

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2016-0097547 (43) 공개일자 2016년08월18일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01B 12/00 (2006.01)	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)	
(52) CPC특허분류 H01B 12/00 (2013.01) H01B 12/06 (2013.01)	(72) 발명자 이해근 서울특별시 동대문구 장한로 119 삼성웨르빌 548호 최주희 경기도 부천시 원미구 부일로 817	
(21) 출원번호 10-2015-0019345	(74) 대리인 이동건	
(22) 출원일자 2015년02월09일 심사청구일자 2015년02월09일		

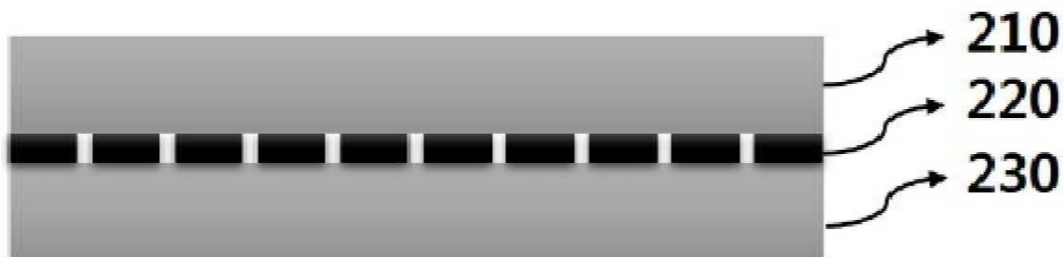
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 고온 초전도 선재의 제조 방법

(57) 요약

고온 초전도 선재의 제조 방법에 있어서, 기재 상에 고온 초전도층을 형성한다. 상기 고온 초전도층을 포토 마스크를 지나는 레이저를 이용하여 패터닝 함으로써 상기 기재 상에 고온 초전도층 패턴을 형성한다. 이로써, 고온 초전도 선재의 교류 손실이 억제될 수 있다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

기재 상에 고온 초전도층을 형성하는 단계; 및

상기 고온 초전도층을 포토 마스크를 지나는 레이저를 이용하여 패터닝 함으로써 상기 기재 상에 고온 초전도층 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 고온 초전도 선재의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 고온 초전도층 패턴은 스트라이프 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 고온 초전도 선재의 제조 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 고온 초전도층 패턴은 1 내지 20 μm 의 피치를 갖는 것을 특징으로 하는 고온 초전도 선재의 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 기재 상에 상기 고온 초전도층 패턴을 덮도록 안정화층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고온 초전도 선재의 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 안정화층은 구리, 황동(brass) 또는 스테인레스 스틸(stainless steel)로 이루어진 것을 특징으로 하는 고온 초전도 선재의 제조 방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 기재는 안정화층과 동일한 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 고온 초전도 선재의 제조 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 하나의 제조 방법으로 제조된 고온 초전도 선재.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고온 초전도 선재의 제조 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 레이저 스크라이빙 기술을 이용하여 고온 초전도 선재를 제조하는 고온 초전도 선재의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 상전도 상태의 어떤 물질이 임계온도 이하에서 전기저항이 급속히 감소하여 상기 전기 저항이 영(0)이 되는 현상을 초전도 현상한다. 상기 초전도 현상이 나타내는 물질을 초전도체라 한다.

[0003] 상기 임계온도가 20K 이하인 초전도체를 저온 초전도체(LTS)라 하는 한편, 고온초전도체로는 임계온도 20K 초과인 초전도체를 고온 초전도체(HTS)라 한다.

[0004] 상기 고온 초전도체(HTS)의 일례로서 LaBaCuO, YBaCuO, BiSrCaCuO, TlBaCaCuO, HgBaCaCuO 등이 발견되었다.

[0005] 최근 상용화를 위해 노력 중인 고온 초전도체는 세라믹인 고온 초전도체를 선재화한 구조를 가진다. 상기 고온 초전도체는 완충층이 코팅된 금속기관에 고온 초전도층을 증착한 다층 박막형 구조로 형성된다. 상기 2세대 고

온 초전도체는 일반적으로 1 MA/cm² 이상의 임계 전류밀도로 전류를 저항 손실 없이 통전할 수 있다.

[0006] 한편, 이러한 고온 초전도 선재를 감아서 만든 코일을 초전도 코일이라고 하며, 초전도 코일에 전류를 흐르게 하면 전자석이 된다. 초전도 선재는 일반적으로 초전도체의 세선을 구리의 모재 속에 여러 개 집어넣은 것으로서 초전도체로는 NbTi, Nb₃Sn, V₃Ga 등이 사용되고 있다. 초전도체는 전기 저항이 '0'이므로 전류가 흘러도 줄(joule) 열은 발생하지 않고, 전력도 소비하지 않는다. 그러나 자기장이 강해지면 초전도 상태가 붕괴되어 저항이 있는 보통의 금속으로 되돌아가는 성질이 있으므로, 이를 극복할 수 있는 재료를 선택해서 코일을 만들어야 한다.

[0007] 한편, 초전도 코일은 유도 반발식 자기부상식 철도차량에 적용될 수 있다. 이 경우, 상기 초전도 코일은 니오브(Nb)와 티탄(Ti)의 합금세선을 구리의 모재에 매립한 초전도 와이어를 형성한다. 이후, 상기 초전도 와이어를 레이스 트랙 형상으로 감아 돌린 후, 에폭시 수지로 함침하여 제작된다. 상기 초전도 코일은 내조(내부의 탱크)에 영구전류 스위치와 함께 수납되어, 상온부에서 파워리드를 통해서 전류가 공급되어 영구 전류 모드로 전환된다. 한편, 영구전류 모드가 파괴되었을 때에 초전도 코일이 소손되지 않도록, 보호 저항기가 상기 초전도 코일 양단 사이에 설치되기도 한다.

[0008] 하지만 초전도 재료의 경우 초전도 재료를 변동 자계 중에 두었을 때나 초전도 재료에 변동 전류(교류)가 흐를 경우 교류 손실(AC loss)이 발생하기 때문에 이를 개선할 수 있는 초전도체 제조 방법이 필요하다.

[0009] 종래의 개발된 저온 초전도체의 경우 필라멘트 형식으로 초전도체를 제작하거나 이들을 와인딩 하여 만드는 형태로 교류 손실이 억제될 수 있다. 하지만 현재의 다층 박막 구조로 이루어진 고온 초전도체는 세라믹 형태의 초전도층을 포함함으로써 기존의 방식으로 교류 손실을 줄일 수 없어 종래에 개발된 기술과는 다른 방식으로 교류 손실을 줄여야 하는 요구가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 따라서, 본 발명의 일 목적은 종래의 고온 초전도 선재가 갖고 있는 교류 손실의 특성을 해결할 수 있는 고온 초전도 선재의 제도 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 고온 초전도 선재의 제조 방법에 있어서, 기재 상에 고온 초전도층을 형성하고, 상기 고온 초전도층을 포토 마스크를 지나는 레이저를 이용하여 패터닝 함으로써 상기 기재 상에 고온 초전도층 패턴을 형성한다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 고온 초전도층 패턴은 스트라이프 형상을 가질 수 있다.

[0013] 여기서, 상기 고온 초전도층 패턴은 1 내지 20 μm 의 피치를 가질 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기재 상에 상기 고온 초전도층 패턴을 덮도록 안정화재가 추가적으로 형성될 수 있다.

[0015] 여기서, 상기 안정화재는 구리, 황동(brass) 또는 스테인레스 스틸(stainless steel)로 이루어질 수 있다.

[0016] 또한, 상기 기재는 안정화재와 동일한 물질로 이루어질 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 실시예들에 따르면, 초전도 선재의 제작시 고온 초전도층을 증착한 후 반도체 제조 공정 중 사용되는 포토 마스크를 이용하는 레이저 스크라이빙 공정을 통하여 상기 고온 초전도층을 스트라이프 형상의 초전도층 패턴으로 변환시킬 수 있다. 이로써, 상기 초전도층 패턴을 구비한 고온 초전도 선재는 교류 손실을 억제할 수 있다. 결과적으로 상기 고온 초전도 선재는 초전도 변압기, 초전도 케이블, 초전도 에너지 저장장치 등과 같은 초전도 응용기기의 한계를 극복하고 효율을 보다 향상시키고자 한다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 고온 초전도 선재의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 고온 초전도 선재에 포함된 고온 초전도 패턴을 형성하기 위한 패턴닝 장치를 설명하기 위한 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 첨부된 도면에 있어서, 대상물들의 크기와 양은 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대 또는 축소하여 도시한 것이다.
- [0020] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0021] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0022] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 고온 초전도 선재의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도이다.
- [0024] 도 1을 참조하면, 은 본 발명의 일 실시예에 따른 고온 초전도 선재의 제조 방법에 있어서, 기재 상에 고온 초전도층을 형성한다.
- [0025] 상기 기재는 2축 배향된 집합 조직을 가질 수 있다. 상기 기재는 금속 기재일 수 있다. 이 경우, 상기 기재는 압연 열처리된 Ni, Ni계 합금(Ni-W, Ni-Cr, Ni-Cr-W 등), 스테인레스, 은, 은 합금, Ni-은 복합체 등의 입방정계 금속을 포함할 수 있다.
- [0026] 상기 고온 초전도층은 희토류 원소 중 적어도 하나, 구리 및 바륨을 포함할 수 있다.
- [0027] 상기 고온 초전도층은 증발법, 레이저 어블레이션, 화학기상증착 공정, 유기 금속 증착법, 또는 졸-겔(sol-gel) 공정으로 형성될 수 있다.
- [0028] 예를 들면, 상기 고온 초전도층은 증발법으로 형성될 수 있다. 상기 증발법에 따르면, 희토류 원소(RE) 중의 적어도 하나, 구리(Cu) 및 바륨(Ba)을 담은 그릇들에 전자 빔을 조사하여, 생성되는 금속 증기(metal vapor)를 상기 기재 상에 제공하여 고온 초전도층을 형성할 수 있다. 상기 희토류 원소(RE)는 이트륨(Y) 및 란타넘족 원소 또는 이들의 조합인 것으로 이해될 수 있다. 란타넘족 원소는 잘 알려진 바와 같이, La, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu 등을 포함한다.
- [0029] 다른 실시예에 있어서, 상기 고온 초전도층은 유기금속 증착법(Metal Organic Deposition: MOD)으로 제조될 수 있다. 예를 들어, 유기 용매에 희토류(RE)-아세테이트, 바륨(Ba)-아세테이트, 구리(Cu)-아세테이트를 용해시키고, 증발 증류 및 재용해-증합(Refluxing) 공정을 거쳐서, 희토류 원소(RE) 중의 적어도 하나, 구리(Cu) 및 바륨(Ba)을 포함하는 금속 전구체 용액을 제조한다. 상기 기재 상에 상기 금속 전구체 용액을 도포하여 상기 고온 초전도층을 형성할 수 있다.
- [0030] 이어서, 상기 고온 초전도층을 패턴닝하여 고온 초전도층 패턴을 형성한다. 상기 고온 초전도층 패턴을 형성하기 위하여, 포토 마스크를 지나는 레이저를 이용하여 레이저 스크라이빙 공정이 수행될 수 있다.

- [0031] 상기 고온 초전도층 패턴은 스트라이프 형상을 가질 수 있다. 이 경우, 상기 고온 초전도층 패턴은 1 내지 20 μm 의 간격(피치)를 가질 수 있다. 상기 피치는 상기 스트라이프 형상을 갖는 패턴의 중심들 사이의 간격에 해당한다.
- [0032] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 고온 초전도 선재에 포함된 고온 초전도 패턴을 형성하기 위한 패턴닝 장치를 설명하기 위한 구성도이다.
- [0033] 도 1 및 도 2를 참조하여 상기 레이저 스크라이빙 공정에 대하여 상술하기로 한다.
- [0034] 상기 레이저 스크라이빙 공정은 도2에 도시된 패턴닝 장치를 이용하여 수행될 수 있다.
- [0035] 광원(110)에서 발생된 빛은 렌즈(120)를 투과해 감쇠기(130)를 통과한다. 상기 빛은 상기 감쇠기(130)을 통과하면서 광 세기가 조절하게 될 수 있다. 광원(110)에서 발생한 빛은 렌즈(120) 및 감쇠기(130)를 통과한 뒤 포토 마스크(140)를 거치게 된다. 이때 상기 광은 포토마스크(140)에 따라 원하는 패턴이 형성된다. 이후, 최종적으로 샘플 홀더(190)에 놓인 2세대 고온 초전도층에 패턴이 형성되게 된다. 이로써 상기 기재 상에 고온 초전도층 패턴이 형성될 수 있다.
- [0036] 한편, 포토 마스크(140)는 주로 퀴츠(quartz)로 이루어진다. 또한 상기 포토 마스크에 형성된 패턴은 크롬을 이용하여 형성된다. 그리고, 상기 포토 마스크(140)는 레이저에 식각되지 않을 수 있도록 1 μm 이상의 두께로 형성한다.
- [0037] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기재 상에 상기 고온 초전도층 패턴을 덮도록 안정화재가 추가적으로 형성될 수 있다. 상기 안정화재는 상기 고온 초전도 선재의 전기적 안정성 및 기계적 강도를 개선할 수 있다.
- [0038] 상기 안정화재는 구리, 황동(brass) 또는 스테인레스 스틸(stainless steel)로 형성될 수 있다. 또한 상기 안정화재는 상기 기재와 동일한 물질로 이루어질 수 있다.
- [0039] 본 발명의 실시예들에 따르면, 레이저 스크라이빙 공정을 통하여 고온 초전도층을 스트라이프 형상의 초전도층 패턴으로 패턴닝할 수 있다. 이로써, 상기 초전도층 패턴을 구비한 고온 초전도 선재는 교류 손실을 억제할 수 있다.
- [0040] 보다 상세하게는, 상기 고온 초전도 선재에 수직한 방향으로 교류 자장이 가해질 때, 단위 길이 주기 당 자화 손실(Q_h [J/m])은 아래의 식을 이용하여 계산될 수 있다.

$$Q_h = \frac{B_e^2}{\mu_0} \frac{\pi \omega}{\beta d} \left(\frac{2}{\beta} \ln(\cosh \beta) - \tanh \beta \right)$$

- [0041]
- [0042] 이 때, ω 는 선재의 폭, d는 고온 초전도층 패턴들 사이의 간격(피치)를 나타낸다.

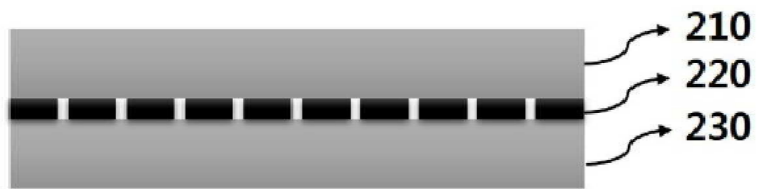
- [0043] 본 발명을 통해 고온 초전도층에 대하여 레이저 스크라이빙 공정을 통하여 상기 고온 초전도층 패턴들 사이의 간격(d)를 줄여 교류 자화 손실이 줄어드는 효과를 줄일 수 있다. 특히, 포토 마스크를 이용하여 레이저 스크라이빙 공정이 수행됨에 따라 스크라이빙 폭(scribing width)이 효과적으로 감소되어 고온 초전도층의 제거가 최소화하여 초전도 특성 저하를 억제할 수 있으면서 동시에 교류 자화 손실을 효과적으로 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

산업상 이용가능성

- [0044] 본 발명의 실시예들에 따르면, 초전도 한류기 뿐만 아니라 초전도 모터, 초전도 변압기와 같은 초전도 전력기기 와 MRI/NMR, MAGLEV, SMES(Superconducting Magnetic Energy Storage)등에 적용될 수 있다.

도면

도면1



도면2

