

(72) 발명자

구아르나치아 데이비드

미국 메사츄세츠주 01741 칼라일 이스트 스트리트
391

핸더 조나단

미국 메사츄세츠주 01886 웨스트포드 드류 크로싱
14

치우 요한스

미국 메사츄세츠주 01730 베드포드 굴드 로드 26

명세서

청구범위

청구항 1

기판의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치에 있어서,

프로세스 전해질을 유지하기 위해 구성된 프레임과,

상기 프레임에 제거 가능하게 결합되고, 상기 프로세스 전해질 내에 기판을 지지하는 기판 홀더와,

상기 프레임에 제거 가능하게 결합되는 애노드 유체 격실로서, 상기 애노드 유체 격실은 상기 프레임 내에 애노드액을 수납하는 유체 경계 엔벨로프를 형성하고 상기 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리하고, 상기 애노드 유체 격실은 상기 경계 엔벨로프 내에 상기 기판의 표면에 대면하는 애노드와, 상기 애노드와 상기 기판의 표면 사이에 배치된 이온 교환 멤브레인을 가지고, 상기 애노드 유체 격실의 유체 경계 엔벨로프는 상기 이온 교환 멤브레인 및 애노드와 함께 유닛으로서 상기 프레임으로부터 제거 가능한 것인, 애노드 유체 격실

을 포함하고,

상기 기판 홀더, 상기 애노드 및 상기 이온 교환 멤브레인은 상기 프레임 내에 배열되어, 이온이 상기 애노드로부터 상기 이온 교환 멤브레인을 통해 통과하고 상기 기판의 표면 상의 이온 증착에 의해 공핍된 프로세스 전해질 내에 이온을 주로 보충하고,

상기 프레임은 제1 인서트 가이드 및 제2 인서트 가이드를 포함하고, 이 인서트 가이드들 내에서 상기 애노드 유체 격실 및 기판 홀더가 제1 및 제2 인서트 가이드를 따라 상기 기판의 표면에 평행한 방향으로 상기 프레임 내에 삽입될 수 있으며 상기 프레임으로부터 제거될 수 있는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 기판의 표면은 실질적으로 수직 배향에 있는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 이온 교환 멤브레인은 양이온(cationic) 멤브레인을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 애노드는 가용성 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 애노드는 불활성 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 프로세스 전해질은 SnAg 욕(bath)을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 애노드는 Sn 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 애노드는 Cu 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 이온 교환 멤브레인은 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 10

기판의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치로서,
프로세스 전해질을 유지하기 위해 구성된 프레임과,
상기 프레임에 결합되고, 상기 프로세스 전해질이 상기 표면에 접촉하도록 상기 기판을 지지하는 기판 홀더와,
애노드액 내에서 상기 프레임에 결합된 애노드, 및 이온 교환 멤브레인이 상기 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리하도록 상기 프레임에 결합된 이온 교환 멤브레인을 포함하고,

상기 이온 교환 멤브레인은, 상기 프레임에 결합된 제1 멤브레인 지지체에 의해 제1 측면에서 지지되고, 복수의 제1 어레이형 지지체를 갖고,

상기 이온 교환 멤브레인은, 상기 프레임에 결합된 제2 멤브레인 지지체에 의해 제2 측면에서 지지되고, 상기 복수의 제1 어레이형 지지체와 실질적으로 정렬된 복수의 제2 어레이형 지지체를 가지며,

상기 프레임은 제1 인서트 가이드 및 제2 인서트 가이드를 포함하고, 이 인서트 가이드들 내에서 상기 애노드 및 기판 홀더가 제1 및 제2 인서트 가이드를 따라 상기 기판의 표면에 평행한 방향으로 상기 프레임 내에 삽입될 수 있으며 상기 프레임으로부터 제거될 수 있는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 복수의 제1 어레이형 지지체는 수직 바아(bar)의 제1 어레이를 포함하고, 상기 복수의 제2 어레이형 지지체는 수직 바아의 제2 어레이를 포함하고, 제1 어레이형 수직 바아는 제2 어레이형 수직 바아와 실질적으로 정렬되는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 기판 홀더, 상기 애노드 및 상기 이온 교환 멤브레인은, 상기 프레임 내에 배열되어, 금속 이온이 상기 이온 교환 멤브레인을 통해 상기 프로세스 전해질 내로 통과하여, 상기 기판 상의 증착에 의해 공급된 금속 이온을 보충하고, 상기 제1 및 제2 어레이형 지지체는 기포 포집(bubble entrapment)을 방지하는 구성을 갖는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 기판의 표면은 실질적으로 수직 배향에 있는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 14

제10항에 있어서, 상기 이온 교환 멤브레인은 양이온 멤브레인을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 15

제10항에 있어서, 상기 애노드는 가용성 Sn 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 16

제10항에 있어서, 상기 프로세스 전해질은 SnAg 욕을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 17

기판의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치에 있어서,
프로세스 전해질을 유지하기 위해 구성된 프레임과,

상기 프레임에 제거 가능하게 결합되고, 상기 프로세스 전해질이 상기 표면에 접촉하도록 상기 기판을 지지하는 기판 홀더와,

상기 프레임에 결합되고 애노드액을 수납하기 위해 구성된 애노드 모듈로서, 상기 애노드 모듈은 모듈 프레임과, 애노드와, 상기 모듈 프레임에 결합된 이온 교환 멤브레인을 가지고, 상기 모듈 프레임은 상기 애노드

드 및 상기 이온 교환 멤브레인과 함께 유닛으로서 상기 프레임으로부터 제거 및 상기 프레임 내에 삽입되는 것인, 애노드 모듈

을 포함하고,

상기 모듈 프레임에 결합된 상기 이온 교환 멤브레인은, 상기 애노드와 상기 기관의 표면 사이에 배치되며,

상기 프레임은 제1 인서트 가이드 및 제2 인서트 가이드를 포함하고, 이 인서트 가이드들 내에서 상기 애노드 모듈 및 기관 홀더가 제1 및 제2 인서트 가이드를 따라 상기 기관의 표면에 평행한 방향으로 상기 프레임 내에 삽입될 수 있으며 상기 프레임으로부터 제거될 수 있는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 기관 홀더, 상기 애노드 및 상기 이온 교환 멤브레인은 상기 프레임 내에 배열되어, 금속 이온이 상기 이온 교환 멤브레인을 통해 프로세스 전해질 내로 통과하여 상기 기관 상의 증착에 의해 공급된 금속 이온을 보충하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 19

제17항에 있어서, 상기 기관의 표면은 실질적으로 수직 배향에 있는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 20

제17항에 있어서, 상기 이온 교환 멤브레인은 양이온 멤브레인을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 21

제17항에 있어서, 상기 애노드는 가용성 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 22

제17항에 있어서, 상기 애노드는 불활성 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 23

제17항에 있어서, 상기 프로세스 전해질은 SnAg 욕을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 24

제17항에 있어서, 상기 애노드는 Sn 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 25

제17항에 있어서, 상기 애노드는 Cu 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 26

제17항에 있어서, 상기 이온 교환 멤브레인은 상기 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리하는 것인 전기 화학 증착 장치.

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원의 상호 참조

[0002] 본 출원은 그 개시가 여기서 참조로서 사용된, 발명의 명칭이 "전착용 전기 삼투 화학 생산성 장치 및 방법 (ELECTRO OSMOSIS CHEMICAL PRODUCTIVITY APPARATUS AND METHOD FOR ELECTRO DEPOSITION)"이며, 2011년 4월 14일 출원된 미국 가특허 출원 제61/475,417호의 이득 및 우선권을 주장한다.

[0003] 1. 분야

[0004] 개시된 실시예는 일반적으로 전기 화학 증착용 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더 구체적으로는 전기 화학 증착 및 보충(replenishment)용 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 2. 관련 개발의 간단한 설명

[0006] 전기 증착은, 다른 프로세스들 중에서도, 예를 들어 반도체 웨이퍼 및 실리콘 작업편 또는 기판과 같은 다양한 구조체 및 표면에 주석, 주석 은, 니켈, 구리 또는 다른 것과 같은 필름의 도포를 위한 제조 기술로서 사용된다. 이러한 프로세스를 위해 사용된 시스템의 중요한 특징은 기초 작업편 프로파일에 대한 필름 두께, 조성 및 프로파일과 같은 균일하고 반복 가능한 특성을 갖는 필름을 제조하는 이들의 능력이다. 전기 증착 시스템은 공핍시에 보충을 필요로 하는 1차 전해질을 이용할 수도 있다. 예로서, 주석 은 용액에서, 주석 염 용액 액체 보충이 공핍시에 요구될 수도 있다. 이러한 보충은 용액의 함수로서 고비용일 수도 있고, 증착 도구의 소유권의 비용에 악영향을 미치는 서비스 및 프로세스 재자격성 검사(requalification)를 위한 전기 증착 도구 또는 서브 모듈의 상당한 휴지 시간을 필요로 할 수 있다. 따라서, 전기 증착 도구 내의 공핍된 프로세스 전해질의 보충을 위한 신규하고 개량된 방법 및 장치에 대한 요구가 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0007] 개시된 실시예의 상기 양태 및 다른 특징은 첨부 도면과 관련하여 취한 이하의 상세한 설명에 설명된다.

도면의 간단한 설명

- [0008] 도 1은 예시적인 웨이퍼 전기 증착 시스템을 도시하고 있는 도면.
 도 2a는 전기 증착 모듈을 도시하고 있는 도면.
 도 2b는 전단 플레이트 교반 부재를 도시하고 있는 도면.
 도 2c는 전단 플레이트 교반 부재를 도시하고 있는 도면.
 도 2d는 전단 플레이트 교반 부재를 도시하고 있는 도면.
 도 2e는 전단 플레이트 교반 부재를 도시하고 있는 도면.
 도 2f는 부재의 진동 운동의 다이어그램.
 도 2g는 부재의 불균일한 진동 운동의 그래프.
 도 2h는 부재의 불균일한 진동 운동의 그래프.
 도 3은 전기 삼투 보충 모듈을 도시하고 있는 도면.
 도 4는 전기 합성 유동셀(flow-cell) 레이아웃을 도시하고 있는 도면.
 도 5는 전기 증착부 및 화학 생산성 시스템(CPS)을 도시하고 있는 도면.
 도 5a는 CPS 시스템의 화학 생산성 모듈을 도시하고 있는 도면.
 도 6은 화학 관리 및 이송 시스템을 도시하고 있는 도면.
 도 7은 전기 삼투 보충 모듈을 도시하고 있는 도면.
 도 8은 전기 삼투 보충 모듈을 도시하고 있는 도면.
 도 9는 전기 화학 증착 시스템의 다이어그램.
 도 10은 전기 화학 증착 시스템의 다이어그램.
 도 11은 전기 화학 증착 시스템의 다이어그램.
 도 12는 도금 셀의 등각도.
 도 13은 도금 셀의 등각도.
 도 14는 도금 셀의 평면도.
 도 15는 애노드 인서트의 분해도.
 도 16은 애노드 인서트의 분해도.
 도 17은 애노드 인서트의 측면도.
 도 18은 애노드 인서트의 단면도.
 도 19는 애노드 인서트의 단면도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 이제, 도 1을 참조하면, 개시된 실시예의 양태에 따른 제조 프로세스에 적합한 상업적인 웨이퍼 전착 기계가 도시되어 있다. 개시된 실시예의 양태는 도면을 참조하여 설명될 것이지만, 개시된 실시예의 양태는 다수의 형태로 실시될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 게다가, 임의의 적합한 크기, 형상 또는 유형의 요소 또는 재료가 사용될 수 있다. 개시된 실시예는 미국 매사추세츠주 빌레리카 소재의 넥스 시스템즈(NEXX Systems)로부터의 스트라투스(Stratus)와 같은 상업적으로 입수 가능한 전착 기계에 구현될 수도 있다. 시스템(200)은 공개일이

2005년 5월 12일인 특허 협력 조약 하에서 공개된 국제 출원 WO 2005/042804 A2호에 개시된 바와 같은 그리고 2005년 8월 14일 공개된 발명의 명칭이 "작업편을 유체 처리하기 위한 방법 및 장치(method and apparatus for fluid processing a workpiece)"인 미국 특허 공개 제2005/0167275호에 개시된 바와 같은 특징을 구비할 수도 있고, 양 출원은 본 명세서에 그대로 참조로서 합체되어 있다. 시스템(200)은 예시적인 시스템으로서 블록 다이어그램의 형태로서 도시되어 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 상이한 구성 및 위치를 갖는 더 많거나 적은 모듈이 제공될 수도 있다. 시스템(200)은, 예를 들어 전술된 바와 같이 포토레지스트로 미리 패터닝된 기판이 삽입되고 시스템으로부터 회수되는 로딩 포트(load port)(206)를 포함할 수 있는 산업용 전착 기계(200M)를 포함할 수도 있다. 로딩 스테이션(204)은 이후에 수송부(280)에 의해 모듈(210, 212, 214, 216)(이하에 더 상세히 설명되고 도 2a 및 도 5에 또한 개략적으로 도시되어 있음)에 전달되고 병렬로, 연속적으로 또는 병렬 및 연속의 조합으로 처리되는 기판 홀더(270, 272, 274) 내에 기판(278)을 전달하는 로봇식 아암을 가질 수도 있다. 예로서, 연속적인 또는 다른 방식의 프로세스는 구리(Cu) 전착 모듈(216), 니켈(Ni) 전착 모듈(214), 주석(Sn) 전착 모듈(212), 주석-은(SnAg) 전착 모듈(210)을 포함할 수도 있다. 또한, 개시된 실시예의 양태는 유사하게는 구리(Cu) 전착 모듈(216), 니켈(Ni) 전착 모듈(214), 주석(Sn) 전착 모듈(212), 주석-은(SnAg) 전착 모듈 또는 임의의 적합한 금속 증착 모듈에 유사하게 적용될 수도 있다. 기판은 이어서, 기판을 언로딩하고 이 기판들을 이들이 로딩 포트(206)로 복귀되는 기판 세척 모듈(202)을 통해 통과시키는 로딩 스테이션(204)으로 복귀될 수도 있다. 세척 단계는, 예를 들어 탈이온화수를 사용하여, 전착 단계 전후에 배치될 수도 있고, 예를 들어 세척 모듈(262, 266)이 제공될 수도 있다. 대안적으로, 모듈(262, 266)은 린스 또는 열처리 모듈 뿐만 아니라 세척 모듈일 수도 있다. 보충 모듈(260, 264)(도 1에 일반적으로 식별되어 있음)이 제공되어, 예를 들어 화학 생산성 및 모듈(210, 212, 214, 216)의 보충을 위해 시스템(200)의 공통 포위체(enclosure) 내에 존재될 수도 있다. 예를 들어, 포위체(200H)는 그 내부에 적합한 환경 및 청결 제어를 갖고, 시스템(200)의 구성 요소 및 모듈을 위한 하우징을 형성할 수도 있다. 이해될 수 있는 바와 같이, 예시적인 실시예에서, 화학 보충 모듈은 공통 하우징 또는 영역[하우징(200H)에 유사함] 내에 위치되지 않을 수도 있고, 오프보드(off-board) 또는 원격으로 위치될 수도 있는 데, 예를 들어 보충 모듈(260', 264')(도 1 참조)은 모듈(210, 212, 214, 216)의 보충을 위한 보드 모듈(260, 264)을 구비하거나 구비하지 않을 수도 있다. 여기서, 원격 보충 모듈은 시스템(200)에 인접하여, 시스템(200) 아래에 후속하여 또는 시스템(200)으로부터 이격하여, 예를 들어 소정 거리 이격하여 또는 별도의 룸 내에 배치될 수도 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 보충 모듈은 제공되지 않을 수도 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 더 많거나 적은 적합한 조합으로 그리고 더 많거나 적은 상이한 또는 유사한 재료의 증착을 위한 더 많거나 적은 모듈이 임의의 적합한 조합으로 제공될 수도 있다.

[0010]

하나 이상의 제어기(들)(222)가 제공되고 각각의 스테이션 또는 모듈에 통신적으로 결합되어 프로세스를 시퀀싱하고 그리고/또는 스테이션 또는 모듈 내에서 수송할 수도 있다. 시스템 제어기(들)(222)는 시스템(200) 내에 제공되어 스테이션들 또는 프로세스 모듈들 사이에 기판을 시퀀싱하고 호스트 통신, 로트(lot) 로딩 및 언로딩 또는 시스템(200)을 제어하는 데 요구되는 다른 이들 동작과 같은 시스템 동작을 조정할 수도 있다. 제어기(222)는 애노드를 수용하고 도금욕을 지지하도록 배치된 프로세스 모듈(들) 내에서 적합한 금속, 금속 합금 및/또는 다른 도금 재료, 예를 들어 주석(Sn), 주석-은(SnAg), 구리(Cu), 니켈(Ni) 중 하나 이상으로 작업편을 도금하도록 프로그램 가능할 수도 있다. 따라서, 프로세스 모듈(212)을 위한 제어기는 작업편 상에 Ti를 도금하기 위해 프로그램될 수도 있다. 제어기(222)는 작업편으로부터 실질적으로 모든 도금 화학물을 린스하는 것을 지원하도록 배치된 린스 탱크 내에서 작업편을 린스하도록 또한 프로그램 가능할 수도 있다. 제어기(222)는 예를 들어 애노드를 수용하고 도금욕을 지지하도록 배치된 프로세스 모듈(210) 내에서 주석 및 은으로 작업편을 도금하도록 또한 프로그램 가능할 수도 있다. 제어기(222)는 예를 들어 주석과 주석-은 층을 혼합하게 하고 실질적으로 균일한 주석-은 합금 특징부를 형성하기 위해 작업편을 열처리하도록 배치된 열처리 모듈 내에서 작업편을 열처리하도록 또한 프로그램 가능할 수도 있다. 제어기(222)는 예를 들어 구리 전착 모듈(216)로 작업편 상에 구리를 증착하도록 또한 프로그램 가능할 수도 있다. 제어기(222)는 예를 들어 니켈 전착 모듈(214)로 작업편 상에 니켈을 증착하도록 또한 프로그램 가능할 수도 있다. 제어기(222)는 세척 모듈(262)로 작업편을 세척하도록 또한 프로그램 가능할 수도 있다. 개시된 실시예에서, 전술된 바와 같이, 4개의 전착 모듈(210, 212, 214, 216)이 도시되어 있고, 세척 모듈(262, 266) 및 화학 보충 모듈(260, 264)은 단지 예시적인 목적으로만 일반적인 방식으로 도면에 식별되어 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 일 시스템은 임의의 적합한 구성으로 배치된 더 많거나 적은 모듈을 가질 수도 있다. 예로서, 시스템(200)은 주석(Sn) 전착 모듈(들) 및 주석-은(SnAg) 전착 모듈(들)을 가질 수도 있고, 화학물이 장치(200M)로부터 하나 이상의 원격 또는 오프보드로부터 보충된다[예를 들어, 하나 이상의 화학 보충 또는 생산성 모듈(260', 264')]이 단지 예시적인 목적으로 도 1

에 도시되어 있지만, 더 많거나 적은 것들이 제공될 수도 있음]. 전술된 바와 같이, 장치는 하나 이상의 온보드, 예를 들어 장치에 존재하는 화학 보충 또는 생산성 모듈을 또한 포함할 수도 있다. 다른 예로서, 상이한 전착 모듈(들)을 갖는 개별 도구(도시 생략)가 제공될 수도 있다. 다른 예로서, 다수의 이중 전착 모듈이 다수의 작업편이 병렬로 처리되게 하여 시스템의 처리량을 증가시키도록 제공될 수도 있다. 이와 같이, 시스템 구성의 모든 이러한 변형, 대안 및 수정이 포함된다.

[0011] 이제, 도 2a를 또한 참조하면, 예시적인 전착 프로세스 모듈(210)의 블록 다이어그램이 도시되어 있다. 전착 모듈(210)은 예를 들어 미국 매사추세츠주 빌레리카 소재의 넥스 시스템즈(NEXX Systems)로부터의 스트라투스(Stratus) 도구에서 발견되는 모듈과 유사한 특징을 구비할 수도 있고, 공개일이 2005년 5월 12일인 특허 협력 조약 하에서 공개된 국제 출원 WO 2005/042804 A2호에 개시된 바와 같은 그리고 2005년 8월 14일 공개된 발명의 명칭이 "작업편을 유체 처리하기 위한 방법 및 장치(method and apparatus for fluid processing a workpiece)"인 미국 특허 공개 제2005/0167275호에 개시된 바와 같은 특징을 구비할 수도 있고, 양 출원은 본 명세서에 그대로 참조로서 함체되어 있다. 예시적인 전착 모듈(210)은 유체(302)를 수납하는 하우징(300)을 갖고, 여기서 유체(302)가 하우징(300)을 통해 유동할 수도 있고 유체(302)는 보충 모듈(260) 등과 같은 모듈에 의해 재공급되거나 보충된 순환된 전해질일 수도 있다. 작업편 홀더(272)는 핸들러(280)에 의해 하우징(300)으로부터 제거 가능할 수도 있고 기관(278)을 유지할 수도 있다. 2개의 기관이 도시되어 있지만, 홀더(272)는 더 많거나 적은 기관(들)을 유지할 수도 있다. 애노드(310, 312)는 차폐 플레이트(314, 316) 및 패들 또는 유체 교반 조립체(318, 320)를 구비한다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 더 많거나 적은 조립체가 제공될 수도 있다. 예를 들어, 단일의 애노드가 제공될 수도 있다. 다른 예로서, 애노드는 하우징(300) 또는 차폐 플레이트(314, 316)의 부분일 수도 있고, 패들 또는 유체 교반 조립체(318, 320)가 제공되지 않을 수도 있다.

[0012] 이제, 도 2b 내지 도 2d를 참조하면, 전단 플레이트 교반 부재(318'), 전단 플레이트 교반 부재(318')의 개략 단면도 및 전단 플레이트 교반 부재(318')의 다른 개략 단면도가 각각 도시되어 있다. 도 2e를 또한 참조하면, 이하에 더 설명되는 바와 같이 교반 부재로부터 유체 교반을 받게 되는 대상 표면(30)에 근접하여 배치된 대표적인 전단 플레이트 교반 부재(318x)의 다른 개략 입면도가 도시되어 있다. 도 2f를 또한 참조하면, 원하는 기준 프레임에 대한 교반 부재의 진동 운동의 다이어그램이 도시되어 있다. 도 2g를 또한 참조하면, 부재의 예시적인 불균일한 진동 운동의 그래프가 도시되어 있다. 도 2h를 또한 참조하면, 부재의 불균일한 진동 운동의 그래프가 도시되어 있다. 전단 플레이트 교반 부재 및 진동 운동은 미국 매사추세츠주 빌레리카 소재의 넥스 시스템즈(NEXX Systems)로부터의 스트라투스(Stratus) 도구에서 발견된 모듈에서와 같은 특징을 구비할 수도 있고, 공개일이 2005년 5월 12일인 특허 협력 조약 하에서 공개된 국제 출원 WO 2005/042804 A2호에 개시된 바와 같은 그리고 2005년 8월 14일 공개된 발명의 명칭이 "작업편을 유체 처리하기 위한 방법 및 장치(Method and Apparatus for Fluid Processing a Workpiece)"인 미국 특허 공개 제2005/0167275호에 개시된 바와 같은 특징을 구비할 수도 있고, 양 출원은 본 명세서에 그대로 참조로서 함체되어 있다. 전단 플레이트 교반 부재 및 운동(들)은 예시적인 도금 모듈(210)(도 2a 또한 참조)과 같은 또는 이하에 개시된 바와 같이 그리고 개시된 실시예의 다른 양태에 따라 임의의 예시적인 모듈에 또는 예를 들어 모듈(260, 260')(도 1 또한 참조) 등과 같은 전기 삼투 보충 모듈 내의 애노드, 캐소드 또는 이온 교환 멤브레인에 대한 조합으로 이용될 수도 있다. 예를 들어, 하나 이상의 전단 플레이트 교반 부재(들)는 교반 등을 위해 전기 삼투 보충 모듈 내의 애노드, 캐소드 또는 이온 교환 멤브레인의 하나 이상의 표면(들)과 함께 사용될 수도 있어, 예를 들어 이러한 멤브레인의 폐색 또는 막힘을 감소시키거나 이러한 멤브레인의 성능을 다른 방식으로 용이하게 할 수도 있다.

[0013] 개시된 실시예의 다양한 양태에서, 부재(318)는 설명의 목적으로 패들 조립체 또는 유체 교반 패들이라 칭할 수도 있다. 개시된 실시예의 일 양태에서, 부재(318)는 전단 플레이트 교반 패들이다. 부재(318)는 예를 들어 작업편 홀더(272)에 의해 보유되는 작업편의 표면(30)에 실질적으로 평행하게 이동될 수 있다. 부재(318)는 유체를 교반하기 위해 불균일한 진동 운동(예를 들어, 도 2f 내지 도 2g에 도시되어 있는 바와 같은 프로파일을 갖는 운동)을 갖고 이동될 수 있다. 개시된 실시예의 다양한 양태에서, 부재(318)의 진동 주파수는 약 0 Hz 내지 약 20 Hz일 수 있지만, 주파수는 용례에 따라 더 높을 수 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 부재(318)의 진동 주파수는 약 4 Hz 내지 약 10 Hz이다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 진동 주파수는 약 6 Hz일 수도 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 교반 패들은 균일한 진동 운동으로 이동될 수도 있다. 여기서, 부재(318)는 하나 이상의 모터(216)에 의해 이동될 수도 있다. 부재(204)는 연결 로드(220)를 사용하여 모터(들)(219)에 연결될 수 있다. 여기서, 모터(들)(219)는 선형 구동 모터 또는 선형 모터 조립체일 수도 있다. 적합한 선형 모터는 미국 위스콘신주 델라반 소재의 린모트 코퍼레이션(LinMot Corporation)으로부터 입수 가능한 선형 구동 모터를 포함한다. 개시된 실시예의 다양한 양태에서, 모터(219)는 하우징에 고정식으로 또는 제거 가능하게 부착될 수 있다. 모터(219)는 하우징의 중심 평면 상에 위치될 수 있다. 개시된 실시예의 일

양태에서, 부재(318)의 중량 및 부재(318)의 왕복 운동 중에 발생하는 관성력은 기계적 베어링에 의해서보다는 모터 슬라이더와 모터 권선 사이의 자기장력을 경유하여 선형 모터에 의해 지지될 수도 있다. 하나 이상의 모터(219)는 컴퓨터 제어될 수 있다.

[0014]

이제, 도 2b를 재차 참조하면, 작업편의 유체 처리 중에 유체를 교반하기 위한 부재(318')의 예시적인 실시예의 사시도가 도시되어 있다. 부재(318')는 제1 플레이트(232) 및 제2 플레이트(234)를 포함할 수도 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 부재는 그러나 단일 플레이트를 가질 수도 있다. 도시되어 있는 예시적인 실시예에서, 각각의 플레이트(232, 234)는 일련의 이격된 개구(236)를 형성한다. 이격된 개구(236)의 형상은 예를 들어 타원형 또는 직사각형일 수 있다. 각각의 플레이트(232, 234)는 유체를 교반하기 위한 일련의 이격된 블레이드(240)를 또한 포함할 수 있다. 이격된 블레이드(240)의 프로파일은 직선형, 각형성형, 컵형 또는 정사각형일 수 있다. 일련의 이격된 개구(236) 또는 일련의 이격된 블레이드(240)의 중심점은 실질적으로 등간격의 주기적 어레이로 위치될 수 있다. 예를 들어, 중심들은 이들간에 약 10 내지 약 30 mm로 위치될 수 있다. 일 상세한 실시예에서, 중심들은 20 mm 이격하여 위치된다. 개시된 실시예의 일 양태에서, 일련의 이격된 개구(236)는 부재(318')가 이동될 때 유체를 교반한다. 개시된 실시예의 일 양태에서, 일련의 이격된 블레이드(240)는 부재(318')가 이동될 때 유체를 교반한다. 개시된 실시예의 일 양태에서, 개구(236) 및 블레이드(240)의 모두는 유체를 교반한다. 개시된 실시예에서, 이격된 블레이드(240)의 예지면은 유체를 교반한다. 플레이트(232, 234)는 적합한 금속, 플라스틱 또는 폴리머로부터 형성될 수 있다. 적합한 금속은 티타늄, 스테인레스강 또는 알루미늄을 포함한다. 적합한 플라스틱은 폴리염화비닐(PVC), 염소화 PVC(CPVC), HDPE 및 PVDF를 포함한다. 개시된 실시예의 다양한 양태에서, 플레이트(232, 234) 중 하나는 예를 들어 작업편의 표면 또는 부재(318')에 인접한 표면으로부터 약 2 mm 내지 약 10 mm와 같이, 표면에 밀접하게 근접하여 위치될 수 있지만, 더 작거나 더 큰 거리가 용례에 따라 표면에 대한 밀접한 근접도로 사용될 수 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에서 설명되는 바와 같이, 교반 부재(들)는 그에 밀접하게 근접하는 다른 표면에 인접하여 유사하게 배치될 수도 있다. 개시된 실시예의 일 양태에서, 플레이트(232, 234) 중 적어도 하나의 두께는 약 3 mm 내지 약 6 mm이지만, 더 작거나 더 큰 거리가 용례 및/또는 재료의 구성에 따라 사용될 수 있다. 비교적 얇은 단편(piece)이 사용될 수 있어, 플레이트(318)가 표면(30)에 대한 및 표면을 가로지르는 적합한 혼합 유동을 위해 요구되는 바와 같이 인접한 표면 또는 작업편에 밀접하게 위치될 수 있게 된다. 제1 및 제2 플레이트(232, 234)가 하나 이상의 스페이서 특징부(244)에 의해 결합되어 부재(319')를 형성할 수도 있다. 도 2b에서, 제1 및 제2 플레이트(232, 234)는 나사(248)에 의해 스페이서 특징부(244)에 부착된 것으로 도시되어 있지만, 이들에 한정되는 것은 아니지만, 리벳, 아교, 에폭시, 접착제 또는 다른 접합한 부착 수단을 포함하는 다른 수단이 사용될 수도 있다. 플레이트(232, 234) 및 스페이서 특징부(244)는 작업편 홀더(272)의 실시예가 처리 중에 삽입될 수 있는 캐비티를 형성할 수 있다. 스페이서 특징부(244)는 작업편 홀더(272)에 대한 부재(318')의 정렬을 용이하게 할 수 있다. 개시된 실시예의 다양한 양태에서, 부재(318 또는 318')는 부재(318 또는 318')의 기계적 지지를 필요로 하지 않고 높은 정밀도를 제공하는 방식으로 하우징에 의해 작업편 홀더(272) 또는 인접 표면에 정렬될 수 있다. 전술된 바와 같이, 모터(219)는 부재(318 또는 318') 및 유체로부터 부재에 부여된 반작용력, 뿐만 아니라 운동 중의 관성력을 베어링으로부터 지원 없이 지지할 수도 있다. 부재(318 또는 318')와 작업편 홀더(272)[또는 표면(30)] 사이의 정밀하고 일정한 간격이 원한다면 가이드 휠(도시 생략) 또는 하우징 상에 장착된 다른 적합한 가이드를 사용하여 원한다면 성취될 수 있다. 가이드 휠은 하우징의 측벽 상에 견고하게 장착된 굴대(axle) 상에서 자유롭게 회전할 수 있다. 정렬 휠은 또한 작업편 홀더(272)를 위치설정하기 위해 하우징에 장착될 수 있다. 가이드 휠과 정렬 휠 사이의 관계는 부재(318 또는 318')로부터 작업편 표면이 약 0.2 mm 미만 이내로 일정하도록 이루어질 수 있다. 이러한 것은 부재(318 또는 318')가 작업편 표면에 실질적으로 평행하게 이동될 때 작업편 표면에서 실질적으로 균일한 유체 경계층이 발생하는 것을 촉진한다. 이제, 도 2c를 재차 참조하면, 작업편의 유체 처리 중에 유체를 교반하기 위한 부재(318'')의 개시된 실시예의 다른 양태의 단면도가 도시되어 있다. 이격된 블레이드(240'')가 예시의 목적으로 일반적인 컵 형상을 갖도록 도시되어 있다. 도 2c에서, 이격된 블레이드(240'')는 표면(30)[예를 들어, 리테이너(42)를 사용하여 작업편 홀더(272) 상에 보유된 작업편]에 인접하여 도시되어 있다. 개시된 실시예의 다양한 양태에서, 일련의 이격된 개구(236) 및/또는 일련의 이격된 블레이드(240'')는 부재(318'')가 이동될 때 유체를 교반한다. 개시된 실시예의 일 양태에서, 이격된 블레이드(240'')의 예지면은 유체를 교반한다. 여기서, 예지면은 측면, 침예한 표면 또는 라운딩된 표면일 수 있다. 이제, 도 2d를 참조하면, 부재(318'')의 개시된 실시예의 다른 양태의 단면도가 도시되어 있다. 이격된 블레이드(240'')는 각형성형 프로파일을 갖고, 표면(30)[예를 들어, 리테이너(42)를 사용하여 작업편 홀더(272) 상에 보유된 작업편]에 인접하여 도시되어 있다. 개시된 실시예의 다양한 양태에서, 일련의 이격된 개구(236) 및/또는 일련의 이격된 블레이드(240'')는 부재(318'')가 이동될 때 유체를 교반한다. 전술된 바와 같이,

교반 또는 패들 부재(318, 318', 318" 또는 318''')(본 명세서에서 집합적으로 318x라 칭함)가 유체를 교반하는데 사용될 수 있다. 개시된 실시예의 몇몇 양태에서, 부재(318x)는 불균일한 진동 프로파일을 사용하여 이동될 수 있다. 일 예시적인 실시예에서, 불균일한 진동 운동은 불균일한 진동 운동의 각각의 스트로크 후에 변하는 반전 위치를 포함한다. 더욱이, 운동은 일련의 실질적으로 연속적인 계속적인 기하학적으로 비대칭인 진동으로서 특징화될 수도 있고, 여기서 시리즈 내의 각각의 계속적인 진동은 적어도 2개의 실질적으로 연속적인 대향하는 스트로크를 갖고 기하학적으로 비대칭이고, 여기서 실질적으로 연속적인 비대칭 진동의 각각의 실질적으로 연속적인 스트로크의 반전 위치는 진동의 각각의 바로 선행하는 실질적으로 연속적인 스트로크의 중심점에 대해 비대칭으로 배치된다.

[0015] 도 2e를 참조하면, 블레이드(240, 240' 또는 240") 또는 작업편(30)의 표면 상의 특정 표면 또는 작업편 지점(256)에 인접한 이격된 개구(236)의 중심점[본 명세서에서 집합적으로 중심점(252)이라 칭함]은 하나의 완전한 진동 스트로크 후에 동일한 작업편 지점(256)으로 복귀할 필요가 없다. 중심점(252)은 부재(318x)가 진동함에 따라 작업편(30)의 표면을 따라 이동할 수 있고, 하나의 완전한 진동 스트로크 후에, 중심점(252')은 가까운 작업편 지점(261)에 있을 수 있다. 개시된 실시예의 일 양태에서, 불균일한 진동 운동은 1차 진동 스트로크 및 적어도 하나의 2차 진동 스트로크를 포함한다. 1차 진동 스트로크의 길이는 부재(318x)에 의해 형성된 이격된 개구(236)의 간격과 실질적으로 동일할 수 있다. 일 상세한 실시예에서, 1차 진동 스트로크의 길이는 인접한 이격된 개구(236)의 간격과 실질적으로 동일할 수 있다.

[0016] 이제, 도 2f를 참조하면, 예시적인 1차 진동 스트로크(265)가 부재(318x)의 진동 스트로크의 반전 위치를 변경할 수 있다. 일 상세한 실시예에서, 1차 진동 스트로크(265)는 부재(318x)의 중심점(252)의 반전 위치(268)를 변경한다. 예시적인 제1 2차 진동 스트로크(273)는 부재(318x)의 진동 운동의 반전 위치를 변경할 수 있다. 일 상세한 실시예에서, 제1 2차 진동 스트로크(273)는 중심점(252)의 반전 위치(276)를 변경한다. 개시된 실시예의 다양한 양태에서, 이러한 것은 또한 1차 진동 스트로크(265)의 반전 위치를 변경하는 것으로서 이해될 수 있다. 예시적인 제2 2차 스트로크(281)는 부재(318x)의 진동 운동의 반전 위치를 변경할 수 있다. 개시된 실시예의 일 양태에서, 제2 2차 스트로크(281)는 중심점(252)의 반전 위치(284)를 변경한다. 개시된 실시예의 다양한 양태에서, 이러한 것은 또한 제1 2차 진동 스트로크(273)의 반전 위치를 변경하는 것으로서 이해될 수 있다. 도시되어 있는 바와 같이, 중심점(252)은 부재(318x)의 상대 운동을 나타내는 데 사용된다. 그러나, 부재(318x)의 표면을 따른 임의의 점(X)이 부재(318x)가 이동함에 따라 그 점(X)의 반전 위치의 변화를 나타내는 데 사용될 수 있다. 개시된 실시예의 몇몇 양태에서, 부재는 복수의 단편으로부터 형성될 수 있다. 각각의 단편은 하나 이상의 이격된 개구 또는 하나 이상의 이격된 블레이드를 포함한다. 개시된 실시예의 일 양태에서, 각각의 단편은 그 운동이 근접한 단편에 독립적이라도 개별 모터에 연결될 수 있다. 개시된 실시예의 일 양태에서, 각각의 단편은 단편들이 일제히 이동하도록 동일한 모터에 연결될 수 있다. 개시된 실시예의 몇몇 양태에서, 복수의 단편은 부재(204x)의 2개 이상의 단편의 운동이 유체를 교반하도록 작업편의 동일한 측면에 위치된다. 이제, 도 2g를 참조하면, 작업편의 유체 처리 중에 유체를 교반하기 위한 예시적인 불균일한 진동 프로파일(288)의 그래픽 표현이 도시되어 있다. 도 2e 및 도 2f의 예시적인 작업편(272) 및 중심점(252)이 예시의 목적으로 참조된다. 작업편(272)의 표면 상의 작업편 지점(256)에 대한 부재(318x)의 중심점(252)의 위치가 시간에 대해 플롯팅된다. 부재(318x)의 개시된 실시예에서, 중심점(252)의 간격은 약 20 mm이다. 1차 진동 스트로크는 중심점(252)과 부재(318x)의 인접한 중심점 사이의 간격과 실질적으로 동일하다. 2차 진동 스트로크는 약 40 mm이다. 라인 292는 1차 진동 스트로크의 결과로서 중심점의 상대 이동을 도시하고 있다. 라인 296은 2차 진동 스트로크의 결과로서 중심점의 상대 이동을 도시하고 있다. 1차 스트로크와 2차 스트로크의 조합을 사용함으로써, 작업편(272) 전방의 진동 패턴의 반전 위치가 프로세스 시간에 대해 충분히 변경될 수 있다. 이는 작업편의 표면 상의 불균일한 시간 평균된 전기장 또는 유체 유동장을 배치할 수 있다. 이러한 것은 작업편의 표면 상의 부재의 전기장 이미지 또는 유체 유동 이미지를 최소화할 수 있는 데, 이는 증착의 균일성을 향상시킨다.

[0017] 이제, 도 2h를 참조하면, 작업편의 유체 처리 중에 유체를 교반하기 위한 다른 예시적인 불균일한 진동 프로파일(301)의 그래픽 표현이 도시되어 있다. 부재(318x)에서, 중심점(252)의 간격은 약 20 mm이다. 1차 진동 스트로크는 중심점(252)과 부재(318x)의 인접한 중심점 사이의 간격과 실질적으로 동일하다. 제1 2차 진동 스트로크는 약 30 mm이다. 제2 2차 진동 스트로크는 약 40 mm이다. 진동 운동은 부가의 2차 진동 스트로크를 포함할 수 있다. 라인 304는 1차 진동 스트로크의 결과로서 중심점의 상대 이동을 도시하고 있다. 라인 308은 제1 2차 진동 스트로크의 결과로서 중심점의 상대 이동을 도시하고 있다. 라인 313은 제2 2차 진동 스트로크의 결과로서 중심점의 상대 이동을 도시하고 있다. 제1 2차 진동 스트로크의 기간은 약 2초이고, 제2 2차 진동 스트로크의 기간은 약 10초이다. 이는 진동 반전이 발생하는 위치를 이동시킬 수 있고, 이는 약 0.1 mm만큼 각각의

이격된 개구의 중심점 또는 각각의 이격된 블레이드의 반전점을 확산시킬 수 있다. 이러한 것은 표면(30) 상의 반전 위치의 임의의 이미지를 감소시키거나 실질적으로 제거할 수 있다. 부재(318x)의 진동은 또한 작업편(272)의 표면에 비주기적인 유체 경계층을 형성할 수 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 패들의 교반 운동은 균일한 진동 운동일 수도 있다. 개시된 실시예의 일 양태에서, 부재(318x)는 작업편(272, 278)의 표면에서 유체 경계층 두께를 감소시킨다. 일 상세한 실시예에서, 유체 경계층 두께는 약 10 μm 미만으로 감소된다. 더욱이, 부재의 운동은 표면(30)[예를 들어, 작업편(272, 278)의]으로부터 유체 내의 공기 또는 기포의 포집을 감소시키거나 실질적으로 제거할 수 있다. 개시된 실시예의 일 양태에서, 유체 유동은 도금 또는 증착을 위해 하우징 내의 성막면 부근으로 공기 또는 기포를 운반한다. 다른 실시예에서, 유체 유동은 이하에 더 상세히 설명되는 바와 같이 전기 삼투 보충 모듈의 하우징 내의 이온 교환 멤브레인에 근접하여 유체를 교반한다.

[0018] 이제, 도 3을 참조하면, 전기 삼투 보충 프로세스 모듈(260)이 도시되어 있다. 도 3에서, 1차 수송 경로가 전단-플레이트 전기 삼투 모듈의 Sn 버전으로 도시되어 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 임의의 적합한 금속 또는 재료가 제공될 수도 있다(예를 들어, Cu, Ni, Sn, Sn-Ag 등). 도시되어 있는 바와 같이, 보충 모듈은 전기 캐소드(416) 및 애노드(412)를 각각 서로로부터 그리고 프로세스 유체로부터 독립적으로 격리할 수도 있는 2개의 개별 멤브레인(410, 428)을 포함할 수도 있다. 예를 들어, Sn-Ag 용액에서, 제1 멤브레인(410)은 가용성 Sn 애노드(412)로의 Ag+리간드 착화물의 수송을 억제하여, 이에 의해 Sn 애노드(412) 상의 원하지 않는 Ag 침지 증착을 회피한다. 캐소드에서의 물 전기 분해는 OH- 이온(418)을 공급하여 프로세스 모듈 불용성 애노드(310)에서 생성된 H+ 이온(420)을 중화시킨다. 애노드-멤브레인(410)의 애노드측에서 전단-플레이트 교반(318x)은 멤브레인(410)을 통한 Sn-이온(424)의 더 양호한 수송을 위한 유체 혼합을 제공할 수도 있다. 또한, 교반 패들 또는 전단 플레이트(318x)에 의해 실행된 바와 같은 멤브레인 상의 유체 교반은 또한 멤브레인 막힘을 회피하거나 상당히 감소할 수 있다(멤브레인 효율성 및 수명에 적당한 이득을 가짐). 여기서, 프로세스 전해질은 증착 모듈(210)의 작동 프로세스 전해질(300)일 수도 있다.

[0019] 전기 삼투는 웨이퍼 전착을 위해 금속 이온(예를 들어, 유체를 처리하기 위한 보충 금속 이온)을 공급하기 위한 방법 및 장치로서 사용된다. 전술된 바와 같이, 전기 화학 증착 장치(200)는 기관 홀더(272), 애노드(310) 및 작동 프로세스 전해질(300)을 갖는 기관 증착 모듈(210 내지 216)(도 2a, 도 5 또한 참조)을 가질 수도 있다. 기관 증착 모듈은 적합한 파이핑 및 제어부를 경유하여, 제1(예를 들어, 양이온) 멤브레인(410) 및 제2 가용성 애노드(412)를 2차 애노드액(422) 내에 갖는 챔버를 형성하는 전기 삼투 모듈(260)에 결합된다. 모듈(260)은 제2(예를 들어, 음이온 또는 쌍극성) 멤브레인(428) 및 2차 불용성 캐소드(416)를 2차 캐소드액(430) 내에 또한 가질 수도 있다. 도 3으로부터 이해될 수도 있는 바와 같이, 도시되어 있는 실시예에서, 제1 멤브레인(410)은 보충 모듈 내의 격리된 챔버 내에 소모성 애노드 및 애노드액을 격리한다. 유사하게, 제2 멤브레인(428)은 모듈(260) 내에 제2 격리된 챔버를 형성하여, 캐소드(416) 및 2차 캐소드액(430)을 모듈(260) 내에서 유체(예를 들어, 2차 애노드액, 작동 프로세스 유체)로부터 격리한다. 애노드액 및 캐소드액과 관련하여 용어 1차 및 2차는 기관 증착 모듈(200) 내의 작동 프로세스 전해질(1차)과 모듈(260) 내의 화학 생성 전해질(2차) 사이를 구별하기 위해 본 명세서에서 설명의 목적으로 사용된다. 작동 프로세스(1차) 전해질(424, 300)은 제1 멤브레인(410)과 제2 멤브레인(428) 사이에 경계 형성된 모듈(260)의 격리된 영역(432)(예를 들어, 제3 격리된 챔버 또는 영역)을 통해 재순환된다. 영역(432)은 멤브레인(410) 및 멤브레인(428)에 의해 2차 가용성 애노드(412)와 2차 캐소드(416)로부터 분리되고 격리된다. 여기서, 2차 가용성 애노드(412)로부터 이온(424, 434)은 멤브레인(410)을 통해 작동 프로세스 전해질(300) 내로 통과하고, 이 방식으로 전기 삼투 모듈(260)은 재공급된 이온(424) 및 재균형화된 이온(434)으로 작동 프로세스 전해질(300)을 보충한다. 따라서, 예시적인 실시예에서, 모듈(260)은 전기 삼투 유닛(260) 내에 3개의 실질적으로 격리된 유체 격실(440, 432, 442)을 가질 수도 있고, 격실들은 특정 종류의 멤브레인(410, 428)에 의해 분리되고 여기서 격실들은 예를 들어 셀 전압을 최소화하기 위한 좁은 격실일 수도 있다. 도시되어 있는 실시예에서, 모듈(210)의 애노드(310)는 불활성, 불용성 등일 수도 있다. 작동 프로세스 전해질(300)은 기관 홀더(272) 상의 기관 상의 재료의 증착 중에 실질적으로 연속적으로 전기 삼투 모듈(260)을 통해 재순환될 수도 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 재순환은 팩터, 예를 들어 결정될 수도 있는 바와 같은 공핍, 과잉의 레벨 또는 다른 파라미터와 같은 팩터에 따라 고정된 기초로 또는 요구된 기초로 연속적이고, 간헐적일 수도 있다. 전기 삼투 모듈은 예를 들어 양이온(cationic) 멤브레인(410)에 근접하여 애노드액(422) 내에 하나 이상의 전단 플레이트(들)(318x)를 가질 수도 있고, 여기서 전단 플레이트(318x)는 양이온 멤브레인(410)에 근접하여 애노드액(422)을 교반한다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 하나 이상의 전단 플레이트는 예를 들어 애노드액(422), 작동 유체 영역(432) 또는 캐소드액(430) 등 내의 이온 교환 멤브레인의 임의의 적합한 표면에 근접하여 형성될 수도 있다. 여기서, 전단 플레이트 교반은 이

은 전달을 향상시키고 막힘을 회피하기 위해 하나 이상의 멤브레인 상에 제공될 수도 있다. 전기 삼투 모듈(260)은 기관 증착 모듈(210)로부터 이격하여 또는 모듈(210)에 근접하여(예를 들어, 도 1 참조) 제공될 수도 있다. 기관 전기 삼투 모듈(260)은 예를 들어 주석 펠릿, 구리, 니켈 또는 임의의 적합한 재료와 같은 임의의 적합한 2차 가용성 애노드를 구비할 수도 있다. 전기 삼투 모듈(260)은 요구되는 바와 같이 단일의 또는 다중의 기관 증착 모듈을 보충하도록 또한 제공될 수도 있고, 병렬로, 직렬로 또는 요구 기초로 또는 임의의 적합한 조합으로 보충될 수도 있다. 2차 가용성 애노드(412)는 펠릿 애노드 격실(436)을 포함할 수도 있고, 여기서 펠릿 애노드 격실(436)은 전기 화학 증착 장치(200)의 작동의 중단 없이 가용성 애노드 펠릿(438)으로 보충될 수도 있다. 전착 모듈을 위한 임의의 적합한 화학물은 유사하게 화학 생산성 시스템(CPS) 유닛과 같은 로컬 또는 오프-보드 모듈(260) 내의 금속 교체 및 화학물 투여에 의해 프로세스 셀 내의 불용성 애노드로 이주될 수도 있다. 예를 들어, 모듈(210)에서 증착 도구(200)의 프로세스 섹션 내의 애노드를 변경할 필요성을 제거함으로써, 애노드 변경 및 시스템 재적격성 검사의 모두를 위한 PM 시간이 감소된다. SnAg와 같은 몇몇 금속에 대해, 비용은 액체 금속염으로부터 고체 금속 애노드 재료로 스위칭함으로써 상당히 감소될 수도 있다. 또한, 모듈(210) 내의 수직 셀 구성은 예를 들어 파운틴 셀(fountain cell) 구성보다 가스 생성(불용성 애노드에서 산소 및 웨이퍼/캐소드에서 수소)에 더 많은 불감성을 제공할 수도 있다. 일 구현에는 가용성 Sn 애노드 CPS 시스템을 위한 것일 수도 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에서, 구리, 니켈 또는 다른 적합한 재료가 제공될 수도 있다. 또한, 모듈(210, 260, 260') 등과 같은 서브-시스템이 비용 절약을 제공하기 위해 프로세스 도구에 업그레이드로서 제공될 수도 있다.

[0020]

도 3에 도시되어 있는 실시예에서, 전단 플레이트 교반을 갖는 이중 멤브레인 전기 삼투가 도시되어 있다. 여기서, 화학 생산성 시스템(CPS)(260)은 프로세스 화학물(424, 300)과 작동 애노드액(422) 및 캐소드액(430) 사이의 멤브레인 분리를 제공하는 전단-플레이트 전기 삼투(SPEO) 모듈로서 도시되어 있다. 특정 이온 교환 멤브레인은 예를 들어 애노드 멤브레인의 애노드측에 전단-플레이트형 교반을 사용하여 또는 전단 플레이트 교반 없이 관련 반응을 제어하기 위해 유용할 수도 있다. 예를 들어, 주석(Sn) 또는 주석-은(Sn-Ag) 증착의 경우에, 장치(260)는 작업편(278)에서 소비된 주석을 보충하기 위해 고체 소모형(예를 들어, 펠릿 또는 일 단편) 주석 애노드(412)로부터 주석 이온(Sn^{2+})의 소스를 제공한다. 작업편(278) 상의 주석-은(SnAg)의 전착 중에, 주석 이온(Sn^{2+})의 보충은 SnAg 용액으로부터 은으로 고체 주석 애노드를 오염시키지 않고 전단-플레이트 전기 삼투(SPEO) 모듈(260)에 제공된다. 여기서, 작업편 처리 모듈(210)로부터 이격하여 위치된 고체(예를 들어, 펠릿 또는 일 단편) 애노드 소스(412)로부터 금속 이온의 소스를 공급하기 위한 장치 및 방법이 도시되어 있다. 처리 모듈(210)은 전술된 바와 같이, 금속 이온을 용해하고 작동 캐소드액 용액 내로 제공하지 않고 전착을 위해 요구된 작업편(278) 상에 전기장을 생성하기 위해 불용성 애노드(310)를 포함한다. 복잡한 전착 프로세스 용액의 화학 제어를 위한 개시된 실시예의 일 양태에서, 원격 프로세스 모듈(260)은 연관된 펌프, 저장 및 필터링을 구비할 수도 있고, 여기서 원격 프로세스 모듈은 2차 캐소드 및 애노드 쌍과 함께, 2차 애노드액(422) 및 캐소드액(430)으로부터 작동 프로세스 캐소드액(300)을 분리하는 이온 교환 멤브레인을 포함할 수도 있다. 적합한 인가된 전압에 응답하여, 금속 이온(424)은 2차 애노드로부터 용해되고, 수산화물 이온이 이후에 1차 프로세스 용액 내로 캐소드 멤브레인을 통해 통과하는 2차 캐소드(416)에서 물의 해리에 의해 생성되는 동안 1차 프로세스 용액 내로 애노드 멤브레인을 통해 통과한다. 여기서, 원격 프로세스 모듈(260)은 전기 삼투 시스템의 유형일 수도 있다. 예를 들어, 주석-은 욕 프로세스 모듈을 위한 주석-이온을 생성하기에 적합한 것은 3개의 유체 격실(440, 432, 442)을 포함할 수도 있고, 이 격실들의 각각은 적합한 펌프에 의해 로컬 유체 저장조에 접속될 수도 있다. 주석 펠릿 애노드 격실(440)은 스노우퓨어 엑셀리온(Snowpure Excellion)(I-100) 또는 듀폰 나피온(Dupont Nafion)과 같은 양이온 멤브레인(410)에 의해 분리될 수도 있고, 여기서 애노드액 유체(422)는 캐소드액의 것보다 높은 pH를 갖는 산 용액일 수도 있다. 1차 주석-은 욕 격실(432)은 애노드 및 캐소드 멤브레인(410, 428)에 의해 경계 형성될 수도 있고, 여기서 이 격실(432)을 통해 유동하는 유체(424, 300)는 원격 CPS 유닛(260)과 웨이퍼 도금 도구(200, 210) 사이에서 재순환되는 1차 SnAg 욕(bath)이다. 캐소드 섹션(442)은 예를 들어 음이온 용액을 포함하는 CMX-S 1가의 선택적 멤브레인[아스톰(Astom) CMX-S]과 같은 이온성 멤브레인(428)에 의해 분리될 수도 있다. 주 SnAg 욕으로부터 Sn-애노드의 이온성 멤브레인 분리는 Sn-애노드 표면 상의 Ag 침지 증착의 가능성을 상당히 최소화할 수도 있다. 강한 유체 교반(318x)이 멤브레인(410)의 애노드측에서 애노드 멤브레인 표면에 바로 인접할 수도 있다. 전기 삼투 모듈(260)(본 명세서에 또한 화학 생산 시스템, 화학 생산성 시스템, 보충 모듈 또는 화학 보충 모듈이라 칭함)은 제1 및 제2 멤브레인(410, 428)을 갖고 형성된 3개의 격리된 챔버를 형성하기 위해 임의의 원하는 방식으로 임의의 적합한 재료로부터 구성될 수도 있다.

[0021]

이제, 도 4를 참조하면, CPS 모듈(260)에 대응하는 전기 합성 유동셀 레이아웃이 도시되어 있다. 도시되어 있는 실시예에서, 모듈(260)의 3개의 격리된 챔버 구성은 4개의 개별 화학 용액이 화학 생산 프로세스의 부분으로

서 제어될 수 있게 한다. 이제 또한 도 5를 참조하면, 예시적인 수의 전기 화학 증착 처리 모듈(210 내지 216) 및 전기 삼투(또는 전단 플레이트 전기 삼투, SPEO) 모듈(260)을 갖는 화학 생산성 시스템(CPS)부를 갖는 시스템(CPS)(200)(도 1 또한 참조)의 처리부의 개략도가 도시되어 있다. 도 6의 모듈(260)은 한 쌍의 유사한 서브 모듈부(260R, 260L)[도 3 내지 도 4에 도시되어 있는 모듈(260)에 유사하게 배열됨, 부분(260R)은 부분(260L)에 실질적으로 대향함]를 포함하는 대향 쌍의[예를 들어, 시아미즈(siamese) 또는 다른 적합한 쌍] 배열을 갖는 것으로서 도시되어 있다. 도 5a는 SPEO 모듈(260)의 확대 개략도 또는 도 5에 도시되어 있는 모듈의 우측부(260R)에 대응하는 도면을 도시하고 있다. 제1 유체는 웨이퍼, 기판 등을 도금하는 1차 욕 또는 작동 캐소드액(252)(예를 들어, SnAg 욕)을 포함한다. 이 화학물의 대략 절반(또는 다른 원하는 양)이 프로세스 도구(200) 저장조 내에 있을 수도 있고 1차 유체의 다른 부분은 CPS 내의 SPEO 모듈(200)을 통해 페루프 펌핑되는 CPS 유닛(260) 내의 저장조 내에 있을 수도 있다. 예로서, 프로세스 도구는 도구 내에 500 리터 및 CPS 유닛 내에 100 리터를 가질 수도 있고, 여기서 작동 캐소드액은 다수의 저장조 쌍[예를 들어, 모듈쌍(260R, 260L)]으로 분해되어 하나가 오프라인을 취하는 경우 지속적인 생산을 허용할 수도 있다. 모든 SnAg 구성 성분은 CPS 내에 모니터링되고 투여 및 유출에 의해 제어될 수도 있다. 제2 유체는 소형 저장조 내에(예를 들어, 도금 도구 자체 내에) 있고 제공된다면 ECD 모듈(210) 내의 이온 교환 멤브레인(311)에 의해 작동 캐소드액으로부터 분리된 1차 애노드액(254) 또는 작동 애노드액을 포함한다(원한다면). 개시된 실시예의 몇몇 양태에서, 소형 저장조는 모든 금속 시스템을 위한 것은 아닐 수도 있고, 이 경우에 1차 욕은 ECD 모듈(210) 내의 웨이퍼/캐소드 및 애노드의 모두와 유체 접촉한다. 제3 유체는 CPS 내에 로컬 저장조/펌프를 갖는 SPEO 모듈 내에 2차 애노드액(256)을 포함한다. 여기서, pH 및 $[Sn^{2+}]$ 또는 다른 금속 이온 및 MSA 농도가 필요에 따라 모니터링되고 조정될 수도 있다. 제4 유체는 CPS 내에 로컬 저장조/펌프를 갖는 SPEO 모듈 내에 2차 캐소드액(258)을 포함한다. 여기서, 추가의 변수가 필요에 따라 모니터링되고 조정될 수도 있다. 시스템의 변형예의 예시적인 소스는 이하를 포함한다.

- [0022] "드래그인(drag-in)"으로서 공지된 프로세스에서 1차 욕 내에 불순물을 증착할 수도 있고 또는 1차 욕 내로 화학적 첨가제의 여과를 야기하는 웨이퍼는 예를 들어 이하와 같은 잠재적인 변형의 소스이다.
- [0023] 총 증착 활성도(amp-hours): 1차 욕으로부터 금속의 양이온 증착 및 유기종(절연 파괴 생성)의 양이온 반응이 또한 변형의 잠재적인 소스임.
- [0024] 시간: 1차 욕 내의 반응, 증발 및 1차 저장조 내의 산화는 변형의 잠재적인 소스임.
- [0025] 멤브레인 상의 재료 축적 또는 애노드 금속의 전기 용해는 프로세스 진동의 잠재적인 소스이다.
- [0026] 예를 들어 애노드 격실로의 금속 펄릿의 수동 첨가를 위한 프로세스 중단은 프로세스 변형의 다른 잠재적인 소스이다.
- [0027] 이제, 도 6을 참조하면, 도 5에 도시되어 있는 조합된 전기 도금 기판 프로세스 도구 및 화학 생산성 시스템의 개략 표현이 도시되어 있다. 도 6은 프로세스 시스템(200) 내의 저장조 내의 4개의 ECD 프로세스 모듈 및 CPS(260) 유체 공급부(602, 604)로의 프로세스 도구(200) 및 복귀 파이핑(606, 608) 및 펌프(610, 612)를 갖는 저장조 레이아웃을 갖는 CPS 내의 단일의 전기 삼투(E0) 유닛(260)을 표현하고 있다.
- [0028] 이제, 도 7을 참조하면, 전기 삼투 보충 모듈(260')이 도시되어 있다. 모듈(260')은 모듈(260)에 작동적으로 유사하고, 여기서 도 7은 Sn 전기 삼투 유닛(260')의 개략도를 도시하고 있다. 여기서, 3개의 유체 격실(652, 654, 656)이 2개의 이온 멤브레인(658, 660)[멤브레인(658)은 또한 쌍극성일 수도 있음]에 의해 분리되고, 여기서 중앙 격실(654)은 프로세스(1차) 전해질(662)을 포함하고, 캐소드 격실은 (2차) 캐소드액(664) 및 캐소드(670)를 포함하고 애노드 격실(656)은 (2차) 애노드액(666) 및 가용성 애노드(668)를 포함한다. 도 8을 또한 참조하면, 전기 삼투 보충 모듈(260')이 도시되어 있다. 여기서, Sn-전기 삼투 모듈 내의 1차 수송 경로가 도시되어 있다. 멤브레인(660)(예를 들어, 양이온 멤브레인)은 가용성 Sn 애노드(668)로의 Ag-리간드 착화물의 수송을 억제하여, 이에 의해 Sn 애노드(668) 상의 원하지 않는 Ag 침지 증착을 회피한다. 캐소드(670)에서의 물 전기 분해는 OH^- 이온(672)을 공급하여 프로세스 모듈(210) 불용성 애노드(310)에서 생성된 H^+ 이온(674)을 중화한다.
- [0029] 도 5 내지 도 5a를 재차 참조하면, 개시된 실시예의 일 양태에 따르면, 2차(1차 도금 프로세스 모듈에 대한) 전기 삼투 시스템(CPS)이 예를 들어 펩(fab) 지하 2층(sub-basement)에 원격으로 제공될 수도 있다. 1개 또는 2개의 이온 교환(일 멤브레인은 쌍극성일 수도 있지만) 멤브레인이 전술된 바와 같이 가용성 Sn(또는 다른 가용성 금속) 애노드와 더미 캐소드 사이에 제공될 수도 있다. 따라서, 도금 제거된 Sn 또는 용해된(금속 애노드로

부터) 다른 금속이 더미 캐소드 상에 증착하는 것이 차단되어, Sn 이온이 웨이퍼 상에 도금 제거된 Sn을 보상하기 위해 주요 저장조 내로 재차 펌핑될 수도 있게 된다. 도 5를 참조하면, 프로세스 시스템(200) 내의 다중 SnAg 저장조 및 프로세스 셀(210 내지 216)은 CPS 내의 단일의 전기 삼투 유닛(260)에 의해 서비스될 수도 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 욕 구성 및 전류 기반 또는 분석 기반 보충과 같은 다른 화학 관리 기능이 또한 CPS 내에 합체될 수도 있다. 전기 삼투의 잠재적인 특징은 1) 도구가 실행 중인 동안 주석 애노드가 교체되고, 2) 펄스 주석과 즉시 호환 가능하고, 3) 애노드 재료 및 멤브레인은 각각의 웨이퍼에 대해 반복되지 않고 단지 1개의 장소에만 있어, 유지 보수가 용이하고, 자본 비용이 낮고, 4) 애노드 관련 불균일성이 없다는 것이다.

[0030]

이제, 도 9를 참조하면, 전기 화학 증착 모듈(800), ECD 애노드액 저장조(826) 및 ECD 캐소드액 저장조(830)의 다이어그램이 도시되어 있다. 증착 모듈(800)은 설명되거나 도시되어 있는 바와 같이 보충 모듈과 함께 또는 도시되어 있는 바와 같이 보충 소스(844, 846)를 이용하는 대신에, 보충 모듈 없이 사용될 수도 있다. 도시되어 있는 실시예에서, 도금 셀(800)은 가용성 애노드(810), 별개의 ECD 애노드액(812), 이온 교환 멤브레인(814) 및 교차 유출(cross bleed)(816)을 갖는다. 도시되어 있는 실시예에서, 가용성 애노드(810)는 가용성 애노드, 예를 들어 고체 Sn 애노드 등일 수도 있다. 가용성 애노드는 금속이 음극 전위에 의해 전해질 내로 용해되는 이온의 소스일 수도 있다. 가용성 애노드를 갖는 시스템에서, 음극 반응은 금속의 용해에 의해 지속되어 용액 내에 대응 금속 이온을 형성한다. 가용성 애노드는 금속의 블록, 펄스, 금속 메시 등이건간에 임의의 기하학적 형상일 수 있다. 예를 들어, 가용성 애노드는 Sn 또는 다른 금속 플레이트와 같은 가용성 플레이트일 수도 있다. 다른 예로서, 가용성 애노드는 불활성 격실 내의 가용성 Sn 또는 다른 금속 펄스일 수도 있다. 대안적으로, 임의의 적합한 가용성 소스가 제공될 수도 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 임의의 적합한 가용성 애노드가 사용될 수도 있다. 도금 셀(800)은 ECD 캐소드액(818) 및 캐소드 기관 또는 웨이퍼(820)를 더 갖는다. 여기서, 펌프(822)는 ECD 애노드액 저장조(826)와 애노드 격실(828) 사이에 ECD 애노드액(812)을 재순환하도록 제공될 수도 있다. 또한, 펌프(824)는 ECD 캐소드액 저장조(830)와 캐소드 격실(832) 사이에 ECD 캐소드액(818)을 재순환시키도록 제공될 수도 있다. 여기서, 애노드 격실(828)은 양이온 교환 멤브레인(814)에 의해 캐소드 격실(832)로부터 분리된다. 펌프(834)는 애노드 격실(828)과 캐소드 격실(832) 사이의 교차 유출부(816)를 위해 제공될 수도 있다. 순환 펌프(836) 및 초여과, 이온 또는 다른 유사한 멤브레인(838)을 갖는 물 추출 유닛(834)이 제공될 수도 있고, 여기서 물 선택적 멤브레인(838)을 가로지르는 압력은 물(840)의 선택적인 추출을 허용하고, 여기서 추출은 크기-배제 멤브레인(838)을 가로질러 구동된다. 전원(842)은 전기 화학 증착(ECD) 중에 애노드(810)와 캐소드 또는 기관(820) 사이에 바이어스를 선택적으로 제공한다. 이러한 바이어스는 직류, 펄스화된 전류 등에 의한 것일 수도 있다. 애노드액 보충부(844)는 Sn 염을 포함할 수도 있고, 산화 방지제, MSA(메탄 설폰산), H₂O 등이 첨가될 수도 있다. 애노드액 교차 유출부는 Sn²⁺, MSA⁻ 등을 포함할 수도 있다. 캐소드액 보충부(846)는 Ag 염 및 첨가제, 예를 들어 산화 방지제, 레벨러(leveler) 등을 포함할 수도 있다. 유출부(848)는 요구되는 바에 따라 보충부(844, 846)와 유입부(816) 등을 균형화하도록 요구될 수도 있다. Sn 애노드의 경우에, 멤브레인(814)은 MSA⁻가 반대 방향으로 통과하는 동안 애노드액 격실(828)로부터 캐소드액 격실(832)로 Sn²⁺, H⁺ 및 H₂O를 선택적으로 통과시킬 수도 있다. 개시된 실시예에서, 이온 교환 멤브레인(814)이 도시되어 있고 애노드액(812) 및 캐소드액(814) 용액을 분리한다. 멤브레인은 의도된 종을 위해 이상적으로 선택적이지 않을 수도 있기 때문에, 애노드액의 보충 공급에 의한 소정량의 교차 유출부(816) 또는 도금 셀 캐소드액(818) 내로 도금 셀 애노드액 용액(812)의 전달은 몇몇 경우에 애노드액(812)과 캐소드액(818) 사이의 종을 균형화하기 위해 필요할 수도 있다. 교차 유출부(816)의 양 및 애노드액 공급 용액의 양 및 성분은 예를 들어 시뮬레이션 모드 등에서 사용자에게 의해 구성 가능할 수도 있다. 예를 들어, 제어 모드에서, 이들 양 및 스케줄링은 가능하게는 더 상위 레벨 시스템 제어기와 함께 제어기(850)에 의해 결정될 수도 있다. 전단 플레이트(852)는 전술된 바와 같이 기관(820)의 표면에서 유체 교환을 위해 증착 모듈 내에 또한 제공될 수도 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 임의의 적합한 특징부가 제공될 수도 있고, 예를 들어 부가의 전단 플레이트가 멤브레인(814)에 대해 제공될 수도 있고 또는 다른 특징부가 제공될 수도 있다.

[0031]

개시된 실시예의 양태에서, 도금 셀의 목적은 용액으로부터 기관 또는 로딩된 웨이퍼에 금속을 증착하기 위한 것이다. 일반적으로, 이를 위한 반쪽 반응은 $Mz^{+} + ze^{-} \rightarrow MO$ (식 1)로서 표현될 수도 있다. 여기서, 전자, e⁻는 셀을 통해 흐르는 전류에 의해 공급된다. 여기서, 전자를 제공하고 애노드에서 발생하는 적어도 하나의 부수 반응이 존재할 수도 있고, 여기서 기관 또는 웨이퍼가 캐소드일 수도 있다. 애노드는 식 1에서 소비된 것들을 대체하기 위해 금속 이온을 또한 제공할 수도 있다. 게다가, 이들 이온의 다른 소스는 셀로의 액체 용액의 투여에 의해 제공될 수도 있다. 이들 이온종의 잠재적인 소스는 지정된 농도 및 개별 금속 이온 농도로 존재하는 다수의 종을 포함하는 VMS(Virgin Makeup Solution)를 포함한다. 이들 농도는 금속 자체를 포함할 뿐만 아

나라 카운터이온(예를 들어, 설페이트 또는 메탄 설펜네이트)을 포함할 수도 있고, 적절한 산을 또한 포함할 수도 있다. 여기서, 사용자는 원하는 프로세스 결과를 성취하기 위해 적절한 농도를 제공할 수도 있다. 개시된 실시예의 개시된 양태와 관련하여, SnAg 도금이 설명될 수도 있지만, 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면 임의의 적합한 종이 제공될 수도 있다. 예를 들어, 당해의 금속은 시스템이 구성 가능하고 팽창 가능할 수도 있는 용액에 따라 Cu, Sn 또는 다른 적합한 종일 수도 있다. 개시된 실시예의 개시된 양태에서, 도금 셀은 1개의 용액 또는 2개로 이루어질 수도 있다. 2개의 용액이 존재하는 경우에, 이들은 멤브레인에 의해 분리될 수도 있다. 멤브레인은 몇몇 종이 다른 것들을 가로질러 전달되고 이들을 차단하는 것을 허용한다. 멤브레인의 선택도 또는 멤브레인이 특정 종을 선호하는 정도는 사용되는 실제 화합물 및 멤브레인 유형에 따라 다양하다. 금속 이온에 추가하여, 도금 용액은 산, 가능하게는 다른 소수의 금속종 및 일반적으로 유기 성질(그러나, 예를 들어 클로라이드와 같은 무기질일 수도 있음)의 첨가제를 포함할 수도 있고, 이들 각각은 트래킹되고 제어될 수도 있다. 도금 셀에서, 종들은 생성되거나 소비된다. 전술된 바와 같이, 소비의 예는 도금 반쪽 작용이다. 여기서, 다른 종들이 마찬가지로 소비될 수도 있다. 여기서, 몇몇 종들은 아이들 및 전해질 소비 모드의 모두를 갖는다. 이들 소비 모드의 각각은 그와 연관된 속도를 갖는다. 예를 들어, 아이들 소비는 셀이 안착되고 웨이퍼를 활발하게 처리하지 않는 시간에 비례할 수도 있다. 대안적으로, 전해질 소비는 전류가 셀을 통해 통과될 때(즉, 웨이퍼가 처리될 때) 발생하고, 셀을 통해 통과된 전하(Amp · hours)에 비례하는 것으로서 고려될 수 있다. 셀 내의 종들의 소비를 보상하기 위해, 보충이 이들 종들을 포함하는 용액을 투여함으로써 수행될 수도 있다. 부가적으로, 무기질 종의 투여가 제공될 수도 있다. 이러한 투여는 무기질 종이 도금에 의해 소비되고 대응 애노드의 용해에 의해 보충되지 않을 때 필요할 수도 있다. 또한 투여는 희석으로 손실된 종의 구성 또는 공급 및 유출 체계에서 공급물로서 제공될 수도 있다. 첨가제의 소비 및 몇몇 경우에 기관 또는 웨이퍼로부터의 오염은 시간 경과에 따라, 욕 내의 원하지 않는 부산물의 축적을 유도할 수도 있다. 여기서, 부산물은 도금 품질에 유해할 수 있고, 따라서 허용 가능한 레벨로 유지되어야 한다. 이를 성취하기 위해, 중앙 접근법이 희석인 다양한 형태의 유출 및 공급이 사용될 수도 있고, 욕의 부분은 제어된 방식으로 폐기되어 신선한 용액으로 대체된다. 구현에는 다양할 수도 있다. 일 구현에는 새로운 VMS(Virgin Makeup Solution)가 첨가되고 다른 구성 성분이 사전 결정된 욕 체적이 욕의 과잉의 체적으로부터 후속의 배수에 의해 설정될 때까지 첨가될 수도 있는 "공급 및 유출"을 수반할 수도 있다. 다른 구현에는 욕의 사전 결정된 부분이 예를 들어 1일 1회 유출되고 나머지 시간 중에 공급을 갖는 "유출 및 공급"을 수반할 수도 있다. 다른 구현에는 유출 및 공급이 결정된 속도에 따라 동시에 적용될 수도 있는 "연속적인 유출 및 공급"을 수반할 수도 있다. 다른 구현에는 욕이 필요에 따라 덤핑될 수도 있는 - 가능하게는 예를 들어 TOC(총 유기 탄소) 레벨 등과 같은 기준의 세트에 의해 트리거링될 수도 있는 "간헐적 덤핑"을 수반할 수도 있다. 다른 구현에는 이 시나리오에서, 특정 조건이 도달할 때까지, 예를 들어 특정 종의 온도가 특정값에 도달할 때까지 실행되도록 하는 요구가 존재할 수도 있는 "비유출 및 공급"을 수반할 수도 있다. 각각의 경우에, 웨이퍼가 필요에 따라 처리되는 동안 동안 욕을 방해하지 않기 위해 부여된 제약과 같은 유출, 공급 또는 양자 모두 주위의 제한이 존재할 수도 있다. 개시된 실시예의 개시된 양태에서, 애노드는 가용성 또는 불용성일 수도 있다. 가용성 애노드는 명칭이 암시하는 바와 같이, 전류에 비례하는 속도로 용액 내에서 용해한다.

[0032] 도시되어 있는 개시된 실시예의 양태에서, 웨이퍼 또는 기관은 예를 들어 도금욕에 진입하기 전에 물로 습윤될 수도 있다. 이는 도금욕에 부가의 물 소스를 제공한다. 이 소스를 지정하는 데 사용된 용어는 "드래그인"일 수도 있다. 웨이퍼 또는 기관이 욕으로부터 제거될 때 도금 용액의 대응 손실이 발생할 수도 있다. 이 소스를 지정하는 데 사용된 용어는 "드래그 아웃(drag out)"일 수도 있다. 각각의 웨이퍼 또는 기관은 레시피(Recipe)에 지정된 전류의 세팅으로 도금될 수도 있다. 실제 사용시에, 레시피는 다수의 단계를 포함할 수도 있다. 제어 시나리오에서, 각각의 웨이퍼 또는 기관의 전류 및 도금 시간 이력은 데이터베이스로부터 입수 가능할 수도 있다. 다양한 화합물 및 하드웨어 구성[다양한 탱크들 사이의 연결부의 형태 및 멤브레인 분리기의 존재 또는 부재(absence)]을 포함하는 다수의 시나리오가 시뮬레이션되거나 제어 알고리즘 내에 탑재될 수도 있고, 제어기의 구현에는 이들 다양한 시나리오를 수용하는 것이 가능할 수도 있다. 예를 들어, 모델 등으로서 멤브레인의 거동을 재규정하기 위해 스크립트(또는 루틴)와 인터페이스한다.

[0033] 도시되어 있는 개시된 실시예의 양태에서, 보충 모듈 및 도금욕 제어는 제어기에 의해 제공될 수도 있다. 예를 들어, 사용, 농도 적합한 유출 및 공급, 유출/교차 유출에 기초하는 샘플링 측정 및 제어는 표준 방법, 예를 들어 적절한 바와 같이 제1 원리 또는 누적 실험 데이터로부터 개발된 모델에 의해 보강된 ECI 또는 앤코시스(Ancosys)에 의해 공급된 오프 보드 화학 분석 시스템에 의한 농도의 모니터링에 의해 행해질 수도 있다. 하나 또는 모든 저장조의 예측 제어가 이러한 도구 로딩과 같은 팩터를 고려하여 제공될 수도 있고, 구성 요소 소비 모델, 멤브레인 전달 모델 등이 제공될 수도 있다. 여기서, 모델들은 적절한 바와 같이 제1 원리 또는 누적 실험

험 데이터로부터 개발될 수도 있다. 제어기는 다수의 상이한 용도의 제어 소프트웨어를 가질 수도 있다. 예를 들어, 일 사용 모드는 시뮬레이션일 수도 있고, 여기서 상이한 시나리오가 모델링되고 비교될 수 있다. 제2 모드는 제어일 수도 있고, 여기서 모델의 대부분의 파라미터가 고정되고 소프트웨어가 도금욕의 긴밀한 제어를 허용할 뿐만 아니라 개입의 기록을 유지하는 예측 투여 체계의 부분으로서 사용된다. 마지막으로, 소프트웨어는 일 시뮬레이션 모드의 버전에서, 예를 들어 전달 파라미터 또는 분해 속도의 결정을 허용하기 위해 실험 데이터를 상관하기 위해 또한 유용할 수도 있다.

[0034] 도시되어 있는 개시된 실시예의 양태에서, 멤브레인 막힘은 감소되고 관리될 수도 있다. 멤브레인의 막힘은 "기공" 내의 또는 멤브레인 표면들 중 하나 또는 모두에서의 멤브레인의 폐색으로서 정의될 수도 있다. 결과는 막힘이 멤브레인이 사용 불가능할 수도 있는 점까지 멤브레인의 저항을 증가시킨다는 것이다. 막힘은 특히 도금 프로세스에서 사용된 유형의 Sn-함유 용액(애노드액이건 캐소드액이건간에)과 관련되는 데, 이는 용액이 종종 현탁된 고체의 형성[드물게 가용성 Sn(IV) 종의 생성을 통해]의 경향이 있기 때문이다. 예를 들어 막힘을 관리하기 위해 보충 모듈 내에 특징들이 제공되는 데, 예를 들어 다수의 예방 조치가 Sn(IV)의 형성을 최소화하기 위해 취해질 수도 있다. 이 Sn(II) 손실 경로의 최소화는 이하의 것들을 포함하는 다수의 잠재적인 이득을 갖는다. 1. 용액 내의 현탁된 고체의 양의 감소[이러한 고체는 표면에 부착되어 방해 필름을 형성할 수 있고, 또는 Sn(IV) 종은 멤브레인 기공 내에 석출될 수 있음 - 방해, 막힘]. 그리고, 막힘에 보조. 2. 보충을 위해 요구되는 Sn의 양의 감소(농축물의 투여에 의해 또는 고체 소스의 용해를 통해). 그리고 3. 도금 결함의 감소. 여기서, Sn(IV)는 2개의 가능한 경로, 즉 (1) 용해된 O₂ gas와 Sn(II)의 반응 또는 (2) 애노드에서 직접적인 산화 중 하나를 경유하여 Sn(II)의 산화로부터 형성될 수도 있다. 가용성 Sn 애노드의 사용은 애노드에서 산화를 경유하여 Sn(IV)의 형성을 최소화한다. 이에 대한 이유는 가용성 및 불용성 애노드에서 발생하는 1차 반응을 위한 표준 전위 및 Sn(II) 산화를 위한 표준 전위의 고려로부터 알 수 있다. Sn 산화를 향한 합력 구동력은 Sn 애노드보다 불용성 애노드에서 훨씬 더 높다. 더욱이, 개시된 실시예의 양태에서, 애노드는 멤브레인(또는 멤브레인들)에 의해 벌크 도금 용액으로부터 격리될 수도 있어, Sn(II)의 양극성 산화를 실질적으로 배제한다.

표 1

[0035]

애노드 유형	반응	표준 전위(V)
불활성	물 분해 $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	1.229
가용성	Sn 용해 $Sn^{2+} + 2e^- \leftrightarrow Sn^0$	-0.138
N/A	Sn ⁴⁺ 형성 (Sn ²⁺ 산화) $Sn^{4+} + 2e^- \leftrightarrow Sn^{2+}$	0.15
N/A	하이드로퀴논 산화/환원 $p\text{-벤조퀴논} + 2H^+ + 2e^- \leftrightarrow \text{하이드로퀴논}$	0.699

[0036]

표 1 - 표준 전위

[0037]

불활성 애노드의 제거는 또한 도금 용액 내의 용해된 O₂의 생성을 감소시킨다는 것을 알 수도 있다. 개시된 실시예의 양태는 Sn(II)가 실질적으로 없고 멤브레인에 의해 도금 용액으로부터 격리된 애노드액 내의 불활성 애노드의 사용을 포함하여, 따라서 적은 효과를 갖는 경우에 용액에 용해된 산소 형성을 제한한다. 용해된 산소를 경유하는 Sn(IV) 형성은 분위기로부터 산소를 활발하게 배제하는 메커니즘을 허용함으로써 더 감소될 수도 있다. 이는 N₂ 또는 다른 불활성 가스, 살포 또는 블랭킷팅(blanketing) 또는 용해된 산소를 제거하기 위한 용액 탈가스를 포함할 수 있다. 게다가, 산화 방지제 화합물이 Sn 또는 SnAg 욕 제제(formulation)에 포함될 수도 있다. 예를 들어, 통상의 산화 방지제는 하이드로퀴논이다. 이러한 산화 방지제는 자체로 산화됨으로써 도금 욕으로부터 산소를 배기할 수도 있고, 이어서 도금판에서 재생될 수도 있다. 불활성 애노드의 사용은 산화 방지제 산화를 위한 경로를 제공하여, 욕 내에서 이용 가능한 산화 방지제의 양을 감소시킨다. 가용성 Sn 애노드의 사용은 애노드에서 산화 방지제 산화의 양을 제거하거나 감소시킬 수도 있는 데, 예를 들어 표 1의 표준 전위를 참조하라. 애노드에서 막힘의 기회를 더 감소시키기 위해, 산화 방지제 또는 소정의 도금 제제의 성분

을 함유하는 산화 방지제가 애노드액에 첨가될 수도 있어, 따라서 애노드액 뿐만 아니라 캐소드액을 보호한다. 이는 Cu 용례에서와는 달리, Sn 또는 SnAg 화학물에서 수행될 가능성이 있는 데, 이는 별개의 애노드액의 사용으로 이어지는 동기 유발 요인이 목적이 애노드에서 유기 첨가제의 소비를 감소시키는 것이 아닌 경우에서와는 상이하기 때문이다. Sn-함유 도금 체제에서, 유기 성분은 통상적으로 불활성 애노드에서도 열화되지 않는 데, 가용성 애노드에 통상적인 더 낮은 양극성 전위는 이어서 첨가제 안정성에 대해 문제점을 거의 또는 전혀 갖지 않아야 한다. 또한, 애노드액 내의 유기 성분의 포함은, 교차 유출 용액이 수용(도금) 용액에 대해 조성이 더 가까울 수 있기 때문에, 더 효율적인 교차 유출에 이바지한다. 게다가, Sn(II)는 낮은 pH에서 안정하기 때문에, 애노드액의 산성도가 유지될 필요가 있다. 예를 들어, 바람직한 산성도는 1 이하의 pH일 수도 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 임의의 적합한 막힘 감소가 사용될 수도 있어, 예를 들어 멤브레인 막힘 및 프로세스 효율에 대한 연관된 이득을 갖는 Sn(IV) 형성을 완화한다.

[0038] 도시되어 있는 개시된 실시예의 양태에서, 애노드액 조성이 또한 관리될 수도 있다. 애노드액의 조정 및 선택은 예를 들어 가용성 Sn을 사용하도록 구성된 셀의 최적 성능을 위해 선택될 수도 있다. 애노드액 조성을 선택하는 데 있어서 몇몇 자유 범위가 존재하지만, 그 선택을 지시하는 고려 사항이 존재한다. 예를 들어, 상기에 개시된 바와 같은 일 고려 사항은 멤브레인 막힘 및 프로세스 효율에 대한 연관된 이득을 갖는 Sn(IV) 형성을 완화하는 것일 수도 있다. 부가의 고려 사항은 멤브레인을 가로지르는 Sn 수송 효율을 최대화하는 것일 수도 있다.

[0039] 개시된 실시예의 양태에서, 도금 용액 체적 감소가 또한 관리될 수도 있다. 개시된 실시예의 몇몇 양태에서, 멤브레인을 가로지르는 Sn 이온 수송의 불완전한 효율은 요구된 제어 한계 내에 각각의 용액을 유지하기 위해 주기적인 조정이 행해져야 하는 것을 필요로 할 수도 있다. 일 접근법은 도금 용액에 소량의 애노드액을 주기적으로 교차 유출하는 것일 수도 있고, 도금 용액은 이어서 예를 들어 물, 산, 첨가제, 산화 방지제 또는 Sn 농축액 등을 포함할 수도 있는 적절한 물질과 함께 재공급된다. 여기서, 선택된 욕 성분의 농도를 제어하는 수단을 제공하면서 애노드액 대 도금 용액 교차 유출은 시간 경과에 따라 증가된 도금 용액 욕을 야기할 수 있다. 그 부가적인 욕 체적은 유출 및 공급 전략을 채택함으로써 제어될 수 있지만, 이러한 접근법은 특히 폐기된 화학물의 비용이 문제가 되는 몇몇 경우에 바람직하지 않을 수도 있다. 욕 체적을 완화시키기 위한 대안적인 접근법은 적합하게 선택된 멤브레인을 통한 초여과에 의한 물 추출이다. 도금 용액 체적 축적을 감소시키기 위한 대안적인 접근법은 보충 부스터 모듈의 사용을 통한 애노드액 대 도금 용액 교차 유출을 위한 필요성을 실질적으로 제거시키는 것이다. 여기서, 부스터 모듈 전류는 애노드액을 가로질러 도금 용액 멤브레인으로서의 Sn 수송의 비효율성을 보상하도록 조정될 수 있다. 게다가, 보충 모듈 캐소드 반응은 실질적으로 산 소비성이기 때문에, 보충 모듈은 또한 도금 용액 내의 산 축적을 감소시키는 역할을 할 수도 있다.

[0040] 개시된 실시예의 양태는 SnAg 도금과 관련하여 설명될 수도 있지만, 임의의 적합한 재료가 사용될 수도 있다. 예를 들어, Cu 또는 다른 적합한 금속이 SnAg 대신에 제공될 수도 있다. 여기서, 변화는 각각의 셀 내의 화학물, 멤브레인 재료, 유출 및 공급 또는 다른 욕 유지 보수 방법 등을 포함할 수도 있다. 여기서, Cu에 대해, 화학물은 설펡산 또는 메탄설펡산(MSA) 기반일 수도 있다. Cu 도금을 위한 목적은 첨가제 소비 및 유해한 부산물의 형성을 감소시키기 위해, 첨가제가 애노드에 접촉하는 것을 방지하는 것일 수도 있다. Cu에 의해, 금속 산화물의 산화 및 형성은 SnAg에 의해서와 같이 많은 문제점은 아니고, 따라서 애노드액 유지 보수는 다소 간단화될 수도 있지만, 높은 Cu/산 비는 Cu 수송을 적절하게 하고 교차 유출을 최소화하기 위해 애노드액 내에 유지될 수도 있다. 여기서, 구성은 실질적으로 동일하게 유지될 수도 있고, 주요 수정은 화학물과 가용성 애노드의 성질에 있다. 설명된 구성 내에서, 다수의 화학물 관리 시나리오, 예를 들어 교차 유출의 정도 및 빈도, 애노드액 및 캐소드액 유출 및 공급, 다른 투여 요구 또는 이들이 특정 용례 및 화학 패키지에 의해 지시될 수도 있는 다른 것들을 구현하기 위한 여지가 있다. 또한, Sn에 대해, 동작의 성질은 SnAg에 대한 것과 매우 동일하다. 여기서, Ag가 없는 경우에, 개시된 실시예의 개시된 양태의 이득은, 가용성 Sn 애노드가 미리 Sn을 위해 사용되기 때문에, 주로 요구가 SnAg에 대한 것만큼 예민하지 않을 수도 있는 Sn 산화물의 감소에 있을 수도 있다. SnAg에 대해, Sn 화학물은 예를 들어, MSA 기반 등과 같은 상업적으로 입수 가능한 화학 패키지 중 임의의 하나일 수도 있다. 또한, Cu에 대해, 개시된 바와 같이 애노드 유지 보수를 오프-보드로 이동하는 것이 이득이 있을 수도 있는 데, 여기서 이득은 첨가제 소비, 부산물 최소화, 유출 및 공급 감소 및 용이한 유지 보수에 주로 있을 수도 있어, 온-도구 애노드 변화를 배제하고 이용 가능성을 증가시킨다.

[0041] 개시된 실시예의 양태는 SnAg 도금을 위해 가용성 Sn 애노드를 사용할 수도 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면, 가용성 애노드는 임의의 적합한 도금 재료를 위해 제공될 수도 있다. 여기서, SnAg 도금을 위한 가용성 Sn 애노드의 사용은, Ag가 Sn으로부터 도금될 수 있기 때문에, 구현예가 도금으로부터 Sn 애노드의 분리를

필요로 하는 경우에 잠재적인 이득을 갖고, 따라서 멤브레인을 경유하는 분리는 애노드로부터 도금 화학물을 격리한다. 또한, 개별 전단 플레이트가 보충 모듈 내에 제공될 수도 있다. 또한, 도금 모듈(들) 및/또는 보충 모듈(들)은 N2 퍼지된 모듈이거나 또는 다른 방식으로 격리될 수도 있다. 가용성 애노드의 특징들은 낮은 입자, 감소된 막힘 및 도금을 위한 부가의 이용 가능한 Sn을 야기하는 Sn(IV)의 감소된 형성을 포함할 수도 있다. 여기서, 낮은 양극성 전위는 불용성/불활성 애노드의 사용에 비교할 때 물 산화를 감소시키고 O2의 제거를 야기한다. 가용성 애노드의 부가의 특징들은 감소된 산화 방지제 "소비"를 포함할 수도 있다. 여기서, HQ(하이드로퀸은 산화 방지제의 예임)의 표준 전위는 $\text{Sn}(0) \rightarrow \text{Sn}(\text{II})$ 보다 더 "양극성"일 수도 있지만 멤브레인이 애노드로의 도금 욕의 노출을 감소시키는 경우에 물 산화보다 덜 양극성이다. 가용성 애노드의 부가의 특징들은 Sn 보충이 Sn 농도가 높은 Sn 액체 용액인 경우에 Sn 보충 비용의 절약을 포함할 수도 있다. 가용성 애노드의 부가의 특징들은 유출 요구의 감소를 포함할 수도 있다. 예를 들어, 가용성 Sn 소스를 사용하여, 도금 욕 체적은 액체 Sn 소스에서와 같이 급속하게 축적되지 않는다. 추가의 예로서, 더 양호하게 보존된 욕은 더 긴 수명을 나타낼 수도 있다. 또한, 몇몇 용례에서, 원하지 않는 양극성 반응의 감소된 발생이 제공될 수도 있다.

[0042] 애노드액 내의 Sn의 축적은 애노드액 대 캐소드액의 교차 유출을 필요로 할 수도 있고, 여기서 애노드액은 산, 물 및 가능하게는 소량의 성분, 예를 들어 첨가제, 산화 방지제 등과 함께 재공급될 수도 있다. 멤브레인을 가로지르는 물의 몇몇 전기 삼투 물 수송이 멤브레인 유형에 따라 발생할 수도 있다. 여기서, 물은 조건에 따라, 예를 들어 ~1 내지 2 m/A*hr에서 애노드액으로부터 도금 용액으로 수송될 수도 있다. 여기서, 체적 축적은 물 추출, 보충 등에 의해 완화될 수도 있다. 여기서, 설명은 특히 주석 은에 대한 것이지만, 개시된 실시예의 양태는 다른 금속을 위해 사용될 수도 있고, 여기서 Sn이 예이다.

[0043] 개시된 실시예의 양태에서, 전기 화학 증착 장치(800)는 기관(820)의 표면 상에 금속을 증착한다. 전기 화학 증착 장치(800)는 프로세스 전해질(818, 838)을 유지하기 위해 구성된 프레임(811)을 갖는다. 기관 홀더[예를 들어, 전술된 바와 같은 홀더(272) 또는 후술되는 홀더(1320) 참조]가 프레임(811)에 제거 가능하게 결합되고, 기관 홀더는 프로세스 전해질 내에 기관(820)을 지지한다. 애노드 유체 격실(828)이 프레임(811)에 제거 가능하게 결합되고 프레임 내에 애노드액(812)을 수납하는 유체 경계 엔벨로프를 형성하고, 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리하고, 유체 격실은 경계 엔벨로프 내에 기관(820)의 표면에 대면하는 애노드(810)와, 애노드(810)와 기관(820)의 표면 사이에 배치된 이온 교환 멤브레인(814)을 갖고, 애노드 유체 격실 유체 경계 엔벨로프(828)는 예를 들어 도 12 내지 도 19 등과 관련하여 설명되는 바와 같이, 이온 교환 멤브레인(814) 및 애노드(810)와 함께 유닛으로서 프레임(811)으로부터 제거 가능하다. 홀더, 애노드(810) 및 멤브레인(814)은 프레임(811) 내에 배열되어 애노드(810)로부터의 이온이 이온 교환 멤브레인(814)을 통해 통과하고 기관(820)의 표면 상의 이온 증착에 의해 공핍된 프로세스 전해질(818, 938) 내에 이온을 주로 보충한다. 다른 양태에서, 기관(820)의 표면은 실질적으로 수직 배향에 있다. 다른 양태에서, 프로세스 전해질(818, 938)은 SnAg 또는 다른 적합한 욕을 포함한다. 다른 양태에서, 애노드는 Sn 또는 Cu 또는 다른 적합한 애노드를 포함한다. 다른 양태에서, 이온 교환 멤브레인(814)은 프로세스 전해질(818, 938)로부터 애노드액(812)을 분리한다.

[0044] 이제, 도 10을 참조하면, 전기 화학 증착 모듈(800 또는 800') 및 보충 모듈(912)을 갖는 전기 화학 증착 시스템(900)의 다이어그램이 도시되어 있다. 도시되어 있는 개시된 실시예의 양태에서, 보충 모듈(912)은 보충 모듈(260, 260') 등에 대해 전술된 바와 같은 특징들을 가질 수도 있다. 도시되어 있는 실시예에서, 보충 모듈(912)은 2차 캐소드 격실(914), 도금 용액 보충 채널 또는 격실(916) 및 2차 애노드 격실(918)을 가질 수도 있다. 2차 캐소드 격실(914)은 불활성 캐소드(920)를 수납할 수도 있다. 2차 애노드 격실(918)은 가용성 애노드(922)를 수납할 수도 있다. 2차 캐소드 격실(914)은 멤브레인(924)에 의해 도금 용액 보충 채널 또는 격실(916)로부터 분리될 수도 있다. 여기서, 캐소드액 측면에서 멤브레인(924) 또는 보충 모듈 캐소드액 멤브레인(924)은 일본의 아사히 컴퍼니(Asahi Company)에 의해 제조된 CMX-S일 수도 있고 양이온에 선택적일 수도 있는데, 예를 들어 멤브레인(924)은 +1, +2 이온 사이에서 구별하는 것이 가능할 수도 있는데, 예로서, "1가/1가의 선택적 멤브레인"이다. 유사하게, 2차 애노드 격실(918)은 양이온 멤브레인(926)에 의해 도금 용액 보충 채널(916)로부터 분리될 수도 있다. 전원(928)이 선택적으로 애노드(922)와 캐소드(920) 사이에 바이어스를 제공할 수도 있다. 펌프(930)는 2차 애노드 격실(918)과 애노드액 저장조(934) 사이에 보충 모듈 애노드액(932)을 순환시킬 수도 있는데, 예를 들어 2차 애노드액 격실(918)은 접속되지 않고 바이패스하고(933) 증착 모듈(800) 프로세스 애노드액 격실(828)에 접속되지 않고, 예를 들어 애노드 격실 입구 및 출구(960, 962)는 차단된다. 펌프(936)는 도금 용액 보충 채널 또는 격실(916)과 프로세스 도금 셀(800)과 저장조(954) 사이에 도금 용액(938)을 재순환시킬 수도 있다. 여기서, 펌프(936)는 도금 격실 입구 및 출구(964, 966)를 통해 도금 용액 보충 채널 또는 격실(916)과 프로세스 도금 셀(800) 사이에 도금 용액(938)을 재순환시킬 수도 있다. 펌프(940)는 2차 캐소드 격실(914)과 캐소드액 저장조(944) 사이에 보충 모듈 캐소드액(942)을 순환시킬 수도 있다. 순

환 펌프(948) 및 초여과 또는 다른 유사한 멤브레인(950)을 갖는 물 추출 유닛(946)이 제공될 수도 있고, 물 선택적 멤브레인(950)을 가로지르는 압력은 물(952)의 선택적인 추출을 허용하고, 추출은 크기-배제 또는 양이온 유형 중 하나일 수도 있는 멤브레인(950)을 가로질러 구동된다. 물 추출 유닛은 예시로서 저장조(954)에 대해 도시되어 있지만, 시스템의 임의의 적합한 부분(들)이 필요에 따라 물 추출 유닛 또는 다른 적합한 추출 유닛을 이용할 수도 있다. 하나 이상의 전단 플레이트(들)(956)는 멤브레인(들)(926, 924) 등에 대해 제공될 수도 있다. 전단 플레이트 또는 교반 부재(956)는 전술된 바와 같이, 멤브레인 막힘을 방지하기 위해 멤브레인(926)에 밀접하게 근접하여 유체 교반을 위해 애노드 격실(932) 내에 도시되어 있다. 교반 부재(956)는 전술된 바와 같은 특징부를 가질 수도 있고, 임의의 적합한 애노드, 캐소드 또는 멤브레인 표면에서 부가적으로 제공될 수도 있다. 예를 들어, 교반 부재는 애노드(922)로부터 이온의 수송을 증가시키기 위해 가용성 애노드(922)에 근접하여 제공될 수도 있고, 이에 의해 반응 속도를 증가시킨다. 대안적으로, 어떠한 교반 부재도 제공되지 않을 수도 있다. 전단 플레이트 또는 교반 부재(957)는 캐소드(920)에 밀접하게 근접하여 유체 교반을 위해 캐소드 격실(942)에 도시되어 있다. 교반 부재(957)는 전술된 바와 같은 특징부를 가질 수도 있고, 임의의 적합한 애노드, 캐소드 또는 멤브레인 표면에 부가적으로 제공될 수도 있다. 대안적으로, 어떠한 교반 부재도 제공되지 않을 수도 있다. 캐소드(920) 부근의 교반 부재(957)는 H₂를 스위프 제거하고 멤브레인(924)을 통해 누설하는 Sn의 증착물이 양호하게 부착되고 조밀한 것을 보장한다. 여기서, 임의의 Sn이 양이온 멤브레인(924)을 통해 확산하면, 이는 캐소드(920) 상에 증착될 수 있고, 여기서 교반(957)이 반응 속도를 증가시키고 이러한 증착은 양호한 부착성을 갖고 콤팩트한 것을 보장할 수도 있다. 도금 셀(800')이 셀(800)의 대안으로서 제공될 수도 있고, 여기서 셀(800')은 전술된 바와 같지만, 예를 들어 도금 셀(210)과 관련하여 설명된 바와 같이 이온 교환 멤브레인을 갖지 않는, 불활성 비가용성 애노드 또는 가용성 애노드, 캐소드 웨이퍼, 전단 또는 교반 플레이트 및 전원을 또한 가질 수도 있다. 여기서, 셀(800')에 의해, 애노드 격실 입구 및 유출구 포트(960, 962)는 차단될 것이고(970), 여기서 증착 모듈(800)은 이온 교환 멤브레인을 갖지 않는다. 도금 용액(938)은 예를 들어 펌프(936)를 이용하여 또는 프로세스 전해질 격실과 보충 격실 사이에 유체를 다른 방식으로 교환하여, 전술된 바와 같이 보충되고(986), 예를 들어 여기서 대안적으로, 단일의 양방향성 유동 공급 포트가 포트(964, 966) 대신에 제공될 수도 있다. 개시된 실시예의 다른 양태에서, 도금 셀(800)은 불활성 애노드 또는 가용성 애노드(810), 별개의 애노드액(812), 멤브레인(814), 교차 유출부(816), 웨이퍼 캐소드(820) 및 전단 플레이트(852)를 갖는다. 도금 용액(938)(818)은 전술된 바와 같이 보충되고, 보충 모듈(800)의 캐소드액은 게다가 ECD 모듈(800)의 애노드액과 공유될 수도 있다(982). 라인 982는 보충 모듈(912)의 캐소드 격실과 증착 모듈(800)의 애노드 격실 사이의 유체의 공유를 도시하고 있다. 이러한 공유는 요구되는 펌프 및 저장조의 수를 감소시키고, 여기서 유체는 유체 탱크로부터 2개의 각각의 격실을 통해 직렬로 펌핑될 수도 있다. 대안적으로, 액체는 직렬 보다는 병렬로 펌핑될 수도 있어, 예를 들어 부가의 라인, 예를 들어 증착 모듈 및 보충 유닛으로 및 이들로부터의 평행 소스 및 복귀 라인을 필요로 하고, 예를 들어 라인 982는 제거될 수도 있지만, 2개의 격실 사이의 유체 공유의 효과는 남아 있을 것이다. 각각의 실시예에서, 보충 셀(912)은 1차 Sn 소스로서 작용할 수도 있고 또는 보충 또는 부스터 소스로서 작용할 수도 있다. 여기서, 보충 모듈(912)은 2개의 보조 용액, 애노드액 및 캐소드액과의 교환을 경유하여 도금 용액의 보충 또는 재균형화를 허용한다. 보충 모듈 캐소드액은 또한 (CX)라 칭할 수도 있고, 보충 모듈 애노드액은 또한 (CXA)라 칭할 수도 있고, 도금 셀 애노드액은 (PCA)라 칭할 수도 있고, 도금 용액 또는 도금 셀 캐소드액은 (PCC)라 칭할 수도 있다. 여기서, 개시된 실시예의 일 양태는 하나의 용액으로의 PCA와 CXA의 조합을 수반할 수도 있다. 보충 모듈 셀(912)은 3개의 격실로 이루어질 수도 있다. 격실들은 적절한 멤브레인(924, 926)에 의해 분리될 수도 있다. PCC는 중간 격실(916)을 통해 유동할 수도 있고, 여기서 전류가 중간 격실(916)을 통해 애노드액(CXA)으로부터 캐소드액(CXC)으로 통과한다. H⁺ 이온에 의해 운반된 것에 대한 금속 이온에 의해 운반된 전류의 비는 멤브레인 유형 및 다른 조건(농도, 유량, 멤브레인 이력 등)에 의존한다. CXA-PCC 및 PCC-CXC 멤브레인의 적절한 선택에 의해, 금속 이온 내에 PCC를 선택적으로 농후하게 하는 것이 가능하다. 도시되어 있는 바와 같이, 보충 모듈 셀(912)은 도금 셀(800, 800') 내에 가용성 또는 불용성 애노드를 사용하는 또는 임의의 적합한 모듈을 보충할 때의 융통성에 따른다. 보충 모듈 셀(912)은 도금 셀과의 다수의 유사성을 가질 수도 있는 데, 예를 들어 양 셀들은 적어도 몇몇 유사한 반응을 가질 수도 있다. 몇몇 구성 하에서 보충 모듈 셀(912)에서 가능한 추가의 반응은 수소 가스를 형성하기 위한 H⁺ 이온의 환원이다.

[0045]

전술된 바와 같이, 시스템(900)은 부스터 모듈로서 작용할 수도 있는 보충 모듈(912)을 갖는 수정된 셀(800)을 제공하고, 예를 들어 여기서 금속 이온은 도금 모듈(800) 및 보충 모듈(912)의 모두에 의해 제공될 수도 있다. 여기서, 도금 셀(800)은 가용성 애노드, 별개의 애노드액, 멤브레인 및 교차 유출부를 가질 수도 있다. 여기서, 보충 모듈(912)은 도금 셀(800)에 대해 2차 소스 또는 부스터 모듈로서 사용될 수도 있고, 여기서 모듈

(912) 애노드액은 선택적으로 도금 셀 애노드액과 공유될 수도 있다. 설명되는 바와 같이, 전기 화학 증착 시스템(900)은 증착 모듈(800)에 의해 제공된 도금 이온을 보충하도록 동작하는 모듈(912)을 갖고, 예를 들어 여기서 증착 모듈(800) 및 보충 모듈(912)의 모두는 예를 들어 고체 가용성 Sn 플레이트 애노드 및/또는 애노드 펠릿 등을 각각 갖고 가용성 Sn을 이용할 수도 있다. 이 방식으로, 보충 모듈(912)은 증착 모듈(800)에 대해 Sn의 2차 소스 또는 Sn의 부스터 소스로서 작용한다. 개시된 실시예의 대안적인 양태에서, 예를 들어 Sn, SnAg, Cu 등과 같은 임의의 적합한 증착 금속 또는 재료가 제공될 수도 있다. 공유는 연속적이고, 간헐적이고 또는 필요에 따른 기초일 수도 있다. 알 수 있는 바와 같이, 도금 셀은 개시된 실시예의 다른 양태에 따르면 2-격실 셀로서 도시되어 있지만, 불용성 또는 가용성 애노드(들)가 여전히 유지될 수도 있다. 예를 들어, 도금 셀(800) 애노드 및 보충 모듈(912) 애노드의 모두는 가용성일 수도 있다. 부가적으로, 도시되어 있는 개시된 실시예의 양태는 몇몇 애노드액이 또한 도금 용액(PCC) 내로 주기적으로 유출되는(816) 가능성을 배제하지는 않는다. 도시되어 있는 개시된 실시예의 양태에서, 보충 모듈(912)은 보충 모듈(260, 260') 등에 대해 전술된 특징들을 가질 수도 있다. 도시되어 있는 개시된 실시예의 다른 양태에서, 보충 모듈(912)은 설명되는 바와 같이 모듈(1500)에 대해 설명된 바와 같은 특징들을 가질 수도 있다. 또한, 도시되어 있는 개시된 실시예의 양태에서, 증착 모듈(800)은 설명된 바와 같은 특징들을 가질 수도 있고, 설명된 바와 같이 예를 들어 이온 교환 멤브레인을 갖거나 이온 교환 멤브레인을 갖지 않을 수도 있다. 개시된 실시예의 일 양태에 따르면, 보충 모듈(912)은 2차 캐소드 격실(914), 도금 용액 보충 채널(916) 및 2차 애노드 격실(918)을 가질 수도 있다. 2차 캐소드 격실(914)은 불활성 캐소드(920)를 수납할 수도 있다. 2차 애노드 격실(918)은 가용성 또는 불용성 애노드(922)를 수납할 수도 있다. 2차 캐소드 격실(914)은 멤브레인(924), 예를 들어 1가의 선택적 멤브레인에 의해 도금 용액 보충 채널(916)로부터 분리될 수도 있다. 유사하게, 2차 애노드 격실(918)은 양이온 멤브레인(926)에 의해 도금 용액 보충 채널(916)로부터 분리될 수도 있다. 전원(928)은 애노드(922)와 캐소드(920) 사이에 바이어스를 선택적으로 제공할 수도 있다. 펌프(930)는 2차 애노드 격실(918), 증착 애노드 격실(828) 및 애노드액 저장조(834) 사이에 공유된 애노드액(932)을 순환시킬 수도 있다. 펌프(836)는 도금 용액 보충 채널(916)과 증착 캐소드 격실(832)과 저장조(954) 사이에 도금 용액(838)을 재순환시킬 수도 있다. 펌프(94)는 2차 캐소드 격실(914)과 캐소드액 저장조(944) 사이에 보충 모듈 캐소드액(942)을 순환시킬 수도 있다. 순환 펌프(948) 및 초여과 또는 다른 유사한 멤브레인(950)을 갖는 물 추출 유닛(946)이 제공될 수도 있고, 여기서 물 선택적 멤브레인(950)을 가로지르는 압력은 물(952)의 선택적인 추출을 허용하고, 여기서 추출은 크기-배제 멤브레인(950)을 가로질러 구동된다. 물 추출 유닛은 예시로서 저장조(954)에 대해 도시되어 있지만, 시스템의 임의의 적합한 부분(들)은 필요에 따라 물 추출 유닛 또는 다른 적합한 추출 유닛을 이용할 수도 있다. 하나 이상의 전단 또는 교반 플레이트(들)(956)가 멤브레인(들)(926, 924) 등에 대해 제공될 수도 있다. 도금 셀(910)은 가용성 애노드(810), 격실(828) 내의 공유된 애노드액(812), 멤브레인(814), 교차 유출부(816), 웨이퍼 캐소드(820) 및 전단 또는 교반 플레이트(852)를 갖는다. 도금 용액(938)은 전술된 바와 같이 보충될 수도 있고(986), 여기서 보충 모듈(912)의 애노드액은 게다가 ECD 모듈(800)의 애노드액과 공유될 수도 있다. 라인 983은 보충 모듈(912)의 애노드 격실과 증착 모듈(800)의 애노드 격실 사이의 애노드액의 공유를 도시하고 있다. 이러한 공유는 요구되는 펌프 및 저장조의 수를 감소시키고, 여기서 유체는 애노드액 탱크로부터 2개의 각각의 애노드액 격실을 통해 직렬로 펌핑될 수도 있다. 대안적으로, 액체는 직렬보다는 병렬로 펌핑될 수도 있어, 예를 들어 부가의 라인, 예를 들어 증착 모듈 및 보충 유닛으로 및 이들로부터의 평행 소스 및 복귀 라인을 필요로 하고, 예를 들어 라인 983은 제거될 수도 있지만, 2개의 격실 사이의 유체 공유의 효과는 남아 있을 것이다. 도시되어 있는 실시예에서, 보충 셀(912)은 연속적으로, 간헐적으로 또는 필요에 따른 기초로 선택적으로 보충하는 2차 또는 부스터 Sn 소스로서 작용한다. 또한, 용액(938)은 요구되는 바에 따라 Ag 염, MAS 또는 다른 적합한 첨가제로 보충될 수도 있다(967). 또한, 용액은 챔버(914) 등으로부터 예를 들어 산화 방지제, H₂O 등으로 보충될 수도 있다(982). 라인 982는 보충 모듈(912)의 캐소드 격실과 증착 모듈(800)의 애노드 격실 사이의 유체의 공유를 도시하고 있다. 이러한 공유는 요구되는 펌프 및 저장조의 수를 감소시키고, 여기서 유체는 유체 탱크로부터 2개의 각각의 격실을 통해 직렬로 펌핑될 수도 있다. 대안적으로, 액체는 직렬보다는 병렬로 펌핑될 수도 있어, 예를 들어 부가의 라인, 예를 들어 증착 모듈 및 보충 유닛으로 및 이들로부터의 평행 소스 및 복귀 라인을 필요로 하고, 예를 들어 라인 982는 제거될 수도 있지만, 2개의 격실 사이의 유체 공유의 효과는 남아 있을 것이다. 여기서, 보충 모듈(912)은 2개의 보조 용액, 애노드액 및 캐소드액과의 교환을 경유하여 도금 용액의 상보적인 보충 또는 재균형화를 허용한다. 예시적인 실시예에서, 구성 가능한 방식으로 기관(820)의 표면 상에 Sn 또는 Sn 합금을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치(900)가 제공될 수도 있다. 여기서, 전기 화학 증착 장치(900)는 프로세스 전해질(938)을 유지하도록 구성된 증착 모듈 프레임(811)을 갖는 증착 모듈(800)을 갖는다. 전술된 바와 같이, 기관 홀더는 증착 모듈 프레임(811)에 제거 가능하게 결합될 수도 있고, 기관 홀더는 기관(820)을 지지하고, 프로세스 전해질(938)은 기관(820)의 표면에 접촉하고, 기관은 제

1 캐소드로서 작용한다. 제1 가용성 애노드(810)가 증착 모듈 프레임(811)에 결합된다. 증착 모듈(800)은 예를 들어 도 10에서 보여지는 바와 같이, 프로세스 전해질 보충 모듈(912)과 인터페이스하도록 하는 제1 구성으로 구성된 그리고 예를 들어 도 9에서 보여지는 바와 같이 프로세스 전해질 보충 모듈(912)과 인터페이스하지 않도록 하여 프로세스 전해질 보충 모듈(912)이 전기 화학 증착 장치(900)의 부분이 아니게 하는 제2 구성으로 구성된 구성 가능한 프로세스 전해질 보충 모듈 인터페이스 포트(985)를 갖는다. 프로세스 전해질 보충 모듈(912)은 프로세스 전해질(938) 내에 이온을 보충하도록 구성되고, 프로세스 전해질 보충 모듈(912)은 증착 모듈(800)로부터 오프셋된 보충 모듈 프레임(915)을 갖는다. 프로세스 전해질 재순환 격실(916)이 보충 모듈 프레임(915) 내에 배치되어 프로세스 전해질(938)이 보충 모듈(912)과 증착 모듈(800) 사이에서 재순환하게 하도록 구성된다. 보충 모듈 프레임(915) 내의 애노드 격실(918)은 프로세스 전해질 재순환 격실(916)에 결합되고, 애노드 격실(918)은 2차 애노드액(932) 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 가용성 애노드(922)를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 애노드액(932)을 분리하는 제1 이온 교환 멤브레인(926)을 갖는다. 보충 모듈 프레임 내의 캐소드 격실(914)이 프로세스 전해질 재순환 격실(916)에 결합되고, 캐소드 격실(914)은 2차 캐소드액(942) 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 캐소드(920)를 갖고, 프로세스 전해질(938)로부터 2차 캐소드액(942)을 분리하는 제2 이온 교환 멤브레인(924)을 갖는다. 제1 가용성 애노드(810) 및 제2 가용성 애노드(922)의 모두는 제1 구성에서 표면 상의 이온 증착에 의해 공핍된 프로세스 전해질(938) 내에 이온을 보충한다. 제1 가용성 애노드(810) 제2 구성에서 표면 상의 이온 증착에 의해 공핍된 프로세스 전해질(938) 내에 이온을 보충한다. 개시된 실시예의 다른 양태에서, 구성 가능한 프로세스 전해질 보충 모듈 인터페이스 포트(985)가 증착 모듈 프레임(811)과 유체 연통하는 프로세스 전해질 유입구 포트(964) 및 프로세스 전해질 유출구 포트(966)를 포함하고, 프로세스 전해질 유입구 포트(964) 및 프로세스 전해질 유출구 포트(965)는 제1 구성에서 보충 모듈(912)과 유체 연통하여 결합되고, 프로세스 전해질 유입구 포트(964) 및 프로세스 전해질 유출구 포트(965)는 제2 구성에 있을 때 보충 모듈(912)과 유체 연통하지 않거나 차단되는 전기 화학 증착 장치(900)가 제공된다. 여기서, 예를 들어, 제2 구성에서, 보충 모듈 인터페이스 포트(985)는 도 9에 도시되어 있는 바와 같이 결합될 수도 있다. 예를 들어, 구성 가능한 프로세스 전해질 보충 모듈 인터페이스 포트(985)는 보충 모듈(912)에 구성 가능하게 결합하거나 결합하지 않기 위한 단일의 또는 다수의 전용 포트(들)를 가질 수도 있고 또는 대안적으로 보충 모듈 및/또는 순환 탱크 등에 구성 가능하게 결합될 수도 있다.

[0046]

개시된 실시예의 태양에서, 프로세스 전해질 보충 모듈(912)이 제1 애노드(810) 및 제1 캐소드(820)를 갖는 기관 전기 화학 증착 장치(800) 내의 프로세스 전해질(938) 내에 이온을 보충하고, 보충 모듈은 제2 애노드(922)를 갖는다. 프로세스 전해질 보충 모듈(912)은 화학 증착 장치(800)로부터 오프셋된 프레임(915)을 갖는다. 프로세스 전해질 재순환 격실(916)이 프레임(915) 내에 배치되어 프로세스 전해질(938)이 보충 모듈(912)과 증착 장치(800) 사이에서 재순환하게 하도록 구성된다. 프레임(915) 내의 애노드 격실(918)이 프로세스 전해질 재순환 격실(916)에 결합되고, 애노드 격실(918)은 2차 애노드액(932) 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된, 가용성 애노드인 제2 애노드(922)를 갖고, 프로세스 전해질(938)로부터 2차 애노드액(932)을 분리하는 제1 이온 교환 멤브레인(926)을 갖고, 제1 이온 교환 멤브레인(926)은 양이온 멤브레인이다. 캐소드 격실(914)이 프로세스 전해질 재순환 격실(916)에 결합된 프레임(915) 내에 제공되고, 캐소드 격실(914)은 2차 캐소드액(942) 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 캐소드(920)를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 캐소드액(942)을 분리하는 제2 이온 교환 멤브레인(924)을 갖고, 제2 이온 교환 멤브레인(924)은 1가의 선택적 멤브레인이다. 다른 양태에서, 교반 부재(957)가 제2 캐소드(920)에 근접한 2차 캐소드액(942)을 교반하기 위해 제2 캐소드(920)에 밀접하게 근접하여 캐소드 격실(914) 내의 프레임(915)에 이동 가능하게 결합된다. 다른 양태에서, 가용성 제2 애노드(922) 및 제1 이온 교환 멤브레인(926)은 가용성 제2 애노드(922)로부터의 이온이 제1 이온 교환 멤브레인(926)을 통해 프로세스 전해질(938) 내로 통과하도록 배열된다. 다른 양태에서, 프로세스 전해질(938)은 SnAg 욕을 포함하고, 이온은 제2 애노드(922)의 Ag 오염 없이 프로세스 전해질(938) 내에 보충된다.

[0047]

이제, 도 11을 참조하면, 전기 화학 증착 장치(1500)의 다이어그램이 도시되어 있다. 전기 화학 증착 장치(1500)는 기관의 표면 상에 Sn 또는 Sn 합금을 증착하도록 구성될 수도 있다. 대안적으로, 임의의 적합한 금속이 증착될 수도 있다. 전기 화학 증착 장치(1500)는 전술된 바와 같은 특징들을 가질 수도 있는 증착 모듈(1512)을 갖는다. 예를 들어, 증착 모듈(1512)은 프로세스 전해질(1510)을 유지하도록 구성된 증착 모듈 프레임 또는 탱크(1512)를 가질 수도 있다. 또한, 증착 모듈(1512)은 전술된 바와 같이 증착 모듈 프레임에 제거 가능하게 결합된 기관 홀더를 가질 수도 있고, 기관 홀더는 기관을 지지하고, 프로세스 전해질(1510)은 기관의 표면에 접촉하고, 기관은 제1 캐소드로서 작용한다. 또한, 증착 모듈(1512)은 전술된 바와 같이 증착 모듈 프레임에 결합된 제1 가용성 애노드를 가질 수도 있다. 시스템(1500)은 프로세스 전해질(1510) 내에 이온을 보충하도록 구성된 프로세스 전해질 보충 모듈(1511)을 더 갖는다. 여기서, 증착 모듈(1512)로부터 오프셋된 보충

모듈 프레임(1513)을 갖는 프로세스 전해질 보충 모듈(1511)이 도시되어 있다. 프로세스 전해질 재순환 격실(1515)은 보충 모듈 프레임(1513) 내에 배치되어 도시되어 있고, 프로세스 전해질(1510)이 예를 들어 펌프(1514) 등을 경유하여 보충 모듈(1511)과 증착 모듈(1512) 사이에서 재순환하도록 구성된다. 애노드 격실(1522)은 프로세스 전해질 재순환 격실(1515)에 결합된 보충 모듈 프레임(1513)에 도시되어 있다. 여기서, 애노드 격실(1522)은 2차 애노드액(1518) 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 가용성 애노드(1520)를 갖는다. 프로세스 전해질(1510)로부터 2차 애노드액(1518)을 분리하는 제1 이온 교환 멤브레인(1524), 예를 들어 양이온 멤브레인이 도시되어 있다. 전달 플레이트 또는 교반 부재(1526)가 멤브레인(1524)에 밀접하게 근접하여 유체 교반을 위해 애노드 격실(1522) 내에 도시되어 있다. 교반 부재(1526)는 전술된 바와 같은 특징들을 가질 수도 있고, 임의의 적합한 애노드, 캐소드 또는 멤브레인 표면에 부가적으로 제공될 수도 있다. 대안적으로, 어떠한 교반 부재도 제공되지 않을 수도 있다. 탱크(1516) 및 펌프(1543)는 2차 애노드액(1518)의 순환을 위해 도시되어 있다. 버퍼 격실(1540)은 프로세스 전해질 재순환 격실(1515)에 결합된 보충 모듈 프레임(1513) 내에 도시되어 있다. 여기서, 버퍼 격실(1540)은 그 내부에 버퍼 용액(1541)고, 프로세스 전해질(1510)로부터 버퍼 용액을 분리하는 제2 이온 교환 멤브레인(1538), 예를 들어 1가의 선택적 멤브레인을 갖는다. 탱크(1542) 및 펌프(1544)가 버퍼 용액(1541)의 순환을 위해 도시되어 있다. 캐소드 격실(1528)이 버퍼 격실(1540)에 결합된 보충 모듈 프레임(1513) 내에 도시되어 있다. 여기서, 캐소드 격실(1528)은 2차 캐소드액(1529) 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 캐소드(1532)를 갖는다. 캐소드 격실(1528)은 버퍼 용액(1541)으로부터 2차 캐소드액(1529)을 분리하는 제3 이온 교환 멤브레인(1536), 예를 들어 1가의 선택적 멤브레인을 갖는다. 탱크(1530) 및 펌프(1534)가 2차 캐소드액 용액(1529)의 순환을 위해 도시되어 있다. 버퍼 용액(1541)은 MSA 제어될 수도 있어 Sn 레벨이 임계치 미만으로 유지되게 된다. 또한, 버퍼 용액(1541) 및 2차 캐소드액(1529)은 초기에 유사하거나 동일할 수도 있고, 이어서 Sn의 낮은 레벨을 제외하고는 유사하거나 동일할 수도 있다. 양의 단자(1546) 및 음의 단자(1548)가 2차 애노드(1520) 및 2차 캐소드(1532)에 각각 접속되어 2차 가용성 애노드(1520)로부터 양이온 멤브레인(1524)을 통해 프로세스 전해질(1510) 내로 이온을 제공할 수도 있다. 실용적인 용어에서, 멤브레인 선택도는, 예를 들어 멤브레인(1538)을 통한 전류의 4 내지 5%가 Sn 이온이고, 나머지는 H⁺ 이온일 수도 있기 때문에 완벽하지 않을 수도 있다. 예시적인 실시예에서, 2차 캐소드액(1529)에 전달된 Sn의 양은 부가의 버퍼 챔버(1540)에 의해 저레벨로 유지될 수도 있어 2차 캐소드(1532) 상의 Sn의 증착물을 실질적으로 제거하여 수명을 연장시킨다. 버퍼 챔버(1540)의 추가에 의해, 멤브레인(1538)을 통해 버퍼 챔버(1540)에 진입하는 Sn의 분율은 여전히 4 내지 5% 동일 수도 있지만, 이들 이온은 낮은 Sn 농도를 유지하기 위해 때때로 유출될 수도 있는 버퍼 용액(1541)을 유지하기 위해 개별 탱크(1542)의 사용에 의해 캐소드 챔버(1528)에 수송되는 것이 방지될 수 있다. 예시적인 실시예에서, 증착 모듈(1512) 내의 제1 가용성 애노드 및 제2 가용성 애노드(1520)의 모두는 기관의 표면 상의 이온 증착에 의해 공핍된 프로세스 전해질 내에 이온을 보충한다. 대안적인 실시예에서, 보충 모듈(1511)은 1차 이온 소스로서 사용될 수도 있다. 개시된 실시예의 대안적인 양태에서, 임의의 적합한 증착 금속이 제공될 수도 있다. 개시된 실시예의 적합한 양태에서, 탱크(1542) 및 펌프는 제공되지 않을 수도 있고, 여기서 보충으로서 또는 대안으로서, 이온 제거 셀(1592)이 버퍼 격실(1540)에 결합되어 도시되어 있고, 버퍼 격실(1540)로부터의 버퍼 용액(1541)은 펌핑(1545)을 경유하여 이온 제거 셀(1592)을 통해 재순환되고, 이온 제거 셀(1592)은 버퍼 용액(1591)으로부터 원하지 않는 이온을 제거한다. 여기서, 스크러버 셀(1592)이 버퍼 셀(1590)로부터 Sn 이온을 제거하기 위해 제공된다. "스크러버" 셀(1592)의 적합한 예는 미국 뉴욕주 랭카스터 소재의 레노베어 코포레이션(Renovare Co)으로부터 입수 가능한 레노셀(RenoCell)이다. 개시된 실시예의 양태에서, 예를 들어, 스크러버 셀(1592), 버퍼 챔버(1540) 및 캐소드 챔버(1528)는 공통 캐소드액 저장조(1530)로 복귀하기 전에 스크러빙 셀(1592) 내에서 스크러빙된 버퍼 챔버 용액(1541)과 용액을 공유하고(1590), 여기서 공통 캐소드액은 펌프(1534)를 경유하여 양 챔버(1540, 1528)로 복귀된다(1590). 개시된 실시예의 대안적인 양태에서, 임의의 적합한 증착 금속이 제공될 수도 있다.

[0048]

이제, 도 12를 참조하면, 증착 모듈 또는 도금 셀(1300)의 등각도가 도시되어 있다. 증착 모듈(1300)은 전술된 증착 모듈 또는 도금 셀(210, 212, 214, 216, 800, 800') 또는 다른 적합한 모듈 내에 이용될 수도 있는 특징부를 가질 수도 있다. 예를 들어, 증착 모듈(1300)은 보충 모듈과 함께 또는 보충 모듈 없이 사용될 수도 있다. 증착 모듈(1300)이 도시되어 있고, 2개의 기관(1321, 1321') 기관 캐소드를 유지하는 기관 홀더 또는 양면 웨이퍼에 대해 설명될 것이다. 대안적으로, 증착 모듈(1300)의 특징부들은 단일 또는 다른 적합한 웨이퍼 홀더와 함께 사용될 수도 있다. 또한, 증착 모듈 또는 도금 셀(210, 212, 214, 216, 800, 910, 910', 1010, 1300)의 특징부들은 단일 웨이퍼, 이중 웨이퍼 또는 다른 적합한 도금 셀에 이용될 수도 있다. 도금 셀(1300)은 가용성 또는 불용성일 수도 있는 애노드를 갖는다. 불용성 애노드는 또한 인서트로서 공지되어 있고, 이 용어들은 본 명세서에서 상호 교환 가능하게 사용된다. 예를 들어, 애노드는 가용성 Sn 애노드일 수도 있고 또는 임의의 적

합한 가용성 또는 불용성 애노드가 사용될 수도 있다. 증착 또는 도금 모듈 또는 셀(1300)은 독립적인 애노드 액 및 캐소드액 격실을 갖는 수직 도금을 위한 그리고 2개의 기관을 도금하기 위한 콤팩트한 셀로서 도시되어 있다. 증착 또는 도금 모듈 또는 셀(1300)은 애노드액 공급 및 복귀 포트(1314, 1316)를 각각 갖는 제1 및 제2 애노드 인서트(1310, 1312)를 갖고 도시되어 있다. 웨이퍼 홀더(1320)는 프로세스 전해질(1327) 내의 제1 및 제2 애노드 인서트(1310, 1312) 사이에 배치된 것으로 도시되어 있다. 선형 모터(1322, 1324)는 홀더(1320)의 대향 측면들 상에 배치된 것으로 도시되어 있고, 홀더(1320)에 의해 유지된 웨이퍼의 표면들에 근접하여 전단 플레이트(1350, 1352)를 구동하기 위해 제공된다. 이하에 더 상세히 설명되는 바와 같이, 제1 및 제2 애노드 인서트(1310, 1312)는 각각 애노드 및 지지된 멤브레인을 포함한다. 더 상세히 설명되는 바와 같이, 제1 및 제2 애노드 인서트(1310, 1312)는 예를 들어 애노드, 멤브레인 또는 다른 것의 서비스를 위해 제1 및 제2 애노드 인서트(1310, 1312)의 제거를 용이하게 하는 애노드 인서트 가이드(1326, 1328) 내에 제거 가능하게 보유된다. 도 13을 또한 참조하면, 도금 셀(1300)의 등각도가 도시되어 있다. 보여지는 바와 같이, 제1 애노드 인서트(1310)는 애노드 인서트 가이드(1326)로부터 수직으로 제거 가능한 것으로 도시되어 있다. 여기서, 테이퍼진 지지된 측면(1340, 1342)이 인서트(1310)의 정합하는 테이퍼진 측면(1344, 1346)을 수용한다. 설명되는 바와 같이, 테이퍼진 지지 측면은 또한 애노드 인서트(1310)의 용이한 제거를 밀봉면에 제공한다. 도시되어 있는 바와 같이, 셀(1300)은 멤브레인 지지체를 갖는 용이하게 제거 가능한 애노드 홀더를 가져, 셀 프레임(1326, 1328)으로부터 상승하는 분리 가능한 애노드 인서트(1310, 1312)로의 용이한 서비스를 용이하게 한다. 여기서, 애노드 인서트(1312) 및 셀 프레임(1328)은 애노드 인서트(1310) 및 셀 프레임(1326)에 대해 도시되어 있는 바와 같이 유사한 특징부들을 가질 수도 있다. 도 14를 또한 참조하면, 도금 셀(1300)의 평면도가 도시되어 있다. 여기서, 도금 모듈 또는 셀(1300)은 제1 및 제2 애노드 인서트(1310, 1312)를 갖고 도시되어 있다. 웨이퍼 홀더(1320)는 제1 및 제2 애노드 인서트(1310, 1312) 사이에 배치된 것으로 도시되어 있다. 선형 모터(1322, 1324)는 홀더(1320)의 대향 측면들 상에 배치된 것으로 도시되어 있고, 홀더(1320)에 의해 유지된 웨이퍼의 표면들에 근접하여 전단 플레이트(1350, 1352)를 구동하기 위해 제공된다. 유체, 공압 및 전기 접속부(1314, 1316)가 또한 도시되어 있다. 여기서, 인서트(1310)의 플랜지(1354)는 인서트(1310)와 프레임(1326) 사이의 정합 계면의 전체 길이로 프레임(1326) 내의 정합 리세스(1356)에 결합한다. 밀봉부(1358)는 또한 인서트(1310)와 프레임(1326) 사이의 정합 계면의 전체 길이로 프레임(1326) 내의 정합 리세스(1356)와 인서트(1310)의 플랜지(1354) 사이에 배치된다. 여기서, 애노드 인서트(1312) 및 셀 프레임(1328)은 애노드 인서트(1310) 및 셀 프레임(1326)에 대해 도시되어 있는 바와 같이 유사한 특징부를 또한 가질 수도 있다. 셀 프레임(1326)으로부터 애노드 인서트(1310)의 분해는 도 13에서 보여지는 바와 같이, 애노드액 유체의 배수, 인터페이스 체결구의 제거 및 애노드 인서트(1310)의 상향 슬라이딩을 수반한다. 여기서, 테이퍼진 슬라이드(1344, 1346)는 용이한 제거를 허용하고, 인서트의 하부 부분이 프레임(1326)의 저부를 향할 때 리세스(1356)에 결합함에 따라, O-링 밀봉부(1358) 및 정합 리세스(1356)와의 접촉이 단지 결합부의 하부 부분, 예를 들어 인서트(1310)의 총 높이의 15% 등에서만 이루어질 수 있기 때문에, O-링 밀봉부의 제한적인 마찰에 대해 조립체를 슬라이드할 필요성을 방지한다. 여기서, 애노드 인서트(1310)는 플랜지(1358)와 분해를 용이하게 하기 위해 테이퍼진 밀봉 결합부인 리세스(1356) 사이의 주위 밀봉부(1356)를 갖는다. 개시된 실시예의 다른 양태에서, 임의의 적합한 정합 특징부가 제공될 수도 있다.

[0049] 이제, 도 15를 참조하면, 애노드 인서트 모듈(1310)의 분해도가 도시되어 있다. 도시되어 있는 바와 같이, 좌측 애노드 인서트(1310)의 분해도는 7개의 주요 구성 요소를 도시하고 있다. 애노드 인서트 본체 또는 모듈 프레임(1380)은 분할된 스테드 조립체 또는 지지링(1382), 애노드(1384), 이면 멤브레인 지지체(1386), 멤브레인(1390), 정면 멤브레인 지지체(1392) 및 전기 성형 차폐부(1394)를 수용한다. 전기 성형 차폐부(1394)는 본 명세서에 그대로 참조로서 합체되어 있는 2004년 10월 22일 출원된 발명의 명칭이 "작업편을 유체 처리하기 위한 방법 및 장치(Method and Apparatus for Fluid Processing a Work Piece)"인 미국 특허 출원 제10/971,726호에 개시된 바와 같은 그리고 2012년 4월 11일 출원된 미국 특허 출원 제13/444,570호, 대리인 문서 번호 1146P013798-US(I01)에 개시된 바와 같은 특징부를 가질 수도 있다. 더 상세히 개시된 것인 멤브레인 지지체(1386, 1392)는 최대 활성 멤브레인 영역을 위한 지지체에 의한 멤브레인(1390)에 대한 최소 접촉을 갖고 단일 편 Ti 워터젯 절단 원형 플레이트일 수도 있다. 여기서, 수직 바아(bar)는 또한 불균일한 증착을 유도할 수 있는 기포 포집을 방지한다. 도 16을 또한 참조하면, 인서트(1310)의 것과 유사한 특징부들을 갖는 애노드 인서트 모듈(1312)의 분해도가 도시되어 있다. 도시되어 있는 바와 같이, 우측 애노드 인서트(1312)의 분해도는 7개의 주요 구성 요소를 도시하고 있다. 애노드 인서트 본체 또는 모듈 프레임(1400)은 분할된 스테드 조립체 또는 지지 링(1402), 애노드(1404), 이면 멤브레인 지지체(1406), 멤브레인(1408), 정면 멤브레인 지지체(1410) 및 전기 성형 차폐부(1412)를 수용한다. 도 17을 또한 참조하면, 애노드 인서트(1310)의 측면도가 도시되어 있

다. 여기서, 애노드 인서트(1310)는 애노드액(133)을 유지하는 격실을 형성하고, 여기서 이온 교환 멤브레인(1390)이 애노드액(1311)을 분리하고 있다. 인서트(1310)는 애노드 전기 접속부(1422)를 경유하여 애노드 버스(1420)에 접속된 애노드를 더 갖는 것으로 도시되어 있다. 이면 멤브레인 지지체(1386)는 회전 방지 특징부(1424, 1426, 1428, 1430), 예를 들어 인서트 본체(1380) 내의 정합 리세스와 정합하는 핑거를 가질 수도 있다. 대안적으로, 임의의 적합한 자동 회전 특징부가 제공될 수도 있다. 유사하게, 정면 멤브레인 지지체(1392)는 회전 방지 특징부를 또한 가질 수도 있어, 수직 바아(1396, 1398)가 최대 멤브레인 영역, 기포 포집의 방지 및 예를 들어 패턴이 없는 균일한 증착을 제공하도록 정밀하게 정렬되게 된다. 여기서, 수직 바아 정렬부 및 멤브레인 지지체는 자체 정렬되어 보유 볼트를 필요로 하지 않는다. 인서트 본체(1380) 내의 O-링 유체 밀봉부(1432)는 애노드(1384)를 수납하는 애노드액 격실과 웨이퍼를 수납하는 캐소드액 격실 사이의 유체 이주를 방지하기 위해 멤브레인(1390)에 대해 밀봉한다. 도 18을 또한 참조하면, 애노드 인서트(1310)의 부분 단면도가 도시되어 있다. 도 19를 또한 참조하면, 애노드 인서트(1310)의 부분 단면도가 도시되어 있다. 고무 주위 밀봉부(1434)는 애노드(1384)와 멤브레인 지지체(1396) 사이에 배치될 수도 있다. 또한, 부가의 밀봉부가 본체(1380)와 분할된 스테드 링(1382) 사이에 제공될 수도 있다. 밀봉 링(1438)은 링(1438)과 본체(1380) 사이에 밀봉부(1440)를 구비할 수도 있고, 주위 밀봉부(1434)와 인터페이스할 수도 있고 애노드(1384)용 중심 설정 디바이스로서 작용할 수도 있다. 분할된 스테드 링(1382)은 본체(1380)를 통해 돌출하는 포획형 나사산 형성 스테드(1436)를 가질 수도 있고, 멤브레인(1390), 애노드 링(1384), 전방 및 후방 멤브레인 지지체(1386, 1392) 및 전기장 성형 차폐부(1394)를 지지하기 위한 다용도 분할된 링으로서 작용한다. 일단 애노드 인서트 조립체(1310)가 도금 셀(1300)로부터 제거되면, 그 내부의 서비스 가능한 구성 요소로의 액세스가 이하와 같이 벤치 또는 다른 것 상에서 행해질 수도 있다. 1. 멤브레인(1390) 및 애노드(1384)로의 액세스를 위해 벤치 상에 애노드 조립체 배치. 2. 나사산 형성 체결구(1436)로부터 너트를 제거함으로써 전기장 성형 차폐부(1394) 제거. 3. 전방측 멤브레인 지지체(1392) 제거. 4. 멤브레인(1390) 제거 및 필요에 따라 교체. 여기서, 멤브레인(1390)은 분할된 링(1382) 내의 스테드(1436)의 볼트 패턴에 대응하는 위치에 구멍(1444)을 갖는 워터젯 절단 조립체일 수도 있다. 5. 애노드로의 액세스가 요구되면 이면 멤브레인(1386) 지지체 제거. 6. 고무 주위 밀봉부(1438)를 느슨하게 하여 제거하고 이어서 애노드 단자 나사(1446)를 제거함으로써 애노드(1384) 제거. 7. 요구에 따라 멤브레인 및 애노드 세척 또는 교체. 8. 반대 순서로 재조립. 대안적으로, 더 많거나 적은 단계가 제공될 수도 있다.

[0050] 개시된 실시예의 양태에서, 전기 화학 증착 장치(1300)는 기관(1321)의 표면 상에 금속을 증착한다. 전기 화학 증착 장치(1300)는 프로세스 전해질(1327)을 유지하기 위해 구성된 프레임(1326)을 갖는다. 기관 홀더(1320)가 프레임(1326)에 결합되고, 기관 홀더(1320)는 기관(1321)을 지지하여 프로세스 전해질(1327)이 기관(1321)의 표면에 접촉하게 된다. 애노드 유체 격실이 프레임(1326)에 결합되고 프레임 내에 애노드액(1311)을 수납하는 유체 경계 엔벨로프를 형성하고, 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리하고, 유체 격실은 기관의 표면에 대면하는 애노드(1384)를 갖고, 이온 교환 멤브레인(1390)은 프레임(1326)에 결합되어 이온 교환 멤브레인(1390)이 애노드액(1311)을 프로세스 전해질(1327)로부터 분리하게 한다. 이온 교환 멤브레인(1390)은 프레임(1326)에 결합되고 복수의 제1 어레이형 지지체(1396)를 갖는 제1 멤브레인 지지체(1386)에 의해 제1 측면에서 지지된다. 이온 교환 멤브레인(1390)은 프레임(1326)에 결합되고 복수의 제1 어레이형 지지체(1396)와 실질적으로 정렬된 복수의 제2 어레이형 지지체(1398)를 갖는 제2 멤브레인 지지체(1392)에 의해 제2 측면에서 지지된다. 다른 양태에서, 복수의 제1 어레이형 지지체(1396)는 수직 바아의 제1 어레이를 포함하고, 복수의 제2 어레이형 지지체(1398)는 수직 바아의 제2 어레이를 포함하고, 제1 어레이형 수직 바아는 제2 어레이형 수직 바아와 실질적으로 정렬된다. 다른 양태에서, 기관 홀더(1320), 애노드(1384) 및 이온 교환 멤브레인(1390)은 금속 이온이 이온 교환 멤브레인(1390)을 통해 프로세스 전해질(1327) 내로 통과하여 기관(1321) 상에 증착에 의해 공핍된 금속 이온을 보충하게 하도록 프레임(1326) 내에 배열되고, 제1 및 제2 어레이형 지지체(1396, 1398)는 기포 포집을 방지하는 구성을 갖는다. 다른 양태에서, 기관(1321)의 표면은 실질적으로 수직 배향이다.

[0051] 개시된 실시예의 양태에서, 기관(1321)의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치(1300)가 제공된다. 전기 화학 증착 장치(1300)는 프로세스 전해질(1327)을 유지하기 위해 구성된 프레임(1326)을 갖는다. 기관 홀더(1320)가 프레임(1326)에 제거 가능하게 결합되어 기관(1321)을 지지하여 프로세스 전해질(1327)이 기관(1321)의 표면에 접촉하게 된다. 애노드 모듈(1310)이 프레임(1326)에 결합되고 프레임 내에 애노드액(1311)을 수납하는 유체 경계 엔벨로프를 형성하고 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리하기 위해 구성되고, 유체 격실 및 애노드 모듈(1310)은 모듈 프레임(1380), 애노드(1384) 및 애노드(1384) 및 이온 교환 멤브레인(1390)을 갖는 유닛으로서 프레임(1326)으로부터 제거 및 프레임 내의 삽입을 위해 모듈 프레임(1380)에 결합된 이온 교환 멤브레인(1390)을 갖는다. 이온 교환 멤브레인(1390)은 애노드(1384)와 기관(1321)의 표면 사이에

배치된 모듈 프레임(1380)에 결합된다.

- [0052] 개시된 실시예의 일 양태에서, 기관의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치가 제공된다. 전기 화학 증착 장치는 프로세스 전해질을 유지하기 위해 구성된 프레임을 갖는다. 기관 홀더가 프레임에 제거 가능하게 결합되고, 기관 홀더는 프로세스 전해질 내에 기관을 지지한다. 애노드 유체 격실이 프레임에 제거 가능하게 결합되고 애노드액을 수납하고 기관의 표면에 대면하는 애노드를 갖고, 애노드 유체 격실은 애노드와 기관의 표면 사이에 배치된 이온 교환 멤브레인을 더 갖고, 애노드 유체 격실은 이온 교환 멤브레인 및 애노드와 함께 유닛으로서 프레임으로부터 제거 가능하다. 홀더, 애노드 및 멤브레인은 프레임 내에 배열되어 애노드로부터의 이온이 이온 교환 멤브레인을 통해 통과하고 기관의 표면 상의 이온 증착에 의해 공핍된 프로세스 전해질 내에 이온을 주로 보충한다.
- [0053] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 기관의 표면이 실질적으로 수직 배향에 있는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0054] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 이온 교환 멤브레인이 양이온 멤브레인을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0055] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 애노드가 가용성 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0056] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 애노드가 불용성 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0057] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0058] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 애노드가 Sn 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0059] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 애노드가 Cu 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0060] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 이온 교환 멤브레인이 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0061] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 기관의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치가 제공된다. 전기 화학 증착 장치는 프로세스 전해질을 유지하기 위해 구성된 프레임을 갖는다. 기관 홀더가 프레임에 결합되고, 기관 홀더는 프로세스 전해질이 표면에 접촉하도록 기관을 지지한다. 애노드가 애노드액 내에서 프레임에 결합되고, 이온 교환 멤브레인이 이온 교환 멤브레인이 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리하도록 프레임에 결합된다. 이온 교환 멤브레인은 프레임에 결합된 제1 멤브레인 지지체에 의해 제1 측면에서 지지되고 복수의 제1 어레이형 지지체를 갖는다. 이온 교환 멤브레인은 프레임에 결합된 제2 멤브레인 지지체에 의해 제2 측면에서 지지되고 복수의 제1 어레이형 지지체와 실질적으로 정렬된 복수의 제2 어레이형 지지체를 갖는다.
- [0062] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 복수의 제1 어레이형 지지체가 수직 바아의 제1 어레이를 포함하고, 복수의 제2 어레이형 지지체는 수직 바아의 제2 어레이를 포함하고, 제1 어레이형 수직 바아는 제2 어레이형 수직 바아와 실질적으로 정렬되는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0063] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 기관 홀더, 애노드 및 이온 교환 멤브레인이 프레임 내에 배열되어 금속 이온이 이온 교환 멤브레인을 통해 프로세스 전해질 내로 통과하여 기관 상의 증착에 의해 공핍된 금속 이온을 보충하고, 제1 및 제2 어레이형 지지체는 기포 포집을 방지하는 구성을 갖는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0064] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 기관의 표면이 실질적으로 수직 배향에 있는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0065] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 이온 교환 멤브레인이 양이온 멤브레인을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0066] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 애노드가 가용성 Sn 애노드인 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0067] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0068] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 기관의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치가 제공된다. 전기 화학 증착 장치는 프로세스 전해질을 유지하기 위해 구성된 프레임을 갖는다. 기관 홀더가 프레임에 제거 가능하게 결합되고, 프로세스 전해질이 표면에 접촉하도록 기관을 지지한다. 애노드 모듈이 프레임에 결합되고 애노드액을 수납하기 위해 구성되고, 애노드 모듈은 모듈 프레임, 애노드 및 애노드 및 이온 교환 멤브레인과 함께 유닛으로서 프레임으로부터 제거 및 프레임 내의 삽입을 위해 모듈 프레임에 결합된 이온 교환 멤브레인을

갖는다. 모듈 프레임에 결합된 이온 교환 멤브레인은 애노드와 기관의 표면 사이에 배치된다.

- [0069] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 기관 홀더, 애노드 및 이온 교환 멤브레인이 프레임 내에 배열되어 금속 이온 이 이온 교환 멤브레인을 통해 프로세스 전해질 내로 통과하여 기관 상의 증착에 의해 공급된 금속 이온을 보충하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0070] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 기관의 표면이 실질적으로 수직 배향에 있는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0071] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 이온 교환 멤브레인이 양이온 멤브레인을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0072] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 애노드가 가용성 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0073] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 애노드가 불용성 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0074] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0075] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 애노드가 Sn 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0076] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 애노드가 Cu 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0077] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 이온 교환 멤브레인이 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0078] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 애노드 및 제1 캐소드를 갖는 기관 전기 화학 증착 장치 내의 프로세스 전해질 내에 이온을 보충하도록 구성된 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공되고, 보충 모듈은 제2 애노드를 갖는다. 프로세스 전해질 보충 모듈은 화학 증착 장치로부터 오프셋된 프레임을 갖는다. 프로세스 전해질 재순환 격실이 프레임 내에 배치되어 프로세스 전해질이 보충 모듈과 증착 장치 사이에서 재순환하게 하도록 구성된다. 프레임 내의 애노드 격실이 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합되고, 애노드 격실은 2차 애노드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된, 가용성 애노드인 제2 애노드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 애노드액을 분리하는 제1 이온 교환 멤브레인을 갖고, 제1 이온 교환 멤브레인은 양이온 멤브레인이다. 캐소드 격실이 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합된 프레임 내에 제공되고, 캐소드 격실은 2차 캐소드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 캐소드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 캐소드액을 분리하는 제2 이온 교환 멤브레인을 갖고, 제2 이온 교환 멤브레인은 1가의 선택적 멤브레인이다.
- [0079] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질 보충 모듈은 제2 캐소드에 근접한 2차 캐소드액을 교반하기 위해 제2 캐소드에 밀접하게 근접하여 캐소드 격실 내의 프레임에 이동 가능하게 결합된 교반 부재를 구비한다.
- [0080] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 가용성 제2 애노드 및 제1 이온 교환 멤브레인이 가용성 제2 애노드로부터의 이온이 제1 이온 교환 멤브레인을 통해 프로세스 전해질 내로 통과하도록 배열되는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0081] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 애노드가 가용성 Sn 플레이트를 포함하는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0082] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 애노드가 가용성 Sn 펠릿을 포함하는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0083] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0084] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하고, 이온은 제2 애노드의 Ag 오염 없이 프로세스 전해질 내에서 보충되는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0085] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 애노드 및 제1 캐소드를 갖는 기관 전기 화학 증착 장치 내의 프로세스 전해질 내에 이온을 보충하도록 구성된 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공되고, 보충 모듈은 제2 애노드를 갖는다. 프로세스 전해질 보충 모듈은 화학 증착 장치로부터 오프셋된 프레임을 갖는다. 프로세스 전해질 재순환 격실이 프레임 내에 배치되어 프로세스 전해질이 보충 모듈과 증착 장치 사이에서 재순환하게 하도록 구성된다. 프레임 내의 애노드 격실은 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합되고, 애노드 격실은 2차 애노드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된, 가용성 애노드인 제2 애노드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 애노드액을 분

리하는 제1 이온 교환 멤브레인을 갖는다. 프레임 내의 버퍼 격실이 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합되고, 버퍼 격실은 그 내부에 버퍼 용액을 갖고, 프로세스 전해질로부터 버퍼 용액을 분리하는 제2 이온 교환 멤브레인을 갖는다. 프레임 내의 캐소드 격실이 버퍼 격실에 결합되고, 캐소드 격실은 2차 캐소드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 캐소드를 갖고, 버퍼 용액으로부터 2차 캐소드액을 분리하는 제3 이온 교환 멤브레인을 갖는다.

- [0086] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 가용성 제2 애노드 및 제1 이온 교환 멤브레인이 가용성 제2 애노드로부터의 이온이 제1 이온 교환 멤브레인을 통해 프로세스 전해질 내로 통과하도록 배열되는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0087] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 이온 교환 멤브레인이 양이온 멤브레인을 포함하는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0088] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제2 및 제3 이온 교환 멤브레인은 제2 및 제3 1가의 선택적 멤브레인을 포함하는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0089] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 이온 교환 멤브레인이 양이온 멤브레인을 포함하고, 제2 및 제3 이온 교환 멤브레인은 제2 및 제3 1가의 선택적 멤브레인을 포함하는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0090] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 애노드가 불용성 애노드 및 가용성 Sn 펄릿을 포함하는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0091] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0092] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 이온 교환 멤브레인이 애노드로부터 프로세스 전해질로 이온을 선택적으로 통과시키는 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0093] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하고, 이온은 제2 애노드의 Ag 오염 없이 프로세스 전해질 내에 보충되는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0094] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 애노드 및 제1 캐소드를 갖는 기관 전기 화학 증착 장치 내의 프로세스 전해질 내에 이온을 보충하도록 구성된 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공되고, 보충 모듈은 제2 애노드를 갖는다. 프로세스 전해질 보충 모듈은 화학 증착 장치로부터 오프셋된 프레임을 갖는다. 프로세스 전해질 재순환 격실이 프레임 내에 배치되어 프로세스 전해질이 보충 모듈과 증착 장치 사이에서 재순환하게 하도록 구성된다. 프레임 내의 애노드 격실이 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합되고, 애노드 격실은 2차 애노드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된, 가용성 애노드인 제2 애노드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 애노드액을 분리하는 제1 이온 교환 멤브레인을 갖는다. 프레임 내의 버퍼 격실이 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합되고, 버퍼 격실은 그 내부에 버퍼 용액을 갖고, 프로세스 전해질로부터 버퍼 용액을 분리하는 제2 이온 교환 멤브레인을 갖는다. 프레임 내의 캐소드 격실이 버퍼 격실에 결합되고, 캐소드 격실은 2차 캐소드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 캐소드를 갖고, 버퍼 용액으로부터 2차 캐소드액을 분리하는 제3 이온 교환 멤브레인을 갖는다. 이온 제거 셀이 버퍼 격실에 결합된다. 버퍼 격실로부터의 버퍼 용액이 이온 제거 셀을 통해 재순환되고, 이온 제거 셀은 버퍼 용액으로부터 원하지 않는 이온을 제거한다.
- [0095] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 가용성 제2 애노드 및 제1 이온 교환 멤브레인이 가용성 제2 애노드로부터의 이온이 제1 이온 교환 멤브레인을 통해 프로세스 전해질 내로 통과하도록 배열되는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0096] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 이온 교환 멤브레인이 양이온 멤브레인을 포함하는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0097] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제2 및 제3 이온 교환 멤브레인은 제2 및 제3 1가의 선택적 멤브레인을 포함하는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0098] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 이온 교환 멤브레인이 양이온 멤브레인을 포함하고, 제2 및 제3 이온 교환 멤브레인은 제2 및 제3 1가의 선택적 멤브레인을 포함하는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0099] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 애노드가 불용성 애노드 및 가용성 Sn 펄릿을 포함하는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.

- [0100] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0101] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 이온 교환 멤브레인이 애노드로부터 프로세스 전해질로 Sn²⁺ 이온을 선택적으로 통과시키는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0102] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하고, 이온은 제2 애노드의 Ag 오염 없이 프로세스 전해질 내에 보충되는 것인 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공된다.
- [0103] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 기관의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치가 제공된다. 전기 화학 증착 장치는 프로세스 전해질을 유지하도록 구성된 증착 모듈 프레임에 갖는 증착 모듈을 갖는다. 기관 홀더가 증착 모듈 프레임에 제거 가능하게 결합되고, 기관 홀더는 기관을 지지하고, 프로세스 전해질은 기관의 표면에 접촉하고, 기관은 제1 캐소드로서 작용한다. 제1 가용성 애노드가 증착 모듈 프레임에 결합된다. 프로세스 전해질 내에 이온을 보충하도록 구성된 프로세스 전해질 보충 모듈이 제공되고, 프로세스 전해질 보충 모듈은 증착 모듈로부터 오프셋된 보충 모듈 프레임을 갖는다. 프로세스 전해질 재순환 격실이 보충 모듈 프레임 내에 배치되어 프로세스 전해질이 보충 모듈과 증착 모듈 사이에서 재순환하게 하도록 구성된다. 보충 모듈 프레임 내의 애노드 격실이 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합되고, 애노드 격실은 2차 애노드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 가용성 애노드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 애노드액을 분리하는 제1 이온 교환 멤브레인을 갖고, 제1 이온 교환 멤브레인은 양이온 멤브레인이다. 보충 모듈 프레임 내의 캐소드 격실이 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합되고, 캐소드 격실은 2차 캐소드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 캐소드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 캐소드액을 분리하는 제2 이온 교환 멤브레인을 갖고, 제2 이온 교환 멤브레인은 1가의 선택적 멤브레인이다. 제1 가용성 애노드 및 제2 가용성 애노드의 모두는 표면 상의 이온 증착에 의해 공핍된 프로세스 전해질 내에 이온을 보충한다.
- [0104] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 전기 화학 증착 장치가 제2 캐소드에 근접한 2차 캐소드액을 교반하기 위해 제2 캐소드에 밀접하게 근접하여 캐소드 격실 내의 프레임에 이동 가능하게 결합된 교반 부재를 구비한다.
- [0105] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 증착 모듈이 기관의 표면 상의 유체 교반을 위해 기관의 표면에 밀접하게 근접하여 증착 모듈 프레임에 이동 가능하게 결합된 가동 프로세스 교반 부재를 더 갖는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0106] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 증착 모듈이 제1 애노드와 기관의 표면 사이에 배치된 프로세스 이온 교환 멤브레인을 더 갖는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0107] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 기관의 표면이 실질적으로 수직 배향에 있는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0108] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0109] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 가용성 애노드가 제1 가용성 Sn 애노드를 포함하고, 제2 가용성 애노드는 제2 가용성 Sn 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0110] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하고, 이온은 제2 애노드의 Ag 오염 없이 프로세스 전해질 내에 보충되는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0111] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 기관의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치 및 프로세스 전해질 보충 장치를 포함하는 전기 화학 증착 시스템이 제공된다. 전기 화학 증착 장치는 프로세스 전해질을 유지하도록 구성된 증착 모듈 프레임에 갖는 증착 모듈을 갖는다. 기관 홀더가 증착 모듈 프레임에 제거 가능하게 결합되고, 기관 홀더는 기관을 지지하고, 프로세스 전해질은 기관의 표면에 접촉하고, 기관은 제1 캐소드로서 작용한다. 제1 가용성 애노드가 증착 모듈 프레임에 결합된다. 프로세스 전해질 보충 모듈이 프로세스 전해질 내에 이온을 보충하도록 구성되고, 프로세스 전해질 보충 모듈은 증착 모듈로부터 오프셋된 보충 모듈 프레임을 갖는다. 프로세스 전해질 재순환 격실이 보충 모듈 프레임 내에 배치되어 프로세스 전해질이 보충 모듈과 증착 모듈 사이에서 재순환하게 하도록 구성된다. 보충 모듈 프레임 내의 애노드 격실이 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합되고, 애노드 격실은 2차 애노드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 가용성 애노드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 애노드액을 분리하는 제1 이온 교환 멤브레인을 갖는다. 보충 모듈 프레임 내의 버퍼 격실이 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합되고, 버퍼 격실은 그 내부에 버퍼 용액을 갖고, 프로세스 전해질로부터 버퍼 용액을 분리하는 제2 이온 교환 멤브레인을 갖는다. 보충 모듈 프레임 내의 캐소드 격실

이 버퍼 격실에 결합되고, 캐소드 격실은 2차 캐소드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 캐소드를 갖고, 버퍼 용액으로부터 2차 캐소드액을 분리하는 제3 이온 교환 멤브레인을 갖는다. 제1 가용성 애노드 및 제2 가용성 애노드의 모두는 표면 상의 이온 증착에 의해 공급된 프로세스 전해질 내에 이온을 보충한다.

[0112] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 버퍼 격실에 결합된 이온 제거 셀을 갖는 전기 화학 증착 장치가 제공된다. 버퍼 격실로부터의 버퍼 용액은 이온 제거 셀을 통해 재순환되고, 이온 제거 셀은 버퍼 용액으로부터 원하지 않는 이온을 제거한다.

[0113] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 증착 모듈이 기관의 표면 상의 유체 교반을 위해 기관의 표면에 밀접하게 근접하여 증착 모듈 프레임에 이동 가능하게 결합된 가동 프로세스 교반 부재를 더 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.

[0114] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 증착 모듈이 제1 애노드와 기관의 표면 사이에 배치된 프로세스 이온 교환 멤브레인을 더 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.

[0115] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 기관의 표면이 실질적으로 수직 배향에 있는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.

[0116] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.

[0117] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 가용성 애노드가 제1 가용성 Sn 애노드를 포함하고, 제2 가용성 애노드는 제2 가용성 Sn 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.

[0118] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 이온 교환 멤브레인이 양이온 멤브레인을 포함하고, 제2 및 제3 이온 교환 멤브레인은 제2 및 제3 1가의 선택적 멤브레인을 각각 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.

[0119] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하고, 이온은 제2 애노드의 Ag 오염 없이 프로세스 전해질 내에 보충되는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.

[0120] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 기관의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치가 제공된다. 전기 화학 증착 장치는 프로세스 전해질을 유지하도록 구성된 증착 모듈 프레임을 갖는 증착 모듈을 갖는다. 기관 홀더가 증착 모듈 프레임에 제거 가능하게 결합되고, 기관 홀더는 기관을 지지하고, 프로세스 전해질은 기관의 표면에 접촉하고, 기관은 제1 캐소드로서 작용한다. 제1 가용성 애노드가 증착 모듈 프레임에 결합된다. 증착 모듈은, 프로세스 전해질 보충 모듈과 인터페이스하도록 하는 제1 구성으로 구성되고 프로세스 전해질 보충 모듈과 인터페이스하지 않도록 하는 제2 구성으로 구성된 구성 가능한 프로세스 전해질 보충 모듈 인터페이스 포트를 갖고, 제2 구성에서 프로세스 전해질 보충 모듈은 전기 화학 증착 장치의 부분이 아니다. 프로세스 전해질 보충 모듈은 프로세스 전해질 내에 이온을 보충하도록 구성되고, 프로세스 전해질 보충 모듈은 증착 모듈로부터 오프셋된 보충 모듈 프레임을 갖는다. 프로세스 전해질 재순환 격실이 보충 모듈 프레임 내에 배치되어 프로세스 전해질이 보충 모듈과 증착 모듈 사이에서 재순환하게 하도록 구성된다. 보충 모듈 프레임 내의 애노드 격실이 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합되고, 애노드 격실은 2차 애노드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 가용성 애노드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 애노드액을 분리하는 제1 이온 교환 멤브레인을 갖는다. 보충 모듈 프레임 내의 캐소드 격실이 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합되고, 캐소드 격실은 2차 캐소드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 캐소드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 캐소드액을 분리하는 제2 이온 교환 멤브레인을 갖는다. 제1 가용성 애노드 및 제2 가용성 애노드의 모두는 제1 구성에서 표면 상의 이온 증착에 의해 공급된 프로세스 전해질 내에 이온을 보충한다. 제1 가용성 애노드는 제2 구성에서 표면 상의 이온 증착에 의해 공급된 프로세스 전해질 내에 이온을 보충한다.

[0121] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 구성 가능한 프로세스 전해질 보충 모듈 인터페이스 포트가 증착 모듈 프레임과 유체 연통하는 프로세스 전해질 유입구 포트 및 프로세스 전해질 유출구 포트를 포함하고, 프로세스 전해질 유입구 포트 및 프로세스 전해질 유출구 포트는 제1 구성에서 보충 모듈과 유체 연통하여 결합되고, 프로세스 전해질 유입구 포트 및 프로세스 전해질 유출구 포트는 제2 구성에 있을 때 보충 모듈과 유체 연통으로부터 결합 해제되는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.

[0122] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 증착 모듈이 기관의 표면 상의 유체 교반을 위해 기관의 표면에 밀접하게 근접하여 증착 모듈 프레임에 이동 가능하게 결합된 가동 프로세스 교반 부재를 더 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.

[0123] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 증착 모듈이 제1 애노드와 기관의 표면 사이에 배치된 프로세스 이온 교환 멤

브레인을 더 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.

- [0124] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 기관의 표면이 실질적으로 수직 배향에 있는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0125] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0126] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 가용성 애노드가 제1 가용성 Sn 애노드를 포함하고, 제2 가용성 애노드는 제2 가용성 Sn 애노드를 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0127] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 제1 이온 교환 멤브레인이 양이온 멤브레인을 포함하고, 제2 이온 교환 멤브레인은 1가의 선택적 멤브레인을 포함하는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0128] 개시된 실시예의 다른 양태에서, 프로세스 전해질이 SnAg 욕을 포함하고, 이온은 제2 애노드의 Ag 오염 없이 프로세스 전해질 내에 보충되는 것인 전기 화학 증착 장치가 제공된다.
- [0129] 상기 설명은 단지 개시된 실시예의 양태의 예시일 뿐이라는 것이 이해되어야 한다. 다양한 대안 및 수정이 개시된 실시예의 양태로부터 벗어나지 않고 당 기술 분야의 숙련자들에 의해 안출될 수 있다. 따라서, 개시된 실시예의 양태는 첨부된 청구범위의 범주 내에 있는 모든 이러한 대안, 수정 및 변형을 포함하도록 의도된다. 또한, 단지 상이한 특징들이 서로 상이한 독립 또는 종속 청구항에 언급되어 있다는 사실은 이들 특징들의 조합이 유리하게 사용될 수 없다는 것을 지시하는 것은 아니며, 이러한 조합은 본 발명의 양태의 범주 내에 남아 있다.
- [0130] 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에서, 기관의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치로서, 전기 화학 증착 장치는, 프로세스 전해질을 유지하기 위해 구성된 프레임과, 프레임에 제거 가능하게 결합되고, 프로세스 전해질 내에 기관을 지지하는 기관 홀더와, 프레임에 제거 가능하게 결합되고 프레임 내에 애노드액을 수납하는 유체 경계 엔벨로프를 형성하고 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리하고, 경계 엔벨로프 내에 기관의 표면에 대면하는 애노드와, 애노드와 기관의 표면 사이에 배치된 이온 교환 멤브레인을 갖는 애노드 유체 격실로서, 애노드 유체 격실 유체 경계 엔벨로프는 이온 교환 멤브레인 및 애노드와 함께 유닛으로서 프레임으로부터 제거 가능한 것인 애노드 유체 격실을 포함하고, 홀더, 애노드 및 멤브레인은 프레임 내에 배열되어 애노드로부터의 이온이 이온 교환 멤브레인을 통해 통과하고 기관의 표면 상의 이온 증착에 의해 공핍된 프로세스 전해질 내에 이온을 주로 보충한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 1의 전기 화학 증착 장치에서, 기관의 표면은 실질적으로 수직 배향에 있다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 1의 전기 화학 증착 장치에서, 이온 교환 멤브레인은 양이온 멤브레인을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 1의 전기 화학 증착 장치에서, 애노드는 가용성 애노드를 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 1의 전기 화학 증착 장치에서, 애노드는 불활성 애노드를 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 1의 전기 화학 증착 장치에서, 프로세스 전해질은 SnAg 욕을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 1의 전기 화학 증착 장치에서, 애노드는 Sn 애노드를 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 1의 전기 화학 증착 장치에서, 애노드는 Cu 애노드를 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 1의 전기 화학 증착 장치에서, 이온 교환 멤브레인은 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 기관의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치로서, 전기 화학 증착 장치는, 프로세스 전해질을 유지하기 위해 구성된 프레임과, 프레임에 결합되고, 프로세스 전해질이 표면에 접촉하도록 기관을 지지하는 기관 홀더와, 애노드액 내에서 프레임에 결합된 애노드 및 이온 교환 멤브레인이 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리하도록 프레임에 결합된 이온 교환 멤브레인을 포함하고, 이온 교환 멤브레인은 프레임에 결합된 제1 멤브레인 지지체에 의해 제1 측면에서 지지되고 복수의 제1 어레이형 지지체를 갖고, 이온 교환 멤브레인은 프레임에 결합된 제2 멤브레인 지지체에 의해 제2 측면에서 지지되고 복수의 제1 어레이형 지지체와 실질적으로 정렬된 복수의 제2 어레이형 지지체를 갖는다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 10의 전기 화학 증착 장치에서, 복수의 제1 어레이형 지지체는 수직 바아의 제1 어레이를 포함하고, 복수의 제2 어레이형 지지체는 수직 바아의 제2 어레이를 포함하고, 제1 어레이형 수직 바아는 제2 어레이형 수직 바아와 실질적으로 정렬된다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 10의 전기 화학 증착 장치에서, 기관 홀더, 애노드 및 이온 교환 멤브레인은 프레임 내에 배열되어 금속 이온이 이온 교환 멤브레인을 통해 프로세스 전해질 내로 통과하여 기관 상의 증착에 의해 공핍된 금속 이온을 보충하게 하고, 제1 및 제2 어레이형 지지체는 기포 포집을 방지하는 구성을 갖는다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 10의 전기 화학 증착 장치에서, 기관의 표면은 실질적으로 수직 배향에 있다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 10의 전기 화학 증착 장치에서, 이온 교환 멤브레인은 양이온 멤브레인을 포함한다. 개시된 실시예

의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 10의 전기 화학 증착 장치에서, 애노드는 가용성 Sn 애노드이다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 10의 전기 화학 증착 장치에서, 프로세스 전해질은 SnAg 욕을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 기관의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치로서, 전기 화학 증착 장치는, 프로세스 전해질을 유지하기 위해 구성된 프레임과, 프레임에 제거 가능하게 결합되고, 프로세스 전해질이 표면에 접촉하도록 기관을 지지하는 기관 홀더와, 프레임에 결합되고 애노드액을 수납하기 위해 구성된 애노드 모듈로서, 애노드 모듈은 모듈 프레임, 애노드 및 애노드 및 이온 교환 멤브레인과 함께 유닛으로서 프레임으로부터 제거 및 프레임 내의 삽입을 위해 모듈 프레임에 결합된 이온 교환 멤브레인을 갖는 것인 애노드 모듈을 포함하고, 모듈 프레임에 결합된 이온 교환 멤브레인은 애노드와 기관의 표면 사이에 배치된다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 17의 전기 화학 증착 장치에서, 기관 홀더, 애노드 및 이온 교환 멤브레인은 프레임 내에 배열되어 금속 이온이 이온 교환 멤브레인을 통해 프로세스 전해질 내로 통과하여 기관 상의 증착에 의해 공급된 금속 이온을 보충한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 17의 전기 화학 증착 장치에서, 기관의 표면은 실질적으로 수직 배향에 있다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 17의 전기 화학 증착 장치에서, 이온 교환 멤브레인은 양이온 멤브레인을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 17의 전기 화학 증착 장치에서, 애노드는 가용성 애노드를 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 17의 전기 화학 증착 장치에서, 애노드는 불활성 애노드를 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 17의 전기 화학 증착 장치에서, 프로세스 전해질은 SnAg 욕을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 17의 전기 화학 증착 장치에서, 애노드는 Sn 애노드를 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 17의 전기 화학 증착 장치에서, 애노드는 Cu 애노드를 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 17의 전기 화학 증착 장치에서, 이온 교환 멤브레인은 프로세스 전해질로부터 애노드액을 분리한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 제1 애노드 및 제1 캐소드를 갖는 기관 전기 화학 증착 장치 내의 프로세스 전해질 내에 이온을 보충하도록 구성된 프로세스 전해질 보충 모듈로서, 보충 모듈은 제2 애노드를 갖고, 프로세스 전해질 보충 모듈은, 화학 증착 장치로부터 오프셋된 프레임과, 프레임 내에 배치되어 프로세스 전해질을 보충 모듈과 증착 장치 사이에서 재순환하게 하기 위해 구성된 프로세스 전해질 재순환 격실과, 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합된 프레임 내의 애노드 격실로서, 애노드 격실은 2차 애노드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된, 가용성 애노드인 제2 애노드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 애노드액을 분리하는 제1 이온 교환 멤브레인을 갖고, 제1 이온 교환 멤브레인은 양이온 멤브레인인 것인 애노드 격실과, 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합된 프레임 내의 캐소드 격실로서, 캐소드 격실은 2차 캐소드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 캐소드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 캐소드액을 분리하는 제2 이온 교환 멤브레인을 갖고, 제2 이온 교환 멤브레인은 1가의 선택적 멤브레인인 것인 캐소드 격실을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 27의 프로세스 전해질 보충 모듈에서, 제2 캐소드에 근접한 2차 캐소드액을 교환하기 위해 제2 캐소드에 밀접하게 근접하여 캐소드 격실 내의 프레임에 이동 가능하게 결합된 교환 부재를 더 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 27의 프로세스 전해질 보충 모듈에서, 가용성 제2 애노드 및 제1 이온 교환 멤브레인은 가용성 제2 애노드로부터의 이온이 제1 이온 교환 멤브레인을 통해 프로세스 전해질 내로 통과하도록 배열된다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 27의 프로세스 전해질 보충 모듈에서, 애노드는 가용성 Sn 플레이트를 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 27의 프로세스 전해질 보충 모듈에서, 애노드는 가용성 Sn 펠릿을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 27의 프로세스 전해질 보충 모듈에서, 프로세스 전해질은 SnAg 욕을 포함하고, 이온은 제2 애노드의 Ag 오염 없이 프로세스 전해질 내에서 보충된다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 제1 애노드 및 제1 캐소드를 갖는 기관 전기 화학 증착 장치 내의 프로세스 전해질 내에 이온을 보충하도록 구성된 프로세스 전해질 보충 모듈로서, 보충 모듈은 제2 애노드를 갖고, 프로세스 전해질 보충 모듈은, 화학 증착 장치로부터 오프셋된 프레임과, 프레임 내에 배치되어 프로세스 전해질을 보충 모듈과 증착 장치 사이에서 재순환하게 하기 위해 구성된 프로세스 전해질 재순환 격실과, 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합된 프레임 내의 애노드 격실로서, 애노드 격실은 2차 애노드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된, 가용성 애노드인 제2 애노드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 애노드액을 분리하는 제1 이온 교환 멤브레인을 갖는 것인 애노드 격실과, 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합된 프레임 내의 버퍼 격실로서, 버퍼 격실은 그 내부에 버퍼 용액을 갖고, 프로세스 전해질로부터 버퍼 용액을 분리하는 제2 이온 교환 멤브레인을 갖는 것인 버퍼 격실과, 버퍼 격실에 결합된 프레임 내의 캐소드 격실로서, 캐소드 격실은 2차 캐소드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 캐소드를 갖고, 버퍼 용액으로부터 2차 캐소드액을 분리하는 제3 이온 교환 멤브레인을 갖는 것인 캐소드 격실을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면,

청구항 27의 프로세스 전해질 보충 모듈에서, 가용성 제2 애노드 및 제1 이온 교환 멤브레인은 가용성 제2 애노드로부터의 이온이 제1 이온 교환 멤브레인을 통해 프로세스 전해질 내로 통과하도록 배열된다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 27의 프로세스 전해질 보충 모듈에서, 제1 이온 교환 멤브레인은 양이온 멤브레인을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 27의 프로세스 전해질 보충 모듈에서, 제2 및 제3 이온 교환 멤브레인은 제2 및 제3 1가의 선택적 멤브레인을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 27의 프로세스 전해질 보충 모듈에서, 제1 이온 교환 멤브레인은 양이온 멤브레인을 포함하고, 제2 및 제3 이온 교환 멤브레인은 제2 및 제3 1가의 선택적 멤브레인을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 27의 프로세스 전해질 보충 모듈에서, 애노드는 가용성 Sn 애노드를 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 27의 프로세스 전해질 보충 모듈에서, 프로세스 전해질은 SnAg 욕을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 27의 프로세스 전해질 보충 모듈에서, 프로세스 전해질은 SnAg 욕을 포함하고, 이온은 제2 애노드의 Ag 오염 없이 프로세스 전해질 내에 보충된다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 34 내지 44 중 어느 한 항에 따른 프로세스 전해질 보충 모듈에서, 버퍼 격실에 결합된 이온 제거 셀을 더 포함하고, 버퍼 격실로부터의 버퍼 용액은 이온 제거 셀을 통해 재순환되고, 이온 제거 셀은 버퍼 용액으로부터 원하지 않는 이온을 제거한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 기관의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치로서, 전기 화학 증착 장치는, 프로세스 전해질을 유지하도록 구성된 증착 모듈 프레임에 갖는 증착 모듈과, 증착 모듈 프레임에 제거 가능하게 결합된 기관 홀더로서, 기관 홀더는 기관을 지지하고, 프로세스 전해질은 기관의 표면에 접촉하고, 기관은 제1 캐소드로서 작용하는 것인 기관 홀더와, 증착 모듈 프레임에 결합된 제1 가용성 애노드와, 청구항 27 내지 33 중 어느 한 항의 프로세스 전해질 보충 모듈을 포함하고, 제1 가용성 애노드 및 제2 애노드의 모두는 기관 상의 이온 증착에 의해 공핍된 프로세스 전해질 내에 이온을 보충한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 43의 전기 화학 증착 장치에서, 증착 모듈은 기관의 표면 상의 유체 교환을 위해 기관의 표면에 밀접하게 근접하여 증착 모듈 프레임에 이동 가능하게 결합된 가동 프로세스 교환 부재를 더 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 43의 전기 화학 증착 장치에서, 증착 모듈은 제1 애노드와 기관의 표면 사이에 배치된 프로세스 이온 교환 멤브레인을 더 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 43의 전기 화학 증착 장치에서, 기관의 표면은 실질적으로 수직 배향에 있다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 43의 전기 화학 증착 장치에서, 프로세스 전해질은 SnAg 욕을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 43의 전기 화학 증착 장치에서, 제1 가용성 애노드는 제1 가용성 Sn 애노드를 포함하고, 제2 가용성 애노드는 제2 가용성 Sn 애노드를 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 43의 전기 화학 증착 장치에서, 프로세스 전해질은 SnAg 욕을 포함하고, 이온은 제2 애노드의 Ag 오염 없이 프로세스 전해질 내에 보충된다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 기관의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치로서, 전기 화학 증착 장치는, 프로세스 전해질을 유지하도록 구성된 증착 모듈 프레임에 갖는 증착 모듈과, 증착 모듈 프레임에 제거 가능하게 결합된 기관 홀더로서, 기관 홀더는 기관을 지지하고, 프로세스 전해질은 기관의 표면에 접촉하고, 기관은 제1 캐소드로서 작용하는 것인 기관 홀더와, 증착 모듈 프레임에 결합된 제1 가용성 애노드와, 청구항 34 내지 41 중 어느 한 항의 프로세스 전해질 보충 모듈을 포함하고, 제1 가용성 애노드 및 제2 애노드의 모두는 기관 상의 이온 증착에 의해 공핍된 프로세스 전해질 내에 이온을 보충한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 50의 전기 화학 증착 장치에서, 버퍼 격실에 결합된 이온 제거 셀을 더 포함하고, 버퍼 격실로부터의 버퍼 용액은 이온 제거 셀을 통해 재순환되고, 이온 제거 셀은 버퍼 용액으로부터 원하지 않는 이온을 제거한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 50의 전기 화학 증착 장치에서, 증착 모듈은 기관의 표면 상의 유체 교환을 위해 기관의 표면에 밀접하게 근접하여 증착 모듈 프레임에 이동 가능하게 결합된 가동 프로세스 교환 부재를 더 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 50의 전기 화학 증착 장치에서, 증착 모듈은 제1 애노드와 기관의 표면 사이에 배치된 프로세스 이온 교환 멤브레인을 더 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 50의 전기 화학 증착 장치에서, 기관의 표면은 실질적으로 수직 배향에 있다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 50의 전기 화학 증착 장치에서, 제1 가용성 애노드는 제1 가용성 Sn 애노드를 포함하고, 제2 가용성 애노드는 제2 가용성 Sn 애노드를 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 50의 전기 화학 증착 장치에서, 제1 이온 교환 멤브레인은 양이온 멤브레인을 포함하고, 제2 및 제3 이온 교환 멤브레인은 제2 및 제3 1가의 선택적 멤브레인을 각각 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 50의 전기 화학 증착 장치에서, 프로세스 전해질은 SnAg 욕을 포함하고, 이온이 제2 애노드의 Ag 오염 없이 프로세스 전해질 내에 보충된다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 기관의 표면 상에 금속을 증착하도록 구성된 전기 화학 증착 장치 및 프로세스 전해질 보충 프로세스를 포함하는 전기 화학 증착 시스템으로서, 전기 화학 증착 장치는 프로세스 전

해질을 유지하도록 구성된 증착 모듈 프레임에 갖는 증착 모듈과, 증착 모듈 프레임에 제거 가능하게 결합된 기관 홀더로서, 기관 홀더는 기관을 지지하고, 프로세스 전해질은 기관의 표면에 접촉하고, 기관은 제1 캐소드로서 작용하는 것인 기관 홀더와, 증착 모듈 프레임에 결합된 제1 가용성 애노드를 포함하고, 증착 모듈은, 프로세스 전해질 보충 모듈과 인터페이스하도록 하는 제1 구성으로 구성되고 프로세스 전해질 보충 모듈과 인터페이스하지 않도록 하는 제2 구성으로 구성된 구성 가능한 프로세스 전해질 보충 모듈 인터페이스 포트를 갖고, 제2 구성에서 프로세스 전해질 보충 모듈은 전기 화학 증착 장치의 부분이 아니다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 58의 전기 화학 증착 시스템에서, 프로세스 전해질 보충 모듈은 프로세스 전해질 내에 이온을 보충하도록 구성되고, 프로세스 전해질 보충 모듈은 증착 모듈로부터 오프셋된 보충 모듈 프레임을 갖는다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 58 내지 59 중 어느 한 항의 전기 화학 증착 시스템에서, 장치는 보충 모듈 프레임 내에 배치되어 보충 모듈과 증착 모듈 사이에 프로세스 전해질 재순환을 하도록 하기 위해 구성된 프로세스 전해질 재순환 격실과, 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합된 보충 모듈 프레임 내의 애노드 격실로서, 애노드 격실은 2차 애노드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 가용성 애노드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 애노드액을 분리하는 제1 이온 교환 멤브레인을 갖는 것인 애노드 격실과, 프로세스 전해질 재순환 격실에 결합된 보충 모듈 프레임 내의 캐소드 격실로서, 캐소드 격실은 2차 캐소드액 내의 침지를 위해 그 내부에 배치된 제2 캐소드를 갖고, 프로세스 전해질로부터 2차 캐소드액을 분리하는 제2 이온 교환 멤브레인을 갖는 것인 캐소드 격실을 더 포함하고, 제1 가용성 애노드 및 제2 가용성 애노드의 모두는 제1 구성에서 표면 상의 이온 증착에 의해 공핍된 프로세스 전해질 내에 이온을 보충하고, 제1 가용성 애노드는 제2 구성에서 표면 상의 이온 증착에 의해 공핍된 프로세스 전해질 내에 이온을 보충한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 60의 전기 화학 증착 시스템에서, 구성 가능한 프로세스 전해질 보충 모듈 인터페이스 포트는 증착 모듈 프레임과 유체 연통하는 프로세스 전해질 유입구 포트 및 프로세스 전해질 유출구 포트를 포함하고, 프로세스 전해질 유입구 포트 및 프로세스 전해질 유출구 포트는 제1 구성에서 보충 모듈과 유체 연통하여 결합되고, 프로세스 전해질 유입구 포트 및 프로세스 전해질 유출구 포트는 제2 구성에 있을 때 보충 모듈과 유체 연통으로부터 결합 해제된다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 60의 전기 화학 증착 시스템에서, 증착 모듈은 기관의 표면 상의 유체 교환을 위해 기관의 표면에 밀접하게 근접하여 증착 모듈 프레임에 이동 가능하게 결합된 가동 프로세스 교환 부재를 더 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 60의 전기 화학 증착 시스템에서, 증착 모듈은 제1 애노드와 기관의 표면 사이에 배치된 프로세스 이온 교환 멤브레인을 더 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 60의 전기 화학 증착 시스템에서, 기관의 표면은 실질적으로 수직 배향에 있다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 60의 전기 화학 증착 시스템에서, 프로세스 전해질은 SnAg 욕을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 60의 전기 화학 증착 시스템에서, 제1 가용성 애노드는 제1 가용성 Sn 애노드를 포함하고, 제2 가용성 애노드는 제2 가용성 Sn 애노드를 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 60의 전기 화학 증착 시스템에서, 제1 이온 교환 멤브레인은 양이온 멤브레인을 포함하고, 제2 이온 교환 멤브레인은 1가의 선택적 멤브레인을 포함한다. 개시된 실시예의 하나 이상의 양태에 따르면, 청구항 60의 전기 화학 증착 시스템에서, 프로세스 전해질은 SnAg 욕을 포함하고, 이온은 제2 애노드의 Ag 오염 없이 프로세스 전해질 내에 보충된다.

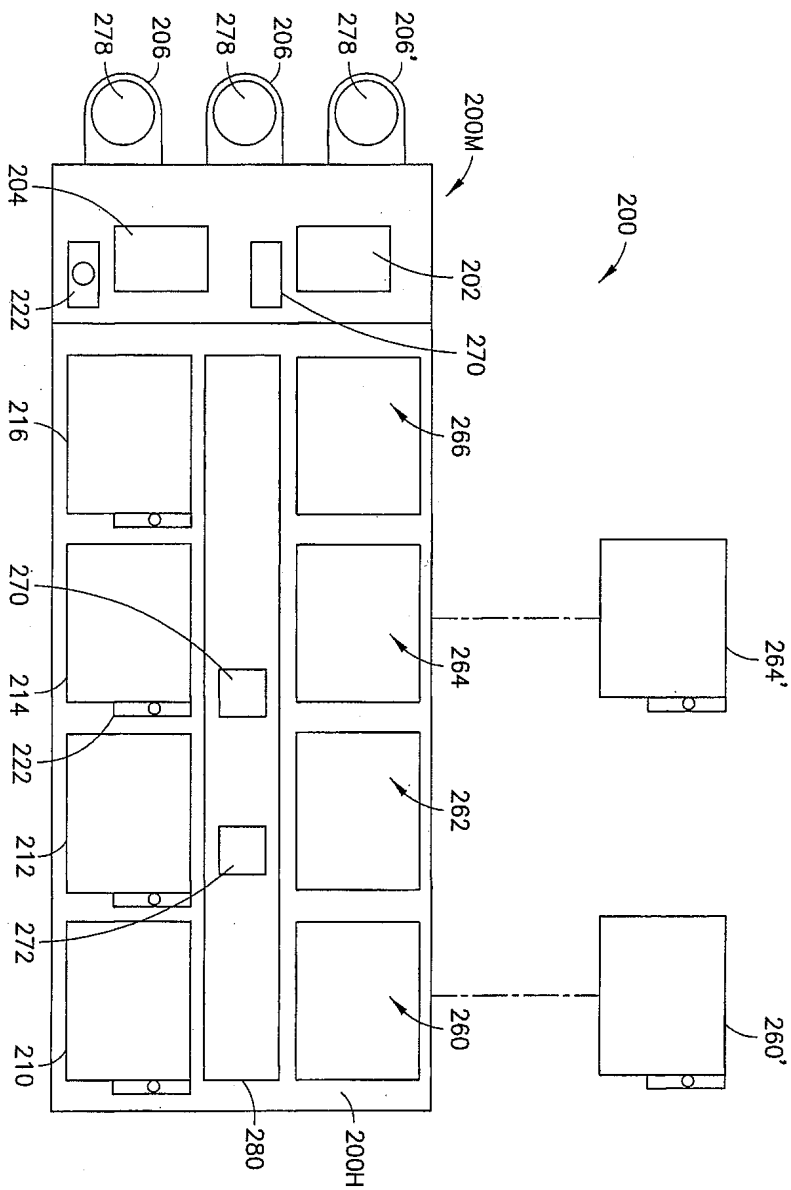
부호의 설명

[0131]

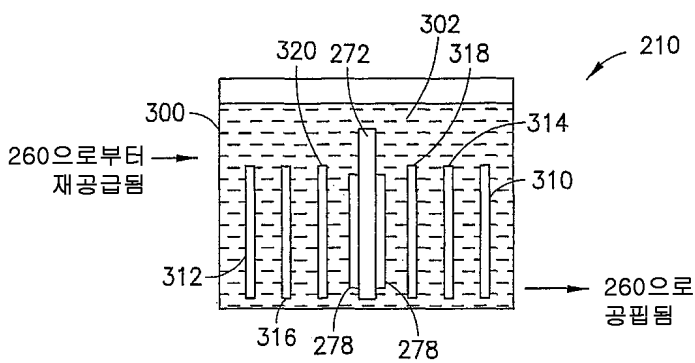
200: 시스템	204: 로딩 스테이션
210, 212, 214, 216: 모듈	270, 272, 274: 기관 홀더
278: 기관	310, 312: 애노드
318, 320: 유체 교환 조립체	410: 제1 멤브레인
412: 제2 가용성 애노드	428: 제2 멤브레인
800: 전기 화학 증착 모듈	826: ECD 애노드액 저장조
830: ECD 캐소드액 저장조	844, 846: 보충 소스

도면

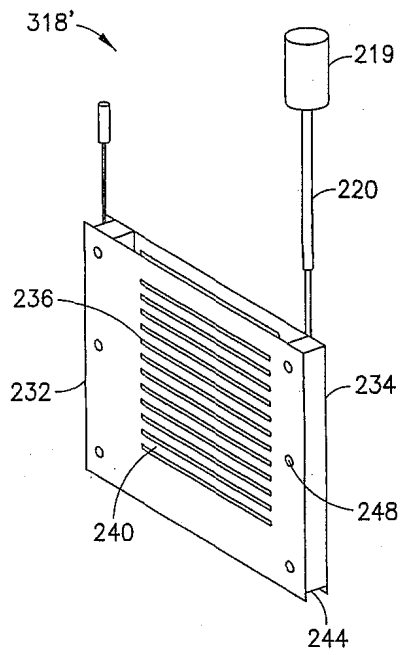
도면1



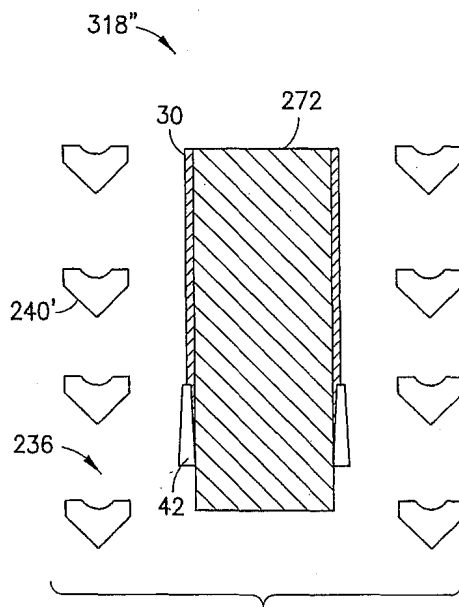
도면2a



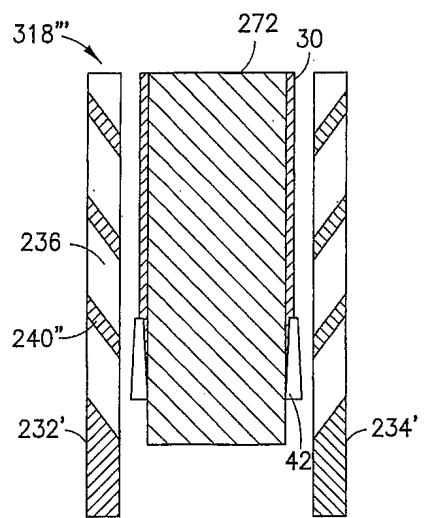
도면2b



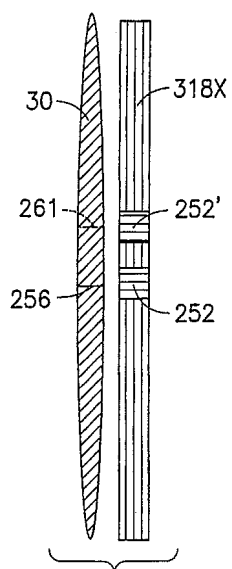
도면2c



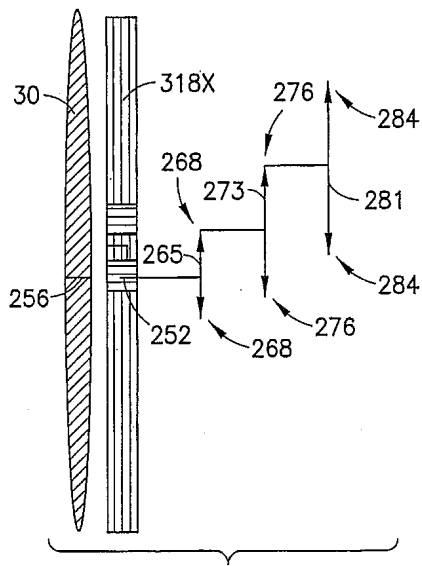
도면2d



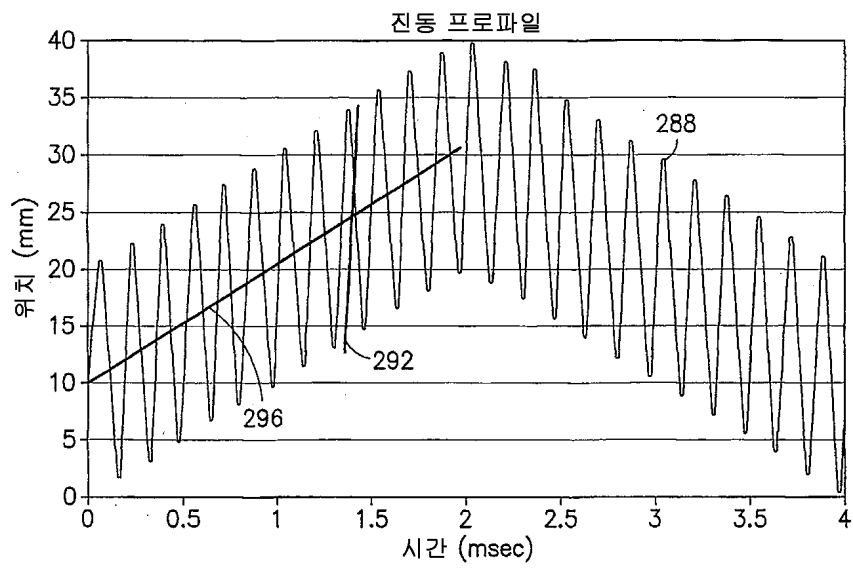
도면2e



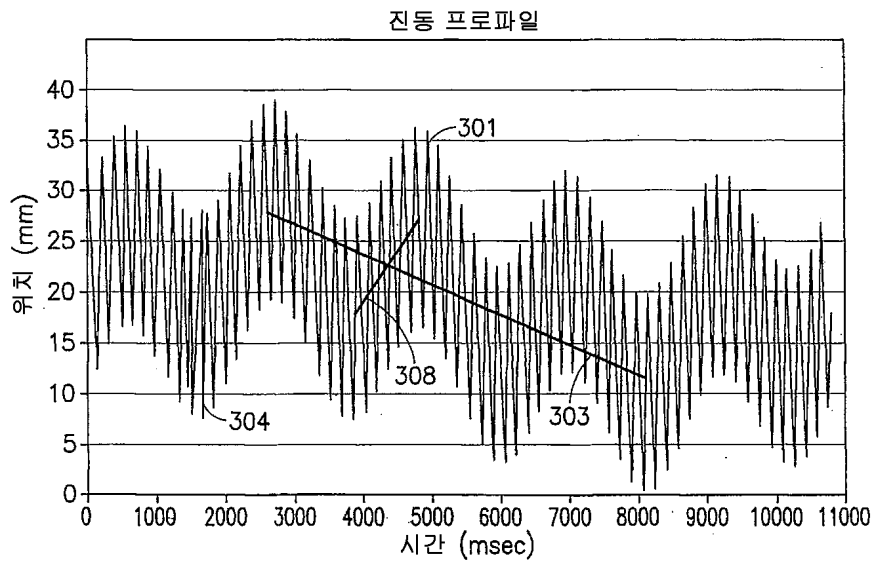
도면2f



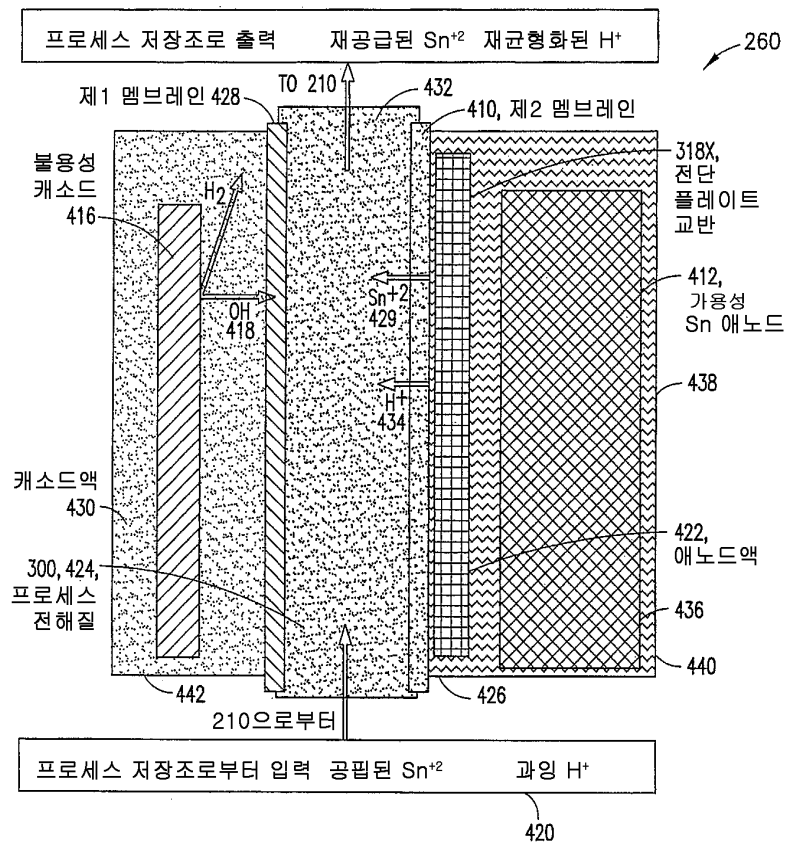
도면2g



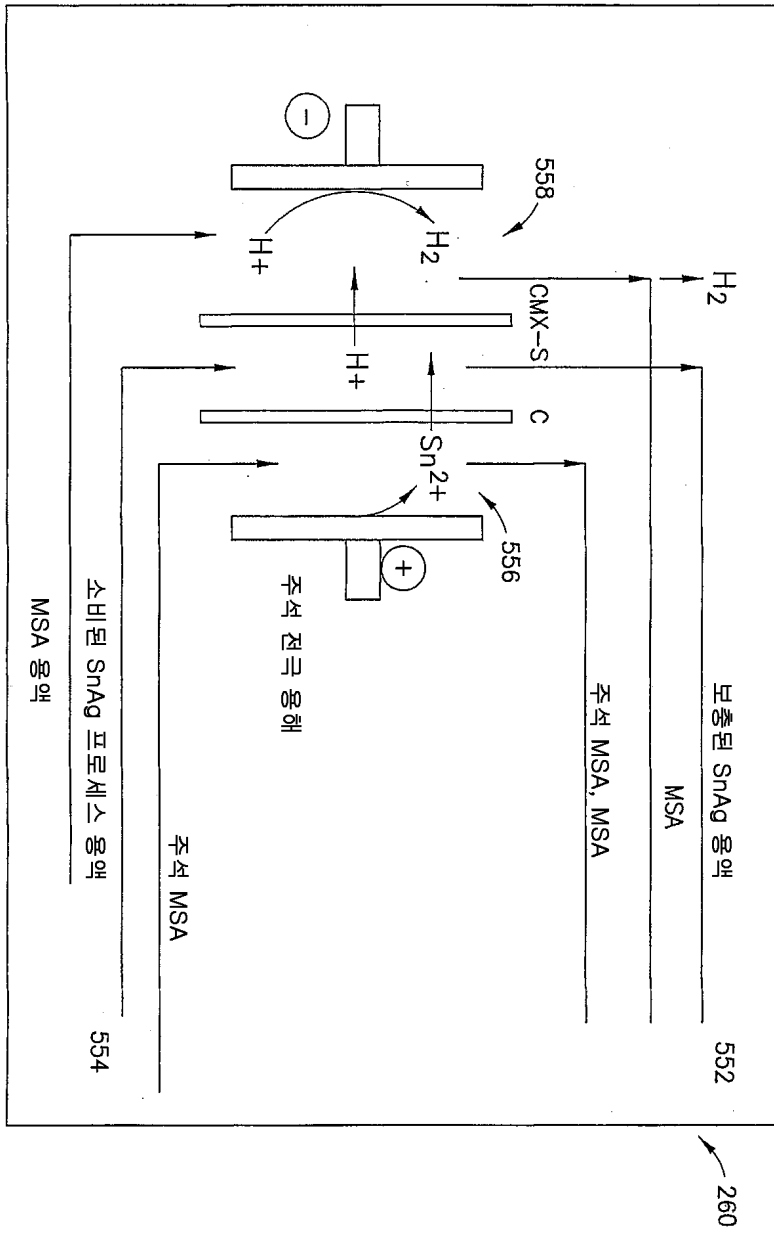
도면2h



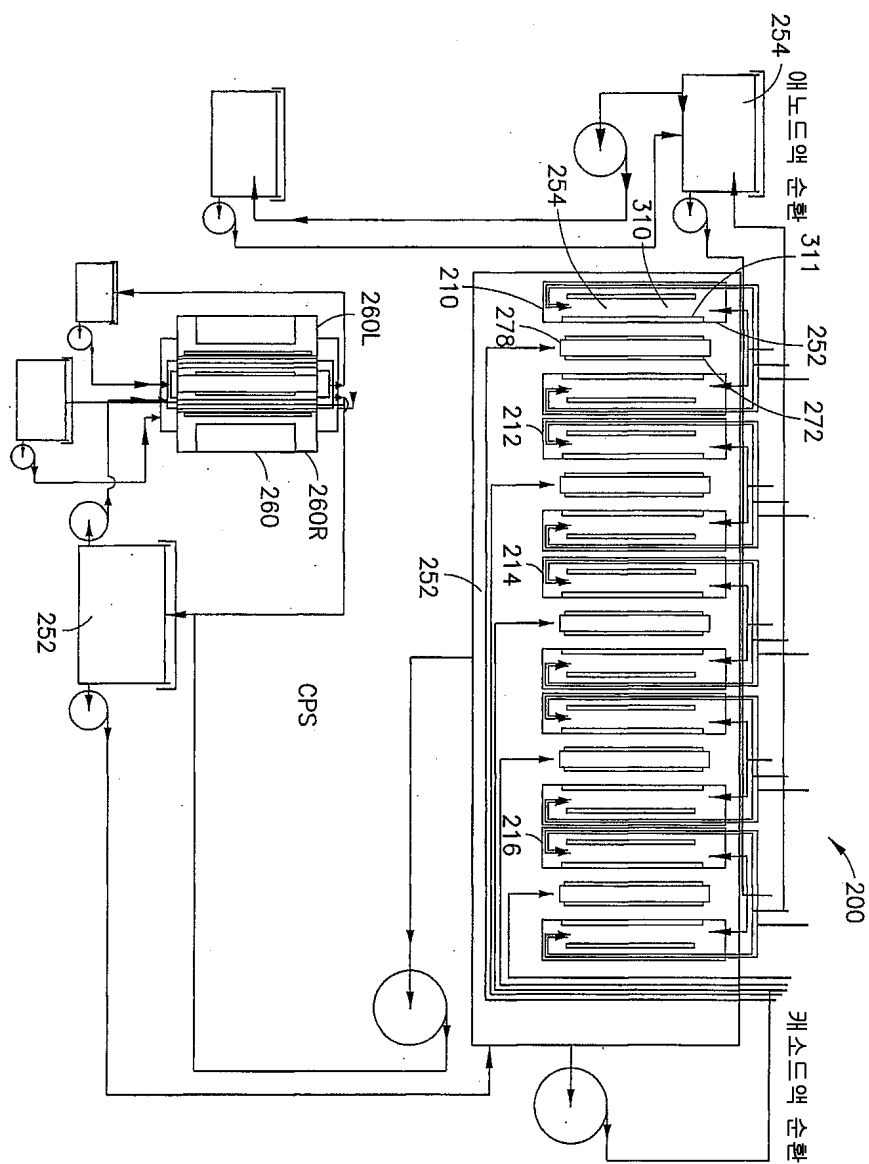
도면3



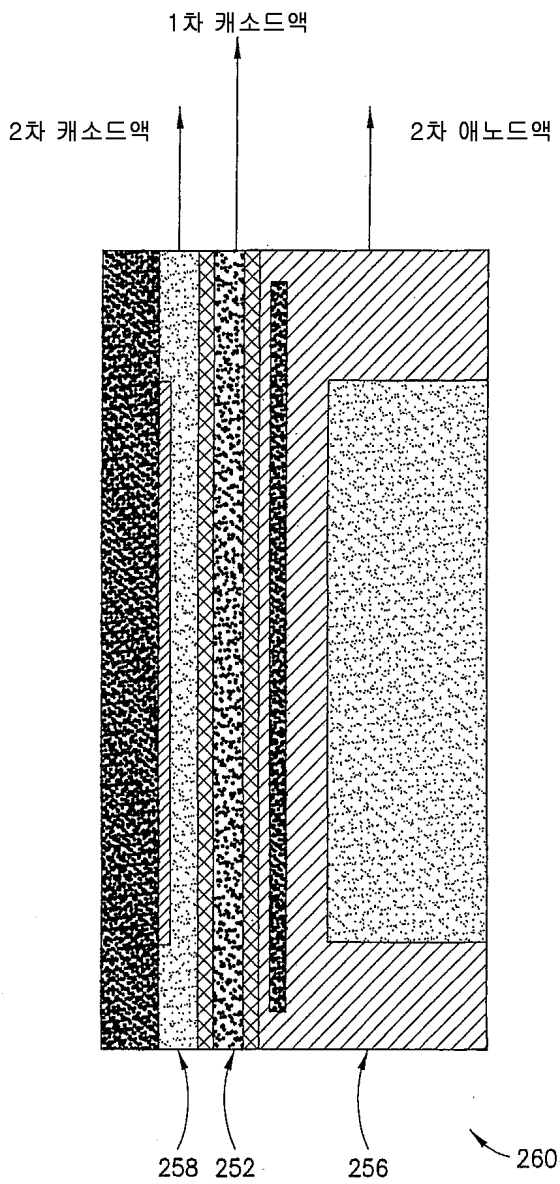
도면4



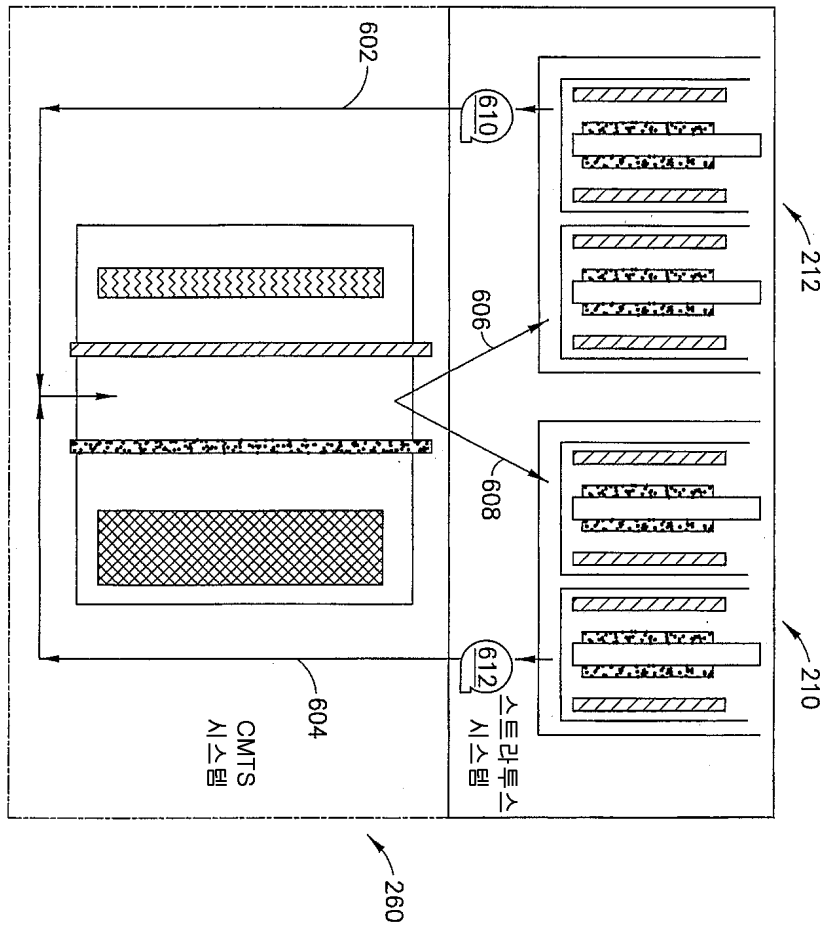
도면5



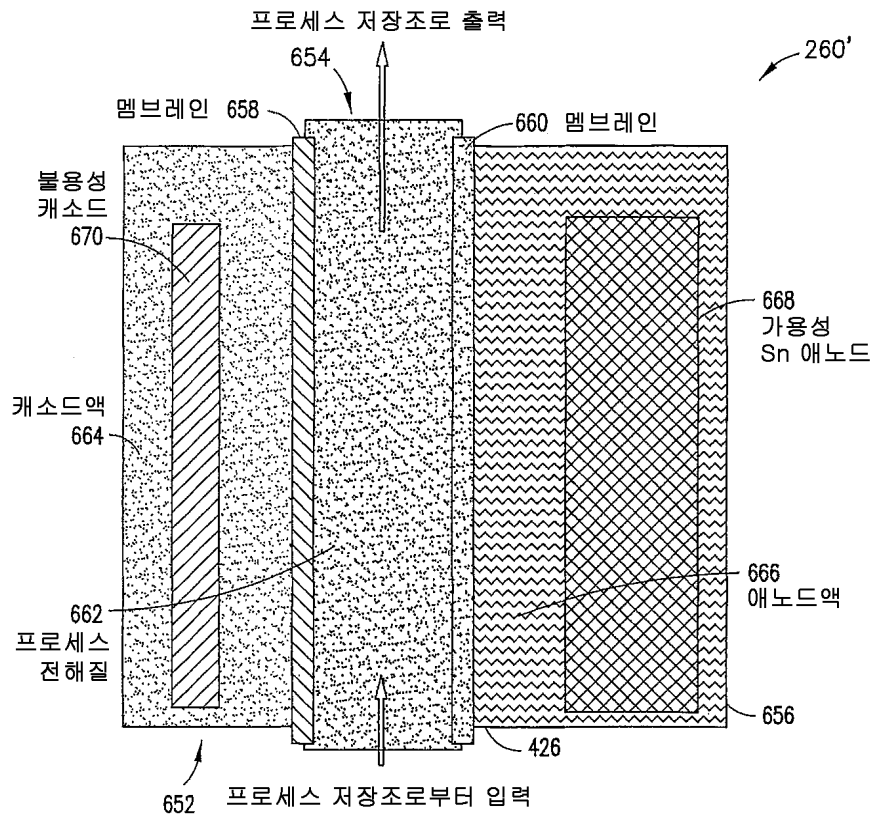
도면5a



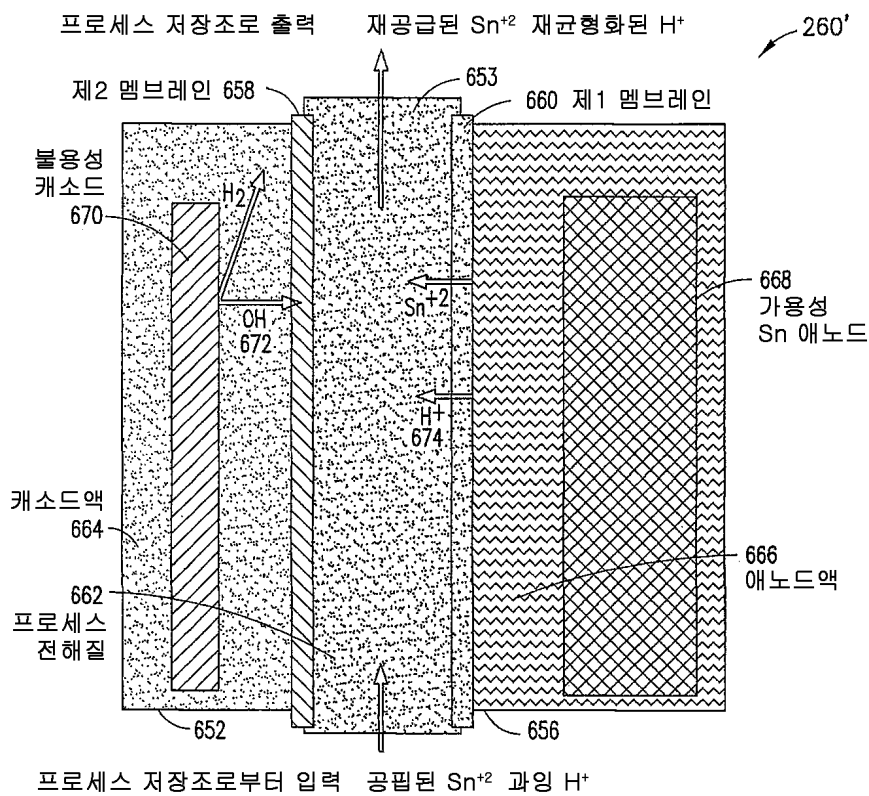
도면6



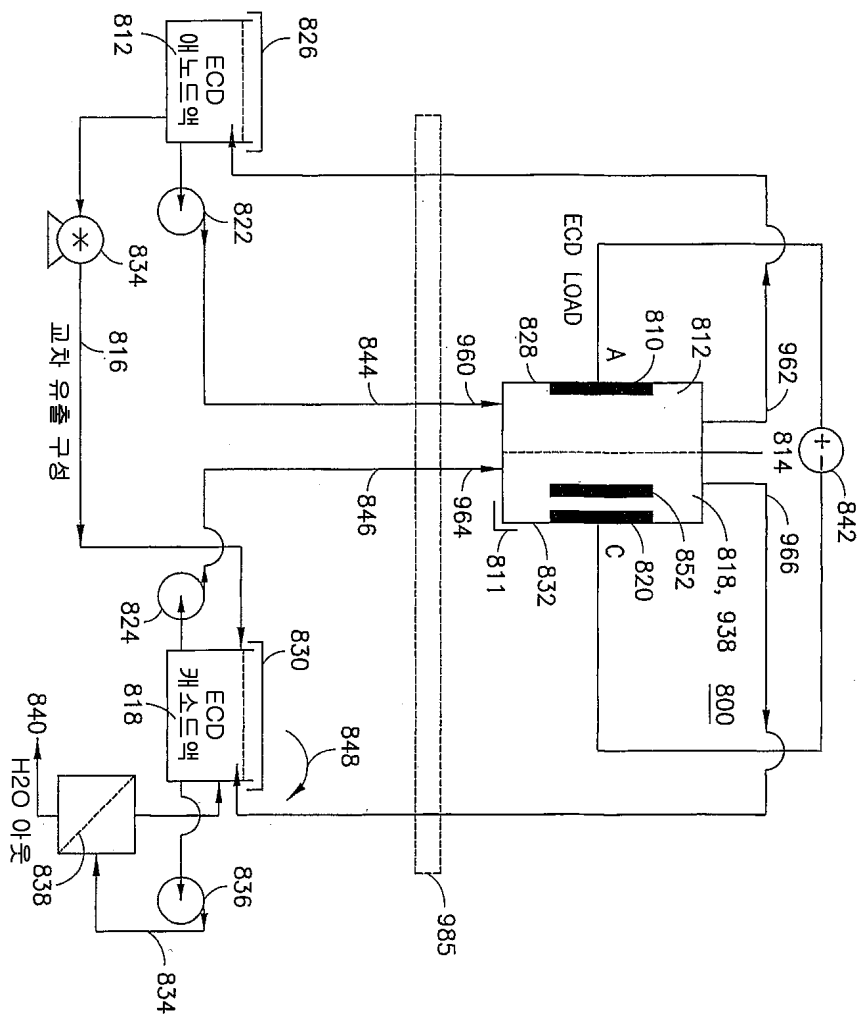
도면7



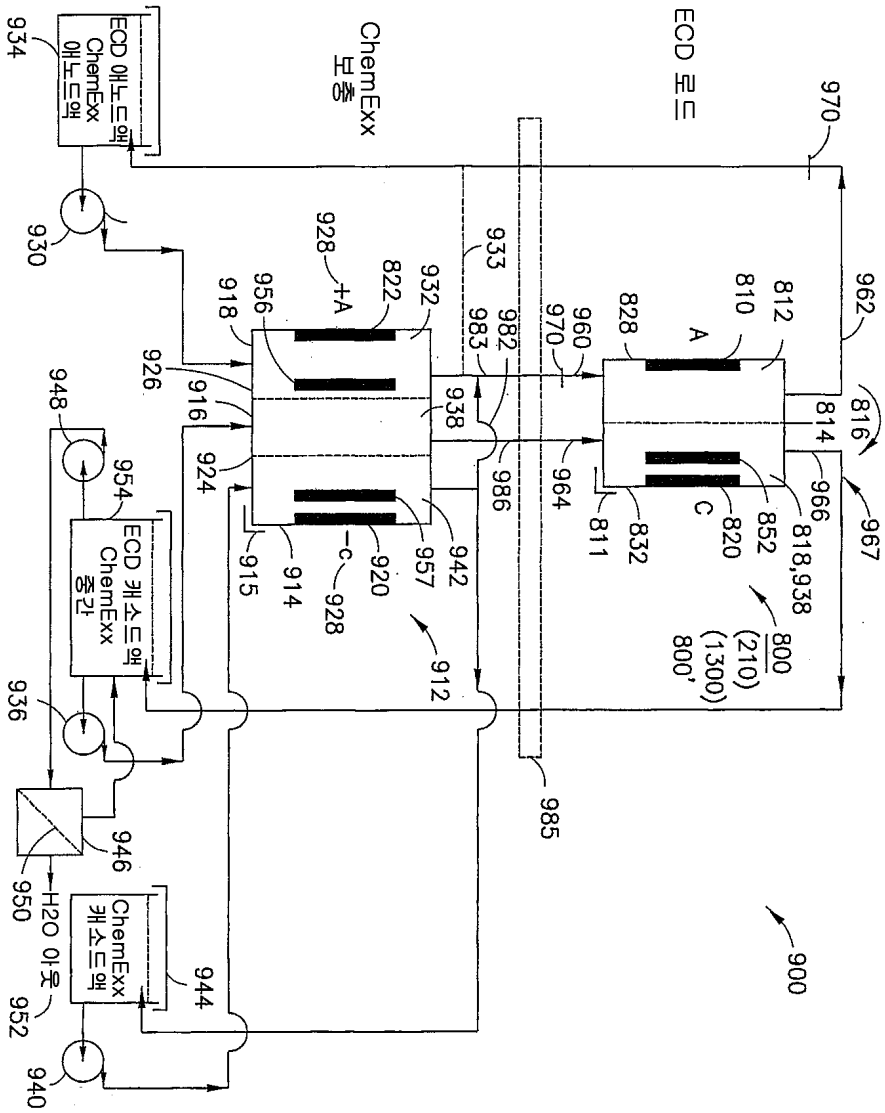
도면8



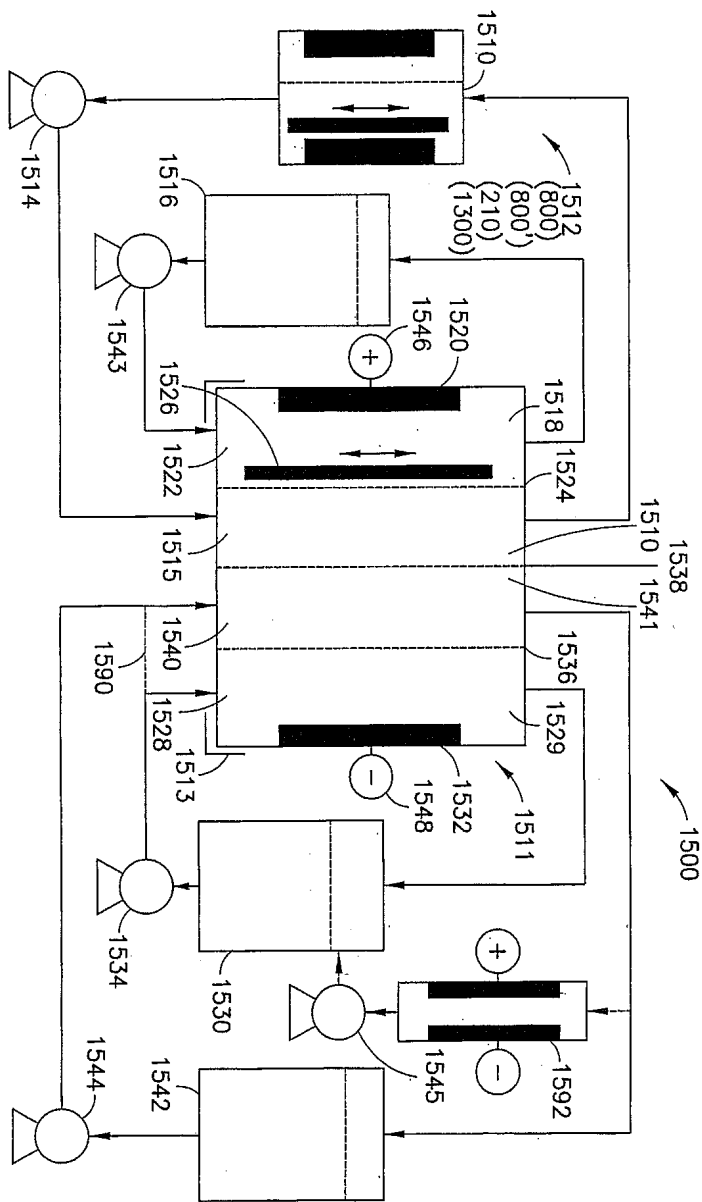
도면9



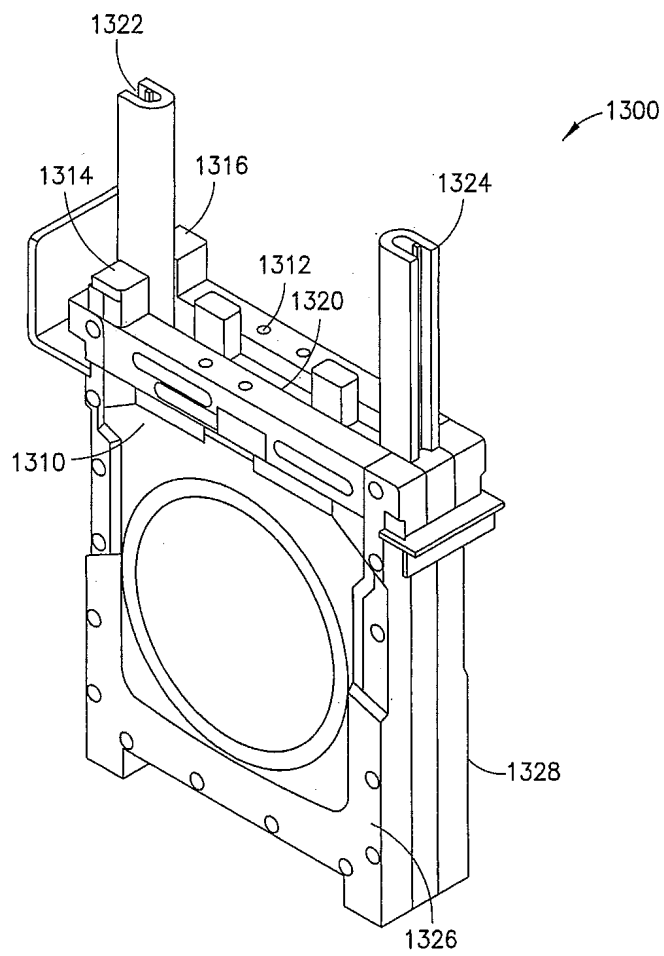
도면10



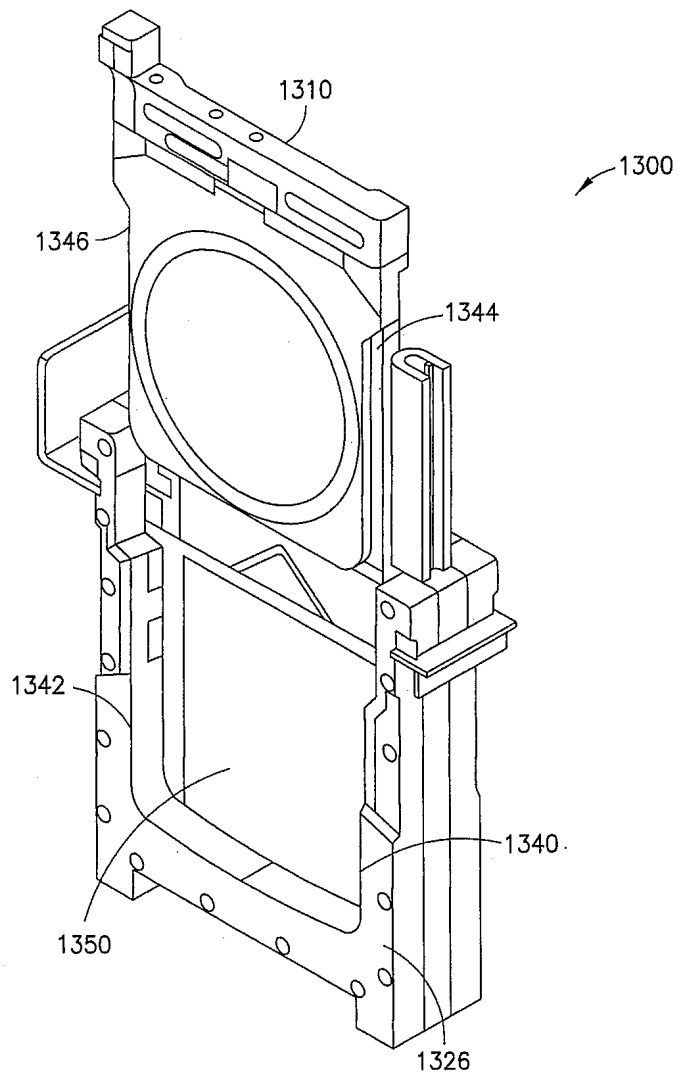
도면11



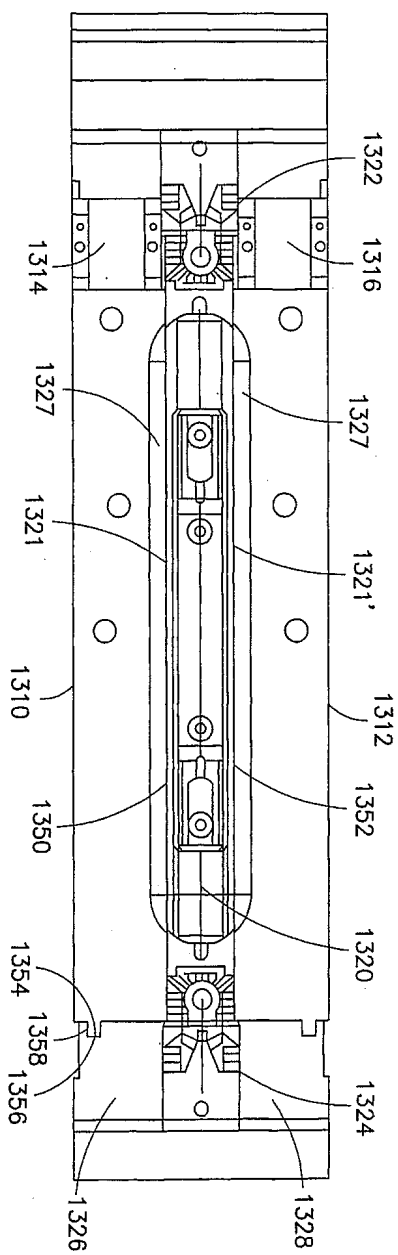
도면12



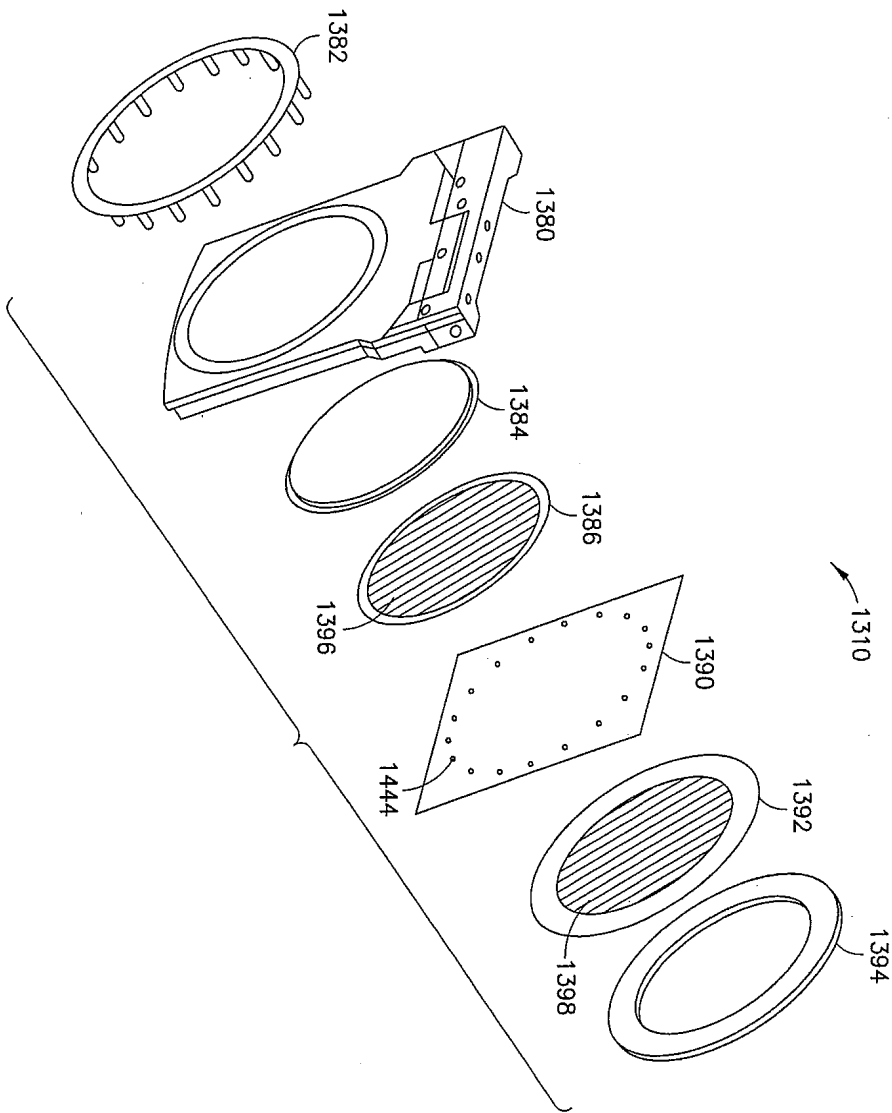
도면13



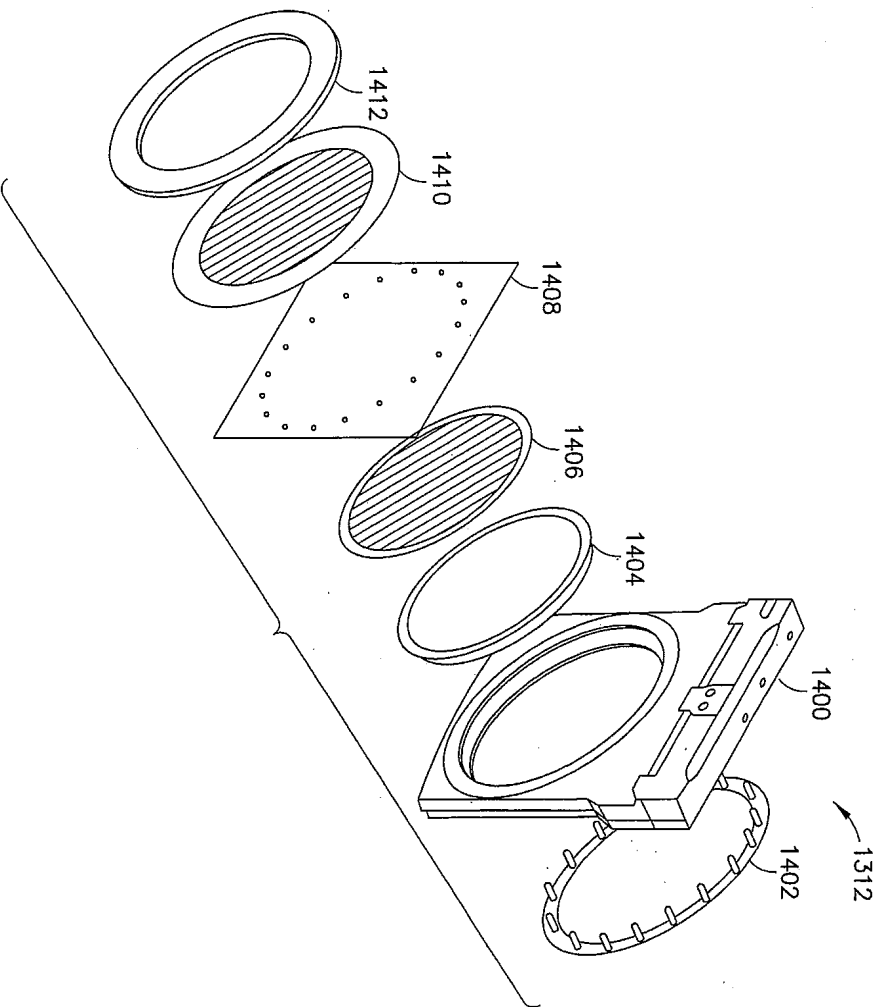
도면14



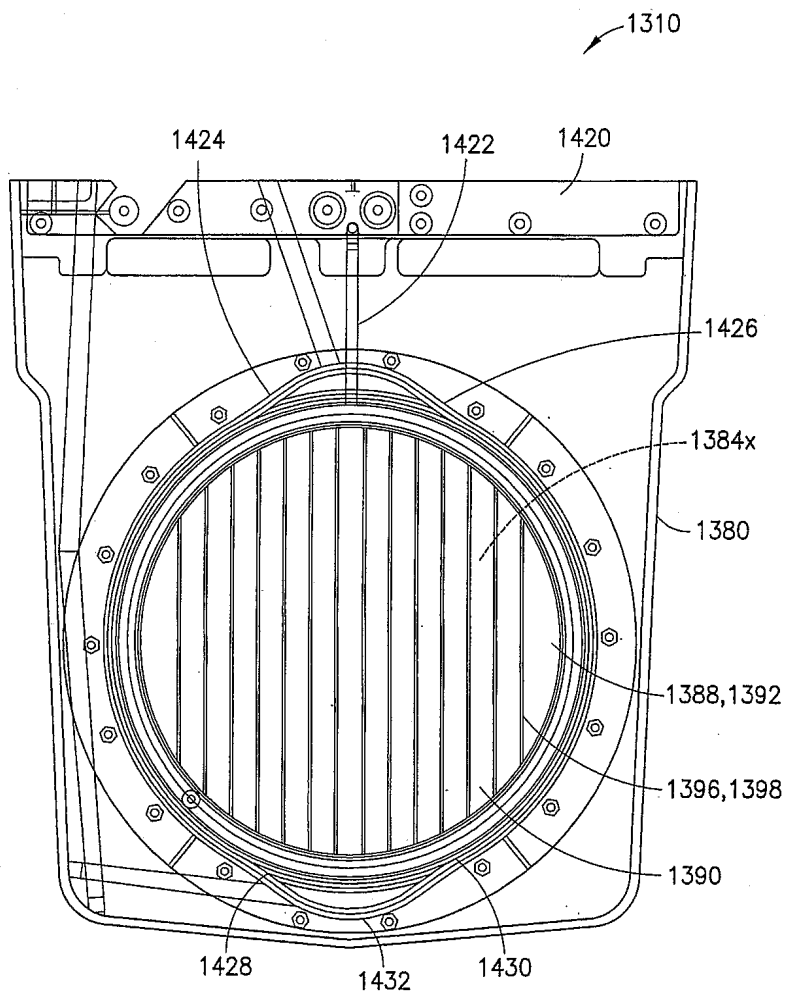
도면15



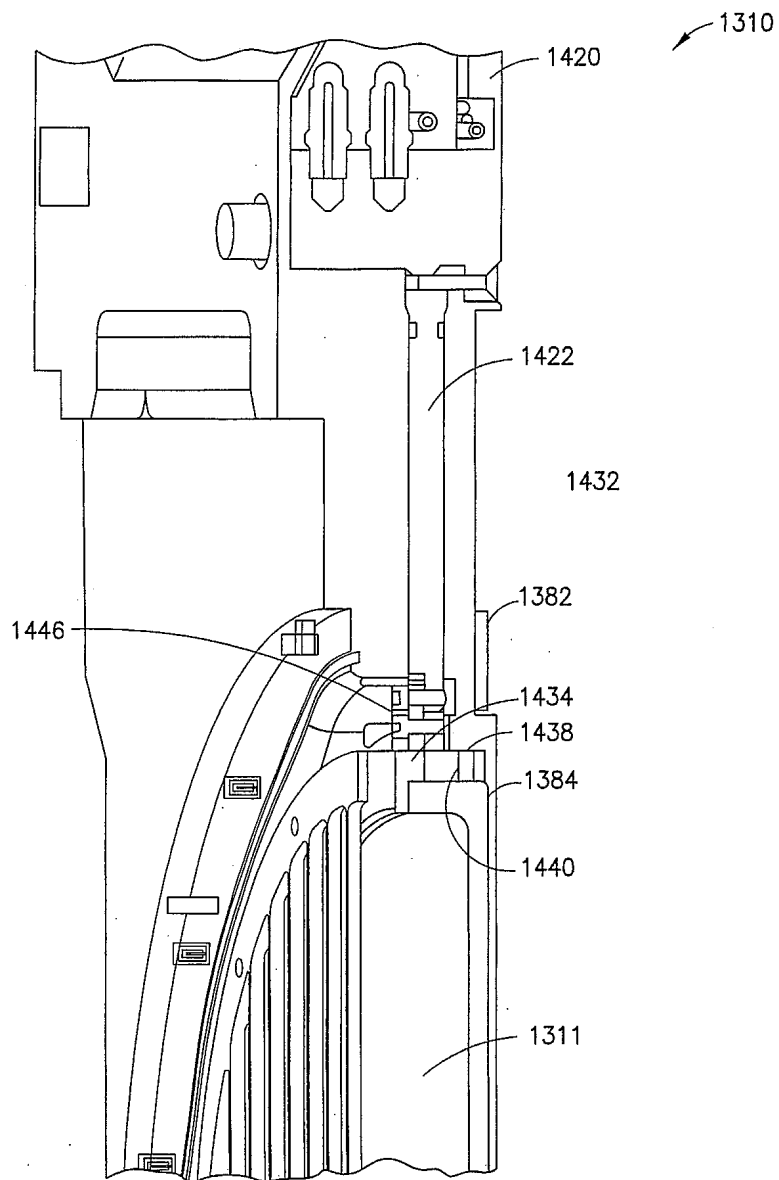
도면16



도면17



도면18



도면19

