



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0169076
(43) 공개일자 2023년12월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02K 49/10 (2006.01) F16H 49/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H02K 49/102 (2013.01)
F16H 49/00 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7028734
- (22) 출원일자(국제) 2022년01월25일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2023년08월23일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2022/013731
- (87) 국제공개번호 WO 2022/159900
국제공개일자 2022년07월28일
- (30) 우선권주장
63/141,130 2021년01월25일 미국(US)
(뒷면에 계속)

- (71) 출원인
더 텍사스 에이 앤드 엠 유니버시티 시스템
미국 텍사스주 77843-3369 칼리지 스테이션 티에
이엠유 3369
유에스 아미 리서치 래보라토리
미국 메릴랜드주 20783-1197 아델피 파우더 밀 로
드 2800
(뒷면에 계속)
- (72) 발명자
틀리얏, 해미드 에이.
미국 텍사스 77845, 칼리지 스테이션, 803 프레스
트워 코드
프라스리카, 브리튼
미국 텍사스 77840, 칼리지 스테이션, 818 에비뉴
에이
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
김영철, 최우성, 김 순 영

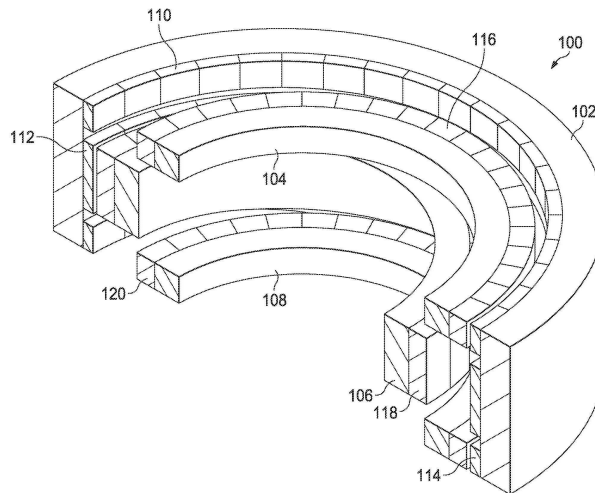
전체 청구항 수 : 총 77 항

(54) 발명의 명칭 **마그네틱 기어 시스템, 방법 및 장치**

(57) 요약

본 개시내용의 양태는 사이클로이드 마그네틱 기어에 관한 것이다. 사이클로이드 마그네틱 기어는 외측 회전자를 포함한다. 복수의 자극 쌍은 외측 회전자의 내측 둘레 상에 배치된다. 제1, 제2 및 제3 내측 회전자는 외측 회전자 내에 배치된다. 제1, 제2 및 제3 내측 회전자는 이의 외측 둘레 상에 배치된 자극 쌍을 포함한다. 제1 내측 회전자 및 제3 내측 회전자는 제2 내측 회전자의 두께의 대략 절반의 두께를 갖는다. 제1 내측 회전자, 제2 내측 회전자 및 제3 내측 회전자는 구동 샤프트에 작용하는 모멘트의 균형을 유지한다.

대표도



- (52) CPC특허분류
H02K 49/104 (2013.01)
- (71) 출원인
보드 오브 리전츠, 더 유니버시티 오브 텍사스 시스템
미국 78701 텍사스주 오스틴 웨스트 7번 스트리트 210
유에스 하이브리드 코퍼레이션
미국, 캘리포니아 90503, 토런스, 445 메이플 에비뉴
- (72) 발명자
자마론, 다니엘
미국 텍사스 77801, 브리안, 4212 올드 칼리지 로드
가드너, 매튜 씨.
미국 텍사스 75252, 달라스, 에이피티 635, 7421 프랭크포드 로드
존슨, 매튜 씨.
미국 텍사스 77845, 칼리지 스테이션, 에이피티 7107, 4340 데카터 드라이브
구달지, 아바스
미국 캘리포니아 90274, 롤링 힐스, 2 랭글러 로드
바속, 엔조
미국 캘리포니아 90713, 레이크우드, 4713 콘퀴스타 에비뉴
느구엔, 알렉스
미국 캘리포니아 92833, 플러튼, 1721 피콕 레인
하산포어, 쉬마
미국 텍사스 77840, 칼리지 스테이션, 1905 우즈맨 드라이브
두안, 고드윈 유안
미국 텍사스 75025, 플라노, 7916 스텝핑톤 드라이브
칸, 살렉 아메드
미국 텍사스 75082, 리차드슨, 5611 뉴 캐슬 드라이브
- (30) 우선권주장
63/185,090 2021년05월06일 미국(US)
63/188,009 2021년05월13일 미국(US)
-

명세서

청구범위

청구항 1

사이클로이드 마그네틱 기어로서,

외측 회전자;

상기 외측 회전자의 내측 둘레 상에 배치된 제1 복수의 자극 쌍;

상기 외측 회전자 내에 배치되고 이의 외측 둘레 상에 배치된 제2 복수의 자극 쌍을 갖는 제1 내측 회전자;

상기 외측 회전자 내에 배치되고 이의 외측 둘레 상에 배치된 제3 복수의 자극 쌍을 갖는 제2 내측 회전자;

상기 외측 회전자 내에 배치되고 이의 외측 둘레 상에 배치된 제4 복수의 자극 쌍을 갖는 제3 내측 회전자를 포함하고;

여기서, 상기 제1 내측 회전자 및 제3 내측 회전자는 제2 내측 회전자의 두께의 대략 절반의 두께를 가지며;

여기서, 상기 제1 내측 회전자, 제2 내측 회전자 및 제3 내측 회전자는 구동 샤프트에 작용하는 모멘트의 균형을 유지하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 외측 회전자가 정지 상태에 있는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 내측 회전자, 제2 내측 회전자 및 제3 내측 회전자가 외측 회전자의 중심 축을 중심으로 궤도 방식으로 회전하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 내측 회전자, 제2 내측 회전자 및 제3 내측 회전자가 입력 샤프트에 커플링되며, 입력 샤프트가 외측 회전자의 중심 축과 정렬되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 내측 회전자 및 제3 내측 회전자가 외측 회전자의 중심 축으로부터 입력 샤프트의 제1 측면을 향해 오프셋되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제2 내측 회전자가 외측 회전자의 중심 축으로부터 입력 샤프트의 제2 측면을 향해 오프셋되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 내측 회전자, 제2 내측 회전자 및 제3 내측 회전자의 오프셋 배치가 입력 샤프트에 작용하는 질량 및

힘의 균형을 이루는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 8

제3항에 있어서,

상기 제1 내측 회전자가 제1 내측 회전자의 중심 축을 중심으로 회전하고;

상기 제2 내측 회전자가 제2 내측 회전자의 중심 축을 중심으로 회전하며;

상기 제3 내측 회전자가 제3 내측 회전자의 중심 축을 중심으로 회전하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1 내측 회전자, 제2 내측 회전자 및 제3 내측 회전자의 회전이 저속 샤프트를 구동하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제1 복수의 자극 쌍에 평행한 외측 회전자의 내측 둘레 주위에 배치된 제5 복수의 자극 쌍; 및

상기 제1 복수의 자극 쌍에 평행한 외측 회전자의 내측 둘레 주위에 배치된 제6 복수의 자극 쌍을 포함하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제2 복수의 자극 쌍이 제1 복수의 자극 쌍과 상호작용하고;

상기 제3 복수의 자극 쌍이 제5 복수의 자극 쌍과 상호작용하며;

상기 제4 복수의 자극 쌍이 제6 복수의 자극 쌍과 상호작용하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 외측 회전자의 중심 축을 중심으로 제1 내측 회전자의 각각의 회전에 대해, 제1 내측 회전자가 외측 회전자에 대해 하나의 극 쌍만큼 회전하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 13

사이클로이드 마그네틱 기어를 조립하는 방법으로서,

제1 복수의 자극 쌍, 제2 복수의 자극 쌍 및 제3 복수의 자극을 외측 회전자의 내측 둘레에 커플링하는 단계;

제1 내측 회전자, 제2 내측 회전자 및 제3 내측 회전자를 입력 샤프트에 커플링하는 단계;

제4 복수의 자극 쌍을 제1 내측 회전자에, 제5 복수의 자극 쌍을 제2 내측 회전자에, 그리고 제6 복수의 자극 쌍을 제3 내측 회전자에 커플링하는 단계; 및

상기 제4 복수의 자극 쌍이 제1 복수의 자극 쌍과 상호작용하고, 제5 복수의 자극 쌍이 제2 복수의 자극 쌍과 상호작용하며, 제6 복수의 자극 쌍이 제3 복수의 자극 쌍과 상호작용하도록, 외측 회전자 내에 제1 내측 회전자, 제2 내측 회전자 및 제3 내측 회전자를 배치하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 14

사이클로이드 마그네틱 기어로서,

외측 회전자;

상기 외측 회전자에 형성된 제1 복수의 치형부;

상기 외측 회전자의 복수의 치형부 중 인접한 치형부 사이에 배치된 제1 복수의 영구 자석;

상기 외측 회전자 내에 배치되고 이의 외측 둘레 상에 형성된 제2 복수의 치형부를 갖는 제1 내측 회전자이되, 제2 복수의 영구 자석이 제2 복수의 치형부 중 인접한 치형부 사이에 배치되는, 제1 내측 회전자;

상기 외측 회전자의 내에 배치되고 이의 외측 둘레 상에 형성된 제3 복수의 치형부를 갖는 제2 내측 회전자이되, 제3 복수의 영구 자석이 제3 복수의 치형부 중 인접한 치형부 사이에 배치되는, 제2 내측 회전자;

상기 외측 회전자 내에 배치되고 이의 외측 둘레 상에 형성된 제4 복수의 치형부를 갖는 제3 내측 회전자이되, 제4 복수의 영구 자석이 제4 복수의 치형부 중 인접한 치형부 사이에 배치되는, 제3 내측 회전자를 포함하고;

여기서, 상기 제1 내측 회전자 및 제3 내측 회전자는 제2 내측 회전자의 두께의 대략 절반의 축방향 길이를 가지며,

여기서, 상기 제1 내측 회전자, 제2 내측 회전자 및 제3 내측 회전자는 구동 샤프트에 작용하는 모멘트의 균형을 유지하는, 사이클로이드 자석 기어.

청구항 15

사이클로이드 마그네틱 기어로서,

외측 회전자;

내측 회전자;

상기 외측 회전자 또는 내측 회전자 중 적어도 하나의 둘레(perimeter) 주위에 배치된 복수의 영구 자석; 및

상기 복수의 영구 자석 중 개별 자석 사이에 위치한 복수의 비-자성 스페이서를 포함하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 복수의 스페이서가 외측 회전자 또는 내측 회전자 중 적어도 하나의 백 아이언을 노칭함으로써 형성되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 복수의 스페이서가 외측 회전자 또는 내측 회전자 중 적어도 하나의 백 아이언에 커플링되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 복수의 스페이서가 외측 회전자 또는 내측 회전자 중 적어도 하나의 백 아이언에 형성된 홈 내에 수용되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 복수의 스페이서가 백 아이언 및 복수의 스페이서 사이의 마찰 맞물림을 통해 백 아이언에 커플링되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 20

제18항에 있어서,

상기 복수의 스페이서가 접촉제로 백 아이언에 커플링되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 21

제15항에 있어서,

상기 외측 회전자 또는 내측 회전자 중 적어도 하나에 형성된 키홈을 포함하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 내측 회전자 또는 외측 회전자 중 적어도 하나가 다수의 회전자 세그먼트를 포함하고, 상기 키홈이 서로에 대한 회전자 세그먼트의 정렬을 용이하게 하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 23

사이클로이드 마그네틱 기어로서,

외측 회전자;

내측 회전자;

상기 외측 회전자 또는 내측 회전자 중 적어도 하나의 둘레(perimeter) 주위에 배치된 복수의 영구 자석; 및

상기 외측 회전자 또는 내측 회전자 중 적어도 하나에 형성된 키홈을 포함하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 내측 회전자 또는 외측 회전자 중 적어도 하나가 다수의 회전자 세그먼트를 포함하고, 상기 키홈이 서로에 대한 회전자 세그먼트의 정렬을 용이하게 하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 복수의 영구 자석 중 순차적인 자석 사이에 배치된 스페이서를 포함하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 26

다중-회전자 사이클로이드 마그네틱 기어를 제조하는 방법으로서,

외측 회전자 백 아이언을 형성하는 단계;

내측 회전자 백 아이언을 형성하는 단계;

다수의 내측 회전자를 제조하기 위해 내측 회전자의 중심 축에 수직인 평면을 따라 내측 회전자를 절단하는 단계;

상기 외측 회전자 백 아이언 상에 제1 복수의 영구 자석을 위치시키는 단계; 및

내측 회전자를 형성하기 위해 상기 내측 회전자 백 아이언 상에 제2 복수의 영구 자석을 위치시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 제1 복수의 영구 자석 중 순차적인 자석 사이에 스페이서를 위치시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 28

제26항에 있어서,

상기 제2 복수의 영구 자석 중 순차적인 자석 사이에 스페이서를 위치시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 29

사이클로이드 마그네틱 기어 시스템으로서,

제1 입력 샤프트 및 제1 출력 샤프트를 갖는 제1 사이클로이드 마그네틱 기어;

상기 제1 출력 샤프트로부터 입력을 수신하고 제2 출력 샤프트를 포함하는 제2 사이클로이드 마그네틱 기어를 포함하고;

여기서 상기 제1 출력 샤프트는 제1 베어링 및 제2 베어링에 의해 지지되는, 사이클로이드 마그네틱 기어 시스템.

청구항 30

제29항에 있어서,

상기 제1 베어링 및 제2 베어링이 볼 베어링인, 사이클로이드 마그네틱 기어 시스템.

청구항 31

제29항에 있어서,

상기 제1 베어링 및 제2 베어링이 원통형 롤러 베어링인, 사이클로이드 마그네틱 기어 시스템.

청구항 32

제29항에 있어서,

상기 제1 사이클로이드 마그네틱 기어가 내측 회전자 및 외측 회전자를 포함하고,

상기 내측 회전자 또는 외측 회전자 중 적어도 하나가 다수의 회전자 세그먼트를 포함하는, 사이클로이드 마그네틱 기어 시스템.

청구항 33

제29항에 있어서,

상기 제2 사이클로이드 마그네틱 기어가 내측 회전자 및 외측 회전자를 포함하고,

상기 내측 회전자 또는 외측 회전자 중 적어도 하나가 다수의 회전자 세그먼트를 포함하는, 사이클로이드 마그네틱 기어 시스템.

청구항 34

사이클로이드 마그네틱 기어로서,

제1 회전자이되, 여기서 상기 제1 회전자가:

상기 제1 회전자 상에 배치된 복수의 자극 쌍, 또는 제1 회전자 상에 배치된 복수의 제1-회전자 영구 자석 및 제1 회전자 상에 형성된 복수의 제1-회전자 강자성 치형부이되, 상기 복수의 제1-회전자 강자성 치형부의 각각의 치형부가 복수의 제1-회전자 영구 자석 중 순차적인 자석 사이에 배치되는, 복수의 제1-회전자 강자성 치형부 중 적어도 하나를 포함하며, 여기서 복수의 제1-회전자 강자성 치형부는 결과적으로 복수의 제1-회전자 영구 자석에 의해 자화되게 되는, 제1 회전자;

제2 회전자;

상기 제2 회전자 상에 배치된 복수의 영구 자석;

상기 제2 회전자 상에 형성된 복수의 강자성 치형부이되, 상기 복수의 강자성 치형부의 각각의 치형부가 복수의 영구 자석 중 순차적인 자석 사이에 배치되는, 복수의 강자성 치형부를 포함하며;

여기서 상기 복수의 강자성 치형부는 결과적으로 복수의 영구 자석에 의해 자화되게 되는, 사이클로이드 마그네

틱 기어.

청구항 35

제34항에 있어서,

상기 제1 회전자 및 제2 회전자가, 제1 회전자가 외측 회전자이고 제2 회전자가 내측 회전자가 되도록 서로에 대해 방사상으로 배열되고;

상기 복수의 자극 쌍이 방사상 배향으로 외측 회전자의 둘레(circumference) 주위에 배치되고;

상기 복수의 영구 자석이 방사상 배향으로 내측 회전자의 둘레(circumference) 주위에 배치되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 36

제35항에 있어서,

상기 복수의 강자성 치형부의 치형부 뒤의 내측 회전자에 형성된 키홈을 포함하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 37

제35항에 있어서,

다수의 내측 회전자 세그먼트를 포함하며, 축방향으로 자화된 영구 자석이 연속적인 내측 회전자 세그먼트 사이에 축방향으로 배치되고 결과적으로 복수의 강자성 치형부를 자화시키는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 38

제34항에 있어서,

상기 제1 회전자 및 제2 회전자가, 제1 회전자가 외측 회전자이고 제2 회전자가 내측 회전자가 되도록 서로에 대해 방사상으로 배열되고;

상기 복수의 자극 쌍이 방사상 배향으로 내측 회전자의 둘레(circumference) 주위에 배치되고;

상기 복수의 영구 자석이 방사상 배향으로 외측 회전자의 둘레(circumference) 주위에 배치되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 39

제38항에 있어서,

다수의 내측 회전자 세그먼트를 포함하며, 축방향으로 자화된 영구 자석이 연속적인 내측 회전자 세그먼트 사이에 축방향으로 배치되고 결과적으로 복수의 강자성 치형부를 자화시키는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 40

제38항에 있어서,

상기 복수의 강자성 치형부 중 하나의 치형부를 통해 또는 그 뒤에 형성된 관통 구멍을 포함하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 41

제34항에 있어서,

상기 복수의 영구 자석 및 복수의 강자성 치형부가 동일하지 않은 크기이거나, 동일하지 않은 크기이고 복수의 강자성 치형부가 복수의 영구 자석을 제자리에 유지시키는 방식으로 복수의 강자성 치형부가 변형된 기하학적 구조를 포함하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 42

제34항에 있어서,

상기 제1 회전자 및 제2 회전자가 서로에 대해 축방향으로 배열되고;

상기 복수의 자극 쌍이 제1 회전자의 축방향 면 상에 배치되며;

상기 복수의 영구 자석이 제2 회전자의 축방향 면 상에 배치되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 43

사이클로이드 마그네틱 기어로서,

제1 회전자;

제2 회전자;

상기 제1 회전자 상에 배치된 복수의 자극 쌍;

상기 제2 회전자 상에 형성된 복수의 강자성 치형부를 포함하며;

여기서 상기 제2 회전자는 자기 저항으로 인해 제1 회전자와 상호작용하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 44

제43항에 있어서,

복수의 노치가 복수의 강자성 치형부 중 순차적인 치형부 사이의 제2 회전자에서 정의되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 45

제43항에 있어서,

상기 제1 회전자 및 제2 회전자가, 제1 회전자가 외측 회전자이고 제2 회전자가 내측 회전자가 되도록 서로에 대해 방사상으로 배열되고;

상기 복수의 자극 쌍이 방사상 배열로 외측 회전자의 둘레(circumference) 주위에 배치되며;

상기 복수의 강자성 치형부가 방사상 배열로 내측 회전자의 둘레(circumference) 주위에 형성되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 46

제45항에 있어서,

상기 복수의 강자성 치형부 중 하나의 치형부를 통해 또는 그 뒤에 형성된 관통 구멍을 포함하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 47

제45항에 있어서,

상기 내측 회전자에 형성된 키홈을 포함하며, 상기 키홈이 내측 회전자의 정렬을 용이하게 하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 48

제45항에 있어서,

상기 제1 회전자 및 제2 회전자가 서로에 대해 축방향으로 배열되고;

상기 복수의 자극 쌍이 제1 회전자의 축방향 면 상에 배치되며;

상기 복수의 강자성 치형부가 제2 회전자의 축방향 면 상에 형성되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 49

제43항에 있어서,

상기 제1 회전자 및 제2 회전자가, 제1 회전자가 외측 회전자이고 제2 회전자가 내측 회전자가 되도록 서로에 대해 방사상으로 배열되고;

상기 복수의 자극 쌍이 방사상 배열로 내측 회전자의 둘레(circumference) 주위에 배치되며;

상기 복수의 강자성 치형부가 방사상 배열로 외측 회전자의 둘레(circumference) 주위에 형성되는, 사이클로이드 드 마그네틱 기어.

청구항 50

제49항에 있어서,

복수의 노치가 복수의 강자성 치형부 중 순차적인 치형부 사이의 외측 회전자에서 정의되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 51

제49항에 있어서,

상기 복수의 강자성 치형부 중 하나의 치형부를 통해 또는 그 뒤에 형성된 관통 구멍을 포함하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 52

제49항에 있어서,

상기 내측 회전자에 형성된 키홈을 포함하고, 상기 키홈이 내측 회전자의 정렬을 용이하게 하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 53

사이클로이드 마그네틱 기어로서,

외측 회전자;

상기 외측 회전자 내에 배치된 내측 회전자;

상기 외측 회전자 및 내측 회전자 사이에 정의된 에어 갭; 및

상기 외측 회전자 및 내측 회전자 사이의 에어 갭에 배치된 플럭스 차폐부이되, 상기 플럭스 차폐부가 에어 갭의 둘레(circumference) 주위로 부분적으로 연장되는, 플럭스 차폐부를 포함하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 54

제53항에 있어서,

상기 플럭스 차폐부가 강자성 재료로 구성되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 55

제53항에 있어서,

상기 플럭스 차폐부가 외측 회전자의 축을 중심으로 회전하는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 56

제53항에 있어서,

상기 플럭스 차폐부가 출력 회전자와 연관된 베어링 또는 입력 샤프트 중 적어도 하나에 커플링되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 57

제56항에 있어서,

상기 플릭스 차폐부가 출력 회전자를 둘러싸는 저널에 커플링되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 58

제56항에 있어서,

상기 플릭스 차폐부가 평형추에 커플링되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 59

제53항에 있어서,

상기 플릭스 차폐부가 에어갭의 더 큰 부분에서 오프셋되는, 사이클로이드 마그네틱 기어.

청구항 60

동심 기어 시스템으로서,

제1 회전자이되, 상기 제1 회전자가

복수의 영구 자석, 복수의 자기 투과성 치형부 또는 복수의 전자석 중 적어도 하나를 포함하는, 제1 회전자;

제2 회전자이되, 상기 제2 회전자가

복수의 영구 자석, 복수의 자기 투과성 치형부 또는 복수의 전자석 중 적어도 하나를 포함하는, 제2 회전자;

상기 제1 회전자 및 제2 회전자 사이에 배치된 변조기이되, 상기 변조기가 복수의 비-자성 세그먼트와 교번 방식으로 배열된 복수의 자기 투과성 세그먼트를 포함하는, 변조기를 포함하고;

여기서 상기 복수의 자기 투과성 세그먼트의 각각의 자기 투과성 세그먼트는 복수의 비-자성 세그먼트 중 연속적인 비-자성 세그먼트 사이에 배치되고;

여기서 상기 복수의 자기 투과성 세그먼트의 각각의 자기 투과성 세그먼트 및 상기 복수의 비-자성 세그먼트의 각각의 비-자성 세그먼트는 제1 단부로부터 외향으로 연장되는 돌출부 및 제2 단부로부터 내향으로 연장되는 만입부로 형성되는, 동심 기어 시스템.

청구항 61

제60항에 있어서,

상기 돌출부 및 만입부가 변조기의 세그먼트의 전체 방사상 길이로 연장되는, 동심 기어 시스템.

청구항 62

제60항에 있어서,

상기 돌출부 및 만입부가 변조기의 세그먼트의 부분적 방사상 길이로 연장되는, 동심 기어 시스템.

청구항 63

제60항에 있어서,

상기 돌출부 및 만입부가 타원형 형상을 갖는, 동심 기어 시스템.

청구항 64

제60항에 있어서,

상기 돌출부 및 만입부가 지지 메커니즘과 함께 활용되는, 동심 기어 시스템.

청구항 65

제64항에 있어서,

상기 지지 메커니즘이 브릿지를 포함하는, 동심 기어 시스템.

청구항 66

동심 기어 시스템으로서,

제1 회전자이되, 상기 제1 회전자가

복수의 영구 자석, 복수의 자기 투과성 치형부 또는 복수의 전자석 중 적어도 하나를 포함하는, 제1 회전자;

제2 회전자이되, 상기 제2 회전자가

복수의 영구 자석, 복수의 자기 투과성 치형부 또는 복수의 전자석 중 적어도 하나를 포함하는, 제2 회전자;

복수의 자기 투과성 변조기 세그먼트를 포함하는 변조기를 포함하고;

여기서 상기 복수의 변조기 세그먼트의 각각의 변조기 세그먼트는 제1 복수의 자극 쌍으로부터 제2 복수의 자극 쌍으로 전자기 각도를 매핑하는, 동심 기어 시스템.

청구항 67

제66항에 있어서,

상기 변조기 세그먼트가 제1 복수의 자극 쌍 또는 제2 복수의 자극 쌍 중 적어도 하나에 작용하는 불균형한 자기력을 감소시키거나 제거하도록 배열되는, 동심 기어 시스템.

청구항 68

제66항에 있어서,

상기 복수의 변조기 세그먼트가 변조기 세그먼트의 2개 이상의 섹션을 포함하는, 동심 기어 시스템.

청구항 69

제66항에 있어서,

상기 복수의 변조기 세그먼트가 변조기 세그먼트의 2개의 섹션을 포함하는, 동심 기어 시스템.

청구항 70

제66항에 있어서,

상기 복수의 변조기 세그먼트가 변조기 세그먼트의 3개의 섹션을 포함하는, 동심 기어 시스템.

청구항 71

제66항에 있어서,

상기 복수의 변조기 세그먼트가 변조기 세그먼트의 4개의 섹션을 포함하는, 동심 기어 시스템.

청구항 72

제66항에 있어서,

상기 변조기 세그먼트 사이의 갭이 비-자성 재료로 채워지는, 동심 기어 시스템.

청구항 73

제66항에 있어서,

상기 변조기가 복수의 변조기 세그먼트를 연결하는 적어도 하나의 브릿지를 포함하는, 동심 기어 시스템.

청구항 74

제66항에 있어서,

상기 변조기가 복수의 상이한 형상을 갖는 복수의 자기 투과성 세그먼트를 포함하는, 동심 기어 시스템.

청구항 75

제66항에 있어서,

적어도 하나의 변조기 세그먼트가 돌출부 또는 만입부를 갖는, 동심 기어 시스템.

청구항 76

제75항에 있어서,

상기 돌출부 또는 만입부가 지지 메커니즘과 함께 활용되는, 동심 기어 시스템.

청구항 77

제76항에 있어서,

상기 지지 메커니즘이 브릿지를 포함하는, 동심 기어 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] **연방 정부가 후원하는 연구에 관한 진술**

[0002] 본 발명은 국립 항공 및 우주국에 의해 수여된 승인 번호 28-517790-00001 하에서 정부 지원으로 이루어졌다. 정부는 본 발명에 대한 특정 권리를 갖는다.

[0003] **관련 출원에 대한 교차-참조**

[0004] 본 특허 출원은 2021년 1월 25일자로 출원된 미국 가특허 출원 제63/141,130호; 2021년 5월 6일자로 출원된 미국 가특허 출원 제63/185,090호; 및 2021년 5월 13일자로 출원된 미국 가특허 출원 제63/188,009호에 대한 우선권을 주장하며, 이들의 전체 개시내용이 참조로서 결합된다.

[0005] **기술 분야**

[0006] 본 개시내용은 일반적으로 마그네틱 기어에 관한 것이며, 보다 특히, 마그네틱 기어 시스템, 방법 및 장치에 관한 것이지만, 이에 제한되는 것은 아니다.

배경 기술

[0007] 이 섹션은 본 개시내용의 다양한 양태의 더 나은 이해를 용이하게 하기 위해 배경 정보를 제공한다. 본 문서의 이 섹션에서의 진술은 이러한 관점에서 관독해야 하고 선행 기술을 인정하는 것이 아니라 점이 이해되어야 한다.

[0008] 마그네틱 기어는 이들의 기계적 대응물(mechanical counterparts)과 동일한 작업을 수행하지만; 기어 치형부(gear teeth) 사이의 기계적 상호작용을 통해서가 아니라 자석에 의해 생성된 플럭스 사이의 변조된 상호작용을 통해 수행한다. 사이클로이드 기어 배열체의 경우, 내측 회전자의 궤도 운동은 내측 회전자의 질량 중심이 고정 외측 회전자의 축의 중심을 따르지 않는 경우 바람직하지 않은 기계적 진동을 초래할 수 있다. 기어박스의 균형을 유지하기 위해 다수의 회전자 세그먼트가 사용될 수 있다. 그러나, 다수의 회전자 세그먼트를 사용하는 것은 자기 모멘트가 균형을 유지하지 않는 경우 내측 회전자 및 외측 회전자 사이의 자기 상호작용으로 인해 축-외(off-axis) 모멘트를 초래할 것이다.

발명의 내용

[0009] **요약**

[0010] 이 요약은 아래의 상세한 설명에서 추가로 설명되는 개념들의 선택을 소개하기 위해 제공된다. 이 요약은 청구된 주제의 핵심 특징 또는 필수 특징을 식별하기 위한 것이 아니며, 청구된 주제의 범주를 제한하는 데 도움을 주기 위해 사용되는 것도 아니다.

- [0011] 본 개시내용의 양태는 외측 회전자(outer rotor), 외측 회전자의 내측 둘레(inner circumference) 상에 배치된 제1 복수의 자극 쌍(magnetic pole pairs), 외측 회전자 내에 배치되고 이의 외측 둘레(outer circumference) 상에 배치된 제2 복수의 자극 쌍을 갖는 제1 내측 회전자(inner rotor), 외측 회전자 내에 배치되고 이의 외측 둘레 상에 배치된 제3 복수의 자극 쌍을 갖는 제2 내측 회전자, 외측 회전자 내에 배치되고 이의 외측 둘레 상에 배치된 제4 복수의 자극 쌍을 갖는 제3 내측 회전자를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어(cycloidal magnetic gear)에 관한 것이다. 제1 내측 회전자 및 제3 내측 회전자는 제2 내측 회전자의 두께의 대략 절반의 두께를 갖는다. 제1 내측 회전자, 제2 내측 회전자 및 제3 내측 회전자는 구동 샤프트에 작용하는 모멘트(moments acting on a drive shaft)의 균형을 유지한다.
- [0012] 본 개시내용의 양태는 사이클로이드 마그네틱 기어를 조립하는 방법에 관한 것이다. 방법은 제1 복수의 자극 쌍, 제2 복수의 자극 쌍 및 제3 복수의 자극 쌍을 외측 회전자의 내측 둘레에 커플링하는 단계, 제1 내측 회전자, 제2 내측 회전자 및 제3 내측 회전자를 입력 샤프트에 커플링하는 단계, 제4 복수의 자극 쌍을 제1 내측 회전자에 커플링하고 제5 복수의 자극 쌍을 제2 내측 회전자에 커플링하며 제6 복수의 자극 쌍을 제3 내측 회전자에 커플링하는 단계 및 제4 복수의 자극 쌍이 제1 복수의 자극 쌍과 상호작용하고, 제5 복수의 자극 쌍이 제2 복수의 자극 쌍과 상호작용하며, 제6 복수의 자극 쌍이 제3 복수의 자극 쌍과 상호작용하도록, 외측 회전자 내에 제1 내측 회전자, 제2 내측 회전자 및 제3 내측 회전자를 배치하는 단계를 포함한다.
- [0013] 본 개시내용의 양태는 외측 회전자, 외측 회전자에 형성된 제1 복수의 치형부(teeth), 외측 회전자의 복수의 치형부 중 인접한 치형부 사이에 배치된 제1 복수의 영구 자석, 외측 회전자 내에 배치되고 이의 외측 둘레 상에 형성된 제2 복수의 치형부를 갖는 제1 내측 회전자, 제2 복수의 치형부 중 인접한 치형부 사이에 배치될 제2 복수의 영구 자석, 외측 회전자 내에 배치되고 이의 외측 둘레 상에 형성된 제3 복수의 치형부를 갖는 제2 내측 회전자, 제3 복수의 치형부 중 인접한 치형부 사이에 배치될 제3 복수의 영구 자석, 외측 회전자 내에 배치되고 이의 외측 둘레 상에 형성된 제4 복수의 치형부를 갖는 제3 내측 회전자, 제4 복수의 치형부 중 인접한 치형부 사이에 배치될 제4 복수의 영구 자석을 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어에 관한 것이다. 제1 내측 회전자 및 제3 내측 회전자는 제2 내측 회전자의 두께의 대략 절반의 축방향 길이를 갖는다. 제1 내측 회전자, 제2 내측 회전자 및 제3 내측 회전자는 구동 샤프트에 작용하는 모멘트의 균형을 유지한다.
- [0014] 본 개시내용의 양태는 외측 회전자, 내측 회전자, 외측 회전자 또는 내측 회전자 중 적어도 하나의 둘레(perimeter) 주위에 배치된 복수의 영구 자석, 및 복수의 영구 자석 중 개별 자석 사이에 위치된 복수의 비-자성 스페이서를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어에 관한 것이다.
- [0015] 본 개시내용의 양태는 외측 회전자, 내측 회전자, 외측 회전자 또는 내측 회전자 중 적어도 하나의 둘레(perimeter) 주위에 배치된 복수의 영구 자석, 및 외측 회전자 또는 내측 회전자 중 적어도 하나에 형성된 키홈(keyway)을 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어에 관한 것이다.
- [0016] 본 개시내용의 양태는 다중-회전자 사이클로이드 마그네틱 기어를 제조하는 방법에 관한 것이다. 방법은 외측 회전자 백 아이언(outer rotor back iron)을 형성하는 단계, 내측 회전자 백 아이언을 형성하는 단계, 다수의 내측 회전자를 제조하기 위해 내측 회전자의 중심 축에 수직인 평면을 따라 내측 회전자를 절단하는 단계, 외측 회전자 백 아이언 상에 제1 복수의 영구 자석을 위치시키는 단계, 및 내측 회전자를 형성하기 위해 내측 회전자 백 아이언 상에 제2 복수의 영구 자석을 위치시키는 단계를 포함한다.
- [0017] 본 개시내용의 양태는 제1 입력 샤프트 및 제1 출력 샤프트를 갖는 제1 사이클로이드 마그네틱 기어, 제1 출력 샤프트로부터 입력을 수신하고 제2 출력 샤프트를 포함하는 제2 사이클로이드 마그네틱 기어를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어 시스템에 관한 것이다. 제1 출력 샤프트는 제1 베어링 및 제2 베어링에 의해 지지된다.
- [0018] 본 개시내용의 양태는 제1 회전자를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어에 관한 것이다. 제1 회전자는 제1 회전자 상에 배치된 복수의 자극 쌍, 또는 제1 회전자 상에 배치된 복수의 제1-회전자 영구 자석 및 제1 회전자 상에 형성된 복수의 제1-회전자 강자성 치형부 중 적어도 하나를 포함하며, 복수의 제1-회전자 강자성 치형부의 각각의 치형부는 복수의 제1-회전자 영구 자석 중 순차적인 자석 사이에 배치된다. 복수의 제1-회전자 강자성 치형부는 결과적으로 복수의 제1-회전자 영구 자석에 의해 자화된다. 사이클로이드 마그네틱 기어는 제2 회전자, 제2 회전자 상에 배치된 복수의 영구 자석, 제2 회전자 상에 형성된 복수의 강자성 치형부이되, 복수의 강자성 치형부의 각각의 치형부가 복수의 영구 자석 중 순차적인 자석 사이에 배치되는, 강자성 치형부를 추가로 포함한다. 복수의 강자성 치형부는 결과적으로 복수의 영구 자석에 의해 자화된다.
- [0019] 본 개시내용의 양태는 제1 회전자, 제2 회전자, 제1 회전자 상에 배치된 복수의 자극 쌍, 제2 회전자 상에 형성

된 복수의 강자성 치형부를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어에 관한 것이다. 제2 회전자는 자기 저항으로 인해 제1 회전자와 상호작용한다.

[0020] 본 개시내용의 양태는 외측 회전자, 외측 회전자 내에 배치된 내측 회전자, 외측 회전자 및 내측 회전자 사이에 정의된 에어 갭, 및 외측 회전자 및 내측 회전자 사이의 에어 갭에 배치된 플럭스 차폐부(flux shield)를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어에 관한 것이다. 플럭스 차폐부는 에어 갭의 둘레(circumference) 주위로 부분적으로 연장된다.

[0021] 본 개시내용의 양태는 제1 회전자를 갖는 동심 기어 시스템에 관한 것이다. 제1 회전자는 복수의 영구 자석, 복수의 자기 투과성 치형부, 또는 복수의 전자석 중 적어도 하나를 갖는다. 동심 기어 시스템은 제2 회전자를 추가로 포함한다. 제2 회전자는 복수의 영구 자석, 복수의 자기 투과성 치형부, 또는 복수의 전자석 중 적어도 하나를 포함한다. 동심 기어 시스템은 제1 회전자 및 제2 회전자 사이에 배치된 변조기를 추가로 포함하고, 변조기는 복수의 비-자성 세그먼트와 교번 방식으로 배열된 복수의 자기 투과성 세그먼트를 갖는다. 복수의 자기 투과성 세그먼트의 각각의 자기 투과성 세그먼트는 복수의 비-자성 세그먼트 중 연속적인 비-자성 세그먼트 사이에 배치된다. 복수의 자기 투과성 세그먼트의 각각의 자기 투과성 세그먼트 및 복수의 비-자성 세그먼트의 각각의 비-자성 세그먼트는 제1 단부로부터 외향으로 연장되는 돌출부 및 제2 단부로부터 내향으로 연장되는 만입부로 형성된다.

[0022] 본 개시내용의 양태는 제1 회전자를 갖는 동심 기어 시스템에 관한 것이다. 제1 회전자는 복수의 영구 자석, 복수의 자기 투과성 치형부, 또는 복수의 전자석 중 적어도 하나를 포함한다. 동심 기어 시스템은 제2 회전자를 추가로 포함한다. 제2 회전자는 복수의 영구 자석, 복수의 자기 투과성 치형부, 또는 복수의 전자석 중 적어도 하나를 포함한다. 동심 기어 시스템은 복수의 자기 투과성 변조기 세그먼트를 갖는 변조기를 추가로 포함한다. 복수의 변조기 세그먼트의 각각의 변조기 세그먼트는 제1 복수의 자극 쌍으로부터 제2 복수의 자극 쌍으로 전자기 각도를 매핑한다.

도면의 간단한 설명

[0023] 첨부 도면과 함께 다음의 상세한 설명을 참조하면 본 개시내용의 주제에 대한 보다 완전히 이해할 수 있을 것이다:

- 도 1은 본 개시내용의 양태에 따른 자기 사이클로이드 기어의 단면도이고;
- 도 2는 본 개시내용의 양태에 따른 내측 사이클로이드 회전자의 회전에 대한 내측 사이클로이드 회전자의 궤도 이동을 예시하는 순차적 다이어그램이고;
- 도 3a는 본 개시내용의 양태에 따른 결과적인 극 배열을 활용하는 사이클로이드 마그네틱 기어의 단면도이고;
- 도 3b는 본 개시내용의 양태에 따른, 내부에 형성된 키홈(keyway)을 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어의 내측 회전자의 개략도이고;
- 도 3c는 본 개시내용의 양태에 따른, 내부에 형성된 관통 구멍을 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어의 외측 회전자의 개략도이고;
- 도 3d는 본 개시내용의 양태에 따른 표면 영구 자석 외측 회전자 및 결과적인 극 내측 회전자를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어의 개략도이고;
- 도 3e는 본 개시내용의 양태에 따른 축방향으로 자화된 결과적인 극 배열을 활용하는 사이클로이드 마그네틱 기어의 개략도이고 (상부 회전자 - 표면 영구 자석; 하부 회전자 - 콘시퀀트(consequent));
- 도 4는 본 개시내용의 양태에 따른 방사상 및 축방향으로 자화된 자석 둘 모두를 활용하는 사이클로이드 마그네틱 기어의 분해도이고;
- 도 5는 본 개시내용의 양태에 따른 사이클로이드 마그네틱 기어를 조립하는 프로세스를 예시하는 흐름도이고;
- 도 6은 본 개시내용의 양태에 따른 스페이서를 갖는 자기 사이클로이드 기어의 단면도이고;
- 도 7은 본 개시내용의 양태에 따른 스페이서를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어의 분해도이고;
- 도 8은 본 개시내용의 양태에 따른 스페이서를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어의 사시도이고;
- 도 9는 본 개시내용의 양태에 따른, 내부에 형성된 키홈을 예시하는 스페이서를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기

어의 상세도이고;

도 10은 2-스테이지 사이클로이드 마그네틱 기어의 단면도이고;

도 11은 본 개시내용의 양태에 따른 2-스테이지 사이클로이드 마그네틱 기어의 단면도이고;

도 12a는 본 개시내용의 양태에 따른 자기저항-유형 사이클로이드 마그네틱 기어의 개략도이고;

도 12b는 본 개시내용의 양태에 따른 축방향으로 자화된 배열을 활용하는 자기저항-유형 사이클로이드 마그네틱 기어의 개략도이고;

도 13은 본 개시내용의 양태에 따른 키폴을 갖는 자기 사이클로이드 기어의 개략도이고;

도 14는 본 개시내용의 양태에 따른 플럭스 차폐부를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어의 개략도이고;

도 15는 본 개시내용의 양태에 따른 특정 순간에 사이클로이드 마그네틱 기어의 내측 회전자에 대한 힘 분포를 도시하는 개략도이고;

도 16은 본 개시내용의 양태에 따른 질량이 제거된 플럭스 차폐부의 사시도이고;

도 17은 본 개시내용의 양태에 따른 질량이 첨가된 플럭스 차폐부의 사시도이고;

도 18a는 본 개시내용의 양태에 따른 질량이 제거된 플럭스 차폐부의 상부 사시도이고;

도 18b는 입력 샤프트를 갖는 자석 기어의 단면도이고;

도 18c는 본 개시내용의 양태에 따른 플럭스 차폐부를 갖는 입력 샤프트를 갖는 자석 기어의 단면도이고;

도 19는 본 개시내용의 양태에 따른 오프셋 플럭스 차폐부를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어의 단면도이고;

도 20은 본 개시내용의 양태에 따른 출력 핀 디스크와 맞물린 플럭스 차폐부의 사시도이고;

도 21은 본 개시내용의 양태에 따른 립을 갖는 베어링을 갖는 플럭스 차폐부의 사시도이고;

도 22는 본 개시내용의 양태에 따른 다수의 플럭스 차폐부 및 핀 디스크의 시스템의 사시도이고;

도 23은 본 개시내용의 양태에 따른 인터로킹 변조기를 갖는 동심 기어 시스템의 단면도이고;

도 24a 내지 도 24d는 본 개시내용의 양태에 따른 다양한 변조기 세그먼트 형상을 갖는 동심 기어의 단면도이고;

도 25a는 본 개시내용의 양태에 따른 세그먼트화된 변조기를 갖는 축방향 플럭스 마그네틱 기어의 사시도이고;

도 25b는 본 개시내용의 양태에 따른 세그먼트화된 변조기를 갖는 횡형 플럭스 마그네틱 기어의 사시도이고;

도 26은 본 개시내용의 양태에 따른 각진 변조기를 갖는 동심 마그네틱 기어의 단면도이고;

도 27a 내지 도 27c는 본 개시내용의 양태에 따른 불균형한 자기력을 감소시키도록 배열된 각진 변조기를 갖는 동심 마그네틱 기어의 단면도이고;

도 28a는 본 개시내용의 양태에 따른 각진 변조기를 갖는 축방향 플럭스 마그네틱 기어의 사시도이고;

도 28b는 본 개시내용의 양태에 따른 각진 변조기를 갖는 횡형 플럭스 마그네틱 기어의 사시도이며;

도 29a 내지 도 29b는 본 개시내용의 양태에 따른 제작을 용이하게 하기 위해 각진 변조기 및 특징부를 갖는 동심 마그네틱 기어의 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 다음의 개시내용은 다양한 구현예들의 상이한 특징을 구현하기 위한 많은 상이한 구현예들 또는 실시예들을 제공한다. 이들 중 일부는 본 개시내용을 단순화하기 위해 구성요소 및 배열의 구체적인 실시예가 아래에 설명된다. 이들은 물론 단지 예일 뿐이며 제한하려는 의도가 아니다. 본원에 사용된 섹션 제목은 구성상 목적을 위한 것이며 설명된 주제를 제한하는 것으로서 해석되어서는 안 된다.

[0025] 하모닉 드라이브(harmonic drives) 및 사이클로이드 유형 드라이브는 더 높은 기어비 (종종 30:1 초과)에서 높은 토크 밀도를 달성하는 데 사용되는 가장 일반적인 기계적 기어박스이다. 기계적 대응물에 비해 신뢰성 및 토

크 밀도를 증가시키기 위해 사이클로이드 유형 마그네틱 기어가 개발되었다.

- [0026] 모든 유형의 마그네틱 기어는 개선된 신뢰성, 감소된 유지보수, 감소된 음향 소음, 및 고유 과하중 보호와 같은 기계적 기어에 비해 잠재적인 이점을 제공하지만, 동축 마그네틱 기어와 같은 다른 마그네틱 기어 토폴로지는 비교적 낮은 기어비로 제한된다. 사이클로이드 유형 마그네틱 기어는 비교적 높은 기어비에서 높은 토크 밀도를 달성할 수 있다. 다수의 회전자의 사용은 비제한적으로 회전 축을 중심으로 질량 중심의 밸런싱, 방사상 자기력의 밸런싱, 및 단지 2개의 회전자 세그먼트만이 사용된 경우 또는 회전자 세그먼트가 모두 동일한 길이인 경우 제조될 축-외 모멘트의 상쇄를 포함하는 사이클로이드 유형 마그네틱 기어와 연관된 문제를 완화시킨다.
- [0027] 사이클로이드 유형 기계식 기어와 같이, 사이클로이드 유형 마그네틱 기어의 내측 회전자는 외측 회전자의 축에 평행하지만 이로부터 오프셋되고, 외측 회전자의 고정 중심 축을 중심으로 궤도 회전(orbital revolution)으로 이동한다. 이러한 궤도 운동은 공간 플렉스 고조파를 변조하여 기어링 거동을 용이하게 하는 에어 갭 투과 기능을 교대로 한다. 궤도 회전은 고속 샤프트에 연결된다. 저속 회전은 자체 축을 중심으로 회전하는 내측 회전자 또는 외측 회전자에 의해 제공될 수 있지만, 본원에 개시된 다양한 구현예들은 외측 회전자를 정지 상태로 유지하고 자체 축을 중심으로 내측 회전자의 회전을 저속 샤프트에 연결한다. 본원에 사용된 바와 같이, 입력은 고속을 대체할 수 있고 (예컨대, 입력 샤프트는 고속 샤프트일 수 있음), 출력은 저속을 대체할 수도 있음 (예컨대, 출력 샤프트는 저속 샤프트일 수도 있음)에 유의해야 한다. 이 용어는 다양한 적용이 입력 구성요소가 고속 구성요소일 것 또는 출력 구성요소가 저속 구성요소일 것을 요구하는 개시내용 전반에 걸쳐 상호교환될 수 있다.
- [0028] 도 1은 자기 사이클로이드 기어 (100)의 단면도이다. 자기 사이클로이드 기어 (100)는 외측 회전자 (102), 제1 내측 회전자 (104), 제2 내측 회전자 (106) 및 제3 내측 회전자 (108)를 포함한다. 다양한 구현예들에서, 외측 회전자 (102)는 작동 동안에 정지 상태로 유지되지만; 다양한 구현예들에서, 외측 회전자 (102)는 회전할 수 있다. 제1 복수의 자극 쌍 (110)은 외측 회전자 (102)의 내측 둘레에 대해 선형 방식으로 배열된다. 제1 내측 회전자 (104), 제2 내측 회전자 (106) 및 제3 내측 회전자 (108)는 외측 회전자 (102) 내에 배치된다. 다양한 구현예들에서, 제1 내측 회전자 (104), 제2 내측 회전자 (106) 및 제3 내측 회전자 (108)는 입력 샤프트 (202)(도 2에 도시됨)에 연결된다. 입력 샤프트 (202)는 외측 회전자 (102)의 중심 축과 정렬된다. 제1 내측 회전자 (104) 및 제3 내측 회전자 (108)의 회전 축은 중심 축으로부터 입력 샤프트 (202)의 제1 측면으로 오프셋되고, 제2 내측 회전자 (106)는 중심 축으로부터 제1 측면에 대항하는 입력 샤프트 (202)의 제2 측면으로 오프셋된다. 따라서, 제1 내측 회전자 (104), 제2 내측 회전자 (106) 및 제3 내측 회전자 (108)는 이들의 중심 축 각각에 대해 회전하는 것에 추가하여 외측 회전자 (102)의 중심 축을 중심으로 회전한다.
- [0029] 여전히 도 1을 참조하면, 제2 복수의 자극 쌍 (116)은 제1 내측 회전자 (104)의 외측 둘레 상에 배치된다. 제3 복수의 자극 쌍 (118)은 제2 내측 회전자 (106)의 외측 둘레 상에 배치되고, 제4 복수의 자극 쌍 (120)은 제3 내측 회전자 (108)의 외측 둘레 상에 배치된다. 제2 복수의 자극 쌍 (116), 제3 복수의 자극 쌍 (118), 및 제4 복수의 자극 쌍 (120)은 제1 복수의 자극 쌍 (110)과 상호작용한다. 다양한 구현예들에서, 제5 복수의 자극 쌍 (112) 및 제6 복수의 자극 쌍 (114)은 제1 복수의 자극 쌍 (110), 제5 복수의 자극 쌍 (112), 및 제6 복수의 자극 쌍 (114)이 서로 평행한 방식으로 외측 회전자 (102)의 내측 둘레에 대해 선형 방식으로 배열된다. 이러한 구현예들에서, 제2 복수의 자극 쌍 (116)은 제1 복수의 자극 쌍 (110)과 상호작용하고, 제3 복수의 자극 쌍 (118)은 제5 복수의 자극 쌍의 자극 쌍 (112)과 상호작용하며, 제4 복수의 자극 쌍 (120)은 제6 복수의 자극 쌍 (114)과 상호작용한다.
- [0030] 여전히 도 1을 참조하면, 제1 내측 회전자 (104) 및 제3 내측 회전자 (108)는 각각 제2 내측 회전자 (106)의 두께의 대략 절반인 두께를 갖는다. 따라서, 제2 내측 회전자 (106)는 제1 내측 회전자 (104) 및 제3 내측 회전자 (108)의 개별 질량의 대략 2배를 갖는다. 추가적으로, 제1 내측 회전자 (104) 및 제3 내측 회전자 (108)는 입력 샤프트 (202)를 중심으로 궤도 방식으로 함께 이동한다. 제2 내측 회전자 (106)는 제1 내측 회전자 (104) 및 제3 내측 회전자 (108)와 동일한 회전 방향으로 입력 샤프트를 중심으로 궤도 방식으로 이동하지만, 제1 내측 회전자 (104) 및 제3 내측 회전자 (108)에 대항하는 입력 샤프트의 측면 상에서 이동한다. 이러한 배열은 입력 샤프트 (202)에 대한 질량 및 힘의 밸런싱 외에도 입력 샤프트 (202)에 작용하는 축-외 모멘트를 상쇄시킨다. 이러한 배열은 작동 동안에 진동을 감소시키고 자기 사이클로이드 기어 (100)에 대한 응력을 감소시킨다.
- [0031] 다양한 구현예들에서, 제1 복수의 자극 쌍 (110), 제2 복수의 자극 쌍 (116), 제3 복수의 자극 쌍 (118), 제4 복수의 자극 쌍의 쌍 (120), 제5 복수의 자극 쌍의 쌍 (112), 및 제6 복수의 자극 쌍의 쌍 (114)은 예를 들어, 회토티 또는 페라이트를 포함하는 것들과 같은 영구 자석으로 형성될 수 있다. 외측 회전자 (102), 제1 내측 회전

자 (104), 제2 내측 회전자 (106) 및 제3 내측 회전자 (108)는 다양한 구현예들에서, 예를 들어, 자기 투과성 강철, 연자성 복합재, 탄소 섬유 강화 중합체, 자기 불투과성 강철, 알루미늄, 유리섬유 또는 플라스틱으로 형성될 수 있다. 다양한 구현예들에서, 제1 복수의 자극 쌍 (110), 제2 복수의 자극 쌍 (116), 제3 복수의 자극 쌍 (118), 제4 복수의 자극 쌍 (120), 제5 복수의 자극 쌍 (112), 및 제6 복수의 자극 쌍 (114)은 정렬된 인접한 영구 자석을 포함한다. 영구 자석은 각각의 영구 자석이 어느 하나의 측면 상의 인접한 영구 자석과 반대 자기 극성을 갖도록 교번 자기 극성 패턴으로 배열된다. 따라서, 제1 복수의 자극 쌍 (110), 제2 복수의 자극 쌍 (116), 제3 복수의 자극 쌍 (118), 제4 복수의 자극 쌍 (120), 제5 복수의 자극 쌍 (112), 및 제6 복수의 자극 쌍 (114)은 북, 남, 북, 남 등의 패턴으로 배열된 영구 자석을 포함한다.

[0032] 도 2는 내측 회전자의 회전에 대한 내측 회전자의 궤도 이동을 예시하는 순차적 다이어그램이다. 논의를 위해, 도 2에 예시된 내측 회전자는 제1 내측 회전자 (104)로서 설명될 것이지만; 제2 내측 회전자 (106) 및 제3 내측 회전자 (108)는 동일한 이동 패턴을 따를 것이다. 라인 (204)은 제1 내측 회전자 (104)의 회전 위치를 예시한다. 제1 내측 회전자 (104)가 스테이지 1-9에 예시된 하나의 궤도 회전을 통해 진행함에 따라, 제1 내측 회전자 (104)는 자체 축을 중심으로 회전한다. 따라서, 제1 내측 회전자 (104)에 의해 하나의 완전 궤도 회전이 완료되면, 제1 내측 회전자 (104)는 외측 회전자 (102)에 대해 하나의 극 쌍만큼 회전하였을 것이다. 다양한 구현예들에서, 제1 내측 회전자 (104)의 회전은 출력 샤프트 (명시적으로 도시되지 않음)를 구동한다.

[0033] 도 3a는 결과적인 극 배열을 활용하는 사이클로이드 마그네틱 기어 (300)의 단면도이다. 사이클로이드 마그네틱 기어 (300)는 외측 회전자 (302), 제1 내측 회전자 (304), 제2 내측 회전자 (306)(도 4에 도시됨) 및 제3 내측 회전자 (307)(도 4에 도시됨)를 포함한다. 다양한 구현예들에서, 사이클로이드 마그네틱 기어 (300)의 외측 회전자 (302), 제1 내측 회전자 (304), 제2 내측 회전자 (306), 및 제3 내측 회전자 (307)는 사이클로이드 마그네틱 기어 (100)의 외측 회전자 (102), 제1 내측 회전자 (104), 제2 내측 회전자 (106), 및 제3 내측 회전자 (108)와 유사하게 배열된다. 논의의 단순화를 위해, 제1 내측 회전자 (304)의 구성이 설명될 것이지만; 사이클로이드 마그네틱 기어 (300)의 제2 내측 회전자 (306) 및 제3 내측 회전자 (307)의 구성은 유사하다. 다양한 구현예들에서, 결과적인 극 배열을 활용하는 사이클로이드 마그네틱 기어 (300)는 단일 내측 회전자 (304)를 포함할 수 있다 (결과적인 극은 다수의 회전자 섹션을 가질 필요가 없음).

[0034] 여전히 도 3a를 참조하면, 외측 회전자 (302)는 내부 둘레(interior circumference) 주위에 형성된 복수의 치형부 (308)를 포함한다. 영구 자석 (310)은 치형부 (308) 사이에 배치된다. 다양한 구현예들에서, 영구 자석 (310)은 동일한 자기 극성을 갖는다. 영구 자석 (310)의 결과로서, 치형부 (308)는 반대 극성으로 자화된다. 다양한 구현예들에서, 치형부 (308)는 영구 자석 (310)을 제자리에 유지시키도록 배열될 수 있다. 예를 들어, 도 3a에 예시된 구현예에서, 치형부 (308)는 테이퍼링된 에지 (312)를 포함한다. 테이퍼링된 에지 (312)는 영구 자석 (310)을 고정하고, 예를 들어, 유지 슬리브와 같은 추가적인 자석 보유 메커니즘에 대한 필요성을 제거한다. 다양한 구현예들에서, 치형부 (308)는 영구 자석 (310)보다 좁게 구성될 수 있다. 이러한 배열은 더 넓고 더 제조-친화적인 영구 자석 (310)의 사용을 용이하게 한다. 이는 특히 높은 기어비를 가져, 많은 수의 자극 쌍을 요구하는 사이클로이드 마그네틱 기어의 경우 특히 그렇다. 다양한 구현예들에서, 사이클로이드 마그네틱 기어 (300)는 사이클로이드 마그네틱 기어 (100)에서 활용되는 것과 같은 동일한 기어비를 갖는 표면 영구 자석 구성의 것보다 덜 영구 자석 재료를 활용할 수 있다.

[0035] 여전히 도 3a를 참조하면, 결과적인 극 유형 구성은 표면 영구 자석 사이클로이드 마그네틱 기어와 유사하지만, 북-남 영구 자석 극 쌍 (2개의 영구 자석)을 북-치형부 또는 남-치형부 쌍 (1개의 영구 자석 및 1개의 강자성 치형부)로 교체한다. 영구 자석 (310)의 결과로서, 강자성 치형부 (308)는 반대 극성의 자극이 된다. 따라서, 영구 자석 (310)은 치형부 (308)를 자화시킨다. 다양한 구현예들에서, 치형부 (308) 및 영구 자석 (310)의 기하학적 구조는 치형부 (308)가 영구 자석 (310)을 제자리에 유지시키는 방식으로 변형될 수 있다. 다양한 구현예들에서, 치형부 (308) 및 영구 자석 (310)은 동일하지 않은 크기이다. 도 3b에 도시된 바와 같이, 다양한 구현예들에서, 영구 자석 (310)은 극 쌍 아크의 절반 초과에 걸쳐 있을 수 있고, 따라서 영구 자석 (310)의 아크 길이는 치형부 (308)의 아크 길이보다 클 수 있다. 또한, 도 3b에 도시된 바와 같이, 키홈, 스플라인, 홈 또는 플릭스 배리어 (314)는 다양한 구현예들에서, 치형부 (308) 뒤에 구현될 수 있다. 도 3c에 도시된 바와 같이, 외측 회전자 (302)에 대해, 다양한 구현예들에서, 치형부 (308) 자체 또는 백 아이언 (313)의 치형부 (308) 뒤의 공간은 사이클로이드 마그네틱 기어 (300)의 장착을 용이하게 하기 위해 볼트 또는 나사와 같은 구조 재료 (318)를 허용하는 관통 구멍 (316)에 대한 위치로서 활용될 수 있다. 대안적인 구현예로서, 내측 회전자 (304)는 결과적인 극을 유지할 수 있는 반면, 외측 회전자 (302)는 도 3d에 도시된 바와 같이 에어 갭에서 더 많은 플릭스를 생산하기 위해 표면 영구 자석 유형이거나 그 반대일 수 있다.

[0036] 도 3e는 축방향으로 자화된 결과적인 극 배열(axially-magnetized consequent pole arrangement)을 활용하는 사이클로이드 마그네틱 기어 (350)의 개략도이다. 사이클로이드 마그네틱 기어 (350)는 제1 회전자 (352) 및 제2 회전자 (354)를 포함한다. 복수의 자극 쌍 (356)은 제1 회전자 (352)의 축방향 표면 상에 배치된다. 복수의 영구 자석 (358)은 제2 회전자 (354)의 축방향 표면 상에 배치되고, 복수의 강자성 치형부 (360)는 복수의 영구 자석 (358) 중 연속적인 영구 자석 (358) 사이에 배치된다. 작동 동안에, 복수의 영구 자석 (358)은 복수의 강자성 치형부 (360)가 결과적으로 복수의 영구 자석 (358)의 반대 극성으로 자화되게 한다. 제1 회전자 (352)는 제2 회전자 (354)와 축방향 방식으로 정렬되어, 제1 회전자 (352)의 복수의 자극 쌍 (356)은 제1 회전자 (352) 및 제2 회전자 (354)에 대한 축방향으로의 자기 플럭스로 인해 복수의 영구 자석 (358) 및 복수의 강자성 치형부 (360)와 상호작용한다.

[0037] 도 4는 방사상 및 축방향으로 자화된 자석 둘 모두를 활용하는 사이클로이드 마그네틱 기어 (400)의 분해도이다. 다양한 구현예들에서, 축방향으로 자화된 자석 (402)은 치형부 (308)를 자화시키고 결과적인 극을 생성하는 데 활용된다. 다양한 구현예들에서, 방사상으로 자화된 영구 자석 (310)은 제거될 수 있고, 축방향으로 자화된 영구자석 (402)이 활용될 수 있다. 이러한 배열은 축방향으로 자화된 영구 자석 (402)의 자화를 단순화하고, 사이클로이드 마그네틱 기어 (400)의 조립을 단순화할 수 있다. 도 4에 예시된 바와 같이, 축방향으로 자화된 영구 자석 (402) 및 방사상으로 자화된 영구 자석 (310) 둘 모두를 함유하는 하이브리드 배열이 활용될 수 있다. 다양한 구현예들에서, 축방향으로 자화된 영구 자석 (402) 및 방사상으로 자화된 영구 자석 (310)의 임의의 조합이 활용될 수 있다. 축방향으로 자화된 영구 자석 (402) 및 방사상으로 자화된 영구자석 (310) 둘 모두를 사용하는 것은 사이클로이드 마그네틱 기어 (400)의 토크 밀도 및/또는 비 토크를 증가시킬 수 있다. 다양한 구현예들에서, 상이한 축방향 자화 방향이 사용될 수 있다 (둘 모두 동일한 방향으로 자화되거나 반대 방향으로 자화됨). 내측 회전자 (304) 및 외측 회전자 (302) 상의 시나리오 중 임의의 것의 임의의 조합이 가능하다. 이 구현예는 1보다 큰 임의의 수의 축방향 세그먼트를 갖고 존재할 수 있다.

[0038] 대안적으로, 자석은 각각의 표면 상에 장착되기보다는, 내측 회전자 (304) 및 외측 회전자 (302) 중 하나 또는 둘 모두에 매립될 수 있다. 내부 영구 자석 구성은 자석이 그 표면에 부착될 필요 없이 회전자의 슬롯에 삽입될 수 있기 때문에 조립을 단순화하고, 내부 영구 자석의 구성은 종래의 리액턴스 토크에 추가하여 일부 자기저항 토크를 제공할 수 있다. 내부 영구 자석 회전자의 자석은 내부 영구 자석 모터에서와 같이 V, U 및 이중 V를 포함하는 (그러나 이에 제한되지 않음) 다양한 구성으로 배열될 수 있다.

[0039] 도 5는 사이클로이드 마그네틱 기어 (100)를 조립하기 위한 프로세스 (500)를 예시하는 흐름도이다. 프로세스 (500)는 단계 (502)에서 시작한다. 단계 (504)에서, 제1 복수의 자극 쌍 (110)은 외측 회전자 (102)의 내측 둘레 주위로 배치된다. 단계 (506)에서, 제1 내측 회전자 (104), 제2 내측 회전자 (106) 및 제3 내측 회전자 (108)는 입력 샤프트 (202)에 커플링된다. 단계 (508)에서, 제2 복수의 자극 쌍 (116)은 제1 내측 회전자 (104)의 외측 둘레 상에 배치되고, 제3 복수의 자극 쌍 (118)은 제2 내측 회전자 (106)의 외측 둘레 상에 배치되며, 제4 복수의 자극 쌍 (120)은 제3 내측 회전자 (108)의 외측 둘레 상에 배치된다. 다양한 구현예들에서, 제1 내측 회전자 (104) 및 제3 내측 회전자 (108)는 제1 내측 회전자 (104) 및 제3 내측 회전자 (108)가 외측 회전자 (102)의 중심 축으로부터 제1 측면을 향해 오프셋되도록 위치되고, 제2 내측 회전자 (106)는 제2 내측 회전자가 외측 회전자 (102)의 중심 축으로부터 제2 측면을 향해 오프셋되도록 위치된다. 다양한 구현예들에서, 제5 복수의 자극 쌍 (112) 및 제6 복수의 자극 쌍 (114)은 제1 복수의 자극 쌍 (110)에 평행한 외측 회전자 (102)의 내측 둘레 주위에 배치된다. 이러한 구현예에서, 제2 복수의 자극 쌍 (116)은 제1 복수의 자극 쌍과 상호작용하고, 제3 복수의 자극 쌍 (118)은 제3 복수 자극 쌍 (120)과 상호작용하며, 제5 복수의 자극 쌍 (112)과 상호작용하고, 제4 복수의 자극 쌍 (120)은 제6 복수의 자극 쌍 (114)과 상호작용한다. 단계 (510)에서, 제1 내측 회전자 (104), 제2 내측 회전자 (106) 및 제3 내측 회전자 (108)는 외측 회전자 (102) 내에 위치된다. 프로세스 (500)는 단계 (512)에서 종료된다. 논의의 목적을 위해, 위에 언급된 단계 (504-510)는 본원에 논의된 순서로 수행될 필요가 없고, 다양한 구현예들에서, 단계 (504-510)는 임의의 순서로 수행될 수 있다.

[0040] 도 6은 예를 들어, 자기 사이클로이드 기어 (100)와 함께 사용될 수 있는 내측 회전자 (600)의 단면도이다. 도 7은 내측 회전자 (600)의 분해도이다. 도 8은 내측 회전자 (600)의 사시도이다. 도 6 내지 도 8을 종합하여 참조하면, 내측 회전자 (600)는 백 아이언 (602), 및 백 아이언 (602)의 표면에 장착된 복수의 영구 자석 (604)을 포함한다. 복수의 스페이서들 (606)은 백 아이언 (602)의 표면 주위에 배치된다. 복수의 스페이서들 (606)의 각각의 스페이서는 복수의 영구 자석 (604) 중 순차적인 자석 사이에 위치되고, 백 아이언 (602)으로부터 방사상 방향으로 연장된다. 다양한 구현예들에서, 복수의 스페이서들 (606)은 비-자성 재료로 구성된다. 다양한 구현예들에서, 복수의 스페이서들 (606)은 예를 들어, 복수의 자석 (604)의 각각의 자석에 대한 위치를 생성하기 위해

백 아이언 (602)을 노칭함으로써 형성될 수 있다. 따라서, 이러한 구현예들에서, 스페이서들 (606)은 복수의 자석 (604)의 각각의 자석에 대한 순차적인 위치 사이의 영역들에 형성된다. 다른 구현예들에서, 복수의 스페이서들 (606)은 예를 들어, 비-자성 웹을 백 아이언 (602)에 커플링함으로써 형성될 수 있다. 도 7에 예로서 도시된 바와 같이, 복수의 스페이서들 (606)은 백 아이언 (602)에 형성된 홈 (608)에 삽입될 수 있다. 이러한 구현예들에서, 복수의 스페이서들 (606)은 백 아이언 (602)과의 마찰 맞물림을 통해 또는 예를 들어 에폭시와 같은 접착제를 통해 백 아이언 (602)에 대해 제자리에 유지될 수 있다. 도 6 내지 도 8은 예로서, 내측 회전자 (600)를 도시하지만, 당업자는 본 개시내용의 원리가 또한 사이클로이드 마그네틱 기어의 외측 회전자에 적용될 수 있음을 이해할 것이다. 따라서, 외측 회전자는 또한 순차적인 영구 자석 사이에 위치한 스페이서들로 구성될 수 있다.

[0041] 도 9는 내부에 형성된 키홈(keyway) (902)을 예시하는 사이클로이드 마그네틱 기어 (900)의 상세도이다. 기계적으로 위상-시프팅된 다수의 회전자 세그먼트를 활용하는 마그네틱 기어 구현예들에서, 균형을 유지하기 위해, 연속적인 회전자는 서로에 대해 자기적으로 위상 시프팅된다. 조립 동안에 기계적 및 자기적 위상 시프팅을 용이하게 하고 작동 동안에 시프팅을 유지하기 위해, 본 개시내용의 양태는 내측 회전자 백 아이언 (602)의 내측 직경 및/또는 내측 회전자 사이클로이드 디스크 (허브)의 외측 직경에 대한 임의의 종류 (이의 표면을 불균일하게 만든)의 키홈 (902) 또는 스플라인, 치형부 등을 조합하여 사용하는 것을 포함한다. 대안적으로, 동일한 극성의 모든 자석 (604)은 모든 내측 회전자 키홈 마킹 상에 위치될 수 있지만, 각각의 연속적인 회전자에 상응하는 외측 고정자 상의 극의 극성을 스와핑함으로써 자기 위상 시프트를 유지한다. 키홈 (또는 스플라인)(902)은 또한 허브 및 백 아이언 (602) 사이의 마찰 끼워맞춤을 용이하게 하는 데 사용될 수 있고, 내측 회전자 (600)로의 토크의 전달을 용이하게 하는 접착제의 필요성을 제거한다. 다양한 구현예들에서, 다수의 회전자 세그먼트를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어의 제조 동안, 단일 회전자는 구성된 다음, 적절한 정렬을 갖는 다수의 회전자 세그먼트를 제조하기 위해 회전 축에 수직인 평면을 따라 분할될 수 있다.

[0042] 도 10은 2-스테이지 사이클로이드 마그네틱 기어 시스템 (1000)의 단면도이다. 2-스테이지 사이클로이드 마그네틱 기어 시스템 (1000)은 제1 사이클로이드 마그네틱 기어 (1004)에 커플링된 제1 입력 샤프트 (1002)를 포함한다. 제1 사이클로이드 마그네틱 기어 (1004)는 제1 출력 샤프트 (1006)에 커플링된다. 제1 출력 샤프트 (1006)는 제1 베어링 (1008) 및 제2 베어링 (1010)에 의해 지지된다. 제1 출력 샤프트 (1006)는 제2 입력 샤프트 (1012)에 커플링된다. 제2 입력 샤프트 (1012)는 제2 사이클로이드 마그네틱 기어 (1014)에 커플링된다. 제2 입력 샤프트 (1012)는 제3 베어링 (1016) 및 제4 베어링 (1018)에 의해 지지된다.

[0043] 도 11은 2-스테이지 사이클로이드 마그네틱 기어 시스템 (1100)의 단면도이다. 2-스테이지 사이클로이드 마그네틱 기어 시스템 (1100)은 제1 사이클로이드 마그네틱 기어 (1104)에 커플링된 제1 입력 샤프트 (1102)를 포함한다. 제1 사이클로이드 마그네틱 기어 (1104)는 제1 출력 샤프트 (1106)에 커플링된다. 제1 출력 샤프트 (1106)는 제1 베어링 (1108) 및 제2 베어링 (1110)에 의해 지지된다. 제1 출력 샤프트 (1106)는 제2 사이클로이드 마그네틱 기어 (1114)에 커플링된다. 다양한 구현예들에서, 제1 베어링 (1108) 및 제2 베어링 (1110)은 예를 들어, 볼 베어링, 원통형 롤러 베어링, 또는 임의의 다른 유형의 베어링일 수 있다. 다양한 구현예들에서, 제1 사이클로이드 마그네틱 기어 (1104) 및 제2 사이클로이드 자석 기어 (1114)는 예를 들어, 단일 회전자 사이클로이드 기어 또는 다수의-회전자 사이클로이드 기어일 수 있다.

[0044] 도 12a는 자기저항-유형 사이클로이드 마그네틱 기어의 개략도이다. 내측 회전자 (1202) 또는 외측 회전자 (1204) 중 하나에 자석이 배치되지 않는 자기저항 유형 사이클로이드 마그네틱 기어 (1200). 도 12a에 예시된 구현예에서, 내측 회전자 (1202) 상의 자석은 치형부 (1206) 및 슬롯 (1208)으로 교체되지만; 다른 구현예들에서, 외측 회전자 (1204)의 자석은 치형부 및 슬롯으로 교체될 수 있다. 다양한 구현예들에서, 이러한 토폴로지는 높은 기어비가 표면 영구 자석 사이클로이드 설계와 동일한 기어비에 대해 단지 약 1/4의 자극으로 달성될 수 있게 한다.

[0045] 도 12b는 축방향으로 자화된 배열을 활용하는 자기저항-유형 사이클로이드 마그네틱 기어 (1250)의 개략도이다. 사이클로이드 마그네틱 기어는 제1 회전자 (1252) 및 제2 회전자 (1254)를 포함한다. 복수의 자극 쌍 (1256)은 제1 회전자 (1252)의 축방향 표면 상에 배치된다. 복수의 강자성 치형부 (1260)는 제2 회전자 (1254) 상에 형성된다. 작동 동안에, 복수의 자극 쌍 (1256)은 자기 저항으로 인해 복수의 강자성 치형부 (1260)에 영향을 미친다. 제1 회전자 (1252)는 제2 회전자 (1254)와 축방향 방식으로 정렬되어, 제1 회전자 (1252)의 복수의 자극 쌍 (1256)은 제1 회전자 (1252) 및 제2 회전자 (1254)에 대한 축방향으로의 자기 플럭스로 인해 복수의 강자성 치형부 (1260)와 상호작용한다.

- [0046] 도 13은 키홈을 갖는 자기 사이클로이드 기어의 개략도이다. 도 13에서, 크랭크 샤프트에 연결하기 위해 내측 회전자 사이클로이드 디스크 (허브)에 연결하기 위한 키홈 (1210)은 도 13에 도시된 바와 같이 치형부 뒤에 배치될 수 있다. 키는 회전자 상에 응력점을 생성하는 것을 회피하고 자기 플렉스와와의 간섭을 회피하기 위해 회전자의 두꺼운 지점에 위치된다. 다시 말해서, 인터로크의 영역에서 기계적 응력을 최소화하고 자기 플렉스와와의 간섭을 최소화하기 위해 방사상 방향으로 가장 두꺼운 디스크의 부분으로부터 재료가 제거된다.
- [0047] 도 14는 플렉스 차폐부 (1402)를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어 (1400)의 개략도이다. 작동 동안에, 외측 회전자 (1408)의 내측 둘레를 중심으로 내측 회전자 (1406)의 회전은 내측 회전자 (1406) 및 외측 회전자 (1408) 사이의 에어 갭 (1404)이 다양한 폭이 되게 유발한다. 더 큰 에어 갭은 내측 회전자 (1406) 및 외측 회전자 (1408) 사이의 가장 가까운 상호작용의 지점에 대항하는 외측 회전자 (1408)의 측면 상에 위치될 것이다. 다양한 구현예들에서, 플렉스 차폐부 (1402)는 내측 회전자 (1406) 및 외측 회전자 (1408) 사이에 위치한 에어 갭 (1404)의 더 큰 부분에 위치된다. 다양한 구현예들에서, 플렉스 차폐부 (1402)는 도 14에 도시된 바와 같이 에어 갭 (1404)의 가장 작은 부분에 방사상으로 대항할 수 있다. 다른 구현예들에서, 플렉스 차폐부 (1402)는 에어 갭 (1404)의 가장 작은 부분으로부터 방사상으로 대항하는 지점으로부터 일부 각도만큼 오프셋될 수 있다. 플렉스 차폐부 (1402)는 고속 샤프트와 동일한 속도로 일차 회전 축을 중심으로 회전한다. 플렉스 차폐부 (1402)는 내측 회전자 (1406) 상의 반대 토크 생산에 기여할 수 있는 바람직하지 않은 플렉스 경로를 단락시키도록 형상화된다. 플렉스 차폐부 (1402)는 또한 내측 회전자 (1406)의 베어링에 대한 방사상 하중을 감소시키도록 형상화될 수 있다. 다양한 구현예들에서, 플렉스 차폐부 (1402) 자체는 평형추(counterweight)를 교체할 수 있거나, 추가적인 평형잡기(counterweighting)는 플렉스 차폐부 (1402)의 포함 후 최종 밸런싱을 위해 사용될 수 있다. 다양한 구현예들에서, 플렉스 차폐부 (1402)는 예를 들어, 표면 영구 자석, 결과적인 극, 내부 영구 자석, 및 자기저항-유형 사이클로이드 마그네틱 기어를 포함하는 다양한 유형의 사이클로이드 마그네틱 기어와 함께 활용될 수 있다.
- [0048] 도 15는 특정 순간에 사이클로이드 마그네틱 기어의 내측 회전자 (1406)에 대한 힘 분포를 도시하는 개략도이다. 내측 회전자 (1406) 및 외측 회전자 (1408)의 자기 상호작용은 내측 회전자 (1406)에 작용하는 토크를 발생시킬 것이다. 내측 회전자 (1406)의 일 측면에서, 토크는 양의 값을 가지며 내측 회전자 (1406)의 동일한 회전 방향으로 작용한다. 그러나, 내측 회전자 (1406)의 반대 측면에서, 토크는 음의 값을 가지며 내측 회전자 (1406)의 회전 방향과 반대 방향으로 작용한다. 작동 동안에, 플렉스 차폐부 (1402)는 사이클로이드 마그네틱 기어 (1400)에서 역-생산적 토크를 생산하는 반대 힘을 상쇄시킨다.
- [0049] 플렉스 차폐부 (1402)가 입력 캠 샤프트에 의해 구동되는 내측 회전자 (1406)의 편심 운동의 속도로 회전할 것이기 때문에, 다양한 구현예들에서, 플렉스 차폐부 (1402)는 입력 캠 샤프트 (명시적으로 도시되지 않음)에 커플링될 수 있다. 도 16은 하나 이상의 웹 (1706)에 의해 중앙 허브 (1704)로부터 캔틸레버되는 플렉스 차폐부 (1702)의 사시도이다. 다양한 구현예들에서, 중앙 허브 (1704)는 입력 캠 샤프트를 수용한다. 도 16에 도시된 바와 같이, 플렉스 차폐부 (1702)는 캔틸레버될 수 있지만, 심지어 작은 스택 길이로도, 이러한 캔틸레버형은 높은 편향을 초래한다. 다양한 구현예들에서, 플렉스 차폐부 (1702)를 유지하는 웹 (1706) 및 중앙 허브 (1704)는 제거된 (또는 추가된) 질량으로 설계될 수 있어서, 플렉스 차폐부 (1702) 및 연관된 구조가 평형추로서 작용한다.
- [0050] 도 17은 평형추로서 기능하기 위해 질량이 추가된 플렉스 차폐부 조립체 (1900)의 사시도이다. 플렉스 차폐부 조립체 (1900)는 제1 복수의 웹 (1906)을 통해 중앙 허브 (1904)에 커플링되는 플렉스 차폐부 (1902)를 포함한다. 평형추 (1908)는 플렉스 차폐부 (1902)로부터 중앙 허브 (1904)의 반대 측면 상에 배치된다. 평형추 (1908)는 제2 복수의 웹 (1910)에 의해 중앙 허브 (1904)로부터 분리된다. 작동 동안에, 평형추 (1908)는 플렉스 차폐부 (1902)에 의해 가해지는 기계적 힘의 균형을 유지하고 플렉스 차폐부 (1902)의 편향을 방지한다.
- [0051] 도 18a는 질량이 제거된 플렉스 차폐부 (2020)의 사시도이다. 플렉스 차폐부 (2020) 자체는 다양한 구현예들에서, 모놀리식 구조가 아닐 수 있지만, 아래의 도 18b 및 도 18c와 관련하여 논의되는 바와 같이, 플렉스 차폐부 (2020)가 정적 또는 동적 균형추(counterbalance)로서 작용하여 이에 의해 플렉스 차폐부 (2020)의 무게 중심을 입력 캠 샤프트의 중심으로 가져오도록 제자리에서 질량이 제거될 수 있다. 플렉스 차폐부 (2020) 및 입력 샤프트에 대한 커플링은 다양한 구현예들에서, 구조적 무결성을 증가시키기 위해 하나의 고체 물체로 만들어질 수 있다. 그러나, 다른 구현예들에서, 플렉스 차폐부 및 입력 샤프트에 대한 커플링은 비-일체형일 수 있다.
- [0052] 도 18b는 중심 (2026)을 갖는 샤프트 (2024)를 갖는 자석 기어의 단면도이다. 도 18c는 샤프트 (2024)에 부착된 플렉스 차폐부 (2020)를 예시한다. 도 18b의 마그네틱 기어의 구성은 중심 (2026) 위에 또는 약간 위에 있는 질

량 중심을 갖는다. 플릭스 차폐부 (2020)가 샤프트 (2024)에 부착될 때, 질량 중심은 중심 (2026)에 더 가깝게 하향으로 이동된다. 이와 같이, 일부 구현예들에서, 플릭스 차폐부 (2020)는 질량 중심이 중심 (2026)을 향해 또는 그 중심에서 이동되도록 구성될 수 있다.

[0053] 도 19는 플릭스 차폐부 (802)를 갖는 방사상 자기 사이클로이드 기어의 단면도이다. 플릭스 차폐부 (802)가 내측 회전자 (806) 및 외측 회전자 (808)와의 플릭스 차폐부 (80)의 자기 상호작용으로부터 발생하는 방사상으로 내향 및 외향 힘을 받기 때문에, 불안정한 평형이 발생한다. 우수한 조립 및 더 강건한 설계를 용이하게 하기 위해, 플릭스 차폐부 (802)는 더 큰 에어 갭 (2102)에서 의도적으로 오프셋될 수 있으며, 이는 외측 회전자 (808)에 의도적으로 더 가깝거나 내측 회전자 (806)에 의도적으로 더 가깝다. 어느 하나의 회전자에 의도적으로 더 가까움으로써, 플릭스 차폐부 (802)는 큰 불균형한 힘을 받을 수 있다. 다양한 구현예들에서, 이러한 불균형한 힘은 플릭스 차폐부 (802)가 부상 또는 베어링과 인터페이싱하거나 양호한 접촉을 보장함으로써 레버리징될 수 있다. 플릭스 차폐부 (802) 또는 출력 핀 디스크 (명시적으로 도시되지 않음)는 다양한 구현예들에서, 예를 들어, 아노다이징되거나, 경화되거나, 더 매끄러운 슬라이딩을 용이하게 하기 위한 부싱을 가질 수 있다.

[0054] 도 20은 저속 샤프트 (2208) 상의 저속 샤프트 핀 디스크 (2206) 상의 베어링-그래빙 구조 (2204)와 맞물리는 플릭스 차폐부 (2202)의 사시도이다. 다양한 구현예들에서, 플릭스 차폐부 (2202)는 또한 베어링-그래빙 구조 (2204) 상에 부분적으로 놓일 수 있다. 다양한 구현예들에서, 플릭스 차폐부 (2202)는 또한 저속 샤프트 핀 디스크 (2206) 상의 대형 베어링과는 대조적으로 저속 샤프트 또는 하우징 상의 베어링 상에 있을 수 있다. 이러한 배열은 플릭스 차폐부 (2202)를 고속 캠 샤프트에 커플링시키고, 구성요소가 상이한 속도로 회전하거나 베어링 또는 부싱을 통해 하우징과 함께 회전하기 때문에, 플릭스 차폐부 (2202)가 베어링 또는 부싱을 통해 저속 샤프트 (2208)와 제2 인터페이스를 가질 수 있게 한다. 이러한 경우에, 플릭스 차폐부 (2202)는 다양한 구현예들에서, 저속 샤프트 (2208) 상의 배치를 용이하게 하기 위해 내측 회전자 (806)에 더 가깝게 의도적으로 오프셋될 수 있다. 대안적으로, 플릭스 차폐부 (2202)는 입력 샤프트에 커플링될 수 있고, 외측 회전자에 더 가깝게 의도적으로 오프셋될 수 있으며, 외측 회전자에 연결된 베어링 또는 부상 부착물을 가질 수 있다. 이러한 배열은 외측 회전자가 이미 부상/베어링을 필요로 하는 경우, 내측 회전자가 자체 축을 중심으로 고정되고 외측 회전자는 회전하는 구현예들에서 유용하다. 일부 구현예들에서, 전형적으로 저속 샤프트 핀 디스크 (2206)가 아닌 저속 샤프트 (2208) 상에 베어링이 있다. 이 배열에서, 플릭스는 본질적으로 저속 핀 디스크 (2206)를 지나 도달하고, 저속 샤프트 (2208) 상의 베어링을 그래프(grabs)한다.

[0055] 이 특정 구현예는 저속 샤프트 핀 디스크 (2206), 저속 샤프트 (2208) 및 고속 캠 샤프트를 설명하지만, 입력 샤프트 (및 연관된 구성요소)는 고속 샤프트 (및 연관된 구성요소)일 수 있고 저속 샤프트 (및 연관된 구성요소)는 출력 샤프트 (및 연관된 구성요소)일 수도 있음을 당업자는 이해해야 한다. 이와 같이, 본원에 사용된 바와 같이, 입력은 고속을 대체할 수 있고 (예컨대, 입력 샤프트는 고속 샤프트일 수 있음), 출력은 저속을 대체할 수도 있다 (예컨대, 출력 샤프트는 저속 샤프트일 수도 있음). 이 용어는 다양한 적용이 입력 구성요소가 고속 구성요소일 것 또는 출력 구성요소가 저속 구성요소일 것을 요구하는 개시내용 전반에 걸쳐 상호교환될 수 있다.

[0056] 도 21은 베어링 립 (2304)을 갖는 플릭스 차폐부 (2302)의 사시도이다. 다양한 구현예들에서, 플릭스 차폐부 (2302)가 부착될 수 있는 적어도 2개의 위치가 있다. 제1 위치는 입력 샤프트 상의 플릭스 차폐부 (2302)의 커플링을 통해 이루어질 수 있다. 제2 위치는 다양한 구현예들에서, 제2 접촉 지점에서의 축방향 정렬을 위한 특징부를 사용할 수 있다. 이러한 배열은 다양한 구현예들에서, 예를 들어, 베어링 (2306) 상의 플랜지 또는 립 (2304) 또는 내측 또는 외측 회전자 상의 부싱을 활용할 수 있다. 이러한 종류의 립을 갖기 위해, 플릭스 차폐부 (2302)를 위한 장치는 적어도 2개의 부분이다.

[0057] 도 22는 다수의 플릭스 차폐부 (2402 (1)-(2)) 및 핀 디스크 (2404 (1)-(2))의 시스템의 사시도이다. 긴 스택 길이를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어의 경우, 이러한 긴 길이에 대해 핀을 캔틸레버하지 않도록 다수의 핀 디스크 (2404 (1)-(2))를 갖는 것이 유리할 수 있다. 다양한 구현예들에서, 핀 디스크 (2402 (1)-(2))의 외측 직경은 유사한 큰 얇은 섹션 베어링을 가질 수 있다. 이 경우, 단일 플릭스 차폐부 (2402 (1)-(2)) 본체의 길이는 예를 들어, 각각의 핀 디스크 섹션 뒤에 플릭스 차폐부 (2402 (1)-(2))를 기계적으로 위상 시프팅시킴으로써 감소될 수 있다. 2개의 핀 디스크 (2404 (1)-(2)) 및 2개의 플릭스 차폐부 (2402 (1)-(2))를 갖는 실시예가 도시되지만; 다른 구현예들에서, 임의의 수의 핀 디스크 및 플릭스 차폐부가 활용될 수 있다.

[0058] 그러나, 많은 수의 핀 디스크가 사용되는 경우, 플릭스 차폐부 (2402 (1)-(2))는 플릭스 차폐부 (2402 (1)-(2))가 방사상 내향을 가리키는 힘을 갖도록 외측 회전자보다 내측 회전자에 더 가까울 수 있다. 그런 다음, 사

이클로이드 기어가 작동하고 플릭스 차폐부 (2402 (1)-(2))에 대한 원심력이 증가함에 따라, 플릭스 차폐부 (2402 (1)-(2))는 베어링 (2408)에 더 잘 사전하중되고 안착되도록 여전히 내향으로 자기적으로 끌어당겨질 수 있다.

[0059] 도 23은 동심 기어 시스템 (3800)의 단면도이다. 동심 기어 시스템 (3800)은 이의 외측 둘레 상에 배치된 제1 복수의 자극 쌍 (3804)을 갖는 내측 백 아이언 (3802)을 포함한다. 내측 백 아이언 (3802) 및 제1 복수의 자극 쌍 (3804)은 외측 백 아이언 (3806) 내에 배치된다. 외측 백 아이언 (3806)은 이의 내측 둘레 상에 배치된 제2 복수의 자극 쌍 (3808)을 갖는다. 변조기 (3810)는 제1 복수의 자극 쌍 (3804) 및 제2 복수의 자극 쌍 (3808) 사이에 배치된다.

[0060] 여전히 도 23을 참조하면, 변조기 (3810)는 복수의 비-자성 세그먼트 (3814)와 교번 방식으로 배열된 복수의 자기 투과성 세그먼트 (3812)를 포함한다. 따라서, 복수의 자기 투과성 세그먼트 (3812)의 각각의 자기 투과성 세그먼트는 복수의 비-자성 세그먼트 (3814) 중 연속적인 비-자성 세그먼트 사이에 배치된다. 다양한 구현예들에서, 복수의 자기 투과성 세그먼트 (3812)의 각각의 자기 투과성 세그먼트 및 복수의 비-자성 세그먼트 (3814)의 각각의 비-자성 세그먼트는 제1 단부로부터 외향으로 연장되는 돌출부 (3816) 및 제2 단부로부터 내향으로 연장되는 만입부 (3818)로 형성된다. 다양한 구현예들에서, 돌출부 (3816) 및 만입부 (3818)는 복수의 비-자성 세그먼트 (3814)와 복수의 자기 투과성 세그먼트 (3812)의 커플링을 용이하게 한다. 다양한 구현예들에서, 이러한 배열은 변조기 (3810)의 조립의 용이성을 용이하게 한다. 추가적으로, 복수의 자성 세그먼트 (3812) 및 복수의 비-자성 세그먼트 (3814)는 자기 플릭스의 초킹(choking)을 방지하고 변조기 (3810)의 세그먼트 사이에 짧은 플릭스 누출 경로의 형성을 방지한다.

[0061] 다양한 구현예들에서, 돌출부 (3816) 및 만입부는 다양한 형상을 가질 수 있다. 도 24a는 돌출부 (3816) 및 만입부 (3818)가 변조기 (3810)의 세그먼트의 전체 방사상 길이로 연장될 수 있음을 예시한다. 도 24b는 돌출부 (3816) 및 만입부 (3818)가 변조기 (3810)의 세그먼트의 부분적 방사상 길이로 연장될 수 있음을 예시한다. 도 24c는 돌출부 (3816) 및 만입부 (3818)가 타원형 형상을 가질 수 있음을 예시한다. 도 24d는 돌출부 (3816) 및 만입부 (3818)가 예를 들어, 브릿지 (3820)와 같은 다른 지지 메커니즘과 함께 활용될 수 있음을 도시한다.

[0062] 다양한 구현예들에서, 도 23과 관련하여 설명된 유형의 변조기 (3810)는 다른 마그네틱 기어 토폴로지와 함께 활용될 수 있다. 도 25a는 돌출부 (3906) 및 만입부 (3908)를 갖는 자기 투과성 세그먼트 (3904)를 갖는 변조기 (3902)를 갖는 축방향 플릭스 마그네틱 기어를 예시한다. 도 25b는 돌출부 (3956) 및 만입부 (3958)를 갖는 자기 투과성 세그먼트 (3954)를 갖는 변조기 (3952)를 갖는 횡형 플릭스 마그네틱 기어 (3950)를 예시한다. 도 25a 및 도 25b에서, 변조기 (3902, 3952)의 비-자성 세그먼트는 명확성을 위해 생략되어 있다.

[0063] 도 26은 성형된 변조기 세그먼트 (4002)를 갖는 동심 마그네틱 기어 (4000)의 단면도이다. 플릭스 변조기 (4001)는 복수의 변조기 세그먼트 (4002)를 포함한다. 다양한 구현예들에서, 복수의 변조기 세그먼트 (4002)의 각각의 변조기 세그먼트는 제1 복수의 자극 쌍 (3804)으로부터 제2 복수의 자극 쌍 (3808)으로 전자기 각도를 매핑한다. 변조기 세그먼트 (4002)의 수는 제1 복수의 자극 쌍 (3804) 또는 제2 복수의 자극 쌍 (3808)의 자극 쌍의 수와 관련될 필요가 없다. 다양한 구현예들에서, 단일 기어는 복수의 상이한 형상을 갖는 복수의 변조기 세그먼트 (4002)를 가질 수 있다. 다양한 구현예들에서, 변조기 세그먼트 (4002)는 제1 복수의 자극 쌍 (3804) 또는 제2 복수의 자극 쌍 (3808) 중 어느 하나에 작용하는 불균형한 자기력을 감소시키거나 제거하도록 배열될 수 있다. 도 27a는 변조기 세그먼트 (4002)의 2개의 섹션을 갖는 변조기 (4051)를 예시한다. 도 27b는 변조기 세그먼트 (4002)의 3개의 섹션을 갖는 변조기 (4061)를 예시한다. 도 27c는 변조기 세그먼트 (4002)의 4개의 섹션을 갖는 변조기 (4071)를 예시한다. 도 26 내지 도 27c는 모듈식 세그먼트의 1개 내지 4개의 섹션을 갖는 변조기를 예시하지만, 일부 구현예들에서, 임의의 수의 모듈식 세그먼트 섹션이 활용될 수 있다. 다양한 구현예들에서, 변조기 세그먼트 (4002)는 다른 마그네틱 기어 토폴로지에 적용될 수 있다. 도 28a는 변조기 세그먼트 (4002)를 갖는 축방향 플릭스 마그네틱 기어 (4200)를 예시하며, 이들 각각은 제1 복수의 자극 쌍 (예컨대, 도 26의 제1의 복수의 자극 쌍 (3804))으로부터 제2 복수의 자극 쌍 (예컨대, 도 26의 제2의 복수의 자기장 쌍 (3808))으로 전자기 각도를 매핑한다. 도 28b는 변조기 세그먼트 (4002)를 갖는 횡형 플릭스 마그네틱 기어 (4250)를 예시하며, 이들 각각은 제1 복수의 자극 쌍 (예컨대, 도 26의 제1의 복수의 자극 쌍 (3804))으로부터 제2 복수의 자극 쌍 (예컨대, 도 26의 제2의 복수의 자극 쌍 (3808))으로 전자기 각도를 매핑한다.

[0064] 도 29a 내지 도 29b는 제작을 용이하게 하기 위한 특징부로 설계된 변조기 (4300)의 구현예들을 예시한다. 다양한 구현예들에서, 변조기는 도 29a에 예시된 바와 같이 브릿지 (4302)로 제작된다. 변조기 세그먼트 (4002) 사이의 갭은 예를 들어, 비-자성 재료로 채워진다. 다양한 구현예들에서, 브릿지는 이어서, 기계로 가공되어, 복

수의 변조기 세그먼트 (4002)를 갖는 변조기 (4300)를 생성할 수 있다. 일부 구현예들에서, 도 29b에 예시된 바와 같이, 각각의 변조기 세그먼트는 하나의 측면에 돌출부를 갖고 다른 측면에 만입부를 가질 수 있다.

[0065] 다양한 구현예들에서, 축방향 플렉스 동축 마그네틱 기어의 전방의 낮은 극-카운트 회전자는 고속 회전자이고, 축방향 플렉스 동축 마그네틱 기어의 후방의 높은 극-카운트 회전자는 고정되어, 변조기를 자유롭게 회전하는 저속 회전자로서 남긴다. 대안적으로, 변조기는 고정될 수 있고, 높은 극-카운트 후방 회전자는 저속 회전자로서 작용할 수 있다. 제8, 제9 및 제10 기술을 포함하는 모든 마그네틱 기어에 대해, 각각의 회전자는 종래의 또는 할바흐 토폴로지의 표면 영구 자석을 함유할 수 있거나, 결과적인 극, 플렉스 포커싱 또는 자기저항 토폴로지일 수 있다.

[0066] 다양한 구현예들에서, 마그네틱 기어는 기계적 기어에 비해 개선된 신뢰성, 감소된 유지보수, 감소된 음향 소음, 및 고유 과하중 보호와 같은 잠재적인 이점을 제공한다. 다수의 회전자를 갖는 사이클로이드 마그네틱 기어박스는 풍력 또는 파동 에너지 전환, 공간 트랙션 또는 작동, 또는 자동화용 로봇공학과 같은 산업에서 관심을 끄는 매우 높은 기어비를 달성할 수 있다.

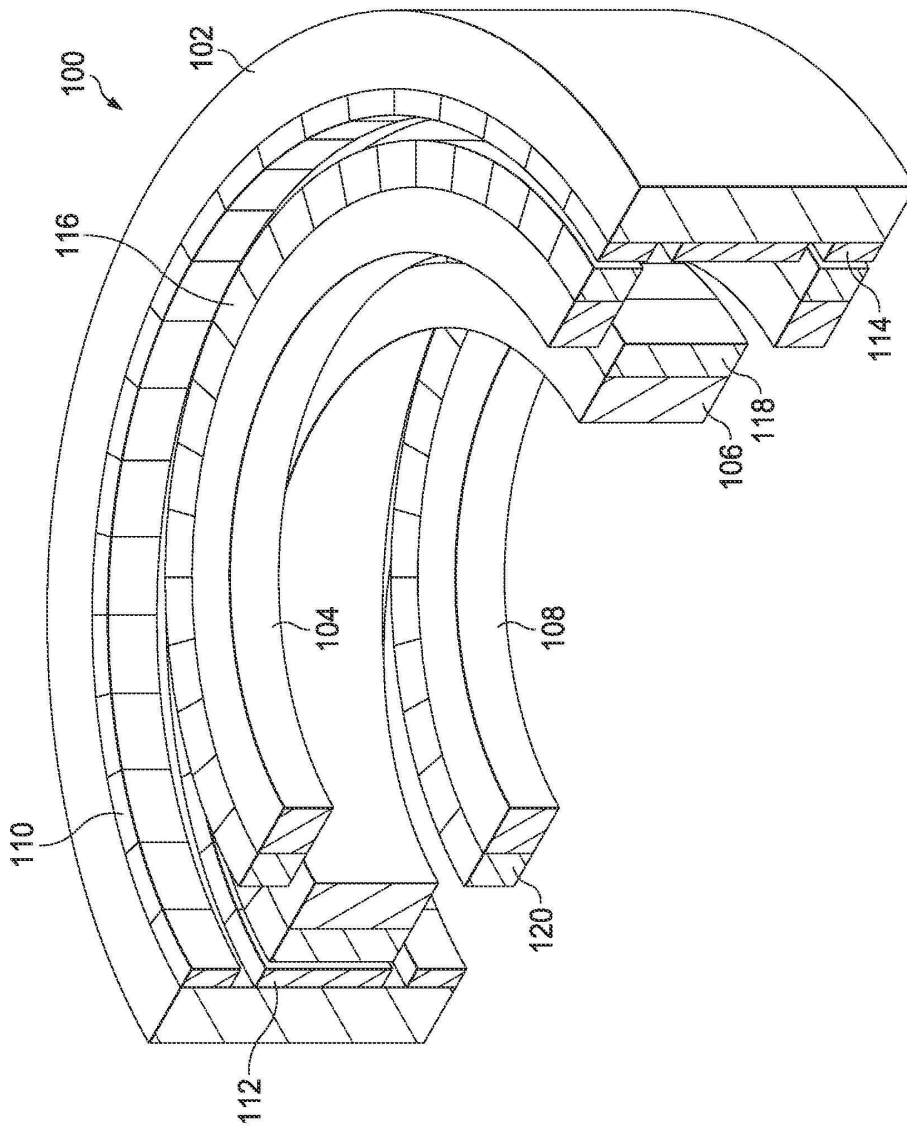
[0067] 본 개시내용의 다양한 구현예들 첨부 도면에 예시되고 진술한 상세한 설명에 기재되었지만, 본 개시내용은 본원에 개시된 구현예들로 제한되지 않고, 본원에 제시된 바와 같은 개시내용의 사상으로부터 벗어나지 않으면서 수많은 재배열, 변형 및 대체가 가능하다는 것이 이해될 것이다.

[0068] 용어 "실질적으로"는 당업자에 의해 이해되는 바와 같이 명시된 것을 대부분 그러나 반드시 전체적으로는 아닌 것으로서 정의된다. 임의의 개시된 구현예에서, 용어 "실질적으로", "대략", "일반적으로" 및 "약"은 명시된 것의 "[백분율] 이내"로 대체될 수 있으며, 여기서 백분율은 0.1, 1, 5 및 10 퍼센트를 포함한다.

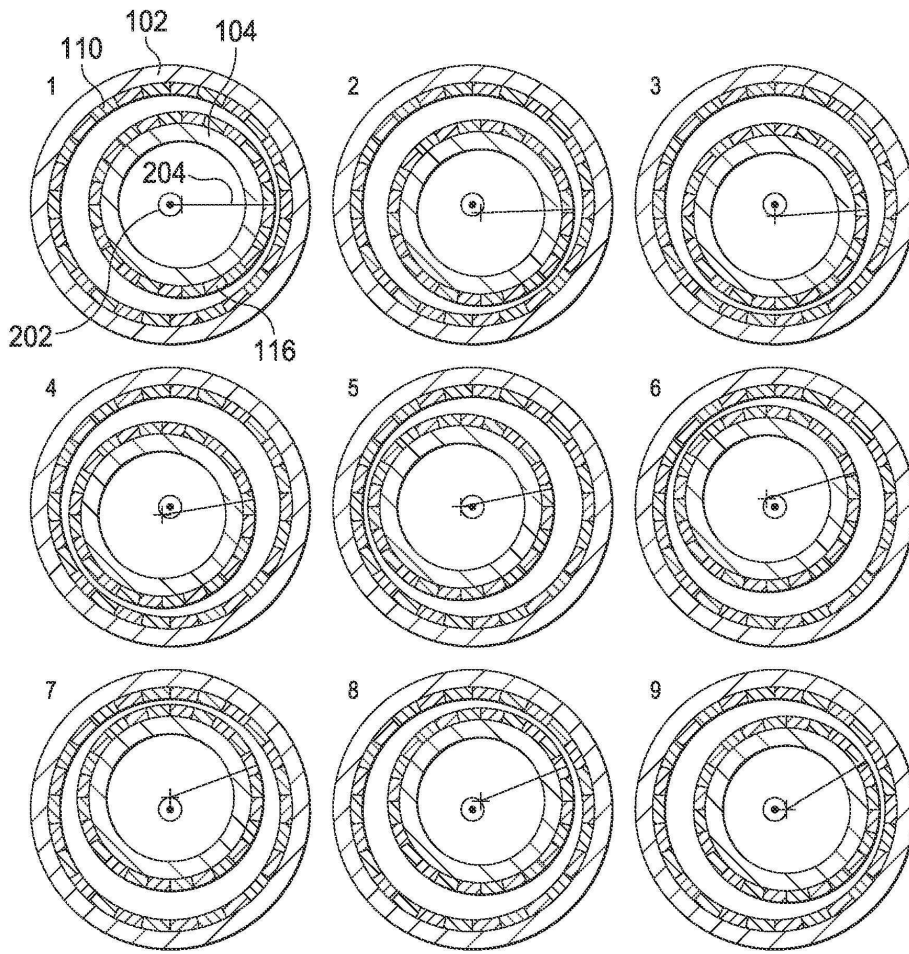
[0069] 진술한 것은 당업자가 본 개시내용의 양태를 더 잘 이해할 수 있도록 여러 구현예들의 특징을 개략적으로 설명한다. 당업자는 동일한 목적을 수행하고/하거나 본원에 도입된 구현예들의 동일한 이점을 달성하기 위해 다른 프로세스 및 구조를 설계 또는 변형하기 위한 기초로서 본 개시내용을 용이하게 사용할 수 있음을 이해해야 한다. 당업자는 또한 이러한 등가 구성이 본 개시내용의 사상 및 범주를 벗어나지 않는다는 것, 그리고 본 개시내용의 사상 및 범주로부터 벗어나지 않으면서 본원에서 다양한 변화, 대체 및 변경을 행할 수 있다는 것을 인식해야 한다. 본 발명의 범주는 후술하는 청구범위의 언어에 의해서만 결정되어야 한다. 청구범위 내에서 용어 "포함하는"은 청구범위에서 인용된 요소의 목록이 개방형 그룹이도록 "적어도 포함하는"을 의미하는 것으로 의도된다. 용어 "a", "an" 및 다른 단수 용어는 구체적으로 배제되지 않는 한 이들의 복수 형태를 포함하는 것으로 의도된다.

도면

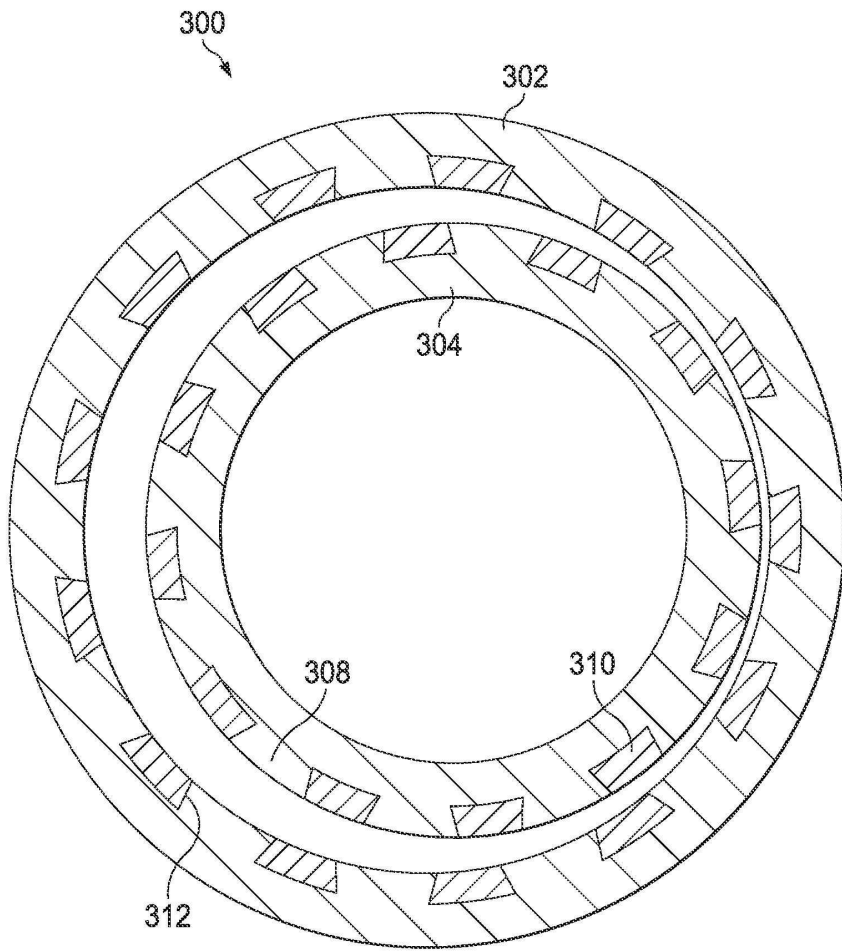
도면1



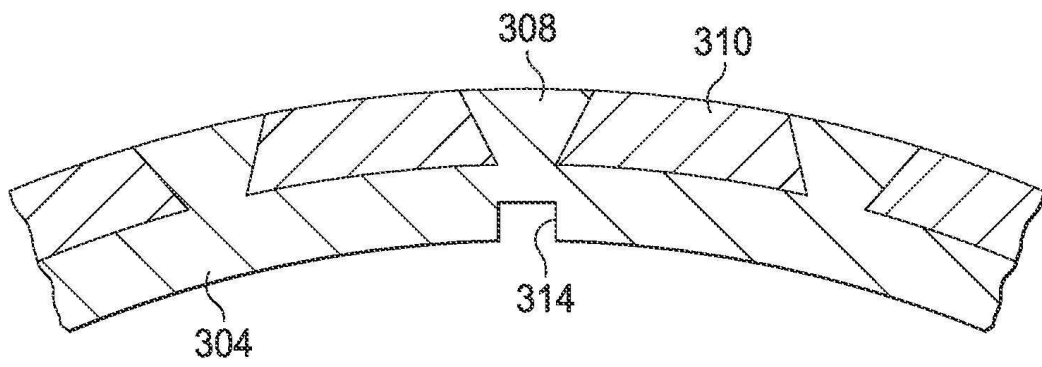
도면2



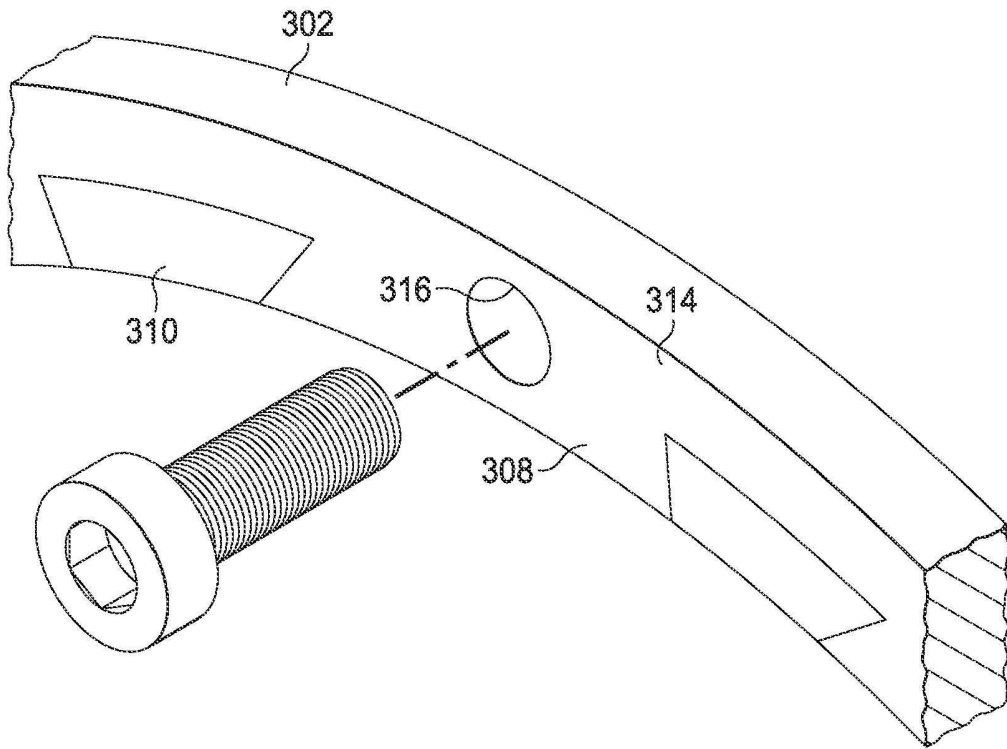
도면3a



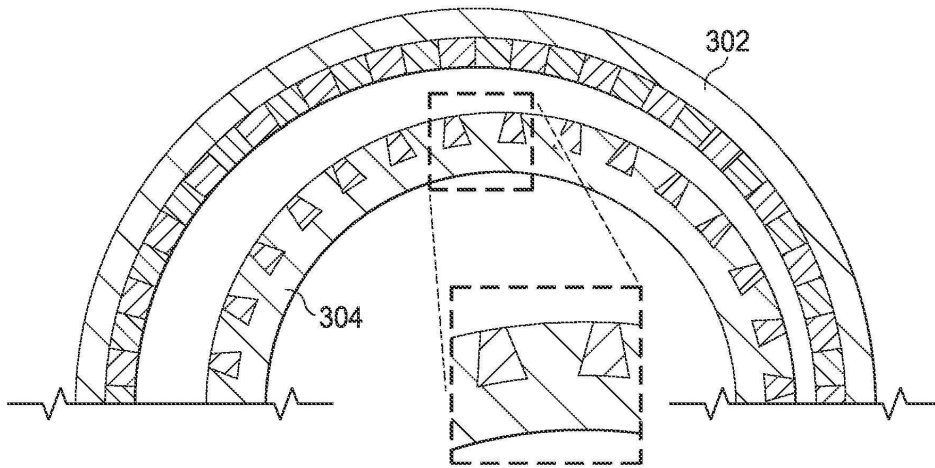
도면3b



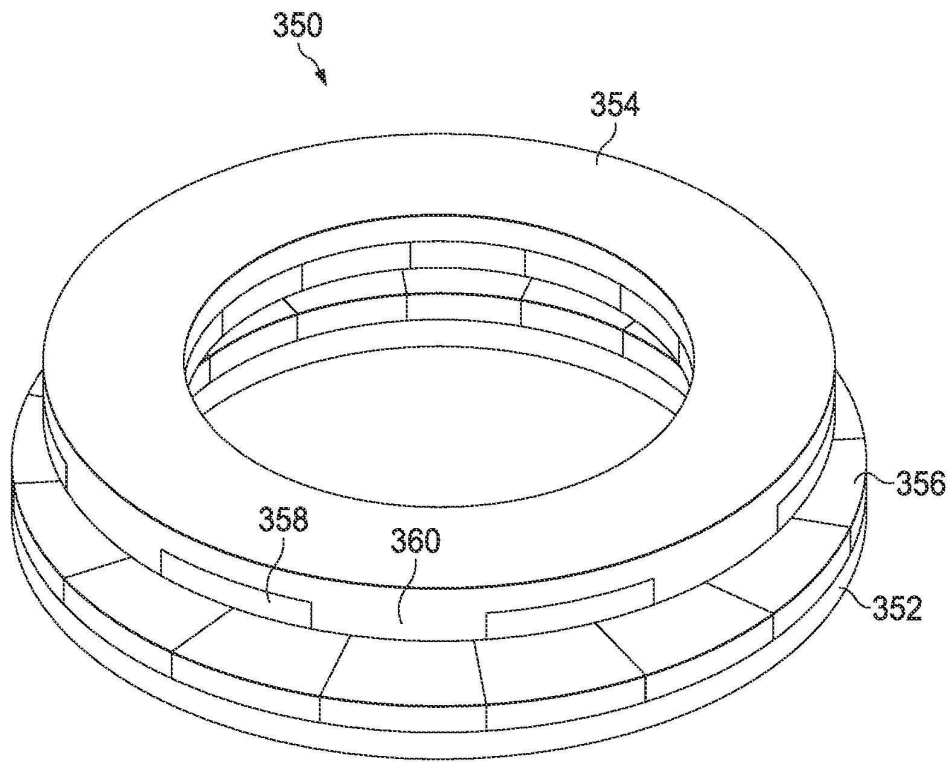
도면3c



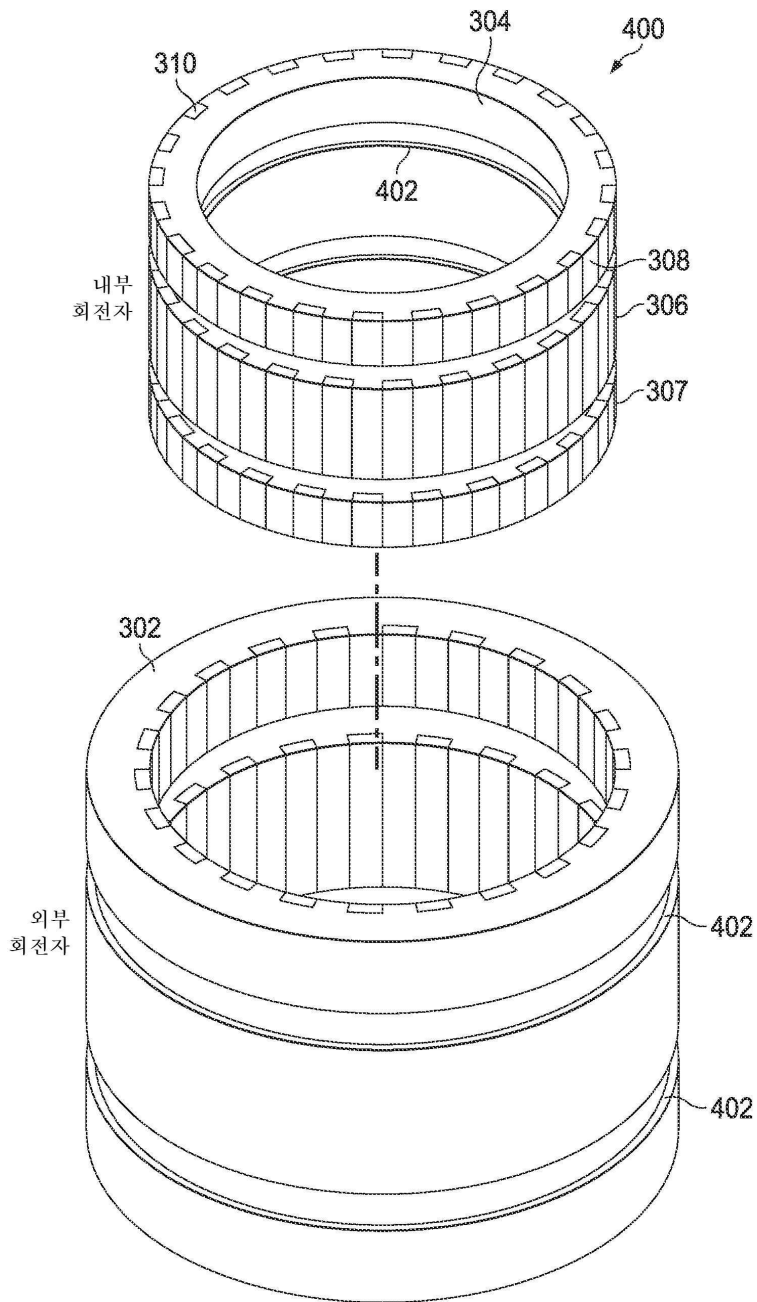
도면3d



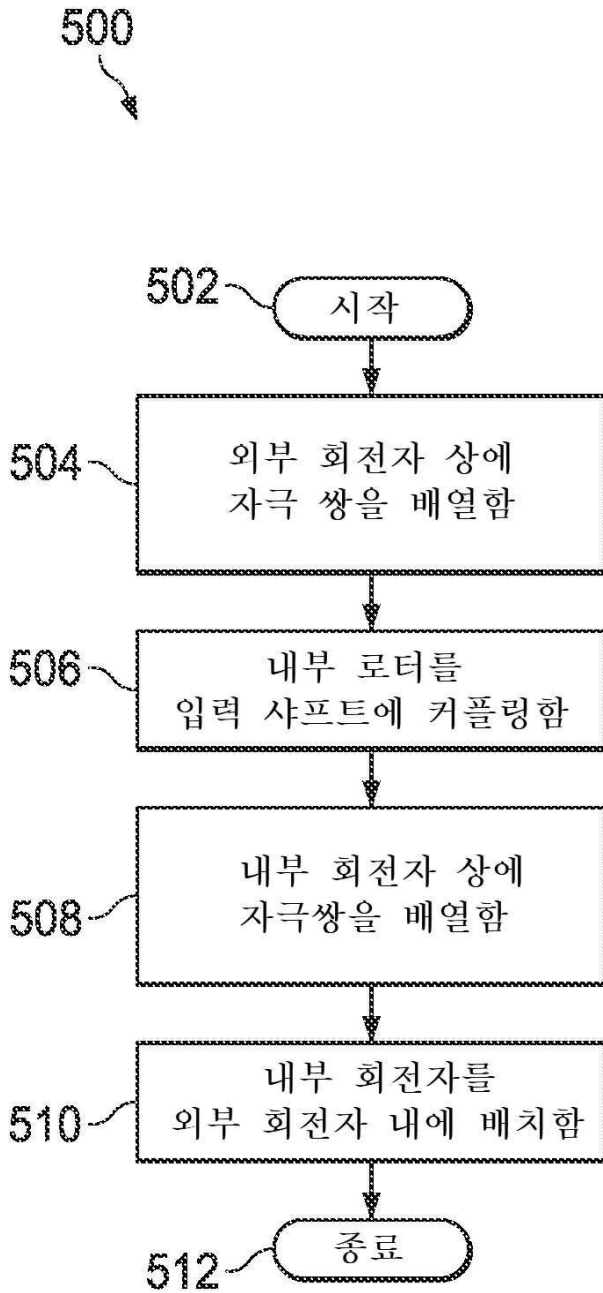
도면3e



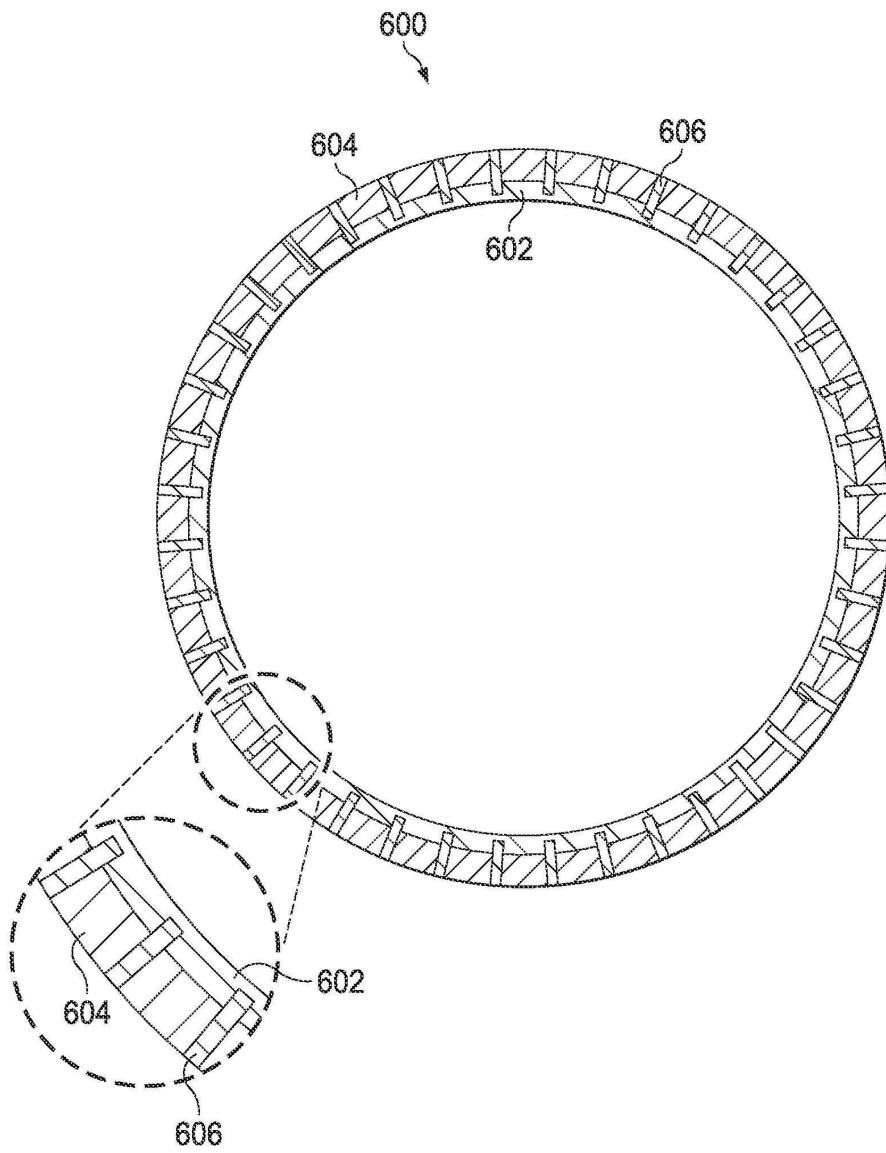
도면4



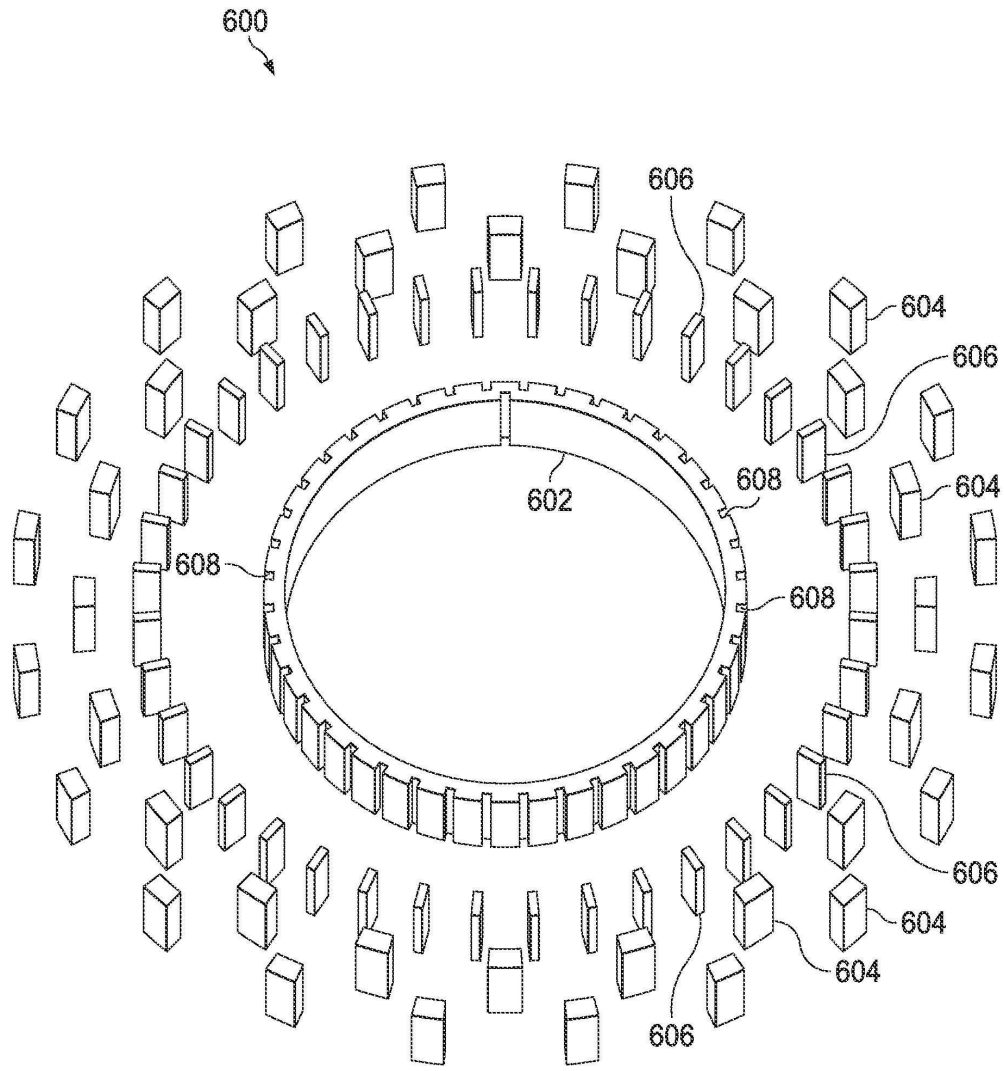
도면5



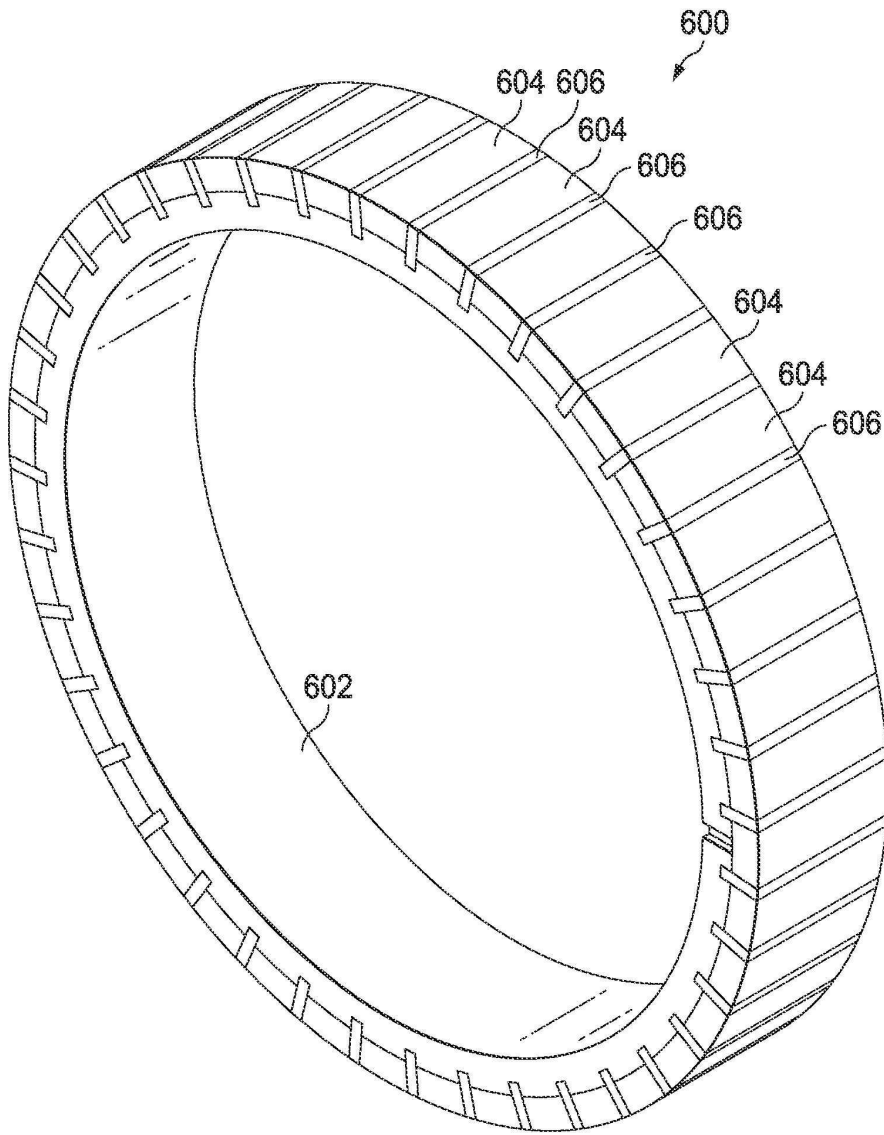
도면6



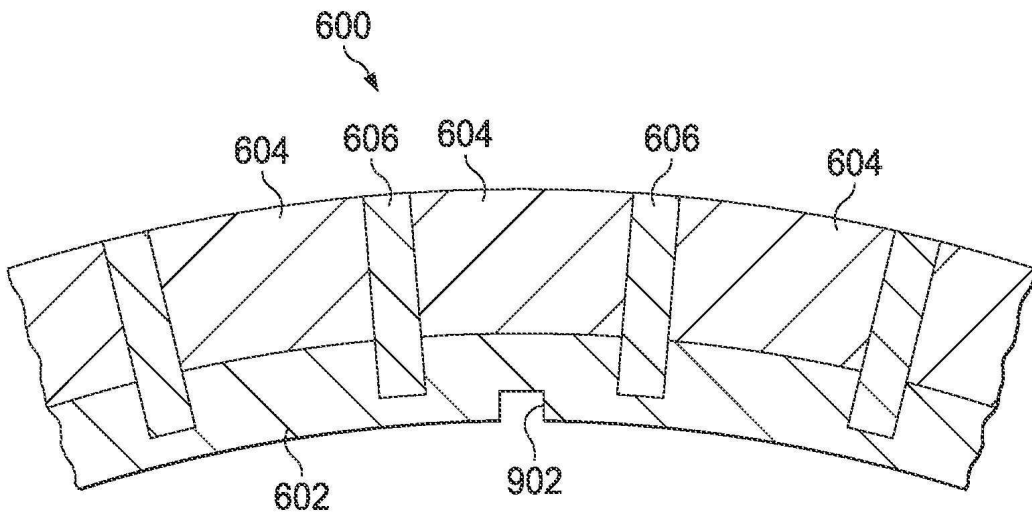
도면7



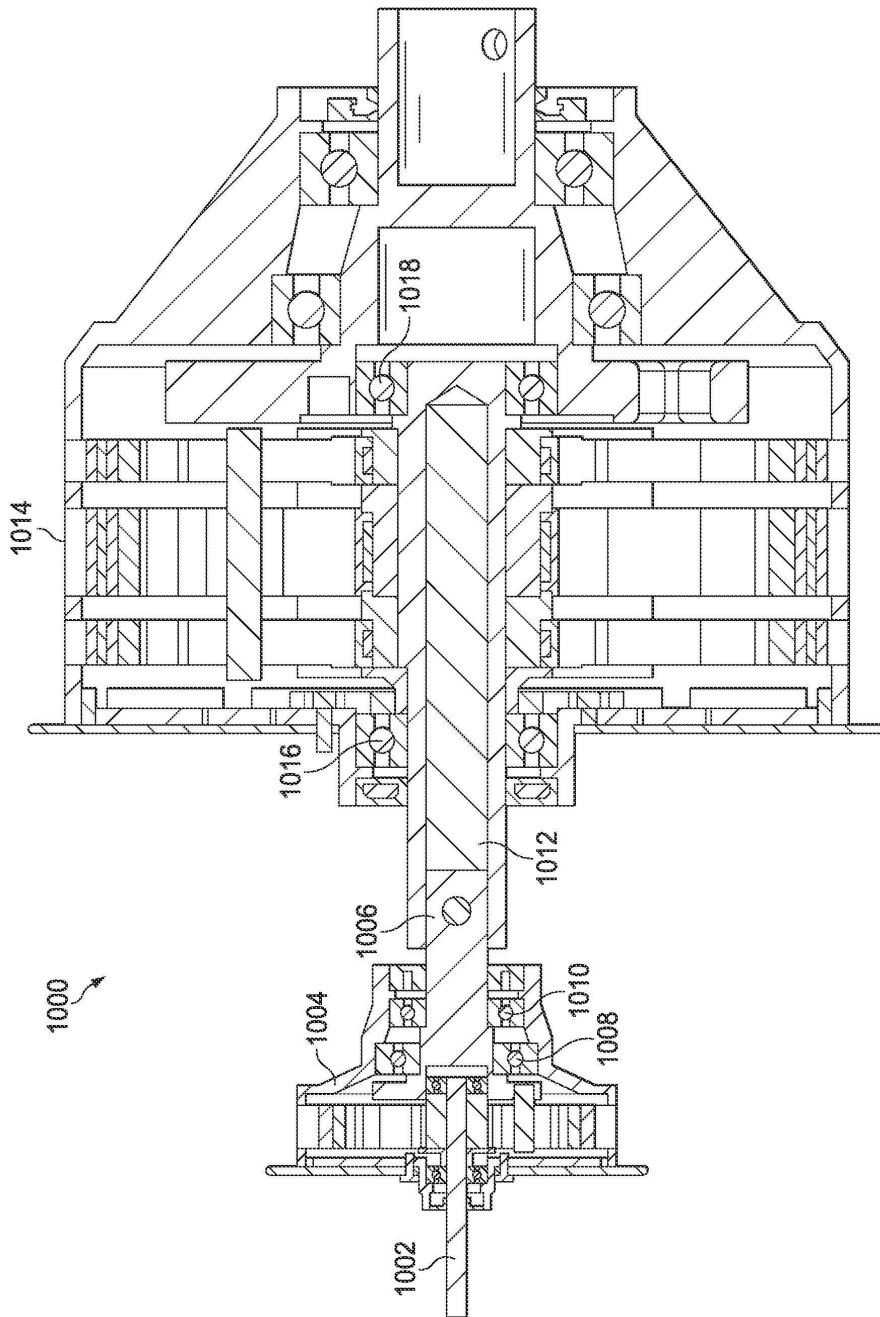
도면8



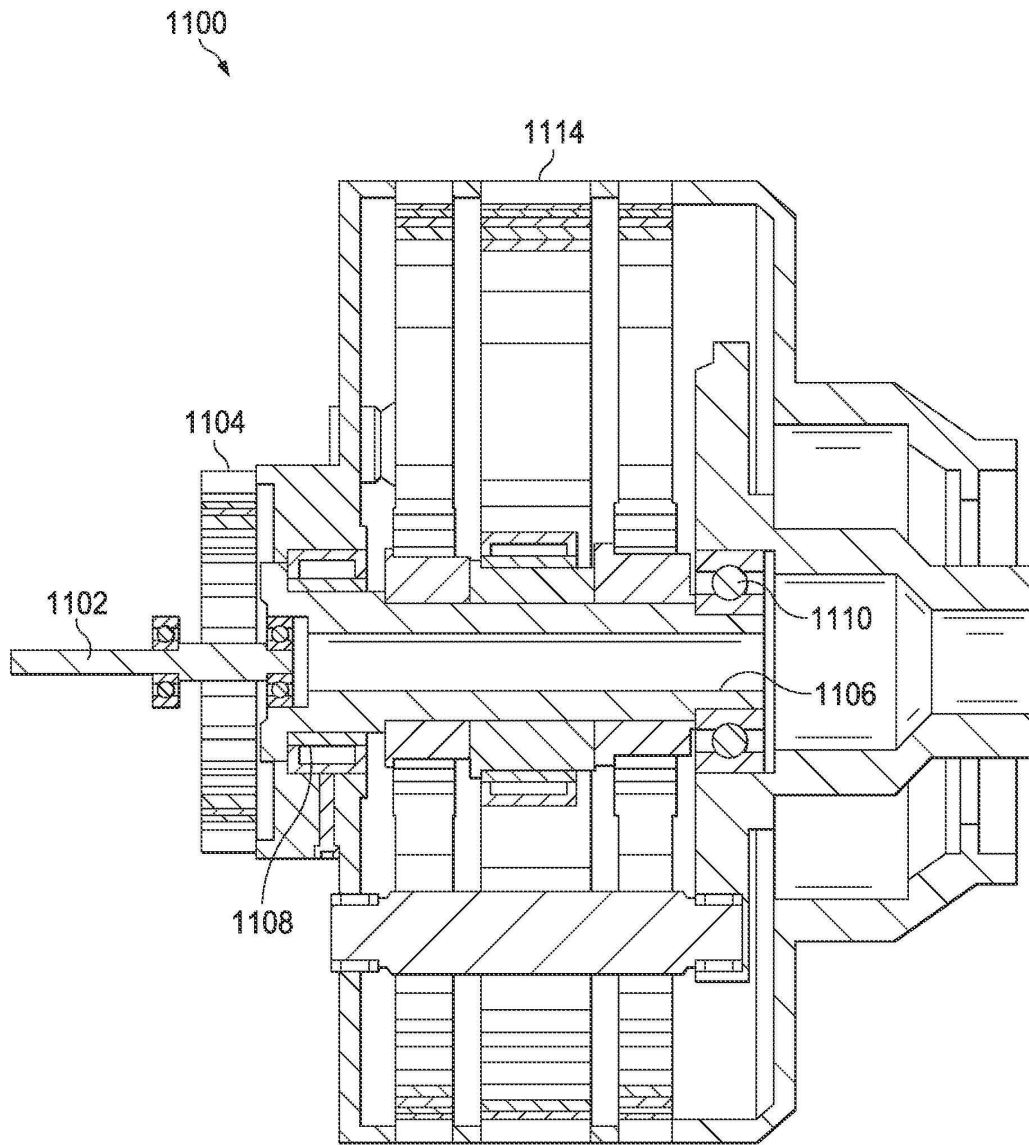
도면9



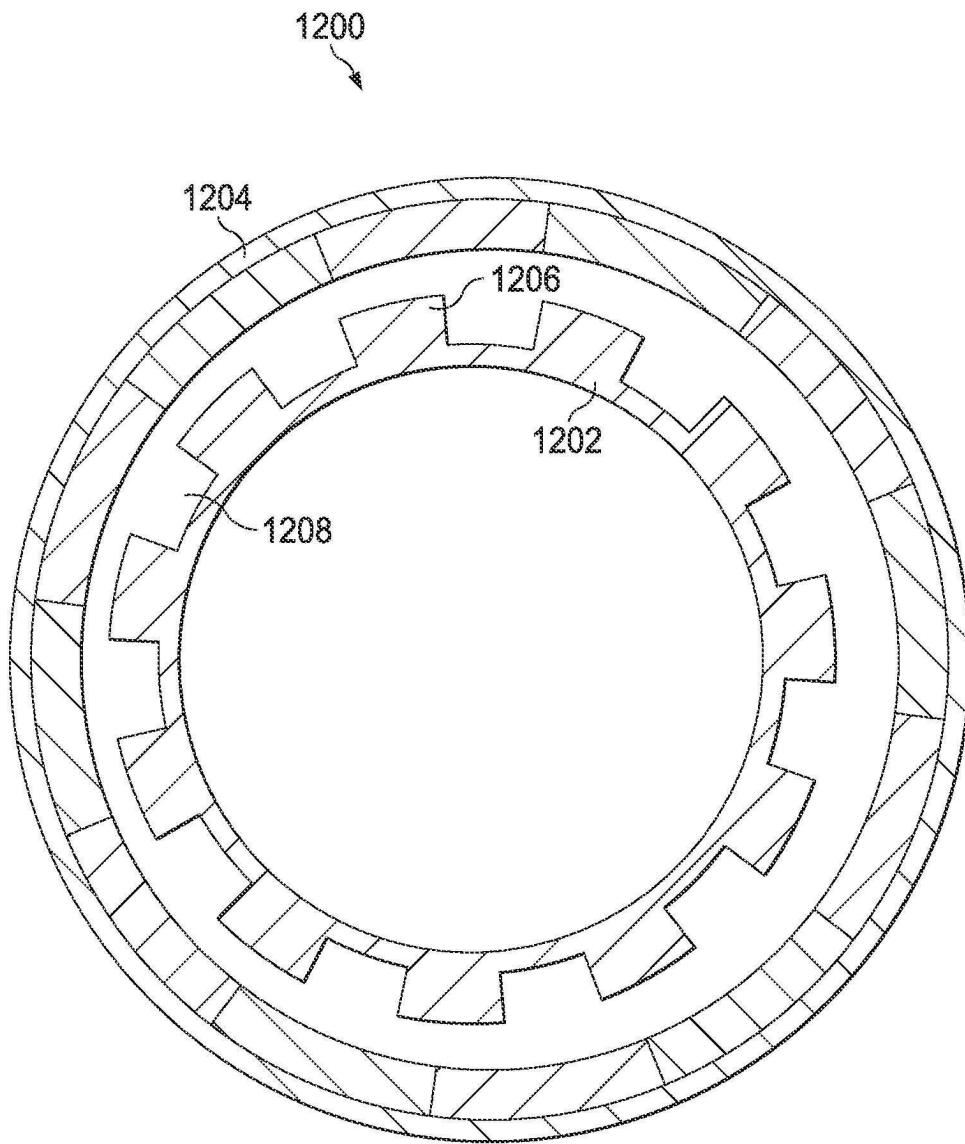
도면10



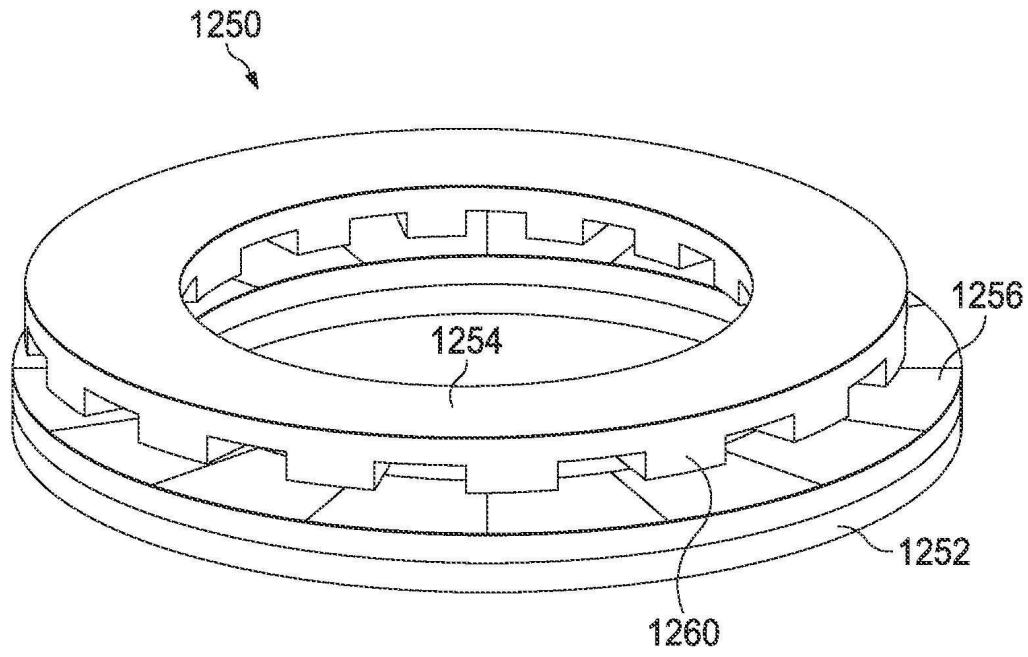
도면11



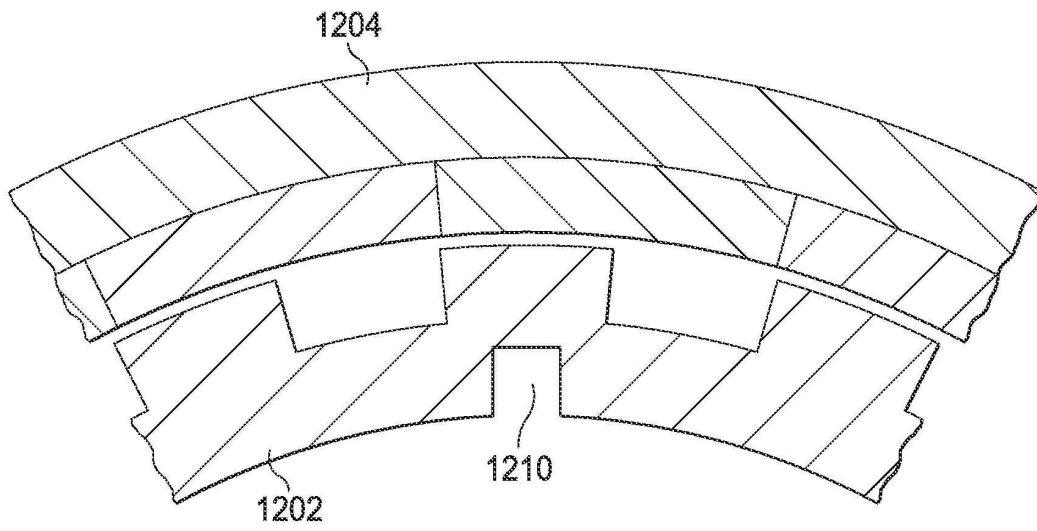
도면12a



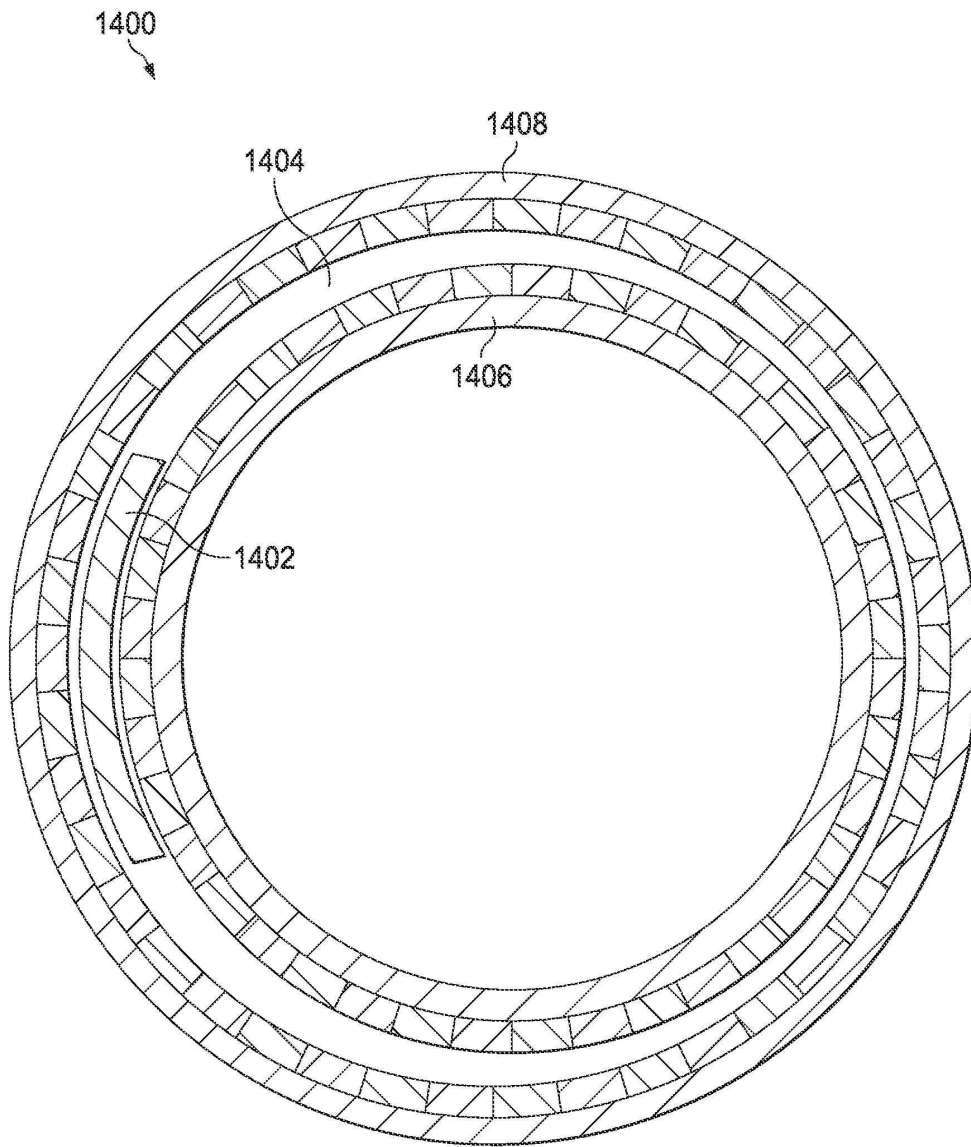
도면12b



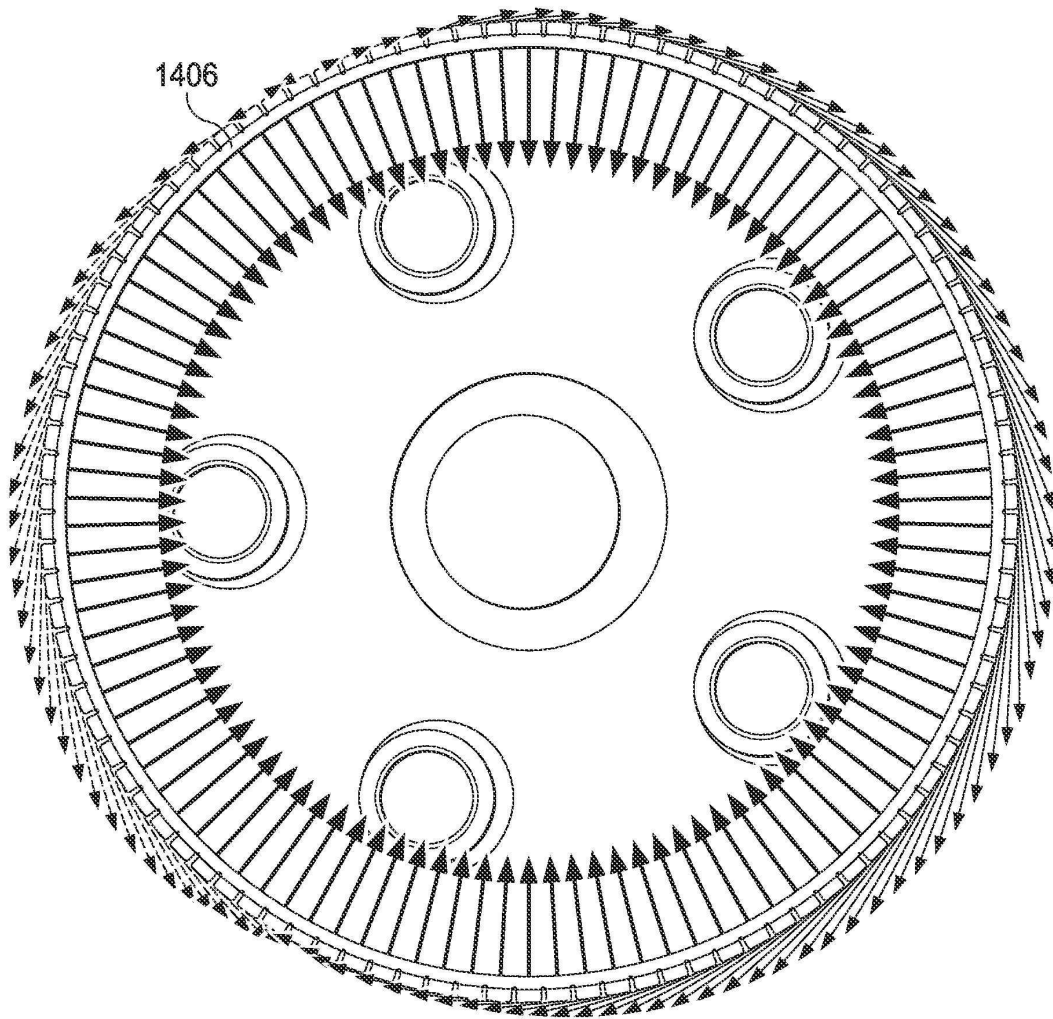
도면13



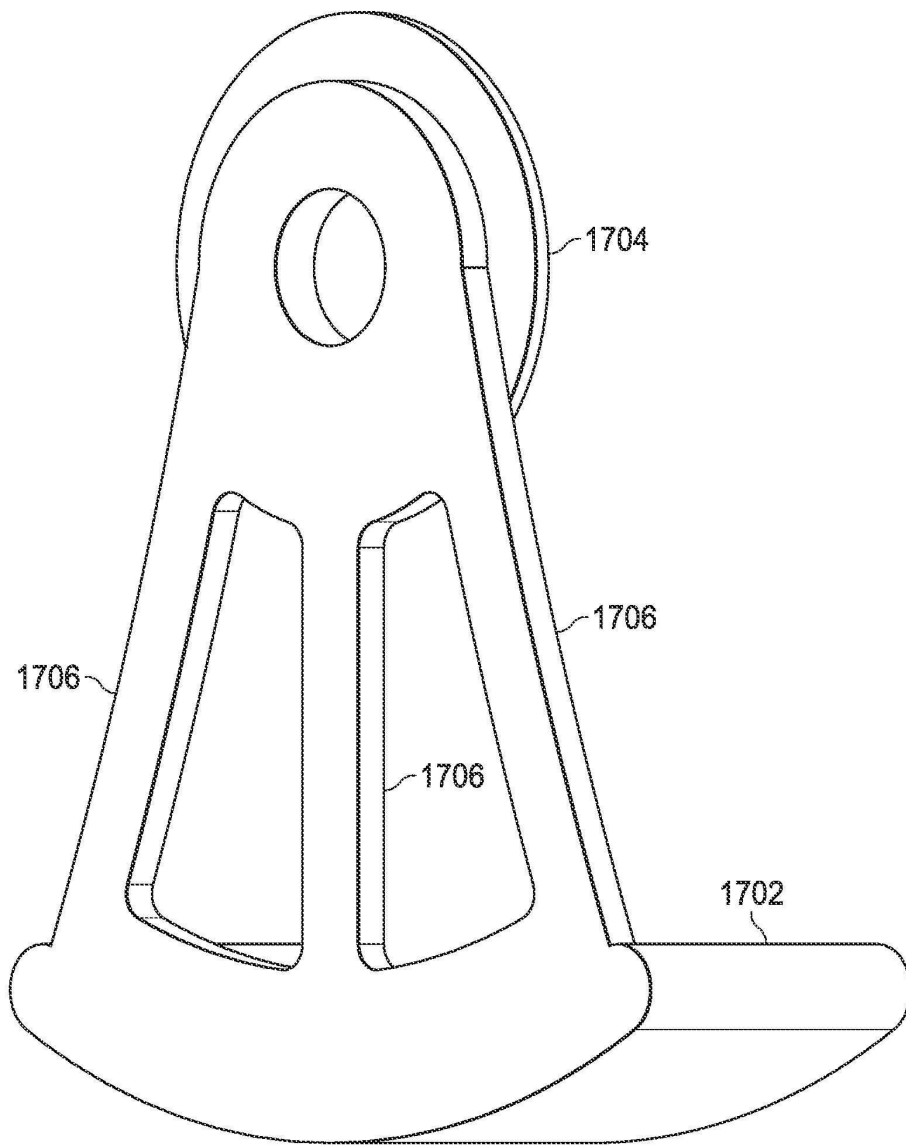
도면14



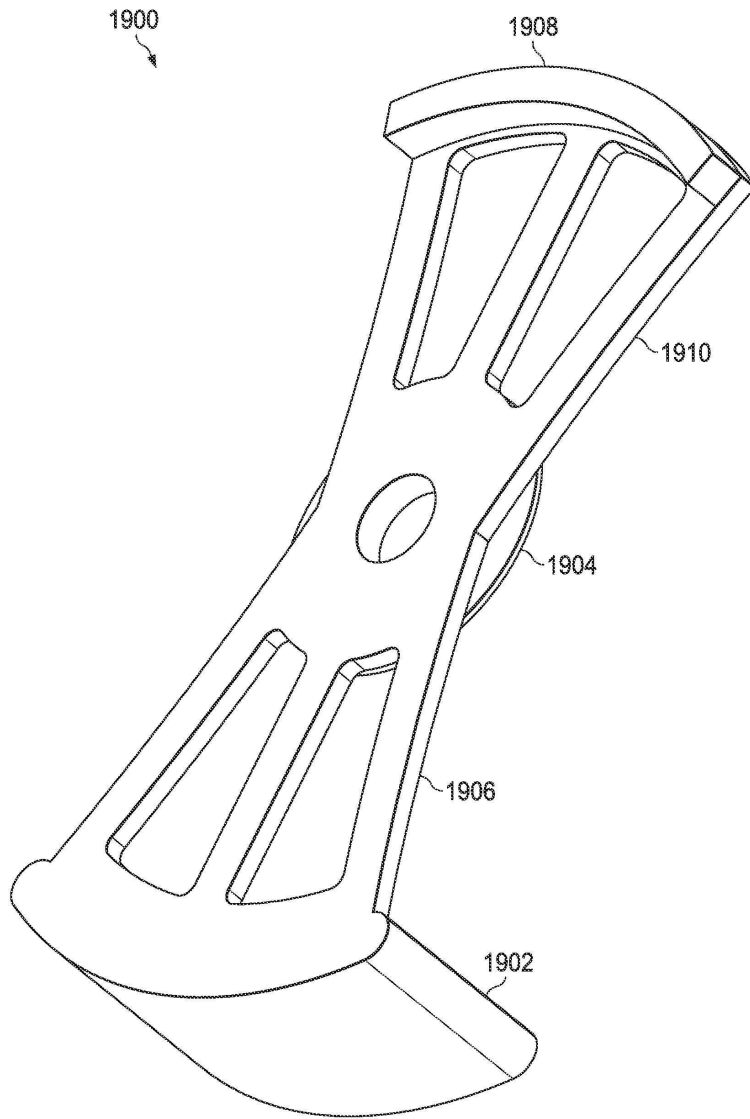
도면15



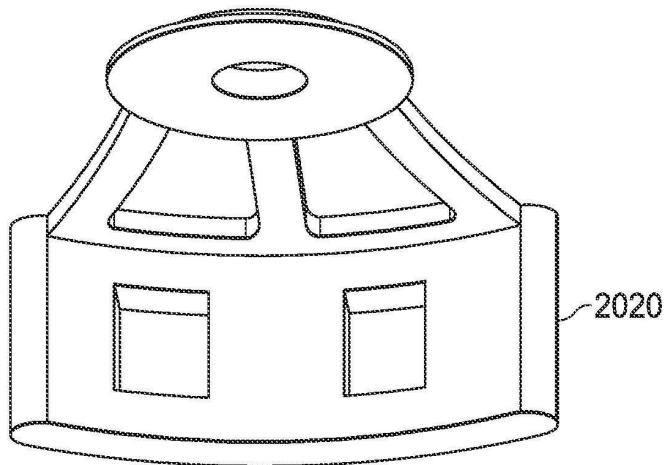
도면16



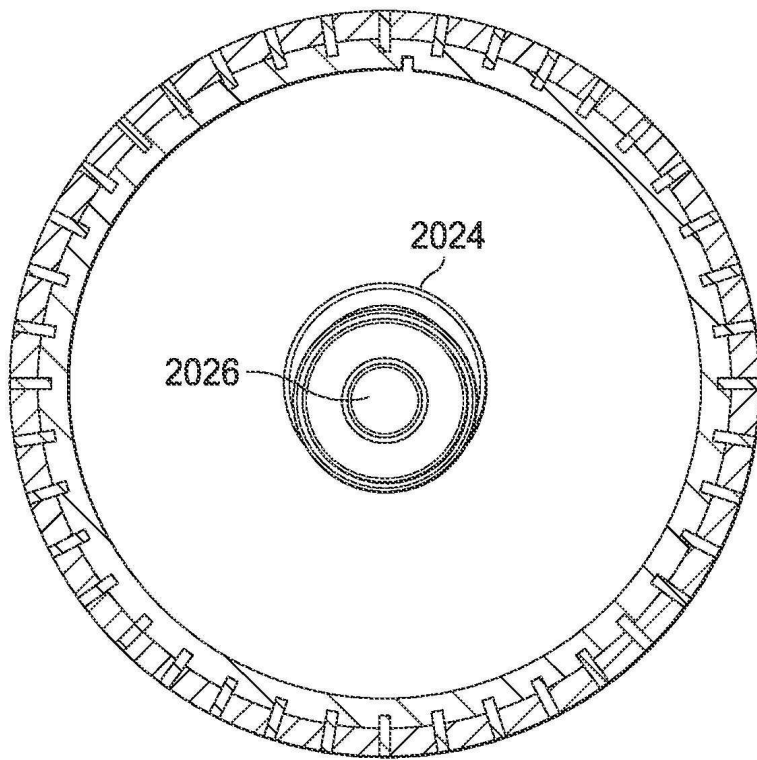
도면17



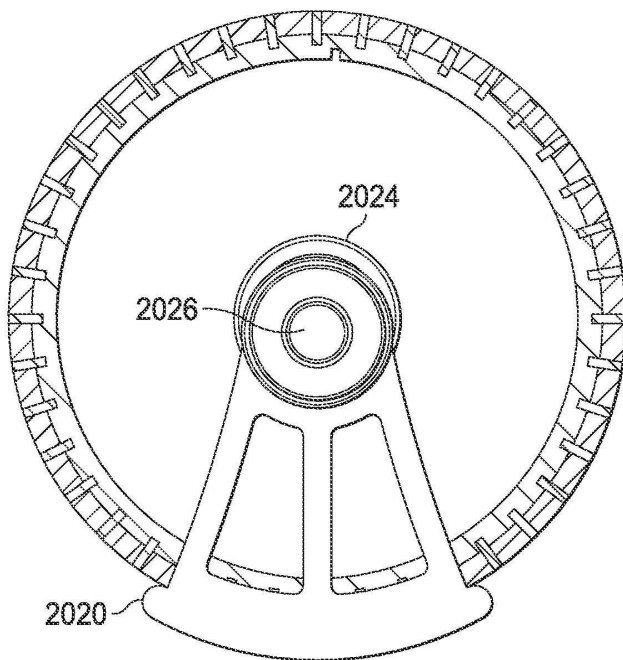
도면18a



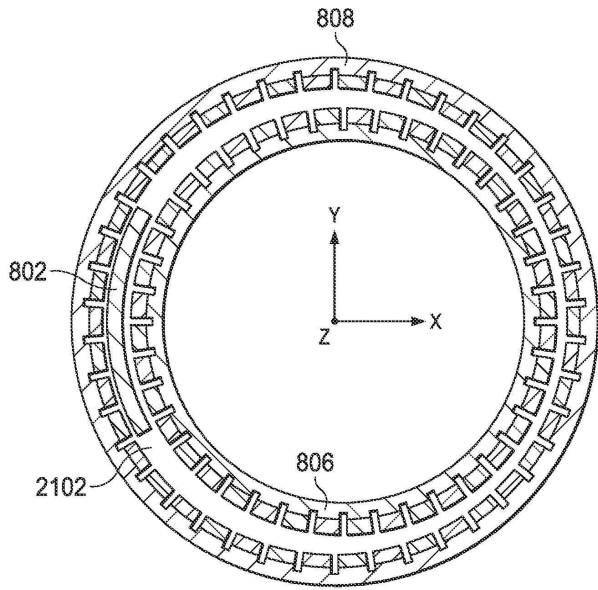
도면18b



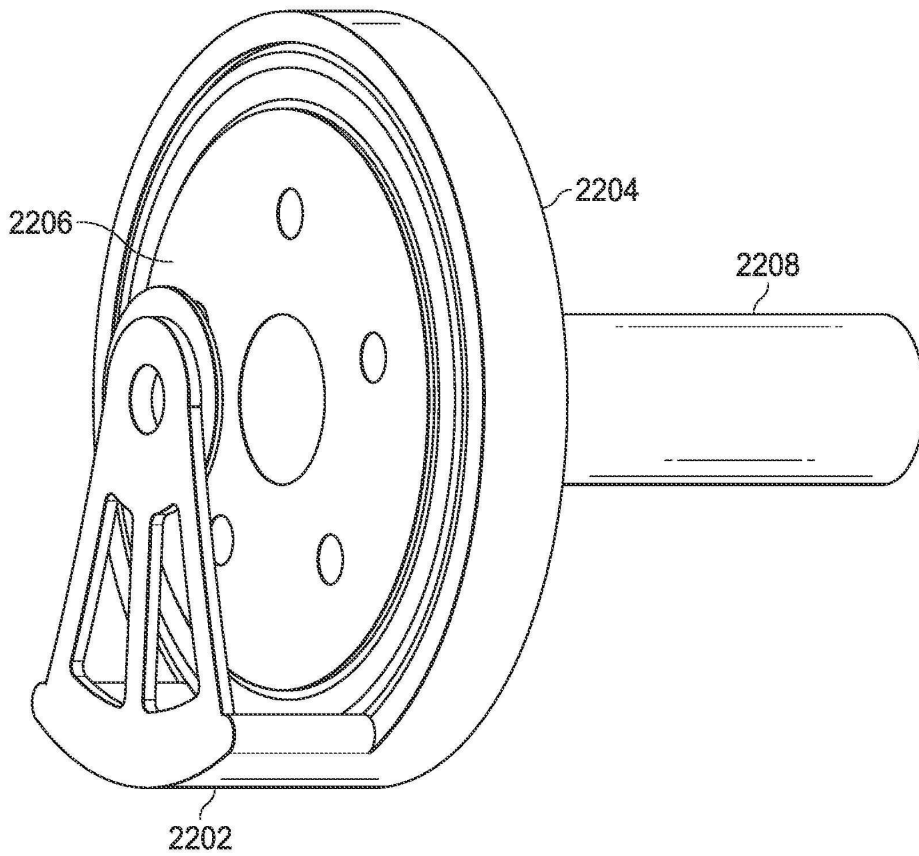
도면18c



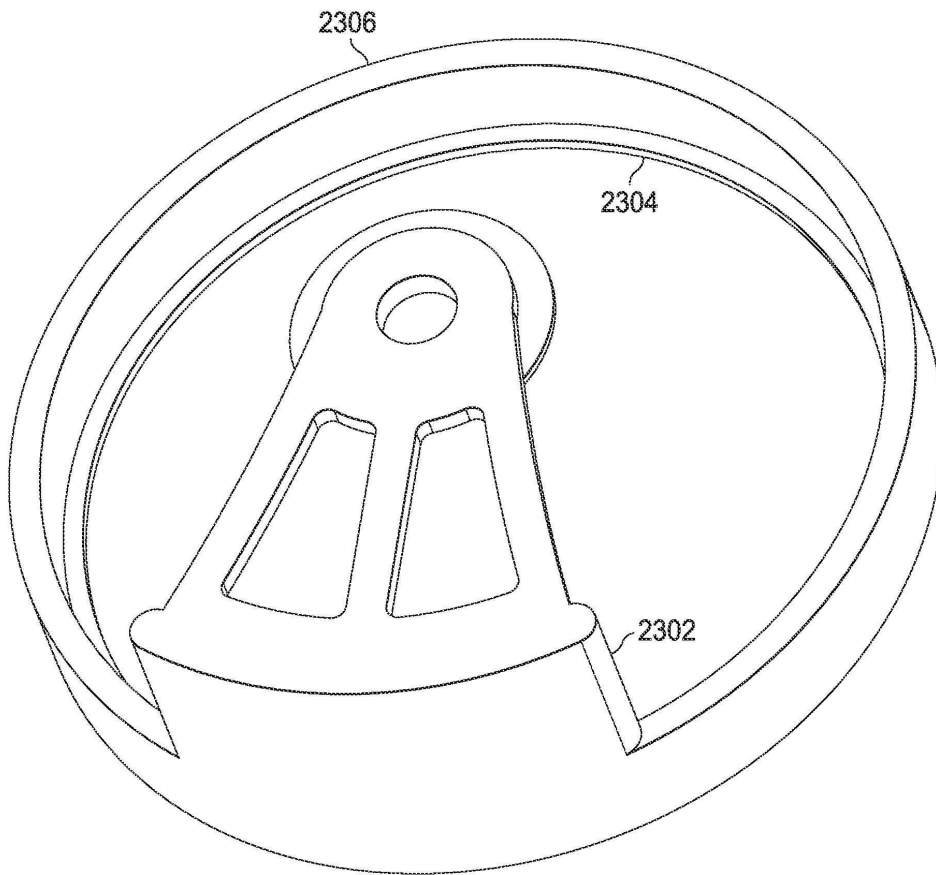
도면19



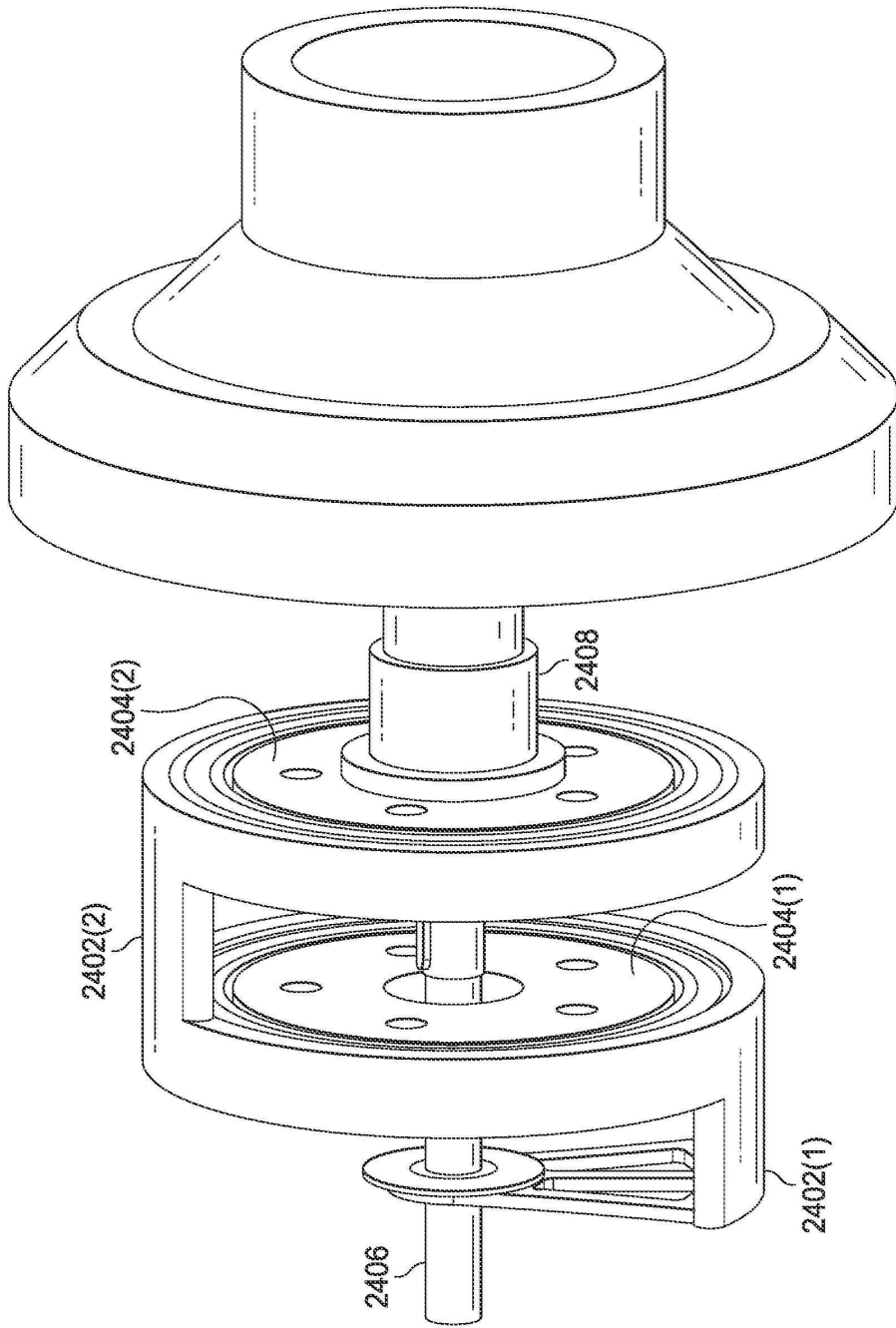
도면20



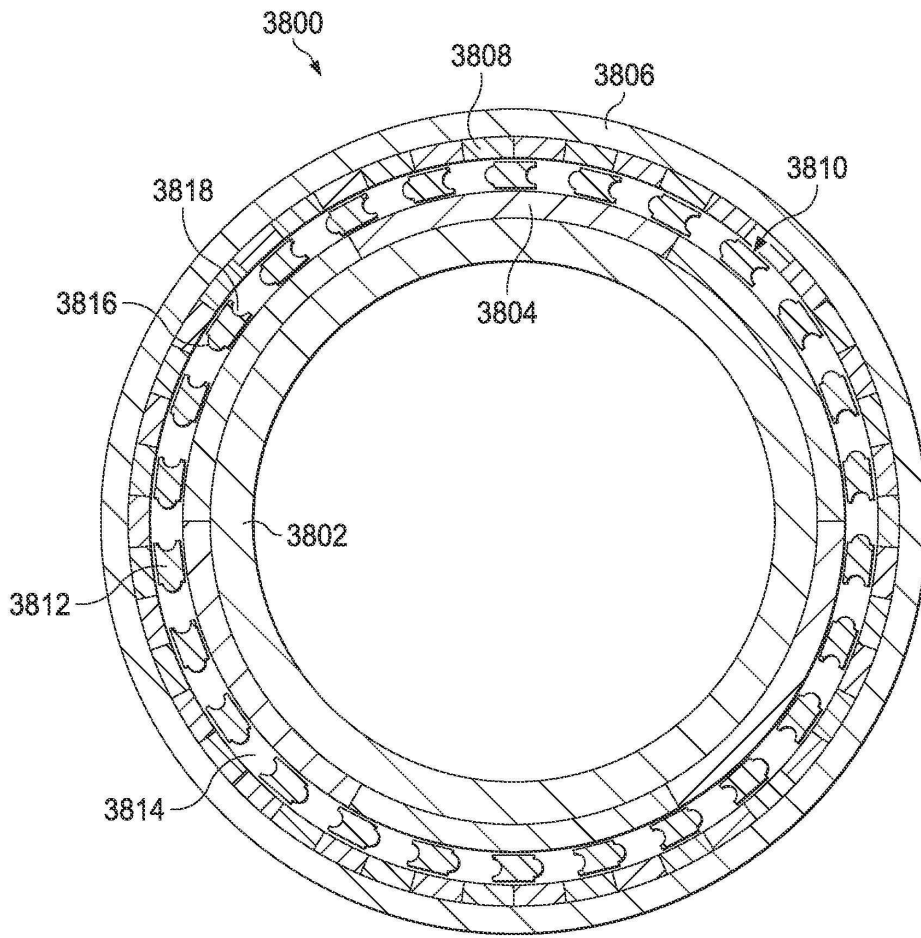
도면21



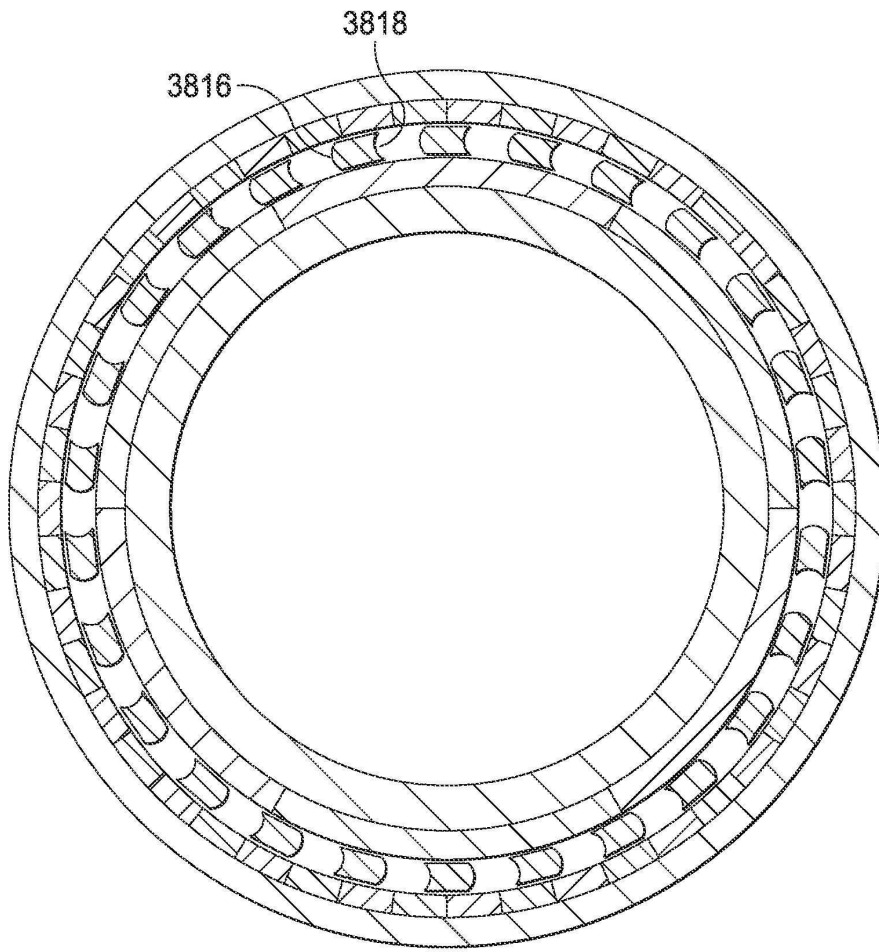
도면22



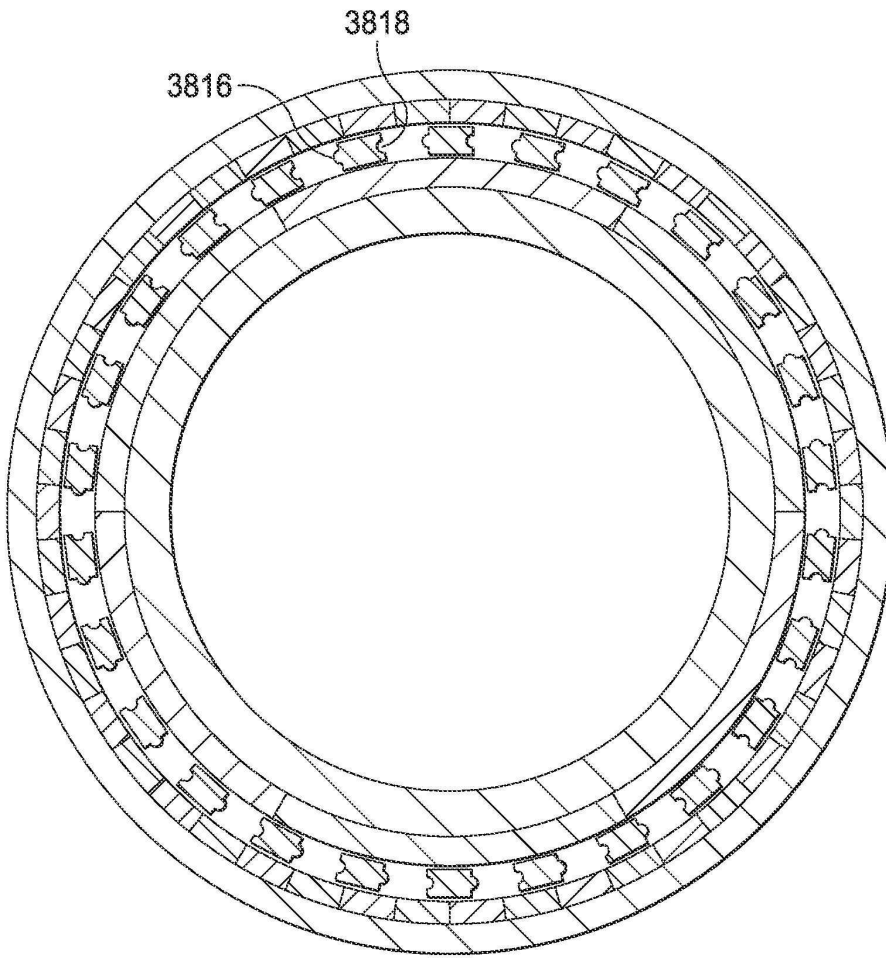
도면23



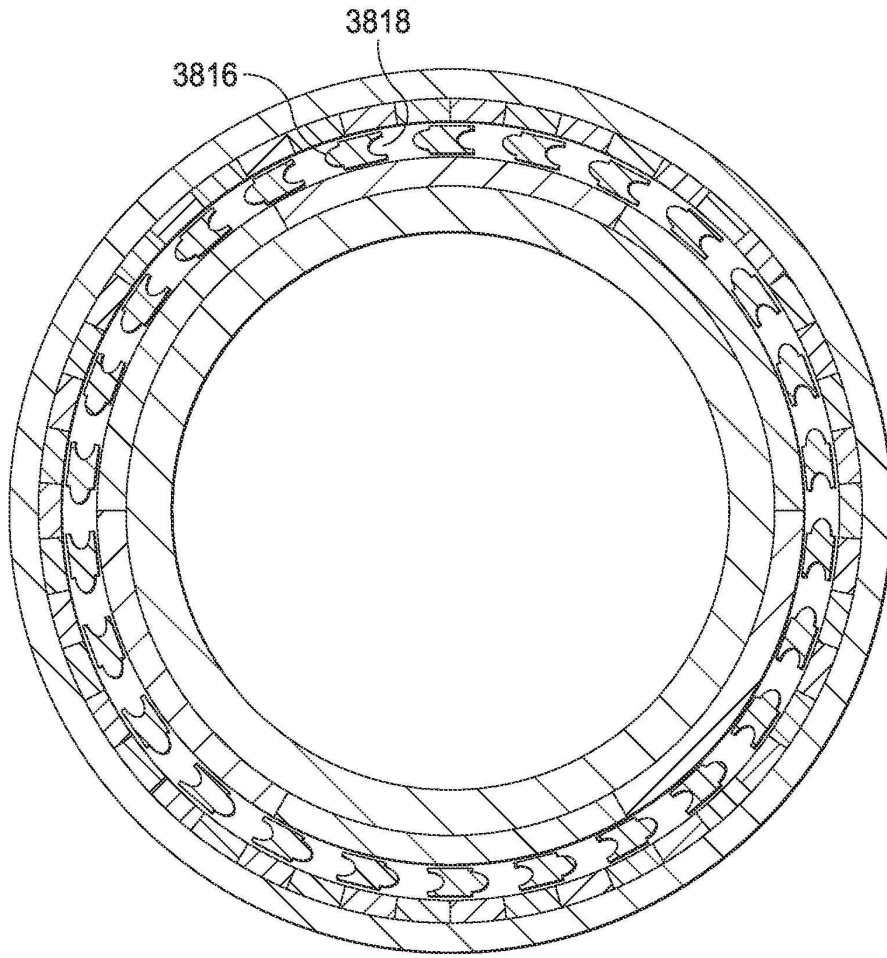
도면24a



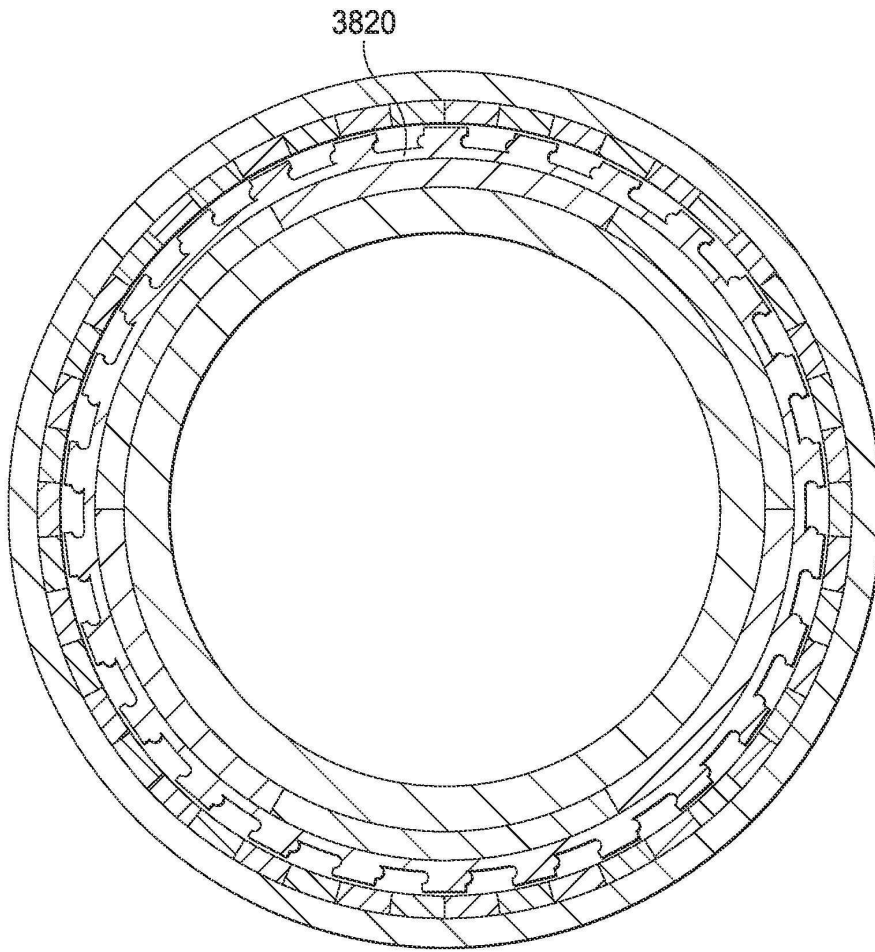
도면24b



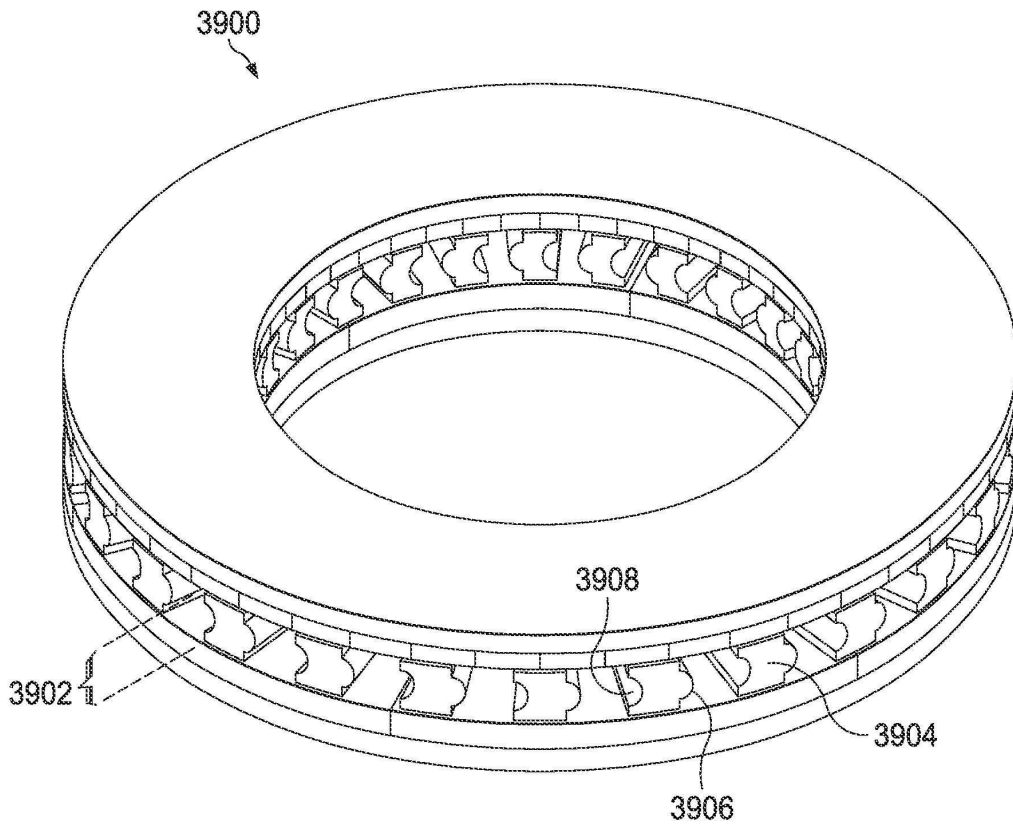
도면24c



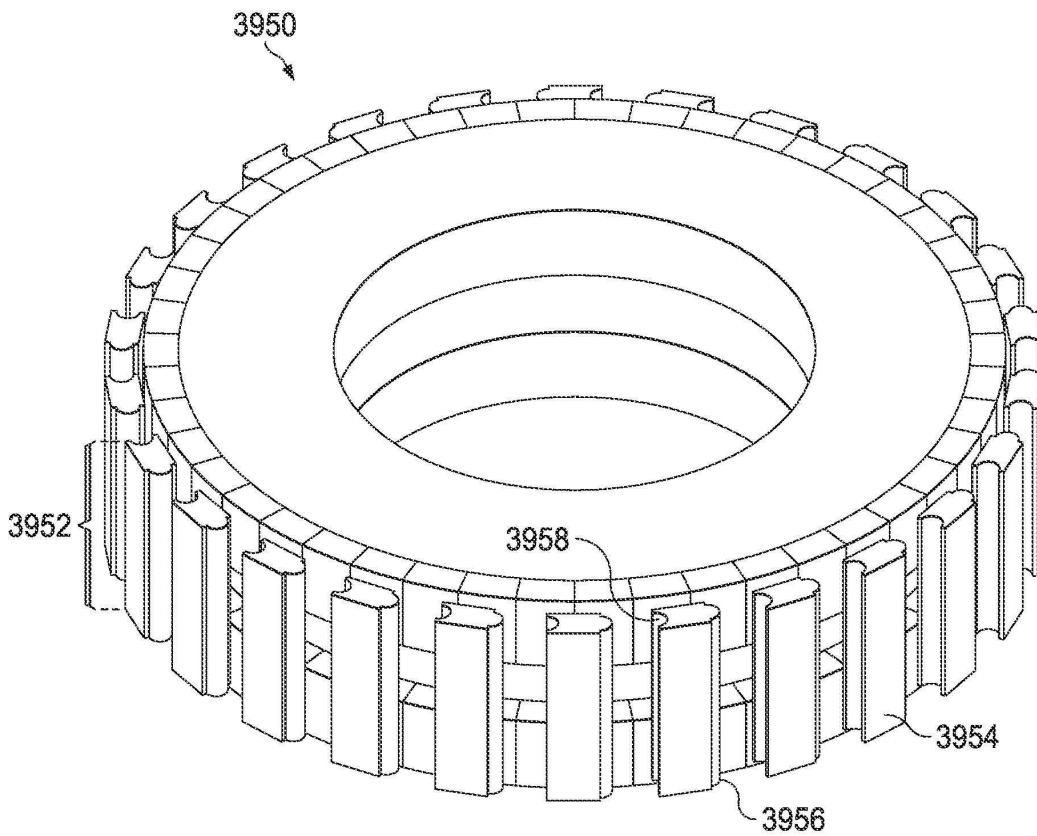
도면24d



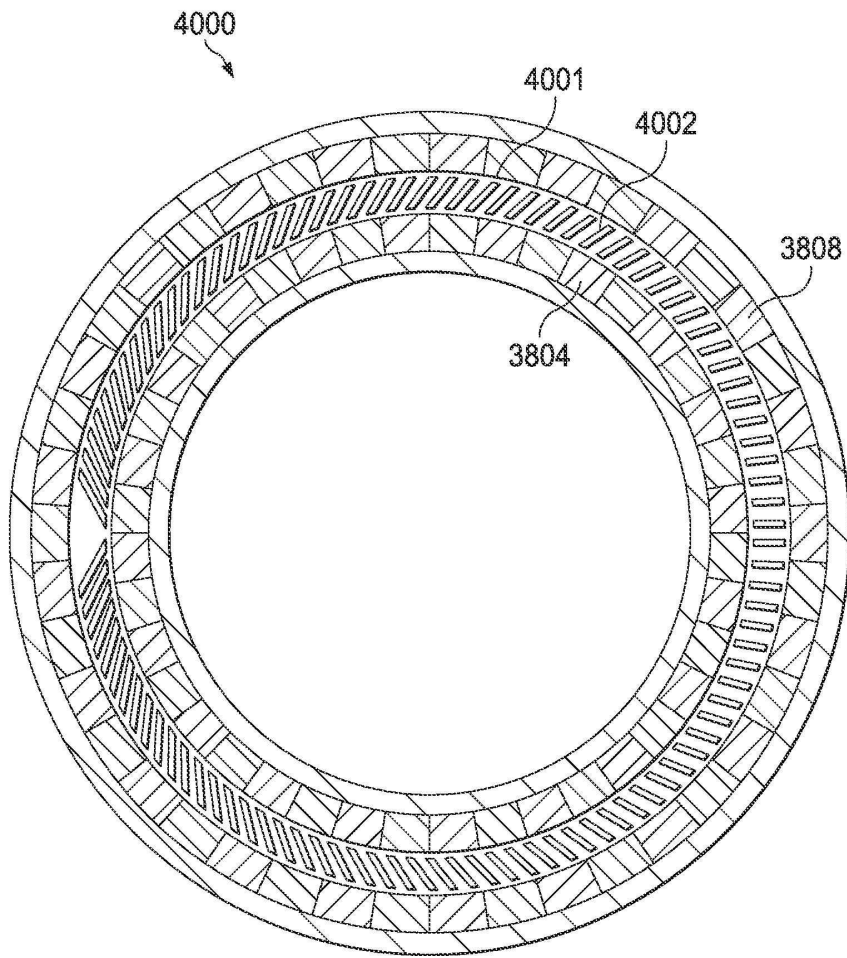
도면25a



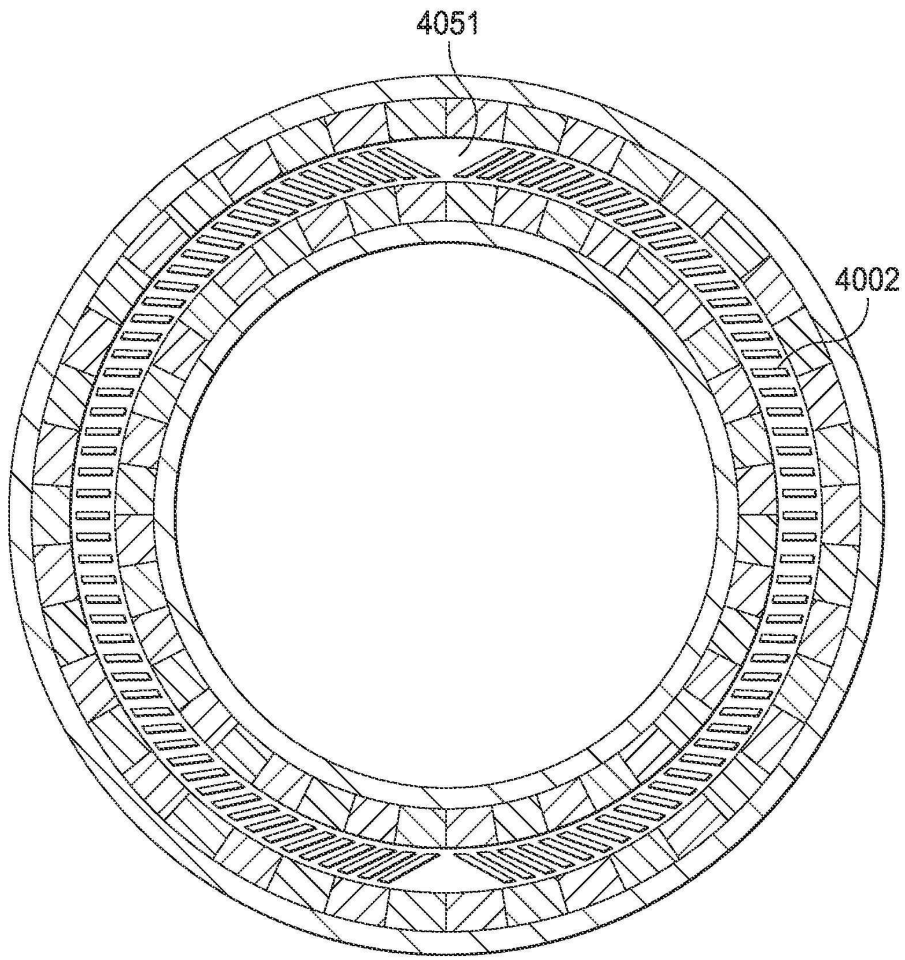
도면25b



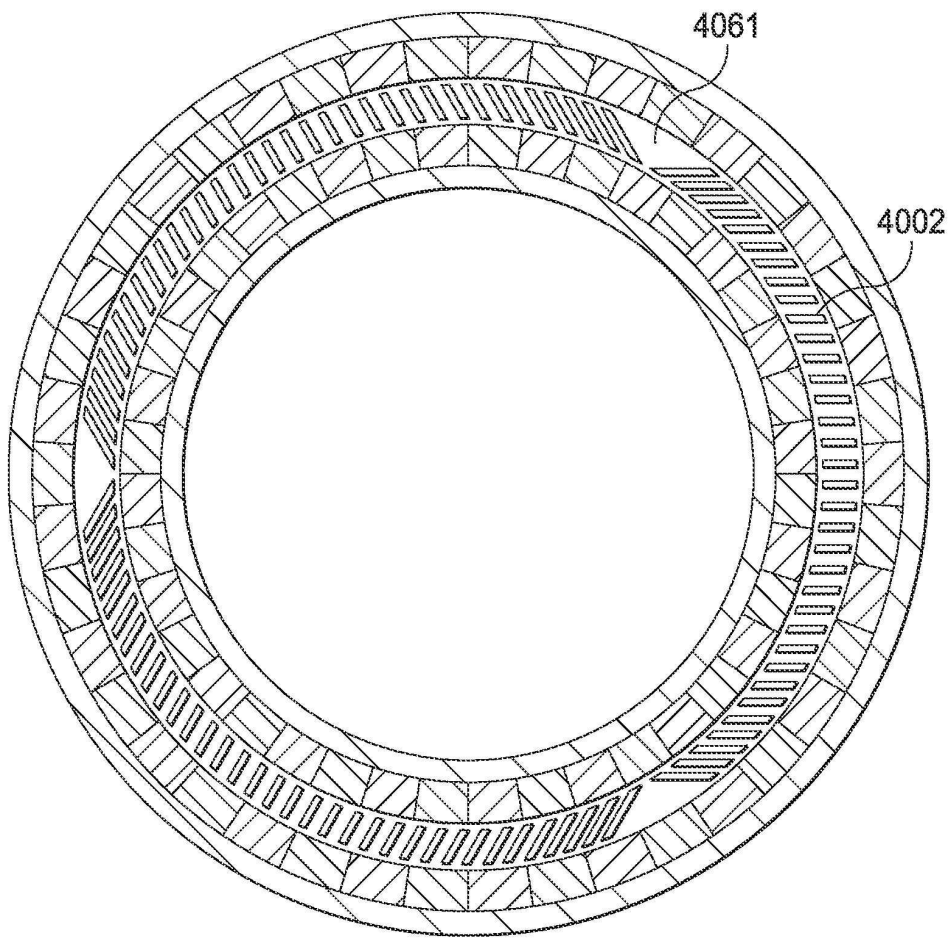
도면26



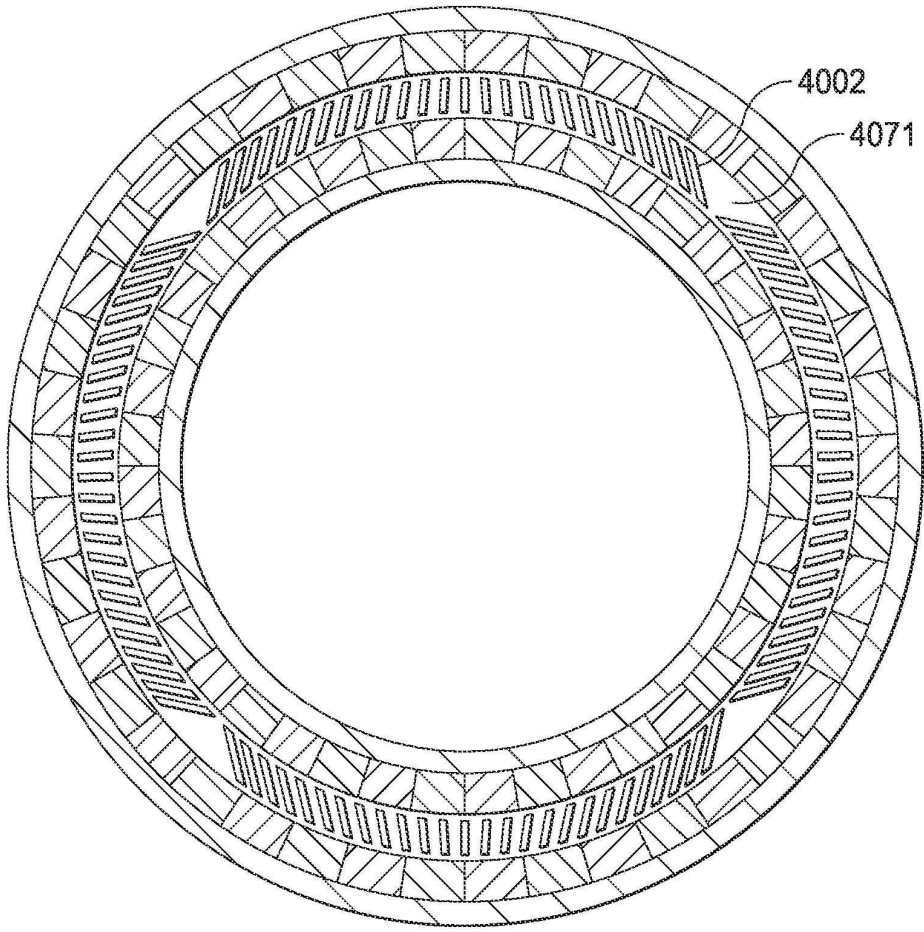
도면27a



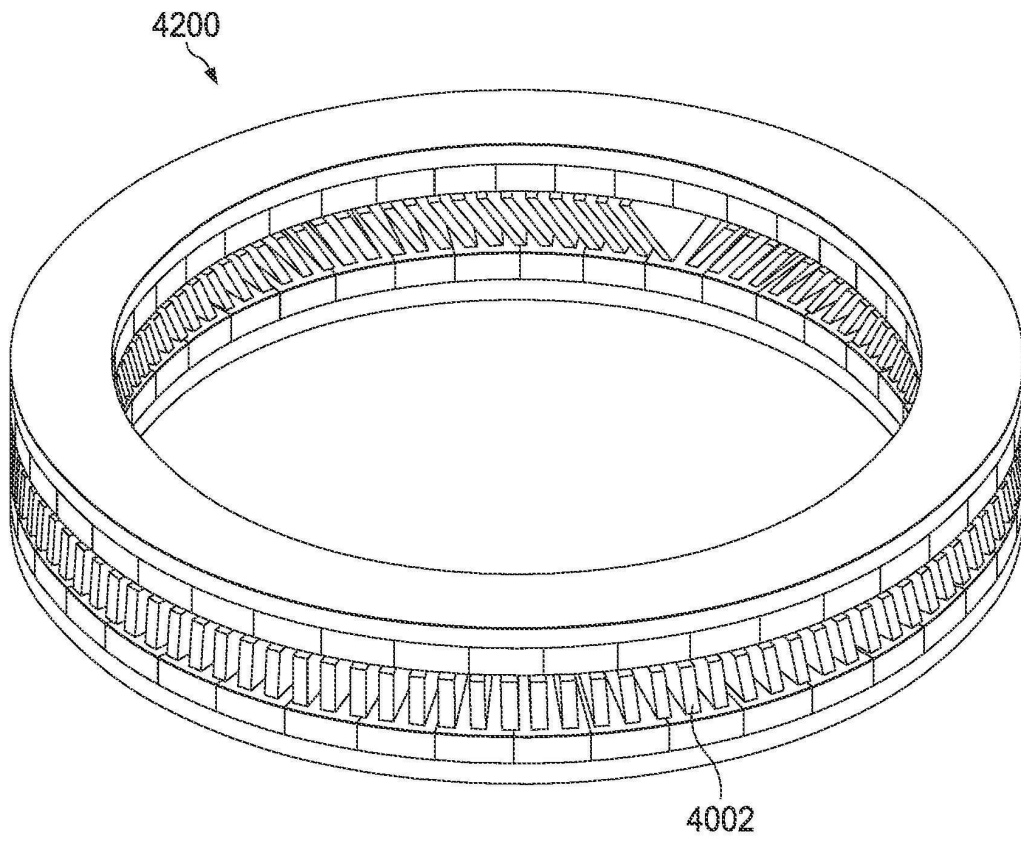
도면27b



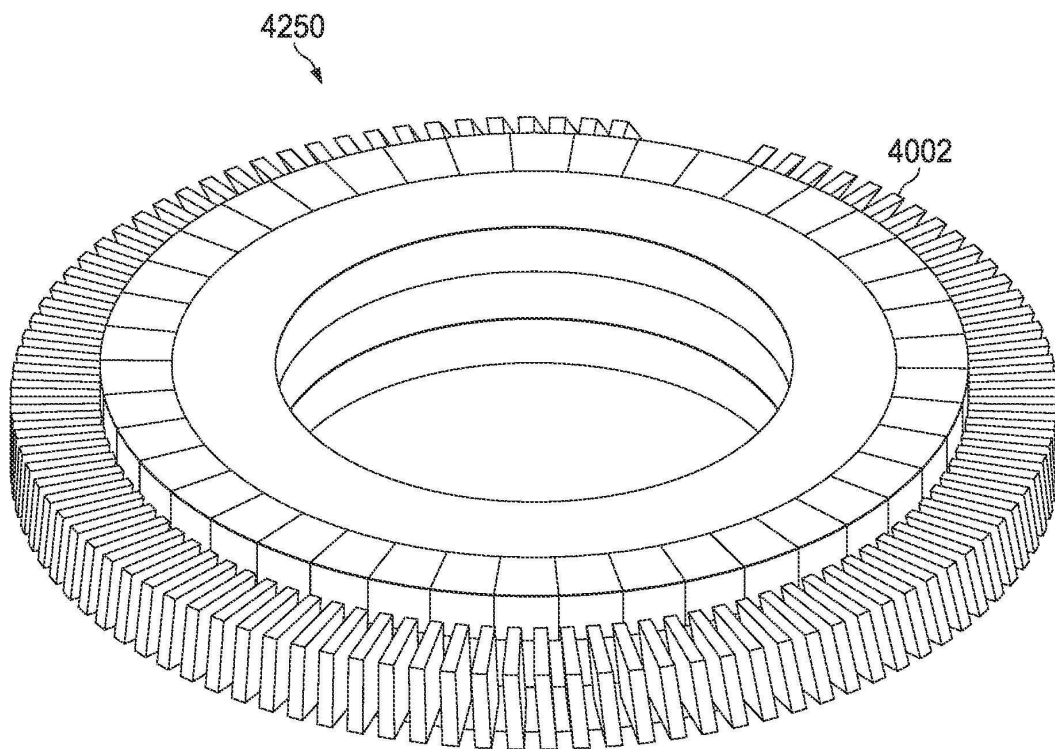
도면27c



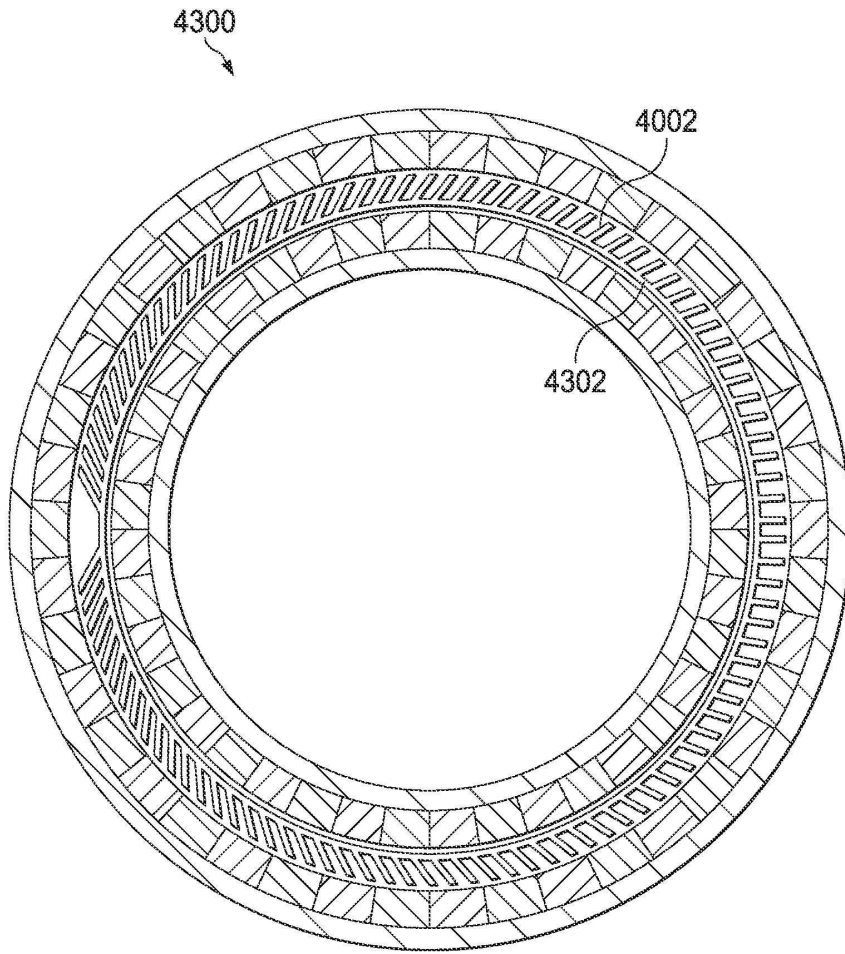
도면28a



도면28b



도면 29a



도면29b

