



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년06월29일
(11) 등록번호 10-1860895
(24) 등록일자 2018년05월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02K 44/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H02K 44/06 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0025724

(22) 출원일자 2017년02월27일

심사청구일자 2017년02월27일

(56) 선행기술조사문헌

JP2007074837 A

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

김희령

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이근형

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(74) 대리인

제일특허법인

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 임영훈

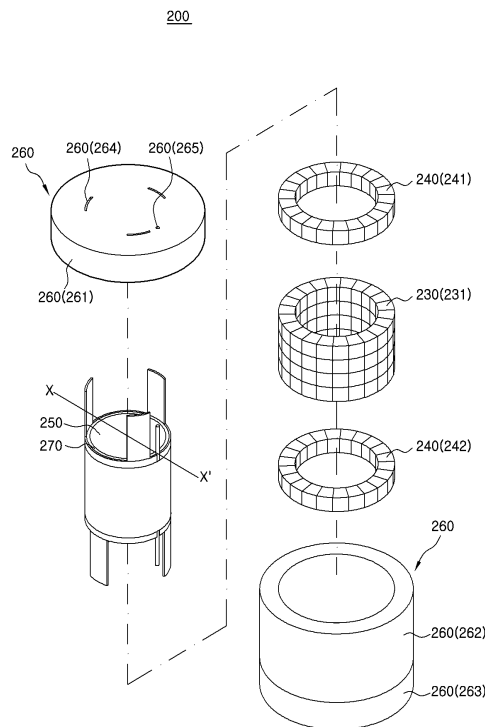
(54) 발명의 명칭 전도성 물질 이송 장치

(57) 요약

본 발명은 전도성 물질 이송 장치에 관한 것으로, 내부를 통해 전도성 물질이 이송되며 나선형 경로를 따라 권선된 전도성 유로를 포함하는 유로부와, 나선형 경로의 반지름 방향으로 착자된 제 1형 자석체를 포함하며 유로부에 자기장을 가하는 제 1 자기장부와, 유로부에 나선형 경로의 중심축과 평행한 방향으로 전류를 인가하는 전극

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



부와, 나선형 경로의 중심축과 평행한 방향으로 착자된 제 2형 자석체를 포함하며 유로부에 자기장을 가하는 제 2 자기장부를 포함한다. 이러한 본 발명은 전도성 물질이 이송되는 유로를 나선형 경로를 따라 권선하고, 상기 나선형 경로의 반지름 방향으로 착자된 자석체와 상기 나선형 경로의 중심축과 평행한 방향으로 착자된 자석체를 함께 사용함으로써, 나선형 경로의 반지름 방향으로 착자된 자석체만으로 낼 수 있는 한계 이상으로 유로에 대해 나선형 경로의 반지름 방향으로 자기장이 가해지도록 한다. 즉, 유로에 가해지는 자기장의 세기를 종래의 한계 이상으로 증가시켜 전도성 물질 이송 장치의 구동(펌핑) 압력이 향상되도록 하는 효과가 있다.

(56) 선행기술조사문헌

JP3045754 B2

JP04133656 A*

JP63240366 A*

JP05161340 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

내부를 통해 전도성 물질이 이송되며 나선형 경로를 따라 권선된 전도성 유로를 포함하는 유로부와,

상기 나선형 경로의 반지름 방향으로 착자된 제 1형 자석체를 포함하며 상기 유로부에 자기장을 가하는 제 1 자기장부와,

상기 유로부에 상기 나선형 경로의 중심축과 평행한 방향으로 전류를 인가하는 전극부와,

상기 나선형 경로의 중심축과 평행한 방향으로 착자된 제 2형 자석체를 포함하며 상기 유로부에 자기장을 가하는 제 2 자기장부를 포함하고,

상기 제 1 자기장부는 내부공간이 비어있고 양쪽 원형면이 개방된 원통형의 제 1 영구자석을 상기 제 1형 자석체로서 포함하며, 상기 유로부는 상기 내부공간에 배치되고,

상기 제 2 자기장부는, 원반형의 제 2 영구자석과 제 3 영구자석 중에서 적어도 하나 이상을 상기 제 2형 자석체로서 포함하되, 상기 제 2 영구자석과 상기 제 3 영구자석은 상기 제 1 영구자석을 사이에 상기 제 1 영구자석의 양쪽에 서로 대향하도록 배치되고, 상기 나선형 경로의 중심축과 평행하면서 대향하는 방향으로 착자되며,

상기 제 1 영구자석의 상기 나선형 경로의 중심축 방향의 길이는 상기 유로부의 상기 나선형 경로의 중심축 방향의 전체 길이와 같거나 더 긴

전도성 물질 이송 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

원주면이 상기 나선형 경로로서 제공되는 원통형의 제 1 강자성체와,

원통형이고 그 내부공간에 상기 제 1 자기장부 및 상기 제 2 자기장부가 배치된 제 2 강자성체를 더 포함하는

전도성 물질 이송 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전도성 물질 이송 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전류 및 자기장에 의해 발생하는 로렌츠 힘 (Lorentz force)을 이용하여 전기 전도성이 있는 물질을 이송하는 전도성 물질 이송 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 주지하고 있는 바와 같이, 전기 전도성이 있는 전도성 물질을 이송하기 위한 전도성 물질 이송 장치로서 유로를 통해 전도성 물질을 이송하는 전자펌프가 있다. 이러한 전자펌프는 유로 내의 전도성 물질에 큰 전류를 흘려주면서, 전류와 직각 방향으로 가해지는 자기장에 의해 발생하는 로렌츠 힘으로 전도성 유체를 이송하는 장치이다.
- [0003] 도 1은 종래 기술에 따른 전자펌프의 구성을 나타내는 사시도이다.
- [0004] 도 1을 참조하면, 종래의 전자펌프(100)는 직사각형 형태의 유로(102), 유로(102) 내의 전도성 물질에 자기장을 가하는 영구자석(104), 자기장에 의한 자속의 방향과 직각 방향으로 전도성 물질에 전류를 흘려주는 전극(108)을 포함한다.
- [0005] 이러한 종래 기술에 따른 전자펌프의 구동(펌핑) 압력(P)은 역기전력과 수력학적 손실을 제외하였을 때에 아래의 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$\Delta P = \frac{BI}{H}$$

- [0006]
- [0007] 여기서, B는 자기장의 세기이고, I는 전류의 세기이며, H는 유로의 자기장 방향 두께이다.
- [0008] 이러한 수학식 1에서 알 수 있는 바와 같이 전자펌프(100)의 구동 압력(P)은 영구자석(104)에 의한 자기장의 세기(B) 및 전극(108)에 의한 전류의 세기(I)에 비례하고, 유로(102)의 자기장 방향 두께(H)에 반비례한다.
- [0009] 이 중에서 자기장의 세기(B)는 영구자석(104)을 이용하여 높이는데 있어 약 1 테슬라(T)의 한계를 보이고, 유로(102)의 자기장 방향 두께(H) 또한 제작상의 한계로 1 밀리미터(mm)의 한계를 보인다.
- [0010] 따라서, 전자펌프(100)의 높은 구동 압력(P)을 얻기 위해서는 전극(108)을 통해 수천 내지 수만 암페어(A)의 고전류를 흘려주어야 한다.
- [0011] 그런데, 이러한 고전류를 위해서는 부피가 크고 고비용의 파워 서플라이(power supply)가 요구되기에, 전자펌프 및 파워 서플라이를 포함하는 전도성 물질 이송 시스템의 가격이 비싸고 소형화가 어렵다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명의 실시예에 의하면, 종래 기술과 비교할 때에 상대적으로 더 낮은 전류를 전도성 물질에 흘려주어서도 상대적으로 더 높은 구동 압력을 발생시키는 전도성 물질 이송 장치를 제공한다.
- [0013] 본 발명의 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 해결하고자 하는 과제는 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명의 일 관점에 따른 전도성 물질 이송 장치는, 내부를 통해 전도성 물질이 이송되며 나선형 경로를 따라 권선된 전도성 유로를 포함하는 유로부와, 상기 나선형 경로의 반지름 방향으로 착자된 제 1형 자석체를 포함하며 상기 유로부에 자기장을 가하는 제 1 자기장부와, 상기 유로부에 상기 나선형 경로의 중심축과 평행한 방향으로 전류를 인가하는 전극부와, 상기 나선형 경로의 중심축과 평행한 방향으로 착자된 제 2형 자석체를 포함하며 상기 유로부에 자기장을 가하는 제 2 자기장부를 포함할 수 있다.

- [0015] 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치는, 상기 제 1 자기장부는 내부공간이 비어있고 양쪽 원형면이 개방된 원통형의 제 1 영구자석을 상기 제 1형 자석체로서 포함하며, 상기 유로부는 상기 내부공간에 배치될 수 있다.
- [0016] 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치는, 상기 제 2 자기장부는, 원반형의 제 2 영구자석과 제 3 영구자석 중에서 적어도 하나 이상을 상기 제 2형 자석체로서 포함하되, 상기 제 2 영구자석과 상기 제 3 영구자석은 상기 제 1 영구자석을 사이에 상기 제 1 영구자석의 양쪽에 서로 대향하도록 배치되고, 상기 나선형 경로의 중심축과 평행하면서 대향하는 방향으로 착자될 수 있다.
- [0017] 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치는, 상기 제 1 영구자석의 상기 나선형 경로의 중심축 방향의 길이는 상기 유로부의 상기 나선형 경로의 중심축 방향의 전체 길이와 같거나 더 길 수 있다.
- [0018] 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치는, 원주면이 상기 나선형 경로로서 제공되는 원통형의 제 1 강자성체와, 원통형이고 그 내부공간에 상기 제 1 자기장부 및 상기 제 2 자기장부가 배치된 제 2 강자성체를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명의 실시예에 의하면, 전도성 물질이 이송되는 유로를 나선형 경로를 따라 권선하고, 나선형 경로의 반지름 방향으로 착자된 자석체와 나선형 경로의 중심축과 평행한 방향으로 착자된 자석체를 함께 사용함으로써, 나선형 경로의 반지름 방향으로 착자된 자석체만으로 낼 수 있는 한계 이상으로 유로에 대해 나선형 경로의 반지름 방향으로 자기장이 가해지도록 한다. 즉, 유로에 가해지는 자기장의 세기를 종래의 한계 이상으로 증가시켜 전도성 물질 이송 장치의 구동(펌핑) 압력이 향상되도록 한다.
- [0020] 그리고, 유로에 전류를 흘려주기 위한 전극을 전기 전도 중에 열손실을 최소화할 수 있는 형상으로 설계 및 제작하여 에너지 효율이 극대화되도록 한다. 이에 따라, 작은 전류로도 큰 로렌츠 힘을 발생시킬 수 있으므로 부피가 작고 저비용의 파워 서플라이를 사용하여 전도성 물질 이송 시스템을 구현할 수 있도록 함으로써, 전도성 물질 이송 시스템의 가격이 싸지고 소형화를 이룰 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 종래 기술에 따른 전자펌프의 구성을 나타내는 사시도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치의 부분 분해 사시도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치의 일 부분을 절개한 단면도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치를 구성하는 유로와 제 1 전극 및 제 2 전극의 결합 상태를 보인 사시도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치를 구성하는 제 1 전극 및 제 2 전극의 사시도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치를 구성하는 제 1 전극 및 제 2 전극의 평면도 및 측면도이다.
- 도 7은 도 1에 도시된 전자펌프의 구조적 변수들에 대해 최적화된 전류의 세기를 나타낸 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치의 구조적 변수들에 대해 최적화된 전류의 세기를 나타낸 그래프이다.
- 도 9는 도 2에 나타난 전도성 물질 이송 장치에서 제 2 자기장부가 제외된 실시예에서 유로부에 가해지는 자기장 분포 특성을 나타낸 그래프이다.
- 도 10은 도 2에 나타난 전도성 물질 이송 장치에서 제 2 자기장부가 채용된 실시예에서 유로부에 가해지는 자기장 분포 특성을 나타낸 그래프이다.
- 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치의 일 부분을 절개한 단면도이다.
- 도 12는 도 11에 나타난 전도성 물질 이송 장치에서 유로부에 가해지는 자기장 분포 특성을 나타낸 그래프이다.

도 13은 도 2에 나타난 전도성 물질 이송 장치에서 제 2 자기장부가 제외되었을 때와 제 2 자기장부가 채용되었을 때 및 도 12에 나타난 전도성 물질 이송 장치에서 유로부에 가해지는 자기장 분포 특성을 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0023] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0024] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치의 부분 분해 사시도이며, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치를 도 2의 x-x'를 따라 절개하였을 때의 부분 단면도이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치를 구성하는 유로와 제 1 전극 및 제 2 전극의 결합 상태를 보인 사시도이며, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치를 구성하는 제 1 전극 및 제 2 전극의 사시도이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치를 구성하는 제 1 전극 및 제 2 전극의 평면도 및 측면도이다.
- [0025] 도 2 내지 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치(200)는 유로부(210), 전극부(220), 제 1 자기장부(230), 제 2 자기장부(240)를 포함한다.
- [0026] 유로부(210)는 나선형 경로를 따라 N회의 권선수로 권선된 전도성 유로(211)를 포함한다. 이러한 유로(211)는 전도성 물질이 이송되는 경로를 제공한다. 여기서, 유로(211)는 스테인리스 스틸(stainless steel) 튜브 등과 같이 전도성을 가지는 재질로 제작된다.
- [0027] 전극부(220)는 유로(211)의 최외곽 권선이 있는 어느 한 쪽에 제 1 극성의 제 1 전극(221)이 배치되고, 유로(211)의 최외곽 권선이 있는 다른 한 쪽에 제 1 극성과는 다른 제 2 극성의 제 2 전극(222)이 배치된다. 이러한 전극부(220)를 통해 유로부(210)에 나선형 경로의 중심축 방향으로 직류 전류를 인가할 수 있다. 즉, 나선형 경로의 반지름 방향과 직교하고 나선형 경로의 중심축과 평행한 방향으로 유로부(210)에 전류를 인가할 수 있다. 제 1 전극(221) 및 제 2 전극(222)은 구리(Cu) 등으로 제작할 수 있다.
- [0028] 제 1 자기장부(230)는 상기 나선형 경로의 반지름 방향으로 착자된 제 1형 자석체를 포함하며, 상기 제 1형 자석체가 유로부(210)에 자기장을 가한다. 이러한 제 1 자기장부(230)는 내부공간이 비어있고 양쪽 원형면이 개방되며 나선형 경로의 반지름 방향으로 착자된 원통형의 제 1 영구자석(231)을 상기 제 1형 자석체로서 포함하며, 제 1 영구자석(231)의 원통형 내부공간에 유로부(210) 및 전극부(220)가 배치된다. 이러한 원통형의 제 1 영구자석(231)은 일체로 제작할 수도 있으며, 도 2에 실선으로 구분하여 나타난 바와 같이 작은 크기로 개별 제작한 후에 원통형의 모양이 되도록 배치할 수도 있다. 또, 제 1 자기장부(230)는 작은 크기로 개별 제작된 영구자석들을 상호 체결하여 제 1 영구자석(231)을 원통형으로 성형하기 위한 체결부재(도시 생략됨)를 더 포함할 수 있다.
- [0029] 제 2 자기장부(240)는 나선형 경로의 반지름 방향과 직교하고 나선형 경로의 중심축과 평행한 방향으로 착자된 제 2형 자석체를 포함하며, 상기 제 2형 자석체가 유로부(210)에 자기장을 가한다. 이러한 제 2 자기장부(240)는 원반형의 제 2 영구자석(241)과 제 3 영구자석(242) 중에서 적어도 하나 이상을 나선형 경로의 중심축과 평행한 방향으로 착자된 제 2형 자석체로서 포함한다. 여기서, 제 2 영구자석(241)과 제 3 영구자석(242)는 제 1 영구자석(231)을 사이에 두고 제 1 영구자석(231)의 양쪽에 서로 대향하도록 배치되고, 나선형 경로의 중심축과 평행하면서 대향하는 방향으로 착자된다.
- [0030] 제 1 영구자석(231)의 높이는 나선형 경로를 따라 권선된 유로부(210)의 전체 높이와 같거나 더 높다. 즉, 제 1 영구자석(231)의 나선형 경로의 중심축 방향의 길이는 나선형 경로의 중심축 방향의 전체 길이와 같거나 더 길

다. 제 1 영구자석(231)은 유로부(210)의 높이방향 측면 전체에 자기장을 가하도록 배치되며, 제 2 영구자석(241) 및 제 3 영구자석(242)은 제 1 영구자석(231)에 높이방향으로 적층되게 배치된다.

[0031] 이러한 전도성 물질 이송 장치(200)의 유로(211)에 제 1 영구자석(231)과 제 2 영구자석(241) 및 제 3 영구자석(242)에 의해 나선형 경로의 반지름 방향으로 자기장이 가해지고, 전극부(220)를 통해 유로(211)에 나선형 경로의 중심축 방향과 평행한 방향으로 직류 전류가 흐르면, 아래의 수학식 2와 같이 나타낼 수 있는 로렌츠 힘(f)에 따라 유로(211) 내의 전도성 물질이 나선형 경로의 원주방향으로 이송된다.

수학식 2

$$f=(J \times B)$$

[0032]

[0033] 여기서, f는 유로(211) 내의 전도성 물질이 받는 단위당 힘(force density)이며, J는 전류밀도(current density)이고, B는 자기장의 세기이다.

[0034] 이러한 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치(200)의 구동(펌핑) 압력(P)은 역기전력과 수력학적 손실을 제외하였을 때에 아래의 수학식 3와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$\Delta P = \frac{nBI}{D}$$

[0035]

[0036] 여기서, n은 유로(211)의 권선수이며, B는 제 1 영구자석(231)과 제 2 영구자석(241) 및 제 3 영구자석(242)에 의해 나선형 경로의 반지름 방향으로 가해지는 자기장의 세기이고, I는 전극부(220)를 전도성 물질에 인가되는 전류의 세기이며, D는 유로(211)의 자기장 방향 내경이다.

[0037] 이러한 수학식 3에서 알 수 있는 바와 같이 전도성 물질 이송 장치(200)의 구동 압력(P)은 유로(211)의 권선수(n)에 비례하고, 제 1 영구자석(231)과 제 2 영구자석(241) 및 제 3 영구자석(242)에 의해 나선형 경로의 반지름 방향으로 가해지는 자기장의 세기(B)에 비례하며, 전극부(220)에 의한 전류의 세기(I)에 비례하고, 유로(211)의 자기장 방향 내경(D)에 반비례한다. 따라서, 이처럼 전도성 물질 이송 장치(200)의 구동 압력(P)에 영향을 주는 인자들을 조정하여 구동 압력(P)을 향상시킬 수 있다.

[0038] 그런데, 유로(211)의 자기장 방향 내경(D)은 제작상의 한계가 있으며, 전극부(220)에 의한 전류의 세기(I) 역시 파워 서플라이의 부피 및 가격을 고려하여야 하기에 높이는데 있어 한계가 있다.

[0039] 이에, 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치(200)는 유로(211)의 권선수(n)를 증가시켜 구동 압력(P)을 향상시킨다. 또, 자석체에 의한 자기장의 세기(B)는 영구자석 등을 이용하여 높이는데 있어 한계가 있기 때문에, 나선형 경로의 반지름 방향으로 착자된 제 1 영구자석(231)뿐만 아니라 나선형 경로의 중심축에 평행하는 방향으로 착자된 제 2 영구자석(241) 및/또는 제 3 영구자석(242)을 추가로 채용하여 자기장의 세기(B)를 증가시켜 구동 압력(P)을 향상시킨다.

[0040] 한편, 전극부(220)를 구성하는 제 1 전극(221) 및 제 2 전극(222)은 프레임(220a)과 복수의 리드(220b)를 포함할 수 있다. 여기서, 유로(211)의 최외곽 권선에 고리(ring) 형태의 프레임(220a)이 접촉될 수 있고, 유로(211)가 권선되는 나선형 경로의 중심축 방향으로 프레임(220a)에서 소정 길이만큼 M(단, M은 2 이상의 자연수)개의 리드(220b)가 연장될 수 있으며, M개의 리드(220b)는 360도/M의 각도 간격을 가질 수 있다. 여기서, 리드(220b)가 3개이면 120도의 각도 간격을 가지며, 첫 번째 리드(220b)의 중심과 프레임(220a)의 일단이 30도의 각도 간격을 가질 수 있다. 예컨대, 프레임(220a)은 란돌트 고리(landolt ring) 형태로 형성할 수 있으며, 유로(211)의 말단이 란돌트 고리에 의한 개방영역 및 홀(265)를 통과하여 외부로 노출될 수 있다. 여기서, 프레임(220a)을 란돌트 고리 형태로 형성한 것은 유로(211)를 외부로 노출시키기 용이하게 하기 위한 것이며, 유로(211)가 다른 경로를 통해 외부로 노출시키는 경우라면 프레임(220a)을 완전한 고리 형태로 형성할 수도 있다.

- [0041] 여기서, 제 1 전극(221) 및 제 2 전극(222)이 M개의 리드(220b)를 포함하기 때문에 1개의 리드(220b)만을 포함하는 경우와 비교할 때에 열손실(Ohmic loss)이 줄어든다.
- [0042] 제 1 전극(221) 및 제 2 전극(222)이 1개의 리드(220b)만을 포함하는 경우에 전류의 세기가 10^3 암페어(A)라고 가정한다면, 전력(P)과 전류(I) 및 저항(R)의 관계식이 $P=I^2 \times R$ 이기에 열손실이 $10^6 \times R$ 와트(W)이다. 그런데, 제 1 전극(221) 및 제 2 전극(222)이 2개의 리드(220b)를 포함하는 경우에 한 개의 리드당 걸리는 전류가 5×10^2 암페어(A) 이므로 총 $2.5 \times 10^5 \times R + 2.5 \times 10^5 \times R = 5 \times 10^5 \times R$ 와트(W)의 열손실이 발생되며, 결론적으로 제 1 전극(221) 및 제 2 전극(222)이 많은 수의 리드(220b)를 포함할 수 있도록 열손실이 줄어든다.
- [0043] 그런데, 제 1 전극(221) 및 제 2 전극(222)에 포함되는 리드(220b)의 수를 무한적으로 증가시킬 수 없기 때문에, 제 1 전극(221)의 리드(220b)와 제 2 전극(222)의 리드(220b)가 서로 다른 각도 위치에서 프레임(220a)으로부터 연장되도록 한다. 예컨대, 제 1 전극(221)의 리드(220b)와 제 2 전극(222)의 리드(220b)는 180도/M의 각도 간격을 가질 수 있다. 이로써, 전극부(220)를 통해 유로(211)에 인가되는 전류의 밀도가 전구간 일정하게 분포하게 되고, 열손실이 최소화된다.
- [0044] 또한, 유로부(210)는 유로(211)의 두 권선의 사이에 있는 전도성 브레이징 접합체(212)를 포함할 수 있다. 이는 유로(211)의 두 권선의 사이를 은 등과 같이 전도성을 가지는 재질을 이용하여 브레이징 접합을 함에 따라 생성될 수 있다. 원형의 유로(211)가 이용되고 전도성 브레이징 접합체(212)가 없는 경우에는 유로(211)의 두 권선의 사이에 접촉되는 부분이 적어서 접촉저항(contact resistance)이 매우 크게 발생하여 유로(211)내의 전도성 물질에 인가되는 전류가 낮아지게 되지만, 전도성 브레이징 접합체(212)는 유로(211)의 두 권선의 사이에서 접촉저항을 줄이는 역할을 한다. 도 3에서는 이해를 돕기 위하여 인접한 유로(211) 사이의 거리를 과장하여 멀게 표현하였으나, 인접한 유로(211)는 서로 접촉될 수 있다.
- [0045] 아울러, 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치(200)는 나선형 경로의 반지름 방향으로 유로부(210)에 가해지는 자기장의 세기를 더욱 증가시키기 위하여 제 1 강자성체(250)와 제 2 강자성체(260)를 더 포함할 수 있다. 제 1 영구자석(231)을 제 2 강자성체(260)로 둘러싸면 제 1 영구자석(231)의 자기장의 세기가 3배 내지 10배 정도 증가된다. 앞서 설명한 바와 같이 유로(211) 내의 전도성 물질이 받게 되는 힘은 자기장의 세기에 비례하기 때문에, 제 1 강자성체(250) 및 제 2 강자성체(260)에 의해 제 1 영구자석(231)의 자기장의 세기(B)가 커지면 비례적으로 유로(211) 내의 전도성 물질이 받게 되는 힘이 커진다.
- [0046] 제 1 강자성체(250)는 내부공간이 채워져 있는 원통형일 수 있고, 원주면이 유로(211)가 권선되는 나선형 경로로서 제공될 수 있다. 제 2 강자성체(260)는 내부공간이 비어 있고 양쪽 원형면이 폐쇄된 원통형일 수 있으며, 비어 있는 내부공간에 제 1 자기장부(230) 및 제 2 자기장부(240)가 배치될 수 있고, 폐쇄된 양쪽 원형면 중에서 어느 한 쪽을 통해 유로(211)의 일단과 제 1 전극(221)이 노출될 수 있으며, 폐쇄된 양쪽 원형면 중에서 다른 한 쪽을 통해 유로(211)의 타단과 제 2 전극(222)이 노출될 수 있다.
- [0047] 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치(200)에서 제 2 강자성체(260)는 제 1 자기장부(230) 및 제 2 자기장부(240) 등을 보호하는 하우징(housing)의 역할을 겸비하며, 전도성 물질 이송 장치(200)의 조립 및 분해의 용이성을 위해 제 2 강자성체(260)는 상단부(261)와 중앙부(262) 및 하단부(263)로 구성될 수 있다. 상단부(261) 및 하단부(263)의 원형면에는 제 1 전극(221) 및 제 2 전극(222)에 포함되는 M개의 리드(220b)가 노출되는 M개의 슬릿(264)이 형성될 수 있으며, 유로(211)의 말단이 노출되는 1개의 홀(265)이 형성될 수 있다. 이러한 제 1 강자성체(250) 및 제 2 강자성체(260)는 투자율(magnetic permeability)이 큰 스틸 등으로 제작할 수 있다. 여기서, 상단부(261) 및 하단부(263)에 슬릿(264) 및/또는 홀(265)을 형성한 것은 유로(211)의 말단을 외부에 노출시키기 위한 것이며, 유로(211)의 말단을 중앙부(262)를 통해 외부에 노출시키는 경우라면 중앙부(262)에 슬릿(264) 및/또는 홀(265)을 형성할 수도 있다.
- [0048] 그리고, 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치(200)는 제 1 강자성체(250)와 유로(211)의 사이 및 유로(211)와 제 1 영구자석(231)의 사이에 있는 절연재(270)를 더 포함할 수 있다. 이러한 절연재(270)는 테프론(Teflon), 세라믹, 유리, 나무 등으로 제작할 수 있으며, 제 1 강자성체(250) 및 제 2 강자성체(260)에 전극부(220)를 통한 전류가 인가되지 않게 한다. 제 1 강자성체(250) 및 제 2 강자성체(260)에 전류가 인가되면 그만큼 유로(211) 내의 전도성 물질로 인가되는 전류가 감소하기 때문에 전도성 물질을 이송되게 하는 로렌츠 힘이 낮아지지만, 절연재(270)가 전류의 흐름을 차단하기 때문에 로렌츠 힘이 낮아지지 않는다. 여기서, 제 1 전극(221)의 프레임(220a), 제 2 전극(222)의 프레임(220a) 및 제 2 강자성체(260)의 슬릿(264)까지 절연재(270

0)를 덮어서 전류 흐름을 더 확실히 차단할 수 있다.

- [0049] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치(200)는 절연재(270)의 내부에 있는 가열선(280)을 더 포함할 수 있다. 여기서, 가열선(280)은 제 1 강자성체(250)와 유로(211)의 사이 및 유로(211)와 제 1 영구자석(231)의 사이에 모두 설치하거나 어느 한 쪽에만 설치할 수도 있다. 가열선(280)은 유로(211)를 가열해 온도를 높여서 유로(211) 내의 전도성 물질이 액체 상태가 되게 하여 로렌츠 힘에 의해 전도성 물질이 원활히 이송되도록 한다. 유로(211) 내에 리튬(Li)을 이송하는 경우라면 리튬의 녹는점이 상온보다 높은 180.54℃이기 때문에 가열선(280)으로 유로(211)를 가열해 리튬을 녹여 액체 상태로 이송시킨다.
- [0050] 도 7은 도 1에 도시된 전자펌프의 구조적 변수들에 대해 최적화된 전류의 세기를 나타낸 그래프로서, 10 bar의 구동 압력 및 6 cc/s의 유량에 대한 등가회로도를 이용해 유로의 너비(W) 및 길이(L)의 변화에 따른 전류(i)의 세기를 나타낸 것이다.
- [0051] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치의 구조적 변수들에 대해 최적화된 전류의 세기를 나타낸 그래프로서, 10 bar의 구동 압력 및 6 cc/s의 유량에 대한 등가회로도를 이용해 유로의 내경(D) 및 권선수(n)의 변화에 따른 전류(i)의 세기를 나타낸 것이다.
- [0052] 구동 압력과 유량이 동일한 조건에서 도 7의 전자펌프는 1693.3 암페어(A)가 요구되나, 도 8의 전도성 물질 이송 장치는 유로의 권선수가 10일 때에 203.8 암페어(A)가 요구된다. 즉, 도 8의 전도성 물질 이송 장치는 유로의 권선수가 어느 정도 보장되면 도 7에 비하여 상대적으로 매우 낮은 세기의 전류가 필요하다.
- [0053] 도 9는 도 2에 나타낸 전도성 물질 이송 장치(200)에서 제 2 자기장부(240)가 제외된 실시예에서 유로부(210)에 나선형 경로의 반지름 방향으로 가해지는 자기장 분포 특성을 유한요소법을 이용해 나타낸 그래프이며, 도 10은 도 2에 나타낸 전도성 물질 이송 장치(200)에서 제 2 자기장부(240)가 채용된 실시예에서 유로부(210)에 나선형 경로의 반지름 방향으로 가해지는 자기장 분포 특성을 유한요소법을 이용해 나타낸 그래프이다. 도 9 및 도 10에서 높이는 나선형 경로의 중심축에 평행한 방향으로의 유로부(210)의 길이이며, 폭은 나선형 경로의 반지름 방향으로의 유로부(210)의 길이로서, 유로부(210)의 높이가 총 100mm이고 폭이 16mm인 전도성 물질 이송 장치(200)에 대한 시뮬레이션 결과이다.
- [0054] 도 9와 도 10을 비교하여 보면 도 10에 나타난 자기장의 세기가 도 9에 나타난 자기장의 세기보다 약 30% 이상 향상된 것을 알 수 있다. 영구자석에 의해 형성되는 자기장의 분포 특성을 살펴보면 착자된 방향으로만 자기장이 형성되는 것이 아니라 영구자석의 중앙에서 외곽쪽으로 갈수록 자기장의 각도가 기울어지면서 가장자리에서는 착자된 방향과 직교하는 방향으로 자기장이 강하게 나타난다. 도 9에서 유로부(210)의 높이 방향에 대한 자기장 분포를 살펴보면 가장자리 부근에서 자기장의 세기가 약해지는 경향을 파악할 수 있다. 그런데, 본 발명의 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치(200)는 제 2 자기장부(240)를 포함하며, 제 2 자기장부(240)는 제 2 영구자석(241) 및/또는 제 3 영구자석(242)을 포함하며, 제 2 영구자석(241) 및 제 3 영구자석(242)은 유로부(210)에 나선형 경로의 반지름 방향으로 가해지는 자기장의 세기를 증가시키는 역할을 한다. 제 2 영구자석(241) 및 제 3 영구자석(242)은 나선형 경로의 중심축에 평행한 방향으로 착자되어 있기에 착자된 방향으로 주로 자기장을 가하지만 가장자리 부근에서는 착자된 방향과 직교하는 방향, 즉 나선형 경로의 반지름 방향으로 강한 자기장을 가한다. 그러므로, 제 1 영구자석(231)에 의해 나선형 경로의 반지름 방향으로 가해지는 자기장과 제 2 영구자석(241) 및/또는 제 3 영구자석(242)에 의해 나선형 경로의 반지름 방향으로 가해지는 자기장이 함께 작용하기 때문에, 도 9의 실시예보다 도 10의 실시예에서 자기장의 세기가 향상되는 것이다.
- [0055] 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 전도성 물질 이송 장치(200')의 일 부분을 도 2의 x-x'에 대응하게 절개한 단면도이며, 도 12는 도 11에 나타낸 전도성 물질 이송 장치(200')에서 유로부(210)에 가해지는 자기장 분포 특성을 유한요소법을 이용해 나타낸 그래프이다. 도 3과 도 11을 비교하여 보면 도 3의 실시예에서는 제 2 영구자석(241)이 배치되었던 영역까지 제 1 영구자석(231)이 배치된 것을 알 수 있다.
- [0056] 도 12는 도 11에 나타낸 전도성 물질 이송 장치(200')에서 유로부(210)에 가해지는 자기장 분포 특성을 나타낸 그래프이다. 도 12에서 높이는 나선형 경로의 중심축에 평행한 방향으로의 유로부(210)의 길이이며, 폭은 나선형 경로의 반지름 방향으로의 유로부(210)의 길이로서, 유로부(210)의 높이가 총 100mm이고 폭이 16mm인 전도성 물질 이송 장치(200')에 대한 시뮬레이션 결과이다.
- [0057] 도 9와 도 10 및 도 12를 비교하여 보면, 도 10의 실시예에서 자기장의 세기가 가장 높고, 도 12의 실시예에서 자기장의 세기가 도 10의 실시예 다음으로 높고, 도 9의 실시예에서 자기장의 세기가 가장 낮은 것을 알 수 있다. 도 9의 실시예에서 유로부(210)의 높이와 폭을 모두 고려한 나선형 경로의 반지름 방향에 대한 전체적인 평

균 자기장의 세기는 0.678 T(Tesla)이고, 도 10의 실시예에서 유로부(210)의 높이와 폭을 모두 고려한 나선형 경로의 반지름 방향에 대한 전체적인 평균 자기장의 세기는 0.941 T로서, 도 9에 비하여 도 10에서 약 38% 향상된 자기장의 세기를 나타내었다.

[0058] 도 13은 도 2에 나타난 전도성 물질 이송 장치(200)에서 제 2 자기장부(240)와 제 1 강자성체(250) 및 제 2 강자성체(260)가 제외되었을 때에 유로부(210)에 가해지는 자기장 분포 특성을 유한요소법을 이용해 나타난 그래프(I), 도 2에 나타난 전도성 물질 이송 장치(200)에서 제 2 자기장부(240)만이 제외되었을 때에 유로부(210)에 가해지는 자기장 분포 특성을 유한요소법을 이용해 나타난 그래프(II), 도 2에 나타난 전도성 물질 이송 장치(200)에서 제 2 자기장부(240)와 제 1 강자성체(250) 및 제 2 강자성체(260)를 모두 포함하였을 때에 유로부(210)에 가해지는 자기장 분포 특성을 나타낸 그래프(III)를 비교한 것이다. 그래프(I)과 그래프(II)를 비교하여 보면 제 1 강자성체(250) 및 제 2 강자성체(260)가 자기장의 세기를 증가시키는 역할을 하는 것을 알 수 있다. 또, 그래프(II)와 그래프(III)를 비교하여 보면, 유로부(210)의 높이만 고려하더라도 그래프(II)에서 나선형 경로의 반지름 방향에 대한 전체적인 평균 자기장의 세기는 0.670 T이고, 그래프(III)에서 나선형 경로의 반지름 방향에 대한 전체적인 평균 자기장의 세기는 0.876 T로서, 그래프(II)에 비하여 그래프(III)에서 약 30% 향상된 자기장의 세기를 나타내었다.

[0059] 지금까지 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예에 의하면, 전도성 물질이 이송되는 유로를 나선형 경로를 따라 권선하고, 나선형 경로의 반지름 방향으로 착자된 자석체와 나선형 경로의 중심축과 평행한 방향으로 착자된 자석체를 함께 사용함으로써, 나선형 경로의 반지름 방향으로 착자된 자석체만으로 낼 수 있는 한계 이상으로 유로에 대해 나선형 경로의 반지름 방향으로 자기장이 가해지도록 한다. 즉, 유로에 가해지는 자기장의 세기를 종래의 한계 이상으로 증가시켜 전도성 물질 이송 장치의 구동(펌핑) 압력이 향상되도록 한다.

[0060] 그리고, 유로에 전류를 흘려주기 위한 전극을 전기 전도 중에 열손실을 최소화할 수 있는 형상으로 설계 및 제작하여 에너지 효율이 극대화되도록 한다. 이에 따라, 작은 전류로도 큰 로렌츠 힘을 발생시킬 수 있으므로 부피가 작고 저비용의 파워 서플라이를 사용하여 전도성 물질 이송 시스템을 구현할 수 있도록 함으로써, 전도성 물질 이송 시스템의 가격이 싸지고 소형화를 이룰 수 있다.

[0061] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

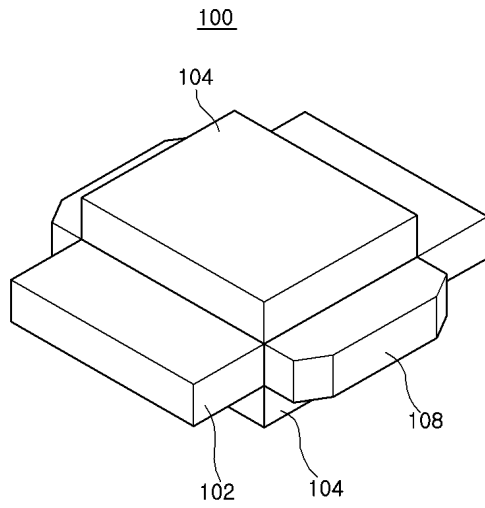
[0062]

200, 200': 전도성 물질 이송 장치	210 : 유로부
211 : 유로	212 : 전도성 브레이징 접합체
220 : 전극부	221 : 제 1 전극
222 : 제 2 전극	220a : 프레임
220b : 리드	230 : 제 1 자기장부
231 : 제 1 영구자석	240 : 제 2 자기장부
241 : 제 2 영구자석	242 : 제 3 영구자석
250 : 제 1 강자성체	260 : 제 2 강자성체
261 : 제 2 강자성체의 상단부	262 : 제 2 강자성체의 중앙부
263 : 제 2 강자성체의 하단부	264 : 제 2 강자성체의 슬릿
265 : 제 2 강자성체의 홀	270 : 절연재

280 : 가열선

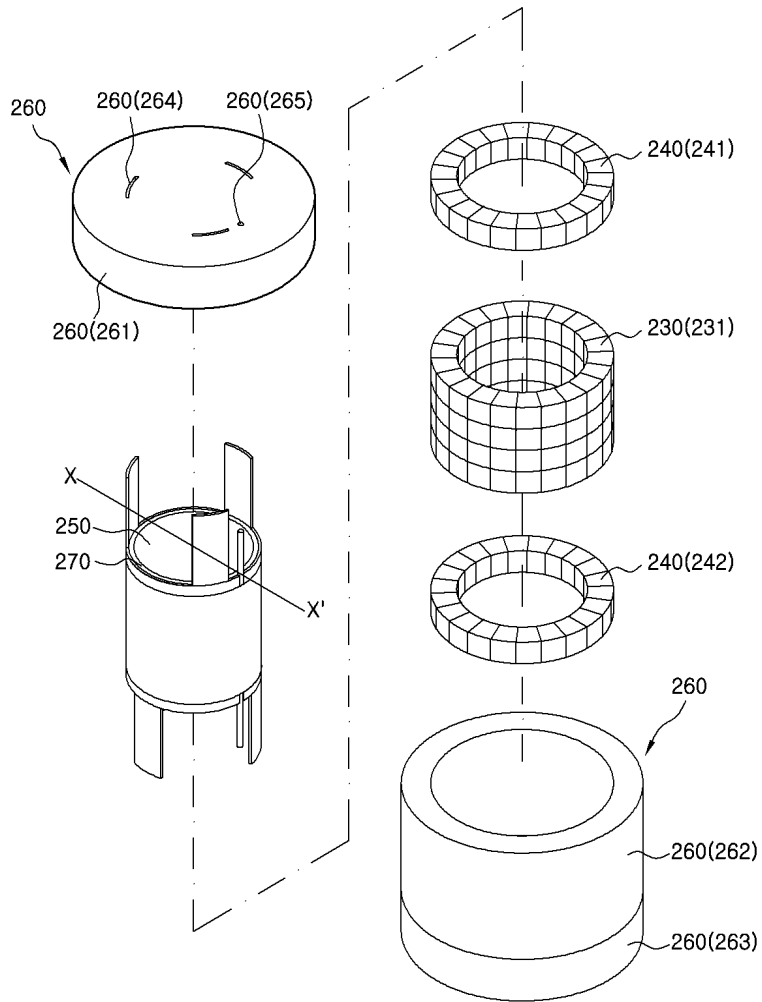
도면

도면1

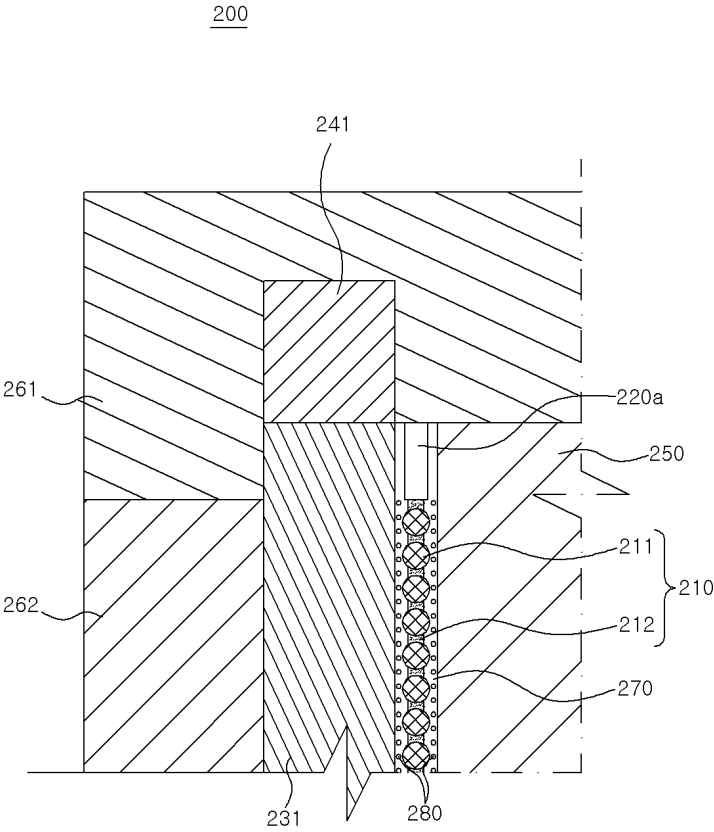


도면2

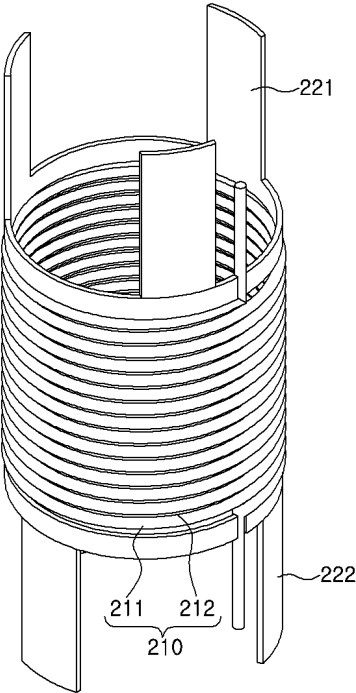
200



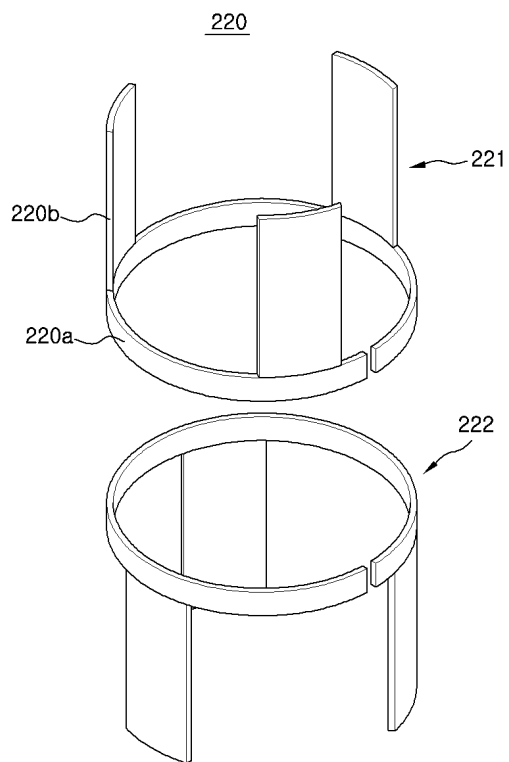
도면3



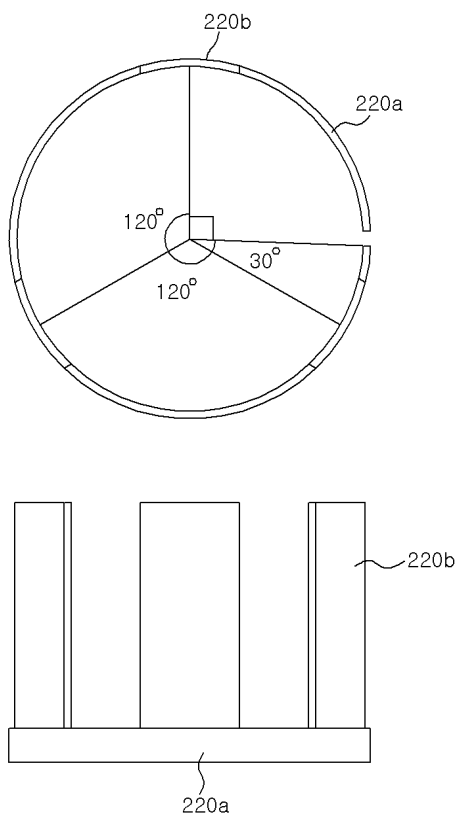
도면4



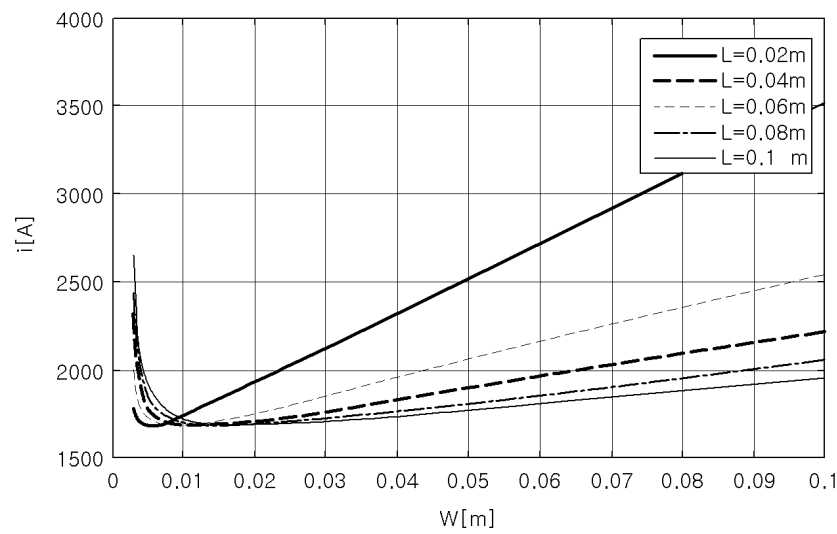
도면5



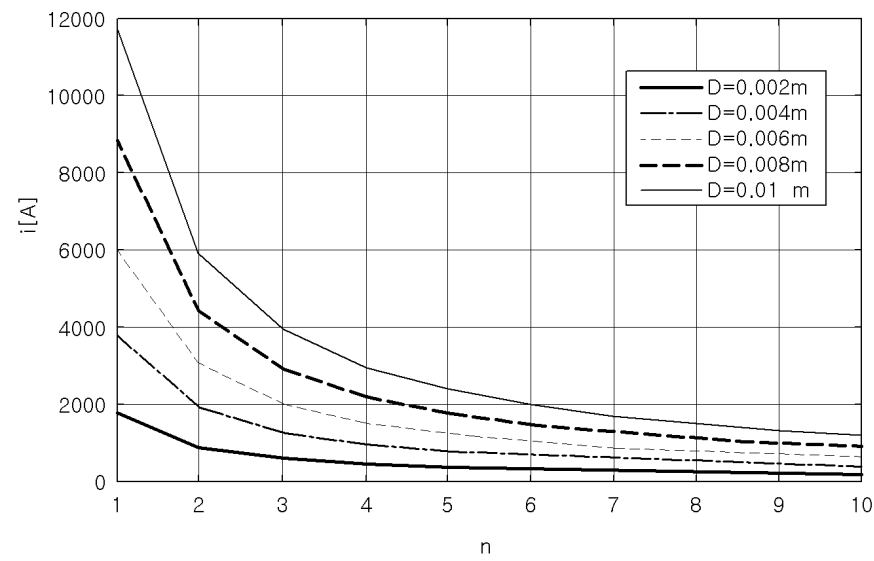
도면6



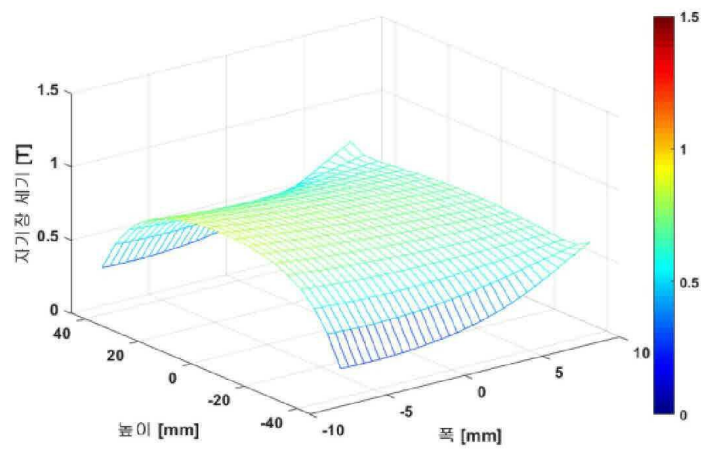
도면7



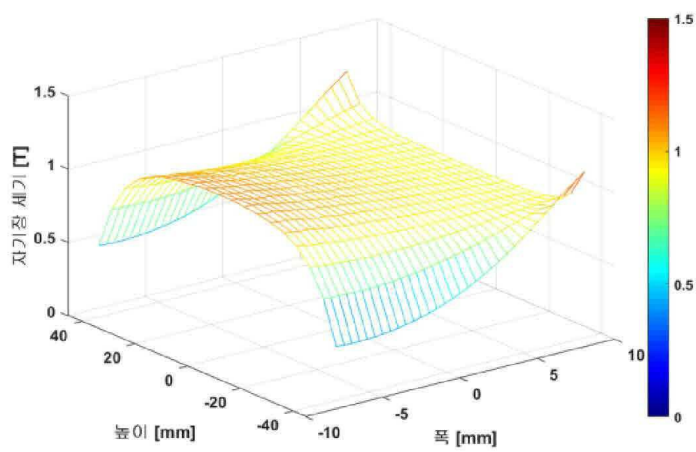
도면8



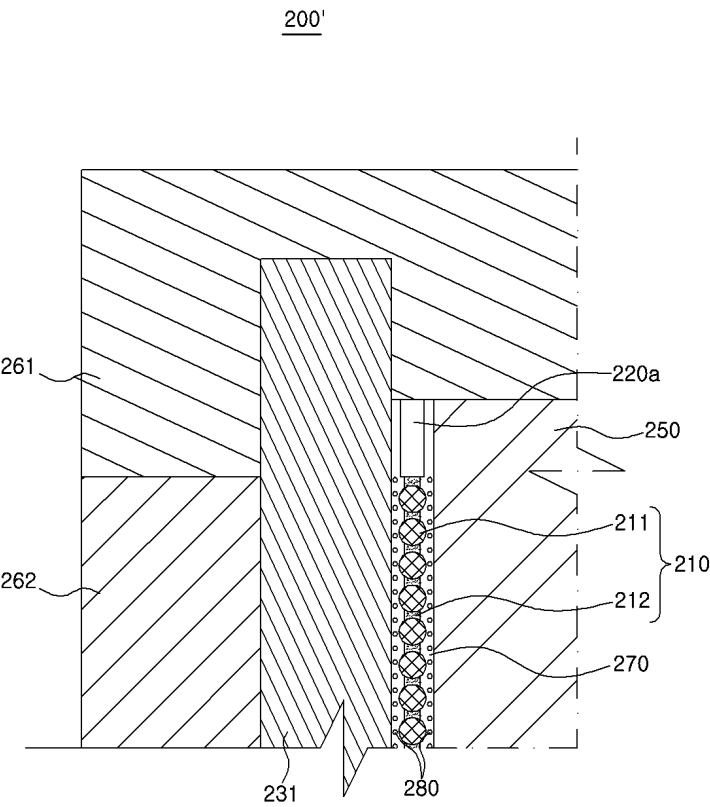
도면9



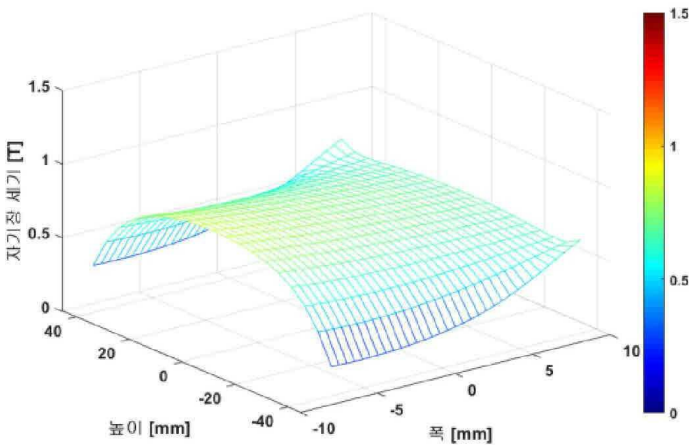
도면10



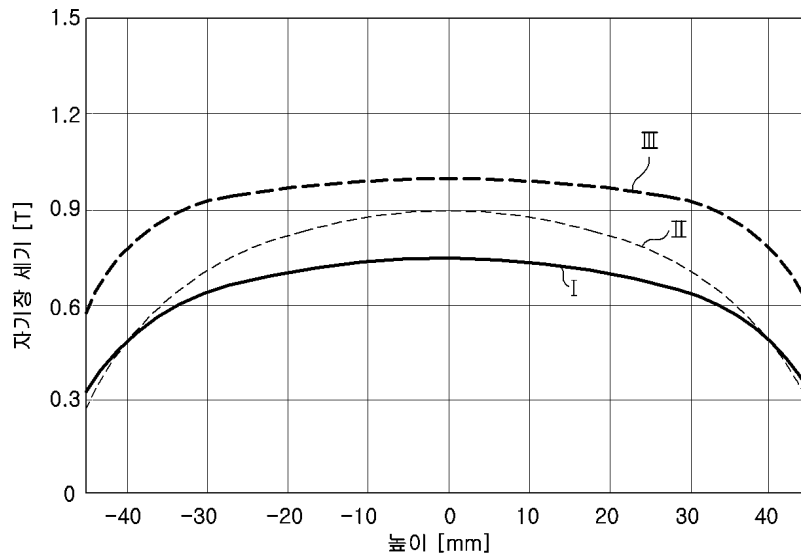
도면11



도면12



도면13



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 발명(고안)의 설명

【보정세부항목】 식별번호 【0030】의 3번째줄

【변경전】

같거나

【변경후】

같거나

【직권보정 2】

【보정항목】 발명(고안)의 설명

【보정세부항목】 식별번호 【0045】의 7번째줄

【변경전】

제 1 영구자석(213)

【변경후】

제 1 영구자석(231)

【직권보정 3】

【보정항목】 발명(고안)의 설명

【보정세부항목】 식별번호 【0062】의 6번째줄

【변경전】

240 : 제 1 자기장부

【변경후】

240 : 제 2 자기장부

【직권보정 4】

【보정항목】 발명(고안)의 설명

【보정세부항목】 식별번호 【0048】의 10번째줄

【변경전】

제 2 강자성체(233)

【변경후】

제 2 강자성체(260)

【직권보정 5】

【보정항목】 발명(고안)의 설명

【보정세부항목】 식별번호 【0047】 의 8번째줄

【변경전】

1 강자성체(232) 및 제 2 강자성체(233)

【변경후】

1 강자성체(250) 및 제 2 강자성체(260)