(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0106614
(43) 공개일자 2017년09월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01F 10/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01F 10/32 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0029888
(22) 출원일자 2016년03월11일
심사청구일자 2016년03월11일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
이기석
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
한희성
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
제일특허법인

전체 청구항 수 : 총 6 항

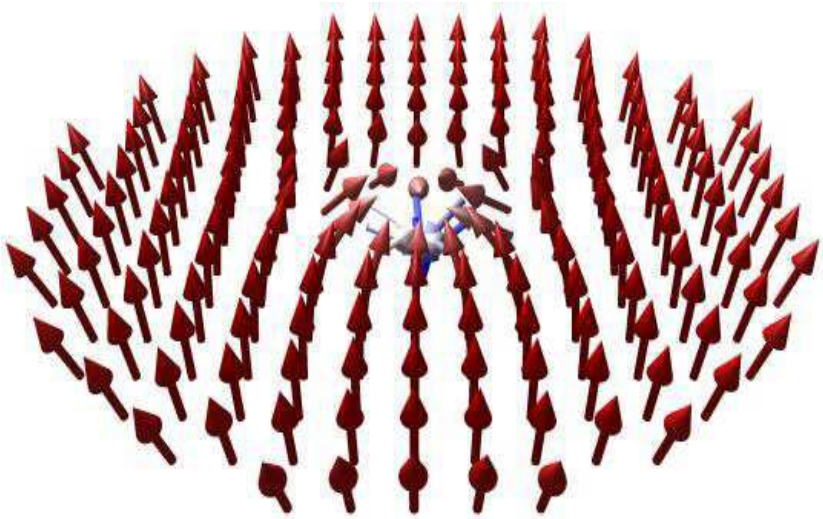
(54) 발명의 명칭 **자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자**

(57) 요 약

본 발명은 일반적인 자성체 도파로 상에 자기 스커미온 배열을 형성하고, 상기 스커미온의 배열에 따라 다양한 스핀파 주파수를 필터링할 수 있는 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자에 있어서, 스판파를 안내하는 도파로; 상기 도파로의 일정 부분에 형성되는 자구 영역; 및 상기 도파로의 다른 부분에 형성되는 스커미온 영역;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

정대한

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

김남규

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711027456

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 신진연구자지원

연구과제명 스핀 스커미온의 동적 거동에 대한 기초 이해와 이를 이용한 신개념의 Beyond CMOS 기반기술

기 여 율 1/1

주관기관 울산과학기술원

연구기간 2015.07.01 ~ 2016.06.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자에 있어서,

스핀파를 안내하는 도파로;

상기 도파로의 일정 부분에 형성되는 자구 영역; 및

상기 도파로의 다른 부분에 형성되는 스커미온 영역;을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 자구 영역은 상기 도파로의 양끝단부에 형성되고, 나머지 도파로 상에 스커미온 영역이 형성되는 것을 특징으로 하는 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 자구 영역에 형성된 자구와 상기 스커미온 영역에 형성된 스커미온은 동일 방향인 것을 특징으로 하는 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 자구 영역은 상기 도파로의 일끝단에 형성되고, 나머지 도파로 상에는 상기 스커미온이 형성되는 것을 특징으로 하는 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자.

청구항 5

자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자에 있어서,

스핀파를 안내하는 도파로;

상기 도파로의 일정 부분에 형성되는 스커미온 영역; 및

상기 도파로의 다른 부분에 형성되며, 상기 스커미온의 자화 방향과 반대 인 또 다른 스커미온 영역;을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자.

청구항 6

청구항 1 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 있어서, 상기 스커미온은 외부 자가장에 의하여 스커미온의 간격이 조절되는 것을 특징으로 하는 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 자기 스커미온이 형성된 도파로를 이용하여 스핀파의 주파수에 따른 다른 응답 특성을 나타내는 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래 CMOS 기반의 반도체 소자는 집적도 증가에 따라 게이트 산화막이 더 이상 절연막으로서의 기능을 하지 못하게 되고, 그리고 집적도 증가를 위해 도선의 폭을 감소시키면 전류 밀도의 증가로 인해 도선의 단락이 발생되어 구조적인 한계에 의하여 더 이상 집적도를 증가시키는 것에 한계가 있다.

[0003] 상기와 같은 단점을 극복하기 위하여 종래 CMOS 기반의 반도체 소자를 대신할 새로운 방법들이 제안되고 있다.

[0004] 대표적으로 나노 자성체에서 발생된 스핀파를 이용한 연구를 들 수 있다. 여기서 스핀파란 스핀들이 파동의 형태로 집단적인 거동을 하는 것을 일컫는 것으로, 자성체에 에너지를 가하면 자성체 내부의 스핀들은 쌍극자-쌍극자 상호작용과 교환 상호작용과 같은 서로 간의 자기적 상호작용에 의해 세차운동을 하여 파동의 형태를 띠게 되는데 상기와 같은 파동을 스핀파라 한다.

[0005] 상기와 같은 스핀파는 주로 마이크로 웨이브 전류에 의해 유도된 극초단파자기장이나 자기소용돌이 핵자화반전을 이용한 스핀파 방사로부터 발생시킬 수있다. 또한 일반적 파동특성인 전파, 반사, 굴절, 회절 및 간섭 현상이 잘 발생되는 특징이 있다.

[0006] 한편, 공개특허 제2009-0123542호에는 자성체로 이루어진 스핀파 도파로를 구비하며, 스핀파 도파로는 스핀파가 일 방향으로 진행되도록 가이드하며, 스핀파의 진행방향과 직교하는 방향의 단면의 형상, 면적 및 중심선 중 적어도 하나가 주기적으로 변화하는 마그노닉 결정부를 구비하며, 상기 스핀파 도파로를 이용하여 스핀파의 주파수를 제어하는 구성이 개시되어 있다.

[0007] 특히 상기 특허에서는 다양한 형태의 도파로의 구성이 개시되어 있으며, 도파로의 형상에 따른 다양한 조파수 모드들이 구현됨을 확인하였다.

[0008] 그러나 상기 특허는 도파로 자체의 형상을 변화에 따라 주파수 모드를 달리하는 것으로, 특정 주파수에 대해서는 도파로의 형상을 매번 다시 설계해야 하는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 단점을 극복하기 위하여 안출된 것으로, 일반적인 자성체 도파로 상에 자기 스커미온 배열을 형성하고, 상기 스커미온의 배열에 따라 다양한 스핀파 주파수를 필터링할 수 있는 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자에 있어서, 스핀파를 안내하는 도파로; 상기 도파로의 일정 부분에 형성되는 자구 영역; 및 상기 도파로의 다른 부분에 형성되는 스커미온 영역;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 바람직하게는, 상기 자구 영역은 상기 도파로의 양끝단부에 형성되고, 나머지 도파로 상에 스커미온 영역이 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0012] 더욱 바람직하게는, 상기 자구 영역에 형성된 자구와 상기 스커미온 영역에 형성된 스커미온은 동일 방향인 것을 특징으로 한다.

[0013] 바람직하게는, 상기 자구 영역은 상기 도파로의 일끝단에 형성되고, 나머지 도파로 상에는 상기 스커미온이 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 본 발명은, 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자에 있어서, 스핀파를 안내하는 도파로; 상기 도파로의 일정 부분에 형성되는 스커미온 영역; 및 상기 도파로의 다른 부분에 형성되며, 상기 스커미온의 자화 방향과 반대 인 또 다른 스커미온 영역;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 바람직하게는, 상기 스커미온은 외부 자가장에 의하여 스커미온의 간격이 조절되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따른 자기 스커미온을 이용한 스핀파 필터링 소자는 통상의 강자성체 도파로에 자구 영역 및 스커미온 영역을 혼합 또는 복수의 스커미온 영역을 배치하는 것만으로 스핀파 주파수에 따라 다른 응답을 나타내어, 필터링 소자로 활용 가능성을 제시하였으며, 특히 도파로 제조가 간단하고, 스커미온의 배열에 따라 다양한 필터링 특성을 나타내므로, 필터링 소자로 높은 활용성을 제공하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1 내지 도 8은 스커미온 구조를 설명하는 모식도이며,

도 9는 도 1 내지 도 4의 스커미온을 생성할 수 있는 구조물이며,

도 10은 도 5 내지 도 8의 스커미온을 생성할 수 있는 구조물이며,

도 11은 자구 및 스커미온의 접합 구조를 설명하는 모식도이며,

도 12는 본 발명에 따른 필터링 소자의 구성도이며,

도 13은 도 12의 다른 실시예이며,

도 14는 실시예 1의 전산 모의시험 결과이며,

도 15는 실시예 2의 전산 모의시험 결과이며,

도 16은 비교예의 전산 모의시험 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 구체적으로 설명한다.

[0019] 먼저, 자기 스커미온이란 도 1에 도시된 바와 같이, 가운데 위쪽 방향으로 코어가 있고, 원주방향의 두면이 아래 방향으로 자화되어 있는 구조로 이루어져 있으며, 상기와 같은 현상은 물질 혹은 구조내의 역전대칭(inversion symmetry)이 깨져서 발생하는 DMI(Dzyaloshinskii Moriya Interaction) 때문에 발생되는 것으로 알려졌다.

[0020] 도9에서 도시된 바와 같이, 헤비 메탈(하부층, 2)과 자성체 박막(상부층 1)과의 계면 사이에서 강력한 DMI 가 나타나게 되어 도 1에서 도 4 형태의 스커미온을 형성 시킬 수 있게 된다. 반대로 헤비 메탈(도파로, 100) 및 박막(하부층, 110)으로 구성하더라도 도 1 내지 도 4 형태의 스커미온을 형성할 수 있다.

[0021] 마찬가지로, 도 10에서 도시된 바와 같이, 다강체, 호이슬러 합금으로 이루어진 단일 자성체(단일층 3)에서도 강력한 DMI는 도 5에서 도 8 형태의 스커미온을 자연적으로 형성시킨다. 이때, 스커미온들은 모두 결정형태로 나타나게 된다.

[0022] 헤비 메탈 위에 자성체 박막이 있는 경우, 백금(Pt), 이리듐(Ir), 탄탈(Ta), 하프늄(Hf)과 같은 헤비 메탈들이 주로 쓰이며 자성체로는 코발트(Co), 코발트-철(CoFe), 코발트-철-보론(CoFeB), 철(Fe)으로 사용되며 자성층의 두께는 수 Å에서 수 nm이며 이 구조는 스커미온을 안정화 시킨다.

[0023] 이러한 적층 구조는 스퍼터링, PLD(Pulsed Laser Deposition), ALD(Atomic Layer Deposition), MBE(Molcular Beam Epitaxy) 등을 이용하여 만들 수 있다.

[0024] 단일 자성체를 사용하는 경우, 다강체이며 B20 물질인 MnSi, FeGe, Cu_2OSeO_3, MnGe, $Fe_{1-x}Co_xSi$이 많이 사용되며 호이슬러 합금의 경우 Mn_2YZ 기반 물질들이 스커미온을 안정화 시킬 수 있다.

[0025] 스커미온을 만들기위한 다강체 혹은 호이슬러 합금은 높은 압력에서 합성하여 제작하기도 하고, 적층 구조를 만들 때 사용될 수 있는 장비들을 사용하여 만들 수 있다.

[0026] 이렇게 만들어진 구조들은 E-beam lithography 나 photolithography를 통하여 원하는 구조로 만들 수 있지만 본 발명에서는 사용되는 구조를 제한하지 않는다.

[0027] 또한, 상기 자기 스커미온은 박막과 수직인 방향으로 특정 지역에 도선을 포인트 컨택 하여 스핀편향전류(spin-polarized current)를 인가함으로써 인공적으로 만들어질 수 있다.

[0028] 즉, 상기 스커미온은 스핀편향전류를 인가하는 경우, 자성체의 특정 영역에 자기 스커미온을 형성할 수 있다.

[0029] 또한, 스커미온들은 서로 상호작용하여 동일한 간격으로 배치되어 결정 구조를 띄게 되어 결정 구조를 임의로 만들어 줄 필요가 없다.

[0030] 평면의 자성체에서 상기 스커미온은 두개의 방향으로 형성될 수 있다. 즉, 중앙의 코어가 상방향으로 형성되고, 나머지 주변은 하단 방향으로 형성되는 상방향(up) 스커미온과, 중앙의 코어가 하방향으로 형성되고, 나머지 주변이 상단 방향으로 형성되는 하방향(down) 스커미온으로 구분된다.

[0031] 평면의 자성체에서 상기 스커미온은 두개의 방향으로 형성될 수 있다. 즉, 중앙의 코어가 상방향으로 형성되고, 나머지 두변은 하단 방향으로 형성되는 상방향(up) 스커미온과, 중앙의 코어가 하방향으로 형성되고, 나머지 두변이 상단 방향으로 형성되는 하방향(down) 스커미온으로 구분된다.

[0032] 한편, 자성체에 통상의 자화 방식을 통하여 자화되는 것을 자구라 하며, 자구와 자구 사이의 경계를 자구벽이라 한다. 상기 자구영역은 한방향으로 자화된 영역을 의미하며, 본 발명에서는 상단 방향, 혹은 하단 방향을 향하는 자구가 도파로에 형성되어 있다.

[0033] 이때, 자구 영역과 스커미온 영역이 접합되는 경우와 스커미온 영역과 스커미온 영역이 접합되는 경우는 도 11에 도시된 바와 같은 형태로 모사된다.

[0034] 본 발명에 따른 필터링 소자(100)는 상기와 같은 자기 스커미온과 자구의 특성을 이용하여 구현되는 것으로, 도 12에 도시된 바와 같이, 먼저 도파로(10)가 구비된다.

[0035] 상기 도파로(10)는 스핀파를 안내하는 역할을 하며, 스트립 형태로 구성되며, 강자성체 재질로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0036] 그리고 길이에 비하여 폭을 좁게 형성하며, 형상은 평면에서 사각형 형태의 스트립으로 구성하는 것이 제조에 편리하나, 그 형상은 제한되지 않는다.

[0037] 상기 도파로(10)에는 스커미온이 형성되는 스커미온 영역(20)과 자구가 형성되는 자구 영역(30)을 각각 형성할 수 있으며, 각 영역의 경계에는 접합부(40)가 형성된다.

[0038] 예를 들면 도 12에 도시된 바와 같이, 도파로(10) 끝단에 각각 자구 영역(30)을 형성하고, 상기 자구 영역(30) 사이에 하나의 스커미온 영역(20)을 형성하여 두개의 접합 구조가 형성되도록 구성할 수 있다.

[0039] 또한, 필요한 경우 도 13에 도시된 바와 같이, 스커미온 영역(20)과 다른 스커미온 영역(20)으로 구성할 수 있다.

[0040] 여기서 빨간색은 상방향(up)으로 자화된 것을 의미하며, 파란색은 하방향(down)을 의미한다. 따라서 상방향 스커미온의 경우에는 도 12 및 도 13에 도시된 바와 같이, 중앙 코어가 빨간색이고 나머지 영역에서는 파란색으로 표현된다. 상기 도 13은 상방향 스커미온 영역(20)과 하방향 스커미온 영역(20)이 접합된 구조로 하나의 접합부(40)만 형성된다.

[0041] 또한, 상기 도파로(10) 상에 외부 자기장을 인가하는 경우 스커미온의 간격이 조절되며, 결과적으로 접합부(40)가 이동한다.

[0042] 즉, 상기 필터링 소자(100)는 구비된 도파로(10)에 자기장을 인가하여 스커미온의 간격을 조절하여 필터링 특성을 변경할 수 있다.

[0044] 이한 본 발명을 실시예를 통하여 더욱 자세히 설명한다.

[0046] **실시예 1**

[0047] 도 12에 도시된 바와 같은 형태이며, 백금 박막 위에 놓여져있는 가로 1㎛ 세로 40㎚ 크기 두께 6Å의 코발트로 도파로(10) 상에 자구 영역(30)-스커미온 영역(20)-자구 영역(30)을 포함하는 필터링 소자(100)에 대하여 스핀

파가 좌측에서 우측으로 이동하는 전사 모의시험을 수행하였다.

[0049] **실시예 2**

[0050] 도 13에 도시된 바와 같은 형태이며, 실시예 1과 동일한 크기 및 재질의 도파로(10) 상에 상방향 스커미온 영역(20)과 하방향 스커미온 영역(20)이 결합된 결합구조를 포함하는 필터링 소자(100)에 대하여 실시예 1과 동일한 스핀파를 인가하여 전산 모의시험을 수행하였다.

[0052] **비교예**

[0053] 실시예와 동일한 크기의 도파로(10) 상에 자구 영역(30)만 형성한 필터링 소자(100)에 대하여 실시예들과 동일한 스핀파를 인사하여 전사 모의시험을 수행하였다.

[0055] **시험예**

[0056] 실시예 1의 전산 모의시험을 도 14에, 실시예 2의 전산 모의시험을 도 15에 그리고 비교예에 대한 전산 모의시험을 도 16에 각각 도시하였다.

[0057] 도 16에 도시된 바와 같이, 비교예에서는 모든 주파수의 스핀파들의 진행이 원활함을 확인할 수 있었다. 다만 25GHz아래의 스핀파들은 물질의 내부 포텐셜때문에 도파로(10)에서 진행되지 못하였다.

[0058] 하지만, 도 14에 도시된, 실시예 1의 경우에는 스커미온의 주기적인 배열때문에 고체물리에서의 분산관계처럼 금지된 주파수영역대(forbidden band)와 비슷하게, 특정 주파수의 스핀파가 전파되지 않음을 확인하였다.

[0059] 그리고 도 15에 도시된 실시예 2의 경우에는 반도체의 p-n 접합과 비슷한형태의 모습을 보여준다. 자기장을 인가하면 스커미온 면밀도가 달라지기 때문에, 왼쪽과 오른쪽에서 필터링되는 영역대가 달라진다. 이것은 간단하게 서로 다른 마그논결정이 붙여져 있는 형태로 여겨질 수 있어, 필터링 영역대가 더 넓어질 수 있는 장점이 있다.

[0061] 이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 이러한 실시예에 한정되지 않으며, 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위내에서 실시할 수 있는 다양한 형태의 실시예들을 모두 포함한다.

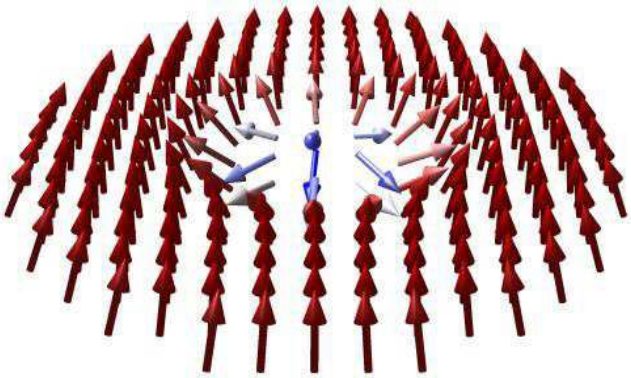
부호의 설명

[0062]

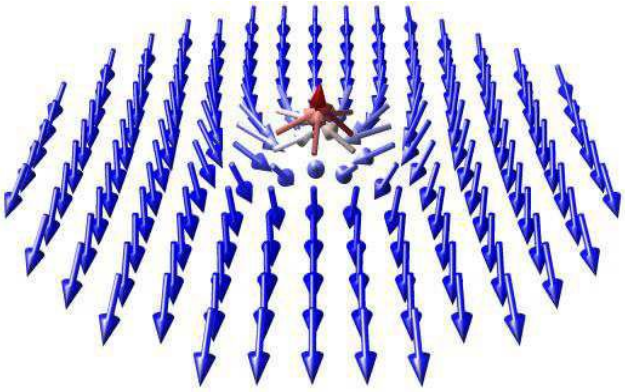
1: 상부층	2: 하부층
3: 단일층	
10: 도파로	20: 스커미온 영역
30: 자구 영역	40: 접합부
100: 필터링 소자	

도면

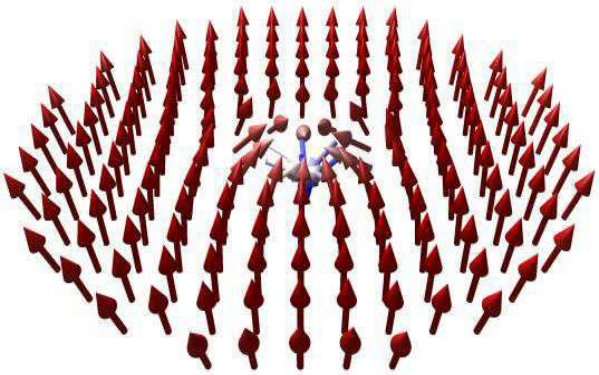
도면1



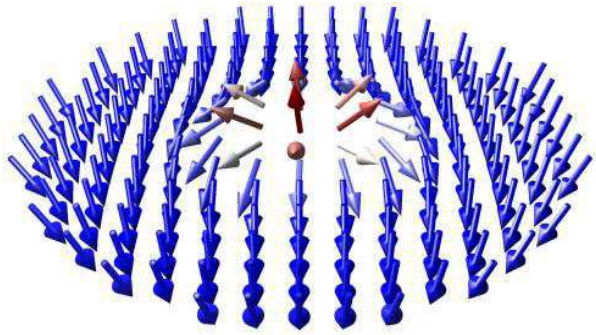
도면2



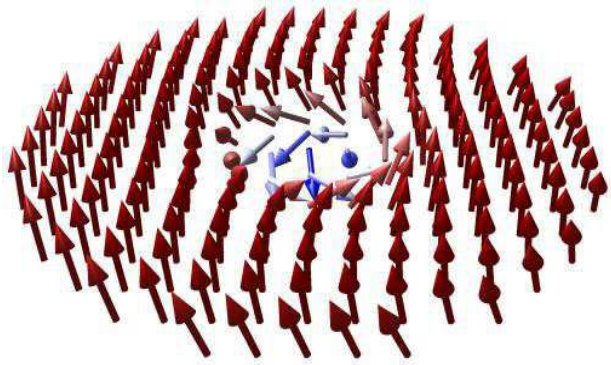
도면3



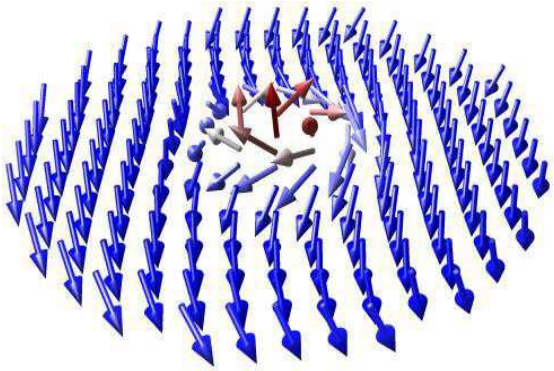
도면4



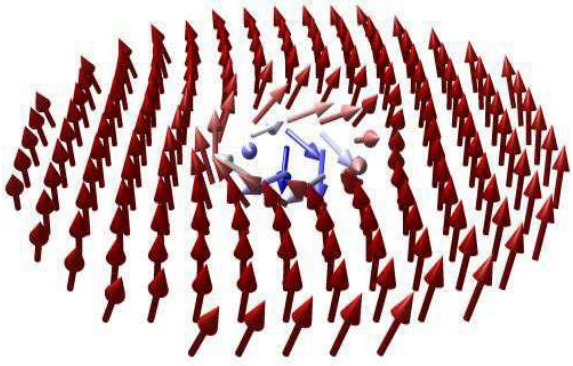
도면5



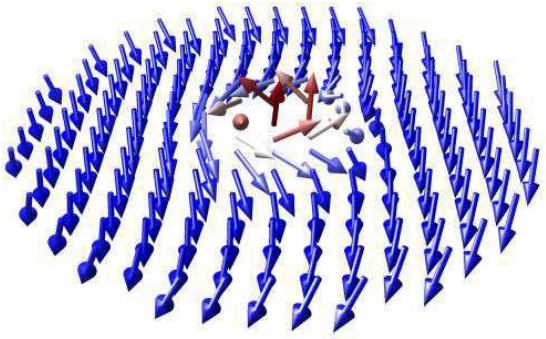
도면6



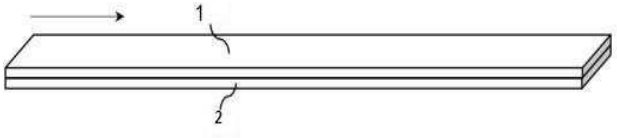
도면7



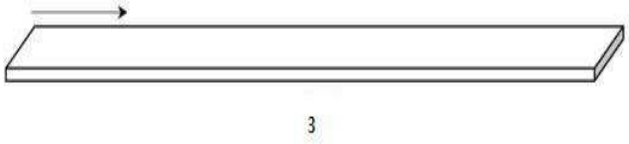
도면8



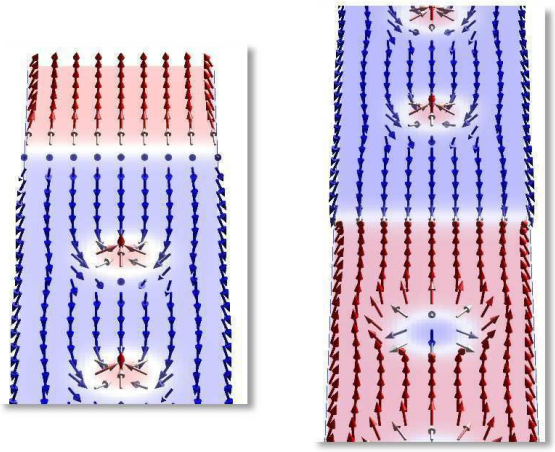
도면9



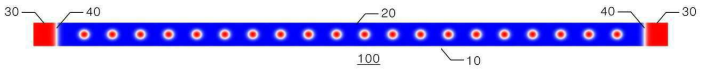
도면10



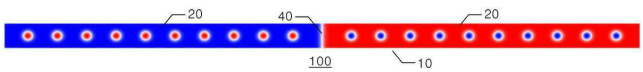
도면11



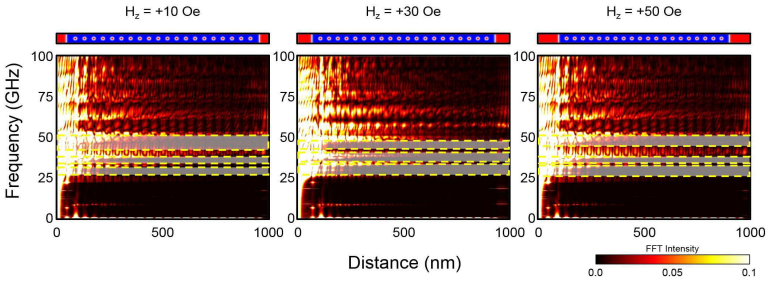
도면12



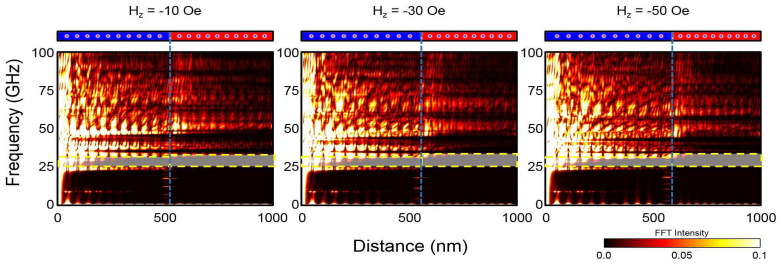
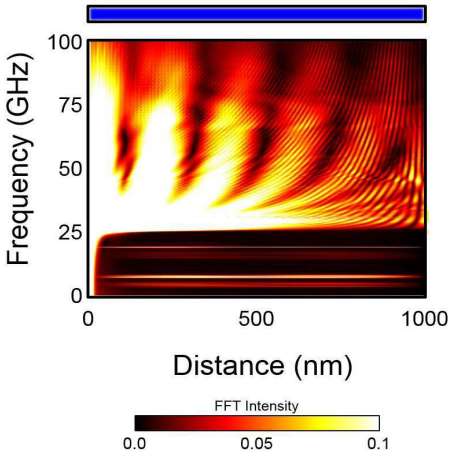
도면13



도면14



도면15



도면16