

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2024년 6월 27일 (27.06.2024)



(10) 국제공개번호

WO 2024/136157 A1

(51) 국제특허분류:

C21D 8/12 (2006.01)

C21D 10/00 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

H01F 1/147 (2006.01)

H01S 3/00 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2023/018648

(22) 국제출원일:

2023년 11월 20일 (20.11.2023)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2022-0180988 2022년 12월 21일 (21.12.2022) KR

(71) 출원인: 주식회사 포스코 (POSCO CO., LTD) [KR/KR]; 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261, Gyeongsangbuk-do (KR).

(72) 발명자: 권오열 (KWON, Ohyeoul); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261, Gyeongsangbuk-do (KR).

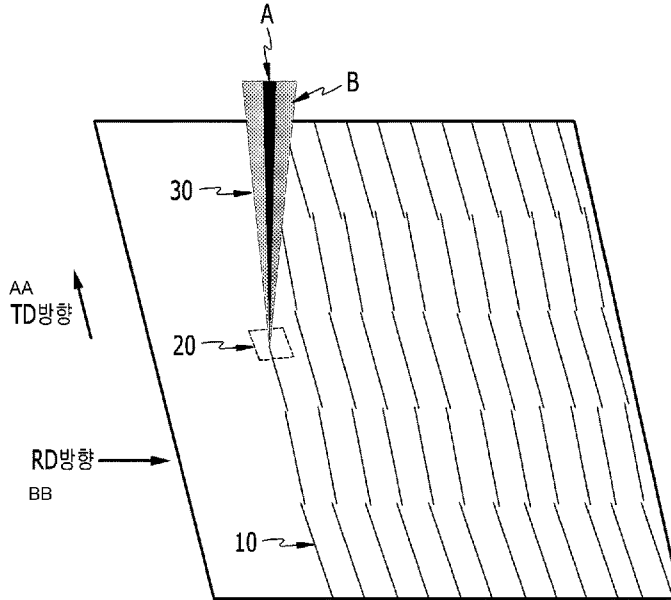
권오열 (KWON, Ohcheal); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261, Gyeongsangbuk-do (KR). 김동근 (KIM, Donggeun); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261, Gyeongsangbuk-do (KR). 홍순창 (HONG, Soonchang); 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261, Gyeongsangbuk-do (KR).

(74) 대리인: 유미특허법인 (YOU ME PATENT AND LAW FIRM); 06134 서울특별시 강남구 테헤란로 115, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: GRAIN ORIENTED ELECTRICAL STEEL SHEET AND METHOD FOR REFINING MAGNETIC DOMAINS THEREIN

(54) 발명의 명칭: 방향성 전기강판 및 그 자구미세화 방법



AA ... TD direction
BB ... RD direction

(57) Abstract: A grain oriented electrical steel sheet according to an embodiment of the present invention comprises: an electrical steel substrate; and an insulating film layer disposed on the electrical steel substrate, wherein a linear deformation zone is present on the surface of the insulating film layer, an overlapping irradiation boundary is present within the deformation zone, a melted and solidified layer is present below the overlapping irradiation boundary, and the melted and solidified layer contains 5 wt% or less of P.

(57) 요약서: 본 발명의 일 실시예에서는 방향성 전기강판은 전기강판 기재; 및 전기강판 기재 상에 위치하는 절연 피막층을 포함하고, 절연 피막층 표면에 선형의 변형부가 존재하고, 변형부 내에 중복조사 경계부가 존재하고, 중복조사 경계부 하부에는 용융 응고층이 존재하고, 용융 응고층은 P를 5 중량% 이하로 포함한다.

[다음 쪽 계속]



SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의
역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, GH, GM,
KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 방향성 전기강판 및 그 자구미세화 방법

기술분야

- [1] 본 발명의 일 실시예는 방향성 전기강판 및 그 자구미세화 방법에 관한 것이다. 더욱 구체적으로 본 발명의 일 실시예는 2차 재결정이 이루어진 전기강판의 표면에 중첩 레이저를 조사하여 표면 손상을 방지하면서 동시에 우수한 철손 특성을 갖는 방향성 전기강판 및 그 자구미세화 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 방향성 전기강판은 우수한 자기적 특성을 가지고 있어 일반적으로 변압기의 철심 재료로 사용된다. 이러한 방향성 전기강판의 제조는 전기강판 제조 공정만이 가지고 있는 고유의 압연 및 소둔 공정을 거쳐 {110} <001> 방위로 재결정되어 있는 Goss 집합조직을 강판 전체에 형성시킨다.
- [3] 기후 변화에 대응하기 위해 세계는 온실가스 배출량의 산정등급을 나날이 강화하고 있다. 변압기 철심의 경우, 온실가스 배출량 산정등급에 영향을 주는 요인은 전기강판을 사용할 때의 효율성 향상과 관련이 되어 있다. 그리고 변압기 철심의 효율성은 전기강판의 철손과 자속밀도 즉, 자성 특성이 중요한 요소로 작용하고 있다.
- [4] 전기강판의 자속밀도는 결정 구조에서 자화가 용이한 결정축이 모인 정도, 즉 결정 방위성이 높을수록 자속밀도가 높게 나타나므로 전기강판의 제조 공정이 중요하게 영향을 미칠 수 있다.
- [5] 그리고 전기강판의 철손은 최대자속밀도 1.7 T에서 50 Hz 주파수의 자기장을 인가하였을 때 측정되는 W17/50 [W/kg] 값을 철심소재의 보증 철손값이라고 하고 이 값을 전기강판의 철손의 척도로 일반적으로 사용한다. 그러나 변압기를 설계할 때에는 이 보다 낮은 최대자속밀도 인 1.5 T에서 50 Hz 주파수의 자기장을 인가하였을 때 측정되는 W15/50 [W/kg] 값을 사용하기도 한다. 변압기에서 효율은 이러한 철손 값이 낮을수록 그 효율이 우수하다고 평가한다.
- [6] 따라서 전기강판의 경우 강판의 자속밀도가 높고 철손이 낮을수록 효율이 우수한 변압기 철심으로 사용될 수 있다. 이 중에서 자속밀도는 전기강판의 제조 공정의 상향 평준화로 고 자속밀도를 확보하는 공정기술은 변압기의 효율을 뒷받침할 수 있는 정도로 발달되어 왔기 때문에 철손이 보다 중요한 지표로 평가되고 있다.
- [7] 이러한 철손은 와전류손과 히스테리시스손으로 구분되고 히스테리시스손은 자속밀도가 높으면 낮아지는 경향이 있어서 방향성 전기강판에서 와전류손이 전체 철손을 제어하는 데 중요한 위치를 차지한다. 철손 중 와전류손은 고전적 와전류손과 이상 와전류손으로 구분되고 고전적 와전류손은 강판의 두께에 비

레하드로 강판을 얇게 하면 할수록 고전적 와전류손은 감소한다. 따라서 이상 와전류손을 제어하는 것이 철손을 저감시키는 중요한 기술로 자리 잡고 있다.

- [8] 이러한 철손 중의 와전류손은 압연 방향 자구인 180°자구의 자벽 간격이 좁을수록 감소되는 것이어서 전기강판의 자구(magnetic domain)를 미세화 시켜 철손을 저감시킬 수 있다.
- [9] 전기강판에서 자구를 미세화 한다는 것은 하나의 자구적 특성을 갖는 결정입자에 물리적 자극을 부여하여 여러 개의 자구로 분리하는 과정을 의미한다. 자구를 미세화는 방법으로는 레이저 조사, 전자빔 조사, 플라즈마 처리, 에칭 또는 롤 압입등의 방법을 이용할 수 있다. 그리고 이러한 자구 미세화 처리를 한 다음 응력 완화소둔(SRA)을 행한 다음에도 자구 미세화 효과가 유지되는지 여부에 따라 영구자구 미세화와 일시자구 미세화로 구분된다.
- [10] 일련의 전기강판의 제조 공정상 자구 미세화 공정은, 탈탄공정 이전에 수행될 수도 있고 절연코팅 이후에 수행되는 경우도 있다.
- [11] 한편, 생산된 전기강판을 코일상태로 출하하여 최종 철심으로 가공될 때까지 제품의 운송 등의 이유로 많은 시간이 필요하다. 이러한 운송기간 동안이나 또는 철심으로 가공하는 동안에 전기강판에 자구미세화를 위하여 물리적으로 자극을 받은 부분이 부식이 될 가능성이 있다.
- [12] 전기강판의 표면에 물리적 자극을 받은 부분에서 부식이 발생한다는 것은 표면의 절연피막이 벗겨져서 전기강판의 기재가 노출되었다는 것을 의미하고, 이를 그대로 철심으로 적층하여 사용할 경우 전기강판 표면에 형성된 절연피막이 파괴되어 상하 적층 철심이 전기적으로 통전하게 되며, 이 경우 변압기가 폭발할 가능성까지 존재하게 된다.
- [13] 따라서 자구미세화를 위해 전기강판의 표면에 물리적 자극을 부여하더라도 절연피막에 손상을 가하지 않는 범위 이내로 자극을 부여할 필요가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [14] 본 발명의 일 실시예에서는 방향성 전기강판 및 그 자구미세화 방법을 제공한다. 더욱 구체적으로 본 발명의 일 실시예에서는 2차 재결정이 이루어진 전기강판의 표면에 파장이 서로 다른 중첩 레이저를 조사하여 표면 손상을 방지하면서 동시에 우수한 철손 특성을 갖는 방향성 전기강판 및 그 자구미세화 방법을 제공한다.

과제 해결 수단

- [15] 본 발명의 일 실시예에서는 방향성 전기강판은 전기강판 기재; 및 전기강판 기재 상에 위치하는 절연 피막층을 포함하고, 절연 피막층 표면에 선형의 변형부가 존재하고, 변형부 내에 중복지사 경계부가 존재하고, 중복지사 경계부 하부에는 용융 응고층이 존재하고, 용융 응고층은 P를 10 중량% 이하로 포함한다.
- [16] 용융 응고층의 변형부 길이 수직 방향의 폭(M_w)은 0.05 내지 10 μm 일 수 있다.

- [17] 용융 응고층의 두께(M_D)는 절연 피막층 두께의 20% 이하일 수 있다.
- [18] 중복 조사 경계부를 제외한 변형부 하부의 절연 피막층은 표면으로부터 강판 두께 방향으로 100nm 범위에서 P 함량이 10 내지 30 중량%일 수 있다.
- [19] 변형부 하부의 절연 피막층의 두께는 변형부가 형성되지 않은 절연 피막층 두께의 60 내지 90%일 수 있다.
- [20] 기재 및 절연피막층 사이에 금속 산화물 층이 개재될 수 있다.
- [21] 본 발명의 일 실시예에서는 방향성 전기강판의 자구 미세화 방법은 제1 파장을 갖는 제1 레이저 빔을 조사하는 제1 조사 단계; 제2 파장을 갖는 제2 레이저 빔을 조사하는 제2 조사 단계를 포함하고, 제1 레이저 빔의 제1 빔스팟과 제2 레이저 빔의 제2 빔스팟은 10% 이상 중첩될 수 있다.
- [22] 제1 레이저 및 제2 레이저는 CO₂ 레이저, 광섬유 레이저, YAG 레이저, 루비 레이저, 사파이어 레이저, 디스크 레이저, 다이오드 레이저 또는 UV 레이저 중에서 선택될 수 있다.
- [23] 제1 레이저 및 제2 레이저는 각각 출력이 10 내지 2000W일 수 있다.
- [24] 제1 레이저는 및 제2 레이저는 파장이 서로 상이할 수 있다.
- [25] 중첩 위치에서, 제1 레이저 빔의 조사되는 시간 및 제2 레이저 빔이 조사 되는 시간의 간격이 18ms 이하일 수 있다.

발명의 효과

- [26] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 중첩 레이저를 사용하여 최적의 자구 미세화를 수행함으로써, 자성을 더욱 향상시킬 수 있으면서 동시에 강판 표면의 손상을 충분히 억제할 수 있다.
- [27] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 장파장 레이저를 사용하여 평균출력의 고출력화가 용이하게 가능하고 처리 라인의 신뢰성을 확보할 수 있으며, 동시에 단파장의 레이저를 함께 조사하여 자구를 최소한으로 형성하여 자성을 효과적으로 개선할 수 있다.
- [28] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 레이저를 중첩하여 사용하여 철손 개선 효과를 유지하면서도 피막에 의한 자성 편차를 억제하는 것이 가능하다.
- [29] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 절연 피막층 들을 파괴하지 않고도 안정적으로 강판을 예열할 수 있으며, 절연 피막층의 두께를 고려하지 않고 정확히 환류자구 형성에 필요한 만큼의 폭으로 강판의 열 탄성 변형에 따른 잔류 응력을 유발시킬 수 있어서 정확한 자구 미세화가 가능하다.
- [30] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 낮은 레이저 출력 조건에서도 두께 방향 열충격을 극대화함으로써 저 자장 및 고 자장에서 철손이 우수한 방향성 자구미세화 제품을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [31] 도 1은 레이저 파장에 따른 강판의 광 흡수율을 나타내는 그래프이다.

- [32] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 중첩 레이저를 이용하여 변형부를 형성하는 자구 미세화의 개념을 나타낸 모식도이다.
- [33] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 중첩 레이저의 빔 스폿을 나타내는 모식도이다.
- [34] 도 4는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 중첩 레이저의 빔 스폿을 나타내는 모식도이다.
- [35] 도 5는 본 발명의 일 실시예에서 변형부 및 중복조사 경계부가 존재하는 강판 표면을 나타내는 모식도이다.
- [36] 도 6은 본 발명의 일 실시예에서 변형부 및 중복조사 경계부가 존재하는 강판 두께방향(Z방향) 단면을 나타내는 모식도이다.
- [37] 도 7은 실시예 1에서 용융 응고층을 FIB(Focused Ion Beam)-TEM(Transmission Electron Microscopy)으로 분석한 사진이다.
- [38] 도 8은 도 7의 용융 응고층을 두께방향으로 원소 분석한 그래프이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [39] 제1, 제2 및 제3 등의 용어들은 다양한 부분, 성분, 영역, 층 및/또는 섹션들을 설명하기 위해 사용되나 이들에 한정되지 않는다. 이들 용어들은 어느 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션을 다른 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션과 구별하기 위해서만 사용된다. 따라서, 이하에서 서술하는 제1 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션은 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 범위 내에서 제2 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션으로 언급될 수 있다.
- [40] 여기서 사용되는 전문 용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.
- [41] 어느 부분이 다른 부분의 "위에" 또는 "상에" 있다고 언급하는 경우, 이는 바로 다른 부분의 위에 또는 상에 있을 수 있거나 그 사이에 다른 부분이 수반될 수 있다. 대조적으로 어느 부분이 다른 부분의 "바로 위에" 있다고 언급하는 경우, 그 사이에 다른 부분이 개재되지 않는다.
- [42] 다르게 정의하지는 않았지만, 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 보통 사용되는 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.

- [43] 이하, 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [44] 본 발명의 일 실시예에서는 전기강판의 표면에 중첩 레이저를 조사하여 표면 손상을 방지하면서 동시에 우수한 철손 특성을 부여하고자 하는 것을 목적으로 한다.
- [45] 본 발명의 일 실시예는 제1 파장을 갖는 제1 레이저 빔을 조사하는 제1 조사 단계; 및 제2 파장을 갖는 제2 레이저 빔을 조사하는 제2 조사 단계를 포함하고, 제1 레이저 빔의 제1 빔스팟과 상기 제2 레이저 빔의 제2 빔스팟은 10% 이상 중첩된다.
- [46] 방향성 전기강판에서 철손을 향상시키는 방법 중 하나로 레이저를 이용하여 자구를 미세화 하는 방법이 선호되고 있다.
- [47] 방향성 전기강판의 자구 미세화 공정은 도 2에서 예시한 바와 같이, 압연 방향(RD방향)과 교차하는 방향으로 레이저를 진행시켜 조사하여 선형(線形)의 변형부(10)를 형성하게 된다. 선형의 변형부는 점상 또는 연속의 선상 변형부를 형성하게 된다. 여기서 선형 또는 선상(線)의 변형부란 실선 뿐만 아니라 점선이나 파선과 같이 단속적으로 이어지는 것을 포함하고, 아울러 미시적으로 보면 지그재그 형태이지만 거시적으로 보면 직선형태도 포함하여, 실질적으로 선형을 형성하는 모든 변형부를 포함한다.
- [48] 레이저에 의한 강판에서의 변형부 형성은 레이저 조사로 열충격을 받아 발생한 결정격자의 변형을 의미하고, 이러한 결정격자의 변형은 레이저에 의하여 강판이 국부적으로 급속하게 가열되고 바로 냉각되는 과정에서 형성된다. 이때 강판의 가열 속도는 레이저 단위 시간당 에너지 밀도(파워밀도)에 비례한다.
- [49] 그러나 레이저 조사시 열충격에 의한 결정격자의 변형은 레이저 총 조사 에너지가 클 수록 커지므로, 자구 미세화에 필요한 크기 이상의 에너지가 강판에 조사될 경우 환류자구 형성에 필요 이상의 열원이 주변으로 확산하여 자기 변형이 커진다. 따라서 레이저 조사시 열충격에 의한 결정격자의 변형은 정확히 환류자구 형성에 필요한 만큼만의 격자 변형 에너지가 필요하고, 열 확산을 억제하기 위해서는 레이저 입사 에너지를 좁은 영역에 보다 단시간 동안만 조사하는 것이 바람직하다.
- [50] 그리고 레이저 빔과 강판의 상호 작용 조건은 레이저의 특성과 강판에 대한 레이저 빔의 흡수율에 영향을 받는다. 레이저 빔의 흡수율은 강판의 표면거칠기, 강판의 온도, 강판 표면의 피막 흡수 특성 그리고 레이저 파장에 영향을 받는다. 그러나 피막을 형성하는 방향성 전기강판의 제조 조건을 일정하게 하였을 때 강판의 표면 거칠기, 강판의 온도 그리고 강판 표면 피막의 흡수 특성은 일정할 것이고, 이 경우 레이저 빔의 강판 흡수율은 레이저의 파장에 따르게 된다.

- [51] 즉 강판의 제조조건이 일정할 경우 레이저 흡수율은 레이저의 파장에 영향을 받는다. 도 1에서 나타낸 바와 같이, 강판의 레이저 흡수율은 파장이 단파장 (예; $1.06\ \mu\text{m}$ 인 YAG 또는 Fiber 레이저)인 경우 대략 35 내지 40% 정도인 한편, 파장이 장파장 (예; $10.6\ \mu\text{m}$ 인 CO_2 레이저)인 경우 대략 5 내지 10% 정도로 상대적으로 낮게 나타난다.
- [52] 이와 같이 방향성 전기강판의 레이저에 의한 자구를 미세화 시키는 공정에서 안정적인 철손 특성을 확보하기 위하여 단파장의 레이저를 사용하는 것이 장파장의 레이저를 사용하는 것 보다 더 효율적이다.
- [53] 한편, 자구미세화 처리 대상이 되는 전기강판의 표면에는 수 내지 수십 μm 두께의 인산염과 실리카를 주성분으로 하는 절연피막이 형성되어 있다. 이들 피막은 단파장의 레이저(예; $1.06\ \mu\text{m}$ 인 YAG 또는 Fiber 레이저)에 대해서는 레이저 빔을 상대적으로 작게 흡수하지만 장파장의 레이저 (예; $10.6\ \mu\text{m}$ 인 CO_2 레이저)에 대해서는 큰 흡수를 나타낸다. 그 결과 장파장 레이저에서는 절연피막의 두께를 고려하여야 하지만 단파장 레이저에서는 장파장 레이저 보다는 절연피막 두께를 덜 고려하여도 된다.
- [54] 이상과 같이 단파장 레이저와 장파장 레이저는 그 특성이 서로 다르다. 따라서 단파장의 레이저와 장파장의 레이저를 동시에 중첩하여 사용할 경우, 각 레이저들이 자구 미세화에 적용되는 장점들만 부작용 없이 우선적으로 발휘되어 상호 상승(시너지) 효과를 유발시킬 수 있게 된다.
- [55] 여기서 레이저를 중첩하여 사용한다는 것은 강판의 표면에 조사되는 레이저 빔을 2가지 이상의 레이저를 사용하고, 강판의 표면에 형성되고 있는 하나의 레이저 빔의 스팟이 다른 레이저 빔의 스팟 내에 일부 또는 전부가 위치하는 것을 의미한다. 따라서 본 발명의 일 실시예에서 파장이 다른 중첩 레이저라 함은 하나의 레이저 빔의 스팟 내에 다른 레이저 빔의 스팟이 완전히 포개어져서 겹쳐진 것 뿐만이 아니라 일부 부분적으로 겹쳐진 것을 모두 포함한다. 또한, 중첩 위치에 대한 조사 시간도 동시에 조사할 필요는 없으며, 일정 시간 간격을 두고 중첩하여 조사하더라도 무방하다. 즉, 도 4와 같이 특정 시점에서 레이저 빔이 중첩하지 않더라도, 시간이 경과하여 제1 레이저 빔이 진행방향(X방향)으로 수평이동하여, 이전에 조사된 제2 레이저 빔의 위치와 중첩할 시에도, 이를 중첩된 것으로 본다. 다만, 제1 레이저 빔이 조사 진행 방향(X방향)으로 진행되는 과정에서 제1 레이저 빔끼리 중첩하는 것은 중첩하는 것으로 보지 않는다.
- [56] 본 발명의 일 실시예에서 빔스팟이란 강판 표면(40)에서의 빔 스팟을 의미한다. 도 3에서는 제1 레이저 빔(21)의 제1 빔스팟 및 제2 레이저 빔(22)의 제2 빔스팟을 개략적으로 나타낸다.
- [57] 제1 레이저 빔의 제1 빔스팟과 상기 제2 레이저 빔의 제2 빔스팟은 10% 이상 중첩된다. 10% 이상이란 제1 레이저 빔의 폭(B_{1w}) 및 제2 레이저 빔의 폭(B_{2w}) 중 작은 레이저 빔의 폭에 대하여 중첩 영역의 폭(O_w)의 비를 의미한다. 도 3에서는 제

1 레이저 빔의 폭(B_{1w})이 작은 경우이며, 이 경우 중첩 비율은 O_w/B_{1w} 로 계산할 수 있다.

- [58] 레이저 빔의 폭이란 변형부 길이방향(또는 레이저 조사 진행 방향, X방향)과 수직하는 방향(Y방향) 으로의 레이저 빔 길이이다. 레이저 빔의 길이란 변형부 길이방향(또는 레이저 조사 진행 방향, X방향)으로의 레이저 빔 길이이다. 도 3에서는 제1 레이저 빔의 길이(B_{1L}) 및 제2 레이저 빔의 길이(B_{2L})를 표시하였다.
- [59] 도 4와 같이 특정 시점에서 레이저 빔이 중첩하지 않는 경우, 레이저 빔을 진행 방향(X방향)으로 수평이동하여, 그 중첩영역의 폭(O_w)이 가장 길어질 때를 중첩 비율로 본다.
- [60] 한편, 본 발명의 일 실시예에서 중첩 영역이 존재하므로, 중첩 영역의 변형부 길이방향(또는 레이저 조사 진행 방향, X방향)과 수직하는 방향(Y방향) 으로의 양단부에 중복조사 경계부(23)가 존재한다. 중복조사 경계부(23)의 하부에는 용융 응고층(11)이 존재한다. 이 용융 응고층(11)에 대해서는 방향성 전기장판과 관련하여 후술한다.
- [61] 제1 레이저 및 제2 레이저는 CO_2 레이저, 광섬유 레이저, YAG 레이저, 루비 레이저, 사파이어 레이저, 디스크 레이저, 다이오드 레이저 또는 UV 레이저 중에서 선택될 수 있다.
- [62] 더욱 구체적으로, 단파장 레이저인 제1 레이저(A)는 파장이 상대적으로 짧은 레이저를 사용할 수 있으며 예를 들면 광섬유(Er-Fiber, Yb-Fiber, Tm-Fiber) 레이저, YAG (Nd:YAG, Yb:YAG) 레이저, 루비 레이저 및 사파이어 레이저 등을 사용할 수 있다. 이 뿐만이 아니라 이러한 제1 레이저로는 Disk 레이저 ($1.03\mu m$), Diode 레이저 (0.808 내지 $0.980\mu m$) 또는 UV 레이저(0.150 내지 $0.355\mu m$) 를 사용할 수도 있다.
- [63] 그리고 장파장 레이저인 제2 레이저로는 단파장 보다 상대적으로 파장이 긴 레이저를 사용할 수 있다. 예를 들어 제2 레이저로는 CO_2 레이저가 바람직하다. 그러나 만약 단파장 레이저인 제1 레이저로 UV 레이저 ($0.150\sim 0.355\mu m$) 를 사용할 경우 제2 레이저는 제1 레이저 보다 파장이 긴 레이저라면 어느 레이저라도 사용할 수 있다. 이러한 경우의 예를 들면, 제1 레이저로 UV 레이저 ($0.150\sim 0.355\mu m$) 를 사용한 경우 제2 레이저로 YAG 레이저를 사용할 수도 있다.
- [64] 이하에서는 단파장인 제1 레이저로 광섬유 레이저를 사용하고 장파장인 제2 레이저로 CO_2 레이저를 사용한 경우를 예로 들어 중첩 레이저(30)를 사용한 자구 미세화 방법에 대하여 보다 자세히 설명한다.
- [65] 제1 레이저인 광섬유 레이저는 강판에 대한 레이저 흡수율이 상대적으로 높은 단파장의 레이저 파장을 사용하므로, 정확히 환류자구 형성에 필요한 만큼만의 격자 변형 및 열 탄성 변형에 의한 잔류 응력을 유발할 정도의 입사 에너지를 좁은 영역에 보다 단시간 동안만 조사하는 것이 가능하다. 또한 제1 레이저로 사용

하는 광섬유 레이저는 입사 에너지 범위가 좁기 때문 주변으로의 열 확산을 억제할 수 있어서 불필요한 열변형을 최소화할 수 있다.

- [66] 한편 제2 레이저인 CO₂ 레이저는 평균 출력을 강판 속도에 따라 수백W에서 수 KW 이상의 고출력으로 사용하는 것이 가능하고, 강판의 조사 부분에 열탄성 변형을 용이하게 유도할 수 있다. 또한 제2 레이저인 CO₂ 레이저는 인산염과 실리카로 이루어진 절연피막에 대한 흡수율이 높아 피막층들을 안정적 통과할 수 있다. 따라서 제2 레이저인 CO₂ 레이저는 절연 피막층들을 파괴하지 않고도 안정적으로 강판의 열탄성 변형을 유도할 수 있어서 일종의 예열 역할을 하는데 적합하다. 그러나 제2 레이저(B)인 CO₂ 레이저는 강판에 대한 레이저 흡수율이 낮기 때문에 강판의 열탄성 변형은 유도 하지만 영구변형을 유발하지 않을 정도로 레이저를 조사하는 것이 바람직하다.
- [67] 즉, 제2 레이저인 CO₂ 레이저와 같이 장파장의 레이저를 사용할 경우 강판에 열 충격을 부여하는 부분이 너무 넓게 이루어져 자구 세분화가 잘 발생하지 않기 때문에 파장이 상대적으로 짧은 광섬유 레이저를 제1 레이저로 하여 자구 미세화를 위한 주 레이저로 사용하고, 파장이 상대적으로 긴 CO₂ 레이저는 강판의 열탄성 변형을 유도하는 정도의 일종의 예열 역할을 하는 보조 레이저로 사용한다.
- [68] 이와 같이 제1 레이저로 단파장인 광섬유 레이저를 선택하여 자구 미세화를 위한 주 레이저로 사용한 이유는 강판 표면에서의 레이저 흡수율이 높아서 레이저 조사부에 강한 압축응력부를 형성되며, 이러한 압축응력부에서 자기탄성에너지 감소를 위해 란셋자구(환류자구)를 용이하게 형성시킬 수 있기 때문이다.
- [69] 이 경우 자구미세화에 의해 표면방향으로 자기탄성에너지(magnetoelastic energy)에 의해 180°자구(란셋자구의 반대자극)를 형성하고, 판두께 방향으로 자기탄성에너지를 감소하기 위해 90°자구를 형성시킴으로써 자구의 간격이 좁아지면서 결과적으로 이상 와전류손을 감소시키게 된다.
- [70] 이상과 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 자구 미세화 방법은 제1 레이저로 단파장인 광섬유 레이저를 사용하여 정확히 환류자구 형성에 필요한 만큼의 폭으로 강판의 열 탄성 변형에 따른 잔류 응력을 유발시킬 수 있어서, 정확한 자구 미세화가 가능한 한편, 제2 레이저로 장파장인 CO₂ 레이저를 사용하여 피막층들을 파괴하지 않고도 안정적으로 강판을 예열할 수 있게 된다.
- [71] 또한 제1 레이저인 단파장의 광섬유 레이저는 최종 빔 폭(**beam width**)을 작게 형성시킬 수 있고, 강판내 레이저 흡수율을 향상시키는 장점이 있으나, 초점심도(**depth of field**)는 상대적으로 짧다. 그러나 파장이 긴 제2 레이저인 CO₂ 레이저는 최종 빔의 폭이 넓고, 강판내 레이저 흡수율이 상대적으로 낮으나, 초점심도가 깊다는 장점을 갖고 있다. 따라서 이들 두 레이저 빔을 동시에 중첩하여 조사할 경우 강판내의 레이저 흡수율을 보다 상승시킬 수 있게 된다.
- [72] 이 때 강판의 표면에 조사되는 단파장 제1 레이저인 광섬유 레이저의 빔 스팟은 원형에 근사한 모양이 바람직하며 그 직경(**B_{WL}**, **B_{LI}**)은 10 내지 200 μm 일 수 있다.

또한 광섬유 레이저의 빔 스팟은 그 폭(B_{w1})이 10 내지 200 μm 이고 그 길이(B_{L1})는 제2 레이저인 CO_2 레이저 빔 스팟의 길이 이하이거나 그 이상으로도 사용이 가능하다.

- [73] 제1 레이저인 광섬유 레이저의 빔 폭(B_{w1})이 10 μm 미만으로 감소하게 되면 좁은 영역에 에너지밀도가 집적이 됨에 따라 자속밀도 및 철손 열위가 나타날 수 있으며, 광학계 구조가 복잡해지는 문제점이 있다. 그리고 제1 레이저인 광섬유 레이저의 빔 폭(B_{w1})이 200 μm 이상 커지면 강판 길이방향 열영향이 커져서 자속밀도의 저하가 나타날 수 있어서 바람직하지 않는다.
- [74] 한편, 강판의 표면에 조사되는 장파장의 제2 레이저인 CO_2 레이저의 빔 스팟은 그 빔 폭(B_{2w})이 100 내지 400 μm 이고, 빔 길이(B_{2L})가 0.4 내지 20 mm 인 타원형이 바람직하다. 또한 장파장 CO_2 레이저의 빔 스팟은 반경이 100 μm 이상의 원형으로도 사용이 가능하다.
- [75] 제2 레이저인 CO_2 빔 폭(B_{2w})이 100 μm 이내로 형성시키기 위해서는 광섬유 레이저와 같이 미리 광학계가 복잡해지기 때문에 바람직하지 않으며, 400 μm 이상 커지면 강판 길이방향 열영향이 커지기 때문에 자속밀도의 저하가 나타나기 때문에 바람직하지 않는다.
- [76] 이와 같이 장파장 제2 레이저인 CO_2 레이저의 빔 스팟의 크기를 한정하는 이유는 고속으로 이동하는 강판의 표면에 고속으로 레이저를 주사하는 경우 강판에 작용하는 레이저 빔의 열적 변형 효과가 유지되는 범위를 고려한 것이다.
- [77] 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저를 중첩하여 사용하는 경우에 대하여 좀 더 자세히 설명한다.
- [78] 도 3 및 도 4 에서와 같이 제1 레이저 빔(21)와 제2 레이저 빔(22) 를 중첩하여 사용한다는 것은 제1 레이저 빔(21)의 빔스팟과 제2 레이저 빔(22)의 빔스팟이 중첩되도록 제어한다는 것을 의미한다. 즉, 강판 표면에 조사되는 레이저 빔 스팟(20)들이, 도 3에서와 같이 평면상으로 보아서, 빔 스팟이 큰 제2 레이저 빔(22)의 범위 내의 어느 곳에서도 제1 레이저 빔(21)이 온전히 위치하는 것을 빔이 “중첩”된다고 하고, 더 나아가 제2 레이저 빔(22)인 범위 내에 제1 레이저 빔(21)이 부분적으로 위치하는 것까지 포함하여 빔이 “중첩”된다는 것을 의미한다. 더 나아가, 도 4와 같이 특정 시점에서 레이저 빔이 중첩하지 않더라도, 시간이 경과하여 제1 레이저 빔(21)이 진행방향(X방향)으로 수평이동하여, 이전에 조사된 제2 레이저 빔(22)의 위치와 중첩할 시에도, 이를 중첩된 것으로 본다.
- [79] 본 발명의 일 실시예에서 사용하는 레이저 빔의 발진 모드는, 제1 레이저와 제2 레이저 모두, 레이저 광을 연속적으로 발생시키는 연속파 레이저(Continuous Wave Laser)를 사용하는 것이 바람직하지만, 펄스 레이저(Pulse Laser)를 사용할 수도 있다.

- [80] 또한 사용하는 레이저 빔의 품질은, 제1 레이저와 제2 레이저 모두, TEM 00의 가우시안 모드(Gaussian mode)가 바람직하지만 TEM0i의 멀티 모드(multi transverse mode)도 사용할 수 있다.
- [81] 그러나 본 발명의 일실시예에 따른 강판 표면에 조사되는 이중 파장의 중첩 레이저빔(20)은 강판의 길이 방향으로 열영향을 최소화하는 반면 두께 방향으로 열충격을 극대화할 수 있으므로 각 레이저의 빔 형상이나 빔 품질을 구체적으로 한정하는 것은 아니다.
- [82] 제1 레이저 및 제2 레이저는 각각 출력이 10 내지 2000W일 수 있다. 더욱 구체적으로, 제1 레이저의 출력은 1000 내지 2000 W가 될 수 있고, 제2 레이저의 출력은 100 내지 700 W가 될 수 있다. 이러한 각 레이저의 출력 범위는 강판 진행속도가 15mpm 속도로 진행할 때 레이저 출력조건을 적시한 것으로 레이저의 출력값은 강판의 진행속도에 따라 최적으로 제어할 수 있다.
- [83] 이상과 같은 제1 레이저와 제2 레이저가 중첩된 레이저 빔(30)을 강판의 표면에 조사할 때 그 간격(즉, 변형부 간의 강판 압연 방향으로의 간격)은 2 내지 10 mm가 될 수 있고, 압연방향과 레이저 진행 방향(변형부 길이 방향, X방향)의 각도는 75 내지 105°가 될 수 있고, 주사 속도는 0.1 내지 300 m/sec가 바람직하다.
- [84] 이 때 사용하는 전기강판은 2차 재결정이 이루어진 전기강판을 사용하는 것이 바람직하다.
- [85] 그리고 강판 표면에 조사되는 중첩 레이저 빔(20)의 조사간격이 2mm 미만으로 너무 좁아지면, 열영향부의 영향이 커져서 자속밀도와 철손이 열위하게 되며, 조사간격이 10mm 이상에서는 자구미세화 효과를 확보하기 위한 열충격 효과가 떨어져서 효과를 발휘하기 쉽지 않다.
- [86] 또한 강판 표면에 조사되는 중첩레이저 빔(20)을 조사할 때 강판 압연방향의 직각 또는 경사진 방향으로 조사할 수 있고 압연방향과 레이저 진행 방향(변형부 길이 방향, X방향)의 각도는 75 내지 105°가 될 수 있다. 이 각도 범위를 벗어난 경우 필요한 자구 미세화 효과가 나타나지 않을 수 있다.
- [87] 그리고 중첩 레이저의 주사속도는 강판 진행속도와 동일하게 진행속도가 빨라지면 해당 주사속도는 더 빨라져야 하므로, 0.1 내지 300 m/sec가 바람직하며, 이 속도는 15mpm 조건에서 예시한 값을 의미한다.
- [88] 한편, 도 3과 같이 제1 레이저 빔 및 제2 레이저 빔이 동시에 중첩되어 조사하는 것도 가능하나, 도 4와 같이 시간 간격을 두고 중첩하여 조사하는 것도 가능하다. 다만 중첩 위치에서, 상기 제1 레이저 빔의 조사되는 시간 및 제2 레이저 빔이 조사되는 시간의 간격이 16ms 이하일 수 있다. 이 시간 범위를 넘어서면, 레이저를 중첩하여 조사하는 효과를 충분히 얻기 어렵다. 시간 간격이란 제2 레이저(또는 제1 레이저)를 조사한 이후, 제1 레이저(또는 제2 레이저)가 진행하여, 그 중첩 영역의 폭(O_w)이 최대가 되는 시점까지의 시간을 의미한다.
- [89]

- [90] 본 발명의 일 실시예에서는 방향성 전기강판(100)은 전기강판 기재(50); 및 전기강판 기재(50) 상에 위치하는 절연 피막층(60)을 포함하고, 절연 피막층(60) 표면에 선형의 변형부(10)가 존재하고, 변형부(10) 내에 중복조사 경계부(23)가 존재한다.
- [91] 중복조사 경계부(23)란 도 3에 나타나듯이, 제1 레이저 빔(21)과 제2 레이저 빔(22)을 중첩하여 조사할 시, 그 중첩 영역의 Y 방향 양 단부를 의미한다. 이 중복조사 경계부(23)는 육안으로 판단하기는 어려우며, 하부 절연 피막층(10) 내에 용융 응고층(11)이 형성되었는지 여부로 판별할 수 있다. 즉, 중복조사 경계부(23)를 기점으로 Y방향으로 중복조사 경계부(23) 하부에 용융 응고층(11)이 생성된다. 이 용융응고층(11)은 절연 피막층(10) 내에 인(P)이 휘발되어 생성되므로, 용융응고층(11) 내에는 인이 적게 존재한다. 즉, P 함량이 10 중량% 이하이면 용융응고층(11)이 형성된 것으로 판정한다. 더욱 구체적으로 P 함량이 8 중량% 이하이면 용융응고층(11)이 형성된 것으로 판정한다.
- [92] 이와 같이 중첩 레이저빔을 조사한 경우에 용융 응고층(11)이 생성되는 이유는 절연 피막층(60)을 구성하고 있는 인산염의 기화점이 낮기 때문에 중첩 레이저 조사시 인(Phosphorus)이 먼저 기화되고 Si와 O로 이루어진 규소 산화물들은 비정질 상태로 재응고 되는 것이다. 이와 같이 절연 피막층의 표면에 비정질 상태의 재응고 층이 형성될 경우 비정질 고유 특성에 의하여 부식 특성이 향상된다.
- [93] 용융 응고층의 변형부 길이 수직 방향(Y방향)의 폭(M_w)은 0.05 내지 10 μm 일 수 있다. 전술한 범위일 시 중첩 조사에 의한 철손 향상 및 내식성 향상 효과가 적절히 발휘될 수 있다. 더욱 구체적으로 용융 응고층의 변형부 길이 수직 방향(Y방향)의 폭(M_w)은 0.1 내지 5 μm 일 수 있다.
- [94] 용융 응고층의 두께(M_d)는 절연 피막층 두께의 20% 이하일 수 있다. 용융 응고층의 두께(M_d)가 너무 두꺼우면 절연 피막층의 절대 두께가 얇아지므로 내식성에 불리하게 작용할 수 있으며, 절연 피막층에 의한 장력효과를 감소시켜 철손이 열위할 수 있기 때문에 이와 같은 범위로 제한하는 것이 바람직하다. 더욱 구체적으로 더욱 구체적으로 용융 응고층의 두께(M_d)는 절연 피막층 두께의 1 내지 15%일 수 있다. 용융 응고층의 두께(M_d)는 절연피막 표면으로부터 P가 10%가 되는 경계까지의 깊이를 의미한다. 절연 피막층(60) 두께의 20% 이내 두께 내에서 용융 응고층이 형성될 경우, 절연 피막층의 더 큰 손상없이 강판에 레이저의 입사에너지 대비 충분한 레이저를 강판에 부여하게 됨을 의미한다. 더욱 구체적으로 용융 응고층의 두께(M_d)는 50 내지 500nm일 수 있다.
- [95] 중복 조사 경계부(23)를 제외한 변형부(10) 하부의 절연 피막층(60)은 표면으로부터 강판 두께 방향으로 100nm 범위에서 P 함량이 10 내지 30 중량%일 수 있다. 전술하였듯이, 변형부(10) 및 중복 조사 영역 내에는 레이저의 에너지가 충분히 커서 용융보다는 절연 피막층(60) 자체의 기화가 발생하며, 인(P)만 선택적으로 휘발되지 않는다. 더욱 구체적으로 P 함량이 12 내지 25 중량% 일 수 있다.

- [96] 변형부(10) 또한 육안으로는 변형부 외의 절연 피막층 표면과 구분되지 않으며, 변형부(10) 하부의 절연 피막층(60)의 두께를 통해 구분할 수 있다. 즉, 제1 레이저 또는 제2 레이저 조사 시, 조사된 표면의 하부는 절연 피막층의 두께가 조사되지 않은 부분에 비해 줄어들게 된다. 중첩 레이저의 조사에 의하여 전기강판에 변형부(10)가 형성되고, 절연 피막층(60)에 용융 응고층(11)이 형성될 경우, 용융 응고층(11) 형성에 의하여 절연 피막층(60)에 수축이 발생하여 강판의 변형부가 형성된 절연 피막층(60)의 두께가 변화할 수 있다.
- [97] 더욱 구체적으로 변형부(10) 하부의 절연 피막층(60)의 두께는 변형부가 형성되지 않은 절연 피막층 두께의 60 내지 90%일 수 있다. 강판에 형성되는 변형부의 피막층 두께가 너무 얇을 경우, 피막 두께 저하에 따라 내식성 열화 및 장력감소 효과로 철손이 열화될 수 있다. 너무 두꺼우면 용융 응고층(11)이 적절히 형성되지 않았다는 의미이며, 적절한 철손 향상을 기대하기 어렵다. 절연 피막층(60)의 두께는 절연 피막층(60) 표면에서부터 인 함량이 10 중량% 이상 증가한 이후, 다시 5 중량% 이하로 내려갈 때, P 함량이 5 중량%인 경계부까지의 깊이를 의미한다.
- [98] 방향성 전기강판은 전기강판 기재와 절연 피막층 사이에는 금속 산화물층(유리 피막층, 미도시)이 더 형성될 수 있다.
- [99] 여기서 금속 산화물층은 포스테라이트(Forsterite)를 주성분으로 하고 절연 피막층은 인산염과 콜로이달 실리카를 주성분으로 한다. 그리고 본 발명에서 주 성분이라 함은 포스테라이트의 경우 강판 표면의 산소 편면 도포량으로 0.7 g/m^2 이상을 포함하는 것을 의미하고, 절연 피막에서 인산염의 경우 강판 표면의 편면 도포량 기준으로 0.1 g/m^2 이상을 포함하고 절연 피막에서 콜로이달 실리카는 강판 표면의 편면 도포량 기준으로 0.1 g/m^2 이상을 포함한다는 것을 의미한다.
- [100]
- [101] 본 발명의 일 실시예에서 중첩 레이저빔을 이용하여 열변형에 의한 자구 미세화 처리한 이후 강판간의 절연성을 확보하기 위하여 절연 피막이 박리되는 경우 뿐만 아니라 유리 피막이 박리되는 것을 방지한다는 것을 의미한다.
- [102] 한편, 본 발명의 일 실시예에 의한 전기강판의 표면에 중첩 레이저를 조사하여 변형부를 형성할 경우 이러한 강판의 W15/50 철손 개선율은 6% 이상인 것이 바람직하다. W15/50 개선율이 이 보다 낮은 경우 강판의 레이저 흡수율이 낮기 때문에 원하는 철손 저감 효과를 기대하기 어렵다.
- [103] 그리고 본 발명의 일 실시예에 의한 전기강판의 표면에 중첩 레이저를 조사하여 변형부를 형성할 경우 이러한 강판의 W17/50 철손 개선율이 9% 이상 것이 바람직하다. W17/50 철손 개선율이 이 보다 낮을 경우 역시 강판의 레이저 흡수율이 낮기 때문에 원하는 철손 저감 효과를 기대하기 어렵다.
- [104] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 방향성 전기강판의 제조 방법에 대하여 자세히 설명한다.
- [105] [냉연강판의 제조]

- [106] 방향성 전기강판을 제조하기 위하여 먼저 전기강판 기재의 슬라브를 제조한다.
- [107] 슬라브의 화학조성 및 금속조직은 자화 용이축이 일정 방향으로 정렬되어 전기강판으로 기능하는 것이면 그 성분과 조직은 별도로 한정하지 아니한다. 다만 예를 들어 설명하면 슬라브의 화학조성은 아래와 같다.
- [108] 질량 %로 C : 0.08 % 이하(0%는 제외한다), Si : 1.0 ~ 6.5 %, Mn: 0.005 ~ 3.0%, (Nb, V, Ti 중 어느 하나 이상의 합계); 0.070% 이하, (Cr, Sn, Sb 중 어느 하나 이상의 합계): 2.5% 이하, Al: 2.0% 이하(0%는 제외한다), (P, S 중 어느 하나 이상의 합계): 0.100%이하(0%는 제외한다), (Cu 와 Sn은 합계): 1.0% 이하, 희토류 및 기타 불순물 총합은 0.2%이하를 포함하고 잔부는 Fe로 이루어 진다.
- [109] (C: 0.08%이하(0%는 제외한다))
- [110] 탄소(C)는 강 중에 불가피하게 혼입되는 원소이나, 자기 시효에 의한 자기 특성을 악화시키므로 적정한 함량으로 제어되는 것이 바람직하다. 강판내에 C의 함량이 너무 적을 경우 제조 공정에서 상변태가 충분히 일어나지 않아서 강판의 미세조직을 불균일화하여 결국 2차 재결정 조직이 불안정해질 수 있고, C가 너무 많이 포함되면 제조공정 중에 탄화물이 조대해지고 석출량이 과도하여 그 결과로 탈탄이 충분히 이루어지지 않아서 Goss 집합 조직의 집적도가 저하되어 2차 재결정 집합조직을 훼손할 수 있다. 따라서 강판의 C 함유량은 0.08%이하, 더 바람직하게는 0.001 ~ 0.040 %를 함유한다.
- [111] (Si:1.0 ~ 6.5 %)
- [112] 규소(Si)는, 방향성 전기강판의 기본 조성으로 강판의 비저항을 증가시켜 철손을 낮추는 역할을 한다. 1.0 % 미만일 경우 비저항이 감소하게 되어 와전류손이 증하여 철손 특성이 열화되어 Si 첨가 효과를 기대할 수 없고, 6.5 % 이상일 경우, 강판의 취성이 증가하고 인성이 감소하여 압연과정에서 판파단이 발생할 수 있고, 제조공정 중 질화물을 충분히 형성하지 못하여 최종고온소둔 과정에서 2차 재결정 형성에 필요한 충분한 결정립 억제력을 확보할 수 없게 된다. 따라서 Si는 1.0 ~ 6.5 %가 바람직하다.
- [113] (Mn: 0.005 ~ 3.0%)
- [114] 망간(Mn)은, 비저항을 증가시켜 와전류손을 감소시킴으로써 전체 철손을 감소시키는 효과가 있으며, 소강상태에서 S와 반응하여 Mn계 황화물을 만들 뿐만 아니라 Si와 함께 질화처리에 의해서 도입되는 질소와 반응하여 (Al,Si,Mn)N의 석출물을 형성함으로써 1차재결정립의 성장을 억제하여 2차재결정을 일으킬 뿐만 아니라 최종 제품의 표면품질에 영향을 미치는 중요한 원소이다. 그러나 Mn이 너무 적게 포함될 경우 최종 제품의 표면 품질이 나빠질 수 있다. 또한 Mn이 너무 많이 포함될 경우 오스테나이트 상분율이 매우 증가하여 Goss 집합조직이 훼손되고 자속밀도가 감소하며 탈탄소둔시 산화층이 너무 과하게 형성되어 탈탄을 방해할 수 있다. 따라서 Mn은 0.005 ~ 3.0 %가 바람직하다.
- [115] (Nb, V, Ti 중 어느 하나 이상의 합계: 0.05% 이하)

- [116] 니오븀(Nb), 바나듐(V), 티타늄(Ti)은 제조과정 중에 C와 N과 반응하여 석출물을 형성하는 원소이나 너무 많이 첨가할 경우 2차 재결정 소둔 이후에도 강판에 잔존하여 강판의 자기적 특성을 저하시키므로, Nb, V, Ti 중에서 선택된 원소 1종 이상이 합계로 0.05% 이하로 제어하는 것이 바람직하다.
- [117] (Cr, Sn, Sb 중 어느 하나 이상의 합계: 2.5%이하)
- [118] 크롬(Cr)은 Goss 집합조직의 형성을 촉진하여 철손을 저감시킬 목적으로 첨가하고 Sn은 결정립 성장을 억제하여 궁극적으로 자속밀도를 향상시킬 목적으로 첨가한다. 그리고 안티몬(Sb)는 결정립계에 편석하여 결정립의 성장을 억제하여 2차 재결정을 안정화시키는 효과가 있다. 이 들 세 원소는 모두 2차 재결정 조직의 형성과 상호 관계가 있으므로 Sn, Sb, Cr는 합계로 2.5 % 이하로 제어하는 것이 바람직하다.
- [119] (Al: 2.0% 이하(0%는 제외한다))
- [120] 알루미늄(Al)은 제조과정 중에서 석출된 Al계 질화물 이외에 1차 재결정 공정 중에 질화처리에 의하여 도입된 N과 강중에 고용상태로 존재하는 Al, Si, Mn과 결합하여 (Al, Si, Mn)N 및 AlN 형태의 질화물을 형성하여 강한 결정립 성장 억제제로 역할을 한다. 그러나 Al을 너무 많이 포함할 경우 석출물이 불균일하여 2차 재결정의 형성이 불안정하여 강판의 자기적 특성이 저하되므로 2.0 % 이하로 첨가하는 것이 바람직하다.
- [121] (P, S 중 어느 하나 이상의 합계: 0.1% 이하(0%는 제외한다))
- [122] 인(P)은 결정립계에 편석하여 결정립계의 이동을 방해하고 동시에 결정립 성장을 억제하는 보조적인 역할을 하며, S는 너무 많이 첨가되면 2차 재결정 형성을 불안정하게 한다. 또한 P와 S는 전기강판을 제조하는 과정에 불가피하게 첨가되는 원소로서 P, S 합계로 0.1% 이하로 제어하는 것이 바람직하다.
- [123] (Cu + Sn 합계: 0.1% 이하)
- [124] 구리(Cu)는 결정립내 일부 고용됨에 따라 집합조직을 개선하는 역할을 하며, Cu + Sn 함량이 과다하면 결정립계에 편석하여 고온에서 액상을 형성할 수 있기 때문에 Cu 와 Sn 은 총량으로 0.1% 이하로 제어하는 것이 바람직하다.
- [125] (희토류 및 기타 불순물 총합이 0.2% 이하)
- [126] 본 발명의 일 실시예에 의한 방향성 전기강판은 세륨(Ce)이나 프라세오디뮴(Pr)과 같은 희토류 및 기타 불순물을 포함할 수 있고 어떤 희토류 및 불순물이 포함되더라도 그 총합은 0.2%이하인 것이 바람직하다. 희토류 및 불가피한 불순물은 제강 및 방향성 전기강판의 제조 과정에서 의도적으로 투입되거나 불가피하게 혼입되는 불순물을 의미한다. 불가피한 불순물에 대해서는 널리 알려져 있으므로, 구체적인 설명은 생략한다. 본 발명의 일 실시예에서 전술한 합금 성분 외에 원소의 추가를 배제하는 것은 아니며, 본 발명의 기술 사상을 해치지 않는 범위 내에서 다양하게 포함될 수 있다. 추가 원소를 더 포함하는 경우 잔부인 Fe를 대체하여 포함한다.

- [127] 다음은 상기 조성을 갖는 강판을 연속주조법으로 슬라브를 제조한 다음 통상적인 방법으로 가열하여 열간압연을 하고 필요에 따라 선택적으로 열연판 소둔을 한 다음 냉간압연을 하여 두께 0.1 ~ 0.5 mm 범위로 제조한다. 여기서 냉간압연은 1회 냉간압연 또는 중간소둔을 사이에 두는 2회 이상의 냉간압연을 실시할 수 있다.
- [128] [1차 재결정 소둔]
- [129] 앞서 설명한 냉연 강판을 동시 탈탄질화 또는 탈탄후질화 공정을 통하여 1차 재결정 소둔을 실시한다. 동시 탈탄질화에 의한 1차 재결정 소둔의 경우 소둔 공정 중에 변형된 냉간압연의 조직이 재결정을 포함하여 탈탄소둔하게 된다. 이를 위해 질소, 수소, 수분이 혼합되어 있는 혼합 가스 분위기에서 실시하게 된다. 그리고 탈탄후 질화의 경우 탈탄 후 암모니아 가스를 사용하여 강판에 질소이온을 도입하는 질화 처리를 실시할 수도 있다.
- [130] 동시 탈탄질화를 할 경우 로내에 장입된 냉연 강판을 700 ~ 900 °C 구간에서 분위기 가스의 이슬점온도를 40~70°C로 하고, 표면의 $\text{Fe}_2\text{SiO}_4/\text{SiO}_2$ 비가 0.5~3.0으로 제어하여 전기강판의 표면에 산화층을 형성한다.
- [131] [2차 재결정 소둔]
- [132] 그 다음 이러한 전기 강판의 표면에 MgO 를 기본으로 하는 소둔분리제를 도포한 다음 1,000°C 이상으로 승온하여 장시간 균열 소둔하여 2차 재결정을 일으킴으로써 강판의 {110}면이 압연면에 평행하고, <001>방향이 압연방향에 평행한 Goss 방위의 집합조직을 형성하게 된다. 이와 같은 최종 고온소둔 공정에 의하여 강판의 표면에는 포스테라이트가 포함된 유리 피막층을 형성하며 강판의 내부에는 2차 재결정이 형성된다.
- [133] [절연 피막 형성]
- [134] 2차 재결정이 이루어진 강판에 대하여 콜로이달 실리카와 금속인산염의 단독 혹은 복합 절연 코팅액으로 코팅한 다음 소둔하여 유리 피막층이 형성된 전기강판의 표면에 절연 피막층을 형성한다.
- [135] 이러한 절연 피막층을 형성하는 방법은 특별히 제한 없이 사용할 수 있으며, 일 예로, 인산염을 포함하는 절연 코팅액을 도포하는 방식으로 절연 피막층을 형성할 수 있다. 이러한 절연 코팅액은 콜로이달 실리카와 금속인산염을 포함하는 코팅액을 사용하는 것이 바람직하다. 이 때 금속인산염은 Al 인산염, Mg 인산염, 또는 이들의 조합일 수 있으며, 절연 코팅액의 중량 대비 Al, Mg, 또는 이들의 조합의 함량은 15 중량% 이상일 수 있다.
- [136] [자구 미세화 처리]
- [137] 자구 미세화 방법에 대해서는 앞서 설명한 바와 같으므로 자세한 설명은 생략한다.
- [138] 이하에서는 구체적인 실시예를 통하여 본 발명을 좀더 상세하게 설명한다. 그러나 이러한 실시예는 단지 본 발명을 예시하기 위한 것이며, 본 발명이 여기에 한정되는 것은 아니다.

[139]

[140] 실험예 1

[141] 아래 표 1의 조성을 갖는 슬라브를 이용하고 열간압연과 냉간압연하여 0.20 mm와 0.23mm 두께의 냉연강판을 제조하였다. 표 1에서 원소 %는 중량 %를 의미한다.

[142] [표1]

C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Sn (%)	Sb (%)	Al (%)	잔부
0.05	3.518	0.103	0.113	0.0699	0.019	0.003	Fe

[143] 이러한 냉연강판에 대하여 840°C의 온도로 습한 수소와 질소 및 암모니아 혼합 가스 분위기 (이슬점 온도 69°C, $\text{Fe}_2\text{SiO}_4/\text{SiO}_2$ 비는 1.2로 제어하였다) 속에서 150 초간 유지하였고 1차재결정 소둔을 포함한 탈탄소둔과 질화처리를 하였다.

[144] 1차 재결정 처리된 강판의 표면에 MgO를 포함하는 소둔분리제를 도포하여 최종 고온소둔하였다. 이때 최종 고온소둔은 1,150°C까지 25 부피% 질소 및 75 부피% 수소의 혼합분위기로 하였으며, 1,150°C 도달 후에는 100 부피% 수소분위기에 8시간 가량 유지후 노냉하였다.

[145] 이상의 최종 고온소둔 공정에 의하여 2차 재결정 소둔을 완료한 강판의 표면에 콜로이드 실리카 나노입자와 금속 인산염을 혼합한 코팅용액을 도포하고 870 °C 온도 조건에서 55 초간 열처리하여 방향성 전기강판용 절연코팅 층을 형성하였다.

[146] 그 다음 하기 표 2에 정리된 레이저를 조사하였다. 이 때, 제1 레이저 및 제2 레이저는 모두 빔 폭/길이비(빔폭/빔길이)가 0.55인 타원형 빔 형상이었다. 다이오드 레이저는 파장은 1.03 μm , 광섬유 레이저는 파장 1.08 μm , CO₂레이저는 파장 10.6 μm 였다. 각 레이저의 빔 폭은 모두 200 μm 로 통일하였다. 레이저 조사부에서의 강판 순간이동속도는 2.3m/s, 변형부 길이는 160mm로 하였으며 스캔속도는 60m/s로 조사간격은 5.0mm로 설정하여 레이저 조사하였다.

[147] 비교예 3은 제1 레이저 조사 후 4초 간격을 부여하여, 제2 레이저를 조사하였다.

[148]

[149] 보자력은 SST(single sheet tester)기에서 측정한 교류자장하에서 자속밀도값을 0으로 만들기 위해 필요한 인가자장값으로 측정하였다.

[150] 내식성은 KS D 9502에 따라 염화나트륨을 탈이온수에 녹이고 염농도 $5\pm 0.5\%$ 로 조정하여, 35°C의 염용액을 시편에 일정시간 분사한 후 해당 시간 염수분무 후 꺼내서 상온에서 수세하고 건조하여, 표면 녹발생 유·무를 확인한다. 해당 염수분무시험시 8시간 염수분무 조건에서 레이저의 녹발생이 나타나지 않을 경우 양호(◎), 7시간 염수분무 조건에서 레이저의 녹발생이 나타나지 않을 경우 보통(○), 4시간 염수분무 조건에서 레이저 녹발생이 나타나는 경우 열위(△)로 분류하였다.

[151] [표2]

	제1 레이저		제2 레이저		중첩비율	용융 응고 층 존재	조사전	조사후	내식성
	종류	출력 (W)	종류	출력 (W)			보자력 (A/m)	보자력 (A/m)	
실시 예 1	Diode	1000	Diode	400	10%	O	17.4	15.8	⊙
실시 예 2	Diode	1000	Diode	400	100%	O	17.3	15.4	⊙
실시 예 3	CO ₂	1500	Fiber	400	10%	O	17.3	16.0	⊙
실시 예 4	CO ₂	1500	Fiber	400	100%	O	17.4	15.5	⊙
비교 예 1	CO ₂	1500	-	-	-	X	17.3	16.5	○
비교 예 2	Diode	400	-	-	-	X	17.3	17.0	○
비교 예 3	CO ₂	1500	Diode	400	100%	X	17.3	16.6	△

[152] 표 2에서 나타나듯이, 제1 레이저 및 제2 레이저를 중첩조사한 경우, 용융 응고층이 생성되고, 철손 향상 및 내식성 향상을 달성할 수 있음을 확인할 수 있다. 반면, 단독 레이저를 사용하거나, 시간이 다수 경과하여 레이저를 조사한 경우, 적절한 철손 향상 및 내식성 향상을 얻을 수 없었다.

[153] 도 7에서는 실시예 1에서 제조한 강판의 용융 응고층을 분석한 사진이다. 도 7에서 나타나듯이, 폭이 약 300nm인 용융 응고층이 형성됨을 확인할 수 있다. 도 8에 나타나듯이, 용융 응고층의 두께는 약 200nm임을 확인할 수 있다. 도 7은 응고층을 FIB(Focused Ion Beam)-TEM(Transmission Electron Microscopy)으로 분석한 사진이며, FIB Source에 가속전압을 가해 이온을 발생시키고 전기장(Electric Field)을 이용하여 이온을 선택적으로 관찰하고자 하는 영역에 주사하여 시료의 원하는 부분을 가공하여 TEM으로 관찰한 것이다.

[154]

[155] 실험예 2

[156] 실험예 1과 동일하게 실시하되, 레이저 조사 간격 및 스캔 속도를 하기 표 3과 같이 변경하며 실시하였다. 실시예 5 내지 7은 중첩비율을 100%로 하였다. 비교예 6은 제1 레이저 조사 후 4초 간격을 부여하여, 제2 레이저를 조사하였다.

[157] [표3]

	제1 레이저		제2 레이저		조사 간격 (mm)	스캔 속도 (m/s)	용융 응고층 존재	조사전	조사후	내식성
	종류	출력 (W)	종류	출력 (W)				W17/50 (W/kg)	W17/50 (W/kg)	
실시예 5	CO ₂	1500	Diode	400	3.0	124	O	0.82	0.71	⊙
실시예 6	CO ₂	1500	Diode	400	5.0	75	O	0.82	0.70	⊙
실시예 7	CO ₂	1500	Diode	400	7.0	53	O	0.82	0.71	⊙
비교예 4	Diode	400	-	-	5.0	75	X	0.82	0.80	△
비교예 5	CO ₂	1500	-	-	5.0	75	X	0.82	0.78	△
비교예 6	CO ₂	1500	Diode	400	5.0	75	X	0.81	0.78	△

[158] 표 3에서 나타나듯이, 제1 레이저 및 제2 레이저를 중첩조사한 경우, 용융 응고층이 생성되고, 철손 향상 및 내식성 향상을 달성할 수 있음을 확인할 수 있다. 반면, 단독 레이저를 사용하거나, 시간이 다수 경과하여 레이저를 조사한 경우, 적

절한 철손 향상 및 내식성 향상을 얻을 수 없었다.본 발명은 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

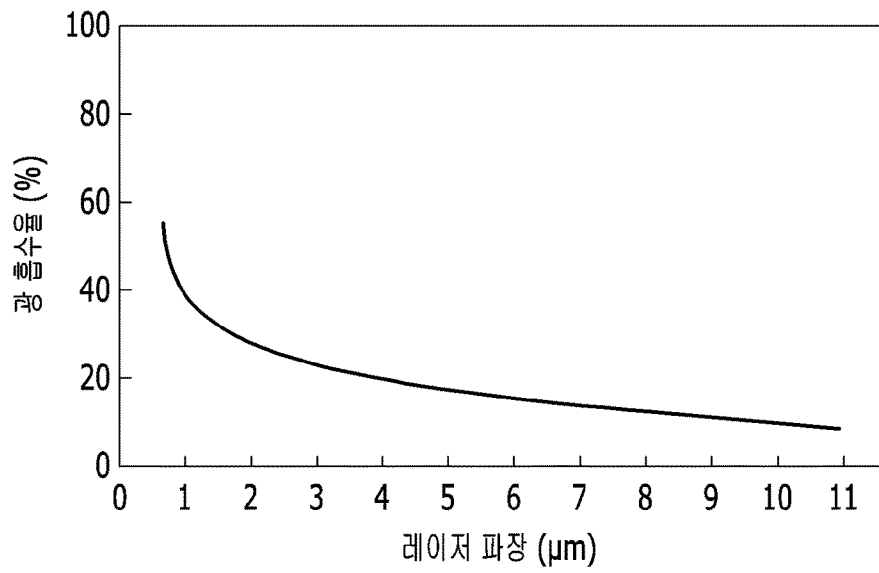
- [159] [부호의 설명]
- [160] 100: 방향성 전기강판, 10: 변형부,
- [161] 11: 용융 응고층, 20: 레이저 빔 스팟,
- [162] 21: 제1 레이저 빔, 22: 제2 레이저 빔,
- [163] 23: 중복조사 경계부, 30: 중첩 레이저,
- [164] 40: 강판 표면, 50: 강판 기재,
- [165] 60: 절연 피막층

청구범위

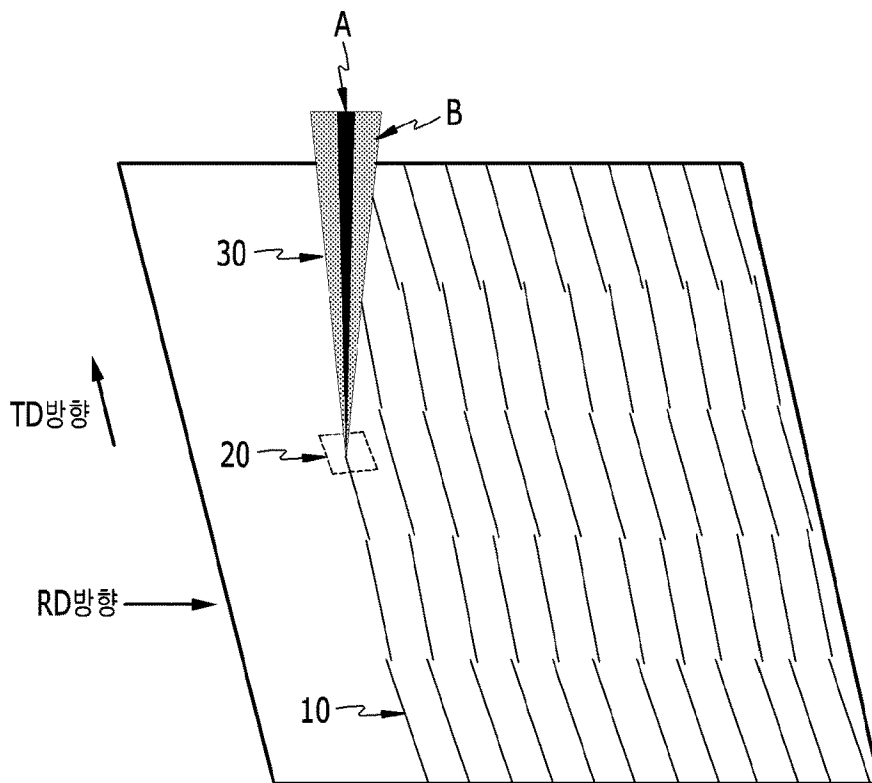
- [청구항 1] 전기강판 기재; 및
 상기 전기강판 기재 상에 위치하는 절연 피막층을 포함하고,
 상기 절연 피막층 표면에 선형의 변형부가 존재하고,
 상기 변형부 내에 중복조사 경계부가 존재하고,
 상기 중복조사 경계부 하부에는 용융 응고층이 존재하고, 상기 용융 응고층은 P를 10 중량% 이하로 포함하는 방향성 전기강판.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 용융 응고층의 변형부 길이 수직 방향의 폭(M_w)은 0.05 내지 $10\mu m$ 인 방향성 전기강판.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
 상기 용융 응고층의 두께(M_D)는 절연 피막층 두께의 20% 이하인 방향성 전기강판.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
 상기 중복 조사 경계부를 제외한 변형부 하부의 절연 피막층은 표면으로부터 강판 두께 방향으로 100nm 범위에서 P 함량이 10 내지 20 중량%인 방향성 전기강판.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,
 상기 변형부 하부의 절연 피막층의 두께는 변형부가 형성되지 않은 절연 피막층 두께의 60 내지 90%인 방향성 전기강판.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
 상기 전기강판 기재 및 절연 피막층 사이에 금속 산화물 층이 개재된 방향성 전기강판.
- [청구항 7] 제1 파장을 갖는 제1 레이저 빔을 조사하는 제1 조사 단계; 및
 제2 파장을 갖는 제2 레이저 빔을 조사하는 제2 조사 단계를 포함하고,
 상기 제1 레이저 빔의 제1 빔스팟과 상기 제2 레이저 빔의 제2 빔스팟은 10% 이상 중첩되는 방향성 전기강판의 자구 미세화 방법.
- [청구항 8] 제7항에 있어서,
 상기 제1 레이저 및 제2 레이저는 CO_2 레이저, 광섬유 레이저, YAG 레이저, 루비 레이저, 사파이어 레이저, 디스크 레이저, 다이오드 레이저 또는 UV 레이저 중에서 선택되는 방향성 전기강판의 자구 미세화 방법.
- [청구항 9] 제7항에 있어서,
 상기 제1 레이저 및 제2 레이저는 각각 출력이 10 내지 2000W인 방향성 전기강판의 자구 미세화 방법.
- [청구항 10] 제7항에 있어서,
 상기 제1 레이저는 및 상기 제2 레이저는 파장이 서로 상이한 방향성 전기강판의 자구 미세화 방법.

- [청구항 11] 제7항에 있어서,
상기 중첩 위치에서, 상기 제1 레이저 빔의 조사되는 시간 및 제2 레이저
빔이 조사 되는 시간의 간격이 16ms 이하인 방향성 전기강판의 자구 미세
화 방법.

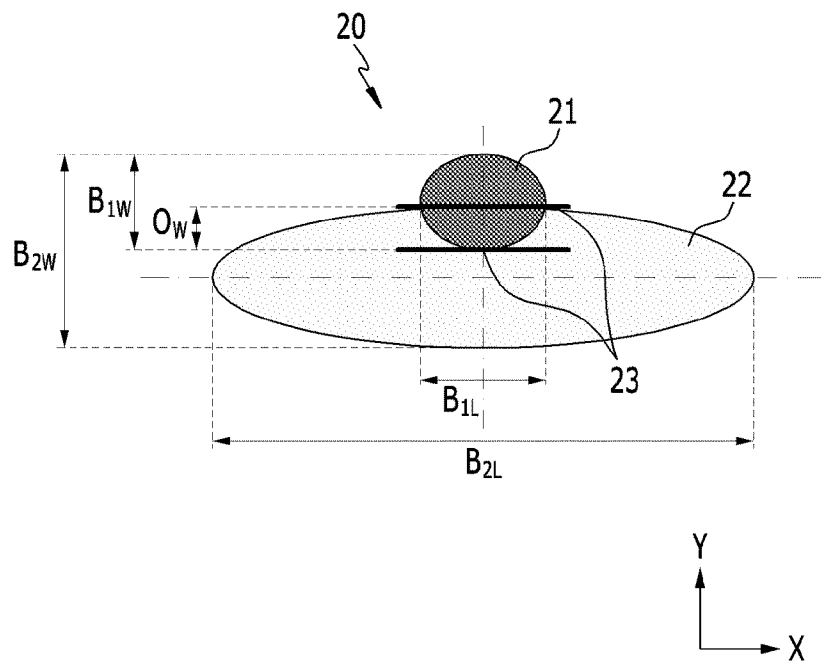
[도1]



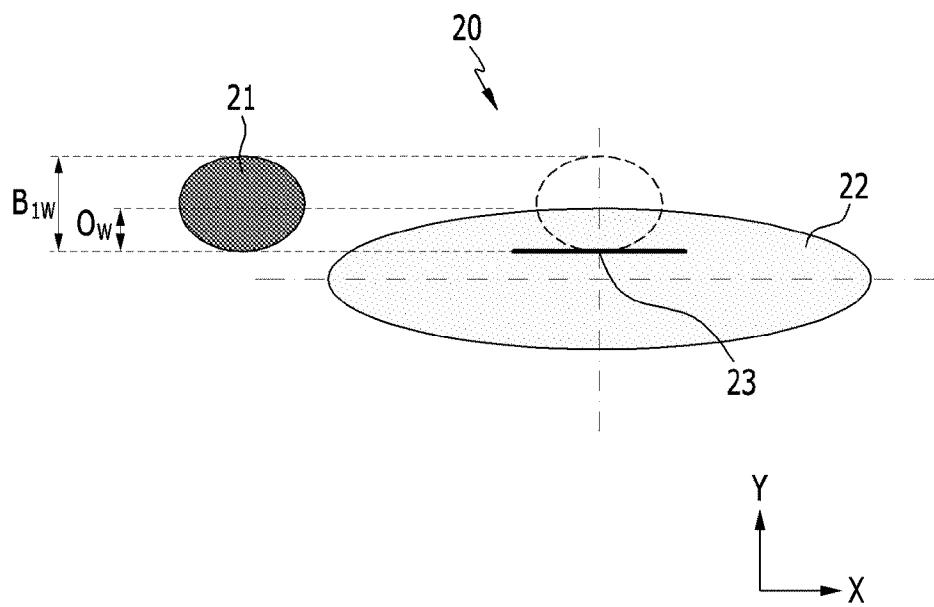
[도2]



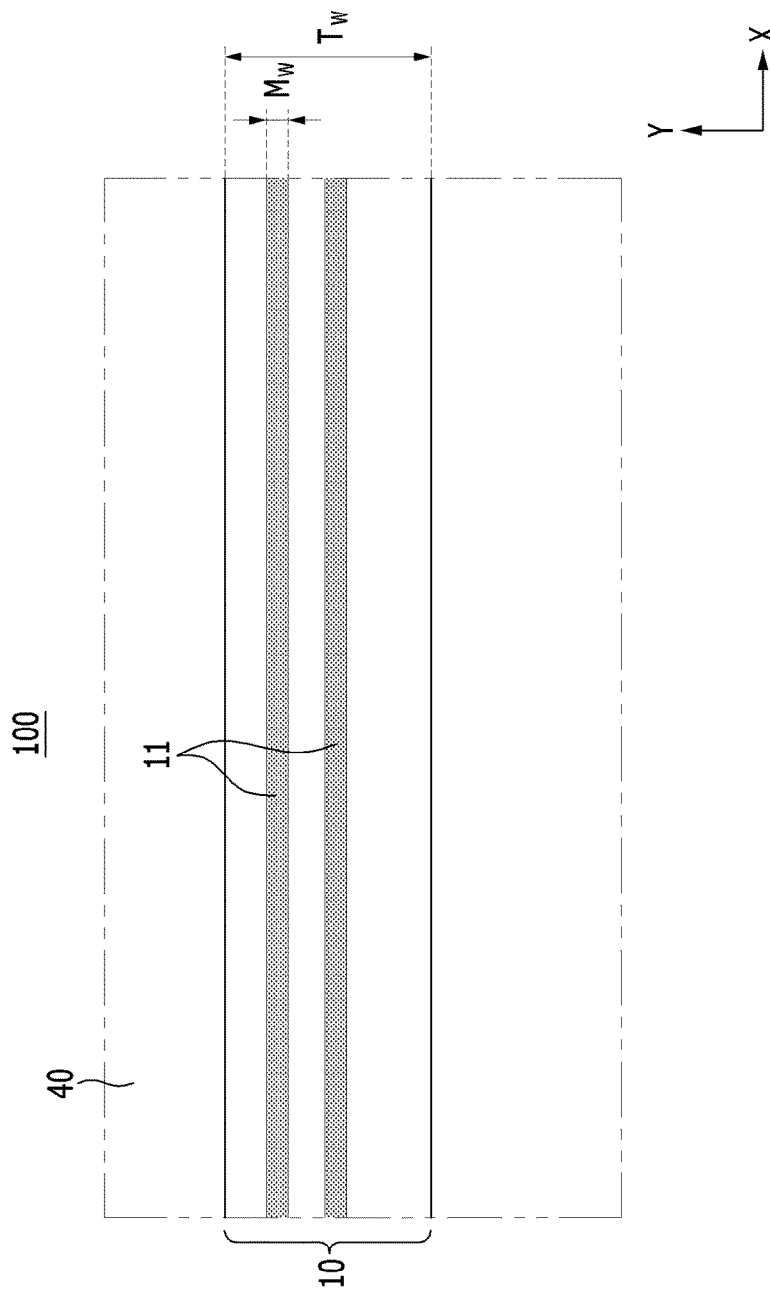
[도3]



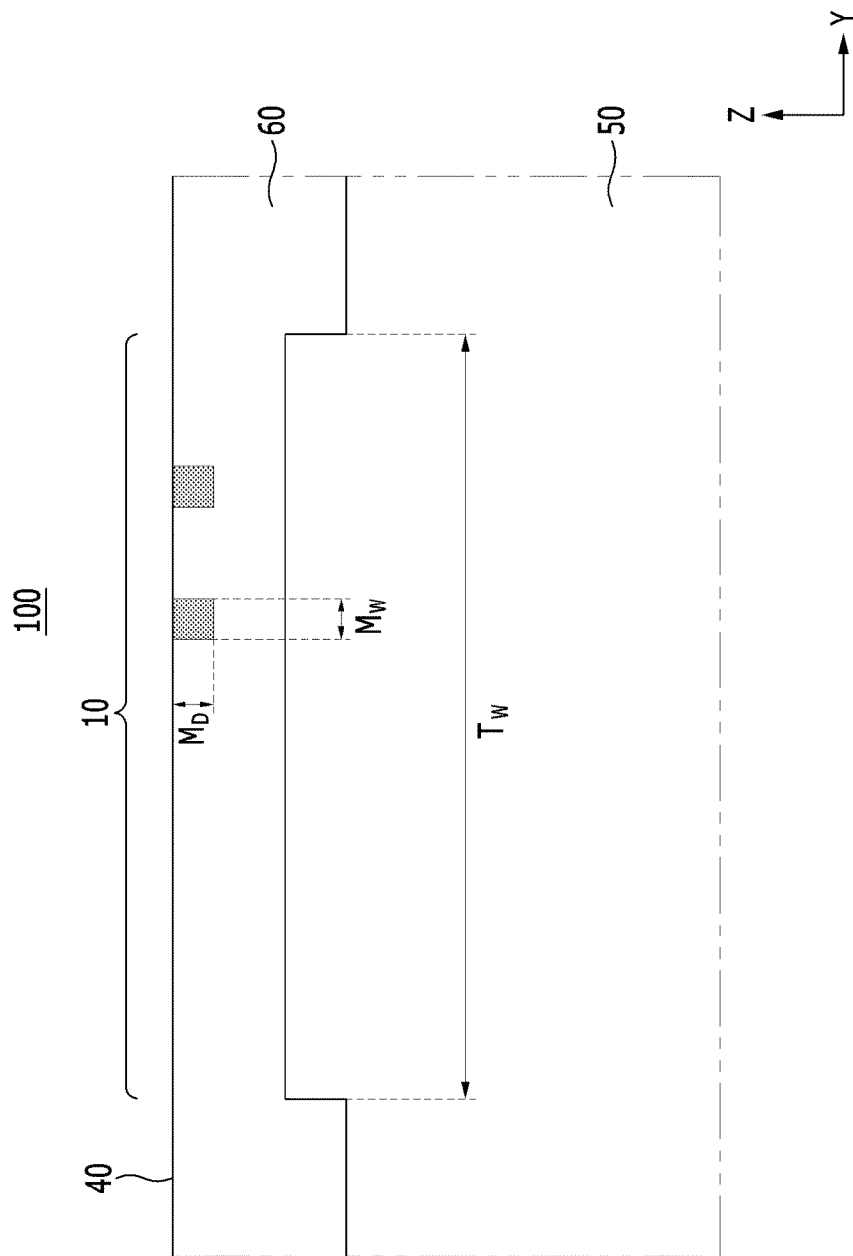
[도4]



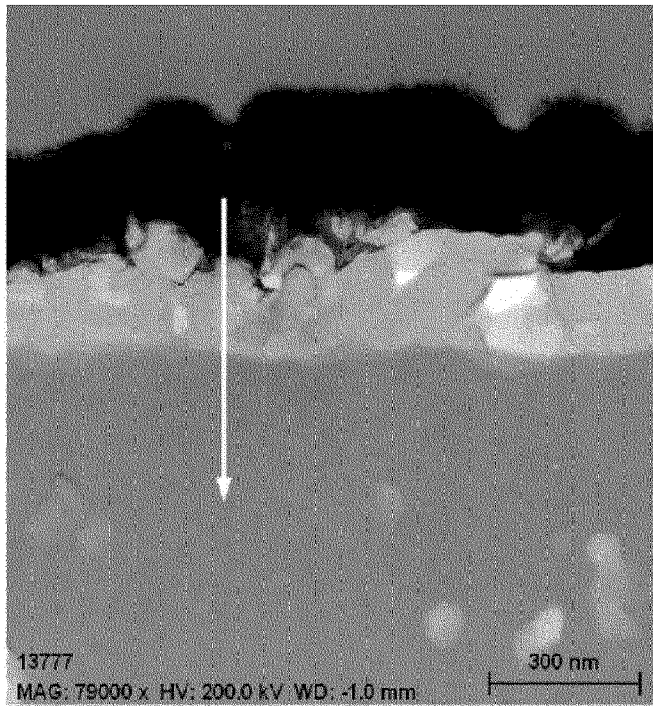
[도5]



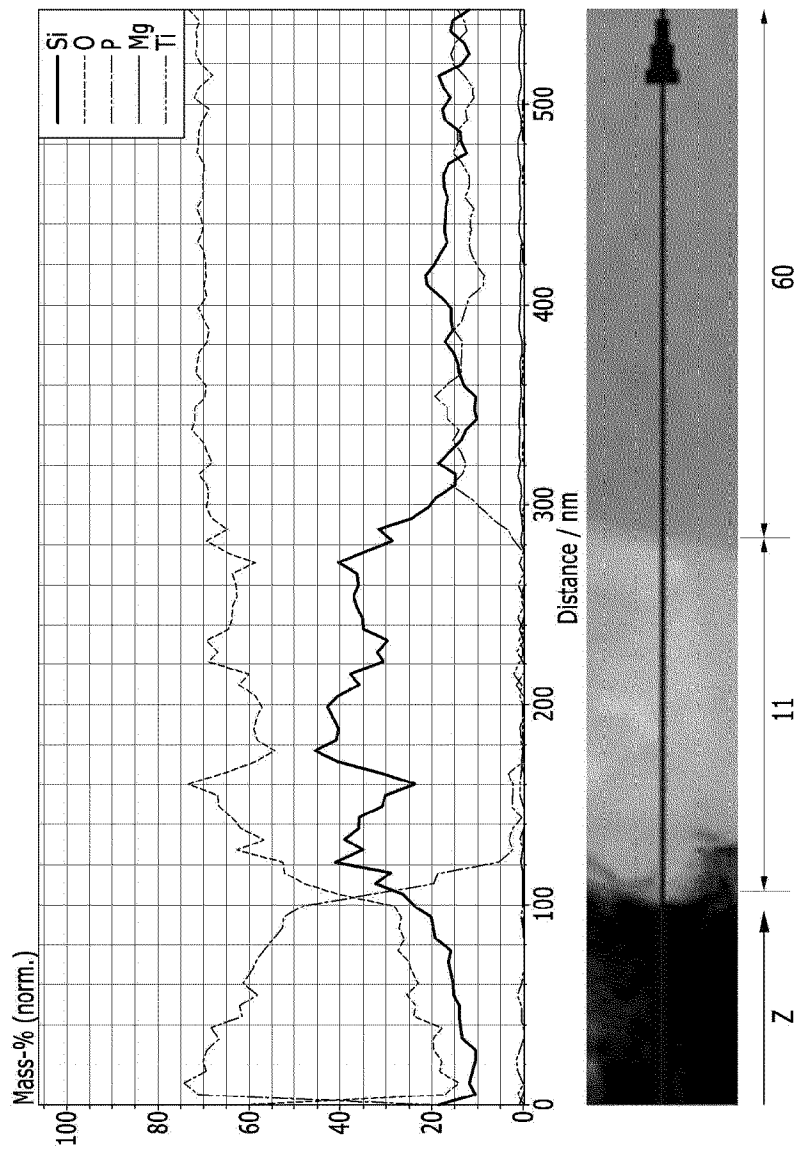
[도6]



[도7]



[도8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2023/018648

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21D 8/12(2006.01)i; C21D 10/00(2006.01)i; C21D 9/46(2006.01)i; H01F 1/147(2006.01)i; H01S 3/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C21D 8/12(2006.01); B23K 26/00(2006.01); B23K 26/06(2006.01); B23K 26/364(2014.01); B23K 26/40(2006.01);
C21D 10/00(2006.01); C22C 38/00(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 전기강판(electromagnetic steel), 인(P), 레이저(laser), 피막층(coat), 인산염(phosphate)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2022-045264 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 03 March 2022 (2022-03-03) See paragraphs [0010]-[0011], [0025]-[0027] and [0039]-[0043] and table 1.	1-11
A	KR 10-2021-0079129 A (POSCO) 29 June 2021 (2021-06-29) See paragraphs [0070]-[0073] and [0080]-[0083] and figures 1-5.	1-11
A	KR 10-1395799 B1 (POSCO) 20 May 2014 (2014-05-20) See paragraphs [0011]-[0017] and figures 1-5.	1-11
A	CN 103596720 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 19 February 2014 (2014-02-19) See claims 1-3 and figures 1-6.	1-11
A	KR 10-2020-0072273 A (POSCO) 22 June 2020 (2020-06-22) See claims 1-3 and figure 4.	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 February 2024

Date of mailing of the international search report

16 February 2024

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2023/018648

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2022-045264	A1	03 March 2022	CN	115917020	A	04 April 2023
				EP	4206339	A1	05 July 2023
				JP	7367779	B2	24 October 2023
				KR	10-2023-0038271	A	17 March 2023
				US	2023-0307160	A1	28 September 2023
KR	10-2021-0079129	A	29 June 2021	CN	114829638	A	29 July 2022
				EP	4079878	A1	26 October 2022
				EP	4079878	A4	24 May 2023
				JP	2023-508031	A	28 February 2023
				KR	10-2276850	B1	12 July 2021
				US	2023-0060058	A1	23 February 2023
				WO	2021-125680	A1	24 June 2021
KR	10-1395799	B1	20 May 2014	None			
CN	103596720	A	19 February 2014	BR	13030633	B1	13 November 2018
				CN	103596720	B	23 March 2016
				JP	2014-164702	A1	31 July 2014
				JP	5841594	B2	13 January 2016
				KR	10-1998934	B1	10 July 2019
				KR	10-2013-0140902	A	24 December 2013
				KR	10-2016-0070843	A	20 June 2016
				WO	2012-164702	A1	06 December 2012
KR	10-2020-0072273	A	22 June 2020	KR	10-2177531	B1	11 November 2020

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) C21D 8/12(2006.01)i; C21D 10/00(2006.01)i; C21D 9/46(2006.01)i; H01F 1/147(2006.01)i; H01S 3/00(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) C21D 8/12(2006.01); B23K 26/00(2006.01); B23K 26/06(2006.01); B23K 26/364(2014.01); B23K 26/40(2006.01); C21D 10/00(2006.01); C22C 38/00(2006.01) 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 전기강판(electromagnetic steel), 인(P), 레이저(laser), 피막층(coat), 인산염(phosphate)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	WO 2022-045264 A1 (JFE STEEL CORPORATION) 2022.03.03 단락 [0010]-[0011], [0025]-[0027], [0039]-[0043] 및 표 1	1-11
A	KR 10-2021-0079129 A (주식회사 포스코) 2021.06.29 단락 [0070]-[0073], [0080]-[0083] 및 도면 1-5	1-11
A	KR 10-1395799 B1 (주식회사 포스코) 2014.05.20 단락 [0011]-[0017] 및 도면 1-5	1-11
A	CN 103596720 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 2014.02.19 청구항 1-3 및 도면 1-6	1-11
A	KR 10-2020-0072273 A (주식회사 포스코) 2020.06.22 청구항 1-3 및 도면 4	1-11
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2024년02월16일(16.02.2024)		국제조사보고서 발송일 2024년02월16일(16.02.2024)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 박태욱 전화번호 +82-42-481-3405

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
WO 2022-045264 A1	2022/03/03	CN 115917020 A	2023/04/04
		EP 4206339 A1	2023/07/05
		JP 7367779 B2	2023/10/24
		KR 10-2023-0038271 A	2023/03/17
		US 2023-0307160 A1	2023/09/28
-----	-----	-----	-----
KR 10-2021-0079129 A	2021/06/29	CN 114829638 A	2022/07/29
		EP 4079878 A1	2022/10/26
		EP 4079878 A4	2023/05/24
		JP 2023-508031 A	2023/02/28
		KR 10-2276850 B1	2021/07/12
		US 2023-0060058 A1	2023/02/23
		WO 2021-125680 A1	2021/06/24
-----	-----	-----	-----
KR 10-1395799 B1	2014/05/20	없음	
-----	-----	-----	-----
CN 103596720 A	2014/02/19	BR 13030633 B1	2018/11/13
		CN 103596720 B	2016/03/23
		JP 2014-164702 A1	2014/07/31
		JP 5841594 B2	2016/01/13
		KR 10-1998934 B1	2019/07/10
		KR 10-2013-0140902 A	2013/12/24
		KR 10-2016-0070843 A	2016/06/20
		WO 2012-164702 A1	2012/12/06
-----	-----	-----	-----
KR 10-2020-0072273 A	2020/06/22	KR 10-2177531 B1	2020/11/11
-----	-----	-----	-----