



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년03월03일
(11) 등록번호 10-1018502
(24) 등록일자 2011년02월22일

(51) Int. Cl.

H01L 27/105 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0103323

(22) 출원일자 2009년10월29일

심사청구일자 2009년10월29일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020050084288 A

KR1020080070812 A

KR1020040083934 A

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

유천열

인천 연수구 동춘동 동아APT 115-1001

(74) 대리인

이평우

전체 청구항 수 : 총 13 항

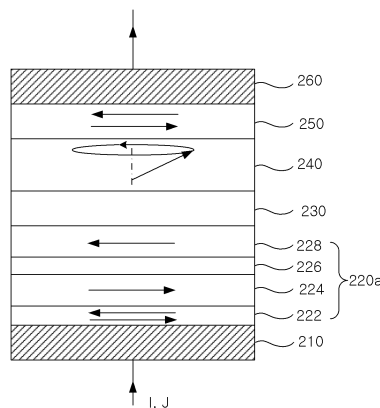
심사관 : 이승주

(54) 스핀 토크 나노 진동 소자 및 초고주파 발진기

(57) 요약

본 발명은 스핀 토크 나노 진동 소자를 제공한다. 이 소자는 박막의 면 방향에 자화 방향을 가지고 강자성체를 포함하는 고정 자성층, 박막의 면에서 회전하는 자화방향을 가지고 강자성체를 포함하는 회전 자성층, 회전 자성층과 고정 자성층 사이에 개재된 비자성층, 및 회전 자성층과 접촉하여 배치되어 회전 자성층에 교환자기장을 제공하는 반강자성층을 포함한다. 고정 자성층/비자성층/회전자성층/반강자성층을 통하여 전류가 인가되어, 회전 자성층의 자화방향이 회전함에 따라 고주파 자기장이 생성된다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

부처명 교육과학부

연구관리전문기관

연구사업명

연구과제명 불균일 자기장 이용 자벽이동 메모리 소자

기여율

주관기관

연구기간 2008년 06월 01 ~ 2011년 05월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

박막의 면 방향에 자화 방향을 가지고 강자성체를 포함하는 고정 자성층;
 박막의 면에서 회전하는 자화방향을 가지고 강자성체를 포함하는 회전 자성층;
 상기 회전 자성층과 상기 고정 자성층 사이에 개재된 비자성층; 및
 상기 회전 자성층과 접촉하여 배치되어 상기 회전 자성층에 교환자기장을 제공하는 반강자성층을 포함하고,
 상기 고정 자성층/비자성층/회전자성층/반강자성층을 통하여 전류가 인가되어 상기 회전 자성층의 자화방향이 회전함에 따라 고주파 자기장이 생성되는 것을 특징으로 하는 스핀 토크 나노 진동 소자.

청구항 2

제1 항에 있어서,
 상기 반강자성층은 FeMn, IrMn, PtMn, CoO, 및 NiO 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 스핀 토크 나노 진동 소자.

청구항 3

제1 항에 있어서,
 상기 고정 자성층의 보자력은 상기 회전 자성층의 보자력보다 크고,
 상기 고정 자성층의 두께는 상기 회전 자성층의 두께보다 큰 것을 특징으로 하는 스핀 토크 나노 진동 소자.

청구항 4

제1 항에 있어서,
 상기 고정 자성층은 전이금속- 희토류 금속의 합금인 것을 특징으로 하는 스핀 토크 나노 진동 소자.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
 상기 전이 금속은 Fe, Co, 및 Ni 중에서 적어도 하나를 포함하고,
 상기 희토류 금속은 Tb, Sm, Nd, Gd, Dy, Ho, 및 Er 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 스핀 토크 나노 진동 소자.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
 상기 고정 자성층은 차례로 적층된 반강자성층/제1 강자성층/비자성 금속층/제2 강자성층을 포함하는 것을 특징으로 하는 스핀 토크 나노 진동 소자.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
 상기 비자성층은 비자성 금속, 절연층, 및 반도체층 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 스핀 토크 나노 진동 소자.

청구항 8

제 7 항에 있어서,
 상기 비자성 금속은 Cu, Ru, Au, Ag, Ta, 및 Al 중에서 적어도 하나를 포함하고,

상기 절연층은 MgO, AlOx, TaOx, 및 ZrOx 중에서 적어도 하나를 포함하고,

상기 반도체층은 Si, GaAs, 및 SeZn 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 스핀 토크 나노 진동 소자.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 회전 자성층은 Co, Fe, No, B, Si, Zr 중에서 적어도 하나를 포함하는 합금인 것을 특징으로 하는 스핀 토크 나노 진동 소자.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 회전 자성층의 두께는 0.1 nm 내지 20 nm인 것을 특징으로 하는 스핀 토크 나노 진동 소자.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 반강자성층의 두께는 0.1 nm 내지 100 nm인 것을 특징으로 하는 스핀 토크 나노 진동 소자.

청구항 12

박막의 면 방향에 자화 방향을 가지고 강자성체를 포함하는 고정 자성층;

박막의 면에서 회전하는 자화방향을 가지고 강자성체를 포함하는 회전 자성층;

상기 회전 자성층과 상기 고정 자성층 사이에 개재된 비자성층; 및

상기 회전 자성층과 접촉하여 배치되어 상기 회전 자성층에 교환자기장을 제공하는 반강자성층을 포함하고,

상기 고정 자성층/비자성층/회전자성층/반강자성층을 통하여 전류가 인가되어 상기 회전 자성층의 자화방향이 회전함에 따라 교류 신호가 생성되는 것을 특징으로 하는 초고주파 발진기.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 반강자성층은 FeMn, IrMn, PtMn, CoO, 및 NiO 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 초고주파 발진기.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 고주파 발진기에 관한 것이며, 더 구체적으로 스핀 토크를 이용한 진동 소자 및 초고주파 발진기에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 도 1은 종래의 초고주파 발진기를 설명하는 도면이다.

[0003] 도 1을 참조하면, 초고주파 발진기는 차례로 적층된 고정 강자성층(120)/비자성 금속층(130)/회전 자성층(140)의 구조를 가진다. 상기 초고주파 발진기에 강한 전류를 인가하고 외부 자기장(H_{EXT})을 인가할 경우, 상기 회전 자성층(140)의 자화 방향은 수 GHz의 주파수 범위에서 회전하면서 자기저항 현상에 의해 GHz 대역의 고주파가 발진될 수 있다. 발진하는 주파수는 인가한 전류(I)와 외부 자기장(H_{EXT})의 크기에 의해서 조절이 가능하다. 따라서, 초고주파 발진기는 GHz 대역의 가변 고주파 발진 장치로 무궁한 응용 가능성을 가지고 있다. 하부 전

극(110)은 상기 고정 강자성층(120)의 하부에 배치되고, 상부 전극(150)은 상기 회전 자성층(140) 상에 배치될 수 있다. 상기 외부 자기장(H_{EXT})은 상기 고정 강자성층(120)의 배치된 면에 평행하게 인가된다.

[0004] 도 2는 종래의 초고주파 발진기의 전류와 외부 자기장의 관계를 설명하는 도면이다.

[0005] 도 1 및 도 2를 참조하며, 상기 초고주파 발진기는 초고주파 발진이 이루어지기 위해서는 외부 자기장(H)과 전류(I)가 소자에 인가되어야 한다. 상기 초고주파 발진기는 차례로 적층된 하부전극/고정 자성층/비자성 금속층/회전 자성층/상부 전극을 포함한다. 이때, 회전 자성층(140)의 자화 방향이 회전을 하기 위해서는 임계값 이상의 외부 자기장(H_{EXT})과 전류(I)가 필요하다. 도 2에서 보는 바와 같이 외부 자기장(H_{EXT})이 없는 경우, 상기 회전 자성층(140)의 자화 방향은 평형 상태(P)와 반평형 상태(AP) 상태로 스위칭은 일어나지만, 초고주파를 발생시킬 수 있는 연속적인 회전은 일어나지 않는다. P/AP는 상기 회전 자성층(140)의 자화 방향이고, 상기 고정 강자성층(120)에 대해서 평행(Parallel) 혹은 반평행(Anti-Parallel)하게 회전함을 의미한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 외부 자기장이 필요없는 스핀 토크 나노 진동 소자를 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 외부 자기장이 필요없는 스핀 토크를 이용한 초고주파 발진기를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 스핀 토크 나노 진동 소자는 박막의 면 방향에 자화 방향을 가지고 강자성체를 포함하는 고정 자성층, 박막의 면에서 회전하는 자화방향을 가지고 강자성체를 포함하는 회전 자성층, 상기 회전 자성층과 상기 고정 자성층 사이에 개재된 비자성층, 및 상기 회전 자성층과 접촉하여 배치되어 상기 회전 자성층에 교환자기장을 제공하는 반강자성층을 포함한다. 상기 고정 자성층/비자성층/회전자성층/반강자성층을 통하여 전류가 인가되어 상기 회전 자성층의 자화방향이 회전함에 따라 고주파 자기장이 생성된다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반강자성층은 FeMn, IrMn, PtMn, CoO, 및 NiO 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 고정 자성층의 보자력은 상기 회전 자성층의 보자력보다 크고, 상기 고정 자성층의 두께는 상기 회전 자성층의 두께보다 클 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 고정 자성층은 전이금속-희토류 금속의 합금일 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 전이 금속은 Fe, Co, 및 Ni 중에서 적어도 하나를 포함하고, 상기 희토류 금속은 Tb, Sm, Nd, Gd, Dy, Ho, 및 Er 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 고정 자성층은 차례로 적층된 반강자성층/제1 강자성층/비자성 금속층/제2 강자성층을 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 비자성층은 비자성 금속, 절연층, 및 반도체층 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 비자성 금속은 Cu, Ru, Au, Ag, Ta, 및 Al 중에서 적어도 하나를 포함하고, 상기 절연층은 MgO, AlOx, TaOx, 및 ZrOx 중에서 적어도 하나를 포함하고, 상기 반도체층은 Si, GaAs, 및 SeZn 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 회전 자성층은 Co, Fe, Ni, B, Si, Zr 중에서 적어도 하나를 포함하는 합금일 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 회전 자성층의 두께는 0.1 nm 내지 20 nm일 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반강자성층의 두께는 0.1 nm 내지 100 nm일 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 초고주파 발진기는 박막의 면 방향에 자화 방향을 가지고 강자성체를 포함하는 고

정 자성층, 박막의 면에서 회전하는 자화방향을 가지고 강자성체를 포함하는 회전 자성층, 상기 회전 자성층과 상기 고정 자성층 사이에 개재된 비자성층, 및 상기 회전 자성층과 접촉하여 배치되어 상기 회전 자성층에 교환자기장을 제공하는 반강자성층을 포함하고, 상기 고정 자성층/비자성층/회전자성층/반강자성층을 통하여 전류가 인가되어 상기 회전 자성층의 자화방향이 회전함에 따라 교류 신호가 생성된다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반강자성층은 FeMn, IrMn, PtMn, CoO, 및 NiO 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

효 과

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 스핀 토크 나노 진동 소자 또는 초고주파 발진기는 외부 자기장의 효과를 반강자성층과 회전 자화층을 접합하여 형성할 수 있다. 따라서, 스핀 토크 나노 진동 소자는 부피 및 단가를 줄일 수 있으며, 안정적인 동작을 제공할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0022] 초고주파 발진 소자를 구현함에 있어서 외부 자기장이 필요하다는 것은 소자의 소형화에 있어서 큰 문제점이다. 외부 자기장 없이 초고주파 발진이 가능하다면 소자의 구현에 있어서 큰 장점이 될 수 있다.

[0023] 본 발명은 외부 자기장 없이 스핀전달 토크를 이용해서 초고주파 자기장을 발생시킬 수 있는 스핀 토크 나노 진동 소자를 제공한다. 특히, 상기 스핀 토크 나노 진동 소자는 하드 디스크 등의 기록 헤드에 응용할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 초고주파 발진기 또는 스핀 토크 나노 진동 소자는 외부 자기장 없이 동작하기 때문에 부피, 및 단가에 우수하며, 전류밀도로 주파수를 조절하기 때문에 주파수의 안정성을 향상시킬 수 있다.

[0024] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되어지는 것이다. 도면들에 있어서, 구성요소는 명확성을 기하기 위하여 과장되어진 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0025] 도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예들에 따른 스핀 토크 나노 진동 소자를 설명하는 단면도들이다.

[0026] 도 3 및 도 4를 참조하면, 상기 스핀 토크 나노 진동 소자는 박막의 면 방향에 자화 방향을 가지고 강자성체를 포함하는 고정 자성층(220), 박막의 면에서 회전하는 자화방향을 가지고 강자성체를 포함하는 회전 자성층(240), 상기 회전 자성층(240)과 상기 고정 자성층(220) 사이에 개재된 비자성층(230), 및 상기 회전 자성층(240)과 접촉하여 배치되어 상기 회전 자성층(240)에 교환자기장을 제공하는 반강자성층(250)을 포함한다. 상기 고정 자성층(220)/비자성층(230)/회전자성층(240)/반강자성층(250)을 통하여 전류가 인가되어 상기 회전 자성층(240)의 자화방향이 회전함에 따라 고주파 자기장이 생성될 수 있다.

[0027] 하부 배선층(210)은 도전성 금속으로 전류를 인가하는 수단일 수 있다. 상기 하부 배선층(210) 상에 상기 고정 자성층(220)이 배치될 수 있다. 상부 배선층(260)은 상기 반강자성층(250) 상에 배치될 수 있다. 상기 하부 배선층(210) 및 상기 상부 배선층(260)을 통하여 전류가 흐를 수 있다.

[0028] 상기 고정 자성층(220)은 보자력이 큰 전이금속(Fe, Co, Ni)-희토류금속(Tb, Sm, Nd, Gd, Dy, Ho, Er)의 합금일 수 있다. 또는, 상기 고정 자성층(220a)은 반강자성층(222)/제1 강자성층(224)/비자성금속층(226)/제2 강자성층(228) 구조의 인위적 준 강자성(혹은 반강자성) 구조를 가질 수 있다. 상기 제1 강자성층(224)과 상기 제2 강자성층(228)의 자화 방향은 서로 반 평행할 수 있다. 상기 고정 자성층(220)은 항상 고정된 방향의 자화방향을 유지할 수 있는 강자성층을 포함할 수 있다. 따라서, 상기 고정 자성층(220)의 보자력은 상기 회전 자성층(240)의 보자력에 비해서 커야 하고, 상기 고정 자성층(220)의 두께는 상기 회전 자성층(240)의 두께보다 두꺼워야 한다. 상기 고정 자성층(220)은 박막의 형태일 수 있고, 상기 고정 자성층(220)의 자화 방향은 상기 박막의 면 방향일 수 있다.

[0029] 상기 비자성층(230)은 비자성 금속(Cu, Ru, Au, Ag, Ta, Al), 절연층(MgO, AlOx, TaOx, ZrOx), 또는 반도체(Si, GaAs, SeZn) 일 수 있다. 상기 비자성층(230)은 상기 고정 자성층(220)과 상기 회전 자성층(240) 사이에 거대 자기저항 또는 터널링 자기 저항을 제공할 수 있다. 이 경우, 상기 비자성층(230)의 두께는 0.1 nm 내지 100 nm 의 범위일 수 있다.

- [0030] 상기 회전 자성층(240)은 Co, Fe, Ni, B, Si, Zr 중에서 적어도 하나를 포함하는 합금일 수 있다. 상기 회전 자성층(240)의 두께는 0.1 nm 내지 20 nm 의 범위일 수 있다. 상기 회전 자성층(240)은 회전하면서 누설 자기장을 생성할 수 있다. 상기 누설 자기장은 하드 디스크의 기록 헤드에 이용될 수 있다.
- [0031] 상기 반강자성층(antiferromagnetic layer, AFM, 250)은 FeMn, IrMn, PtMn, NiO, CoO 등의 반강자성체를 포함할 수 있다. 상기 반강자성층(250)의 두께는 0.1 nm 내지 100 nm 의 범위일 수 있다. 상기 반강자성층(250)은 상기 회전 자성층(240)에 외부 자기장을 대체하는 역할을 수행할 수 있다. 상기 반강자성층(250)은 주로 FeMn, IrMn, PtMn 등의 혼합물 또는 CoO, NiO 등의 산화물일 수 있다. 상기 반강자성층(250)과 상기 회전자성층(240)이 접합한 경우에, 계면의 스핀들은 강한 교환 상호작용 (exchange coupling) 때문에 소위, 교환 바이어스 결합(exchange bias coupling) 이라고 하는 현상이 발생한다. 이때, 상기 반강자성층(250)과 결합한 상기 회전 자성층(240)의 거동에는 크게 두 가지 특징적인 현상이 발생하는데, 자기이력 곡선의 이동과 보자력의 증가이다.
- [0032] 도 5a 및 도 5b는 반강자성층에 의한 회전 자성층의 자기이력 곡선을 설명하는 도면들이다. 도 5a는 반강자성층이 없는 경우의 회전 자성층의 자기이력 곡선이고, 도 5b는 반강자성층이 가진 경우의 회전 자성층의 자기이력 곡선이다.
- [0033] 도 5a를 참조하면, 상기 회전 자성층(240)이 단독으로 있을 경우, 상기 회전 자성층(240)의 자기 이력곡선은 자기장(H)에 대해서 대칭적인 형태를 보인다.
- [0034] 한편, 5b를 참조하면, 상기 반강자성층(250)이 상기 회전 자성층(240)과 결합된 경우, 상기 회전 자성층(240)의 자기 이력곡선은 교환자기장 (exchange field, H_{ex})라고 불리는 값만큼 원점에서 이동할 수 있다. 이때, 상기 교환자기장(H_{ex})는 다음과 같은 관계를 가진다.

수학식 1

[0035]
$$H_{ex} = J_{ex}/M_s d_f$$

- [0036] 여기서, J_{ex} , M_s , 및 d_f 는 각각 계면의 교환 상호작용 에너지, 상기 회전 자성층의 포화 자화량, 및 상기 회전 자성층의 두께이다. 따라서 H_{ex} 의 크기는 상기 회전 자성층(240)의 두께와 계면의 교환 상호작용 에너지 등으로 용이하게 조절이 가능하다. 상기 자기이력 곡선은 단일 회전 자성층의 자기이력 곡선을 좌측으로 H_{ex} 만큼 평행 이동한 것으로 설명될 수 있다.
- [0037] 상기 회전 자성층(240)에 작용하는 유효 자기장은 상기 반강자성층(250)이 없을 때의 유효 자기장 외에 $H_{ex} \cos \theta$ 와 같은 일종의 일방향 이방성 자기장이 추가된다. 즉, 마치 외부 자기장이 한쪽 방향으로 인가된 것과 동일한 상황이 된다. 이 현상은 자기이력 곡선의 이동에 대한 가장 기본이 되는 설명이다. 즉, 상기 반강자성층(250)의 존재는 외부 자기장으로 H_{ex} 가 인가된 것과 같은 효과를 가져온다. 실제 상기 반강자성층(250)과 상기 회전 자성층(240)의 결합은 매우 복잡한 물리적 현상으로, 단순히 외부 자기장의 역할만 하는 것은 아니지만, 본 발명에서 이용하고자 하는 특성은 상기 반강자성층(250)이 외부 자기장과 같은 바이어스 자기장을 상기 회전 자성층(240)에 인가할 수 있다는 점이다.
- [0038] 본 발명의 변형된 실시예에 따른 초고주파 발진기는 상기 회전 자성층(240)이 회전하면서 터널 자기저항(Tunnel Magneto Resistance: TMR) 현상에 기인하여 교류 신호가 발생할 수 있다. 상기 교류 신호는 초고주파 영역에서 발진할 수 있다. 상기 교류 신호는 전압 신호일 수 있다. 상기 초고주파 발진기는 외부 자기장을 이용하지 않아 다양한 용도의 발진회로로 사용될 수 있다. 상기 초고주파 발진기의 발진 주파수는 초고주파 발진기를 통하여 흐르는 전류 또는 전류 밀도로 가변할 수 있다.
- [0039] 도 6은 본 발명의 본 발명의 일 실시예에 따른 회전 자성층의 전산모사 결과이다.
- [0040] 도 6을 참조하면, 상기 회전 자성층(240)의 장축과 단축의 길이가 각각 100, 50 nm 이고, 두께가 2 nm 이다. 상기 회전 자성층(240)의 포화자화량은 $M_s = 1.1 \times 10^6$ A/m이고, 교환자기장은 $H_{ex} = -100$ Oe(0ersted) 이고, 전류밀도는 $J = 5 \times 10^{11}$ A/m²를 사용하였다. 외부 자기장 없이도 인가한 전류밀도(J)에 의해서만 상기 회전 자성층(240)의 자화 방향이 스핀 토크(spin torque)에 의하여 회전하였다. 이것은 기존의 스핀 토크 나노 진동

소자에서는 구현될 수 없는 결과이다.

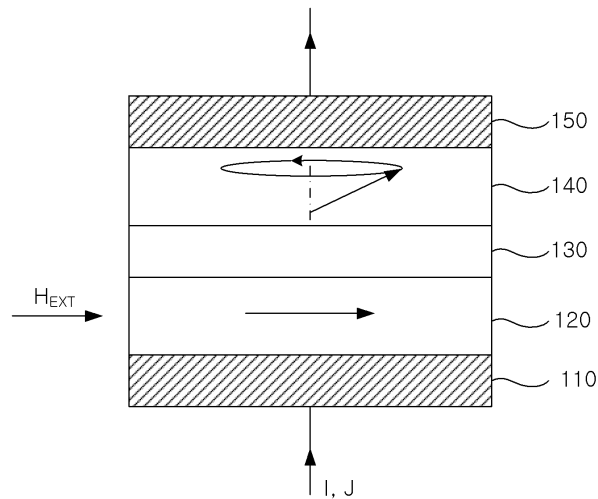
- [0041] 초기 자화 방향이 $+x$ 이던 상기 회전 자성층(240)의 자화 방향이, 인가된 전류밀도(J)에 의해서 회전 운동을 하는 계산 결과이다. 상기 회전 운동과 고정 자성층(220)과의 자기저항에 의해서 고주파가 발진하며, 이때 발진 주파수는 인가 전류밀도의 크기에 의해 조절이 가능하다.
- [0042] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 스핀 토크 나노 진동자는 외부자기장이 필요 없이도 고주파를 발진시킬 수 있지만, 외부 자기장을 추가로 인가하여 발진 주파수를 변화시킬 수도 있다.
- [0043] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시 예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

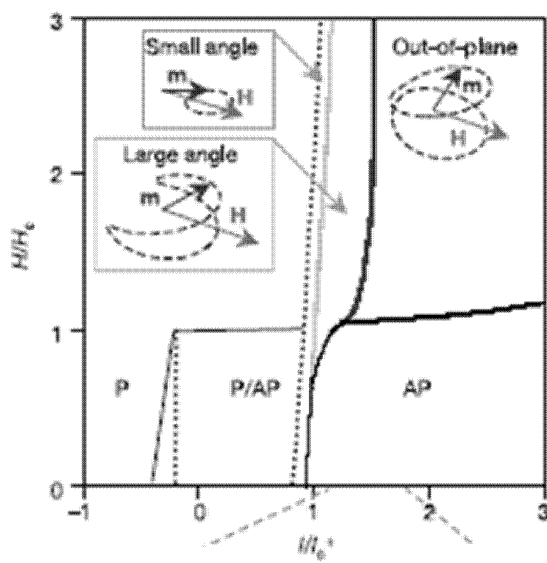
- [0044] 도 1은 종래의 초고주파 발진기를 설명하는 도면이다.
- [0045] 도 2는 종래의 초고주파 발진기의 전류와 외부 자기장의 관계를 설명하는 도면이다.
- [0046] 도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예들에 따른 스핀 토크 나노 진동 소자를 설명하는 단면도들이다.
- [0047] 도 5a 및 도 5b는 반강자성층에 의한 회전 자성층의 자기이력 곡선을 설명하는 도면들이다.
- [0048] 도 6은 본 발명의 본 발명의 일 실시예에 따른 회전 자성층의 전산모사 결과이다.

도면

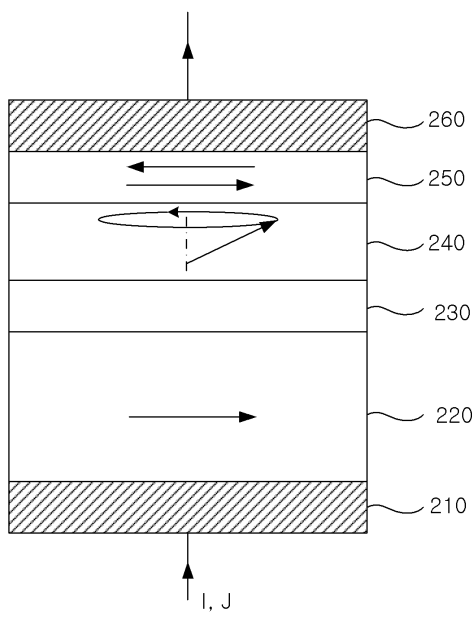
도면1



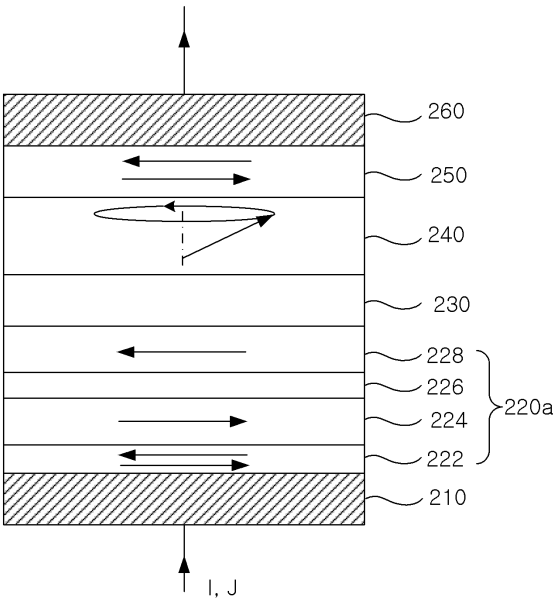
도면2



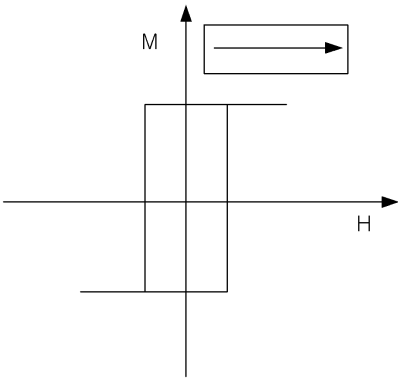
도면3



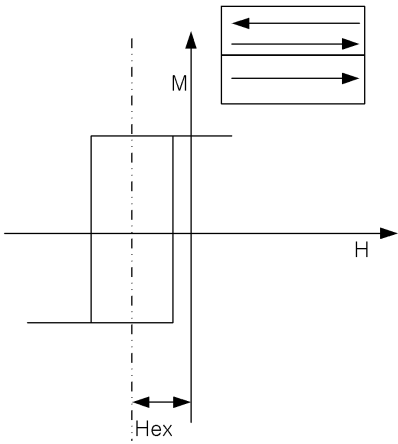
도면4



도면5a



도면5b



도면6

