



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01L 27/10 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년11월27일 10-0650115 2006년11월20일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2005-0064748 2005년07월18일 2005년07월18일	(65) 공개번호 (43) 공개일자
----------------------------------	---	------------------------

(73) 특허권자	인하대학교 산학협력단 인천 남구 용현동 253 인하대학교
(72) 발명자	유천열 인천 연수구 동춘동 조흥 아파트 101-202
(74) 대리인	이원희

심사관 : 정병홍

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 금속 나선 박막의 비선형적 전도특성을 이용한 나노 전자소자

(57) 요약

본 발명은 나선 구조의 금속 박막에서 외부 자기장과 전류 방향 및 나선 구조의 회전방향의 상대적인 방향에 따른 전도특성의 변화 현상과 그 비선형적 전도 현상을 이용한 금속 나선 박막의 비선형적 전도특성을 이용한 나노 전자 소자에 관한 것이다.

이러한 본 발명은 나선 구조로 제작된 박막의 양단에 전압을 인가하고 외부에서 자기장을 인가하면 박막 내부의 전기장, 자기장, 그리고 나선 구조의 상대적인 방향성에 따라서 저항값이 크게 바뀌게 되고, 이는 결국 주어진 자기장의 방향아래에서는 전류의 방향에 따라서 저항값이 크게 바뀌는 마치 다이오드와 같은 특성을 보이게 되고, 주어진 전류 방향에 대해서는 자기장의 방향을 바꾸면 저항값이 상대적으로 변하는 자기 저항의 특성을 보이게 됨을 이용한 나노 전자 소자를 제공할 수 있게 됨에 따라 반도체 소자들의 나노 크기의 소형화에 따른 물리적인 한계를 극복할 수 있도록 한 것이다.

대표도

도 3

특허청구의 범위

청구항 1.

나선 구조의 금속 박막의 상부 및 하부에 전극을 형성하고, 상기 전극에 전압을 인가하여 전기장을 형성하면서 외부에서 자기장을 인가하여 상기 나선 구조의 금속 박막이 비선형적 전도 특성을 가지는 소자로 동작하도록 함을 특징으로 하는 금속 나선 박막의 비선형적 전도특성을 이용한 나노 전자 소자.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 나선 구조의 금속 박막은

자성체나 자성체의 다층 박막으로 형성된 것을 특징으로 하는 금속 나선 박막의 비선형적 전도특성을 이용한 나노 전자 소자.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 나선 구조의 금속 박막은

초전도체로 형성된 것을 특징으로 하는 금속 나선 박막의 비선형적 전도특성을 이용한 나노 전자 소자.

청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 상부 및 하부 전극은

강자성체 또는 강자성체의 합금 등의 3족 전이원소 합금과 희토류 원이 금속 합금이거나 또는 강자성체와 비강자성체의 다층 박막으로 형성되는 것을 특징으로 하는 금속 나선 박막의 비선형적 전도특성을 이용한 나노 전자 소자.

청구항 5.

제 4 항에 있어서, 상기 강자성체는

Co, Fe, Ni이고, 강자성체의 합금은 CoFe, NiFe 이며, 비강자성체는 Pd, Pt, Ir, Cr, Cu, Au, Ag 등의 귀금속류 및 그 합금인 것을 특징으로 하는 금속 나선 박막의 비선형적 전도특성을 이용한 나노 전자 소자.

청구항 6.

제 1 항에 있어서, 상기 자기장은

나선 구조의 금속 박막의 외부에서 영구자석이나 전자석을 이용하여 인가하는 것을 특징으로 하는 금속 나선 박막의 비선형적 전도특성을 이용한 나노 전자 소자.

청구항 7.

나선 구조의 금속 박막의 상부 및 하부에 전극을 형성하고, 상기 전극에 전압을 인가하여 전기장을 형성하면서 외부에서 자기장을 인가하여 상기 나선 구조의 금속 박막이 비선형적 전도 특성을 가지는 소자로 동작하도록 하되, 상기 나선 구조의 금속 박막 내부의 전기장, 외부에서 가해지는 자기장 및 나선 구조의 회전 방향에 따라서 상기 나선 구조의 금속 박막의 저항값이 크게 바뀌게 됨을 이용하도록 된 것을 특징으로 하는 금속 나선 박막의 비선형적 전도 특성을 이용한 금속 다이오드.

청구항 8.

제 1 항에 따른 나노 전자 소자에서, 고정된 전기장의 방향과 나선 구조의 방향에 대해, 상기 자기장의 자화방향 또는 상기 전극을 형성하는 자성체의 자화 방향 또는 나선 구조를 형성하는 자성체의 자화방향에 따라서 발생하는 저항 값의 변화를 이용하도록 된 것을 특징으로 하는 금속 나선 박막의 비선형적 전도 특성을 이용한 자기저항소자.

청구항 9.

서로 다른 방향의 나선 구조의 금속 박막 사이에 사이 전극을 형성하고, 상기 서로 다른 방향의 나선 구조의 금속 박막의 상부 및 하부에 상부 및 하부 전극을 형성하여, 상기 사이 전극, 상부 및 하부 전극간의 상대적인 전위차를 조절하여 상기 전극들 간의 저항값의 변화에 따라 상기 나선 구조의 금속 박막을 흐를 수 있는 전류 값을 조절 가능토록 된 것을 특징으로 하는 금속 나선 박막의 비선형적 전도특성을 이용한 나노 전자 소자.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 금속 나선 박막에서의 비선형적 전도 특성을 이용한 소자에 관한 것으로, 특히 나선 구조의 금속 박막에서 외부 자기장과 전류 방향 및 나선 구조의 회전방향의 상대적인 방향에 따른 전도특성의 변화 현상과 그 비선형적 전도 현상을 이용한 금속 나선 박막의 비선형적 전도특성을 이용한 나노 전자 소자에 관한 것이다.

최근 전자 산업의 발전은 소자의 소형화에 의한 가격 경쟁력과 성능의 향상에 그 핵심이 있다고 할 수 있으며, 문제는 현재의 반도체 산업의 기간이 되는 반도체 기술이 나노 스케일로 소형화를 시킴에 있어서 여러 가지 물리적인 한계점이 대두되고 있다는 것이다.

나노 스케일 소자의 제작 자체도 어렵지만 이 문제를 극복한다 하더라도 반도체 소자 자체의 물리적 특성이 나노 스케일의 선풍을 가질 경우에 신호를 운반하는 운반자들의 수가 작아짐으로 생기는 신호대 잡음비의 악화와 큰 저항으로 인한 열의 발생과 낮은 열전도율에 의한 냉각의 문제는 실로 심각한 문제가 아닐 수 없다. 특히 열의 발생은 결국 더 큰 에너지의 소모를 의미하고, 이 문제는 에너지 소모와도 직결되는 문제이다.

또한, 현재 발전 추세인 휴대용 기기들에 있어서도 저전력 소모란 매우 중요한 인자이므로 열의 발생을 억제하는 것은 매우 중요한 문제가 된다. 따라서 반도체를 대체할 신소자의 개발의 중요성을 인식한 세계 각국은 엄청난 액수의 연구비를 들여서 가능성 있는 새로운 기능성 소자들에 대한 연구를 수행하고 있다.

특히, 나노 기술의 개발과 더불어서 기존의 반도체 기술의 기초가 되는 다이오드나 트랜지스터와 비슷한 작동을 하면서도 반도체 소자가 가지는 소형화의 문제를 극복할 수 있는 소자에 대한 개발은 향후 전자 산업 전반에 걸쳐서 매우 중요한 원천 기술이므로 치열한 경쟁을 벌이고 있는 상황이다.

한편, 금속 다이오드의 경우는 금속 고유의 특성인 다수의 자유전자로 인해서 나노 스케일의 선풍에서도 충분히 많은 수의 운반자를 확보하고 있고, 낮은 저항 값으로 인해 열 발생을 최소화시킬 수 있으며, 발생된 열도 높은 열전도도에 의해서 쉽게 외부로 유출시킬 수 있는 장점이 있다.

그러나, 금속으로 제작된 소자는 소위 오옴의 법칙이라고 알려져 있는 선형적인 전류-전압의 관계에 의해서 저항 값이 전류나 전압에 상관없이 일정한 값을 보이기 때문에, 비선형적인 다이오드 등의 제작이 불가능하다고 여겨졌다.

즉, 다이오드와 같은 비선형 전도성을 보이기 위해서는 소자의 전도성 자체가 전압이나 전류에 대해서 비선형적이어야 하므로, 금속이 가지고 있는 우수한 특성을 활용할 수 없었다.

따라서 관건은 결국 우수한 전도적 특성을 가지는 금속의 전도성을 어떻게 비선형적으로 만들 수 있는가에 있다.

실제로 나노 기술의 가장 큰 성공 사례로 알려지고 이미 상용화되어 하드 디스크의 재생 헤드로 널리 사용되고 있는 거대 자기 저항(Giant Magnetoresistance: GMR) 현상도 이웃한 두 강자성층 사이의 저항이 즉, 전도도가 두 층의 상대적 자화 방향에 영향을 받는 비선형성을 이용한 소자이고, 차세대 비휘발성 메모리로 활발히 연구되고 있는 MRAM (Magnetoresistive Random Access Memory) 나 PRAM(Phase Change RAM), RRAM(Registive RAM) 등의 소자들도 모두 전도도의 비선형성이나 소자의 상태에 따른 급격한 변화에 그 동작 원리를 두고 있다.

나선 구조의 금속 박막의 제작 방법은 이미 특허가 출원된 바 있고(K. J. Robbie and M. J. Brett, US patent No. 5,866,204(1999)), 이에 나선 구조의 박막의 제작에 관련된 많은 연구가 선행되어 있다(K. Robbie, J. C. Sit and M. J. Brett, J. Vac. Sci. Technol. B. 16, 1115 (1998)).

특히 Azzam(R. M. A. Azzam, Appl. Phys. Lett. 61, 3118 (1992))이 제안한 바와 같이 나선형 구조를 가지는 박막에서 키랄(Chiral) 방향에 의존하는 광학적 활성이 실험적으로 관측되어 1999년에 Nature지에 보고 되어 많은 관심을 끌게 된 바 있다(K. Robbie, M. J. Brett, and A. Lakhtakia, Nature 384, 616 (1996)).

이 광학적 활성이 가능한 이유는 바로 나선 구조의 길이 스케일이 빛의 파장과 비슷한 크기를 가지기 때문으로 알려져 있는데, 이에 많은 나선 구조의 박막에 관련된 연구가 광학 활성에 관련되어서 수행되고 있다.

도 1은 US 5,866,204 호에 따르는 나선 구조로 제작된 전형적인 금속 박막을 나타낸 것으로, 나선형 박막은 GLAD (GLancing Angle Deposition) 방법을 사용하며, 이 증착 방법의 개략도는 도 2와 같다.

도 2와 같이, 박막을 증착할 때 증착하고자 하는 증기(Vapor)의 입사각 α 를 거의 90도에 가까운 각도로 설정하고, 기판(Substrate)을 일정한 각속도를 가지도록 회전하면 박막의 셀프 섀도잉(Self Shadowing) 효과에 의해서 도 1과 같은 형태의 나선 구조를 가지는 박막을 성장시킬 수 있다.

이때, 나선의 키랄(Chiral) 방향은 기판의 회전방향에 의해서 정해지기 때문에 쉽게 결정시킬 수 있고, 나선의 피치(Pitch)나 두께, 반지름 등은 쉽게 조절 가능한 증착 속도와 기판의 회전 각속도의 함수로 결정된다.

Robbie등의 연구에 있어서는 주 관심사가 광학적 활성이기 때문에 나선 구조의 반지름 등의 스케일의 크기를 빛의 파장과 비슷한 크기가 되도록 결정하였는데, 증착물과 회전 속도를 조절하면 수 nm에서 수 μm 영역의 반지름을 가지는 나선 구조의 박막 제작이 가능하다.

따라서 이러한 나선 구조의 금속 박막을 이용하여 반도체 소자들의 나노 크기의 소형화에 따른 물리적인 한계를 극복하고자 하는 방안들이 모색되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 이러한 점을 감안한 것으로, 본 발명의 목적은 나선 구조의 금속 박막에서 외부 자기장과 전류 방향 및 나선 구조의 회전방향의 상대적인 방향에 따른 전도특성의 변화 현상과 그 비선형적 전도 현상을 이용하여 금속 나선 박막이 비선형 소자의 기능을 수행할 수 있도록 함으로써 반도체 소자들의 나노 크기의 소형화에 따른 물리적 한계를 극복할 수 있도록 한 나선 금속 박막의 비선형적 전도 특성을 이용한 나노 전자 소자를 제공함에 있다.

발명의 구성

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 금속 나선 박막의 비선형적 전도특성을 이용한 나노 전자 소자는, 나선 구조의 금속 박막의 상부 및 하부에 전극을 형성하고, 상기 전극에 전압을 인가하여 전기장을 형성하면서 외부에서 자기장을 인가하여 상기 나선 구조의 금속 박막이 비선형적 전도 특성을 가지는 소자로 동작하도록 함을 특징으로 한다.

상기 나선 구조의 금속 박막은 자성체나 자성체의 다층 박막 또는 초전도체로 형성되며, 상기 상부 및 하부 전극은 강자성체 또는 강자성체의 합금 등의 3족 전이원소 합금과 희토류 전이 금속 합금이거나 또는 강자성체와 비강자성체의 다층 박막으로 형성되며, 상기 자기장은 나선 구조의 금속 박막의 외부에서 영구자석이나 전자석을 이용하여 인가하는 것을 특징으로 한다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 단, 하기 실시 예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 내용이 하기 실시 예에 한정되는 것은 아니다.

본 발명은 GLAD 방법을 사용해서 제조된 나선 구조 금속 박막의 전도 특성을 바탕으로 반도체 기본 소자인 다이오드와 같은 비선형 소자의 기능을 수행할 수 있는 소자 및 이 소자가 외부 자기장의 방향에 따라서 저항이 바뀌므로 일종의 자기 저항 소자로서 활용이 가능토록 하고자 한다.

도 3은 도 1과 같은 금속 나선 박막(10)의 상부 및 하부에 전극(20),(30)을 형성한 것이다.

상기 금속 나선 박막(10)은 자성체나 자성체의 다층 박막으로 만들어지거나 또는 초전도체로 만들어 질 수 있다.

상기 전극(20),(30)은 강자성체(Co, Fe, Ni) 또는 강자성체의 합금(CoFe, NiFe 등) 등의 3족 전이원소 합금과 희토류 전이 금속 합금이거나 또는 비강자성체(Pd, Pt, Ir, Cr, Cu, Au, Ag)등의 귀금속류 및 그 합금 등의 다층 박막으로 형성된다.

이와 같이 금속 나선 박막(10)의 상부 및 하부에 각각 전극(20),(30)을 형성하고, 전압을 인가하면 나선 구조 안에는 전기장이 생성된다.

이때, 외부에서 영구자석이나 전자석을 이용하여 자기장을 인가하거나 자성층으로 된 전극에서 발생하는 자기장에 의해서 나선 구조안의 전하들은 전기장 E와 자기장 B가 동시에 존재하는 공간에서 다음 식과 같은 로렌츠 힘을 받아서 운동하게 된다.

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

나선 구조 속의 전하들은 자기장에 수직한 평면상에서 회전 운동을 하게 되는데, 이때 회전 방향은 전하의 부호에 따라 결정된다. 또 전하의 부호에 따라서 전기장의 방향과 평행, 혹은 반 평행 방향으로도 힘을 받게 된다.

만약, 전하들이 아무런 충돌이 없이 운동을 한다면 전기장에 의해서는 등가속도 운동을 하겠지만 고체 내부에 존재하는 여러 가지 산란 현상으로 인해서 소위 유동 속도(Drift Velocity : v_d)라는 일정한 속도로 움직이는 운동이 된다.

따라서 전기장과 자기장이 동시에 존재하는 공간에서 전하들은 자기장에 수직한 방향의 회전 운동과 전기장 방향의 등속도 운동을 하게 되는데, 만약 전기장과 자기장이 서로 수평이라면 도 4와 같은 나선운동을 하게 된다.

실질적으로 나선 내부의 전기장의 분포는 구체적인 나선 구조의 미세 구조에 영향을 받기 때문에 정확한 기술이 어렵지만, 중요한 것은 전기장과 자기장에 의해서 전하들이 한쪽 방향으로 회전을 하는 나선 운동류의 움직임을 보인다는 것이다.

따라서 나선구조의 회전방향과 전기장, 자기장에 의한 나선 운동의 방향이 일치하고, 나선의 기하학적 크기가 전하들이 움직이는 크기와 비슷할 경우 전하들은 나선 구조를 따라서 움직이기 때문에 나선의 표면에 의한 산란이 거의 없게 된다.

반면, 나선 구조의 방향과 전자들의 회전 방향이 일치하지 않는 경우는 나선 구조와 전하들의 움직임이 일치하지 않기 때문에 나선 구조의 표면에서 많은 산란을 일으키게 된다.

결국, 전하들이 느끼는 유효 표면 산란 면적이 전기장과 자기장의 방향, 그리고 나선 구조의 회전 방향에 의해서 변화하게 되므로 결과적으로 고정된 자기장의 방향과 나선 구조에 대해서는 전기장의 방향, 즉 전류의 방향에 따라서 저항값이 바뀌는 특성을 보이게 된다.

또한, 정해진 전기장의 방향, 나선 구조의 방향에 대해서는 외부 자기장, 또는 전극층을 형성하는 자성체의 자화 방향, 또는 나선 구조를 형성하는 자성체의 자화방향에 따라서 저항값이 바뀌는 자기 저항 소자의 동작이 가능해 진다.

따라서 도 5와 같이, 다이오드와 비슷한 특성을 지니는 비선형적인 전도 특성을 가지는 소자의 동작이 가능하다. 즉, 도 5는 전류의 방향과 자기장의 방향에 따른 전도 특성의 변화를 도식적으로 나타낸 것으로, 도 5의 우변의 그림과 같이 전류-전압 특성 곡선이 전압이 역전압에서 순방향 전압으로 변함에 따라 매우 큰 저항에서 작은 저항으로 변하는 다이오드와 같은 동작을 할 것이며, 이때, 이 전도 특성은 자기장의 방향을 바꾸게 되면 반대로 역전압 하에서 작은 저항을 가지게 된다. 또, 정해진 전압하에서 자기장의 방향을 바꾸면 저항값이 변하는 일종의 자기 저항 소자로 동작 할 것이다.

또한, 도 6과 같이, 도 3에서 사이 전극(40)을 추가 구성하고, 서로 다른 방향의 금속 나선 박막(10a),(10b)을 증착하는 경우, 세 전극(20),(30),(40) 간의 상대적인 전위차를 조절하게 되면 상기 전극(20),(30),(40)들 간의 저항값이 바뀌므로 결국 흐를 수 있는 전류의 값을 조절할 수 있게 된다.

상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 또는 변형하여 실시할 수 있다.

발명의 효과

이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명은 나선 구조로 제작된 금속 박막의 양단에 전압을 인가하고 외부에서 자기장을 인가하면 박막 내부의 전기장, 자기장 및 나선 구조의 상대적인 방향성에 따라서 저항값이 크게 바뀌게 되고, 이는 결국 주어진 자기장의 방향아래에서는 전류의 방향에 따라서 저항값이 크게 바뀌는 마치 다이오드와 같은 특성을 보이게 되며, 주어진 전류 방향에 대해서는 자기장의 방향을 바꾸면 저항값이 상대적으로 변하는 자기저항의 특성을 보이게 되므로 결국 반도체 소자들의 나노 크기의 소형화에 따른 물리적인 한계를 극복할 수 있는 금속 다이오드나 자기 저항 소자 등을 얻을 수 있게 되는 효과가 있다. 또한, 본 발명은 이러한 자기 저항 특성을 이용한 자기 센서 소자나 다이오드 특성을 이용한 회로 소자의 응용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

도 1은 나선 구조로 제작된 전형적인 금속 박막을 나타낸 도.

도 2a 및 도 2b는 GLAD 방법의 개략도와 자라난 나선 구조 박막의 개략도.

도 3은 본 발명의 구현을 위해 나선 구조 박막의 상부 및 하부에 전극을 형성한 도.

도 4는 도 3에서 전기장과 자기장이 인가된 경우 전자의 움직임 모식도.

도 5는 본 발명에서의 나선 구조를 이용한 비선형적 전도 특성을 나타낸 도.

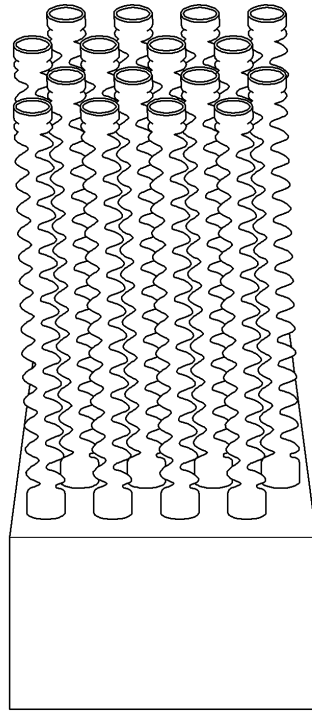
도 6은 본 발명에 따라 서로 방향이 다른 두 나선 구조를 사이 전극을 두고 증착한 구조도.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

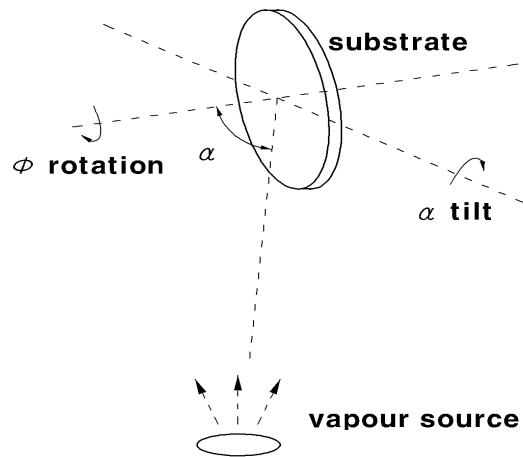
10,10a,10b : 금속 나선 박막 20,30,40 : 전극

도면

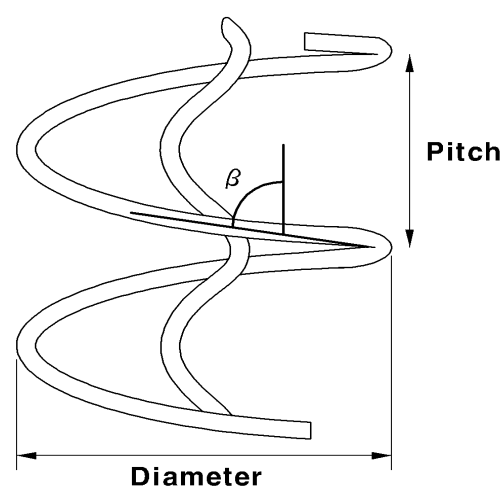
도면1



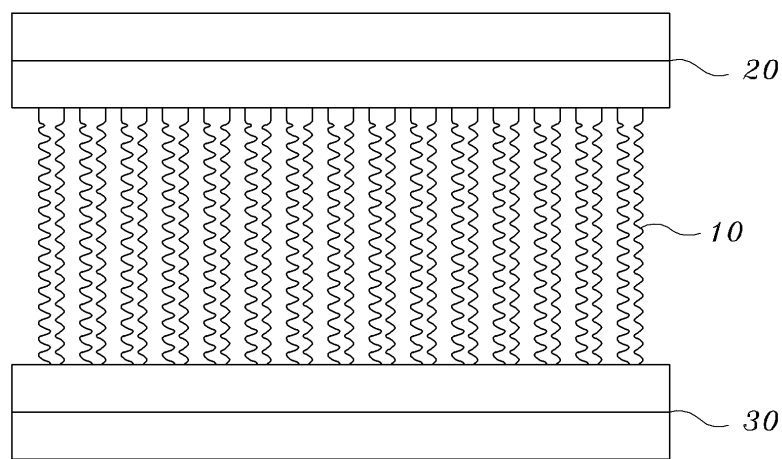
도면2a



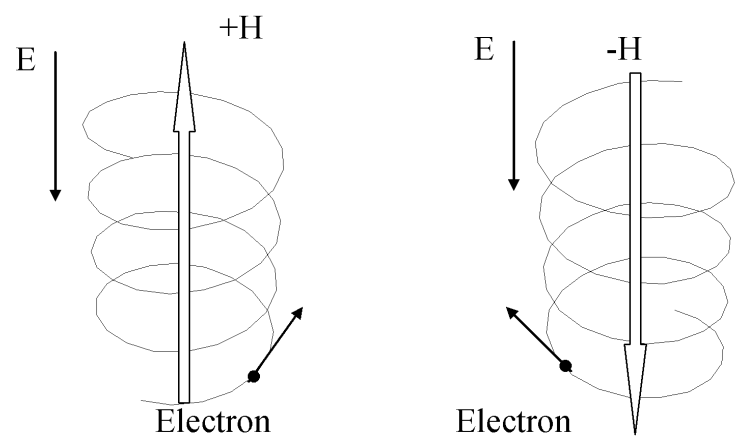
도면2b



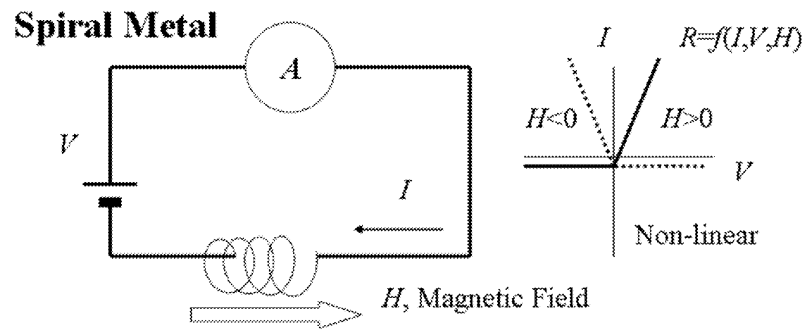
도면3



도면4



도면5



도면6

