



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0007943
(43) 공개일자 2024년01월17일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 C25D 17/00 (2006.01) C25D 17/02 (2006.01)
 C25D 17/12 (2006.01) C25D 21/12 (2006.01)
 C25D 5/08 (2006.01) C25D 5/18 (2006.01)
 C25D 7/12 (2006.01) H01L 21/288 (2006.01)
 H01L 21/768 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
 C25D 17/001 (2020.08)
 C25D 17/002 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7044843(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2018년12월28일
 심사청구일자 없음
- (62) 원출원 특허 10-2021-7021691
 원출원일자(국제) 2018년12월28일
 심사청구일자 2021년10월06일
- (85) 번역문제출일자 2023년12월26일
- (86) 국제출원번호 PCT/CN2018/124649
- (87) 국제공개번호 WO 2020/133149
 국제공개일자 2020년07월02일

- (71) 출원인
 에이씨엠 리서치 (상하이), 인코포레이티드
 중국, 상하이 201203, 푸둥 뉴 아리아, 중국(상하이) 파일럿 프리 트레이드 존, 넘버 1690 카이룬 로드, 빌딩 4
- (72) 발명자
 진, 이누오
 중국, 상하이 201203, 장지양 하이-테크 파크, 차이룬 로드, 넘버 1690, 빌딩 4
 양, 홍차호
 중국, 상하이 201203, 장지양 하이-테크 파크, 차이룬 로드, 넘버 1690, 빌딩 4
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 특허법인씨엔에스

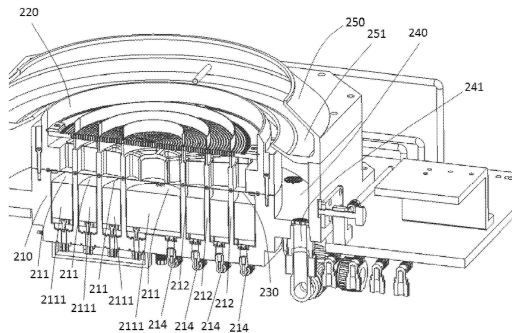
전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 발명의 명칭 **도금 장치 및 도금 방법**

(57) 요약

기관 상에 금속층을 도금하기 위한 도금 장치 및 도금 방법. 일 실시예에서, 도금 방법은, 단계 1: 적어도 제1 애노드 및 제2 애노드(3001)를 구비하는 도금 챔버 조립체의 도금액에 기관을 침지시키는 단계; 단계 2: 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 턴온하고, 제1 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{11})를 출력하고 주기(T_{11})로 계속하는 단계(3002); 단계 3: 주기(T_{11})가 종료되면, 제1 애노드에 인가되는 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{12})을 출력하고 주기(T_{12})로 계속하고, 동시에 제2 애노드에 인가되는 제2 도금 전원을 턴온하고, 제2 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{21})를 출력하고 주기(T_{21})로 계속하는 단계(3003); 및 단계 4: 주기(T_{21})가 종료되면, 제2 애노드에 인가되는 제2 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{22})을 출력하고 주기(T_{22})로 계속하는 단계를 포함하며, 단계 2 내지 단계 4는 주기적으로 수행된다.

대표도



(52) CPC특허분류

C25D 17/004 (2013.01)

C25D 17/02 (2013.01)

C25D 17/12 (2013.01)

C25D 21/12 (2013.01)

C25D 5/08 (2022.05)

C25D 5/18 (2022.05)

C25D 7/123 (2023.05)

H01L 21/2885 (2013.01)

H01L 21/76868 (2013.01)

(72) 발명자

왕, 지안

중국, 상하이 201203, 장지양 하이-테크 파크, 차
이 룬 로드, 넘버 1690, 빌딩 4

왕, 후이

중국, 상하이 201203, 장지양 하이-테크 파크, 차
이 룬 로드, 넘버 1690, 빌딩 4

명세서

청구범위

청구항 1

기관 상에 금속층을 도금하기 위한 도금 장치에 있어서,

도금 챔버 조립체를 포함하고,

상기 도금 챔버 조립체는,

복수의 독립적인 애노드 구역으로 분할되는 애노드 챔버로서, 모든 독립적인 애노드 구역은 도금 전원에 의해 전력을 공급받는 애노드를 수용하고, 독립적인 양극액 입구(independent anolyte inlet), 독립적인 양극액 출구(independent anolyte outlet) 및 독립적인 벤트 드레인 출구(independent vent drain outlet)를 갖는, 상기 애노드 챔버;

상기 애노드 챔버의 상부에 고정된 멤브레인 프레임으로서, 상기 멤브레인 프레임은 베이스 부분을 갖고, 상기 베이스 부분의 상부는 측벽을 형성하도록 상향으로 연장되고, 상기 베이스 부분 및 상기 측벽은 캐소드 챔버를 형성하고, 상기 캐소드 챔버를 복수의 캐소드 구역으로 분할하도록 상기 베이스 부분의 상부 상에 복수의 제1 분리벽이 배치되고, 상기 베이스 부분은 상기 캐소드 구역에 도금액을 공급하기 위한 복수 쌍의 브랜치 파이프를 갖고, 각각의 브랜치 파이프는 복수의 공급 구멍을 갖는, 상기 멤브레인 프레임; 및

상기 애노드 챔버와 상기 캐소드 챔버를 분리하도록 상기 멤브레인 프레임의 베이스 부분의 바닥에 부착되는 멤브레인

을 더 포함하는,

도금 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 캐소드 챔버 내에 고정되는 확산 플레이트를 더 포함하고, 상기 확산 플레이트는 복수의 구멍을 갖고, 상기 확산 플레이트의 하부 표면은 복수의 하부 삽입 슬롯을 형성하고, 상기 멤브레인 프레임의 복수의 제1 분리벽은 상기 하부 삽입 슬롯에 각각 삽입되는,

도금 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 확산 플레이트의 상부 표면에 고정되는 복수의 제2 분리벽을 더 포함하는,

도금 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 확산 플레이트의 상부 표면은 복수의 상부 삽입 슬롯을 형성하고, 상기 복수의 제2 분리벽은 상기 상부 삽입 슬롯에 삽입되어 고정되는,

도금 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 복수의 제2 분리벽은 페이스팅(pasting) 또는 용접에 의해 상기 확산 플레이트의 상부 표면 상에 고정되는,

도금 장치.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 제2 분리벽의 상부 구조 형상은 직사각형, 삼각형 또는 원호인,

도금 장치.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 확산 플레이트의 상부 표면에 고정되는 제3 분리벽을 더 포함하고, 상기 제3 분리벽은 상기 멤브레인 프레임의 측벽과 최외측 제2 분리벽 사이에 설정되고, 상기 제3 분리벽은 상기 제2 분리벽보다 낮은,

도금 장치.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 멤브레인 프레임의 측벽의 내부 표면은 클램프 슬롯을 형성하고, 상기 캐소드 챔버 내에 상기 확산 플레이트를 고정하도록 복수의 고정 부재가 구성되고, 모든 고정 부재는 고정 플레이트와, 상기 고정 플레이트의 측벽 으로부터 돌출된 삽입 플레이트를 가지며, 상기 삽입 플레이트는 상기 멤브레인 프레임의 클램프 슬롯에 삽입되고, 상기 고정 플레이트 및 상기 확산 플레이트의 에지를 고정하도록 고정 나사가 구성되는,

도금 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

2개의 모든 인접한 애노드 구역은 수직으로 배치된 구획부에 의해 분리되고, 상기 애노드 구역을 분리하여 완전히 독립적인 애노드 구역을 형성하도록 복수 쌍의 시일 링이 구성되는,

도금 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

각각의 벤트 드레인 출구는 벤트 드레인 통로에 연결되고, 상기 벤트 드레인 통로는 각각의 애노드 구역에 설정

되고, 상기 벤트 드레인 통로는 상기 애노드 구역의 최고점에 위치되는 상단부를 갖는, 도금 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

각각의 벤트 드레인 통로의 상단부는 제1 표면과, 상기 제1 표면에 연결되고 경사지게 하향 연장되는 제2 표면을 가지며, 상기 벤트 드레인 통로의 상단부의 제1 표면은 상기 멤브레인에 대해 인접하고, 상기 멤브레인과 상기 벤트 드레인 통로의 상단부의 제2 표면 사이에는 벤트 드레인 입구가 형성되는,

도금 장치.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 멤브레인 프레임의 베이스 부분의 바닥은 비스듬하게 상향, 또는 실질적으로 V-자형, 또는 실질적으로 역 V-자형인,

도금 장치.

청구항 13

제1항에 있어서,

모든 애노드 구역은 전도성 플레이트 및 전도성 연결 부재를 더 수용하고, 상기 연결 부재는 수평 부분 및 수직 부분을 가지며, 상기 전도성 플레이트는 상기 애노드 아래에 위치되고, 상기 연결 부재의 수평 부분은 상기 전도성 플레이트 아래에 설정되고, 상기 연결 부재의 수직 부분은 제어된 도금 전원에 연결하기 위해 상기 애노드 구역의 바닥에 형성된 관통 구멍을 통과하는,

도금 장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

모든 연결 부재는 독립적인 도금 전원에 연결되는,

도금 장치.

청구항 15

제12항에 있어서,

모든 연결 부재는 제어된 도금 전원에 연결되고, 상기 도금 전원은 부분 도금을 구현하기 위해 애노드들 사이에서 스위칭할 수 있는,

도금 장치.

청구항 16

제12항에 있어서,

연결 부재의 수평 부분과 상기 애노드 구역의 바닥 사이에 각각 설정되는 외부 시일 링 및 내부 시일 링을 더 포함하고, 상기 애노드 구역의 바닥은 상기 외부 시일 링과 상기 내부 시일 링 사이에 탈이온수 트로프를 더 형성하고, 상기 탈이온수 트로프는 탈이온수를 포함하는,

도금 장치.

청구항 17

제1항에 있어서,

각각의 브랜치 파이프 상의 상기 복수의 공급 구멍은 복수의 그룹으로 분할되고, 각각의 공급 구멍의 그룹은 하나의 캐소드 구역에 대응하는,

도금 장치.

청구항 18

제17항에 있어서,

모든 캐소드 구역에 대응하는 상기 공급 구멍의 밀도는 동일하고, 상기 공급 구멍의 직경은 상기 캐소드 챔버의 중심으로부터 상기 캐소드 챔버의 에지까지 점진적으로 증가하는,

도금 장치.

청구항 19

제17항에 있어서,

모든 캐소드 구역에 대응하는 상기 공급 구멍의 직경은 동일하고, 상기 공급 구멍의 밀도는 상기 캐소드 챔버의 중심으로부터 상기 캐소드 챔버의 에지까지 점진적으로 증가하는,

도금 장치.

청구항 20

제1항에 있어서,

복수의 공급 구멍을 갖는 2개의 모든 대향된 브랜치 파이프는 하나의 캐소드 구역에 도금액을 공급하기 위한 한 쌍의 브랜치 파이프를 형성하고, 모든 쌍의 브랜치 파이프의 공급 구멍은 단지 하나의 캐소드 구역에 대응하는,

도금 장치.

청구항 21

제1항에 있어서,

상기 애노드 챔버 및 상기 캐소드 챔버를 둘러싸는 주변 챔버를 더 포함하고, 상기 주변 챔버는 상기 주변 챔버의 바닥에 분포되는 복수의 음극액 출구를 갖는,

도금 장치.

청구항 22

제21항에 있어서,
 상기 주변 챔버의 상부에 위치되는 슈라우드를 더 포함하는,
 도금 장치.

청구항 23

제1항에 있어서,
 상기 기판이 도금된 후에 상기 기판 상에 도금막을 세정하도록 구성된 적어도 하나의 기판 린스 노즐을 더 포함하는,
 도금 장치.

청구항 24

제1항에 있어서,
 기판 도금 공정 동안, 상기 기판의 중심은 상기 캐소드 챔버의 중심과 오정렬(misalignment)을 갖는,
 도금 장치.

청구항 25

제1항에 있어서,
 기판 중심 범위에서 도금액 흐름 및 전기장의 균일성을 개선하기 위해 상기 멤브레인 프레임의 중심에 배치되는 중심 캡 및 조정가능한 부재를 더 포함하는,
 도금 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 기판의 표면에 금속층을 증착하기 위한 도금 장치 및 도금 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게 반도체 디바이스 내에 상호접속 구조를 형성하기 위해 기판 상에 금속층을 증착하기 위한 도금 장치 및 도금 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 집적 회로 기술 및 공정의 개발과 함께, 종래의 상호접속 기술의 제한을 극복하기 위해 새로운 상호접속 기술이 요구된다. 전도성 물질로서의 알루미늄 및 알루미늄 합금과, 유전체 물질로서의 이산화규소와의 알루미늄 상호접속은 제1 세대 상호접속 기술로 불린다. 초고밀도 집적회로(very large scale integrated circuit: VLSI)의 시대에서, 알루미늄 상호접속 기술은 기본적으로 회로 성능의 요건을 충족할 수 있으므로, 널리 사용되어 왔다. 그러나, 디바이스 특성 크기가 딥 서브마이크론 필드(deep submicron field)로 감에 따라, 금속 상호접속의 폭을 감소시키고, 금속 상호접속층의 개수를 증가시키는 것이 필요하다. 그러나, 상호접속 재료로서 알루미늄의 사용으로 인해, 금속 상호접속층의 개수의 증가 및 금속 상호접속부의 폭의 감소의 경우, 알루미늄 상호접속 저항이 증가하여, 회로의 지연 시간, 신호 감쇠 및 크로스토크 효과, 전기-이주 악화(electro-migration aggravation) 및 스트레스 이주 실패(stress migration failure)를 증가시켜서, 회로의 신뢰성에 크게 영향을 미친다.

[0004] 따라서, 새로운 공정에서는 반도체 디바이스 내의 상호접속 구조를 형성하기 위해 종래의 알루미늄 및 이산화규소를 대체하는 구리(Cu) 및 낮은 K 유전 물질을 사용한다. 다마스쿠스(Damascus) 구조에 기초한 Cu 상호접속 공정은 제2 세대 상호접속 공정으로 불린다. 반도체 디바이스 내에 Cu 상호접속을 형성하는데 사용될 수 있는 예시적인 다마스쿠스 공정은, 기판 상에 유전체 층을 형성하는 단계; 유전체 층 내에 비아 또는 트렌치 등과 같은 리세스된 구역을 형성하는 단계; 유전체 층 및 리세스된 구역의 벽 상에 배리어 층을 증착하는 단계; 배리어 층 및 리세스된 구역의 벽 상에 시드층(seed layer)을 증착하는 단계; 시드층 상에 Cu 층을 증착하고 리세스된 구역을 Cu로 충전하는 단계; 및 비-리세스된 구역 상에 형성된 Cu 층, 시드층 및 배리어 층을 제거하는 단계를 구비할 수 있다. 리세스된 구역에 남아 있는 Cu 층은 상호접속 구조를 형성한다. 물리적 증착법(physical vapor deposition: PVD), 화학적 증착법(chemical vapor deposition: CVD), 전기도금(electroplating)과 같은 상호접속 구조들을 형성하도록 리세스된 구역 내에 Cu 층을 증착하기 위한 다양한 기술이 개발되었다. PVD 및 CVD와 비교하면, 전기도금은 우수한 갭 충전 능력 및 더 높은 증착 속도를 갖는다. 따라서, 전기도금(electroplating)은 리세스된 구역에 Cu 층을 증착시키기 위해 점진적으로 대중화된다. 그러나, 장치 제조 노드가 계속 줄어드는 경우, 더 좁은 라인이 차세대 반도체 장치에 적용된다. 더 좁은 라인 공정을 구현하기 위해, 더 얇은 Cu 시드층 또는 코발트(Co)와 같은 새로운 시드층 물질이 적용된다. 더 얇은 Cu 시드층 및 새로운 시드층 물질은 높은 저항률을 야기하여, 전기도금 Cu 층이 리세스 구역을 충전하도록 하는 것이 곤란하게 된다. 또한, 종래의 전기도금에 대한 전류는 직류 모드이다. 도금 속도를 높이기 위한 도금 전류를 증가시키는 경우, 작은 갭을 충전하면서 공극을 발생시킬 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 일 실시예에 따르면, 기판 상에 금속층을 도금하기 위한 도금 방법은,
- [0007] 단계 1: 적어도 제1 애노드 및 제2 애노드를 구비하는 도금 챔버 조립체의 도금액에 기판을 침지시키는 단계;
- [0008] 단계 2: 상기 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 턴온하고, 전력값(P_{11})을 출력하도록 상기 제1 도금 전원을 설정하고 주기(T_{11})로 계속하는 단계;
- [0009] 단계 3: 상기 주기(T_{11})가 종료되면, 상기 제1 애노드에 인가되는 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{12})을 출력하고 주기(T_{12})로 계속하고, 동시에 상기 제2 애노드에 인가되는 제2 도금 전원을 턴온하고, 상기 제2 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{21})을 출력하고 주기(T_{21})로 계속하는 단계; 및
- [0010] 단계 4: 상기 주기(T_{21})가 종료되면, 상기 제2 애노드에 인가된 제2 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{22})을 출력하고 주기(T_{22})로 계속하는 단계
- [0011] 를 포함하고,
- [0012] 단계 2 내지 단계 4가 주기적으로 수행된다.
- [0013] 다른 실시예에 따르면, 기판 상에 금속층을 도금하기 위한 도금 방법은,
- [0014] 단계 1: 적어도 제1 애노드 및 제2 애노드를 구비하는 도금 챔버 조립체의 도금액에 기판을 도입시키고, 동시에 상기 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 턴온하고, 상기 제1 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{11})을 출력하고 주기(T_{11})로 계속하는 단계;
- [0015] 단계 2: 상기 주기(T_{11})가 종료되면, 상기 제1 애노드에 인가되는 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{12})을 출력하고 주기(T_{12})로 계속하고, 동시에 상기 제2 애노드에 인가되는 제2 도금 전원을 턴온하고, 상기 제2 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{21})을 출력하고 주기(T_{21})로 계속하는 단계; 및
- [0016] 단계 3: 상기 주기(T_{21})가 종료되면, 상기 제2 애노드에 인가된 제2 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{22})을 출력하고 주기(T_{22})로 계속하는 단계

- [0017] 를 포함하고,
- [0018] 상기 제1 도금 전원 및 상기 제2 도금 전원은 주기적으로 조정된다.
- [0019] 일 실시예에 따르면, 기관 상에 금속층을 도금하기 위한 도금 장치는,
- [0020] 도금 챔버 조립체를 포함하고,
- [0021] 상기 도금 챔버 조립체는,
- [0022] 복수의 독립적인 애노드 구역으로 분할되는 애노드 챔버로서, 모든 독립적인 애노드 구역은 도금 전원에 의해 전력을 공급받는 애노드를 수용하고, 독립적인 양극액 입구(independent anolyte inlet), 독립적인 양극액 출구(independent anolyte outlet) 및 독립적인 벤트 드레인 출구(independent vent drain outlet)를 갖는, 상기 애노드 챔버;
- [0023] 상기 애노드 챔버의 상부에 고정된 멤브레인 프레임으로서, 상기 멤브레인 프레임은 베이스 부분을 갖고, 상기 베이스 부분의 상부는 측벽을 형성하도록 상향으로 연장되고, 상기 베이스 부분 및 상기 측벽은 캐소드 챔버를 형성하고, 상기 캐소드 챔버를 복수의 캐소드 구역으로 분할하도록 상기 베이스 부분의 상부 상에 복수의 제1 분리벽이 배치되고, 상기 베이스 부분은 상기 캐소드 구역에 도금액을 공급하기 위한 복수 쌍의 브랜치 파이프를 갖고, 각각의 브랜치 파이프는 복수의 공급 구멍을 갖는, 상기 멤브레인 프레임; 및
- [0024] 상기 애노드 챔버와 상기 캐소드 챔버를 분리하도록 상기 멤브레인 프레임의 베이스 부분의 바닥에 부착되는 멤브레인으로서, 상기 애노드 챔버는 적어도 2개의 독립적인 애노드 구역으로 분할되고, 제1 애노드는 하나의 독립적인 애노드 구역 내에 수용되고 제1 도금 전원에 의해 전력공급되고, 제2 애노드는 다른 독립적인 애노드 구역 내에 수용되고 제2 도금 전원에 의해 전력공급되는, 상기 멤브레인
- [0025] 을 더 포함하고,
- [0026] 상기 도금 장치는,
- [0027] 하기와 같이 작동하기 위해 상기 제1 도금 전원 및 상기 제2 도금 전원을 제어하도록 구성된 제어를 더 포함하고,
- [0028] 상기 제1 도금 전원은 전력값(P_{11})을 출력하도록 설정되어 주기(T_{11})로 계속하고, 상기 주기(T_{11})가 종료되면, 상기 제1 도금 전원은 전력값(P_{12})을 출력하도록 조정되어 주기(T_{12})로 계속하고, 동시에 상기 제2 도금 전원은 전력값(P_{21})을 출력하도록 설정되어 주기(T_{21})로 계속하고, 상기 주기(T_{21})가 종료되면, 상기 제2 도금 전원은 전력값(P_{22})을 출력하도록 조정되어 주기(T_{22})로 계속하고; 상기 제1 도금 전원 및 상기 제2 도금 전원은 상기 제어기에 의해 상기한 바와 같이 주기적으로 제어된다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 도금 장치의 사시도이다.
- 도 2는 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 도금 챔버 조립체의 사시도이다.
- 도 3은 도 2에 도시된 도금 챔버 조립체의 단면도이다.
- 도 4는 애노드 전기접속을 나타내는 부분 확대도이다.
- 도 5는 도 2에 도시된 도금 챔버 조립체의 다른 단면도이다.
- 도 6은 벤트 드레인 통로의 상부 구조를 도시하는 부분 확대도이다.
- 도 7은 벤트 드레인 통로를 도시하는 부분 확대도이다.
- 도 8은 멤브레인 프레임의 단면도이다.
- 도 9a 내지 도 9c는 멤브레인 프레임의 다양한 하부 형상을 도시한다.
- 도 10은 캐소드 구역의 독립적인 도금액 공급을 나타내는 개략도이다.

- 도 11a는 캐소드 구역에 대응하는 도금액 공급 구멍이 동일한 밀도를 가지지만 다른 직경을 갖는 개략도이고, 도 11b는 캐소드 구역에 대응하는 도금액 공급 구멍이 동일한 직경을 가지지만 상이한 밀도를 갖는 개략도이다.
- 도 12는 확산 플레이트의 사시도이다.
- 도 13은 도 12에 도시된 확산 플레이트의 단면도이다.
- 도 14는 확산 플레이트의 설치를 도시하는 부분 확대도이다.
- 도 15a 및 도 15b는 제2 분리벽이 확산 플레이트에 고정되는 2가지 방법을 도시한다.
- 도 16a 내지 도 16c는 제2 분리벽의 다양한 형상을 도시한다.
- 도 17은 기관의 중심이 캐소드 챔버의 중심과 정렬되어 있는 조건 하에서 도금 프로파일을 도시한다.
- 도 18은 기관의 중심이 캐소드 챔버의 중심과 오정렬을 갖는 것을 도시한다.
- 도 19는 기관의 중심이 캐소드 챔버의 중심과 오정렬을 갖는 조건 하에서 도금 프로파일을 도시한다.
- 도 20은 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 도금 챔버 조립체의 사시도이다.
- 도 21은 도 20에 도시된 도금 챔버 조립체의 단면도이다.
- 도 22는 기관이 도금되는 동안 기관과 제2 분리벽 사이의 갭을 도시하는 간략화된 개략도이다.
- 도 23은 본 발명의 또 다른 예시적인 실시예에 따른 도금 챔버 조립체의 단면도이다.
- 도 24는 도 23에 도시된 도금 챔버 조립체의 중심 유동 조절을 도시하는 부분 확대도이다.
- 도 25는 중앙 캡의 사시도이다.
- 도 26은 중앙 캡의 다른 사시도이다.
- 도 27은 조정가능한 부재의 사시도이다.
- 도 28은 본 발명에 따른 각각의 애노드에 인가된 도금 전원의 출력의 파형도이다.
- 도 29는 본 발명에 따른 부분 도금 모드 정의를 나타내는 표이다.
- 도 30은 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 도금 방법의 흐름도이다.
- 도 31은 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 도금 방법의 흐름도이다.
- 도 32는 본 발명에 따른 부분 도금에 대한 파형도이다.
- 도 33은 본 발명에 따른 부분 도금에 대한 파형도이다.
- 도 34는 본 발명에 따른 부분 도금에 대한 다른 파형도이다.
- 도 35는 본 발명에 따른 부분 도금에 대한 또 다른 파형도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 도금 장치를 도시한다. 도금 장치는 척 조립체(100) 및 도금 챔버 조립체(200)를 구비한다. 척 조립체(100)는 도금을 위해 기관을 유지하도록 구성된다. 척 조립체(100)는 기관을 원하는 속도로 회전시키고, 수평면에 대해 원하는 각도를 경사지게 하고, 상하로 이동할 수 있다. 척 조립체(100)의 보다 상세한 설명은, 2015년 12월 4일자로 출원된 PCT 출원 PCT/CN2015/096402호에 개시되어 있으며, 이들 모두는 본원에 참고로 인용된다.
- [0032] 도 2 내지 도 7을 참조하면, 도금 챔버 조립체(200)는 애노드 챔버(210), 애노드 챔버(210)의 상부에 설정되는 캐소드 챔버(220), 애노드 챔버(210)와 캐소드 챔버(220)를 분리하는 멤브레인(230), 애노드 챔버(210)와 캐소드 챔버(220)를 둘러싸는 주변 챔버(240), 및 주변 챔버(240)의 상부에 설정되는 슈라우드(250)를 구비한다.
- [0033] 애노드 챔버(210)는 복수의 애노드 구역(211)으로 분할되고, 2개의 모든 인접한 애노드 구역(211)은 수직으로 배열된 구획부(212)에 의해 분리된다. 구획부(212)의 재료는 비전도성이고 내화학성이다. 구획부(212)는 전극을 분리하여 전해질 유동장을 제한한다. 일 실시예에서, 본 발명을 제한하지 않고서, 애노드 챔버(210)는 4

개의 애노드 구역(2111)으로 분할된다. 모든 애노드 구역(211)은 애노드(2111)를 수용한다. 애노드(2111)는, 예를 들어 구리 실린더 또는 구리 파티클일 수 있다. 4개의 애노드(2111)는 애노드 챔버(210)의 중심으로부터 예지까지 제1 애노드, 제2 애노드, 제3 애노드 및 제4 애노드로 각각 넘버링될 수 있다. 상이한 공정 요건에 따라, 애노드(2111)는 상이한 재료로 제조될 수 있다.

[0034] 도 4에 도시된 바와 같이, 모든 애노드 구역(211)은 전도성 플레이트(2112) 및 T-형 전도성 연결 부재(2113)를 더 수용하며, 이들 모두는 Ti로 제조될 수 있다. 연결 부재(2113)는 수평 부분 및 수직 부분을 갖는다. 전도성 플레이트(2112)는 애노드(2111) 아래에 위치된다. 연결 부재(2113)의 수평 부분은 전도성 플레이트(2112) 아래에 설정되고, 연결 부재(2113)의 수직 부분은 독립적으로 제어되는 도금 전원 연결하기 위해 애노드 구역(211)의 바닥에 형성된 관통 구멍을 통과한다. 도금 전원은 직류/전압 또는 펄스 전원일 수 있다. 도금 전류 또는 전압은 부분 도금을 구현하기 위해 대응하는 연결 부재(2113) 및 전도성 플레이트(2112)를 통해 각각의 애노드(2111)에 공급된다. 대안적으로, 일 실시예에서, 모든 연결 부재(2113)는 도금 전원에 연결되고, 도금 전원은 부분 도금을 구현하기 위해 애노드(2111) 사이에서 스위칭할 수 있다. 나사(2114)는 전도성 플레이트(2112)와 연결 부재(2113)를 함께 고정하기 위해 사용된다. 애노드 구역(211) 내의 도금액이 관통 구멍으로 누설되는 것을 방지하기 위해, 외부 시일 링(2115) 및 내부 시일 링(2116)은 연결 부재(2113)의 수평 부분과 애노드 구역(211)의 바닥 사이에 각각 설정된다. 애노드 구역(211)의 바닥은 외부 시일 링(2115)과 내부 시일 링(2116) 사이에 탈이온수 트로프(2117)를 추가로 형성한다. 외부 시일 링(2115), 내부 시일 링(2116) 및 탈이온수 트로프(2117)는 동심 링이다. 탈이온수 트로프(2117)는 탈이온수를 포함한다. 시일 효과는 이중 시일 링을 사용함으로써 개선된다. 외부 시일 링(2115)의 시일 효과가 도금액의 결정에 의해 파괴되면, 내부 시일 링(2116)은 도금액이 관통 구멍으로 누출되는 것을 방지할 수 있다. 외부 시일 링(2115)을 통해 유입된 도금액은 탈이온수 트로프(2117) 내로 유동한다. 도금액은 탈이온수 트로프(2117)에서 희석되어, 도금액이 내부 시일 링(2116)의 주위를 결정화시켜 내부 시일 링(2116)의 시일 효과를 파괴하는 것을 회피한다.

[0035] 멤브레인 프레임(221)은 애노드 챔버(210)의 상부에 고정되고, 멤브레인 프레임(221)의 바닥은 구획부(212)에 의해 지지된다. 멤브레인 프레임(221)은 캐소드 챔버(220)를 형성하도록 구성된다. 멤브레인(230)은 멤브레인 프레임(221)의 바닥에 부착되어 애노드 챔버(210)와 캐소드 챔버(220)를 분리한다. 복수 쌍의 시일 링(260)은 애노드 구역(211)들 사이의 임의의 질량 및 에너지 전달이 없도록 보장하기 위해 애노드 구역(211)을 완전히 분리하도록 구성된다. 특히, 한 쌍의 시일 링(260)이 멤브레인 프레임(221)의 하부와 애노드 챔버(210)의 상부 사이에 설정되고, 다른 쌍의 시일 링(260)이 멤브레인 프레임(221)의 바닥과 구획부(212)의 상부 사이에 각각 설정되어 완전히 독립적인 애노드 구역(211)을 형성한다. 모든 독립적인 애노드 구역(211)은 애노드 구역(211)에 도금액을 공급하기 위한 전해질 흐름 제어 장치에 연결된 양극액 입구(213)를 갖는다. 모든 독립적인 애노드 구역(211)은 노화된 전해질, 분해 생성물, 및 애노드 구역(211)으로부터의 파티클을 배출하기 위한 양극액 출구(214)를 갖는다.

[0036] 모든 독립적인 애노드 구역(211)은 벤트 드레인 출구(215)를 더 구비한다. 각각의 벤트 드레인 출구(215)는 벤트 드레인 통로(216)에 연결된다. 벤트 드레인 통로(216)는 애노드 구역(211)에 설정되어 구획부(212)에 인접한다. 벤트 드레인 통로(216)는 애노드 구역(211)의 최고점에 위치되는 상단부(217)를 갖는다. 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이, 벤트 드레인 통로(216)의 상단부(217)는 제1 표면(2171)과, 제1 표면(2171)에 연결되고 경사지게 하향 연장되는 제2 표면(2172)을 갖는다. 벤트 드레인 통로(216)의 상단부(217)의 제1 표면(2171)은 멤브레인(230)에 대해 인접하고, 벤트 드레인 입구(2173)는 멤브레인(230)과 벤트 드레인 통로(216)의 상단부(217)의 제2 표면(2172) 사이에 형성된다. 도금 공정에서, 전해액은 대응하는 양극액 입구(213)를 통해 각각의 애노드 구역(211)으로 전달되고, 벤트 드레인 입구(2173), 벤트 드레인 통로(216) 및 벤트 드레인 출구(215)를 통해 배출된다. 전해질에서 혼합된 버블은 애노드 구역(211)의 최고점에서 수집되고, 벤트 드레인 입구(2173), 벤트 드레인 통로(216) 및 벤트 드레인 출구(215)를 통해 배출된다. 각각의 애노드 구역(211)의 양극액 출구(214)는 애노드 챔버(210)가 전해질을 리프레시할 필요가 있거나 유지보수를 할 필요가 있을 때 애노드 챔버(210) 중 애노드 구역(211) 내의 전해질을 완전히 드레인하는데 사용된다.

[0037] 도 8을 참조하면, 캐소드 챔버(220)를 형성하도록 구성된 멤브레인 프레임(221)은 애노드 챔버(210)의 상부에 수평으로 배열된 베이스 부분(2211)을 갖는다. 베이스 부분(2211)은 강성의 천공형 또는 메시형 프레임이다. 베이스 부분(2211)의 주변부는 측벽(2212)을 형성하도록 상향으로 연장된다. 베이스 부분(2211) 및 측벽(2212)은 캐소드 챔버(220)를 구성한다. 측벽(2212)의 내부 표면은 클램프 슬롯(2213)을 형성한다. 복수의 제1 분리벽(2214)은 캐소드 챔버(220)를 복수의 캐소드 구역으로 분할하도록 베이스 부분(2211)의 상부에 배치된다. 일 실시예에서, 캐소드 챔버(220)를 제1 캐소드 구역(2215), 제2 캐소드 구역(2216), 제3 캐소드 구역(2217) 및

제4 캐소드 구역(2218)으로 각각 명명된 4개의 캐소드 구역으로 분할하는 3개의 제1 분리벽(2214)이 존재한다.

[0038] 멤브레인 프레임(221)의 베이스 부분(2211)는 캐소드 챔버(220)에 도금액을 공급하기 위한 복수의 브랜치 파이프(2219)를 갖는다. 각각의 브랜치 파이프(2219)는 베이스 부분(2211)의 에지로부터 베이스 부분(2211)의 중앙으로 연장되어, 각각의 브랜치 파이프(2219) 내의 도금액의 유동 방향이 베이스 부분(2211)의 에지로부터 중심까지 연장된다. 각각의 브랜치 파이프(2219)는 음극액 유입구(2221)에 연결된다. 각 브랜치 파이프(2219)는 복수의 도금액 공급 구멍(2222)을 갖는다. 각 브랜치 파이프(2219) 상의 복수의 공급 구멍(2222)은 4개의 그룹으로 분할되고, 공급 구멍(2222)의 각 그룹은 하나의 캐소드 구역에 대응한다. 도 11a에 도시된 바와 같이, 제1 캐소드 구역(2215), 제2 캐소드 구역(2216), 제3 캐소드 구역(2217) 및 제4 캐소드 구역(2218)에 대응하는 공급 구멍(2222)의 밀도는 동일하지만, 제1 캐소드 구역(2215), 제2 캐소드 구역(2216), 제3 캐소드 구역(2217) 및 제4 캐소드 구역(2218)에 대응하는 공급 구멍(2222)의 직경은 상이하다. 공급 구멍(2222)의 직경은 제1 캐소드 구역(2215)에서 제4 캐소드 구역(2218)까지 점진적으로 증가한다. 다른 실시예에서, 도 11b에 도시된 바와 같이, 제1 캐소드 구역(2215), 제2 캐소드 구역(2216), 제3 캐소드 구역(2217) 및 제4 캐소드 구역(2218)에 대응하는 공급 구멍(2222)의 직경은 동일하지만, 제1 캐소드 구역(2215), 제2 캐소드 구역(2216), 제3 캐소드 구역(2217) 및 제4 캐소드 구역(2218)에 대응하는 공급 구멍(2222)의 밀도는 상이하다. 공급 구멍(2222)의 밀도는 제1 캐소드 구역(2215)에서 제4 캐소드 구역(2218)까지 점진적으로 증가한다. 각 공급 구멍(2222)의 도금액 분사방향은 수직 평면에 대해 경사진다. 도금액이 각각의 브랜치 파이프(2219)를 통해 제1 캐소드 구역(2215), 제2 캐소드 구역(2216), 제3 캐소드 구역(2217) 및 제4 캐소드 구역(2218)에 동시에 공급되어, 제1 캐소드 구역(2215), 제2 캐소드 구역(2216), 제3 캐소드 구역(2217) 및 제4 캐소드 구역(2218)의 도금액 공급이 비-독립적인 제어인 것이 도 8에서 알 수 있다.

[0039] 캐소드 도금액 공급의 또 다른 실시예를 도시하는 도 10을 참조한다. 베이스 부분(2211) 상에 대칭적으로 분포된 8개의 브랜치 파이프(2219)가 존재한다. 복수의 도금액 공급 구멍(2222)을 갖는 2개의 모든 대향하는 브랜치 파이프(2219)는 하나의 캐소드 구역에 도금액을 공급하기 위한 한 쌍의 브랜치 파이프를 형성한다. 따라서, 제1 캐소드 구역(2215), 제2 캐소드 구역(2216), 제3 캐소드 구역(2217) 및 제4 캐소드 구역(2218)에 도금액을 각각 공급하도록 구성된 4쌍의 브랜치 파이프(2219)가 존재한다. 모든 쌍의 브랜치 파이프(2219)의 도금액 공급 구멍(2222)이 하나의 캐소드 구역에만 대응하여, 제1 캐소드 구역(2215), 제2 캐소드 구역(2216), 제3 캐소드 구역(2217) 및 제4 캐소드 구역(2218)의 도금액 공급이 독립적으로 제어될 수 있으므로, 캐소드 구역들 사이의 전기장 간섭을 회피할 수 있음이 도 10에서 알 수 있다.

[0040] 멤브레인(230)은 애노드 챔버(210)와 캐소드 챔버(220)를 분리하기 위해 멤브레인 프레임(221)의 베이스 부분(2211)의 바닥에 부착된다. 단지 금속 이온만이 멤브레인(230)을 통해 특정 방향으로 전달할 수 있고, 전해질 및 전해질 내의 첨가제는 멤브레인(230)을 통해 전달할 수 없어, 애노드 챔버(210)와 캐소드 챔버(220) 사이의 금속 이온 교환만이 보장된다.

[0041] 멤브레인 프레임(221)의 베이스 부분(2211)의 바닥은 다양한 형상으로 설계될 수 있다. 예를 들어, 베이스 부분(2211)의 바닥은 도 9a에 도시된 바와 같이 비스듬하게 상향으로 연장된다. 대안적으로, 베이스 부분(2211)의 바닥은 도 9b에 도시된 바와 같이 실질적으로 V-자형이거나, 또는 베이스 부분(2211)의 바닥은 도 9c에 도시된 바와 같이 실질적으로 역 V-자형이다.

[0042] 확산 플레이트(270)는 캐소드 챔버(220)에 설정된다. 도 12 내지 도 14를 참조하면, 확산 플레이트(270)는 확산 플레이트(270)를 관통하는 복수의 구멍(271)을 갖는다. 구멍(271)의 크기 및 분포는 전해질 질량 필드 및 전기장을 결정하며, 이는 최종적으로 도금 프로파일 및 시스템 저항에 영향을 미칠 것이다. 확산 플레이트(270)의 상부 표면은 복수의 상부 삽입 슬롯(272)을 형성한다. 복수의 상부 삽입 슬롯(272)은 동심 링이다. 일 실시예에서, 확산 플레이트(270)의 상부 표면은 3개의 상부 삽입 슬롯(272)을 형성한다. 확산 플레이트(270)의 하부 표면은 복수의 하부 삽입 슬롯(273)을 형성한다. 복수의 하부 삽입 슬롯(273)은 동심 링이다. 하부 삽입 슬롯(273)의 개수는 멤브레인 프레임(221)의 제1 분리벽(2214)의 개수와 일치한다. 상부 삽입 슬롯(272) 및 하부 삽입 슬롯(273)은 일대일 대응이다. 일 실시예에서, 확산 플레이트(270)의 하부 표면은 3개의 하부 삽입 슬롯(273)을 형성한다. 멤브레인 프레임(221)의 복수의 제1 분리벽(2214)은 확산 플레이트(270)의 복수의 하부 삽입 슬롯(273)에 각각 삽입되어, 캐소드 챔버(220) 내의 확산 플레이트(270)를 지지한다. 도 14에 도시된 바와 같이, 복수의 고정 부재(274)는 캐소드 챔버(220) 내에 확산 플레이트(270)를 고정하도록 구성된다. 구체적으로, 모든 고정 부재(274)는 고정 플레이트(2741)와, 고정 플레이트(2741)의 측면으로부터 돌출된 삽입 플레이트(2742)를 갖는다. 고정 부재(274)의 삽입 플레이트(2742)는 멤브레인 프레임(221)의 클램프 슬롯(2213)에 삽입되고, 고정 나사(2743)는 고정 플레이트(2741)와 확산 플레이트(270c)의 에지를 고정하도록

구성된다. 이러한 방식으로, 확산 플레이트(270)는 캐소드 챔버(220)에 고정된다.

- [0043] 복수의 제2 분리벽(280)이 확산 플레이트(270)의 상부 삽입 슬롯(272)에 삽입 및 고정되어 캐소드 챔버(220)를 복수의 캐소드 구역으로 분할하므로, 기관 에지 도금 프로파일 제어를 유리하게 한다. 일 실시예에서, 제2 분리벽(280)의 개수는 캐소드 챔버(220)를 4개의 캐소드 구역으로 분할하도록 3개이다. 제2 분리벽(280)은 PVC, PP 등과 같은 비-전도성 및 항-산성 재료로 제조된다.
- [0044] 확산 플레이트(270)의 상부 표면 상에 제2 분리벽(280)을 고정하는 몇 가지의 방식이 있다. 도 15a 및 도 15b를 참조하면, 도 15a는 제2 분리벽(280)이 페이스팅 및 용접에 의해 확산 플레이트(270)의 상부 표면 상에 고정되는 것을 도시하고, 도 15b는 제2 분리벽(280)이 삽입에 의해 확산 플레이트(270)의 상부 표면에 고정되는 것을 도시한다.
- [0045] 제2 분리벽(280)의 두께는 제2 분리벽(280)의 맞은 편에 있는 기관 상의 영역의 도금 프로파일에 영향을 미칠 것이고, 이들 영역의 도금된 막 두께는 제2 분리벽(280) 위의 전기장이 더 약한 것에 기인하여 기관 상의 다른 영역보다 낮을 것이므로, 구역 대 구역 도금 프로파일 경계 효과를 유발한다. 따라서, 더 얇은 두께를 갖는 제2 분리벽(280)은 경계 효과를 최소화하는데 도움이 된다. 일 실시예에서, 모든 제2 분리벽(280)의 두께는 약 0.05mm이다. 그리고, 제2 분리벽(280)의 상부 형상을 최적화함으로써 경계 효과를 약화시킬 수 있다. 도 16a 내지 도 16c를 참조하면, 다양한 형태의 제2 분리벽이 도시되어 있다. 도 16a는 직사각형 상부 구조를 갖는 제2 분리벽(280')을 도시한다. 도 16b는 삼각형 상부 구조를 갖는 제2 분리벽(280'')을 도시한다. 도 16c는 아크 상부 구조를 갖는 제2 분리벽(280''')을 도시한다. 명백하게, 삼각형 또는 아크 상부 구조를 갖는 제2 분리벽은 직사각형 상부 구조를 갖는 제2 분리벽보다 양호하며, 삼각형 또는 아크 상부 구조를 갖는 제2 분리벽은 경계 효과를 약화시키는데 더 바람직하다.
- [0046] 도 3을 다시 참조하면, 주변 챔버(240)는 애노드 챔버(210) 및 캐소드 챔버(220)를 둘러싼다. 주변 챔버(240)는, 주변 챔버(240)의 바닥에 분포되는 복수의 음극액 출구(241)를 갖는다. 음극액 출구(241)는 음극액 탱크와 연결된다. 캐소드 도금액은 브랜치 파이프(2219)의 공급 구멍(2222)을 통해 제1 캐소드 구역(2215), 제2 캐소드 구역(2216), 제3 캐소드 구역(2217) 및 제4 캐소드 구역(2218)으로 공급되고, 제1 캐소드 구역(2215), 제2 캐소드 구역(2216), 제3 캐소드 구역(2217) 및 제4 캐소드 구역(2218) 내의 캐소드 도금액은 상향으로 유동하여 확산 플레이트(270)를 통과한다. 캐소드 챔버(220)의 도금액은 캐소드 챔버(220)로부터 오버플로우되어 주변 챔버(240)에 수용된다. 주변 챔버(240) 내의 도금액은 음극액 출구(241)를 통해 배출되어 음극액 탱크에 의해 수용된다.
- [0047] 도 3 및 도 5를 참조하면, 슈라우드(250)는 주변 챔버(240)의 상부에 위치되어 기관이 도금되는 동안 도금액 스플래쉬(splash)를 회피한다. 슈라우드(250)는 수집 그루브(251)를 갖는다. 슈라우드(250)는 액체 입구(252)와 수집 그루브(251)에 형성된 액체 출구(253)를 갖는다. 세정액은 슈라우드(250)를 세정하기 위해 액체 입구(252)를 통해 수집 그루브(251)에 공급될 수 있다. 수집 그루브(251) 내의 액체는 액체 출구(253)를 통해 배출된다.
- [0048] 적어도 하나의 기관 린스 노즐(290)은 기관이 도금된 후에 기관 상에 도금된 막을 세정하도록 구성되어, 도금 막을 에칭하는 전해질을 회피한다. 도 5는 기관의 도금 막을 세정하기 위한 한 쌍의 기관 린스 노즐(290)을 도시한다. 도금 막을 세정하는 동안, 세정액은 슈라우드(250)의 수집 그루브(251)에 의해 수집되어 슈라우드(250)의 액체 출구(253)를 통해 배출된다.
- [0049] 척 세정 노즐(300)은 척 조립체(100)를 세정하도록 구성된다. 척 조립체(100)를 세정하는 동안, 세정액은 슈라우드(250)의 수집 그루브(251)에 의해 수집되어 슈라우드(250)의 액체 출구(253)를 통해 배출된다.
- [0050] 도금 장치가 상호접속 구조를 형성하기 위해 기관 상에 금속층을 도금하는데 사용될 때, 기관(400)은 도금을 위한 기관(400)을 유지하도록 구성된 척 조립체(100)로 이송된다. 척 조립체(100)는 도금 챔버 조립체(200) 위에 위치된다. 기관(400)은 트렌치, 비아 등과 같은 패터화된 구조의 특징부를 갖는다. 척 조립체(100)는 기관(400)을 지지하고, 기관(400)이 캐소드 챔버(220)의 도금액에 잠기게 한다. 척 조립체(100)는 기관(400)이 수평 평면에 대해 사전설정된 각도로 경사지게 하고, 기관(400)이 캐소드 챔버(220)의 도금액에 들어가는 공정 동안 사전설정된 속도로 회전하도록 작동가능하고, 동시에 척 조립체(100)는 기관(400)이 캐소드 챔버(220)의 도금액에 침지되도록 하방으로 이동하도록 작동가능하다. 기관(400) 침지 공정에서, 척 조립체(100)는 기관(400)이 캐소드 챔버(220)의 도금액에 완전히 침지될 때 기관(400)이 점진적으로 수평이 되고 최종적으로 수평하게 되도록 작동가능하다.

- [0051] 도 18을 참조하면, 기관(400) 도금 공정 동안, 바람직하게, 기관(400)의 중심은 캐소드 챔버(220)의 중심과 오정렬되어, 제2 분리벽(280)에 의해 유도되는 경계 효과를 최소화 또는 제거할 수도 있다. 도 17은 기관(400)의 중심이 캐소드 챔버(220)의 중심과 정렬된 조건 하에서의 도금 프로파일을 도시한다. 도 19는 기관(400)의 중심이 캐소드 챔버(220)의 중심과 오정렬된 조건 하에서의 도금 프로파일을 도시한다. 기관(400)의 중심이 기관(400)의 도금 공정 중에 캐소드 챔버(220)의 중심과 정렬되어 있는 경우에, 기관(400) 상에 구역 도금 프로파일 경계 효과가 나타나는 것을 도 17에서 알 수 있다. 반대로, 도 19에 도시된 바와 같이, 기관(400)의 중심이 캐소드 챔버(220)의 중심과 오정렬된 경우에, 구역 도금 프로파일 경계 효과가 없어진다.
- [0052] 기관(400)과 제2 분리벽(280)의 상단부 사이의 갭은 도금 속도 및 도금 프로파일 제어를 위해 중요하다. 작은 갭은 단일 구역 도금 프로파일 제어에 보다 유익하다. 각 구역의 도금 전류는 그 구역 상에만 작용할 것이고, 구역들 간에 최소 전류 트로스트킹(cross talking)이 존재한다. 더 큰 갭은 매끄러운 도금 프로파일을 달성하는데 유익하다. 따라서, 트렌치, 비아 등의 충전 후에, 기관(400)의 패터닝된 구조가 완료되는 한편, 후속의 과충된 금속층 도금을 실시하고, 바람직하게 기관(400)과 제2 분리벽(280)의 상단부 사이의 갭은 큰 갭으로 조정될 수 있다. 통상적으로, 갭은 도금 공정 동안 1mm 내지 20mm의 범위로 설정된다.
- [0053] 도 20 내지 도 22를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 도금 챔버 조립체(500)가 도시되어 있다. 도금 챔버 조립체(500)는 애노드 챔버(510), 애노드 챔버(510)의 상부에 배치된 캐소드 챔버(520), 애노드 챔버(510)와 캐소드 챔버(520)를 분리하는 멤브레인(530), 애노드 챔버(510)와 캐소드 챔버(520)를 둘러싸는 주변 챔버(540), 주변 챔버(540)의 상부에 설정되는 슈라우드(550), 캐소드 챔버(520)에 설정되는 확산 플레이트(570), 확산 플레이트(570)에 고정되는 복수의 제2 분리벽(580), 및 기관이 도금된 후에 기관 상의 도금된 막을 세정하도록 구성된 적어도 하나의 기관 린스 노즐(590)을 구비하며, 그 모두는 도금 챔버 조립체(200)와 동일하다. 도금 챔버 조립체(500)는 도금 챔버 조립체(200)와 유사하며, 도금 챔버 조립체(500)와 도금 챔버 조립체(200) 간의 차이는 도금 챔버 조립체(500)가 제3 분리벽(5010)을 갖는 점이다. 제3 분리벽(5010)은 확산 플레이트(570)의 주변 에지 상에 그리고 캐소드 챔버(520)의 측벽과 최외측의 제2 분리 벽(580) 사이에 고정된다. 제3 분리벽(5010)의 높이는 제2 분리벽(580)의 높이보다 낮다. 도 22에 도시된 바와 같이, 일 실시예에서, 캐소드 챔버(520)를 제1 캐소드 구역(5215), 제2 캐소드 구역(5216), 제3 캐소드 구역(5217) 및 제4 캐소드 구역(5218)으로 각각 명명된 4개의 캐소드 구역으로 분할하는 3개의 제2 분리벽(580)이 존재한다. 제3 분리벽(5010)은 기관(400)의 주변 에지 상의 도금 프로파일을 조정하기 위해 제4 캐소드 구역(5218)에 설정된다. 제3 분리벽(5010)의 높이는 제2 분리벽(580)의 높이보다 낮으며, 이는 기관(400)이 캐소드 챔버(520)의 도금액에 들어가는 것이 편리하다. 확산 플레이트(570)의 상부 표면은 복수의 제3 삽입 슬롯을 형성하고, 제3 분리벽(5010)은 기관(400)의 주변 에지 상의 도금 프로파일을 조정하기 위해 제3 삽입 슬롯 중 하나에 선택적으로 삽입된다.
- [0054] 도 23 내지 도 27을 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 도금 챔버 조립체(600)가 도시되어 있다. 도금 챔버 조립체(600)는 애노드 챔버(610), 애노드 챔버(610)의 상부에 배치된 캐소드 챔버(620), 애노드 챔버(610)와 캐소드 챔버(620)를 분리하는 멤브레인(630), 애노드 챔버(610)와 캐소드 챔버(620)를 둘러싸는 주변 챔버(640), 주변 챔버(640)의 상부에 설정되는 슈라우드(650), 캐소드 챔버(620)에 설정되는 확산 플레이트(670), 확산 플레이트(670)에 고정되는 복수의 제2 분리벽(680), 확산 플레이트(670)의 주변 에지에 고정되는 제3 분리벽(6010), 및 기관이 도금된 후 기관 상에 도금된 막을 세정하도록 구성된 적어도 하나의 기관 린스 노즐(690)을 구비한다. 도금 챔버 조립체(600)는 도금 챔버 조립체(500)와 유사하며, 도금 챔버 조립체(500)와 비교하여, 도금 챔버 조립체(600)는 중앙 캡(6020) 및 조정가능한 부재(6030)를 더 구비한다. 중앙 캡(6020) 및 조정가능한 부재(6030)는 애노드 챔버(610)의 상부에 고정되고 캐소드 챔버(620)를 형성하도록 구성된 멤브레인 프레임(621)의 중앙에 배치되어, 기관 중심 범위에서의 전기장과 도금액 유동의 균일성을 개선시킨다. 멤브레인(630)은 멤브레인 프레임(621)의 바닥에 부착되어 애노드 챔버(610)와 캐소드 챔버(620)를 분리한다.
- [0055] 도 24에 도시된 바와 같이, 멤브레인 프레임(621)의 바닥의 중심은 제1 캐비티(62111)를 형성한다. 제1 캐비티(62111)의 바닥 개구는 멤브레인(630)에 의해 커버되어 애노드 챔버(610)의 중심에 위치한 애노드 구역과 제1 캐비티(62111) 사이에 금속 이온 교환만이 존재한다. 제1 캐비티(62111)는 멤브레인 프레임(621)에 형성된 복수의 채널(62112)을 통해 복수의 브랜치 파이프(6219)에 연결된다. 도금액은 복수의 브랜치 파이프(6219) 및 복수의 채널(62112)을 통해 제1 캐비티(62111)에 공급된다. 멤브레인 프레임(621)의 상부의 중심은 제2 캐비티(62113)를 형성한다. 제2 캐비티(62113)는 연결 통로(62114)를 통해 제1 캐비티(62111)와 연결된다. 제2 캐비티(62113)의 상부는 외향으로 연장되어 단차부(62115)를 형성한다. 중앙 캡(6020)은 단차부(62115)에 의해 지지된다. 중앙 캡(6020)은 다수의 나사에 의해 단차부(62115) 상에 고정된다.

- [0056] 중앙 캡(6020)의 일례를 도시하는 도 25 및 도 26를 참조한다. 중앙 캡(6020)은 중앙 캡(6020)의 중심을 관통하는 중앙 구멍(60201)을 갖는다. 중앙 캡(6020)은 균일한 유동 분포를 위해 중앙 캡(6020) 상에 반경방향으로 배치된 복수의 오리피스(60202)를 갖는다. 오리피스(60202)의 직경은 동일하거나 상이할 수 있다. 기관 상에 반경의 증가가 있기 때문에, 영역이 증가하여 도금 질량 전달을 충족시킬 필요가 있다. 따라서, 바람직하게, 오리피스(60202)의 직경은 중앙 캡(6020)의 중심으로부터 예지까지 점진적으로 증가한다. 대안적으로, 중앙 캡(6020) 상의 오리피스(60202)의 밀도는 동일하거나 상이할 수 있다. 바람직하게, 오리피스(60202)의 밀도는 중심 캡(6020)의 중심으로부터 예지까지 점진적으로 증가한다. 중앙 캡(6020)은 복수의 장착 구멍(60203)을 갖는다. 복수의 나사는 중앙 캡(6020)의 장착 구멍(60203) 및 멤브레인 프레임(621)의 단차부(62115)에 각각 삽입되어 단차부(62115) 상에 중앙 캡(6020)을 고정한다. 바람직하게, 중앙 캡(6020)과 단차부(62115) 사이에는 O-링이 설정된다.
- [0057] 도 27은 조정가능한 부재(6030)의 일례를 도시한다. 조정가능한 부재(6030)는 중앙 캡(6020)에 공급된 도금액의 흐름을 조절하도록 구성되어, 기관의 중심 범위로 공급되는 도금액의 흐름을 더욱 조정한다. 조정가능한 부재(6030)는 중앙 캡(6020)의 중앙 구멍(60201)에 삽입되고 중앙 흐름 제어를 위해 멤브레인 프레임(621)의 연결 통로(62114)의 상단부에 위치된다. 조정가능한 부재(6030)는 멤브레인 프레임(621)의 연결 통로(62114)의 상단부를 완전히 차단하여 도금액이 중앙 캡(6020)에 공급될 수 없도록 할 수 있다. 조정가능한 부재(6030)를 상향으로 점진적으로 상승시킴으로써, 연결 통로(62114)의 상부 개구는 점진적으로 개방되어 도금액이 중앙 캡(6020)에 공급된다. 따라서, 기관의 중심 범위에 공급되는 도금액의 흐름은 조정가능한 부재(6030)를 상승시킴으로써 조정될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 조정가능한 부재(6030)는 베이스 바디(60301)와, 베이스 바디(60301)의 바닥에 형성된 차단 구성요소(60302)를 갖는다. 베이스 바디(60301)는 원통형상이다. 차단 구성요소(60302)는 역-원뿔형상이다. 베이스 바디(60301)의 상부는 조정가능한 부재(6030)가 중앙 캡(6020)에 공급되는 도금액의 흐름을 조절하기 위해 중앙 캡(6020)의 중앙 구멍(60201) 내에서 상향 또는 하향으로 이동하도록 나사 드라이버와 같은 공구를 사용하여 조정가능한 부재(6030)를 편리하게 회전시키기 위한 그루브-형상 개구(60303)를 형성하여, 기관의 중심 범위로 공급되는 도금액의 흐름을 조정한다. 중앙 캡(6020)에 공급된 도금액의 유동은 조정가능한 부재(6030)에 의해 독립적으로 제어된다는 것을 알 수 있다.
- [0058] 각각의 애노드에 인가된 도금 전원의 출력을 예시하는 도 28을 참조한다. 도금 전원은 펄스 전원일 수 있다.
- [0059] 도면에 도시되어 있지는 않지만, 제어기는 상이한 모드로 작동하도록 도금 전원을 제어하도록 제공되어 구성된다. 제어기는 각각의 도금 전원에 연결될 수 있고, 제어기는 하이와 같이 작동하도록 도금 전원을 제어하도록 구성될 수 있다.
- [0060] 도 29와 조합하여, 각각의 애노드에 인가된 도금 전원은 하기의 모드로 설정될 수 있다:
- [0061] 모드 M_{0A1} : 매 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 도금 전원의 출력은 전류이다. 전력값(P_{n1})은 1ASD보다 적은 낮은 값이다. " n "은 애노드의 일련 번호를 나타낸다. 시간 주기(T_{n1})인 펄스 길이는 짧아, 10ms보다 낮다. 매 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 도금 전원의 출력은 0이다. 시간 주기(T_{n2})인 펄스 길이는 짧아, 10ms보다 낮다. 모드(M_{0A1})를 취함으로써, 기관 상의 시드층이 보호될 수 있어, 시드층 표면이 도금액에 의한 에칭 또는 비제어가능한 전기화학적 반응을 회피할 수 있다.
- [0062] 모드 M_{0A2} : 매 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 도금 전원의 출력은 전압이다. 전력값(P_{n1})은 1ASD보다 적은 낮은 값이다. 시간 주기(T_{n1})인 펄스 길이는 짧아, 10ms보다 낮다. 매 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 도금 전원의 출력은 0이다. 시간 주기(T_{n2})인 펄스 길이는 짧아, 10ms보다 낮다. 모드(M_{0A2})를 취함으로써, 기관 상의 시드층이 보호될 수 있어, 시드층 표면이 도금액에 의한 에칭 또는 비제어가능한 전기화학적 반응을 회피할 수 있다.
- [0063] 모드 M_{0B1} : 매 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 도금 전원의 출력은 전류이다. 전력값(P_{n1})은 1ASD보다 적은 낮은 값이다. 시간 주기(T_{n1})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 매 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 도금 전원의 출력은 0이다. 시간 주기(T_{n2})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 좁은 라인을 도금하는 동안, PVD(물리적 증착법) 공정의 결함은 좁은 라인의 측벽 상의 시드층 증착이 연속적이고 균일하지 않게 할 수 있어, 좁은 라인의 측벽에 대한 도금 실패를 유도하고 후속 도금 공정이 구현될 때 약간의 공극을 형성한다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 시드층 상에 금속층을 도금하기 전에 기관의 패터닝된 구조 상에 시드층을 보수하는 것이 바람직하다. 모드 M_{0B1} 을 취함으로써, 기관의 패터닝된 구조 상의 시드층이 보수될 수 있다. 도금 전원의 출력이 낮은 전류이기 때문

에, 간 주기(T_{n1}) 내에서, 도금액 내의 첨가제는 도금이 등각의 도금 공정이 되도록 활성화되지 않으며, 이는 패터닝된 구조의 바닥 및 측벽이 얇은 금속층을 균일하게 도금되게 하여, 패터닝된 구조 상의 시드층의 균일성을 최적화할 것이다.

[0064] 모드 M_{0B2} : 매 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 도금 전원의 출력은 전압이다. 전력값(P_{n1})은 1ASD보다 적은 낮은 값이다. 시간 주기(T_{n1})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 매 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 도금 전원의 출력은 0이다. 시간 주기(T_{n2})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 모드 M_{0B1} 와 마찬가지로, 모드 M_{0B2} 을 취함으로써, 기관의 패터닝된 구조 상의 시드층이 보수될 수 있다.

[0065] 모드 M_1 : 매 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 도금 전원의 출력은 전류이다. 전력값(P_{n1})은 1ASD보다 큰 높은 값이다. 시간 주기(T_{n1})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 매 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 도금 전원의 출력은 전류이다. 전력값(P_{n2})은 0이다. 시간 주기(T_{n2})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 첨가제와 연동하는 모드(M_1)를 취함으로써, 패터닝된 구조를 충전하는데 상향식(bottom-up) 도금이 형성된다. 패터닝된 구조에서, 수직방향 도금 속도가 가속되고, 수평방향 도금 속도는 억제된다.

[0066] 모드 M_2 : 매 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 도금 전원의 출력은 전류이다. 전력값(P_{n1})은 1ASD보다 큰 높은 값이다. 시간 주기(T_{n1})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 매 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 도금 전원의 출력은 1ASD보다 적은 낮은 값이다. 시간 주기(T_{n2})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 모드(M_2)를 취함으로써, 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 패터닝된 구조를 충전하는데 상향식 도금이 형성되고, 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 패터닝된 구조 상의 시드층이 보수될 수 있다.

[0067] 모드 M_3 : 매 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 도금 전원의 출력은 전류이다. 전력값(P_{n1})은 1ASD보다 큰 높은 값이다. 시간 주기(T_{n1})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 매 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 도금 전원의 출력은 무전류의 낮은 전압이다. 전류값은 0ASD이다. 시간 주기(T_{n2})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 모드(M_3)를 취함으로써, 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 패터닝된 구조를 충전하는데 상향식 도금이 형성되고, 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 패터닝된 구조 상의 시드층이 보호되어, 시드층 표면이 도금액에 의한 에칭 또는 비제어가능한 전기화학적 반응을 회피할 수 있다.

[0068] 모드 M_4 : 매 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 도금 전원의 출력은 전류이다. 전력값(P_{n1})은 1ASD보다 큰 높은 값이다. 시간 주기(T_{n1})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 매 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 도금 전원의 출력은 1ASD보다 적은 낮은 전류를 갖는 낮은 전압이다. 시간 주기(T_{n2})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 모드(M_4)를 취함으로써, 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 패터닝된 구조를 충전하는데 상향식 도금이 형성되고, 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 패터닝된 구조 상의 시드층이 보수될 수 있다.

[0069] 모드 M_5 : 매 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 도금 전원의 출력은 전압이다. 전력값(P_{n1})은 1ASD보다 큰 높은 값이다. 시간 주기(T_{n1})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 매 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 도금 전원의 출력은 무전류의 낮은 전압이다. 전류값은 0ASD이다. 시간 주기(T_{n2})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 모드(M_5)를 취함으로써, 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 패터닝된 구조를 충전하는데 상향식 도금이 형성되고, 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 패터닝된 구조 상의 시드층이 보호되어, 시드층 표면이 도금액에 의한 에칭 또는 비제어가능한 전기화학적 반응을 회피할 수 있다.

[0070] 모드 M_6 : 매 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 도금 전원의 출력은 전압이다. 전력값(P_{n1})은 1ASD보다 큰 높은 값이다. 시간 주기(T_{n1})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 매 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 도금 전원의 출력은 1ASD보다 적은 낮은 전류를 갖는 낮은 전압이다. 시간 주기(T_{n2})인 펄스 길이는 길어, 10ms보다 높다. 모드(M_6)를 취함으로써, 시간 주기(T_{n1}) 내에서, 패터닝된 구조를 충전하는데 상향식 도금이 형성되고, 시간 주기(T_{n2}) 내에서, 패터닝된 구조 상의 시드층이 보수될 수 있다.

[0071] 모드 M_{0A1} 내지 M_6 에서, 전류 및 전압 모두는 설명된 바와 같이 전류 밀도로 변환된다. 통상적으로, 모든 애노드

구역은 동일한 전류 밀도를 갖지만, 유동 및 전기장 분포에 따라, 각 애노드 구역의 전류 보정이 실제 응용에 필요하다.

- [0072] 모드 M_{0A1} 내지 M_6 에 따르면, 본 발명은 기관 상에 금속층을 도금하기 위한 도금 방법을 제공하여, 예를 들어 상호접속 구조를 형성한다.
- [0073] 도 30 및 도 32를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 도금 방법을 도시한다. 패턴화된 구조의 특징을 포함하는 기관 상에 금속층을 도금하기 위한 도금 방법은 하기와 같은 단계, 즉
- [0074] 단계 3001: 적어도 제1 애노드 및 제2 캐소드를 구비하는 도금 챔버 조립체의 도금액에 기관을 침지시키는 단계;
- [0075] 단계 3002: 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 턴온하고, 제1 도금 전원 설정하여 전력값(P_{11})을 출력하고 주기(T_{11})로 계속하는 단계;
- [0076] 단계 3003: 주기(T_{11})가 종료하면, 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{12})을 출력하고 주기(T_{12})로 계속하고, 동시에 제2 애노드에 인가된 제2 도금 전원을 턴온하고, 제2 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{21})을 출력하고 주기(T_{21})로 계속하는 단계;
- [0077] 단계 3004: 주기(T_{21})가 종료되면, 제2 애노드에 인가된 제2 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{22})을 출력하고 주기(T_{22})로 계속하고, 동시에 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{11})을 출력하고 주기(T_{11})로 계속하는 단계;
- [0078] 를 구비하고,
- [0079] 단계 3003 내지 단계 3004는 주기적으로 수행된다. 제1 도금 전원은 주기(T_{11})로 전력값(P_{11})을 계속적으로 출력하도록 제어되고, 주기(T_{12})를 갖는 전력값(P_{12})은 하나의 사이클로 정의될 수 있다.
- [0080] 일 실시예에서, 상기 전력값(P_{12})은 상기 전력값(P_{11})보다 낮고, 상기 전력값(P_{22})은 상기 전력값(P_{21})보다 낮다.
- [0081] 일 실시예에서, 상기 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{12})을 출력하는 것과 상기 제2 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{21})을 출력하는 것 사이에는 시간 간격이 있다.
- [0082] 일 실시예에서, 상기 제2 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{22})을 출력하는 것과 상기 제1 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{11})을 출력하는 것 사이에는 시간 간격이 있다.
- [0083] 일 실시예에서, 단계 3003 내지 단계 3004가 수행되는 경우, 상이한 모드가 적용되고, 상기 상이한 모드는 전류 유형, 전력값 및 주기 길이의 상이한 조합을 가지며, 상기 모드는 도금 공정의 상(phases)에 따라 선택된다.
- [0084] 일 실시예에서, 상기 제1 도금 전원 및 상기 제2 도금 전원은 순차적으로 턴온되고, 상기 주기(T_{11}) 및 상기 주기(T_{21})는 조정가능하므로, 제1 애노드 및 제2 애노드를 수용하는 애노드 구역에 대응하는 도금막 두께가 제어된다.
- [0085] 상기 전력값(P_{12}) 및 상기 전력값(P_{22})은 0 또는 각각 설정값이다.
- [0086] 상기 주기(T_{11}) 및 상기 주기(T_{21})는 각각 0.01ms 내지 2000ms의 범위이다.
- [0087] 상기 주기(T_{12}) 및 상기 주기(T_{22})는 각각 0.01ms 내지 2000ms의 범위인,
- [0088] 일 실시예에서, 상기 제1 도금 전원 및 상기 제2 도금 전원은 펄스 직류 전류(bulse direct current)이다.
- [0089] 다른 실시예에서, 상기 제1 도금 전원 및 상기 제2 도금 전원은 펄스 직류 전압(pulse direct voltage)이다.
- [0090] 또 다른 실시예에서, 상기 주기(T_{11}) 및 주기(T_{21}) 동안, 상기 제1 도금 전원 및 상기 제2 도금 전원은 펄스 직류 전류이고, 상기 주기(T_{12}) 및 주기(T_{22}) 동안, 상기 제1 도금 전원 및 상기 제2 도금 전원은 설정값을 갖는 펄스 직류 전압이다.

- [0091] 도 31 및 도 32를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 도금 방법을 도시한다. 패턴화된 구조의 특징을 포함하는 기판 상에 금속층을 도금하기 위한 도금 방법은 하기와 같은 단계, 즉
- [0092] 단계 3101: 적어도 제1 애노드 및 제2 애노드를 구비하는 도금 챔버 조립체의 도금액 내에 기판을 도입하고, 동시에 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 턴온하고, 제1 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{11})을 출력하고 주기(T_{11})로 계속하는 단계;
- [0093] 단계 3102: 주기(T_{11})가 종료되면, 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{12})을 출력하고 주기(T_{12})로 계속하고, 동시에 제2 애노드에 인가된 제2 도금 전원을 턴온하고, 제2 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{21})을 출력하고 주기(T_{21})로 계속하는 단계;
- [0094] 단계 3103: 주기(T_{21})가 종료되면, 제2 애노드에 인가된 제2 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{22})을 출력하고 주기(T_{22})로 계속하고, 동시에 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{11})을 출력하고 주기(T_{11})로 계속하는 단계;
- [0095] 를 구비하고,
- [0096] 단계 3104: 제1 도금 전원 및 제2 도금 전원은 주기적으로 조정된다. 제1 도금 전원은 주기(T_{11})로 전력값(P_{11})을 계속적으로 출력하도록 제어되고, 주기(T_{12})를 갖는 전력값(P_{12})은 하나의 사이클로 정의될 수 있다.
- [0097] 일 실시예에서, 상기 전력값(P_{12})은 상기 전력값(P_{11})보다 낮고, 상기 전력값(P_{22})은 상기 전력값(P_{21})보다 낮다.
- [0098] 일 실시예에서, 상기 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{12})을 출력하는 것과 상기 제2 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{21})을 출력하는 것 사이에는 시간 간격이 있다.
- [0099] 일 실시예에서, 상기 제2 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{22})을 출력하는 것과 상기 제1 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{11})을 출력하는 것 사이에는 시간 간격이 있다.
- [0100] 일 실시예에서, 상기 제1 도금 전원 및 제2 도금 전원을 조정할 때, 상이한 모드가 적용되고, 상기 상이한 모드는 전력 유형, 전력값 및 주기 길이의 상이한 조합을 가지며, 상기 모드는 도금 공정의 상(phases)에 따라 선택된다.
- [0101] 일 실시예에서, 상기 제1 도금 전원 및 상기 제2 도금 전원은 순차적으로 턴온되고, 상기 주기(T_{11}) 및 상기 주기(T_{21})는 조정가능하므로, 제1 애노드 및 제2 애노드를 수용하는 애노드 구역에 대응하는 도금막 두께가 제어된다.
- [0102] 상기 전력값(P_{12}) 및 상기 전력값(P_{22})은 0 또는 각각 설정값이다.
- [0103] 상기 주기(T_{11}) 및 상기 주기(T_{21})는 각각 0.01ms 내지 2000ms의 범위이다.
- [0104] 상기 주기(T_{12}) 및 상기 주기(T_{22})는 각각 0.01ms 내지 2000ms의 범위이다.
- [0105] 일 실시예에서, 상기 제1 도금 전원 및 상기 제2 도금 전원은 펄스 직류 전류이다.
- [0106] 일 실시예에서, 상기 제1 도금 전원 및 상기 제2 도금 전원은 펄스 직류 전압이다.
- [0107] 일 실시예에서, 상기 주기(T_{11}) 및 주기(T_{21}) 동안, 상기 제1 도금 전원 및 상기 제2 도금 전원은 펄스 직류 전류이고, 상기 주기(T_{12}) 및 주기(T_{22}) 동안, 상기 제1 도금 전원 및 상기 제2 도금 전원은 설정값을 갖는 펄스 직류 전압이다.
- [0108] 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 도금 절차를 설명한다. 이러한 예시적인 실시예에서, 도금 챔버 조립체의 애노드 챔버는 4개의 애노드 구역 및 4개의 애노드를 갖는다. 4개의 애노드는 애노드 챔버의 중심으로부터 예지까지 제1 애노드, 제2 애노드, 제3 애노드 및 제4 애노드로 각각 넘버링될 수 있다. 이에 대응하여, 4개의 애노드 상에 4개의 도금 전원이 각각 적용된다. 4개의 도금 전원은 제1 애노드에 인가되는 제1 도금 전원, 제2 애노드에 인가되는 제2 도금 전원, 제3 애노드에 인가되는 제3 도금 전원 및 상기 제4 애노드에 인가되는 제4

도급 전원으로 각각 넘버링될 수 있다.

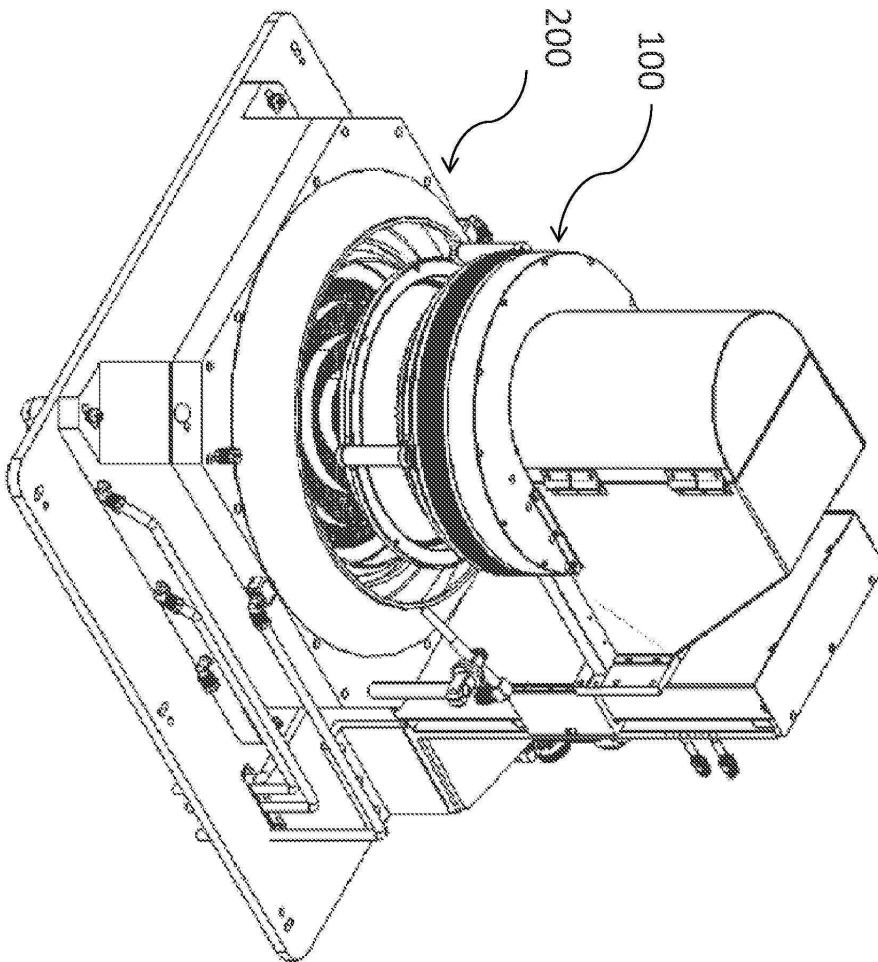
- [0109] 도급 절차
- [0110] 단계 3201: 도급 챔버 조립체의 도금액에 도입되는 기관. 이러한 도입 단계에서, 종래의 방법이 사용될 수 있다.
- [0111] 단계 3202: 기관의 패턴화된 구조의 도금으로서, 이러한 도금은 하기, 즉
- [0112] 단계 32021에서, 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 턴온하고, 제1 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{11})을 출력하고 주기(T_{11})로 계속하는 단계;
- [0113] 단계 32022에서, 주기(T_{11})가 종료되면, 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{12})을 출력하고 주기(T_{12})로 계속하고, 동시에 제2 애노드에 인가된 제2 도금 전원을 턴온하고, 제2 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{21})을 출력하고 주기(T_{21})로 계속하는 단계;
- [0114] 단계 32023에서, 주기(T_{21})가 종료되면, 제2 애노드에 인가된 제2 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{22})을 출력하고 주기(T_{22})로 계속하고, 동시에 제3 애노드에 인가된 제3 도금 전원을 턴온하고, 제3 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{31})을 출력하고 주기(T_{31})로 계속하는 단계;
- [0115] 단계 32024에서, 주기(T_{31})가 종료되면, 제3 애노드에 인가된 제3 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{32})을 출력하고 주기(T_{32})로 계속하고, 동시에 제4 애노드에 인가된 제4 도금 전원을 턴온하고, 제4 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{41})을 출력하고 주기(T_{41})로 계속하는 단계; 및
- [0116] 단계 32025에서, 주기(T_{41})가 종료되면, 제4 애노드에 인가된 제4 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{42})을 출력하고 주기(T_{42})로 계속하고, 동시에 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{11})을 출력하고 주기(T_{11})로 계속하는 단계;
- [0117] 를 더 포함하고,
- [0118] 단계 32022 내지 단계 32025는 주기적으로 수행된다.
- [0119] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 단계 3202는 하기, 즉
- [0120] 단계 32021에서, 제4 애노드에 인가된 제4 도금 전원을 턴온하고, 제4 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{41})을 출력하고 주기(T_{41})로 계속하는 단계;
- [0121] 단계 32022에서, 주기(T_{41})가 종료되면, 제4 애노드에 인가된 제4 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{42})을 출력하고 주기(T_{42})로 계속하고, 동시에 제3 애노드에 인가된 제3 도금 전원을 턴온하고, 제3 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{31})을 출력하고 주기(T_{31})로 계속하는 단계;
- [0122] 단계 32023에서, 주기(T_{31})가 종료되면, 제3 애노드에 인가된 제3 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{32})을 출력하고 주기(T_{32})로 계속하고, 동시에 제2 애노드에 인가된 제2 도금 전원을 턴온하고, 제2 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{21})을 출력하고 주기(T_{21})로 계속하는 단계;
- [0123] 단계 32024에서, 주기(T_{21})가 종료되면, 제2 애노드에 인가된 제2 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{22})을 출력하고 주기(T_{22})로 계속하고, 동시에 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 턴온하고, 제1 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{11})을 출력하고 주기(T_{11})로 계속하는 단계;
- [0124] 단계 32025에서, 주기(T_{11})가 종료되면, 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{12})을 출력하고 주기(T_{12})로 계속하고, 동시에 제4 도금 전원을 전력값(P_{41})을 출력하고 주기(T_{41})로 계속하는 단계;
- [0125] 를 더 포함하고,

- [0126] 단계 32022 내지 단계 32025는 주기적으로 수행된다.
- [0127] 단계 32021 내지 단계 32025가 수행되면, 상이한 모드가 적용되는데, 상이한 모드는 전력 유형, 전력값 및 주기의 길이의 상이한 조합을 가지며, 상기 모드는 도금 공정의 상에 따라 선택된다.
- [0128] 4개의 애노드에 인가된 4개의 도금 전원은 순차적으로 턴온된다.
- [0129] 전력값(P_{12}), 전력값(P_{22}), 전력값(P_{32}) 및 전력값(P_{42})은 0이거나 또는 각각 설정값이다. 전력값(P_{12})은 전력값(P_{11})보다 낮다. 전력값(P_{22})은 전력값(P_{21})보다 낮다. 전력값(P_{32})은 전력값(P_{31})보다 낮다. 전력값(P_{42})은 전력값(P_{41})보다 낮다.
- [0130] 주기(T_{11}), 주기(T_{21}), 주기(T_{31}) 및 주기(T_{41})는 각각 0.01ms 내지 2000ms의 범위이다.
- [0131] 주기(T_{12}), 주기(T_{22}), 주기(T_{32}) 및 주기(T_{42})는 각각 0.01ms 내지 2000ms의 범위이다.
- [0132] 일 실시예에서, 4개의 도금 전원은 도 33에 도시된 바와 같이 펄스 직류 전류이다.
- [0133] 다른 실시예에서, 4개의 도금 전원은 도 34에 도시된 바와 같이 펄스 직류 전압이다.
- [0134] 다른 실시예에서, 도 35에 도시된 바와 같이, 주기(T_{11}), 주기(T_{21}), 주기(T_{31}) 및 주기(T_{41}) 동안, 4개의 도금 전원은 펄스 직류 전류이고, 주기(T_{12}), 주기(T_{22}), 주기(T_{32}) 및 주기(T_{42}) 동안, 4개의 도금 전원은 설정값을 갖는 펄스 직류 전압이다.
- [0135] 단계 3203: 기관 상의 과중된 금속층을 도금하는 단계. 이러한 단계에서, 과중된 금속층 도금을 완료하기 위해 직류 또는 직류 전압이 인가된다.
- [0136] 단계 3204: 기관에 제1 건조를 수행하는 단계.
- [0137] 단계 3205: 기관에 예비-세정을 수행하는 단계.
- [0138] 단계 3206: 기관에 제2 건조를 수행하는 단계.
- [0139] 도금 절차
- [0140] 단계 3501: 도금 챔버 조립체의 도금액 내에 기관을 도입하고, 동시에 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 턴온하고, 제1 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{11})을 출력하고 주기(T_{11})로 계속하는 단계;
- [0141] 단계 3502: 주기(T_{11})가 종료되면, 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{12})을 출력하고 주기(T_{12})로 계속하고, 동시에 제2 애노드에 인가된 제2 도금 전원을 턴온하고, 제2 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{21})을 출력하고 주기(T_{21})로 계속하는 단계;
- [0142] 단계 3503: 주기(T_{21})가 종료되면, 제2 애노드에 인가된 제2 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{22})을 출력하고 주기(T_{22})로 계속하고, 동시에 제3 애노드에 인가된 제3 도금 전원을 턴온하고, 제3 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{31})을 출력하고 주기(T_{31})로 계속하는 단계;
- [0143] 단계 3504: 주기(T_{31})가 종료되면, 제3 애노드에 인가된 제3 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{32})을 출력하고 주기(T_{32})로 계속하고, 동시에 제4 애노드에 인가된 제4 도금 전원을 턴온하고, 제4 도금 전원을 설정하여 전력값(P_{41})을 출력하고 주기(T_{41})로 계속하는 단계;
- [0144] 단계 3505: 주기(T_{41})가 종료되면, 제4 애노드에 인가된 제4 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{42})을 출력하고 주기(T_{42})로 계속하고, 제1 애노드에 인가된 제1 도금 전원을 조정하여 전력값(P_{11})을 출력하고 주기(T_{11})로 계속하는 단계;
- [0145] 단계 3506: 단계 3502 내지 단계 3505를 반복하여 패턴화된 구조 도금을 완성하는 단계;
- [0146] 단계 3507: 기관 상의 과중된 금속층을 도금하는 단계;

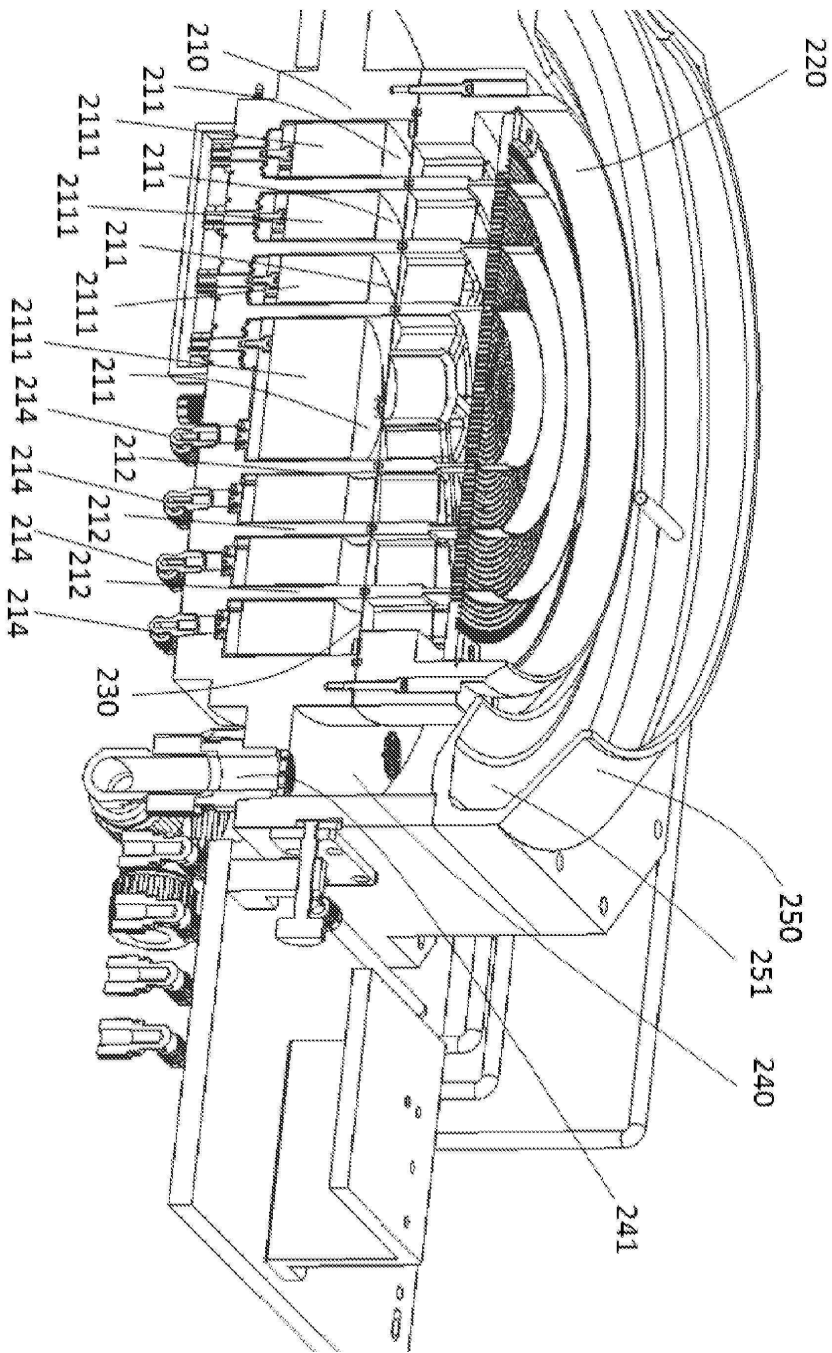
- [0147] 단계 3508: 기판에 제1 건조를 수행하는 단계;
- [0148] 단계 3509: 기판에 예비-세정을 수행하는 단계; 및
- [0149] 단계 3510: 기판에 제2 건조를 수행하는 단계.
- [0150] 상술한 바와 같이, 본 발명은 기판 상에 금속층을 도금하기 위한 펄스 모드를 채택하며, 이는 기판 상에 시드층을 보호할 수 있다. 게다가, 도금 공정에서, 단위 시간당 전기 양이 작아, 애노드에서 개싱(gassing)을 피할 수 있다. 따라서, 도금의 품질이 개선된다.
- [0151] 본 발명의 상기 설명은 예시 및 설명을 위해 제시되었다. 본 발명을 개시된 정확한 형태로 제한하거나 제한하고자 하는 것은 아니며, 상기 교시의 관점에서 많은 수정 및 변형이 가능하다. 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 수 있는 이러한 수정 및 변경은 첨부된 청구항들에 의해 정의된 바와 같은 본 발명의 범위 내에 포함되도록 의도된다.

도면

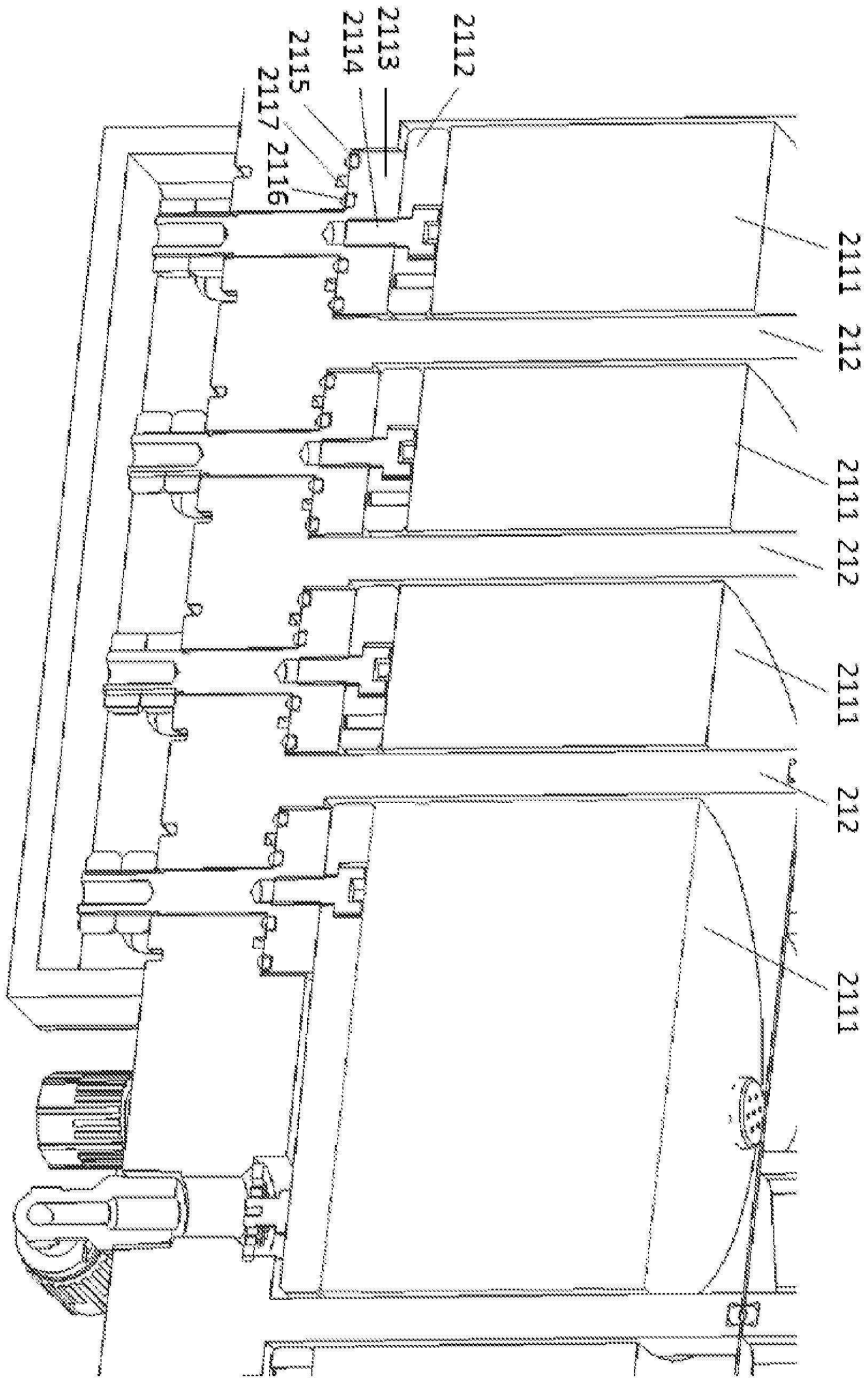
도면1



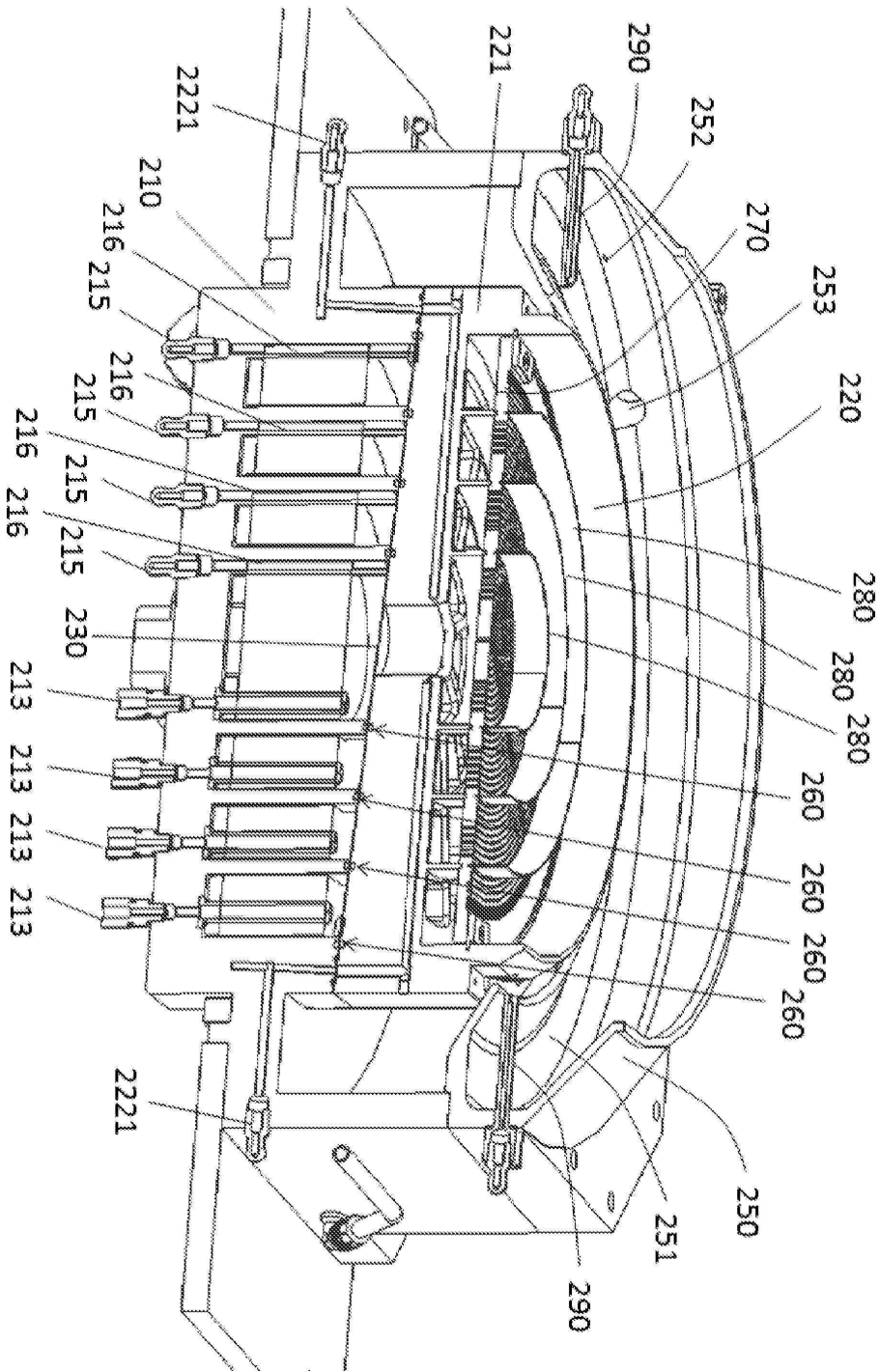
도면3



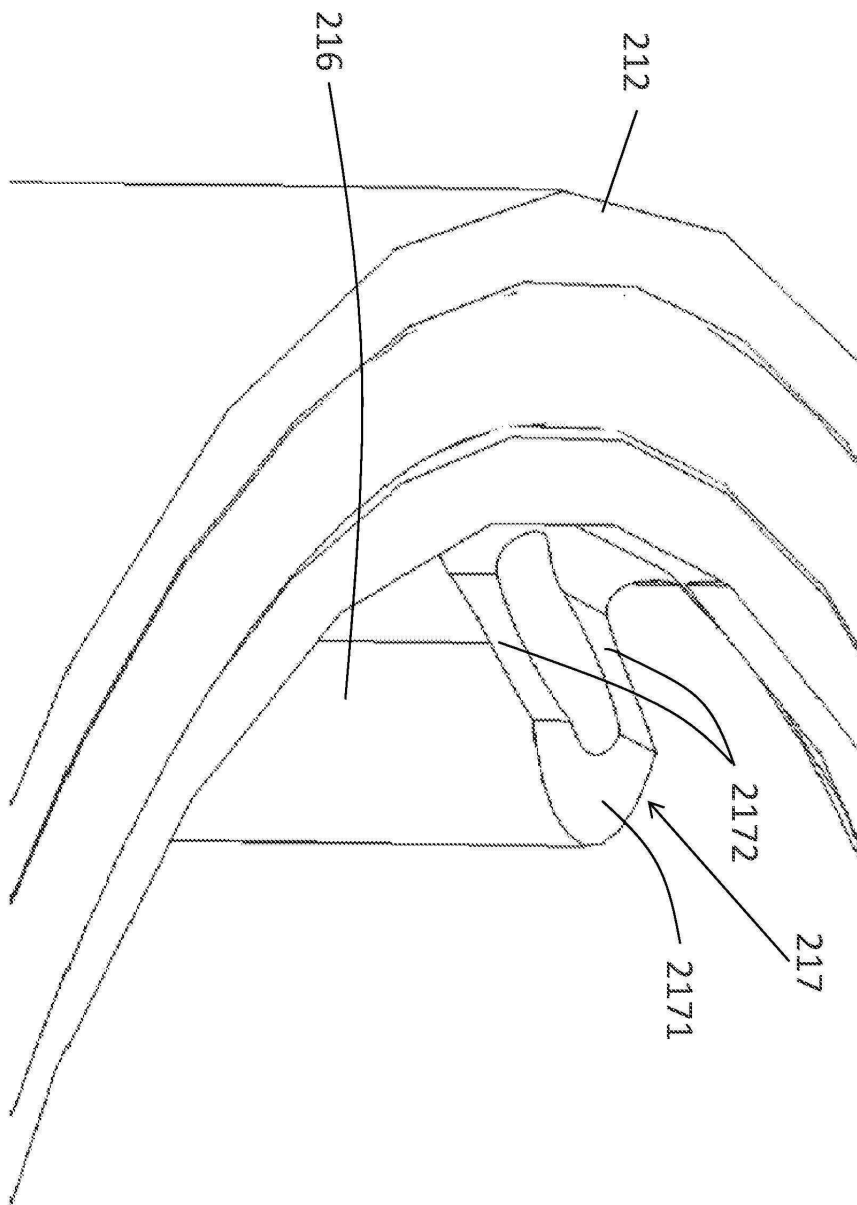
도면4



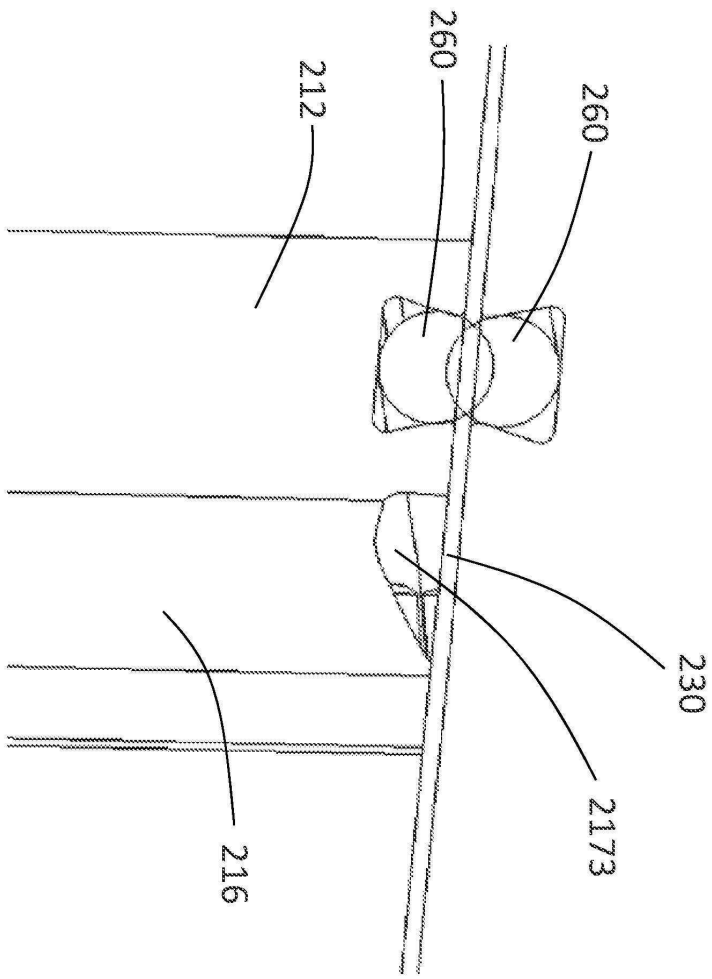
도면5



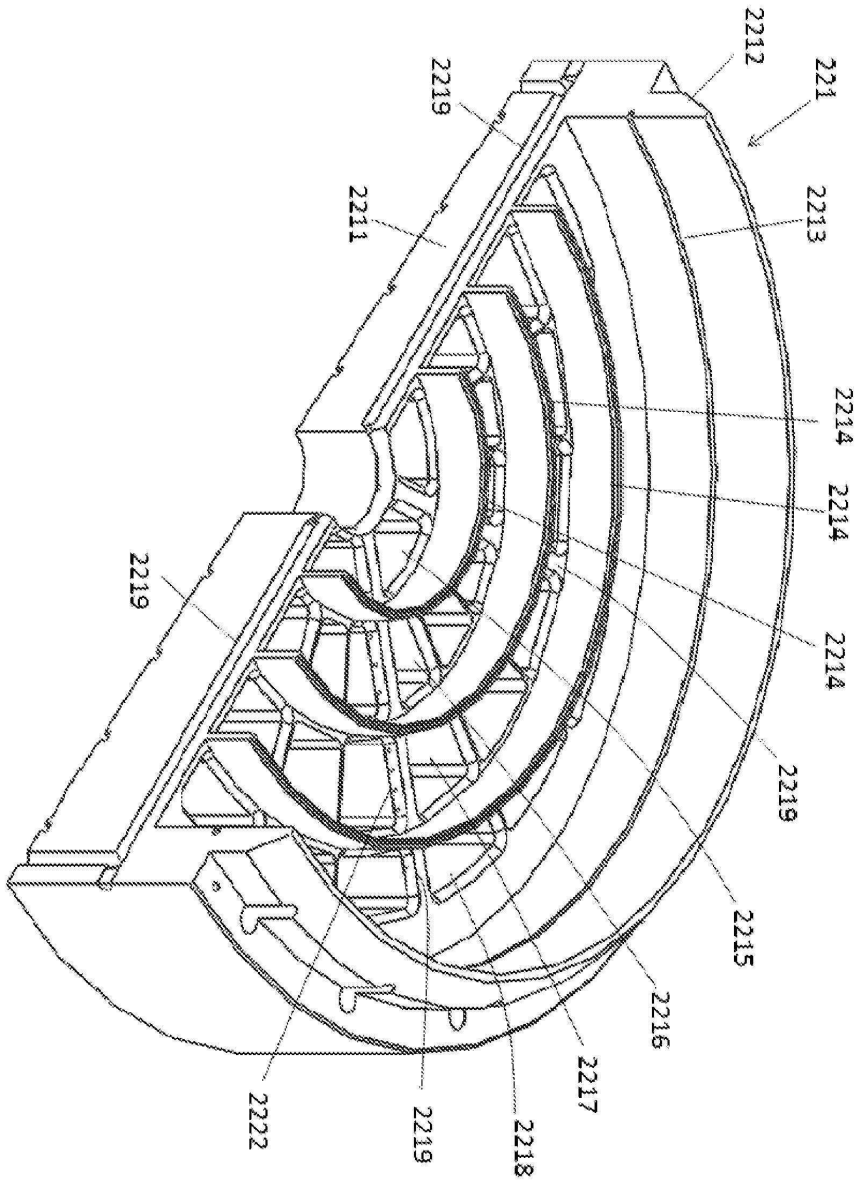
도면6



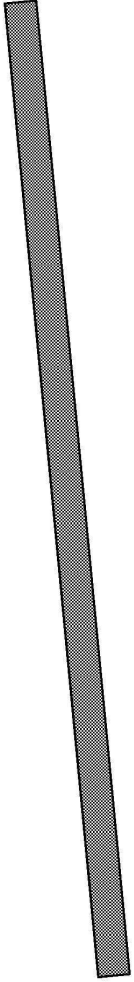
도면7



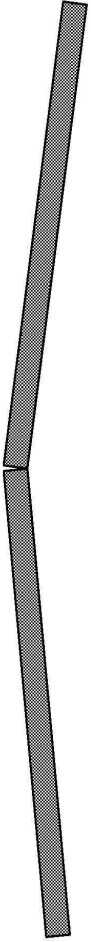
도면8



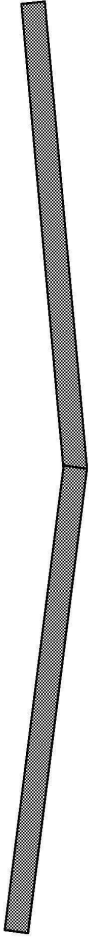
도면9a



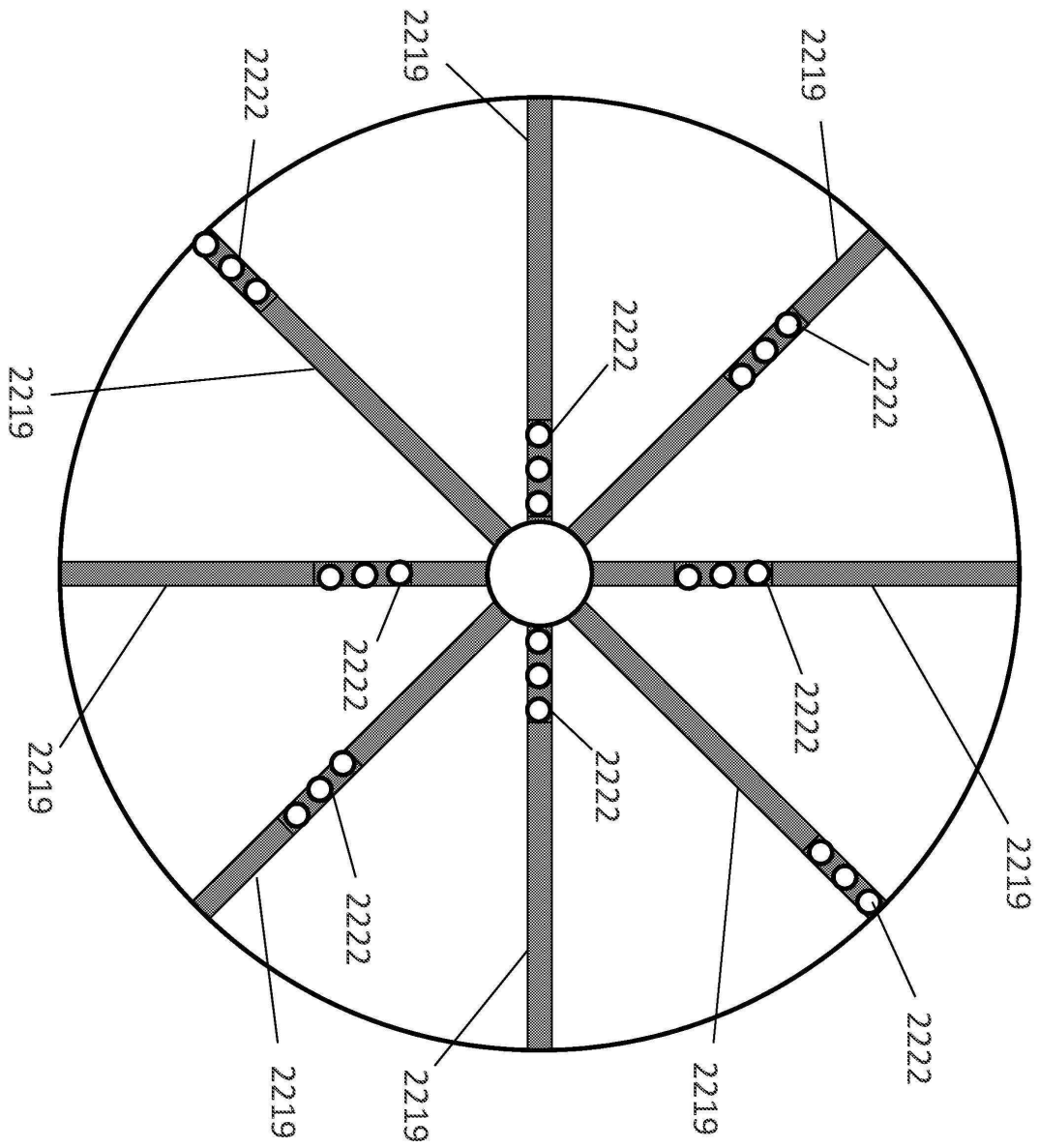
도면9b



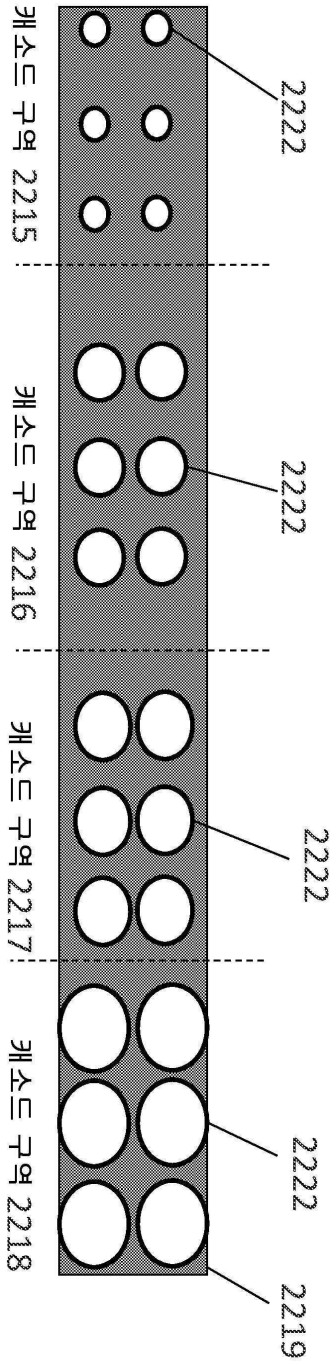
도면9c



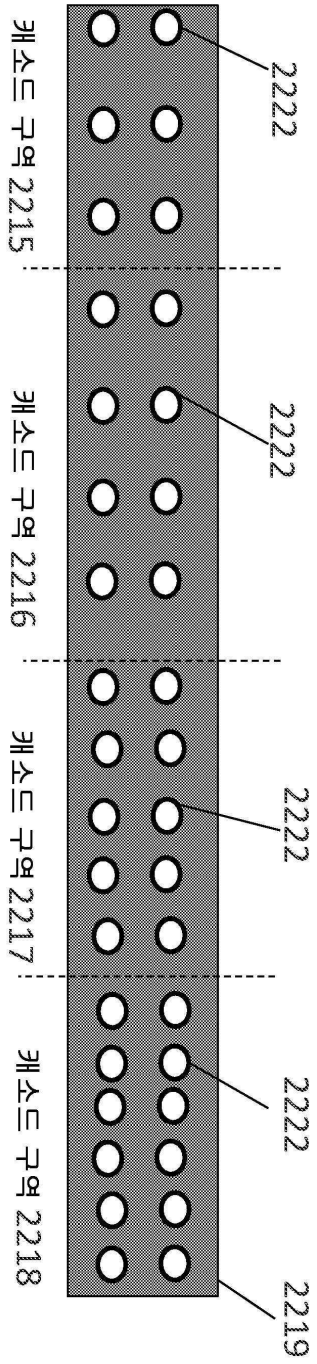
도면10



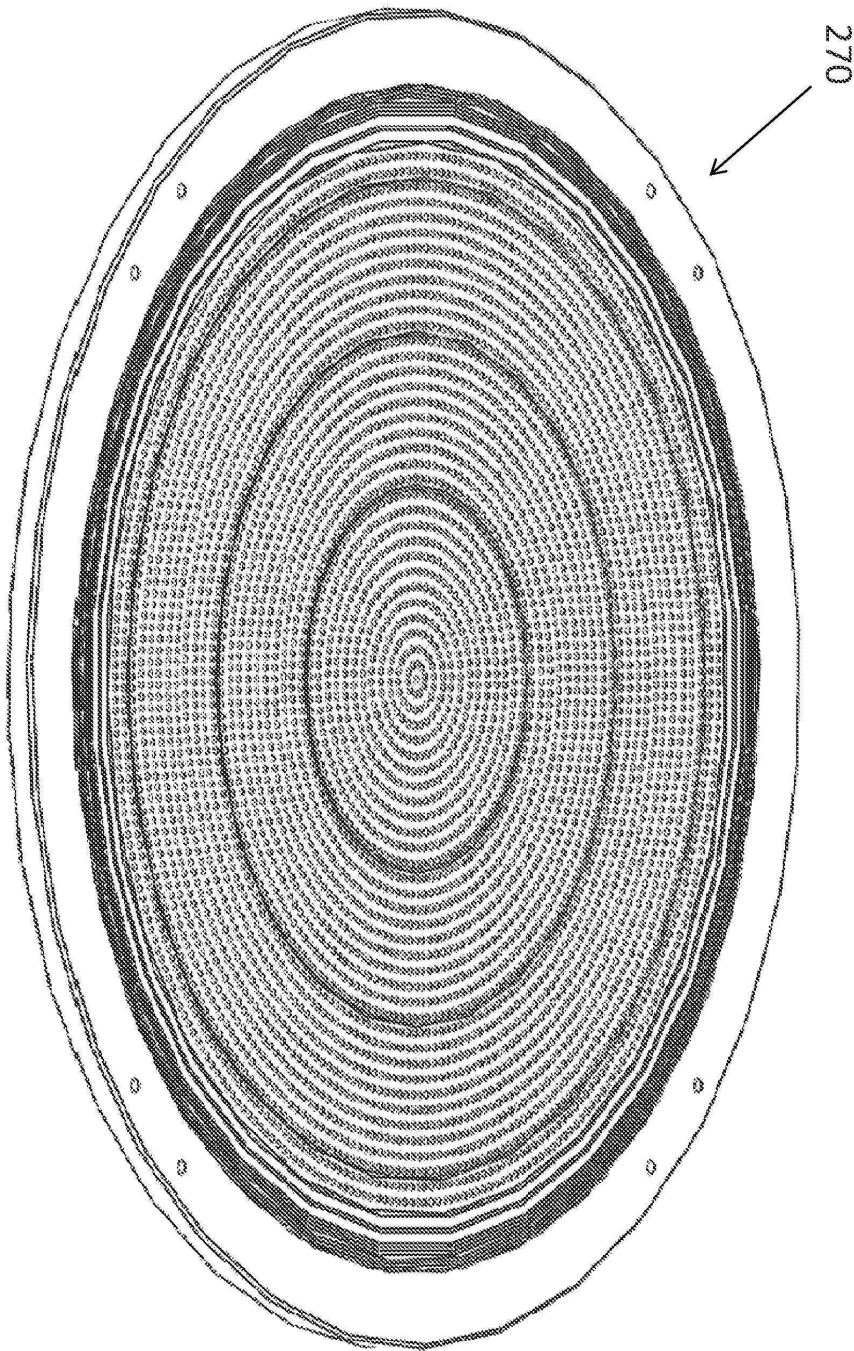
도면11a



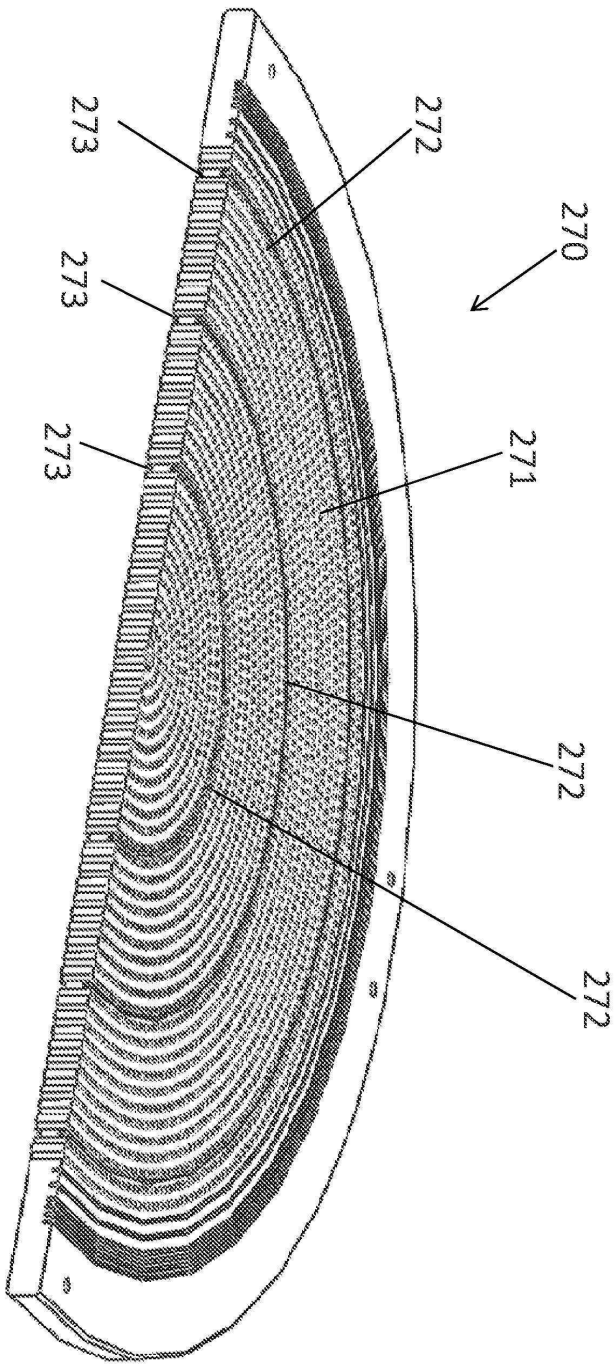
도면11b



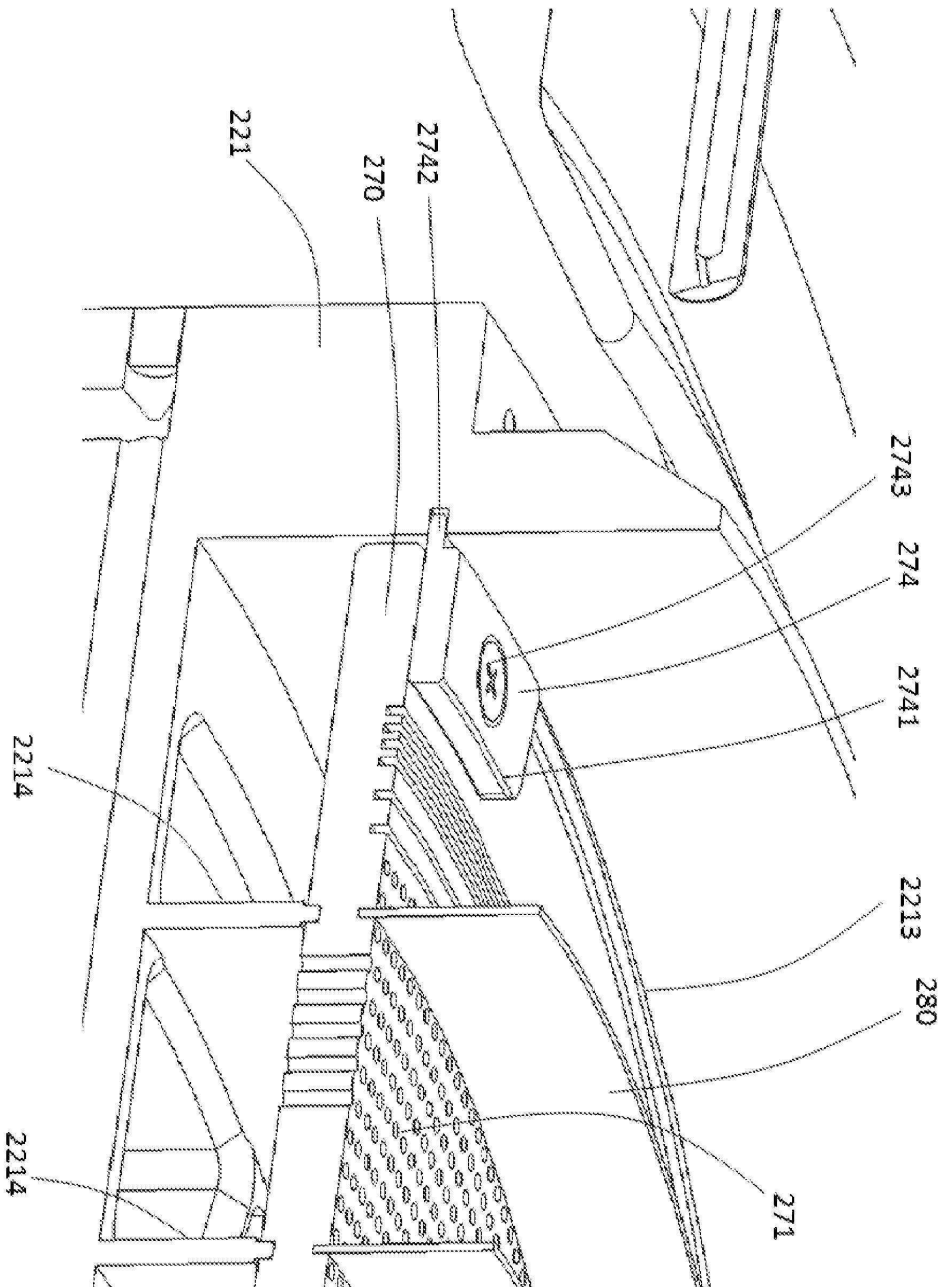
도면12



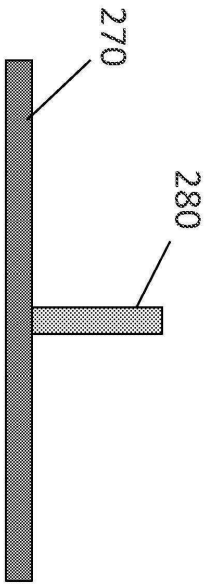
도면13



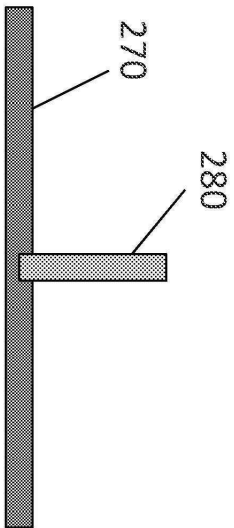
도면14



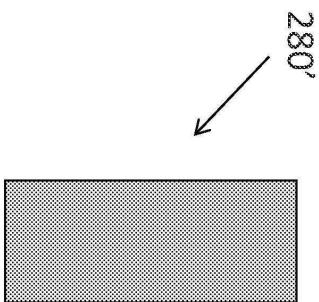
도면15a



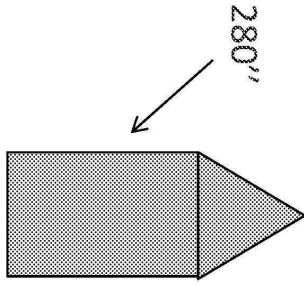
도면15b



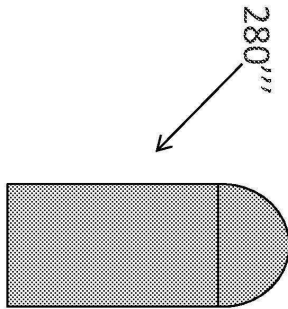
도면16a



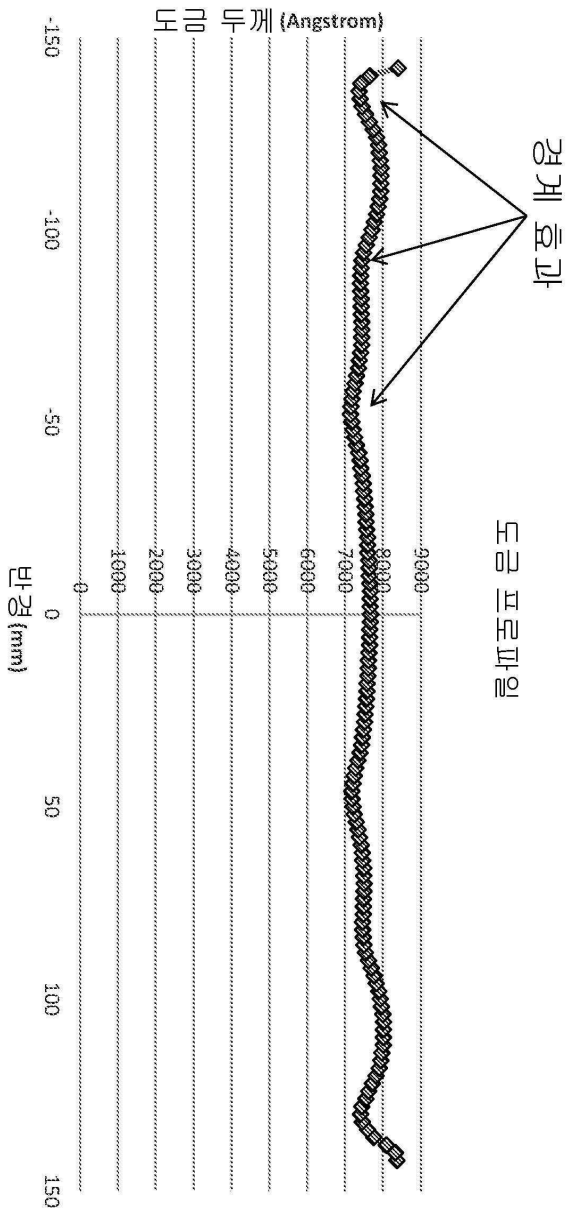
도면16b



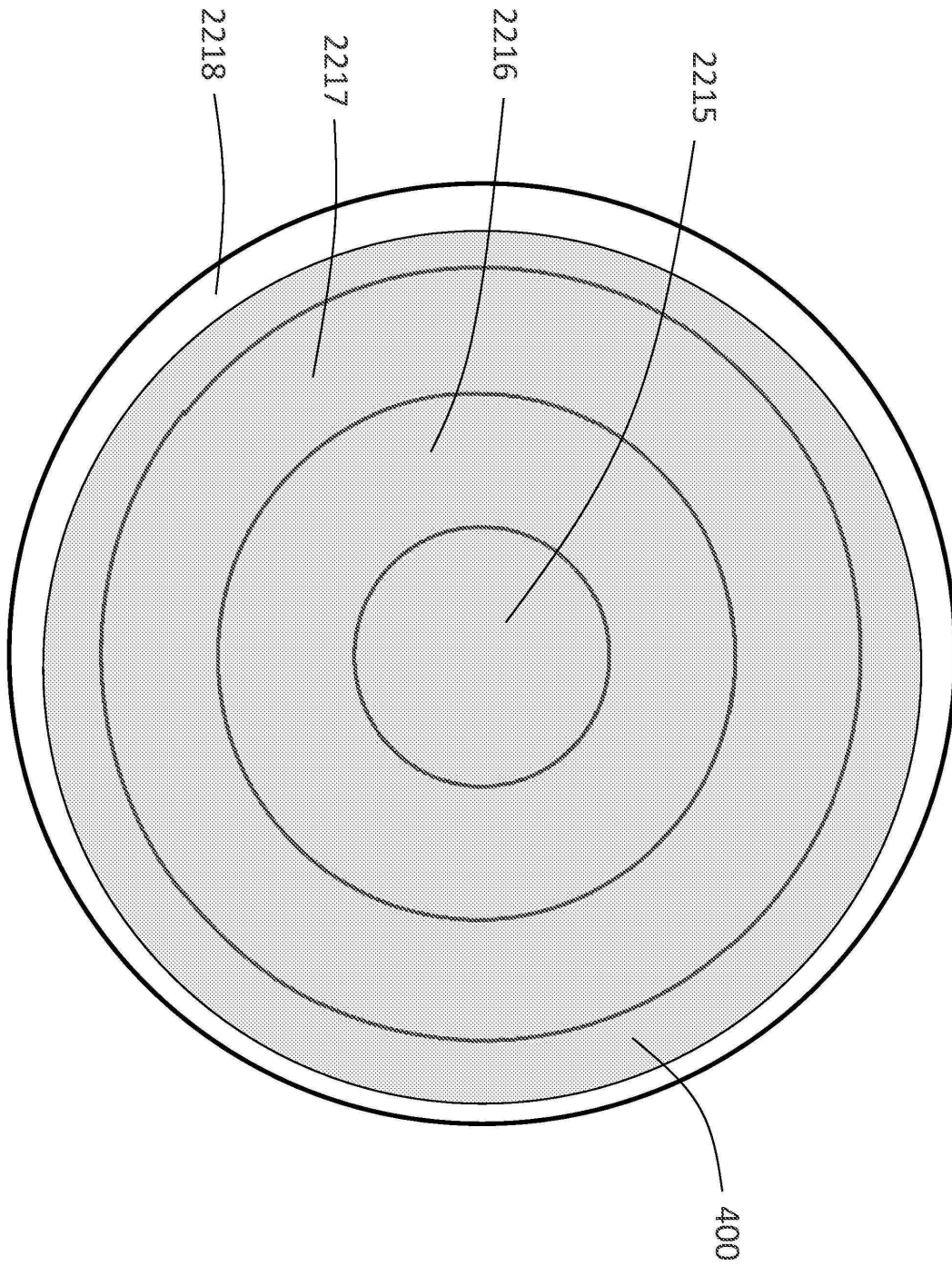
도면16c



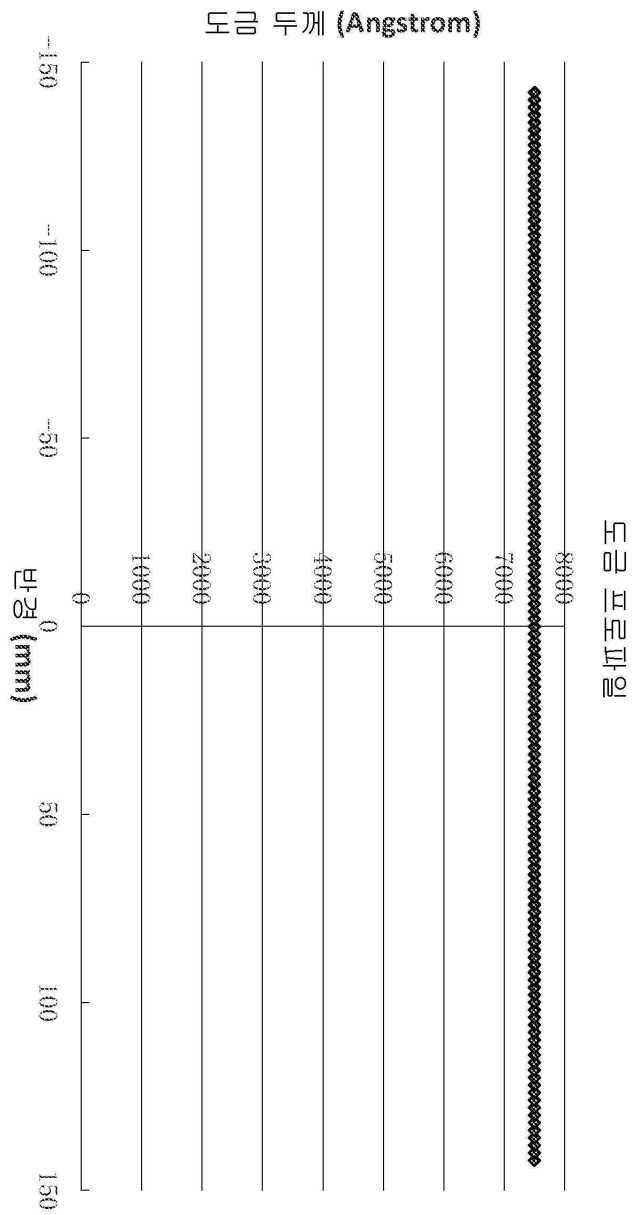
도면17



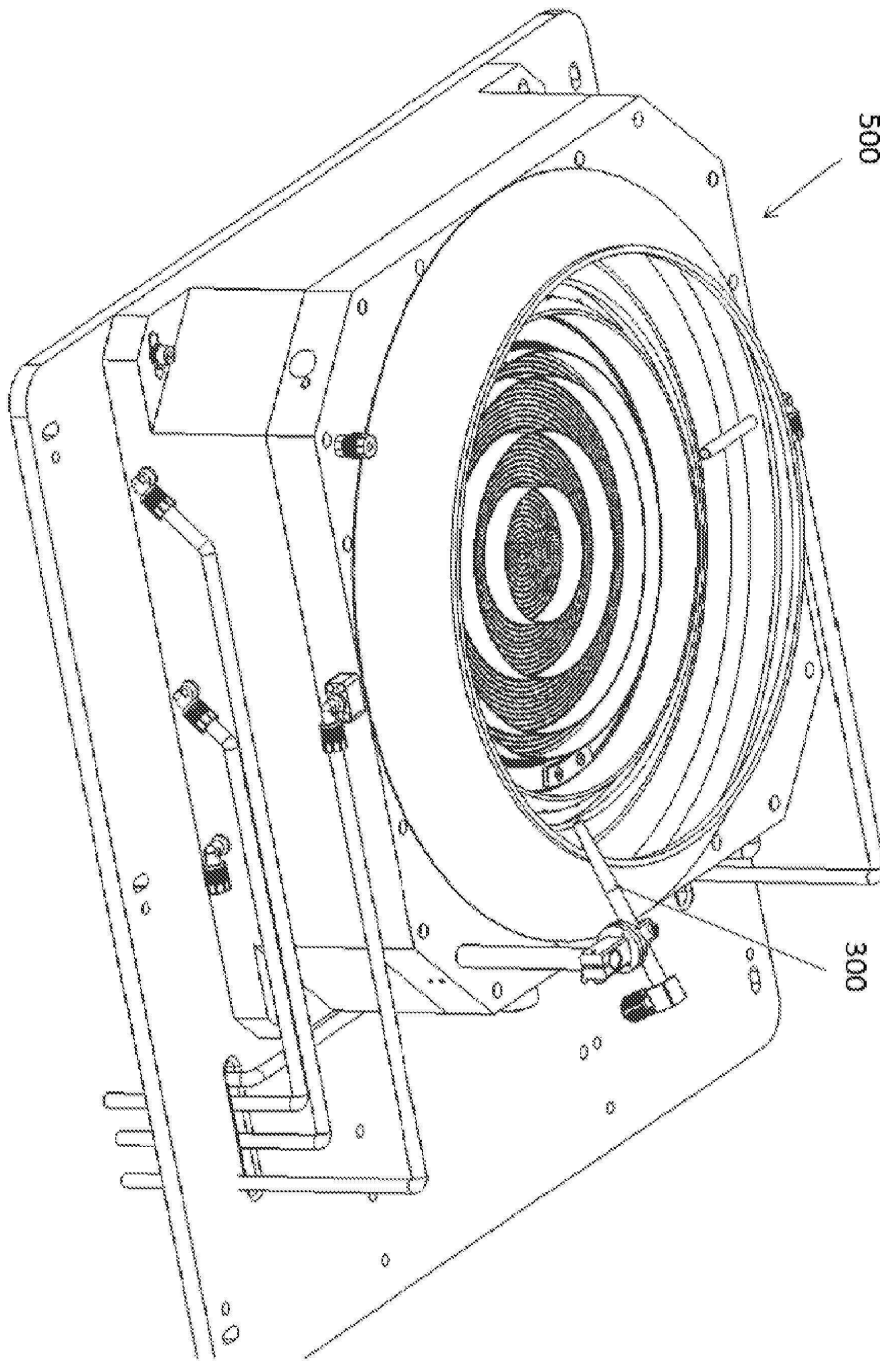
도면18



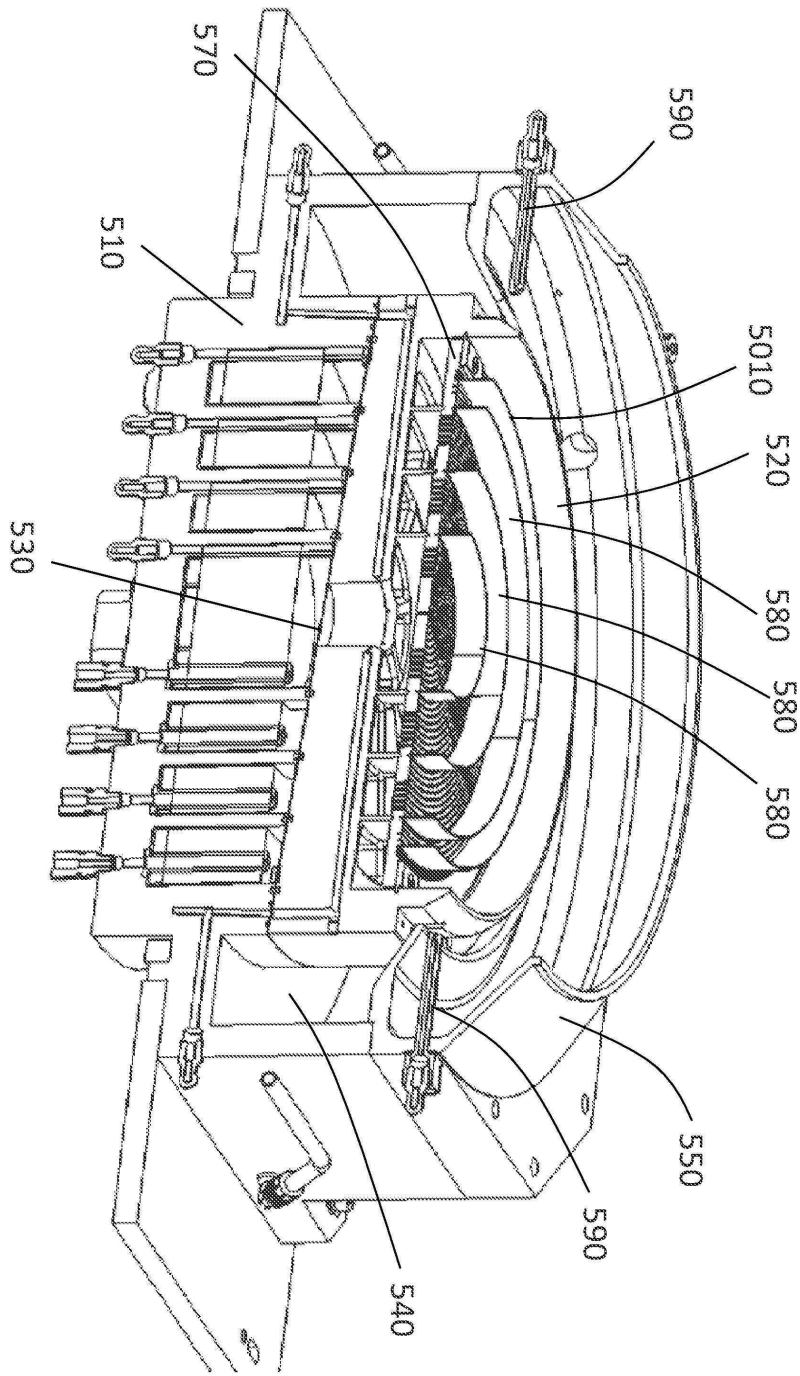
도면19



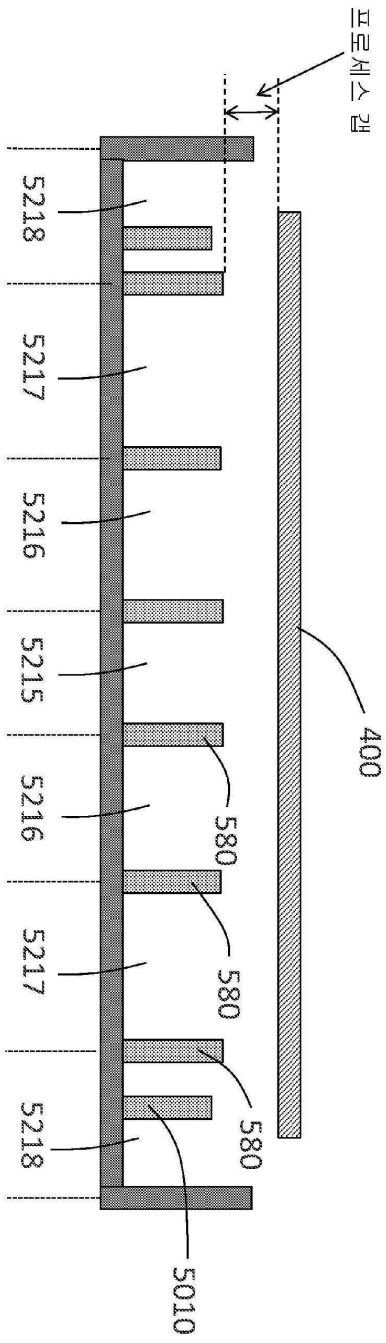
도면20



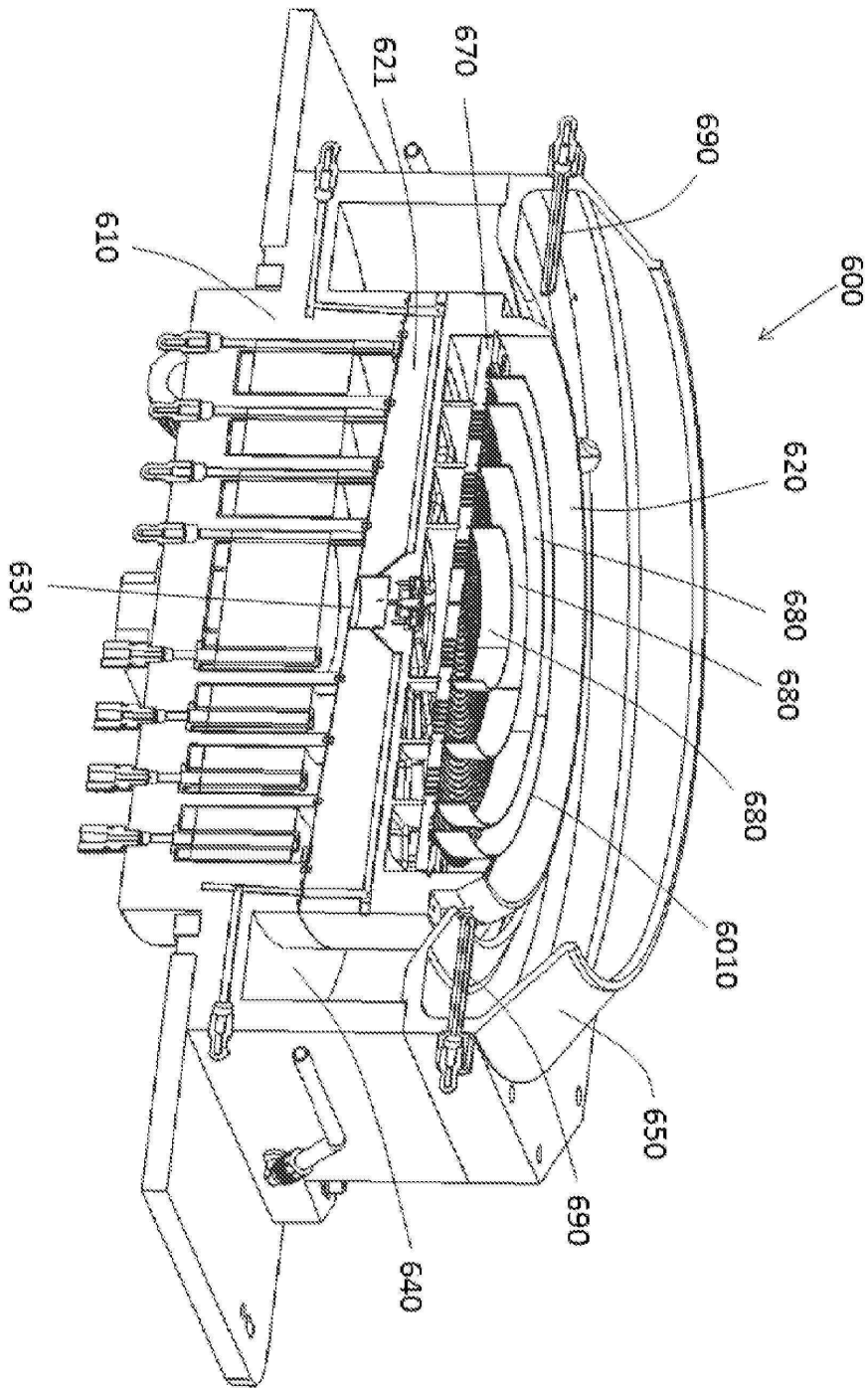
도면21



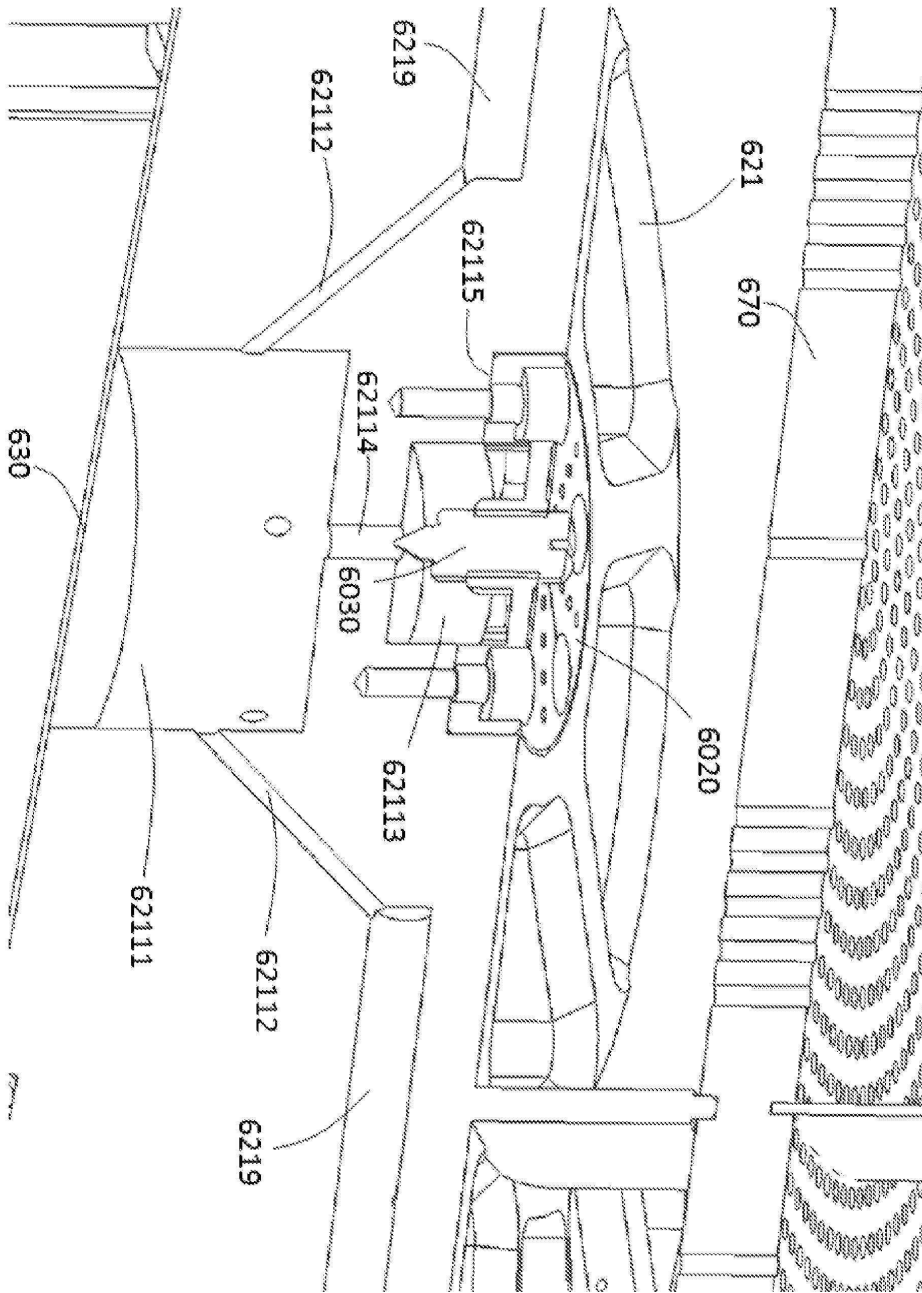
도면22



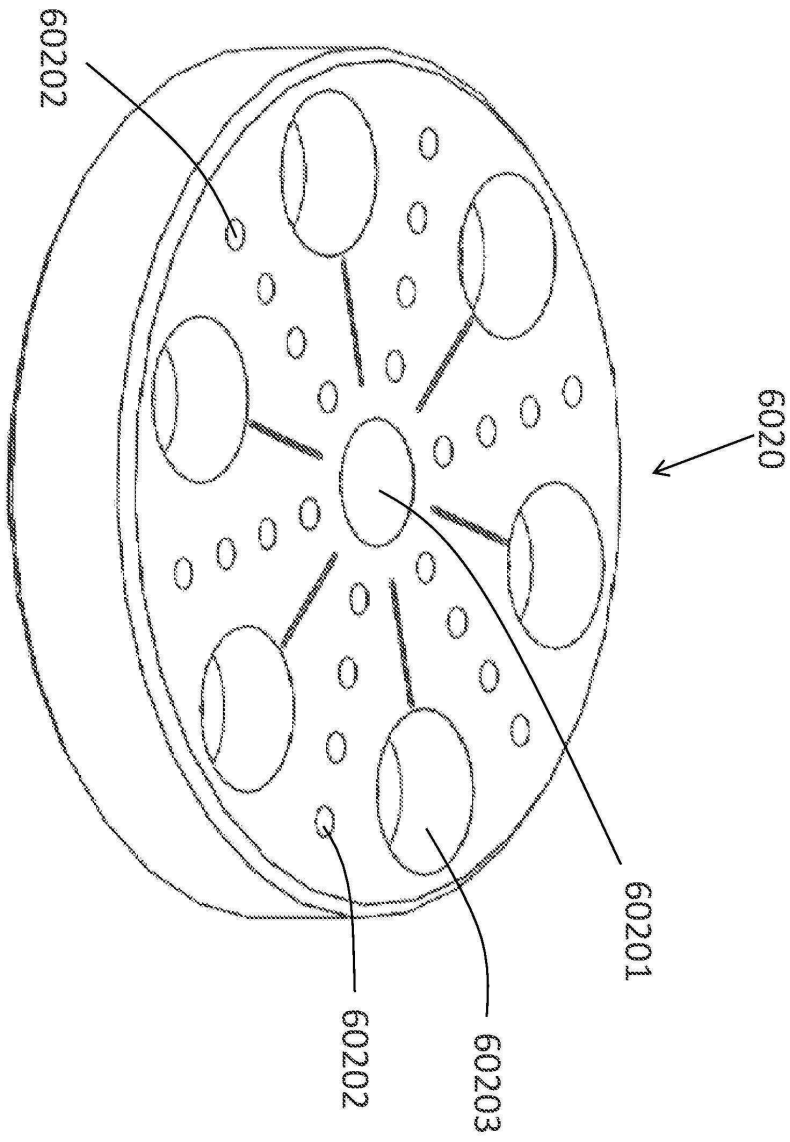
도면23



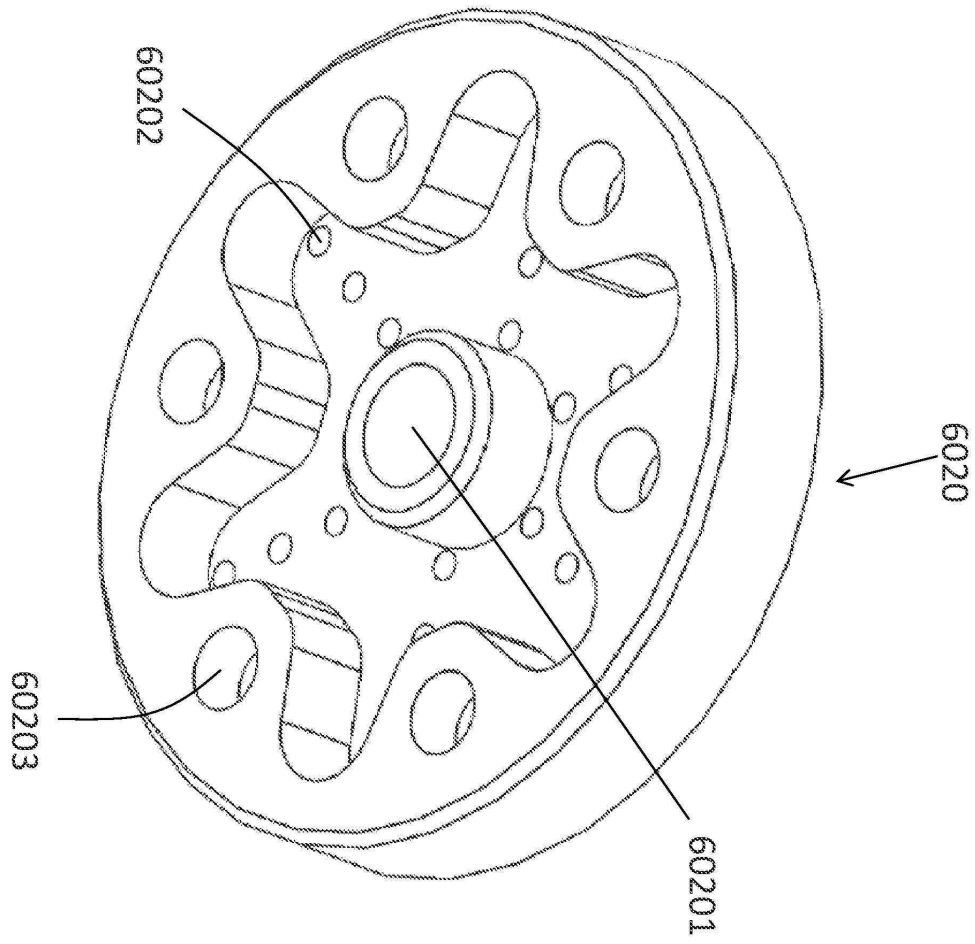
도면24



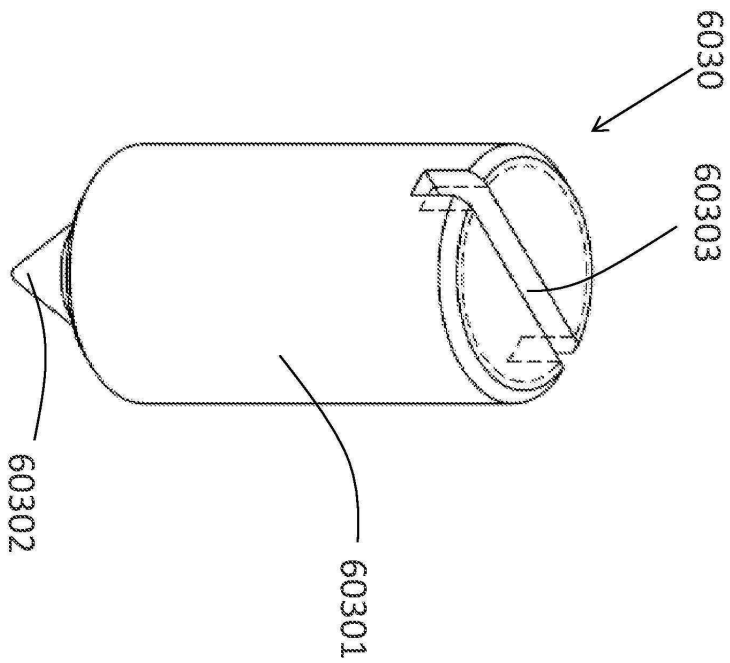
도면25



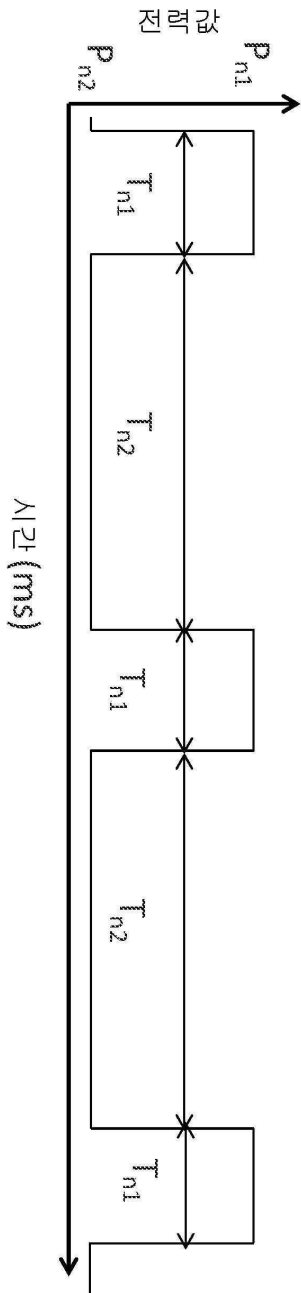
도면26



도면27



도면28

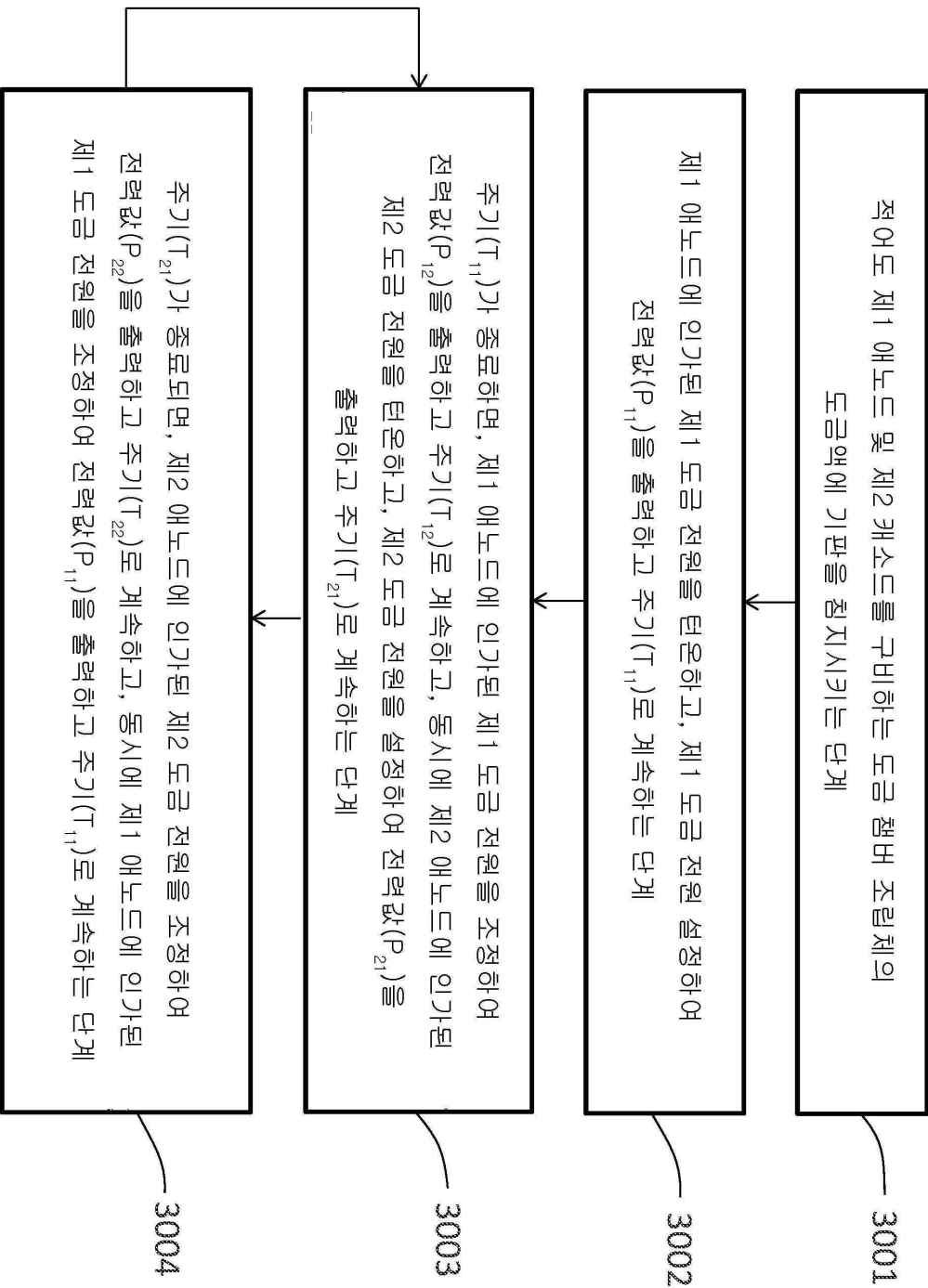


도면29

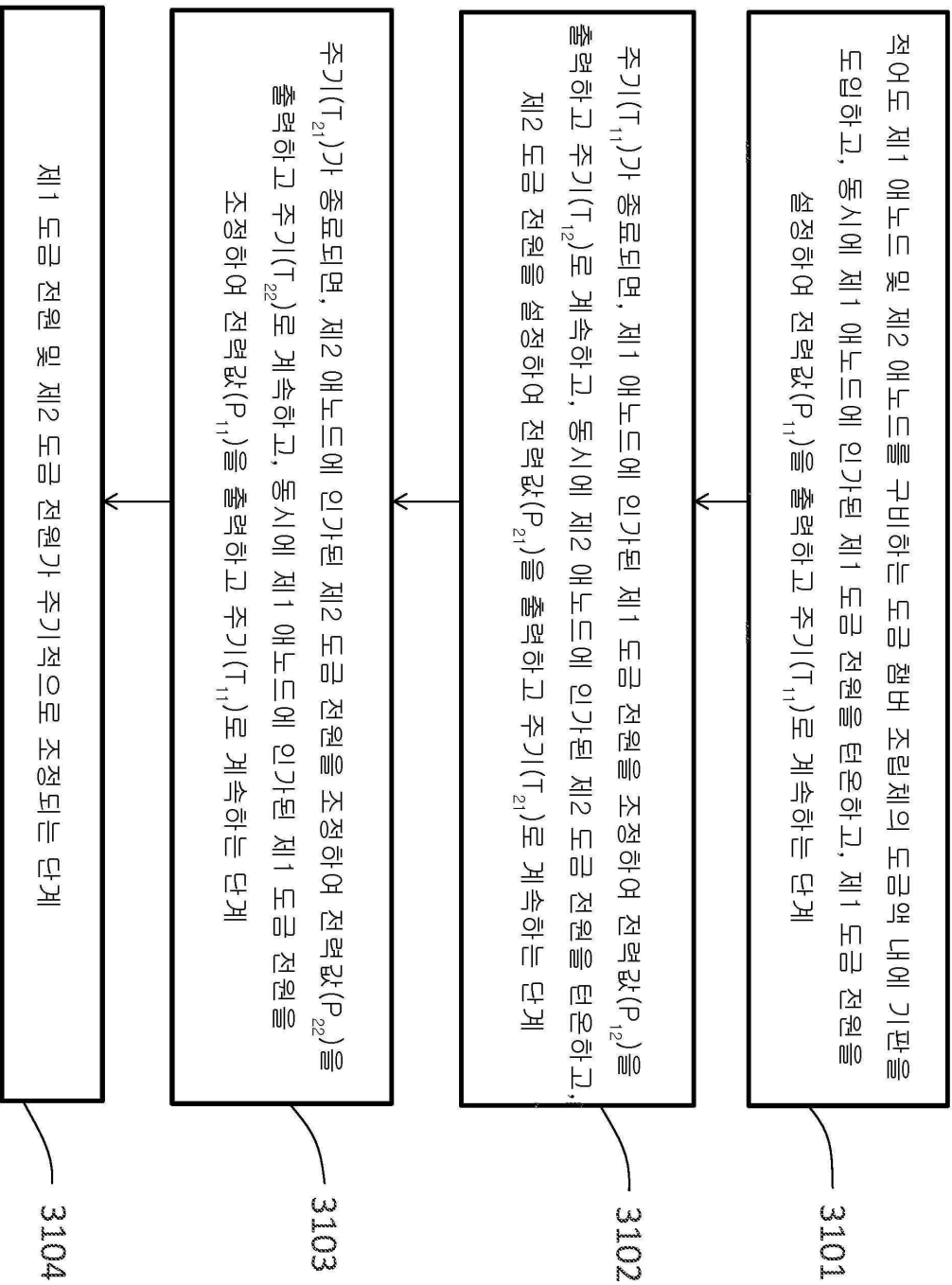
모드	출력 상태 T ₀₁			출력 상태 T ₀₂			적용
	전력 유형	값	펄스 길이	전력 유형	값	펄스 길이	
M _{0a1}	전류	낮음(<1ASD)	짧음(<10ms)	-		짧음(<10ms)	T ₀₁ 시드층 보호
M _{0a2}	전압	낮음(<1ASD)	짧음(<10ms)	-		짧음(<10ms)	T ₀₁ 시드층 보호
M _{0a3}	전류	낮음(<1ASD)	긴 (>10ms)	-		긴 (>10ms)	T ₀₁ 시드층 보호
M _{0a2}	전압	낮음(<1ASD)	긴 (>10ms)	-		긴 (>10ms)	T ₀₁ 시드층 보호
M ₁	전류	높음(>1ASD)	긴 (>10ms)	전류		긴 (>10ms)	T ₀₁ 도금
M ₂	전류	높음(>1ASD)	긴 (>10ms)	전류	낮은 전류 (<1ASD)	긴 (>10ms)	T ₀₁ 도금 + T ₀₂ 시드층 보호
M ₃	전류	높음(>1ASD)	긴 (>10ms)	전압	낮은 전압 전류 없음 (0ASD)	긴 (>10ms)	T ₀₁ 도금 + T ₀₂ 시드층 보호
M ₄	전류	높음(>1ASD)	긴 (>10ms)	전압	낮은 전압 전류 있음 (<1ASD)	긴 (>10ms)	T ₀₁ 도금 + T ₀₂ 시드층 보호
M ₅	전압	높음(>1ASD)	긴 (>10ms)	전압	낮은 전압 전류 없음 (0ASD)	긴 (>10ms)	T ₀₁ 도금 + T ₀₂ 시드층 보호
M ₆	전압	높음(>1ASD)	긴 (>10ms)	전압	낮은 전압 전류 있음 (<1ASD)	긴 (>10ms)	T ₀₁ 도금 + T ₀₂ 시드층 보호

비고: 전류/전압은 기술된 전류 밀도로 변환될 것임

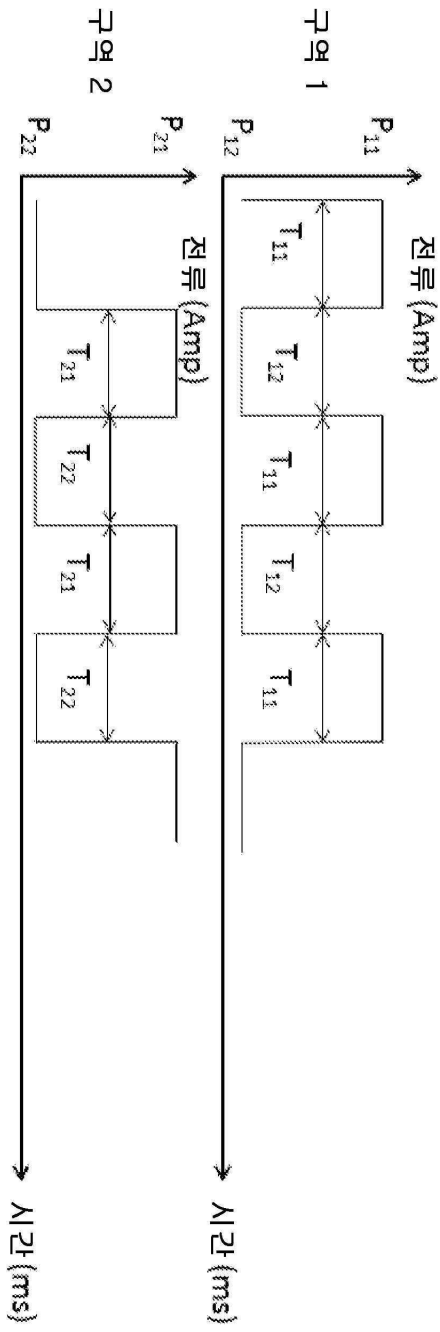
도면30



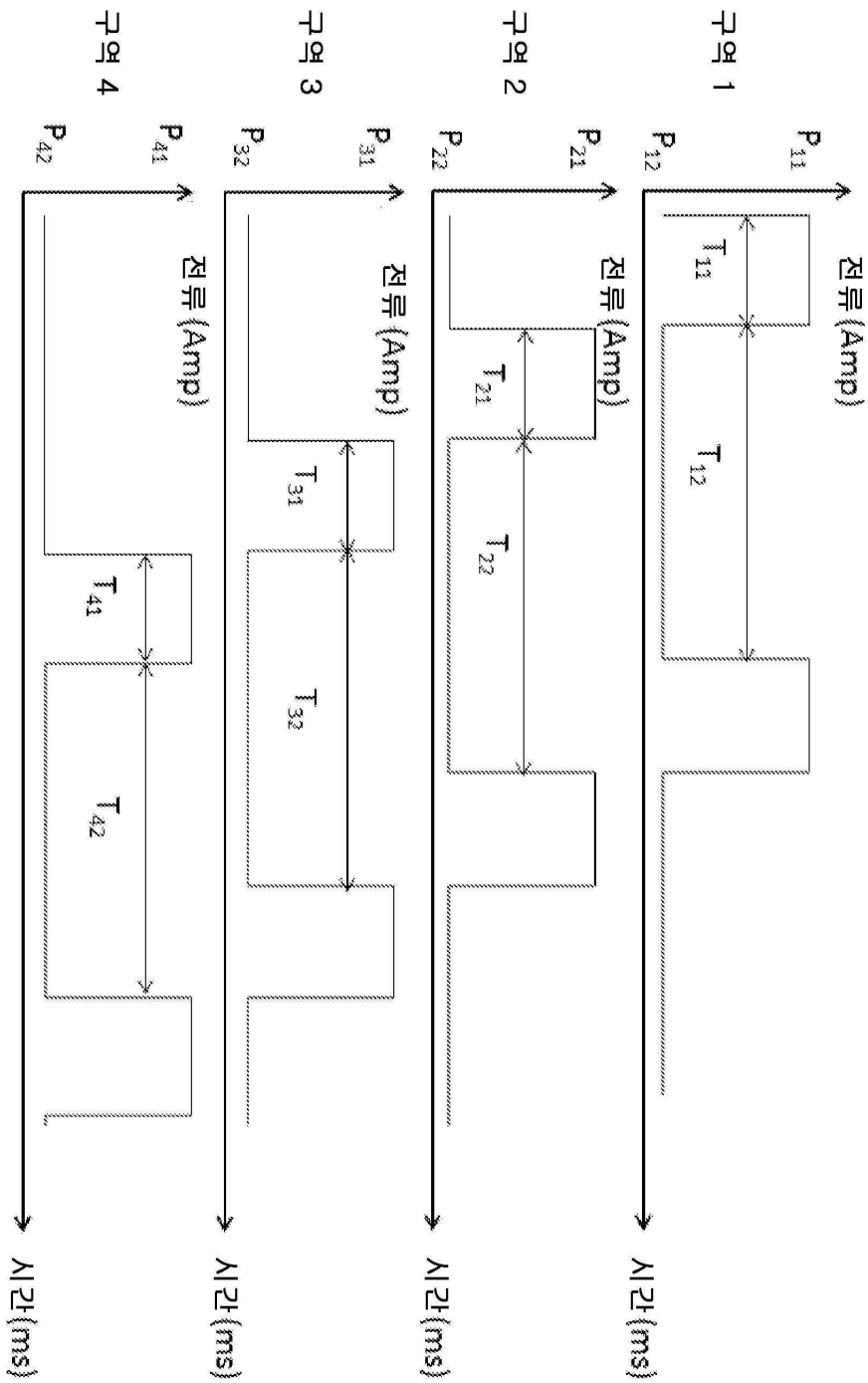
도면31



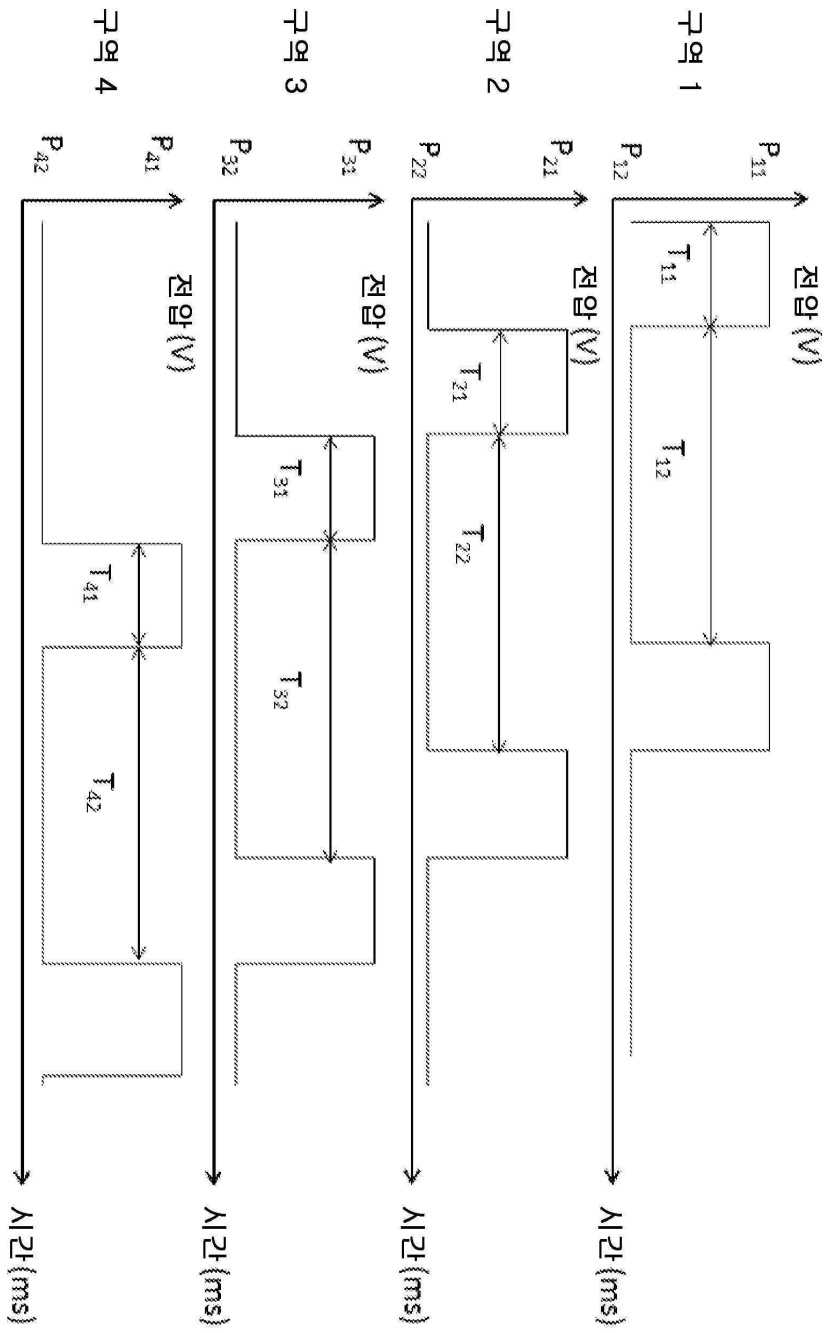
도면32



도면33



도면34



도면35

