



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0108944
(43) 공개일자 2012년10월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G11B 5/84 (2006.01) G11B 5/39 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0029228
(22) 출원일자 2012년03월22일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
13/070,249 2011년03월23일 미국(US)

(71) 출원인
허니웰 인터내셔널 인코포레이티드
미국 뉴저지 모리스타운 콜롬비아로드 101
(72) 발명자
케이티, 롬니 알.
미국 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피.오.박스
2245, 콜롬비아로드 101, 허니웰 인터내셔널 인코
포레이티드, 특허 서비스 엠/에스 에이비/2비
(74) 대리인
특허법인씨엔에스

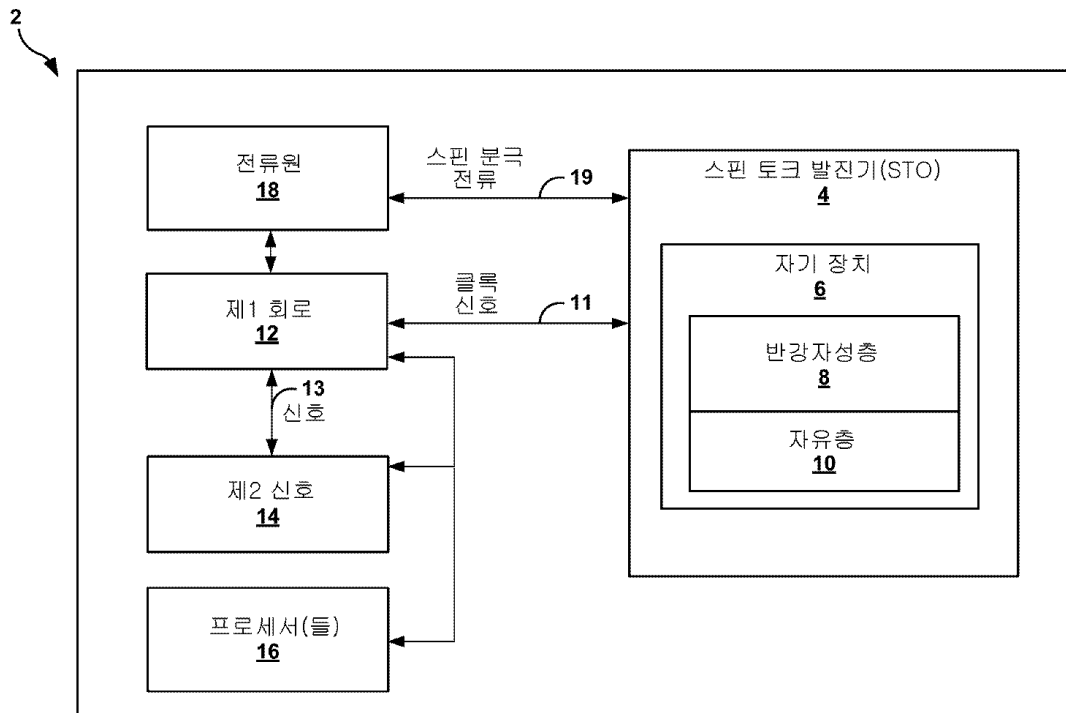
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 약하게 교환 결합된 반강자성층을 갖는 자기 장치

(57) 요약

일례에서 자기 이방성을 갖는 자유층을 포함하는 자기 장치가 제공된다. 자기 이방성은 적어도 부분적으로 불균일하다. 자기 장치는 자유층에 인접하고 자유층에 약하게 교환 결합된 반강자성층을 더 포함하고, 약한 교환 결합은 자유층의 자기 이방성의 불균일성을 감소시킨다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

자기 이방성을 갖는 자유층(10); 및
상기 자유층에 인접하고 상기 자유층에 약하게 교환 결합된 반강자성층(8)
을 포함하고,
상기 자기 이방성은 적어도 부분적으로 불균일하고,
약한 교환 결합은 상기 자유층의 상기 자기 이방성의 불균일성을 감소시키는,
자기 장치(2).

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 반강자성층은 제1 반강자성층(26)을 포함하고,
상기 자기 장치는, 상기 자유층에 인접하고 상기 자유층에 약하게 교환 결합된 제2 반강자성층(44)를 포함하고,
상기 제2 반강자성층의 약한 교환 결합은 상기 자유층의 상기 자기 이방성의 불균일성을 더 감소시키는,
자기 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 제1 반강자성층은 상기 자유층의 제1 측부(25) 상에 형성되고,
상기 제2 반강자성층은 상기 제1 측부의 반대편에 있는 상기 자유층의 제2 측부(27) 상에 형성되는,
자기 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,
상기 제2 반강자성층은 상기 자유층의 외부 주변부(54) 주위로 적어도 부분적으로 형성되는,
자기 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 자유층의 외부 주변부(54) 주위로 적어도 부분적으로 형성된 연질층(53)을 더 포함하고,
상기 연질층은, 상기 자유층의 상기 자기 이방성의 불균일성을 더 감소시키는,
자기 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 자유층의 외부 주변부(54) 주위로 적어도 부분적으로 형성된 분리층(52); 및
상기 자유층의 제1 측부(27) 상에 형성된 고정층(22)
을 더 포함하고,
상기 분리층은, 상기 자유층의 상기 자기 이방성의 불균일성을 더 감소시키고,
상기 제1 반강자성층은 상기 제1 측부의 반대편에 있는 상기 자유층의 제2 측부(25) 상에 있는,
자기 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 반강자성층은, 망간(Mn), 플라티늄 망간(PtMn), 이리듐 망간(IrMn), 니켈 망간(NiMn), 철 망간(FeMn), 팔라듐 플라티늄 망간(PdPtMn) 또는 이들의 조합 중 적어도 하나를 포함하는,
자기 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 자유층 위로 형성된 합성 반강자성(SyAF) 이중층(43)을 더 포함하고,
상기 SyAF 이중층에 인가된 스핀 분극 전류(19)는 상기 자유층에 자화를 유도하고,
상기 자화는 대략 균일한 속도로 세차운동하는,
자기 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,
상기 자유층은 자화를 가지며,
상기 자화의 방향은 상기 자유층의 평면 내에 있거나, 상기 자유층의 상기 평면에 수직이거나, 또는 상기 평면 내 또는 상기 평면에 수직인 것 사이에서 임의의 각도로 기울어진,
자기 장치.

청구항 10

적어도 부분적으로 불균일한 자기 이방성을 갖는 자유층(10)을 형성하는 단계(62); 및
상기 자유층에 인접하게 반강자성층(8)을 형성하는 단계(64)
를 포함하고,
상기 반강자성층은 상기 자기 이방성의 불균일성을 감소시키는,
자기 장치(2) 제조 방법.

명세서

기술 분야

- [0001] 본 개시 내용은 스핀 토크 오실레이터(spin torque oscillator)에서 사용될 수 있는 자기 장치와 같은 자기 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일부 스핀 토크 오실레이터(STO)는 자기장의 스핀 토크에 의해 자유층(free layer)에 유도되는 STO의 자기 오실레이션에서의 변동으로부터 자기장의 존재 및 강도를 검출할 수 있다.

발명의 내용

- [0003] 일례에서, 자기 이방성을 갖는 자유층을 포함하는 자기 장치가 제공되고, 자기 이방성은 적어도 부분적으로 불균일하다. 본 자기 장치는 자유층에 인접하고 자유층에 약하게 교환 결합된 반강자성층을 더 포함하고, 약한 교환 결합(weak exchange coupling)은 자유층의 자기 이방성의 불균일성을 감소시킨다.

- [0004] 다른 예에서, 자기 장치 제조 방법이 제공된다. 본 방법은, 적어도 부분적으로 불균일한 자기 이방성을 갖는 자유층을 형성하는 단계와, 자유층에 인접하게 반강자성층을 형성하는 단계를 포함하고, 반강자성층은 자기 이방성의 불균일성을 감소시킨다.

- [0005] 다른 예에 따르면, 회로 및 상기 회로에 결합된 스핀 토크 오실레이터를 포함하는 시스템이 제공된다. 스핀 토크 오실레이터는 적어도 부분적으로 불균일한 자기 이방성을 갖는 자유층을 포함할 수 있다. 스핀 토크 오실레이터는 자유층에 약하게 교환 결합된 적어도 하나의 반강자성층을 더 포함할 수 있고, 약한 교환 결합은 반강자성층이 자기 이방성의 불균일을 감소시키게 한다. 전류는 자유층에서 자기장을 유도할 수 있으며, 스핀 토크 오실레이터는 회로에 자기장에 관련된 신호를 제공한다.

- [0006] 본 개시 내용의 하나 이상의 예에 대한 상세는 첨부된 도면 및 하기의 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용에서 설명된다. 본 개시 내용의 다른 특징, 목적 및 이점은 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용 및 도면으로부터, 그리고 특허청구범위로부터 자명할 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0007] 도 1은 자유층에 약하게 교환 결합된 적어도 하나의 반강자성층을 갖는 자기 장치를 포함하는 스핀 토크 오실레이터를 구비하는 장치의 일례를 도시하는 블록도이다.

도 2a 내지 2d는 자유층에 약하게 교환 결합된 적어도 하나의 반강자성층을 포함하는 예시적인 자기 장치를 도시하는 블록도이다.

도 3은 자유층에 약하게 교환 결합된 적어도 하나의 반강자성층을 포함하는 자기 장치를 제조하는 예시적인 방법을 도시하는 플로우 차트이다.

일반적인 실시예에 따라, 다양하게 설명된 특징은 배율에 맞게 작도되지 않으며, 본 개시 내용에 관한 특징을 강조하도록 작도된다. 유사한 도면 부호는 도면 및 본문의 전체에 걸쳐 유사한 구성 요소를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0008] 일부 자기 장치에서, 장치를 통한 전류의 유입은 자유층에서의 자기 모멘트를 반전시켜, 자유층의 자화(magnetization)가 오실레이션하게 한다. 이러한 자기 모멘트의 반전은 스핀 세차운동(spin precession)이라 할 수 있다. 자유층의 스핀 세차운동은 상대적으로 높은 대역폭의 무선 통신을 지원하는 것과 같은 다양한 목적을 위하여 사용될 수 있는 파워를 생성한다. 자유층의 불균일한 세차운동은 자기 장치의 파워 출력을 감소시킬 수 있다. 본 명세서에서 설명되는 예시적인 자기 장치는 자유층의 세차운동의 균일성을 개선하는데 도움을

줄 수 있는 적어도 하나의 반강자성 자유층을 포함하며, 이는 자기 장치의 파워 출력을 증가시키는데 도움을 줄 수 있다. 반강자성층은 자유층의 위, 자유층의 아래 또는 자유층의 외부 주변부를 따라서와 같이 자유층에 인접하게 위치 설정될 수 있으며, 그리고 후술되는 바와 같이, 자유층에 약하게 교환 결합된다. 반강자성층의 존재는 더욱 균일한 세차운동을 지원하는 자유층의 자화 균일성을 개선시킬 수 있다. 이러한 방법으로, 반강자성층은, 약하게 교환 결합된 반강자성층을 포함하지 않는 자기 장치의 예에 비하여, 자유층의 스핀 세차운동이 더욱 균일하고 안정적이게 할 수 있다.

[0009] 스핀 토크 오실레이터는 유도되고 원하는 스핀 세차운동 응답에 대하여 타이밍 지터(timing jitter)와 위상 노이즈를 포함하는 오차를 받을 수 있다. 이러한 오차는 ST0의 자유층에서의 에지 피닝 효과(edge pinning effect)로부터 발생할 수 있다. 타이밍 지터는 사이클간(cycle-to-cycle) 시간 지연 및 자화 오실레이션에서의 가변성을 나타낸다. 이러한 가변성은 원하는 오실레이션 성능 및 파워 전송 특성을 열화시킬 수 있다. 이러한 오차 및 불균일성은 ST0의 신뢰성 및 정확성을 감소시킬 수 있다.

[0010] 자기 장치의 파워 출력을 감소시키는 것에 더하여, 자유층의 스핀 세차운동에서의 균일성의 개선은 위상 노이즈를 감소시킬 수 있다. 이러한 위상 노이즈는 동기하지 않고 자기 모멘트를 회전시키는 자유층의 상이한 원자로부터 발생할 수 있다. 예를 들어, 자유층의 일부 원자는 자기 모멘트의 회전에 앞설 수 있으며, 다른 원자는 이에 뒤처질 수 있다. 자유층에 약하게 교환 결합된 적어도 하나의 반강자성층의 도입은 자유층의 원자가 동기하여 회전하는 것을 도울 수 있어, 자유층의 세차운동의 속도가 더욱 일정해진다. 또한, 자유층의 스핀 세차운동의 균일성을 증가시키는 것도 타이밍 지터를 감소시킬 수 있다. 일부 예에서, 타이밍 지터와 위상 노이즈에서의 감소는 단일의 지배적인 자화 반전(magnetization-reversal) 및 세차운동 모드를 지원하도록 자기 장치의 재료 구조 및 형상(geometry)을 정의함으로써 획득될 수 있다.

[0011] 일부 예에서, 자유층의 세차운동의 균일성은 자유층에서 자화 용이축 경사(easy-axis canting)의 형성을 통해 개선될 수 있다. 예를 들어, 바이어스(자화 용이축 경사)가 예를 들어 자기 장치의 평면 내(in-plane) 구조 또는 수직 구조(예를 들어 자유층)에 대하여 형성된다. 이러한 자화 용이축 경사는 자유층에 약하게 교환 결합된 반강자성층이 없는 자기 장치에서보다도 더욱 균일한 이방성 및 반강자성층으로의 자유층의 약한 교환 결합을 갖는 구조의 자화 스윙 및 일관된 세차운동을 개선하는데 도움을 줄 수 있다. 일부 예에서, 자기 장치는 소자(demagnetization)를 감소시킬 수 있는 원형, 타원형 또는 원통형 형상을 포함할 수 있다. 또한, 일부 예에서, 자기 장치는 2차 세차운동 모드의 가능성 또는 강도를 감소시키기 위하여 장치의 주변부에서의 피닝 및 커플링을 감소시키는데 도움을 줄 수 있는 장치의 외부 주변부 주위로 위치 설정된 주변층을 포함한다.

[0012] 도 1은 자유층(10)에 약하게 교환 결합된 적어도 하나의 반강자성층(8)을 포함하는 자기 장치(6)를 구비한 스핀 토크 오실레이터(STO)(4)를 갖는 시스템(2)의 일례를 도시하는 블록도이다. 시스템(2)은 제1 회로(12), 제2 회로(14), 하나 이상의 프로세서(16) 및 전원원(18)을 포함할 수 있다. 일부 예에서, 시스템(2)은 하나 이상의 장치일 수 있다. 시스템(2)의 예는 임의의 컴퓨팅 장치(예를 들어, 데스크탑 개인용 컴퓨터(PC), 휴대 장치, 태블릿 PC 및 기타), 무선 장치(예를 들어, 휴대 전화, 라디오 및 기타), 위성 통신 장치, 레이더 장치 및 STO(4)가 사용될 수 있는 임의의 다른 장치나 시스템을 포함할 수 있다.

[0013] 스핀 토크 오실레이터(4)는 자기 장치(6)를 통해 자기장의 존재를 검출할 수 있다. 자기 장치(6)는 자유층(10)의 자화의 세차운동 오실레이션 주파수에서의 변동을 통해 자기장을 검출할 수 있다. 일부 예에서, 자기 장치(6)는 GMR(giant magnetoresistive) 장치 또는 TMR(tunneling magnetoresistive) 장치 중 적어도 하나를 포함하는 자기 저항 센서일 수 있다. 다른 예에서, 자기 장치(6)는 임의의 다른 종류의 자기 장치 또는 센서일 수 있다.

[0014] 일례에서, 자기 장치(6)의 반강자성(antiferromagnetic, AFM)층(8)은 자유층(10)에 인접하다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 인접한 층은 서로 직접 인접하는 것과 같이 적어도 부분적으로 서로 대략 물리적으로 접촉

하는 2개의 층을 가리킬 수 있다. AFM층(8)은 반강자성 재료로 이루어질 수 있다. 반강자성 재료는 재료에서의 원자, 이온 또는 분자의 자기 모멘트가 인가된 자기장이 없을 때 정돈된 배열을 띠는 경향이 있는 재료이다. 일부 실시예에서, 반강자성층(8)은 약한 반강자성층일 수 있다.

[0015] 일부 예에서, 자유층(10)은 낮은 보자력(coercivity)을 갖는 재료로 이루어져, 자유층(10)이 외부의 자기장에 응답하는(예들 들어, 자기장이 있을 때 방향을 바꾸는), 쉽게 회전하거나 움직일 수 있는 자기 모멘트를 가질 수 있다. 일부 예에서, 자유층(10)은 연성 자화(soft magnetization)를 갖는 강자성 재료로 이루어질 수 있다.

[0016] 자유층(10)은 자기 이방성을 갖는 자기 자유층일 수 있다. 자기 이방성을 갖는 재료는 방향성에서 종속하는 자기 물성을 가질 수 있다. 일례에서, 자기 이방성은 자유층(10)의 바이어스 방향에 대략 수직이다. 일례에서, 바이어스 방향은 자기 모멘트를 소정의 배향을 따라 정렬시킬 수 있다. 다른 예에서, 자유층(10)의 자기 이방성은 바이어스 방향에 대하여 다른 각도로 있을 수 있다. 일부 예에서, 자유층(10)의 자기 이방성은 적어도 부분적으로 불균일하다. 예를 들어, 부분적으로 불균일한 자기 이방성에 기인하는 자유층(10)의 자기 이방성에서의 국부 변동이 있을 수 있다. 이러한 예에서, 자기 이방성의 불균일성은 자유층(10)에 대한 다른 재료의 근접 때문에 일어날 수 있다. 자유층(10)에 인접한 고정층(pinned layer)은 자유층(10)에서의 에지 피닝 효과를 야기할 수 있으며, 이는 고정층에 근접한 표면을 따라 자유층(10)의 자기 이방성을 왜곡시킬 수 있다.

[0017] 일례에서, 반강자성층(8)은 자유층(10)에 약하게 교환 결합된다. 교환 결합(exchange coupling)은 반강자성 재료의 강성 자화(hard magnetization)가 강자성 재료의 연성 자화에서의 시프트를 발생시킬 때 발생한다. 예를 들어, 반강자성층(8)을 자유층(10)에 교환 결합하는 것은 반강자성층(8)과 자유층(10) 사이의 계면을 따라 자유층(10)의 자화에서의 시프트를 발생시킨다. 일례에서, 반강자성층(8)을 자유층(10)에 약하게 교환 결합하는 것은, 예를 들어 자유층(10)의 자화의 분산 효과를 감소시킴으로써, 자유층(10)에서의 이방성의 불균일성을 감소시킨다. 반강자성층(8)과 자유층(10) 사이의 교환 결합은 자유층(10)의 이방성이 유지되도록 상대적으로 약하게 선택된다. 다른 예에서, 반강자성층(8)을 자유층(10)에 약하게 교환 결합하는 것은 자유층(10)에서의 이방성의 불균일성을 개선한다. 본 명세서에서, 약하게 교환 결합된 것으로 설명되는 임의의 두 층은 반강자성층(8) 및 자유층(10)과 유사하게 약하게 교환 결합된다.

[0018] 약한 교환 결합에 기인하는 약한 교환 바이어스가 반강자성층(8) 및 자유층(10) 사이의 계면에 존재할 수 있다. 예를 들어, 자유층(10)의 자기 이방성의 불균일성은 일부 국부 변동, 비선형 또는 비대칭을 갖는 자유층(10)의 히스테리시스 루프를 제공할 수 있다. 이러한 예에서, 약한 교환 결합은 자기 이방성의 불균일성을 감소시킬 수 있어, 히스테리시스 루프를 상당히 시프트시키기 않으면서 더 스무드한 히스테리시스 루프를 가져다 준다. 다른 예에서, 약한 교환 바이어스는 자유층(10)의 자기 이방성에 영향을 미칠 수 있다. 일례에서, 약한 교환 결합은 자유층(10)의 이방성 또는 히스테리시스 스위칭에 열 에너지의 효과를 상당히 감소시키지 않는다. 다른 예에서, 약한 교환 결합은 자유층(10)에서 자기 이방성을 유도하지 않는다. 또 다른 예에서, AFM층(8)과 자유층(10) 사이의 약한 교환 결합은 자유층(10)의 이방성을 실질적으로 바꾸지 않는다. AFM층(8)의 반강자성의 특성은 약한 교환 결합의 이러한 결과 중 임의의 것을 획득하도록 선택될 수 있다.

[0019] 일례에서, 자유층(10)의 스위칭 필드에서의 히스테리시스 루프는 약한 교환 결합에 의해 상당히 변동되지 않을 수 있다. 일례에서, 약한 교환 결합은 대략 -1 내지 1 에르스텟(Oe) 사이의 어디에서도 반강자성 교환 필드(H_{ex})를 시프트시킬 수 있다. 다른 예에서, 약한 교환 커플링은 -5 내지 5 Oe 사이의 어디에서도 H_{ex} 를 시프트시킬 수 있다. 다른 예에서, 히스테리시스 루프는 대략 0 Oe 주위에 중심이 있을 수 있다. 다른 예에서, 히스테리시스 루프는 다른 자기장 강도 값 주위에 중심이 있을 수 있다. 일례에서, 반강자성층(8)과 자유층(10) 사이의 약한 교환 결합은 자유층(10)의 임의의 계면 스핀을 피닝하는 결과를 제공하지 않을 수 있다. 일부 예에서, 경사각은 자화를 스위칭하지 않으면서 가능한 한 클 수 있다.

- [0020] 전류원(18)은 STO(4)에 전류를 제공할 수 있다. 전류원(18)은 배터리 또는 임의의 다른 전류원일 수 있다. 일례에서, 자기 장치(6)에 인가된 전류는 스핀 분극 전류(19)이다. STO(4)는 자기 저항 및 자기 저항 전류 효과를 이용하는 것에 의한 스핀 분극 전류(19)에 의해 유도된 자화를 검출한다. 일례에서, 스핀 분극 전류(19)는 전류원(18)으로부터의 전류가 자기 장치(6)에서의 층에 인가될 때까지 스핀 분극되지 않는다. 일례에서, 스핀 분극 전류(19)는 자유층(10)에서의 자화의 세차운동을 구동할 수 있다. 스핀 분극 전류(19)의 양은 세차운동에서의 임의의 에너지 손실을 보상하도록 선택될 수 있다. 다른 예에서, 스핀 분극 전류(19)의 방향은 자유층(10)에서 자화의 세차운동의 방향에 영향을 미치도록 선택될 수 있다.
- [0021] AFM층(8)을 자유층(10)과 약하게 교환 결합하는 것의 효과는 스핀 분극 전류(19)가 있을 때 자유층(10)의 자화의 개선된 세차운동을 가져다 주며, 이는 결과적으로 이러한 구현례에서의 통신을 개선할 수 있다. 일례에서, STO(4)는 예를 들어 제1 회로(12)와 제2 회로(14) 사이에서 시스템(2) 내의 칩간 통신을 보조할 수 있다. 여기에서 사용된 바와 같이 "칩간(chip-to-chip)"이란 다수의 장치 또는 장치 내의 다수의 요소가 서로 전기적으로 결합되는 임의의 구현례를 가리킬 수 있다. 장치의 예는 제1 회로(12) 및 제2 회로(14)와 같은 임의의 회로, 칩, 메모리, 프로세서, 마이크로 컨트롤러, 비디오 카드, 또는 기타를 포함할 수 있다. 일부 예에서, 시스템(2)은 예를 들어 동작 주파수가 GHz(기가 Hz) 이상으로 측정되는 적어도 하나의 고속 장치를 채용한다.
- [0022] STO(4)는 제1 회로(12)를 위한 국부 오실레이터일 수 있다. 일례에서, STO(4)는 검출된 자기장에 관한 신호를 제1 회로(12)에 출력할 수 있다. 일례에서, 검출된 자기장에 관련된 신호는 클록 신호(11)이다, 제1 회로(12)는 신호(13)를 제2 회로(14)에 전송할 수 있고, 여기에서 클록 신호(11)는 신호(13)를 위한 반송 주파수로서 사용된다. 일례에서, 반강자성층(8)과 자유층(10) 사이의 약한 교환 결합은 클록 신호(11)의 일관성과 신뢰성을 개선한다. 일례에서, 클록 신호(11)는 좁은 대역폭, 낮은 지터 및 양호한 위상 노이즈 특성을 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 클록 신호(11)는 대략 100 MHz(메가 Hz)까지의 대역폭을 가질 수 있다. 일례에서, 클록 신호(11)는 대략 100 kHz(킬로 Hz) 내지 대략 100 MHz 사이의 대역폭을 가진다. 클록 제공을 위하여 STO(4)를 이용하는 것은 제1 회로(12)에 결합된 국부 오실레이터(local oscillator, LO) 회로를 가지는 필요성을 제거할 수 있다.
- [0023] 다른 예에서, 시스템(2)은 추가 회로를 포함할 수 있다. 예를 들어, 시스템(2)은 2 이상의 스핀 토크 오실레이터(4)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 시스템(2)은 제2 회로(14)에 결합되고 반송 주파수를 디코딩하는데 사용되는 제2 STO를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, STO(4)는 스핀 토크 나노 오실레이터(STNO)이다. 도 1에 도시된 시스템(2)의 예는 단지 자유층(10)에 약하게 교환 결합된 AFM층(8)을 포함하는 자기 장치(6)를 포함할 수 있는 시스템의 일례이다. 예를 들어, 자기 장치(6)를 포함하는 시스템의 다른 예에서, 전류원(18)은 시스템(2)의 외부에 위치된다.
- [0024] 도 2a 내지 2d는 자유층에 약하게 교환 결합된 적어도 하나의 반강자성층을 포함하는 예시적인 자기 장치를 도시하는 블록도이다. 자기 장치의 개략적인 단면도가 도 2a 내지 2d에 도시된다. 자기 장치는 임의의 적합한 형상을 가질 수 있다. 도 2a는 층(8, 10) 사이의 계면(23)을 따라 자유층(10)에 약하게 교환 결합된 반강자성층(8)을 포함할 수 있는 자기 장치(20)의 일례를 도시한다. 반강자성층(8)이 자유층(10)에 약하게 교환 결합될 수 있기 때문에, 자유층(10)에서의 자기 이방성은 AFM(8) 또는 자유층(10)에 약하게 교환 결합된 AFM층(8)을 포함하지 않는 자기 장치에 비하여 더욱 균일하다. 일례에서, 자유층(10)에서의 에지 피닝 효과는 AFM층(8)과의 약한 교환 결합 때문에 계면(23)을 따라 감소된다. 자유층(10)에서의 에지 피닝 효과의 감소는 자유층(10)이 더욱 자유롭게 세차운동하게 할 수 있고, 이는 자유층(10)의 세차운동의 균일성을 증가시키는데 도움을 줄 수 있다.
- [0025] 일례에서, 평면 내 자화 또는 수직 자화에 대하여 세차운동과 균일한 자화 및 일관성있는 반전을 지원하기 위하여 경사질 수 있는 자화 용이축이 정의된다. 일례에서, 자유층(10)에서의 자화는 경사지거나, 평면 외(out of plane)에 있거나 또는 자유층(10)의 평면에서 회전되거나, 또는 사이에 임의의 각도가 있다. 다른 예에서, 경

사진 자화 용이축은 고정층에서 정의될 수 있다. 일례에서, 약한 AFM 결합은 임의의 자화 배향에 인가될 수 있다.

[0026] 일 실시예에서, 자유층(10)은 퍼멀로이(permalloy), 즉 적어도 부분적으로 니켈 철(NiFe)로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 자유층(10)은 대략 80% Ni 및 20% Fe일 수 있다. 자유층(10)의 추가 예는 다른 NiFe 조성으로 또는 다른 적합한 재료로 이루어질 수 있다. 일례에서, 자유층(10)은 대략 1 내지 5 나노미터(nm) 두께를 가질 수 있다. 다른 예에서, 자유층(10)은 다른 두께를 가질 수 있다.

[0027] 반강자성층(8)의 예는 망간(Mn), 플라티늄 망간(PtMn), 이리듐 망간(IrMn), 니켈 망간(NiMn), 철 망간(FeMn), 팔라듐 플라티늄 망간(PdPtMn) 또는 그 조합으로 이루어질 수 있다. 다른 예에서, AFM층(8)은 다른 재료로 이루어질 수 있다. 일부 예에서, AFM층(8)은 대략 1 내지 5 nm 두께를 가질 수 있다. 다른 예에서, AFM층(8)은 다른 두께를 가질 수 있다.

[0028] 자기 장치(20)는 고정층(pinned layer)(22)을 더 포함할 수 있다. 고정층(22)은 대략 고정된 자기 모멘트를 갖는 기준층일 수 있다. 고정층(22)의 예는 니켈 철(NiFe), 니켈 철 합금, 철 코발트(FeCo), 니켈 철 코발트(NiFeCo) 또는 그 조합 중 적어도 하나로 구성될 수 있다. 또한, 다른 적합한 재료도 고정층(22)에 대하여 사용될 수 있다. 일부 예에서, 자유층(10)의 자화는 고정층(22)의 고정된 자기장에 대하여 바이어스된다. 자유층(10)을 자기적으로 바이어스하는 것은 자유층(10)의 자화가 스핀 토크 오실레이션 때문에 세차운동할 수 있게 한다. 고정층(22)은 일부 예에서 자유층(10)보다 더 두꺼운 두께를 가질 수 있다. 일례에서, 고정층(22)은 대략 3 내지 20 nm 두께와 같은 대략 1 내지 20 nm의 두께를 가질 수 있다. 다른 예에서, 고정층(22)은 다른 두께를 가질 수 있다. 일부 예에서, 고정층(22)의 두께는 스위칭 필드의 강도에 대하여 선택될 수 있다; 더 두꺼운 고정층(22)은 더 큰 스위칭 필드를 가져다 준다.

[0029] 도 2a의 예에서, 자유층(10)은 반강자성층(8)과 고정층(22) 사이에 위치된다. 즉, 반강자성층(8)은 자유층(10)의 제1 측부 상에 위치되며, 고정층(22)은 제1 측부의 반대편에 있는 자유층(10)의 제2 측부 상에 위치될 수 있다. 일례에서, 반강자성층(8)은, 예를 들어 반강자성층(8)이 고정층(22)에 결합될 가능성을 감소시키는데 도움을 주기 위하여, 자기 장치(20) 내에서 예를 들어 자유층(10)에 비하여 고정층(22)으로부터 상대적으로 멀리 유지될 수 있다. 일례에서, 고정층(22)의 고정된 자기 모멘트는 다른 반강자성층에 의해 더 안정화된다.

[0030] 또한, 일부 예에서, 자기 장치(20)는 고정층(22) 위로 형성된 스페이서층(24)을 포함할 수 있다. 스페이서층(24)의 일례는 비자성(non-magnetic) 스페이서층일 수 있다. 비자성 스페이서층(24)의 일례는, 자기 시스템(20)이 GMR(giant magnetoresistive) 센서일 때 전기적으로 전도성인 스페이서층일 수 있다. 다른 예에서, 스페이서층(24)은 자기 시스템(20)의 자기 저항 소스가 TMR(tunneling magnetoresistive) 효과에 기초할 때 비자성이고, 전기적으로 절연인 배리어층일 수 있다. 일례에서, 스페이서층(24)은 대략 1 nm 두께를 가질 수 있다. 다른 예에서, 스페이서층(24)은 다른 두께를 가질 수 있다.

[0031] 도 2b는 TMR(tunneling magnetoresistive) 장치(30)의 일례를 도시한다. TMR 장치(30)는 터널 배리어층(36) 및 자유층(10)에 약하게 교환 결합된 반강자성층(8)을 포함할 수 있다. TMR 장치(30)는 고정층(22)에 더하여 제2 고정층(32)을 더 포함할 수 있다. 터널 배리어층(36)은 TMR 기능을 TMR 장치(30)에 제공할 수 있다. 일례에서, 터널 배리어층(36)은 알루미늄 산화물(AlO_x) 또는 마그네슘 산화물(MgO_x) 중 하나, 또는 임의의 적합한 재료일 수 있다.

[0032] 일례에서, 고정층(22)과 제2 고정층(32)은 반대 자화를 가지며, 원하는 극성의 스핀 분극 전류를 제공하기 위하여 자유층(10)의 반대 측부에 배치된다. 실질적으로 반대 자화를 갖는 2개의 고정층을 포함하는 것은 자유층(10)의 세차운동 방향을 제어하는 것을 도울 수 있다. 일부 예에서, 고정층(22) 및 제2 고정층(32)은 TMR 장치

(30)에 인접하게 위치되거나 또는 TMR 장치(30)로부터 소정의 거리를 가지도록 위치될 수 있다.

[0033] 도 2c는 GMR(giant magnetoresistive) 장치(40)의 일례에 대한 블록도이다. 본 예에서, GMR 장치(40)는 제1 반강자성층(26) 및 제2 반강자성층(44)를 포함할 수 있다. 제1 반강자성층(26)은 자유층(10)의 제1 측부(25)에 약하게 교환 결합될 수 있다. 제2 반강자성층(44)은 자유층(10)의 제2 측부(27)에 약하게 교환 결합될 수 있다. 본 예에서, 제1 측부(25)는 제2 측부(27)의 반대편에 있다. 양 반강자성층(26, 44)은 자유층(10)의 자기 이방성의 균일성을 개선한다. 자유층(10)의 상부 또는 하부 상에 AFM층(26 또는 44)을 위치 설정하는 것은 각각 수평면(25 또는 27)을 통한 교환 결합을 제공한다. 자유층(10)에 약하게 교환 결합된 AFM층(26, 44)의 추가는 자유층(10)의 자화에 대한 분산 효과를 감소시킬 수 있다. 스핀이 측부(25, 27)를 따르는 부분을 포함하여 자유층(10)의 전체에 걸쳐 있기 때문에, 임의의 세차운동은 자유층(10)의 측부를 따르는 스핀에서의 결합에 의해 영향을 받을 수 있다. 자유층(10)의 양 측부(25, 27)에서 반강자성층(26 또는 44)을 가지는 것은 그 균일성을 개선하기 위하여 세차운동을 더 조절한다.

[0034] GMR 장치(40)는 스핀이저층으로서 비자성층(46)을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 비자성층(46)은 구리(Cu) 등으로 이루어질 수 있다. 비자성층(46)의 다른 예는 비자성이고 전기적으로 절연인 배리어층일 수 있다. 비자성층(46)은 GMR 장치(40)에 GMR 기능을 제공할 수 있다.

[0035] 또한, GMR 장치(40)는 합성 반강자성(SyAF) 이중층(43)을 고정층으로서 포함할 수 있다. 일례에서, 전류는 SyAF 이중층(43)에 인가된다. 일례에서, SyAF 이중층(43)에서의 전류는 스핀 분극된다. GMR 장치(40)는 GMR 장치(40)의 센서 스택 위로 형성된 캐핑층(capping layer)일 수 있는 금속화층(48)을 더 포함한다. 캐핑에 적합한 임의의 재료가 사용될 수 있지만, 금속화층(48)의 일례는 탄탈(Ta)일 수 있다.

[0036] 도 2d는 자기 센서(50)의 일례에 대한 블록도이다. 본 명세서에서 설명된 바와 같이, 자기 센서(50)는 자기 장치(20)(도 2a)와 동일한 구조를 가지며, 추가로 주변층(52)을 가진다. 주변층(52)은 에지 피닝 효과를 억제하기 위하여 자유층(10) 또는 고정층(22)의 적어도 하나에 인접하게 위치 설정된다. 도 2d에 도시된 예에서, 주변층(52)은 적어도 부분적으로 자유층(10)의 외부 주변부(54)를 따라 형성된다. 자기 센서(50)가 타원형 또는 원형 장치로서 형성되는 예에서, 층(8, 10, 22, 24)은 도 2d에 도시된 이미지의 평면에 실질적으로 수직인 평면에서 대략 타원형 또는 원형 단면 형상을 갖는 층일 수 있다. 주변층(52)은 층(8, 10, 22, 24)의 일부 또는 전부의 주위로 형성될 수 있다. 일례에서, 주변층(52)은 자유층(10)의 외부 주변부(54) 주위로만 형성될 수 있다. 주변층(52)은 자유층(10)의 자화의 세차운동의 균일성을 더 개선한다.

[0037] 일례에서, 주변층(52)은 반강자성 재료일 수 있다. AFM 주변층(52)은 적어도 자유층(10)에 약하게 교환 결합될 수 있다. 이러한 예에서, AFM 주변층(52)은 자유층(10)의 주변부(54)를 따라 에지 피닝 효과를 감소시킨다.

[0038] 다른 예에서, 주변층(52)은 연질층(soft layer)일 수 있다. 연질 주변층(52)은 고투자성 재료일 수 있다. 자유층(10)의 자화가 경사지는 경우에, 자화는 자화 세차운동으로서 자유층(10)의 에지(들)를 상에 형성하는 자성 폴(magnetic pole)에 의해 영향을 받을 수 있다. 자유층(10)의 주변부(54)를 따르는 자성 폴은 불균일한 소자 필드를 발생시킬 수 있다. 연질 주변층(52)은, 연질층의 투자율 때문에 이러한 표면 폴로부터의 임의의 자화를 끌어당길 수 있다. 유사하게, 연질 주변층(52)은 표류(stray) 자기장을 방출하지 않을 수 있다. 이것은 재료 물성이 자화의 세차운동을 지배하게 할 수 있어, 이는 더욱 균일하게 된다.

[0039] 다른 예에서, 주변층(52)은 분리(decoupling) 또는 비고정(non-pinning)층일 수 있다. 분리 또는 비고정층은 이와 접촉하는 재료의 화학양론비(stoichiometry)(화학 조성)를 더욱 균일하게 할 수 있다. 예를 들어, 침적(deposition) 동안, 침적되는 재료의 조성은 재료의 벌크와 에지 사이에서 상이할 수 있다. 분리 또는 비고정층은 재료의 화학 조성을 균질화함으로써 이러한 층들의 균일성을 개선할 수 있다. 예를 들어, 분리 또는 비고

정층의 주변층(52)은 주변부(54)를 따라 자유층(10)의 화학양론비를 균질화할 수 있다.

[0040] 도 2a 내지 2d에 관하여 본 명세서에서 설명된 바와 같은 임의의 층(예를 들어, 고정층(22)과 같은)은 단일층 또는 2 이상의 층 구조 또는 부분 층일 수 있다. 또한, 도 2a 내지 2d의 임의의 예에서 설명된 임의의 층 또는 특징은 추가 예에 대하여 서로 조합될 수 있다. 또한, 자기 장치(20, 30, 40, 50)는 추가 층 또는 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 임의의 자기 장치(20, 30, 40, 50)는 자기 차폐층(magnetic shield layer)을 포함할 수 있다. 이러한 예에서, 자기 실드층은 니켈 철(NiFe)과 같은 전기적으로 전도성인 자성 재료일 수 있다. 추가 예에서, 장치(20, 30, 40, 50)의 층은 예를 들어, 폴리크리스탈라인(polycrystalline), 모노크리스탈라인(monocrystalline), 비결정질(amorphous) 또는 기타인 임의의 종류의 구조일 수 있다.

[0041] 도 3은 자유층에 약하게 교환 결합된 적어도 하나의 반강자성층을 포함하는 자기 장치를 제조하는 예시적인 방법(60)을 도시하는 플로우차트이다. 방법(60)은 적어도 부분적으로 불균일한 자기 이방성을 갖는 자유층(예를 들어, 자유층(10))을 형성하는 단계(62)를 포함할 수 있다. 본 방법(60)은 자유층에 인접한 제1 반강자성층(예를 들어, 반강자성층(8), 반강자성층(26), 반강자성층(34) 또는 반강자성층(44))을 형성하는 단계(64)를 더 포함할 수 있다. 이러한 예에서, 제1 AFM층은 자유층의 자기 이방성의 적어도 부분적인 불균일성을 감소시킨다.

[0042] 방법(60)은 제1 AFM층을 자유층에 약하게 교환 결합하는 단계(66)를 더 포함할 수 있다. 일부 예에서, 제1 AFM층은, 자유층에 인접한 제1 AFM 층의 형성에 따라 제1 AFM층이 자유층에 약하게 교환 결합되도록, 적어도 제1 AFM층의 재료 물성에 기초하여 자유층에 약하게 교환 결합될 수 있다. 다른 예에서, 제1 AFM층은 AFM층의 침적 후에 열 어닐링을 수행하는 것을 통해 자유층에 약하게 교환 결합될 수 있다. 열 어닐링의 온도 또는 지속 시간은 원하는 강도의 교환 결합을 획득하도록 선택될 수 있다. 열 어닐링의 온도 및 지속 시간의 일부 예에서 온도는 대략 섭씨 100 내지 500도(°C)이고, 지속 시간은 대략 0.1 내지 5 시간일 수 있다. 일례에서, 열 어닐링은 대략 250°C에서 대략 1시간 동안 수행된다. 다른 예에서, 침적 공정 또는 자기 장치의 구성에 대한 변동은 원하는 강도의 약한 교환 결합을 획득하도록 이루어질 수 있다.

[0043] 일례에서, 방법(60)은 자유층에 인접한 제2 반강자성층을 형성하는 단계를 포함할 수 있으며, 제2 반강자성층은 제1 반강자성층의 반대편에 있는 자유층의 측부에 위치된다. 다른 예에서, 방법(60)은 자유층의 주위로 적어도 부분적으로 주변부를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있고, 주변층은 자유층의 자기 이방성의 불균일성을 더 감소시킨다. 또 다른 예에서, 방법(60)은 고정층을 형성하는 단계를 포함할 수 있으며, 자유층은 제1 반강자성층과 고정층 사이에 위치된다.

[0044] 현재 공지되었거나 장래에 개발될 임의의 침적 또는 제조 방법이 방법(60)을 구현하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 자기 스퍼터링 또는 MBE(molecular beam epitaxy)가 층들을 침적하는데 사용될 수 있다. 화학적 또는 물리적 침적 방법이 사용될 수 있다. 일부 예에서, 박막 침적 기술이 방법(60)을 수행하는데 사용될 수 있다.

[0045] 일부 종래의 스핀 토크 오실레이터는 타이밍 지터, 위상 노이즈 및 최적 이하의 또는 최대 이하의 세차운동에 노출된다. 반강자성층을 자유층에 약하게 교환 결합하는 것은 이러한 효과를 감소시키고 세차운동이 더욱 균일하게 되도록 한다. 일례에서, 자유층에서의 자화의 세차운동은 증가된다. 다른 예에서, 에지 피닝 효과는 하나 이상의 반강자성층을 자유층에 약하게 교환 결합함으로써 감소될 수 있다. 일례에서, AFM의 약한 교환 결합은 자기 장치(6)의 온도 변동에 기인하는 노이즈 효과를 감소시킨다.

[0046] 본 개시 내용의 예는 시스템(2)을 운영하는데 필요한 전력을 감소시킬 수 있다. 본 개시 내용의 다른 예는 자기 장치(6)에 의해 출력된 파워를 증가시켜 시스템(2)의 전체 크기를 감소시킬 수 있다. 본 개시 내용의 예에 따른 자기 장치는 낮은 지터, 낮은 위상 노이즈 및 높은 출력 파워를 갖는 더 높은 주파수의 넓은 주파수 범위로 튜닝가능한 오실레이터를 제공할 수 있다.

[0047] 본 명세서의 논의 및 특허청구범위에서, 2개의 재료에 대하여 "상에(on)"라는 용어는 재료 사이의 적어도 일부 접촉을 의미하고, "위로(over)"라는 용어는 재료가 근접하고, 접촉이 가능하지만 필요하지 않도록 하나 이상의 추가 개재 재료를 가질 수 있다는 것을 의미한다. "상에" 및 "위로"의 어떠한 어느 것도 본 명세서에서 사용된 바와 같이 임의의 방향성을 의미하지 않는다. "약(about)", "대략(approximate)" 또는 이와 유사한 것은, 변동이 예시된 예에 대한 공정 및 구조에 적합하지 않다는 결과를 가져오지 않는 한, 기재된 값이 다소 변동될 수 있다는 것을 나타낸다.

[0048] 본 개시 내용에서 사용된 바와 같은 상대적 위치에 대한 용어는 웨이퍼나 기판의 배향에 관계없이 통상적인 평면에 평행한 평면 또는 웨이퍼나 기판의 작업 표면에 기초하여 정의된다. 본 개시 내용에서 사용된 바와 같은 "수평(horizontal)" 또는 "측면(lateral)"라는 용어는 웨이퍼나 기판의 배향에 관계없이 통상적인 평면에 평행한 평면 또는 웨이퍼나 기판의 작업 표면으로서 정의된다. "수직(vertical)"이라는 용어는 수평에 수직인 방향을 가리킨다. "상에(on)", "측부(side)("측부벽(sidewall)"에서와 같이), "더 높은(higher)", "더 낮은(lower)", "위로(over)", "상부(top)" 및 "아래(under)"와 같은 용어는 웨이퍼나 기판의 배향에 관계없이 통상적인 평면 또는 웨이퍼나 기판의 상부 표면에 있는 작업 표면에 대하여 정의된다.

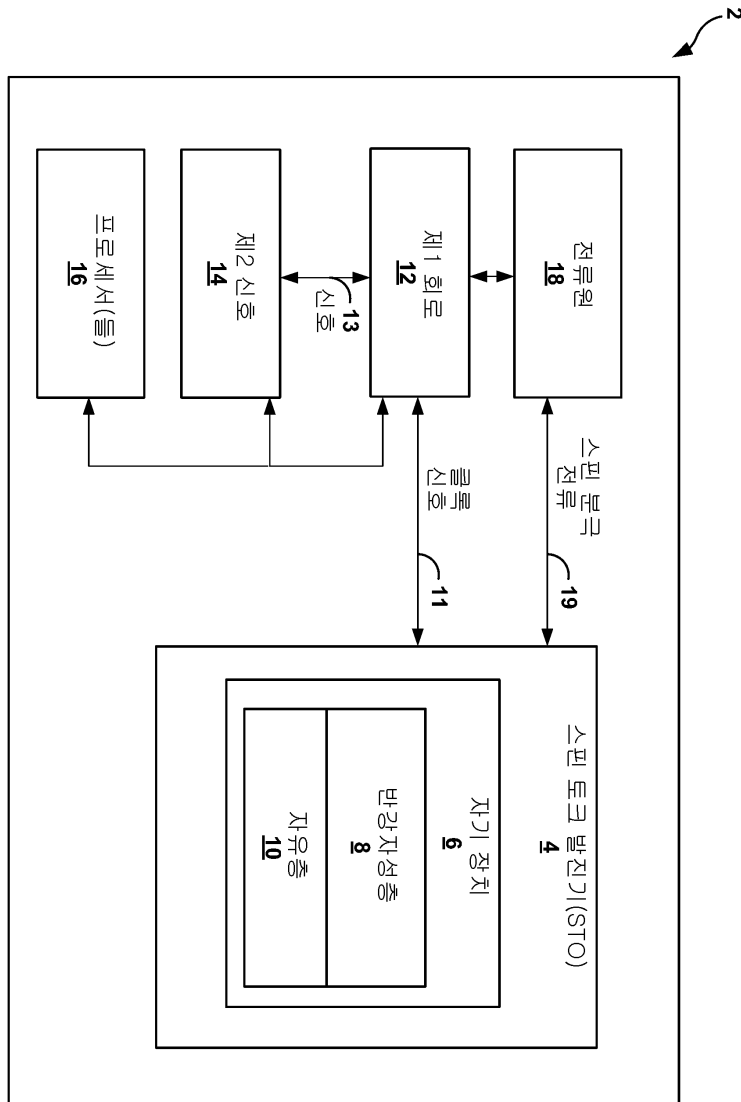
[0049] 본 개시 내용의 다양한 양태가 설명되었다. 본 명세서에서 설명된 예의 양태 또는 특징은 다른 예에서 설명된 임의의 다른 양태 또는 특징과 조합될 수 있다. 이러한 그리고 다른 예는 다음의 특허청구범위의 범위 내에 있다.

부호의 설명

[0050]	2	자기 장치
	4	스핀 토크 오실레이터
	8	반강자성층
	10	자유층
	12	제1 회로
	14	제2 회로
	16	프로세서
	18	전류원
	22	고정층
	25	제1 측부
	26	제1 반강자성층
	27	제2 측부
	43	합성 반강자성 이중층
	44	제2 반강자성층
	52	주변층
	54	외부 주변부

도면

도면1



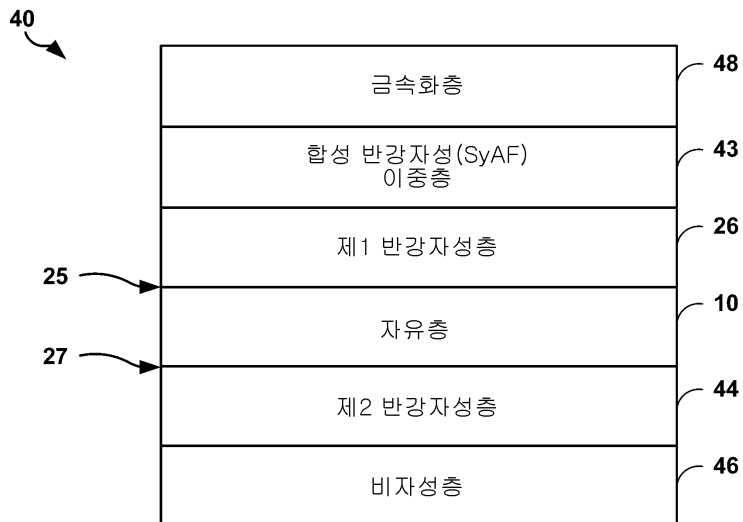
도면2a



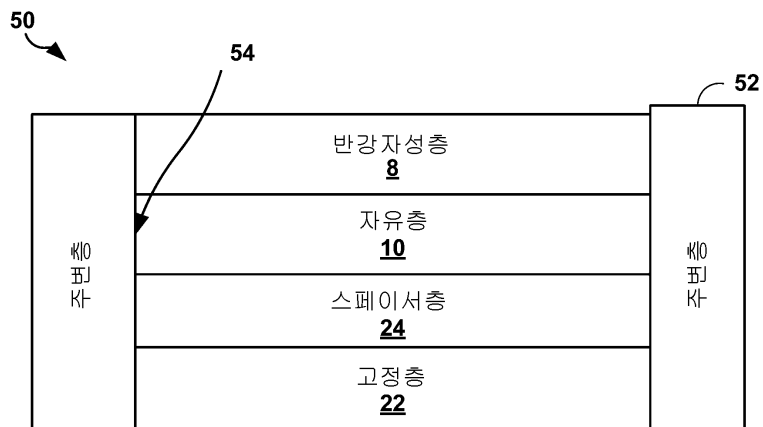
도면2b



도면2c



도면2d



도면3

