

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2016-0046611 (43) 공개일자 2016년04월29일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01F 6/00 (2006.01) H01F 6/06 (2006.01) (21) 출원번호 10-2014-0142762 (22) 출원일자 2014년10월21일 심사청구일자 2014년10월21일 기술이전 희망 : 기술양도		(71) 출원인 창원대학교 산학협력단 경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동) (72) 발명자 김석호 경상남도 김해시 율하3로 76, 805동 1802호 (율하동, 중앙하이츠아파트) 박민원 경상남도 김해시 덕정로12번길 24 (관동동) (74) 대리인 김종선, 이형석

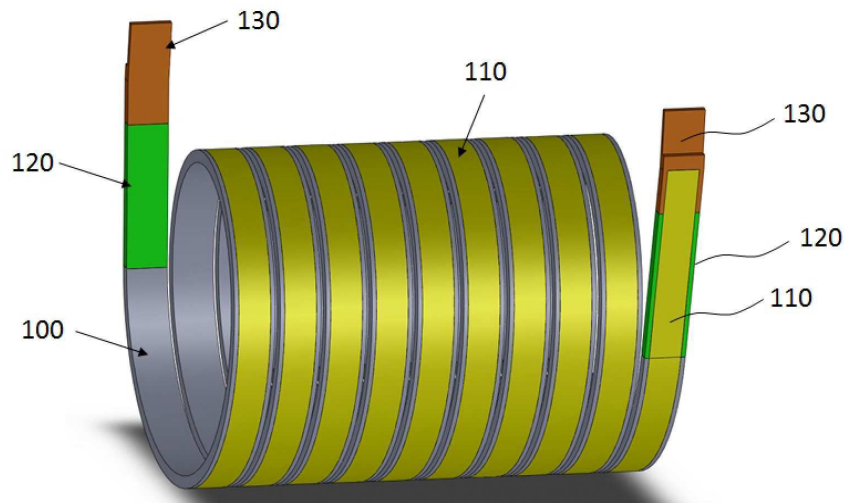
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 고온 초전도 전류리드 구조

(57) 요약

본 발명은 고온 초전도 전류리드 구조에 관한 것으로, 상세하게는, 솔레노이드 권선의 고온 초전도 선재를 일정 길이로 연장하여 전류리드로서 사용함으로써 별도의 접촉부를 갖는 고온 초전도 전류리드를 사용할 필요가 없게 되어 기계적, 열적으로 보다 안정된 초전도 자석을 제작할 수 있는 고온 초전도 전류리드 구조를 개시한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

이상진

경상북도 포항시 남구 회망대로 520, 103동 1402호
(대잠동, 센트럴하이츠)

김광민

경상남도 창원시 마산합포구 서성로 23, 107동 80
3호 (신포동1가, 센트럴아파트)

박희철

경상남도 창원시 성산구 반송로 105, 15동 1204호
(반림동, 럭키아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

고온 초전도 선재가 권선된 솔레노이드 권선에 전류를 공급하는 고온 초전도 전류리드에 있어서,
상기 솔레노이드 권선 양단의 고온 초전도 선재가 각각 전류리드로서 사용 가능한 길이로 연장되어 형성되며 연장된 고온 초전도 선재의 종단에는 전류통전부와 연결되기 위한 구리단자가 접합되는 고온 초전도 전류리드 구조.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 연장된 고온 초전도 선재를 지지하는 절연재를 더 포함하며,
상기 절연재는 열전도도가 낮은 GFRP로 형성되며, 상기 GFRP는 G10을 포함하는 고온 초전도 전류리드 구조.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
상기 고온 초전도 선재는 전류리드의 수직 자장을 저감하기 위하여 솔레노이드 권선 중심부 측으로 밴딩되어 형성되는 고온 초전도 전류리드 구조.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
상기 연장된 고온 초전도 선재와 상기 구리단자를 접합하는 선재 접합부는 접합면적이 증가하도록 다단으로 형성되는 고온 초전도 전류리드 구조.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고온 초전도 전류리드 구조에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 솔레노이드 권선의 고온 초전도 선재를 일정 길이로 연장하여 전류리드로서 사용함으로써 별도의 접속부를 갖는 고온 초전도 전류리드를 솔레노이드 권선의 고온 초전도 선재에 연결할 필요가 없는 고온 초전도 전류리드 구조에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 고온 초전도 선재(high temperature superconducting tape)는 테이프 형태의 금속 기판 위에 초전도 박막을 입혀서 형성된다. 최근 고온 초전도 선재의 상용화에 따라 고온 초전도 선재를 이용한 다양한 형태의 초전도 자석에 대한 연구 개발이 이루어지고 있다. 초전도 에너지 저장 장치(SMES; Super conducting Magnetic Energy Storage), 초전도 DC reactor, 대용량 초전도 풍력발전기 등은 이러한 초전도 자석을 활용하는 대표적인 전력 응용 기기이다. 이러한 초전도 자석의 특징은 주로 정자장 응용 분야로써 초전도체의 특징인 전기 저항 '0'에 의하여 매우 손실이 적은 상태로 매우 큰 자장을 발생시킬 수 있는 장점이 있어, 시스템 자체의 크기 및 무게를 획기적으로 감소시키고 시스템의 효율을 비약적으로 증가시킬 수 있게 된다.

- [0003] 이러한 초전도 자석은 극저온으로 냉각되어 외부로부터의 전도/대류/복사에 의한 열침입 및 초전도 선재의 접합 저항 그리고 전류리드로부터의 열전도 및 저항에 의한 열손실이 발생한다. 이러한 열손실 중 특히 전류리드로부터의 열전도 및 저항에 의한 열손실의 경우 다양한 방법을 통하여 최소화하는 설계가 필요하다.
- [0004] 일반적으로 초전도 자석 장치는 상온에서 약 70K(절대온도) 부근까지는 적절한 초전도 현상이 발생하지 않기 때문에, 구리, 황동 등을 이용하여 설계되며 극저온 냉동기 및 액체 질소 등을 이용하여 열손실을 제거하는 구조를 갖는다.
- [0005] 그러나, 20K~50K의 운전 온도를 갖는 초전도 자석의 경우 70K 부근에서 다시 초전도 자석까지 전기를 공급해야 할 필요성이 있으며 이 경우 고온 초전도체를 이용한 고온 초전도 전류리드를 사용하게 된다. 고온 초전도 전류리드는 전류를 통전하면서, 전도 열침입을 효과적으로 차단하는 역할을 한다.
- [0006] 따라서, 대부분의 초전도 자석은 구리, 황동 등으로 형성된 금속 전류리드와 고온초전도 전류리드의 조합으로서 초전도 자석에 전류를 공급하며, 고온 초전도 전류리드는 일반적으로 상용 제품 혹은 적절히 설계된 전류리드가 사용된다.
- [0007] 일반적인 고온 초전도 전류리드(10)는 도 1에 도시된 바와 같이, 고온 초전도 선재(11)와, 상기 고온 초전도 선재(11)를 지지하는 GFRP(13)와, 상기 고온 초전도 선재(11)의 양 끝단에 구비된 구리 단자(12)(14)로 형성된다.
- [0008] 일반적인 고온 초전도 전류리드(10)는 자석의 권선을 완료한 후에 솔레노이드 양 종단의 고온 초전도 선재에 구비된 구리단자에 구리단자(12)를 납땜 또는 기계적 체결 방법을 통하여 연결하게 된다.
- [0009] 그러나 초전도 자석에 있어서 솔레노이드 권선의 얇은 고온 초전도 선재는 구리단자(12)를 연결하기에는 기계적으로 취약하다. 또한 일반적인 고온 초전도 전류리드(10)의 구리단자(12)와 솔레노이드 권선의 얇은 고온 초전도 선재의 종단에 구비된 구리단자 간 접촉부의 구리 저항 발열로 인하여 국부적인 온도 상승이 발생하는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제 1264314 호 (2013. 05. 08)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 본 발명의 목적은 솔레노이드 권선의 고온 초전도 선재를 일정 길이로 연장하여 전류리드로서 사용함으로써 별도의 접촉부를 갖는 고온 초전도 전류리드를 사용할 필요가 없게 되어 기계적, 열적으로 보다 안정된 초전도 자석을 제작할 수 있는 고온 초전도 전류리드 구조를 제공하는 것이다.
- [0012] 본 발명의 다른 목적은 솔레노이드 권선으로부터 연장되는 고온 초전도 선재를 전류리드의 수직 자장을 저감하기 위하여 솔레노이드 권선 중심부 측으로 밴딩하여 형성하는 고온 초전도 전류리드 구조를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 의한 고온 초전도 전류리드 구조는, 고온 초전도 선재가 권선된 솔레노이드 권선에 전류를 공급하는 고온 초전도 전류리드에 있어서, 상기 솔레노이드 권선 양단의 고온 초전도 선재가 각각 전류리드로서 사용 가능한 길이로 연장되어 형성되며 연장된 고온 초전도 선재의 종단에는 전류통전부와 연결되기 위한 구리단자가 접합되어 형성된다.
- [0014] 본 발명에 의한 고온 초전도 전류리드 구조는, 상기 연장된 고온 초전도 선재를 지지하는 절연재를 더 포함하며, 상기 절연재는 열전도도가 낮은 GFRP로 형성되며, 상기 GFRP는 G10을 포함한다.

- [0015] 상기 고온 초전도 선재는 전류리드의 수직 자장을 저감하기 위하여 솔레노이드 권선 중심부 측으로 밴딩되어 형성된다.
- [0016] 상기 연장된 고온 초전도 선재와 상기 구리단자를 접합하는 선재 접합부는 접합면적이 증가하도록 다단으로 형성된다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명은 솔레노이드 권선의 고온 초전도 선재를 전류리드로서 사용 가능한 길이만큼 연장하여 전류리드로서 사용함으로써 별도의 접촉부를 갖는 고온 초전도 전류리드를 사용할 필요가 없게 되어 기계적, 열적으로 보다 안정된 초전도 자석을 제작할 수 있다.
- [0018] 본 발명은 고가의 고온 초전도 전류 리드를 별도 구매하거나 제작할 필요가 없어지므로 초전도 자석의 제작 비용이 절감된다.
- [0019] 본 발명에 따르면, 솔레노이드 권선으로부터 연장되는 고온 초전도 선재를 솔레노이드 권선 중심부 측으로 밴딩하여 형성함으로써 전류리드의 수직 자장을 저감하여 전기장의 수직 자장에 의한 물리적인 힘을 최소화할 수 있어 고온 초전도 선재의 손상을 최소화하게 된다.
- [0020] 본 발명에 따르면, 솔레노이드 권선으로부터 연장된 고온 초전도 선재의 종단에 전류통전부와 접속하기 위한 구리 단자를 접합하는 선재 접합부를 다단으로 형성하여 접합함으로써 연장된 고온 초전도 선재의 일단과 구리 단자가 접촉하는 면적을 증가시켜서 접합 저장을 최소화하게 된다.
- [0021] 본 발명은 5~100 kA의 높은 통전 전류를 필요로 하는 극저온 전기로 및 고전류용 자석 등에 사용시 구리단자의 저항에 의한 발열을 크게 감소시킬 수 있어 효율 향상이 기대된다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 일반적인 고온 초전도 전류리드의 예시도
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 고온 초전도 전류리드 구조의 예시도
- 도 3은 도 2의 고온 초전도 전류리드 구조의 단면도
- 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 의한 고온 초전도 전류리드 구조의 예시도
- 도 5는 도 4의 고온 초전도 전류리드 구조의 자장 영역 예시도
- 도 6은 본 발명의 또다른 실시예에 의한 고온 초전도 전류리드 구조 예시도
- 도 7 및 도 8은 연장된 고온 초전도 선재의 종단과 구리 단자 간 접합부의 예시도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0024] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 고온 초전도 전류리드 구조의 예시도이다. 보빈(100) 및 보빈(100) 상에 형성된 고온 초전도 선재(110)가 권선되어 솔레노이드를 형성한다. 본 발명의 일 실시예에 의한 고온 초전도 전류리드는 고온 초전도 선재(110)가 솔레노이드 권선의 양단으로부터 전류리드로서 사용 가능한 길이만큼 연장되어 형성된다. 연장된 고온 초전도 선재(110)는 절연재(120)에 의하여 지지된다. 절연재(120)의 일단은 솔레노이드를 형성하는 보빈(100)의 일단에 접합되어 상기 연장된 고온 초전도 선재(110)를 지지하며, 절연재(120)의 타단은 전류통전부와 접속되기 위한 구리단자(130)와 접합된다.
- [0025] 절연재(120)의 길이는 상기 연장된 고온 초전도 선재(110)의 길이보다는 짧게 형성되어, 상기 연장된 고온 초전도 선재(110)의 종단이 절연재(120)보다 더욱 인출되어 형성되며 구리단자(130)와 접촉면을 가지면서 접합된다.
- [0026] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 의한 고온 초전도 전류리드 구조는, 도 3의 (b)에서 보여지는 바와 같이, 구리 단자(130)를 통해 공급되는 통전 전류가 별도의 구리 블럭을 통과하지 않고 솔레노이드 코일(고온 초전도 선

재)로 직접 통전되어 별도의 구리 단자의 저항에 대한 발열이 발생되지 않게 된다. 즉, 구리 단자로 형성되는 접촉부의 개수를 감소시킴으로써 기계적 취약 문제 및 발열 문제를 최소화할 수 있다.

- [0027] 보빈(100)은 알루미늄 또는 아노다이징 처리된 알루미늄으로 형성될 수 있다.
- [0028] 또한 절연재(120)는 열전도도가 낮은 GFRP(Glass Fiber Reinforced Plastic; 유리섬유 강과 플라스틱)로 형성되며, 상기 GFRP는 G10을 포함한다.
- [0029] 솔레노이드 권선 부분(100, 110)은 20~50K로 유지되는 극저온 영역이고, 구리단자(130)를 포함하는 부분은 70~80K 영역으로서, 절연재(120)가 열침입을 차단한다. 따라서, 본 발명의 일실시예에 의한 고온 초전도 전류리드 역시도 솔레노이드 권선에 전류를 통전함과 동시에, 전도 열침입을 효과적으로 차단하게 되는 것이다.
- [0030] 도 4는 솔레노이드 권선에 일반적인 고온 초전도 전류리드가 연결된 경우에서 전류리드의 수직 자장을 최소화하기 위하여 고온 초전도 전류리드를 솔레노이드 권선의 중심부 측으로 밴딩한 예시도이다. 도 5의 (a)는 도 1의 일반적인 초전도 자석의 경우에 자장의 힘을 나타낸다. 즉, 도 1의 솔레노이드 권선에서 수직자장은 선재가 권선된 솔레노이드의 원주 주변에서 가장 크게 발생하여 고자장이 형성되며, 원주에서 멀어질수록 수직자장은 약해져서 저자장이 형성된다.
- [0031] 도 1의 일반적인 고온 초전도 전류리드의 고온 초전도 선재와 구리단자 간 접촉 부분이 고자장 영역에 위치하여, 고온 초전도 전류리드의 고온 초전도 선재가 전기장의 수직 자장에 의한 물리적인 힘을 많이 받게 되어 손상되는 현상이 발생한다.
- [0032] 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 발명의 다른 실시예에서는 도 4에 도시된 바와 같이, 저자장 영역인 솔레노이드 권선의 중심부 측으로 솔레노이드 권선의 고온 초전도 선재를 밴딩하여 솔레노이드 권선의 중심부 측에서 일반적인 고온 초전도 전류리드가 접합될 수 있도록 한다. 따라서, 전기장의 수직 자장에 의한 물리적인 힘을 최소화하여 고온 초전도 선재의 손상을 최소화할 수 있게 된다.
- [0033] 도 6은 본 발명의 또다른 실시예에 의한 고온 초전도 전류리드 구조의 예시도이다. 본 발명의 또다른 실시예에 의한 고온 초전도 전류리드 구조는, 도 2의 고온 초전도 전류리드 구조와 유사하나, 차이점은 솔레노이드 권선의 고온 초전도 선재(210)를 솔레노이드 권선의 중심부 측으로 밴딩한 후 전류리드로서 사용 가능한 길이만큼 연장하며 연장된 고온 초전도 선재(210)의 종단에 구리단자(230)가 접합되어 형성되는 것이다. 연장된 고온 초전도 선재(210)는 절연재(220)에 의하여 지지된다.
- [0034] 따라서, 본 발명의 또다른 실시예에 의한 고온 초전도 전류리드 구조는 별도의 구리 접촉부를 양단에 구비하는 고온 초전도 전류리드를 사용할 필요 없이 솔레노이드 권선의 고온 초전도 선재를 밴딩한 후 연장 형성하고 그 종단에 전류 통전부와 접속되기 위한 구리 단자를 접합함으로써 수직 자장을 최소화할 뿐만 아니라 구리 단자 개수를 감소하여 극저온 부분에서의 발열 문제를 해소할 수 있게 된다.
- [0035] 도 7 및 도 8은 본 발명에 의한 고온 초전도 전류리드의 고온 초전도 선재와 구리 단자 간 접합부의 예시도이다.
- [0036] 솔레노이드 권선으로부터 일정 길이로 연장된 고온 초전도 선재(310)와 구리단자(330)가 상호 접합되는 접합부(331)를 다단으로 형성한다. 따라서 연장된 고온 초전도 선재(310)와 구리 단자(330)가 접합하는 면적을 확장하여 접합 저항을 최소화할 수 있게 된다. 이는 도 2의 고온 초전도 전류리드 구조, 도 4의 고온 초전도 전류리드 구조, 및 도 6의 고온 초전도 전류리드 구조에 모두 적용할 수 있다.
- [0037] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 이상에서 기술한 실시예는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 그러므로 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

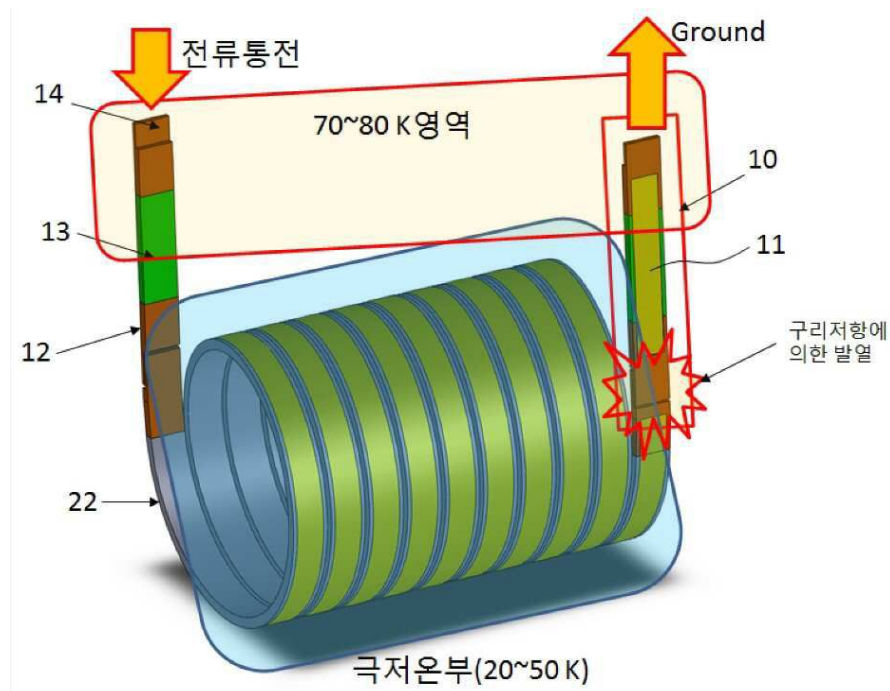
부호의 설명

- [0038] 100, 200: 보빈 110, 210, 310: 고온 초전도 선재
120, 220: 절연재 130, 230, 330: 구리단자

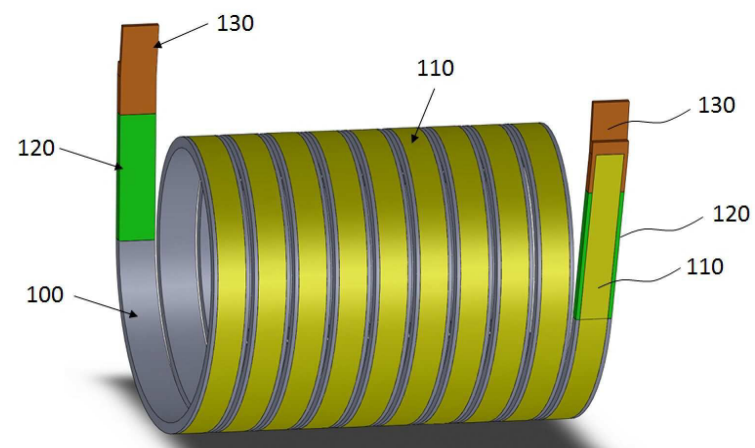
331: 선재 접합부

도면

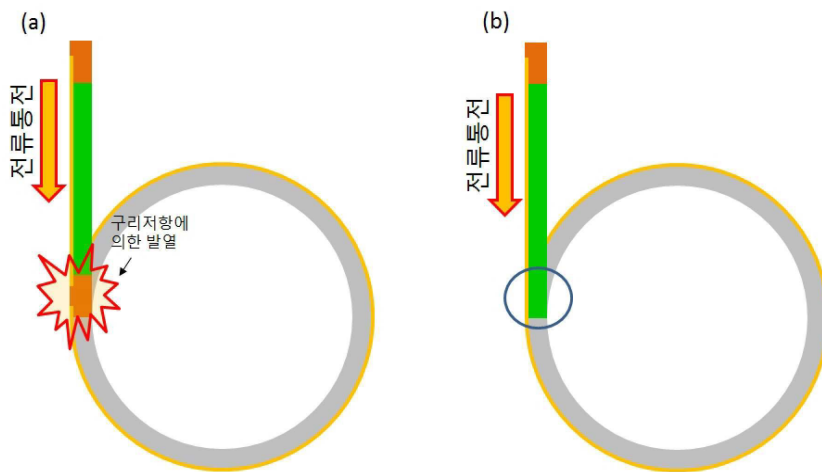
도면1



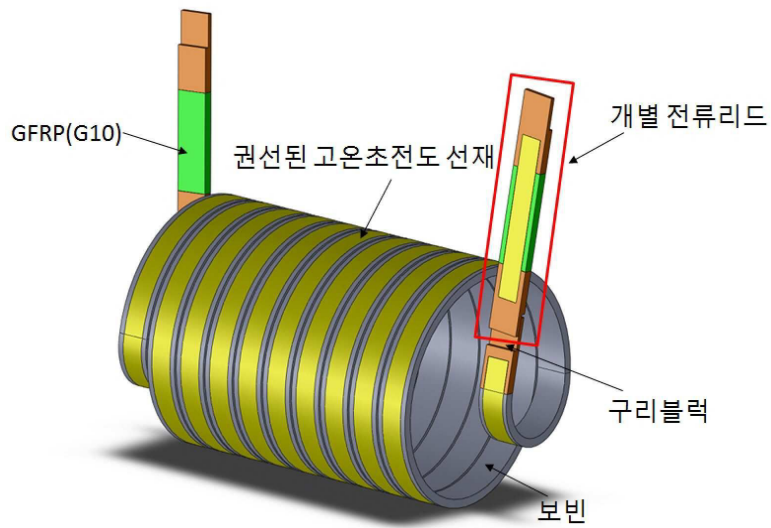
도면2



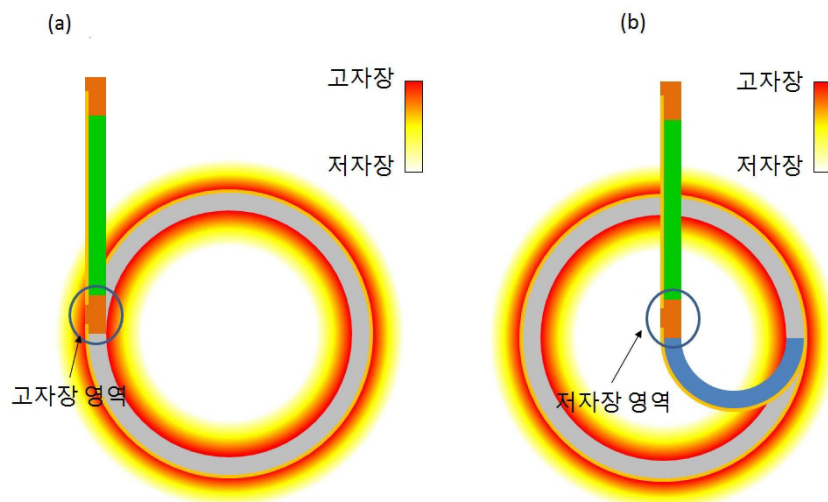
도면3



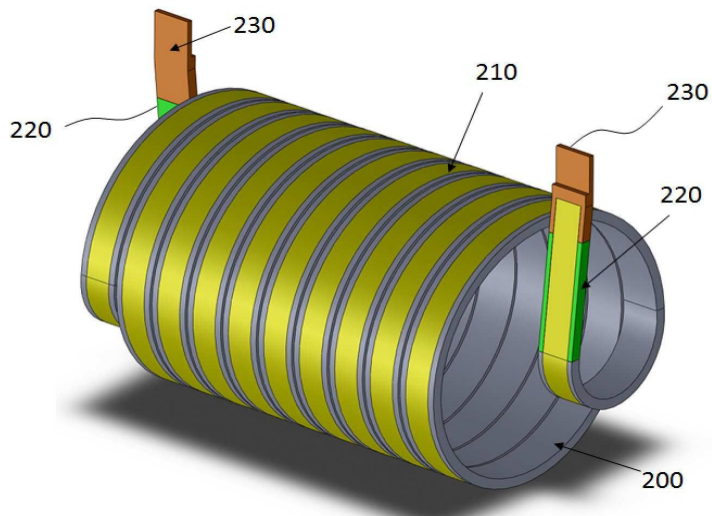
도면4



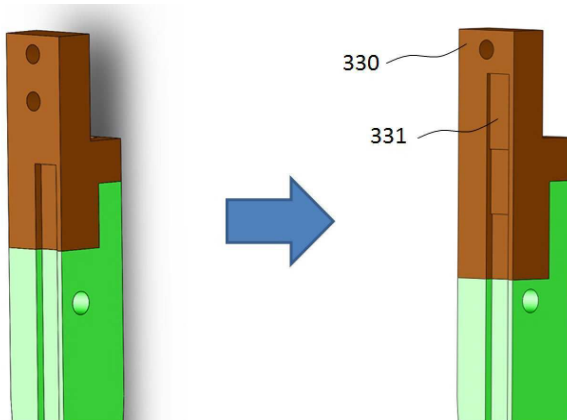
도면5



도면6



도면7



도면8

