(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년07월02일
(11) 등록번호 10-1958940
(24) 등록일자 2019년03월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 43/08 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0084272
(22) 출원일자 2013년07월17일
심사청구일자 2017년11월06일
(65) 공개번호 10-2014-0016164
(43) 공개일자 2014년02월07일
(30) 우선권주장
13/562,038 2012년07월30일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2008211008 A*
JP2011525300 A*
WO2012093701 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
아팔코브, 드미트로
미국, 캘리포니아 95111, 산 호세, 허칭스 드라이브 2620
드루이스트, 데이빗
미국, 캘리포니아 95050, 산타 클라라, 매리안 드라이브 946
(74) 대리인
특허법인 고려

전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 방인환

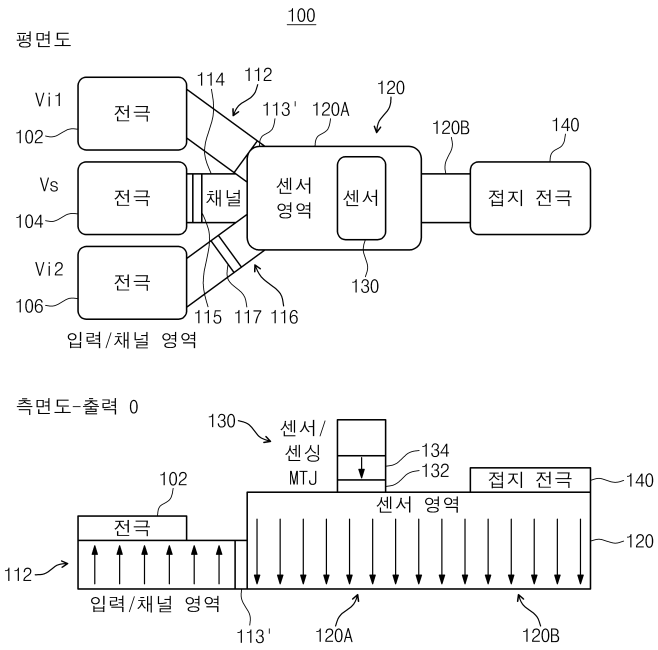
(54) 발명의 명칭 **회전 전달 기반 논리 장치들을 제공하기 위한 방법 및 시스템**

(57) 요 약

논리 장치가 게시된다. 논리 장치는 자기 입력/채널 영역들, 자기 센서 영역, 그리고 자기 센서 영역에 연결된 센서를 포함한다. 각 자기 입력/채널 영역은 제 1 방향으로 자기적으로 바이어스된다. 자기 센서 영역은, 논리 장치가 중지 상태(quiescent state)인 경우 적어도 하나의 도메인 장벽이 자기 입력/채널 영역에 존재하도록,

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도3



제 1 방향과 다른 제 2 방향으로 자기적으로 바이어스된다. 센서는 자기 센서 영역의 자기 상태에 기반하여 신호를 출력한다. 자기 입력/채널 영역 및 자기 센서 영역은, 자기 입력 영역의 적어도 일부에 제공되는 논리 신호에 응답하여, 도메인 장벽이 자기 센서 영역으로 이동하도록 구성된다. "$Fe_xCo_yNi_zM1_{q1}M2_{q2}$"가 제공되고, "x+y+z+q1+q2=1"일 수 있다. x는 0과 같거나 그보다 클 수 있고, y는 0과 같거나 그보다 클 수 있고, z는 0과 같거나 그보다 클 수 있고, q1은 0과 같거나 그보다 클 수 있고, q2는 0과 같거나 그보다 클 수 있고, M1은 비자성체이고, M2는 비자성체이다.

명 세 서

청구범위

청구항 1

논리 장치에 있어서:

복수의 자기 입력/채널 영역들;

적어도 하나의 자기 센서 영역;

상기 자기 센서 영역에 연결되는 접지 전극; 그리고

상기 적어도 하나의 자기 센서 영역에 연결된 적어도 하나의 센서를 포함하고,

상기 복수의 자기 입력/채널 영역들 각각은 제 1 방향으로 자기적으로(magnetically) 바이어스되고,

상기 복수의 자기 입력/채널 영역들은 '$Fe_xCo_yNi_zM1_{q1}M2_{q2}$'를 포함하는 합금을 포함하고, 'x+y+z+q1+q2=1'을 만족하는 조건에서, M1은 비자성체이고, M2는 비자성체이고, x, y, z, q1 및 q2의 각각은 0보다 크고,

상기 적어도 하나의 자기 센서 영역은 상기 제 1 방향과 다른 제 2 방향으로 자기적으로 바이어스되어, 상기 논리 장치가 중지 상태(quiescent state)인 경우에 상기 복수의 자기 입력/채널 영역들에 적어도 하나의 도메인 장벽(domain wall)이 존재하고,

상기 적어도 하나의 센서는 상기 적어도 하나의 자기 센서 영역의 자기 상태에 기반하여 신호를 출력하고,

상기 복수의 자기 입력/채널 영역들 및 상기 적어도 하나의 자기 센서 영역은, 상기 복수의 자기 입력/채널 영역들의 적어도 일부에 제공되는 논리 신호에 응답하여 상기 적어도 하나의 도메인 장벽이 상기 적어도 하나의 자기 센서 영역으로 이동하도록 구성되고,

상기 논리 신호는 전류로서 상기 자기 센서 영역을 통해 상기 복수의 자기 입력/채널 영역들의 상기 적어도 일부 및 상기 접지 전극 사이를 흐르는 논리 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 M1은 B, Ta, Ti, V, W, Cr, Ru, Mg, Al, Cu, Rb, Mn, Be, Zr, Hf, Rh, Ga, 그리고 Sb를 포함하는 물질들의 셋으로부터 선택되는 논리 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 M2는 B, Ta, Ti, V, W, Cr, Ru, Mg, Al, Cu, Rb, Mn, Be, Zr, Hf, Rh, Ga, 그리고 Sb를 포함하는 물질들의 셋으로부터 선택되는 논리 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 자기 입력/채널 영역들 각각은 제 1 자기 입력/채널 레이어, 제 2 자기 입력/채널 레이어, 그리고 상기 제 1 자기 입력/채널 레이어와 상기 제 2 자기 입력/채널 레이어 사이의 삽입 레이어를 포함하는 논리 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제 1 자기 입력/채널 레이어 및 상기 제 2 자기 입력/채널 레이어는 상기 합금을 포함하는 논리 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 복수의 자기 입력/채널 영역들 각각은 시드(seed) 레이어 및 캐핑(capping) 레이어를 더 포함하고,

상기 제 1 자기 입력/채널 레이어, 상기 제 2 자기 입력/채널 레이어 및 상기 삽입 레이어는 상기 시드 레이어 및 상기 캐핑 레이어의 사이에 존재하는 논리 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 시드 레이어 및 상기 캐핑 레이어 각각은 산화물 및 질화물 중 적어도 하나를 포함하는 논리 장치.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 시드 레이어 및 상기 캐핑 레이어 각각은 MgO, NiO, 알루미늄 산화물, 실리콘 산화물, AlN, SiN, TaN, TiN, RuO2, 그리고 ITO (indium tin oxide) 중 적어도 하나를 포함하는 논리 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 복수의 자기 입력/채널 영역들 각각은 적어도 하나의 추가 레이어와 교차 배치된 복수의 레이어들을 포함하고,

상기 복수의 레이어들은 상기 합금을 포함하고,

상기 적어도 하나의 추가 레이어는 비자성체인 논리 장치.

청구항 10

논리 장치를 제공하는 방법에 있어서:

복수의 자기 입력/채널 영역들을 제공하는 단계;

적어도 하나의 자기 센서 영역을 제공하는 단계;

상기 자기 센서 영역에 연결되는 접지 전극을 제공하는 단계; 그리고

상기 적어도 하나의 자기 센서 영역과 연결된 적어도 하나의 센서를 제공하는 단계를 포함하고,

상기 복수의 자기 입력/채널 영역들 각각은 제 1 방향으로 자기적으로(magnetically) 바이어스되고,

상기 복수의 자기 입력/채널 영역들은 '$Fe_xCo_yNi_zM1_{q1}M2_{q2}$'를 포함하는 합금을 포함하고, 'x+y+z+q1+q2=1'을 만족하는 조건에서, M1은 비자성체이고, M2는 비자성체이고, x, y, z, q1 및 q2의 각각은 0보다 크고,

상기 적어도 하나의 자기 센서 영역은 상기 제 1 방향과 다른 제 2 방향으로 자기적으로 바이어스되어, 상기 논리 장치가 중지 상태(quiescent state)인 경우에 상기 복수의 자기 입력/채널 영역들에 적어도 하나의 도메인 장벽(domain wall)이 존재하고,

상기 적어도 하나의 센서는 상기 적어도 하나의 자기 센서 영역의 자기 상태에 기반하여 신호를 출력하고,

상기 복수의 자기 입력/채널 영역들 및 상기 적어도 하나의 자기 센서 영역은, 상기 복수의 자기 입력/채널 영역들의 적어도 일부에 제공되는 논리 신호에 응답하여 상기 적어도 하나의 도메인 장벽이 상기 적어도 하나의 자기 센서 영역으로 이동하도록 구성되고,

상기 논리 신호는 전류로서 상기 자기 센서 영역을 통해 상기 복수의 자기 입력/채널 영역들의 상기 적어도 일부 및 상기 접지 전극 사이를 흐르는 논리 장치를 제공하는 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전자 장치에 관한 것으로, 더 상세하게는 회전 전달 기반 논리 장치들을 제공하기 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 논리 게이트들은 AND, OR, NAND 및 NOR와 같은 다양한 논리 연산들을 수행하기 위해 사용된다. 일반적으로, 하나의 논리 게이트는 하나의 논리 연산을 제공하는 복수의 구성 요소들로 만들어진다. 예를 들어, AND 게이트는 AND 연산을 제공하는 구성 요소들을 포함한다. 또한, 논리 장치들은 다양한 특성들을 가질 것이 요구된다. 예를 들어, 논리 장치들은 일반적으로 연쇄적이고 비선형일 것이 요구된다. 하나의 논리 장치의 출력이 다른 논리 장치의 입력으로 제공될 때, 논리 장치는 연쇄적이다. 비선형은 입력에 따라 두 가지 상태들을 갖는 논리 장치의 응답에 대응한다. 따라서, 논리 장치는 아날로그 정보의 디지털화를 허용할 수 있다. 또한, 논리 장치는 피드백-프리일 것이 요구된다. 출력이 입력으로 의도적으로 피드백되지 않으면, 논리 장치의 출력은 입력에 영향을 주

지 않는다. 논리 장치의 이득은 회로의 공급 전압을 이용하여 충분한 출력 신호를 허용할 것이 요구된다. 끝으로, 불리언 연산(Boolean operations) 전체의 셋을 제공하기 위해 특정한 기술에 의거한 논리 장치들의 셋이 요구된다. 예를 들어, 적어도 NOT 연산 및 AND 연산이 요구될 수 있다. 다른 연산들은 기본 구성 요소들 또는 NOT 및 AND 게이트들 중 하나에 의해 형성될 수 있다. 끝으로, 논리 장치들은 충분히 빠르고, 과도한 에너지를 소비하지 않고, 그리고 선호되는 집적도로 제조 가능할 것이 요구된다.

[0003] 도 1은 종래의 자기 스위치(10)를 보여준다. 종래의 자기 스위치(10)는 콘택들(12, 20, 22, 30), 자유 레이어(14, 24), 배리어(16, 18, 26, 28), 분리 레이어(17, 27), 그리고 채널(40)을 포함한다. 전압(V_{SUPPLY})의 값에 따라, 채널(40)의 회전이 두 상태들 중 하나로 된다. 그리고, 자유 레이어(24) 자화는 두 개의 상태들 중 하나로 된다. 이러한 상태들은 출력 전압(V_{OUT})에 따라 결정될 수 있다. 따라서, 구조물(10)은 스위치로 기능한다.

그러나, 종래의 자기 스위치(10)는 선호 특성을 갖는 다른 논리 게이트들을 제조하기 위해 쉽게 사용되지 않는다. 예를 들어, 종래의 자기 스위치(10)를 통하는 전류, 스위칭 속도, 제조의 용이성 및 다른 이슈들이 종래의 자기 스위치(10)가 논리 장치들에서 사용되는 것을 저지한다.

[0004] 따라서, 자기 논리 게이트들을 가능케 하는 방법 및 시스템이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 자기 논리 게이트들을 가능케 하는 방법 및 시스템을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 논리 장치가 게시된다. 논리 장치는 자기 입력/채널 영역들, 자기 센서 영역, 그리고 자기 센서 영역에 연결된 센서를 포함한다. 각 자기 입력/채널 영역은 제 1 방향으로 자기적으로 바이어스된다. 자기 센서 영역은, 논리 장치가 중지 상태(quiescent state)인 경우 적어도 하나의 도메인 장벽이 자기 입력/채널 영역에 존재하도록, 제 1 방향과 다른 제 2 방향으로 자기적으로 바이어스된다. 센서는 자기 센서 영역의 자기 상태에 기반하여 신호를 출력한다. 자기 입력/채널 영역 및 자기 센서 영역은, 자기 입력 영역의 적어도 일부에 제공되는 논리 신호에 응답하여, 도메인 장벽이 자기 센서 영역으로 이동하도록 구성된다. "$Fe_xCo_yNi_zM1_{q1}M2_{q2}$"가 제공되고, "x+y+z+q1+q2=1"일 수 있다. x는 0과 같거나 그보다 클 수 있고, y는 0과 같거나 그보다 클 수 있고, z는 0과 같거나 그보다 클 수 있고, q1은 0과 같거나 그보다 클 수 있고, q2는 0과 같거나 그보다 클 수 있고, M1은 비자성체이고, M2는 비자성체이다.

발명의 효과

[0007] 본 발명에 따르면, 자기 논리 장치를 제공하기 위한 방법 및 시스템이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 종래의 자기 스위치를 보여준다.

도 2는 자기 논리 장치의 실시 예를 보여준다.

도 3은 자기 논리 장치의 다른 실시 예를 보여준다.

도 4는 자기 논리 장치의 다른 실시 예를 보여준다.

도 5는 자기 논리 장치의 다른 실시 예를 보여준다.

도 6은 자기 논리 장치의 다른 실시 예를 보여준다.

도 7은 자기 논리 장치의 다른 실시 예를 보여준다.

도 8은 자기 논리 장치의 다른 실시 예를 보여준다.

도 9는 자기 논리 장치의 다른 실시 예를 보여준다.

도 10은 자기 논리 장치의 다른 실시 예를 보여준다.

도 11은 자기 논리 장치의 다른 실시 예를 보여준다.

도 12은 자기 논리 장치의 다른 실시 예를 보여준다.

도 13은 논리 기능을 제공하도록 구성되는 자기 논리 장치의 다른 실시 예를 보여준다.

도 14는 논리 장치를 제공하는 방법의 실시 예를 보여준다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 본 발명의 실시 예들은 회전 전달 스위치를 이용하는 자기 소자들에 기반한 논리 소자들에 관한 것이다. 후술되는 상세한 설명은 해당 기술 분야에 통상적인 기술을 가진 자들(이하, 당업자)이 본 발명을 제조 및 사용할 수 있도록 하기 위하여 제공된다. 본 발명의 실시 예들 및 포괄적인 원리와 특징의 다양한 응용이 가능함은 명백하다. 본 발명의 실시 예들은 구체적인 구현예로 제공되는 구체적인 방법들 및 시스템들의 관점으로 설명된다. 그러나, 상세한 설명의 방법들 및 시스템들은 다른 구현예로도 효과적으로 동작할 수 있다. "실시 예", "일 예", "다른 예", "다른 실시 예"의 용어들은 복수의 실시 예들에서 동일한 또는 상이한 실시 예를 참조할 수 있다. 본 발명의 실시 예들은 특정한 구성 요소들을 갖는 시스템 그리고/또는 장치를 참조하여 설명된다. 그러나, 시스템 그리고/또는 장치는 도시된 것 보다 많은 또는 그보다 적은 구성 요소들을 포함할 수 있으며, 본 발명의 기술적 사상으로부터 괴리되지 않으면서 구성 요소들의 배열 및 타입이 변경될 수 있다. 본 발명의 실시 예들은 특정한 단계들을 갖는 구체적인 방법들의 관점으로 설명된다. 그러나, 본 발명의 방법 및 시스템은 상이한 그리고/또는 추가적인 단계들, 그리고 본 발명의 실시 예들과 모순되지 않는 상이한 순서의 단계들로 효과적으로 동작할 수 있다. 따라서, 본 발명은 게시된 실시 예들에 한정되지 않으며, 여기에 게시된 원리 및 특징들에 부합하는 가장 넓은 범위로 이해되어야 한다.

[0010] 본 발명의 실시 예들은 특정한 구성 요소들을 갖는 구체적인 자기 소자들을 참조하여 설명된다. 당업자는, 본 발명의 기술적 사상이 다른 그리고/또는 추가적인 구성 요소들 그리고/또는 본 발명의 기술적 사상과 모순되지 않는 다른 특징을 갖는 자기 소자들의 이용이 본 발명의 기술적 사상에 부합함을 이해할 것이다. 본 발명의 방법 및 시스템이 회전 전달 현상(spin transfer phenomenon)의 현재의 이해에 따라 설명된다. 따라서, 당업자는, 본 발명의 방법 및 시스템의 동작의 이론적 설명이 회전 전달의 현재의 이해에 기반함을 이해할 것이다. 또한, 본 발명의 방법 및 시스템이 구체적인 레이어들을 갖는 구조물들을 참조하여 설명된다. 그러나, 당업자는, 추가적인 그리고/또는 본 발명의 방법 및 시스템과 모순되지 않는 상이한 레이어들을 갖는 구조물들이 사용될 수 있음을 이해할 것이다. 또한, 특정한 구성 요소들은 자기적(magnetic), 강자기적(ferromagnetic), 그리고 페리자기적(ferrimagnetic)인 것으로 설명된다. 본 발명의 상세한 설명에서, "자기적(magnetic)"은 강자기적(ferromagnetic), 페리자기적(ferrimagnetic), 또는 유사한 구조들을 포함한다. 따라서, 상세한 설명에서, "자기적(magnetic)" 또는 "강자기적(ferromagnetic)"은 "강자기적(ferromagnetic)" 및 "페리자기적(ferrimagnetic)"을 포함하나, 이들에 한정되지 않는다. 본 발명의 방법 및 시스템은 단일 구조물들을 참조하여 설명된다. 그러나, 당업자는 본 발명의 방법 및 시스템이 다중 소자들의 사용에도 적용될 수 있음을 이해할 것이다. 또한, 여기에서, "인-플레인(in-plane)"은 자기 소자의 하나 또는 그 이상의 레이어들의 플레인에 평행하거나 또는 실질적으로 동일한 방향에 대응한다. 반대로, "수직(perpendicular)"은 자기 소자의 하나 또는 그 이상의 레이어들에 실질적으로 수직한 방향에 대응한다.

[0011] 본 발명의 상세한 설명에서, 논리 장치를 제공하기 위한 방법 및 시스템이 게시된다. 논리 장치는 복수의 자기 입력/채널 영역들, 적어도 하나의 자기 센서 영역, 그리고 적어도 하나의 자기 센서 영역에 연결된 적어도 하나의 센서를 포함한다. 자기 입력/채널 영역들 각각은 제 1 방향으로 자기적으로 바이어스된다. 자기 센서 영역은, 논리 장치가 중지 상태(quiescent state)인 경우 자기 입력/채널 영역들에 적어도 하나의 도메인 장벽이 존재하도록. 제 1 방향과 다른 제 2 방향으로 자기적으로 바이어스된다. 센서는 자기 센서 영역의 자기 상태에 기반하여 신호를 출력한다. 자기 입력/채널 영역들 및 자기 센서 영역은, 자기 입력 영역들의 적어도 일부에 제공되는 논리 신호에 응답하여 도메인 장벽이 자기 센서 영역으로 이동하도록 구성된다.

[0012] 도 2는 회전 전달 토크(spin transfer torque)에 기반한 논리 장치(100)의 실시 예의 평면도 및 측면도를 보여준다. 구체적으로, 논리 장치는, 도 2에서 전극들로 명명된 세 개의 입력들, 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116), 센서(130), 자기 센서 영역(120) 및 접지 전극(140)을 포함한다. 입력 전극들(102, 104, 106)은 전압들(Vi1, Vi2, Vs)을 각각 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)로 입력한다. 전압(Vi)은 입력 전압에 대응하고, 전압(Vs)은 입력 전극에 제공되는 바이어스 전압일 수 있다. 다른 예로서, 다른 수의 입력 전극들이 제공될 수 있고, 그리고/또는 전압(Vs)이 바이어스 전압이 아닌 입력 전압일 수 있다. 또한, 바이어스 전압을 필요로 하는

전극은 전극(104)이 아닌 전극(102) 또는 전극(106)일 수 있다. 접지 전극(140)은 논리 장치(100)를 접지에 연결하고, 전류가 접지로 흐르게 한다. 이하에서, 입력 전극들(102, 104, 106)은 각각 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)이다. 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)의 일부 또한 각각 전극들(102, 104, 106)로부터 자기 센서 영역(120)으로 신장된다. 따라서, 자기 입력/채널 영역은 전극 바로 밑의 입력 영역 및 자기 센서 영역(120)으로 신장되는 채널 영역으로 분할되는 것으로 생각될 수 있다.

[0013] 센서(130)는 비자기 터널 배리어 레이어(132) 및 고정 레이어(134)를 포함하는 자기 터널 정션(MTJ, Magnetic Tunneling nJunction)일 수 있다. 자기 센서 영역(120)은 자기 터널 정션(130)의 자유 레이어로 기능하는 것으로 보여질 수 있다. 따라서, 센서(130)의 출력은 자기 센서 영역(120)의 자화 방향에 따라 변화한다. 센서(130)는 자기 센서 영역(120)의 자화 방향에 민감한 다른 구조를 가질 수 있다.

[0014] 센서(130) 및 접지 전극(140)의 아래에는 자기 센서 영역(120)이 존재한다. 자기 센서 영역(120)은 상이한 폭을 갖는 두 부분들(120A, 120B)을 가질 수 있다. 자기 입력/채널 영역(112, 114, 116)의 자기 모멘트의 일부는 제 1 방향으로 설정되고, 자기 센서 영역(120) 및 자기 입력/채널 영역의 나머지 부분(존재한다면)의 자기 모멘트는 제 2 방향으로 설정될 수 있다. 결과적으로, 논리 장치(100)가 중지 상태(quiescent state)일 때, 도메인 장벽들(113, 115, 117)이 각각 자기 입력.채널 영역들(112, 114, 116)의 어딘가에 존재한다. 다시 말하면, 논리 신호가 논리 장치(100)로 제공되지 않을 때, 도메인 장벽들(113, 115, 117)이 각각 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)의 어딘가에 존재한다. 도시된 실시 예에서, 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)은 각각 도메인 장벽들(113, 115, 117)까지 제 1 방향으로 설정되고, 자기 센서 영역(120)은 제 2 방향으로 설정된다. 다른 예로서, 자화 방향은 달라질 수 있다. 예를 들어, 적어도 부분적으로 '인-플레인'인 방향들이 사용될 수 있다. 그러나, 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)의 적어도 일부의 자기 모멘텀의 초기/중지 상태의 방향이, 자기 센서 영역(120)의 자기 모멘텀의 방향과 다를 것이 요구된다. 따라서, 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)에서, 입력 전극들(102, 104, 106)에 각각 대응하는 도메인 장벽들(113, 115, 117)이 각각 존재한다. 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116) 및 자기 센서 영역(120)의 자기 모멘트들은 다양한 방법들로 안정화될 수 있다. 예를 들어, 반강자성체(antiferromagnetic material, 미도시)가 입력 전극들(102, 104, 106) 근처의 입력.채널 영역들(112, 114, 116)의 일부분들에 근접하여, 그리고/또는 자기 센서 영역(120)의 일부분들에 근접하여 제공될 수 있다. 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116) 근처의 반강자성체들은 자기 센서 영역(120) 근처의 반강자성체와 다른 블로킹 온도를 가질 수 있다. 이는, 이 영역들의 자화 방향들이 상이한 온도에서 상이한 방향으로 설정되도록 한다. 다른 예로서, 입력.채널 영역들(112, 114, 116) 그리고/또는 자기 센서 영역(102)은 다중 레이어들 그리고/또는 다중 자기 물질들을 포함할 수 있다. 다중 레이어들은 비강자성체 뿐 아니라 강자성체도 포함할 수 있다. 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116) 그리고/또는 자기 센서 영역(120)의 보자력(coercivity)은 서로 다를 수 있다. 결과적으로, 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116) 및 자기 센서 영역(120)의 자화 방향은 자기장을 인가함으로써 설정될 수 있다. 그러나, 이러한 영역들의 자화 방향을 초기화하기 위해 사용되는 메커니즘에 관계없이, 도메인 장벽 동작이 논리 장치에서 요구된다.

[0015] 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)의 동작을 가능케 하기 위해, 구체적인 물질들이 사용된다. 예시적으로, 단일 강자성 합금이 사용될 수 있다. 예를 들어, 합금은 '$Fe_xCo_yNi_zM1_{q1}M2_{q2}$'이고, 'x+y+z+q1+q2=1'일 수 있다. 또한, x, y, z, q1, 및 q2 각각은 0과 같거나 그보다 클 수 있다. 따라서, x, y, z, q1, 및 q2 각각은 적어도 0일 수 있다. M1 및 M2는 B, Ta, Ti, V, W, Cr, Ru Mg, Al, Cu, Rb, Mn, Be, Zr, Hf, Rh, Ga, 그리고 Sb와 같은 비자성체일 수 있다. M1 및 M2는 서로 다른 물질이거나 동일한 물질일 수 있다. 이러한 강자성 합금은, 후술되는 스위칭에서 요구되는 높은 회전 분극(high spin polarization)을 제공할 수 있다. 또한, 이러한 강자성 합금은, 필요한 방향성(예를 들어, 인-플레인, 수직 플레인 또는 다른 방향성)을 위해 요구되는 자기 이방성(magnetic anisopropy)을 제공할 수 있다.

[0016] '$Fe_xCo_yNi_zM1_{q1}M2_{q2}$'이 사용되는 실시 예로서, 합금의 레이어들은 하나 또는 그 이상의 비자성(nonmagnetic) 레이어들과 교차 배치(interleave)될 수 있다. 실시 예로서, 비자성 레이어들은 B, Ta, Ti, V, W, Cr, Ru, Mg, Al, Cu, Rb, Mn, Be, Zr, Hf, Rh, Ga, Sb을 포함할 수 있다. 상이한 비자성 레이어들은 상이한 물질들로 형성될 수 있다. 예를 들어, Ta 레이어가 두 개의 '$Fe_xCo_yNi_zM1_{q1}M2_{q2}$' 레이어들의 사이에 사용되고, 다른 비자성 레이어가 다른 '$Fe_xCo_yNi_zM1_{q1}M2_{q2}$' 레이어들의 사이에 존재할 수 있다. 실시 예로서, '$Fe_xCo_yNi_zM1_{q1}M2_{q2}$' 강자성 합금 레이어의 두께는 적어도 0.2nm 이고 3nm보다 크지 않을 수 있다. 실시 예로서, 강자성 레이어들은 동일한 두께들을 가질 수 있고, 다른 예로서 두께들이 다를 수 있다. 실시 예로서, 각 비자성 레이어의 두께는 적어도 0.2nm 내지 2nm일 수 있다. 실시 예로서, 비자성 레이어들은 동일한 두게를 가질 수 있고, 다른 예로서 두께들이 다를

수 있다. 실시 예로서, 강자성 합금 레이어는 적어도 0.2nm이고 2nm보다 크지 않을 수 있으며, 비자성 레이어의 두께는 적어도 0.2nm이고 1nm보다 크지 않을 수 있다. 비자성체는 논리 장치의 다양한 특성들을 향상시키도록 선택될 수 있다. 예를 들어, 비자성체는 레이어들 사이의 강한 강자성 커플링을 제공하도록 선택될 수 있다. 이러한 레이어들 사이의 커플링(interlayer coupling)은 강자성 레이어들 사이에서 0.1erg/cm^2와 같거나 그보다 큰 커플링 세기를 가질 수 있다. 실시 예로서, 커플링 세기는 0.4erg/cm^2과 같어가 그보다 클 수 있다.

[0017] 다른 예로서, 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)은 다중레이어 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 두 개의 강자성 레이어들이 삽입 레이어를 샌드위치 형태로 둘러쌀 수 있다(강자성 레이어/삽입 레이어/강자성 레이어). 강자성 레이어들은 상술된 '$Fe_xCo_yNi_zM1_{q1}M2_{q2}$' 합금으로 제조되고, 강한 커플링 결합될 것이 요구될 수 있다. 삽입 레이어는 Cr, Ta, W, Ru, V, Cu, Mg, 그리고 Al 중 하나 또는 그 이상과 같은 물질들을 포함할 수 있다. 다른 예로서, 다중레이어는 두 개의 강자성 레이어들 및 삽입 레이어를 샌드위치 형태로 둘러싸는 시드 레이어 및 캐핑 레이어를 포함할 수 있다(시드 레이어/강자성 레이어/삽입 레이어/강자성 레이어/캐핑 레이어). 이 예에서, 시드 레이어 그리고/또는 캐핑 레이어는 산화물(oxide) 또는 질화물(nitride)과 같은 절연제, 또는 메탈과 같은 도전체일 수 있다. 실시 예로서, 시드 레이어 및 캐핑 레이어는 모두 절연체들일 수 있다(절연 레이어/강자성 레이어/삽입 레이어/강자성 레이어/절연 레이어). 다른 예로서, 강자성 레이어들 및 삽입 레이어를 샌드위치 형태로 둘러싸는 절연 시드 레이어 및 도전 캐핑 레이어가 사용될 수 있다(절연 시드 레이어/강자성 레이어/삽입 레이어/강자성 레이어/도전 캐핑 레이어). 다른 예로서, 메탈 합금과 같은 도전 시드 레이어 및 절연 캐핑 레이어가 사용될 수 있다(도전 시드 레이어/강자성 레이어/삽입 레이어/강자성 레이어/절연 캐핑 레이어). 다른 예로서, 도전 시드 및 캐핑 레이어들이 강자성 레이어들 및 삽입 레이어를 샌드위치 형태로 둘러쌀 수 있다(도전 시드 레이어/강자성 레이어/삽입 레이어/강자성 레이어/도전 캐핑 레이어). 상술된 절연 레이어는 MgO, NiO, 알루미늄 산화물, 실리콘 산화물, AlN, SiN, TaN, TiN, RuO2, 그리고/또는 ITO (indium tin oxide)를 포함하는 산화물 또는 질화물을 포함할 수 있으나, 이들로 한정되지는 않는다. 상술된 합금과 같이, 이러한 다중레이어들은 필요한 회전 분극(spin polarization) 및 자기 이방성을 제공할 수 있다. 그러나, 다른 예로서, 다른 그리고/또는 추가 물질들이 사용될 수 있다.

[0018] 논리 장치(100)는 논리 연산을 수행하기 위해 도메인 장벽 동작을 이용한다. 더 상세하게는, 입력 전극(102, 104 그리고/또는 106)의 전압이 입력 전극(102, 104 그리고/또는 106) 및 접지 전극(140) 사이에서 전류가 흐르도록 한다. 전류가 자기 입력/채널 영역(112, 114 그리고/또는 116)을 횡단함에 따라, 전류는 회전 분극된다(spin polarized). 따라서, 도 2에 도시된 논리 장치에서, 전류는 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)에 의해 제 1 방향으로 회전 분극된다. 분극된 전류로부터의 회전 토크의 전달을 통해, 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)의 자기 모멘트들이 입력 전극들(102, 104, 106)로부터 채널을 따라 각각 제 1 방향으로 유도된다. 다르게 말하면, 도메인 장벽들(113, 115, 117)이 자기 센서 영역(120)을 향해 이동한다. 그러나, 논리 장치(100)의 구성으로 인해, 도메인 장벽들(113, 115, 117)은 입력 전압들에 의해 센서(130)를 지나 이동하지는 않는다. 대신, 도메인 장벽들(113, 115, 117)은 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116) 및 자기 센서 영역(120)의 경계(interface)에 또는 경계 근처에 고정될 수 있다. 도메인 장벽의 에너지는 일반적으로 도메인 장벽이 차지하는 영역의 단면적(cross section)에 비례한다. 자기 센서 영역(120)은 입력/체널 영역(112, 114 그리고/또는 116)보다 넓은 단면적을 갖는다. 따라서, 도메인 장벽들(113, 115, 117)은 입력 채널 영역(112, 114 또는 116)으로부터 자기 센서 영역(120)으로 이동하기 위해 더 큰 에너지를 필요로 한다. 도시된 실시 예에서, 측면도에 도시된 바와 같이, 자기 센서 영역(120)은 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116) 각각보다 두껍다. 또한, 평면도(top view)에 도시된 바와 같이, 자기 센서 영역(120)은 각 자기 입력/채널 영역(112, 114 또는 116)보다 넓다. 그러나, 다른 구조(geometry)도 가능하다. 최종 결과는, 자기 센서 영역(120)의 단면적이 각 자기 입력/채널 영역(112, 114 또는 116)의 단면적보다 크다는 것이다. 각 도메인 장벽(113, 115 또는 117)이 자기 센서 영역으로 이동하는 것을 지연하기 위하여, 구조(geometry)에 더하여 또는 구조(geometry) 대신에, 구조(geometry) 이외의 메커니즘이 사용될 수 있다. 결과적으로, 단일 전극(102, 104 또는 106)으로부터 단일 자기 입력/채널 영역(112, 114 또는 116)을 통해 흐르는 회전 분극된 전류로 인한 회전 전달 토크는, 도메인 장벽(113, 115 또는 117)을 자기 입력/채널 영역(112, 114 또는 116)으로부터 자기 센서 영역(120)으로 이동시키기에 충분하지 않을 수 있다. 더 큰 에너지의 도메인 장벽이 요구될 수 있다. 이러한 도메인 장벽은 다중 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)로부터의 도메인 장벽들에 의해 달성될 수 있다. 더 상세하게는, 입력 전압들(Vi1, Vi2, Vs)을 갖는 입력 전극들(102, 106, 104)로부터의 전류로 인한 도메인 장벽들의 조합은, 도메인 장벽들(113, 117, 115)을 각각 자기 센서 영역(120)으로 이동시키기에 충분한 에너지를 가질 수 있다. 도메인 장벽들(113, 115, 117)의 조합에 의해 형성된 도메인 장벽이 센서(130)를 통과하여 이동하면, 센서(130)는 저저항 상태로부터 고

저항 상태로 변화한다. 따라서, 입력들에 기반하여, 도메인 장벽들(113, 115, 117)은 자기 센서 영역(120)으로 이동하지 않거나 또는 센서(130)를 통과하여 이동할 수 있다. 이러한 두 가지의 도메인 장벽 위치들은 센서(130)의 상이한 상태들을 가리킨다. 따라서, 논리 장치(100)는 입력 전압들에 기반하여 출력을 제공할 수 있다.

[0019] 예를 들어, 도 3은 공급 전압과 같은 전압이 전극(102)의 Vi1으로 인가되고 그리고 자기 센서 영역(120)의 단면적이 자기 입력/채널 영역(112)의 단면적보다 클 때의 논리 장치(100)를 보여준다. 따라서, 자기 입력/채널 영역(112)의 도메인 장벽(113')이 자기 센서 영역(120) 및 자기 입력/채널 영역(112)의 경계(interface)로 이동한다. 그러나, 도메인 장벽들(115, 117)을 자기 입력/채널 영역들(114, 116) 및 자기 센서 영역(120) 사이의 경계(interface)로 이동시키기에 충분하지 않은 전압이 전극들(104, 106)에 인가된다. 따라서, 감지 전류가 센서(130)를 통해 흐를 때, 센서(130)는 여전히 저저항 상태이다. 결과적으로, 출력은 동일하게 유지된다. 출력은 센서(130)의 저항 또는 센서(130)에 인가되는 전압을 읽음으로써 결정될 수 있다.

[0020] 도 4는 자기 센서 영역(120)의 단면적이 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)의 단면적의 약 두배보다 크지 않고, 입력 전극들(102, 106)에 충분한 전압이 인가된 때의 논리 장치(100)를 보여준다. 따라서, 회전 분극 전류는 전극들(102, 106)로부터 자기 입력/채널 영역들(112, 116)을 통해 흐른다. 결과적으로, 도메인 장벽들(113', 117')은 회전 분극 전류로부터의 회전 전달 토크로 인해 자기 센서 영역(120)으로 이동한다(도메인 장벽(113'/117')을 형성). 도메인 장벽(113'/115')은 더 넓은 단면적을 갖는 자기 센서 영역(120)을 횡단하기에 충분한 에너지를 갖는다. 따라서, 도 4에 도시된 바와 같이, 도메인 장벽(113'/117')은 센서(130)를 지나도록 제어된다. 센서(130)의 레이어(134)의 자화 방향이 자기 센서 영역(120)의 자화 방향과 역평행(antiparallel)하므로, 센서(130)는 고저항을 갖는다. 따라서, 도메인 장벽(113'/117')의 위치에 기반하여, 도메인 장벽(113'/117')이 센서(130)를 지나 이동하였는지에 따라, 출력이 변화할 수 있다. 출력은 센서(130)의 저항 또는 전압을 읽음으로써 결정될 수 있다.

[0021] 도 2 내지 도 4에 도시된 논리 장치들에서, 전극(104)은 로우(low)로 바이어스된다. 따라서, 전극(104)에 대응하는 자기 입력/채널 영역(114)의 도메인 장벽(115)은 자기 센서 영역(120)을 향해 이동하지 않는다. 자기 센서 영역(120)의 단면적이 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)의 단면적보다 크므로, 전극들(102, 104, 106) 중 하나 이상의 전극이 도메인 장벽들(113, 115, 117)을 자기 센서 영역(120)으로 이동시키기 위해 하이(high)로 구동된다. 실시 예로서, 자기 센서 영역(120)의 단면적은 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116) 각각의 단면적의 약 두 배이거나 그보다 다소 작을 수 있다. 따라서, 도메인 장벽들(113, 115, 117)을 자기 센서 영역(120)으로 이동시키는 것이 가능하다. 도 2 내지 도 4에서, 논리 장치의 기능은 AND 게이트이다. 다르게 말하면, 두 전극들(102, 106) 모두가 하이로 구동되어, 센서(130)의 출력이 변화될 수 있다. 그러나, 논리 장치(100)의 기능은 전극(14)에 인가되는 전압 그리고 자기 센서 영역 및 각 입력 영역의 단면적들 사이의 관계(또는 도메인 장벽 동작을 지연하는 다른 메커니즘)에 기반하여 변화될 수 있다.

[0022] 예를 들어, 도 5는 논리 장치(100)와 유사한 논리 장치(100')를 보여준다. 따라서, 논리 장치(100'), 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116), 도메인 장벽들(113/113', 115, 117/117'), 전극들(102, 104, 106), 두 부분들(120A, 120B)을 갖는 자기 센서 영역(120), 레이어들(132, 134)을 갖는 센서(130), 그리고 접지 전극(140)에 각각 대응하는 자기 입력/채널 영역들(112', 114', 116'), 도메인 장벽들(113'', 115', 117''), 전극들(102', 104', 106'), 두 부분들(120A', 120B')을 갖는 자기 센서 영역(120'), 센서(130'), 그리고 접지 전극(140')을 포함한다. 논리 장치(100')의 구성 요소들은 논리 장치(100)와 동일한/유사한 물질들로 제조될 수 있다. 따라서, 논리 장치(100')에서, 자기 센서 영역(120')의 단면적은 자기 입력/채널 영역들(112', 114', 116') 각각의 단면적보다 크고, 자기 입력/채널 영역들(112', 114', 116') 각각의 단면적의 약 두 배보다 크지 않다. 다르게 말하면, 자기 입력/채널 영역들(112', 114', 116') 중 두 개를 통해 흐르는 회전 분극 전류로부터의 회전 전달은, 도메인 장벽들(113'', 115', 117'')을 각각 자기 입력/채널 영역들(112', 114', 116')로부터 센서(130')를 지나 자기 센서 영역(120')으로 이동시킬 수 있다. 도시된 실시 예에서, 전극(104')은 하이로 바이어스되고, 전극(104')에 대응하는 도메인 장벽(115')은 자기 센서 영역(120') 및 자기 입력/채널 영역(114')의 경계(interface)로 이동한다. 그러나, 도 5에 도시된 바와 같이, 나머지 전극들(102', 106')은 중지 상태(quiescent state, 하이로 바이어스되지 않은 상태)이고, 도메인 장벽들(113'', 117'')은 자기 입력/채널 영역들(112', 116')에 각각 유지된다.

[0023] 도 6은 하이 입력이 전극(102')에 제공된 후의 논리 장치(100')를 보여준다. 도 6의 동작은 전극(106')에 하이 입력이 제공된 때와 유사하다. 전극(102')으로의 하이 입력은 도메인 장벽(113'')을 자기 입력/채널 영역(112')을 따라 이동시킨다. 도메인 장벽(113'')의 에너지는 도메인 장벽(115')의 에너지와 결합된다. 이 결합은 도메인 장벽들(113'', 115')을 자기 센서 영역(120')으로 이동시킨다. 따라서, 도메인 장벽들(113'''/115'')은 센

서(130')를 통과하여 이동한 것으로 도시된다. 도메인 장벽(113'''/115'')의 동작은 센서(130')의 상태의 변화를 초래한다. 따라서, 논리 장치(100')는 전극(104')이 하이로 바이어스된 경우 OR로 기능한다. 전극들(102', 104', 106')은 상호 교환 가능하다. 도 2 내지 도 4에 도시된 바와 같이 전극(104)이 로우로 바이어스되어 도메인 장벽(115)이 자기 입력/채널 영역(114)에 남아있는 경우, 전극들(102, 104) 모두에 하이가 입력될 때에만 도메인 장벽(113'/117')이 자기 입력/채널 영역들(112, 116)을 따라 이동한다. 전극들(102, 106) 모두에 하이가 입력될 때에만 센서(130)의 상태의 변화가 발생할 수 있다. 따라서, 도 2 내지 도 4에 도시된 논리 장치(100)는 전극(104)이 로우로 바이어스 된 경우에 AND 게이트로 동작한다. 도 5 내지 도 6에 도시된 바와 같이 전극(104')이 하이로 바이어스되어 도메인 장벽(115')이 자기 센서 영역(120')의 경계(interface)로 이동한 경우, 전극(102')에만 하이가 입력되거나, 전극(104')에만 하이가 입력되거나, 또는 전극들(102', 104') 모두에 하이가 입력될 때에, 도메인 장벽(113'' 또는 117'')이 자기 입력/채널 영역들(112')을 따라 이동한다. 도메인 장벽(113'' 는 117'') 및 도메인 장벽(115')의 조합은 자기 센서 영역(120')으로 이동할 수 있다. 따라서, 전극들(102', 106') 중 하나 또는 둘 모드에 하이가 입력되면, 센서(130')의 상태가 변화한다. 따라서, 도 5 및 도 6에 도시된 논리 장치(100')는 전극(104)이 하이로 바이어스된 경우에 OR 게이트로 동작한다. 다라서, 논리 장치(100)의 기능은 전극들(102/102', 104/104', 106/106') 중 하나에 인가되는 바이어스 전압에 기반하여 변화될 수 있다.

[0024] 본 발명의 실시 예들에 따른 논리 장치의 진리표가 아래의 표 1에 기재된다. 출력(Vout)은 센서에서 감지된 저항에 대응한다. 따라서, 자기 입력/채널 영역들의 단면적과 비교한 자기 센서 영역의 단면적의 사이즈에 기반하여, 그리고 Vs 전극에 제공되는 바이어스에 기반하여, 도 2 내지 도 6에 도시된 논리 장치는 다양한 논리 연산들을 제공하도록 구성될 수 있다. 따라서, 회전 전달 토크 기반 장치는 논리 장치로 사용될 수 있다.

표 1

[0025]

게이트 타입	Vs	Vi1	Vi2	Vout
AND	0	0	0	0
AND	0	1	0	0
AND	0	0	1	0
AND	0	1	1	1
OR	1	0	0	0
OR	1	1	0	1
OR	1	0	1	1
OR	1	1	1	1

[0026] 도 2 내지 도 6에 도시된 논리 장치(100/100')가 프로그램된 후, 리셋될 수 있다. 예를 들어, 논리 장치(100/100')를 프로그램하기 위해 사용된 전류와 반대 방향으로 구동되는 전류가 논리 장치(100/100')를 리셋할 수 있다. 반대 방향으로 구동되는 전류는 도 4 및 도 6에 도시된 도메인 장벽(113'/117' 또는 113'''/115'')의 우측의 자기 센서 영역(120/120')의 부분에 의해 회전 분극될 수 있다. 따라서, 도메인 장벽이 이동될 수 있다. 자기 센서 영역(120/120')의 단면적이 자기 입력/채널 영역들(112/112', 114/114', 116/116') 각각의 단면적보다 크므로, 도메인 장벽이 자기 센서 영역(120/120')으로부터 자기 입력/채널 영역들(112/112', 114/114', 116/116')으로 이동할 때, 도메인 장벽은 멈추지 않을 수 있다. 따라서, 도메인 장벽은 자기 입력/채널 영역(112/112', 114/114', 116/116')으로 후퇴하고, 논리 장치(100/100')는 다시 초기화된다. 다른 예로서, 반강자성체(antiferromagnetic material)가 자기 입력/채널 영역들(112/112', 114/114', 116/116') 및 자기 센서 영역(120/120')을 바이어스하기 위해 사용된 경우, 입력 전압들의 제거는, 즉 도메인 장벽을 자기 센서 영역(120/120')으로 이동시키기 위한 자극의 제거는, 입력/체널 영역들(112/112', 114/114', 116/116') 및 자기 센서 영역(120/120')을 자화하여 초기 상태들로 되돌릴 수 있다. 따라서, 전류 또는 외부 자기장을 이용한 재초기화가 불필요할 수 있다.

[0027] 실시 예로서, 채널들의 폭들은 약 100nm 또는 그 이상일 수 있다. 따라서, 논리 장치(100/100')는 작게 제조될 수 있다. 또한, 도메인 장벽의 이동은 상대적으로 빠를 수 있다. 실시 예로서, 도메인 장벽(113'/117' 또는 113'''/115'')이 센서를 지난 위치로 이동하기 위한 시간은 100ns 또는 그보다 적을 수 있다. 실시 예로서, 도메인 장벽(113'/117' 또는 113'''/115'')을 이동시키기 위한 시간은 10ns 보다 적을 수 있다. 실시 예로서, 도메인 장벽(113'/117' 또는 113'''/115'')이 이동하는 데에 요구되는 시간은 5ns와 같거나 그보다 적을 수 있다. 또한, 실시 예로서, 논리 연산을 위해 요구되는 에너지, 즉 논리 장치(100/100')를 통해 구동되는 전류에 의해

소비되는 에너지는 10^(-17) 주울(joules), 즉 10 aJoules 보다 크지 않을 수 있다. 실시 예로서, 필요한 에너지는 연산 당 6.25 aJoule보다 많지 않을 수 있다. 또한, 논리 장치(100/100')의 출력은 센서(130/130')의 저항에 기반하여 결정된다. 예를 들어, 미리 알려진 hwjsfb가 센서(130/130')를 통해 제공되고(예를 들어, 알려진 전압이 센서(130/130')에 인가되고), 그리고 센서(130/130')의 전압이 측정될 수 있다. 센서(130/130')를 통해 흐르는 전류는 도메인 장벽을 이동시키기 위해 필요한 전류보다 매우 적을 수 있다. 예를 들어, 채널을 통한 전류는 "$Ii=Vi/R_{input\ region}$"일 수 있다. 자기 입력/채널 영역들(112/112', 114/114', 116/116')이 메탈이므로, 자기 입력/채널 영역들(112/112', 114/114', 116/116')의 저항은 작다. 즉, 도메인 장벽을 이동시키기 위해 사용되는 전류는 크다. 반대로, 센서를 통해 흐르는 전류는 "$I_{Read}=V_{Read}/R_{MTJ}$"이다. 일반적으로, 센서(130/130')의 저항은 상대적으로 높고, V_{Read}는 상대적으로 낮게 설정될 수 있다. 따라서, 읽기 시에 논리 장치(100/100')를 통해 흐르는 전류는 도메인 장벽을 이동시키기에 충분하지 않을 수 있다. 결과적으로, 읽기 출력은 입력에 영향을 주지 않는다. 따라서, 의도하지 않은 피드백이 제거된다. 논리 장치(100/100')는, 예를 들어 센서(130/130')이 저항 그리고/또는 센서(130/130')를 흐르는 전류를 설정함으로써, 필요한 이득(gain)을 가질 수 있다. 논리 장치(100/100')는 비선형일 수 있다. 다르게 말하면, 고저항 또는 저저항 상태 중 하나가 센서(130/130')의 일측 또는 타측의 도메인 장벽에 의해 달성될 수 있다. 후술되는 바와 같이, 논리 장치(100/100')는 다른 논리 장치들과 연결될 수 있고, 논리 장치(100/100')의 출력은 다른 논리 장치의 입력으로 사용될 수 있다. 또한, 부울 연산의 전체 셋이 AND 및 OR 장치들에 의해 형성될 수 있다. 결과적으로, 회전 전달 토크 기반 논리 장치의 셋이 제공될 수 있다.

[0028] 도 7은 논리 장치(100'')의 다른 실시 예를 보여준다. 논리 장치(100'')는 논리 장치들(100, 100')과 유사하며, 따라서 동일한 또는 유사한 물질들을 포함한다. 따라서, 논리 장치(100'')는, 자기 입력/채널 영역들(112/112', 114/114', 116/116'), 도메인 장벽들(113/113'/113''/113''', 115/115'/115'', 117/117'/117''), 전극들(102/102', 104/104', 106/106'), 두 부분들(120A/120A', 120B/120B')을 갖는 자기 센서 영역(120/120'), 레이어들(132/132', 134/134')을 갖는 센서(130/130'), 그리고 접지 전극(140/140')에 각각 대응하는 자기 입력/채널 영역들(112'', 114'', 116''), 도메인 장벽들(113'''', 115''', 117'''), 전극들(102'', 104'', 106''), 두 부분들(120A'', 120B'')을 갖는 자기 센서 영역(120''), 그리고 접지 전극(140'')을 포함한다. 따라서, 논리 장치(100'')에서, 자기 센서 영역(120'')의 단면적은 자기 입력/채널 영역들(112'', 114'', 116'') 각각의 단면적보다 크고, 자기 입력/채널 영역들(112'', 114'', 116'') 각각의 단면적의 약 두 배보다 크지 않다. 다르게 말하면, 자기 입력/채널 영역들(112'', 114'', 116'') 중 두 개를 통해 흐르는 회전 분극 전류로부터의 회전 전달은, 도메인 장벽들(113'''', 115'', 117''')을 각각 자기 입력/채널 영역들(112'', 114'', 116'')로부터 센서(130'')를 지나 자기 센서 영역(120'')으로 이동시킬 수 있다. 도시된 실시 예에서, 전극(104'')은 하이로 바이어스되고, 전극(104'')에 대응하는 도메인 장벽(115'')은 자기 센서 영역(120'') 및 자기 입력/채널 영역(114'')의 경계(interface)로 이동한다. 그러나, 도 7에 도시된 바와 같이, 나머지 전극들(102'', 106'')은 중지 상태(quiescent state, 하이로 바이어스되지 않은 상태)이고, 도메인 장벽들(113'''', 117''')은 자기 입력/채널 영역들(112'', 116'')에 각각 유지된다.

[0029] 논리 장치(100'')에서, 입력 채널 영역들(112'', 114'', 116''), 자기 센서 영역(120'') 및 센서(130'')는 인-플레인으로 자기적으로 바이어스된다. 그러나, 논리 장치(100'')의 기능은 논리 장치(100/100')의 기능과 유사하다. 따라서, 전극(104'')에 인가되는 바이어스 전압에 기반하여, 논리 장치(100'')는 AND 및 OR 논리 기능과 같은 상이한 기능들을 가질 수 있다. 따라서, 논리 장치(100'')는 논리 장치들(100/100')의 장점을 공유할 수 있다.

[0030] 도 8은 회전 전달 토크에 기반한 논리 장치(200)의 다른 예를 보여준다. 논리 장치(200)는 논리 장치들(100, 100')과 유사하며, 따라서 동일한 또는 유사한 물질들을 포함할 수 있다. 따라서, 논리 장치(200)는 자기 입력/채널 영역들(112/112', 114/114', 116/116'), 도메인 장벽들(113/113'/113''/113''', 115/115'/115'', 117/117'/117''), 전극들(102/102', 104/104', 106/106'), 두 부분들(120A/120A', 120B/120B')을 갖는 자기 센서 영역(120/120'), 레이어들(132/132', 134/134')을 갖는 센서(130/130'), 그리고 접지 전극(140/140')에 각각 대응하는 자기 입력/채널 영역들(212, 214, 216), 도메인 장벽들(213, 215, 217), 전극들(202, 204, 206), 두 부분들(220A, 220B)을 갖는 자기 센서 영역(220), 그리고 접지 전극(240)을 포함한다. 따라서, 구성 요소들(202, 204, 206, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 220, 220A, 220B, 230, 240)의 구조 및 기능은 각각 구성 요소들(102/102', 104/104', 106/106', 112/112', 113/113'/113''/113'''', 114/114', 115/115'/115'', 116/116', 117/117'/117'', 120/120', 120A/120A', 120B/120B', 130/130', 140/140')의 구조 및 기능과 유사할 수 있다. 그러나, 평면도에 도시된 바와 같이, 논리 장치(200)의 자기 센서 영역(220)은 상이한 방법으로 자

화된 두 영역들(제 1 자기 센서 영역(220A) 및 제 2 자기 센서 영역(220B))을 포함한다. 제 2 자기 센서 영역(220B)은 제 1 자기 센서 영역(220A)과 실질적으로 동일한 두께를 갖고, 더 넓은 폭을 가질 수 있다. 따라서, 제 2 자기 센서 영역(220B)은 제 1 자기 센서 영역(220A)과 다른, 더 넓은 단면적을 갖는다. 단면적의 차이는, 자기 센서 영역(220)으로 이동하고 제 1 자기 센서 영역(220A)을 통과하는 도메인 장벽이 제 2 자기 센서 영역(220B)을 통과하기에 충분한 에너지를 갖지 않도록 설정될 수 있다. 따라서, 도메인 장벽은 접지 전극(240) 하부의 영역에 진입하지 않는다. 또한, 세 개의 자기 입력/채널 영역들(202, 204, 206)이 도시되어 있지만, 도 8의 논리 장치(200)는 다른 수의 자기 입력/채널 영역들을 가질 수 있고, 도 2 내지 도 7에 도시된 논리 장치들(100, 100')과 다른 논리 연산들을 제공할 수 있다. 도 8에 도시된 논리 장치(200)는 도 2 내지 도 7에 도시된 논리 장치들(100, 100')의 하나 또는 그 이상의 장점을 가질 수 있다. 이에 더하여, 도메인 장벽이 접지 전극의 하부로 이동하는 것이 방지될 수 있다.

[0031] 도 9는 회전 전달 토크에 기반한 논리 장치(300)의 다른 예를 보여준다. 논리 장치(300)는 논리 장치들(100, 100')과 유사하며, 따라서 동일한 또는 유사한 물질들을 포함한다. 따라서, 논리 장치(300)는, 자기 입력/채널 영역들(112/112', 114/114', 116/116'), 도메인 장벽들(113/113'/113''/113''', 115/115'/115'', 117/117'/117''), 전극들(102/102', 104/104', 106/106'), 두 부분들(120A/120A', 120B/120B')을 갖는 자기 센서 영역(120/120'), 레이어들(132/132', 134/134')을 갖는 센서(130/130'), 그리고 접지 전극(140/140')에 각각 대응하는 자기 입력/채널 영역들(312, 314, 316), 도메인 장벽들(313, 315, 317), 전극들(302, 304, 306), 두 부분들(320A, 320B)을 갖는 자기 센서 영역(320), 그리고 접지 전극(340)을 포함한다. 따라서, 구성 요소들(302, 304, 306, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 320, 320A, 320B, 330, 340)의 구조 및 기능은 각각 구성 요소들(102/102', 104/104', 106/106', 112/112', 113/113'/113''/113'''', 114/114', 115/115'/115'', 116/116', 117/117'/117'', 120/120', 120A/120A', 120B/120B', 130/130', 140/140')의 구조 및 기능과 유사할 수 있다. 세 개의 자기 입력/채널 영역들(302, 304, 306)이 도시되어 있지만, 논리 장치(300)는 다른 수의 자기 입력/채널 영역들을 가질 수 있고, 도 2 내지 도 7에 도시된 논리 장치들(100, 100')과 다른 논리 연산들을 제공할 수 있다. 그러나, 도시된 바와 같이, 자기 센서 영역(320)의 두께는 센서(130)의 영역의 두께보다 크다. 따라서, 자기 센서 영역(320C)은 증가된 두께를 갖는다. 도 9에 도시된 논리 장치(300)는 논리 장치들(100, 100', 100'', 200)의 하나 또는 그 이상의 장점을 가질 수 있고, 논리 장치들(100, 100', 100'', 200)과 조합될 수 있다.

[0032] 도 10은 회전 전달 토크에 기반한 논리 장치(400)의 다른 예를 보여준다. 논리 장치(400)는 자기 입력/채널 영역들(112/112', 114/114', 116/116'), 도메인 장벽들(113/113'/113''/113''', 115/115'/115'', 117/117'/117''), 전극들(102/102', 104/104', 106/106'), 두 부분들(120A/120A', 120B/120B')을 갖는 자기 센서 영역(120/120'), 레이어들(132/132', 134/134')을 갖는 센서(130/130'), 그리고 접지 전극(140/140')에 각각 대응하는 자기 입력/채널 영역들(412, 414, 416), 도메인 장벽들(413, 415, 417), 전극들(402, 404, 406), 두 부분들(420A, 420B)을 갖는 자기 센서 영역(420), 그리고 접지 전극(440)을 포함한다. 따라서, 구성 요소들(402, 404, 406, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 420, 420A, 420B, 430, 440)의 구조 및 기능은 각각 구성 요소들(102/102', 104/104', 106/106', 112/112', 113/113'/113''/113'''', 114/114', 115/115'/115'', 116/116', 117/117'/117'', 120/120', 120A/120A', 120B/120B', 130/130', 140/140')의 구조 및 기능과 유사할 수 있다. 그러나, 도시된 논리 장치(400)는 다른 수의 자기 입력/채널 영역들을 가질 수 있고, 따라서 다른 수의 전극들을 가질 수 있다. 더 상세하게는, 논리 장치(400)는 두 개의 자기 입력/채널 영역들(412, 416) 및 이에 대응하는 두 개의 전극들(402, 406)만을 포함한다. 실시 예로서, 자기 센서 영역(420)이 자기 입력/채널 영역들(412, 416) 각각의 단면적보다 크고, 자기 입력/채널 영역들(412, 416)의 단면적들의 합보다 크지 않은 단면적을 가질 때, 논리 장치(400)는 AND 장치로 기능할 수 있다. 논리 장치(400)는 논리 장치들(100, 100', 100'', 200, 300) 중 하나 또는 그 이상의 장점을 가질 수 있고, 논리 장치들(100, 100', 100'', 200, 300) 중 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다. 다른 예로서, 다른 수의 자기 입력/채널 영역들이 사용될 수 있고, 그리고/또는 다른 논리 연산이 수행될 수 있다.

[0033] 도 11은 회전 전달 토크에 기반한 논리 장치(500)의 다른 예를 보여준다. 논리 장치(500)는 논리 장치들(100, 100')과 유사하며, 따라서 동일한 또는 유사한 물질들을 포함한다. 따라서, 논리 장치(500)는, 자기 입력/채널 영역들(112/112', 114/114', 116/116'), 도메인 장벽들(113/113'/113''/113''', 115/115'/115'', 117/117'/117''), 전극들(102/102', 104/104', 106/106'), 두 부분들(120A/120A', 120B/120B')을 갖는 자기 센서 영역(120/120'), 레이어들(132/132', 134/134')을 갖는 센서(130/130'), 그리고 접지 전극(140/140')에 각각 대응하는 자기 입력/채널 영역들(512, 514, 516), 도메인 장벽들(513, 515, 517), 전극들(502, 504, 506), 두 부분들(520A, 520B)을 갖는 자기 센서 영역(520), 그리고 접지 전극(540)을 포함한다. 따라서, 구성 요소들

(502, 504, 506, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 520, 520A, 520B, 530, 540)의 구조 및 기능은 각각 구성 요소들(102/102', 104/104', 106/106', 112/112', 113/113'/113''/113''', 114/114', 115/115'/115'', 116/116', 117/117'/117'', 120/120', 120A/120A', 120B/120B', 130/130', 140/140')의 구조 및 기능과 유사할 수 있다. 세 개의 자기 입력/채널 영역들(512, 514, 516)을 갖는 것으로 도시되어 있지만, 논리 장치(500)는 다른 수의 자기 입력/채널 영역들을 가질 수 있고, 그리고/또는 논리 장치들(100, 100', 100'', 200, 300, 400)과 다른 논리 연산들을 제공할 수 있다.

[0034] 논리 장치(500)는 제 2 센서를 포함한다. 도시된 바와 같이, 자기 센서 영역(520)의 두께는 센서들(530, 550)의 영역들보다 클 수 있다. 따라서, 도시된 바와 같이, 영역들(520C, 520D)이 도시된가. 그러나, 다른 예로서, 자기 센서 영역(520)의 두께는 센서들의 하부에서 변화하지 않을 수 있다. 논리 장치(500)는 도메인 장벽 동작을 이용하여 프로그램될 수 있다. 또한, 논리 장치(500)는 도메인 장벽이 센서(530) 및 센서(550)의 사이에 포획(trap)되도록 구성될 수 있다. 센서(550)의 저항은 센서(530)의 저항이 변화하더라도 변화하지 않을 수 있다. 따라서, 이러한 구성은 센서(550)를 이용한 센서(530)의 자기 참조(self referencing)를 허용할 수 있다. 도메인 장벽이 센서(550)를 통과하여 이동하는 것을 허용하는 것을 포함하는 다른 기능들 또한 가능하다. 논리 장치(500)는 논리 장치들(100, 100', 100'', 200, 300, 400) 중 하나 또는 그 이상의 장점을 가질 수 있고, 논리 장치들(100, 100', 100'', 200, 300, 400) 중 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다. 또한, 논리 장치(500)는 자기 참조 읽기 스킴(self-referencing read scheme)을 허용할 수 있다.

[0035] 도 12는 회전 전달 토크에 기반한 논리 장치(600)의 다른 예를 보여준다. 논리 장치(600)는 논리 장치들(100, 100')과 유사하며, 따라서 동일한 또는 유사한 물질들을 포함한다. 따라서, 논리 장치(600)는, 자기 입력/채널 영역들(112/112', 114/114', 116/116'), 도메인 장벽들(113/113'/113''/113''', 115/115'/115'', 117/117'/117''), 전극들(102/102', 104/104', 106/106'), 두 부분들(120A/120A', 120B/120B')을 갖는 자기 센서 영역(120/120'), 레이어들(132/132', 134/134')을 갖는 센서(130/130'), 그리고 접지 전극(140/140')에 각각 대응하는 자기 입력/채널 영역들(612, 614, 616), 도메인 장벽들(613, 615, 617), 전극들(602, 604, 606), 두 부분들(620A, 620B)을 갖는 자기 센서 영역(620), 그리고 접지 전극(640)을 포함한다. 따라서, 구성 요소들(602, 604, 606, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 620, 620A, 620B, 630, 640)의 구조 및 기능은 각각 구성 요소들(102/102', 104/104', 106/106', 112/112', 113/113'/113''/113''', 114/114', 115/115'/115'', 116/116', 117/117'/117'', 120/120', 120A/120A', 120B/120B', 130/130', 140/140')의 구조 및 기능과 유사할 수 있다. 세 개의 자기 입력/채널 영역들(612, 614, 616)을 갖는 것으로 도시되어 있지만, 논리 장치(600)는 다른 수의 자기 입력/채널 영역들을 가질 수 있으며, 논리 장치들(100, 100', 100'', 200, 300, 400, 500)과 다른 논리 연산들을 제공할 수 있다. 또한, 논리 장치(600)는 제 2 접지 전극(650)을 포함한다. 제 2 접지 전극(650)은 센서(630)를 읽을 때에 사용될 수 있다. 구체적으로, 센서(630)를 흐르는 읽기 전류는 접지 전극(640) 대신 제 2 접지 전극(650)으로 흐를 수 있다. 논리 장치(600)에서, 접지 전극(640)을 향해 흐르는 덜 회전 분극된 전류가 존재할 수 있다. 따라서, 읽기 동작 시에, 도메인 장벽을 의도치 않게 이동시키는 가능성이 감소된다. 논리 장치(600)는 논리 장치들(100, 100', 100'', 200, 300, 400, 500) 중 하나 또는 그 이상의 장점을 가질 수 있으며, 논리 장치들(100, 100', 100'', 200, 300, 400, 500) 중 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다. 또한, 제 2 접지 전극(650)의 위치는, 논리 장치(600)을 의도치 않게 프로그램하는 가능성을 감소시키도록 선택될 수 있다.

[0036] 도 13은 논리 장치들(710, 720, 730)이 연관된 논리 구성 요소(700)의 예를 보여준다. 논리 장치들(710, 720, 730)은 논리 장치들(100, 100', 100'', 200, 300, 400, 500, 600) 중 하나 또는 그 이상에 대응할 수 있다. 도 13에 도시된 바와 같이, 논리 장치들(710, 720)의 출력들(센서(712) 및 센서(722)의 출력들)은 논리 장치(730)의 입력 전극들(732, 734)에 제공될 수 있다. 도시되지 않았지만, 추가적인 회로들이 논리 장치들(710, 720)의 출력들 및 논리 장치(730)의 입력들(732, 734) 사이에 제공될 수 있다. 예를 들어, 증폭기들 그리고/또는 다른 회로들이 센서들(712, 722) 및 입력들(732, 734) 사이에 각각 포함될 수 있다. 그러나, 도 13에 도시된 바와 같이, 논리 장치들(710, 720)의 출력들(712, 722)은 각각 논리 장치(730)의 입력들(732, 734)을 구동하기 위해 사용될 수 있다. 논리 장치(730)의 출력(734) 또한 마찬가지로, 다른 논리 장치(미도시)의 입력을 구동하기 위해 사용될 수 있다. 따라서, 회전 전달 토크에 기반한 논리 장치들(100, 100', 100'', 200, 300, 400, 500, 600, 710, 720, 730)은 연쇄적으로 구성될 수 있다.

[0037] 도 14는 논리 장치들(100, 100', 100'', 200, 300, 400, 500, 600, 710, 720, 그리고/또는 730)과 같은 논리 장치를 제공하기 위한 방법(800)의 예를 보여준다. 간결한 설명을 위하여, 일부 단계들은 생략될 수 있고, 조합될 수 있고, 교차 수행될 수 있고, 그리고/또는 다른 순서로 수행될 수 있다. 방법(800)은 논리 장치(100)의 관

점에서 설명된다. 그러나, 방법(800)은 논리 장치들(100, 100', 100'', 200, 300, 400, 500, 600, 710, 720, 그리고/또는 730)과 같은 다른 논리 장치를 제조하기 위해 사용될 수 있다. 또한, 방법(800)은 논리 장치(100)를 제조하는 관점에서 설명된다. 그러나, 다중 논리 장치들이 실질적으로 병렬적으로 제조될 수 있다. 또한, 별개의 단계들로 설명되지만, 방법(800)의 일부는 교차 수행될 수 있다. 끝으로, 방법(800)의 단계들은 일반적으로 다중 하위 단계들을 포함할 수 있다.

[0038] 802 단계를 통해, 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)이 제공된다. 802 단계는 전극들(102, 104, 106)을 제공할 뿐 아니라, 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)을 자기적으로 바이어스하는 것을 포함할 수 있다. 실시 예로서, 802 단계는 자기 입력/채널 영역들(112, 114, 116)의 레이어들을 실온보다 높은 온도에서 증착하는 것을 포함할 수 있다. 실시 예로서, 자기 논리 장치(100)는 인-시츄 어닐링(in-situ annealing)될 수 있다. 이 예에서, 고온 증착은 어닐링과 조합될 수 있다. 실시 예로서, 고온 증착 그리고/또는 어닐링은 적어도 섭씨 100도에서 그리고 섭씨 700도보다 높지 않은 온도에서 수행될 수 있다. 이 예에서, 온도는 적어도 섭씨 200도이고 섭씨 400도보다 높지 않을 수 있다. 실시 예로서, 어닐링은 자기 논리 장치(100)의 제조 후에 수행될 수 있다. 804 단계에서, 자기 센서 영역(120)이 제공된다. 804 단계는 자기 센서 영역(120)을 바이어스하고, 자기 센서 영역(120)을 패터닝하고, 그리고 자기 센서 영역(120)의 목표 단면적을 형성하는 것을 포함할 수 있다. 806 단계에서, 자기 센서 영역(130)에 대응하는 자기 센서(120)가 제공된다. 장치 당 하나보다 많은 센서가 제공되는 예에서, 806 단계는 다중 센서들을 형성할 수 있다. 또한, 접지 전극 및 다른 전극들 도한 제공될 수 있다. 따라서, 논리 장치(100)가 제조된다.

[0039] 회전 전달 토크 기반의 자기 논리 장치들을 제공하는 방법 및 시스템이 설명되었다. 방법 및 시스템은 예시적인 실시 예들에 따라 설명되었으며, 당업자는 실시 예들의 변형이 가능하고, 이러한 변형은 본 발명의 방법 및 시스템의 범위에 속하는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 도 2 내지 도 13에 도시된 논리 장치들 중 하나 또는 그 이상의 특징을 포함하는 다양한 조합들이 사용될 수 있다. 따라서, 첨부된 청구항의 범위로부터 괴리되지 않으면서, 당업자에 의해 다양한 응용이 수행될 수 있다.

부호의 설명

[0040] 100; 논리 장치

102, 104, 106; 입력 전극들

112, 114, 116; 자기 입력/채널 영역들

113, 115, 117; 도메인 장벽들

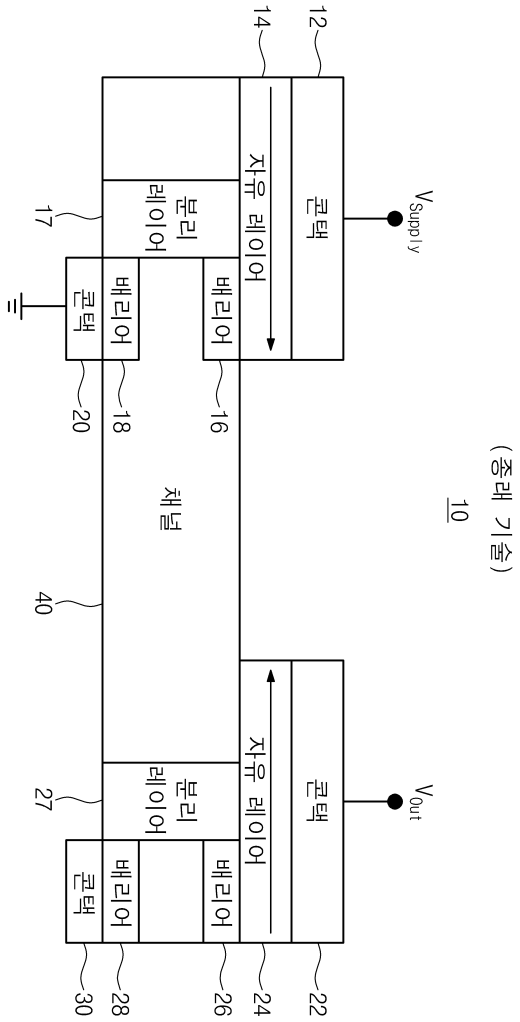
120; 자기 센서 영역

130; 센서

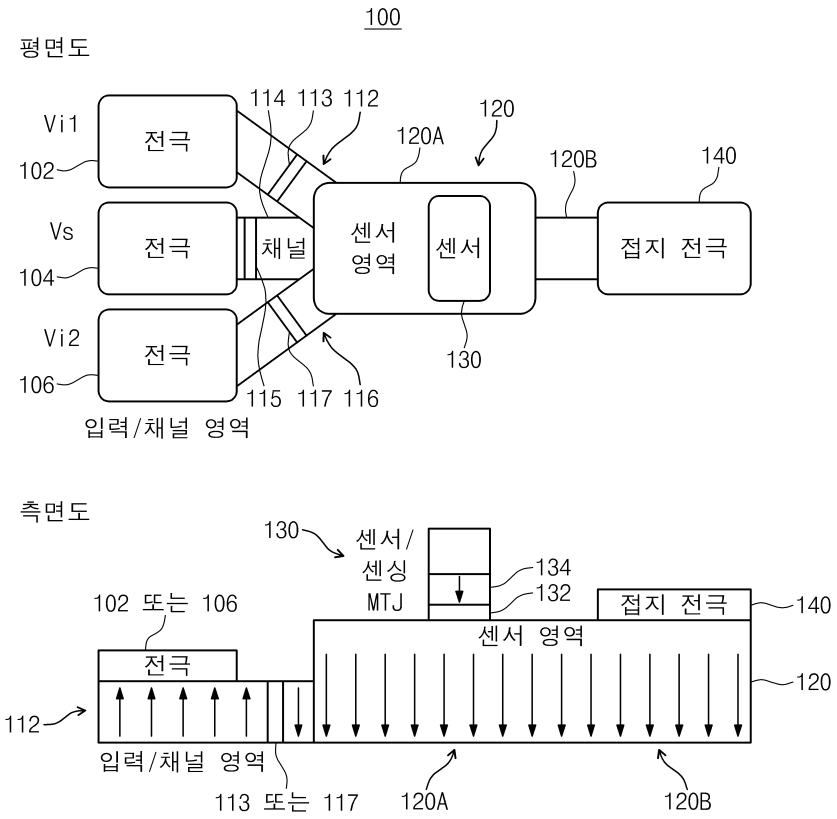
140; 접지 전극

도면

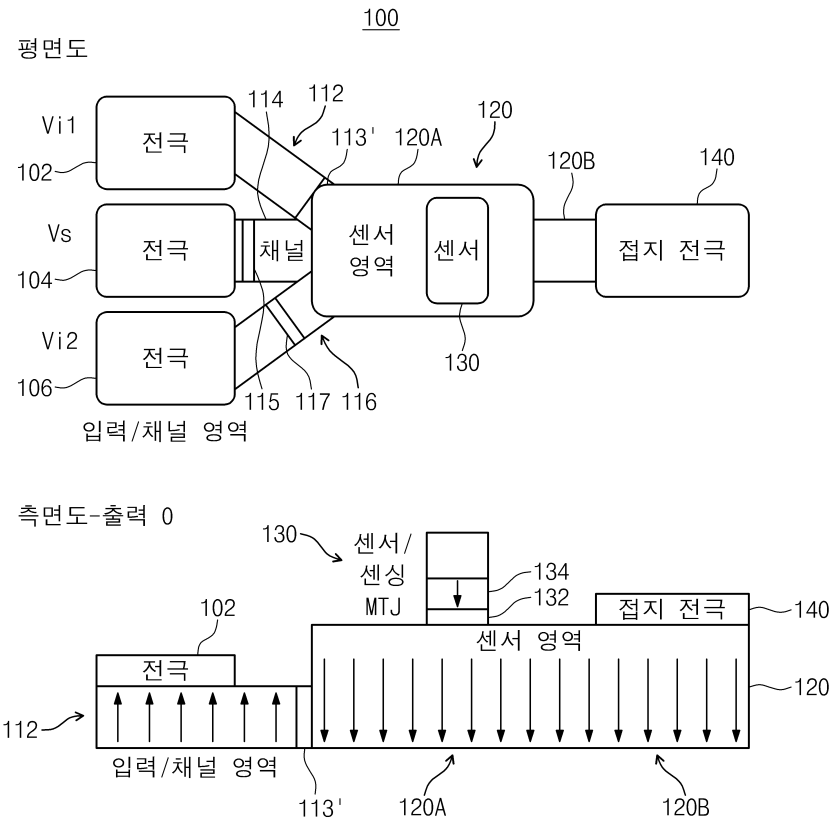
도면1


(종래 기술)
10
12
14
콘택
자유 레이어
V_{Supply}
17
분리 레이어
콘택
배리어
배리어
20
18
16
채널
40
27
분리 레이어
콘택
배리어
배리어
자유 레이어
콘택
V_{Out}
30
28
26
24
22

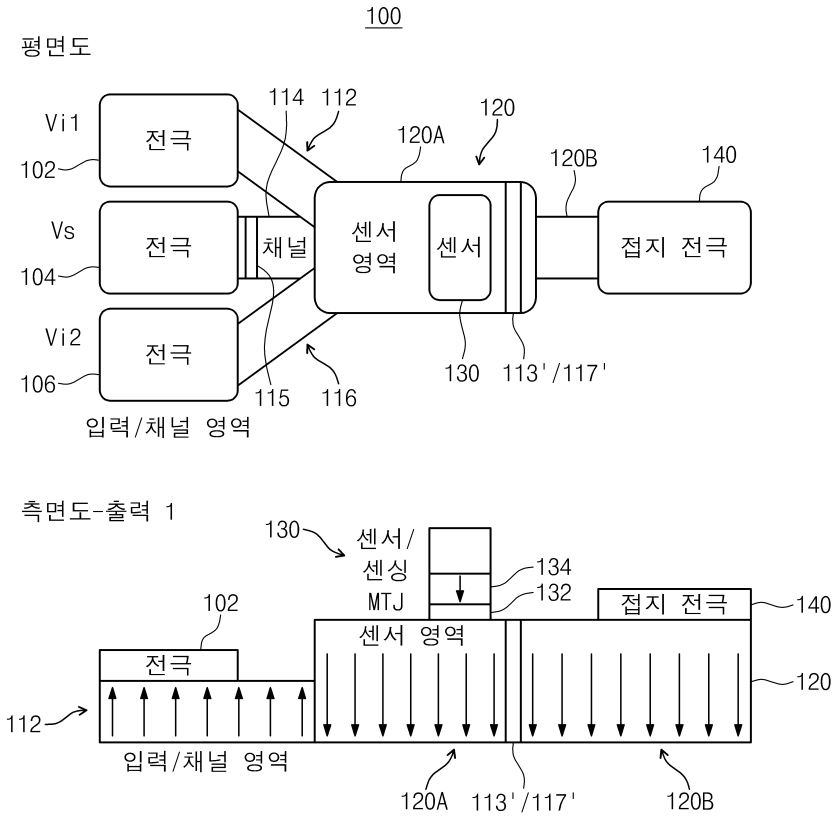
도면2


100
평면도
Vi1
102
전극
114 113 112
120
120A
120B
140
Vs
104
전극
채널
센서
영역
센서
접지 전극
Vi2
106
전극
130
115 117 116
입력/채널 영역
측면도
130
센서/
센싱
MTJ
134
132
접지 전극
140
102 또는 106
전극
센서 영역
120
112
입력/채널 영역
113 또는 117
120A
120B

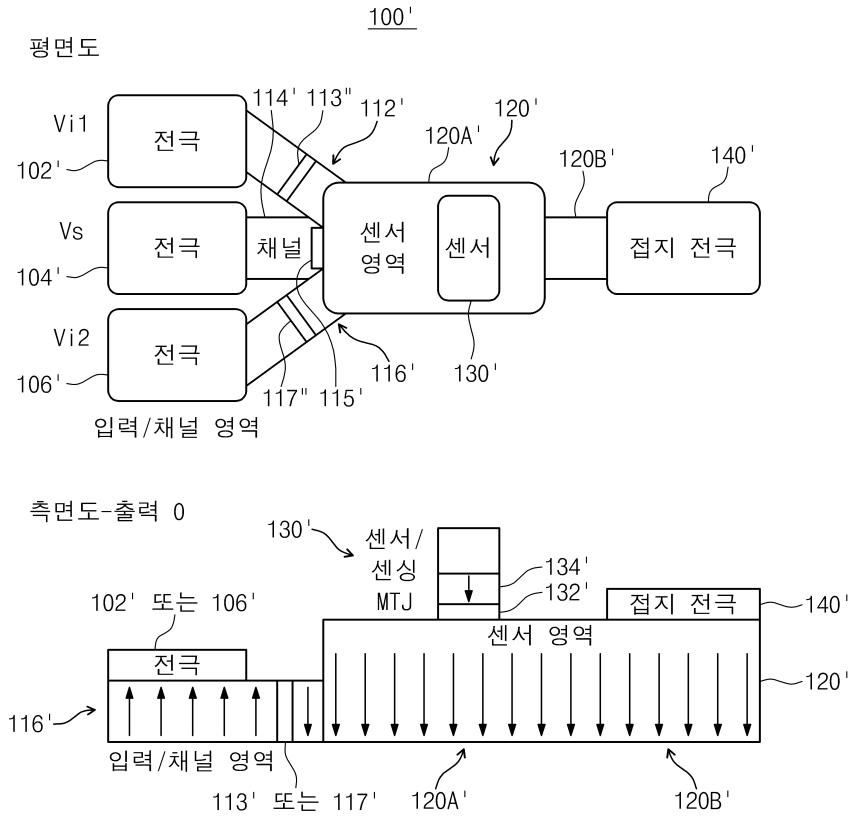
도면3


100
평면도
Vi1
102
전극
114
112
113'
120A
120
120B
140
Vs
104
전극
채널
센서
영역
센서
접지 전극
Vi2
106
전극
130
115 117 116
입력/채널 영역
측면도-출력 0
130
센서/
센싱
MTJ
134
132
접지 전극
140
102
전극
센서 영역
120
112
입력/채널 영역
113'
120A
120B

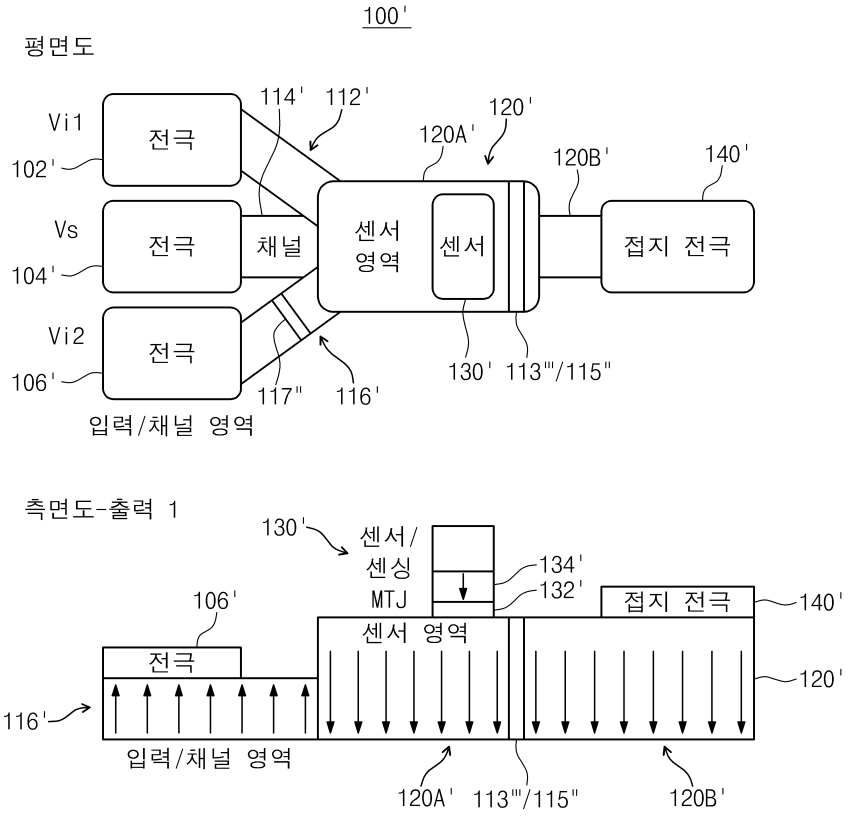
도면4


100
평면도
Vi1
102
전극
Vs
104
전극
Vi2
106
전극
114
112
115
116
채널
센서
영역
120
120A
센서
120B
130
113'/117'
140
접지 전극
입력/채널 영역
측면도-출력 1
130
센서/
센싱
MTJ
134
132
102
전극
112
센서 영역
접지 전극
140
120
입력/채널 영역
120A
113'/117'
120B

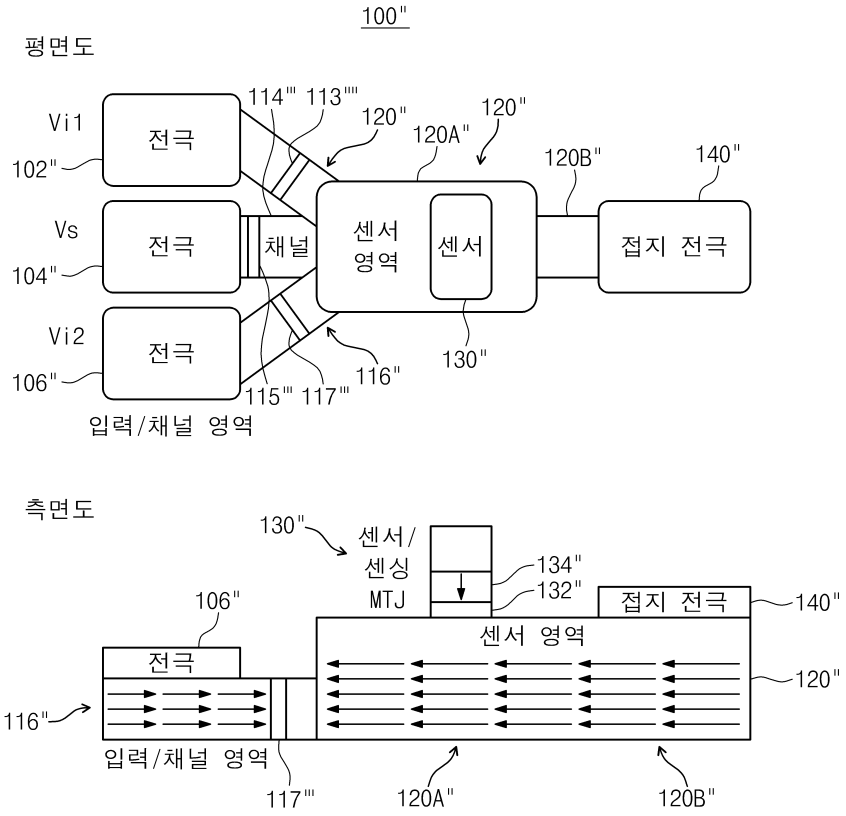
도면5


100'
평면도
Vi1
102'
전극
114' 113" 112'
120'
120A'
120B'
140'
Vs
104'
전극
채널
센서 영역
센서
접지 전극
Vi2
106'
전극
116'
130'
117" 115'
입력/채널 영역
측면도-출력 0
130'
센서/센싱 MTJ
134'
132'
102' 또는 106'
접지 전극
140'
센서 영역
전극
120'
116'
입력/채널 영역
113' 또는 117'
120A'
120B'

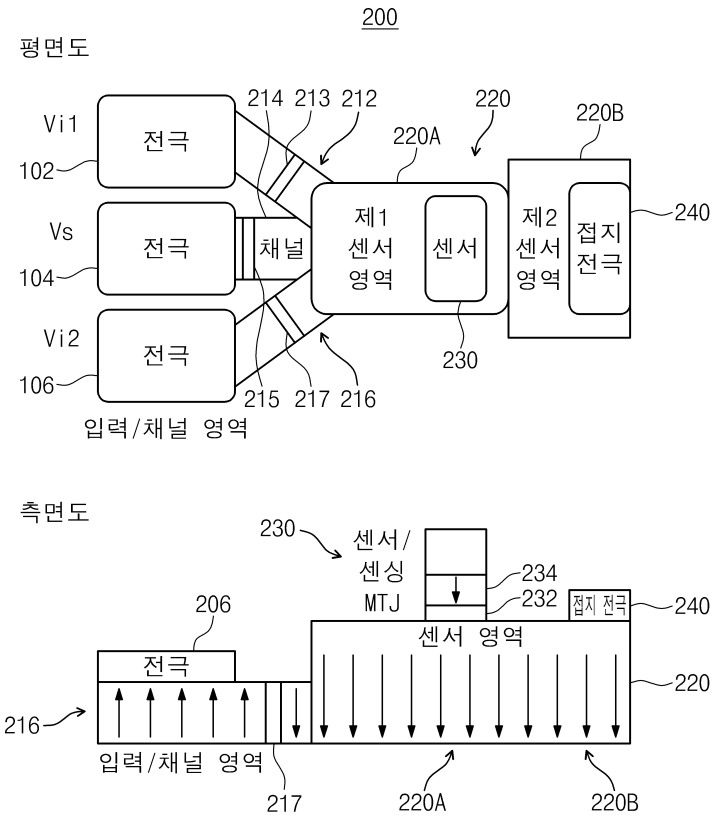
도면6


100'
평면도
Vi1
102'
전극
114' 112'
120'
120A'
120B'
140'
Vs
104'
전극
채널
센서 영역
센서
접지 전극
Vi2
106'
전극
117"
116'
130' 113'''/115"
입력/채널 영역
측면도-출력 1
130'
센서/센싱 MTJ
134'
132'
106'
접지 전극
140'
센서 영역
전극
120'
116'
입력/채널 영역
120A'
113'''/115"
120B'

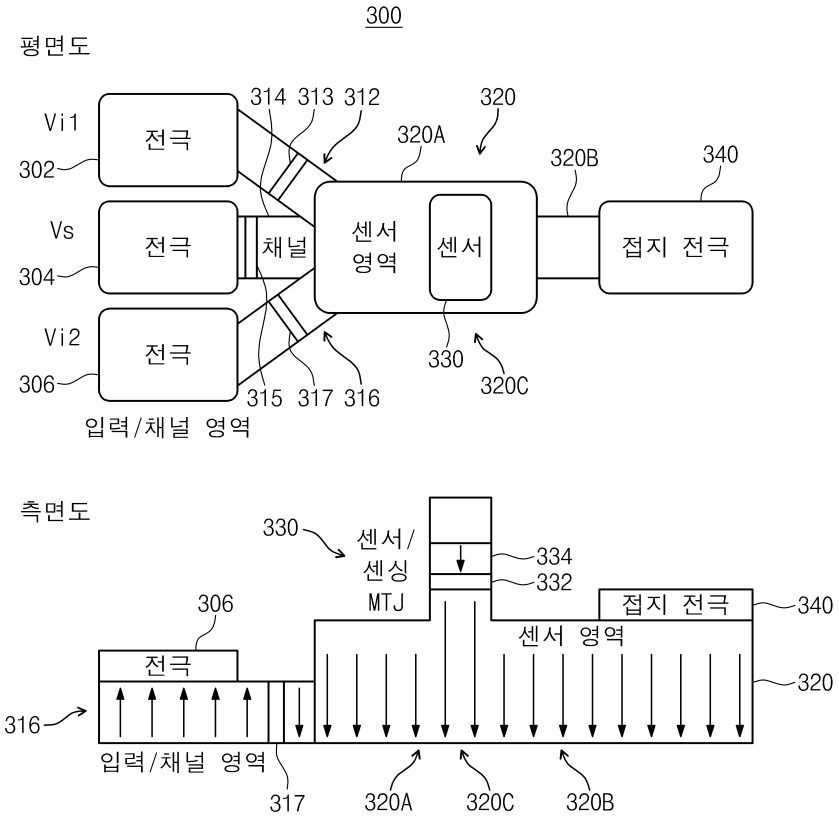
도면7


100"
평면도
Vi1
102"
전극
Vs
104"
전극
Vi2
106"
전극
채널
센서
영역
센서
접지 전극
114''' 113''''
120"
120A"
120"
120B"
140"
116"
130"
115''' 117'''
입력/채널 영역
측면도
130"
센서/
센싱
MTJ
134"
132"
접지 전극
140"
106"
전극
센서 영역
120"
116"
입력/채널 영역
117'''
120A"
120B"

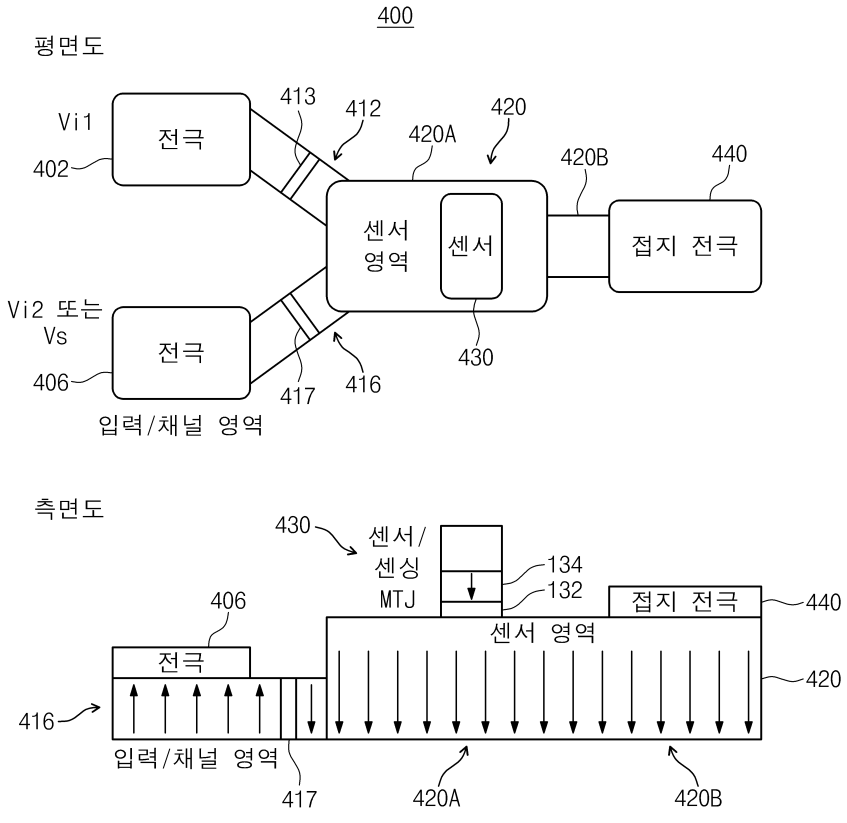
도면8


200
평면도
Vi1
102
전극
Vs
104
전극
Vi2
106
전극
채널
제1
센서
영역
센서
제2
센서
영역
접지
전극
214 213 212
220
220A
220B
240
230
215 217 216
입력/채널 영역
측면도
230
센서/
센싱
MTJ
234
232
접지 전극
240
206
전극
센서 영역
220
216
입력/채널 영역
217
220A
220B

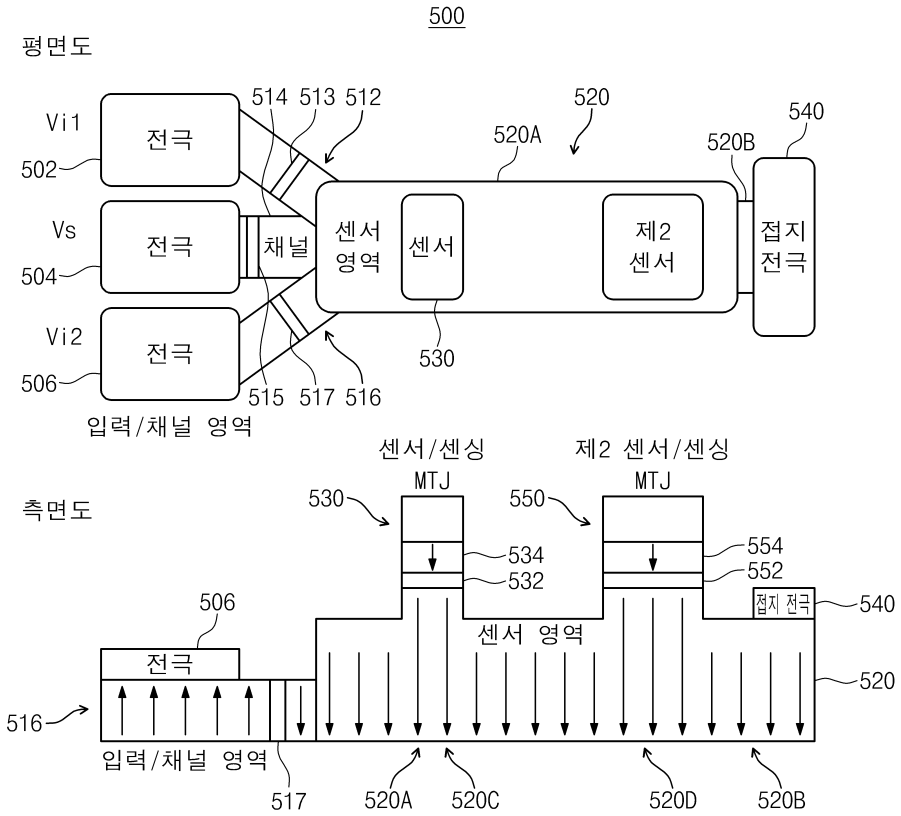
도면9


300
평면도
Vi1
302
전극
Vs
304
전극
Vi2
306
전극
314 313 312
320
320A
320B
340
채널
센서 영역
센서
접지 전극
330
320C
315 317 316
입력/채널 영역
측면도
330
센서/
센싱
MTJ
334
332
306
접지 전극
340
센서 영역
전극
320
316
입력/채널 영역
317
320A
320C
320B

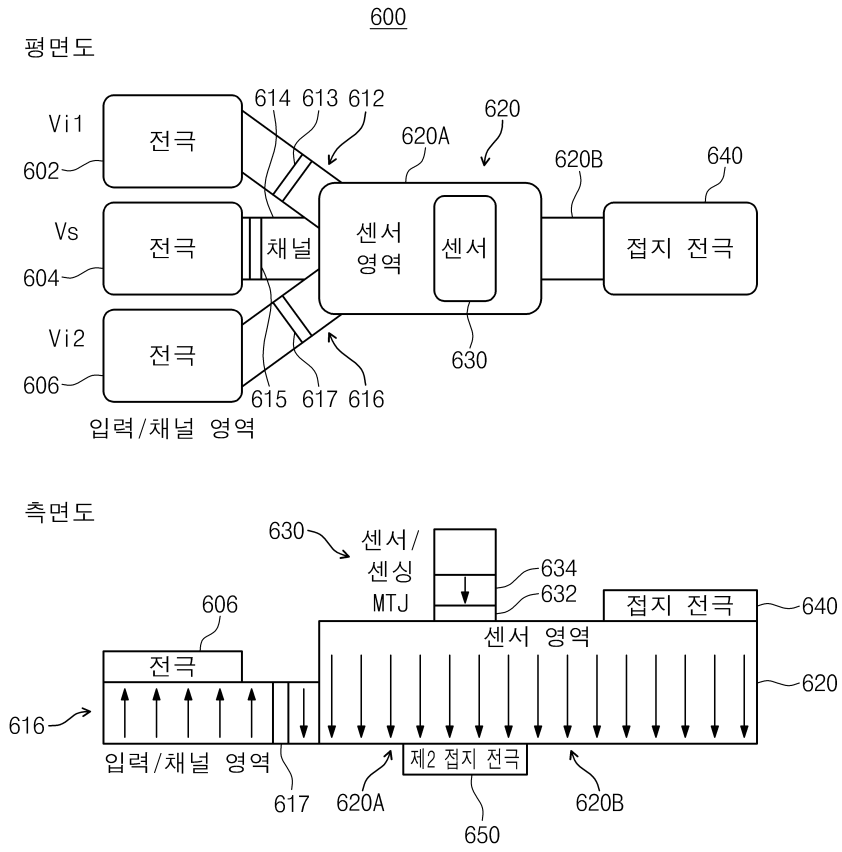
도면10


400
평면도
Vi1
402
전극
Vi2 또는
Vs
406
전극
413
412
420
420A
420B
440
센서 영역
센서
접지 전극
430
417
416
입력/채널 영역
측면도
430
센서/
센싱
MTJ
134
132
406
접지 전극
440
센서 영역
전극
420
416
입력/채널 영역
417
420A
420B

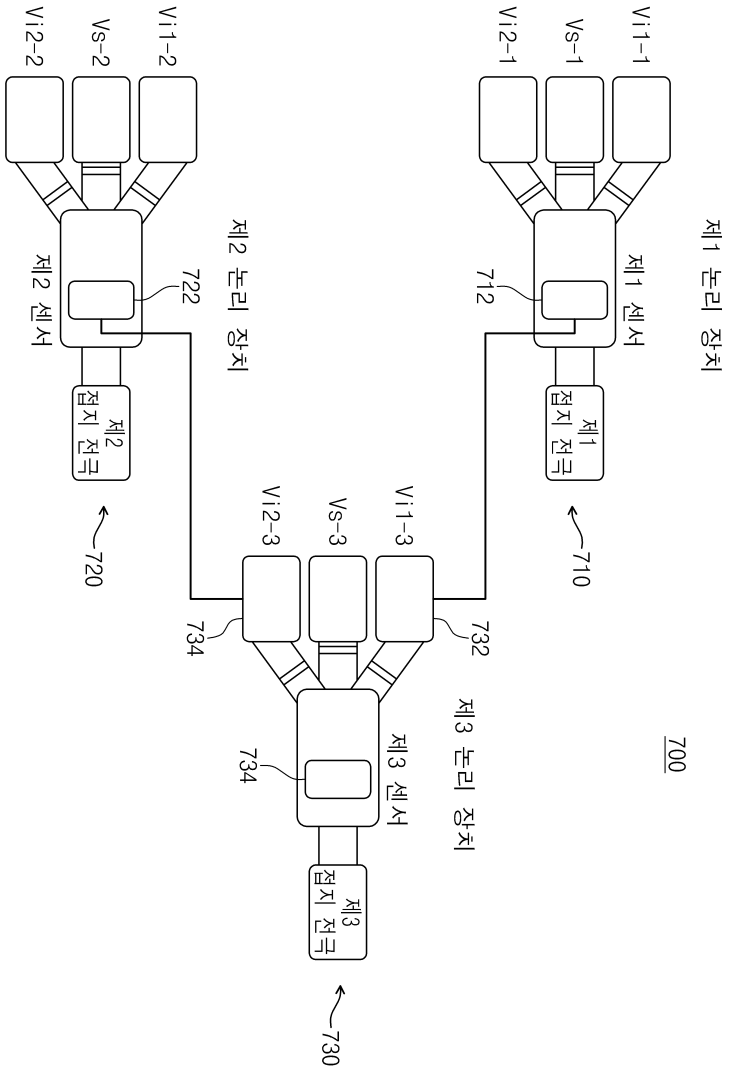
도면11


500
평면도
Vi1
502
전극
514 513 512
520
520A
520B
540
Vs
504
전극
채널
센서
영역
센서
제2
센서
접지
전극
Vi2
506
전극
530
515 517 516
입력/채널 영역
측면도
센서/센싱
MTJ
제2 센서/센싱
MTJ
530
550
534
532
554
552
접지 전극
540
506
전극
센서 영역
520
516
입력/채널 영역
517
520A
520C
520D
520B

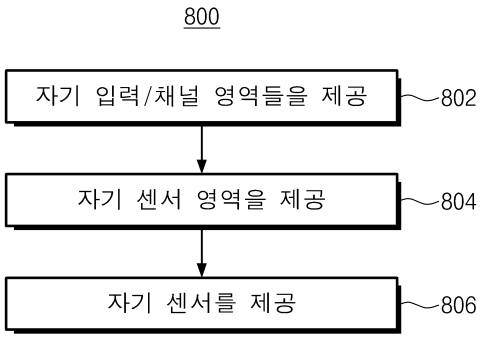
도면12


600
평면도
Vi1
602
전극
614 613 612
620
620A
620B
640
Vs
604
전극
채널
센서
영역
센서
접지 전극
Vi2
606
전극
630
615 617 616
입력/채널 영역
측면도
630
센서/
센싱
MTJ
634
632
접지 전극
640
606
전극
센서 영역
620
616
입력/채널 영역
제2 접지 전극
617
620A
620B
650

도면13



도면14



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 5

【변경전】

상기 제 1 입력/ 레이어 및 상기 제 2 자기 입력/채널 레이어는 상기 합금을 포함하는

【변경후】

상기 제 1 자기 입력/채널 레이어 및 상기 제 2 자기 입력/채널 레이어는 상기 합금을 포함하는