가 나란히 배치될 수 있다.
- <126> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 자벽 정렬 구조체(210)는 정보저장패턴(100)에 주기적으로 배치될 수 있다.
- <127> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 반강자성체층(antiferromagnetic material layer)을 이용하여 교환 바이어스(exchange bias)를 이용해서 자벽들을 한 방향으로 정렬할 수 있다. 상기 교환 바이어스는 강자성체/반강자성체 이층 구조에서, 상기 반강자성체(antiferromagnetic material)에 의하여 상기 강자성체의 자기이력곡선(magnetic hysteresis curve)이 자기장에 대해서 비대칭을 보이는 현상이다. 상기 반강자성체(antiferromagnetic material)은 상기 강자성체에 단방향 이방성 에너지(unidirectional anisotropy energy)를 부여할 수 있다. 따라서, 상기 정보 저장 패턴(100)이 상기 강자성체를 포함하고, 상기 자벽 정렬 구조체(210)가 상기 반강자성체를 포함하면, 상기 자벽들(120)은 일정한 방향으로만 정렬할 수 있다.
- <128> 구체적으로, 상기 정보저장패턴(100)의 주위에 상기 자벽 정렬 구조체(210)가 배치될 수 있다. 상기 자벽 정렬 구조체(210)는 반강자성체를 포함할 수 있다. 이에 따라, 상기 정보저장 패턴(100) 및 상기 자벽 정렬 구조체(210)는 강자성체/반강자성체 이층 구조를 포함할 수 있다. 상기 반강자성체층 물질은 철(Fe), 망간(Mn), 코발트(Co), 니켈(Ni), 백금(Pt), 이리듐(Ir), FeMn, IrMn, PtMn, CoO, NiO 중에서 적어도 하나를 포함하는 물질일 수 있다. 또한 상기 반강자성체층 물질은 상술한 물질의 화합물 및 그 합금을 포함할 수 있다.
- <129> 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자벽이동 기억 장치에서 피닝(pinning)을 나타내는 도면들이다.
- <130> 피닝이란 자벽(120)이 과도하게 이동하는 것을 막아주기 위한 방법 또는 수단이다. 구체적으로, 상기 피닝에 의하여 자벽(120)은 정해진 위치에서 국소적으로 최소 에너지를 가지면서 안정된 상태를 유지할 수 있다. 정보 저장패턴(100)의 자벽(120)은 주변의 물질 또는 자속밀도와 상호 작용하여 쉽게 이동할 수 있다. 따라서, 상기 정보저장패턴(100)의 신뢰성을 확보하기 위하여, 소정의 외부 힘이 작용하지 않는 한 상기 자벽(120)이 이동하지 않아야 한다. 따라서, 상기 정보저장패턴(100)은 피닝의 역할을 하는 피닝 영역(pinning region)을 포함할 수 있다. 다만, 상기 피닝 영역(130a)은 상기 자구(110) 및 상기 자벽(120)과 달리 물리적으로 고정되어 있을 수 있다. 상기 피닝 영역(130a)은 정보저장패턴(100)의 자체의 특성에 의하여 형성되거나, 후술할 피닝 구조체에 의하여 정보저장패턴(100)에 상기 피닝 영역(130a)이 형성될 수 있다.
- <131> 도 7a를 참조하면, 상기 정보저장패턴의 너비(w)은 피닝 영역(130a)에서 국소적으로 다를 수 있다.
- <132> 예를 들면, 상기 피닝 영역(130a)에서 상기 정보저장패턴(100)의 너비는 다른 영역의 너비 보다 작을 수 있다. 이 경우, 상기 자벽(120)이 상기 피닝영역(130a)에 배치되면, 상기 정보저장패턴(100)의 전체 에너지를 감소시켜 안정된 상태를 이룰 수 있다.
- <133> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 피닝은 상기 정보저장패턴(100)의 곡률 반경을 다르게 하여 발생시킬 수 있다. 따라서, 상기 정보저장패턴(100)을 구불구불하게 형성한 경우, 곡률 반경이 작은 부분이 피닝 영역(130a)이 될 수 있다.

- <134> 상기 피닝 영역(130a)의 공간적 주기와 상기 자벽(120)의 공간적 주기는 정수 배의 관계에 있을 수 있다. 예를 들면, 연속적으로 배치된 두 개의 상기 피닝 영역들(130a) 사이에 1개 또는 2개의 자벽들(120)이 배치될 수 있다. 변형된 실시예에 따르면, 2개의 자벽들(120) 사이에 1개 또는 2개의 피닝영역들(130a)이 배치될 수 있다. 각각의 상기 피닝 영역(130a)에 하나의 상기 자벽(120)을 배치시키는 것이 바람직하다.
- <135> 도 7b를 참조하면, 정보저장패턴(100)의 두께(t)가 국소적으로 다를 수 있다. 이 경우, 상기 정보저장패턴(100)의 국소적으로 두께(t)가 다른 영역이 피닝 영역(130a)이 될 수 있다. 예를 들면, 피닝영역(130a)에서 정보저장패턴(100)의 두께는 작을 수 있다. 이 경우, 자벽(120)이 상기 피닝영역(130a)에 배치되면, 상기 정보저장패턴(100)의 전체 에너지를 감소시켜 안정된 상태를 이룰 수 있다.
- <136> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴(100)의 자기 이방성 에너지(magnetic anisotropy energy)를 국소적으로 변화시켜 피닝 영역(130a)을 형성할 수 있다. 구체적으로, 상기 정보저장패턴(100)에 국부적으로 불순물을 첨가할 수 있다. 상기 불순물은 이온 주입 공정(ion implantation process)에 의하여 수행되거나 또는 확산 공정(diffusion process)에 의하여 수행될 수 있다. 상기 불순물은 상기 정보저장패턴을 구성하는 물질에 한정되는 것은 아니며, 산소, 불소, 질소, 금속, 전이금속 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- <137> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 정보 저장 패턴(100)에 높은 이온 에너지를 이용한 흠집들(defects)이나 보이드들(voids)을 국부적으로 형성할 수 있다. 상기 흠집들이나 보이드들이 상기 피닝 영역(130a)이 될 수 있다.
- <138> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴(100)에 피닝 영역(130a)을 형성하기 위하여, 국부적으로 산화(oxidation), 보이드(void)의 형성, 물질 조성을 국부적으로 변화시킬 수 있다. 구체적으로, 산화는 플라즈마 산화(Plasma oxidation), 열산화(thermal oxidation) 공정 등이 이용될 수 있다.
- <139> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴(100)과 다른 물질간의 층간 교환 상호 작용 에너지(interlayer exchange coupling energy)를 이용하여 피닝 영역(130a)을 형성할 수 있다. 상기 층간 교환 상호 작용이란 강자성체층/비자성체층/강자성체층의 삼층 구조일 경우, 두 강자성체층의 자화방향이 비자성체층의 두께에 따라 평행한 방향 또는 반평행한 방향으로 정렬되는 현상이다. 상기 비자성체층은 3d, 4d, 5d의 전이금속(구리(Cu), 루테튬(Ru), 크롬(Cr), 금(Au)), 반도체(실리콘, 게르마늄(Ge), 갈륨아세나이드(GaAs)), 및 이들의 화합물 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- <140> 구체적으로, 상기 정보저장패턴(100) 주위에 배치된 피닝 구조체(140)를 포함할 수 있다. 따라서, 상기 정보저장패턴(100) 및 상기 피닝 구조체(140)는 강자성체층/비자성체층/강자성체층의 삼층 구조를 포함할 수 있다. 상기 피닝 구조체(140)는 비자성층/강자성체층을 포함할 수 있다. 이에 따라, 피닝 영역(130a)은 상기 강자성체층/비자성체층/강자성체층의 3층 구조를 이루는 영역일 수 있다.
- <141> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴과 반강자성체층 간의 교환 바이어스(exchange bias)를 이용하여 피닝 영역(130a)을 형성할 수 있다. 상기 교환 바이어스는 강자성체/반강자성체층 이중 구조에서 반강자성체에 의하여 상기 강자성체의 자기이력곡선(magnetic hysteresis curve)이 자속밀도에 대해서 비대칭을 보이는 현상이다. 상기 반강자성체층은 상기 강자성체층에 단방향 이방성 에너지(unidirectional anisotropy energy)를 부여할 수 있다. 구체적으로, 상기 정보저장패턴(100) 및 상기 피닝 구조체(140)은 강자성체/반강자성체 이중 구조를 포함할 수 있다. 이에 따라, 상기 정보 저장 패턴(100)은 강자성체를 포함할 수 있고, 상기 피닝 구조체(140) 반강자성체를 포함할 수 있다. 상기 피닝 영역(130a)은 강자성체/반강자성체 이중 구조를 이루는 영역일 수 있다.
- <142> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 높은 보자력(coercive force)을 지닌 스프링 자석(spring magnet)을 정보저장패턴(100)의 주위에 배치하여, 상기 정보저장패턴(100)의 자벽(120)의 위치에서 에너지를 국소적으로 최소화하여 피닝 영역(130a)을 형성할 수 있다. 상기 스프링 자석은 연자성체(soft magnetic material) / 경자성체(hard magnetic material)을 이중 또는 다층 박막 구조로 형성한 자성체 구조체이다. 상기 스프링 자석에서 연자성체의 자화방향이 상기 경자성체의 자화 방향과 평행 또는 반평행한 상태를 선호하도록 형성할 수 있다. 상기 보자력이 큰 상기 경자성체의 자화방향은 외부 자기장에 의해 쉽게 변하지 않으므로 경자성체의 자화방향은 고정되어 있다고 생각할 수 있다. 따라서 상기 연자성체의 자화방향이 상기 경자성체의 자화방향에 영향을 받기 때문에 선택적으로 자화방향을 선호하도록 형성할 수 있다. 즉, 상기 정보저장패턴(100)은 연자성체를 포함하고, 상기 경자성체를 포함하는 피닝구조체(140)는 상기 정보저장패턴(100)의 상부 또는 하부에 배

치될 수 있다. 이에 따라, 상기 정보저장패턴(100)의 피닝 영역(130a)에 생성되는 상기 자벽(120)의 자화 방향을 선택할 수 있다. 상기 피닝 구조체(140) 및 상기 정보저장패턴(100)은 연자성체/경자성체의 이층 또는 다층 박막 구조를 포함할 수 있다.

- <143> 도 7c를 참조하면, 정보저장패턴(100)의 주위에 0.1 nm 에서 1000 nm 의 간격을 가지고 피닝 구조체(140)이 배치될 수 있다. 상기 피닝구조체(140)은 연자성체(Soft magnetic material) 일 수 있다.
- <144> 상기 정보저장패턴(100)과 연자성체를 사용하는 상기 피닝 구조체(140) 사이의 자기 쌍극자 상호작용(magnetic dipole interaction)을 이용한다. 상기 연자성체를 사용하는 상기 피닝 구조체(140)는 자벽(120)을 고정시키는 피닝 영역(130a)을 형성할 수 있다. 상기 연자성체는 외부 자속밀도에 의하여 쉽게 포화될 수 있는 강자성체 물질일 수 있다. 구체적으로, 상기 연자성체는 3d 전이금속 또는 그 합금들을 포함할 수 있다. 예를 들면, 철(Fe), 코발트(Co), 니켈(Ni), FeNi, CoFe, CoFeSi, CoFeSiB 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 연자성체를 사용하는 상기 피닝 구조체(140)의 너비와 길이는 1nm 내지 1000nm 중에서 어느 하나일 수 있다. 상기 피닝 구조체(140)의 형태는 직육면체에 한하지 않고 다양하게 변형될 수 있다.
- <145> 도 8a 내지 도 8c는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자벽이동 기억 장치의 정보저장패턴을 나타내는 도면들이다.
- <146> 도 8a를 참조하면, 정보저장패턴(100)은 스트립 라인 형태를 가질 수 있다. 상기 정보저장패턴(100)은 복수의 자구(110)와 적어도 하나의 자벽(120)을 구비할 수 있다. 또한 상기 정보저장패턴(100)은 피닝 영역(130a)을 구비할 수 있다.
- <147> 상기 정보저장패턴(100)은 강자성체(ferromagnetic material), 강자성체 합금, 및 페리자성체(ferrimagnetic material) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 정보저장패턴(100)은 비자성체층 및 반강자성체층 중에서 적어도 하나를 더 포함할 수 있다. 따라서, 상기 정보저장패턴(100)은 단층 구조, 이층 구조, 3층 구조 등의 조합이 가능하다. 상기 정보저장패턴(100)의 두께 또는 너비는 1nm 내지 1000nm 중에서 어느 하나일 수 있다.
- <148> 상기 강자성체층은 철(Fe), 코발트(Co), 니켈(Ni) 등의 주기율표상의 3d, 4d, 5d의 전이금속 및 그 합금들, 희토류 금속 및 그 합금들 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- <149> 도 8a를 참조하면, 정보저장패턴(100)은 하부층(400)과 상부층(102)의 이층 구조일 수 있다. 상기 하부층(400)은 강자성체층, 비자성체층 또는 반강자성체층일 수 있다. 상기 상부층(102)은 강자성체층 일 수 있다. 상기 정보저장패턴(100)은 포토 리소그리피 공정 및 식각 공정에 의하여 상기 상부층(102) 및 상기 하부층(400)을 연속적으로 패터닝하여 형성될 수 있다.
- <150> 본 발명의 변형될 실시예에 따르면, 상기 상부층(102)과 상기 하부층(400)은 같은 형태를 가지지 않을 수 있다. 즉, 상기 패터닝 공정에서 상기 하부층(400)은 패터닝되지 않을 수 있다. 또한, 변형된 실시예에 의한 상기 상부층(102)과 상기 하부층(400)의 물질은 서로 바뀔 수 있다.
- <151> 도 8b를 참조하면, 정보저장패턴(100)은 제1 층(400), 제2 층(104), 및 제3 층(410)으로 구성된 3층 구조일 수 있다. 상기 제2 층(104)은 강자성체층일 수 있다. 상기 제1 층(400) 및 제 3층(410)은 강자성체층, 비자성체층 또는 반강자성체층일 수 있다.
- <152> 도 8c를 참조하면, 정보저장패턴(100)은 제1 층(106), 제2 층(400), 및 제3 층(108)으로 구성된 3층 구조일 수 있다. 상기 제1 층(106)과 제 3층(108)은 강자성체층이고, 상기 제2 층(400)은 비자성층 또는 반강자성체층일 수 있다. 상기 제1 층(106)과 제3 층(108)은 서로 반평행한 자화방향을 가질 수 있다.
- <153> 상술한 정보저장패턴(100)의 구조는 상술한 2층, 3층 구조에 한하지 않고, 다양하게 변형될 수 있음은 자명하다.
- <154> 도 9a 내지 도 9d는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자벽 이동 기억 장치의 정보저장패턴의 형태를 나타내는 도면들이다.
- <155> 도 9a를 참조하면, 정보저장패턴(100)은 복수의 자구(110)와 자벽(120)을 포함할 수 있으며, 상기 정보저장패턴(100)은 구불구불한(serpentine) 모양을 가질 수 있다. 상기 구부러진 부분은 상술한 피닝의 역할을 수행할 수 있다. 상기 구부러진 모양은 상기 정보저장패턴(100)의 진행 방향으로 주기적으로 배치될 수 있다. 또한 상기 구부러진 부분의 곡률 반경이 가장 작은 위치에 자벽(120)이 배치될 수 있다.

- <156> 도 9b를 참조하면, 정보저장패턴(100)은 직선 영역과 곡선영역으로 구분될 수 있다. 상기 직선 영역에는 자구(110)가 배치될 수 있고, 상기 곡선 영역에는 자벽(120)이 배치될 수 있다. 상기 곡선 영역은 피닝의 역할을 수행할 수 있다.
- <157> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 정보저장패턴(100)의 모양은 상술한 모양들에 한정되는 것은 아니며, 당업자에게 자유롭게 변형될 수 있다. 또한, 상술한 것처럼 피닝을 주기 위하여 상기 정보저장패턴(100)의 너비와 두께는 국부적으로 다를 수 있다.
- <158> 도 9c를 참조하면, 자벽(120)과 자구(110)를 포함하는 정보저장패턴(100)은 개방 루프(open loop) 모양을 가질 수 있다. 상기 정보저장패턴(100)은 같은 수평 평면에 배치되는 것에 한하지 않고, 수직 평면에도 배치될 수 있다.
- <159> 도 9d를 참조하며, 정보저장패턴(100)은 닫힌 루프(closed loop) 모양일 수 있다. 상기 닫힌 루프(closed loop)는 자유롭게 변형이 가능하다.
- <160> 도 10a 및 도 10b는 본 발명에 일 실시예에 따른 자속밀도 인가 자벽이동 기억 장치의 차폐 구조체를 설명하기 위한 도면들이다.
- <161> 도 10a를 참조하면, 정보저장패턴들(100)은 3차원적으로 배치될 수 있으며, 하부의 제1 정보저장패턴(100c)과 상부의 제2 정보저장패턴(100d)은 서로 상호 작용할 수 있다. 이러한 정보저장패턴들(100c, 100d)의 상호 작용을 감소시키기 위하여 정보저장패턴들(100c, 100d) 사이에는 차폐 구조체(500)가 배치될 수 있다.
- <162> 또한, 하부의 상기 제1 정보저장패턴(100c)의 자벽(120)을 이동시키기 위한 구동 자속밀도를 생성하는 제1 구동 패턴(미도시)이 배치될 수 있다. 상기 제1 구동 패턴에 의하여 생성된 구동 자속밀도는 인접한 상기 제2 정보저장패턴(100d)에 영향을 미칠 수 있어, 상기 정보저장패턴들(100c, 100d) 사이에 차폐구조체(500)가 배치될 수 있다.
- <163> 상기 차폐 구조체(500)은 강자성체 및 페리자성체 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- <164> 도 10b를 참조하면, 정보저장패턴들(100)은 2차원적으로 배치될 수 있다.
- <165> 제1 정보저장패턴(100e)과 상기 제1 정보저장패턴(100e)을 구동하기 위한 제1 구동 패턴(미도시)은 서로 인접한 제2 정보저장패턴(100f)에 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 정보저장패턴들(100) 사이에 차폐 구조체(500)가 개재될 수 있다.
- <166> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 차폐 구조체(500)의 구조는 다양하게 변형될 수 있음은 자명하다.
- <167> 도 11a 및 도 11b는 본 발명의 일 실시예에 따른 구동 패턴을 설명하기 위한 도면들이다.
- <168> 도 11a를 참조하면, 복수의 자구들(110)과 적어도 하나의 자벽(120)을 포함하는 정보저장패턴(100)이 x축으로 진행한다. 상기 정보저장패턴(100)의 주위에 배치된 적어도 하나의 구동 패턴(700)이 배치될 수 있다. 상기 구동 패턴(700)은 상기 정보저장패턴(100)에 주기적이고 불균일한 구동 자속밀도를 인가하도록 구성될 수 있다.
- <169> 상기 구동 패턴(700)은 상기 정보저장패턴(100)에 주기적이고 불균일한 구동 자속밀도를 인가하도록, 전산 모사(computer simulation) 또는 이론적 계산, 또는 실험결과에 의하여 최적의 형태를 가질 수 있도록 형성될 수 있다.
- <170> 상기 구동 패턴(700)과 상기 정보저장패턴(100)의 간격(h)는 상기 정보저장패턴(100)의 위치에 따라 변할 수 있다. 또한, 상기 구동 패턴(700)의 두께(t)는 상기 구동 패턴(700)의 위치에 따라 변할 수 있다. 또한, 상기 구동 패턴(700)의 너비(w)는 상기 구동 패턴(700)의 위치에 따라 변할 수 있다. 상기 정보저장패턴(100)의 진행 방향과 상기 구동 패턴(700)의 진행 방향의 각도(ϕ)는 소정의 자벽으로부터의 거리 또는 상기 구동 패턴(700)의 위치에 따라 다를 수 있다.
- <171> 상기 구동 패턴(700)은 상기 정보저장패턴(100)을 비스듬히 가로지를 수 있다. 또한, 상기 구동 패턴(700)은 상기 정보저장패턴(100)의 적어도 일측에 배치될 수 있다.
- <172> 상기 구동 패턴(700)은 도전성 물질로 형성될 수 있다. 도전성 물질은 반도체, 도체, 금속화합물 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 도체는 구리(Cu), 금(Au), 은(Ag), 알루미늄(Al), 텅스텐(W) 등일 수 있다. 상기 구동 패턴(700)은 전기 전도도(electric conductivity)가 다른 복수의 도전층을 가지는 복층 구조를 가질 수

있다. 따라서, 상기 구동 패턴(700)의 위치에 따라 전류밀도가 다를 수 있다.

- <173> 상기 구동 패턴(700)은 상기 정보저장패턴에 주기적인 불균일한 자속밀도를 인가하도록 형성될 수 있다. 상기 구동 패턴(700)의 기하학적 모양은 전산 모사(computer simulation)에 의하여 구할 수 있다.
- <174> 도 11b를 참조하여, 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 구동 패턴(700)은 상술한 것처럼 너비와 두께가 일정한 것에 한하지 않는다. 따라서, 상기 구동 패턴(700)은 너비, 두께, 및 간격이 주기적으로 변할 수 있다. 따라서, 상기 구동 패턴은 구불구불한 모양을 가지고 상기 정보저장패턴(100)의 진행 방향으로 진행할 수 있다. 상기 구동 패턴(700)은 주기적이고 불균일한 구동 자속밀도를 형성하도록 배치될 수 있다.
- <175> 구동 자속밀도($B_y(x)$)를 형성하기 위하여 적어도 하나의 구동 패턴(700)을 포함할 수 있다. 복수개의 구동 자속밀도를 형성하기 위하여 상기 구동 패턴(700)은 복수 개일 수 있다. 상기 구동 패턴(700)은 제1 구동 패턴(710) 및 제2 구동 패턴(720)을 포함할 수 있다. 또한, 상기 구동 패턴들(700)에 전류를 동시 또는 다른 시간에 전류를 흘려, 구동 자속밀도를 형성할 수 있다. 상기 구동 패턴(700)에 흐르는 전류는 시간에 따라 변할 수 있으며, 펄스형으로 인가될 수 있다.
- <176> 도 12a 내지 도 12b는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자력이동 기억 장치의 연자성체 패턴을 설명하기 위한 도면들이다.
- <177> 구동 패턴(700)에 의한 구동 자속밀도의 공간적 형태를 변화시키기 위하여, 연자성체 패턴(600)이 상기 구동 패턴(700)과 정보저장패턴(100) 사이에 개재될 수 있다.
- <178> 도 12a를 참조하면, 복수의 자구들(110)과 적어도 하나의 자벽(120)을 포함하는 정보저장패턴(100)이 x축으로 연장된다. 상기 정보저장패턴(100) 및 구동 패턴(700)은 스트립라인 모양이고 x축으로 연장된다.
- <179> x축으로 진행하는 상기 구동 패턴(700)에 전류가 흐르면, 상기 전류에 의하여 구동 자속밀도가 발생한다. 상기 구동 패턴(700)에 흐르는 전류가 일정한 경우, 상기 구동 패턴(700)의 하부에 생성되는 구동 자속밀도는 구동 패턴(700)의 너비에 의존할 수 있다. 따라서, 공간적인 구동 자속밀도를 형성하기 위하여 상기 구동 패턴(700)의 너비가 주기적으로 변할 수 있다.
- <180> 도 12a를 참조하면, x축에 따른 상기 구동 패턴(700)의 너비의 주기적인 변화는 불균일한 구동 자속밀도를 형성할 수 있다.
- <181> 상기 구동 자속밀도의 y축 성분의 그래디언트는 상기 정보저장패턴(100)의 자벽(120)을 이동시킬 수 있다. 이 경우, 구동 자속밀도의 y성분을 위치에 따라 변경하기 위하여, 상기 연자성체 패턴(600)이 상기 정보저장패턴(100)과 상기 구동 패턴(700) 사이에 배치될 수 있다. 상기 연자성체 패턴(600)은 자기 렌즈(magnetic lens)의 기능을 수행할 수 있다. 따라서, 구동 자속밀도의 y성분을 국소적으로 증감시킬 수 있다. 상기 연자성체 패턴(600)의 기하학적 구조는 다양하게 변경될 수 있다. 또한 상기 연자성체 패턴(600)의 투자율은 위치에 따라 변할 수 있다.
- <182> 상기 연자성체 패턴(600)은 외부 자속밀도에 의하여 쉽게 포화될 수 있는 강자성체 물질일 수 있다. 구체적으로, 상기 연자성체 패턴(600)은 3d 전이금속 또는 그 합금들을 포함할 수 있다. 예를 들면, 철(Fe), 코발트(Co), 니켈(Ni), FeNi, CoFe, CoFeSi, CoFeSiB 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 연자성체 패턴(600)의 너비는 1nm 내지 1000nm 중에서 어느 하나일 수 있다. 상기 연자성체 패턴(600)의 형태는 직육면체에 한하지 않고, 불균일한 구동 자속밀도를 형성하도록 삼각형, 사각형 모양 등 다양하게 변형될 수 있다.
- <183> 상기 연자성체 패턴(600)은 임의의 방향으로 자기 이방성을 가질 수 있다. 또한, 상기 연자성체 패턴(600)은 강자성체층의 단일막 구조, 강자성체층/반강자성체층의 2층 구조, 강자성체층/비자성층/강자성층의 3층 구조, 및 제1 강자성체층/ 제2 강자성체층 구조 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 연자성체 패턴(600)의 구조는 다양하게 변형될 수 있음은 자명하다.
- <184> 상기 연자성체 패턴(600)은 도 7c에서 상술한 피닝 영역을 설정하는 기능을 수행할 수 있다. 구체적으로, 상기 연자성체 패턴(600)은 주변에 있는 자벽(120)들과 자기 쌍극자 상호작용(magnetic dipole interaction)을 할 수 있다. 이에 따라, 상기 연자성체 패턴(600)은 피닝구조체(140)의 역할을 수행할 수 있다.
- <185> 복수의 구동 자속밀도를 형성하기 위하여, 상기 구동 패턴(700)은 복수 개일 수 있다. 상기 구동 패턴들(700) 사이에는 절연막(미도시)이 개재될 수 있다. 구체적으로 구동 패턴(700)은 제1 구동 패턴(710)과 제2 구동 패턴(720)으로 구성될 수 있다. 또한, 상기 연자성체 패턴(600)은 제1 연자성체 패턴(610) 및 제2 연자성체

패턴(620)를 포함할 수 있다.

- <186> 도 12a를 참조하면, 상기 정보저장패턴(100) 상에 제1 구동 패턴(710)과 제2 구동 패턴(720)이 차례로 배치된다. 상기 정보저장패턴(100)과 상기 제1 구동 패턴(710) 사이에 상기 제1 연자성체 패턴(610)이 개재된다. 또한, 상기 제1 구동 패턴(710)과 상기 제2 구동 패턴(720) 사이에 상기 제2 연자성체 패턴(620)이 배치될 수 있다.
- <187> 상기 제1 구동 패턴(710)에 순방향(x 축 방향) 전류를 인가하여 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)를 형성할 수 있다. 또한 상기 제2 구동 패턴(720)에 전류를 인가하여 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)를 형성할 수 있다. 상기 제1 구동 패턴(710)에 역방향($-x$ 축 방향) 전류를 인가하여, 제3 구동 자속밀도($B_{y3}(x)$)를 형성할 수 있다. 상기 제2 구동 패턴(720)에 역방향($-x$ 축 방향) 전류를 인가하여, 제4 구동 자속밀도($B_{y4}(x)$)를 형성할 수 있다. 상기 구동 자속밀도들($B_{yn}(x)$)을 조합하면, 상기 정보저장패턴(100)의 자벽(120)을 우측 또는 좌측으로 이동시킬 수 있다.
- <188> 도 12b를 참조하면, 복수의 자구들(110)과 적어도 하나의 자벽(120)을 포함하는 정보저장패턴(100)이 x 축으로 연장된다. 상기 정보저장패턴(100)의 주위에 배치된 적어도 하나의 구동 패턴(700)이 배치될 수 있다. 상기 구동 패턴(700)은 상기 정보저장패턴(100)에 주기적이고 불균일한 자속밀도를 인가하도록 구성될 수 있다.
- <189> 구체적으로, 상기 구동 패턴(700)은 상기 정보저장패턴(100)의 상부에 배치된 제1 구동 패턴(701) 및 제2 구동 패턴(702)과 상기 정보저장패턴(100)의 하부에 배치된 제3 구동 패턴(703) 제 4 구동 패턴(704)을 포함할 수 있다. 상기 구동 패턴들(700)은 상기 정보저장패턴(100)을 비스듬히 가로지르고, 주기적으로 x 축 방향으로 배치될 수 있다.
- <190> 또한, 상기 정보저장패턴(100)과 상기 제1 구동 패턴(701) 사이에 상기 제1 연자성체 패턴(601)이 개재될 수 있고, 상기 정보저장패턴(100)과 상기 제2 구동 패턴(702) 사이에 제2 연자성체 패턴(602)이 개재될 수 있다. 상기 정보저장패턴(100)과 상기 제3 구동 패턴(703) 사이에 제3 연자성체 패턴(603)이 개재될 수 있고, 상기 정보저장패턴(100)과 상기 제4 구동 패턴(704) 사이에 제4 연자성체 패턴(604)이 개재될 수 있다.
- <191> 상기 연자성체 패턴(600)의 자화방향과 상기 자벽(120)의 자화방향이 같으면 척력이 작용하고, 반대이면 인력이 작용한다. 따라서, 상기 연자성체 패턴(600)의 자화방향을 조절하면, 상기 자벽(120)을 끌어당기거나 밀쳐서 이동시키는 것이 가능하다. 구체적으로, 상기 연자성체 패턴(600)의 자화방향은 상기 구동패턴(700)을 통하여 설정될 수 있다.
- <192> 즉, 상기 구동패턴(700)이 상기 정보저장패턴(100)에 직접 구동 자속밀도를 인가하는 것이 아니라, 상기 연자성체 패턴(600)의 자화방향을 바꿀 수 있다. 상기 연자성체 패턴(600)의 자화방향이 정보저장패턴(100)의 자벽을 이동시킬 수 있다. 결국, 상기 구동 패턴(700)에 의한 구동자속밀도가 상기 연자성체 패턴(600)을 통하여 변경되는 결과를 초래한다.
- <193> 예를 들면, 시간 t_1 에서 상기 제1 연자성체 패턴(601)이 상기 자벽(120)을 밀치고, 상기 제2 연자성체 패턴(602)은 상기 자벽(120)을 끌어 당기도록 자화방향이 설정되면, 상기 자벽(120)은 상기 제2 연자성체 패턴(602)에 가까운 위치로 이동한다. 시간 t_2 에서 상기 제2 연자성체 패턴(602)이 자벽(120)을 밀치고 상기 제1 연자성체 패턴(600)이 상기 자벽(120)을 끌어당기도록 설정되면 상기 자벽(120)은 상기 제1 연자성체 패턴(601)에 가까운 위치로 이동하여 한 단위를 이동하게 된다.
- <194> 상기 구동 패턴들(700) 및 상기 연자성체 패턴들(600)은 상기 정보저장패턴(100)에 주기적인 불균일한 구동 자속밀도를 인가하도록, 전산 모사(computer simulation) 또는 이론적 계산, 또는 실험결과에 의하여 최적의 형태를 가질 수 있다.
- <195> 상기 제1 구동 패턴(701) 상에 제1 구동 패턴 콘택 플러그(751)가 배치될 수 있다. 상기 제1 구동 패턴(701)을 전기적으로 연결하기 위하여 상기 제1 구동 패턴 콘택 플러그(751)를 연결하는 상부 배선(761)이 있을 수 있다.
- <196> 상기 제2 구동 패턴(702) 상에 제2 구동 패턴 콘택 플러그(752)가 배치될 수 있다. 상기 제2 구동 패턴(702)을 전기적으로 연결하기 위하여 상기 제2 구동 패턴 콘택 플러그(752)를 연결하는 상부 배선(761)이 있을 수 있다.

- <197> 제3 구동 패턴(703) 하부에는 제3 구동 패턴 콘택 플러그(미도시)가 배치될 수 있다. 상기 제3 구동 패턴(703)을 전기적으로 연결하기 위하여 상기 제3 구동 패턴 콘택 플러그(미도시)를 연결하는 하부 배선(미도시)이 있을 수 있다.
- <198> 제4 구동 패턴(704) 하부에는 제4 구동 패턴 콘택 플러그(미도시)가 배치될 수 있다. 상기 제4 구동 패턴(704)을 전기적으로 연결하기 위하여 상기 제4 구동 패턴 콘택 플러그(미도시)를 연결하는 하부 배선(미도시)이 있을 수 있다.
- <199> 상기 제1 구동 패턴(701)에 순방향 전류를 인가하여 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)를 형성할 수 있다. 상기 제2 구동 패턴(702)에 순방향 전류를 인가하여 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)를 형성할 수 있다. 상기 제3 구동 패턴(703)에 순방향 전류를 인가하여 제3 구동 자속밀도($B_{y3}(x)$)를 형성할 수 있다. 상기 제4 구동 패턴(704)에 순방향 전류를 인가하여 제4 구동 자속밀도($B_{y4}(x)$)를 형성할 수 있다.
- <200> 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 구동 패턴(700)은 상술한 것처럼 너비와 두께가 일정한 것에 한하지 않는다. 따라서, 구동 패턴의 수와 형태는 다양하게 변형될 수 있다. 또한, 상기 구동 패턴들(700)을 연결하는 상기 상부 배선(761) 및 상기 하부 배선은 상술한 배선의 모양에 국한되는 것은 아니다. 상기 구동 패턴 콘택 플러그들(751, 752)도 당업자에게 다양하게 변형될 수 있다.
- <201> 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 자벽의 이동 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- <202> 정보저장패턴(100)의 자벽을 이동하기 위하여, 상기 정보저장패턴(100)의 자벽들(120)을 한쪽 방향으로 정렬하는 단계(S100)를 포함한다. 상기 자벽 정렬 단계(S100)는 도 6에서 설명한 것처럼, 쓰기 과정과 동시에 이루어질 수 있다. 즉, 단위 자구(110)에 일정한 정보를 저장하면서, 동시에 상기 단위 자구(110)에 인접한 자벽(120)을 정렬할 수 있다. 한편, 이미 자벽들(120)이 정렬된 경우에는 상기 자벽(120)을 정렬하는 단계(S100)는 생략될 수 있다.
- <203> 이동하고자 하는 셀(cell)의 수를 선정하는 단계(S200)를 포함할 수 있다. 여기서, 셀은 상술한 단위 영역을 의미한다. 읽기 동작(재생 동작) 또는 쓰기 동작(기록 동작, 프로그램 동작)을 하기 위하여 데이터가 저장된 셀로 이동하기 위한 셀의 수를 계산하는 단계(S200)를 포함한다.
- <204> 이동하고자 하는 방향을 결정하는 단계(S300)를 포함할 수 있다. 자속밀도 인가 자벽이동 소자의 자벽은 일 방향으로만 이동하도록 설계할 수 있으나, 양 방향으로 이동하도록 설계할 수 있다. 양 방향으로 이동하도록 설계된 경우, 이동 방향을 결정하는 단계(S300)를 포함할 수 있다.
- <205> 공간적으로 주기적이고 불균일한 구동 자속밀도를 인가하는 단계(S400)를 포함한다. 상기 불균일한 구동 자속밀도에 의하여 자벽(120)이 선택된 방향으로 단위 셀을 이동할 수 있다.
- <206> 상기 불균일한 구동 자속밀도는 시간에 따라 변할 수 있고, 펄스형일 수 있다. 구체적으로, 상기 구동 자속밀도는 구동 패턴에 흐르는 전류에 의하여 형성된다. 즉, 상기 구동 패턴의 전류는 시간에 따라 변할 수 있고, 전류는 펄스형일 수 있다.
- <207> 자벽을 이동시키기 위하여, 상기 구동 자속밀도($B_{yn}(x)$)는 복 수개의 형태로 구성될 수 있다. 각 구동 자속밀도는 시간 차이를 두고 상기 정보저장패턴에 인가될 수 있다. 각 상기 구동자속밀도에 따라, 상기 자벽은 소정의 구간을 이동할 수 있다.
- <208> 설정된 셀 수를 판단하는 단계(S500)를 포함할 수 있다. 설정된 셀 수만큼 상기 자벽(120)이 이동한 경우, 상기 구동 자속밀도를 더 이상 인가하지 않는다.
- <209> 선정된 단위 자구에 정보를 저장하는 경우에는 기록하는 단계를 더 포함할 수 있다. 한편, 선정된 상기 단위 자구에 정보를 읽고자 하는 경우에는 재생하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- <210> 상기 기록 하는 단계 또는 재생하는 단계를 모두 마친 경우, 최초의 원상태로 복원하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- <211> 도 14는 본 발명의 일 실시예에 정보저장패턴(a)과 우측으로 자벽을 이동시키기 위한 구동 자속밀도(b)와 좌측으로 자벽을 이동시키기 위한 구동 자속밀도(c)에 따른 자벽의 이동 방법을 설명하기 위한 도면들이다.
- <212> 도 14(a)를 참조하면, 정보저장패턴(100)은 x축을 따라 나란히 진행할 수 있다. 상기 정보저장패턴(100)의 자

구들(110)은 x축 방향으로 평행 또는 반평행 할 수 있다. 한편, 상기 정보저장패턴(100)의 자벽들(120)은 y축 방향으로 정렬할 수 있다. 상기 정보저장패턴(100)은 도 7에서 상술한 피닝 영역(130a)을 구비할 수 있다. 상기 피닝 영역(130a)은 상기 자벽(120)이 이동하는 것을 막아주는 부분이다. 상기 피닝 영역(130a)은 상기 정보저장패턴(100)에 주기적으로 배치될 수 있다. 정지 상태에서 상기 피닝 영역(130a)에 상기 자벽(120)이 배치될 수 있다.

<213> 도 14(b)를 참조하면, 자벽(120)을 우측으로 이동시키기 위하여, 도 12a에서 설명한 구동 패턴(700)의 구조 또는 변형된 구조를 가지고 형성할 수 있는 구동 자속밀도를 나타낸다. 시간 t_1 에 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)를 상기 정보저장패턴(100)에 인가한다. 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)에 의하여 상기 자벽(120)은 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)가 증가하는 방향(우측)으로 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)의 최대점까지 이동할 수 있다.

<214> 이어서, 시간 t_2 에 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)가 상기 정보저장패턴(100)에 인가될 수 있다. 이 경우, 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)의 최고점까지 이동한 상기 자벽(120)은 우측으로 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)의 최고점까지 이동할 수 있다. 이 경우, 상기 자벽(120)은 피닝 영역(130a)을 지나치는 것을 방지하기 위하여, 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)는 시간에 따라 변할 수 있다. 즉, 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)를 생성하는 제2 구동 패턴(720)에 흐르는 전류의 양을 감소시키어 상기 피닝 영역(130a)에서 자벽(120)이 멈추도록 할 수 있다. 또한, 상기 구동 패턴(700)에 인가되는 전류는 펄스일 수 있다.

<215> 도 14(c)를 참조하면, 자벽(120)을 좌측으로 이동시키기 위하여, 도 12a에서 설명한 구동 패턴(700)의 구조 또는 변형된 구조를 가지고 형성할 수 있는 구동 자속밀도를 나타낸다. 시간 t_3 에 제3 구동 자속밀도($B_{y3}(x)$)를 상기 정보저장패턴(100)에 인가한다. 상기 제3 구동 자속밀도($B_{y3}(x)$)에 의하여 자벽(120)은 상기 제3 구동 자속밀도($B_{y3}(x)$)가 증가하는 방향(좌측)으로 상기 제3 구동 자속밀도($B_{y3}(x)$)의 최대점까지 이동할 수 있다.

<216> 이어서, 시간 t_4 에 제4 구동 자속밀도($B_{y4}(x)$)가 상기 정보저장패턴(100)에 인가될 수 있다. 이 경우, 상기 제3 구동 자속밀도($B_{y3}(x)$)의 최고점까지 이동한 상기 자벽(120)은 좌측으로 제4 구동 자속밀도($B_{y4}(x)$)의 최고점까지 이동할 수 있다. 이 경우, 상기 자벽(120)은 피닝 영역(130a)을 지나치는 것을 방지하기 위하여 제4 구동 자속밀도($B_{y4}(x)$)는 시간에 따라 변할 수 있다. 즉, 상기 제4 구동 자속밀도($B_{y4}(x)$)를 생성하는 구동 패턴에 흐르는 전류의 양을 감소시키어 상기 피닝 영역(130a)에서 자벽(120)이 멈추도록 할 수 있다.

<217> 다시, 도 12a를 참조하면, 상기 제1 구동 자속밀도($B_{y1}(x)$)와 상기 제4 구동 자속밀도($B_{y4}(x)$)는 상기 제1 구동 패턴(710)에 흐르는 전류의 방향에 의하여 형성될 수 있다. 또한, 상기 제2 구동 자속밀도($B_{y2}(x)$)와 상기 제3 구동 자속밀도($B_{y3}(x)$)는 상기 제2 구동 패턴(720)에 흐르는 전류의 방향에 의하여 형성될 수 있다.

<218> 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른, 정보 저장 패턴의 이동 방법을 나타낸다.

<219> 상기 정보 저장 패턴(100)의 적어도 두 개의 단위 자구들(110c, 110d)의 자화방향이 연속적으로 같은 방향일 수 있다. 이 경우, 연속적으로 같은 방향으로 자화된 단위 자구들(110c, 110d) 사이에는 자벽(120)이 형성되지 않을 수 있다. 이 경우, 상기 정보저장패턴(100)에 구동 자속밀도가 인가된 경우, 상기 정보저장패턴(100)의 자구들(110c, 110d)은 좌측 또는 우측으로 이동할 수 있다. 결국, 상기 정보저장패턴(100)이 상기 연속적으로 같은 방향으로 자화된 단위 자구들(110c, 110d)을 포함하는 경우에도 도 14에서 상술한 상기 자벽(120)의 이동 동작은 같다. 단, 상기 정보저장패턴(100)은 적어도 하나의 자벽(120)을 포함한다.

<220> 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상술한 구성요소들의 조합 및 변형은 당업자에게 자명하다. 따라서, 반복을 피하기 위하여, 이들 구성요소들의 조합 및 변형은 생략한다.

<221> 본 발명의 일 실시예에 따른 기억 장치의 형성 방법은 기판 상에 복수의 자구들 및 적어도 하나의 자벽을 포함하는 정보저장패턴을 형성하는 단계, 및 상기 정보 저장 패턴 주위에, 상기 정보저장패턴에 구동 자속밀도를 생성하는 적어도 하나의 구동 패턴을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 구동 자속밀도에 의하여 상기 정보저장패턴의 자벽이 이동한다.

<222> 다시, 도 6a를 참조하면, 상기 기판(100)은 반도체 기판 또는 유리 기판일 수 있다. 상기 기판 상에 본 발명의 기억 장치를 구동하는 구동회로를 포함할 수 있다.

<223> 상기 정보정보저장패턴(100)을 형성하는 단계 및 상기 구동 패턴을 형성하는 단계는 포토 리소그래피(photo lithography) 기술과 패터닝 기술을 이용하여 형성될 수 있다. 상기 정보저장패턴은 복층 구조를 가질 수 있다. 이에 따라, 상기 정보정보저장패턴(100)을 형성하는 단계 및 상기 구동 패턴을 형성하는 단계는 평탄화 공정을 더 포함할 수 있다.

<224> 본 발명의 일 실시예에 따른 기억 장치의 형성 방법은 쓰기 구조체를 형성하는 단계, 재생구조체를 형성하는 단계, 피닝 구조체를 형성하는 단계, 자벽 정렬 구조체를 정렬하는 단계, 연자성체 패턴을 형성하는 단계, 및 차폐 구조체를 형성하는 단계 중에서 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

<225> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자벽이동 기억 장치의 동작원리를 설명하기 위한 도면이다.

<226> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도 인가 자벽이동 기억 장치에 불균일한 자속밀도를 인가한 경우의 자벽의 이동 현상을 설명하기 위한 도면이다.

<227> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자벽이동 기억 장치에 불균일한 구동 자속밀도를 인가한 경우의 자벽의 이동 현상을 설명하기 위한 도면이다.

<228> 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른 자벽이동 기억소자의 자벽과 자구의 자화방향을 나타내는 도면들이다.

<229> 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 자벽이동 기억소자가 같은 자화 방향의 자벽을 형성하는 방법을 나타내는 도면이다.

<230> 도 6a 내지 6c는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자벽이동 기억 장치의 자벽 정렬을 설명하기 위한 도면들이다.

<231> 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자벽이동 기억 장치에서 피닝(pinning)을 나타내는 도면들이다.

<232> 도 8a 내지 도 8c는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자벽이동 기억 장치의 정보저장패턴을 나타내는 도면들이다.

<233> 도 9a 내지 도 9d는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자벽 이동 기억 장치의 정보저장패턴의 형태를 나타내는 도면들이다.

<234> 도 10a 및 도 10b는 본 발명에 일 실시예에 따른 자속밀도 인가 자벽이동 기억 장치의 차폐 구조체를 설명하기 위한 도면들이다.

<235> 도 11a 및 도 11b는 본 발명의 일 실시예에 따른 구동 패턴을 설명하기 위한 도면들이다.

<236> 도 12a 내지 도 12b는 본 발명의 일 실시예에 따른 자속밀도인가 자벽이동 기억 장치의 연자성체 패턴을 설명하기 위한 도면들이다.

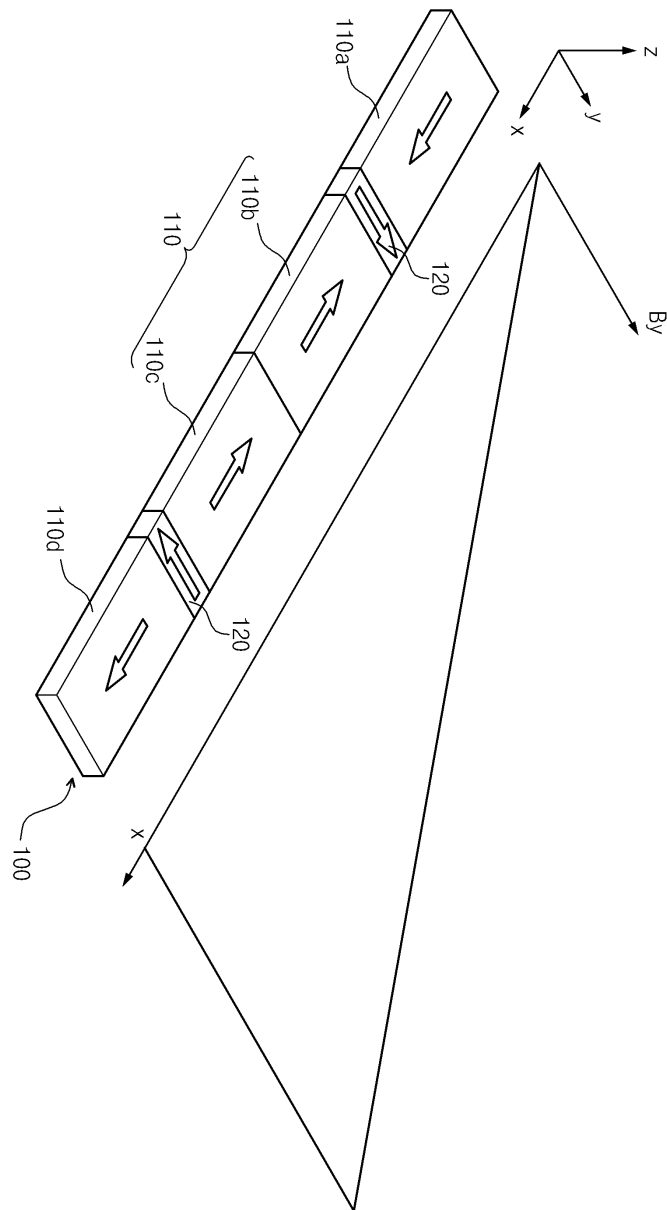
<237> 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 자벽의 이동 방법을 설명하기 위한 도면이다.

<238> 도 14는 본 발명의 일 실시예에 정보저장패턴(a)과 우측으로 자벽을 이동시키기 위한 구동 자속밀도(b)와 좌측으로 자벽을 이동시키기 위한 구동 자속밀도(c)에 따른 자벽의 이동 방법을 설명하기 위한 도면들이다.

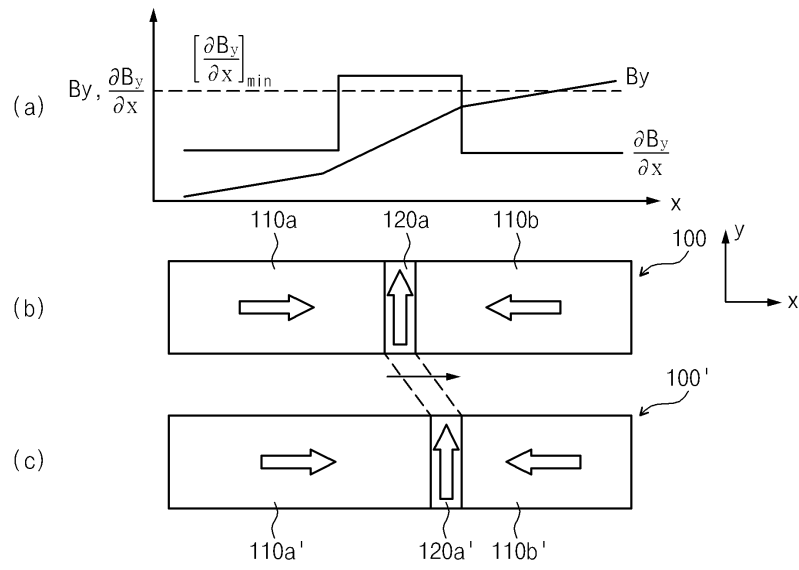
<239> 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른, 정보 저장 패턴의 이동 방법을 나타낸다.

도면

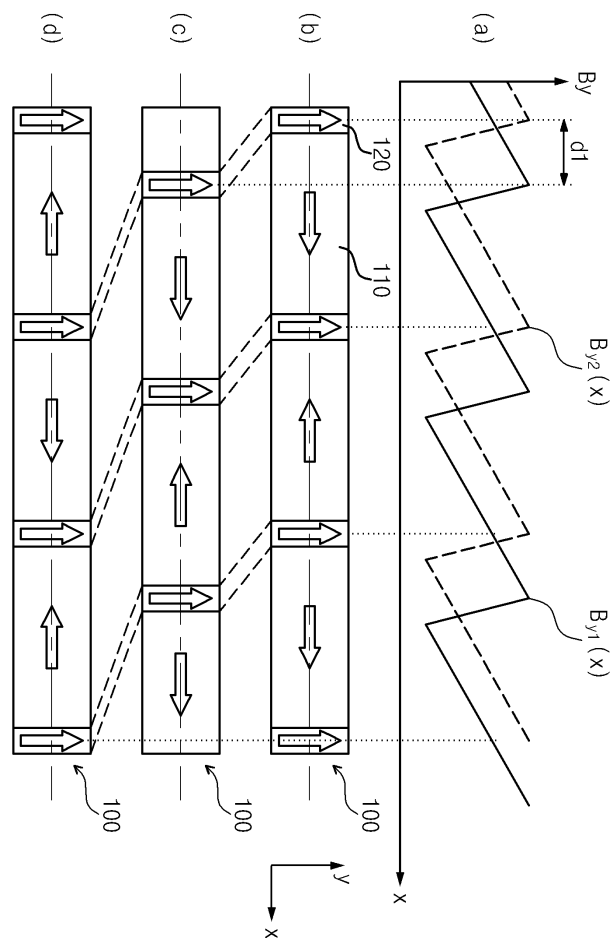
도면1



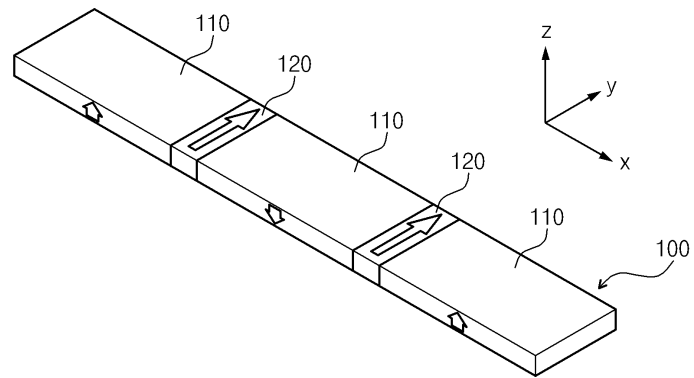
도면2



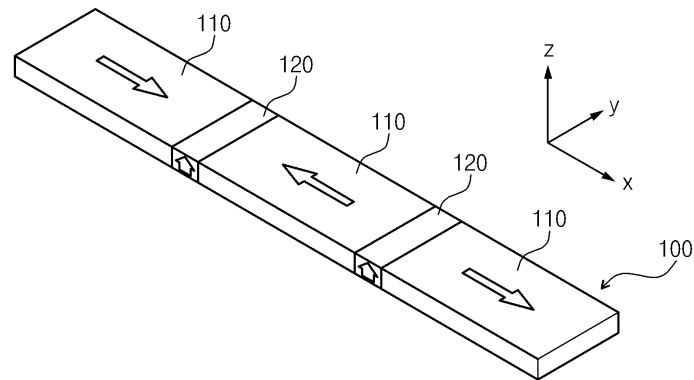
도면3



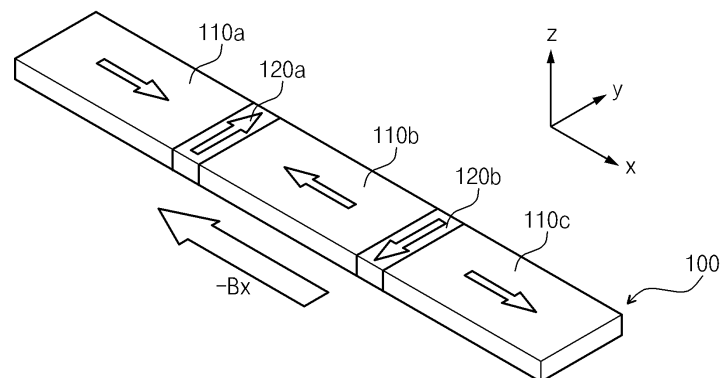
도면4a



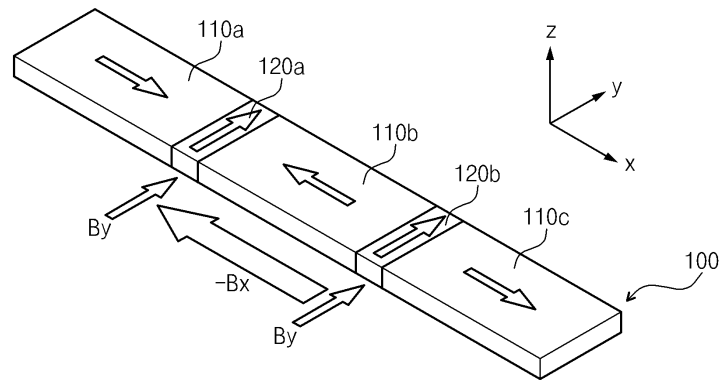
도면4b



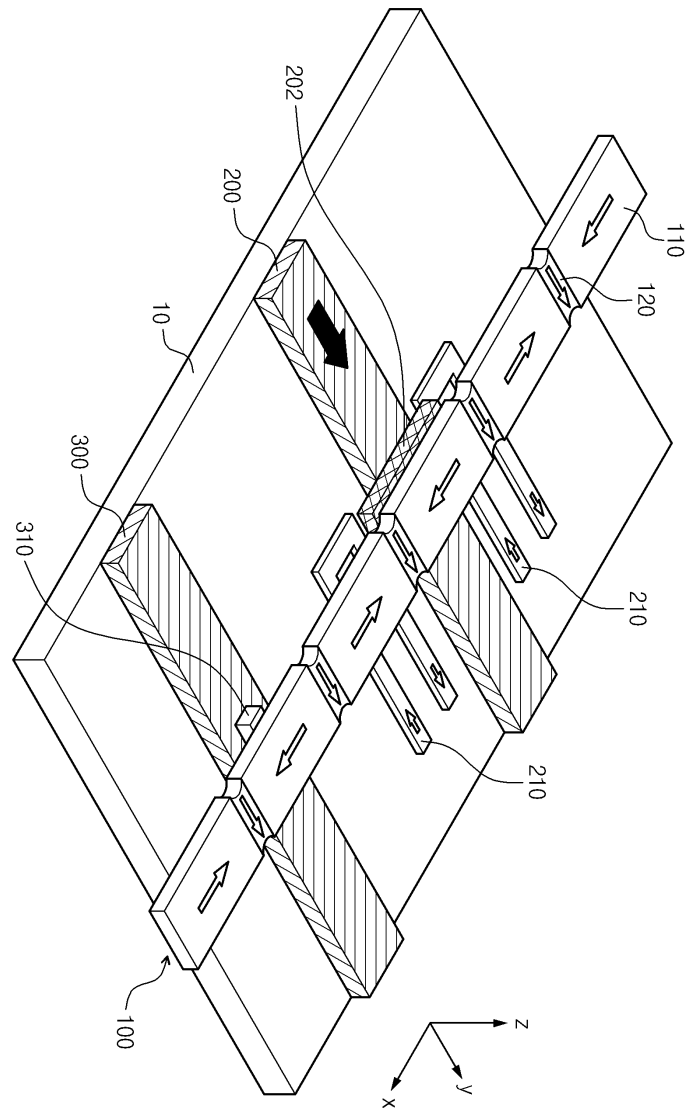
도면5a



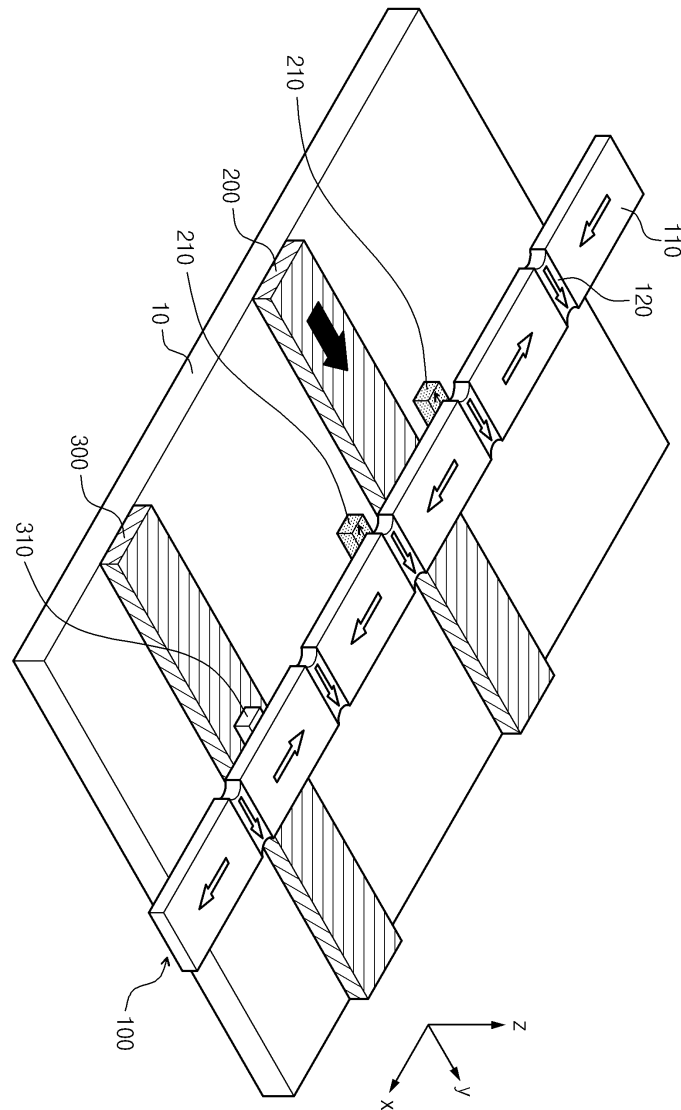
도면5b



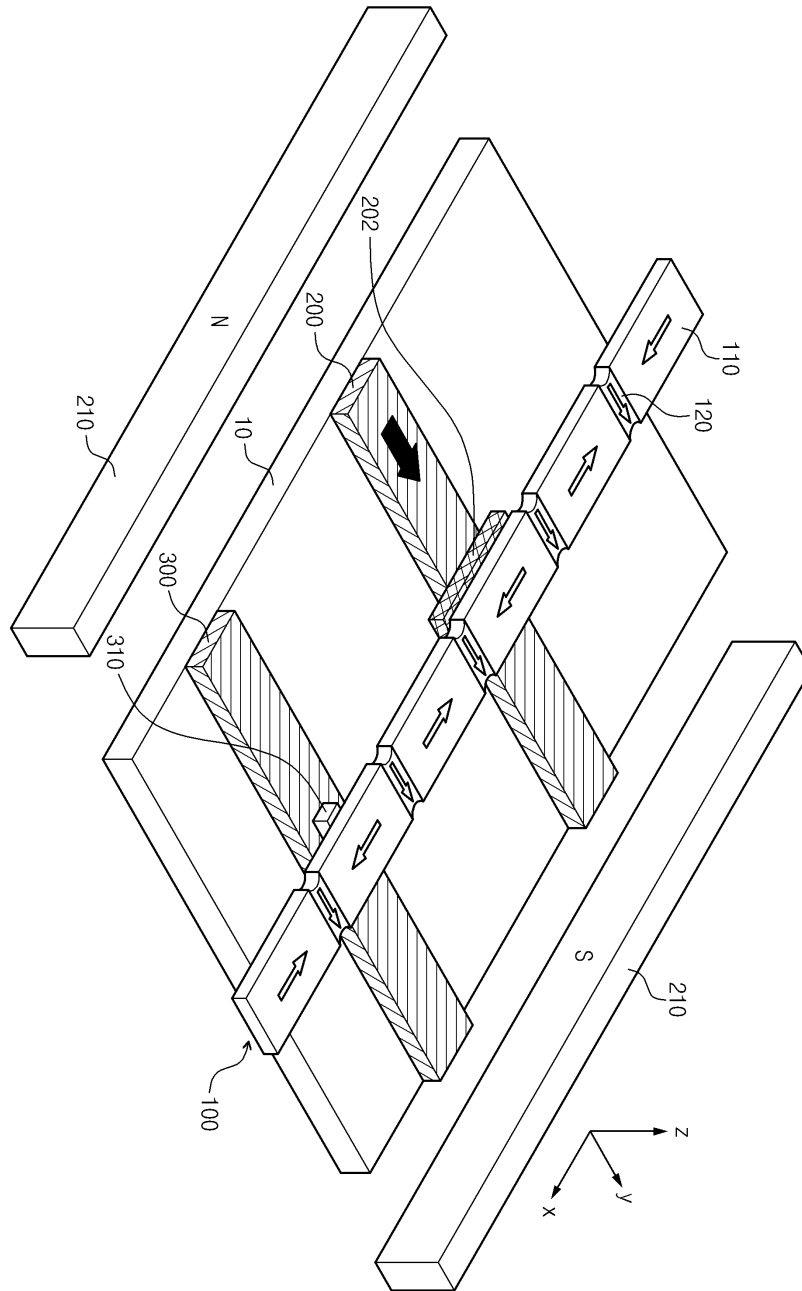
도면6a



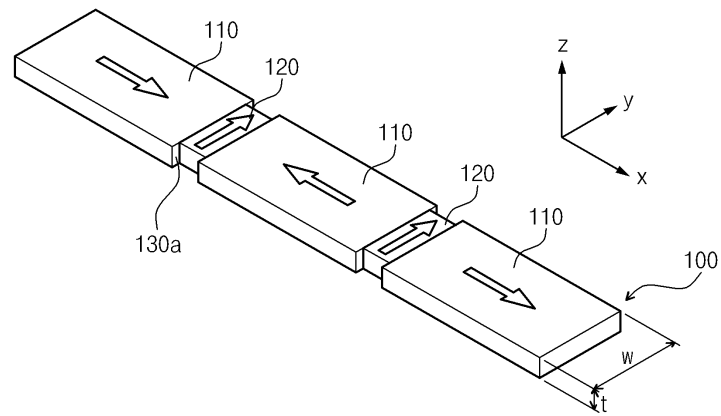
도면6b



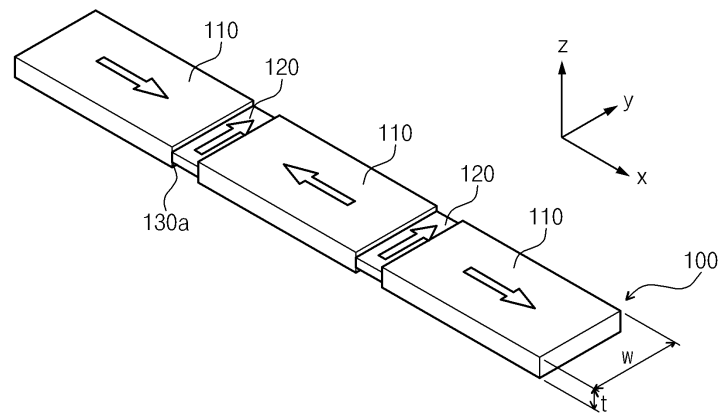
도면6c



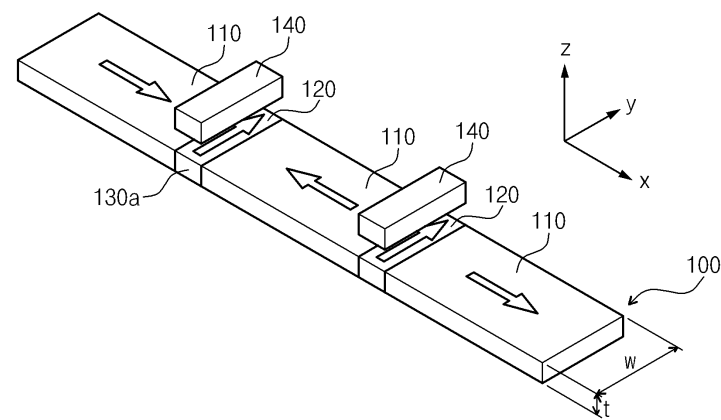
도면7a



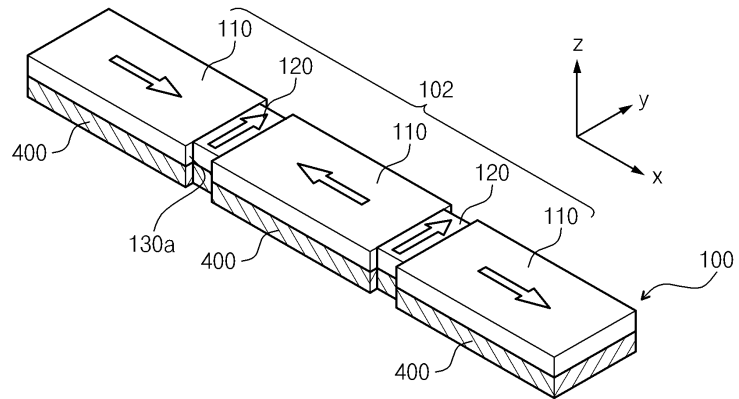
도면7b



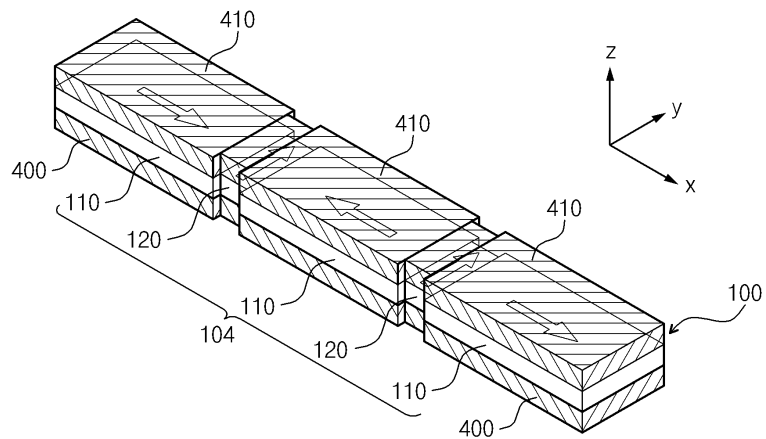
도면7c



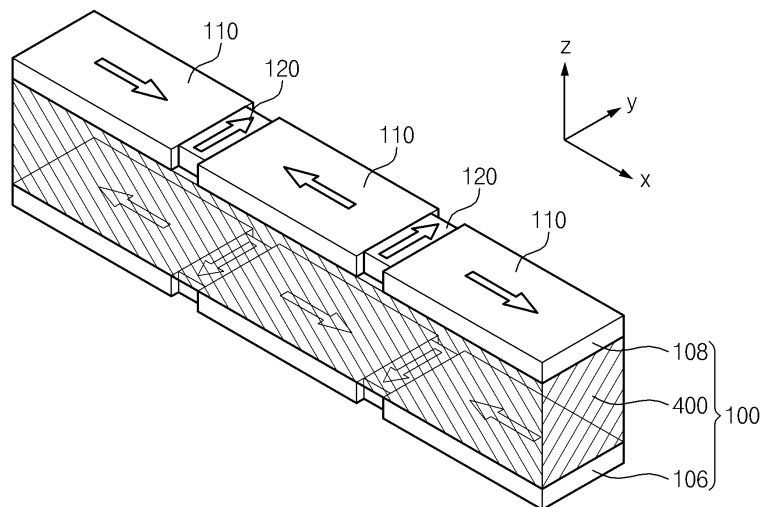
도면8a



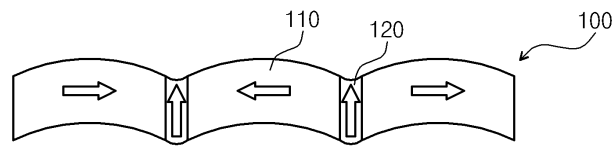
도면8b



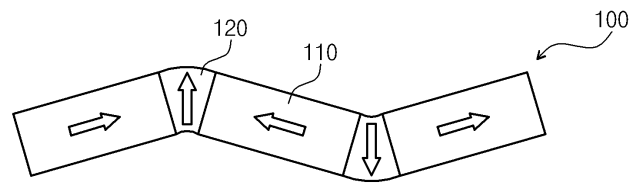
도면8c



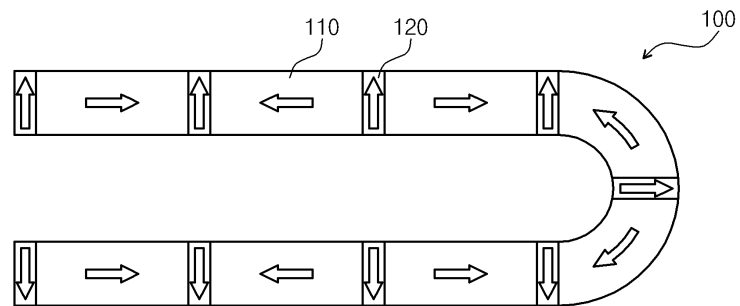
도면9a



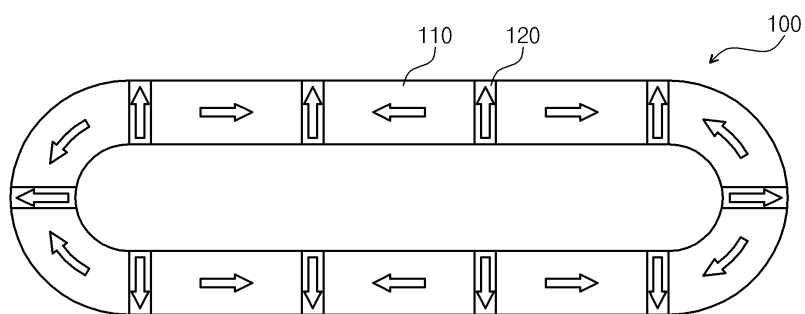
도면9b



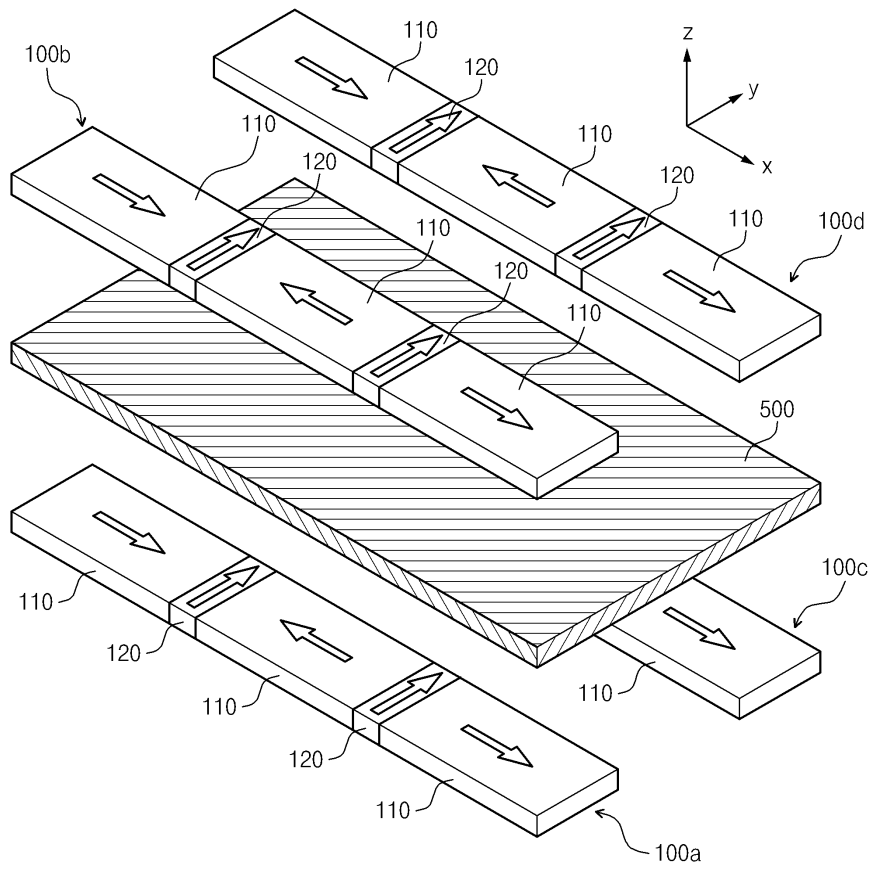
도면9c



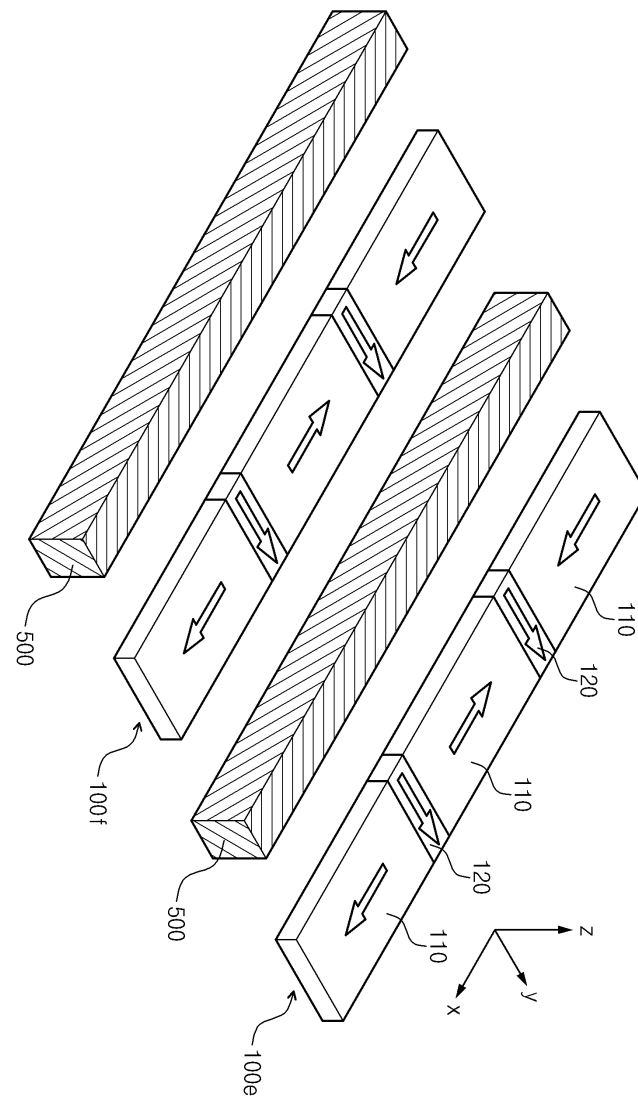
도면9d



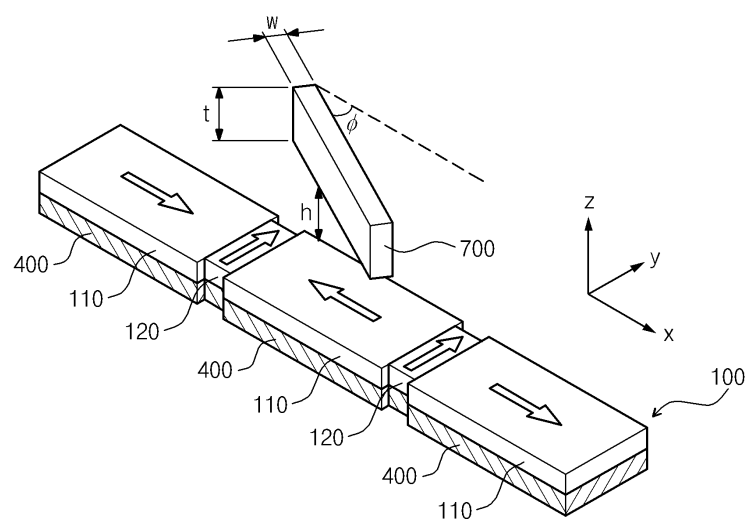
도면10a



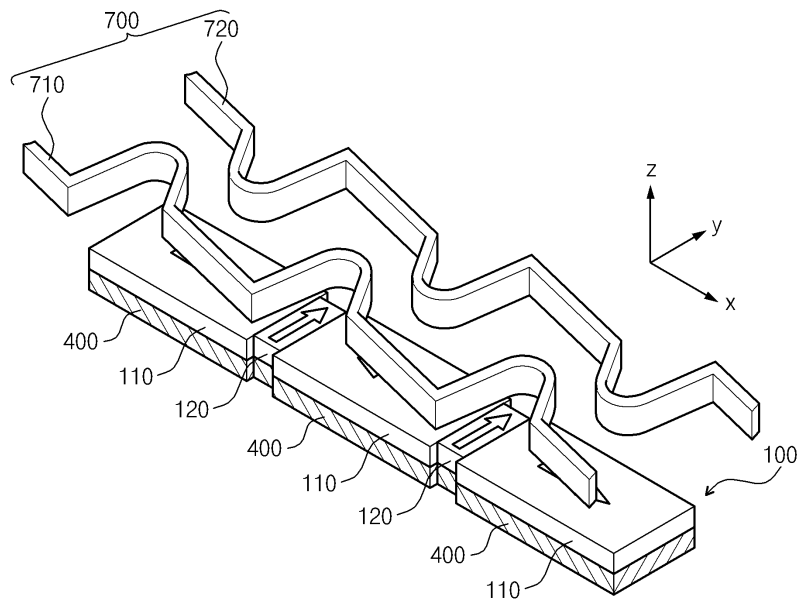
도면10b



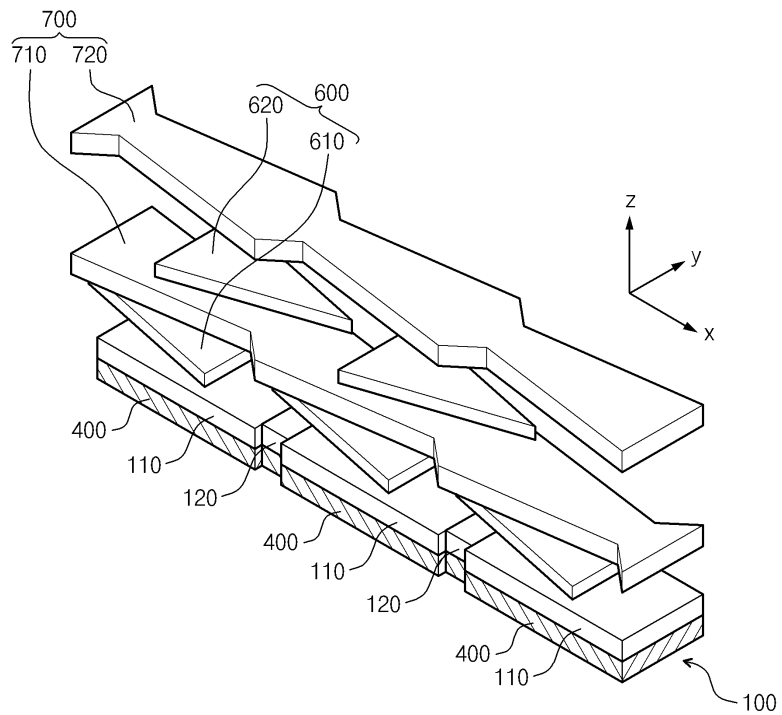
도면11a



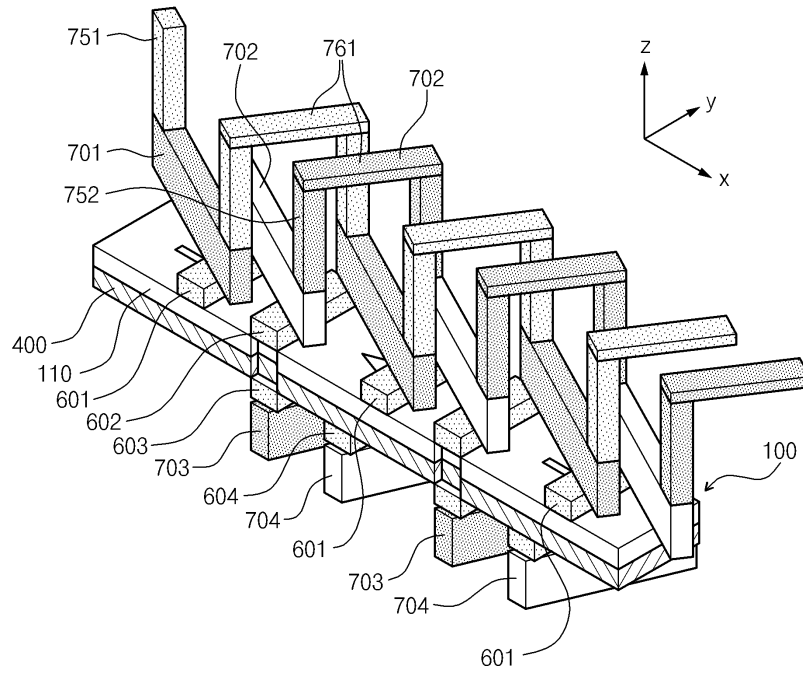
도면11b



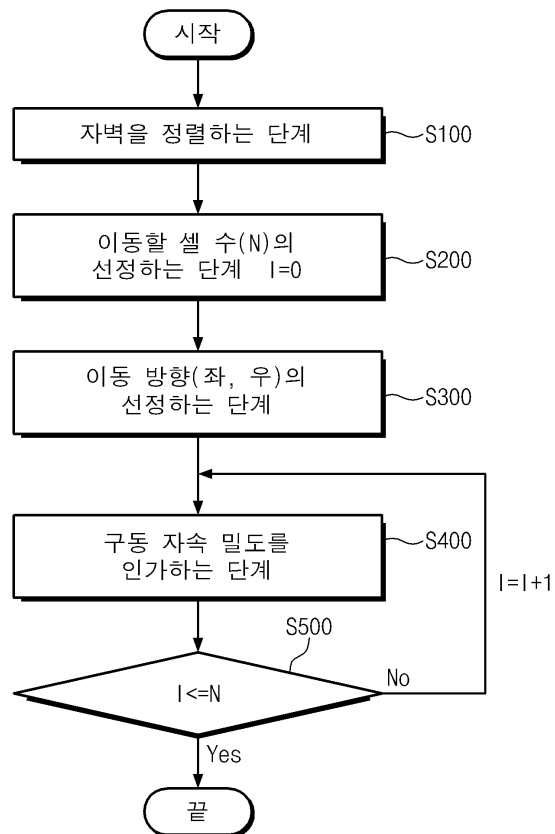
도면12a



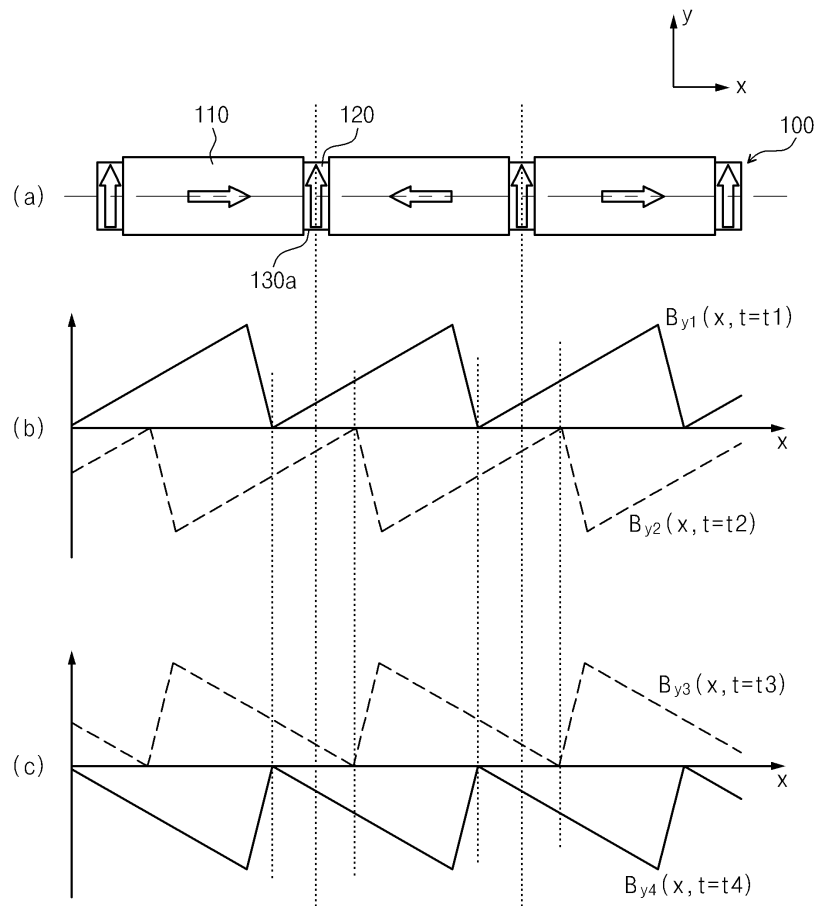
도면12b



도면13



도면14



도면15

