



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0092266
(43) 공개일자 2017년08월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01F 6/06 (2006.01) G01R 33/035 (2006.01)
H01F 27/32 (2006.01) H01F 38/30 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01F 6/06 (2013.01)
G01R 33/035 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0013393
(22) 출원일자 2016년02월03일
심사청구일자 2016년02월03일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
이해근
서울특별시 동대문구 장한로 119 삼성쉐르빌 548
호
김광록
경기도 부천시 소사구 소안로 20 삼익세라믹아파
트 103동 805호
김성경
경기도 부천시 원미구 부흥로 100 한아름아파트
1529동 606호
(74) 대리인
이동건

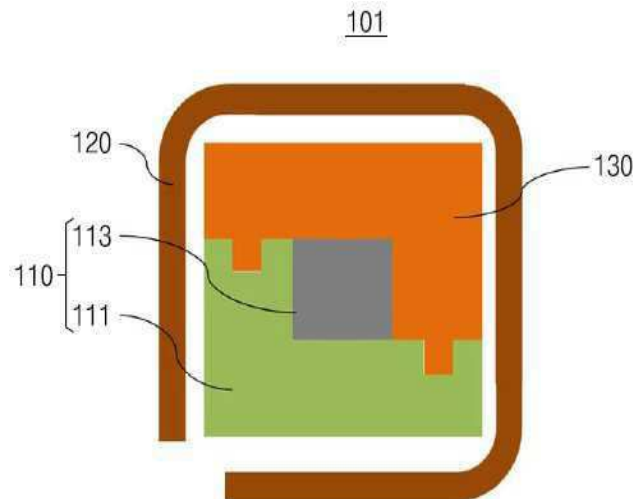
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 셰이킹 코일을 포함하는 초전도 코일 모듈

(57) 요약

초전도 현상을 이용하여 자기장을 형성하는 초전도 코일 모듈이 개시된다. 초전도 코일 모듈은 초전도 코일과 셰이킹 코일을 구비한다. 초전도 코일은 원통 형상의 보빈과 보빈의 외주면을 둘러싸도록 구비되고 초전도 특성을 갖는 초전도 선재를 구비하며, 충전시 방사 방향으로 자기장을 형성한다. 셰이킹 코일은 초전도 선재와 인접하게 배치되고, 초전도 선재 내부에 형성된 스크리닝 전류 유도 자기장을 감쇄시키기 위한 교류 자기장을 형성한다. 이와 같이, 초전도 코일 모듈은 셰이킹 코일을 구비함으로써 볼텍스 셰이킹 효과를 이용하여 초전도 선재 내부에 형성된 스크리닝 전류 유도 자기장을 감쇄시킬 수 있으므로, 중심 자장을 균일하게 유지할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01F 27/325 (2013.01)

H01F 2038/305 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415140292

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 전략적핵심소재기술개발사업

연구과제명 초전도 의료·전력기기 적용을 위한 임계전류 특성이 우수한 6km급 MgB2 초전도 선재 및 코일 개발

기 여 율 1/1

주관기관 (주) 케이.에이.티.

연구기간 2015.06.01 ~ 2020.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

원통 형상의 보빈, 및 상기 보빈의 외주면을 둘러싸도록 구비되고 초전도 특성을 갖는 초전도 선재를 구비하고, 충전시 방사 방향으로 자기장을 형성하는 초전도 코일; 및

상기 초전도 선재와 인접하게 배치되고, 상기 초전도 선재 내부에 형성된 스크리닝 전류 유도 자기장을 감쇄시키기 위한 교류 자기장을 형성하는 웨이킹 코일을 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도 코일 모듈.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 웨이킹 코일은 상기 초전도 선재의 외부에서 상기 초전도 선재와 평행한 방향으로 상기 교류 자기장을 형성하는 것을 특징으로 하는 초전도 코일 모듈.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 웨이킹 코일은 상기 초전도 코일을 중심축으로 하여 상기 초전도 코일을 둘러싸는 토로이달(toroidal) 형상으로 구비되는 것을 특징으로 하는 초전도 코일 모듈.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 초전도 선재와 상기 웨이킹 코일 사이에 개재되어 상기 초전도 선재와 상기 웨이킹 코일간의 전기적 단락을 방지하기 위한 스페이서를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도 코일 모듈.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 웨이킹 코일의 도선은 구리 재질로 이루어진 것을 특징으로 하는 초전도 코일 모듈.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 초전도 코일은 2세대 고온 초전도 코일인 것을 특징으로 하는 초전도 코일 모듈.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 초전도 코일에 관한 것으로, 보다 상세하게는 고온 초전도체로 이루어진 초전도 선재를 구비하여 핵자기공명장치(NMR) 및 자기공명영상장치(MRI)에 이용될 수 있는 웨이킹 코일을 포함하는 초전도 코일 모듈에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 초전도 코일은 초전도 물질로 이루어진 초전도 선재를 구비하여 강력한 자기장을 형성하는 것으로서, 임계 온도 이하에서 전기 저항이 급속히 감소하여 0이 되는 물질을 초전도체라 한다. 이때, 고온 초전도체(High Temperature Superconductor)는 초전도체 이론인 BSC 이론을 따르지 않는 초전도체로서 약 30K 이상의 온도에서 초전도성을 보이는 물질을 일컫는다.

- [0003] 고온 초전도 코일은 액체 헬륨 대신 액체 질소를 냉매로 사용할 수 있어 냉각 비용을 현저하게 감소시키며, 핵자기공명장치(NMR)와 같은 분석기기 또는 의료기기인 자기공명화상장치(MRI) 등에 이용될 수 있다.
- [0004] 2세대 고온 초전도 코일(2nd generation high temperature superconducting coils)에 적용되는 고온 초전도 선재는 완충층이 코팅된 금속 기판에 초전도층을 증착하여 테이프 형태로 선재화한 것으로서, 일반적으로 약 1MA/cm² 이상의 임계 전류 밀도로 전류를 손실 없이 통전할 수 있다.
- [0005] 이러한 초전도 선재를 구비하는 2세대 고온 초전도 코일은 전류 인가를 통한 충전시 발생된 자기장을 다양하게 응용할 수 있다.
- [0006] 그러나 2세대 고온 초전도 코일은 충전시 형성되는 방사형 자기장(radial field)이 2세대 고온 초전도 코일을 통과하며, 이로 인해 초전도 선재 내부에 방사형 자기장을 약화시키는 스크리닝 전류(screening current)가 형성될 수 있다. 스크리닝 전류는 2세대 고온 초전도 코일의 충전 및 방전 시 초전도 선재의 경계부에 지속적으로 흐르며, 초전도체 내에서 영구적으로 흐르는 스크리닝 전류는 방사형 자기장의 반대 방향으로 자기장을 유도하는 스크리닝 전류 유도 자기장(screening current-induced field)을 형성한다. 스크리닝 전류 유도 자기장은 2세대 고온 초전도 코일의 냉매를 제거하여 코일이 초전도성을 잃어버리기 전까지 지속적으로 유지된다. 특히, 2세대 고온 초전도 코일이 수 회 충전 및 방전을 반복함에 따라 코일에 잔류하는 스크리닝 전류 유도 자기장은 코일 전체의 중심 자장에 영향을 주기 때문에, 핵자기공명장치나 자기공명화상장치와 같이 중심 자장의 고균일도를 요구하는 장치에서는 이를 꼭 제거해야만 한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1385746호 (2014.04.09.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 실시예들은 볼텍스 셰이킹 효과(vortex shaking effect)를 이용하여 스크리닝 전류 유도 자기장을 효율적으로 감쇄시킬 수 있는 셰이킹 코일을 포함하는 초전도 코일 모듈을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 초전도 코일 모듈은, 원통 형상의 보빈과 상기 보빈의 외주면을 둘러싸도록 구비되고 초전도 특성을 갖는 초전도 선재를 구비하고 충전시 방사 방향으로 자기장을 형성하는 초전도 코일, 및 상기 초전도 선재와 인접하게 배치되고 상기 초전도 선재 내부에 형성된 스크리닝 전류 유도 자기장을 감쇄시키기 위한 교류 자기장을 형성하는 셰이킹 코일을 포함할 수 있다.
- [0010] 본 발명의 실시예들에 따르면, 상기 셰이킹 코일은 상기 초전도 선재의 외부에서 상기 초전도 선재와 평행한 방향으로 상기 교류 자기장을 형성할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 실시예들에 따르면, 상기 셰이킹 코일은 상기 초전도 코일을 중심축으로 하여 상기 초전도 코일을 둘러싸는 토로이달(toroidal) 형상으로 구비될 수 있다.
- [0012] 본 발명의 실시예들에 따르면, 상기 초전도 코일 모듈은, 상기 초전도 선재와 상기 셰이킹 코일 사이에 개재되어 상기 초전도 선재와 상기 셰이킹 코일간의 전기적 단락을 방지하기 위한 스페이서를 더 포함할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 실시예들에 따르면, 상기 셰이킹 코일의 도선은 구리 재질로 이루어질 수 있다.
- [0014] 본 발명의 실시예들에 따르면, 상기 초전도 코일은 2세대 고온 초전도 코일일 수 있다.

발명의 효과

- [0015] 상술한 바와 같은 본 발명의 실시예들에 따르면, 초전도 코일 모듈은 셰이킹 코일을 구비함으로써, 초전도 코일 외부에 초전도 선재와 평행한 방향으로 교류 자기장을 형성할 수 있다. 이에 따라, 교류 자기장에 직각으로 위

치하는 스크리닝 전류 유도 자기장이 제거될 수 있으므로, 초전도 선재 내부에 형성된 스크리닝 전류 유도 자기장이 감쇄될 수 있다. 그 결과, 초전도 코일 모듈은 중심 자장을 균일하게 유지할 수 있으므로, 핵자기공명장치 및 자기공명화상장치를 효율적으로 운용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 셰이킹 코일을 포함하는 초전도 코일 모듈의 구동 원리를 설명하기 위한 개략적인 구성도이다.
- 도 2는 도 1에 도시된 초전도 코일 모듈을 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.
- 도 3은 도 2에 도시된 초전도 코일을 설명하기 위한 사시도이다.
- 도 4는 도 2에 도시된 셰이킹 코일을 설명하기 위한 사시도이다.
- 도 5는 도 1에 도시된 초전도 코일 모듈이 스크리닝 전류 유도 자기장을 감쇄시키는 과정을 나타낸 흐름도이다.
- 도 6은 도 2에 도시된 초전도 코일의 충전시 초전도 선재에 형성된 스크리닝 전류와 스크리닝 전류 유도 자기장을 설명하기 위한 모식도이다.
- 도 7은 도 2에 도시된 셰이킹 코일의 구동에 의해 초전도 코일 주변에 형성된 교류 전류를 설명하기 위한 모식도이다.
- 도 8은 도 2에 도시된 셰이킹 코일의 구동에 의해 스크리닝 전류 유도 자기장이 감쇄되는 원리를 설명하기 위한 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 본 발명의 실시예들은 첨부 도면들을 참조하여 상세하게 설명된다. 그러나, 본 발명은 하기에서 설명되는 실시예들에 한정된 바와 같이 구성되어야만 하는 것은 아니며 이와 다른 여러 가지 형태로 구체화될 수 있을 것이다. 하기의 실시예들은 본 발명이 온전히 완성될 수 있도록 하기 위하여 제공된다기보다는 본 발명의 기술 분야에서 숙련된 당업자들에게 본 발명의 범위를 충분히 전달하기 위하여 제공된다.
- [0018] 본 발명의 실시예들에서 하나의 요소가 다른 하나의 요소 상에 배치되는 또는 연결되는 것으로 설명되는 경우 상기 요소는 상기 다른 하나의 요소 상에 직접 배치되거나 연결될 수도 있으며, 다른 요소들이 이들 사이에 개재될 수도 있다. 이와 다르게, 하나의 요소가 다른 하나의 요소 상에 직접 배치되거나 연결되는 것으로 설명되는 경우 그들 사이에는 또 다른 요소가 있을 수 없다. 다양한 요소들, 구성들, 영역들, 층들 및/또는 부분들과 같은 다양한 항목들을 설명하기 위하여 제1, 제2, 제3 등의 용어들이 사용될 수 있으나, 상기 항목들은 이들 용어들에 의하여 한정되지 않는 것이다.
- [0019] 본 발명의 실시예들에서 사용된 전문 용어는 단지 특정 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 사용되는 것이며, 본 발명을 한정하기 위한 것은 아니다. 또한, 달리 한정되지 않는 이상, 기술 및 과학 용어들을 포함하는 모든 용어들은 본 발명의 기술 분야에서 통상적인 지식을 갖는 당업자에게 이해될 수 있는 동일한 의미를 갖는다. 통상적인 사전들에서 한정되는 것들과 같은 상기 용어들은 관련 기술과 본 발명의 설명의 문맥에서 그들의 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석될 것이며, 명확히 한정되지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 외형적인 직감으로 해석되지는 않을 것이다.
- [0020] 본 발명의 실시예들은 본 발명의 이상적인 실시예들의 개략적인 도해들을 참조하여 설명된다. 이에 따라, 상기 도해들의 형상들로부터의 변화들, 예를 들면, 제조 방법들 및/또는 허용 오차들의 변화는 충분히 예상될 수 있는 것들이다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 도해로서 설명된 영역들의 특정 형상들에 한정된 바대로 설명되어지는 것은 아니라 형상들에서의 편차를 포함하는 것이며, 도면들에 설명된 요소들은 전적으로 개략적인 것이며 이들의 형상은 요소들의 정확한 형상을 설명하기 위한 것이 아니며 또한 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것이 아니다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 셰이킹 코일을 포함하는 초전도 코일 모듈의 구동 원리를 설명하기 위한 개략적인 구성도이고, 도 2는 도 1에 도시된 초전도 코일 모듈을 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.
- [0022] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 셰이킹 코일을 포함하는 초전도 코일 모듈(101)을 구비하는 장치(100)는 핵자기공명장치나 자기공명화상장치와 같이 중심 자장의 고균일도를 요구하는 장치에 이용될

수 있는 것으로서, 초전도 현상을 이용하여 강력한 자기장을 형성하는 초전도 코일 모듈(101), 및 상기 초전도 코일 모듈(101)의 구동에 필요한 전력을 공급하는 직류전원공급부(103)와 교류전원공급부(105)를 포함할 수 있다.

- [0023] 상기 초전도 코일 모듈(101)은 핵자기공명장치나 자기공명화상장치와 같은 장치의 내부에서 충전 및 방전을 수행하기 위한 실질적인 구동부로서, 상기 초전도 코일 모듈(101)은 상기 직류전원공급부(103)로부터 직류 전력을 공급받아 자기장을 형성하는 초전도 코일(110) 그리고 상기 초전도 코일(110)에 형성된 스크리닝 전류 유도 자기장을 감쇄시키기 위한 셰이킹 코일(120)을 구비할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 초전도 코일 모듈(101)은 도 1에 도시된 것처럼 링 형상의 펜 케이크 형태로 구비되어 복층 구조로 배치될 수 있으나, 상기 초전도 코일 모듈(101)의 형상 및 배치 구조는 이에 제한되지 않는다.
- [0025] 도 3은 도 2에 도시된 초전도 코일을 설명하기 위한 사시도이고, 도 4는 도 2에 도시된 셰이킹 코일을 설명하기 위한 사시도이다.
- [0026] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 상기 초전도 코일(110)은 원통 형상의 보빈(111), 및 상기 보빈(111)의 외주면을 둘러싸도록 구비되는 초전도 선재(113)를 구비할 수 있다. 상기 초전도 선재(113)는 초전도 특성을 가지며, 전류 인입선(115)과 연결된다. 상기 전류 인입선(115)은 상기 초전도 코일(110)의 구동을 위해 외부로 노출되며, 상기 직류전원공급부(103)와 연결되어 상기 직류 전력을 상기 초전도 선재(113)에 인가한다. 상기 초전도 선재(113)는 상기 직류 전력을 공급받아 충전하며, 방사 방향으로 형성되는 방사형 자기장(radial field)을 형성한다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 초전도 코일(110)은 2세대 고온 초전도 코일일 수 있으며, 상기 초전도 선재(113)는 액체 질소의 기화점(약 77K)과 액체 헬륨의 기화점(약 4.2K) 내에서 물리적 변형이나 손상이 발생하지 않는 물질로 이루어질 수 있다.
- [0028] 한편, 상기 초전도 코일(110)이 충전시 형성되는 상기 방사형 자기장은 상기 초전도 코일(110)을 통과하는데, 이로 인해 상기 초전도 선재(113) 내부에 스크리닝 전류가 형성될 수 있다. 상기 스크리닝 전류는 상기 방사형 자기장의 반대 방향으로 자기장을 유도시키는 스크리닝 전류 유도 자기장을 형성하며, 스크리닝 전류 유도 자기장은 초전도 코일(110)의 중심 자장 균일도를 저하시킨다.
- [0029] 이를 방지하기 위해, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 초전도 코일 모듈(101)은 상기 스크리닝 전류 유도 자기장을 감쇄시키기 위한 상기 셰이킹 코일(120)을 구비한다.
- [0030] 도 2 및 도 4를 참조하면, 상기 셰이킹 코일(120)은 볼텍스 셰이킹 효과(vortex shaking effect)를 이용하여 상기 초전도 코일(110)에 형성된 상기 스크리닝 전류 유도 자기장을 감쇄시킬 수 있다.
- [0031] 구체적으로, 상기 셰이킹 코일(120)은 상기 초전도 코일(113)과 인접하게 배치될 수 있으며, 상기 교류전원공급부(105; 도 1 참조)로부터 교류 전력을 공급받아 상기 초전도 코일(110) 주변에 필드 셰이킹을 위한 교류 자기장을 형성한다. 상기 셰이킹 코일(120)에 의해 형성된 상기 교류 자기장은 상기 초전도 코일(110)의 외부에서 상기 초전도 선재(113)와 평행하게 형성되며, 그 결과, 상기 교류 자기장에 대해 직각으로 위치하는 상기 스크리닝 전류 유도 자기장이 제거될 수 있다. 이에 따라, 상기 초전도 선재(113) 내부에 형성된 스크리닝 전류 유도 자기장이 감쇄되므로, 상기 초전도 코일(110)의 중심 자장을 균일하게 유지할 수 있고, 핵자기공명장치 및 자기공명화상장치를 효율적으로 운용할 수 있다.
- [0032] 여기서, 상기 셰이킹 코일(120)은 에나멜 코팅 처리된 구리 도선으로 이루어지나, 상기 셰이킹 코일(120)의 도선 재질은 이에 제한되지 않는다. 또한, 상기 셰이킹 코일(120)을 구성하는 도선의 굵기와 재질은 상기 셰이킹 코일(120)에 통전되는 교류 전류의 크기 등을 고려하여 결정될 수 있다.
- [0033] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 셰이킹 코일(120)은 상기 초전도 코일(110)을 중심축으로 하여 상기 초전도 코일(110)을 둘러싸는 토로이달(toroidal) 형상으로 구비될 수 있으며, 도 2에 도시된 것처럼 상기 초전도 코일(110)과 최대한 인접하게 배치될 수 있다.
- [0034] 한편, 상기 초전도 코일 모듈(101)은 상기 초전도 선재(113)와 상기 셰이킹 코일(120) 사이에 배치되는 스페이서(130)를 더 포함할 수 있다. 상기 스페이서(130)는 상기 초전도 선재(113)와 상기 셰이킹 코일(120) 간의 단락을 방지하고, 상기 초전도 선재(113)와 상기 셰이킹 코일(120) 간의 적정 거리를 유지시킨다.

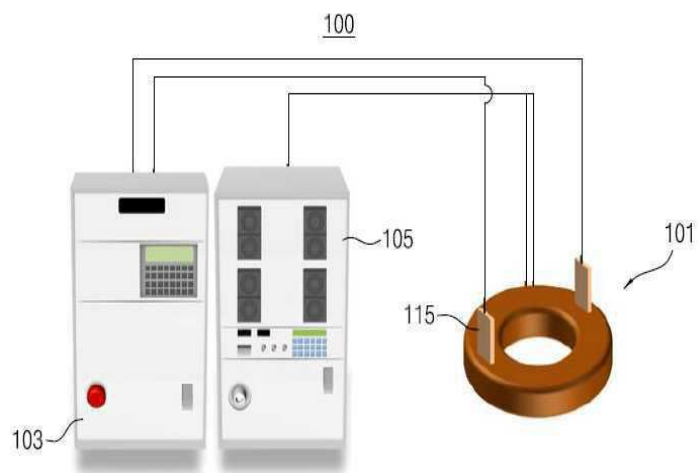
- [0035] 이하, 도면을 참조하여 상기 초전도 코일(110)의 충전 시 상기 초전도 코일(110)에 형성된 상기 스크리닝 전류 유도 자기장이 상기 웨이킹 코일(120)에 의해 감쇄되는 과정에 대하여 설명한다.
- [0036] 도 5는 도 1에 도시된 초전도 코일 모듈이 스크리닝 전류 유도 자기장을 감쇄시키는 과정을 나타낸 흐름도이고, 도 6은 도 2에 도시된 초전도 코일의 충전시 초전도 선재에 형성된 스크리닝 전류와 스크리닝 전류 유도 자기장을 설명하기 위한 모식도이다.
- [0037] 도 2, 도 5 및 도 6을 참조하면, 먼저, 상기 직류전원공급부(103; 도 1 참조)로부터 상기 초전도 선재(113)에 직류 전력이 공급되어 상기 초전도 코일(110)에 의한 충전이 이루어진다(단계 S110). 이때, 상기 초전도 코일(110)을 통과하는 상기 방사형 자기장이 형성된다. 이로 인해, 도 6에 도시된 바와 같이 상기 초전도 선재(113) 내부에 스크리닝 전류(SC)가 흐르게 되며, 그 결과, 상기 방사형 자기장과 반대 방향으로 자기장을 유도시키는 스크리닝 전류 유도 자기장(SCIF)이 형성된다. 상기 스크리닝 전류 유도 자기장(SCIF)은 도 6에 도시된 것처럼 상기 초전도 선재(113)를 두께 방향으로 형성되기 때문에, 상기 초전도 선재(113)를 통과하며 상기 초전도 코일(110)의 중심 자장의 균일도를 저하시킨다.
- [0038] 이를 방지하기 위해, 상기 웨이킹 코일(120)은 상기 교류전원공급부(105; 도 1 참조)로부터 교류 전력을 공급받아 상기 초전도 코일(110) 주변에 교류 전류를 흐르게 한다(단계 S120).
- [0039] 도 7은 도 2에 도시된 웨이킹 코일의 구동에 의해 초전도 코일 주변에 형성된 교류 전류를 설명하기 위한 모식도이고, 도 8은 도 2에 도시된 웨이킹 코일의 구동에 의해 스크리닝 전류 유도 자기장이 제거되는 원리를 설명하기 위한 모식도이다.
- [0040] 도 2, 도 5, 도 7, 및 도 8을 참조하면, 상기 웨이킹 코일(120)에 상기 교류 전력이 공급되면 상기 웨이킹 코일(120) 내부에 교류 전류(I_{AC})가 흐르게 되고, 상기 교류 전류(I_{AC})는 도 7에 도시된 것처럼 직류 전류(I_{DC})가 흐르는 상기 초전도 선재(113)의 주변을 흐른다.
- [0041] 그 결과, 도 8에 도시된 것처럼 상기 초전도 선재(113)의 외부에 교류 자기장(EACF)이 형성되어 상기 스크리닝 전류 유도 자기장(SCIF)이 제거될 수 있다(단계 S130).
- [0042] 즉, 상기 웨이킹 코일(120)에 의해 형성되는 상기 교류 자기장(EACF)은 상기 초전도 선재(113)와 평행하게 형성되며, 볼텍스 웨이킹 효과에 따라 상기 교류 자기장(EACF)에 대해 직각으로 위치하는 스크리닝 전류 유도 자기장(SCIF)이 제거될 수 있다. 이에 따라, 도 8에 도시된 것처럼 상기 초전도 선재(113)에 형성된 스크리닝 전류(SC)와 스크리닝 전류 유도 자기장(SCIF)의 방향이 상기 웨이킹 코일(120)의 구동 전(도 6 참조)과 달라지게 되며, 상기 스크리닝 전류 유도 자기장(SCIF)이 상기 교류 자기장(EACF)의 방향과 동일한 방향으로 변경된다. 이와 같이, 상기 교류 자기장(EACF)에 의해 상기 스크리닝 전류 유도 자기장(SCIF)이 감쇄되어 상기 초전도 코일(110)의 중심 자장에 영향을 미치지 않게 되므로, 상기 초전도 코일(110)은 중심 자장을 균일하게 유지할 수 있다.
- [0043] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

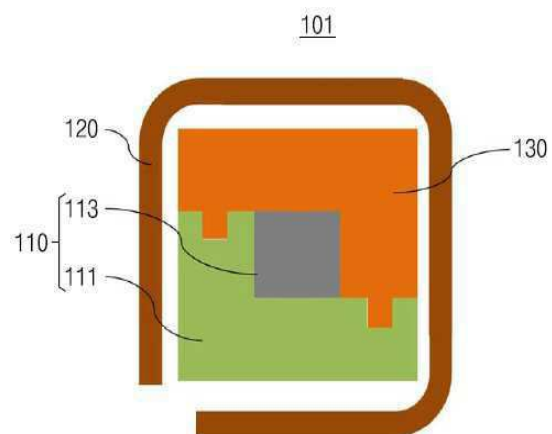
- [0044] 101 : 초전도 코일 모듈 103 : 직류전원공급부
105 : 교류전원공급부 110 : 초전도 코일
111 : 보빈 113 : 초전도 선재
120 : 웨이킹 코일 130 : 스페이서

도면

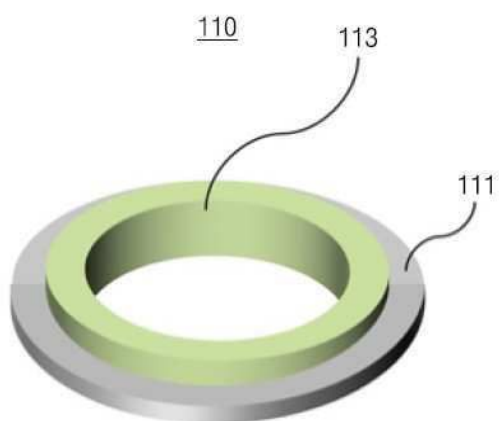
도면1



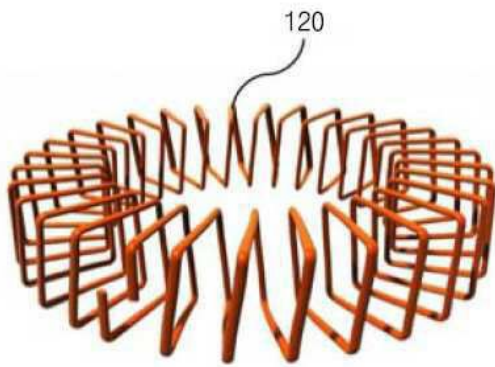
도면2



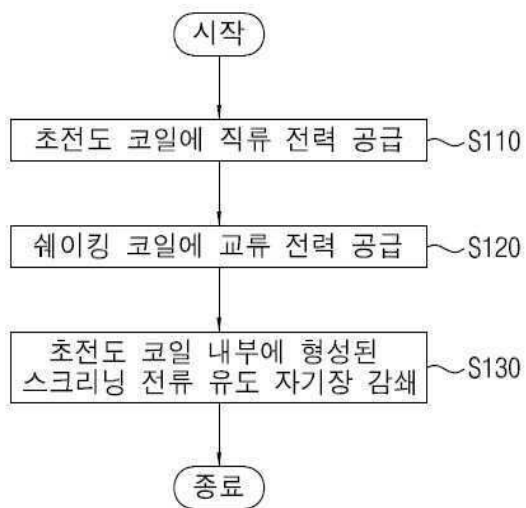
도면3



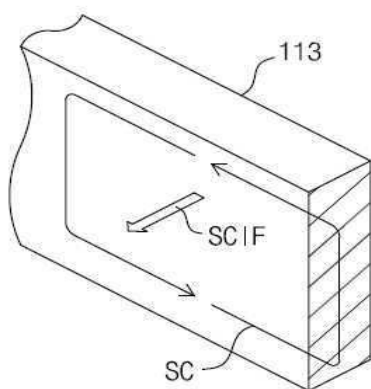
도면4



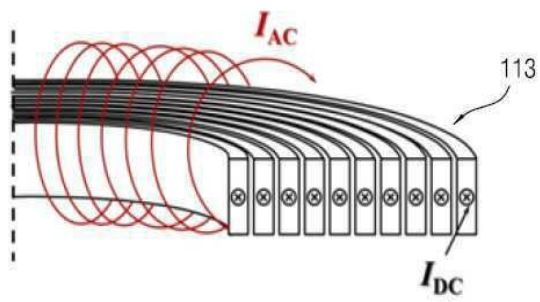
도면5



도면6



도면7



도면8

