



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년11월19일
(11) 등록번호 10-2732136
(24) 등록일자 2024년11월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G11C 19/08 (2006.01) G11C 11/15 (2006.01)
H10N 50/01 (2023.01) H10N 50/80 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G11C 19/0825 (2013.01)
G11C 11/15 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0080136
(22) 출원일자 2023년06월22일
심사청구일자 2023년06월22일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020230016647 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
이기석
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
유평열
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 15 항

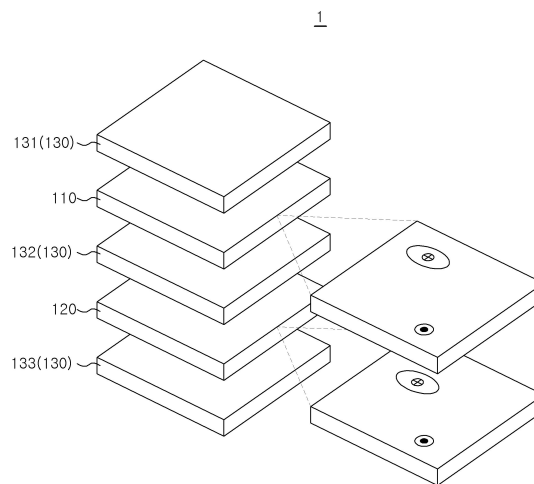
심사관 : 윤석채

(54) 발명의 명칭 자구벽 생성 장치 및 생성 방법

(57) 요약

본 발명은 자구벽 생성 장치 및 생성 방법에 관한 것이다. 구체적으로 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1 자성 영역이 형성되는 제1 강자성층; 제2 자성영역이 형성되는 제2 강자성층; 및 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 사이에 적층되는 중금속층을 포함하며, 제1 강자성층, 중금속층 및 제2 강자성층이 순차적으로 적층되고, 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 중 하나 이상에 역방향자화영역이 형성되는, 메탈 구조물이 제공될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H10N 50/01 (2023.02)

H10N 50/80 (2023.02)

(72) 발명자

이수석

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

강명환

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711159440
과제번호	2020M3F3A2A03082987
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	차세대지능형반도체기술개발(소자)
연구과제명	스핀 구조체 동역학 기반 초저전력 집적회로소자 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2022.01.01 ~ 2023.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1 자성영역이 형성되는 제1 강자성층;

제2 자성영역이 형성되는 제2 강자성층; 및

상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 사이에 적층되거나, 상기 제1 강자성층의 상측 또는 상기 제2 강자성층의 하측에 적층되는 중금속층을 포함하며,

제1 강자성층, 중금속층 및 제2 강자성층이 순차적으로 적층되고,

상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 중 하나 이상에 역방향자화영역이 더 형성되며,

상기 제1 강자성층 중 어느 일부에 상기 제1 자성영역이 형성되고 상기 제1 강자성층 중 다른 일부에 제1 역방향자화영역이 형성되며,

상기 제1 자성영역은 복수 개로 형성되며,

상기 제1 자성영역의 어느 일부는 상기 제1 역방향자화영역의 내측에 형성되고 상기 제1 자성영역의 다른 일부는 상기 제1 역방향자화영역의 외측에 형성되는,

메탈 구조물.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 중금속층은 복수 개로 제공되고,

복수 개의 상기 중금속층은 제1 중금속층 및 제2 중금속층을 포함하고,

상기 제1 중금속층은 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 사이에 적층되고, 상기 제2 중금속층은 상기 제1 강자성층의 상부 또는 상기 제2 강자성층의 하부에 적층되는,

메탈 구조물.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제2 강자성층의 보자력은 상기 제1 강자성층의 보자력보다 높은,

메탈 구조물.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층에는 결함(defect)이 형성되고,

상기 제1 강자성층의 단위면적당 결함의 개수는 상기 제2 강자성층의 단위면적당 결함의 개수보다 더 많은,

메탈 구조물.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 중금속층의 두께는 5nm 이상 9nm 이하인,

메탈 구조물.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

제1 방향 또는 상기 제1 방향과 반대되는 방향인 제2 방향으로 자기장을 인가하여 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 중 하나 이상에 자구벽이 형성되는,

메탈 구조물.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제2 자성영역은 상기 제2 강자성층 중 어느 일부에 형성되고, 상기 역방향자화영역은 상기 제2 강자성층 중 다른 일부에 형성되며,

상기 역방향자화영역은 상기 제1 자성영역보다 작은 면적을 가지는,

메탈 구조물.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 제2 자성영역은 상기 제2 강자성층 중 어느 일부에 형성되고, 상기 역방향자화영역은 상기 제2 강자성층 중 다른 일부에 형성되는,

메탈 구조물.

청구항 9

제1 강자성층, 중금속층, 및 제2 강자성층이 순차적으로 적층되는 다층 자성 박막에 자기장을 인가하는 자기장 인가부; 및

인가되는 자기장의 세기와 시간을 조절할 수 있는 제어기를 포함하며,

상기 자기장 인가부는 상기 다층 자성 박막에 제1 방향 또는 상기 제1 방향과 반대되는 방향인 제2 방향으로 자기장을 인가하여 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 중 하나 이상에 자구벽을 형성하며,

상기 자기장 인가부는,

상기 제1 강자성층에 상기 제1 방향으로 제1 자기장을 인가하여 자화시킴으로써, 상기 제1 강자성층에 제1 자성영역을 형성하고,

상기 제1 강자성층에 상기 제2 방향으로 제2 자기장을 인가하여 자화시킴으로써, 상기 제1 자성영역의 일부를 제1 역방향자화영역으로 변경시키고,

상기 자기장 인가부는,

상기 제1 역방향자화영역의 일부에 상기 제1 방향으로 제3 자기장을 인가하여 자화시킴으로써, 상기 제1 역방향자화영역의 일부를 상기 제1 자성영역으로 되돌리는,

자구벽 형성 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 자기장 인가부는,

상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층에 상기 제1 방향으로 제1 자기장을 인가하여 자화시킴으로써, 상기 제1 강자성층에 제1 자성영역을 형성하고, 상기 제2 강자성층에 제2 자성영역을 형성하며,

상기 제2 강자성층에 상기 제2 방향으로 제2 자기장을 인가하여 자화시킴으로써 상기 제2 자성영역의 일부를 역방향자화영역으로 변경시키며,

상기 역방향자화영역은 상기 제1 자성영역보다 작은 면적을 가지는,

자구벽 형성 장치.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 자기장 인가부는,

상기 제2 강자성층에 상기 제1 방향으로 제1 자기장을 인가하여 자화시킴으로써, 상기 제2 강자성층에 제2 자성영역을 형성하며,

상기 제2 강자성층에 상기 제2 방향으로 제2 자기장을 인가하여 자화시킴으로써, 상기 제2 자성영역의 일부를 제2 역방향자화영역으로 변경시키는,

자구벽 형성 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 제2 자기장의 세기는 상기 제1 자기장의 세기보다 작고, 상기 제2 자기장이 인가되는 시간은 상기 제1 자기장이 인가되는 시간보다 더 작은,

자구벽 형성 장치.

청구항 13

삭제

청구항 14

제 9 항에 있어서,

상기 제3 자기장의 세기는 상기 제2 자기장의 세기보다 작고, 상기 제3 자기장이 인가되는 시간은 상기 제2 자기장이 인가되는 시간보다 더 작은,

자구벽 형성 장치.

청구항 15

자구벽 생성 장치에 의해 수행되는 자구벽 생성 방법에 있어서,

제1 강자성층, 증금속층, 및 제2 강자성층이 적층된 다층 자성 박막을 마련하는 단계; 및

상기 다층 자성 박막에 자기장을 인가하는 자기장인가단계를 포함하고,

상기 자기장인가단계에서는,

상기 다층 자성 박막에 제1 방향 또는 상기 제1 방향과 반대되는 방향인 제2 방향으로 자기장을 인가하여 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 중 하나 이상에 자구벽을 형성하며,

상기 자기장인가단계는,

상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층에 상기 제1 방향으로 제1 자기장을 인가하여 자화시킴으로써, 상기 제1 강자성층에 제1 자성영역을 형성하고, 상기 제2 강자성층에 제2 자성영역을 형성하는 자성영역 형성단계;

상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층에 상기 제2 방향으로 제2 자기장을 인가하여 자화시킴으로써 상기 제1 자성영역 및 상기 제2 자성영역의 일부를 역방향자화영역으로 변경시켜 제1 역방향자화영역 및 제2 역방향자화영역을 형성시키는 역방향자화영역 형성단계; 및

상기 제1 강자성층의 상기 제1 역방향자화영역의 일부가 상기 제1 자성영역으로 되돌아오도록 제3 자기장을 인가하는 단계를 포함하는,

자구벽 생성 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 제1 역방향자화영역은 상기 제1 자성영역보다 작은 면적을 가지는,

자구벽 생성 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다층 자성 박막에서 자기장의 세기와 시간을 조절해 원하는 구역에 자구벽을 생성하는 장치에 대한 발명이다.

배경 기술

[0002] 빅데이터 및 인공지능, 기계학습 관련 기술이 최근 많은 주목을 받고 있다. 이 세 분야의 공통점은 유의미한 결과를 도출해 내기 위하여 많은 양의 데이터에 대한 접근과 처리가 필요하다는 점이다. 따라서 빅데이터, 인공지능, 기계학습 관련해서 질 좋은 연구가 진행되려면 데이터 접근 속도 및 처리 속도 향상 기술에 대해서도 연구가 필요하다. 현재 데이터 처리는 Hard Disk Drive(HDD)/Solid State Drive(SSD) 와 같은 대용량 저장장치에 데이터를 저장하고, Random Access Memory (RAM)으로 데이터를 불러들여 프로세서로 처리하는 과정으로 이루어진다. HDD 또는 SSD에서 데이터를 불러오는 속도는 프로세서 처리 속도보다 10^6 배 느리기 때문에, 프로세서의 처리 속도와 데이터 접근 속도 간의 차이에 의해 데이터 처리 속도가 저하된다는 문제가 있다. 또한 HDD는 디스크를 회전시키고, reading head를 움직여야 하기 때문에, 소비전력이 크고 속도가 느리다는 단점이 있다.

[0003] 이러한 단점을 보완하기 위해 레이스트랙 메모리(Racetrack memory)와 같은 새로운 방식의 자기 메모리가 제안되었는데, 이와 호환 가능한 프로세서의 필요성이 대두되었고, 자구 및 자구벽(magnetic domain & magnetic domain wall)을 이용한 논리 연산의 필요성이 증가되었다.

[0004] 그러나, 기존의 자구벽을 이용한 논리소자는 복잡한 구조를 가지고 있고, 원하는 구역에만 자구벽을 형성시켜 이용하는 것이 쉽지 않다는 문제가 있다.

[0005] 그러므로 자기장을 인가하는 방법으로 쉽게 구동이 가능하고, 간단한 구조를 가진 자구벽 기반 논리소자가 필요하며 이를 위해 원하는 구역에 자구벽을 쉽게 형성할 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 실시예들은 상기와 같은 배경에서 발명된 것으로서, 자기장을 가하는 방향을 변경함으로써 자구벽을 생성하는 장치와 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 측면에 따르면, 제1 자성영역이 형성되는 제1 강자성층; 제2 자성영역이 형성되는 제2 강자성층; 및 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 사이에 적층되거나, 상기 제1 강자성층의 상측 또는 상기 제2 강자성층의 하측에 적층되는 중금속층을 포함하며, 제1 강자성층, 중금속층 및 제2 강자성층이 순차적으로 적층되고, 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 중 하나 이상에 역방향자화영역이 더 형성되는, 메탈 구조물이 제공될 수 있다.

[0008] 또한, 상기 중금속층은 복수 개로 제공되고, 복수 개의 상기 중금속층은 제1 중금속층 및 제2 중금속층을 포함

하고, 상기 제1 중금속층은 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 사이에 적층되고, 상기 제2 중금속층은 상기 제1 강자성층의 상부 또는 상기 제2 강자성층의 하부에 적층되는, 메탈 구조물이 제공될 수 있다.

- [0009] 또한, 상기 제2 강자성층의 보자력은 상기 제1 강자성층의 보자력보다 높은, 메탈 구조물이 제공될 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층에는 결함(defect)이 형성되고, 상기 제1 강자성층의 단위면적당 결함의 개수는 상기 제2 강자성층의 단위면적당 결함의 개수보다 더 많은, 메탈 구조물이 제공될 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 중금속층의 두께는 5nm 이상 9nm 이하인, 메탈 구조물이 제공될 수 있다.
- [0012] 또한, 제1 방향 또는 상기 제1 방향과 반대되는 방향인 제2 방향으로 자기장을 인가하여 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 중 하나 이상에 자구벽이 형성되는, 메탈 구조물이 제공될 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 제2 자성영역은 상기 제2 강자성층 중 어느 일부에 형성되고, 상기 역방향자화영역은 상기 제2 강자성층 중 다른 일부에 형성되며, 상기 역방향자화영역은 상기 제1 자성영역보다 작은 면적을 가지는, 메탈 구조물이 제공될 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 제1 자성영역은 상기 제1 강자성층 중 어느 일부에 형성되고, 상기 역방향자화영역은 상기 제1 강자성층 중 다른 일부에 형성되며, 상기 제1 자성영역이 상기 제1 역방향자화영역의 일부에 형성되고, 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층에 상기 제1 방향으로 제1 자기장이 인가되어 자화됨으로써, 상기 제1 강자성층에 제1 자성영역이 형성되고, 상기 제2 강자성층에 제2 자성영역이 형성되며, 상기 제2 자성영역은 상기 제2 강자성층 중 어느 일부에 형성되고, 상기 역방향자화영역은 상기 제2 강자성층 중 다른 일부에 형성되는, 메탈 구조물이 제공될 수 있다.
- [0015] 제1 강자성층, 중금속층, 및 제2 강자성층이 순차적으로 적층되는 다층 자성 박막에 자기장을 인가하는 자기장 인가부; 및 인가되는 자기장의 세기와 시간을 조절할 수 있는 제어기를 포함하며, 상기 자기장 인가부는 상기 다층자성박막에 제1 방향 또는 상기 제1 방향과 반대되는 방향인 제2 방향으로 자기장을 인가하여 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 중 하나 이상에 자구벽을 형성하는, 자구벽 형성 장치가 제공될 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 자기장 인가부는, 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층에 상기 제1 방향으로 제1 자기장을 인가하여 자화시킴으로써, 상기 제1 강자성층에 제1 자성영역을 형성하고, 상기 제2 강자성층에 제2 자성영역을 형성하며, 상기 제2 강자성층에 상기 제2 방향으로 제2 자기장을 인가하여 자화시킴으로써 상기 제2 자성영역의 일부를 역방향자화영역으로 변경시키며, 상기 역방향자화영역은 상기 제1 자성영역보다 작은 면적을 가지는, 자구벽 형성 장치가 제공될 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 자기장 인가부는, 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층에 상기 제1 방향으로 제1 자기장을 인가하여 자화시킴으로써, 상기 제1 강자성층에 제1 자성영역을 형성하고, 상기 제2 강자성층에 제2 자성영역을 형성하며, 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층에 상기 제2 방향으로 제2 자기장을 인가하여 자화시킴으로써, 상기 제1 자성영역의 일부를 제1 역방향자화영역으로 변경시키고, 상기 제2 자성영역의 일부를 제2 역방향자화영역으로 변경시키는, 자구벽 형성 장치가 제공될 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 제2 자기장의 세기는 상기 제1 자기장의 세기보다 작고, 상기 제2 자기장이 인가되는 시간은 상기 제1 자기장이 인가되는 시간보다 더 작은, 자구벽 형성 장치가 제공될 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 자기장 인가부는, 상기 제1 역방향자화영역의 일부에 상기 제1 방향으로 제3 자기장을 인가하여 자화시킴으로써, 상기 제1 역방향자화영역의 일부를 상기 제1 자성영역으로 되돌리는, 자구벽 형성 장치가 제공될 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 제3 자기장의 세기는 상기 제2 자기장의 세기보다 작고, 상기 제3 자기장이 인가되는 시간은 상기 제2 자기장이 인가되는 시간보다 더 작은, 자구벽 형성 장치가 제공될 수 있다.
- [0021] 자구벽 생성 장치에 의해 수행되는 자구벽 생성 방법에 있어서, 제1 강자성층, 중금속층, 및 제2 강자성층이 적층된 다층 자성 박막을 마련하는 단계; 및 상기 다층자성박막에 자기장을 인가하는 자기장인가단계를 포함하고, 상기 자기장인가단계에서는, 상기 다층자성박막에 제1 방향 또는 상기 제1 방향과 반대되는 방향인 제2 방향으로 자기장을 인가하여 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층 중 하나 이상에 자구벽을 형성하는, 자구벽 생성 방법이 제공될 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 자기장인가단계는, 상기 제1 강자성층 및 상기 제2 강자성층에 상기 제1 방향으로 제1 자기장을 인가하여 자화시킴으로써, 상기 제1 강자성층에 제1 자성영역을 형성하고, 상기 제2 강자성층에 제2 자성영역을

형성하는 자성영역 형성단계; 및 상기 제2 강자성층에 상기 제2 방향으로 제2 자기장을 인가하여 자화시킴으로써 상기 제2 자성영역의 일부를 역방향자화영역으로 변경시키는 역방향자화영역 형성단계를 포함하고, 상기 역방향자화영역은 상기 제1 자성영역보다 작은 면적을 가지는, 자구벽 생성 방법이 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 실시예들에 따르면, 자기장을 가하는 방향을 변경함으로써 자구벽을 생성할 수 있다는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 메탈 구조물에 대한 것이다.

도 2는 도 1의 메탈 구조물을 형성하기 위한 자구벽 형성 장치에 대한 개념도이다.

도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 메탈 구조물의 제1 상태 및 제2 상태이다.

도 4는 도 3의 메탈 구조물이 형성되기 위한 단계를 나타낸 순서도이다.

도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 메탈 구조물의 제1 상태 내지 제3 상태이다.

도 6은 도 5의 제1 상태 내지 제3 상태가 형성되기 위해 인가되는 자기장의 세기와 시간에 대한 그래프이다.

도 7은 도 5의 메탈 구조물이 형성되기 위한 단계를 나타낸 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하에서는 본 발명의 기술적 사상을 구현하기 위한 구체적인 실시예에 대하여 도면을 참조하여 상세히 설명하도록 한다.

[0026] 아울러 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.

[0027] 또한, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '적층'된다고 언급된 때에는 그 다른 구성요소에 직접적으로 적층될 수도 있지만 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0028] 본 명세서에서 사용된 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로 본 발명을 한정하려는 의도로 사용된 것은 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다.

[0029] 또한, 본 명세서에서 상측, 하측등의 표현은 도면에 도시를 기준으로 설명한 것이며 해당 대상의 방향이 변경되면 다르게 표현될 수 있음을 미리 밝혀둔다. 마찬가지로 이유로 첨부 도면에 있어서 일부 구성요소는 과장되거나 생략되거나 또는 개략적으로 도시되었으며, 각 구성요소의 크기는 실제 크기를 전적으로 반영하는 것이 아니다.

[0030] 또한, 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 이와 같은 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 이 용어들은 하나의 구성요소들을 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0031] 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.

[0032] 이하, 도 1 내지 도 4를 참조하여 본 발명의 제 1 실시예에 따른 메탈 구조물(1)과 자구벽 형성 장치(2)의 구체적인 구성에 대하여 설명한다.

[0033] 도 1을 참조하면, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 메탈 구조물(1)은 강자성층 및 중금속층(130)을 포함하는 다층 자성박막에 자구벽이 형성된 적층구조물일 수 있다. 여기서 자구벽은 서로 다른 방향으로 자화된 영역의 경계일 수 있다. 이러한 메탈 구조물(1)은 제1 강자성층(110), 제2 강자성층(120) 및 중금속층(130)을 포함할 수 있다. 메탈 구조물(1)에서 제2 강자성층(120), 중금속층(130) 및 제1 강자성층(110)의 순서로 하측에서부터 적층될 수 있다.

[0034] 제1 강자성층(110)은 상대적으로 강한 세기를 가지는 자기장이 형성된 층일 수 있다. 이러한 제1 강자성층(110)은 수직자기 이방성을 위해, 예컨대 Co, Fe 등과 같은 단일 자성체 또는 CoFe, CoFeB 등과 같은 합금계 자성

체 또는 Co_2FeSi , Co_2MnSi 등과 같은 호이슬러 합금계 자성체 동일 수 있다. 제1 강자성층(110)은, 예컨대 스퍼터링, MBE(molecular beam epitaxy), ALD(atomic layer deposition), PLD(pulse laser deposition), 전자 빔 이베퍼레이터(E-beam evaporator) 등과 같은 공정을 통해 단일층(mono_layer; 계면 DMI를 위한 단일층 구조) 구조로 형성될 수 있다. 여기에서, 계면 DMI를 이용하는 경우일 때, 제1 강자성층(110)은 예컨대 수 Å 내지 수 nm의 범위의 두께를 가질 수 있다.

[0035] 제2 강자성층(120)은 상대적으로 강한 세기를 가지는 자기장이 형성된 층일 수 있다. 이러한 제2 강자성층(120)은 수직자기 이방성을 위해, 예컨대 Co, Fe 등과 같은 단일 자성체 또는 CoFe, CoFeB 등과 같은 합금계 자성체 또는 Co_2FeSi , Co_2MnSi 등과 같은 호이슬러 합금계 자성체 동일 수 있다. 제2 강자성층(120)은, 예컨대 스퍼터링, MBE(molecular beam epitaxy), ALD(atomic layer deposition), PLD(pulse laser deposition), 전자 빔 이베퍼레이터(E-beam evaporator) 등과 같은 공정을 통해 단일층(mono_layer; 계면 DMI를 위한 단일층 구조) 구조로 형성될 수 있다. 여기에서, 계면 DMI를 이용하는 경우일 때, 제2 강자성층(120)은 예컨대 수 Å 내지 수 nm의 범위의 두께를 가질 수 있다.

[0036] 중금속층(130)은 상대적으로 높은 밀도나 원자량을 가지는 금속으로 제1 강자성층(110) 및 제2 강자성층(120) 사이 또는 제1 강자성층(110) 상부 또는 제2 강자성층(120)의 하부에 적층될 수 있다. 중금속층(130)은 예컨대 플래티넘, 탄탈, 이리듐, 탄탈륨, 하프늄, 텅스텐, 팔라듐 중 어느 하나 혹은 둘 이상의 혼합물이 사용될 수 있으며, 강자성층과 마찬가지로, 예컨대 스퍼터링, MBE, ALD, PLD 전자 빔 이베퍼레이터 등과 같은 공정을 통해 단일층 구조 또는 다층 구조로 형성될 수 있다. 중금속층(130)의 두께는 5nm보다 두껍고 9nm보다 얇을 수 있다.

[0037] 이러한 중금속층(130)은 복수 개로 제공될 수 있고, 복수 개의 중금속층(130)은 제1 중금속층(131), 제2 중금속층(132) 및 제3 중금속층(133)을 포함할 수 있다. 제1 중금속층(131)은 제1 강자성층(110)보다 상측에 배치되고, 제2 중금속층(132)는 제1 강자성층(110) 및 제2 강자성층(120) 사이에 적층되며 제3 중금속층(133)은 제2 강자성층(120)보다 하측에 배치될 수 있다.

[0038] 제1 강자성층(110) 및 제2 강자성층(120)에는 결함(defect)이 형성될 수 있다. 제1 강자성층(110) 및 제2 강자성층(120) 중 보자력이 상대적으로 약한 층에 형성된 단위면적당 결함의 개수는 제1 강자성층(110) 및 제2 강자성층(120) 중 보자력이 상대적으로 강한 층에 형성된 단위면적당 결함의 개수보다 더 많을 수 있다. 다시 말해, 제1 강자성층(110) 및 제2 강자성층(120) 중 외부의 자기력에 의해 자화가 상대적으로 더 용이하게 되는 강자성층에 형성된 단위면적당 결함의 개수가 더 많을 수 있다. 또한, 앞서 서술한 것처럼, 제2 강자성층(120)에서는 자성영역과 역방향자화영역이 형성되고, 자성영역은 역방향자화영역보다 단위면적당 결함의 개수가 더 많을 수 있다.

[0039] 도 2를 참조하면, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 자구벽 형성 장치(2)는 메탈 구조물(1)에 자기장을 인가하여 원하는 영역에 자구벽을 형성하는 장치이며 자기장 인가부(210), 제어기(220), 촬영기(230), 수은 조사기(240), 편광기(250), 빔 스플리터(260), 렌즈(270) 및 검광기(280)를 포함할 수 있다.

[0040] 자기장 인가부(210)는 다층 자성 박막에 자기장을 인가하여 제1 강자성층(110) 및 제2 강자성층(120) 중 하나 이상에 자구벽을 생성할 수 있다. 자기장 인가부(210)는 전자석을 포함할 수 있다.

[0041] 제어기(220)는 자기장 인가부(210)가 다층 자성 박막에 자기장을 인가하는 세기와 시간을 조절할 수 있다. 제어기(220)는 자기장 인가부(210)가 가하는 자기장의 세기와 시간을 조절함으로써, 제1 강자성층(110)과 제2 강자성층(120)에 자성영역 또는 역방향자화영역을 형성하고 그 경계에 자구벽이 생성되게 할 수 있다.

[0042] 제어기(220)는 마이크로프로세서를 포함하는 연산 장치, 메모리에 의해 구현될 수 있으며, 그 구현 방식은 당업자에게 자명한 사항이므로 더 이상의 자세한 설명을 생략한다.

[0043] 촬영기(230)는 자기장의 인가에 따라 자구벽의 위치가 변화하는 다층 자성박막을 촬영할 수 있다. 촬영기(230)는, 예를 들어, CCD camera 일 수 있다. 사용자는 촬영기(230)를 통해 촬영된 이미지를 통해 자구벽의 위치를 확인할 수 있다.

[0044] 수은 조사기(240) 자외선 및 가시광선 영역 내의 미리 결정된 파장에서 소정 강도 이상의 빛을 방출할 수 있다. 수은 조사기(240)로부터 방출된 빛이 빔 스플리터(260)를 통해 다층 자성박막으로 조사될 수 있다. 이러한 수은 조사기(240)에서 방출된 빛이 다층 자성박막에 조사될 때, 촬영기(230)는 다층 자성박막의 구조를 촬영할 수 있다.

[0045] 편광기(250)는 빛의 여러 성분 중 임의의 하나의 평면 상에서 진동하는 빛만을 통과시킬 수 있다. 이러한 편광

기(250)는 물체의 편광 특성이 제거되어 표면반사나 반짝임이 사라지게 할 수 있다. 편광기(250)는 수은 조사기(240)와 빔 스플리터(260) 사이에 배치되어 수은 조사기(240)로부터 조사된 빛을 편광시킬 수 있다.

- [0046] 검광기(280)는 투과하는 빛을 편광시킬 수 있다. 이러한 검광기(280)는 편광기(250)를 투과함으로써 편광된 빛이 투과되도록 구성됨으로써, 편광기(250)를 투과하여 편광된 빛을 점검할 수 있다.
- [0047] 빔 스플리터(260)는 일방향으로 조사되는 빛을 다층 자성 박막을 향하여 진행시키고, 타방향으로 조사된 빛을 검광기(280)를 향하여 진행되도록 빛을 투과시킬 수 있다.
- [0048] 도 3 및 도 4를 참조하여 제1 강자성층(110)과 제2 강자성층(120)에 자성영역이 형성될 수 있다. 이하에서는 상술한 바와 같은 구성을 갖는 자구벽 형성 장치(2)의 작용 및 효과에 대하여 설명한다.
- [0049] 도 3 및 도 4를 참조하면, 본 실시예에 따른 자구벽 형성 방법(S1)은 다층 자성 박막을 마련하는 단계(S100) 및 자기장 인가 단계(S200)를 포함할 수 있다.
- [0050] 다층 자성 박막을 마련하는 단계(S100)는 자구벽을 형성하게 될 다층 자성 박막이 제공될 수 있다. 다층 자성 박막은 제1 강자성층(110)과 제2 강자성층(120) 및 하나 이상의 중금속층(130)이 교번하여 적층되도록 형성될 수 있다.
- [0051] 자기장 인가 단계(S200)는 다층 자성 박막을 마련하는 단계(S100) 이후에 수행될 수 있다. 자기장 인가 단계(S200)는, 제1 강자성층(110)과 제2 강자성층(120)에 제1 방향으로 자기장 인가하는 단계(S210) 및 제2 강자성층(120) 일부 영역에 제2 역방향자화영역(122)이 형성될 수 있도록 제2 방향으로 자기장 인가하는 단계(S220)를 포함할 수 있다.
- [0052] 제1 강자성층(110)과 제2 강자성층(120)에 제1 방향으로 자기장 인가하는 단계(S210)에서는 제1 강자성층(110) 및 제2 강자성층(120)이 같은 방향으로 자화될 수 있다. 제1 방향으로 자기장이 인가됨으로써, 제1 강자성층(110)에 제1 자성영역(111)이 형성되고, 제2 강자성층(120)에 제2 자성영역(121)이 형성되는 제1 실시예의 제1 상태가 형성될 수 있다. 다시 말해, 제1 상태는 제1 강자성층(110)과 제2 강자성층(120)이 같은 방향으로 자화된 상태를 의미할 수 있다.
- [0053] 제2 강자성층(120) 일부 영역에 제2 역방향자화영역(122)이 형성될 수 있도록 제2 방향으로 자기장 인가하는 단계(S220)에서는 제2 강자성층(120)의 일부 영역에만 제2 방향으로 자기장이 인가될 수 있다. 제1 강자성층(110)과 제2 강자성층(120)에 제2 자기장이 인가되는 동안, 제1 강자성층(110)과 제2 강자성층(120) 중 상대적으로 보자력이 약한 강자성층의 자성영역이 역방향자화영역으로 변경될 수 있다. 예를 들어, 제1 강자성층(110)보다 제2 강자성층(120)의 보자력이 더 약한 경우, 제2 자기장이 인가됨으로써 제2 자성영역(121)의 일부가 제2 역방향자화영역(122)으로 변경될 수 있다. 제2 역방향자화영역(122)의 면적은 제1 자성영역(111)보다 작을 수 있다.
- [0054] 제2 강자성층(120)의 일부 영역에 제2 역방향자화영역(122)이 형성될 수 있도록 제2 방향으로 자기장 인가하는 단계(S220)가 종료되면, 제2 강자성층(120)에는 제2 자성영역(121)과 제2 역방향자화영역(122)의 자기 모멘트가 서로 반대되는 방향으로 배향됨에 따라, 그 경계에 자구벽이 형성되는 제2 상태가 형성될 수 있다. 다시 말해, 제2 상태는 제1 강자성층(110) 또는 제2 강자성층(120)의 일부에 역방향자화영역이 형성된 상태를 의미할 수 있다. 제어기(220)에 의해 자기장 인가부(210)가 자기장을 인가하는 시간이 조절되거나 인가되는 자기장의 세기가 조절됨으로써, 자구벽의 위치가 조절될 수 있다. 제2 자기장의 세기는 제1 자기장의 세기보다 작고, 제2 자기장이 인가되는 시간은 제1 자기장이 인가되는 시간보다 더 짧을 수 있다.
- [0055] 한편, 이러한 구성 이외에도, 본 발명의 제2 실시예에 따른 메탈 구조물(1)이 제공될 수 있다. 이하, 도 5 내지 도 7을 참조하여 본 발명의 제2 실시예를 설명한다. 제2 실시예를 설명함에 있어서, 상술한 실시예와 비교하였을 때의 차이점을 위주로 설명하며 동일한 설명은 상술한 실시예를 인용한다.
- [0056] 도 5 내지 도 7을 참조하면, 자기장 인가 단계(S200)는, 제1 강자성층(110) 및 제2 강자성층(120)에 제1 방향으로 자기장을 인가하는 단계(S210), 제1 강자성층(110)과 제2 강자성층(120) 일부 영역에 제1 역방향자화영역(112)과 제2 역방향자화영역(122)이 형성될 수 있도록 제2 방향으로 자기장 인가하는 단계(S230), 및 제1 강자성층(110)의 제1 역방향자화영역(112) 일부가 제1 자성영역(111)으로 되돌아오도록 제3 자기장을 인가하는 단계(S240)를 포함할 수 있다.
- [0057] 제1 강자성층(110)과 제2 강자성층(120) 일부 영역에 제1 역방향자화영역(112)과 제2 역방향자화영역(122)이 형성될 수 있도록 제2 방향으로 자기장 인가하는 단계(S230)에서는 역방향자화영역이 형성될 수 있다. 제1 강자성층(110)과 제2 강자성층(120)에 제2 자기장이 인가되는 동안, 제1 강자성층(110)과 제2 강자성층(120)의 일부가

역방향자화영역으로 변경될 수 있다. 제1 강자성층(110) 및 제2 강자성층(120)에는 자성영역과 역방향자화영역의 자기 모멘트가 서로 반대되는 방향으로 배향됨에 따라, 그 경계에 서로 다른 방향으로 배향된 자구의 영역을 구분하는 경계인 자구벽이 형성되는 제2 상태가 형성될 수 있다.

[0058] 제1 강자성층(110)의 제1 역방향자화영역(112) 일부가 제1 자성영역(111)으로 되돌아오도록 제3 자기장을 인가하는 단계(S240)에서는 역방향자화영역의 일부에 자성영역이 형성될 수 있다. 제1 강자성층(110)과 제2 강자성층(120)에 제3 자기장을 인가하는 동안, 상대적으로 보자력이 약한 제1 강자성층(110)의 제1 역방향자화영역(112)의 일부가 자성영역으로 변경될 수 있다. 제1 강자성층(110)에는 자성영역과 역방향자화영역의 자기 모멘트가 서로 반대되는 방향으로 배향됨에 따라, 그 경계에 서로 다른 방향으로 배향된 자구의 영역을 구분하는 경계인 자구벽이 형성되는 제3 상태가 형성될 수 있다. 이러한 제3 상태는 역방향자화영역의 일부가 자성영역으로 변경된 상태로 정의될 수 있다. 제어기(220)에 의해 자기장 인가부(210)가 자기장을 인가하는 시간이 조절되거나 인가되는 자기장의 세기가 조절됨으로써, 자구벽의 위치가 조절될 수 있다. 제3 자기장의 세기는 제2 자기장의 세기보다 작고, 제3 자기장이 인가되는 시간은 제2 자기장이 인가되는 시간보다 더 클 수 있다.

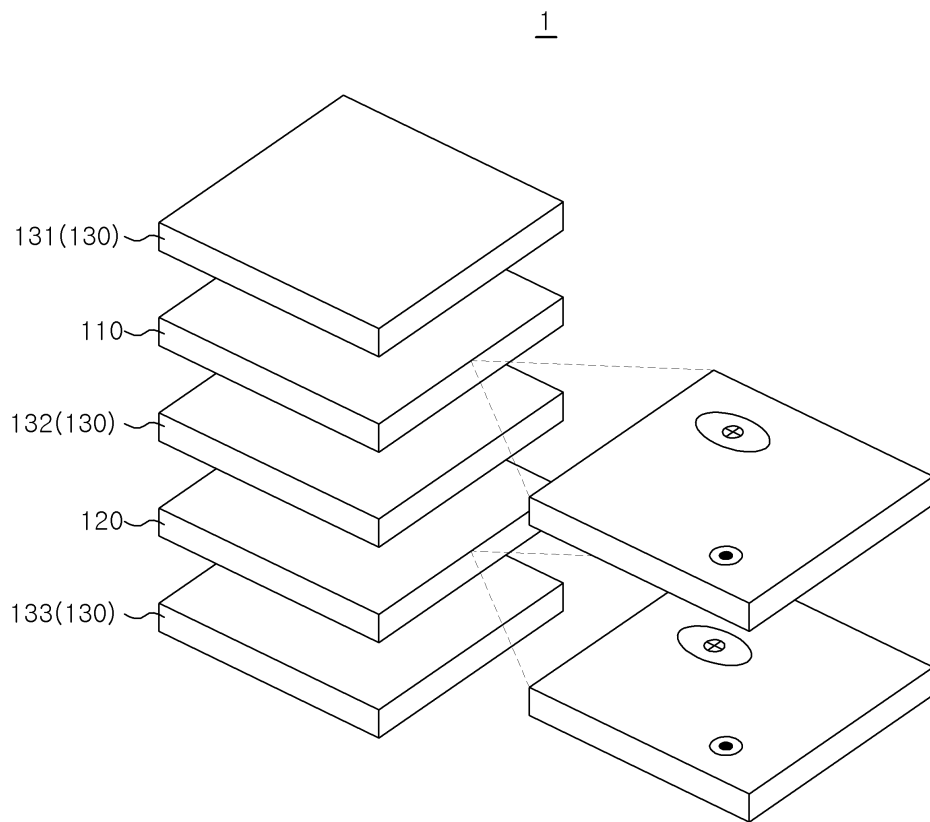
[0059] 이상 본 발명의 실시예들을 구체적인 실시 형태로서 설명하였으나, 이는 예시에 불과한 것으로서, 본 발명은 이에 한정되지 않는 것이며, 본 명세서에 개시된 기술적 사상에 따르는 최광의 범위를 갖는 것으로 해석되어야 한다. 당업자는 개시된 실시형태들을 조합/치환하여 적시되지 않은 형상의 패턴을 실시할 수 있으나, 이 역시 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 것이다. 이외에도 당업자는 본 명세서에 기초하여 개시된 실시형태를 용이하게 변경 또는 변형할 수 있으며, 이러한 변경 또는 변형도 본 발명의 권리범위에 속함은 명백하다.

부호의 설명

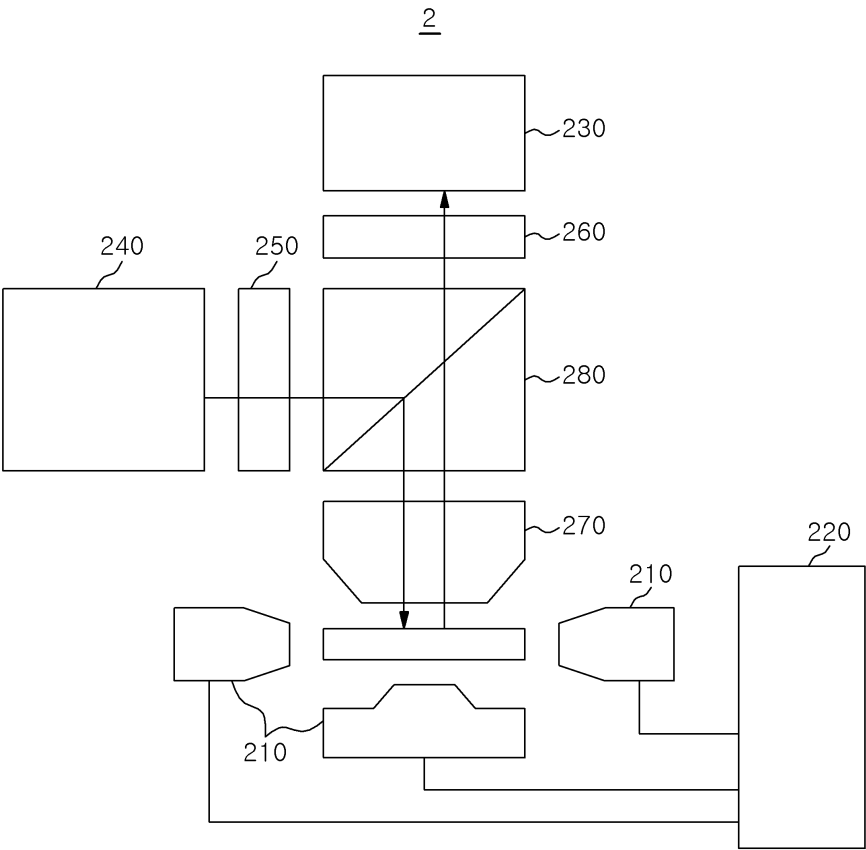
[0060] 1: 메탈 구조물 110: 제1 강자성층
111: 제1 자성영역 112: 제1 역방향자화영역
120: 제2 강자성층 121: 제2 자성영역
122: 제2 역방향자화영역 130: 중금속층
2: 자구벽 형성 장치 210: 자기장 인가부
220: 제어기 230: 촬영기
240: 수은 조사기 250: 편광기
260: 빔 스플리터 270: 렌즈
280: 검광기 S1: 자구벽 형성 방법
S100: 다층 자성 박막을 마련하는 단계 S200: 자기장 인가 단계
S210: 제1 강자성층과 제2 강자성층에 제1 방향으로 자기장 인가하는 단계
S220: 제2 강자성층 일부 영역에 제2 역방향자화영역이 형성될 수 있도록 제2 방향으로 자기장 인가하는 단계
S230: 제1 강자성층과 제2 강자성층 일부 영역에 제1 역방향자화영역과 제2 역방향자화영역이 형성될 수 있도록 제2 방향으로 자기장 인가하는 단계
S240: 제1 강자성층의 제1 역방향자화영역 일부가 제1 자성영역으로 되돌아오도록 제3 자기장을 인가하는 단계

도면

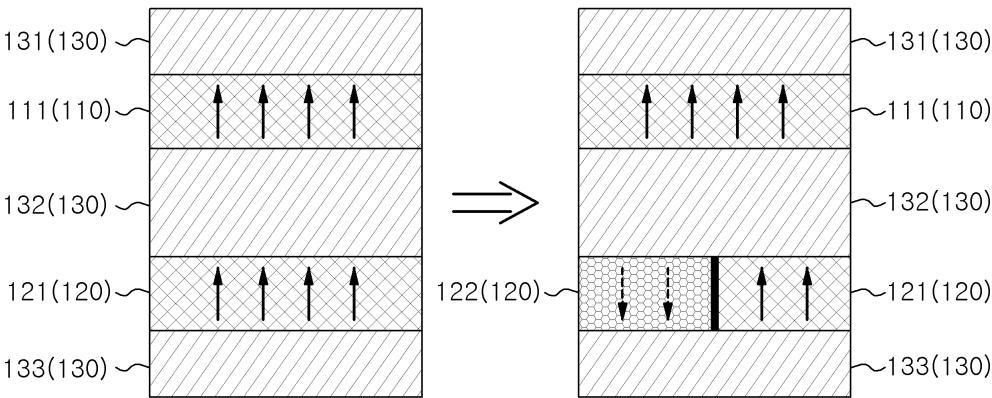
도면1



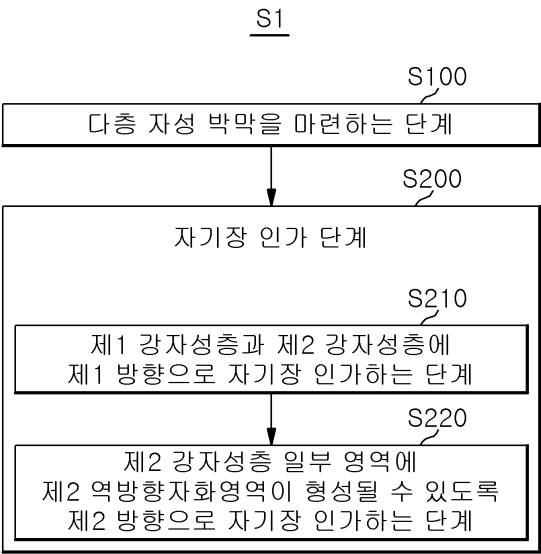
도면2



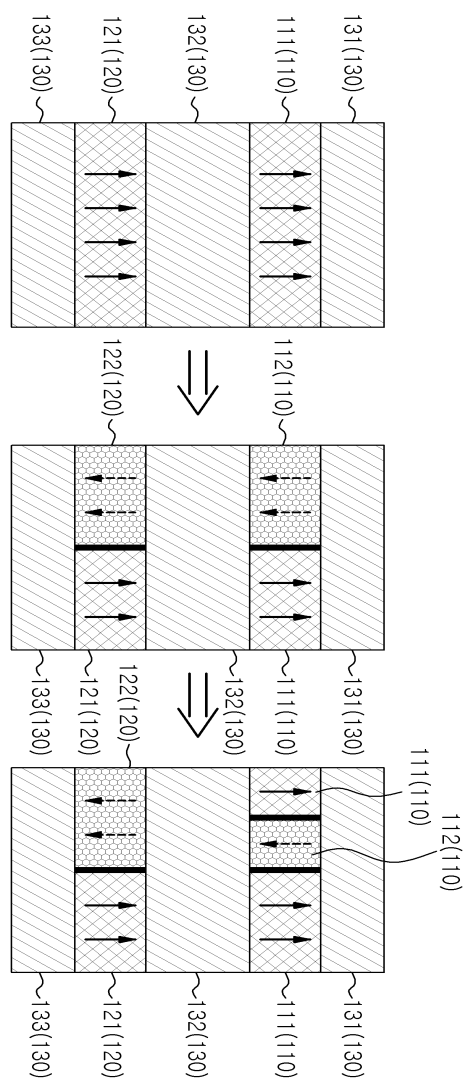
도면3



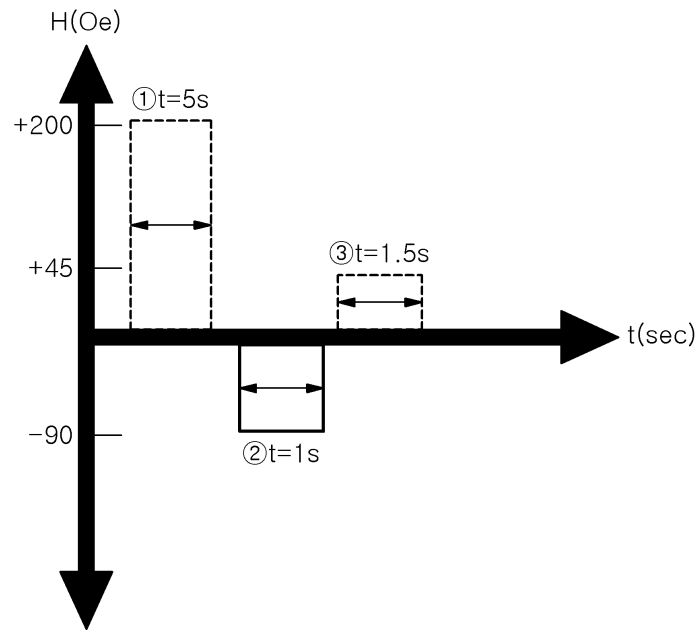
도면4



도면5



도면6



도면7

