



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년07월06일
 (11) 등록번호 10-1753614
 (24) 등록일자 2017년06월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01F 41/04 (2006.01) *H01F 6/06* (2006.01)
 (52) CPC특허분류
H01F 41/048 (2013.01)
H01F 6/06 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2016-0164993
 (22) 출원일자 2016년12월06일
 심사청구일자 2016년12월06일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020070005834 A*
 KR1020160046611 A*
 JP2002336215 A*
 KR1020060122194 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한국기초과학지원연구원
 대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)
 한국산업기술대학교산학협력단
 경기도 시흥시 산기대학로 237 (정왕동, 한국산업
 기술대학교)
 (72) 발명자
 황영진
 서울특별시 서초구 언남 18번길 6-0 5층 502호
 장재영
 대전광역시 유성구 신성로84번길 33-16, 402호 (신성동)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인남촌

전체 청구항 수 : 총 4 항

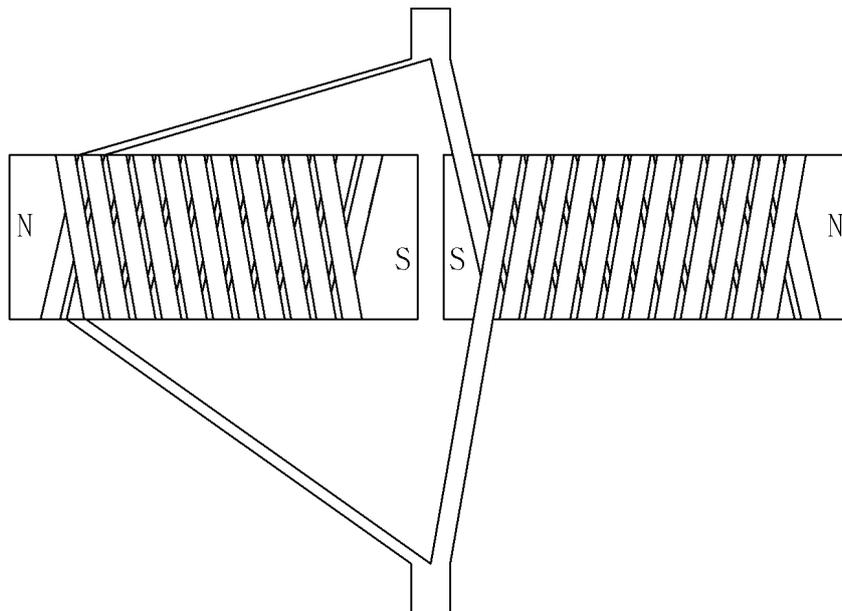
심사관 : 임영국

(54) 발명의 명칭 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 고온초전도 솔레노이드 자석 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 테이프 형태의 2세대 고온 초전도선재를 준비하고, 상기 고온초전도 선재의 양끝단부분을 제외한 선재의 중간부분을 선재의 길이방향을 따라 절단하여 2분할된 고온초전도 선재를 준비하는 단계와, 상기 2분할된 고온초전도 선재의 분할된 부분 각각을 일정 길이를 (뒷면에 계속)

대표도 - 도5b



가지며 실린더 형상으로 형성된 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 권선하되 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈의 일측끝단으로부터 타측을 향하여 순차적으로 적층하여 복수회 권선하고, 서로 대칭으로 권선한 후, 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈 중 어느 하나의 솔레노이드 자석용 보빈을 길이방향으로 180° 회전시켜 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 형성되는 솔레노이드 자석이 동일한 전류방향을 가지도록 한다. 본 발명에 의하면, 초전도 접합이 불가능한 테이프 형태의 2세대 고온 초전도 선재를 이용하여 영구전류 모드 운전이 가능한 솔레노이드 형태의 자석을 제조할 수 있고, 폭이 넓은 초전도 선재나 초전도 시트를 필요로 하지 않고 일반적인 테이프 형태의 고온 초전도 선재를 이용하여 레이어 권선 방식을 적용하여 대형의 영구전류 모드운전이 가능한 초전도 페루프를 가지는 솔레노이드 형태의 자석을 제조할 수 있다.

(52) CPC특허분류

Y10S 505/924 (2013.01)

(72) 발명자

이상갑

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 510동 204호 (전민동, 엑스포아파트)

김우석

서울시 서초구 잠원로 14길 42 329동 1005호

최경달

경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17, 318동2802호 (서현동, 시범단지한양아파트)

홍계원

경기도 성남시 분당구 미금로 215 814동 201호 (금곡동, 청솔마을대원아파트)

박상호

경기도 시흥시 신현로38번길 29, 3동 402호

이세연

인천광역시 서구 검암로20번길 47, 406동1001호 (검암동, 풍림아이원)

김영일

경기도 시흥시 산기대로 237, TIP401호 (정왕동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 D36611

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국기초과학지원연구원

연구사업명 출연연구기관 주요사업

연구과제명 무냉매 고온초전도 자석 핵자기공명장비 개발

기여율 1/1

주관기관 한국기초과학지원연구원

연구기간 2016.01.01 ~ 2016.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

테이프 형태의 2세대 고온 초전도선재를 준비하고, 상기 고온초전도 선재의 양끝단부분을 제외한 선재의 중간부분을 선재의 길이방향을 따라 절단하여 2분할된 고온초전도 선재를 준비하는 단계와,

상기 2분할된 고온초전도 선재의 분할된 부분 각각을 일정 길이를 가지며 실린더 형상으로 형성된 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 권선하되 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈의 일측끝단으로부터 타측을 향하여 순차적으로 적층하여 복수회 권선하고,

상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 권선되는 방향은 서로 대칭으로 권선한 후, 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈 중 어느 하나의 솔레노이드 자석용 보빈을 길이방향으로 180° 회전시켜 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 형성되는 솔레노이드 자석이 동일한 전류방향을 가지도록 하는 것을 특징으로 하는 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석의 제조방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 2분할된 고온초전도 선재의 권선수는 하나의 솔레노이드 자석용 보빈에서 위치에 따라 권선되는 권선수를 서로 다르게 하여 자기장의 균일도를 향상시키도록 전류 분포를 조절할 수 있는 것을 특징으로 하는 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석의 제조방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

일정 길이를 가지며 실린더 형상으로 형성되고 외주면에 초전도선재가 일정간격으로 권선되도록 안내하는 권선 홈이 형성된 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈과,

테이프 형태의 2세대 고온 초전도선재로 형성되되, 통전전류에 대하여 페루프를 형성하도록 양끝단은 초전도 상태로 연결되며 양끝단부분을 제외한 선재의 중간부분은 선재의 길이방향을 따라 절단되고, 절단되어 2분할된 고온초전도선재는 상기 솔레노이드 자석용 보빈에 권선되도록 구성된 2분할된 고온초전도 선재를 구비하며,

상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈은 중공의 실린더 형상으로 형성되며,

상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈의 중공부분에 삽입되어 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈을 지지하면서 서로 연결시키는 지지연결부를 더욱 구비하는 것을 특징으로 하는 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 2분할된 고온초전도 선재는 이터븀계 또는 가돌리늄계 2세대 고온 초전도선재로 형성되고,

상기 지지연결부 및 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에는 체결용 홈이 형성된 것을 특징으로 하는 무접합

고온초전도 솔레노이드 자석.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고온초전도 솔레노이드 자석 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 초전도 접합이 불가능한 테이프 형태의 2세대 고온 초전도 선재를 이용하여 영구전류 모드 운전이 가능한 솔레노이드 형태의 자석 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 초전도체는 초전도 전이온도(Tc) 이하와 임계자장(Hc) 이하에서만 저항이 없이 전류를 흘릴 수 있고, 이때 저항이 없이 흘릴 수 있는 최대 통전전류밀도인 임계전류밀도(Jc)가 존재하는데, 이러한 초전도체를 응용하는데 있어 선 혹은 테이프 형태로 가공하여 높은 자장을 생성시키는 초전도 전자석에 널리 사용되고 있다.

[0003] 상기 전자석은 선재를 여러 기하학적 형태의 코일로 권선하여 제작되며, 선재를 통해 전류를 흘리면 자장이 코일로부터 발생하게 되는데, 선재가 초전도체이면 저항에 의한 전력 손실이 발생하지 않는다. 상기 초전도 자석은 MRI(Magnetic Resonance Imaging)와 NMR(Nuclear Magnetic Resonance)의 Spectroscopy 등에 사용되며, 상기 장비가 규정된 특성을 발휘하기 위해서는 일정하고 안정한 자장상태가 요구되는데, 초전도 코일을 이루는 끝이 서로 초전도 접합되어 영구전류 모드의 폐회로가 형성되어야 한다.

[0004] 이상적인 초전도 접합이 이루어지면 자석이나 접합부에서 전기저항에 의한 에너지 손실 없이 통전 전류가 흐를 수 있고, 자석에서 생성되는 자장이 일정하게 유지하여, 초전도 자석은 원하는 자장을 일정하고 안정적으로 유지하는 영구전류 모드로 된다.

[0005] 이러한 초전도 선재의 접합방법으로서 종래에는 금속 재질의 자석 가공선재를 코일(Coil) 형상으로 제작한 후, 양단부를 압착이나 접합부재 등을 이용하여 기계적인 방법으로 접합하거나 단부의 이격부위에 동일한 물질로 된 로드를 가열하여 그 틈을 채워 접합하였으나, 초전도 선재를 구성하는 초전도체가 취성이 있어, 초전도체끼리 접촉시킨 후 압력을 가해 서로 접합하는 Butt Joining만으로는 초전도접합을 달성할 수 없는데, 고온초전도 산화물에 금속계 초전도체를 접합할 때와 같이 많은 변형을 가져오는 압력을 가하면 초전도 결정립이 파괴되어 초전도체내에 초전도 전류가 흐르는 것이 제한되는 문제점이 있었다.

[0006] 이에, 도 1a에 나타난 바와 같이 2세대 고온초전도체를 팬케이크형으로 적층하고 권선 및 적층된 고온초전도체를 솔더(solder)나 필러(filler) 같은 중간 매개체 없이 ReBCO 고온 초전도체층의 직접 접촉에 의한 접합을 수행하는 방법이 제시되고 있다. 그러나, 도 1a에 나타난 초전도체의 접합방식은 적층된 각층이 전기적으로 연결되어 있지 않기 때문에 동시에 여자시키기 위한 운전방법이 필요하고 팬케이크 코일사이를 연결하는 초전도 접합기술을 필요로 할 뿐만 아니라, 적층된 초전도체의 층간 접합 및 열처리를 수행해야하는 등 복잡한 과정이 필요하고 실용적으로 적용할 수 있을 정도의 충분한 임계전류의 확보에 대한 검증이 부족한 문제점이 있다.

[0007] 또한, 도 1b에 나타난 바와 같은 무접합 방식이 제안되고 있으나, 도 2에 나타난 무접합 방식은 솔레노이드 자석을 제조하기 위하여 다수의 코일과 보빈, 전원장치를 필요로 하며, 넓은 폭의 고온 초전도 시트를 필요로 하며 복잡한 형태의 시트 가공이 필요하고 여자방법이 어렵다고 하는 문제점이 있었다. 도 1b에 나타난 무접합 방식을 이용하여 실제 응용가능한 자석으로 만들기 위해서는 여러 더블 팬케이크 코일들로 이루어진 솔레노이드 형태로 적층되어야 하는데 코일의 구조상 각각의 코일은 전기적으로 분리되어 있어 코일의 여자를 위해서는 PCS 나 Flux Pump 와 같은 전원장치가 코일의 수 만큼 필요하고, 필드쿨링 방식을 이용하기 위해서는 부하 코일을 포함하는 대형 외부 자석이 필요한 점 등 자석의 여자에 어려움이 있다.

[0008] 또한, 도 1c에 나타난 바와 같은 영구전류자석 제조방법이 제안되고 있으나, 이는 일반적으로 사용되고 있는 초전도 테이프 형태의 선재가 아닌 매우 넓은 폭의 초전도 시트가 필요할 뿐만 아니라, 중앙에 홀을 가지는 초전도 시트를 적층시켜서 자석을 제조하여야 하는데 제조된 자석을 여자시키는 방법이 제한적이라는 문제점이 있었다.

[0009] 또한, 외부 자석을 이용한 필드 쿨링 방식의 경우 위와 같은 시트를 이용한 자석이나, 복수의 무접합 코일의 동

시 여자가 가능하나, 이러한 방법 또한 실용적인 수준의 크기를 가지는 솔레노이드 코일에 적용하기 위해서는 매우 큰 여자용 외부 자석이 필요하고, 운전 전류의 조절이나 전류분포 예측 등 운영의 어려움이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 한국특허 10-0720057(영구전류용 초전도자석 및 제조방법)
- (특허문헌 0002) 한국특허 10-1505851(더블팬케이크형 영구전류모드 마그넷 제조방법)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하고자 하는 것으로서, 본 발명의 목적은 초전도 접합이 불가능한 테이프 형태의 2세대 고온 초전도 선재를 이용하여 영구전류 모드 운전이 가능한 솔레노이드 형태의 자석 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.
- [0012] 또한, 본 발명은 일반적인 테이프 형태의 고온 초전도 선재를 이용하여 레이어 권선 방식을 적용하여 대형의 영구전류 모드운전이 가능한 초전도 페루프를 가지는 솔레노이드 형태의 자석 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상술한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 의한 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석의 제조방법은, 테이프 형태의 2세대 고온 초전도선재를 준비하고, 상기 고온초전도 선재의 양끝단부분을 제외한 선재의 중간부분을 선재의 길이방향을 따라 절단하여 2분할된 고온초전도 선재를 준비하는 단계와, 상기 2분할된 고온초전도 선재의 분할된 부분 각각을 일정 길이를 가지며 실린더 형상으로 형성된 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 권선하되 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈의 일측끝단으로부터 타측을 향하여 순차적으로 적층하여 복수회 권선하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 여기서, 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 권선되는 방향은 서로 대칭으로 권선한 후, 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈 중 어느 하나의 솔레노이드 자석용 보빈을 길이방향으로 180° 회전시켜 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 형성되는 솔레노이드 자석이 동일한 전류방향을 가지도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 여기서, 상기 2분할된 고온초전도 선재의 권선수는 하나의 솔레노이드 자석용 보빈에서 위치에 따라 권선되는 권선수를 서로 다르게 하여 자기장의 균일도를 향상시키도록 전류 분포를 조절할 수 있는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 본 발명에 의한 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석은, 일정 길이를 가지며 실린더 형상으로 형성되고 외주면에 초전도선재가 일정간격으로 권선되도록 안내하는 권선홈이 형성된 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈과, 테이프 형태의 2세대 고온 초전도선재로 형성되며, 통전전류에 대하여 페루프를 형성하도록 양끝단은 초전도 상태로 연결되며 양끝단부분을 제외한 선재의 중간부분은 선재의 길이방향을 따라 절단되고, 절단되어 2분할된 고온초전도선재는 상기 솔레노이드 자석용 보빈에 권선되도록 구성된 2분할된 고온초전도 선재를 구비하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 여기서, 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈은 중공의 실린더 형상으로 형성되며, 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈의 중공부분에 삽입되어 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈을 지지하면서 서로 연결시키는 지지연결부를 더욱 구비하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 여기서, 상기 2분할된 고온초전도 선재는 이터륨계 또는 가돌리늄계 2세대 고온 초전도선재로 형성되고, 상기 지지연결부 및 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에는 체결용 홀이 형성된 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0019] 상술한 구성을 가지는 본 발명에 의하면, 초전도 접합이 불가능한 테이프 형태의 2세대 고온 초전도 선재를 이용하여 영구전류 모드 운전이 가능한 솔레노이드 형태의 자석을 제조할 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명에 의하면 폭이 넓은 초전도 선재나 초전도 시트를 필요로 하지 않고 일반적인 테이프 형태의 고

온 초전도 선재를 이용하여 레이어 권선 방식을 적용하여 대형의 영구전류 모드 운전이 가능한 초전도 페루프를 가지는 솔레노이드 형태의 자석을 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 종래기술에 의한 초전도 선재의 접합방법을 나타내는 도면이다.
- 도 2a 및 도 2b는 본 발명에 의한 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 2분할된 고온초전도 선재를 나타내는 도면이다.
- 도 4는 본 발명에 의한 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석을 제조하기 위한 2분할된 고온초전도 선재의 권선방법을 나타내는 도면이다.
- 도 5a 내지 도 7은 본 발명에 의한 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석을 제조하기 위한 2분할된 고온초전도 선재의 다양한 권선방법을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 의한 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석 및 그 제조방법에 대하여 실시예로써 상세하게 설명한다.
- [0023] 도 2a 내지 도 7에 나타낸 바와 같이, 본 발명에 의한 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석(20)은, 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈(21, 22)과, 고온초전도 선재(10)를 구비한다.
- [0024] 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈(21, 22)은, 도 2a에 나타낸 바와 같이, 일정 길이를 가지는 실린더 형상으로 형성된다. 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈(21, 22) 각각은 외주면에 권선홈(24)이 복수 개 일정간격으로 형성되어 있다. 상기 복수의 권선홈(24)은 후술하는 2분할된 고온초전도 선재(13a, 13b)가 상기 솔레노이드 자석용 보빈에 안정적으로 권선될 수 있도록 안내한다.
- [0025] 또한, 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈(21, 22)은 중공의 실린더 형상으로 형성되어, 도 2b에 나타낸 바와 같이, 상기 중공부분에 후술하는 지지연결부를 삽입하여 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈(21, 22)을 하나의 몸체로 연결하여 사용할 수 있도록 구성할 수 있다.
- [0026] 상기 지지연결부(23)는 대략 중공의 실린더 형상으로 형성되며, 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈의 내경과 상기 지지연결부의 외경은 대략 동일하게 형성되어, 상기 지지연결부(23)가 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈의 중공부분에 삽입되도록 구성된다.
- [0027] 또한, 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈(21, 22)과 상기 지지연결부(23)에는, 도 2a에 나타낸 바와 같이, 서로 상응하는 부분에 체결용 홀(25)을 형성하고, 상기 체결용 홀(25)에 볼트 등의 체결용 수단을 삽입하여 상기 한 쌍의 자석용 보빈과 상기 지지연결부를 하나의 몸체로 연결할 수 있도록 구성한다.
- [0028] 한편, 본 실시예에 있어서, 상기 고온초전도 선재는 이터븀계 또는 가돌리늄계 2세대 고온 초전도선재로 형성되는 것을 예로 한다. 상기 고온초전도 선재(10)는, 테이프 형태의 2세대 고온 초전도선재로 형성되며, 도 3에 나타낸 바와 같이, 2분할된 고온초전도 선재로 구성된다.
- [0029] 상기 고온초전도 선재(10)는, 통전전류에 대하여 페루프를 형성하도록 양끝단(11, 12)은 초전도 상태로 연결되며 양끝단부분을 제외한 선재의 중간부분은 선재의 길이방향을 따라 절단되어 2분할된 고온초전도선재(13a, 13b)로 구성된다.
- [0030] 여기서, 상기 양끝단(11, 12)은 대략 초전도 선재의 폭과 동일하거나 조금 더 큰 길이를 가지도록 구성되어 초전도 상태로 연결되는 2개의 터미널을 형성하도록 구성되고, 상기 2분할된 고온초전도선재(13a, 13b)의 폭(L/2)은 상기 고온초전도 선재의 폭(L)의 절반이 되도록 2분할되는 것이 바람직하다.
- [0031] 상기 2분할된 고온초전도 선재(13a, 13b) 각각은 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈(21, 22)에 각각 권선되며, 상기 양끝단은 Cu터미널 등을 통해 연결되지 않는 구조로서 영구전류 모드 운전이 가능하도록 구성되며, 단일 PCS, 플럭스 펌프 등의 초전도 전원장치를 이용하여 영구전류 모드 여자가 가능하도록 구성된다.
- [0032] 상술한 구성을 가지는 본 발명에 의한 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석을 제조하는 방법에 대하여 설명한다.
- [0033] 본 발명에 의한 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석의 제조방법은, 우선 2분할된 고온초전도 선재를 준비한다.

이를 위하여, 테이프 형태의 2세대 고온 초전도선재를 준비하고, 상기 고온초전도 선재의 양끝단부분을 제외한 선재의 중간부분을 선재의 길이방향을 따라 절단하여 2분할된 고온초전도 선재를 준비한다. 본 실시예에 있어서, 상기 2세대 고온초전도 선재는 폭이 넓은 초전도선재를 이용하지 않고 일반적으로 사용되는 12mm폭을 가지는 sus테이프를 이용하여 준비한다.

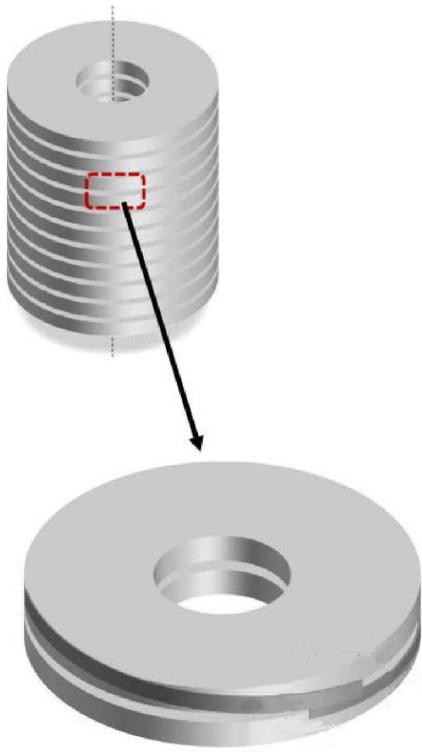
- [0034] 그런 다음, 도 4에 나타낸 바와 같이, 소스릴에 권선된 상기 고온초전도 선재의 일끝단(11)으로부터 상기 2분할된 고온초전도 선재를 풀어내어 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 권선한다.
- [0035] 상기 2분할된 고온초전도 선재의 분할된 부분 각각을 일정 길이를 가지며 실린더 형상으로 형성된 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 권선하되, 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈의 일측끝단으로부터 타측을 향하여 순차적으로 적층하여 복수회 권선한다.
- [0036] 본 실시예에 있어서, 상기 2분할된 고온초전도 선재는 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 각각 13회 권선되어 13층의 솔레노이드 자석으로 형성되는 것을 예로 한다.
- [0037] 그런 다음, 상기 양끝단(11, 12)에 단일 PCS, 플럭스 펌프 등의 초전도 전원장치를 이용하여 영구전류 모드 여자가 가능한 자석형태로 구성할 수 있다.
- [0038] 한편, 도 5a 및 도 5b에 나타낸 바와 같이, 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 권선되는 방향은 서로 대칭으로 권선한 후(도 5a 참조), 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈 중 어느 하나의 솔레노이드 자석용 보빈을 길이방향으로 180° 회전시켜(도 5b 참조), 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 형성되는 솔레노이드 자석이 동일한 전류방향을 가지도록 구성할 수 있다.
- [0039] 또한, 상기 2분할된 고온초전도 선재의 권선수는 하나의 솔레노이드 자석용 보빈에서 위치에 따라 권선되는 권선수를 서로 다르게 하여 전류 분포를 조절할 수 있도록 구성하여 자기장의 균일도를 향상시킬 수 있다.
- [0040] 도 6에 나타낸 바와 같이, 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에 권선되는 2분할된 고온초전도 선재는 상기 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈의 일측끝단으로부터 타측을 향하여 순차적으로 적층된 후 상기 적층된 고온초전도 선재의 위에 다시 일측끝단으로부터 타측을 향하여 A부분에서 순차적으로 적층되도록 구성하여, 하나의 솔레노이드 자석에서 상하부에서 A부분과 그 이외의 부분에서 전류 분포를 조절할 수 있도록 구성하여 자기장의 균일도를 향상시킬 수 있다.
- [0041] 또한, 도 7에 나타낸 바와 같이, 하나의 솔레노이드 자석용 보빈에서 위치에 따라 권선되는 권선수를 서로 다르게 함과 동시에 권선되는 방향을 한 쌍의 솔레노이드 자석용 보빈에서 서로 대칭이 되도록 구성하여 솔레노이드 자석이 전류 분포를 조절하여 자기장의 균일도를 향상시키면서 서로 동일한 전류방향을 갖도록 구성할 수 있다.
- [0042] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시 예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다.

부호의 설명

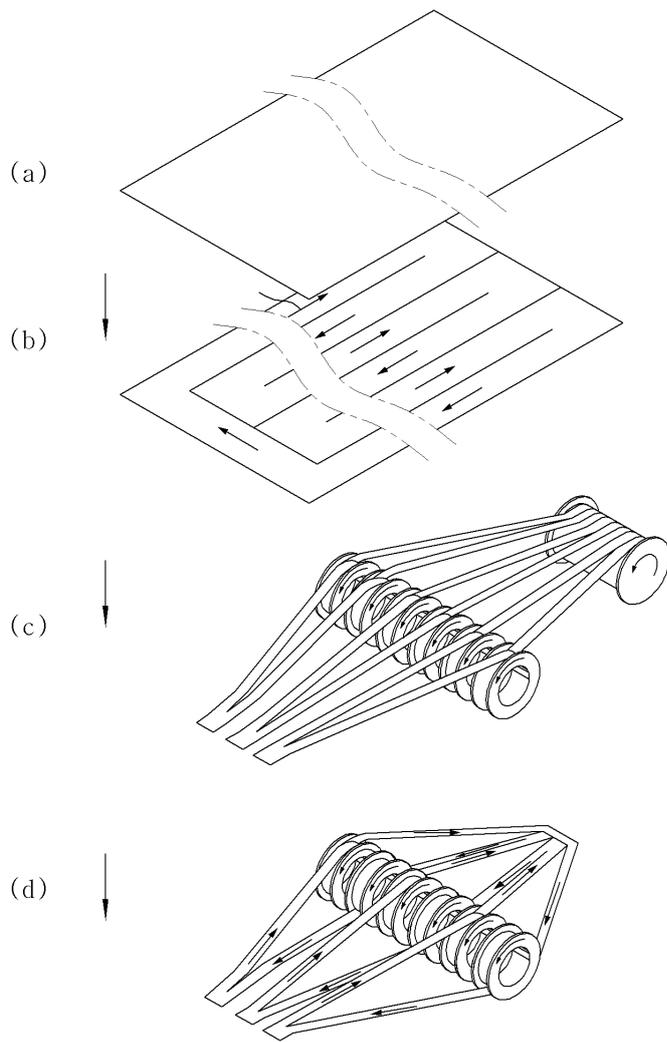
- [0043] 10 : 고온 초전도 선재
- 20 : 무접합 고온초전도 솔레노이드 자석
- 21, 22 : 솔레노이드 자석용 보빈

도면

도면1a



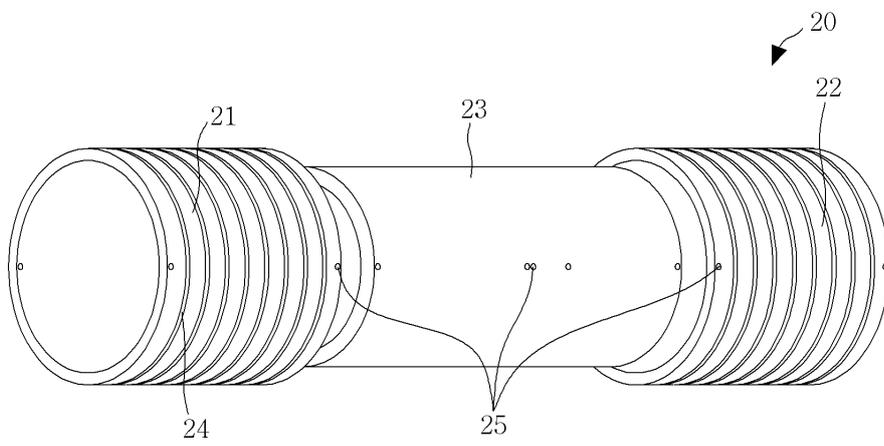
도면1b



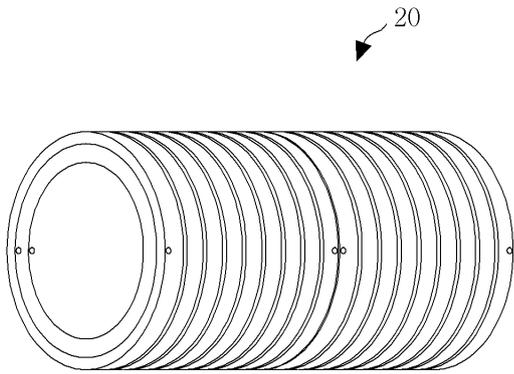
도면1c



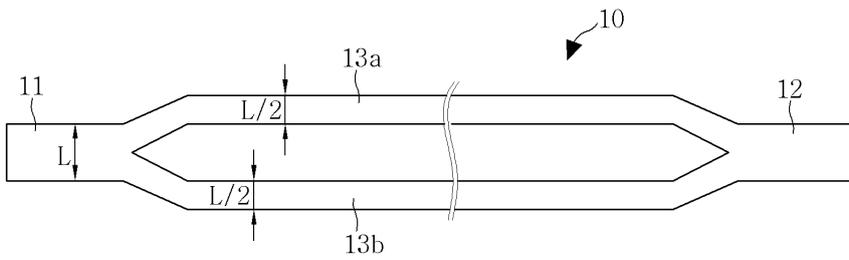
도면2a



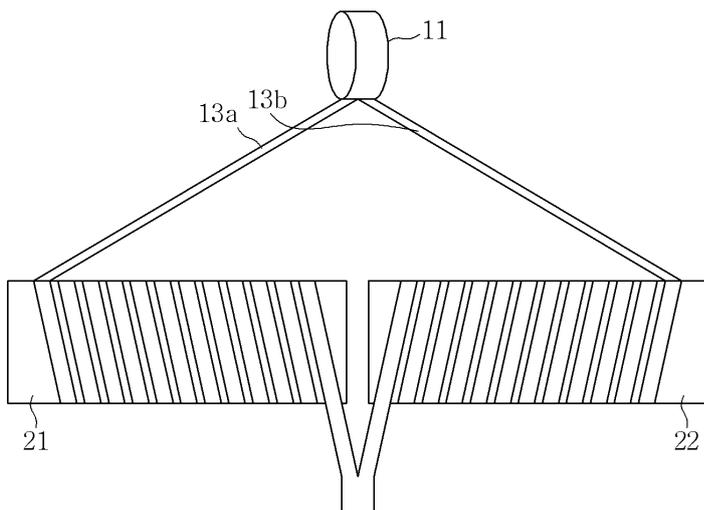
도면2b



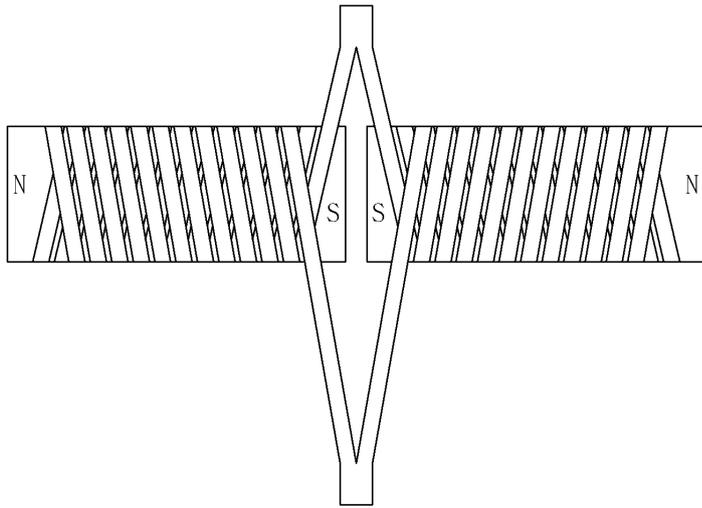
도면3



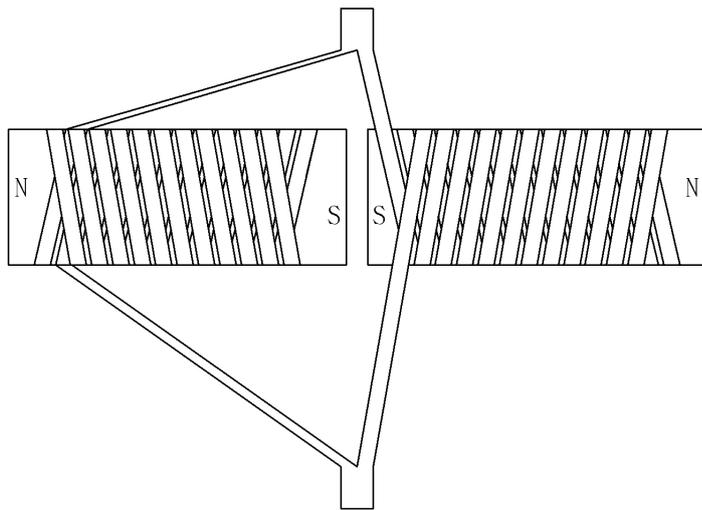
도면4



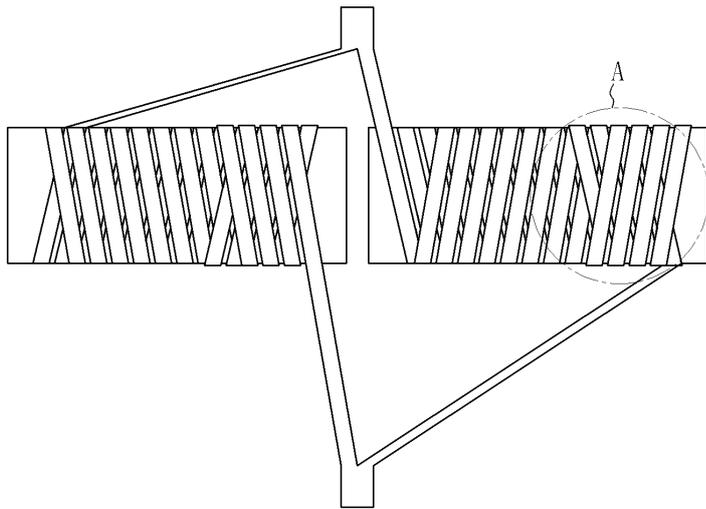
도면5a



도면5b



도면6



도면7

