



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년10월05일
(11) 등록번호 10-2161231
(24) 등록일자 2020년09월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01F 7/20 (2006.01) H01F 27/10 (2006.01)
H01J 37/147 (2006.01) H01J 37/30 (2006.01)
H01J 37/317 (2006.01) H05K 7/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01F 7/20 (2013.01)
H01F 27/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7000777
(22) 출원일자(국제) 2014년06월13일
심사청구일자 2019년05월20일
(85) 번역문제출일자 2016년01월12일
(65) 공개번호 10-2016-0021204
(43) 공개일자 2016년02월24일
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/042321
(87) 국제공개번호 WO 2014/201363
국제공개일자 2014년12월18일
(30) 우선권주장
61/835,089 2013년06월14일 미국(US)
13/966,611 2013년08월14일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2005533353 A*
JP2009164326 A*
US06588725 B1*
US20100237725 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
베리안 세미콘덕터 이큅먼트 어소시에이츠, 인크.
미국 01930 메사추세츠주 글로스터 도리 로드 35
(72) 발명자
배러클러프, 스캇
미국, 01930 메사추세츠, 글로체스터, 리어 톨만
애비뉴 7
버프, 제임스 에스.
미국, 03033 뉴 햄프셔, 브록클린, 힐사이드 درا
이브 28
(74) 대리인
특허법인에이아이피

전체 청구항 수 : 총 13 항

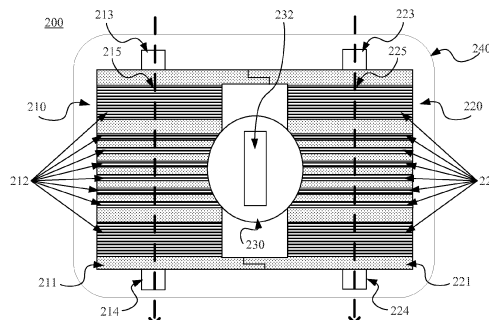
심사관 : 방인환

(54) 발명의 명칭 이온 장치와 함께 사용하기 위한 자석 및 이온 장치

(57) 요약

환형 냉각제 유체 통로를 갖는 자석이 전반적으로 설명된다. 다양한 예들은 거기를 관통하는 개구를 갖는 이온 빔 커플러 주위에 배치된 제 1 자석 및 제 2 자석을 포함하는 자석을 제공한다. 제 1 및 제 2 자석들의 각각은 그 안에 캐비티를 갖는 금속 코어, 금속 코어 둘레에 배치되는 하나 이상의 전도성 와이어 랩들, 및 캐비티 내에 (뒷면에 계속)

대표도 - 도2a



삽입되도록 구성된 환형 코어 엘리먼트를 포함하며, 환형 냉각제 유체 통로는 캐비티와 환형 코어 엘리먼트 사이에 형성된다. 또한, 각각의 환형 코어 엘리먼트는 제 1 직경을 가질 수 있으며 및 제 2 직경을 갖는 중간 섹션을 가질 수 있고, 제 2 직경은 제 1 직경보다 더 작다. 다른 실시예들이 개시되고 청구된다.

(52) CPC특허분류

H01J 37/1472 (2013.01)

H01J 37/1475 (2013.01)

H01J 37/3007 (2013.01)

H01J 37/3171 (2013.01)

H05K 7/20 (2019.01)

명세서

청구범위

청구항 1

이온 주입 장치와 함께 사용하기 위한 자석으로서,

캐비티(cavity)를 갖는 금속 코어로서, 상기 캐비티는 상기 금속 코어 내에 형성되는, 상기 금속 코어;

상기 이온 주입 장치의 이온 소스에 의해 생성되는 이온 빔을 성형하기 위한 상기 금속 코어 둘레에 배치된 복수의 전도성 와이어 랩(wire wrap)들; 및

상기 캐비티 내에 수용되는 환형 코어 엘리먼트로서, 상기 환형 코어 엘리먼트는 상기 캐비티와 상기 환형 코어 엘리먼트 사이에 환형 냉각제 유체 통로를 형성하도록 구성되는, 상기 환형 코어 엘리먼트를 포함하며,

상기 환형 코어 엘리먼트는 외부 냉각제 유체 개구부(opening), 중간 섹션에 배치된 내부 냉각제 유체 개구부, 및 상기 외부 냉각제 유체 개구부와 상기 내부 냉각제 유체 개구부를 연결하는 내부 냉각제 유체 통로를 가지며, 상기 외부 냉각제 유체 개구부는 제 1 외부 냉각제 유체 개구부이고 상기 내부 냉각제 유체 개구부는 제 1 내부 냉각제 유체 개구부이며, 상기 환형 코어 엘리먼트는 제 2 외부 냉각제 유체 개구부, 상기 중간 섹션에 배치된 제 2 내부 냉각제 유체 개구부, 및 상기 제 2 외부 냉각제 유체 개구부와 상기 제 2 내부 냉각제 유체 개구부를 연결하는 제 2 내부 냉각제 유체 통로를 포함하는, 이온 주입 장치와 함께 사용하기 위한 자석.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 환형 코어 엘리먼트는 제 2 직경을 갖는 중간 섹션 및 제 1 직경을 가지며, 상기 제 2 직경은 상기 제 1 직경보다 더 작은, 이온 주입 장치와 함께 사용하기 위한 자석.

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 환형 코어 엘리먼트는 원주 리세스(circumferential recess) 및 상기 원주 리세스에 배치된 o-링을 포함하며,

상기 o-링은 상기 환형 코어 엘리먼트를 상기 금속 코어에 유체적으로(fluidically) 밀봉하기 위한 것인, 이온 주입 장치와 함께 사용하기 위한 자석.

청구항 5

이온 주입 장치와 함께 사용하기 위한 자석으로서,

개구(aperture)를 갖는 이온 빔 커플러(coupler)로서, 상기 개구는 상기 이온 빔 커플러를 관통해 배치되는, 상기 이온 빔 커플러;

상기 이온 빔 커플러에 인접하여 배치된 제 1 자석; 및

상기 이온 빔 커플러 및 상기 제 1 자석에 인접하여 배치된 제 2 자석을 포함하며,

상기 제 1 자석 및 제 2 자석의 각각은:

캐비티를 갖는 금속 코어로서, 상기 캐비티는 상기 금속 코어 내에 형성되는, 상기 금속 코어;

상기 금속 코어 둘레에 배치된 복수의 전도성 와이어 랩들; 및

상기 캐비티 내에 수용되는 환형 코어 엘리먼트로서, 상기 환형 코어 엘리먼트는 상기 금속 코어와 상기 환형 코어 엘리먼트 사이에 환형 냉각제 유체 통로를 형성하는, 상기 환형 코어 엘리먼트를 포함하는, 이온 주입 장치와 함께 사용하기 위한 자석.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 환형 코어 엘리먼트는 제 2 직경을 갖는 중간 섹션 및 제 1 직경을 가지며, 상기 제 2 직경은 상기 제 1 직경보다 더 작은, 이온 주입 장치와 함께 사용하기 위한 자석.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 환형 코어 엘리먼트는, 외부 냉각제 유체 개구부, 상기 중간 섹션에 배치된 내부 냉각제 유체 개구부, 및 상기 외부 냉각제 유체 개구부와 상기 내부 냉각제 유체 개구부를 연결하는 내부 냉각제 유체 통로를 갖는, 이온 주입 장치와 함께 사용하기 위한 자석.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 외부 냉각제 유체 개구부는 제 1 외부 냉각제 유체 개구부이며 상기 내부 냉각제 유체 개구부는 제 1 내부 냉각제 유체 개구부이고,

상기 환형 코어 엘리먼트는, 제 2 외부 냉각제 유체 개구부, 상기 중간 섹션에 배치된 제 2 내부 냉각제 유체 개구부, 및 상기 제 2 외부 냉각제 유체 개구부와 상기 제 2 내부 냉각제 유체 개구부를 연결하는 제 2 내부 냉각제 유체 통로를 갖는, 이온 주입 장치와 함께 사용하기 위한 자석.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 환형 코어 엘리먼트는 o-링을 수용하기 위한 적어도 하나의 원주 리세스를 포함하는, 이온 주입 장치와 함께 사용하기 위한 자석.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 원주 리세스에 배치된 o-링을 더 포함하는, 이온 주입 장치와 함께 사용하기 위한 자석.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 환형 코어 엘리먼트를 상기 금속 코어에 고정하는 단부 캡(end cap)을 더 포함하는, 이온 주입 장치와 함께 사용하기 위한 자석.

청구항 12

이온 주입 장치로서,

이온 빔을 방출하는 이온 소스;

상기 이온 빔의 이동 방향에서 상기 이온 소스의 하류측에 위치된 자석으로서, 상기 자석은 상기 이온 빔을 성형(shape)하며, 상기 자석은 상기 자석 내에 규정(define)된 환형 냉각제 유체 통로를 갖는, 상기 자석;

냉각제 유체를 포함하며, 상기 환형 냉각제 유체 통로에 연결된 냉각제 유체 저장소; 및

상기 냉각제 유체 저장소와 상기 환형 냉각제 유체 통로 사이에 연결되는 냉각제 유체 펌프로서, 상기 냉각제 유체 펌프는 상기 이온 주입 장치의 동작 동안 상기 자석을 냉각시키기 위하여 상기 환형 냉각제 유체 통로를 통해 상기 냉각제 유체를 펌핑하는, 상기 냉각제 유체 펌프를 포함하고,

상기 자석은:

이온 빔 커플러에 인접하여 배치된 제 1 자석; 및

상기 이온 빔 커플러 및 상기 제 1 자석에 인접하여 배치된 제 2 자석을 포함하며,

상기 제 1 자석 및 제 2 자석의 각각은:

캐비티를 갖는 금속 코어로서, 상기 캐비티는 상기 금속 코어 내에 형성되는, 상기 금속 코어;

상기 금속 코어 둘레에 배치된 복수의 전도성 와이어 랩들; 및

상기 캐비티 내에 수용되는 환형 코어 엘리먼트로서, 상기 환형 코어 엘리먼트는 상기 캐비티와 상기 환형 코어 엘리먼트 사이에 환형 냉각제 유체 통로를 형성하는, 상기 환형 코어 엘리먼트를 포함하는, 이온 주입 장치.

청구항 13

삭제

청구항 14

청구항 12에 있어서,

상기 자석은 사중극자(quadrupole) 자석인, 이온 주입 장치.

청구항 15

청구항 12에 있어서,

상기 환형 코어 엘리먼트는 제 2 직경을 갖는 중간 섹션 및 제 1 직경을 가지며, 상기 제 2 직경은 상기 제 1 직경보다 더 작은, 이온 주입 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원들에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 계류중인 2013년 06월 14일자로 출원된 미국 가특허 출원 일련번호 61/835,089호 및 2013년 08월 14일자로 출원된 미국 정규 특허 출원 일련번호 13/966,611호에 대한 우선권을 주장하며, 이러한 출원들의 전체가

본원에 참조로써 포함된다.

[0003] 기술분야

[0004] 본 발명의 실시예들은 전반적으로 기관 프로세싱 분야에 관한 것이며, 더 구체적으로는 반도체 디바이스들을 제조하기 위해 기관 프로세싱과 함께 사용되는 자석들의 냉각에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 반도체 디바이스들의 제조 동안 이온들이 흔히 사용된다. 예를 들어, 이온들은 다양한 불순물들로 기관을 도핑하기 위하여 기관 내로 주입될 수 있다. 이온들은 기관 상에 특징부들을 구축하기 위하여 기관 상으로 증착될 수 있다. 이온들은 또한 제조 프로세스 동안 재료를 에칭하기 위해 사용될 수 있다. 일반적으로, 이온들은 이온 소스 챔버로부터 방출된다. 자석들은 흔히, 이온들을 필터링하고, 이온들을 희망되는 특성들을 갖는 이온 빔으로 성형(shape)하며, 이온 빔을 기관으로 보내기 위해 사용된다. 이러한 자석들 중 일부는 금속 코어 둘레에 전도성 와이어를 감음으로써 형성된다. 그러면 전도성 와이어를 통과하는 전류가 자기장을 생성한다. 동작 동안, 자석들은 흔히 희망되는 특성들을 갖는 자기장들을 생성하기 위해 필요한 요구되는 파워 레벨로 동작하기 위하여 냉각을 필요로 한다. 이와 같이, 동작 동안 이를 통해 냉각 유체가 통과되는 냉각 통로가 금속 코어 내에 형성된다. 일부 전류 설계들에 있어 하나의 결점은 이들이 코어의 중심선에서의 냉각 통로를 사용할 수 있다는 것이다. 이와 같이, 권선들 내에서 생성된 열은 냉각 유체에 도달하기 위하여 코어의 두께를 통해 전도되어야만 한다. 이해될 바와 같이, 필요한 크기의 냉각 통로를 형성하기 위하여 상당한 양의 재료를 제거하는 것은 재료 코어 내의 재료의 양을 감소시키며, 바람직하게 얇게도 자석에 의해 생성되는 자기장의 강도 및 효율을 감소시킨다. 따라서, 기관 프로세싱 동작들에서 사용되는 자석들에 대한 개선된 냉각 배열에 대한 필요성이 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0006] 본 요약은 아래의 상세한 설명에서 추가로 설명되는 간략화된 형태로 개념들의 선택을 소개하기 위해 제공된다. 본 요약은 청구되는 내용의 핵심 특징들 또는 본질적인 특징들을 식별하도록 의도되지 않으며, 청구되는 내용의 범위를 결정하는데 도움을 주는 것으로서 의도되지도 않는다.

[0007] 전반적으로, 본 발명의 다양한 실시예들은, 그 안에 캐비티(cavity)를 갖는 금속 코어, 금속 코어 둘레에 배치되는 하나 이상의 전도성 와이어 랩(wire wrap)들, 및 캐비티 내에 삽입되도록 구성된 환형 코어 엘리먼트를 포함하며, 환형 냉각제 유체 통로가 캐비티와 환형 코어 엘리먼트 사이에 형성되는, 자석을 제공한다. 또한, 환형 코어 엘리먼트는 제 1 직경을 가질 수 있으며 제 2 직경을 갖는 중간 섹션을 가질 수 있고, 제 2 직경은 제 1 직경보다 더 작다.

[0008] 대안적인 예로서, 일부 실시예들은, 그것을 관통하게 배치된 개구(aperture)를 갖는 이온 빔 커플러(coupler), 이온 빔 커플러에 인접하여 배치된 제 1 자석, 및 이온 빔 커플러 및 제 1 자석에 인접하여 배치된 제 2 자석을 포함하는, 이온 주입 장치와 함께 사용하기 위한 자석을 개시한다. 제 1 및 제 2 자석들의 각각은, 그 안에 캐비티를 갖는 금속 코어, 금속 코어 둘레에 배치되는 하나 이상의 전도성 와이어 랩들, 및 캐비티 내에 삽입되도록 구성된 환형 코어 엘리먼트를 포함할 수 있다. 환형 냉각제 유체 통로는 캐비티와 환형 코어 엘리먼트 사이에 형성될 수 있다. 또한, 각각의 환형 코어 엘리먼트는 제 1 직경을 가질 수 있으며 제 2 직경을 갖는 중간 섹션을 가질 수 있고, 제 2 직경은 제 1 직경보다 더 작다.

[0009] 다른 예시적인 실시예는, 이온 빔을 방출하도록 구성된 이온 소스, 및 이온 빔의 이동 방향에서 이온 소스의 하류측(downstream)에 위치한 자석으로서, 상기 자석은 이온 빔을 성형하도록 구성된, 상기 자석을 포함하는 장치를 개시한다. 자석은 그 안에 규정된(define) 환형 냉각제 유체 통로를 가질 수 있다. 냉각제 유체를 포함하는 냉각제 유체 저장소가 환형 냉각제 유체 통로에 연결될 수 있다. 냉각제 유체 펌프는 냉각제 유체 저장소에 연결될 수 있으며, 환형 냉각제 유체 통로를 통해 냉각제 유체를 펌핑하도록 구성될 수 있다. 자석은, 이온 빔 커플러에 인접하여 배치된 제 1 자석, 및 이온 빔 커플러 및 제 1 자석에 인접하여 배치된 제 2 자석을 포함할 수 있다. 제 1 및 제 2 자석들의 각각은, 그 안에 캐비티를 갖는 금속 코어, 금속 코어 둘레에 배치되는 하나 이상

의 전도성 와이어 랩들, 및 캐비티 내에 삽입되도록 구성된 환형 코어 엘리먼트를 포함할 수 있다. 환형 냉각제 유체 통로는 캐비티와 환형 코어 엘리먼트 사이에 형성될 수 있다. 또한, 각각의 환형 코어 엘리먼트는 제 1 직경을 가질 수 있으며 제 2 직경을 갖는 중간 섹션을 가질 수 있고, 제 2 직경은 제 1 직경보다 더 작다.

도면의 간단한 설명

[0010] 예시로서, 개시된 디바이스의 다양한 실시예들이 이제 첨부된 도면들을 참조하여 설명될 것이다.

도 1은 예시적인 이온 주입 시스템의 블록도이다.

도 2a 내지 도 2b는 예시적인 사중극자(quadrupole) 자석의 블록도들이다.

도 3은 도 2a 내지 도 2b의 사중극자 자석을 관통하는 예시적인 냉각제 유체 흐름 경로의 블록도이다.

도 4는 도 2a 내지 도 2b의 사중극자 자석을 관통하는 다른 예시적인 냉각제 유체 흐름 경로의 블록도이다.

도 5a 내지 도 5i는 모두 본 발명의 실시예에 따라 배열된 자석을 관통하는 환형 냉각제 유체 통로의 블록도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 개시된 자석들 및 자석들을 냉각하는 방법들은 일반적인 이온 주입 장치 및 사중극자 자석과 함께 설명된다. 그러나, 이해될 바와 같이, 본 발명의 다양한 실시예들은 이온 장치의 다른 자석들에 적용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 다양한 실시예들은, 플라스마-이온 증착 장치와 같은 이온 증착 장치에서 사용될 수 있다. 다른 예로서, 본 발명의 다양한 실시예들은 이온 에칭 장치에서 사용될 수 있다. 또한, 이상에서 설명된 바와 같이, 본 발명의 다양한 실시예들은 자석의 금속 코어를 관통하는 환형 냉각제 유체 통로를 제공한다. 환형 냉각제 유체 통로들의 예시적인 예들은, 특히 도 5a 내지 도 5h를 참조하여 이하에서 더 상세하게 설명된다. 이러한 환형 냉각제 유체 통로들을 갖는 자석들의 예시적인 구성들 및 전체 시스템들이 먼저 도 1 및 도 2a 내지 도 2b를 참조하여 설명된다. 추가적으로, 예시적인 자석을 관통하는 냉각제 유체 흐름 경로들의 예시적인 예들이 도 3 내지 도 4를 참조하여 설명된다.

[0012] 도 1은, 본 발명의 적어도 일부 실시예들에 따라 배열된 리본 빔을 생성하는 예시적인 이온 주입 장치(100)의 블록도를 예시한다. 다른 이온 주입 장치는, 그 후 작업물과 충돌하기 전에 실질적으로 평행하게 편향되는 발산 궤적들을 갖는 스캔형 스팟 빔(scanned spot beam)을 생성할 수 있다. 일반적으로, 이온 주입 장치(100)의 컴포넌트들 중 일부 또는 그 전부는 프로세스 챔버(102) 내에 봉입될 수 있다. 도시된 바와 같이, 이온 주입 장치(100)는 특정 종의 이온들을 생성하도록 구성된 이온 소스(104)를 포함한다. 이온 소스(104)는 대전된 이온들 및 전자들(플라스마)을 형성하기 위하여 프로세스 챔버(102) 내로 도입된 공급 가스를 이온화하는 가열형 필라멘트와 같은 가열 엘리먼트를 포함할 수 있다. 가열 엘리먼트는, 예를 들어, 버나스(Bernas) 소스 필라멘트, 간접 가열식 캐소드(indirectly heated cathode; IHC) 어셈블리 또는 다른 열 전자 소스일 수 있다. 특정 도펀트 특성들을 갖는 이온 빔들을 획득하기 위하여 상이한 공급 가스가 이온 소스 챔버에 공급될 수 있다. 예를 들어, 상대적으로 높은 챔버 온도들에서의 H_2 , BF_3 및 AsH_3 의 도입은 높은 주입 에너지들을 갖는 단-원자들로 분해된다. 높은 주입 에너지들은 일반적으로 20keV보다 더 큰 값들과 연관된다. 저-에너지 이온 주입을 위하여, 테카보레인, 카보레인, 등과 같은 더 무거운 대전된 분자들이 더 낮은 챔버 온도에서 소스 챔버 내로 도입될 수 있으며, 이는 더 낮은 주입 에너지들을 갖는 이온화된 분자들의 분자 구조를 보존한다. 낮은 주입 에너지들은 전형적으로 20keV 아래의 값들을 갖는다.

[0013] 생성된 이온들은 일련의 전극들(106)을 통해 이온 소스(104)로부터 추출되고 이온 빔(108)으로 형성되며, 이는 제 1 자석(110)을 통과한다. 일부 예들에 있어, 희망되는 질량-대-전하 비율을 갖는 이온들만이 사중극자 자석(112)을 통한 최대 전달(maximum transmission)을 위하여 질량 분석기 자석을 통해 이동할 수 있도록, 제 1 자석(110)은 특정 자기장을 갖도록 구성된 질량 분석기 자석일 수 있다. 사중극자 자석(112)은, 이온 빔(108)이 특정 치수들을 갖게 성형하도록 구성된 전도성 와이어들로 감긴 금속 코어를 포함할 수 있다.

[0014] 사중극자 자석(112)을 빠져나올 때, 이온 빔(108)은 질량 분해 슬릿을 통과해 감속 스테이지(114) 상으로 전달될 수 있다. 감속 스테이지(114)는, 특정 특성들을 갖는 이온 빔들이 이를 통과하는 것을 허용하는 규정된 개구들을 갖는 복수의 전극들(116)을 포함할 수 있다. 전압 전위들의 상이한 조합들을 전극들(116)에 인가함으로써, 감속 스테이지(114)는 이온 빔(108) 내의 이온 에너지들을 조작한다.

- [0015] 교정기 자석(118)은 감속 스테이지(114)의 하류측에 배치될 수 있다. 교정기 자석(118)은, 플레튼(112)(즉, 지지 구조체) 상에 위치될 수 있는 기관(120)을 향해 목표된 리본 빔을 제공하기 위하여 인가되는 자기장의 강도 및 방향에 따라 이온 빔릿(beamlet)들을 편향시키도록 구성될 수 있다. 이해될 바와 같이, 이온 빔이 감속 스테이지(114)를 떠난 후 교정기 자석(118)은 기관(120) 상의로의 증착을 위한 정확한 형태로 이온 빔(108)을 "성형"한다. 이에 더하여, 교정기 자석(118)은 빔 라인을 통해 이동하는 동안 이미 중성화되었을 수 있는 임의의 이온들을 이온 빔(108)으로부터 필터링하여 제거하도록 구성될 수 있다.
- [0016] 동작 동안, 자석들 및 이온 주입 장치의 다른 컴포넌트들은 냉각을 필요로 할 수 있다. 예를 들어, 이온 소스(104), 제 1 자석(110), 사중극자 자석(112), 교정기 자석(118), 또는 플레튼(122)이 냉각을 필요로 할 수 있다. 특정한 일 예로서, 사중극자 자석(112)은 일부 사례들에 있어 50 Amp 이상의 전류를 끌어당기도록 구성될 수 있다. 따라서 사중극자 자석(112)의 전도성 와이어를 통해 흐르는 전류의 양이 초과량의 열이 생성되게끔 할 수 있다. 결과적으로, 냉각제 유체는 생성된 열을 사중극자 자석(112)으로부터 끌어내기 위하여 사중극자 자석(112)을 통과하게 될 수 있다.
- [0017] 이와 같이, 이온 주입 장치(100)는 냉각제 유체(126)를 유지하도록 구성된 냉각제 저장소(124) 및 대응하는 냉각제 경로(128)를 포함할 수 있다. 냉각제 경로(128)를 통해 냉각제 유체(126)를 순환시키기 위한 냉각제 펌프(130)가 또한 이온 주입 장치(100) 내에 포함될 수 있다. 냉각제 펌프(130)는 원심 펌프, 양변위 펌프, 또는 냉각제 경로(128)를 통해 냉각제 유체(126)를 순환시키기 위해 희망되는 흐름 레이트(rate) 및 냉각제 압력을 제공하기에 적절한 임의의 다른 유형의 펌프일 수 있다. 도시된 바와 같이, 냉각제 경로(128)는 이온 주입 장치(100)의 다양한 컴포넌트들을 통과한다. 따라서, 동작 동안, 냉각제 유체(126)는 컴포넌트들을 냉각시키기 위하여 냉각제 펌프(130)에 의해 컴포넌트들을 통해 펌핑될 수 있다. 일부 예들에 있어, 냉각제 유체(126)는 물, 글리코올 갖는 물, 갈덴(galden), 플루오르인너트(fluorinert), 또는 바람직한 열 흡수 및 유전체 속성들을 갖는 다른 유체일 수 있다.
- [0018] 냉각제 경로(128)가 이온 주입 장치(100)의 다양한 컴포넌트(예를 들어, 사중극자 자석(112))를 통과함에 따라, 냉각제 통로는 다양한 컴포넌트들 내에 존재할 수 있다. (이하에서 더 상세하게 설명되는) 환형 냉각제 유체 통로는 컴포넌트들 중 적어도 하나 내에 존재할 수 있다. 따라서, 동작 동안 냉각제가 컴포넌트들을 통과하게 됨에 따라, 컴포넌트들로부터의 열이 냉각제로 전달될 수 있으며, 냉각제 경로(128)를 따라 컴포넌트들로부터 멀어지도록 운반될 수 있다. 일부 예들에 있어, 열 교환기 및/또는 냉각기(미도시)가 또한 냉각제 유체(126)를 냉각시키기 위해 제공될 수 있다. 예를 들어, 냉각제 저장소(124)는 결합된 저장소 및 열 교환기일 수 있다. 예시된 배열이 단지 예시적일 뿐이며, 특정 냉각제 경로(128), 냉각제 저장소(124)의 배열, 및 냉각제 펌프(130)의 배열이 특정 애플리케이션에 대해 희망되는 바와 같이 예시된 접근방식으로부터 수정될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 또한, 복수의 냉각제 경로들, 냉각제 펌프들, 및/또는 냉각제 저장소들이 또한 희망되는 바와 같이 제공될 수 있다는 것이 인식될 것이다. 예를 들어, 예시된 시스템이 폐쇄형 루프 재순환 냉각 시스템을 도시하고 있지만, "관류(once-through)" 시스템이 또한 사용될 수 있다.
- [0019] 도 2a는 본 발명의 다양한 실시예들에 따라 배열된 예시적인 사중극자 자석(200)을 예시한다. 일부 예들에 있어, 사중극자 자석(200)은 도 1에 도시된 사중극자 자석(112)에 대응할 수 있다. 도시된 바와 같이, 사중극자 자석(200)은 개구(232)를 갖는 이온 빔 커플러(230) 근처에 배치된 제 1 자석(210) 및 제 2 자석(220)을 포함한다. 일반적으로, 동작 동안, 이온 빔(108)은 개구(232)를 통과하며, 제 1 자석(210) 및 제 2 자석(220)에 의해 생성된 자기장은 이온 빔(108)이 특정 속성들(예를 들어, 희망되는 높이 및/또는 폭)을 갖도록 이온 빔을 성형한다.
- [0020] 제 1 및 제 2 자석들(210, 220)은, 전도성 와이어 랩들(212, 222)을 형성하는 전도성 와이어들에 의해 감싸인 금속 코어들(211, 221)을 포함한다. 전도성 와이어 랩들(212, 222)의 수는 오로지 예시적인 목적들만을 위하여 도시되며 제한적으로 의도되지 않는다는 것이 이해되어야만 한다. 또한, 사중극자 자석(200)은 전도성 와이어 랩들(212, 222)에 인가되는 전압의 극성에 따라 사중극자 또는 이중극자 기능 중 하나를 갖도록 구성될 수 있다. 금속 코어들(211, 221)의 기하학적 구조 및 전도성 와이어 랩들(212, 222)의 위치결정은 희망되는 형상 및 강도를 갖는 자기장을 달성하기 위하여 또한 조정될 수 있다.
- [0021] 제 1 및 제 2 자석들(210, 220)은 하우징(240) 내부에 배치된다. 하우징(240)은, 제 1 및 제 2 자석들(210, 220)을 이온 빔 커플러(230)에 대하여 희망되는 위치에 유지하고, 사중극자 자석(200)이 이온 주입 장치(100) 내에 장착되는 것을 가능하게 하도록 구성될 수 있다.
- [0022] 제 1 및 제 2 자석들(210, 220)은 냉각제 유체 커플링들(213, 223, 214, 224)을 더 포함할 수 있다. 전반적인

로, 냉각제 유체 커플링들(213, 223, 214, 224)은 금속 코어들(211, 221)을 관통하는 냉각제 유체(126)의 통로를 가능하게 하도록 구성된다. 이상에서 언급된 바와 같이, 사중극자 자석(200)의 동작 동안, 전류가 전도성 와이어 랩들(212, 222)을 통과하게 됨에 따라, 전도성 와이어 랩들(212, 222)이 가열될 것이다. (예를 들어, 금속 코어들(211, 221)을 관통하는 냉각제 유체의 통로에 의해) 열이 소산되지 않는 경우, 사중극자 자석(200)은 섣대운되거나, 용융되거나, 또는 달리 오작동할 수 있다. 냉각제 유체 커플링들(213, 223, 214, 224)은 개별적인 냉각제 흐름 경로들(215, 225)을 따라 금속 코어들(211, 221)을 통해 냉각제 유체(126)를 보내기 위한 것으로 도시된다. 이하에서 더 상세하게 설명될 바와 같이, 이러한 도면들에 예시된 냉각제 흐름 경로(215, 225)은 대표적인 것이며, 도 5a 내지 도 5i와 관련하여 더 상세하게 설명될 바와 같이 금속 코어들(211, 221) 내의 환형 냉각제 유체 통로들에 대응할 수 있다.

[0023] 도 2b는 도 2a에 도시된 사중극자 자석(200)의 평면도이다. 도시된 바와 같이, 제 1 및 제 2 자석들(210, 220)은 이온 빔 커플러(230) 주위에 배치되는 것으로 도시된다. 하우징(240)은 제 1 및 제 2 자석들(210, 220) 근처에 배치되는 것으로 도시된다. 또한, 냉각제 유체 커플링들(213, 223)이 또한, 각기 제 1 및 제 2 자석들(210, 220)과 연관되는 것으로 도시된다.

[0024] 일부 예들에 있어, 금속 코어들(211, 221)은, 저 탄소 강과 같은 강철 합금, 또는 자석의 코어에 대해 적절한 속성들을 갖는 다른 금속으로 형성될 수 있다. 전도성 와이어 랩들(212, 222)은 구리와 같은 전도성 와이어로 형성될 수 있다. 또한, 일부 실시예들에 있어, 금속 코어들(211, 221) 및 전도성 와이어 랩들(212, 222)은 에폭시 또는 다른 적절한 유전체 재료 내에 케이싱될 수 있다.

[0025] 일부 예들에 있어, 냉각제 흐름 경로(215, 225)는 병렬 방식으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 3은 병렬 방식으로 배열된 냉각제 흐름 경로들(215, 225)을 갖는 사중극자 자석(200)을 예시한다. 도시된 바와 같이, 사중극자 자석(200)은 냉각제 유체 커플링들(213, 223)에 연결되는 입구 티(inlet tee)(302) 및 냉각제 유체 커플링들(214, 224)에 연결되는 출구 티(304)를 포함한다. 냉각제 유체(126)는 입구 티(302)를 통해 진입할 수 있으며, 여기에서 냉각제 유체(126)는 냉각제 흐름 경로들(215, 225) 둘 모두를 따라 동시에 보내진다. 냉각제 유체(126)는 금속 코어들(211, 221)을 통해 흐르고, 출구 티(304)를 통해 빠져 나온다. 이러한 배열은, 제 1 및 제 2 자석들(210, 220)이 실질적으로 동일한 온도에서 냉각제 유체(126)를 겪으며, 따라서 제 1 및 제 2 자석들(210, 220)의 실질적으로 균등한 냉각을 야기한다는 것을 보장한다는 것이 이해될 것이다.

[0026] 일부 예들에 있어, 냉각제 흐름 경로(215, 225)는 직렬 방식으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 4는 사중극자 자석(200)을 예시한다. 도시된 바와 같이, 사중극자 자석(200)은 냉각제 유체 커플링들(214, 224)에 연결되는 복귀 파이프(402)를 포함한다. 따라서, 동작 동안, 냉각제 유체(126)는 직렬 방식으로 냉각제 흐름 경로들(215, 225)을 따라 금속 코어들(211, 221)을 통과하게 될 수 있다. 즉, 냉각제 유체(126)는 냉각제 유체 커플링(213)을 통해 제 1 자석(210)의 금속 코어(211)에 진입할 수 있고, 냉각제 흐름 경로(215)를 따라 금속 코어(211)를 통과할 수 있으며, 냉각제 유체 커플링(214)을 통해 금속 코어(211)를 빠져나올 수 있다. 그 뒤 냉각제 유체는 복귀 파이프(402)를 통해 냉각제 유체 커플링(224)으로 나아갈 수 있으며, 냉각제 유체 커플링(224)에서 제 2 자석(220)의 금속 코어(221)에 진입할 수 있고, 냉각제 흐름 경로(225)를 따라 금속 코어(221)를 통과할 수 있으며, 냉각제 유체 커플링(223)을 통해 금속 코어(221)를 빠져나올 수 있다. 이러한 배열은 도 3과 관련하여 설명된 병렬 흐름 경로 배열에 비하여 구현하기에 약간 덜 복잡할 수 있다. 도 4 배열을 이용하면, 냉각제 유체(126)는 냉각제 유체가 제 1 금속 코어(211)를 통과할 때에 비하여 제 2 금속 코어(221)를 통과할 때 (제 1 금속 코어(211)로부터 멀어지도록 전달된 열에 기인하여) 약간 더 높은 온도를 가질 수 있다는 것이 이해될 것이다. 따라서, 제 2 금속 코어(221)의 전체 냉각이 제 1 금속 코어(211)의 전체 냉각보다 약간 더 작을 수 있다. 물론, 이는 제 2 금속 코어(221) 내에 제 1 금속 코어(211)의 흐름 채널들에 비하여 더 크거나 또는 상이한 기하학적 구조를 갖는 흐름 채널들을 제공함으로써 보상될 수 있다.

[0027] 도 5a는 본 발명의 다양한 실시예들에 따라 배열된 자석(500)의 전개도이다. 도시된 바와 같이, 자석(500)은 이전의 도면들과 관련하여 설명된 사중극자 자석(200)의 제 1 자석(210) 및/또는 제 2 자석(220)에 대응할 수 있다. 자석(500)은, 전도성 와이어 랩들(504)을 형성하는, 금속 코어(502)를 둘러 감싸진 전도성 와이어를 갖는 금속 코어(502)를 포함한다. 금속 코어(502)는 이로부터 제거된 재료를 가지며, 이는 금속 코어의 상단으로부터 금속 코어의 하단으로 이어지는 캐비티(506)를 형성한다. 자석(500)은 또한 캐비티(506) 내에 들어 맞도록 구성된 환형 코어 엘리먼트(508)를 포함한다. 단부 캡(end cap)들(514)뿐만 아니라 상부 및 하부 o-링들(510, 512)이 또한 도시된다(이러한 도면에서 오로지 하나의 단부 캡만이 보여질 수 있다). 도시된 바와 같이, 상부 및 하부 o-링들(510, 512)은 환형 코어 엘리먼트(508) 내의 대응하는 원주(circumferential) 홈들 내에 들어 맞을

수 있으며, 이는 캐비티(506) 내에 삽입될 수 있고 단부 캡들(514)로 고정될 수 있다(도 5h 참조).

[0028] 도 5b는 캐비티(506)를 도시하는 금속 코어(502) 단독의 평면도이다. 캐비티(506)는 환형 코어 엘리먼트(508)를 수용하도록 크기가 결정된 직경(507)을 가질 수 있다. 이해될 바와 같이, 도 5b에 도시된 금속 코어(502)의 평면도는 또한 금속 코어(502)의 저면도(미도시)에 대응할 수 있다. 도 5c는 금속 코어(502)의 단면도를 예시한다. 금속 코어(502)의 단면도는 캐비티(506)의 길이를 따라 절개된 상태로 도시된다. 이러한 도면들로부터 보여질 수 있는 바와 같이, 캐비티(506)는 금속 코어(502)의 전체 길이를 따라 연장한다.

[0029] 도 5d는 환형 코어 엘리먼트(508)의 평면도를 예시한다. 이해될 바와 같이, 도 5d에 도시된 환형 금속 코어 엘리먼트(508)의 평면도는 또한 환형 금속 코어 엘리먼트(508)의 저면도(미도시)에 대응할 수 있다. 보여질 수 있는 바와 같이, 외부 냉각제 유체 개구부(opening)(516)는 냉각제 유체를 환형 코어 엘리먼트(508) 내로 받아들이기 위해 환형 코어 엘리먼트(508)의 상단 단부의 중앙에 배치된다. 도 5h에서 보여질 수 있는 바와 같이 (냉각제 유체의 출구로서 사용되는) 유사한 개구부가 환형 코어 엘리먼트(508)의 하단 단부에 제공된다. 도 5e는 환형 코어 엘리먼트(508)의 측면도를 예시한다. 환형 코어 엘리먼트(508)는 환형 코어 엘리먼트의 상단 단부와 연관된 제 1 직경(520)을 갖는 것으로 도시된다. 도시된 바와 같이, 환형 코어 엘리먼트(508)는 또한 내부 냉각제 유체 개구부들(526)뿐만 아니라 상부 및 하부 원주 o-링 수용 리세스(recess)들(522, 524)을 포함한다. 내부 냉각제 유체 개구부들(526)은 환형 코어 엘리먼트(508)의 상단 및 하단에 위치한 외부 냉각제 유체 개구부들(516)에 결합되며, 이하에서 더 상세하게 설명될 바와 같이, 금속 코어(502)와 환형 코어 엘리먼트(508) 사이에 형성된 환형부(annulus)로 및 이로부터 냉각제 유체(126)를 보내기 위해 이용될 수 있다. 환형 코어 엘리먼트(508)는 제 1 직경(520)보다 더 작은 제 2 직경(530)을 갖는 중간 섹션(528)을 포함할 수 있다. 환형 코어 엘리먼트(508)가 슬라이드되어 금속 코어(502)의 캐비티(506)와 맞물릴 수 있도록, 제 1 직경(520)은 금속 코어(502)의 캐비티 직경(507)보다 약간 더 작을 수 있다(도 5b, 도 5e, 도 5i 참조). 이해될 바와 같이, 환형 코어 엘리먼트(508)의 중간 섹션(528)과 금속 코어(502)의 캐비티(506) 사이의 직경들의 차이는, 동작 동안 금속 코어를 효율적으로 냉각시키기 위해 사용될 수 있는 환형 냉각제 유체 흐름 경로(538)(도 5h에서 가장 잘 보여짐)를 생성한다.

[0030] 도 5f는 환형 코어 엘리먼트(508)의 단면도이다. 도 5f에 도시된 컷 어웨이(cut away) 도면은 내부 냉각제 유체 개구부들(526)과 평행하게 그리고 환형 코어 엘리먼트(508)의 길이를 따라 절개된 상태로 도시된다. 보여질 수 있는 바와 같이, 환형 코어 엘리먼트(508)는 외부 냉각제 유체 개구부들(516)과 내부 냉각제 유체 개구부들(526) 사이에 형성된 내부 냉각제 유체 통로들(532)을 포함한다. 도 5g는 환형 코어 엘리먼트(508)의 다른 단면도를 예시한다. 도 5g에 도시된 단면도는 도 5f에 도시된 도면에 대하여 90-도 회전되어 도시된다.

[0031] 도 5h는 캐비티(506) 내에 환형 코어 엘리먼트(508)가 배치된 상태의 금속 코어(502)의 단면도이다. 보여질 수 있는 바와 같이, 환형 코어 엘리먼트(508)는 단부 캡들(514)로 금속 코어(502)에 고정되며, 상부 및 하부 원주 o-링 수용 리세스들(522, 524) 내에 배치된 상부 및 하부 o-링들(510, 512)을 통해 금속 코어(502)에 유체적으로(fluidically) 밀봉된다. 외부 냉각제 유체 개구부들(516) 및 내부 냉각제 유체 개구부들(526)이 또한 도시된다. 일부 예들에 있어, 외부 냉각제 유체 개구부들(516)은 이상에서 설명된 냉각제 유체 커플링들(213, 223, 214, 또는 224) 중 하나를 수용하도록 구성(예를 들어, 나사산이 지거나(threaded), 테이퍼지거나(tapered), 또는 유사하게)될 수 있다. 이와 같이, 환형 코어 엘리먼트(508)는 유체적으로 냉각제 유체 라인들(예를 들어, 도 1에 도시된 냉각제 유체 경로(128))에 연결될 수 있다. 도 5i는, 외부 냉각제 유체 개구(516)가 노출될 수 있도록, 그 안에 배치되며 단부 캡들(514) 중 하나로 고정되는 환형 코어 엘리먼트(508)를 갖는 금속 코어(502)의 평면도를 예시한다.

[0032] 환형 냉각제 유체 통로(536)를 통한 (점선 화살표에 의해 표현되는) 예시적인 냉각제 유체 흐름 경로(538)가 도시된다. 일부 예들에 있어, 냉각제 유체 흐름 경로(538)는 전반적으로 도 2a 및 도 3 내지 도 4에 도시된 냉각제 흐름 경로들(215 또는 225) 중 하나에 대응할 수 있다. 동작 동안, 냉각제 유체(126)는 (예시된 실시예에 있어, 자석의 상단에서의) 외부 냉각제 유체 개구부들(516) 중 하나 내로 펌핑될 수 있다. 그 뒤 냉각제 유체(126)는, 대응하는 내부 냉각제 유체 통로들(532)을 통해 지나갈 수 있고, 대응하는 내부 냉각제 유체 개구부들(526) 밖으로 지나갈 수 있으며, 그리고 환형 냉각제 유체 통로(536) 내로 지나갈 수 있다. 보여질 수 있는 바와 같이, 환형 냉각제 유체 통로(536)는 (명료성을 위하여, 이러한 도면에서 도시되지 않은) 전도성 와이어 랩들을 포함하는 금속 코어(502)의 영역에 인접하여 배치되며, 그에 따라 냉각제 유체가 환형 냉각제 유체 통로(536)를 돌아다닐(navigate) 때 자석(500)으로부터 냉각제 유체(126)로의 열 전달의 대부분이 일어난다. 그 후 가열된 냉각제 유체(126)가 환형 코어 엘리먼트(508)의 하부 부분 내의 내부 냉각제 유체 개구부들(526) 내로 지나갈 수 있으며, 대응하는 내부 냉각제 유체 통로들(532)을 통과하고, 그리고 외부 냉각제 유체 개구부(516)

밖으로 지나갈 수 있다. 냉각제 유체 흐름이 상단으로부터 하단으로일 필요가 없으며, 그 대신 자석의 하단으로부터 상단으로 흐르도록 배열될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0033] 일부 실시예들에 있어, 자석(500)의 효율적인 냉각은 냉각제 유체(126)가 환형 냉각제 유체 통로(536) 내에서 난류 흐름 체계(turbulent flow regime)로 동요(perturb)될 때 달성된다. 이해될 바와 같이, 이러한 냉각제 유체 통로(536)는, 냉각제 유체(126)가 열 소스(즉, 전도성 와이어 랩들)에 인접하는 것을 허용하고 계속해서 희망되는 자기장 성능을 유지하기 위해 필요한 코어 강철을 갖는 것을 허용한다. 이는, 전체 열 전달 표면을 제한하며 냉각제 유체를 열 소스(즉, 전도성 와이어 랩들)로부터 먼 거리에 위치시키고 코어를 통한 열의 전도에 의한 냉각 용량을 제한하는 중심 라인 상의 금속 코어를 통한 단일의 원통형 통로를 포함하는 표준 냉각 배열들을 뛰어 넘는 이점이다.

[0034] 일부 예들에 있어, 냉각제 유체(126)가 환형 냉각제 유체 통로(536)를 통과할 때 분당 0.25 갤론(0.946353 리터) 내지 분당 3 갤론(11.356236 리터) 사이의 흐름 레이트가 달성될 수 있도록, 제 1 직경(520) 및 제 2 직경(530)이 선택될 수 있다. 일부 예들에 있어, 섭씨 15도 내지 30도 사이의 온도를 갖는 냉각제 유체(126)가 냉각제 유체 통로(536)에 진입하고, 금속 코어(502) 및 환형 코어 엘리먼트(508)로부터 열을 흡수하며, 그 뒤 섭씨 26도 내지 42도 사이의 상승된 온도로 냉각제 유체 통로(536)를 빠져나올 수 있도록, 제 1 직경(520) 및 제 2 직경(530)이 선택될 수 있다.

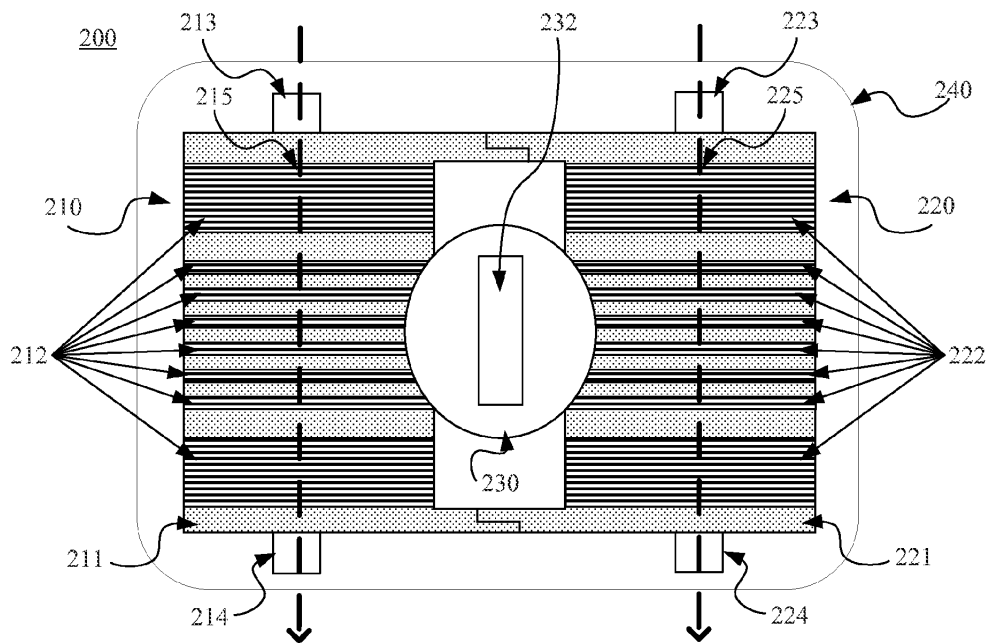
[0035] 이해될 바와 같이, 환형 냉각제 유체 통로(536)는 원형 형상일 수 있다. 더 구체적으로, 환형 냉각제 유체 통로(536)는, 도 5b와 관련하여 설명된 바와 같이, 환형 코어 엘리먼트(508)의 중간 섹션(528)과 금속 코어(502)의 캐비티(506) 사이에 형성된 공간에 대응할 수 있다.

[0036] 환형 코어 엘리먼트(508)의 치수들, 특히 제 1 직경(520) 및 제 2 직경(530)은, 환형 냉각제 유체 통로(536)를 관통하는 냉각제 유체 흐름 레이트 및 열 전달 파라미터들이 금속 코어(502)로부터의 희망되는 레벨의 열 소산을 가능하게 하도록, 선택될 수 있다. 예시적인 일 예로서, 제 1 직경(520)은 1.25 인치(31.75 밀리미터)일 수 있으며, 반면 제 2 직경(530)은 1.20 인치(30.48 밀리미터)일 수 있다. 이러한 배열은 약 0.025 인치(0.635 밀리미터)의 방사상 폭(즉, 환형 코어 엘리먼트(508)의 외부 표면과 금속 코어(502)의 내부 포면 사이의 거리)을 갖는 환형 냉각제 유체 통로(536)를 야기할 것이다. 다른 예시적인 예로서, 제 1 직경(520)이 1.25 인치(31.75 밀리미터)일 수 있으며, 반면 제 2 직경(530)은 1.00 인치(25.4 밀리미터)일 수 있다. 이러한 배열은 약 0.125 인치(3.175 밀리미터)의 방사상 폭(즉, 환형 코어 엘리먼트(508)의 외부 표면과 금속 코어(502)의 내부 포면 사이의 거리)을 갖는 환형 냉각제 유체 통로(536)를 야기할 것이다. 일부 실시예들을 이용하면, 제 1 직경(520) 대 제 2 직경(530)의 비율은 환형 냉각제 유체 통로(536)를 관통하는 냉각제 흐름의 양과 가능한 한 적게 중간 섹션(528)으로부터 재료를 제거하는 것 사이의 밸런싱에 기초하여 결정될 수 있다. 예를 들어, 제 1 직경(520)이 1.25 인치(31.75 밀리미터)이고 제 2 직경(530)이 1.20 인치(30.48 밀리미터)인 이상에서 설명된 시나리오, 이러한 시나리오에서 더 적은 재료가 환형 코어 엘리먼트(508)로부터 제거됨에 따라 다른 시나리오보다 바람직할 수 있다.

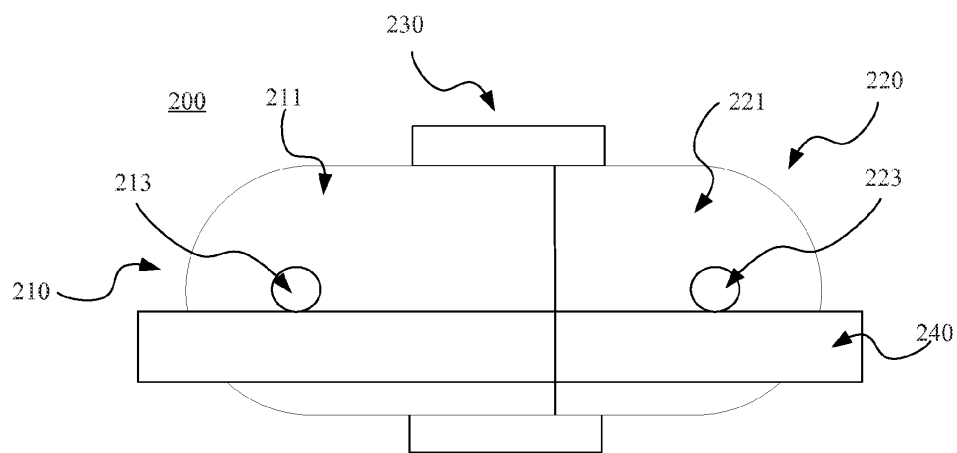
[0037] 일부 예들에 있어, 금속 코어(502) 및 환형 코어 엘리먼트(508)는 동일한 재료(예를 들어, 저 탄소강, 또는 유사한 것)로 형성될 수 있다. 따라서, 자석(500)의 동작 동안 자기장을 형성하기 위해 이용가능한 재료(예를 들어, 금속 코어(502) 및 환형 코어 엘리먼트(508)의 결합된 재료)는 속이 비지 않은(solid) 금속 코어(즉, 캐비티(506)가 없는 금속 코어)의 재료와 실질적으로 유사할 수 있다. 이와 같이, 자석(500)을 효율적으로 냉각시키기 위한 능력을 계속해서 유지하면서, 자석(500)에 의해 형성될 수 있는 자기장의 특성들이 종래의 디바이스들을 넘어 개선될 수 있다. 일부 예들에 있어, 개시된 자석(500)의 냉각 용량의 실질적인 증가에 기인하여, 전도성 와이어 랩들(504)을 통과하게 될 수 있는 전류의 양이 종래의 디바이스들에 비해 증가될 수 있다.

[0038] 본 발명은 본원에서 설명된 특정 실시예에 의해 범위가 제한되지 않는다. 오히려, 본원에서 설명된 실시예들에 더하여, 본 발명의 다른 다양한 실시예들 및 이에 대한 수정예들이 이상의 설명 및 첨부된 도면들로부터 당업자들에게 자명해질 것이다. 따라서, 이러한 다른 실시예들 및 수정예들이 본 발명의 범위 내에 속하도록 의도된다. 추가로, 본 발명이 본원에서 특정 목적을 위한 특정 환경에서의 특정 구현예의 맥락에서 설명되었지만, 당업자들은 이의 유용함이 이에 한정되지 않으며, 본 발명이 임의의 수의 목적들을 위한 임의의 수의 환경들에서 유익하게 구현될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 따라서, 이하에서 기술되는 청구항들은 본원에서 설명된 바와 같은 본 발명의 완전한 폭과 사상의 관점에서 해석되어야만 한다.

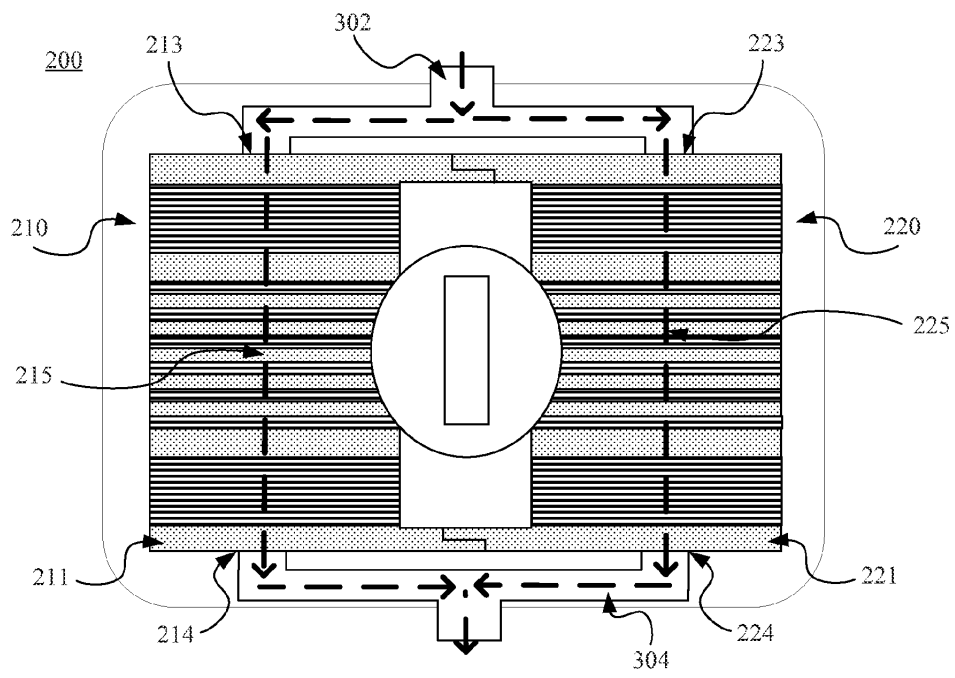
도면2a



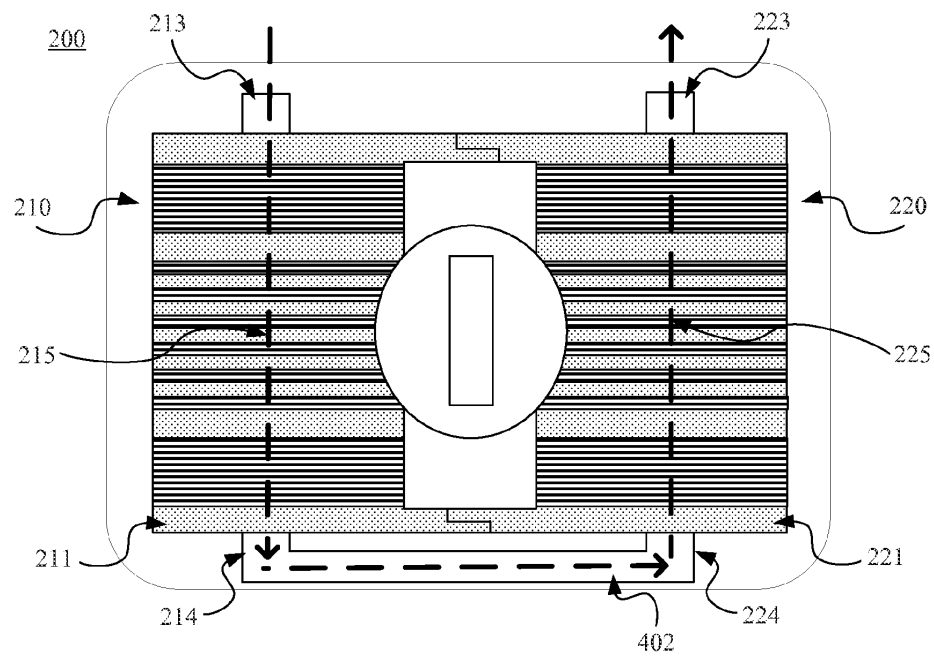
도면2b



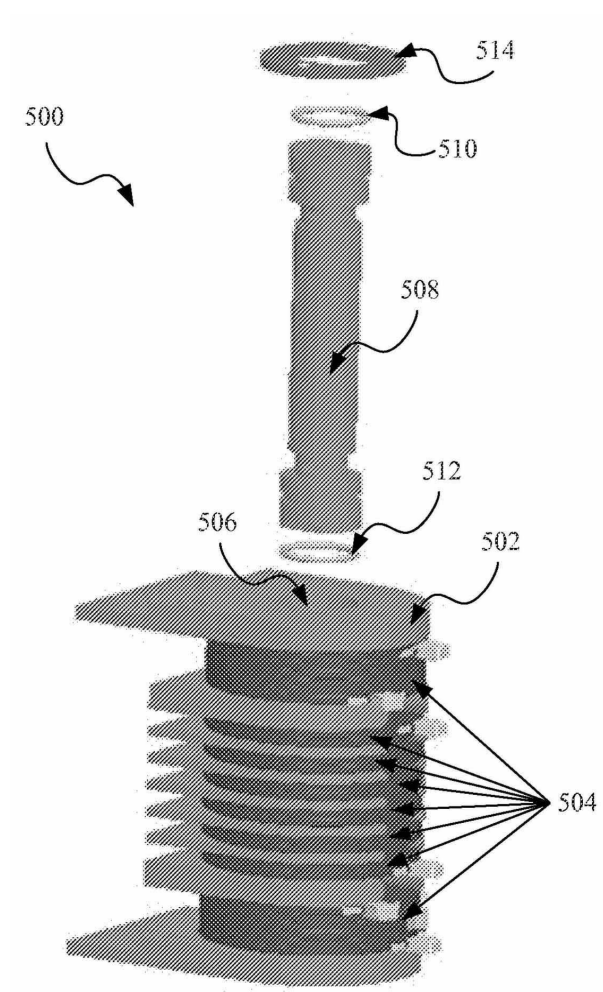
도면3



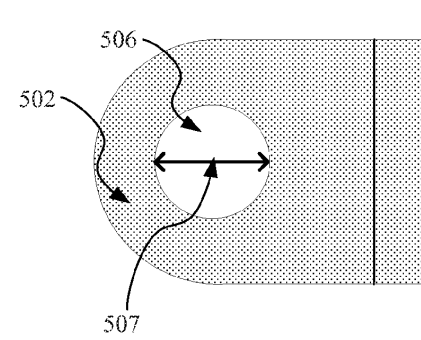
도면4



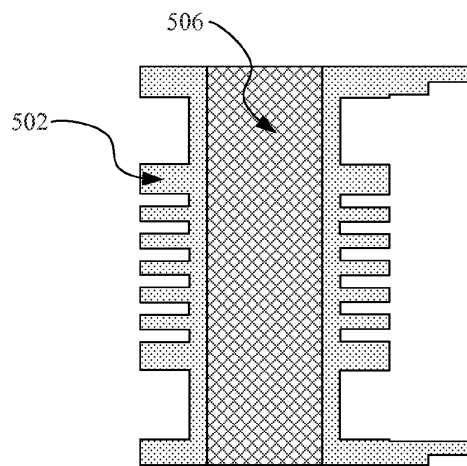
도면5a



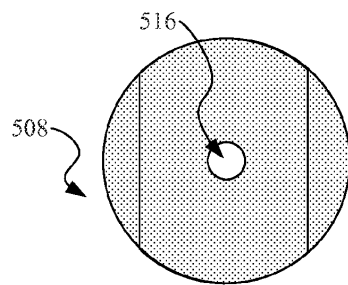
도면5b



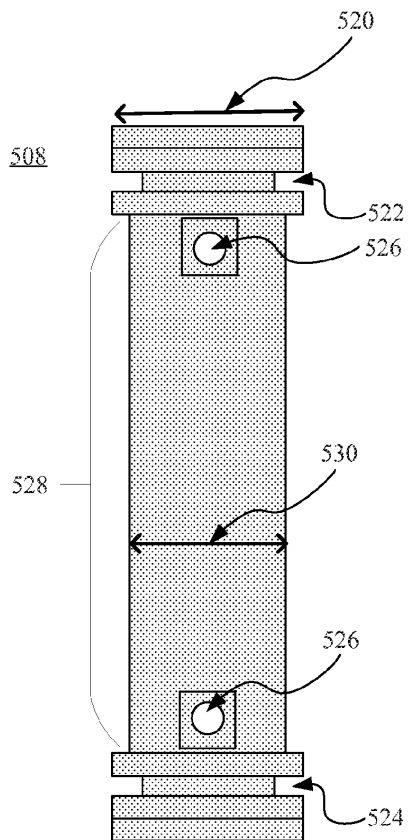
도면5c



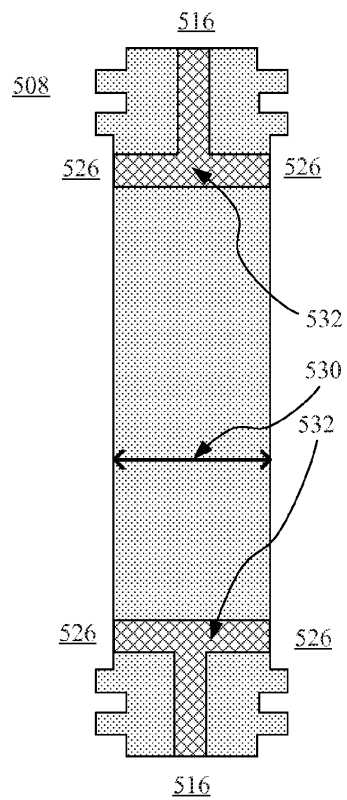
도면5d



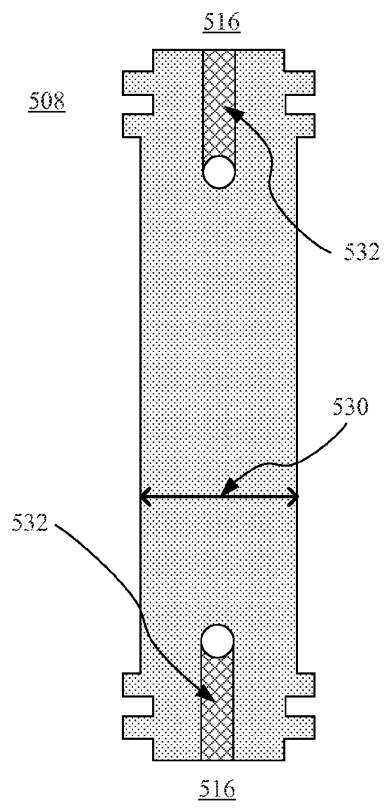
도면5e



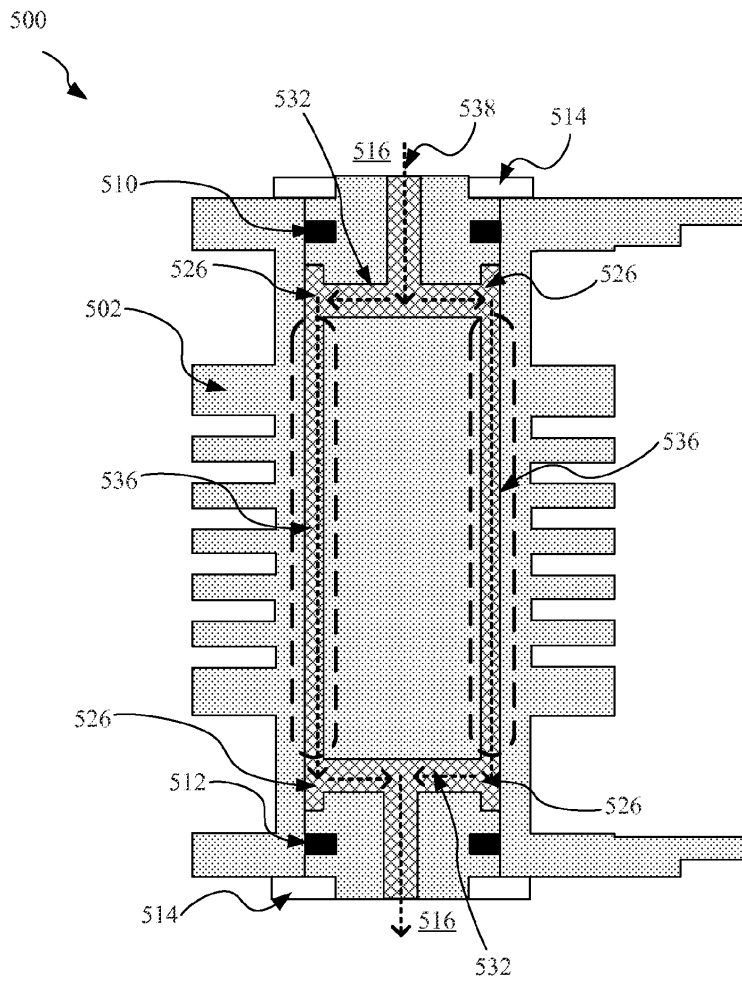
도면5f



도면5g



도면5h



도면5i

