



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년02월26일

(11) 등록번호 10-1594840

(24) 등록일자 2016년02월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**H01B 12/00** (2006.01) **C25D 7/06** (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-0143078  
 (22) 출원일자 2013년11월22일  
 심사청구일자 2013년11월22일  
 (65) 공개번호 10-2015-0059458  
 (43) 공개일자 2015년06월01일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020090102170 A  
 KR1020130126050 A  
 KR1020090044239 A  
 KR100834115 B1

(73) 특허권자  
**한국생산기술연구원**  
 충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89  
 (72) 발명자  
**이호년**  
 인천 남구 학익소로61번길 135, 29동 1305호 (학익동, 신동아아파트)  
**이흥기**  
 인천광역시 연수구 컨벤시아대로 70 송도힐스테이트@ 302-1804  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**한상수**

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 오지영

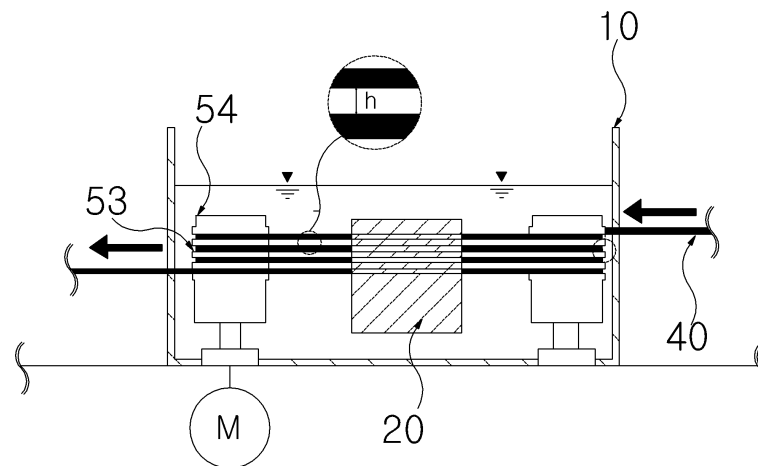
(54) 발명의 명칭 **초전도선재 두께 균일도가 개선된 초전도선재의 제조방법과 전기 도금 방법 및 그 방법에 이용되는 초전도선재 전기 도금 장치.**

**(57) 요약**

본 발명은 초전도선재 두께 균일도가 개선된 초전도선재의 제조방법 및 그 방법에 이용되는 초전도선재 전기 도금 장치에 관한 것이다.

더욱 상세하게는 도금 용액을 수용하는 도금조와, 상기 도금조 내부에 위치하는 양극 부재와, 피도금체인 금속선재와, 상기 금속선재를 이송시키는 동력을 제공하는 모터와, 상기 모터가 제공하는 동력을 이용하여 상기 금속선재를 안내하는 피딩 릴과, 회전운동하는 샤프트와 상기 샤프트에 설치되며 금속선재 멀티턴 경로가 자체의 외주면에 복수의 홈으로 형성되는 원통형의 롤러를 포함하여 구성되고, 상기 금속선재간 상하 간격이 0.5 내지 3 mm 이격되도록 상기 피딩 릴을 금속선재의 이동경로에 따라 설치하여 상기 금속선재를 이송시키는 릴투릴부재를 포함하는 초전도선재 전기 도금 장치를 제공한다.

**대표도** - 도3



(72) 발명자

**허진영**

서울 양천구 목동중앙남로 10, 307호 (목동, 신목  
아파트)

**김현중**

서울 금천구 두산로11길 22, 101동 305호 (독산동,  
청광플러스원아파트)

**서상규**

인천 계양구 효서로 251, (작전동)

**손성호**

서울 은평구 은평터널로 164, 104동 103호 (신사동,  
현대1차아파트)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

삭제

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

도금 용액을 수용하는 도금조(10)와,

상기 도금조 내부에 위치하는 양극 부재(20)와,

피도금체인 금속선재(30)와,

상기 금속선재를 이동시키는 동력을 제공하는 모터와,

상기 모터가 제공하는 동력을 이용하여 상기 금속선재를 안내하는 피딩 릴(40)과,

회전운동하는 샤프트(51)와 상기 샤프트에 설치되며 금속선재 멀티턴 경로(53)가 자체의 외주면에 복수의 홈으로 형성되는 원통형의 롤러(54)를 포함하여 구성되고, 상기 피딩 릴(40)을 이용하여 상기 금속선재를 이동시키는 동력을 전달하는 릴투릴부재(50),

를 포함하여 이루어지는 초전도선재용 전기 도금 장치를 이용하여 초전도선재를 제조하는 방법에 있어서,

i) 상기 릴투릴부재(50)와, 상기 릴투릴부재에 연결되는 직류전원으로 구성된 전기 도금용 음극 어셈블리를 설치하는 단계(s100);

ii) 상기 금속선재의 이동경로를 사이에 두고 서로 마주보게 양극 부재(20)를 설치하는 단계(s200);

iii) 금속선재간 상하 간격이 소정의 거리로 이격되도록 상기 피딩 릴을 금속선재의 이동경로에 따라 설치하는 단계(s310);

iv) 도금조(10)에 전해질 용액을 상기 양극부재(20)가 잠입되도록 주입하는 단계(s400);

v) 직류전원을 작동하여 릴투릴부재(50)는 음극(-)을 형성하고, 양극 부재(20)에 양극(+)을 형성하는 단계(s500);

vi) 상기 모터를 작동하여 상기 피딩 릴(40)을 구동시켜 상기 금속선재(30)를 이동시켜 도금을 진행하는 단계(s600);

vii) 도금된 상기 초전도선재의 도금 균일도 개선을 위하여 압연공정을 하여 초전도선재 두께 균일도 오차를 15% 이내로 하는 단계(s700);를

포함하여 이루어지고,

상기 vii)단계의 압연공정에서 사용되는 압연롤러간의 간격(hh) 및 압연하중은, 초전도선재 도금 두께 균일도 오차를 제어하는 동시에, 압연공정에 따른 구리도전층의 깨짐현상을 방지하도록 결정되는 것을 특징으로 하는 도금 두께 균일도가 개선된 초전도선재의 제조방법.

**청구항 6**

제 5항에 있어서,

i) 상기 릴투릴부재(50)와, 상기 릴투릴부재에 연결되는 직류전원으로 구성된 전기 도금용 음극 어셈블리를 설치하는 단계(s100)는,

i-i) 회전운동하는 샤프트(51)와 상기 샤프트에 설치되며 금속선재 멀티턴 경로가 자체의 외주면에 복수의 홈으로 형성되는 원통형의 롤러(54)로 구성되는 릴투릴부재를 조립하는 단계(s110);

i-ii) 상기 피딩 릴을 릴투릴(Reel-to-Reel) 공정방식으로 작동하도록 롤러에 설치시키는 단계(s120);

i-iii) 상기 샤프트 말단에 형성되어 있는 도금용 접점에 음극측 직류전원을 연결설치하는 단계(s170);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 도금 두께 균일도가 개선된 초전도선재의 제조방법.

**청구항 7**

제 5항에 있어서,

ii) 상기 금속선재의 이동경로를 사이에 두고 서로 마주보게 양극 부재(20)를 설치하는 단계(s200)는

ii-i) 피딩 릴(40) 경로 양측에 양극 부재(20)를 위치시키는 단계(s210);

ii-ii) 상기 양극 부재(20)에 양극측 직류전원을 연결설치하는 단계(s220);

ii-iii) 상기 모터가 작동하면 상기 피딩 릴(40)의 이동에 따라 금속선재(30)가 서로 마주보는 양극 부재(20) 사이를 운동하도록 상기 모터를 상기 피딩 릴에 연결설치하는 단계(s230);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 도금 두께 균일도가 개선된 초전도선재의 제조방법.

**청구항 8**

제 5항에 있어서,

상기 vii)단계의 압연공정에서 사용되는 압연롤러간의 간격(hh)이 50 내지 170 $\mu$ m 인 것을 특징으로 하는 도금 두께 균일도가 개선된 초전도선재의 제조방법.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**발명의 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 초전도선재 두께 균일도가 개선된 초전도선재의 제조방법과 전기 도금 방법 및 그 방법에 이용되는 초전도선재 전기 도금 장치에 관한 것이다.

[0002] 더욱 상세하게는 전기도금과정에서 초전도선재의 모서리 부분으로 전류가 집중적으로 분포됨에 따라 발생하는 초전도선재 두께 불균일 현상을 방지하는데 있다.

**배경 기술**

[0003] 일반적으로 고온 초전도 (박막)선재는 일정 온도 이하에서 전기저항이 없으므로 일반적인 구리 선재에 비하여 수천배 이상의 전류를 흘릴 수 있어, 전력, 전자, 의료 분야에 있어 막대한 잠재성을 갖는다. 특히 최근 연구개발이 활발히 진행되고 있는 고온초전도 박막 선재(coated conductor)의 경우 금속 기판 위에 YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>(YBCO) 등 고온초전도 재료를 도포하여 1MA/cm<sup>2</sup> 이상의 우수한 임계전류밀도 특성을 나타낸다. 상술한 바와 같은 고온 초전도 박막 선재(또는 초전도 박막 선재)에서 초전도층으로 주로 적용되고 있는 YBCO의 경우 대기 중의 습기에 취약하며, 격자 내 산소 함유량에 따라 임계전류 특성이 큰 영향을 받는다.

[0004] 이에 따라 산소 투과성이 좋고, 대기 중의 수분을 차단할 수 있는 은(Ag)을 보호층으로 적용하여 사용 환경에 따른 선재의 열화를 방지하고 있다. 그러나 고온 초전도 박막 선재가 주로 적용될 것으로 생각되는 대용량 전력기기, 고자장용 전자석 등의 경우 선재를 통하여 대량의 전류를 흘려야 하며, 고자장 하에서는 전자기력에 의한 로렌츠힘(Lorentz force)을 받게 되므로 적용되는 선재가 대용량의 전류 수송에 있어서도 안정하여야 하며, 기계적 강도도 우수하여야 한다. 특히, 사고전류(faulted current)가 발생하는 경우 선재의 임계전류값 이상의 전류가 흐르므로 적절한 션트(shunt)가 없다면 다량의 열이 발생하여 선재가 파손될 수 있다. 따라서 전기저항이 낮아서 션트(shunt)로서의 역할을 하며, 열전도성이 우수하여 발생하는 열을 선재 외부로 쉽게 내보낼 수 있는 재료로 선재를 피복하여 안정화층을 형성함으로써 안정성이 높은 고온 초전도 (박막)선재를 제조하고 있다. 안정화층의 재료로는 전기저항이 낮고 열 전도성이 우수한 재료로서 은, 구리 등을 들 수 있다. 은 (Ag)의 경우 전기저항( $\rho=1.6 \mu \Omega \text{cm}$ )이 금속 중 가장 낮고, 열 전도성( $K=430\text{W/mK}$ )이 우수하지만, 고가의 금속 재료이므로 유사한 특성을 나타내는 구리( $\rho=1.7 \mu \Omega \text{cm}$ ,  $K=400\text{W/mK}$ )를 안정화층으로 도입하여 대전류 적용시에도 선재의 특성을 안정화시키고 있다. 종래기술의 경우 구리 등의 안정화층을 형성하기 위하여 납땜법(soldering), 무전해 도금법, 전기도금법(electrodeposition)을 이용하고 있다. 상기 납땜법의 경우 적절한 용융금속을 사용하여 단시간 내에 구리 안정화층을 부착시키는 방법으로 공정이 단순하다는 장점이 있다. 그러나 용융금속을 사용하므로 온도상승에 의해 초전도층의 특성을 악화시킬 수 있으며, 선재의 측면은 안정화층 형성이 용이하지 않으므로, 고전압 인가 시 방전(discharge)이 발생할 수 있는 문제점을 가진다. 그리고, 상기 무전해 도금법의 경우 기지층에 전기를 줄 수 없는 부도체나 분말상에 도금이 가능하고 전류 밀도의 영향이 없으므로 균일한 두께를 얻을 수 있는 장점이 있으나, 도금 속도가 매우 느리며 도금액에서 금속의 농도를 증가시켜 빠른 속도의 도금이 진행될 경우 표면의 거칠기가 거칠어지며 오히려 균일 증착이 되지않는다. 또한 도금조건이 도금액의 조성에 따라 민감하게 변하며 도금액의 수명이 짧고 관리가 어려운 단점이 있다.

[0005] 또한, 상기 전기도금법의 경우는 상온 근처에서 모든 공정이 이루어지므로 초전도층의 특성에 악영향을 주지 않으며, 선재의 측면에도 도금이 이루어지므로 고전압 인가 시에도 안정하다.

[0006] 그러나 전기 도금은 도금 속도 대비 생산량에 대해서는 일정 크기 이상의 설비가 요구되고 이러한 설비를 설치 및 유지하기는 공간 활용면이나 비용면에서 단점이 있다. 아울러 종래의 박막형 초전도체의 경우, 안정화층이 형성되어 있음에도 불구하고 전기도금시 전류의 비편재화로 인하여 초전도선재 도금이 고르게 되지 못해 도금후 아령형 모양을 나타내어 대전류 응용기기로서 효율을 다하지 못하는 문제점이 있었다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0007] (특허문헌 0001) 출원번호 제10-2011-0055346는 REBCO(ReBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>, 여기서 Re는 희토류 원소,  $0 \leq x \leq 0.6$ ) 박막형 초전도체 제조 기술에 관한것으로, 보다 상세하게는 REBCO 코팅층을 포함하는 REBCO 박막형 초전도체의 과전류 보호 특성을 개선시킬 수 있는 기술에 관한 것이다. 더욱 상세하게는 고온 초전도체인 REBCO 박막형 초전도체에 임계 전류를 초과하는 과전류(over current)가 인가되면 전도체에 저항이 생겨 줄열이 발생한다. 특히, 임계 전류(I<sub>c</sub>)를 초과하는 교류 과전류가 인가되는 경우, REBCO 박막형 초전도체는 냉각과 발열을 주기적으로 반복하게 된다. 만약, 인가 전류가 커져 발생된 줄열(Joule heat)이 충분히 냉각되지 못하는 경우, 발생된 줄열은 REBCO 박막형 초전도체 내에 축적된다. 전류 인가가 계속될 경우, REBCO 박막형 초전도체는 초전도성을 상실하여 상전도 상태(normal state)로 변화된다. 따라서, 과전류가 REBCO 박막형 초전도체에 인가되는 경우에도 열적-전기적 안정성을 유지하는 것이 필요하다. 이를 위하여, REBCO 박막형 초전도체의 표면에는 구리, 은 등으로 형성된 안정화층이 형성되어 있다. 안정화층을 구성하는 상기의 물질들은 열전도도 및 전기전도도가 우수하여,

과전류 발생시 전류를 바이패싱(bypassing)하고 과도한 열을 전달하는 역할을 할 수 있다. 상기 발명에 따른 REBCO 박막형 초전도체의 안정화층 형성 방법은 두께 조절이 용이한 전기도금법을 이용하여 은(Ag)을 REBCO 박막형 초전도체 표면에 도금함으로써 종래에 비하여 현저히 두꺼운 안정화층을 형성할 수 있다. 그 결과, 본 발명에 따른 REBCO 박막형 초전도체는 과전류 발생시에 초전도 특성을 상실하지 않는 장점이 있다. 하지만 안정화층이 형성되어 있음에도 불구하고 전기도금시 전류의 비편재화로 인하여 초전도선재 도금이 고르게 되지 못해 도금후 아령형 모양을 나타내어 대전류 응용기기로서 효율을 다하지 못하는 문제점이 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 우선 본 발명은 초전도선재 두께 균일도 개선하여 초전도체의 보호기능을 유지하면서 상기 구리도전층 각 부분이 균일한 전도기능을 하는 초전도선재를 제공한다.

[0009] 또한 본 발명은 킬투틸방식으로 금속선재를 이송하면서 전기 도금을 실시하기 때문에 일정한 두께의 도전층을 일정공간 대비 도금 길이를 최대화하는 기능을 제공한다.

**과제의 해결 수단**

[0010] 초전도층이 증착된 이 후에는 이를 외기로부터 보호하고, 전류를 통전시킬 수 있는 도전층 역할을 하는 금속 보호층이 필요한데 현재는 은과 구리를 차례로 입혀서 사용된다. 은과 구리의 초기 증착에는 스퍼터링(Sputtering)과 같은 PVD 방법이 주로 사용되고, 구리층은 전기도금법이 사용된다.

[0011] 대용량 전력기기, 고자장용 전자석 등에서 대량의 전류를 전달할 초전도선재가 원활한 작용을 하기 위해서는 초전도선재의 구리도전층이 금속 보호층의 역할을 함과 동시에 도전층의 두께가 균일하여야 한다.

[0012] 구리도전층이 두께가 균일하지 않은 이유는 초전도선재와 양극부재간 전류밀도의 불균일 때문이다.

[0013] 구체적으로는 초전도선재와 초전도선재간 이격된 간격에 비례하여 초전도선재와 양극부재간 면적이 상이하게 됨에 따라 초전도선재와 양극부재간 전류밀도의 불균일이 발생하기 때문이다.

[0014] 즉, 초전도선재간 이격된 간격과 마주보는 부분의 양극부재의 양전하가 상대적으로 양극부재와 가까이 있는 초전도선재의 모서리 부분의 음전하와 반응하여 초전도선재의 모서리 부분에 상대적으로 두터운 구리도전층이 형성되는 것이다.

[0015] 본 발명은 구리도전층의 상이한 두께를 일차적으로 금속선재간 간격을 0.5 내지 3mm로 줄임으로서 구리도전층의 두께 불균일을 예방한다.

[0016] 아울러 압연공정을 추가함으로써 초전도선재의 구리도전층 두께를 균일화 한다.

**발명의 효과**

[0017] 우선 본 발명은 초전도선재 두께 균일도 개선하여 초전도체의 일정한 보호기능을 유지하면서 상기 초전도선재 각부분의 균일한 전도기능을 위한 구리도전층을 제공한다.

[0018] 또한 본 발명은 금속선재의 상하간격을 0.5 내지 3mm로 조절한 킬투틸방식으로 금속선재를 이송하면서 전기 도금을 실시하기 때문에 일정한 두께의 도전층을 일정공간 대비 최대화하는 기능을 제공한다.

**도면의 간단한 설명**

[0019] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초전도선재 전기 도금 장치의 도금부 평면 구성도

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초전도선재 전기 도금 장치의 도금부 측면 구성도

- 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초전도선재 전기 도금 장치의 도금부 정면 구성도
- 도 4는 본 발명에 따른 도금 두께 균일도 개선을 위한 전기 도금 방법 순서도
- 도 5a, 5b는 본 발명에 따른 초전도선재 제조 방법 순서도
- 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초전도선재 제조방법 순서도
- 도 7은 본 발명에 따른 초전도선재의 구조를 설명하는 단면도
- 도 8은 본 발명의 압연공정의 바람직한 실시예를 설명하는 단면도
- 도 9은 전류밀도의 크기와 금속선재간 간격(h)에 대한 구리도전층 두께의 변화
- 도 10은 도금된 초전도선재의 도금 공정 후, 압연공정 이전의 상태를 설명하는 단면도
- 도 11는 도금된 초전도선재의 적절한 하중의 압연공정 이 후를 나타내는 단면도
- 도 12는 도금된 초전도선재의 무리한 하중의 압연공정 이 후를 나타내는 단면도

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0020] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 도면을 참조하여 더욱 상세히 설명하기로 한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다. 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 아울러 발명의 이해를 돕기 위해 도면부호를 부가함에 있어 동일한 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면에 표시되었다 하더라도 동일한 도면부호를 사용하기로 한다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초전도선재 전기 도금 장치의 도금부 평면 구성도이다. 도면 1에 도시된 바와 같이 본 발명은, 초전도선재용 전기 도금 장치에 있어서, 도금 용액을 수용하는 도금조(10)와, 상기 도금조 내부에 위치하는 양극 부재(20)와, 피도금체인 금속선재(30)와, 상기 금속선재를 이송시키는 동력을 제공하는 모터와, 상기 모터가 제공하는 동력을 이용하여 상기 금속선재(30)를 안내하는 피딩 릴(40)과, 회전운동하는 샤프트(51)와 상기 샤프트에 설치되며 금속선재 멀티턴 경로가 자체의 외주면에 복수의 홈으로 형성되는 원통형의 롤러(54)를 포함하여 구성되며, 상기 금속선재간 상하 간격이 0.5 내지 3 mm 이격되도록 상기 피딩 릴(40)을 금속선재의 이동경로에 따라 설치하는 것을 특징으로 하는 초전도선재 전기 도금 장치를 제공한다.
- [0022] 도금조(10)는 박스 형태를 구비하며 그 내부에 도금 용액을 수용할 수 있도록 구성된다. 다만, 그 내부에 도금 용액을 수용할 수 있는 한 도금조(10)의 형태는 특별히 제한되지 않음을 유의한다. 이때, 도금조(10)는 60℃의 내열온도를 가지고 있는 폴리염화비닐로 제작될 수 있다. 다만, 충분한 내열온도를 구비하는 다른 재질로도 도금조(10)를 구성할 수 있음을 물론이다. 도금조(110)의 내측에는 히터가 설치될 수 있다. 이러한 히터는 도금 용액을 기설정된 도금 온도로 가열하는 역할을 수행한다. 도금 용액의 종류에 따라 기설정된 도금 온도는 변경될 수 있다.
- [0023] 한편, 도금조(10)의 상부측에는 필요에 따라 도금조(10) 내부를 세척할 수 있도록 탈착 가능한 덮개가 더 제공될 수 있으며, 도금조(10)의 하부측에는 도금 용액을 외부로 배출할 수 있는 드레인 밸브가 더 제공될 수 있다.
- [0024] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초전도선재 전기 도금 장치의 도금부 측면 구성도이고, 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초전도선재 전기 도금 장치의 도금부 정면 구성도이다. 도 2와 도 3에 도시된 바와 같이 본 발명은 상기 금속선재를 이송시키는 동력을 제공하는 모터와, 상기 모터가 제공하는 동력을 이용하여 상기 금속선재를 안내하는 피딩 릴(40)과, 회전운동하는 샤프트(51)와 상기 샤프트에 설치되며 금속선재 멀티턴 경로(53)가 상기 롤러의 외주면에 복수의 홈으로 형성되는 원통형의 롤러(54)를 포함하여 구성되며, 상기 피딩 릴을 이용하여 상기 금속선재를 이동시키는 동력을 전달하는 릴투릴부재(50)를 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도선재 전기 도금 장치를 제공한다.
- [0025] 상기 모터와 상기 피딩 릴(40), 그리고 상기 릴투릴부재(50)로 구성되는 이송부재는 피도금체인 금속선재(30)를

양극부재(20)에 위치하도록 이송시키는 역할을 한다.

[0026] 구체적으로, 바람직한 실시예로서 본 발명의 상기 피딩 릴(40)은 도금조(10)의 상부측에 위치하게 된다. 그로 인해 피도금체의 장입이 보다 용이하다. 상기 피딩 릴(40)은 금속선재를 일정한 속도로 제공하는 연속 공급 릴이다. 피딩 릴은 장력을 조절함으로써 금속선재가 처지거나 신장하는 것을 방지 할 수 있다. 도금부(10)에서는 전해도금액이 담긴 도금조 내에 금속 선재(30)를 침전하고, 도금조 내에 형성된 양극 부재와 금속 선재를 이송하는 릴부재에 음전극을 인가하여 금속 선재에 구리(안정화층)를 증착하게 된다. 특히, 본 발명에서와 같이 긴 선재 형태인 금속 선재(30)를 전해 도금할 경우 Reel-to-Reel 방법을 이용하게 된다.

[0027] 따라서 본 발명은 상기 모터의 작동으로 상기 피딩 릴(40)이 구동하여 상기 금속선재(30)를 서로 마주보는 양극 부재(20) 사이에 위치하도록 함으로써 하나의 공정으로 초전도선재 양면의 도금과정을 제공한다.

[0028] 아울러, 상기 양극부재(20)는 바람직하게는 함입동을 바스켓(Basket)에 삽입하여 형성되고, 상기 양극부재의 양 말단에는 도금용 집점이 형성된다. 상기 도금용 집점은 도금 용액에 양극 전기 통전을 가하는 역할을 한다. 도금 용액에 전기적 성질을 부여하여 전기 도금을 수행하는 기술은 공지된 기술이므로 이에 대한 설명은 생략한다.

[0029] 도 4는 본 발명에 따른 도금 두께 균일도 개선을 위한 전기 도금 방법순서도이다. 도 4에 도시된 바와 같이 본 발명은 금속선재간 상하 간격을 0.5 내지 3 mm 이격되도록 함을 통해 구리도금층의 두께를 균일하게 하는 전기 도금 방법을 제공한다.

[0030] 아래의 표 1은 전류의 세기와 금속선재의 이동속도간 도금층 두께 차이 실험의 결과를 나타낸 것이다.

표 1

구분	전류세기(A)	금속선재 이동속도 (m/min)	초전도선재 모서리측 구리도전층 두께(μm)	초전도선재 가운데측 구리도전층 두께(μm)
실험예1	60	1	24.2	20.4
실험예2	90	1	34.1	26.7
실험예3	120	1	46.5	37.3
실험예4	120	1.5	27.8	22.3
실험예5	120	2	21.7	19.1

[0032] 표 1에 나타난 바와 같이 실험예 1의 전기도금을 실시를 살펴보면 전류의 세기를 60A, 금속선재 이동속도를 1m/min으로 할 경우 초전도선재 모서리측 구리도전층은 24.2μm, 가운데측은 20.4μm 증착되었다. 전류의 세기는 두배로 하고, 금속선재의 이동속도는 동일하게 구성한 실험예 3을 살펴보면 초전도선재 모서리측에 46.5μm가 가운데측에 37.3μm가 증착되어 전류의 세기가 증가함에 따라 증착두께가 증가하였음을 알 수 있다.

[0033] 반면에 상기의 실험예 3과 실험예 5를 비교해보면, 실험예 5에서 전류세기는 실험예 3과 동일하게 하고 금속선재 이동속도를 2배 높인 결과, 실험예 5의 초전도선재 모서리측은 21.7μm 가운데측은 19.1μm 증착된 결과가 나타남을 통해 금속선재의 이동속도 증가에 따라 구리도전층 증착 두께가 얇아짐을 알 수 있다.

[0034] 모서리측의 도전층이 보다 두텁게 도금되었으며 피도금체의 가운데 부분은 모서리측에 비하여 전류세기 및 금속선재의 이동속도에 보다 적은 영향을 받는 것으로 나타난다.

[0035] 즉, 금속선재의 이동속도가 증가함에 따라 도전층의 두께는 감소하고, 전류의 세기가 증가함에 따라 도전층의 두께는 증가하였다.

[0036] 이러한 구리도전층이 두께가 균일하지 않은 현상의 이유는 앞에서 언급한 대로 초전도선재와 양극부재간 전류밀도의 불균일 때문이다. 즉, 구체적으로는 초전도선재와 초전도선재간 이격된 간격(h)에 비례하여 초전도선재와 양극부재간 면적이 상이하게 됨에 따라 초전도선재와 양극부재간 전류밀도의 불균일이 발생하기 때문이다. 초전도선재간 이격된 간격과 마주보는 부분의 양극부재의 양전하가 상대적으로 양극부재와 가까이 있는 초전도선재의 모서리 부분의 음전하와 반응하여 초전도선재의 모서리 부분에 상대적으로 두터운 구리도전층이 형성되는 것



이다.

- [0037] 도 4에 도시된 바와 같이 금속선재간 상하 간격을 0.5 내지 3 mm 이격되도록 하여 구리도금층의 두께를 균일하게 하는 전기 도금 방법을 통하여 균일한 두께로 도전된 구리도전층을 제공할 수 있다.
- [0038] 도 5a, 5b는 본 발명에 따른 초전도선재 제조 방법의 순서도를 나타낸다.
- [0039] 앞에서 언급한 대로 초전도선재간 상하간격(h)을 0.5 내지 3 mm로 함으로써 동일한 구리도전층을 양산 할 수 있으나 불균일한 구리도전층을 근원적으로 방지한 것은 아니다.
- [0040] 일단 도 5b에 도시된 바와 같이 본 발명은 초전도선재간 상하간격(h)을 조정할 필요 없이 압연공정을 추가함으로써 균일한 도전층을 갖는 초전도선재를 제공할 수 있다.
- [0041] 아울러 도 4와 도 5a에 도시된 바와 같이 본 발명은 초전도선재간 상하간격(h)을 0.5 내지 3 mm로 조정함으로써 보다 균일한 구리도전층을 지닌 초전도선재를 제공할 수 있다.
- [0042] 상기 압연공정 이전 단계(s600)까지 거쳐 형성된 상기 금속선재는 앞서 언급한 대로 양극 부재와 피전도체의 전류밀도 상이함에 의해 금속도전층의 가운데 부분과 모서리 부분의 두께가 상이하다.
- [0043] 대용량 전력기기, 고자장용 전자석 등에서 대량의 전류를 전달할 초전도선재가 원활한 작용을 하기 위해서는 초전도선재의 구리도전층이 금속 보호층의 역할을 함과 동시에 도전층의 두께가 균일하여야 한다.
- [0044] 앞서 언급한 대로 본 발명은 상기 압연공정(s700)을 통해 균일한 두께의 도금된 금속선재를 제공할 수 있으나 보다 바람직한 실시를 위해 상하간격이 0.5 내지 3 mm 인 금속선재 경로(h)가 요구된다.
- [0045] 상기 금속선재 경로가 1mm 보다 이하인 경우 구리도전층의 초전도체 보호기능이 어렵고 3mm를 초과하는 경우 도금된 금속선재 두께의 불균일도가 높아진다.
- [0046] 본 발명은 상기 금속선재의 상하 간격을 0.5 내지 3mm로 조절하여 일차적으로 균일한 두께로 도금된 금속선재를 제공할 수 있으며, 이에 압연공정(s700)을 추가하여 금속선재의 두께가 보다 균일화된 금속선재를 제공할 수 있다.
- [0047] 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 초전도선재 제조방법의 순서도이다. 도 6에서 도시된 바와 같이 본 발명의 초전도선재 전기 도금 장치의 전기 도금 방법의 바람직한 실시예로서,
- [0048] i) 회전운동하는 샤프트(51)와 상기 샤프트에 설치되며 금속선재 멀티턴 경로(53)가 자체의 외주면에 복수의 홈으로 형성되는 원통형의 롤러(54)를 조립하는 단계(s110);
- [0049] ii) 상기 피딩 릴을 릴투릴(Reel-to-Reel) 공정방식으로 작동하도록 롤러에 설치시키는 단계(s120);
- [0050] iii) 상기 샤프트 말단에 형성되어 있는 도금용 접점에 음극축 직류전원을 연결설치하는 단계(s170);
- [0051] iv) 피딩 릴(40) 경로 양측에 양극 부재(20)를 위치시키는 단계(s210);
- [0052] v) 상기 양극 부재(20)에 양극축 직류전원을 연결설치하는 단계(s220);
- [0053] vi) 상기 모터가 작동하면 상기 피딩 릴(40)의 이동에 따라 금속선재(30)가 서로 마주보는 양극 부재(20) 사이를 운동하도록 상기 모터를 상기 피딩 릴에 연결설치하는 단계(s230);
- [0054] vii) 금속선재간 상하 간격이 0.5 내지 3 mm 이격되도록 상기 피딩 릴을 금속선재의 이동경로에 따라 설치하는 단계(s310);
- [0055] viii) 도금조(10)에 전해질 용액을 상기 양극부재(20)가 잠입되도록 주입하는 단계(s400);
- [0056] ix) 직류전원을 작동하여 릴투릴부재(50)는 음극(-)을 형성하고, 양극 부재(20)에 양극(+)을 형성하는 단계(s500);
- [0057] x) 상기 모터를 작동하여 상기 피딩 릴(40)을 구동시켜 상기 금속선재(30)를 이동시켜 도금을 진행하는 단계(s600);
- [0058] xi) 도금된 상기 초전도선재의 도금 균일도 개선을 위하여 압연공정을 하여 초전도선재 두께 균일도 오차를 15% 이내로 하는 단계(s700);
- [0059] 를 포함하는 것을 특징으로 하는 초전도선재 두께 균일도 개선을 위한 전기 도금 방법을 제공한다.

- [0060] 도 7은 본 발명에 따른 초전도선재의 구조를 설명하는 단면도이다.
- [0061] 도 7에 도시된 바를 참조하면 도시된 초전도 선재는 기판, 버퍼층, 초전도층, 안정화층을 포함한다.
- [0062] 상기 안정화층은 초전도층의 상부면에 적층된다. 상기 안정화층은 과전류시 초전도층을 전기적, 열적으로 보호하여 초전도층을 안정화시키는 역할을 한다.
- [0063] 본 발명에서 안정화층은 과전류가 흐를 때 상기 초전도선재를 열적으로, 전기적으로 충분히 보호하기 위하여 전기저항이 낮고 열전도율이 우수한 은(Ag), 구리(Cu) 또는 이들의 합금으로 형성된다.
- [0064] 종래의 경우에도 안정화층을 구성하는 물질로 은이 이용되었다. 그러나, 종래의 경우 안정화층에도 불구하고, 안정화층에 대한 불균일한 도금에 의하여 초전도선재 각부분의 균일한 전도기능이 제공되지 않는 경우가 많았다.
- [0065] 본 발명에서 제공되는 초전도선재 제조 방법과 전기 도금 방법 및 상기 방법에 이용되는 초전도선재 전기 도금 장치를 이용하여 안정화층에 대한 균일한 구리도전층을 제공할 수 있다.
- [0066] 도 8은 본 발명의 압연공정의 바람직한 실시예를 설명하는 단면도이다.
- [0067] 도 8에 도시된 바와 같이 본 발명은, 초전도선재 두께 균일도가 개선된 초전도선재의 제조방법에 있어서, 상기 도금된 상기 초전도선재의 도금 균일도 개선을 위하여 압연공정을 하여 초전도선재 두께 균일도 오차를 15% 이내로 하는 단계(s700)는, 압연공정에 따른 구리도전층의 깨짐현상을 방지하기 위해 상기 압연공정에서 사용되는 압연롤러간의 간격(hh)이 50 내지 170 $\mu$ m 인 것을 특징으로 하는 초전도선재 두께 균일도가 개선된 초전도선재의 제조방법을 제공한다.
- [0068] 상기 바람직한 압연롤러간의 간격은 원칙적으로 기판(substrate)의 두께에 의해 결정되어야 한다. 하지만 일반적인 기판의 두께가 50 내지 80  $\mu$ m 이므로 바람직한 압연롤러간의 간격(hh)을 한정지을 수 있다.
- [0069] 압연롤러간의 간격(hh)이 지나치게 얇으면 압연과정에서 구리도전층의 깨짐현상이 발생할 수 있으며 반대로 압연롤러간의 간격(hh)이 170 $\mu$ m 이상이 될 경우 원활한 초전도선재 두께 균일도가 개선기능을 수행할 수 없다.
- [0070] 앞에 언급한 대로 초전도선재의 제조방법에 있어서 상기 압연공정에서 쓰이는 압연롤러간의 간격(hh)을 50 내지 170 $\mu$ m으로 한정지음으로써 압연과정에서 구리도전층의 깨짐현상을 방지할 수 있음과 동시에, 초전도선재 두께 균일도가 개선기능을 제공할 수 있다.
- [0071] 도 9는 전류밀도의 크기와 금속선재간 간격(h)에 대한 구리도전층 두께의 변화를 나타낸다.
- [0072] 앞서 언급한 대로 도전층의 두께는 전류밀도의 세기와 금속선재간 간격에 의해 영향을 받는다. 상기 도 9에 표시된 바에 따르면 전류밀도가 0.05 A/cm<sup>2</sup> 일 때 금속선재간 간격(h)에 따른 차이는 적은 편이나, 전류밀도가 증가함에 따라 일정 금속선재간 간격에서 증착되는 도금층의 두께(32)가 두꺼워짐을 알 수 있다. 이와 더불어 금속선재간 간격이 좁을 수록 전류밀도가 증가함에 따라 증착되는 도전층의 증가량도 감소함을 알 수 있다.
- [0073] 도 10은 도금된 초전도선재의 도금 공정 후, 압연공정 이전의 상태를 설명하는 단면도이고, 도 11는 도금된 초전도선재의 적절한 하중의 압연공정 이 후를, 도 12는 도금된 초전도선재의 무리한 하중의 압연공정 이 후를 나타내는 단면도이다.
- [0074] 앞서 언급한대로 초전도선재의 도금층을 일정하게 유지하기 위하여 압연공정을 시행한다. 도 10과 도 11, 12는 적절한 압연 공정은 도금층의 두께(32)를 일정하게 만들어 주지만 무리한 하중의 압연공정은 금속선재 측면부위에 금속선재와 도금층 사이 간격(31)을 형성시킴을 나타낸다.
- [0075] 상기 도 11은 실제 실험에서 3톤의 하중을 가하였을 때를 상기 도 12는 실제실험에서 10톤의 하중을 가하였을 때를 나타내지만, 압연공정을 조건을 달리하여 다른 무게에서도 이와 같은 결과가 나올 수 있으며 실험조건에 따라서는 상기 실험과 같은 무게의 압연공정에서도 도금층의 깨짐 현상이 나타날 수 있다.
- [0076] 상기에서 본 발명의 특정 실시예와 관련하여 도면을 참조하여 상세히 설명하였지만, 본 발명을 이와 같은 특정 구조에 한정하는 것은 아니다. 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 이하의 특허청구범위에 기재된 기술적 사상을 벗어나지 않고서도 용이하게 수정 또는 변경할 수 있을 것이다. 그러나 이러한 단순한 설계변형 또는 수정을 통한 등가물, 변형물 및 교체물은 모두 명백하게 본 발명의 권리범위 내에 속함을 미리 밝혀둔다.

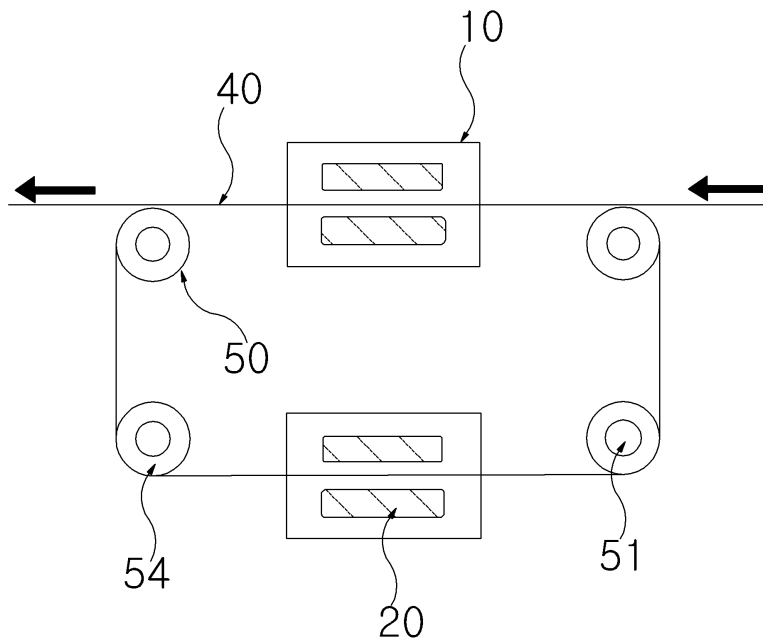
**부호의 설명**

[0077]

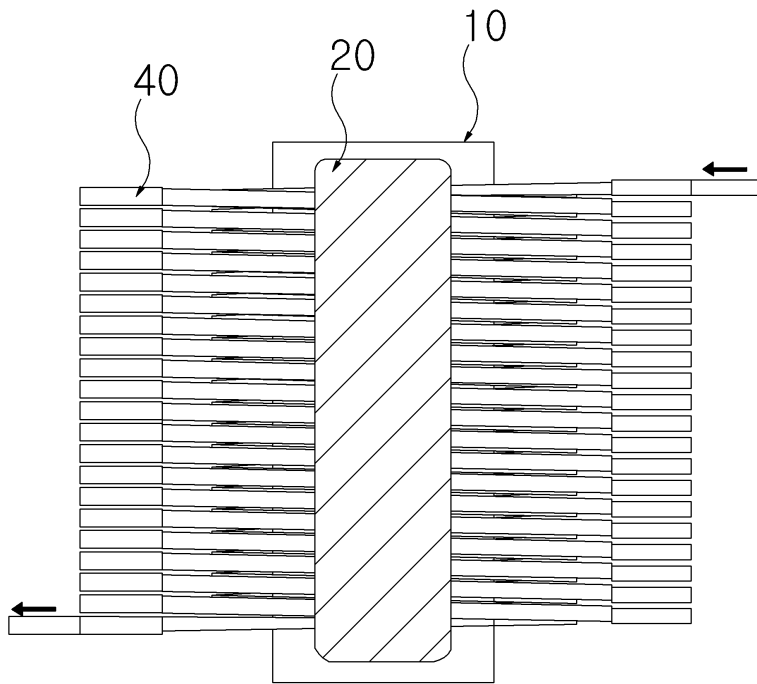
- 10 : 도금조
- 20 : 양극부재
- 30 : 금속선재
- 31 : 금속선재와 도금층간 간격
- 32 : 도금층
- 40 : 피딩 릴
- 50 : 릴투릴부재
- 51 : 샤프트
- 53 : 멀티턴경로
- 54 : 롤러
- h : 상하간 간격이 0.5 내지 3 mm 인 금속선재 경로
- hh : 압연롤러의 간격

**도면**

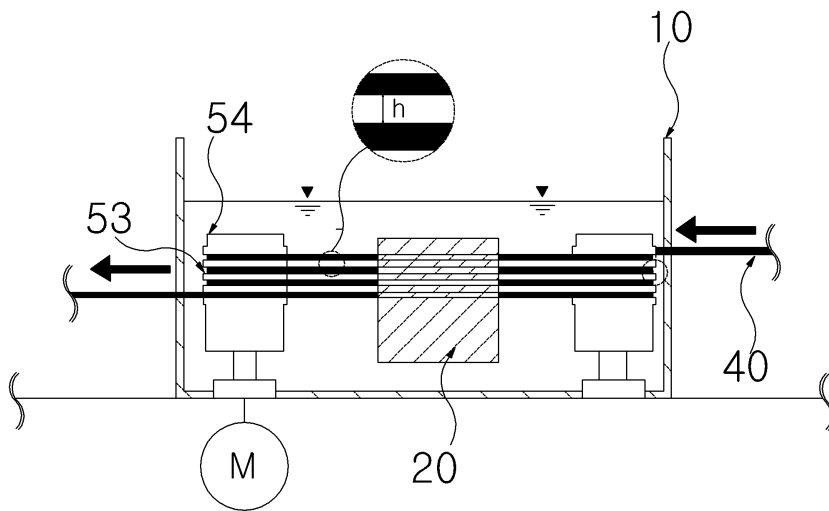
**도면1**



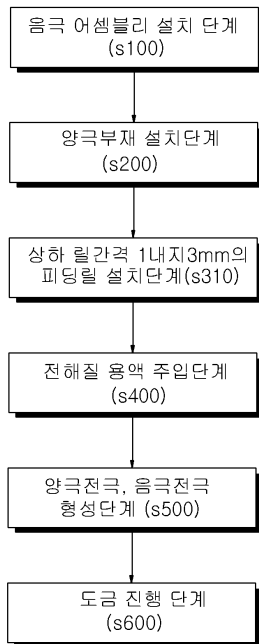
도면2



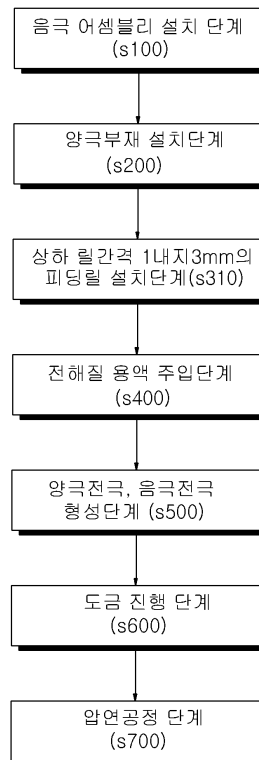
도면3



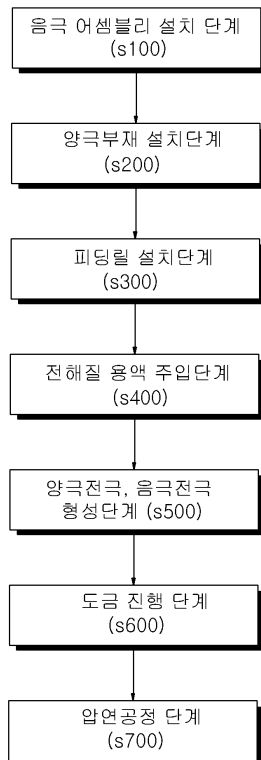
도면4



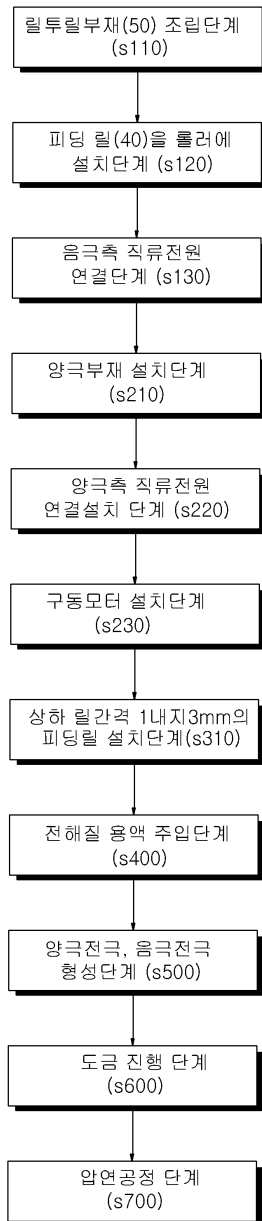
도면5a



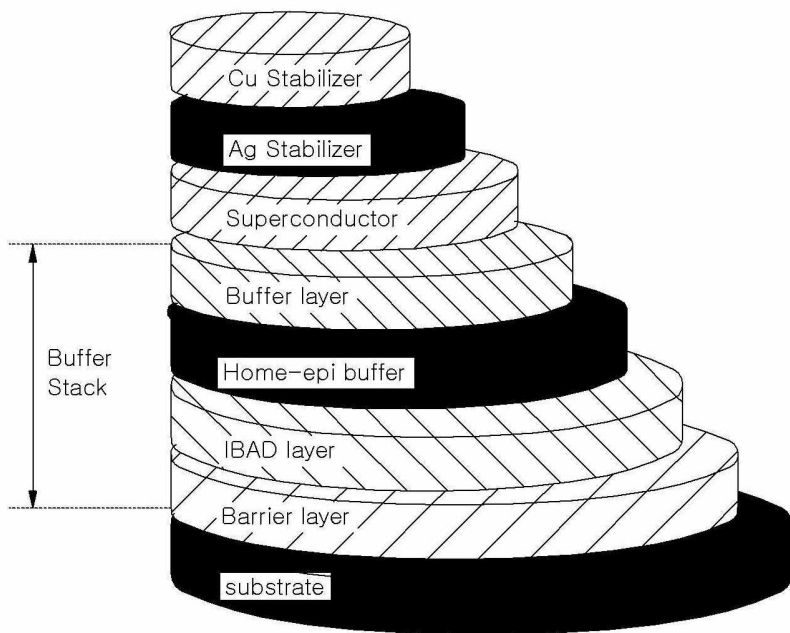
도면5b



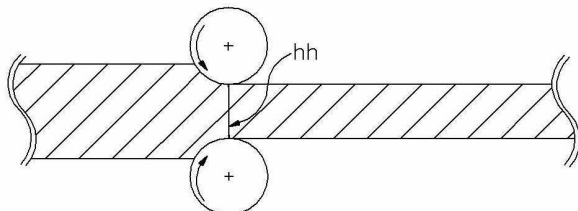
도면6



도면7

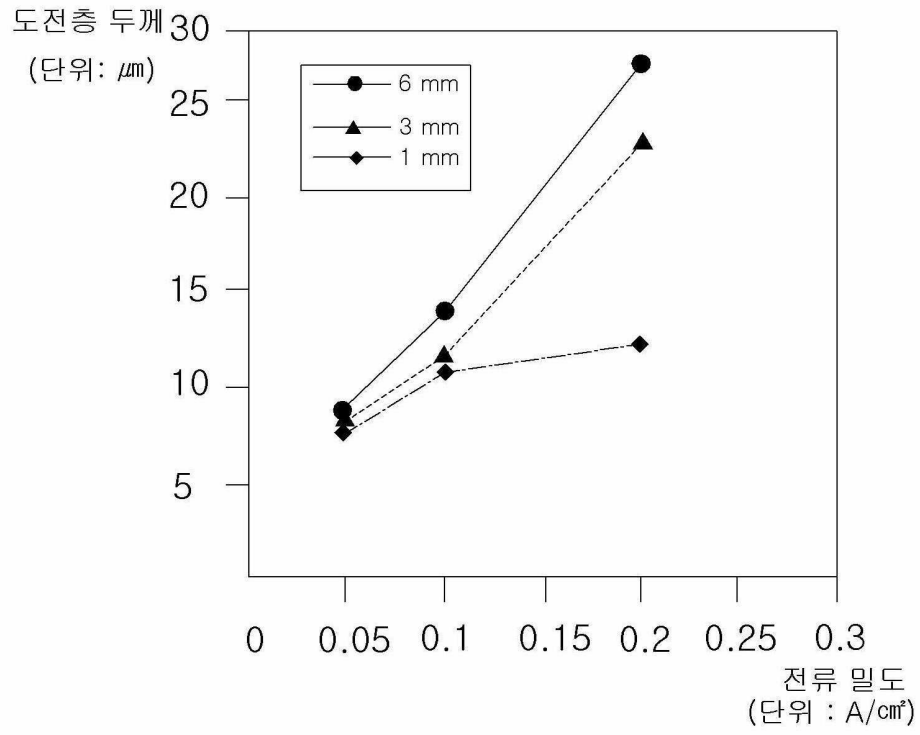


도면8

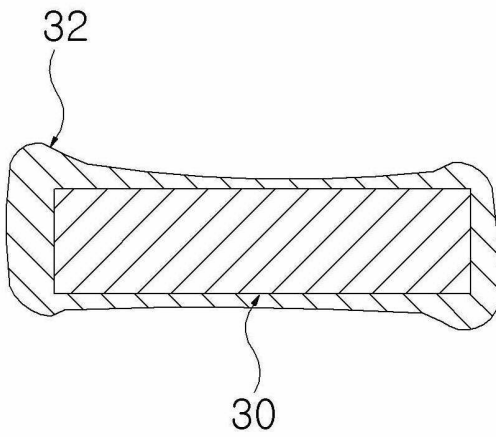




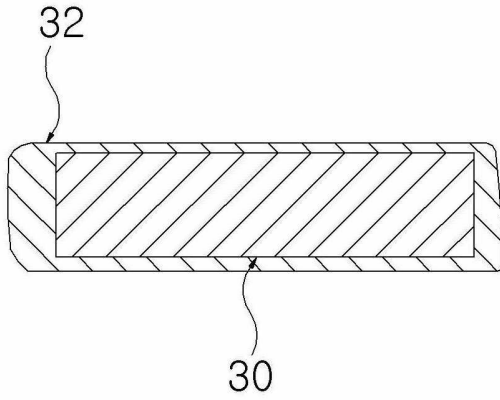
도면9



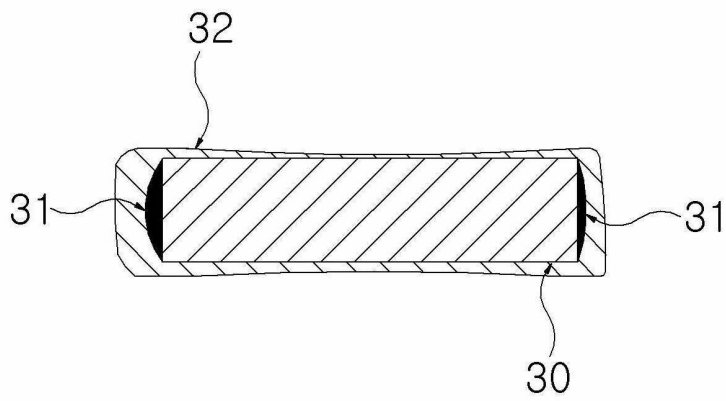
도면10



도면11



도면12



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 6항 말미

【변경진】

~특징으로 하는 금 두께 균일도가 개선된~

【변경후】

~특징으로 하는 도금 두께 균일도가 개선된~