



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년02월17일
(11) 등록번호 10-2501807
(24) 등록일자 2023년02월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01F 7/18 (2006.01) G01B 11/02 (2006.01)
H01F 7/02 (2006.01) H01F 7/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01F 7/18 (2013.01)
G01B 11/026 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0091857
(22) 출원일자 2021년07월13일
심사청구일자 2021년07월13일
(65) 공개번호 10-2023-0011165
(43) 공개일자 2023년01월20일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020160004898 A*
KR1020170140750 A*
KR1020200013031 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
윤준영
서울특별시 마포구 백범로31길 7 공덕SK리더스뷰 201동 1803호
정재우
서울특별시 마포구 월드컵북로 260 성산시영아파트 32동 1410호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
남건필, 박종수, 정지향, 차상윤

전체 청구항 수 : 총 15 항

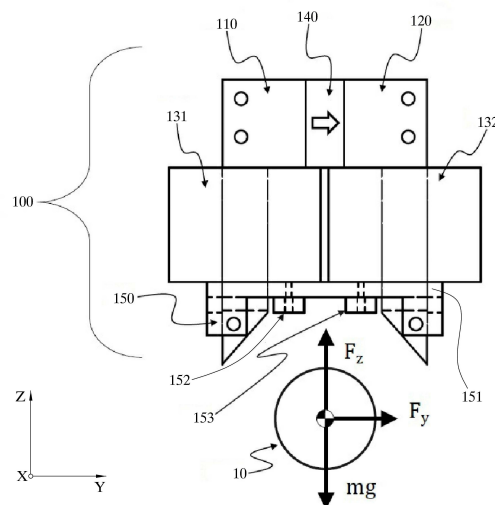
심사관 : 방인환

(54) 발명의 명칭 단일 액추에이터 기반 다자유도 자기부상 시스템

(57) 요약

액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템이 개시된다. 상기 액추에이터는 제1 방향으로 연장되는 폴을 포함하고 상기 폴이 중력 방향에 평행하게 배치되는 2 이상의 철 코어; 및 상기 2 이상의 철 코어가 상기 제1 방향에 평행하지 않는 방향으로 이웃하여 이루는 형상에 나란한 자기장을 형성하도록 상기 2 이상의 철 코어 사이에 배치되는 영구자석; 및 상기 2 이상의 철 코어 각각의 폴에 권취되는 권선체를 포함한다. 상기 다자유도 자기부상 구동 시스템은 상기 액추에이터의 각각의 권선체 하부에 배치되는 2 이상의 광화이버 센서를 포함하는 센서 모듈을 포함하고, 상기 2 이상의 광화이버 센서를 통해 측정된 부상체의 위치정보를 기초로 상기 권선체 각각에 전류를 인가하여 상기 부상체의 위치를 제어하도록 구성된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01F 7/0236 (2013.01)

H01F 7/081 (2013.01)

(72) 발명자

김은규

서울특별시 마포구 동교로12안길 19 청운빌라 301호

윤형민

경기도 고양시 일산서구 하이파크3로 62 하이파크 시티일산아이파크 509동 2004호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415171665
과제번호	P0012744
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술진흥원
연구사업명	산업혁신인재성장지원(R&D)
연구과제명	디지털제조장비R&D전문인력양성
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국기계산업진흥회
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711109385
과제번호	2020R1C1C1008013
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	초고속 전자기-기계 하이브리드 모델 기반 정밀 가공 장비용 모터 설계 연구
기 여 율	2/2
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

제1 방향으로 연장되는 폴을 포함하고 상기 폴이 중력 방향에 평행하게 배치되는 2 이상의 철 코어;

상기 2 이상의 철 코어가 상기 제1 방향에 평행하지 않는 방향으로 이웃하여 이루는 형상에 나란한 자기장을 형성하도록 상기 2 이상의 철 코어 사이에 배치되는 영구자석;

상기 2 이상의 철 코어 각각의 폴에 권취되는 권선체;

상기 권선체 하부에 배치되고, 상기 2 이상의 철 코어의 폴이 각각 삽입되는 2 이상의 코어 삽입홀을 갖는 상면판을 포함하는 어댑터;

상기 상면판의 하부면 상에 고정되어 부상체의 위치 정보를 측정하는 화이버 센서; 및

상기 화이버 센서로부터 제공되는 상기 부상체의 위치 정보를 기초로 상기 권선체에 전류를 인가하여 상기 부상체의 위치를 제어하는 제어부;를 포함하는,

다자유도 자기부상 구동 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어;

상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제2 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어;

상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체;

상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체;

제1 극 및 제2 극 각각이 상기 제2 폴의 단부면 및 상기 제4 폴의 단부면에 접하도록 상기 제2 폴의 단부면 및 상기 제4 폴의 단부면 사이에 배치되는 상기 영구자석을 포함하는,

다자유도 자기부상 구동 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 폴 및 상기 제3 폴의 하단부는 상기 제1 폴 및 상기 제3 폴 사이의 안쪽으로 경사진 경사면을 갖는,

다자유도 자기부상 구동 시스템.

청구항 4

제1 방향에 평행하는 가상의 축선으로부터 제1 방위각에 배치되는 제1 철 코어로써, 상기 제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어;

상기 축선으로부터 제2 방위각에 배치되는 제2 철 코어로써, 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어;

상기 축선으로부터 제3 방위각에 배치되는 제3 철 코어로써, 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제6 폴을 포함하

는 제3 철 코어;

상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체;

상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체;

상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체;

자력선 방향이 상기 축선을 향하도록 상기 제2 폴의 단부면에 고정되는 제1 영구자석;

자력선 방향이 상기 축선을 향하도록 상기 제4 폴의 단부면에 고정되는 제2 영구자석; 및

자력선 방향이 상기 제6 폴의 단부면을 향하도록 상기 제6 폴의 단부면에 고정되는 제3 영구자석을 포함하는, 액츄에이터.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 폴, 상기 제3 폴 및 상기 제5 폴의 하단부는 상기 제1 폴, 상기 제3 폴 및 상기 제5 폴 사이의 안쪽으로 경사진 경사면을 갖는,

액츄에이터.

청구항 6

제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어;

상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제2 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어;

상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제6 폴을 포함하고, 상기 제6 폴의 단부면이 상기 제2 폴의 단부면 및 상기 제4 폴의 단부면과 직각이되는 방향에 배치되어 상기 제1 철 코어 및 상기 제2 철 코어와 이웃하는 제3 철 코어;

상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제7 폴 및 상기 제7 폴의 일측 단부로부터 상기 제6 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제6 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제8 폴을 포함하는 제4 철 코어;

상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체;

상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체;

상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체;

상기 제7 폴에 권취되는 제4 권선체;

자력선 방향이 상기 제2 폴의 단부면에 마주하는 상기 제4 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제2 폴의 단부면에 고정되는 제1 영구자석;

자력선 방향이 상기 제4 폴의 단부면을 향하도록 상기 제4 폴의 단부면에 고정되는 제2 영구자석;

자력선 방향이 상기 제6 폴의 단부면에 마주하는 상기 제8 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제6 폴의 단부면에 고정되는 제3 영구자석; 및

자력선 방향의 상기 제8 폴의 단부면을 향하도록 상기 제8 폴의 단부면에 고정되는 제4 영구자석을 포함하는, 액츄에이터.

청구항 7

제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어;

상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 폴과 평행하게 절곡되어

연장되며 단부면이 상기 제2 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어;

상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제6 폴을 포함하고, 상기 제6 폴의 단부면이 상기 제2 폴의 단부면 및 상기 제4 폴의 단부면과 직각이되는 방향에 배치되어 상기 제1 철 코어 및 상기 제2 철 코어와 이웃하는 제3 철 코어;

상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제7 폴 및 상기 제7 폴의 일측 단부로부터 상기 제6 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제6 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제8 폴을 포함하는 제4 철 코어;

상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체;

상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체;

상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체;

상기 제7 폴에 권취되는 제4 권선체;

자력선 방향이 상기 제2 폴의 단부면에 마주하는 상기 제4 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제2 폴의 단부면에 고정되는 제1 영구자석;

자력선 방향이 상기 제2 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제4 폴의 단부면에 고정되는 제2 영구자석;

자력선 방향이 상기 제6 폴의 단부면을 향하도록 상기 제6 폴의 단부면에 고정되는 제3 영구자석; 및

자력선 방향이 상기 제8 폴의 단부면을 향하도록 상기 제8 폴의 단부면에 고정되는 제4 영구자석을 포함하는, 액츄에이터.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 제1 폴, 상기 제3 폴, 상기 제5 폴 및 제7 폴의 하단부는 상기 제1 폴, 상기 제3 폴, 상기 제5 폴 및 상기 제8 폴 사이의 안쪽으로 경사진 경사면을 갖는,

액츄에이터.

청구항 9

제1 방향에 평행하는 가상의 축선으로부터 제1 방위각에 배치되는 제1 철 코어로써, 상기 제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어;

상기 축선으로부터 제2 방위각에 배치되는 제2 철 코어로써, 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어;

상기 축선으로부터 제3 방위각에 배치되는 제3 철 코어로써, 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제6 폴을 포함하는 제3 철 코어;

상기 제2 폴, 상기 제4 폴 및 상기 제6 폴 각각의 단부면 아래에서 상기 상기 제2 폴, 상기 제4 폴 및 상기 제6 폴에 접하고 상기 제1 방향에 평행하게 연장되는 중심 철 코어;

상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체;

상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체;

상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체; 및

자력선 방향이 상기 중심 철 코어의 아랫면으로부터 멀어지는 방향을 향하도록 상기 중심 철 코어의 아랫면에 고정되는 영구자석을 포함하는,

액츄에이터.

청구항 10

제1 방향에 평행하는 가상의 축선으로부터 제1 방위각에 배치되는 제1 철 코어으로써, 상기 제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어;

상기 축선으로부터 제2 방위각에 배치되는 제2 철 코어으로써, 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어;

상기 축선으로부터 제3 방위각에 배치되는 제3 철 코어으로써, 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제6 폴을 포함하는 제3 철 코어;

상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체;

상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체;

상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체;

자력선 방향이 상기 축선을 향하도록 상기 제2 폴의 단부면에 고정되는 제1 영구자석;

자력선 방향이 상기 축선을 향하도록 상기 제4 폴의 단부면에 고정되는 제2 영구자석;

자력선 방향이 상기 축선을 향하도록 상기 제6 폴의 단부면에 고정되는 제3 영구자석; 및

상기 제1 내지 제3 영구자석의 아래에서 상기 제1 내지 제3 영구자석에 접하고 상기 제1 방향에 평행하게 연장되는 중심 철 코어를 포함하는,

액츄에이터.

청구항 11

제9항 또는 제10항에 있어서,

상기 제1 폴, 상기 제3 폴 및 상기 제5 폴의 하단부는 상기 제1 폴, 상기 제3 폴 및 상기 제5 폴 사이의 안쪽으로 경사진 경사면을 갖는,

액츄에이터.

청구항 12

제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어;

상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제2 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어;

상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제6 폴을 포함하고, 상기 제6 폴의 단부면이 상기 제2 폴의 단부면 및 상기 제4 폴의 단부면과 직각이되는 방향에 배치되어 상기 제1 철 코어 및 상기 제2 철 코어와 이웃하는 제3 철 코어;

상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제7 폴 및 상기 제7 폴의 일측 단부로부터 상기 제6 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제6 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제8 폴을 포함하는 제4 철 코어;

상기 제2 폴, 상기 제4 폴, 상기 제6 폴 및 상기 제8 폴 각각의 단부면 아래에서 상기 제2 폴, 상기 제4 폴, 상기 제6 폴 및 상기 제8 폴에 접하고 상기 제1 방향에 평행하게 연장되는 중심 철 코어;

상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체;

상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체;

상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체;

상기 제7 폴에 권취되는 제4 권선체;

자력선 방향이 상기 중심 철 코어의 아랫면으로부터 멀어지는 방향을 향하도록 상기 중심 철 코어의 아랫면에 고정되는 영구자석을 포함하는,

액츄에이터.

청구항 13

제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어;

상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제2 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어;

상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제6 폴을 포함하고, 상기 제6 폴의 단부면이 상기 제2 폴의 단부면 및 상기 제4 폴의 단부면과 직각이되는 방향에 배치되어 상기 제1 철 코어 및 상기 제2 철 코어와 이웃하는 제3 철 코어;

상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제7 폴 및 상기 제7 폴의 일측 단부로부터 상기 제6 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제6 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제8 폴을 포함하는 제4 철 코어;

상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체;

상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체;

상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체;

상기 제7 폴에 권취되는 제4 권선체;

자력선 방향이 상기 제2 폴의 단부면에 마주하는 상기 제4 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제2 폴의 단부면에 고정되는 제1 영구자석;

자력선 방향이 상기 제2 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제4 폴의 단부면에 고정되는 제2 영구자석;

자력선 방향이 상기 제6 폴의 단부면에 마주하는 상기 제8 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제6 폴의 단부면에 고정되는 제3 영구자석; 및

자력선 방향이 상기 제6 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제8 폴의 단부면에 고정되는 제4 영구자석;

상기 제1 내지 제4 영구자석의 아래에서 상기 제1 내지 제4 영구자석에 접하고 상기 제1 방향에 평행하게 연장되는 중심 철 코어를 포함하는,

액츄에이터.

청구항 14

제12항 또는 제13항에 있어서,

상기 제1 폴, 상기 제3 폴, 상기 제5 폴 및 제7 폴의 하단부는 상기 제1 폴, 상기 제3 폴, 상기 제5 폴 및 상기 제8 폴 사이의 안쪽으로 경사진 경사면을 갖는,

액츄에이터.

청구항 15

제4항 내지 제7항, 제9항, 제10항, 제12항 및 제13항 중 선택된 어느 한 항에 따른 액츄에이터; 및

상기 액츄에이터의 각각의 권선체 하부에 배치되는 2 이상의 광화이버 센서를 포함하는 센서 모듈을 포함하고,

상기 2 이상의 광화이버 센서를 통해 측정된 부상체의 위치정보를 기초로 상기 권선체 각각에 전류를 인가하여 상기 부상체의 위치를 제어하도록 구성되는,

다자유도 자기부상 구동 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자기부상 액추에이터와 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 정밀 가공 및 정밀 이송 시스템을 활용하는 산업군에서는 기계적 접촉에 의한 기능 및 내구도 저하를 방지하기 위하여, 비 접촉 방식으로 작업을 수행할 수 있는 자기부상 기술에 대하여 많은 수요가 있다.

[0003] 종래 초기의 자기부상 액추에이터는 부상체의 부상 방향으로 단일축 구동을 목적으로 개발되었다. 단일축 구동 시 다른 축에 대하여는 기계적 요소에 의한 위치 제약이 없으므로, 외란 등의 외부 요인에 의해서 취약하다. 이는 다양한 산업에 적용하기에 제한적인 요소이다.

[0004] 이를 해결하고자 추가적인 액추에이터를 구성함으로써 다축 구동을 가능하게 하는 시도 등이 있었다. 이는 다축 구동을 가능케 하지만, 액추에이터를 추가로 구성함으로써 전력 소모가 증가하고, 부피가 커진다는 한계가 존재하는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

(특허문헌 0001) 공개특허공보 제10-2020-0013031호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 따라서 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 다축 능동 제어가 가능하고, 액추에이터와 센서 모듈을 컴팩트하게 구성함으로써 넓은 범위에서 안정적으로 부상체의 위치를 측정할 수 있고, 자유공간을 최대한 확보함으로써 다양한 용도에 적용이 가능하도록 한 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명에 따른 액추에이터는 제1 방향으로 연장되는 폴을 포함하고 상기 폴이 중력 방향에 평행하게 배치되는 2 이상의 철 코어; 상기 2 이상의 철 코어가 상기 제1 방향에 평행하지 않는 방향으로 이웃하여 이루는 형상에 나란한 자기장을 형성하도록 상기 2 이상의 철 코어 사이에 배치되는 영구자석; 및 상기 2 이상의 철 코어 각각의 폴에 권취되는 권선체를 포함한다.

[0007] 일 실시예에서, 상기 제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어; 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제2 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어; 상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체; 상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체; 및 제1 극 및 제2 극 각각이 상기 제2 폴의 단부면 및 상기 제4 폴의 단부면에 접하도록 상기 제2 폴의 단부면 및 상기 제4 폴의 단부면 사이에 배치되는 영구자석을 포함할 수 있다.

[0008] 일 실시예에서, 상기 제1 폴 및 상기 제3 폴의 하단부는 상기 제1 폴 및 상기 제3 폴 사이의 안쪽으로 경사진 경사면을 가질 수 있다.

[0009] 일 실시예에서, 상기 제1 방향에 평행하는 가상의 축선으로부터 제1 방위각에 배치되는 제1 철 코어로써, 상기 제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어; 상기 축선으로부터 제2 방위각에 배치되는 제2 철 코어로써, 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어; 상기 축선으로부터

제3 방위각에 배치되는 제3 철 코어으로써, 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제6 폴을 포함하는 제3 철 코어; 상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체; 상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체; 상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체; 자력선 방향이 상기 축선을 향하도록 상기 제2 폴의 단부면에 고정되는 제1 영구자석; 자력선 방향이 상기 축선을 향하도록 상기 제4 폴의 단부면에 고정되는 제2 영구자석; 및 자력선 방향이 상기 제6 폴의 단부면을 향하도록 상기 제6 폴의 단부면에 고정되는 제3 영구자석을 포함할 수 있다.

[0010] 일 실시예에서, 상기 제1 폴, 상기 제3 폴 및 상기 제5 폴의 하단부는 상기 제1 폴, 상기 제3 폴 및 상기 제5 폴 사이의 안쪽으로 경사진 경사면을 가질 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어; 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제2 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어; 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제6 폴을 포함하고, 상기 제6 폴의 단부면이 상기 제2 폴의 단부면 및 상기 제4 폴의 단부면과 직각이되는 방향에 배치되어 상기 제1 철 코어 및 상기 제2 철 코어와 이웃하는 제3 철 코어; 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제7 폴 및 상기 제7 폴의 일측 단부로부터 상기 제6 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제6 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제8 폴을 포함하는 제4 철 코어; 상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체; 상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체; 상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체; 상기 제7 폴에 권취되는 제4 권선체; 자력선 방향이 상기 제2 폴의 단부면에 마주하는 상기 제4 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제2 폴의 단부면에 고정되는 제1 영구자석; 자력선 방향이 상기 제4 폴의 단부면을 향하도록 상기 제4 폴의 단부면에 고정되는 제2 영구자석; 자력선 방향이 상기 제6 폴의 단부면에 마주하는 상기 제8 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제6 폴의 단부면에 고정되는 제3 영구자석; 및 자력선 방향의 상기 제8 폴의 단부면을 향하도록 상기 제8 폴의 단부면에 고정되는 제4 영구자석을 포함할 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어; 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제2 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어; 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제6 폴을 포함하고, 상기 제6 폴의 단부면이 상기 제2 폴의 단부면 및 상기 제4 폴의 단부면과 직각이되는 방향에 배치되어 상기 제1 철 코어 및 상기 제2 철 코어와 이웃하는 제3 철 코어; 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제7 폴 및 상기 제7 폴의 일측 단부로부터 상기 제6 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제6 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제8 폴을 포함하는 제4 철 코어; 상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체; 상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체; 상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체; 상기 제7 폴에 권취되는 제4 권선체; 자력선 방향이 상기 제2 폴의 단부면에 마주하는 상기 제4 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제2 폴의 단부면에 고정되는 제1 영구자석; 자력선 방향이 상기 제2 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제4 폴의 단부면에 고정되는 제2 영구자석; 자력선 방향이 상기 제6 폴의 단부면을 향하도록 상기 제6 폴의 단부면에 고정되는 제3 영구자석; 및 자력선 방향이 상기 제8 폴의 단부면을 향하도록 상기 제8 폴의 단부면에 고정되는 제4 영구자석을 포함할 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 제1 폴, 상기 제3 폴, 상기 제5 폴 및 제7 폴의 하단부는 상기 제1 폴, 상기 제3 폴, 상기 제5 폴 및 상기 제8 폴 사이의 안쪽으로 경사진 경사면을 가질 수 있다.

[0014] 일 실시예에서, 상기 제1 방향에 평행하는 가상의 축선으로부터 제1 방위각에 배치되는 제1 철 코어으로써, 상기 제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어; 상기 축선으로부터 제2 방위각에 배치되는 제2 철 코어으로써, 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어; 상기 축선으로부터 제3 방위각에 배치되는 제3 철 코어으로써, 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제6 폴을 포함하는 제3 철 코어; 상기 제2 폴, 상기 제4 폴 및 상기 제6 폴 각각의 단부면 아래에서 상기 제2 폴, 상기 제4 폴 및 상기 제6 폴에 접하고 상기 제1 방향에 평행하게 연장되는 중심 철 코어; 상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체; 상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체; 상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체; 및 자력선 방향이 상기 중심 철 코어의 아랫면

으로부터 멀어지는 방향을 향하도록 상기 중심 철 코어의 아랫면에 고정되는 영구자석을 포함할 수 있다.

[0015] 일 실시예에서, 상기 제1 방향에 평행하는 가상의 축선으로부터 제1 방위각에 배치되는 제1 철 코어으로써, 상기 제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어; 상기 축선으로부터 제2 방위각에 배치되는 제2 철 코어으로써, 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어; 상기 축선으로부터 제3 방위각에 배치되는 제3 철 코어으로써, 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선을 향하는 제6 폴을 포함하는 제3 철 코어; 상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체; 상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체; 상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체; 자력선 방향이 상기 축선을 향하도록 상기 제2 폴의 단부면에 고정되는 제1 영구자석; 자력선 방향이 상기 축선을 향하도록 상기 제4 폴의 단부면에 고정되는 제2 영구자석; 자력선 방향이 상기 축선을 향하도록 상기 제6 폴의 단부면에 고정되는 제3 영구자석; 및 상기 제1 내지 제3 영구자석의 아래에서 상기 제1 내지 제3 영구자석에 접하고 상기 제1 방향에 평행하게 연장되는 중심 철 코어를 포함할 수 있다.

[0016] 일 실시예에서, 상기 제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어; 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제2 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어; 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제6 폴을 포함하고, 상기 제6 폴의 단부면이 상기 제2 폴의 단부면 및 상기 제4 폴의 단부면과 직각이되는 방향에 배치되어 상기 제1 철 코어 및 상기 제2 철 코어와 이웃하는 제3 철 코어; 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제7 폴 및 상기 제7 폴의 일측 단부로부터 상기 제6 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제6 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제8 폴을 포함하는 제4 철 코어; 상기 제2 폴, 상기 제4 폴, 상기 제6 폴 및 상기 제8 폴 각각의 단부면 아래에서 상기 제2 폴, 상기 제4 폴, 상기 제6 폴 및 상기 제8 폴에 접하고 상기 제1 방향에 평행하게 연장되는 중심 철 코어; 상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체; 상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체; 상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체; 상기 제7 폴에 권취되는 제4 권선체; 및 자력선 방향이 상기 중심 철 코어의 아랫면으로부터 멀어지는 방향을 향하도록 상기 중심 철 코어의 아랫면에 고정되는 영구자석을 포함할 수 있다.

[0017] 일 실시예에서, 상기 제1 방향으로 연장되는 제1 폴 및 상기 제1 폴의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제2 폴을 포함하는 제1 철 코어; 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴 및 상기 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제2 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제4 폴을 포함하는 제2 철 코어; 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제5 폴 및 상기 제5 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제6 폴을 포함하고, 상기 제6 폴의 단부면이 상기 제2 폴의 단부면 및 상기 제4 폴의 단부면과 직각이되는 방향에 배치되어 상기 제1 철 코어 및 상기 제2 철 코어와 이웃하는 제3 철 코어; 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제7 폴 및 상기 제7 폴의 일측 단부로부터 상기 제6 폴과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제6 폴의 단부면과 마주하도록 배치되는 제8 폴을 포함하는 제4 철 코어; 상기 제1 폴에 권취되는 제1 권선체; 상기 제3 폴에 권취되는 제2 권선체; 상기 제5 폴에 권취되는 제3 권선체; 상기 제7 폴에 권취되는 제4 권선체; 자력선 방향이 상기 제2 폴의 단부면에 마주하는 상기 제4 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제2 폴의 단부면에 고정되는 제1 영구자석; 자력선 방향이 상기 제2 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제4 폴의 단부면에 고정되는 제2 영구자석; 자력선 방향이 상기 제6 폴의 단부면에 마주하는 상기 제8 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제6 폴의 단부면에 고정되는 제3 영구자석; 자력선 방향이 상기 제6 폴의 단부면 측을 향하도록 상기 제8 폴의 단부면에 고정되는 제4 영구자석; 및 상기 제1 내지 제4 영구자석의 아래에서 상기 제1 내지 제4 영구자석에 접하고 상기 제1 방향에 평행하게 연장되는 중심 철 코어를 포함할 수 있다.

[0018] 본 발명에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 상기 실시예들 중 어느 하나에 따른 액추에이터; 및 상기 액추에이터의 각각의 권선체 하부에 배치되는 2 이상의 광화이버 센서를 포함하는 센서 모듈을 포함하고, 상기 2 이상의 광화이버 센서를 통해 측정된 부상체의 위치정보를 기초로 상기 권선체 각각에 전류를 인가하여 상기 부상체의 위치를 제어하도록 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템은 부상체를 수직방향인 αZ 방향,

수평방향인 αX 방향 및 αX 방향에 교차하는 αY 방향의 이동이 가능한 다축 능동 제어가 가능하고, 부상체의 위치를 제어하기 위한 전력소모를 최소화 할 수 있고, 액추에이터 및 센서 모듈을 컴팩트하게 구성함으로써 넓은 범위에서 안정적으로 부상체의 위치를 측정할 수 있고, 자유공간을 최대한 확보함으로써 다양한 용도에 적용이 가능한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이다.

도 2는 도 1의 분해 사시도이다.

도 3 내지 도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템이 부상체 위치를 제어하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.

도 8은 본 발명의 제2 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이다.

도 9는 도 8에 도시된 센서 모듈의 구성을 설명하기 위한 사시도이다.

도 10 내지 도 14는 본 발명의 제2 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동시스템의 부상체 위치를 제어하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.

도 15는 본 발명의 제3 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이다.

도 16은 도 15에 도시된 센서 모듈의 구성을 설명하기 위한 사시도이다.

도 17 내지 도 22는 본 발명의 제3 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템이 부상체 위치를 제어하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.

도 23은 본 발명의 제4 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이다.

도 24 내지 도 29는 본 발명의 제4 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템이 부상체 위치를 제어하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.

도 30은 본 발명의 제5 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이다.

도 31 내지 35는 본 발명의 제5 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템이 부상체 위치를 제어하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.

도 36은 본 발명의 제6 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이다.

도 37은 본 발명의 제6 실시예에 따른 액추에이터에서 자기장 형성 모습을 나타내는 도면이다.

도 38은 본 발명의 제7 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이다.

도 39 내지 도 44는 본 발명의 제7 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템이 부상체 위치를 제어하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.

도 45는 본 발명의 제8 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이다.

도 46은 본 발명의 제8 실시예에 따른 액추에이터에서 자기장 형성 모습을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정

실시 예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.

[0022] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0023] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0024] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0025] 본 발명에 따른 액추에이터는 제1 방향으로 연장되는 폴을 포함하고 상기 폴이 중력 방향에 평행하게 배치되는 2 이상의 철 코어; 및 상기 2 이상의 철 코어가 상기 제1 방향에 평행하지 않는 방향으로 이웃하여 이루는 형상에 나란한 자기장을 형성하도록 상기 2 이상의 철 코어 사이에 배치되는 영구자석을 포함한다.

[0026] 이하에서는 본 발명에 따른 액추에이터의 다양한 실시예 및 각 실시예의 액추에이터를 포함하는 다자유도 자기 부상 구동 시스템의 실시예들에 대해 설명한다.

[0027] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이고, 도 2는 도 1의 분해 사시도이고, 도 3 내지 도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템이 부상체 위치를 제어하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.

[0028] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 액추에이터(100)는 제1 철 코어(110), 제2 철 코어(120), 제1 권선체(131), 제2 권선체(132) 및 영구자석(140)을 포함할 수 있다.

[0029] 제1 철 코어(110)는 제1 방향으로 연장되는 제1 폴(111) 및 제1 폴(111)의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직인 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제2 폴(112)을 포함한다. 이러한 제1 철 코어(110)는 'ㄱ'자 형상을 갖는다. 제1 철 코어(110)는 제1 폴(111)이 중력 방향에 평행하게 배치된다.

[0030] 제2 철 코어(120)는 상기 제1 폴(111)과 평행하게 연장되는 제3 폴(121) 및 제3 폴의 일측 단부로부터 상기 제2 폴과 평행하게 절곡되어 연장되는 제4 폴(122)을 포함한다. 이러한 제2 철 코어(120)는 'ㄱ'자 형상을 갖는다. 제2 철 코어(120)는 제3 폴(121)이 상기 제1 폴(111)과 평행하며 제4 폴(122)의 단부면이 상기 제2 폴(112)의 단부면과 마주하도록 배치되어, 제1 철 코어(110) 및 제2 철 코어(120)는 서로 대칭이 되도록 배치된다.

[0031] 제1 권선체(131)는 제1 폴(111)을 감싸도록 제1 폴(111)에 권선되는 코일로 이루어진다.

[0032] 제2 권선체(132)는 제3 폴(121)을 감싸도록 제3 폴(121)에 권선되는 코일로 이루어진다.

[0033] 영구자석(140)은 제1 극 및 제2 극 각각이 상기 제2 폴(112)의 단부면 및 상기 제4 폴(122)의 단부면에 접하도록 상기 제2 폴(112)의 단부면 및 상기 제4 폴(122)의 단부면 사이에 배치된다. 이때, 제1 극은 S극이고, 제2 극은 N극일 수 있다. 상기 제1 극은 상기 제2 폴(112)의 단부면에 접하고 상기 제2 극은 상기 제4 폴(122)의 단부면에 접할 수 있다.

[0034] 한편, 상기 제1 폴(111) 및 상기 제3 폴(121)의 하단부는 상기 제1 폴(111) 및 상기 제3 폴(121) 사이의 안쪽으로 경사진 경사면을 가질 수 있다.

[0035] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 상기 제1 실시예에

따른 액추에이터(100), 센서 모듈(150)을 포함할 수 있다.

- [0036] 액추에이터(100)의 구성은 앞서 상세히 설명하였으므로 그 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0037] 센서 모듈(150)은 어댑터(151); 및 상기 액추에이터(100) 각각의 권선체(131, 132, 133) 하부에 배치되는 제1 광화이버 센서(152) 및 제2 광화이버 센서(153)를 포함할 수 있다.
- [0038] 어댑터(151)는 상기 제1 폴(111)이 삽입되는 제1 코어 삽입홀(1511) 및 상기 제3 폴(121)이 삽입되는 제2 코어 삽입홀(1512)을 갖는 상면판(151a), 상기 상면판(151a)의 길이방향의 양측 단부에서 상기 제1 폴(111) 및 상기 제3 폴(121)과 평행한 방향으로 연장되는 제1 측면판(1513) 및 제2 측면판(1514)을 포함할 수 있다. 상기 제1 측면판(1513)은 상기 제1 코어 삽입홀(1511)로 삽입된 제1 폴(111)에서 상기 어댑터(151)의 길이방향에 수직한 외면을 덮고, 상기 제2 측면판(1514)은 상기 제2 코어 삽입홀(1512)로 삽입된 제3 폴(121)에서 상기 어댑터(151)의 길이방향에 수직한 외면을 덮을 수 있다.
- [0039] 상기 제1 광화이버 센서(152)는 상기 제1 권선체(131)의 아래에 위치하고, 상기 제2 광화이버 센서(153)는 상기 제2 권선체(132)의 아래에 위치할 수 있다. 이를 위해, 제1 광화이버 센서(152)는 제3 폴(121)과 마주하는 제1 폴(111)의 안쪽 방향에 위치하도록 상기 어댑터(151)의 상면판(151a)의 아랫면에 고정되고, 제2 광화이버 센서(153)는 제1 폴(111)과 마주하는 제3 폴(121)의 안쪽 방향에 위치하도록 상기 어댑터(151)의 상면판(151a)의 아랫면에 고정될 수 있다.
- [0040] 상기 제1 광화이버 센서(152) 및 상기 제2 광화이버 센서(153)는 상기 제1 철 코어(110) 및 상기 제2 철 코어(120)의 사이에 위치하는 부상체(10)의 위치를 측정하고 그 측정된 위치정보는 다자유도 자기부상 구동 시스템의 제어부(미도시)로 전송된다.
- [0041] 또한, 본 발명의 제1 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 상기 제1 광화이버 센서(152) 및 상기 제2 광화이버 센서(153)가 측정한 상기 부상체(10)의 위치정보를 기초로 상기 제1 권선체(131) 및 상기 제2 권선체(132) 각각에 전류를 인가하여 상기 부상체(10)의 위치를 제어하도록 구성된다.
- [0042] 이러한 본 발명의 제1 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 도 3에 도시된 바와 같이 영구자석(140)에 의해 제1 철 코어(110) 및 제2 철 코어(120)가 이루는 형상에 나란한 제1 자기장(B1)을 형성한다. 이때, 부상체(10)와 그 양쪽의 제1 철 코어(110) 및 제2 철 코어(120) 간에 작용하는 인력(F1, F2)의 크기는 동등하다. 이에 의해, 제1 철 코어(110)의 제1 폴(111) 및 제2 철 코어(120)의 제3 폴(121)의 사이에 부상체(10)가 위치하면 부상체(10)가 영구자석(140)에 의한 상기 제1 자기장(B1)에 의해 부상될 수 있다. 이때, 제1 폴(111) 및 제3 폴(121)의 안쪽은 경사면을 가지므로 제1 철 코어(110), 제2 철 코어(120) 및 부상체(10) 사이에 작용하는 자속이 용이하게 모일 수 있다.
- [0043] 본 발명의 제1 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 제1 권선체(131) 및 제2 권선체(132) 각각에 독립적으로 인가되는 전류의 방향 및 세기를 조정하여 부상체(10)를 +Z, -Z, +Y, -Y 방향으로 위치 제어할 수 있다.
- [0044] +Z 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 4와 같이, 제1 자기장(B1)과 동일 방향으로 제2 자기장(B2)이 유도되도록 제1 권선체(131) 및 제2 권선체(132) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 자기장 세기가 증가하여, 부상체(10)에 +Z 방향으로 작용하는 부상력(F4)이 증가하여 +Z 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0045] -Z 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 5와 같이, 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 제2 자기장(B2)이 유도되도록 제1 권선체(131) 및 제2 권선체(132) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 부상력(F4)이 감소하여 -Z 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0046] +Y 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 6과 같이, 제1 철 코어(110) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제3 자기장(B3) 방향이 영구자석(140)에 의한 제1 자기장(B1) 방향과 반대가 되도록 제1 권선체(131)에 독립적으로 전류를 인가하면 제1 철 코어(110) 및 부상체(10) 간의 인력(F1)이 감소하고, 제2 철 코어(120) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제4 자기장(B4) 방향이 영구자석(140)에 의한 제1 자기장(B1) 방향과 동일하도록 제2 권선체(132)에 독립적으로 전류를 인가하면 제2 철 코어(120) 및 부상체(10) 간의 인력(F2)이 증가함에 따라 부상체(10)에 작용하는 부상력(F4)중 +Y 방향으로 작용하는 힘이 발생하여 +Y 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0047] -Y 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 7과 같이, 제1 철 코어(110) 및 부상체(10) 간에 형성되

는 제3 자기장(B3) 방향이 영구자석(140)에 의한 제1 자기장(B1) 방향과 동일하도록 제1 권선체(131)에 독립적으로 전류를 인가하여 제1 철 코어(110) 및 부상체(10) 간의 인력(F1)이 증가하고, 제2 철 코어(120) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제4 자기장(B4) 방향이 영구자석(140)에 의한 제1 자기장(B1) 방향과 반대가 되도록 제2 권선체(132)에 독립적으로 전류를 인가하면 제2 철 코어(120) 및 부상체(10) 간의 인력(F2)이 감소함에 따라 부상력(F4)중 ??Y 방향으로 작용하는 힘이 발생하여 ??Y 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.

[0048] 이와 같이, 본 발명의 제1 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 Z축의 수직방향 및 Y축의 수평방향으로의 부상체(10) 이동이 가능해질 수 있다.

[0049] 제2 실시예

[0050] 도 8은 본 발명의 제2 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이고, 도 9는 도 8에 도시된 센서 모듈의 구성을 설명하기 위한 사시도이고, 도 10 내지 도 14는 본 발명의 제2 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동시스템의 부상체 위치를 제어하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.

[0051] 상기 도 10 내지 도 14에서 (a)는 도 8의 A 방향에서 본 모습이고, (b)는 도 8의 B 방향에서 본 모습을 나타낸다.

[0052] 도 8 및 도 9를 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 액추에이터(200)는 제1 철 코어(210), 제2 철 코어(220), 제3 철 코어(230), 제1 권선체(241), 제2 권선체(242), 제3 권선체(243), 제1 영구자석(251), 제2 영구자석(252) 및 제3 영구자석(253)을 포함할 수 있다.

[0053] 제1 철 코어(210)는 제1 방향으로 연장되는 제1 폴(211) 및 상기 제1 폴(211)의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제2 폴(212)을 포함한다. 이러한 제1 철 코어(210)는 'ㄱ'자 형상을 갖는다.

[0054] 이러한 제1 철 코어(210)는 상기 제1 방향에 평행하는 가상의 축선(C)으로부터 제1 방위각에 배치되며, 이때 제1 폴(211)이 중력 방향에 평행하게 배치된다.

[0055] 제2 철 코어(220)는 상기 제1 폴(211)과 평행하게 연장되는 제3 폴(221) 및 상기 제3 폴(221)의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선(C)을 향하는 제4 폴(222)을 포함한다. 이러한 제2 철 코어(220)는 'ㄱ'자 형상을 갖는다.

[0056] 이러한 제2 철 코어(220)는 상기 축선(C)으로부터 제2 방위각에 배치되어 상기 제1 철 코어(210)와 이웃하고, 이때 제3 폴(221)이 중력 방향에 평행하게 배치된다.

[0057] 제3 철 코어(230)는 상기 제1 폴(211)과 평행하게 연장되는 제5 폴(231) 및 상기 제5 폴(231)의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 축선(C)을 향하는 제6 폴(232)을 포함한다. 이러한 제3 철 코어(230)는 'ㄱ'자 형상을 갖는다.

[0058] 이러한 제3 철 코어(230)는 상기 축선(C)으로부터 제3 방위각에 배치되어 상기 제1 철 코어(210) 및 상기 제2 철 코어(220)와 이웃하고, 이때 제5 폴(231)이 중력 방향에 평행하게 배치된다.

[0059] 제1 권선체(241)는 제1 폴(211)을 감싸도록 제1 폴(211)에 권선되는 코일로 이루어진다.

[0060] 제2 권선체(242)는 제3 폴(221)을 감싸도록 제3 폴(221)에 권선되는 코일로 이루어진다.

[0061] 제3 권선체(243)는 제5 폴(231)을 감싸도록 제5 폴(231)에 권선되는 코일로 이루어진다.

[0062] 제1 영구자석(251)은 자력선 방향이 상기 축선(C)을 향하도록 상기 제2 폴(212)의 단부면에 고정된다. 제1 영구자석(251)은 제1 극 및 제2 극을 포함하고, 제1 극은 S극이고 제2 극은 N극일 수 있다. 상기 제1 극이 상기 제2 폴(212)의 단부면에 접할 수 있다.

[0063] 제2 영구자석(252)은 자력선 방향이 상기 축선(C)을 향하도록 상기 제4 폴(222)의 단부면에 고정된다. 제2 영구자석(252)은 제1 극 및 제2 극을 포함하고, 제1 극은 S극이고 제2 극은 N극일 수 있다. 상기 제1 극이 상기 제4 폴(222)의 단부면에 접할 수 있다.

[0064] 제3 영구자석(253)은 자력선 방향이 상기 제6 폴의 단부면을 향하도록 상기 제6 폴의 단부면에 고정된다. 제3 영구자석(253)은 제1 극 및 제2 극을 포함하고, 제1 극은 S극이고 제2 극은 N극일 수 있다. 상기 제2 극이 상기

제6 폴(232)의 단부면에 접할 수 있다.

- [0065] 한편, 상기 제1 폴(211), 상기 제3 폴(221) 및 상기 제5 폴(231)의 하단부는 상기 제1 폴(211), 상기 제3 폴(221) 및 상기 제5 폴(231) 사이의 안쪽으로 경사진 경사면을 가질 수 있다.
- [0066] 도 8 및 도 9를 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 상기 제2 실시예에 따른 액추에이터(200), 센서 모듈(260)을 포함할 수 있다.
- [0067] 액추에이터(200)의 구성은 앞서 상세히 설명하였으므로 그 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0068] 센서 모듈(260)은 어댑터(261); 및 상기 상기 액추에이터(200) 각각의 권선체(241, 242, 243) 하부에 배치되는 제1 광화이버 센서(262), 제2 광화이버 센서(263) 및 제3 광화이버 센서(264)를 포함할 수 있다.
- [0069] 어댑터(261)는 상기 제1 폴(211)이 삽입되는 제1 코어 삽입홀(2611), 상기 제3 폴(221)이 삽입되는 제2 코어 삽입홀(2612) 및 상기 제5 폴(231)이 삽입되는 제3 코어 삽입홀(2613)을 갖는 상면판(261a)을 포함할 수 있다.
- [0070] 상기 제1 광화이버 센서(262)는 상기 제1 권선체(241)의 아래에 위치하고, 상기 제2 광화이버 센서(263)는 상기 제2 권선체(242)의 아래에 위치하고, 상기 제3 광화이버 센서(264)는 상기 제3 권선체(243)의 아래에 위치할 수 있다.
- [0071] 이를 위해, 제1 광화이버 센서(262)는 제1 폴(211)의 안쪽 방향에 위치하도록 상기 어댑터(261)의 상면판(261a) 아랫면에 고정되고, 상기 제2 광화이버 센서(263)는 상기 제3 폴(221)의 안쪽 방향에 위치하도록 상기 어댑터(261)의 상면판(261a) 아랫면에 고정되고, 상기 제3 광화이버 센서(264)는 상기 제5 폴(231)의 안쪽 방향에 위치하도록 상기 어댑터(261)의 상면판(261a) 아랫면에 고정될 수 있다.
- [0072] 상기 제1 광화이버 센서(262), 상기 제2 광화이버 센서(263) 및 상기 제3 광화이버센서(264)는 상기 제1 철 코어(210), 상기 제2 철 코어(220) 및 상기 제3 철 코어(230)의 사이에 위치하는 부상체(10)의 위치를 측정하고 그 측정된 위치정보는 다자유도 자기부상 구동 시스템의 제어부(미도시)로 전송된다.
- [0073] 또한, 본 발명의 제2 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 상기 제1 광화이버 센서(262), 상기 제2 광화이버 센서(263) 및 상기 제3 광화이버 센서(264)가 상기 부상체(10)의 위치정보를 기초로 상기 제1 권선체(241), 상기 제2 권선체(242) 및 상기 제3 권선체(243) 각각에 전류를 인가하여 상기 부상체(10)의 위치를 제어하도록 구성된다.
- [0074] 이러한 본 발명의 제2 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 도 10과 같이, 제1 영구자석(251) 및 제3 영구자석(253)에 의해 상기 제1 철 코어(210) 및 상기 제3 철 코어(230)가 이루는 형상에 나란한 제1 자기장(B1)을 형성하고, 제2 영구자석(252) 및 제3 영구자석(253)에 의해 상기 제2 철 코어(220) 및 상기 제3 철 코어(230)가 이루는 형상에 나란한 제2 자기장(B2)을 형성한다. 이때, 부상체(10)와 제1 철 코어(210), 제2 철 코어(220), 제3 철 코어(230) 간에 작용하는 인력은 동등하다. 이에 의해, 제1 철 코어(210)의 제1 폴(211), 제2 철 코어(220)의 제3 폴(221), 제3 철 코어(230)의 제5 폴(231)의 사이에 부상체(10)가 위치하면 부상체(10)가 상기 제1 자기장(B1) 및 상기 제2 자기장(B2)에 의해 부상될 수 있다. 이때, 제1 폴(211), 제3 폴(221) 및 제5 폴(231)의 안쪽은 경사면을 가지므로 제1 철 코어(210), 제2 철 코어(220), 제3 철 코어(230) 및 부상체(10) 사이에 작용하는 자속이 용이하게 모일 수 있다.
- [0075] 본 발명의 제2 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 제1 권선체(241), 제2 권선체(242) 및 제3 권선체(243) 각각에 독립적으로 인가되는 전류의 방향 및 세기를 조정하여 부상체(10)를 Z축, X축, Y축 방향으로 위치 제어할 수 있다.
- [0076] 상기 Z축은 상기 축선(C)과 평행하고, 상기 X축은 상기 제1 방위각과 평행하고, 상기 Y축은 상기 X축에 교차하는 Y1 및 상기 X축에 교차하는 Y2를 포함하고, 상기 Y1은 상기 제2 방위각과 평행하는 축일 수 있고, 상기 Y2는 상기 제3 방위각과 평행하는 축일 수 있다.
- [0077] +Z 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 10과 같이, 상기 제1 자기장(B1)과 동일 방향으로 제3 자기장(B3)이 유도되고 상기 제2 자기장(B2)과 동일 방향으로 제4 자기장(B4)이 유도되도록 제1 권선체(241), 제2 권선체(242) 및 제3 권선체(243) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 자기장 세기가 증가하여, 부상체(10)에 +Z 방향으로 작용하는 부상력이 증가하여 +Z 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0078] -Z 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 11과 같이, 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 제3 자기장(B3)이 유도되고 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 제4 자기장(B4)이 유도되도록 제1 권선체(241), 제2 권

선체(242) 및 제3 권선체(243) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 -Z 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.

[0079] X 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 12와 같이, 상기 제1 철 코어(210) 및 상기 부상체(10) 간에 형성되는 제5 자기장(B5)의 방향이 제1 자기장(B1)과 동일 방향으로 유도되고, 상기 제3 철 코어(230) 및 상기 부상체(10) 간에 형성되는 제6 자기장(B6)의 방향이 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 부상체(10)와 제2 철 코어(220) 및 제3 철 코어(230) 사이에 형성되는 제4 자기장(B4)의 방향의 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(241), 제2 권선체(242) 및 제3 권선체(243) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 X 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.

[0080] Y1 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 13과 같이, 상기 제3 자기장(B3)의 방향이 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제2 철 코어(220) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제7 자기장(B7)이 상기 제2 자기장(B2)과 동일 방향으로 유도되고, 상기 제3 철 코어(230) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제6 자기장(B6)이 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(241), 제2 권선체(242) 및 제3 권선체(243) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 Y1 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.

[0081] Y2 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 14와 같이, 상기 제1 철 코어(210) 및 상기 부상체(10) 간에 형성되는 제5 자기장(B5)의 방향이 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제2 철 코어(220) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제7 자기장(B7)이 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제3 철 코어(230) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제6 자기장(B6)이 상기 제2 자기장(B2)과 동일 방향으로 유도되도록 제1 권선체(241), 제2 권선체(242) 및 제3 권선체(243) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 Y2 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.

[0082] 제3 실시예

[0083] 도 15는 본 발명의 제3 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이고, 도 16은 도 15에 도시된 센서 모듈의 구성을 설명하기 위한 사시도이고, 도 17 내지 도 22는 본 발명의 제3 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템이 부상체 위치를 제어하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.

[0084] 상기 도 17 내지 도 22에서 (a)는 도 15에 도시된 제1 철 코어(310) 및 제2 철 코어(320)가 마주한 모습을 나타내고, (b)는 도 15에 도시된 제3 철 코어(330) 및 제4 철 코어(340)가 마주한 모습을 나타낸다.

[0085] 도 15 및 도 16을 참조하면, 본 발명의 제3 실시예에 따른 액추에이터는 제1 철 코어(310), 제2 철 코어(320), 제3 철 코어(330), 제4 철 코어(340), 제1 권선체(351), 제2 권선체(352), 제3 권선체(353), 제4 권선체(354), 제1 영구자석(361), 제2 영구자석(362), 제3 영구자석(363), 제4 영구자석(364)을 포함할 수 있다.

[0086] 제1 철 코어(310)는 제1 방향으로 연장되는 제1 폴(311) 및 상기 제1 폴(311)의 일측 단부로부터 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제2 폴(312)을 포함한다. 이러한 제1 철 코어(310)는 'ㄱ'자 형상을 갖는다.

[0087] 제2 철 코어(320)는 상기 제1 폴과 평행하게 연장되는 제3 폴(321) 및 상기 제3 폴(321)의 일측 단부로부터 상기 제2 폴(312)과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제2 폴(312)의 단부면과 마주하도록 배치되는 제4 폴(322)을 포함한다. 이러한 제2 철 코어(320)는 'ㄱ'자 형상을 갖는다.

[0088] 제3 철 코어(330)는 상기 제1 폴(311)과 평행하게 연장되는 제5 폴(331) 및 상기 제5 폴(331)의 일측 단부로부터 상기 제2 방향으로 절곡되어 연장되는 제6 폴(332)을 포함하고, 상기 제6 폴(332)의 단부면이 상기 제2 폴(312)의 단부면 및 상기 제4 폴(322)의 단부면과 직각이되는 방향에 배치되어 상기 제1 철 코어(310) 및 상기 제2 철 코어(320)와 이웃하게 배치된다. 이러한 제3 철 코어(330)는 'ㄱ'자 형상을 갖는다.

[0089] 제4 철 코어(340)는 상기 제1 폴(311)과 평행하게 연장되는 제7 폴(341) 및 상기 제7 폴(341)의 일측 단부로부터 상기 제6 폴(332)과 평행하게 절곡되어 연장되며 단부면이 상기 제6 폴(332)의 단부면과 마주하도록 배치되는 제8 폴(342)을 포함한다. 이러한 제4 철 코어(340)는 'ㄱ'자 형상을 갖는다.

[0090] 제1 권선체(351)는 제1 폴(311)을 감싸도록 제1 폴(311)에 권선되는 코일로 이루어진다.

[0091] 제2 권선체(352)는 제3 폴(321)을 감싸도록 제3 폴(321)에 권선되는 코일로 이루어진다.

[0092] 제3 권선체(353)는 제5 폴(331)을 감싸도록 제5 폴(331)에 권선되는 코일로 이루어진다.

- [0093] 제4 권선체(354)는 제7 폴(341)을 감싸도록 제7 폴(341)에 권선되는 코일로 이루어진다.
- [0094] 제1 영구자석(361)은 자력선 방향이 상기 제2 폴(312)의 단부면에 마주하는 상기 제4 폴(322)의 단부면 측을 향하도록 상기 제2 폴의 단부면에 고정된다.
- [0095] 제2 영구자석(362)은 자력선 방향이 상기 제4 폴(322)의 단부면을 향하도록 상기 제4 폴(322)의 단부면에 고정된다.
- [0096] 제3 영구자석(363)은 자력선 방향이 상기 제6 폴(332)의 단부면에 마주하는 상기 제8 폴(342)의 단부면 측을 향하도록 상기 제6 폴(332)의 단부면에 고정된다.
- [0097] 제4 영구자석(364)은 자력선 방향이 상기 제8 폴(342)의 단부면을 향하도록 상기 제8 폴(342)의 단부면에 고정된다.
- [0098] 한편, 상기 제1 폴(311), 상기 제3 폴(321), 상기 제5 폴(331) 및 제7 폴(341)의 하단부는 상기 제1 폴(311), 상기 제3 폴(321), 상기 제5 폴(331) 및 상기 제7 폴(341) 사이의 안쪽으로 경사진 경사면을 갖는다.
- [0099] 도 15 및 도 16을 참조하면, 본 발명의 제3 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 상기 제3 실시예에 따른 액추에이터(300) 및 센서 모듈(370)을 포함할 수 있다.
- [0100] 액추에이터(300)의 구성은 앞서 상세히 설명하였으므로 그 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0101] 센서 모듈(370)은 어댑터(371); 및 상기 상기 액추에이터(300) 각각의 권선체(351, 352, 353, 354) 하부에 배치되는 제1 광화이버 센서(381), 제2 광화이버 센서(382), 제3 광 화이버 센서(383) 및 제4 광화이버 센서(384)를 포함할 수 있다.
- [0102] 어댑터(371)는 상기 제1 폴(311)이 삽입되는 제1 코어 삽입홀(3711), 상기 제3 폴(321)이 삽입되는 제2 코어 삽입홀(3712) 및 상기 제5 폴(331)이 삽입되는 제3 코어 삽입홀(3713), 제7 폴(341)이 삽입되는 제4 코어 삽입홀(3714)을 갖는 상면판(371a)을 포함한다.
- [0103] 상기 제1 광화이버 센서(381)는 상기 제1 권선체(351)의 아래에 위치하고, 상기 제2 광화이버 센서(382)는 상기 제2 권선체(352)의 아래에 위치하고, 상기 제3 광화이버 센서(383)는 상기 제3 권선체(353)의 아래에 위치하고, 상기 제4 광화이버 센서(384)는 상기 제4 권선체(354)의 아래에 위치할 수 있다.
- [0104] 이를 위해, 제1 광화이버 센서(381)는 제1 폴(311)의 안쪽 방향에 위치하도록 상기 어댑터(371)의 상면판(371a) 아랫면에 고정되고, 상기 제2 광화이버 센서(382)는 상기 제3 폴(321)의 안쪽 방향에 위치하도록 상기 어댑터(371)의 상면판(371a) 아랫면에 고정되고, 상기 제3 광화이버 센서(383)는 상기 제5 폴(331)의 안쪽 방향에 위치하도록 상기 어댑터(371)의 상면판(371a) 아랫면에 고정되고, 상기 제4 광화이버 센서(384)는 상기 제7 폴(341)의 안쪽 방향에 위치하도록 상기 어댑터(371)의 상면판(371a) 아랫면에 고정될 수 있다.
- [0105] 상기 제1 광화이버 센서(381), 상기 제2 광화이버 센서(382), 상기 제3 광화이버 센서(383) 및 상기 제4 광화이버 센서(384)는 상기 제1 철 코어(310), 상기 제2 철 코어(320), 상기 제3 철 코어(330) 및 상기 제4 철 코어(340)의 사이에 위치하는 부상체(10)의 위치를 측정하고 그 측정된 위치정보는 다자유도 자기부상 구동 시스템의 제어부(미도시)로 전송된다.
- [0106] 또한, 본 발명의 제3 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 상기 제1 광화이버 센서(381), 상기 제2 광화이버 센서(382), 상기 제3 광화이버 센서(383) 및 상기 제4 광화이버 센서(384)가 상기 부상체(10)의 위치정보를 기초로 상기 제1 권선체(351), 상기 제2 권선체(352), 상기 제3 권선체(353) 및 상기 제4 권선체(354) 각각에 전류를 인가하여 상기 부상체(10)의 위치를 제어하도록 구성된다.
- [0107] 이러한 본 발명의 제3 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 도 17에 도시된 바와 같이 제1 영구자석(361) 및 제4 영구자석(364)에 의해 상기 제1 철 코어(310) 및 상기 제4 철 코어(340)가 이루는 형상에 나란한 제1 자기장(B1)을 형성하고, 제3 영구자석(363) 및 제2 영구자석(362)에 의해 상기 제3 철 코어(330) 및 상기 제2 철 코어(320)가 이루는 형상에 나란한 제2 자기장(B2)을 형성한다. 이때, 부상체(10)와 제1 철 코어(310), 제2 철 코어(320), 제3 철 코어(330), 제4 철 코어(340) 간에 작용하는 인력은 모두 동등하다. 이에 의해, 제1 철 코어(310)의 제1 폴(311), 제2 철 코어(320)의 제3 폴(321), 제3 철 코어(330)의 제5 폴(331), 제4 철 코어(340)의 제7 폴(341)의 사이에 부상체(10)가 위치하면 부상체(10)가 상기 제1 자기장(B1) 및 상기 제2 자기장(B2)에 의해 부상될 수 있다. 이때, 제1 폴(311), 제3 폴(321), 제5 폴(331) 및 제7 폴(341)의 안쪽은 경사면을 가지므로 제1 철 코어(310), 제2 철 코어(320), 제3 철 코어(330), 제4 철 코어(340) 및 부상체(10) 사이에

작용하는 자속이 용이하게 모일 수 있다.

- [0108] 본 발명의 제3 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 제1 권선체(351), 제2 권선체(352), 제3 권선체(353) 및 제4 권선체(354) 각각에 독립적으로 인가되는 전류의 방향 및 세기를 조정하여 부상체(10)를 Z축, X축, Y축 방향으로 위치 제어할 수 있다.
- [0109] +Z 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 17과 같이, 상기 제1 자기장(B1)과 동일 방향으로 제3 자기장(B3)이 유도되고, 상기 제2 자기장(B2)과 동일 방향으로 제4 자기장(B4)이 유도되도록 제1 권선체(351), 제2 권선체(352), 제3 권선체(353) 및 제4 권선체(354) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 자기장 세기가 증가하여, 부상체(10)에 +Z 방향으로 작용하는 부상력이 증가하여 +Z 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0110] -Z 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 18과 같이, 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 제3 자기장(B3)이 유도되고 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 제4 자기장(B4)이 유도되도록 제1 권선체(351), 제2 권선체(352), 제3 권선체(353) 및 제4 권선체(354) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 부상력이 감소하여 -Z 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0111] +X 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 19와 같이, 제1 철 코어(310) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제5 자기장(B5)의 방향이 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되고, 제4 철 코어(340) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제6 자기장(B6)의 방향이 제1 자기장(B1)과 동일 방향으로 유도되고, 상기 제4 자기장(B4)의 방향이 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(351), 제2 권선체(352), 제3 권선체(353) 및 제4 권선체(354) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 +X 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0112] -X 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 20과 같이, 제1 철 코어(310) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제5 자기장(B5)의 방향이 제1 자기장(B1)과 동일 방향으로 유도되고, 제4 철 코어(340) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제6 자기장(B6)의 방향이 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제4 자기장(B4)의 방향이 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(351), 제2 권선체(352), 제3 권선체(353) 및 제4 권선체(354) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 -X 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0113] +Y 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 21과 같이, 제3 철 코어(330) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제7 자기장(B7)의 방향이 제2 자기장(B2)과 동일 방향으로 유도되고, 제2 철 코어(320) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제8 자기장(B8)의 방향이 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제3 자기장(B3)의 방향이 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(351), 제2 권선체(352), 제3 권선체(353) 및 제4 권선체(354) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 +Y 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0114] -Y 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 22와 같이, 제2 철 코어(320) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제8 자기장(B8)이 제2 자기장(B2)과 동일 방향으로 유도되고, 상기 제7 자기장(B7)의 방향이 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제3 자기장(B3)의 방향이 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(351), 제2 권선체(352), 제3 권선체(353) 및 제4 권선체(354) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 -Y 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0115] **제4 실시예**
- [0116] 도 23은 본 발명의 제4 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이고, 도 24 내지 도 29는 본 발명의 제4 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템이 부상체 위치를 제어하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.
- [0117] 도 24 내지 도 29에서 (a)는 도 23에 도시된 제1 철 코어(410) 및 제4 철 코어(440)가 마주한 모습을 나타내고, (b)는 도 23에 도시된 제2 철 코어(420) 및 제3 철 코어(430)가 마주한 모습을 나타낸다.
- [0118] 도 23을 참조하면, 본 발명의 제4 실시예에 따른 액추에이터는 제1 철 코어(410), 제2 철 코어(420), 제3 철 코어(430), 제4 철 코어(440), 제1 권선체(451), 제2 권선체(452), 제3 권선체(453), 제4 권선체(454), 제1 영구자석(461), 제2 영구자석(462), 제3 영구자석(463), 제4 영구자석(464)을 포함할 수 있다.
- [0119] 제1 철 코어(410), 제2 철 코어(420), 제3 철 코어(430), 제4 철 코어(440), 제1 권선체(451), 제2 권선체(452), 제3 권선체(453), 제4 권선체(454)는 본 발명의 제3 실시예에 따른 액추에이터(400)의 제1 철 코어(410), 제2 철 코어(420), 제3 철 코어(430), 제4 철 코어(440), 제1 권선체(451), 제2 권선체(452), 제3 권선체(453), 제4 권선체(454)와 동일하므로 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

- [0120] 제1 영구자석(461)은 자력선 방향이 상기 제1 철 코어(410)의 제2 폴의 단부면에 마주하는 상기 제2 철 코어(420)의 제4 폴(422)의 단부면 측을 향하도록 상기 제2 폴(412)의 단부면에 고정된다.
- [0121] 제2 영구자석(462)은 자력선 방향이 상기 제2 폴(412)의 단부면 측을 향하도록 상기 제4 폴(422)의 단부면에 고정된다.
- [0122] 제3 영구자석(463)은 자력선 방향이 상기 제3 철 코어(430)의 제6 폴(432)의 단부면을 향하도록 상기 제6 폴(432)의 단부면에 고정된다.
- [0123] 제4 영구자석(464)은 자력선 방향이 상기 제4 철 코어(440)의 제8 폴(442)의 단부면을 향하도록 상기 제8 폴(442)의 단부면에 고정된다.
- [0124] 도 23을 참조하면, 본 발명의 제4 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 상기 제4 실시예에 따른 액추에이터(400) 및 센서 모듈(470)을 포함할 수 있다.
- [0125] 액추에이터(400)의 구성은 앞서 상세히 설명하였으므로 그 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0126] 센서 모듈(470)은 본 발명의 제3 실시예에 따른 센서 모듈(370)과 실질적으로 동일하므로 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0127] 본 발명의 제4 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 도 24에 도시된 바와 같이 제1 영구자석(461) 및 제4 영구자석(464)에 의해 상기 제1 철 코어(410) 및 제4 철 코어(440)가 이루는 형상에 나란한 제1 자기장(B1)을 형성하고, 제2 영구자석(462) 및 제3 영구자석(463)에 의해 상기 제2 철 코어(420) 및 상기 제3 철 코어(430)가 이루는 형상에 나란한 제2 자기장(B2)을 형성한다. 이때, 부상체(10)와 제1 철 코어(410), 제2 철 코어(420), 제3 철 코어(430) 및 제4 철 코어(440) 간에 작용하는 인력은 모두 동등하다. 이에 의해, 제1 철 코어(410)의 제1 폴(411), 제2 철 코어(420)의 제3 폴(421), 제3 철 코어(430)의 제5 폴(431), 제4 철 코어(440)의 제7 폴(441)의 사이에 부상체(10)가 위치하면 부상체(10)가 상기 제1 자기장(B1) 및 상기 제2 자기장(B2)에 의해 부상될 수 있다.
- [0128] 이러한 본 발명의 제4 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 제1 권선체(451), 제2 권선체(452), 제3 권선체(453) 및 제4 권선체(454) 각각에 독립적으로 인가되는 전류의 방향 및 세기를 조정하여 부상체(10)를 Z축, X축, Y축 방향으로 위치 제어할 수 있다.
- [0129] +Z 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 24와 같이, 상기 제1 자기장(B1)과 동일 방향으로 제3 자기장(B3)이 유도되고 상기 제2 자기장(B2)과 동일 방향으로 제4 자기장(B4)이 유도되도록 제1 권선체(451), 제2 권선체(452), 제3 권선체(453) 및 제4 권선체(454) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 자기장 세기가 증가하여, 부상체(10)에 +Z 방향으로 작용하는 부상력이 증가하여 +Z 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0130] -Z 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 25와 같이, 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 제3 자기장(B3)이 유도되고 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 제4 자기장(B4)이 유도되도록 제1 권선체(451), 제2 권선체(452), 제3 권선체(453) 및 제4 권선체(454) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 부상력이 감소하여 -Z 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0131] +X 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 26과 같이, 제2 철 코어(420) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제5 자기장(B5)의 방향이 제2 자기장(B2)과 동일 방향으로 유도되고, 제3 철 코어(430) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제6 자기장(B6)의 방향이 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제3 자기장(B3)이 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(451), 제2 권선체(452), 제3 권선체(453) 및 제4 권선체(454) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 +X 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0132] -X 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 27과 같이, 제1 철 코어(410) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제7 자기장(B7)이 상기 제1 자기장(B1)과 동일 방향으로 유도되고, 제4 철 코어(440) 및 부상체(10) 간에 형성되는 제8 자기장(B8)이 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제4 자기장(B4)이 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(451), 제2 권선체(452), 제3 권선체(453) 및 제4 권선체(454) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 -X 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0133] +Y 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 28과 같이, 상기 제6 자기장(B6)이 상기 제2 자기장(B2)과 동일 방향으로 유도되고, 상기 제5 자기장(B5)이 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제3 자기장(B3)이 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(451), 제2 권선체(452), 제3 권선

체(453) 및 제4 권선체(454) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 +Y 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.

[0134] -Y 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 29와 같이, 상기 제8 자기장(B8)이 상기 제1 자기장(B1)과 동일 방향으로 유도되고, 상기 제7 자기장(B7)이 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제4 자기장(B4)이 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(451), 제2 권선체(452), 제3 권선체(453) 및 제4 권선체(454) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 -Y 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.

[0135] 제5 실시예

[0136] 도 30은 본 발명의 제5 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이고, 도 31 내지 35는 본 발명의 제5 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템이 부상체 위치를 제어하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.

[0137] 도 31 내지 도 35에서 (a)는 도 30의 A 방향에서 본 모습이고, (b)는 도 30의 B 방향에서 본 모습이다.

[0138] 도 30을 참조하면, 본 발명의 제5 실시예에 따른 액추에이터(500)는 제1 철 코어(510), 제2 철 코어(520), 제3 철 코어(530), 중심 철 코어(540), 제1 권선체(551), 제2 권선체(552), 제3 권선체(553), 영구자석(560)을 포함한다.

[0139] 상기 제1 철 코어(510), 제2 철 코어(520), 제3 철 코어(530), 제1 권선체(551), 제2 권선체(552), 제3 권선체(553)는 본 발명의 제2 실시예에 따른 액추에이터(500)의 제1 철 코어(510), 제2 철 코어(520), 제3 철 코어(530), 제1 권선체(551), 제2 권선체(552), 제3 권선체(553)와 동일하므로 구체적인 설명은 생략한다.

[0140] 중심 철 코어(540)는 상기 제1 철 코어(510)의 제2 폴(512), 상기 제2 철 코어(520)의 제4 폴(522), 상기 제3 철 코어(530)의 제6 폴(532) 각각의 단부면 아래에서 상기 제2 폴(512), 상기 제4 폴(522) 및 상기 제6 폴(532)에 접하고 상기 제1 철 코어(510)의 제1 폴(511), 상기 제2 철 코어(520)의 제3 폴(521), 상기 제3 철 코어(530)의 제5 폴(531)에 평행하게 연장된다. 일 예로, 중심 철 코어(540)는 원기둥 형상일 수 있다.

[0141] 영구자석(560)은 자력선 방향이 상기 중심 철 코어(540)의 아랫면으로부터 멀어지는 방향을 향하도록 상기 중심 철 코어(540)의 아랫면에 고정된다.

[0142] 도 30을 참조하면, 본 발명의 제5 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 상기 제5 실시예에 따른 액추에이터(500) 및 센서 모듈(570)을 포함할 수 있다.

[0143] 상기 액추에이터(500)의 구성은 앞서 상세히 설명하였으므로 그 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0144] 센서 모듈(570)은 본 발명의 제2 실시예에 따른 센서 모듈(260)과 실질적으로 동일하므로 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0145] 본 발명의 제5 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 도 31에 도시된 바와 같이 영구자석(560)이 중심 철 코어(540)의 아랫면에 고정됨에 따라 자력선이 제1 내지 제3 철 코어(510, 520, 530) 각각의 방향으로 뻗어서, 제1 철 코어(510) 및 중심 철 코어(540)가 이루는 형상에 나란한 제1 자기장(B1), 제2 철 코어(520) 및 중심 철 코어(540)가 이루는 형상에 나란한 제2 자기장(B2), 제3 철 코어(530) 및 중심 철 코어(540)가 이루는 형상에 나란한 제3 자기장(B3)을 형성한다. 이때, 부상체(10)와 제1 철 코어(510), 제2 철 코어(520), 제3 철 코어(530) 간에 작용하는 인력은 모두 동등하다. 이에 의해, 제1 철 코어(510)의 제1 폴(511), 제2 철 코어(520)의 제3 폴(521), 제3 철 코어(530)의 제5 폴(531)의 사이에 부상체(10)가 위치하면 부상체(10)가 상기 제1 자기장(B1), 상기 제2 자기장(B2) 및 상기 제3 자기장(B3)에 의해 부상될 수 있다.

[0146] 본 발명의 제5 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 제1 권선체(551), 제2 권선체(552) 및 제3 권선체(553) 각각에 독립적으로 인가되는 전류의 방향 및 세기를 조정하여 부상체(10)를 Z축, X축, Y축 방향으로 위치 제어할 수 있다.

[0147] +Z 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 31과 같이, 상기 제1 자기장(B1)과 동일 방향으로 제4 자기장(B4)이 유도되고, 상기 제2 자기장(B2)과 동일 방향으로 제5 자기장(B5)이 유도되고, 상기 제3 자기장(B3)과 동일 방향으로 제6 자기장(B6)이 유도되도록 제1 권선체(551), 제2 권선체(552) 및 제3 권선체(553) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 자기장 세기가 증가하여, 부상체(10)에 +Z 방향으로 작용하는 부상력이 증가하여 +Z 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.

[0148] -Z 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 32와 같이, 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 제4

자기장(B4)이 유도되고, 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 제5 자기장(B5)이 유도되고, 상기 제3 자기장(B3)과 반대 방향으로 제6 자기장(B6)이 유도되도록 제1 권선체(551), 제2 권선체(552) 및 제3 권선체(553) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 -Z 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.

[0149] X 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 33과 같이, 상기 제4 자기장(B4)이 상기 제1 자기장(B1)과 동일 방향으로 유도되고, 상기 제5 자기장(B5)이 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제6 자기장(B6)이 상기 제3 자기장(B3)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(551), 제2 권선체(552) 및 제3 권선체(553) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 X 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.

[0150] Y1 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 34와 같이, 상기 제5 자기장(B5)이 상기 제2 자기장(B2)과 동일 방향으로 유도되고, 상기 제4 자기장(B4)이 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제6 자기장(B6)이 상기 제3 자기장(B3)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(551), 제2 권선체(552) 및 제3 권선체(553) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 Y1 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.

[0151] Y2 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 35와 같이, 상기 제6 자기장(B6)이 상기 제3 자기장(B3)과 동일 방향으로 유도되고, 상기 제4 자기장(B4)이 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제5 자기장(B5)이 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(551), 제2 권선체(552) 및 제3 권선체(553) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 Y2 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.

[0152] 제6 실시예

[0153] 도 36은 본 발명의 제6 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이고, 도 37은 본 발명의 제6 실시예에 따른 액추에이터의 자기장 형성 모습을 나타내는 도면이다.

[0154] 도 37에서 (a)는 도 36의 A 방향에서 본 모습을 나타내고, (b)는 도 36의 B 방향에서 본 모습을 나타낸다.

[0155] 도 36을 참조하면, 본 발명의 제6 실시예에 따른 액추에이터(600)는 제1 철 코어(610), 제2 철 코어(620), 제3 철 코어(630), 중심 철 코어(640), 제1 권선체(651), 제2 권선체(652), 제3 권선체(653), 제1 영구자석(661), 제2 영구자석(662), 제3 영구자석(663)을 포함할 수 있다.

[0156] 제1 철 코어(610), 제2 철 코어(620), 제3 철 코어(630), 제1 권선체(651), 제2 권선체(652) 및 제3 권선체(653)는 본 발명의 제2 실시예에 따른 액추에이터(600)의 제1 철 코어(610), 제2 철 코어(620), 제3 철 코어(630), 제1 권선체(651), 제2 권선체(652) 및 제3 권선체(653)와 동일하므로 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0157] 제1 영구자석(661)은 자력선 방향이 제1 철 코어(610), 제2 철 코어(620) 및 제3 철 코어(630)의 배열들의 중앙의 가상의 축선(C)을 향하도록 상기 제1 철 코어(610)의 제2 폴(612)의 단부면에 고정된다.

[0158] 제2 영구자석(662)은 자력선 방향이 상기 축선(C)을 향하도록 상기 제2 철 코어(620)의 제4 폴(622)의 단부면에 고정된다.

[0159] 제3 영구자석(663)은 자력선 방향이 상기 축선(C)을 향하도록 상기 제3 철 코어(630)의 제6 폴(632)의 단부면에 고정된다.

[0160] 중심 철 코어(640)는 상기 제1 내지 제3 영구자석(770)의 아래에서 상기 제1 내지 제3 영구자석(661, 662, 663)에 접하고, 상기 제1 철 코어(610)의 제1 폴(611), 상기 제2 철 코어(620)의 제3 폴(621), 상기 제3 철 코어(630)의 제5 폴(631)에 평행하게 연장된다. 일 예로, 중심 철 코어(640)는 원기둥 형상일 수 있다.

[0161] 도 36을 참조하면, 본 발명의 제6 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 상기 제6 실시예에 따른 액추에이터(600) 및 센서 모듈(670)을 포함할 수 있다.

[0162] 상기 액추에이터(600)의 구성은 앞서 상세히 설명하였으므로 그 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0163] 센서 모듈(670)은 본 발명의 제2 실시예에 따른 센서 모듈(260)과 실질적으로 동일하므로 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0164] 본 발명의 제6 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 도 37에 도시된 바와 같이 제1 내지 제3 영구자석(661, 662, 663)으로부터 나오는 자력선이 제1 내지 제3 영구자석(661, 662, 663)에 접하는 중심 철 코어(640)를 향하므로 자력선이 제1 내지 제3 철 코어(610, 620, 630) 각각의 방향으로 뻗어서, 제1 철 코어(610) 및 중심 철 코어(640)가 이루는 형상에 나란한 제1 자기장(B1), 제2 철 코어(620) 및 중심 철 코어(640)가 이루는 형상에 나란한 제2 자기장(B2), 제3 철 코어(630) 및 중심 철 코어(640)가 이루는 형상에 나란한 제3 자기장

(B3)을 형성한다. 이때, 부상체(10)와 제1 철 코어(610), 제2 철 코어(620) 및 제3 철 코어(630) 간에 작용하는 인력은 모두 동등하다. 이에 의해, 제1 철 코어(610)의 제1 폴(611), 제2 철 코어(620)의 제3 폴(621), 제3 철 코어(630)의 제5 폴(631)의 사이에 부상체(10)가 위치하면 부상체(10)가 상기 제1 자기장(B1), 상기 제2 자기장(B2) 및 제3 자기장(B3)에 의해 부상될 수 있다.

[0165] 본 발명의 제6 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 제1 권선체(651), 제2 권선체(652) 및 제3 권선체(653) 각각에 독립적으로 인가되는 전류의 방향 및 세기를 조정하여 부상체(10)를 Z축, X축, Y축 방향으로 위치 제어할 수 있다.

[0166] 본 발명의 제6 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 부상체(10)를 상기 Z축, X축, Y축 방향으로 위치 제어하는 과정이 본 발명의 제5 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템과 동일하므로 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0167] 제7 실시예

[0168] 도 38은 본 발명의 제7 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이고, 도 39 내지 도 44는 본 발명의 제7 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템이 부상체 위치를 제어하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.

[0169] 도 39 내지 도 44에서 (a)는 도 38에 도시된 제1 철 코어(710) 및 제2 철 코어(720)가 마주하는 모습을 나타내고, (b)는 도 38에 도시된 제3 철 코어(730) 및 제4 철 코어(740)가 마주하는 모습을 나타낸다.

[0170] 도 38을 참조하면, 본 발명의 제7 실시예에 따른 액추에이터(700)는 제1 철 코어(710), 제2 철 코어(720), 제3 철 코어(730), 제4 철 코어(740), 중심 철 코어(750), 제1 권선체(761), 제2 권선체(762), 제3 권선체(763), 제4 권선체(764), 영구자석(770)을 포함할 수 있다.

[0171] 제1 철 코어(710), 제2 철 코어(720), 제3 철 코어(730), 제4 철 코어(740), 제1 권선체(761), 제2 권선체(762), 제3 권선체(763), 제4 권선체(764)는 본 발명의 제3 실시예에 따른 액추에이터(700)의 제1 철 코어(710), 제2 철 코어(720), 제3 철 코어(730), 제4 철 코어(740), 제1 권선체(761), 제2 권선체(762), 제3 권선체(763), 제4 권선체(764)와 동일하므로 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0172] 중심 철 코어(750)는 상기 제1 철 코어(710)의 제2 폴(712), 상기 제2 철 코어(720)의 제4 폴(722), 상기 제3 철 코어(730)의 제6 폴(732) 및 상기 제4 철 코어(740)의 제8 폴(742) 각각의 단부면 아래에서 상기 제2 폴(712), 상기 제4 폴(722), 상기 제6 폴(732) 및 상기 제8 폴(742)에 접하고, 상기 제1 철 코어(710)의 제1 폴(711), 상기 제2 철 코어(720)의 제3 폴(721), 상기 제3 철 코어(730)의 제5 폴(731), 상기 제4 철 코어(740)의 제7 폴(741)과 평행하게 연장된다. 일 예로, 중심 철 코어(750)는 원기둥 형상일 수 있다.

[0173] 영구자석(770)은 자력선 방향이 상기 중심 철 코어(750)의 아랫면으로부터 멀어지는 방향을 향하도록 상기 중심 철 코어(750)의 아랫면에 고정된다.

[0174] 도 38을 참조하면, 본 발명의 제7 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 상기 제7 실시예에 따른 액추에이터(700) 및 센서 모듈(780)을 포함할 수 있다.

[0175] 액추에이터(700)의 구성은 앞서 상세히 설명하였으므로 그 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0176] 센서 모듈(780)은 본 발명의 제3 실시예에 따른 센서 모듈(370)과 실질적으로 동일하므로 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0177] 본 발명의 제7 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 도 39에 도시된 바와 같이 영구자석(770)이 중심 철 코어(750)의 아랫면에 고정됨에 따라 자력선이 제1 내지 제4 철 코어(710, 720, 730, 740) 각각의 방향으로 뻗어서, 제1 철 코어(710) 및 중심 철 코어(750)가 이루는 형상에 나란한 제1 자기장(B1), 제2 철 코어(720) 및 중심 철 코어(750)가 이루는 형상에 나란한 제2 자기장(B2), 제3 철 코어(730) 및 중심 철 코어(750)가 이루는 형상에 나란한 제3 자기장(B3), 제4 철 코어(740) 및 중심 철 코어(750)가 이루는 형상에 나란한 제4 자기장을 형성한다. 이때, 부상체(10)와 제1 철 코어(710), 제2 철 코어(720), 제3 철 코어(730) 및 제4 철 코어(740) 간에 작용하는 인력은 모두 동등하다. 이에 의해, 제1 철 코어(710)의 제1 폴(711), 제2 철 코어(720)의 제3 폴(721), 제3 철 코어(730)의 제5 폴(731) 및 제4 철 코어(740)의 제7 폴(741)의 사이에 부상체(10)가 위치하면 부상체(10)가 상기 제1 자기장(B1) 및 상기 제2 자기장(B2)에 의해 부상될 수 있다.

[0178] 본 발명의 제7 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 제1 권선체(761), 제2 권선체(762), 제3 권선체

(763) 및 제4 권선체(764) 각각에 독립적으로 인가되는 전류의 방향 및 세기를 조정하여 부상체(10)를 Z축, X축, Y축 방향으로 위치 제어할 수 있다.

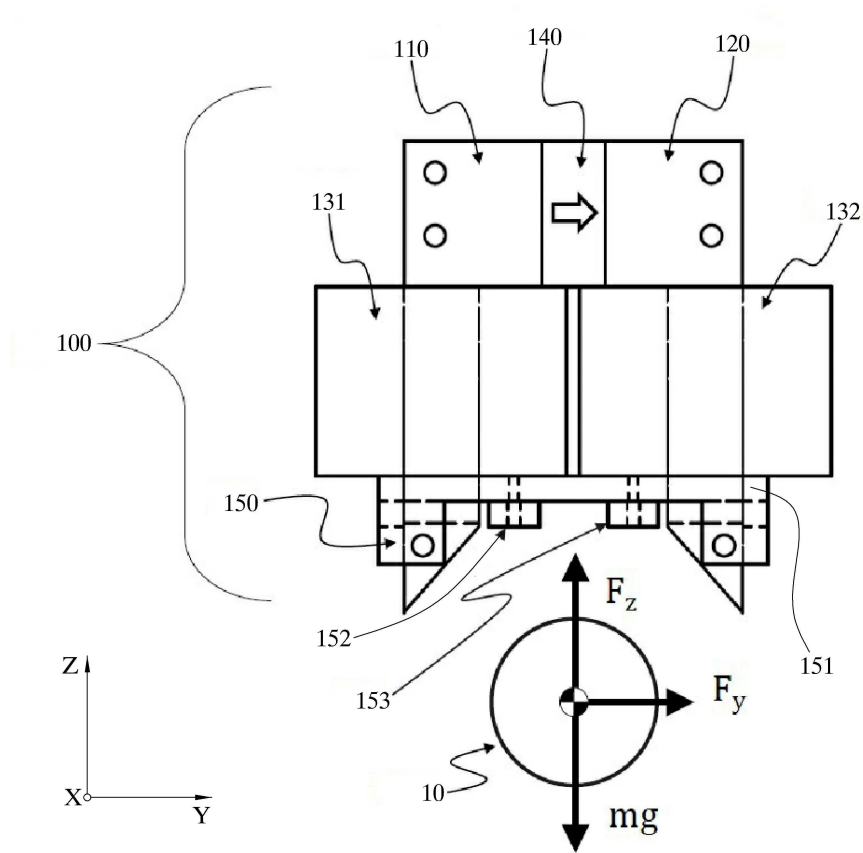
- [0179] +Z 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 39와 같이, 상기 제1 자기장(B1)과 동일 방향으로 상기 제5 자기장(B5)이 유도되고, 상기 제2 자기장(B2)과 동일 방향으로 상기 제6 자기장(B6)이 유도되고, 상기 제3 자기장(B3)과 동일 방향으로 상기 제7 자기장(B7)이 유도되고, 상기 제4 자기장(B4)과 동일 방향으로 상기 제8 자기장(B8)이 유도되도록 제1 권선체(761), 제2 권선체(762), 제3 권선체(763) 및 제4 권선체(764) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 자기장 세기가 증가하여, 부상체(10)에 +Z 방향으로 작용하는 부상력이 증가하여 +Z 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0180] -Z 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 40과 같이, 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 상기 제5 자기장(B5)이 유도되고, 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 상기 제6 자기장(B6)이 유도되고, 상기 제3 자기장(B3)과 반대 방향으로 상기 제7 자기장(B7)이 유도되고, 상기 제4 자기장(B4)과 반대 방향으로 상기 제8 자기장(B8)이 유도되도록 제1 권선체(761), 제2 권선체(762), 제3 권선체(763) 및 제4 권선체(764) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 -Z 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0181] +X 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 41과 같이, 상기 제5 자기장(B5)이 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제6 자기장(B6)이 상기 제2 자기장(B2)과 동일 방향으로 유도되고, 상기 제7 자기장(B7)이 상기 제3 자기장(B3)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제8 자기장(B8)이 상기 제4 자기장(B4)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(761), 제2 권선체(762), 제3 권선체(763) 및 제4 권선체(764) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 +X 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0182] -X 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 42와 같이, 상기 제5 자기장(B5)이 상기 제1 자기장(B1)과 동일 방향으로 유도되고, 상기 제6 자기장(B6)이 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제7 자기장(B7)이 상기 제3 자기장(B3)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제8 자기장(B8)이 상기 제4 자기장(B4)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(761), 제2 권선체(762), 제3 권선체(763) 및 제4 권선체(764) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 -X 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0183] +Y 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 43과 같이, 상기 제7 자기장(B7)이 상기 제3 자기장(B3)과 동일 방향으로 유도되고, 상기 제5 자기장(B5)이 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제6 자기장(B6)이 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제8 자기장(B8)이 상기 제4 자기장(B4)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(761), 제2 권선체(762), 제3 권선체(763) 및 제4 권선체(764) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 +Y 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0184] -Y 방향으로 부상체(10)를 이동시키고자 하는 경우, 도 44와 같이, 상기 제8 자기장(B8)이 상기 제4 자기장(B4)과 동일 방향으로 유도되고, 상기 제5 자기장(B5)이 상기 제1 자기장(B1)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제6 자기장(B6)이 상기 제2 자기장(B2)과 반대 방향으로 유도되고, 상기 제7 자기장(B7)이 상기 제3 자기장(B3)과 반대 방향으로 유도되도록 제1 권선체(761), 제2 권선체(762), 제3 권선체(763) 및 제4 권선체(764) 각각에 독립적으로 전류를 인가하면 -Y 방향으로 부상체(10)를 이동시킬 수 있다.
- [0185] **제8 실시예**
- [0186] 도 45는 본 발명의 제8 실시예에 따른 액추에이터 및 이를 이용한 다자유도 자기부상 구동 시스템을 설명하기 위한 사시도이고, 도 46은 본 발명의 제8 실시예에 따른 액추에이터에서 자기장 형성 모습을 나타내는 도면이다.
- [0187] 도 46에서 (a)는 도 45에 도시된 제1 철 코어(810) 및 제2 철 코어(820)가 마주하는 모습을 나타내고, (b)는 도 45에 도시된 제3 철 코어(830) 및 제4 철 코어(840)가 마주하는 모습을 나타낸다.
- [0188] 도 45를 참조하면, 본 발명의 제8 실시예에 따른 액추에이터(800)는 제1 철 코어(810), 제2 철 코어(820), 제3 철 코어(830), 제4 철 코어(840), 중심 철 코어(850), 제1 권선체(861), 제2 권선체(862), 제3 권선체(863), 제4 권선체(864), 제1 영구자석(871), 제2 영구자석(872), 제3 영구자석(873) 및 제4 영구자석(874)을 포함할 수 있다.
- [0189] 제1 철 코어(810), 제2 철 코어(820), 제3 철 코어(830), 제4 철 코어(840), 제1 권선체(861), 제2 권선체(862), 제3 권선체(863), 제4 권선체(864)는 본 발명의 제3 실시예에 따른 액추에이터(800)의 제1 철 코어(810), 제2 철 코어(820), 제3 철 코어(830), 제4 철 코어(840), 제1 권선체(861), 제2 권선체(862), 제3 권선

체(863), 제4 권선체(864)와 동일하므로 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

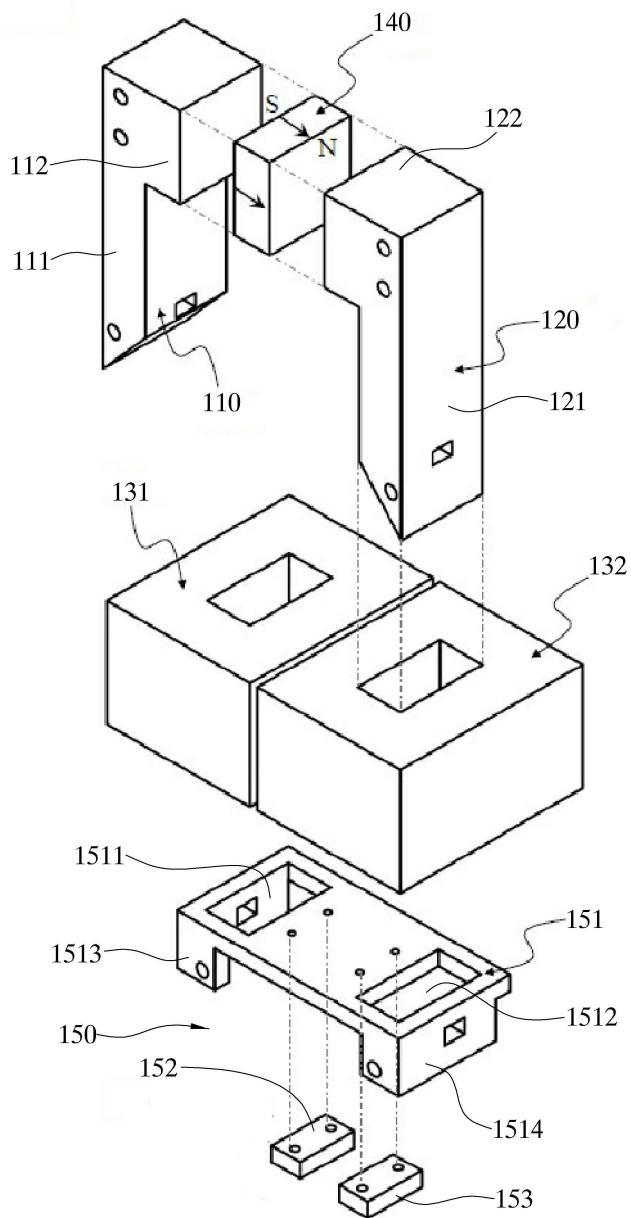
- [0190] 제1 영구자석(871)은 자력선 방향이 상기 제1 철 코어(810)의 제2 폴(812)의 단부면에 마주하는 상기 제2 철 코어(820)의 제4 폴(822)의 단부면 측을 향하도록 상기 제2 폴(812)의 단부면에 고정된다.
- [0191] 제2 영구자석(872)은 자력선 방향이 상기 제2 폴(812)의 단부면 측을 향하도록 상기 제4 폴(822)의 단부면에 고정될 수 있다.
- [0192] 제3 영구자석(873)은 자력선 방향이 상기 제3 철 코어(830)의 제6 폴(832)의 단부면에 마주하는 상기 제4 철 코어(840)의 제8 폴(842)의 단부면 측을 향하도록 상기 제6 폴(832)의 단부면에 고정된다.
- [0193] 제4 영구자석(874)은 자력선 방향이 상기 제6 폴(832)의 단부면 측을 향하도록 상기 제8 폴(842)의 단부면에 고정된다.
- [0194] 중심 철 코어(850)는 상기 제1 내지 제4 영구자석(871, 872, 873, 874)의 아래에서 상기 제1 내지 제4 영구자석(871, 872, 873, 874)에 접하고, 제1 철 코어(810)의 제1 폴(811), 제2 철 코어(820)의 제3 폴(821), 제3 철 코어(830)의 제5 폴(831) 및 상기 제4 철 코어(840)의 제7 폴(841)과 평행하게 연장된다. 일 예로, 중심 철 코어(850)는 원기둥 형상일 수 있다.
- [0195] 도 45를 참조하면, 본 발명의 제8 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 액추에이터(800) 및 센서 모듈(880)을 포함할 수 있다.
- [0196] 액추에이터(800)의 구성은 앞서 상세히 설명하였으므로 그 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0197] 센서 모듈(880)은 본 발명의 제3 실시예에 따른 센서 모듈(370)과 실질적으로 동일하므로 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0198] 본 발명의 제8 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 도 46에 도시된 바와 같이 제1 내지 제4 영구자석(871, 872, 873, 874)으로부터 나오는 자력선이 제1 내지 제4 영구자석(871, 872, 873, 874)에 접하는 중심 철 코어(850)를 향하므로 자력선이 제1 내지 제4 철 코어(810, 820, 830, 840) 각각의 방향으로 뻗어서, 제1 철 코어(810) 및 중심 철 코어(850)가 이루는 형상에 나란한 제1 자기장(B1), 제2 철 코어(820) 및 중심 철 코어(850)가 이루는 형상에 나란한 제2 자기장(B2), 제3 철 코어(830) 및 중심 철 코어(850)가 이루는 형상에 나란한 제3 자기장(B3), 제4 철 코어(840) 및 중심 철 코어(850)가 이루는 형상에 나란한 제4 자기장(B4)을 형성한다. 이때, 부상체(10)와 제1 철 코어(810), 제2 철 코어(820), 제3 철 코어(830) 및 제4 철 코어(840) 간에 작용하는 인력은 모두 동등하다. 이에 의해, 제1 철 코어(810)의 제1 폴(811), 제2 철 코어(820)의 제3 폴(821), 제3 철 코어(830)의 제5 폴(831)의 사이에 부상체(10)가 위치하면 부상체(10)가 상기 제1 자기장(B1) 및 상기 제2 자기장(B2)에 의해 부상될 수 있다.
- [0199] 본 발명의 제8 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 제1 권선체(861), 제2 권선체(862), 제3 권선체(863) 및 제4 권선체(864) 각각에 독립적으로 인가되는 전류의 방향 및 세기를 조정하여 부상체(10)를 Z축, X축, Y축 방향으로 위치 제어할 수 있다.
- [0200] 본 발명의 제8 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템은 부상체(10)를 상기 Z축, X축, Y축 방향으로 위치 제어하는 과정이 본 발명의 제7 실시예에 따른 다자유도 자기부상 구동 시스템과 동일하므로 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0201] 이러한 본 발명의 실시예들에 따른 액추에이터 및 다자유도 자기부상 구동 시스템을 이용하면, 영구자석에 의한 자기장을 이용하여 2 이상의 철 코어들 사이에 부상체가 위치했을 때 권선체들에 전류를 인가하지 않아도 철 코어, 영구자석 및 부상체 간 자기회로가 갇혀지도록 함으로써 전류 없이도 자기부상에 필요한 기초 자기력을 제공할 수 있고, 이에 따라 부상체의 위치를 제어하기 위한 전력소모를 최소화 할 수 있는 이점이 있다.
- [0202] 또한, 각 권선체에 전류를 인가함으로써 Z축, X축 및 Y축으로의 다자유도 자기부상 제어가 가능해지는 이점이 있다.
- [0203] 제시된 실시예들에 대한 설명은 임의의 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 이용하거나 또는 실시할 수 있도록 제공된다. 이러한 실시예들에 대한 다양한 변형들은 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이며, 여기에 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 범위를 벗어남이 없이 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 그리하여, 본 발명은 여기에 제시된 실시예들로 한정되는 것이 아니라, 여기에 제시된 원리들 및 신규한 특징들과 일관되는 최광의의 범위에서 해석되어야 할 것이다.

도면

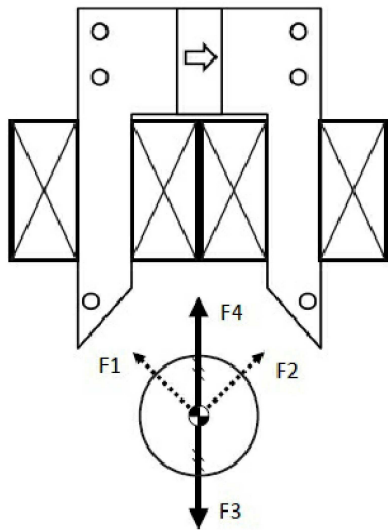
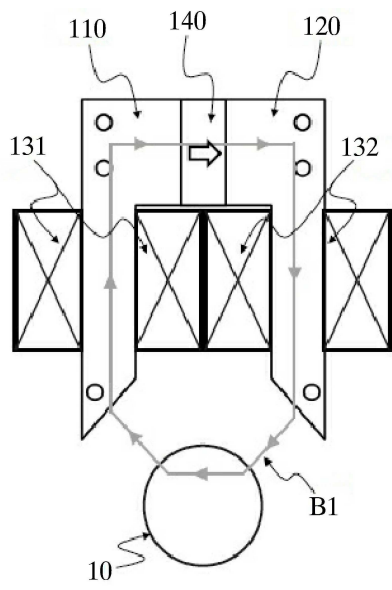
도면1



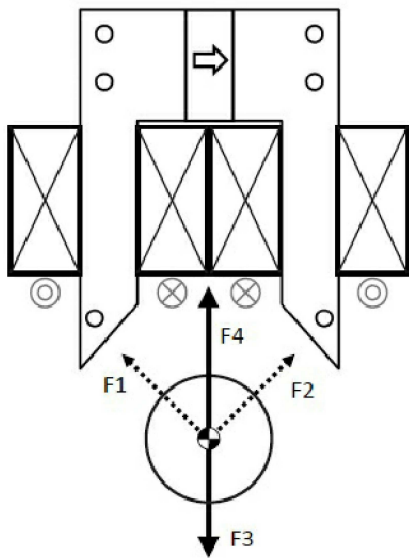
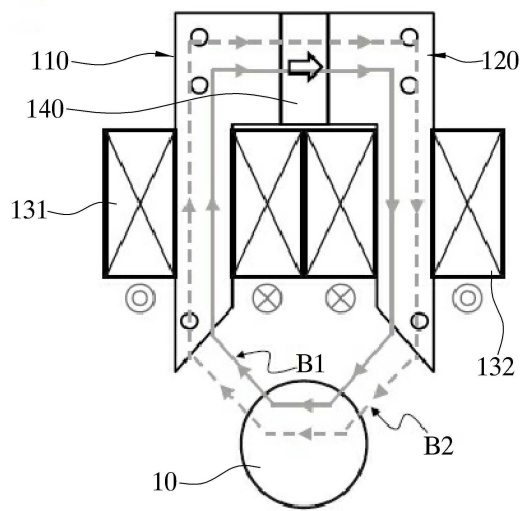
도면2



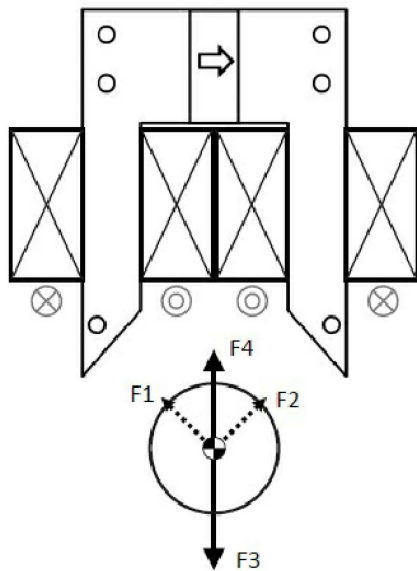
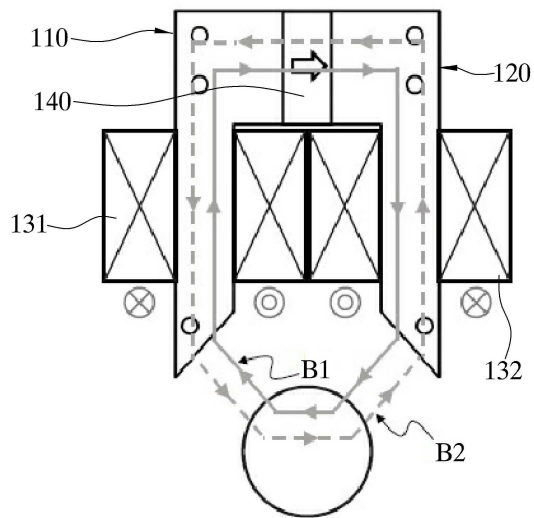
도면3



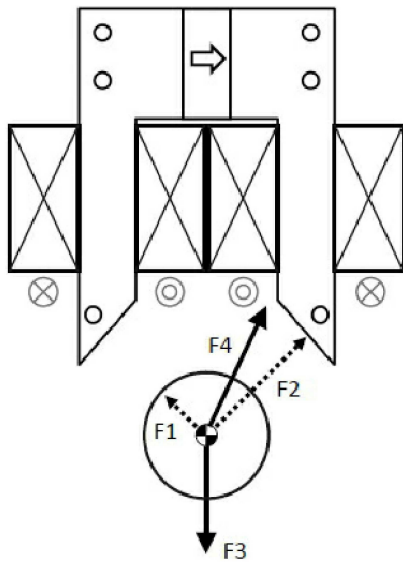
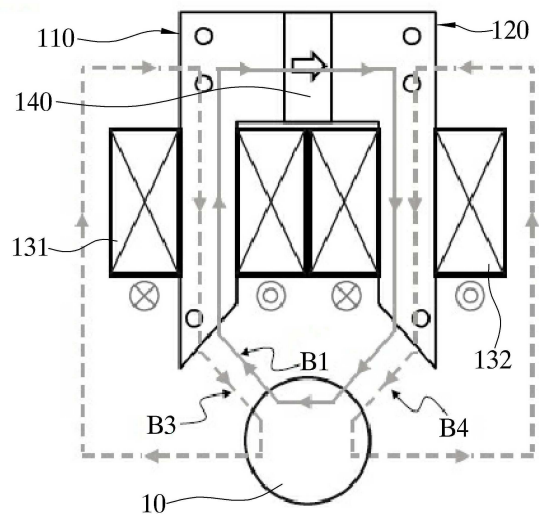
도면4



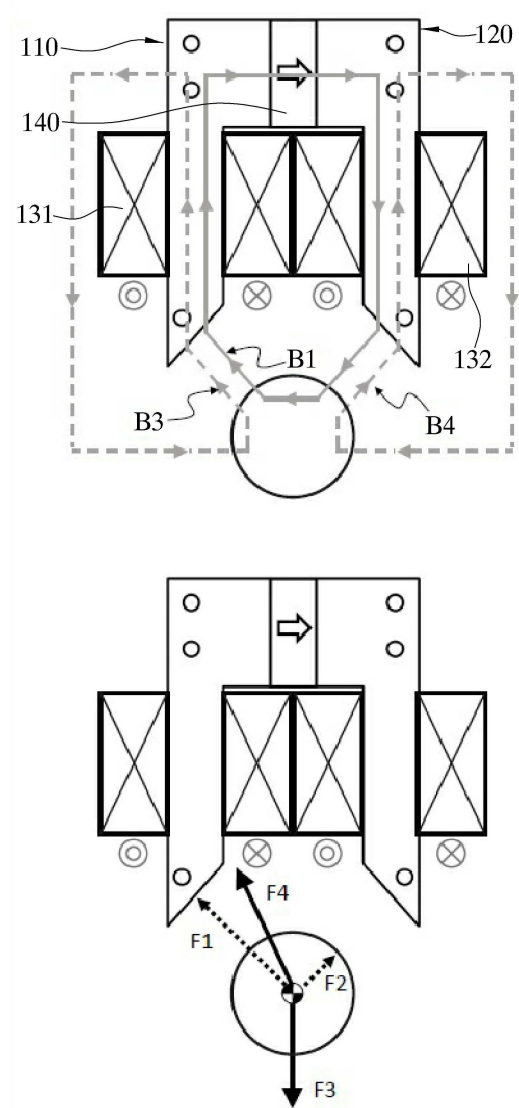
도면5



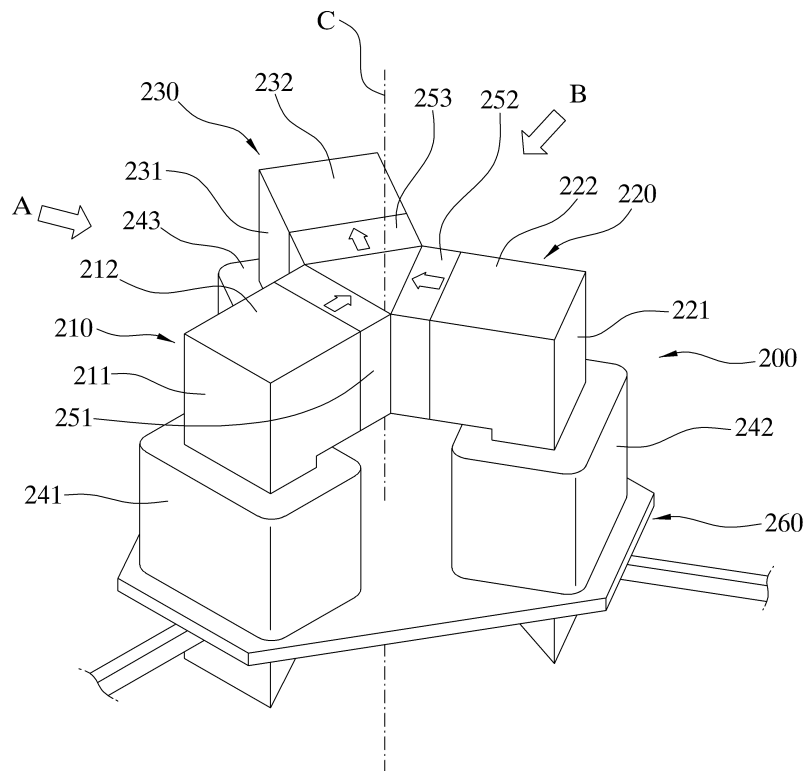
도면6



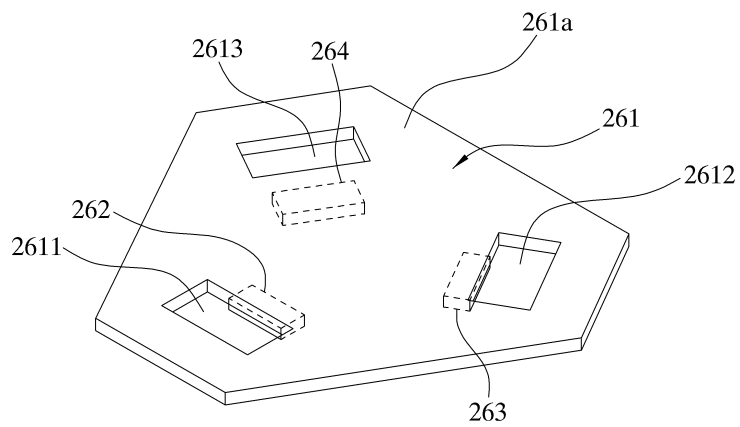
도면7



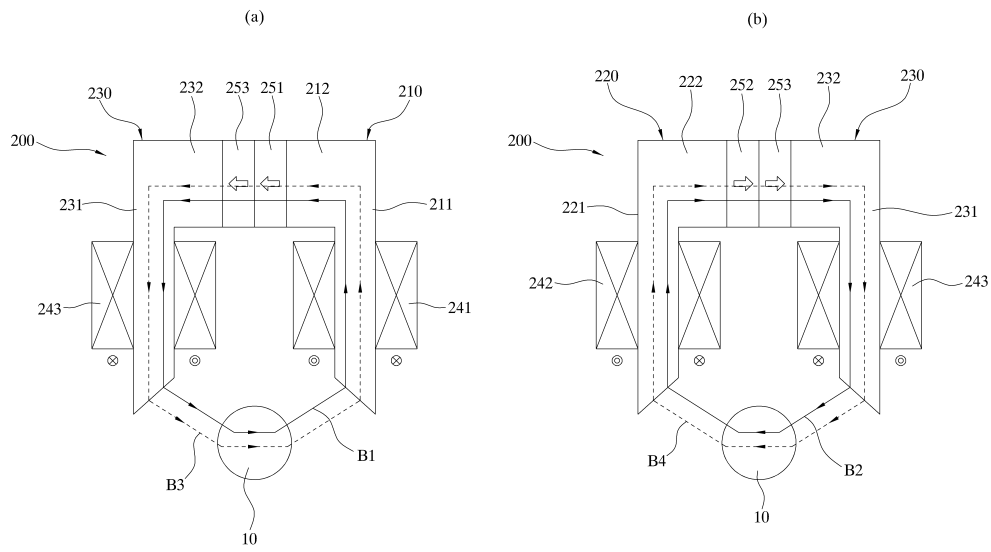
도면8



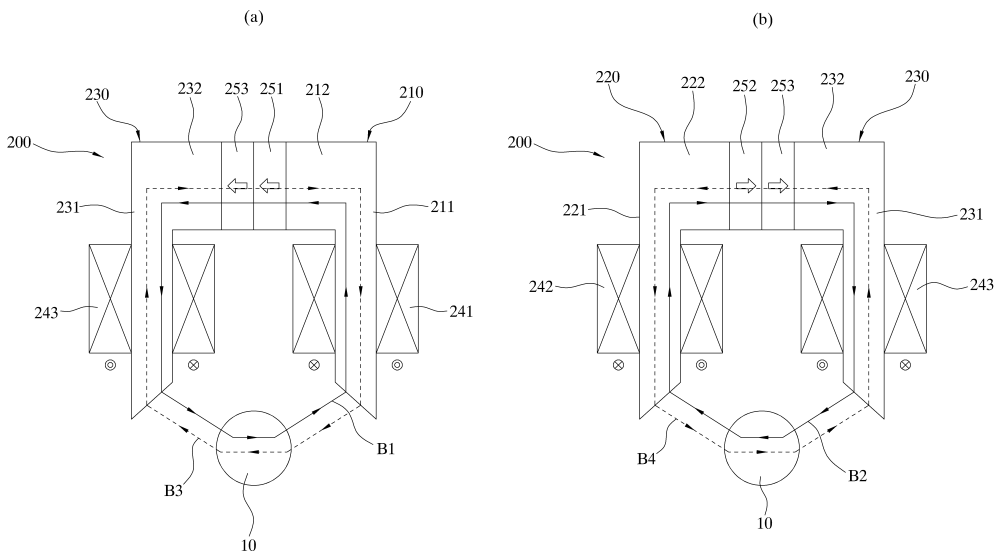
도면9



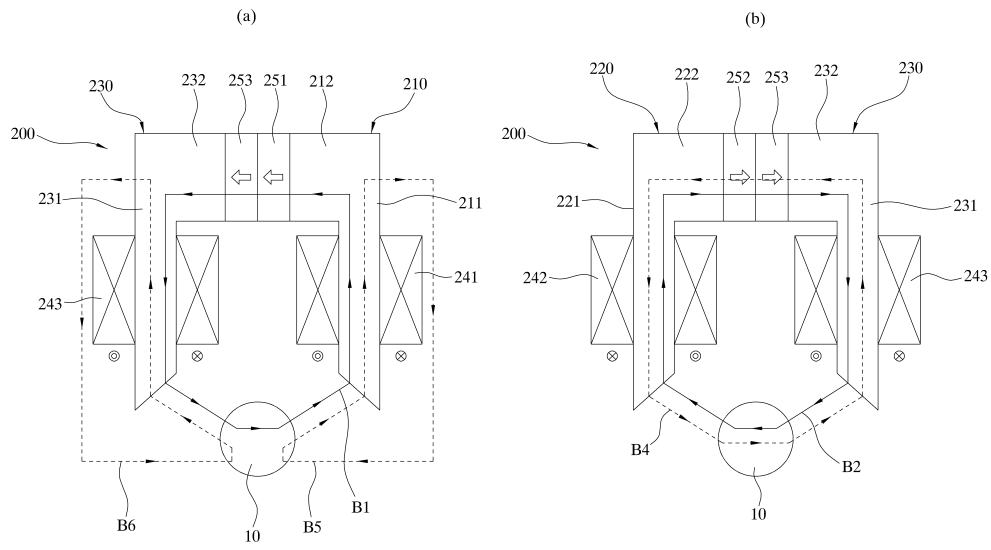
도면10



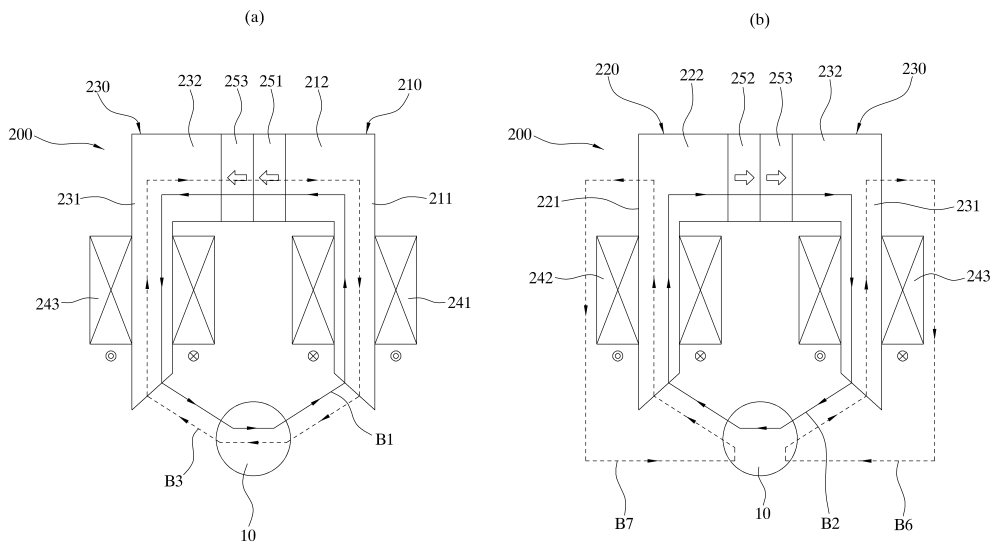
도면11



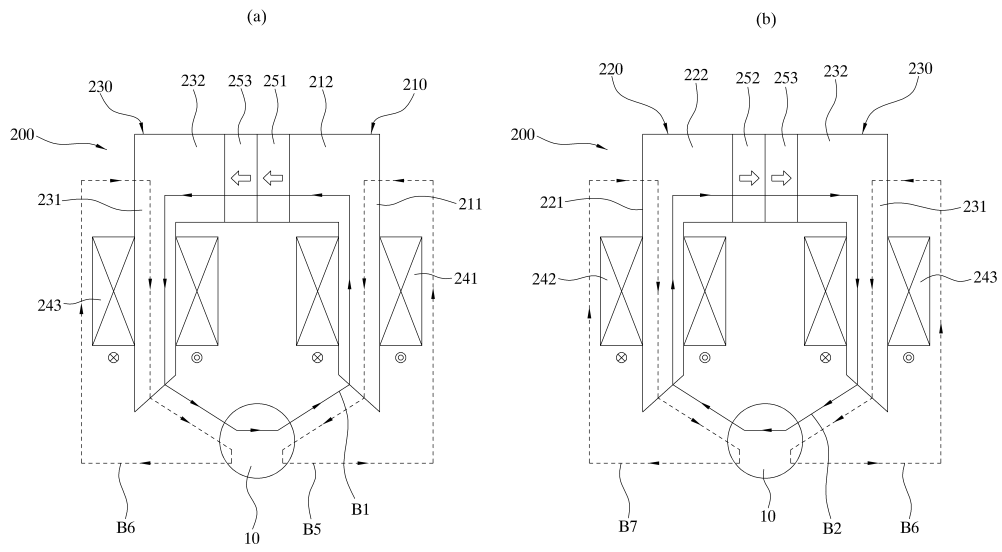
도면12



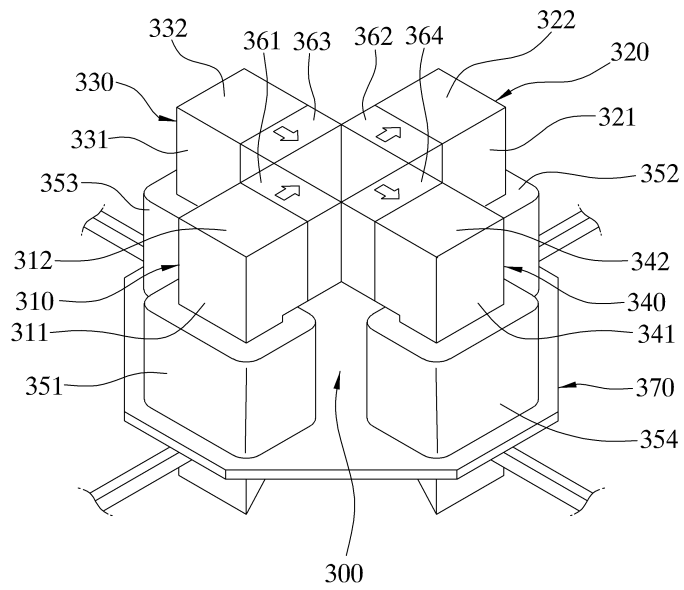
도면13



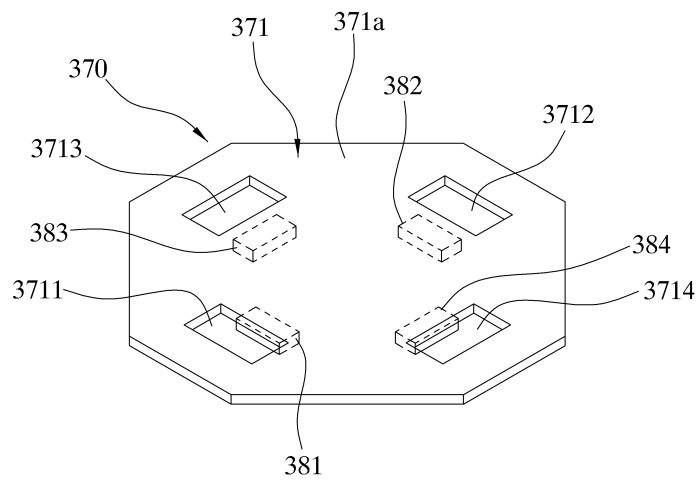
도면14



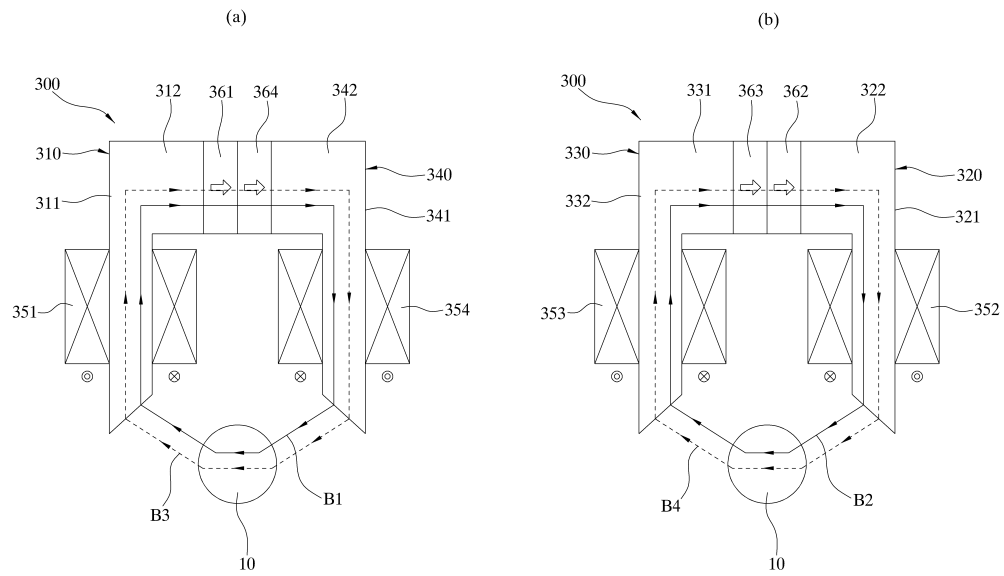
도면15



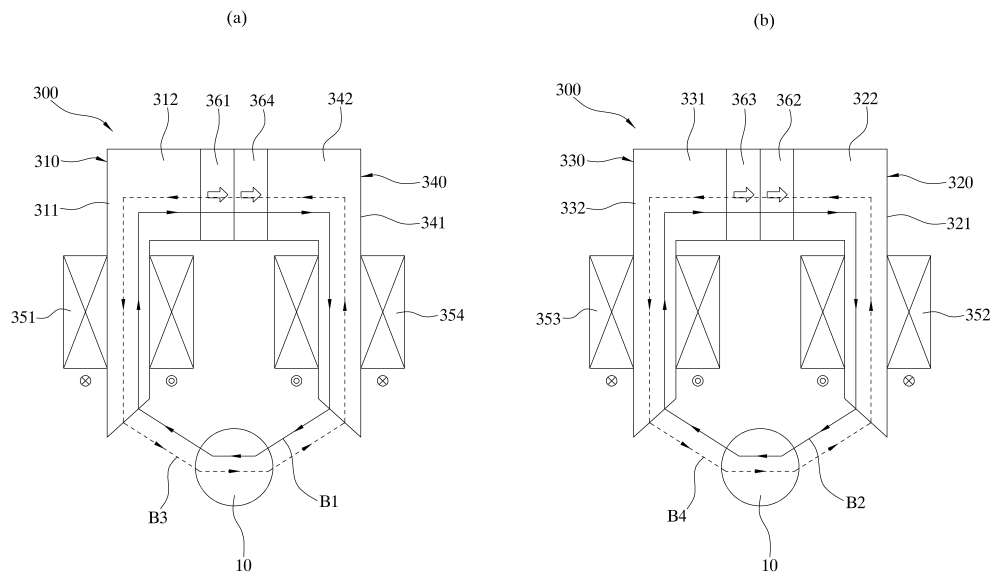
도면16



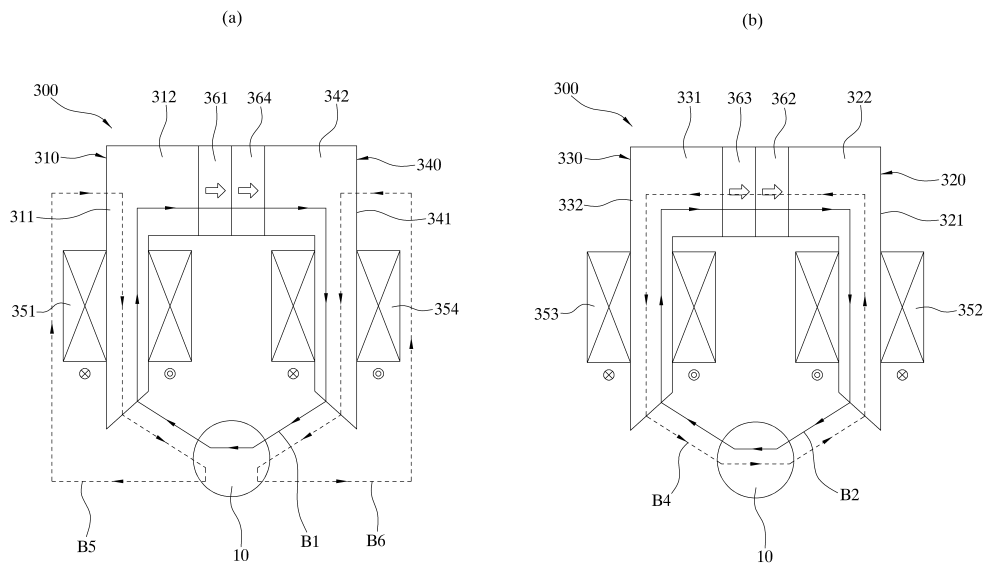
도면17



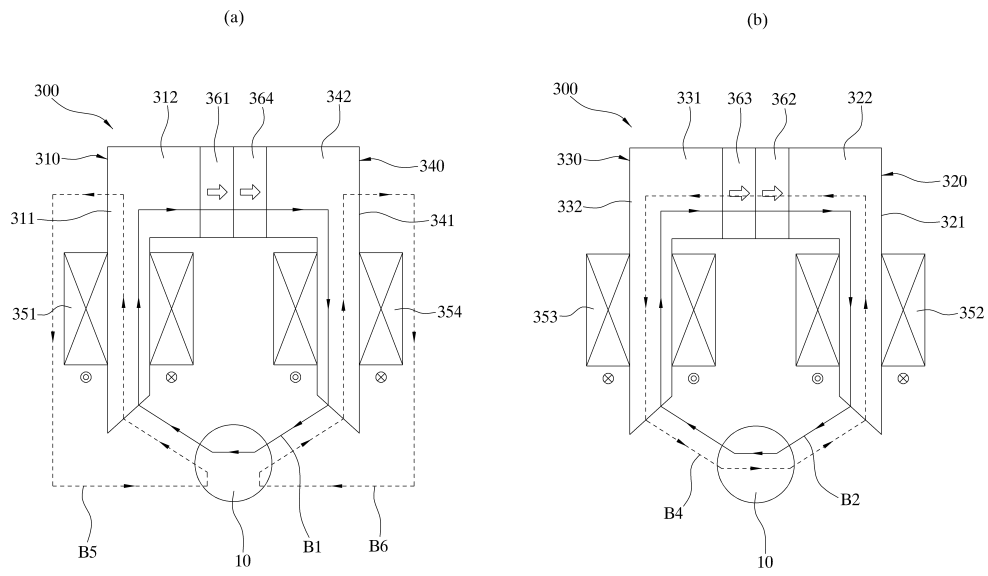
도면18



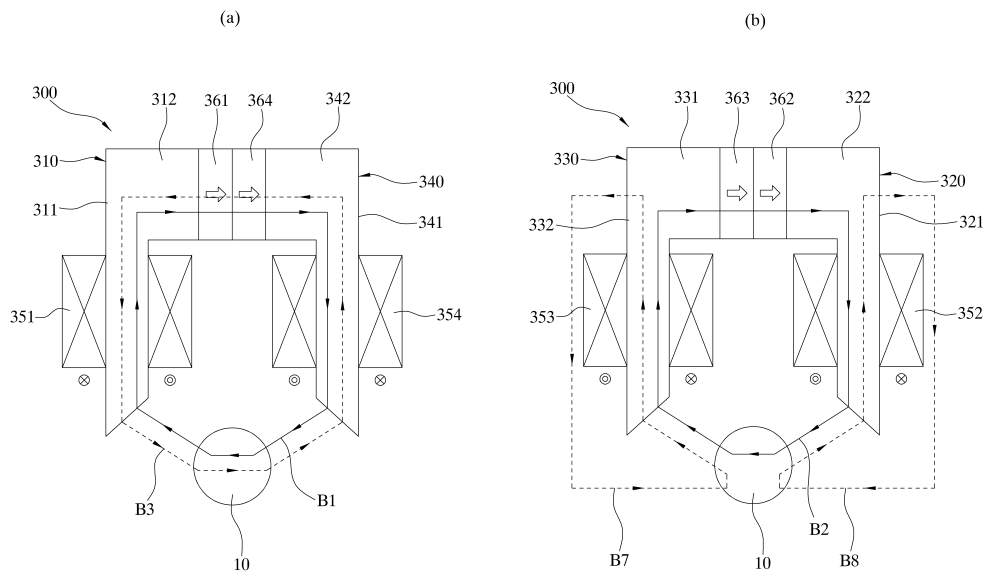
도면19



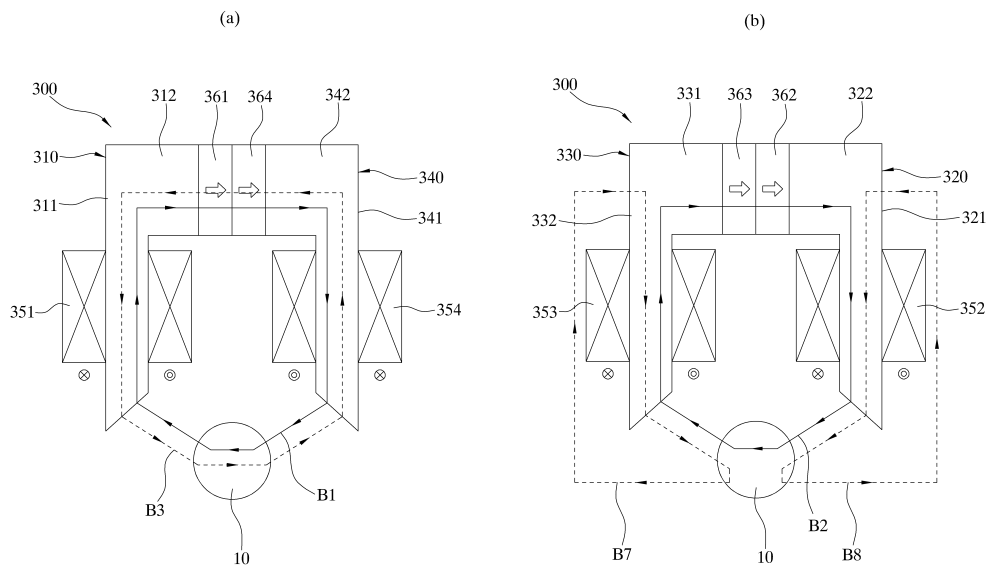
도면20



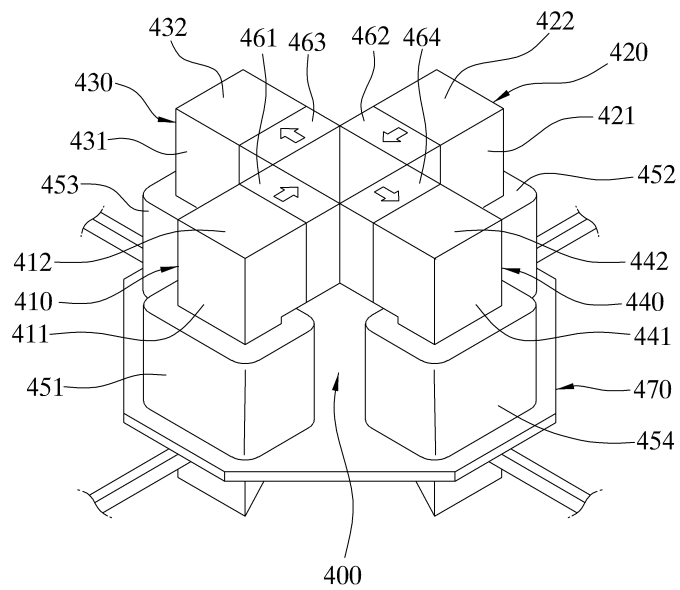
도면21



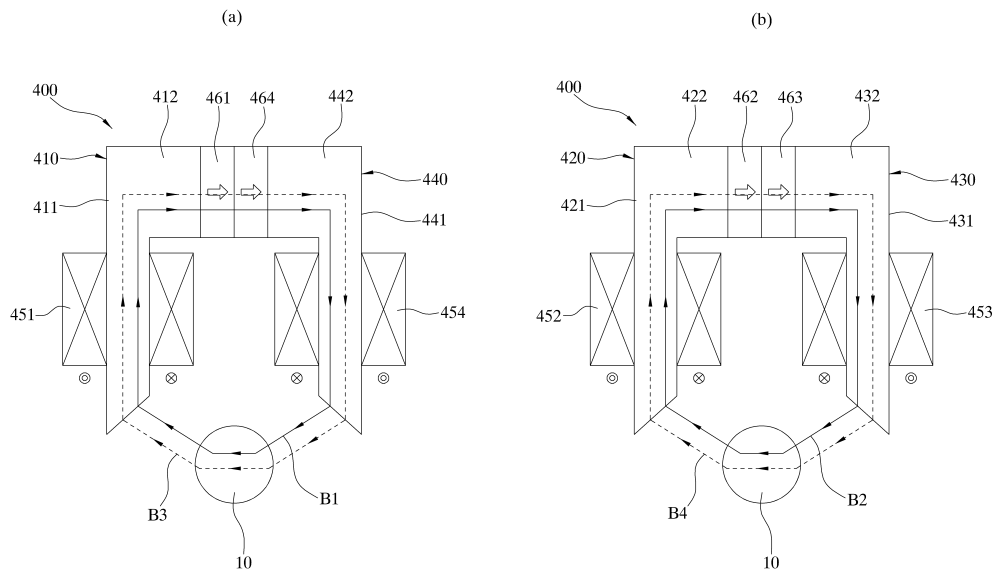
도면22



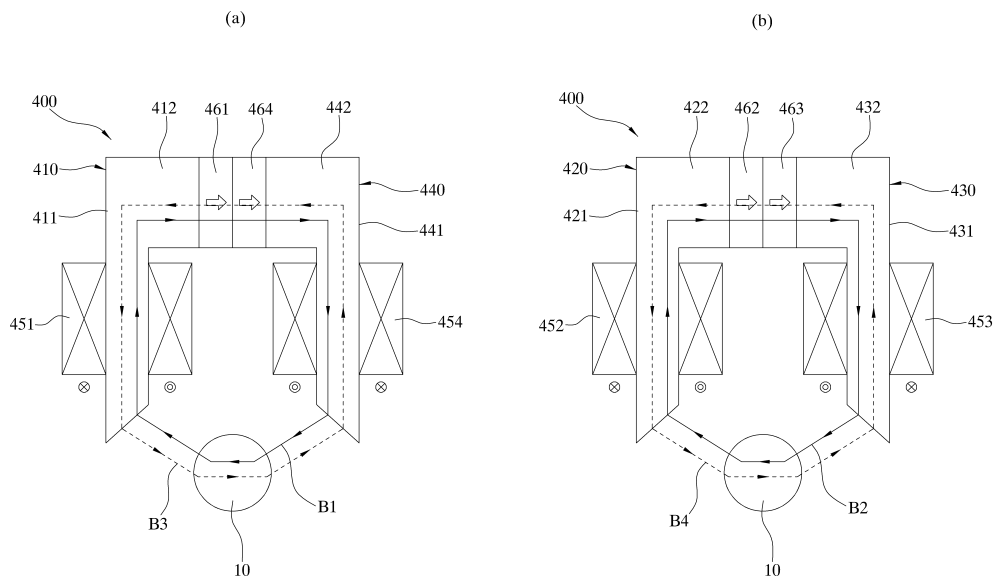
도면23



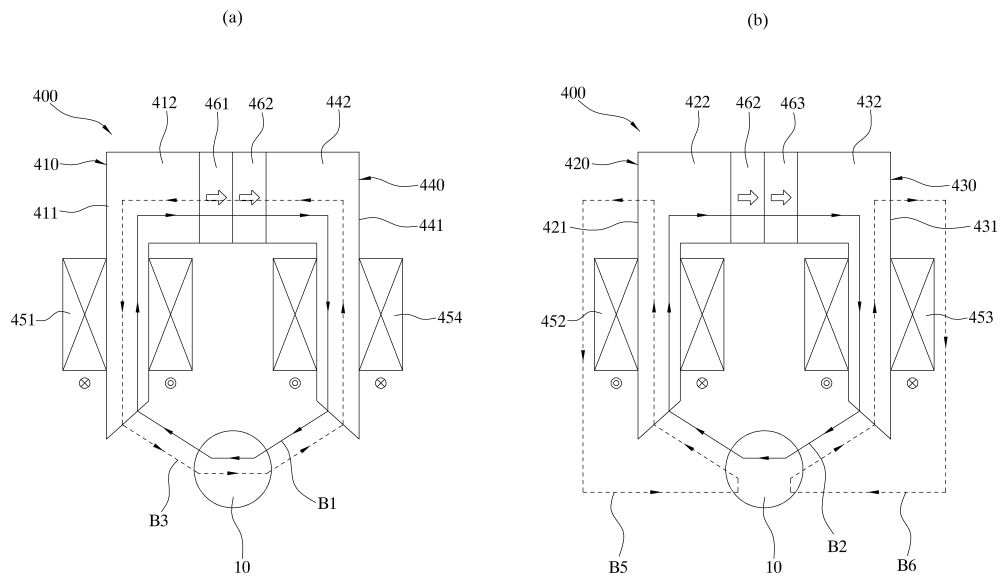
도면24



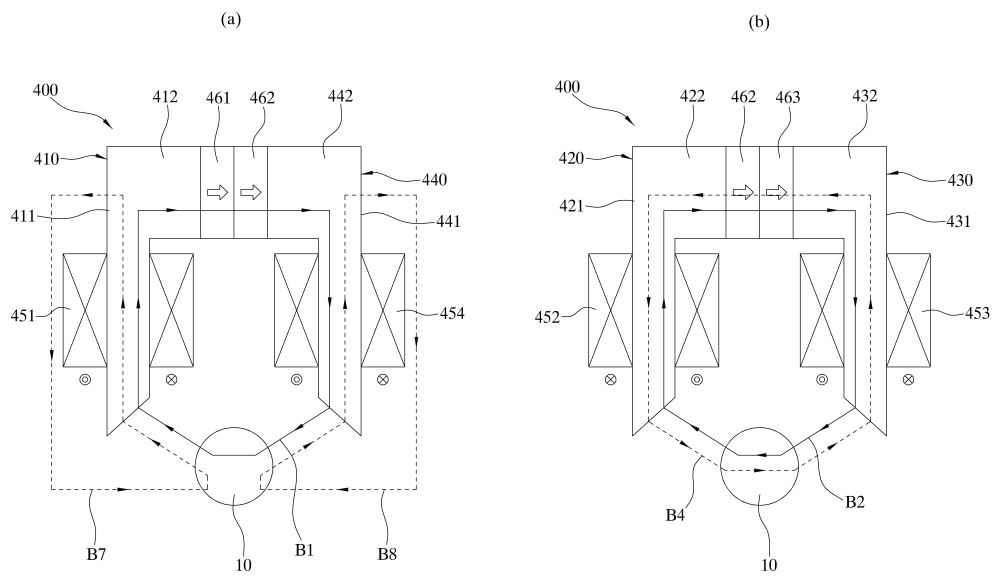
도면25



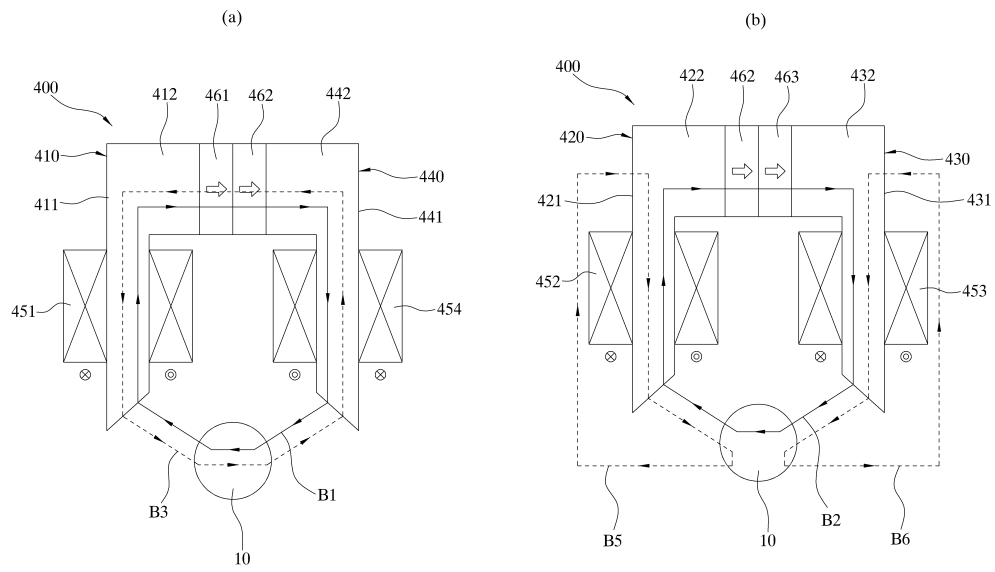
도면26



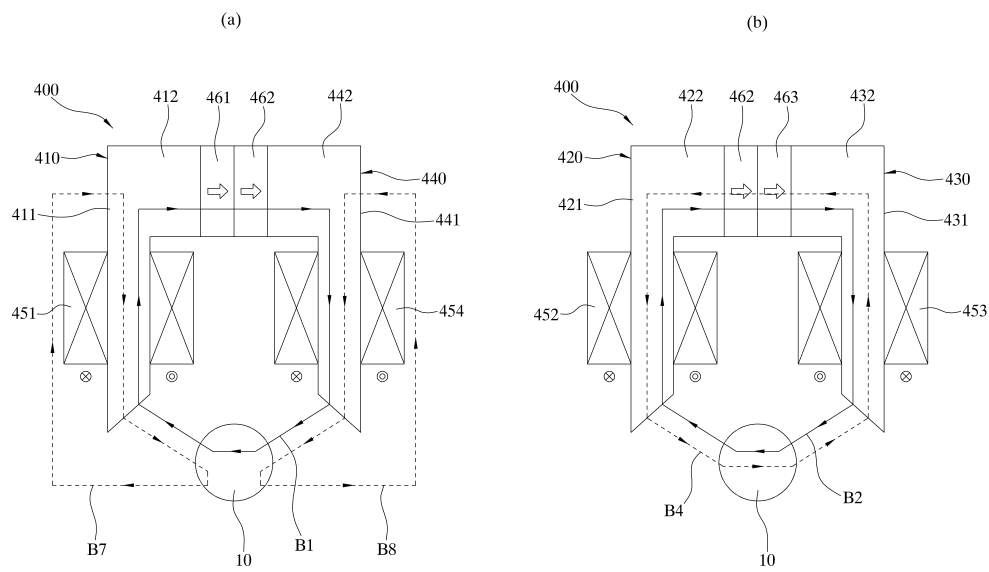
도면27



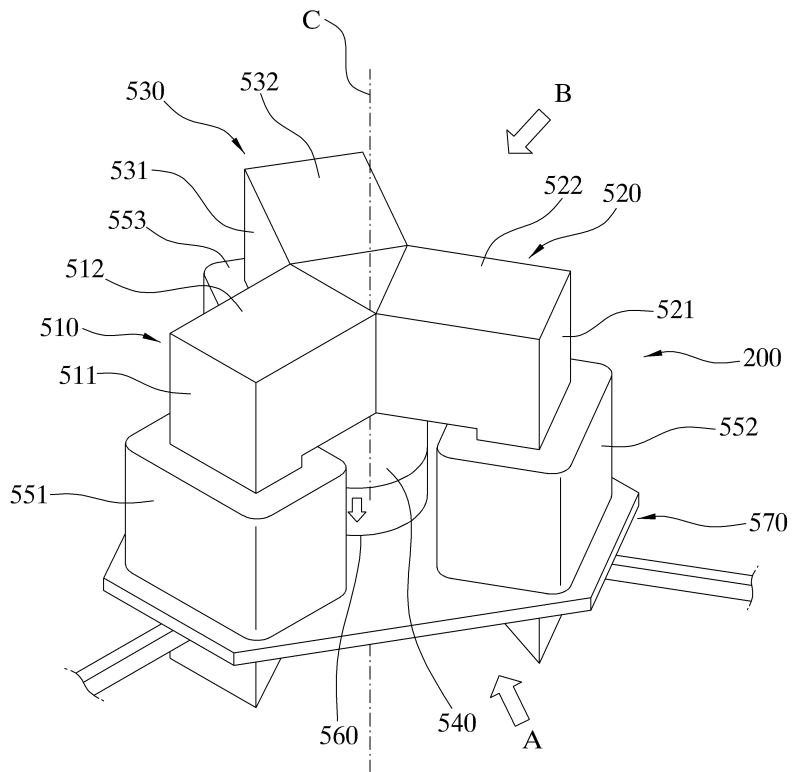
도면28



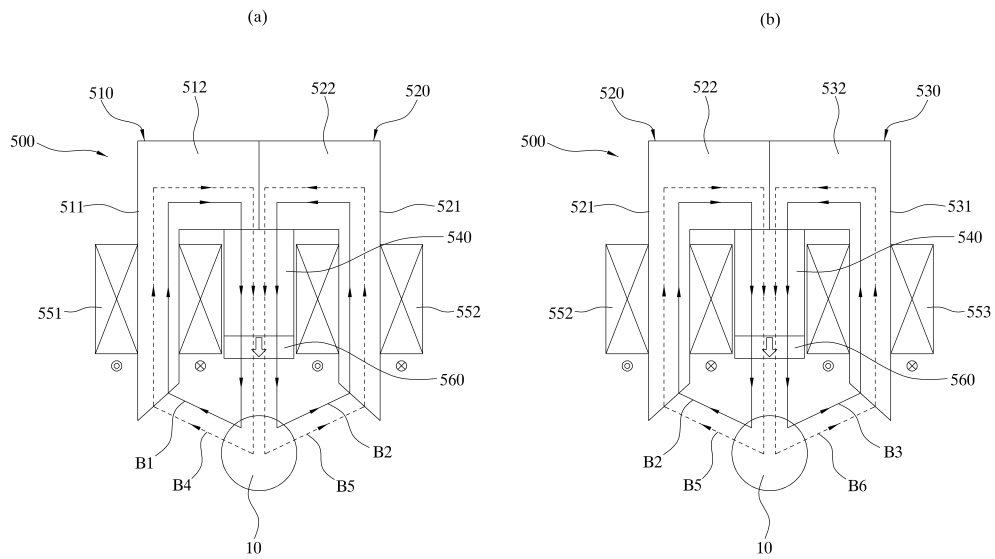
도면29



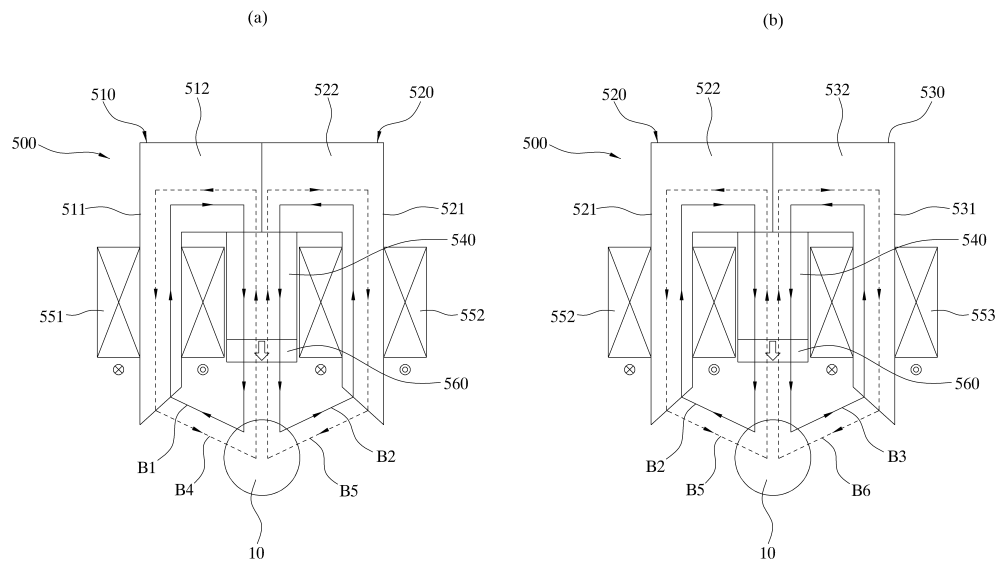
도면30



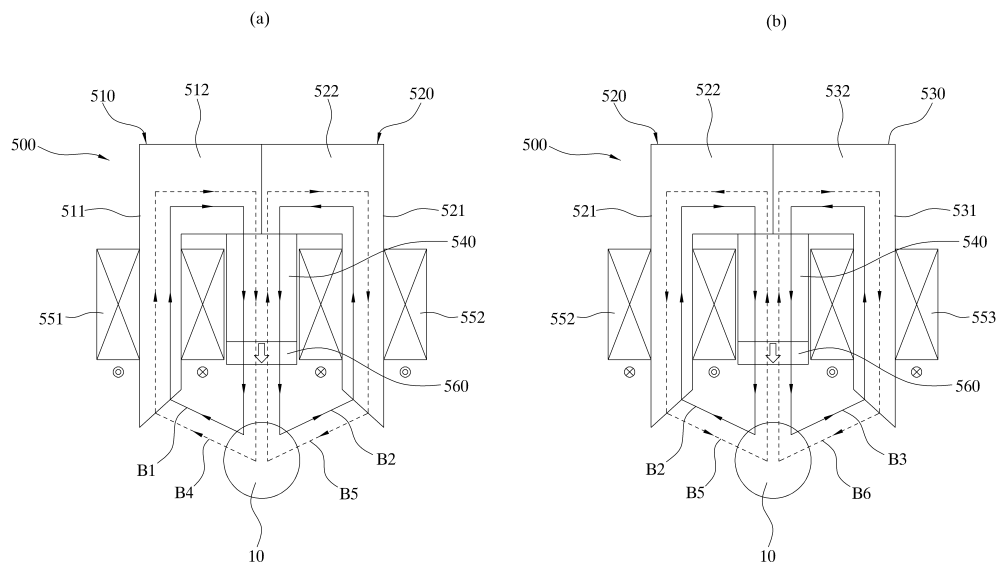
도면31



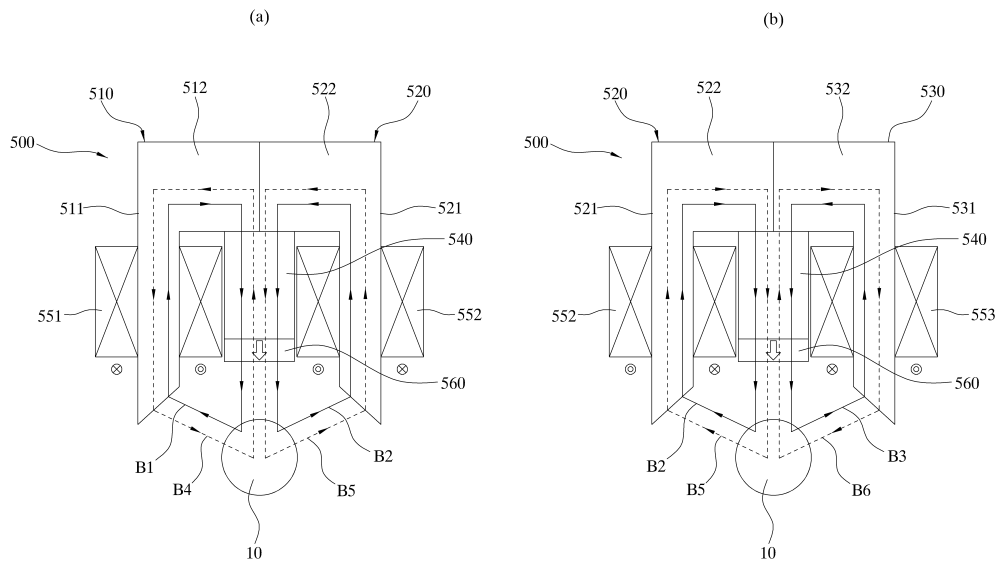
도면32



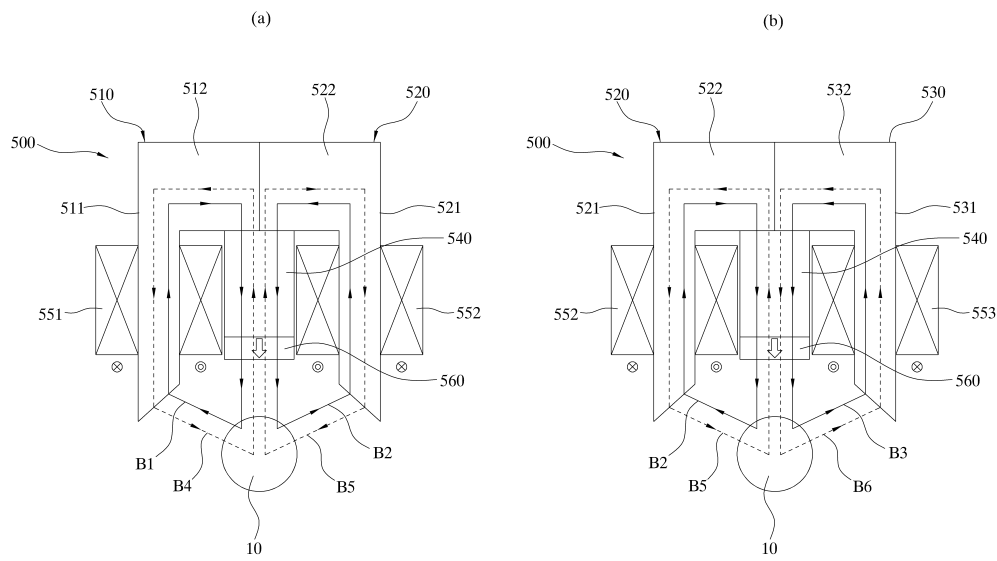
도면33



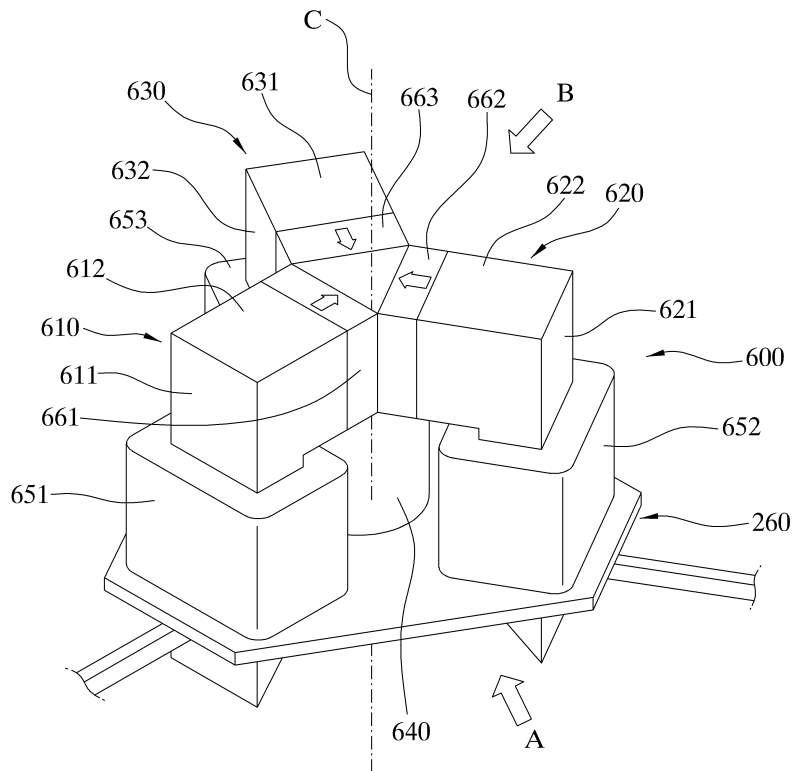
도면34



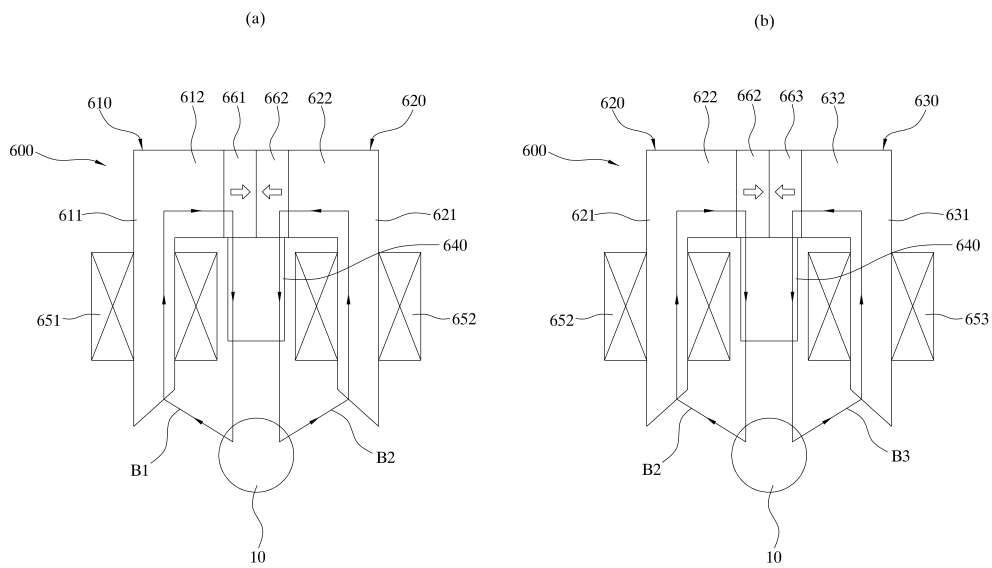
도면35



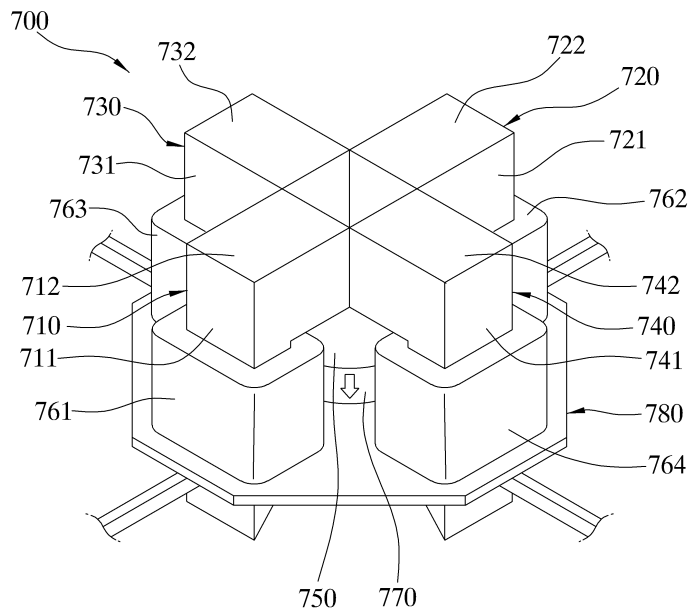
도면36



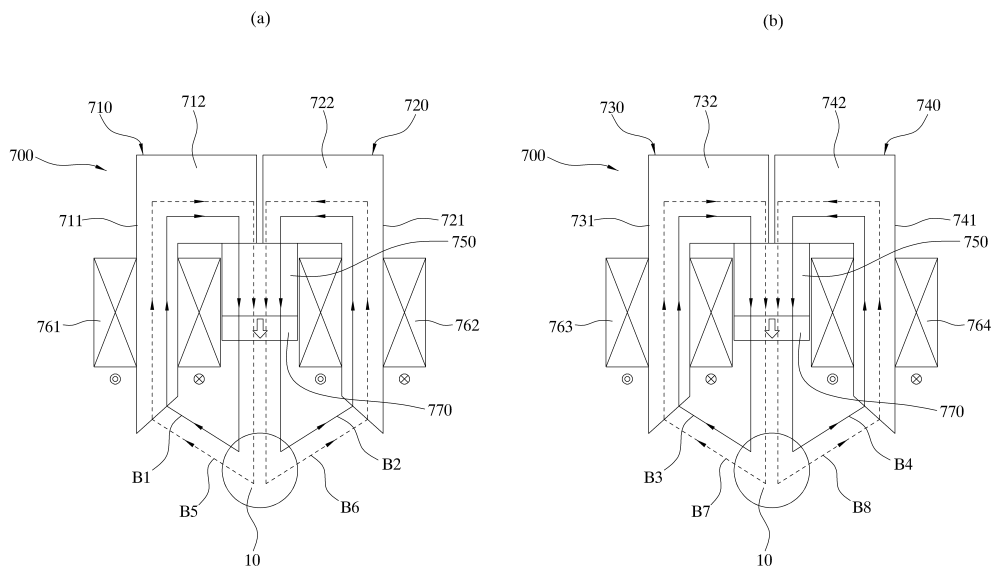
도면37



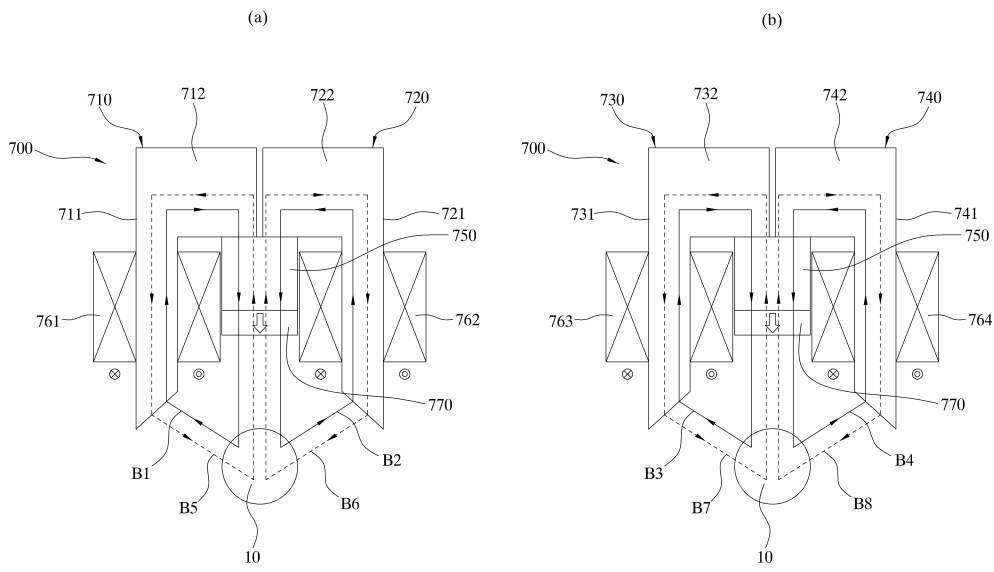
도면38



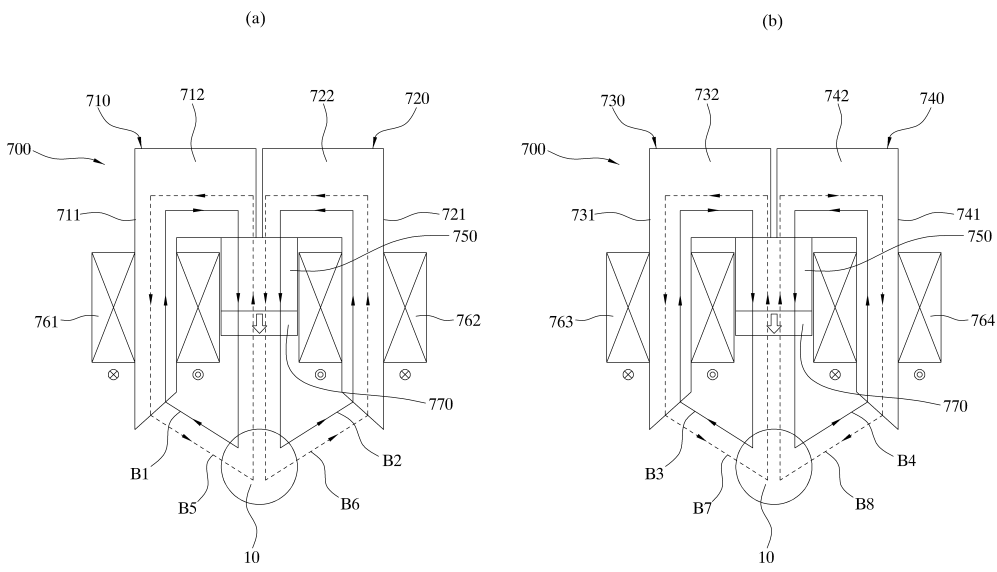
도면39



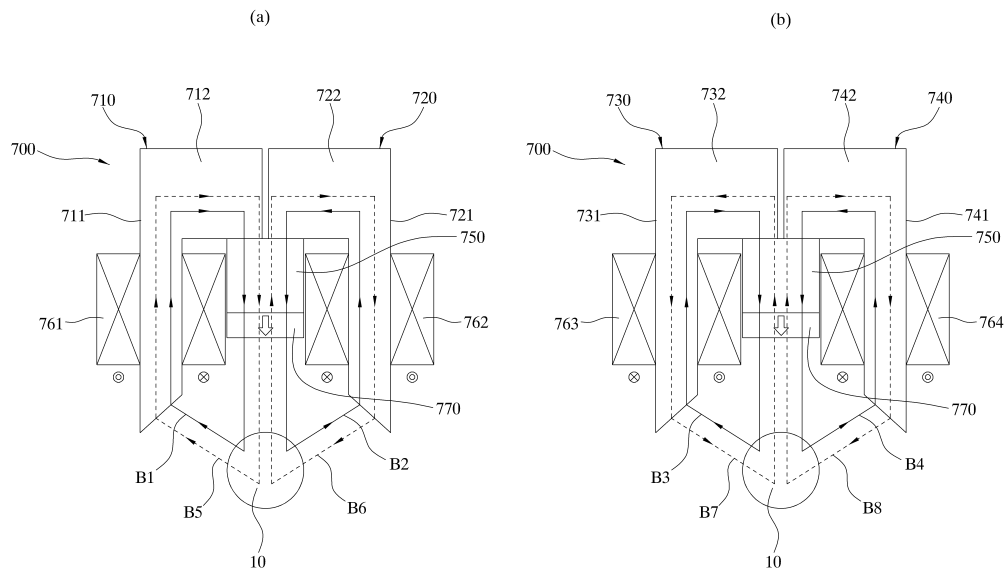
도면40



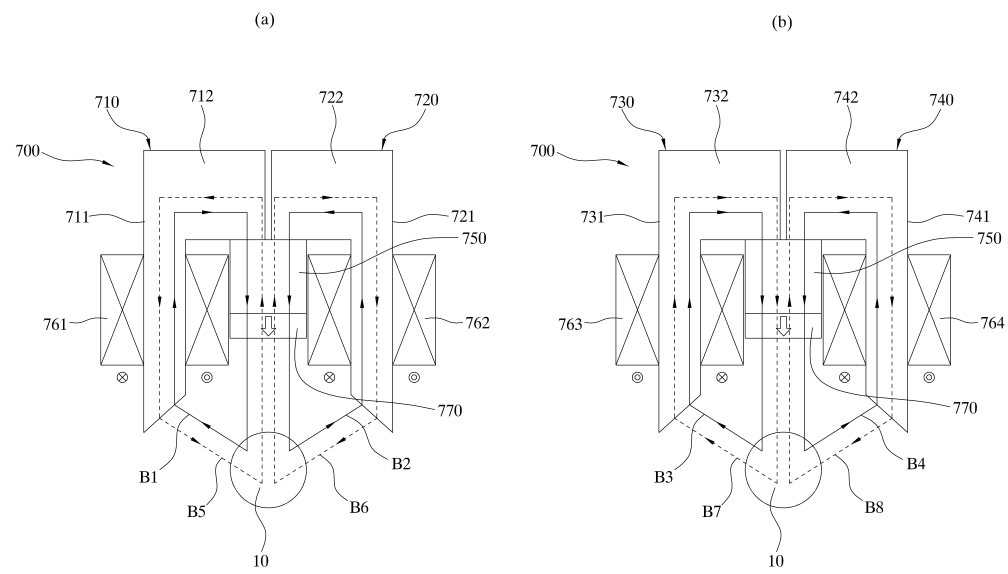
도면41



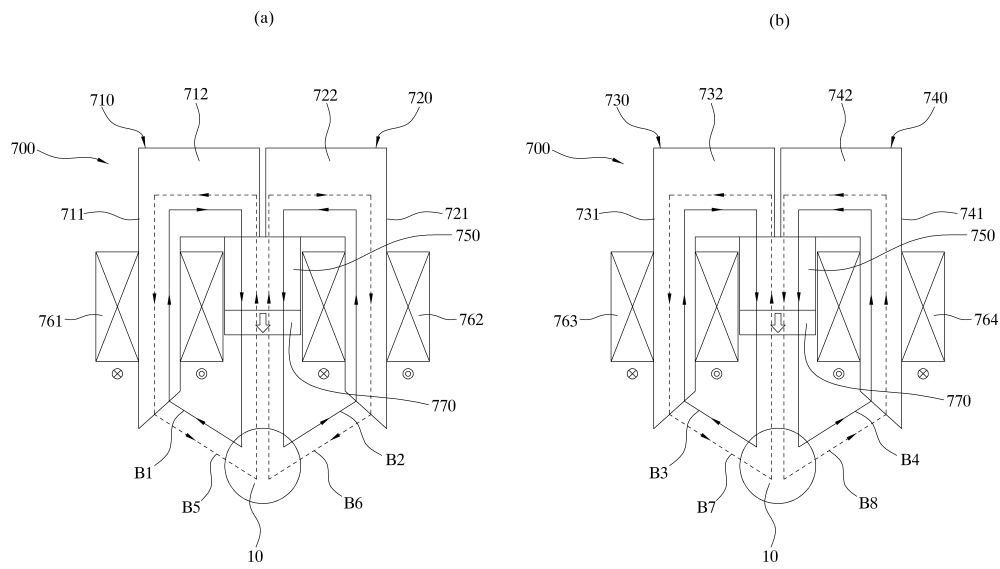
도면42



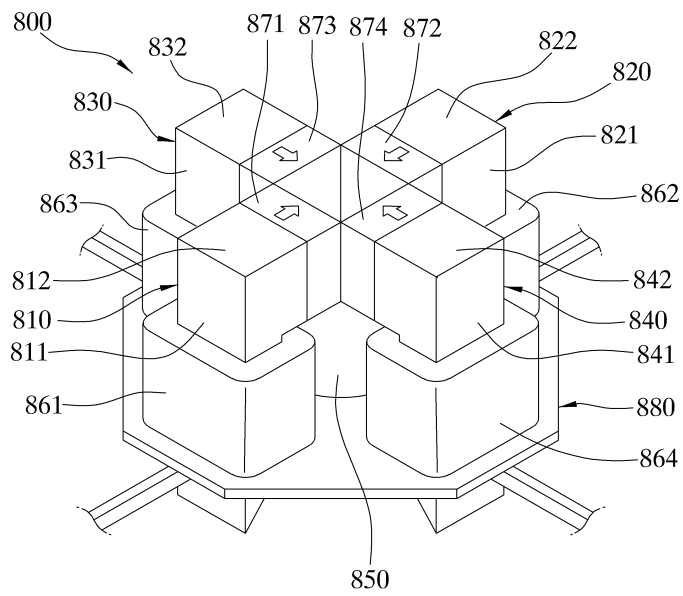
도면43



도면44



도면45



도면46

