

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. (45) 공고일자 2006년10월17일
H01F 6/00 (2006.01) (11) 등록번호 10-0635170
(24) 등록일자 2006년10월10일

(21) 출원번호	10-2002-7000951	(65) 공개번호	10-2002-0077865
(22) 출원일자	2002년01월22일	(43) 공개일자	2002년10월14일
번역문 제출일자	2002년01월22일		
(86) 국제출원번호	PCT/US2000/014105	(87) 국제공개번호	WO 2001/08173
국제출원일자	2000년05월23일	국제공개일자	2001년02월01일

(81) 지정국 국내특허 : 아랍에미리트, 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 코스타리카, 체코, 독일, 덴마크, 도미니카, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그라나다, 그루지야, 가나, 감비아, 크로아티아, 헝가리, 인도네시아, 이스라엘, 인도, 아이슬랜드, 일본, 케냐, 키르기스스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 모로코, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 시에라리온, 타지키스탄, 투르크멘, 터키, 트리니다드토바고, 탄자니아, 우크라이나, 우간다, 우즈베키스탄, 베트남, 남아프리카, 세르비아 앤 몬테네그로, 짐바브웨,

AP ARIPO특허 : 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 시에라리온, 가나, 감비아, 짐바브웨, 탄자니아, 모잠비크,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기스스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스,

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기니 비사우,

(30) 우선권주장 09/359,497 1999년07월23일 미국(US)

(73) 특허권자 아메리칸 수퍼컨덕터 코퍼레이션
미합중국 매사츄세츠주 01581-1727 웨스트버로 투 테크놀로지 드라이브

(72) 발명자 스니취러,그레고리,엘.
미합중국,매사츄세츠주01545,쉬루스버리,이레타로드64

갬블,브루스,비.
미합중국,매사츄세츠주02181,웰레슬리,파인우드로드14

보치오,존,피.
미합중국,매사츄세츠주02143,쏘머빌,스케헨스트리트16

(74) 대리인

특허법인아주

심사관 : 이학왕

(54) 초전도 자기코일

요약

초전도 코일(10) 및 이의 제조방법은 코일(10)의 축(16) 둘레에 동심상으로 권선 배치되어 축방향(16)으로 코일(10)의 제 1 단부에서 제2 단부쪽으로 점차 감소하는 크기를 갖는 개구(19)를 구성하는 초전도 테이프(12)를 구비한다. 초전도 테이프(12)의 각 회전체는 코일(10)의 축(16)에 대해 실질적으로 평행하게 유지되는 광역표면을 갖는다.

대표도

도 6

색인어

초전도 코일, 초전도 테이프, 광역표면

명세서

기술분야

본 발명은 초전도 자기코일에 관한 것이다.

배경기술

초전도체는, 초전도체가 코일형태로 감긴(wound) (이하 "권선" 이라고 함) 솔레노이드, 다극 자석 등의 초전도 자기코일을 구성하는데 사용된다. 코일의 온도가 충분히 낮아 초전도체가 초전도상태로 존재할 수 있을 경우, 코일에 의해 생성된 자기장의 전류용량 및 크기가 매우 커진다.

통상의 초전도 재료는 니오븀-티타늄, 니오븀-주석, 또한 희토류-동 산화물류(즉, YBCO), 탈륨-바륨-칼슘-동 산화물류(즉, TBCCO), 수은-바륨-칼슘-동 산화물류(즉, HgBCCO), 또한 비스무트-스트론튬-칼슘-동 산화물류 (납 치환물을 함유 혹은 함유하지 않는 것으로서, 예컨대, $(\text{Bi,Pb})_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$, $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$ (BSCCO (2223)) 등과 같은 동 산화물 세라믹류 등을 포함하며, 이들은 특히 초전도성 및 이에 상응하는 고전류밀도 특성을 비교적 고온($T \approx 108^\circ\text{K}$)에서 달성하게 되므로 바람직하다.

초전도 자기코일을 구성할 때, 초전도체는 전도체를 코어의 직경 둘레에 감을 수 있는 박층 테이프 형태로 형성하기도 한다. 예를 들어, 고온 초전도체(HTS)는 개개의 초전도 필라멘트를 포함하는 다중-필라멘트 복합 초전도체가 실질적으로 다중-필라멘트 복합 전도체의 길이에 걸쳐 연장되고, 보통 은이나 기타의 귀금속 재료로 된 박층 테이프 형상으로 제작하는 경우가 자주 있다. 매트릭스 구성재료도 전기를 전달하지만 초전도성을 갖는 것은 아니다. 초전도 필라멘트 및 매트릭스 구성재료는 함께 다중-필라멘트 복합 전도체를 형성한다. 초전도 필라멘트 및 매트릭스 구성재료를 절연층(보여지진 않지만) 안에 담아 제작하는 경우도 있다.

자기코일을 초전도 테이프로 감는 방식으로서 팬케이크형 권선법이 공지되어 있는데, 이것은 초전도체 테이프를 이보다 앞서 형성된 회전체의 상부에 1회 권선하여 회전체를 형성하므로써 코일축에 대해 수직하는 회전평면을 구성하는 것이다. 1군의 팬케이크형 코일로 1개의 코일을 형성하는 응용예에서, 팬케이크형 코일군은 2중 팬케이크 형태로 권선할 수도 있다.

어떤 응용예에 있어서, 팬케이크형 코일군을 이용하는 초전도 자기코일 조립체 (단일 혹은 2중)는 코일조립체의 길이를 따라 동축배열된 다수개 코일을 포함하기도 한다. 각개의 코일은 상술한 종류 즉, 산화동 세라믹류 같은 초전도재료로 만든 짧은 초전도선 혹은 리본체를 이용하여 상호 연결한다.

이러한 조립체의 한가지 예는 본 발명 출원인의 미국특허 제5,581,220호에서 설명하였으며, 참고로 이 특허에서는 다른 방사단면을 갖는 가변 프로파일(즉, 계단식) 초전도 자기코일에 대해 개시하고 있다. 팬케이크형 코일의 적층형 조립배열로 된 초전도 코일의 또 다른 예는 "안장형" 코일을 들 수 있으며, 이는 타원체 혹은 둥근 모서리부를 가진 직사각형태로 된 것이다.

가변-프로파일 및 안장형 코일은 초전도 자기코일을 회전형 전기장치 같은 조립체의 환형부에 맞게 구성하거나 혹은 그 내부에 설치할 필요가 있는 응용예에서 바람직하게 이용된다.

발명의 상세한 설명

본 발명은 원추 혹은 테이퍼형 프로파일 (즉, 단면)을 갖는 초전도 코일에 관계한다.

본 발명에 있어서, 초전도 코일은 코일의 첫 단부에서 두번째 단부까지 축방향으로 점차 감소하는 크기를 갖는 개구부를 형성할 다수의 동심 회전체를 제공하기 위하여, 코일축에 동심원 상으로 권선 혹은 축을 따라 배열된 초전도 테이프를 포함한다. 테이프의 각 회전체는 코일축에 실질적으로 평행한 광역표면을 갖는다.

코일의 권선 구조에 의해 정의되는 크기축소된 개구부는 테이퍼형 단면의 코일을 제공한다. 이러한 조립구성 테이퍼형 초전도 코일은 여러가지 장점을 가진다. 예를 들어, 테이퍼 초전도형 코일은 이 코일을 회전식 전기장치(모터 혹은 발전기 등)에서 공통적으로 발견되는 환형부 용적내에 설치하게 되는 응용예에서 사용하기에 적합하다. 대체로, 테이퍼형 조립구성은 적층 배열에서 일반적인 계단식 단면을 갖지 않는다. 특히, 테이퍼형 초전도 코일은 비교적 적은 숫자의 개개의 적층 코일로 환형부의 용적을 채울 수 있다. 이것은 다른 초전도 코일 조립체와 대조적인 것으로, 이러한 조립체는 대부분 환형부의 용적을 채우기 위해 훨씬 많은 수의 박층형 개별 코일을 필요로 한다. 더우기, 개별 코일의 숫자를 감소시키면 개별 코일들 사이의 전기접속체 수가 감소하고, 따라서 테이퍼형 코일을 사용하는 코일 조립체의 전반적 기능 및 신뢰성이 더욱 증가하게 된다.

또한, 본 발명의 초전도 테이프는 코일축(및 근접된 회전체)과 실질적으로 평행하게 유지된 광역표면을 갖도록 권선된다. 이러한 특징은 세라믹계 고온 초전도 재료와 같은 딱딱한(brittle), 가요성이 적은 재료로 테이프를 형성하는 경우 특히 유리하다.

또한, 테이퍼형 구성은 더 큰 임계전류(I_C) 보존성 및 더 우수한 코일등급을 가져온다.

본 발명의 또 다른 측면에 있어서, 초전도 코일 조립체는 적층배열된 다수의 초전도 코일을 포함하되, 각 코일이 상술한 특징을 가진 것이다. 각 코일에 있어서의 초전도 테이프 회전체는 코일 조립체의 축에 실질적으로 평행하게 유지된 광역표면을 갖기 때문에, 개별 코일들은 스페이서 혹은 웨지 등이 없이도 쉽게 적층된다. 이러한 본 발명과 관련한 임의의 실시예에서, 코일들은 실질적으로 동일하며, 코일 조립체가 예정된 환형부의 용적 내에 삽치되는 응용예(예, 회전장치)에서 특히 바람직하다.

적층 배열에 있어서, 적층체의 양 단부(각각, 제1 단부 코일 및 제2단부 코일)에 있는 상단 및 하단 코일 (예, 팬케이크체)은 상단 및 하단 코일 사이에 위치하는 코일들의 임계전류 보존력보다 더 큰 임계전류 보존력을 갖도록 미리 선별한다. 마찬가지로, 코일조립체의 상단 및 하단의 코일군도 임계전류 보존력이 큰 것을 미리 선별할 수 있다. 이 방식의 고 임계전류 보존성의 상단 및 하단 팬케이크형 코일은 전체 코일조립체의 전력손실을 크게 줄일 수 있다. 상단 및 하단 팬케이크형 코일은 고유특성에 따라 사전 선택하거나, 혹은 초전도 테이프의 크기를 거의 변화시키지 않는 것을 선택할 수 있다.

본 발명의 이러한 다양한 측면에 실시예는 다음과 같은 다양한 장점을 갖는다.

초전도 테이프는 한쌍의 대향 아치형 단부면 및 한쌍의 대향 선형 측부면을 구성하는 레이스트랙 형상으로 권선된다.

초전도 테이프는 다중-필라멘트 복합 전도체의 길이에 걸쳐 연장되고 매트릭스 구성재료에 의해 둘러싸인 개개의 초전도 성 필라멘트를 함유한 다중-필라멘트 복합 초전도체를 포함한다. 초전도 테이프는 바람직하게는 비등방성 고온 초전도체 예컨대 $(\text{Bi, Pb})_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}$ 를 포함한다. 또 다른 실시예에서, 초전도 테이프는 희토류-동 산화물류 (예, YBCO)인 산화 동 세라믹을 포함한다.

어떤 실시예에서, 초전도 테이프는 한쌍의 초전도층 및 하나이상의 기계적 보강층을 포함한다. 초전도층 쌍은 한쌍의 기계적 보강층 사이에 배열되고, 이때의 각 보강층은 스테인레스 스틸을 포함한다.

초전도 코일은 2중 팬케이크형 코일 같은 팬케이크형 코일 형상으로 되어있다.

일 실시예에 있어서, 초전도 테이프는 코일의 직선 테이퍼형 내측면이 코일축을 따라 연장하도록 권선된다. 또 다른 실시예에서, 초전도 테이프는 코일의 곡선형 내측면이 코일축을 따라 연장하도록 권선된다. 이 실시예에서, 권선된 초전도 테이프의 곡선형 내측면은 서로 대향하는 직선 측부면을 따라서는 원통형상으로 되고 또한 서로 대향하는 아치형 단부면을 따라서는 구형상으로 되어있다.

본 발명의 또 다른 측면에 있어서, 초전도 코일을 제공하는 방법은 다음의 단계와 같다. 초전도 테이프를 코일축 둘레에 감아 코일축에 실질적으로 평행하게 유지된 초전도 테이프의 광역표면과 함께 내측면을 갖는 개구부를 구성할 동심회전체를 제공한다. 테이프를 감으면 축방향을 따라 개구부가 제1단부에서 제2단부쪽으로 점차 감소한다.

이러한 본 발명의 측면에 실시예는 다음같은 하나 이상의 장점을 갖는다.

초전도 코일은 테이퍼를 형성하는 표면으로된 맨드릴을 이용하여 권선한다. 예를 들어, 표면은 직선상으로 테이퍼화 혹은 곡선화 될 수 있다 (즉, 원통형 혹은 구형). 또 다른 접근에 있어서, 한쌍의 가열판으로 열과 압력을 가하여 초전도 코일을 테이퍼형 프로파일이 되도록 성형할 수 있다.

이 밖의 다른 장점과 특징은 다음의 상세한 설명 및 특허청구의 범위에서 더욱 명확해진다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 초전도 코일의 부분절단된 단면도이다.

도 2는 도 1의 초전도 코일을 권선하기 위한 초전도 테이프의 일부를 도시하는 측단면도이다.

도 3은 도 1의 선3-3을 따라 취한 초전도 코일의 부분 분해도이다.

도 4는 도 1의 초전도 코일을 권선하기에 적합한 맨드릴의 사시도이다.

도 5A 및 5B는 도 1의 초전도 코일을 형성하기 위한 또 다른 접근 방식을 도시하고;

도 6은 초전도 코일의 또 다른 실시예를 도시하는 사시도이다.

도 7은 도 6의 선7-7를 따라 취한 초전도 코일의 일부 분해도이다.

도 8은 도 6의 초전도 코일을 권선하기에 적합한 맨드릴의 사시도이다.

도 9는 도 6의 초전도 코일을 포함하는 회전자의 부분적인 단부 단면도이다.

실시예

도 1를 참조하면, 테이퍼형 초전도 코일(10)은 대체로 길쭉한 타원체 혹은 레이스트랙 형상으로 권선된 초전도 테이프(12)를 포함한다. "레이스트랙 형상"이란 일반적으로 한쌍의 대향하는 직선 측부면(14a) 및 역시 한쌍의 대향하는 곡선 단부면(14b)을 포함하는 것으로, 둥근 모서리부를 구비한 대체로 직사각형의 코일을 형성한다. 한가지 구성적인 접근과 연계

하여 다음과 같이 설명하면, 코일(10)은 연속의 길이 혹은 일련의 길이로 된 초전도 테이프(12)로 된 코일축(16) 둘레에 감겨있으며, 따라서 다수의 코일 권선체 혹은 회전체(18)를 형성한다 (도 3 참조). 회전체는 함께 조합하여 개구부(19)를 구성하며 이것은 아래에서 상세히 기술하는 바와 같이, 가장 안쪽의 회전체에서 가장 바깥쪽 회전체 방향으로 점차 크기가 증가한다. 이러한 초전도 테이프의 권선 방식은 팬케이크형 권선이라고도 하며 초전도 테이프가 앞서서 형성한 회전체의 상부에서 1회 권선되어 코일(10)의 축(16)에 수직하는 회전판을 형성한 것이다.

도 3를 참조하면, 초전도 테이프(12)는 광역 측면부(22) 및 협소한 측면부(24)를 포함한다. 일 실시예에서, 초전도 테이프는 은과 같은 다중-필라멘트 복합 전도체의 길이에 걸쳐 연장되고 매트릭스 구성 물질로 에워싼 개개의 초전도 필라멘트를 가진 다중-필라멘트 복합 초전도층(25)을 포함한다. 초전도 필라멘트 및 매트릭스 구성물질은 함께 다중-필라멘트 복합 전도체를 형성한다. 다수 응용예에서, 초전도 필라멘트 및 매트릭스-구성물질은 절연층 속에 감싸인다 (도시생략).

도 2를 참조하면, 일 실시예로서 한쌍의 초전도층(25)은, 초전도층(25)을 기계적으로 지지하는 스테인레스 스틸 등의 재질로 된 한쌍의 보강부재(26) 사이에 샌드위치 배열된다. 이와 같이 보강된 초전도 테이프의 구성에 관한 접근은 본 발명 출원인이 미국특허출원 제08/701,375호에서 개시한 내용을 참조한다.

도 3를 참조하면, 초전도 테이프(12)의 각 회전체(18)는 앞서 형성된 회전체로부터 축(16) 방향으로 약간 오프셋 되는 형태로 권선하며, 이에 따라 따라서 가장 안쪽의 회전체(18a)에서 가장 바깥쪽 회전체(18b)쪽으로 코일(10)은 가상선(28)을 따라 테이퍼 방식으로 권선된다. 각 회전체(18)의 광역 측면부(22)가 서로에 대해 및 축(16)에 대해 평행하다는 점이 중요하다.

도 4를 참조하면, 이 경우는 맨드릴(30)을 알루미늄 재질로 제조하며, 이것은 초전도층 스폰 및 스테인레스 재질의 보강부재(도시생략)를 수반하는 권선메카니즘에 따라 초전도 코일(10)을 권선하는데 이용된다. 맨드릴(30)은 양측 대향 테이퍼형 측면부(34) 및 역시 대향하는 테이퍼형 단부면(36)에 의해 둘러싸인 중심 장착면(32)을 포함한다. 맨드릴은 코일(10) 권선시 테이퍼의 형태와 경사도를 결정한다. 기구(도시생략)가 맨드릴(30) 표면에 위치하며 맨드릴 대신 초전도 테이프(12)를 인도한다.

도 5A 및 5B를 참조하면, 테이퍼형 초전도 코일(10)을 구성하는 또 다른 접근 방식을 보여준다. 이 접근방식에서, 초전도 코일(10)은 1차로 테이퍼 가공된 엮지부가 없는 종래의 팬케이크형 코일(10a)로 구성된다; 즉, 코일(10a)의 각 회전체가 앞서의 회전체를 차례대로 감은 형태이다. B-단계 에폭시를 함유한 카본[®] 필름 (E.I. duPont de Nemours and Company 제품, Wilmington, DE)은 팬케이크형 코일의 권선과정에서 초전도 테이프(12)에 의해 "인 핸드(in-hand)" 방식으로 감싸여 있다. 에폭시는 서로 근접한 회전체를 함께 구속할 수 있는 접착력을 갖는다. 도 5A를 참조하면, 팬케이크형 코일(10a)는 테이퍼 가공된 표면(42)을 갖는 한쌍의 가열판(40) 사이에 위치하며, 이 가열판은 초전도 코일(10)에 있어서 테이퍼의 형상 및 적절한 경사도를 한정한다. 도 5B를 참조하면, 가열판(40)은 함께 연결되고 (도 5A에서, 화살표(43) 방향으로), 열 및 압력을 팬케이크형 코일(10a)에 가하여 초전도 코일(10)을 형성한다. 열 및 압력을 예정된 주기로 제거하여 에폭시가 자연 냉각되도록 하고 이 결과, 초전도 코일(10)의 근접한 회전체가 함께 결합된다.

도 6에서 초전도 코일(100)의 또 다른 실시예를 도시하며, 이는 코일(10) 권선에 관한 상기의 설명과 마찬가지로 동일한 초전도 테이프(12)가 권선된 형태이다. 그러나, 초전도 테이프(12)의 권선 방식은 대향하는 측면부(104a)를 따라 테이퍼 영역이 원통형으로 테이퍼 처리되고 반면 역시 대향하는 단부면(104b)쪽의 테이퍼 영역은 구형으로 테이퍼 가공된다.

도 7를 참조하면, 특히 초전도 테이프(12)는 양측 측면부(104a) 및 단부면(104b)에서 가상곡선(106)을 따라 테이퍼 방식으로 권선되어 있다. 측면부(104a)는 코일평면에서 직선을 이루고 있기 때문에, 상기의 단면들을 따라 테이퍼 처리하는 것은 원통체를 기준한 것이다. 이와 달리, 둥근 단부면(104b)에서의 테이퍼 처리는 구체의 1/4 단면에 기준한다. 상술한 바와 같은 선형 테이퍼 처리에 관한 예에서, 초전도 테이프의 각 회전체의 광역 측면부(22)이 서로에 대해 및 축(16)에 대해 계속 평행 상태를 유지하는 것에 주목한다.

도 8을 참조하면, 초전도 코일(100)을 형성할 맨드릴(130)이 도시되어 있다. 맨드릴(130)은 기본적으로 상술한 맨드릴(30)과 동일하나 대향하는 테이퍼형 측면부(134) 및 대향하는 테이퍼형 단부면(136)의 표면이 둥글게 처리되어 둥근 측면부(104a) 및 단부면(104b)의 곡선형상을 구성하는 점이 다르다.

초전도 코일(10) 및 초전도 코일(100)은 모두, 전기모터의 회전자 조립체에서와 같은, 각형상의 영역 내에 배치할 때 필요한 코일의 응용예에서 적절하다.

도 9를 참조하면, 한가지 실례로서 동기식 모터용 회전자 조립체(200)는 전체 조립체 내에 진공층을 둘러싸는 외피 없이 4극 위상기하를 갖는다. 이 실시예에서, 회전자 조립체(200)는 고강도 연신성 및 무자성 재질 (예, 스테인레스 스틸)로 구성된 토크관(220)을 포함한다. 이 토크관(220)의 외측면은 4개의 초전도 코일 조립체(230) (도면에서는 2개만 도시함)를 지지하며 각각은 모터의 극에 연계하여 권선처리한다. 고투과성 및 고포화 자속밀도 재질 (예, 철)로 구성된 중공형 코어부재(250)는 토크관의 내부에 위치하며 코일 조립체(230)에 의해 생성된 자기장을 위한 고자기저항 자속경로를 제공한다. 코일 조립체(230)는 토크관(220)의 외측면 및 폴캡(pole cap)(260)의 내측면에 의해 형성된 환형부(240)의 내측에 위치하며, 토크관(220)과 함께 원통체를 형성한다.

이러한 형상 때문에, 환형부(240)는 적층식 팬케이크형 및 레이스트랙형 코일 같은 초전도 코일의 구성을 수용하기에 적합하지가 않다. 이러한 형태의 초전도 코일로 환형부(240)를 채우려면, 계단형태로 서로 어긋나게 배열된 각 코일들(예, 팬케이크들)로 코일 조립체를 구성할 필요가 있다. 이 환형부를 효과적으로 충전하기 위해서, 다수의 개별 코일들이 박층형태로 적층 및 서로 결합되어야 한다. 이 조립배열에서 개별 코일들을 결합시키는 것이 중요하며 토크관은 코일조립체를 지지하기 위해 대체로 이에 상응하는 계단면으로 가공하여야 하며 이 경우 모터 제작시 추가의 비용이 들고 및 더 복잡해진다.

초전도 코일(10) 및 초전도 코일(100)은 직선형 혹은 곡선형 테이퍼 처리되므로, 어느쪽 코일 조립체나 환형부(240)에 수용 혹은 충전되기에 적합할 수 있다. 특히, 상술한 적층된 팬케이크형 조립배열에서는 상기 공간에 필요한 코일 수가 훨씬 적기 때문에 연결부의 수가 감소하며 코일 조립체의 안정감 및 기능성은 증가한다. 따라서, 모터의 조립구성이 더욱 효율적이고 용이하다. 또한, 테이퍼 가공된 코일은 모터의 전기자에 더욱 근접하게 설치하는데 유리하다.

그 밖에도, 다수의 응용예에서 환형부는 적층된 테이퍼형 초전도 코일이 서로 실질적으로 동일하게 되는 방식으로 형성하기도 하며 이는 제작비용을 저감시킬 수 있다. 실질적으로 동일한 테이퍼형 초전도 코일 적층군은 간단히 결합 및 환형부 내에 설치할 수 있다.

원추형 혹은 테이퍼형 초전도 코일의 또 다른 중요한 장점은 적층 조립배열의 구성이, 초전도 테이프의 광역면에 수직하는 영역으로부터 적층코일 중 내부쪽 코일을 차단하는 장점을 갖는다는 점이다. 따라서, 테이퍼 가공된 초전도 코일군을 적층할 때 더 우수한 성능을 갖는 코일을 적층물의 상단 및 하단에 설치할 수 있다.

다른 실시예도 본 발명의 특허청구범위에 속한다. 예를 들어, 테이퍼형 혹은 원추형 초전도 코일의 단일 및 적층형 조립배열을 상술하였으나, 어떤 응용예에서는 동일한 폭을 갖는 다수의 박층 형태의 적층코일 대신 초전도 코일을 단일 팬케이크형태로 권선하는 것이 바람직하기도 하다. 단일 팬케이크형 조립배열은 자체차단력과 더 우수한 임계전류 보존특성을 제공한다.

산업상 이용 가능성

본 발명에 따라 제조된 테이퍼 가공된 초전도 코일 및 초전도 테이프는 환형 혹은 곡선형 부분에 적절히 수용될 수 있으며 따라서 모터나 발전기 등의 회전형 전기장치에 설치하기에 적합하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

축, 제1 단부 및 제2 단부를 갖는 초전도 코일에 있어서,

코일축 둘레에 권선 배치되어 축방향으로 제1 단부에서 제2 단부쪽으로 점차 감소하는 크기를 갖는 개구를 구성하는 다수의 동심 회전체를 제공하는 초전도 테이프를 포함하고, 이 때, 상기 초전도 테이프의 각 회전체는 코일축에 대해 평행하게 유지되는 광역표면을 갖는 것을 특징으로 하는 초전도 코일.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 초전도 테이프는 한쌍의 대향하는 아치형 단부면과 한쌍의 대향하는 직선형의 측부면을 형성하는 레이스트랙 형상으로 권선되는 것을 특징으로 하는 초전도 코일.

청구항 3.

제2항에 있어서,

상기 초전도 테이프는 다중-필라멘트 복합 전도체의 길이에 걸쳐 연장되고 매트릭스 구성재료에 의해 둘러싸인 개개의 초전도 필라멘트들을 포함하는 다중-필라멘트 복합 초전도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도체 코일.

청구항 4.

제2항에 있어서,

상기 초전도 테이프가 비등방성 고온 초전도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도체 코일.

청구항 5.

제4항에 있어서,

상기 비등방성 고온 초전도체는 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}$ 인 것을 특징으로 하는 초전도체 코일.

청구항 6.

제4항에 있어서,

상기 비등방성 고온 초전도체는 희토류-동 산화물류의 물질인 것을 특징으로 하는 초전도체 코일.

청구항 7.

제4항에 있어서,

상기 초전도 테이프는 다중-필라멘트 복합 전도체의 길이에 걸쳐 연장되고 매트릭스 구성재료에 의해 둘러싸인 개개의 초전도 필라멘트들을 함유하는 다중-필라멘트 복합 초전도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도체 코일.

청구항 8.

제2항에 있어서,

상기 초전도 테이프는 한쌍의 초전도층 및 적어도 하나의 기계적 보강층을 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도체 코일.

청구항 9.

제8항에 있어서,

상기 한쌍의 초전도층은 한쌍의 기계적 보강층 사이에 배치되고, 각 보강층은 스테인레스 스틸을 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도체 코일.

청구항 10.

제9항에 있어서,

상기 초전도 테이프는 다중-필라멘트 복합 전도체의 길이에 걸쳐 연장되고 매트릭스 구성재료에 의해 둘러싸인 개개의 초전도 필라멘트들을 함유하는 다중-필라멘트 복합 초전도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도체 코일.

청구항 11.

제2항에 있어서,

상기의 코일은 팬케이크형 코일 형태로 되는 것을 특징으로 하는 초전도체 코일.

청구항 12.

제11항에 있어서,

상기 팬케이크형 코일은 2중 팬케이크형 코일인 것을 특징으로 하는 초전도체 코일.

청구항 13.

제2항에 있어서,

상기 권선된 초전도 테이프는 코일축을 따라 연장되는 코일의 선형 테이퍼된 내측면을 구성하는 것을 특징으로 하는 초전도체 코일.

청구항 14.

제2항에 있어서,

상기 권선된 초전도 테이프는 코일축을 따라 연장되는 코일의 곡선형 내측면을 구성하는 것을 특징으로 하는 초전도체 코일.

청구항 15.

제14항에 있어서,

상기 권선된 초전도 테이프의 곡선형 내측면은 대향하는 직선형 측부면을 따라 원통형상으로 되고, 대향하는 아치형 단부면을 따라 구형 형상으로 되는 것을 특징으로 하는 초전도체 코일.

청구항 16.

축, 제1 단부 및 제2 단부를 갖는 초전도 코일을 제조하는 방법에 있어서,

내부크기를 갖는 개구를 구성하는 다수의 동심 회전체를 제공하기 위해 코일축 둘레에 초전도 테이프를 권선하는 단계를 포함하고, 이때 권선된 초전도 테이프는 코일축에 대해 평행하게 유지되는 광역표면을 갖고, 상기 개구는 축방향으로 제1 단부에서 제2 단부쪽으로 점차 크기가 감소하는 것을 특징으로 하는 초전도 코일의 제조방법.

청구항 17.

제16항에 있어서,

상기 초전도 테이프는 한쌍의 대향하는 아치형 단부면과 한쌍의 대향하는 직선형의 측부면을 형성하는 레이스트랙 형상으로 권선되는 것을 특징으로 하는 초전도 코일의 제조방법.

청구항 18.

제17항에 있어서,

코일축 둘레에 동심형으로 그리고 코일 축을 따라 각 코일을 배열하는 것은, 한쌍의 대향하는 측부면과 한쌍의 대향하는 단부면을 가진 맨드릴에 초전도 테이프를 권선하는 것을 포함하는 초전도 코일의 제조방법.

청구항 19.

제18항에 있어서,

맨드릴의 한쌍의 대향하는 측부면 및 한쌍의 대향하는 단부면은 선형으로 테이퍼 가공된 것을 특징으로 하는 초전도 코일의 제조방법.

청구항 20.

제18항에 있어서,

맨드릴의 한쌍의 대향하는 측부면이 원통형상이고 맨드릴의 대향하는 아치형 면은 구형인 것을 특징으로 하는 초전도 코일의 제조방법.

청구항 21.

제16항에 있어서,

초전도 테이프는 비등방성 고온 초전도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도 코일의 제조방법.

청구항 22.

제16항에 있어서,

초전도 테이프는 다중-필라멘트 복합 전도체의 길이에 걸쳐 연장되고 매트릭스 구성재료에 의해 둘러싸인 개개의 초전도 필라멘트들을 포함하는 다중-필라멘트 복합 초전도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도체 코일의 제조방법.

청구항 23.

제16항에 있어서,

코일은 팬케이크형 코일로서 권선된 것을 특징으로 하는 초전도체 코일의 제조방법.

청구항 24.

제23항에 있어서,

코일은 2중 팬케이크형 코일로서 권선된 것을 특징으로 하는 초전도체 코일의 제조방법.

청구항 25.

축, 제1 단부 및 제2 단부를 갖는 초전도 코일 조립체에 있어서,

적층배열 된 다수의 코일을 포함하되, 이 때 각 코일은 코일축을 따라 권선 배치되어 축방향으로 제1 단부에서 제2 단부쪽으로 점차 감소하는 크기를 갖는 개구를 구성하는 다수의 동심 회전체를 제공하는 초전도 테이프를 포함하고, 상기 초전도체 테이프의 각 회전체는 코일축에 대해 평행하게 유지되는 광역표면을 갖는 것을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

청구항 26.

제25항에 있어서,

각 코일은 한쌍의 대향하는 아치형 단부면 및 한쌍의 대향하는 직선형 측부면을 구성하는 레이스트랙 형상으로 권선되는 것을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

청구항 27.

제25항에 있어서,

각 코일의 권선된 초전도 테이프는 코일축을 따라 연장된 코일의 선형 테이퍼된 내측면을 구성하는 것을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

청구항 28.

제25항에 있어서,

각 코일의 권선된 초전도 테이프는 코일축을 따라 연장된 코일의 곡선형 내측면을 구성하는 것을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

청구항 29.

제28항에 있어서,

권선된 초전도 테이프의 곡선형 내측면은, 대향하는 직선형 측부면을 따라 원통형상으로 되고, 또한 대향하는 아치형 단부면을 따라 구형 형상으로 되는 것을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

청구항 30.

제25항에 있어서,

상기 각각의 코일은 동일한 것을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

청구항 31.

제25항에 있어서,

각 코일의 초전도 테이프는 다중-필라멘트 복합 전도체의 길이에 걸쳐 연장되고 매트릭스 구성재료에 의해 둘러싸인 개개의 초전도 필라멘트들을 함유하는 다중-필라멘트 복합 초전도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도체 코일 조립체.

청구항 32.

제25항에 있어서,

초전도 테이프는 비등방성 고온 초전도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

청구항 33.

제26항에 있어서,

코일은 팬케이크 형상으로 된 것을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

청구항 34.

제25항에 있어서,

다수의 코일의 제1 단부 코일 및 제2 단부 코일은, 이들 양 코일 사이에 배치된 코일들의 임계전류 보존특성보다 더 높은 임계전류 보존특성을 갖도록 사전 선택됨을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

청구항 35.

제34항에 있어서,

제1 단부 코일 및 제2 단부 코일의 고 임계전류 보존특성은 이들 양 코일 각각의 고유특성인 것을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

청구항 36.

제34항에 있어서,

제1 단부 코일 및 제2 단부 코일의 고 임계전류 보존특성은 이들 양 코일 각각의 사전선택된 크기를 기초로 하는 것을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

청구항 37.

제25항에 있어서,

코일 조립체의 제1 단부에 있는 제1군의 다수 코일과 제2 단부에 있는 제2군의 다수 코일은, 제1군 및 제2군 사이에 배치된 코일들의 임계전류 보존특성 보다 더 큰 임계전류 보존특성을 갖도록 사전선택됨을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

청구항 38.

제37항에 있어서,

제1군의 다수 코일 및 제2군의 다수 코일의 고 임계전류 보존특성은 고유특성인 것을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

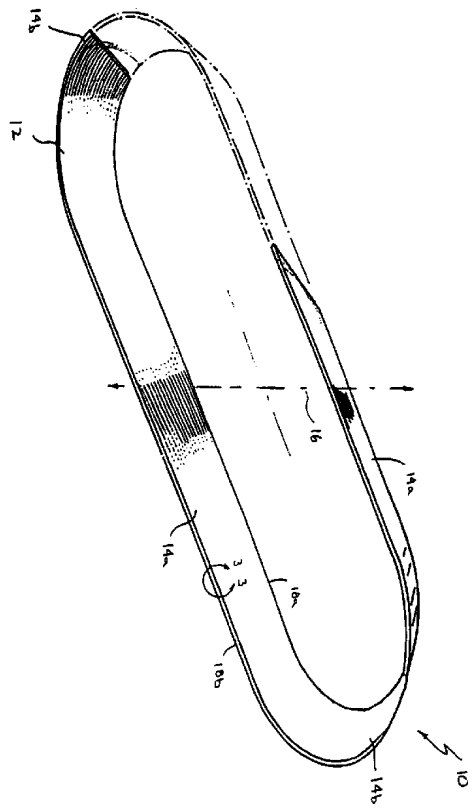
청구항 39.

제37항에 있어서,

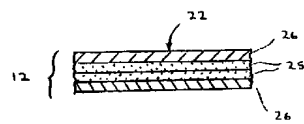
제1군의 다수 코일 및 제2군의 다수 코일의 고 임계전류 보존특성은 이들 양 코일군 각각의 사전선택된 크기를 기초로 하는 것을 특징으로 하는 초전도 코일 조립체.

도면

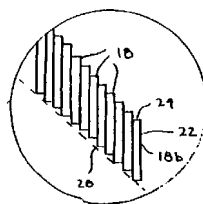
도면1



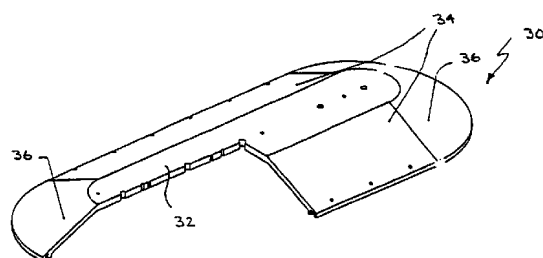
도면2



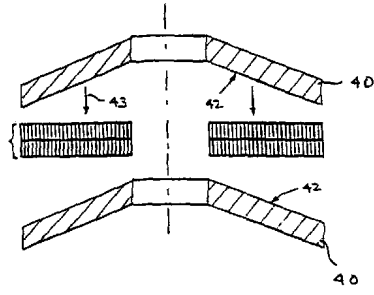
도면3



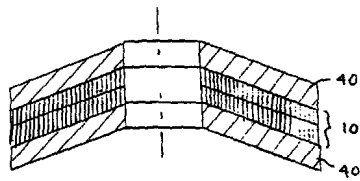
도면4



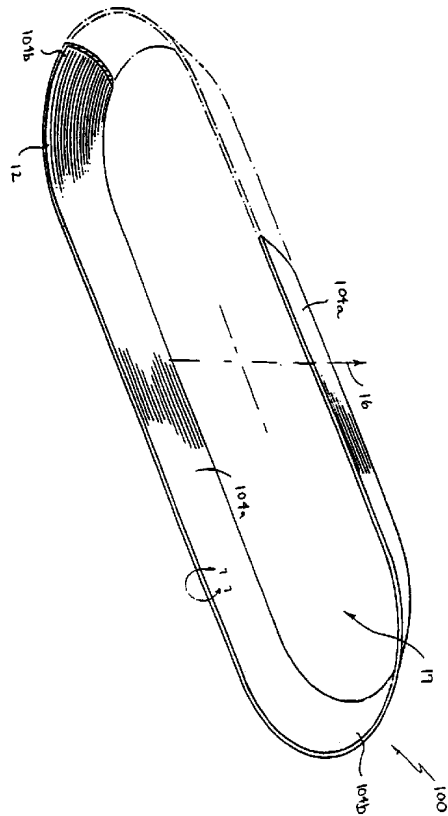
도면5A



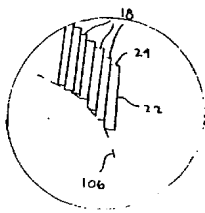
도면5B



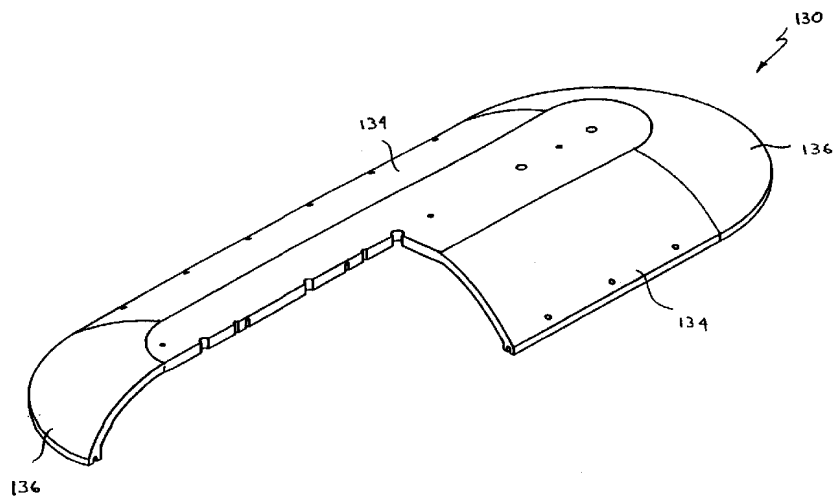
도면6



도면7



도면8



도면9

