



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0138579
(43) 공개일자 2019년12월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C25D 21/12 (2006.01) C25D 17/00 (2006.01)
G05F 1/565 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C25D 21/12 (2013.01)
C25D 17/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0060059
(22) 출원일자 2019년05월22일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
JP-P-2018-107541 2018년06월05일 일본(JP)

(71) 출원인
가부시키가이샤 에바라 세이사꾸쇼
일본국 도쿄도 오타쿠 하네다아사히쵸 11-1
(72) 발명자
마스다 야스유키
일본 144-8510 도쿄도 오타쿠 하네다아사히쵸 11-1 가부시키가이샤 에바라 세이사꾸쇼 나이
시모야마 마사시
일본 144-8510 도쿄도 오타쿠 하네다아사히쵸 11-1 가부시키가이샤 에바라 세이사꾸쇼 나이
(74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 16 항

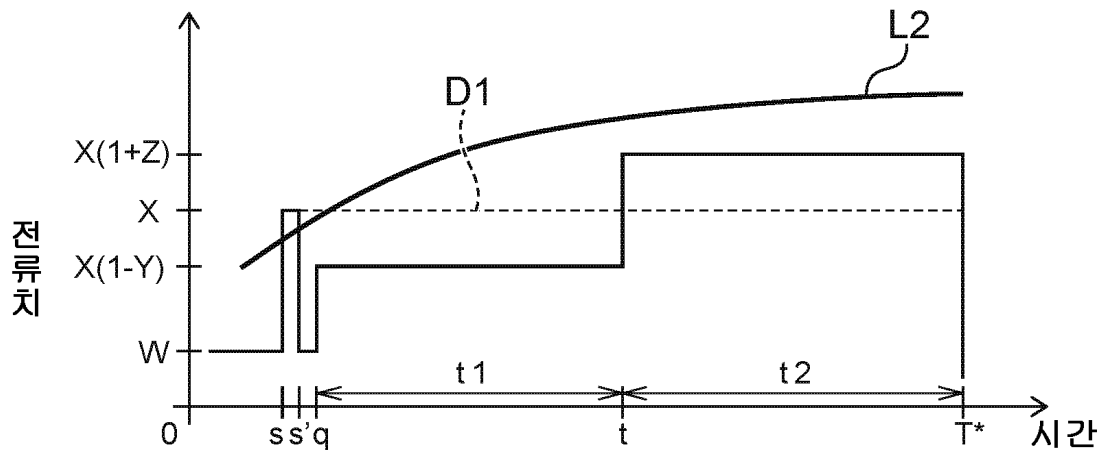
(54) 발명의 명칭 도금 방법, 도금 장치, 및 한계 전류 밀도를 추정하는 방법

(57) 요약

전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 도금 중에 파악한다.

전류치를 소정의 전류치로부터 제1 전류치로 증가시켜 기관에 도금하는 도금 방법으로서, 제1 전류치에 대응하는 제1 전류 밀도가 한계 전류 밀도보다도 낮은 경우에 제1 전류치로 제1 소정 시간 기관에 도금하는 도금 방법이 제공된다. 이 도금 방법은, 기관에 인가되는 전압치를 측정하는 공정과, 전류치를 소정의 전류치로부터 제1 전류치로 증가시켰을 때에, 전압치의 변화량에 기초하여 제1 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 판정하는 판정 공정을 포함한다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

G05F 1/565 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

전류치를 정해진 전류치로부터 제1 전류치로 증가시켜 기관에 도금하는 도금 방법으로서, 상기 제1 전류치에 대응하는 제1 전류 밀도가 한계 전류 밀도보다도 낮은 경우에 상기 제1 전류치로 제1 정해진 시간 상기 기관에 도금하는 도금 방법에 있어서,

상기 기관에 인가되는 전압치를 측정하는 공정과,

상기 전류치를 상기 정해진 전류치로부터 상기 제1 전류치로 증가시켰을 때에, 상기 전압치의 변화량에 기초하여 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 판정하는 판정 공정을 포함하는, 도금 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 판정 공정은, 상기 전류치가 상기 정해진 전류치로부터 상기 제1 전류치로 증가하고 나서 정해진 시간 내에 상기 전압치가 정해진 값만큼 증가한 경우, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정하는, 도금 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에, 상기 제1 전류 밀도보다도 낮은 제2 전류 밀도에 대응하는 제2 전류치로 제2 정해진 시간 도금하고, 그 후 상기 제1 전류 밀도보다도 높은 제3 전류 밀도에 대응하는 제3 전류치로 제3 정해진 시간 도금하는 것을 포함하는 도금 공정을 포함하고,

상기 제1 전류치로 상기 제1 정해진 시간 도금한 경우에 상기 기관에 주어지는 쿨롱량과, 상기 도금 공정에 있어서 상기 기관에 주어지는 쿨롱량이 동일한, 도금 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에, 상기 도금 공정의 전에 상기 전류치를 상기 정해진 전류치까지 감소시켜 제4 정해진 시간 유지하는 공정을 포함하는, 도금 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제4 정해진 시간은, 상기 기관에 인가되는 전압치가, 상기 전류치가 상기 제1 전류치로 증가하기 직전의 상기 기관에 인가되는 전압치로 되돌아가는 데 필요한 시간인, 도금 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에, 그 취지를 통지하는 공정을 포함하는, 도금 방법.

청구항 7

전류치를 정해진 전류치로부터 제1 전류치로 증가시켜 기관에 도금하는 도금 장치로서,

도금액을 수용 가능한 도금조와,

상기 기관에 전류를 인가하는 전원과,

상기 기관으로의 전류를 제어하는 전류 제어부를 갖고,

상기 전류 제어부는,

상기 기관에 인가되는 전압치를 측정하는 전압 측정부와,

상기 전류치를 상기 정해진 전류치로부터 상기 제1 전류치로 증가시켰을 때에, 상기 전압치의 변화량에 기초하여 상기 제1 전류치에 대응하는 제1 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 판정하는 판정부를 갖고,

상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도보다도 낮은 경우에 상기 제1 전류치로 제1 정해진 시간 상기 기관에 전류를 인가하도록 상기 전원을 제어하는, 도금 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 판정부는, 상기 전류치가 상기 정해진 전류치로부터 상기 제1 전류치로 증가하고 나서 정해진 시간 내에 상기 전압치가 정해진 값만큼 증가한 경우, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정하는, 도금 장치.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 전류 제어부는, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에, 상기 제1 전류 밀도보다도 낮은 제2 전류 밀도에 대응하는 제2 전류치로 제2 정해진 시간 상기 기관에 전류를 인가하고, 그 후 상기 제1 전류 밀도보다도 높은 제3 전류 밀도에 대응하는 제3 전류치로 제3 정해진 시간 상기 기관에 전류를 인가하도록 상기 전원을 제어하고,

상기 제1 전류치로 상기 제1 정해진 시간 도금한 경우에 상기 기관에 주어지는 쿨롱량과, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에 상기 기관에 주어지는 쿨롱량이 동일한, 도금 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 전류 제어부는, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에, 상기 제2 전류 밀도 및 상기 제3 전류 밀도로 상기 기관에 전류를 인가하기 전에, 상기 전류치를 상기 정해진 전류 밀도까지 감소시켜 제4 정해진 시간 유지하도록 상기 전원을 제어하는, 도금 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제4 정해진 시간은, 상기 기관에 인가되는 전압치가, 상기 전류치가 상기 제1 전류치로 증가하기 직전의 상기 기관에 인가되는 전압치로 되돌아가는 데 필요한 시간인, 도금 장치.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에, 그 취지를 통지하는 통지부를 갖는, 도금 장치.

청구항 13

기관에 도금하는 도금 장치에 있어서 한계 전류 밀도를 추정하는 방법으로서,

상기 기관에 인가되는 전류의 전류 밀도를 증가시키는 공정과,

상기 기관에 인가되는 전압치를 측정하는 공정과,

정해진 시간 내에 상기 전압치가 정해진 값만큼 증가한 경우, 상기 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정하는 공정을 포함하는, 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 전류 밀도를 증가시키는 공정은, 상기 전류 밀도를 시간에 비례하여 연속적으로 증가시키는 공정을 포함하는, 방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 판정 공정에 있어서 상기 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에 있어서, 판정 시로부터 상기 정해진 시간 전의 시점에서의 전류 밀도를, 상기 판정 시에 있어서의 한계 전류 밀도로 추정하는, 방법.

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 판정 공정에 있어서 상기 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정되었을 때, 상기 전류 밀도를 감소시키는 공정을 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 도금 방법, 도금 장치, 및 한계 전류 밀도를 추정하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 소위 디프 방식을 채용한 전해 도금 장치로서, 내부에 도금액을 수용하는 도금조와, 도금조의 내부에 서로 대향하도록 배치되는 기관 및 애노드와, 애노드와 기관의 사이에 배치되는 조정판을 갖는 전해 도금 장치가 알려져 있다(예컨대, 특허문헌 1 참조). 이 전해 도금 장치는, 조정판과 기관의 사이의 도금액을 교반하기 위한 패들을 갖는다. 패들은, 기관의 표면을 따라 왕복 방향으로 이동함으로써, 기관 표면 부근의 도금액을 교반한다.

[0003] 최근, 도금 장치의 생산성을 향상시키기 위해서, 소정의 막 두께의 도금 막을 성막하는 데 요하는 도금 시간을 짧게 하는 것이 요구되고 있다. 일정 도금 면적에 대하여, 보다 단시간에 소정의 막 두께의 도금을 행하기 위해서는, 고전류 밀도로 도금을 행하는 것이 필요하다. 특허문헌 1에 기재된 도금 장치에서는, 패들을 고속으로 움직임으로써 기관 표면으로의 금속 이온의 공급을 촉진하여, 고전류 밀도로 도금을 했을 때에 도금의 품질이 저하되는 것을 억제하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 국제 공개 번호 W02004/009879

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 도금 장치에 있어서, 기관에 인가되는 전류 밀도를 증가시켜 가면, 소정의 전류 밀도를 넘었을 때에 기관 표면

으로의 금속 이온의 공급이 부족하다. 이 때의 전류 밀도를 한계 전류 밀도라고 한다. 전류 밀도가 한계 전류 밀도를 넘어 소정 시간 도금하면, 도금 표면에 이상 석출이 생긴다.

[0006] 도금 시간을 단축하기 위해서는, 가능한 한 한계 전류 밀도에 가까운 전류 밀도로 도금을 할 필요가 있다. 또한, 한계 전류 밀도는, 기관에 금속이 퇴적함에 따라서 서서히 커지는 것을 알 수 있다. 이 때문에, 도금 장치에서는, 전류 밀도를 단계적으로 증가시켜 도금을 행하고 있다. 종래는, 미리 시험에 의해서 실제로 기관에 소정 시간 도금을 행하고, 기관에 이상 석출이 일어나지 않는 전류 밀도를 조사함으로써, 기관에 인가되는 전류 밀도가 한계 전류 밀도 미만이 되도록 도금 장치가 제어되고 있었다.

[0007] 그러나, 도금 장치로 실제로 기관에 도금을 하고 있을 때, 도금액의 농도 변화, 기관의 마무리 정밀도, 작업자의 오퍼레이션 미스 등에 의해, 한계 전류 밀도가 상정보다도 낮아지고, 기관에 인가되는 전류 밀도가 한계 전류 밀도를 넘어 버릴 가능성이 있었다. 종래에서는, 이러한 사태가 생긴 경우, 도금 후의 기관의 검사 공정에 있어서 기관에 이상 석출이 생긴 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 기관이 검사되기까지는, 한계 전류 밀도를 넘은 전류 밀도에 의해 복수의 기관의 도금이 행해져 버릴 우려가 있었다.

[0008] 본 발명은 상기 문제를 감안하여 이루어진 것으로, 그 목적의 하나는, 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 도금 중에 파악하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 형태에 의하면, 전류치를 정해진 전류치로부터 제1 전류치로 증가시켜 기관에 도금하는 도금 방법으로서, 상기 제1 전류치에 대응하는 제1 전류 밀도가 한계 전류 밀도보다도 낮은 경우에 상기 제1 전류치로 제1 정해진 시간 상기 기관에 도금하는 도금 방법이 제공된다. 이 도금 방법은, 상기 기관에 인가되는 전압치를 측정하는 공정과, 상기 전류치를 상기 정해진 전류치로부터 상기 제1 전류치로 증가시켰을 때에, 상기 전압치의 변화량에 기초하여 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 판정하는 판정 공정을 포함한다.

[0010] 본 발명의 다른 일 형태에 의하면, 전류치를 정해진 전류치로부터 제1 전류치로 증가시켜 기관에 도금하는 도금 장치가 제공된다. 이 도금 장치는, 도금액을 수용 가능한 도금조와, 상기 기관에 전류를 인가하는 전원과, 상기 기관으로의 전류를 제어하는 전류 제어부를 갖는다. 상기 전류 제어부는, 상기 기관에 인가되는 전압치를 측정하는 전압 측정부와, 상기 전류치를 상기 정해진 전류치로부터 상기 제1 전류치로 증가시켰을 때에, 상기 전압치의 변화량에 기초하여 상기 제1 전류치에 대응하는 제1 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 판정하는 판정부를 갖고, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도보다도 낮은 경우에 상기 제1 전류치로 제1 정해진 시간 상기 기관에 전류를 인가하도록 상기 전원을 제어한다.

[0011] 본 발명의 다른 일 형태에 의하면, 기관에 도금하는 도금 장치에 있어서 한계 전류 밀도를 추정하는 방법이 제공된다. 이 방법은, 상기 기관에 인가되는 전류의 전류 밀도를 증가시키는 공정과, 상기 기관에 인가되는 전압치를 측정하는 공정과, 정해진 시간 내에 상기 전압치가 정해진 값만큼 증가한 경우, 상기 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정하는 공정을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 제1 실시형태에 따른 도금 장치의 전체 배치도.

도 2는 도 1에 나타낸 기관 홀더의 개략 사시도.

도 3은 도 1에 나타낸 도금 유닛의 하나의 도금조를 나타내는 개략 종단도.

도 4는 제1 실시형태에 따른 도금 장치에 있어서의 전류 제어의 일례를 나타내는 그래프.

도 5는 제1 실시형태에 따른 도금 장치에 있어서의 전류 제어의 다른 일례를 나타내는 그래프.

도 6은 제1 실시형태에 따른 도금 장치에 있어서의 전류 제어의 다른 일례를 나타내는 그래프.

도 7은 제2 실시형태에 따른 한계 전류 밀도의 추정 방법을 실시하는 도금 장치에 있어서의 전류 제어의 일례를 나타내는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] <제1 실시형태>
- [0014] 이하, 제1 실시형태에 관해서 도면을 참조하여 설명한다. 이하에 설명하는 도면에 있어서, 동일 또는 상당하는 구성 요소에는, 동일한 부호를 붙여 중복된 설명을 생략한다. 도 1은, 제1 실시형태에 따른 도금 장치의 전체 배치도이다. 도 1에 나타내는 바와 같이, 이 도금 장치는, 2대의 카세트 테이블(102)과, 얼라이너(104)와, 스핀 린스 드라이어(106)를 갖는다. 얼라이너(104)는, 기관의 오리플랫(orientation flat)이나 노치 등의 위치를 소정의 방향에 맞추도록 구성된다. 스핀 린스 드라이어(106)는, 도금 처리 후의 기관을 고속 회전시켜 건조시키도록 구성된다.
- [0015] 카세트 테이블(102)은, 반도체 웨이퍼 등의 기관을 수납한 카세트(100)를 탑재한다. 스핀 린스 드라이어(106)의 근처에는, 기관 홀더(11)를 적재하여 기관의 착탈을 행하는 기관 착탈부(120)가 설치되어 있다. 기관 착탈부(120)는, 레일(150)을 따라 가로 방향으로 슬라이드 자유로운 평판 형상의 적재 플레이트(152)를 구비하고 있다. 2개의 기관 홀더(11)는, 이 적재 플레이트(152)에 수평 상태로 병렬로 적재된다. 한쪽의 기관 홀더(11)와 기관 반송 장치(122)의 사이에서 기관의 주고 받기가 행해진 후, 적재 플레이트(152)가 가로 방향으로 슬라이드 되고, 다른 쪽의 기관 홀더(11)와 기관 반송 장치(122)의 사이에서 기관의 주고 받기가 행해진다. 이러한 유닛(100, 104, 106, 120)의 중앙에는, 이러한 유닛 사이에서 기관을 반송하는 반송용 로봇으로 이루어지는 기관 반송 장치(122)가 배치되어 있다.
- [0016] 도금 장치는, 또한, 스토커(124)와, 프리웨트조(126)와, 프리소크조(128)와, 제1 세정조(130a)와, 블로우조(132)와, 제2 세정조(130b)와, 도금 유닛(10)을 갖는다. 스토커(124)에서는, 기관 홀더(11)의 보관 및 일시 임시 거치가 행해진다. 프리웨트조(126)에서는, 기관이 순수에 침지된다. 프리소크조(128)에서는 기관의 표면에 형성한 시드층 등의 도전층의 표면의 산화막이 에칭 제거된다. 제1 세정조(130a)에서는, 프리소크 후의 기관이 기관 홀더(11)와 함께 세정액(순수 등)으로 세정된다. 블로우조(132)에서는, 세정 후의 기관의 액 배출이 행해진다. 제2 세정조(130b)에서는, 도금 후의 기관이 기관 홀더(11)와 함께 세정액으로 세정된다. 기관 착탈부(120), 스토커(124), 프리웨트조(126), 프리소크조(128), 제1 세정조(130a), 블로우조(132), 제2 세정조(130b), 및 도금 유닛(10)은, 이 순서로 배치되어 있다.
- [0017] 도금 유닛(10)은, 예컨대 인접한 복수의 도금조(14)의 외주를 오버 플로우조(136)가 둘러싸서 구성되어 있다. 각 도금조(14)는, 내부에 하나의 기관을 수납하고, 내부에 유지한 도금액 중에 기관을 침지시켜 기관 표면에 구리 도금 등의 도금을 실시하도록 구성되어 있다.
- [0018] 도금 장치는, 이러한 각 기기의 측방에 위치하고, 이러한 각 기기의 사이에서 기관 홀더(11)를 기관과 함께 반송한다. 예컨대 리니어 모터 방식을 채용한 기관 홀더 반송 장치(140)를 갖는다. 이 기관 홀더 반송 장치(140)는, 제1 트랜스포터(142)와, 제2 트랜스포터(144)를 갖고 있다. 제1 트랜스포터(142)는, 기관 착탈부(120), 스토커(124), 프리웨트조(126), 프리소크조(128), 제1 세정조(130a), 및 블로우조(132)의 사이에서 기관을 반송하도록 구성된다. 제2 트랜스포터(144)는, 제1 세정조(130a), 제2 세정조(130b), 블로우조(132) 및 도금 유닛(10)의 사이에서 기관을 반송하도록 구성된다. 도금 장치는, 제2 트랜스포터(144)를 구비하지 않고, 제1 트랜스포터(142)만을 구비하도록 해도 좋다.
- [0019] 오버 플로우조(136)의 양측에는, 각 도금조(14)의 내부에 위치하여 도금조(14) 내의 도금액을 교반하는 뒤섞임 막대로서의 패들(16)(도 3 참조)을 구동하는, 패들 구동부(162) 및 패들 중동부(160)가 배치되어 있다.
- [0020] 도 2는, 도 1에 나타낸 기관 홀더(11)의 개략 사시도이다. 도 2에 나타내는 바와 같이, 기관 홀더(11)는, 예컨대 얇화비닐제로 대략 평판 형상인 제1 유지 부재(11A)와, 이 제1 유지 부재(11A)에 힌지부(11B)를 개재하여 개폐 자유롭게 부착한 제2 유지 부재(11C)를 갖고 있다. 제2 유지 부재(11C)는, 힌지부(11B)에 접속되는 기부(基部)(11D)와, 기관을 제1 유지 부재(11A)에 가압하기 위한 누름 링(11F)과, 링 형상의 시일 홀더(11E)를 갖는다. 시일 홀더(11E)는 누름 링(11F)에 대하여 슬라이딩 가능하게 구성된다. 이 시일 홀더(11E)는, 예컨대 얇화비닐로 구성되고, 이것에 의해, 누름 링(11F)과의 미끄러짐이 잘 되고 있다. 본 실시형태에서는, 도금 장치는 웨이퍼 등의 원형의 기관을 처리하는 것으로서 설명하지만, 이것에 한정하지 않고, 직사각형상의 기관을 처리할 수도 있다.
- [0021] 도 3은, 도 1에 나타낸 도금 유닛(10)의 하나의 도금조(14)를 나타내는 개략 종단도이다. 도면 중에서는, 오버 플로우조(136)는 생략되어 있다. 도금조(14)는, 내부에 도금액(Q)을 유지하고, 오버 플로우조(136)와의 사이에서 도금액(Q)이 순환하도록 구성된다.
- [0022] 도금조(14)에는, 기관(Sb)을 착탈 자유롭게 유지한 기관 홀더(11)가 수납된다. 기관 홀더(11)는, 기관(Sb)이 수

직 상태로 도금액(Q)에 침지되도록, 도금조(14) 내에 배치된다. 도금조(14) 내의 기관(Sb)에 대향하는 위치에는, 애노드 홀더(28)에 유지된 애노드(26)가 배치된다. 애노드(26)로서는, 예컨대, 인함유 구리로 이루어지는 용해성 애노드 또는 공지의 불용해성 애노드 등이 사용될 수 있다. 또한, 도금조(14)에는, 기관(Sb)과 애노드(26)에 전류를 흘리도록 구성되는 도금 전원(30)(전원의 일례에 상당함)이 설치된다. 기관(Sb)과 애노드(26)는, 도금 전원(30)을 개재하여 전기적으로 접속되고, 기관(Sb)과 애노드(26)의 사이에 전류를 흘림으로써 기관(Sb)의 표면에 도금 막(구리 막)이 형성된다.

[0023] 기관(Sb)과 애노드(26)의 사이에는, 기관(Sb)의 표면과 평행하게 왕복 이동하여 도금액(Q)을 교반하는 패들(16)이 배치된다. 도금액(Q)을 패들(16)로 교반함으로써, 구리 이온을 기관(Sb)의 표면에 균일하게 공급할 수 있다. 또한, 패들(16)과 애노드(26)의 사이에는, 기관(Sb)의 전면에 걸친 전위 분포를 보다 균일하게 하기 위한 유전체로 이루어지는 조정판(34)이 배치된다. 조정판(34)은, 개구를 갖는 판 형상의 본체부(52)와, 본체부(52)의 개구를 따라 부착되는 통 형상부(50)를 갖는다. 애노드(26)와 기관(Sb)의 사이의 전위 분포는, 조정판(34)의 개구의 크기, 형상에 의해서 조정된다.

[0024] 또한, 도금조(14)에는, 도금 전원(30)을 제어하여 기관(Sb)으로의 전류를 제어하는 전류 제어부(40)가 설치된다. 전류 제어부(40)는, 전압 측정부(42)와, 통지부(43)와, 판정부(44)를 갖는다. 전압 측정부(42)는, 기관(Sb)에 인가되는 전압치를 측정하도록 구성된다. 통지부(43)는, 빛, 소리, 진동, 화면 표시 등에 의해, 사용자 또는 관리자에게 소정의 정보를 통지하도록 구성된다. 판정부(44)는, 후술하는 바와 같이, 전압 측정부(42)가 측정한 전압치에 기초하여, 기관(Sb)에 인가되는 전류의 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 판정한다.

[0025] 다음에, 제1 실시형태에 따른 도금 장치에 있어서의 도금 방법에 관해서 설명한다. 전술한 바와 같이, 도금 장치에는, 전류 밀도를 단계적으로 증가시켜 도금을 행하고 있다. 그러나, 도금 장치에서 실제로 기관에 도금을 하고 있을 때, 도금액의 농도 변화, 기관(Sb)의 마무리 정밀도, 작업자의 오퍼레이션 미스 등에 의해, 한계 전류 밀도가 상정보다도 낮아지고, 기관(Sb)에 인가되는 전류 밀도가 한계 전류 밀도를 초과해버릴 가능성이 있었다.

[0026] 그런데, 기관(Sb)에 인가되는 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달했을 때, 기관(Sb)에 인가되는 전압의 값이 급격히 증가하는 것을 알 수 있었다. 따라서, 본 실시형태에서는, 전류 제어부(40)의 판정부(44)는, 기관(Sb)에 인가되는 전압치에 기초하여, 기관(Sb)에 인가되는 전류의 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 판정한다. 보다 구체적으로는, 미리 시험에 의해, 전류 밀도를 증가시킨 상태로 도금했을 때에 기관(Sb)에 이상이 생긴 경우(전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달한 경우)의 소정 시간에 있어서의 전압치의 증가의 정도를 취득해 둔다. 본 실시형태에서는, 예컨대, 시험에 의해, 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달한 경우에 있어서, 전류 제어부(40)가 전류치를 변경하고 나서 15초(소정 시간) 이내에 전압치가 0.3 V(소정치) 이상 변화한 것이 판명되었다고 한다. 이 경우, 판정부(44)는, 전류치가 변경되고 나서 15초 이내에 0.3 V 이상 전압치가 증가했는지 아닌지에 기초하여, 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달했는지 아닌지를 판정한다. 또, 이 임계치로 한 전압치는, 기관(Sb)의 패턴, 전류 밀도, 도금액의 조성 등에 의해 변화할 수 있기 때문에, 시험에 의해 적절하게 정할 필요가 있다.

[0027] 도 4는, 제1 실시형태에 따른 도금 장치에 있어서의 전류 제어의 일례를 나타내는 그래프이다. 도시의 그래프에 있어서는, 횡축이 시간, 종축이 전류치를 나타낸다. 도시의 그래프에서는, 편의상 가상의 한계 전류치를 나타내는 곡선(L1)이 부기되어 있다. 또, 여기서의 한계 전류치는, 한계 전류 밀도에 대응하는 전류치를 의미한다.

[0028] 도시와 같이, 본 도금 장치의 전류 제어부(40)는, 도금 전원(30)을 제어하여, 값 W의 전류치로 도금한 후, 시각 s의 시점에 있어서, 전류치를 단계적으로 값 X(제1 전류치의 일례에 상당함)까지 증가시킨다. 여기서, 값 X는, 한계 전류치를 나타내는 곡선(L1)의 시각 s의 시점의 값보다도 작다. 따라서, 전압 측정부(42)는, 전류치를 값 X로 증가시키고 나서 15초 이내의 전압치의 증가량은, 0.3 V 미만인 것을 검지한다. 전압 측정부(42)에 의해서 측정된 전압치에 기초하여, 판정부(44)는, 값 X에 대응하는 전류 밀도(제1 전류 밀도의 일례에 상당함)가 한계 전류 밀도미만이라고 판정한다. 그 결과, 전류 제어부(40)는, 값 X에서 시각 s로부터 시각 T^{*}까지의 소정 시간(제1 소정 시간의 일례에 상당함), 기관(Sb)에 도금을 행하도록 도금 전원(30)을 제어한다. 도시의 예에서는, 시각 T^{*}의 시점에서 전류치를 0으로 하여 도금이 종료하고 있지만, 이것에 한정하지 않고, 시각 T^{*}의 시점에서 더욱 전류치를 단계적으로 증가시켜 도금을 계속해도 좋다.

[0029] 도 5는, 제1 실시형태에 따른 도금 장치에 있어서의 전류 제어의 다른 일례를 나타내는 그래프이다. 도시의 그

래프에 있어서는, 횡축이 시간, 종축이 전류치를 나타낸다. 도 5에 있어서, 실선은 본 예에 있어서의 전류 제어
를 나타내고, 파선 D1은 도 4에 나타낸 전류 제어를 나타낸다. 도시와 같이, 전류 제어부(40)는, 도금 전원(3
0)을 제어하여, 값 W의 전류치로 도금한 후, 시각 s의 시점에 있어서, 전류치를 단계적으로 값 X(제1 전류치의
일레에 상당함)까지 증가시킨다. 여기서, 값 X는, 한계 전류치를 나타내는 곡선 L2의 시각 s의 시점의 값보다도
크다. 따라서, 전압 측정부(42)는, 전류치를 값 X로 증가시키고 나서 15초 이내의 전압치의 증가량이, 0.3 V 이
상인 것을 검지한다. 전압 측정부(42)에 의해서 측정된 전압치에 기초하여, 판정부(44)는, 값 X의 전류치에 대
응하는 전류 밀도(제1 전류 밀도의 일레에 상당함)가 한계 전류 밀도 이상이라고 판정한다.

[0030] 전류 제어부(40)는, 값 X의 전류치에 대응하는 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상이라고 판정되면, 시각 s'의 시
점에 있어서 전류치를 한계 전류치 미만까지 감소시킨다. 여기서, 한계 전류치의 정확한 값은 불명하기 때문에,
도시와 같이, 전류치를 값 W로 감소시킴으로써, 확실하게 전류치를 한계 전류치 미만으로 할 수 있다.

[0031] 본 실시형태에서는, 판정부(44)는, 전압치가 0.3 V 증가한 시점에서, 값 X의 전류치에 대응하는 전류 밀도가 한
계 전류 밀도 이상이라고 판정할 수 있다. 따라서, 시각 s로부터 시각 s'까지의 시간은, 전압치가 0.3 V 증가하
는 데 필요한 시간이며, 그리고 15초 이내가 된다. 이때, 본 실시형태의 도금 장치에서는, 시각 s로부터 시각
s'까지의 사이, 한계 전류 밀도를 넘은 전류 밀도로 기관(Sb)에 도금되게 된다. 이 때문에, 미리 시험에
있어서, 전류치를 값 W로부터 값 X로 증가시키고, 값 X의 전류치로 시각 s로부터 시각 s'까지에 상당하는 시간
(최대로 15초간), 기관(Sb)에 도금을 행하고, 기관(Sb)에 이상이 생기지 않는 것을 확인해 두어야 한다. 만일
기관(Sb)에 이상이 생긴 경우는, 전류 밀도가 한계 전류 밀도를 넘었는지 아닌지를 판정하기 위한 임계치(시간
및 전압치)를 적절하게 수정하면 좋다.

[0032] 전류 제어부(40)는, 전류치를 값 W까지 감소시킨 후, 값 W를 소정 시간(제4 소정 시간의 일레에 상당함) 유지하
여 도금을 행한다. 즉, 전류 제어부(40)는, 값 W에서 시각 q의 시점까지 도금을 행한다. 이때의 소정 시간(시각
s'로부터 시각 q까지의 시간)은, 기관(Sb)에 인가되는 전압치가, 시각 s의 시점에 있어서 전류치가 값 X로 증가
하기 직전에 기관(Sb)에 인가되는 전압치로 되돌아가는 데 필요한 시간이다. 즉, 기관(Sb)에 인가되는 전압치가
원래의 상태로 되돌아가기까지, 재차 값 W의 전류치로 기관(Sb)에 도금이 행해진다.

[0033] 계속해서, 전류 제어부(40)는, 시각 q의 시점에 있어서, 전류치를 값 W로부터, 값 X보다도 작은 값 X(1-Y)(제2
전류치의 일레에 상당함)로 증가시킨다. 그 후, 다시 소정 시간 t1(제2 소정 시간의 일레에 상당함) 경과 후,
값 X보다도 큰 값 X(1+Z)(제3 전류치의 일레에 상당함)로 소정 시간 t2(제3 소정 시간의 일레에 상당함) 도금한
다. 또, 시각 t은, 시각 q로부터 시간 t1이 경과한 시점이다. 시각 T*에 있어서, 전류 제어부(40)는, 전류치를
값 X(1+Z)로부터 0으로 하여 도금을 종료시킨다.

[0034] 여기서, 시간(t1+t2)은, 시각 q로부터 시각 T*까지의 시간에 상당한다. 또한, 값 Y 및 값 Z는, 미리 시험에 의
해 정해진 임의의 플러스의 수이다. 또한, 값 Y는 1 미만이다. 도시의 예에 있어서는, 값 X(1-Y) 및 값 X(1+Z)
는, 한계 전류치보다도 낮은 값이다. 즉, 값 X(1-Y)의 전류치에 대응하는 전류 밀도(제2 전류 밀도의 일레에 상
당함) 및 값 X(1+Z)의 전류치에 대응하는 전류 밀도(제3 전류 밀도의 일레에 상당함)는, 한계 전류 밀도보다도
낮다.

[0035] 전류 제어부(40)는, 시각 q의 시점에 있어서, 소정 시간 t1과 소정 시간 t2를 계산한다. 구체적으로는, 값 X의
전류치로 소정 시간(시각 s로부터 시각 T*까지의 시간) 도금한 경우에 기관(Sb)에 주어지는 쿨롱량과, 도 5에
나타내는 전류치로 시각 s로부터 시각 T*까지 기관(Sb)에 주어지는 쿨롱량이 동일해지도록, 소정 시간 t1과 소
정 시간 t2를 설정한다. 또, 도시의 예에 있어서, 시각 s로부터 시각 T*까지 기관(Sb)에 주어지는 쿨롱량은, 값
X의 전류치로 시각 s로부터 시각 s'까지의 시간, 값 W의 전류치로 시각 s'로부터 시각 q까지의 시간, 값 X(1-
Y)의 전류치로 소정 시간 t1, 및 값 X(1+Z)의 전류치로 소정 시간 t2, 각각 도금한 경우의 쿨롱량에 상당한다.

[0036] 이상에서 설명한 바와 같이, 도 5에 나타내는 예에서는, 시각 s의 시점에서 값 X가 한계 전류치를 넘고 있다.
이 때문에, 값 X의 전류치로 시각 s로부터 시각 T*까지의 시간 도금하는 것에 대신하여, 값 X보다도 작은 값
X(1-Y)로 소정 시간 t1 도금하고, 그 후 값 X보다도 큰 값 X(1+Z)로 소정 시간 t2 도금한다. 이것에 의해, 전류
치가 한계 전류치를 넘는 일없이, 도금 처리를 계속할 수 있다.

[0037] 또한, 본 실시형태에서는, 소정 시간 t1 및 소정 시간 t2를 전술한 바와 같이 설정한다. 이것에 의해, 도 4에
나타낸 도금 프로세스인, 값 X의 전류치로 시각 s로부터 시각 T*까지의 시간 도금한 경우와 비교하여, 동일한 도

금 시간으로, 동일한 도금 막 두께를 유지하면서, 가까운 품질의 제품 기판을 얻을 수 있다.

- [0038] 또, 도 5에 나타내는 예에서는, 전류치가 한계 전류치를 넘었다고 판단되었을 때, 전류치를 변경하여 도금 처리를 계속하고 있다. 그러나, 전류치가 한계 전류치를 넘었다고 판단되었을 때, 도금 처리를 계속하는 대신에, 또는 이것에 더하여, 전류 제어부(40)의 통지부(43)가, 그 취지를 사용자 또는 관리자에게 통지해도 좋다.
- [0039] 도 6은, 제1 실시형태에 따른 도금 장치에 있어서의 전류 제어의 다른 일례를 나타내는 그래프이다. 도시의 그래프에 있어서는, 횡축이 시간, 종축이 전류치를 나타낸다. 도 6에 있어서, 실선은 본 예에 있어서의 전류 제어를 나타내고, 파선 D1은 도 4에 나타난 전류 제어를 나타내고, 파선 D2는 도 5에 나타난 전류 제어를 나타낸다. 도 6의 예에서는, 시간 q까지는, 도 5의 예와 동일한 전류 제어가 행해지기 때문에 설명을 생략한다. 전류 제어부(40)는, 시간 q의 시점에 있어서, 전류치를 값 W로부터, 값 X보다도 작은 값 $X(1-Y)$ (제1 전류치의 일례에 상당함)로 증가시킨다. 여기서, 값 $X(1-Y)$ 는, 한계 전류치를 나타내는 곡선 L3의 시간 q에서의 값보다도 크다. 판정부(44)는, 전압 측정부(42)에 의해서 측정된 전압치에 기초하여, 값 $X(1-Y)$ 의 전류치에 대응하는 전류 밀도(제1 전류 밀도의 일례에 상당함)가 한계 전류 밀도 이상이라고 판정한다.
- [0040] 전류 제어부(40)는, 값 $X(1-Y)$ 의 전류치에 대응하는 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상이라고 판정되면, 시간 q'의 시점에 있어서 전류치를 한계 전류치 미만(도시의 예에서는 값 W)까지 감소시킨다. 시간 q로부터 시간 q'까지의 시간은, 전압치가 0.3 V 증가하는 데 필요한 시간이며, 그리고 15초 이내가 된다. 이때, 본 실시형태의 도금 장치에서는, 시간 q로부터 시간 q'까지의 사이, 한계 전류 밀도를 넘은 전류 밀도로 기판(Sb)에 도금되게 된다. 여기서, 전류치 $X(1-Y)$ 는 값 X보다도 작기 때문에, 값 X의 전류치로 시간 s로부터 시간 s'까지 상당하는 시간(최대로 15초간), 기판(Sb)에 도금을 행해도 기판(Sb)에 이상이 생기지 않는 것을 확인할 수 있으면, 시간 q로부터 시간 q'까지의 시간(최대로 15초간)의 도금에 의해 기판(Sb)에 이상이 생기는 일은 없다.
- [0041] 전류 제어부(40)는, 시간 q'에 있어서 전류치를 값 W까지 감소시킨 후, 값 W를 소정 시간(제4 소정 시간의 일례에 상당함) 유지하여 도금을 행한다. 즉, 전류 제어부(40)는, 값 W의 전류치로 시간 r까지 도금을 행한다. 이때의 소정 시간(시간 q'로부터 시간 r까지의 시간)은, 기판(Sb)에 인가되는 전압치가, 시간 q의 시점에 있어서 전류치가 값 $X(1-Y)$ 로 증가하기 직전에 기판(Sb)에 인가되는 전압치로 되돌아가는 데 필요한 시간이다. 즉, 기판(Sb)에 인가되는 전압치가 원래의 상태로 되돌아가기까지, 재차 값 W의 전류치로 기판(Sb)에 도금이 행해진다.
- [0042] 계속해서, 전류 제어부(40)는, 시간 r의 시점에 있어서, 전류치를 값 W로부터, 값 $X(1-Y)$ 보다도 작은 값 $X(1-Y)^2$ (제2 전류치의 일례에 상당함)로 증가시킨다. 그 후, 다시 소정 시간 t3(제2 소정 시간의 일례에 상당함) 경과 후, 값 $X(1-Y)$ 보다도 큰 값 $X(1+Z)(1-Y)$ (제3 전류치의 일례에 상당함)로 소정 시간 t4(제3 소정 시간의 일례에 상당함) 도금한다. 또, 시간 v는, 시간 r로부터 시간 t3이 경과한 시점이다. 시간 t에 있어서, 전류 제어부(40)는, 전류치를 값 $X(1+Z)(1-Y)$ 부터 값 $X(1+Z)$ 로 하여, 시간 t2만큼 도금을 계속하고, 시간 T*에서 도금을 종료한다.
- [0043] 여기서, 시간(t3+t4)은, 시간 r로부터 시간 t까지의 시간에 상당한다. 도시의 예에 있어서는, 값 $X(1-Y)^2$ 및 값 $X(1+Z)(1-Y)$ 은, 한계 전류치보다도 낮은 값이다. 즉, 값 $X(1-Y)^2$ 의 전류치에 대응하는 전류 밀도(제2 전류 밀도의 일례에 상당함) 및 값 $X(1+Z)(1-Y)$ 의 전류치에 대응하는 전류 밀도(제3 전류 밀도의 일례에 상당함)는, 한계 전류 밀도보다도 낮다.
- [0044] 전류 제어부(40)는, 시간 r의 시점에 있어서, 소정 시간 t3과 소정 시간 t4를 계산한다. 구체적으로는, 값 $X(1-Y)$ 의 전류치로 소정 시간(시간 t1) 도금한 경우에 기판(Sb)에 주어지는 쿨롱량과, 도 6에 실선으로 나타내는 전류치로 시간 q로부터 시간 t까지 기판(Sb)에 주어지는 쿨롱량이 동일해지도록, 소정 시간 t3과 소정 시간 t4를 설정한다. 또, 도시의 예에 있어서, 시간 q로부터 시간 t까지 기판(Sb)에 주어지는 쿨롱량은, 값 $X(1-Y)$ 의 전류치로 시간 q로부터 시간 q'까지의 시간, 값 W의 전류치로 시간 q'로부터 시간 r까지의 시간, 값 $X(1-Y)^2$ 의 전류치로 시간 t3 및 값 $X(1-Y)(1+Z)$ 의 전류치로 시간 t4, 각각 도금한 경우의 쿨롱량에 상당한다.
- [0045] 이상에서 설명한 바와 같이, 도 6에 나타내는 예에서는, 시간 q의 시점에서 값 $X(1-Y)$ 이 한계 전류치를 넘고 있다. 이 때문에, 값 $X(1-Y)$ 의 전류치로 시간 t1도금하는 것에 대신하여, 값 $X(1-Y)$ 보다도 작은 값 $X(1-Y)^2$ 으로 시간 t3 도금하고, 그 후 값 $X(1-Y)$ 보다도 큰 값 $X(1-Y)(1+Z)$ 으로 시간 t4 도금한다. 이것에 의해, 전류치가 한계 전류치를 넘는 일없이, 도금 처리를 계속할 수 있다.

- [0046] 또한, 도 6에 나타내는 예에서는, 시간 t_3 및 시간 t_4 를 전술한 바와 같이 설정한다. 이것에 의해, 값 $X(1-Y)$ 의 전류치로 시간 t_1 도금한 경우와 비교하여, 동일한 도금 시간으로, 동일한 도금 막 두께를 유지하면서, 가까운 품질의 제품 기판을 얻을 수 있다.
- [0047] 또, 도시의 예에서는, 값 $X(1+Z)$ 이 한계 전류치 미만이다. 값 $X(1+Z)$ 이 한계 전류치 이상인 경우는, 값 $X(1+Z)$ 의 전류치로 시간 t_2 도금하는 것에 대신하여, 값 $X(1+Z)$ 보다도 작은 값(예컨대 값 $X(1+Z)(1-Y)$)으로 소정 시간 도금하고, 그 후 값 $X(1+Z)$ 보다도 큰 값(예컨대 값 $X(1+Z)^2$)으로 소정 시간 도금해도 좋다. 이 경우, 각각의 도금 시간은, 값 $X(1+Y)$ 의 전류치로 소정 시간(시간 t_2) 도금한 경우에 기판(Sb)에 주어지는 쿨롱량과, 시각 t 로부터 시각 T^* 까지 기판(Sb)에 주어지는 쿨롱량이 동일해지도록, 설정된다.
- [0048] 제1 실시형태에 있어서, 시간에 관계하는 s , T^* , 전류에 관계하는 W , X , Y , Z 는, 미리 결정해 두는 값이다. s 로부터 s' 까지의 시간, q 로부터 q' 까지의 시간은, 전압 측정부(42)에 의한 전압치의 측정 결과에 의해서 결정되는 값이다. s' 로부터 q 까지의 시간, q' 로부터 r 까지의 시간은, 미리 결정해도 좋고, 전압 측정부(42)에 의한 전압치의 측정 결과에 따라서 결정해도 좋다. 시간 t_1 , t_2 , t_3 , t_4 는, 전류 제어부(40)가 상기의 조건 및 전압 측정부(42)에 의한 전압치의 측정 결과로부터 계산에 의해 산출하는 값이다.
- [0049] 제1 실시형태는, 전형적으로는, 도 4와 같이 전류치가 한계 전류치를 넘지 않는다는 상정으로 전류치 X 를 설정하는 도금 방법에 있어서, 어떠한 이유로 한계 전류치가 내려가고, 전류치 X 로 도금을 계속한 경우에 도금 이상이 생기는 것을 회피하기 위한 도금 방법이다. 다만, 전류치 X 에 한계 전류치를 넘는 것을 상정한 값을 설정하여, 도 5나 도 6과 같은 전류 파형을 통상의 조건으로서 도금하는 것을 제외하는 것은 아니다.
- [0050] <제2 실시형태>
- [0051] 다음에, 제2 실시형태에 따른 한계 전류 밀도의 추정 방법에 관해서 설명한다. 또, 제2 실시형태에 따른 한계 전류 밀도의 추정 방법을 실시하는 도금 장치 및 기판 홀더(11)는, 도 1부터 도 3에 나타난 것과 동일하기 때문에 설명을 생략한다.
- [0052] 도 7은, 제2 실시형태에 따른 한계 전류 밀도의 추정 방법을 실시하는 도금 장치에 있어서의 전류 제어의 일례를 나타내는 그래프이다. 도시의 그래프에 있어서는, 횡축이 시간, 종축이 전류 밀도를 나타낸다. 도시의 그래프에서는, 편의상 가상적인 한계 전류 밀도를 나타내는 곡선(L4)이 부기되어 있다. 도시와 같이, 본 도금 장치의 전류 제어부(40)는, 도금 전원(30)을 제어하여, 시간 0의 시점으로부터 전류 밀도를 시간에 비례하여 연속적으로 증가시킨다. 이때의 그래프의 기울기(단위 시간 당의 전류 밀도 증가량)를 δ 로 한다.
- [0053] 제2 실시형태에서는, 제1 실시형태와 동일하게, 미리 시험에 의해, 전류 밀도를 증가시켜 도금했을 때에 기판(Sb)에 이상이 생긴 경우(전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달한 경우)의 소정 시간에 있어서의 전압치의 증가의 정도를 취득해 둔다. 제2 실시형태에서는, 제1 실시형태와 동일하게, 예컨대 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달한 경우에 있어서, 전류 제어부(40)가 도금 전원(30)을 제어하여 전류치를 변경하고 나서 15초(소정 시간) 이내에 전압치가 소정치 0.3 V(소정치) 이상 변화한 것이 판명되었다고 한다.
- [0054] 전류 제어부(40)의 전압 측정부(42)는, 전류 밀도가 증가하기 시작함과 동시에 기판(Sb)에 인가되는 전압치를 항상 측정한다. 전류 밀도가 서서히 증가하면, 시간 T_1 의 시점에서 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달한다. 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달하면, 전압치는 급격히 증가한다. 판정부(44)는, 전압 측정부(42)로부터 항상 전압치를 취득한다. 판정부(44)는, 소정 시간 내에 전압치가 소정의 값 증가했을 때에, 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상이라고 판정한다. 보다 구체적으로는, 판정부(44)는, 전압 측정부(42)로부터 전압치를 취득할 때마다, 취득한 전압치와, 취득한 시점으로부터 15초 전까지의 전압치 중의 최소 전압치와의 차가 0.3 V 이상인지 아닌지를 판정한다. 이때, 최소 전압치의 취득 시각으로부터, 최신의 전압치의 취득 시각까지의 시간, 즉, 전압치가 0.3 V 증가하는 데 필요한 시간 $U(1)$ 을 전류 제어부(40)의 도시하지 않는 기록 수단에 기록해 둔다.
- [0055] 도시의 예에서는, 시각 T_2 에 있어서, 판정부(44)가, 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상이라고 판정하고 있다. 이때, 전류 제어부(40)는, 소정의 값만큼 전류 밀도를 감소시킨다. 이 감소량 d 는, 예컨대 $\delta \times U(1) + a$ (a 는 미리 정해진 값)로 나타낼 수 있다.
- [0056] 판정부(44)에 의해 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 시각 T_2 에 있어서의 전류 밀도를 전류 밀도 $B(1)$ 로 했을 때, 본 실시형태에서는, 전류 제어부(40)는, $B(1) - \delta \times U(1)$ 을 시각 T_2 에 있어서의 추정 한계 전류 밀도 $R(1)$ 로서 추정한다. 바꿔 말하면, 시각 T_2 에 있어서 취득한 전압치보다도 0.3 V 작은 전압치가 취득된 시

각에서의 전류 밀도의 값이, 시각 T2에 있어서의 추정 한계 전류 밀도 R(1)로 된다.

- [0057] 도시와 같이, 시각 T2에 있어서 전류 밀도가 감소량 d만큼 감소된 후, 소정 시간 전류 밀도가 유지된다. 이 소정 시간은, 전압치가 충분히 저하하는 데 필요한 시간이며, 미리 설정된다. 혹은, 전류 제어부(40)는, 전압 측정부(42)가 취득한 전압치가 충분히 저하할 때까지 전류 밀도를 유지하도록 해도 좋다. 소정 시간 경과 후, 전류 제어부(40)는 재차, 기울기 δ 로 전류 밀도를 증가시키고, 동일한 프로세스를 반복한다. 이것에 의해, 추정 한계 전류 밀도 R(n)의 값이, 시간의 경과에 수반하여 복수 얻어진다.
- [0058] 도 7에 나타내는 전류 제어에서는, 시간의 경과에 수반한 추정 한계 전류 밀도 R(n)의 값이 복수 얻어진다. 바꿔 말하면, 횡축이 시간, 종축이 추정 한계 전류 밀도가 되는 그래프가 얻어진다. 그러나, 실제로 기관(Sb)에 도금할 때는, 도 7에 나타내는 전류 제어와는 상이한 전류 제어가 행해지는 일이 있다. 이 때문에, 본 실시형태의 방법으로 얻어진 횡축을 시간으로 한 추정 한계 전류 밀도의 그래프를, 횡축을 전해량(또는 도금 막 두께)으로 한 추정 한계 전류 밀도의 그래프로 변환하는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 도 7에 나타내는 그래프와 횡축과의 면적(즉, 도 7에 나타내는 그래프의 적분치)이 전해량에 상당하기 때문에, 도 7에 나타내는 그래프로부터 각각의 추정 한계 전류 밀도 R(n)가 얻어졌을 때의 전해량을 판독할 수 있다. 이것에 의해, 도 7에 나타내는 그래프로부터 얻어지는 추정 한계 전류 밀도의 그래프를, 횡축을 전해량으로 하고, 종축을 추정 한계 전류 밀도로 한 그래프로 변환할 수 있다. 이것에 의해, 전해량에 따른 추정 한계 전류 밀도에 따라서, 도 7에 나타내는 전류 제어와는 상이한 전류 제어로 기관(Sb)에 도금을 할 수 있다. 또, 도 7에 나타내는 전류 제어에 의해 기관에 도금해도 좋다. 이 경우, 한계 전류 밀도에 가까운 전류 밀도로 기관에 도금할 수 있기 때문에, 도금 속도를 향상시킬 수 있다.
- [0059] 이상, 본 발명의 실시형태에 관해서 설명했지만, 전술한 발명의 실시의 형태는, 본 발명의 이해를 용이하게 하기 위한 것으로, 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 본 발명은, 그 취지를 일탈하는 일없이, 변경, 개량될 수 있음과 함께, 본 발명에는 그 등가물이 포함되는 것은 물론이다. 또한, 전술한 과제 of 적어도 일부를 해결할 수 있는 범위, 또는, 효과의 적어도 일부를 발휘하는 범위에 있어서, 특허청구의 범위 및 명세서에 기재된 각 구성 요소의 임의의 조합, 또는 생략이 가능하다.
- [0060] 이하에 본 명세서가 개시하는 형태의 몇 가지를 기재해 둔다.
- [0061] 제1 형태에 의하면, 전류치를 소정의 전류치로부터 제1 전류치로 증가시켜 기관에 도금하는 도금 방법으로서, 상기 제1 전류치에 대응하는 제1 전류 밀도가 한계 전류 밀도보다도 낮은 경우에 상기 제1 전류치로 제1 소정 시간 상기 기관에 도금하는 도금 방법이 제공된다. 이 도금 방법은, 상기 기관에 인가되는 전압치를 측정하는 공정과, 상기 전류치를 상기 소정의 전류치로부터 상기 제1 전류치로 증가시켰을 때에, 상기 전압치의 변화량에 기초하여 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 판정하는 판정 공정을 포함한다.
- [0062] 기관에 인가되는 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달하여 도금했을 때, 기관에 인가되는 전압의 값이 급격히 증가하는 것을 알 수 있었다. 제1 형태에 의하면, 소정의 전류치로부터 제1 전류치로 전류치를 증가시켰을 때에, 전압치의 변화량을 보는 것에 의해 제1 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 판정할 수 있다. 이것에 의해, 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 도금 중에 파악할 수 있다.
- [0063] 제2 형태에 의하면, 제1 형태의 도금 방법에 있어서, 상기 판정 공정은, 상기 전류치가 상기 소정의 전류치로부터 상기 제1 전류치로 증가하고 나서 소정 시간 내에 상기 전압치가 소정의 값 증가한 경우, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정한다.
- [0064] 전술한 바와 같이, 기관에 인가되는 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달하여 도금했을 때, 기관에 인가되는 전압의 값이 급격히 증가한다. 제2 형태에 의하면, 전압치가 소정의 값 증가한 것을 확인함으로써, 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정할 수 있다.
- [0065] 제3 형태에 의하면, 제1 형태 또는 제2 형태의 도금 방법에 있어서, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에, 상기 제1 전류 밀도보다도 낮은 제2 전류 밀도에 대응하는 제2 전류치로 제2 소정 시간 도금하고, 그 후 상기 제1 전류 밀도보다도 높은 제3 전류 밀도에 대응하는 제3 전류치로 제3 소정 시간 도금하는 것을 포함하는 도금 공정을 포함하고, 상기 제1 전류치로 상기 제1 소정 시간 도금한 경우에 상기 기관에 주어지는 쿨롱량과, 상기 도금 공정에 있어서 상기 기관에 주어지는 쿨롱량이 동일하다.
- [0066] 제3 형태에 의하면, 제1 전류치로 제1 소정 시간 도금한 경우에 가까운 제품기관을 얻을 수 있다.
- [0067] 제4 형태에 의하면, 제3 형태의 도금 방법에 있어서, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판

정된 경우에, 상기 도금 공정의 전에 상기 전류치를 상기 소정의 전류치까지 감소시켜 제4 소정 시간 유지하는 공정을 포함한다.

- [0068] 제4 형태에 의하면, 전류치가 제1 전류치로 증가했을 때에 증가한 전압치를 저하시킬 수 있다. 나아가서는, 소정의 전류치로부터 제2 전류치로 전류치를 증가시켰을 때의 전압치의 증가량을 적절하게 파악할 수 있다.
- [0069] 제5 형태에 의하면, 제4 형태의 도금 방법에 있어서, 상기 제4 소정 시간은, 상기 기관에 인가되는 전압치가, 상기 전류치가 상기 제1 전류치로 증가하기 직전의 상기 기관에 인가되는 전압치로 되돌아가는 데 필요한 시간이다.
- [0070] 제5 형태에 의하면, 전류치가 제1 전류치로 증가하기 직전의 기관에 인가되는 전압치로 되돌릴 수 있기 때문에, 소정의 전류치로부터 제2 전류치로 전류치를 증가시켰을 때의 전압치의 증가량을 일층 적절하게 파악할 수 있다.
- [0071] 제6 형태에 의하면, 제1 형태로부터 제5 형태의 어느 하나의 도금 방법에 있어서, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에, 그 취지를 통지하는 공정을 갖는다.
- [0072] 제6 형태에 의하면, 제1 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달한 경우에, 그 취지를 사용자 등에게 알릴 수 있다. 그것에 의해, 사용자 등은 도금을 계속할지 또는 정지할지 등을 판단할 수 있다.
- [0073] 제7 형태에 의하면, 전류치를 소정의 전류치로부터 제1 전류치로 증가시켜 기관에 도금하는 도금 장치가 제공된다. 이 도금 장치는, 도금액을 수용 가능한 도금조와, 상기 기관에 전류를 인가하는 전원과, 상기 기관으로의 전류를 제어하는 전류 제어부를 갖는다. 상기 전류 제어부는, 상기 기관에 인가되는 전압치를 측정하는 전압 측정부와, 상기 전류치를 상기 소정의 전류치로부터 상기 제1 전류치로 증가시켰을 때에, 상기 전압치의 변화량에 기초하여 상기 제1 전류치에 대응하는 제1 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 판정하는 판정부를 갖고, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도보다도 낮은 경우에 상기 제1 전류치로 제1 소정 시간 상기 기관에 전류를 인가하도록 상기 전원을 제어한다.
- [0074] 기관에 인가되는 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달하여 도금했을 때, 기관에 인가되는 전압의 값이 급격히 증가하는 것을 알 수 있었다. 제7 형태에 의하면, 소정의 전류치로부터 제1 전류치로 전류치를 증가시켰을 때에, 전압치의 변화량을 보는 것에 의해 제1 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 판정할 수 있다. 이것에 의해, 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 도금 중에 파악할 수 있다.
- [0075] 제8 형태에 의하면, 제7 형태의 도금 장치에 있어서, 상기 판정부는, 상기 전류치가 상기 소정의 전류치로부터 상기 제1 전류치로 증가하고 나서 소정 시간 내에 상기 전압치가 소정의 값만큼 증가한 경우, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정한다.
- [0076] 전술한 바와 같이, 기관에 인가되는 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달하여 도금했을 때, 기관에 인가되는 전압의 값이 급격히 증가한다. 제8 형태에 의하면, 전압치가 소정의 값만큼 증가한 것을 확인하는 것에 의해, 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정할 수 있다.
- [0077] 제9 형태에 의하면, 제7 형태 또는 제8 형태의 도금 장치에 있어서, 상기 전류 제어부는, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에, 상기 제1 전류 밀도보다도 낮은 제2 전류 밀도에 대응하는 제2 전류치로 제2 소정 시간 상기 기관에 전류를 인가하고, 그 후 상기 제1 전류 밀도보다도 높은 제3 전류 밀도에 대응하는 제3 전류치로 제3 소정 시간 상기 기관에 전류를 인가하도록 상기 전원을 제어하고, 상기 제1 전류치로 상기 제1 소정 시간 도금한 경우에 상기 기관에 주어지는 쿨롱량과, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에 상기 기관에 주어지는 쿨롱량이 동일하다.
- [0078] 제9 형태에 의하면, 제1 전류치로 제1 소정 시간 도금한 경우에 가까운 제품기관을 얻을 수 있다.
- [0079] 제10 형태에 의하면, 제9 형태의 도금 장치에 있어서, 상기 전류 제어부는, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에, 상기 제2 전류 밀도 및 상기 제3 전류 밀도로 상기 기관에 전류를 인가하기 전에, 상기 전류치를 상기 소정의 전류 밀도까지 감소시켜 제4 소정 시간 유지하도록 상기 전원을 제어한다.
- [0080] 제10 형태에 의하면, 전류치가 제1 전류치로 증가했을 때에 증가한 전압치를 저하시킬 수 있다. 나아가서는, 소정의 전류치로부터 제2 전류치로 전류치를 증가시켰을 때의 전압치의 증가량을 적절하게 파악할 수 있다.
- [0081] 제11 형태에 의하면, 제10 형태의 도금 장치에 있어서, 상기 제4 소정 시간은, 상기 기관에 인가되는 전압치가, 상기 전류치가 상기 제1 전류치로 증가하기 직전의 상기 기관에 인가되는 전압치로 되돌아가는 데 필요한 시간

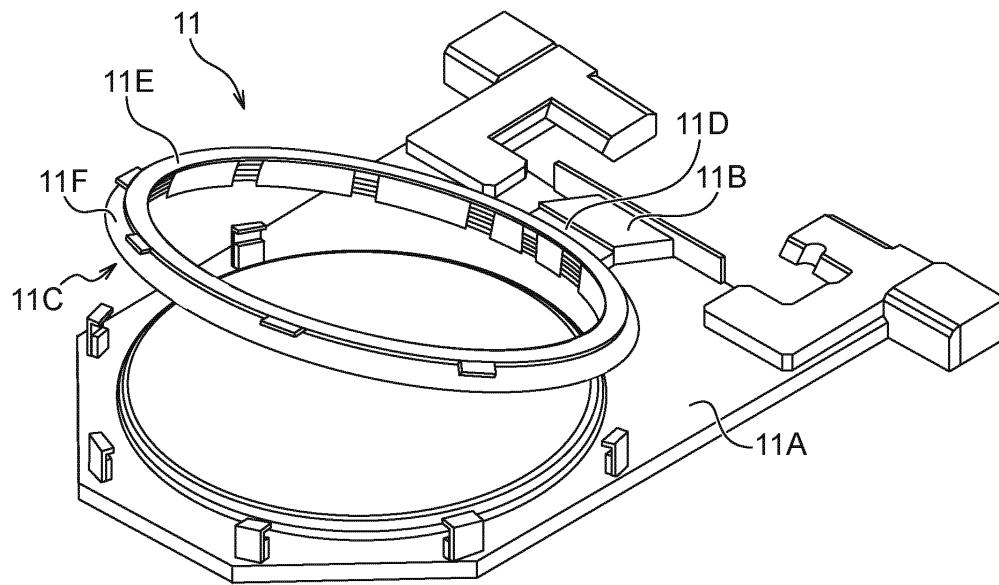
이다.

- [0082] 제11 형태에 의하면, 전류치가 제1 전류치로 증가하기 직전의 기관에 인가되는 전압치로 되돌릴 수 있기 때문에, 소정의 전류치로부터 제2 전류치로 전류치를 증가시켰을 때의 전압치의 증가량을 일층 적절하게 파악할 수 있다.
- [0083] 제12 형태에 의하면, 제7 형태로부터 제11 형태의 어느 하나의 도금 장치에 있어서, 상기 제1 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에, 그 취지를 통지하는 통지부를 갖는다.
- [0084] 제12 형태에 의하면, 제1 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달한 경우에, 그 취지를 사용자 등에게 알릴 수 있다. 그것에 의하여, 사용자 등은, 도금을 계속할지 또는 정지할지 등을 판단할 수 있다.
- [0085] 제13 형태에 의하면, 기관에 도금하는 도금 장치에 있어서 한계 전류 밀도를 추정하는 방법이 제공된다. 이 방법은, 상기 기관에 인가되는 전류의 전류 밀도를 증가시키는 공정과, 상기 기관에 인가되는 전압치를 측정하는 공정과, 소정 시간 내에 상기 전압치가 소정의 값만큼 증가한 경우, 상기 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정하는 공정을 포함한다.
- [0086] 기관에 인가되는 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달하여 도금했을 때, 기관에 인가되는 전압의 값이 급격히 증가하는 것을 알 수 있었다. 제13 형태에 의하면, 소정의 전류치로부터 제1 전류치로 전류치를 증가시켰을 때에, 전압치의 변화량을 보는 것에 의해 제1 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 판정할 수 있다. 이것에 의해, 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상인지 아닌지를 파악할 수 있고, 나아가서는 한계 전류 밀도의 대략의 값을 추정할 수 있다.
- [0087] 제14 형태에 의하면, 제13 형태의 방법에 있어서, 상기 전류 밀도를 증가시키는 공정은, 상기 전류 밀도를 시간에 비례하여 연속적으로 증가시키는 공정을 포함한다.
- [0088] 제14 형태에 의하면, 서서히 전류 밀도를 증가시키기 때문에, 전압치의 증가가 확인되었을 때를, 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달한 타이밍으로서 추정할 수 있다.
- [0089] 제15 형태에 의하면, 제13 형태 또는 제14 형태의 방법에 있어서, 상기 판정 공정에 있어서 상기 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정된 경우에 있어서, 판정 시로부터 상기 소정 시간 전의 시점에서의 전류 밀도를, 상기 판정 시에 있어서의 한계 전류 밀도로 추정한다.
- [0090] 제15 형태에 의하면, 전류 밀도가 한계 전류 밀도에 달한 타이밍을 추정할 수 있다. 그 결과, 그 타이밍에 있어서의 전류 밀도를 한계 전류 밀도로서 추정할 수 있다.
- [0091] 제16 형태에 의하면, 제13 형태로부터 제15 형태의 어느 하나의 방법에 있어서, 상기 판정 공정에 있어서 상기 전류 밀도가 상기 한계 전류 밀도 이상이라고 판정되었을 때, 상기 전류 밀도를 감소시키는 공정을 포함한다.
- [0092] 제16 형태에 의하면, 전류 밀도가 한계 전류 밀도 이상에 달했을 때에 증가한 전압치를 저하시킬 수 있다. 나아가서는, 계속해서 전류 밀도를 증가시켜 한계 전류 밀도를 추정할 때에, 전류 밀도를 증가시켰을 때의 전압치의 증가량을 적절하게 파악할 수 있다.

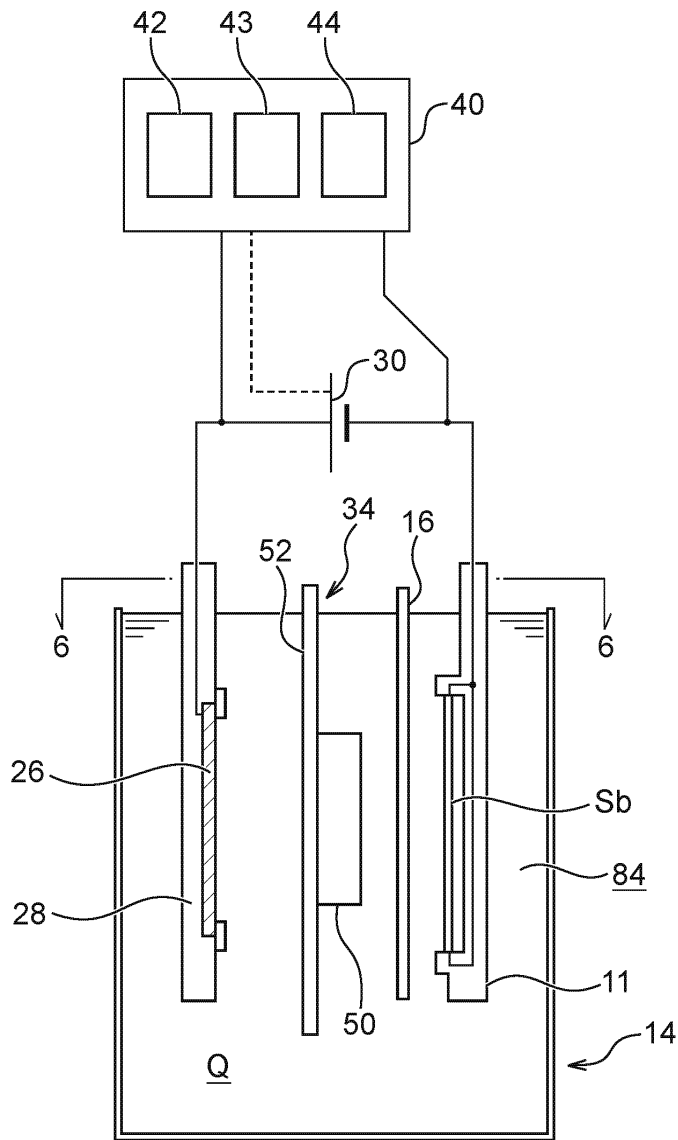
부호의 설명

- [0093]
- | | |
|-------------|-------------|
| 11 : 기관 홀더 | 30 : 전원 |
| 40 : 전류 제어부 | 42 : 전압 측정부 |
| 43 : 통지부 | 44 : 판정부 |

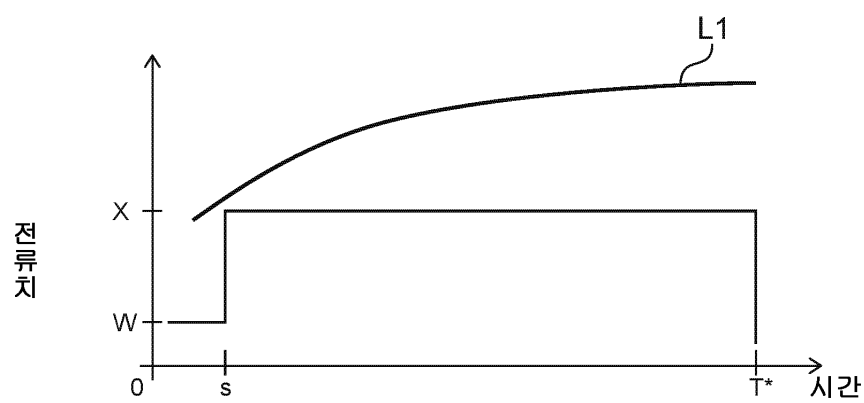
도면2



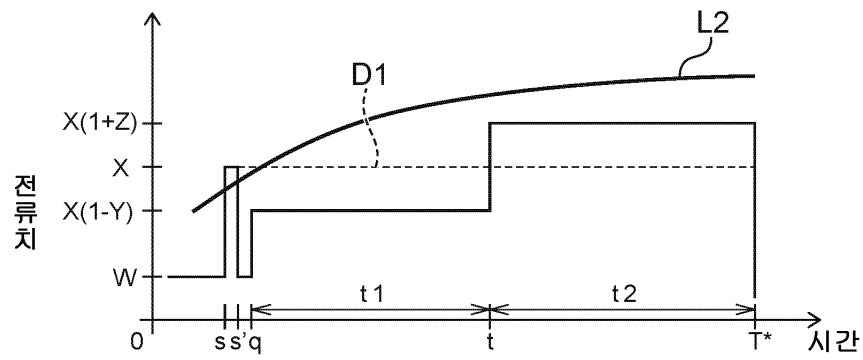
도면3



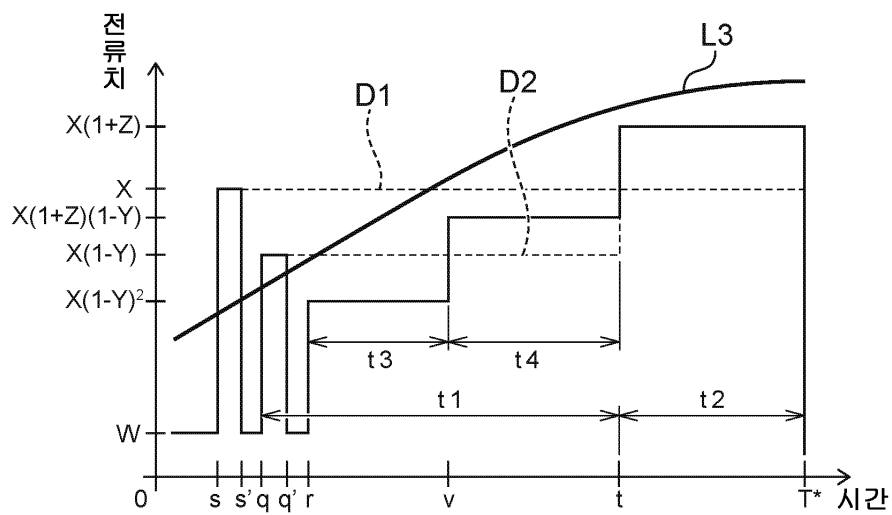
도면4



도면5



도면6



도면7

