



등록특허 10-2808914



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년05월19일

(11) 등록번호 10-2808914

(24) 등록일자 2025년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01F 7/16 (2006.01) C01B 32/158 (2017.01)
C01B 32/168 (2017.01) F16K 31/06 (2006.01)
H01F 27/28 (2006.01) H01F 3/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H01F 7/1607 (2013.01)
C01B 32/158 (2021.01)

(21) 출원번호 10-2024-0027677

(22) 출원일자 2024년02월27일

심사청구일자 2024년02월27일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020130127679 A*

US20220089441 A1*

JP7340527 B2*

KR1020230154373 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

함명관

인천광역시 연수구 송도과학로27번길 55 롯데캐슬
캠퍼스타운 103동 4503호

(74) 대리인

김수호

전체 청구항 수 : 총 6 항

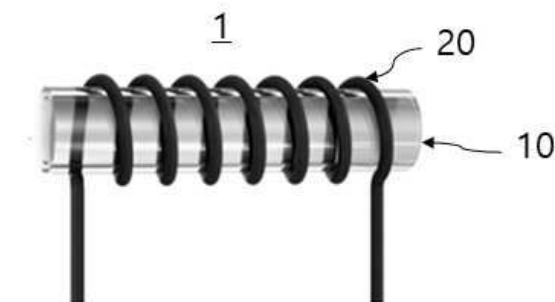
심사관 : 정용택

(54) 발명의 명칭 솔레노이드 및 이를 포함하는 장치

(57) 요약

본 발명은, 솔레노이드 및 이를 포함하는 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 코어; 및 상기 코어 표면을 감는 탄소나노튜브 와이어를 포함하는 코일(coil); 을 포함하는, 솔레노이드 및 이를 포함하는 장치를 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C01B 32/168 (2017.08)

F16K 31/0675 (2013.01)

H01F 27/2823 (2013.01)

C01B 2202/36 (2013.01)

C01P 2004/16 (2013.01)

H01F 2003/005 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

코어; 및

상기 코어의 표면을 감는 탄소나노튜브 와이어를 포함하는 코일(coil);을 포함하고,

상기 코어는 중공형 관이며, 유리, 퀴즈 및 투명폴리머로 이루어진 군에서 선택된 1종 또는 2종 이상을 포함하며,

상기 코어의 직경은 500 nm 내지 800 μm (마이크로미터)이고,

상기 코일은 단일 또는 이중가닥의 탄소나노튜브 와이어를 포함하고,

상기 이중가닥에서 탄소나노튜브 와이어 간의 이격 간격은 10 nm 내지 1 μm (마이크로미터)이며,

상기 탄소나노튜브 와이어의 직경은 15 내지 100 μm 인 것인, 솔레노이드.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 와이어는,

탄소나노튜브 및 전도성 물질을 포함하고,

상기 전도성 물질은, 흑연, 카본 블랙 및 풀러렌로 이루어진 군에서 선택된 1종 또는 2종 이상을 포함하고,

상기 전도성 물질은 구형 입자, 섬유, 튜브, 로드, 와이어 또는 나노플레이트렛 형태를 갖는 것인, 솔레노이드.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 와이어는

이산화탄소 또는 O_2 가스 분위기에서 300 $^{\circ}\text{C}$ 내지 500 $^{\circ}\text{C}$ 온도에서 처리되고,

카르복실기, 하이드록실기 및 아민기 중 적어도 하나 이상으로 표면 개질되며, 상기 전도성 물질 또는 Ar 또는 Ar 및 O_2 혼합가스로 플라즈마처리된 것인, 솔레노이드.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 전도성 물질은 상기 탄소나노튜브 와이어의 표면 코팅된 것인, 솔레노이드.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 솔레노이드는 문턱 전류 1 mA 내지 30 mA; 문턱 전압 1 V 내지 10 V; 및 문턱 전력 0.01 W 내지 0.5 W를 포함하고,

상기 솔레노이드의 자기장은 0.2 G 이상을 구현하는 것인, 솔레노이드.

청구항 8

시료 주입부(100);

상기 시료 주입부에 연결되는 시료가 이동하는 관(200); 및

코어(10)와 상기 코어(10)의 표면을 감는 탄소나노튜브 와이어를 포함하는 코일(20)을 포함하는 솔레노이드(1)가 구비되고, 상기 코일(20)의 양측 말단에 결합되어 상기 코일(20)에 전류를 공급하는 전원부(power source)(2)가 구비되는 솔레노이드 펌프(300);를 포함하되,

상기 시료가 이동하는 관(200)은,

중공형의 상기 코어(10)의 내측을 관통하도록 형성되는, 장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 실시 예들에 따른, 솔레노이드 및 이를 포함하는 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 전자기 시스템에서 주요 구성은 솔레노이드 또는 솔레노이드 밸브가 있다. 솔레노이드는 도선을 촘촘하고 균일하게 원통형으로 길게 감아 만든 기기로서, 에너지변환장치 및 전자석으로 이용될 수 있다. 즉, 전류 인가에 따라 발생하는 자력에 의해 개폐동작이 이루어지는 솔레노이드는 중공의 관 형상으로 이루어진 코어 및 상기 코일에 권선되어 자기장을 발생시키는 코일로 이루어진 자계코어로 구성되어 있다.

[0004] 솔레노이드 코일은 일반적으로 전도성이 우수한 구리 재료의 선재(wire rod)를 이용하고 있으며, 에나멜 등과 같은 절연성 재료로 피복한 구리 재료의 선재를 코어에 권선하게 된다. 최근 구리 재료의 선재에 비해 비용이 매우 저렴한 알루미늄 재료의 선재로 대체하는 경향이 있으나, 알루미늄은 구리에 비해 전기전도도가 낮으므로 동일한 세기의 자력을 발생시키기 위해서는, 구리 재료의 선재를 사용할 경우의 권선 수에 대비하여 훨씬 많은 알루미늄 재료의 선재를 사용해야한다.

[0005] 이에 구리 재료의 선재를 대체할 수 있고, 향상된 성능을 갖는 새로운 솔레노이드 코일 재료의 개발이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은, 상기 언급된 문제점을 해결하기 위해서, 탄소나노튜브 와이어를 이용하여 효율이 향상된 전자기 시스템(예: 솔레노이드, 모터, 펌프, 전자밸브 등) 및 이를 포함하는 장치를 제공하는 것이다.
- [0008] 본 발명은, 고효율의 전자기 시스템(예: 솔레노이드, 모터, 펌프, 전자밸브 등)에 의한 전자기 구동을 이용하는 장치를 제공할 수 있다.
- [0009] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 분야 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 일 실시 예에 따른, 솔레노이드는 코어; 및 상기 코어의 표면을 감는 탄소나노튜브 와이어를 포함하는 코일(coil);을 포함할 수 있다.
- [0012] 일 실시 예에 따라, 상기 코어는 중공형 관이며, 상기 코어는 알루미늄, 실리카, 유리, 퀴즈 및 투명폴리머로 이루어진 군에서 선택된 1종 또는 2종 이상을 포함하는 것일 수 있다.
- [0013] 일 실시 예에 따라, 상기 코일은 단일 또는 이중가닥의 탄소나노튜브 와이어를 포함하고, 상기 이중가닥에서 탄소나노튜브 와이어 간의 이격 간격은 0 내지 1 μm (마이크로미터)이고, 상기 탄소나노튜브 와이어의 직경은 15 내지 100 μm 인 것일 수 있다.
- [0014] 일 실시 예에 따라, 상기 탄소나노튜브 와이어는, 탄소나노튜브 및 전도성 물질을 포함하고, 상기 전도성 물질은, 흑연, 카본 블랙 및 풀러렌으로 이루어진 군에서 선택된 1종 또는 2종 이상을 포함하고, 상기 전도성 물질은 구형 입자, 섬유, 튜브, 로드, 와이어 또는 나노플레이트렛(Nano Platelets) 형태를 갖는 것일 수 있다.
- [0015] 일 실시 예에 따라, 상기 탄소나노튜브 와이어는, 이산화탄소 또는 O_2 가스 분위기에서 300 $^{\circ}\text{C}$ 내지 500 $^{\circ}\text{C}$ 온도에서 처리되고, 카르복실기, 하이드록실기 및 아민기 중 적어도 하나 이상으로 표면 개질되며, 상기 전도성 물질 또는 Ar 또는 Ar 및 O_2 혼합가스로 플라즈마처리된 것일 수 있다.
- [0016] 일 실시 예에 따라, 상기 전도성 물질은 상기 탄소나노튜브 와이어의 표면 코팅된 것일 수 있다.
- [0017] 일 실시 예에 따라, 상기 솔레노이드는 문턱 전류 1 mA 내지 30 mA; 문턱 전압 1 V 내지 10 V; 및 문턱 전력 0.01 W 내지 0.5 W를 포함하고, 상기 솔레노이드의 자기장은 0.2 G 이상을 구현하는 것일 수 있다.
- [0018] 일 실시 예에 따른, 장치는 본 발명의 솔레노이드;를 포함하는 것일 수 있다.
- [0019] 일 실시 예에 따라, 상기 장치는, 솔레노이드 모터, 솔레노이드 펌프 또는 솔레노이드 전기밸브를 포함하는 것일 수 있다.
- [0020] 일 실시 예에 따라, 상기 장치는, 시료 주입부; 전원부(power source); 및 상기 시료 주입부와 연결되고 시료가 이동하는 관 중 적어도 일부분에 형성된 솔레노이드 모터;를 포함하고, 상기 솔레노이드 모터는 본 발명의 솔레노이드로 구성된 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명은, 탄소나노튜브 와이어로 구성된 솔레노이드 코일을 적용하여 고효율의 전자기 시스템(예: 솔레노이드 모터, 펌프, 전자밸브 등) 및 이를 이용한 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 일 실시 예에 따른, 본 발명의 솔레노이드(1) 구성을 예시적으로 나타낸 것이다.
- 도 2는 일 실시 예에 따라, (a) 탄소나노튜브 와이어 기반 솔레노이드 코일 및 (b) 구리 와이어 기반 솔레노이드 코일로 이루어진 솔레노이드의 사진 및 광학 이미지를 나타낸 것이다.
- 도 3은 일 실시 예에 따라, 도 2의 솔레노이드에 의한 전류 온 및 오프에 따른 자기장 값의 변화를 나타낸 것이다.
- 도 4는 일 실시 예에 따라, 탄소나노튜브 와이어의 결함 사이트 수에 따른 자기장 값의 변화를 나타낸 것이다.

도 5는 일 실시 예에 따라, 탄소나노튜브 와이어의 결합 사이트를 기준으로 루프 반지름 확장에 따른 자기장 값의 변화를 나타낸 것이다.

도 6은 일 실시 예에 따라, 본 발명의 탄소나노튜브 와이어 기반 솔레노이드 펌프 시스템의 구성을 예시적으로 나타낸 것이다.

도 7은 일 실시 예에 따라, 도 6의 탄소나노튜브 와이어 기반 솔레노이드 펌프를 이용한 나노입자 용액의 펌핑 공정에 대한 이미지를 나타낸 것이다.

도 8은 일 실시 예에 따라, 탄소나노튜브 와이어 기반 솔레노이드 펌프 및 구리 와이어 기반 솔레노이드 펌프의 전류 온/오프에서 자기장 값의 변화 및 유량 변화를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 본 발명의 솔레노이드 및 이를 포함하는 장치에 대하여 실시예 및 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본 발명이 이러한 실시예 및 도면에 제한되는 것은 아니다.
- [0027] 일 실시 예에 따라, 도 1은 본 발명의 솔레노이드(1)의 구성을 예시적으로 나타낸 것으로, 도 1에서 솔레노이드(1)는 코어(10) 및 코어(10)의 표면을 감는 탄소나노튜브 와이어를 포함하는 코일(coil)(20); 을 포함할 수 있다. 즉, 솔레노이드(1)은 고효율 전자기 시스템을 구현할 수 있다.
- [0029] 일 실시 예에 따라, 코어(10)는 자기장 형성을 위한 코일(20)이 권선되고 이들을 지지하거나 자기장의 형성에 도움을 줄 수 있는 지지부이며, 중공형 관(즉, 튜브) 형태일 수 있다. 예를 들어, 코어(10)는 금속(예: 철), 합금, 알루미늄, 실리카, 유리, 퀴즈, 및 폴리머(예: 투명 폴리머) 중 1종 또는 2종 이상을 포함할 수 있다. 상기 코어(10)의 직경(또는, 폭)은 나노 크기 이상으로, 나노 내지 수십 밀리미터(mm)의 중공형 관일 수 있다. 예를 들어, 코어(10)는 솔레노이드의 용도에 따라 펌핑 등을 위해 유연성 또는 탄성을 갖는 것일 수 있다. 예를 들어, 상기 코어(10)의 직경(또는, 폭)은 50 nm 내지 10 mm; 100 nm 내지 1000 μm (마이크로미터); 500 nm 내지 800 μm (마이크로미터); 1 μm (마이크로미터) 내지 800 μm (마이크로미터); 또는 10 μm (마이크로미터) 내지 300 μm (마이크로미터)일 수 있다.
- [0031] 일 실시 예에 따라, 코일(coil)(20)은 코어(10)의 표면에 따라 권선되고 자기장 발생을 위한 탄소나노튜브 와이어를 포함할 수 있다. 탄소나노튜브(CNT)는 탄소 6개로 이루어진 육각형들이 서로 연결되어 원통형 모양의 나노 구조를 지니는 탄소의 동소체로서, 탄소나노튜브는 기계적 특성(예: 강도), 전기적 특성(예: 전기 전도도) 및 열적 특성(예: 열전도율)이 우수한 재료이다. 상기 탄소나노튜브 와이어는 탄소나노튜브 구조체를 밀집하여 와이어 형태(또는, 섬유 또는 필라멘트) 형태로 제작한 것으로, 유연하면서 높은 강도 및 전기 전도성을 나타낼 수 있다.
- [0033] 일 실시 예에 따라, 상기 탄소나노튜브 와이어는 15 내지 100 μm 직경(즉, 폭)을 가지며, 단일 가닥 또는 이중 가닥으로 코어(10) 상에 권취될 수 있다. 예를 들어, 이중 가닥은 탄소나노튜브(CNT) 와이어들이 접촉하거나 꼬여진 상태일 수 있다. 또는 이중 가닥은 탄소나노튜브(CNT) 와이어들이 0 nm 내지 1 μm (마이크로미터); 0 nm 초과 내지 1 μm (마이크로미터); 10 nm 내지 1 μm (마이크로미터); 100 nm 내지 0.8 μm (마이크로미터); 또는 200 nm 내지 0.5 μm (마이크로미터) 이격 간격으로 권선될 수 있다.
- [0035] 일 실시 예에 따라, 상기 탄소나노튜브 와이어는 탄소나노튜브의 집합체로서, 탄소나노튜브 와이어는 열처리 및/또는 표면 처리된 탄소나노튜브를 포함하거나 탄소나노튜브 와이어 자체가 열처리 및/또는 표면 처리될 수 있다. 이러한 열처리 및 표면개질을 통해 유연성 및 강도가 개선되고, 고효율의 전자기 시스템(즉, 솔레노이드)를 제공할 수 있다. 예를 들어, 상기 열처리는 이산화탄소 또는 산소(O_2) 가스 분위기에서 300 $^{\circ}\text{C}$ 내지 500 $^{\circ}\text{C}$; 또는 400 $^{\circ}\text{C}$ 내지 500 $^{\circ}\text{C}$ 온도에서 30분 내지 3 시간 동안 열처리된 것일 수 있다. 이러한 열처리를 통해 탄소나노튜브의 순도를 높이고, 유연성 및 강도를 향상시킬 수 있다.
- [0037] 일 실시 예에 따라, 상기 표면개질은 카르보닐기, 카르복실기, 히드록실기, 시아노기 카르복실기 및 아민기 중 적어도 하나 이상으로 표면 개질된 것일 수 있다. 이러한 표면 개질을 통해 유연성 및 강도가 개선된 탄소나노튜브 와이어를 제공할 수 있다. 상기 표면개질은 산화제(아세트산 용액 및 과망간산칼륨); 및 테트라프로필암모늄 클로라이드, 테트라프로필암모늄 하이드록사이드, 테트라부틸암모늄 브로마이드, 테트라부틸암모늄 클로라이드, 테트라부틸암모늄 하이드록사이드 중 적어도 하나를 포함하는 암모늄염을 포함하는 수용액 내에서 하이드록실기로 표면개질될 수 있다. 여기서 아세트산 : 과망간산칼륨 : 암모늄염의 질량비(w/w)는 10 : 0.1 내지 0.3

: 0.3 내지 0.5이며, 상온 (25 ℃) 내지 30 ℃ 온도에서 12 내지 15 시간 교반하여 반응시킨 이후에 건조할 수 있다.

[0039] 일 실시 예에 따라, 상기 표면개질은 Ar 또는 Ar+O₂ 혼합가스로 플라즈마처리되어 표면개질되거나 코로나방전에 의한 표면개질될 수 있다. 예를 들어, 상기 코로나방전은 고에너지의 레디컬이나 이들 주위의 오존, 산소, 질소, 수분 등이 반응하여 카르보닐기, 카르복실기, 히드록실기, 시아노기, 등의 극성관능기가 도입되어 개질된 것일 수 있다. 예를 들어, 플라즈마처리는 진공도 3.0 내지 5.0×10⁻⁵ torr, Plasma voltage 1 내지 1.5kV, Plasma current 100 mA, Ar+O₂ 혼합가스, 공정 주행 속도 1.0 내지 1.5 m/min로 이루어질 수 있다.

[0041] 일 실시 예에 따라, 상기 탄소나노튜브 와이어는, 탄소나노튜브의 집합체로서, 상기 탄소나노튜브 와이어는 이산화탄소 또는 산소(O₂) 가스 분위기에서 300 ℃ 내지 500 ℃; 또는 400 ℃ 내지 500 ℃ 온도에서 30분 내지 3 시간 동안 열처리된 것일 수 있다. 이러한 열처리를 통해 탄소나노튜브 와이어의 순도를 높이고, 유연성 및 강도를 향상시킬 수 있다. 상기 탄소나노튜브 와이어는 카르보닐기, 카르복실기, 히드록실기, 시아노기 카르복실기 및 아민기 중 적어도 하나 이상으로 표면개질된 것일 수 있으며 iodine, Pt, Au 등 과 같은 물질로 도핑된 것일 수 있다. 이러한 표면개질을 통해 유연성 및 강도, 전기전도도가 개선된 탄소나노튜브 와이어를 제공할 수 있다. 상기 표면 개질은 상기 언급한 바와 같다.

[0043] 일 실시 예에 따라, 상기 전도성 물질은 상기 전도성 물질은, 흑연, 카본 블랙 및 폴러렌로 이루어진 군에서 선택된 1종 또는 2종 이상을 포함하고, 이는 탄소나노튜브 와이어의 전자기 생성 효율을 높일 수 있다. 상기 전도성 물질은 구형 입자, 섬유, 튜브, 로드, 와이어 또는 나노플레이트렛 형태를 갖는 것일 수 있다. 예를 들어, 상기 전도성 물질은 1 nm 내지 100 nm의 직경 및/또는 1 μm(마이크로미터)이하의 길이를 갖는 것일 수 있다. 예를 들어, 상기 전도성 물질은 상기 탄소나노튜브 와이어 전체 중량에 대해 0.1 중량% 내지 5 중량%; 또는 0.1 중량% 내지 1 중량%로 포함될 수 있다.

[0045] 일 실시 예에 따라, 상기 전도성 물질은 Ar 또는 Ar+O₂ 혼합가스로 플라즈마처리되어 표면개질되거나 코로나방전에 의한 표면개질될 수 있다. 예를 들어, 상기 코로나방전은 고에너지의 레디컬이나 이들 주위의 오존, 산소, 질소, 수분 등이 반응하여 카르보닐기, 카르복실기, 히드록실기, 시아노기, 등의 극성관능기가 도입되어 개질된 것일 수 있다. 예를 들어, 플라즈마처리는 진공도 3.0 내지 5.0×10⁻⁵ torr, Plasma voltage 1 내지 1.5kV, Plasma current 100 mA, Ar+O₂ 혼합가스, 공정 주행 속도 1.0 내지 1.5 m/min로 이루어질 수 있다.

[0047] 일 실시 예에 따라, 상기 전도성 물질은, 상기 탄소나노튜브 와이어의 표면 코팅되거나 상기 탄소나노튜브에 코팅되어 와이어로 제조될 수 있다.

[0049] 일 실시 예에 따라, 솔레노이드(1)은 구동을 위한 문턱 전류, 문턱 전압 및/또는 문턱 전력은 구리 와이어의 코일에 비하여 낮을 수 있다. 예를 들어, 솔레노이드(1)의 문턱 전류 1 mA 내지 30 mA; 1 mA 내지 20 mA; 1 mA 내지 10 mA; 또는 1 mA 내지 5 mA일 수 있다. 솔레노이드(1)의 문턱 전압은 1 V 내지 10 V; 1 V 내지 8 V; 1 V 내지 5 V; 또는 1 V 내지 3 V일 수 있다. 솔레노이드(1)의 전력은 0.01 W 내지 0.5 W; 0.01 W 내지 0.3 W; 0.01 W 내지 0.2 W; 0.01 W 내지 0.1 W; 또는 0.01 W 내지 0.02 W일 수 있다. 일 실시 예에 따라, 솔레노이드(1)의 자기장은 0.2 G 이상을 구현할 수 있으며, 이는 언급된 문턱 전류, 문턱 전압 및/또는 문턱 전력에 의해 획득할 수 있다. 예를 들어, 구리 솔레노이드 코일에 비하여 월등하게 높은 외부 자기장을 생성할 수 있다. 상기 "문턱"은 전자기 특성 구현을 위한 초기 문턱값(또는, 임계값; threshold)에 해당될 수 있다.

[0050] 일 실시 예에 따라, 도 4와 도 5에 나타낸 바와 같이, 구리 솔레노이드 코일에 비하여 월등하게 높은 외부 자기장을 생성하는 이유는 탄소 나노튜브 표면에 존재하는 결함에 의해 loop current가 형성되고 그 loop current에 의해 추가 자기장이 형성되며 그 추가 자기장이 외부 자기장과 합쳐져 일반 구리 도선에 비해 비이상적으로 강한 외부 자기장(abnormalous stray magnetic field)이 형성된다.

[0052] 일 실시 예에 따라, 솔레노이드(1)는 솔레노이드 밸브(즉, 전기 밸브), 솔레노이드 펌프 또는 솔레노이드 모터의 전자기 시스템을 구현할 수 있다.

[0054] 일 실시 예에 따라, 본 발명은, 본 발명의 실시 예들에 따른 전자기 시스템을 포함하는 장치를 제공할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 상기 장치는 전자기 시스템(즉, 솔레노이드)을 포함하고, 이외 관련 기능에 의해 구동되는 것이라면 제한 없이 적용될 수 있다. 일 실시 예에 따라, 상기 장치는 물질처리 장치, 생체 이식 장치, 전기 장치, 기계 장치, 또는 에너지 장치일 수 있다. 예를 들어, 상기 장치는 솔레노이드 펌프, 솔레노이드 모터 또

는 솔레노이드 밸브에 의해 전자기 구동이 이루어질 수 있다.

- [0056] 일 실시 예에 따라, 도 6에 나타난 바와 같이, 상기 장치는 유체 (예: 마이크로유체) 이동을 위한 솔레노이드 모터 또는 솔레노이드 펌프를 포함할 수 있다. 예를 들어, 유체는 튜브 또는 마이크로 튜브를 이동하는 생체 시료, 약물, 화합물(고상, 액상 또는 기상)(예: 오일, 에멀전, 액, 슬러리, 서스펜션, 분산액 등)일 수 있다.
- [0058] 일 실시 예에 따라, 상기 장치는 솔레노이드 모터로 구성되는 장치로서, 시료 주입부; 전원부(power source); 및 상기 시료 주입부와 연결되고 시료가 이동하는 관 중 적어도 일부분에 형성된 솔레노이드(1)(즉, 솔레노이드 모터)를 포함할 수 있다. 상기 관은 상기 코어에서 언급된 바와 같다.
- [0060] 일 실시 예에 따라, 상기 장치에서 솔레노이드(1)(예: 솔레노이드 모터)는 구동을 위한 문턱 전류, 문턱 전압 및/또는 문턱 전력은 구리 와이어 코일에 비하여 낮을 수 있다. 예를 들어, 솔레노이드(1)의 문턱 전류 1 mA 내지 30 mA; 1 mA 내지 20 mA; 1 mA 내지 10 mA; 또는 1 mA 내지 5 mA일 수 있다. 예를 들어, 솔레노이드(1) (예: 솔레노이드 모터)의 문턱 전압은 1 V 내지 10 V; 1 V 내지 8 V; 1 V 내지 5 V; 또는 1 V 내지 3 V일 수 있다. 솔레노이드(1)(예: 솔레노이드 모터)의 전력은 0.01 W 내지 0.5 W; 0.01 W 내지 0.3 W; 0.01 W 내지 0.2 W; 0.01 W 내지 0.1 W; 또는 0.01 W 내지 0.02 W일 수 있다. 일 실시 예에 따라, 솔레노이드(1)(예: 솔레노이드 모터)의 자기장은 0.2 G 이상을 구현할 수 있으며, 이는 언급된 문턱 전류, 문턱 전압 및/또는 문턱 전력에 의해 획득할 수 있다.
- [0062] 도 2는 일 실시 예에 따른, (a) 탄소나노튜브 와이어의 솔레노이드 코일 및 (b) 구리 와이어 솔레노이드 코일로 이루어진 솔레노이드의 사진 및 광학 이미지를 나타낸 것이다.
- [0063] 도 3은 일 실시 예에 따라, 도 2의 솔레노이드에 의한 전류 온 및 오프에 따른 자기장 값의 변화를 나타낸 것이다. 도 3에서 탄소나노튜브 와이어 기반 솔레노이드 코어는 인가 전기에너지에 의해 탄소나노튜브(CNT) 코일의 전자기 특성이 구현되는 것을 확인할 수 있다. 탄소나노튜브 와이어 기반 솔레노이드 코어의 전류에 따른 내부 자기장은 구리 와이어 기반 솔레노이드 코일과 비슷하나 외부 자기장은 전류가 증가함에 따라 매우 크게 향상된 것을 확인할 수 있다. 이는 도 4 및 도 5에서 탄소나노튜브 와이어에 존재하는 결함 주위에 전류 루프가 형성되고 그에 따른 전자기장이 형성되어 자기장이 크게 형성될 수 있다. 즉, 본 발명의 솔레노이드는 비이상 외부 자기장 (abnormalous stray magnetic field)를 이용한 시스템일 수 있다.
- [0065] 도 6은 일 실시 예에 따라, 본 발명의 탄소나노튜브 와이어 기반 솔레노이드 코일의 전자기 모터(또는, 펌프)를 포함하는 시스템 구성을 예시적으로 나타낸 것이다. 도 7은 일 실시 예에 따라, 도 6의 솔레노이드 펌프 시스템을 이용한 나노입자 용액의 펌핑 공정에 대한 이미지를 나타낸 것이다. 도 8은 일 실시 예에 따라, 도 7의 전자기 모터(또는, 펌프)를 이용한 펌핑 공정에서 전류 온/오프에서 자기장 값의 변화를 나타낸 것이다.
- [0066] 도 6에 따른 탄소나노튜브 와이어 코일 기반 솔레노이드 펌프(magnetic field-assisted pump) 및 구리 와이어 코일 기반 솔레노이드 펌프에서 초기 임계값(starting threshold) 및 자기장은 표 1에 나타내었다.

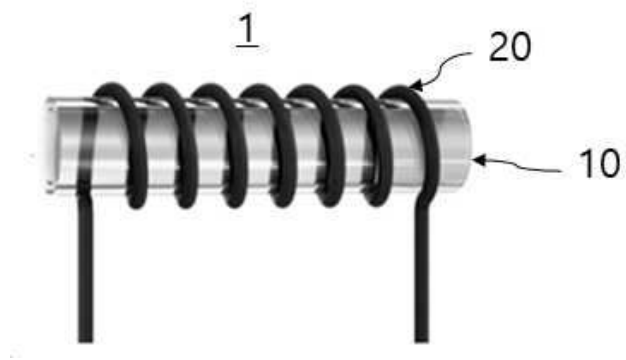
표 1

	Cu wire Solenoid pump	CNT wire Solenoid pump
Current	52 mA	4mA
Magnetic Field	0.28G	0.24G
Voltage	13V	2.6V
Electric power	0.676W	0.0104W

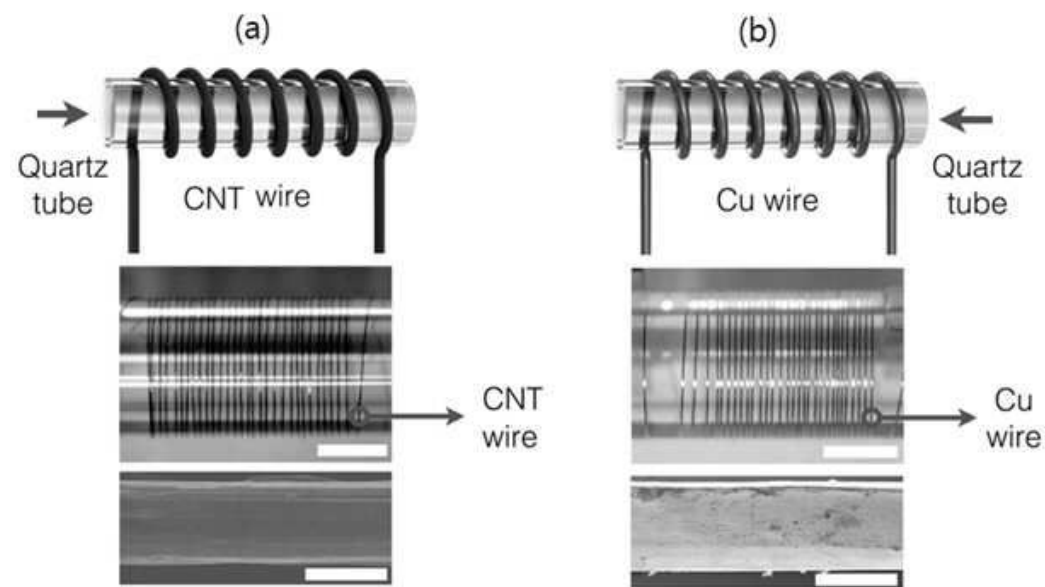
- [0069] 표 1에서 본 발명에 의한 탄소나노튜브 와이어 기반 솔레노이드 펌프는 문턱 전압, 문턱 전류, 문턱 전력에서 월등하게 낮고, 구리와이어에 비해 탄소나노튜브 와이어가 전력효율이 약 67배 더 높은 것을 확인할 수 있다.
- [0071] 상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면

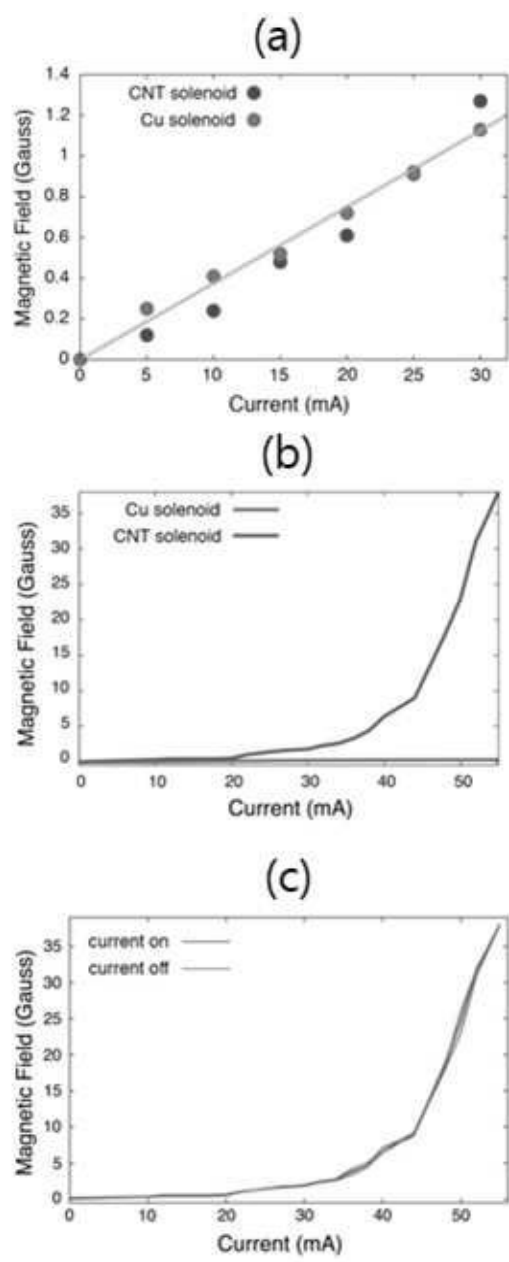
도면1



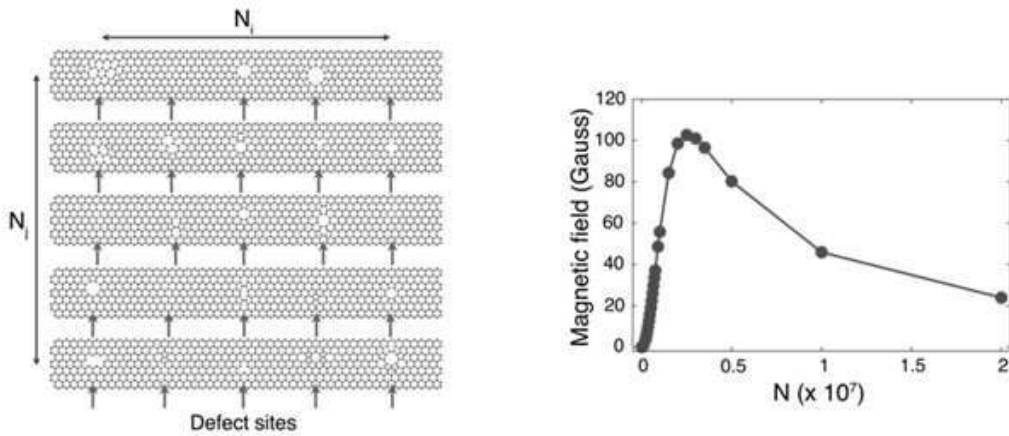
도면2



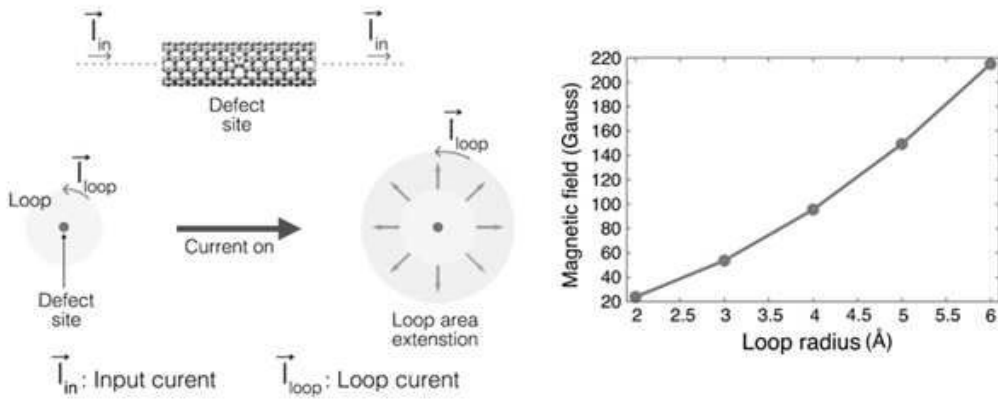
도면3



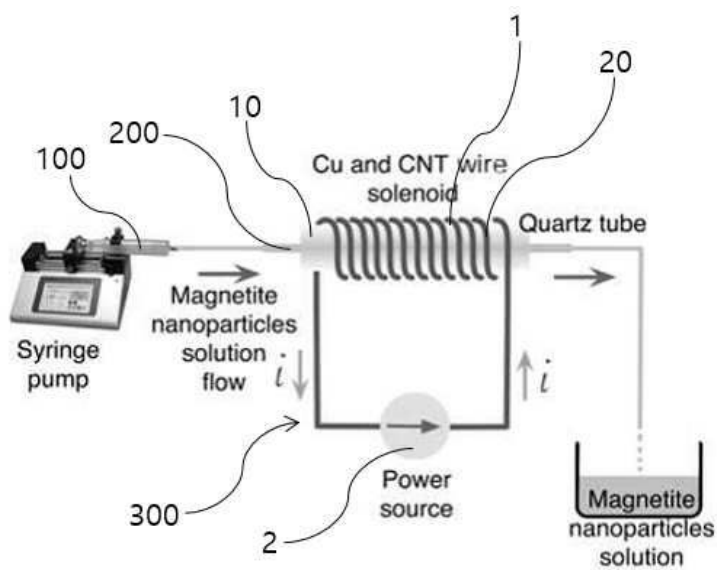
도면4



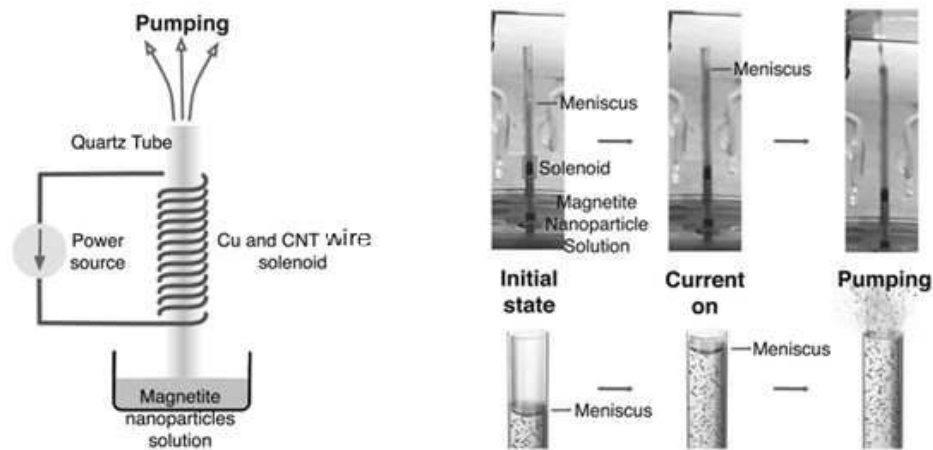
도면5



도면6



도면7



도면8

