



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년10월12일
(11) 등록번호 10-0766052
(24) 등록일자 2007년10월04일

(51) Int. Cl.

H01B 12/00(2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0110765

(22) 출원일자 2006년11월10일

심사청구일자 2006년11월10일

(56) 선행기술조사문헌

JP2004071359 A

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

학교법인 한국산업기술대학

경기 시흥시 정왕동 2121

(72) 발명자

이희균

서울 종로구 원서동 135-33 스카이빌 102호

홍계원

경기도 성남시 분당구 금곡동 청솔마을대원아파트
814동 201호

최경달

서울특별시 양천구 목1동 925번지 목동 7단지아파트
705동 602호

(74) 대리인

이풍우

전체 청구항 수 : 총 9 항

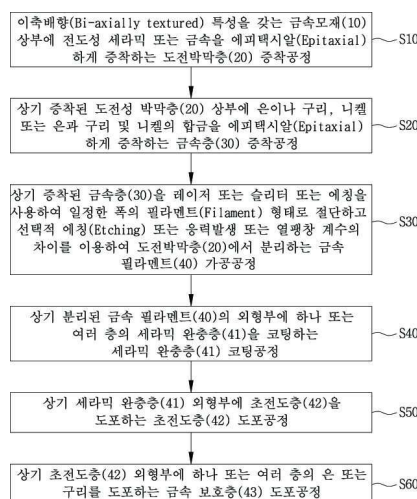
심사관 : 심재만

(54) 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법에 관한 것으로, 박막형 고온초전도 선재를 교류전류에 사용하기 적합한 필라멘트 형태로 제작하는 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법에 관한 것이다. 이축배향(Bi-axially textured) 특성을 갖는 금속모재(10) 상부에 전도성 세라믹을 에피택시알(Epitaxial)하게 증착하는 도전박막층(20) 증착공정(S10)과; 상기 증착된 도전성 박막층(20) 상부에 은이나 니켈 또는 은과 니켈의 합금을 에피택시알(Epitaxial)하게 증착하는 금속층(30) 증착공정(S20)과; 상기 증착된 금속층(30)을 레이저로 일정한 폭의 필라멘트(Filament) 형태로 절단하고, 에칭(Etching) 또는 열팽창을 이용하여 도전박막층(20)에서 분리하는 금속 필라멘트(40) 가공공정(S30)과; 상기 분리된 금속 필라멘트(40)의 외형부에 하나 또는 여러 층의 세라믹 완충층(41)을 코팅하는 세라믹 완충층(41) 코팅공정(S40)과; 상기 세라믹 완충층(41) 외형부에 초전도층(42)을 도포하는 초전도층(42) 도포공정(S50)과; 상기 초전도층(42) 외형부에 하나 또는 여러 층의 은 또는 구리를 도포하는 금속 보호층(43) 도포공정(S60)을 포함한다. 따라서, 본 발명은 단면이 정사각형 또는 정사각형과 유사한 필라멘트(Filament) 형태의 박막형 고온초전도 선재를 제조하고, 이를 이용하여 트위스트(Twisting) 형태로 가공할 수 있으므로 교류 손실을 낮출 수 있고, 솔레노이드 코일 또는 Pancake Coil 또는 케이블로 가공이 용이하며, 상기 필라멘트(Filament) 형태의 박막형 고온초전도 선재 사각면에 세라믹 완충층과 초전도층 및 금속보호층을 차례로 도포하여 전체 기존의 테이프형 초전도 선재와 비교하면 단면적 중에 차지하는 초전도체의 비율을 높임으로써 전류를 흘릴 수 있는 면적이 넓어지기 때문에 단위 면적당 보다 많은 전류를 흘릴 수 있다.

대표도 - 도2



(56) 선행기술조사문헌

JP2005100777 A

KR1020060019444 A

US20030059652 A1

특허청구의 범위

청구항 1

상부에 제1,2세라믹층(11,12)이 도포되고, 그 위에 이축배향(Bi-axially textured) 특성을 갖는 IBAD층(13)과 제3세라믹층(14)이 에피택시알하게 차례로 도포되는 금속모재(10)를 이용한 고온초전도 선재의 제조방법에 있어서,

상기 이축배향(Bi-axially textured) 특성을 갖는 금속모재(10) 상부에 전도성 세라믹 또는 금속을 에피택시알(Epitaxial)하게 증착하는 도전박막층(20) 증착공정(S10)과;

상기 증착된 도전성 박막층(20) 상부에 은이나 구리, 니켈 또는 은과 구리 및 니켈의 합금을 에피택시알(Epitaxial)하게 증착하는 금속층(30) 증착공정(S20)과;

상기 증착된 금속층(30)을 레이저 또는 슬리터(Slitter) 또는 에칭(Etching)을 사용하여 일정한 폭의 필라멘트(Filament) 형태로 절단하고, 선택적 에칭(Etching) 또는 응력발생 또는 열팽창 계수의 차이를 이용하여 도전박막층(20)에서 분리하는 금속 필라멘트(40) 가공공정(S30)과;

상기 분리된 금속 필라멘트(40)의 외형부에 하나 또는 여러 층의 세라믹 완충층(41)을 코팅하는 세라믹 완충층(41) 코팅공정(S40)과;

상기 세라믹 완충층(41) 외형부에 초전도층(42)을 도포하는 초전도층(42) 도포공정(S50)과;

상기 초전도층(42) 외형부에 하나 또는 여러 층의 금속 보호층(43)을 코팅하는 도포공정(S60)을 포함하는 것을 특징으로 하는 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 필라멘트(Filament) 타입의 고온초전도 선재의 단면 양측의 비가 1:1 ~ 1:2 사이로 형성되는 것을 특징으로 하는 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 필라멘트(Filament) 타입의 고온초전도 선재는 사각 또는 원형으로 형성되는 것을 특징으로 하는 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 도전박막층(20)은 은, 구리, 니켈 또는 전극소재(ITO 또는 FTO 등 도전성 세라믹)를 선택적으로 사용하여, 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 전기도금법(Electroplating) 또는 무전해도금법(Electroless Deposition)을 선택하여 단독 혹은 혼합하여 사용하는 것을 특징으로 하는 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 금속층(30)은 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 전기도금법(Electroplating) 또는 무전해도금법(Electroless Deposition)을 선택하여 단독 혹은 혼합하여 사용하는 것을 특징으로 하는 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 세라믹 완충층(41)은 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 유기금속 증착법(Metalorganic Deposition)을 선택하여 단독 혹은 혼합하여 사용하는 것을 특징으로 하는 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 초전도층(42)은 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 유기금속 증착법(Metalorganic Deposition)을 선택하여 단독 혹은 혼합하여 사용하는 것을 특징으로 하는 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 금속 보호층(43)은 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 전기도금법(Electroplating) 또는 클래딩(Cladding)을 선택적으로 사용하는 것을 특징으로 하는 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 여러 층의 금속 보호층(43) 중 어느 한 층에는 전기전도율이 낮은 금속 또는 금속합금층이 더 구비되어 필라멘트(Filament) 사이의 Coupling Loss를 감소시키는 것을 특징으로 하는 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <12> 본 발명은 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 세부적으로는 박막형 고온초전도 선재를 교류전류에 사용하기 적합한 필라멘트 형태로 제작하는 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법에 관한 것이다.
- <13> 초전도 현상은 물질의 온도를 낮추었을 때 물질의 저항이 사라지는 것을 말하는데, 즉 초전도 현상을 나타내는 물질을 사용하면 열을 발생시키지 않으면서 전기를 흘릴 수 있어서 에너지 손실이 없다. 이러한 물질을 초전도체라 하며, 초전도 현상은 특정한 물질에서만 나타나는데, 온도와 자장 및 통전전류에 영향을 받는다. 초전도체는 초전도 전이온도(T_c) 이하와 임계자장(B_c) 이하에서만 저항 없이 전류를 흘릴 수 있으며, 이때 저항이 없이 흘릴 수 있는 최대 통전전류밀도인 임계전류밀도(I_c)가 존재한다.
- <14> 초전도체를 응용하는데 있어 선 또는 테이프 형태로 가공하는 것이 사용에 유리하며 이를 이용하여 송전선, 초전도 자석 등을 제작하여 응용기기를 제작하여 사용할 수 있다. 박막형 고온초전도 선재의 경우 두께가 얇은 테이프 형태로 만들어지고 있다. 기존의 박막형 고온초전도 선재의 구조는 도 1(a)에 나타난 것과 같이, 테이프 형태의 금속모재 표면에 한 층 또는 여러 층의 세라믹층을 도포한 후, 그 위에 초전도층을 도포한 다음 그 위에 금속층을 도포하여 제조된다. 이때 사용하는 금속모재는 이축배향(Bi-axially textured)된 금속모재를 사용하거나 또는 특정한 방향성을 갖지 않는 금속모재 위에 보조 이온빔 증착법(Ion Beam Assisted Deposition)을 이용하여 이축배향(Bi-axially textured)된 세라믹층을 도포하여 사용된다. 표면이 이축배향(Bi-axially texture

d)된 금속모재 위에 한 층 또는 한 층 이상의 세라믹층을 에피택시알(Epitaxial)하게 도포한 금속모재를 제조한 후 그 위에 초전도층을 에피택시알(Epitaxial)하게 도포하여 박막형 고온초전도 선재를 제조한다. 제조한 박막형 고온초전도 선재의 표면에 전도성이 좋은 금속층을 도포하여 고온초전도 박막을 열적 기계적으로 보호하여 최종 형태의 박막형 고온초전도 선재가 완성된다.

<15> 도 1(b)는 특정한 방향성을 갖지 않는 금속모재 위에 한 층 또는 여러 층의 세라믹층을 도포한 후, 그 위에 이축배향(Bi-axially textured) 특성을 갖는 IBAD층을 도포한 다음 세라믹층과 초전도층 및 금속층을 차례로 도포하여 제조된다.

<16> 상기 방법 중 이축배향(Bi-axially textured)된 금속모재는 면심입방체 구조를 갖는 금속 또는 금속합금을 압연한 후 열처리를 통해 제조되며 두께가 얇고 폭이 넓은 테이프 형태를 갖는다. 또한 상기 방법 중 보조 이온빔 증착법(Ion Beam Assisted Deposition)을 이용하여 표면에 이축배향(Bi-axially textured)된 세라믹 박막을 도포하거나, 이축배향(Bi-axially textured) 특성을 갖는 IBAD층을 도포할 때 사용되는 특정한 방향성을 갖지 않는 금속모재도 두께가 얇고 폭이 넓은 테이프 형태를 사용한다. 따라서 최종 형태의 박막형 고온초전도 선재 또한 두께가 얇고 폭이 넓은 테이프 형태를 갖는다.

<17> 초전도 선재는 전력선, 모타, 변압기, 한류기(Fault Current Limiter), MRI 자석, NMR 자석 등에 사용될 수 있으며, 이때 직류 또는 교류 전원을 사용하게 된다. 초전도 선재를 교류에서 사용하는 경우에 있어 전류의 방향이 계속적으로 바뀌면서 교류손실이 발생하게 되며, 이로 인해 전력의 손실이 일어난다. 따라서 초전도 선재의 교류손실을 낮추는 것은 매우 중요하며, 초전도 선재의 교류손실을 낮추어 주는 방법으로 초전도 선재를 필라멘트(Filament) 형태로 제조하여 이를 꼬아주면(Twisting) 교류손실을 대폭 낮출 수 있다. 또한 초전도체의 안정성과 주로 관련된 이유로 인해 초전도 선재는 다심선재를 사용한다(Stability of Superconductor, by Lawrence Dresner, Plenum Press, New York, N.Y., 1995). 다심초전도 선재에서 초전도 전류는 초전도 필라멘트(Filament)를 통하여 흐르게 된다.

<18> 그러나, 상기한 바와 같이 박막형 고온초전도 선재를 제조하는 기존의 방법은 선재의 최종 형태가 두께가 얇고 폭이 넓은 테이프 형태를 갖기 때문에 이를 꼬아서 사용하기가 어렵고 교류 손실이 크며, 솔레노이드 코일이나 Pancake 코일 또는 케이블에 사용할 때에는 가공상 불편함이 발생되고, 전체 선재의 단면적 중 초전도체가 차지하는 단면적이 작은 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<19> 상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명에서는 단면이 정사각형 또는 정사각형과 유사한 필라멘트(Filament) 형태의 박막형 고온초전도 선재를 제조하고, 이를 이용하여 트위스트(Twisting)가 가능한 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법을 제공하는데 목적이 있다.

<20> 본 발명의 다른 목적으로는 필라멘트(Filament) 형태의 박막형 고온초전도 선재 사각면에 세라믹 완충층과 초전도층 및 금속보호층을 차례로 도포하여 초전도체의 비율을 높임으로써 전류를 흘릴 수 있는 면적이 크고 쉽게 꼬을 수 있어서 교류손실을 줄일 수 있는 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법을 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

<21> 목적을 달성하기 위한 제조방법으로는,

<22> 이축배향(Bi-axially textured) 특성을 갖는 금속모재 상부에 전도성 세라믹 또는 금속을 에피택시알(Epitaxial)하게 증착하는 도전박막층 증착공정과; 상기 증착된 도전성 박막층 상부에 은이나 구리, 니켈 또는 은과 구리 및 니켈의 합금을 에피택시알(Epitaxial)하게 증착하는 금속층 증착공정과; 상기 증착된 금속층을 레이저 또는 슬리터(Slitter) 또는 에칭(Etching)을 사용하여 일정한 폭의 필라멘트(Filament) 형태로 절단하고, 선택적 에칭(Etching) 또는 응력발생 또는 열팽창 계수의 차이를 이용하여 도전박막층에서 분리하는 금속 필라멘트 가공공정과; 상기 분리된 금속 필라멘트의 외형부에 하나 또는 여러 층의 세라믹 완충층을 코팅하는 세라믹 완충층 코팅공정과; 상기 세라믹 완충층 외형부에 초전도층을 도포하는 초전도층 도포공정과; 상기 초전도층 외형부에 하나 또는 여러 층의 금속 보호층을 코팅하는 도포공정을 포함한다.

<23> 본 발명의 다른 특징으로서, 상기 필라멘트(Filament) 타입의 고온초전도 선재의 단면 양측의 비가 1:1 ~ 1:2 사이로 형성된다.

<24> 본 발명의 또 다른 특징으로서, 상기 필라멘트(Filament) 타입의 고온초전도 선재는 사각 또는 원형으로 형성된

다.

- <25> 본 발명의 또 다른 특징으로서, 상기 도전박막층은 은, 구리, 니켈 또는 전극소재(ITO 또는 FTO 등 도전성 세라믹)를 선택적으로 사용하여, 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 전기도금법(Electroplating) 또는 무전해도금법(Electroless Deposition)을 선택하여 단독 혹은 혼합하여 사용한다.
- <26> 본 발명의 또 다른 특징으로서, 상기 금속층은 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 전기도금법(Electroplating) 또는 무전해도금법(Electroless Deposition)을 선택하여 단독 혹은 혼합하여 사용한다.
- <27> 본 발명의 또 다른 특징으로서, 상기 세라믹 완충층은 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 유기금속 증착법(Metalorganic Deposition)을 선택하여 단독 혹은 혼합하여 사용한다.
- <28> 본 발명의 또 다른 특징으로서, 상기 초전도층은 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 유기금속 증착법(Metalorganic Deposition)을 선택하여 단독 혹은 혼합하여 사용한다.
- <29> 본 발명의 또 다른 특징으로서, 상기 금속 보호층은 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 전기도금법(Electroplating) 또는 클래딩(Cladding)을 선택적으로 사용한다.
- <30> 본 발명의 또 다른 특징으로서, 상기 여러 층의 금속 보호층 중 어느 한 층에는 전기전도율이 낮은 금속 또는 금속합금층이 더 구비되어 필라멘트(Filament) 사이의 Coupling Loss를 감소시킨다.
- <31> 도 2는 본 발명에 따른 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법을 나타낸 공정도이고, 도 3은 본 발명에 따른 이축배향된 금속모재에 전도성 박막과 금속층의 도포 모식도이고, 도 4는 본 발명에 따른 이축배향된 금속모재에 도포된 금속층을 필라멘트로 제조하는 모식도이고, 도 5는 본 발명에 따른 이축배향된 금속 필라멘트 모재를 이용한 박막형 고온초전도 선재의 제조과정을 나타낸 모식도이고, 도 6은 본 발명에 따른 제조된 박막형 고온초전도 선재의 다양한 형상을 나타낸 단면도이다.
- <32> 이하, 도면을 참고로 구성요소를 설명하면 다음과 같다.
- <33> 도 2는 본 발명의 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법을 나타낸 공정도로써, 보조이온법(Ion Beam Assisted Deposition Method)으로 제조한 금속모재(10) 상부에 제1,2세라믹층(11,12)이 도포되고, 그 위에 이축배향(Bi-axially textured) 특성을 갖는 IBAD층(13)과 제3세라믹층(14)이 차례로 도포된다.
- <34> 상기 이축배향(Bi-axially textured) 특성을 갖는 금속모재(10) 상부에 도 3(a)와 같이 도전박막층(20)을 증착하는데, 은, 구리, 니켈 또는 전극소재(ITO 또는 FTO 등 도전성 세라믹)를 선택적으로 사용한 전도성 세라믹을 에피택시알(Epitaxial)하게 증착한다. 상기 도전박막층(20)의 증착은 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 전기도금법(Electroplating) 또는 무전해도금법(Electroless Deposition)을 선택하여 단독 혹은 혼합하여 사용한다(S10 공정).
- <35> 상기 증착된 도전박막층(20) 상부에는 은이나 구리, 니켈 또는 은과 구리 및 니켈의 합금을 사용한 금속층(30)을 도 3(b)와 같이 에피택시알(Epitaxial)하게 증착하는데, 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 전기도금법(Electroplating) 또는 무전해도금법(Electroless Deposition)을 선택하여 단독 혹은 혼합하여 사용한다(S20 공정).
- <36> 상기 금속모재(10)가 가지고 있는 단결정에 가까운 이축배향 특성은 상부로 전달되어져 도전박막층(20)과 금속

층(30) 역시 이축배향 특성을 가지게 된다.

- <37> 상기 증착된 금속층(30)은 도 4(a)와 같이 레이저 또는 슬리터(Slitter) 또는 에칭(Etching)을 사용하여 일정한 폭의 필라멘트(Filament) 형태로 절단하고, 도 4(b)와 같이 선택적 에칭(Etching) 또는 응력발생 또는 열팽창을 이용하여 도전박막층(20)에서 분리하여 금속 필라멘트(40)로 가공한다(S30 공정).
- <38> 필요에 따라 필라멘트의 표면을 연마(Polishing)하여 표면을 매끄럽게 하여 사용한다.
- <39> 상기 분리된 금속 필라멘트(40)의 외형부에는 도 5(a)와 같이 하나 또는 여러 층의 세라믹 완충층(41)을 에피택 시알하게 코팅하는데, 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 유기금속 증착법(Metalorganic Deposition)을 선택하여 단독 혹은 혼합하여 사용한다.(S40 공정).
- <40> 상기 세라믹 완충층(41) 외형부에는 도 5(b)와 같이 초전도층(42)을 도포하는데, 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 유기금속 증착법(Metalorganic Deposition)을 선택하여 단독 혹은 혼합하여 사용한다(S50 공정).
- <41> 상기 금속 필라멘트(40) 외형부에 세라믹 완충층(41)이 코팅된 상태에서의 초전도층(42)은 상기와 같이 금속 필라멘트(40) 4면 전체에 도포하여 사용할 수 있으며, 사용방법에 따라 한면 이상의 초전도층(42)을 입혀 사용할 수 있다.
- <42> 상기 초전도층(42) 외형부에는 도 5(c)와 같이 하나 또는 여러 층의 금속 보호층(43)을 도포하는데, 물리적 증착방법(Sputtering, Evaporation, Pulsed Laser Deposition) 또는 유기금속 화학기상증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition) 또는 화학적 증착법(분무열분해법; Spray Pyrolysis Method) 또는 전기도금법(Electroplating) 또는 클래딩(Cladding)을 선택적으로 사용한다(S60 공정).
- <43> 상기 여러 층의 금속 보호층(43) 중 어느 한 층에는 전기전도율이 낮은 금속 또는 금속합금층이 선택적으로 더 구비됨으로서, 교류전류를 사용할 때의 Coupling Loss를 크게 감소시킬 수 있게 하고, 다른 층은 은이나 구리와 같은 전기전도율이 높은 금속층을 도포하여 선재의 안정화 및 보호역할을 수행하게 할 수 있다.
- <44> 상기 전기전도율이 낮은 금속층 또는 금속합금층의 전기전도율은 은이나 구리의 1/5 ~ 1/120 정도의 값을 가지는 금속이나 금속합금을 선택하여 사용한다.
- <45> 상기 최종 완성된 필라멘트(Filament) 타입의 고온초전도 선재의 단면 양측의 비가 1:1 ~ 1:2 사이로 형성되고, 상기 필라멘트(Filament) 타입의 고온초전도 선재는 도 6과 같이 사각 또는 원형 등의 다양한 형상으로 형성된다.
- <46> 본 발명은 특정의 실시 예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 첨부된 특허청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 개조 및 변화가 가능하다는 것을 당업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

발명의 효과

- <47> 상기한 바와 같이, 본 발명은 단면이 정사각형 또는 정사각형과 유사한 필라멘트(Filament) 형태의 박막형 고온 초전도 선재를 제조하고, 이를 이용하여 트위스트(Twisting) 형태로 가공할 수 있으므로 교류 손실을 낮출 수 있고, 솔레노이드 코일 또는 Pancake Coil 또는 케이블로 가공이 용이하며, 상기 필라멘트(Filament) 형태의 박막형 고온초전도 선재 사각면에 세라믹 완충층과 초전도층 및 금속보호층을 차례로 도포하여 전체 기존의 테이프형 초전도 선재와 비교하면 단면적 중에 차지하는 초전도체의 비율을 높임으로써 전류를 흘릴 수 있는 면적이 넓어지기 때문에 단위 면적당 보다 많은 전류를 흘릴 수 있다.
- <48> 또한, 필라멘트 형태로 제조된 선재는 종횡비(Aspect Ratio)가 적어서 Demagnetization 효과에 의한 손실이 감소하고, 이들을 꼬아놓게 되면 교류전류를 사용할 때의 Coupling Loss를 크게 감소시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 종래의 초전도 선재의 구조를 나타낸 도면.

- <2> 도 2는 본 발명에 따른 필라멘트 타입용 고온초전도 선재의 제조방법을 나타낸 공정도.

<3> 도 3은 본 발명에 따른 이축배향된 금속모재에 전도성 박막과 금속층의 도포 모식도.

<4> 도 4는 본 발명에 따른 이축배향된 금속모재에 도포된 금속층을 필라멘트로 제조하는 모식도.

<5> 도 5는 본 발명에 따른 이축배향된 금속 필라멘트 모재를 이용한 박막형 고온초전도 선재의 제조과정을 나타낸 모식도.

<6> 도 6은 본 발명에 따른 제조된 박막형 고온초전도 선재의 다양한 형상을 나타낸 단면도.

<7> <도면의 주요 부분에 대한 부호 설명>

<8> 10 : 금속모재	20 : 도전박막층
<9> 30 : 금속층	40 : 금속 필라멘트
<10> 41 : 세라믹 완충층	42 : 초전도층
<11> 43 : 금속 보호층	

도면

도면1

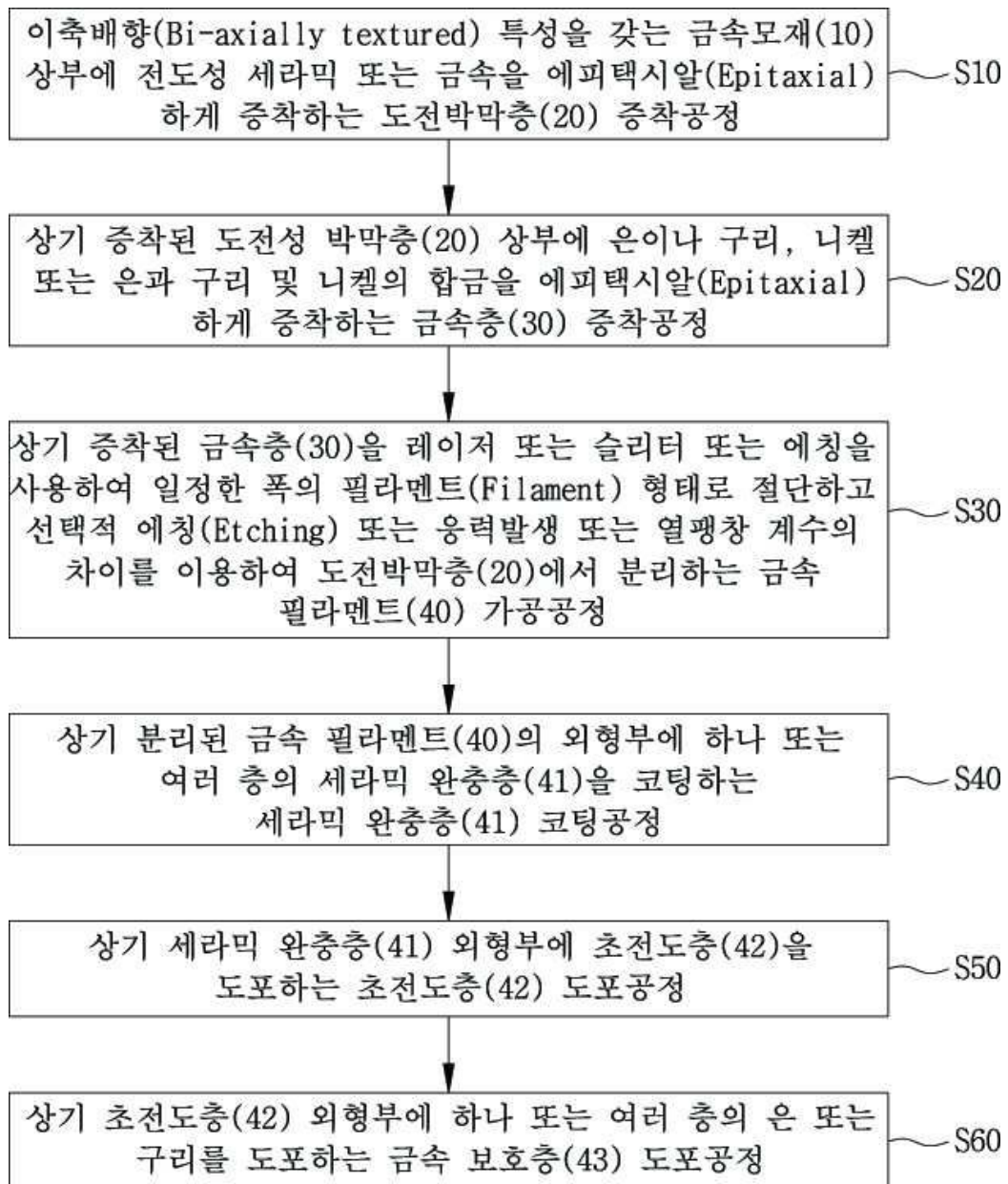
(a)

제2금속층
제1금속층
초전도층
제3세라믹층
제2세라믹층
제1세라믹층
이축배향 금속소재

(b)

제2금속층
제1금속층
초전도층
제3세라믹층
IBAD층
제2세라믹층
제1세라믹층
금속모재

도면2



도면3

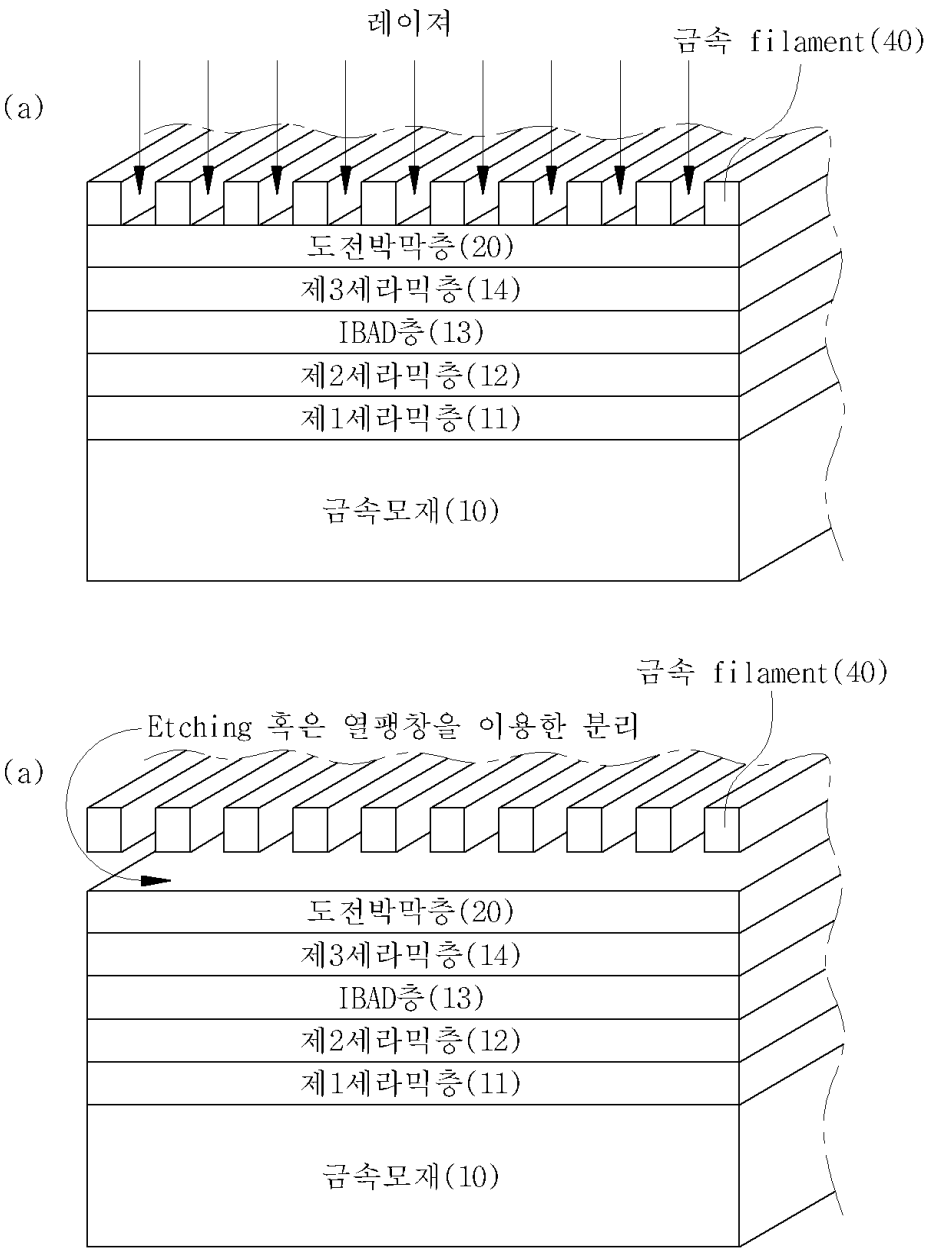
(a)

도전박막층(20)
제3세라믹층(14)
IBAD층(13)
제2세라믹층(12)
제1세라믹층(11)
금속모재(10)

(b)

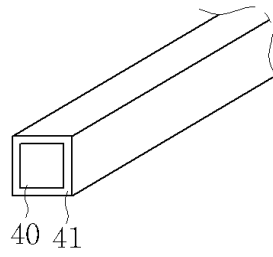
금속층(30)
도전박막층(20)
제3세라믹층(14)
IBAD층(13)
제2세라믹층(12)
제1세라믹층(11)
금속모재(10)

도면4

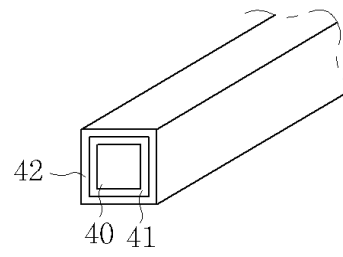


도면5

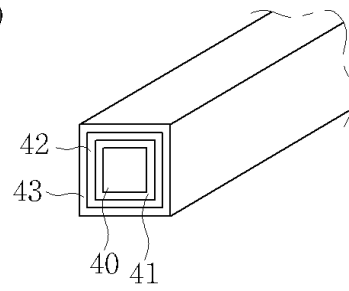
(a)



(b)

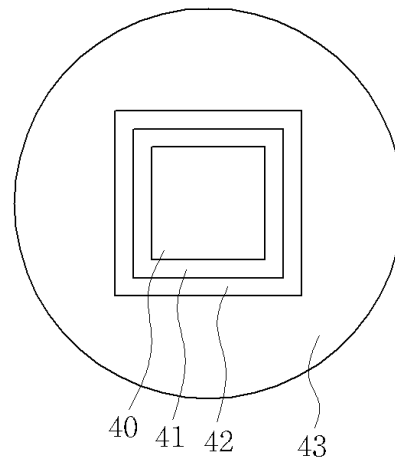


(c)

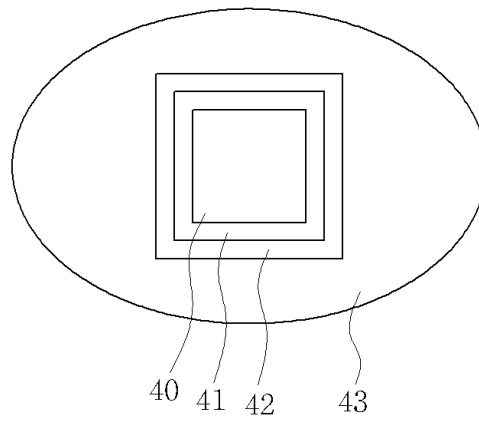


도면6

(a)



(b)



(c)

