



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0121187
(43) 공개일자 2023년08월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01F 6/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01F 6/04 (2013.01)

Y02E 40/60 (2020.08)

(21) 출원번호 10-2022-0016904

(22) 출원일자 2022년02월09일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

창원대학교 산학협력단

경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20(퇴촌동)

서울대학교산학협력단

서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)

(72) 발명자

한승용

서울특별시 강남구 일원로 120, 105동 1004호 (일원동, 샘터마을아파트)

김석호

경상남도 김해시 율하3로 76, 805동 1802호 (율하동, 신리마을 중앙하이츠아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

송정부

전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 히트파이프를 이용한 초전도 자석 냉각 시스템

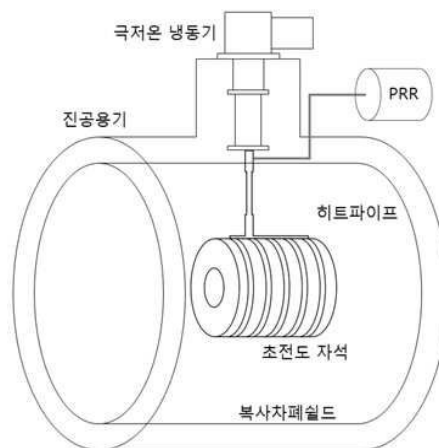
(57) 요약

히트파이프를 이용한 초전도 자석 냉각 시스템이 개시된다.

기존의 전도냉각 방식에서 사용되는 금속 소재의 냉각 채널을 대신하여 열전도율이 아주 높은 히트파이프를 사용하여 초전도 자석을 효율적으로 냉각할 수 있는 초전도 자석 냉각 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

일례에 따른 초전도 자석 냉각 시스템은, 극저온 냉동기와, 진공용기와, 히트파이프, 초전도 자석, 복사차폐실드를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

Y10S 505/879 (2013.01)

Y10S 505/89 (2013.01)

(72) 발명자

이재환

대구광역시 동구 안심로22길 55, 709동 204호

권용현

경남 창원시 의창구 퇴촌로 1

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711098049
과제번호	2019R1A5A8083201
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원(R&D)
연구과제명	극한환경 스마트 기계 부품 설계/제조 혁신 센터
기 여 율	1/2
과제수행기관명	창원대학교
연구기간	2019.09.01 ~ 2026.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711138068
과제번호	KMDF_PR_20200901_0063-02
부처명	과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 보건복지부, 식품의약품안전처
과제관리(전문)기관명	(재단)범부처전주기의료기기연구개발사업단
연구사업명	범부처전주기의료기기연구개발사업(R&D)(과기정통부, 복지부, 산업부)
연구과제명	(참여1)차세대 초고자기장 고온 초전도 MRI 마그넷 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	서울대학교 산학협력단
연구기간	2020.09.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

극저온 냉동기와, 진공용기와, 히트파이프와, 초전도 자석과, 압력저감장치 및 복사차폐월드를 포함하는, 히트파이프를 이용한 초전도 자석 냉각 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 히트파이프를 이용한 초전도 자석 냉각 시스템에 관한 것이다. 보다 상세하게는 기존의 전도냉각 방식에서 사용되는 금속 소재의 냉각 채널을 대신하여 열전도율이 아주 높은 히트파이프를 사용하여 초전도 자석을 효율적으로 냉각할 수 있는 초전도 자석 냉각 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 초전도 자석을 포함하는 시스템의 냉각 방식은 저온 기체(헬륨, 네온, 수소)를 순환하여 냉각하는 냉매 순환 방식과 극저온 액체 속에서 냉각하는 방식과 극저온 냉동기를 직접 체결하여 냉각하는 방식으로 나눌 수 있다.

[0003] 극저온 기체 순환방식은 기체를 냉각하기 위한 냉동기와 열교환기, 블로워 등의 장치가 추가된다. 극저온 액체로 직접 냉각하는 방식은 극저온 유체가 증발하여 기체가 발생하며, 증발로 발생하는 기체를 재응축하기 위한 재응축 시스템이 필요하다. 극저온 냉동기를 이용한 전도냉각 방식은 가장 단순한 시스템 구성을 가지며, 초전도 자석을 냉각하기 위해 필요한 동력도 가장 적게 사용된다.

[0004] 하지만, 전도 냉각 방식은 냉각 대상의 온도 구배가 발생하며, 초전도 자석을 운전온도 이하로 냉각하기 위해서는 더 많은 동력을 사용하거나, 용량이 큰 냉동기를 선정해야 된다는 문제점을 가지고 있다.

[0005] 이러한 문제를 해결하기 위해서는 냉동기와 초전도 자석을 연결하는 냉각채널을 편조선이나 구리 블록 등을 사용하지 않고, 히트파이프를 사용할 수 있다.

[0006] 히트파이프는 열을 효율적으로 전달하기 위한 장치로 히트파이프 내부의 유체의 상변화에 의해 기체와 액체가 고온부와 저온부로 서로 이동하면서 열을 전달한다. 초전도 자석을 냉각하기 위한 히트파이프에 사용되는 유체는 헬륨(4 K), 수소(20 K), 네온(27 K)을 사용할 수 있다.

[0007] 초전도 자석은 임계온도 이하에서 초전도 상태를 유지하기 때문에 초전도 자석을 적용한 시스템에서는 냉각이 아주 중요하다.

[0008] 초전도 자석을 냉각하기 위한 방법은 저온의 기체를 순환시켜 냉각하는 기체순환 냉각방식, 냉동기에 직접 체결하는 전도냉각방식 등이 있다.

[0009] 기체순환 냉각방식은 냉각을 위한 시스템이 추가되며, 시스템을 구성하기 위한 금액도 증가하게 된다.

[0010] 전도냉각방식은 냉동기와 초전도 자석을 냉각채널로 직접 연결하여 전도에 의해 냉각되며, 냉각채널의 연결에 의한 열저항으로 온도차가 발생한다.

[0011] 초전도 자석은 목표 온도에 도달하지 못하면 목표 성능을 낼 수 없으며, 전도냉각 방식에서의 온도 제어는 가장 중요한 요소이다.

[0012] 이러한 문제는 냉동기와 초전도 자석을 연결하는 냉각 채널을 히트파이프로 대체하여 문제를 해결할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 착안된 것으로서, 기존의 전도냉각 방식에서 사용되는 금속 소재의 냉각 채널을 대신하여 열전도율이 아주 높은 히트파이프를 사용하여 초전도 자석을 효율적으로 냉각할

수 있는 초전도 자석 냉각 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0014] 일례에 따른 초전도 자석 냉각 시스템은, 극저온 냉동기와, 진공용기와, 히트파이프와, 초전도 자석과, 압력저감장치 및 복사차폐셀드를 포함한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명을 이용하면, 기존의 전도냉각 방식에서 사용되는 금속 소재의 냉각 채널을 대신하여 열전도율이 아주 높은 히트파이프를 사용하여 초전도 자석을 효율적으로 냉각할 수 있는 초전도 자석 냉각 시스템을 제공할 수 있는 효과가 있다.

[0016] 또한, 본 발명을 이용하면, 첫째, 극저온 냉동기에 부착되어 초전도 자석을 냉각할 수 있다. 둘째, 기존의 전도 냉각방식에 사용되는 구리블럭이나 편조선에 비해 열전도율이 수십~수백배 높으며, 효과적인 냉각이 가능하다. 셋째, 사이즈가 작고 먼 거리까지 열전달이 가능하기 때문에 냉각대상의 여러곳에 부착하여 온도 구배를 줄일 수 있다. 넷째, 워구조를 적용하여 열사이편이 아닌 모세관력에 의한 펌핑력으로 히트파이프의 설치의 자유도를 높일 수 있다. 다섯째, 압력저감장치를 사용하여 온도 변화에 따른 히트파이프 내부의 압력을 일정하게 유지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 히트파이프를 이용한 초전도 자석 냉각 시스템의 일례를 나타낸 도면,

도 2는 도 1의 초전도 자석 냉각 시스템에서의 히트파이프 내부의 유체의 흐름을 예시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.

[0019] 히트파이프를 냉각시스템에 적용하기 위해서는 초전도 자석의 운전온도에 따른 작동 유체의 선정, 냉각용량에 따른 히트파이프 내부의 유체의 충전량과 압력 등을 고려해야 한다. 본 발명자는 히트파이프를 이용한 열 저장 시스템에 대한 연구과제를 수행한 바 있으며, 초전도 자석 냉각 시스템의 효율적인 냉각을 위해서 히트파이프의 동작 특성과 운용에 대한 노하우를 보유하고 있다.

부호의 설명

[0020] 도 1은 히트파이프를 이용한 초전도 자석 냉각 시스템의 일례를 나타낸 도면이다.

도 1에서 나타낸 바와 같이, 히트파이프를 이용한 초전도 자석 냉각 시스템은, 극저온 냉동기와, 진공용기와, 히트파이프와, 초전도 자석과, 압력저감장치 및 복사차폐셀드를 포함한다.

히트파이프는 일반적으로 사용하는 구리소재의 냉각채널에 비해 열전도율이 수십~수백배 높으며, 효과적인 냉각을 가능하게 한다. 히트파이프는 반영구적으로 사용 가능하며 소형으로 제작할 수 있기 때문에 초전도 자석에서 발생하는 온도구배가 높은 부분에 부착하여 초전도 자석 전체의 온도를 일정 범위 이내로 줄일 수 있다.

히트파이프는 중력에 의한 열 사이편으로 작동하기 때문에 극저온 냉동기는 시스템의 상부에 설치해야되지만, 히트파이프 내부에 다공성의 워를 사용하면 모세관력에 의한 펌핑으로 유체를 저온부와 고온부 사이를 이송할 수 있게 되며 극저온 냉동기의 설치 위치를 상부가 아닌 다른 위치에 설치할 수 있다.

히트파이프를 전도 냉각 시스템에 적용하였을 때 히트파이프 내부의 유체는 상온에서 극저온의 온도차에 의해 내부 압력이 줄어들게 된다. 이러한 문제는 압력저감장치(PRR)를 적용하여 온도 불균형을 해소할 수 있다.

히트파이프를 적용한 초전도 자석 냉각 시스템은 고온 초전도 자석을 적용하는 NMR(Nuclear magnetic resonance), MRI(Magnetic resonance imaging) 등에 적용할 수 있다.

도 2는 도 1의 초전도 자석 냉각 시스템에서의 히트파이프 내부의 유체의 흐름을 예시한 도면이다.

초전도 자석을 냉각하기 위해 히트파이프는 극저온 냉동기의 콜드헤드에 연결되며, 히트파이프는 열전도도가 높은 구리와 같은 금속 관 내부에 유체를 주입하여 온도차에 의해 열을 이송한다.

히트파이프의 저온부는 극저온 냉동기, 고온부는 초전도 자석에 부착되며 저온부에서는 극저온 냉동기에 의해 낮은 온도를 유지하기 때문에 히트파이프 내부의 유체가 액화되어 고온부로 이동하게 되고, 고온부로 이동한 유체는 상대적으로 높은 온도에 의해 증발되며, 증발잠열만큼 초전도 자석을 냉각하게 된다.

이러한 과정이 반복되면서 초전도 자석이 냉각된다. 냉각 시스템이 상온에서 극저온으로 냉각되면서 상온과 극저온의 온도차에 의한 히트파이프 내부의 압력이 낮아지게 되며, 압력저감장치를 히트파이프에 연결하여 히트파이프 내부의 압력을 일정하게 유지할 수 있다.

압력저감장치는 히트파이프 내부의 체적에 비해 아주 큰 용기로 되어있으며, 온도 변화에 의한 히트파이프 내부의 압력변화에 영향을 주지 않도록 충분히 많은 양의 유체가 충전되어 있다.

히트파이프를 적용한 냉각시스템은 100 K 이하의 온도를 효율적으로 냉각하기 위해 사용될 수 있다. 히트파이프 내부에 질소 (77 K), 네온(27 K), 수소(20 K), 헬륨(4 K)을 사용하여 다양한 온도에서 사용하기 위한 시스템에 적용할 수 있으며, 극저온의 유체 저장 시스템에서 일정한 온도를 유지하기 위한 시스템 등에 사용할 수 있다.

또한, 초전도 자석이 포함된 시스템에서 초전도 자석의 목표 성능에 도달하기 위해서는 운전온도로 냉각하는 것이 아주 중요하다. 기존의 사용되고 있는 냉각방식 중 전도냉각방식으로 초전도 자석을 냉각할 때 극저온 냉동기와 초전도 자석을 구리와 같이 열전도율이 높은 금속 소재로 제작된 냉각 채널로 연결하여 냉각하게 된다.

전도냉각은 열저항에 의해서 온도 구배가 발생하게 되며, 초전도 자석의 형상에 따라 큰 온도구배로 인한 시스템의 목표 온도로 냉각하지 못하는 경우도 발생하게 된다.

이러한 경우 냉각용량이 큰 냉동기를 선정하면 문제를 해결할 수 있지만, 극저온 냉동기는 높은 가격으로 인해 시스템 구성에 비용 증가로 이어지게 된다.

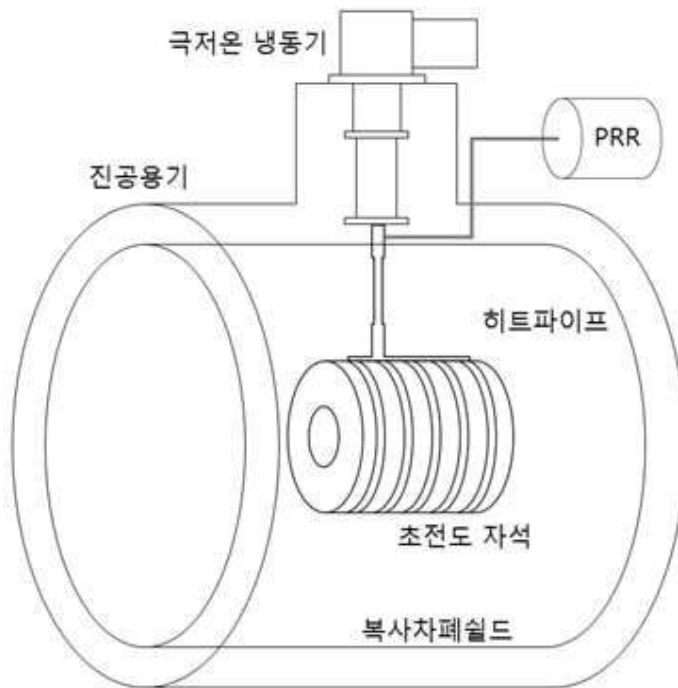
본 발명을 이용하면, 기존에 사용하고 있는 냉각채널을 열전달 효율이 뛰어난 히트파이프로 대체할 경우 저비용으로 온도구배를 줄일 수 있게 되며, 시스템 구성에 필요한 비용이 감소시킬 수 있다. 히트파이프는 전자제품, 우주선 등 다양한 분야에서 열을 제거하기 위해 사용되고 있으며, 히트파이프의 열수송 능력은 이미 많은 연구와 실제 사용된 제품 등으로 충분한 성능이 검증되었다.

또한 본 발명을 이용하면, 본 발명은 기존의 초전도 자석의 냉각방식을 개선하기 위해 열전도율이 높은 히트파이프를 적용하여 효과적인 냉각을 가능하게 하는 것으로, 전도냉각방식의 단점인 열저항에 의한 온도구배에 따른 냉각 문제를 해결할 수 있다.

또한, 본 발명을 이용하면, 의료, 항공, 수송, 에너지 분야 등에서 초전도 자석을 적용한 시스템을 적용할 수 있으며, 냉각을 위한 시스템의 가장 핵심적인 요소로 히트파이프가 사용될 수 있다. 히트파이프를 냉각 시스템에 적용하기 위해서는 목적에 따른 냉각 시스템의 설계가 필요하며, 상온에서 극저온의 온도까지 넓은 온도 범위에서 사용하기 위한 시스템을 구성하기 위한 기술력을 관련 기업에 기술이전 또는 창업등을 통해 이익을 창출할 수 있다.

도면

도면1



도면2

