



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년03월04일
(11) 등록번호 10-2371471
(24) 등록일자 2022년03월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01J 37/3211 (2013.01)
H01J 37/32357 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7006225
(22) 출원일자(국제) 2018년07월10일
심사청구일자 2020년03월03일
- (85) 번역문제출일자 2020년03월03일
(65) 공개번호 10-2020-0026321
(43) 공개일자 2020년03월10일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/041499
(87) 국제공개번호 WO 2019/074563
국제공개일자 2019년04월18일
- (30) 우선권주장
15/727,998 2017년10월09일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2012033960 A*
JP2016143616 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
- (73) 특허권자
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
- (72) 발명자
로저스, 제임스
미국 95032 캘리포니아 로스 가토스 랜스베리 코트 109
폴로스, 존
미국 94089 캘리포니아 서니베일 콘스텐츠 테라스 1061
- (74) 대리인
특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 20 항

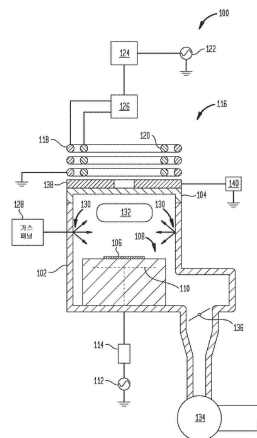
심사관 : 이종경

(54) 발명의 명칭 유도 결합 플라즈마 소스에 대한 개선들

(57) 요약

유도 결합 플라즈마 소스를 사용하여 기판을 프로세싱하기 위한 장치가 본원에서 개시된다. 유도 결합 플라즈마 소스는, 전력 소스, 차폐 부재, 및 전력 소스에 결합된 코일을 활용한다. 특정 실시예들에서, 코일들은 수평 나선형 그룹화 및 수직 연장 소용돌이형 그룹화로 배열된다. 특정 실시예들에 따르면, 차폐 부재는 패러데이 차폐 부로서 기능하기 위해 접지 부재를 활용한다. 본원의 실시예들은, 기판 프로세싱 시스템에서 유도 결합 플라즈마에 의해 생성되는 플라즈마에서의 기생 손실들 및 불안정성들을 감소시킨다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01J 37/32651 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

원격 필드 전력 생성기(remote field power generator);

상기 전력 생성기에 결합된 코일 - 상기 코일은 내측 코일 및 외측 코일을 포함함 -;

차폐 부재 - 상기 차폐 부재는 접지되고, 상기 차폐 부재의 중심 구역과 상기 차폐 부재의 외측 직경(outer diameter) 사이에 배치된 복수의 부재들을 포함함 -; 및

상기 차폐 부재 위에 매달린 내측 및 외측 스탠천(stanchion)들을 포함하고,

상기 내측 코일은 상기 내측 스탠천들에 의해 지지되고 상기 외측 코일은 상기 외측 스탠천들에 의해 지지되어 상기 코일이 상기 차폐 부재에 인접하게 배치되는,

기판을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 복수의 부재들은 상기 중심 구역으로부터 반경방향으로 연장되는 복수의 스포크(spoke)들 및 상기 스포크들 사이에 배치된 복수의 슬롯들을 포함하는,

기판을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 내측 코일은 수평-평면형 어레이먼트로 구성된 제1 세그먼트 및 감소되는 턴 직경(turn diameter)을 갖는 수직-소용돌이형 어레이먼트(vertical-helical arrangement)로 구성된 제2 세그먼트를 갖는,

기판을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 내측 코일은 수평-평면형 어레이먼트로 구성된 제1 세그먼트 및 수직-원통형 어레이먼트로 구성된 제2 세그먼트를 갖는,

기판을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 차폐 부재는 가열 엘리먼트를 더 포함하는,

기판을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 복수의 부재들은 상기 차폐 부재의 외측 직경으로부터 반경방향으로 내부쪽으로 연장되는 복수의 스포크들을 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 코일은 내측 코일 및 외측 코일을 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 내측 코일은 수평-평면형 어레인지먼트로 구성된 제1 세그먼트 및 감소되는 턴 직경을 갖는 수직-소용돌이형 어레인지먼트로 구성된 제2 세그먼트를 갖는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 9

제7 항에 있어서,

상기 내측 코일은 수평-평면형 어레인지먼트로 구성된 제1 세그먼트 및 수직-원통형 어레인지먼트로 구성된 제2 세그먼트를 갖는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 10

제6 항에 있어서,

상기 차폐 부재는 가열 엘리먼트를 더 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 11

제1 항에 있어서,

상기 복수의 부재들은, 중심 애퍼처 둘레에서 교번적인 시계방향-반시계방향 어레인지먼트로, 반경방향 부재로부터 부분적으로 연장되는 복수의 중첩된 반원형 아치형 부재(nested semicircular arcuate member)들을 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 코일은 내측 코일 및 외측 코일을 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 내측 코일은 수평-평면형 어레인지먼트로 구성된 제1 세그먼트 및 감소되는 턴 직경을 갖는 수직-소용돌이형 어레인지먼트로 구성된 제2 세그먼트를 갖는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 14

제12 항에 있어서,

상기 내측 코일은 수평-평면형 어레이먼트로 구성된 제1 세그먼트 및 수직-원통형 어레이먼트로 구성된 제2 세그먼트를 갖는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 15

제11 항에 있어서,

상기 차폐 부재는 가열 엘리먼트를 더 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 16

제2 항에 있어서,

최상부 플레이트를 더 포함하고,

상기 내측 및 외측 스탠션들은 상기 차폐 부재 위에서 상기 최상부 플레이트에 매달린,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 17

제1 항에 있어서,

하나 이상의 독립형 가이드(free standing guide)들을 더 포함하고,

상기 하나 이상의 독립형 가이드들 각각은 모든 다른 인접한 외측 스탠션 사이에 배치되고, 상기 하나 이상의 독립형 가이드들 각각은 제1 평면에서 상기 외측 코일을 지지하는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 18

제1 항에 있어서,

상기 차폐 부재는 상기 차폐 부재를 형성하기 위해 결합된 4개의 세그먼트들을 더 포함하고, 상기 4개의 세그먼트들은 각각 겹에 의해 서로 분리되는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 19

원격 필드 전력 생성기;

상기 원격 필드 전력 생성기에 결합된 하나 이상의 컨덕터들 — 상기 하나 이상의 컨덕터들 각각은 내측 코일, 외측 코일, 및 상기 하나 이상의 컨덕터들의 개별 내측 코일로부터 개별 외측 코일로 연장되는 분로(shunt)를 포함하고, 상기 내측 코일은 제1 평면에서 제1 동심 평면 어레이먼트로 구성된 제1 세그먼트를 포함하고, 상기 외측 코일은 상기 제1 평면에 배치되고 상기 제1 세그먼트로부터 방사상 외측으로 제2 동심 평면 어레이먼트로 구성됨 —; 및

차폐 부재를 포함하며,

상기 차폐 부재는 상기 차폐 부재의 중심 구역과 상기 차폐 부재의 외측 직경 사이에 배치된 복수의 부재들을 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

청구항 20

원격 필드 전력 생성기;

상기 원격 필드 전력 생성기에 결합된 하나 이상의 컨덕터들 — 상기 하나 이상의 컨덕터들 각각은 내측 코일, 외측 코일, 및 상기 하나 이상의 컨덕터들의 개별 내측 코일로부터 개별 외측 코일로 연장되는 분로를 포함하고, 상기 분로는 상기 개별 내측 코일을 상기 개별 외측 코일에 결합하도록 구성되고, 상기 외측 코일 및 상기 분로는 제1 평면에 배치되고, 제1 세트의 코일 부분들을 포함하는 상기 내측 코일의 제1 세그먼트는 제1 방향에서 수평-평면형 어레인지먼트로 구성되고, 적어도 2개의 동심 코일들을 포함하는 상기 제1 세그먼트는 상기 제1 평면에 배치됨 —;

차폐 부재 — 상기 차폐 부재는 상기 차폐 부재의 중심 구역과 상기 차폐 부재의 외측 직경 사이에 배치된 복수의 부재들을 포함함 —;

상기 차폐 부재에 결합된 하나 이상의 내측 스탠전들; 및

상기 차폐 부재에 결합된 하나 이상의 외측 스탠전들을 포함하는,

기관을 프로세싱하기 위한 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시내용의 실시예들은 일반적으로, 기관들을 프로세싱하기 위한 유도 결합 플라즈마 소스(inductively coupled plasma source)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유도 결합 플라즈마(ICP) 프로세스 챔버들은 마이크로전자공학 제조에서 일반적이다. 그러한 리액터에서, 가스 내의 가스 원자들로부터 전자들을 분리시키는 경향이 있는 전기장을 가스 내에서 사용하여, 이온들, 자유 전자들, 뉴트럴들 및 라디칼들로 이루어진 플라즈마를 생성함으로써, 리액터 내의 가스에서 플라즈마가 형성된다. 플라즈마를 형성하는 ICP 방법에서, 전기장은, 프로세싱 챔버의 외측에 배치된 하나 이상의 코일들을 통해 흐르는 A.C. 전류, 예컨대 R.F.에 의해 생성되어서, 인접한 챔버 가스 볼륨 내의 가스에서 전류를 유도한다. 전력 전달 효율, 즉, 플라즈마를 형성하기 위해 가스 내로 효과적으로 전달되는, 코일을 통과하는 전력의 양은 ICP 프로세스에서 중요한 요인이다. ICP 소스들은 일반적으로, 용량성으로뿐만 아니라 유도성으로 챔버 내의 가스에 결합되지만, 용량 결합은 덜 효율적으로 결합되며, 이러한 그리고 다른 이유들로 인해, 플라즈마가 개시되거나 또는 "점화된" 후에는 바람직하지 않다. 용량 결합은 저전력 세팅에서의 플라즈마의 점화 및 동작들을 가능하게 하며, 이는 저밀도 플라즈마(E-모드 플라즈마)를 생성한다. 일단 플라즈마가 확립되면, 유도 결합은 플라즈마를 더 높은 밀도(H-모드 플라즈마)로 전이시켜 용량 결합의 영향들을 최소화한다.

[0003] 위에서 설명된 바와 같은 ICP 소스들에 의해 직면되는 하나의 문제점은 E-모드 플라즈마이며, H-모드 플라즈마는 RF 매칭 네트워크가 튜닝해야 하는 상이한 로드 임피던스들을 갖는다. 유효 코일 회로 임피던스를 플라즈마 임피던스에 "매칭"시키기 위해, 전력 소스와 코일 사이에서 RF 매칭이 사용된다.

[0004] 시스템이 2개의 플라즈마 모드들 사이를 스위칭할 때, 플라즈마 불안정성들이 형성된다. 추가적으로, 임피던스의 낮은 진폭 발진들은, 특정 가스 케미스트리들 및 웨이퍼 유형들을 사용하여 불안정성들을 야기할 수 있다. 플라즈마 임피던스 변화들에 의해 전력 소스 및 코일 회로에 제시되는 임피던스의 갑작스러운 변화들은, 플라즈마로의 출력 전력이 변화하는 것을 야기한다. 결국, 플라즈마에 전달되는 전력의 변화로 인해 플라즈마 임피던스가 변화하며, 이는 포지티브 피드백 루프를 생성하여, 플라즈마-코일 및 전력 공급부 전력 결합 회로 내에서 불안정성들을 초래한다.

발명의 내용

[0005] 본 개시내용은 일반적으로, 기관을 프로세싱하기 위한 장치에 관한 것이다. 일 실시예에서, 장치는, 코일에 결합된 원격 필드 전력 생성기(remote field power generator), 및 차폐 부재를 포함한다. 차폐 부재는 중심으로부터 외부쪽으로 연장되는 복수의 반경방향 스포크(radial spoke)들, 및 스포크들 사이의 복수의 슬롯들을 포함한다. 코일은 내측 코일 및 외측 코일을 포함하도록 구성될 수 있으며, 내측 코일 및 외측 코일 각각은 실질적으로 수평 부분을 갖는다.

[0006] 추가의 실시예들에서, 장치는, 코일에 결합된 원격 필드 전력 생성기, 및 차폐 부재를 포함한다. 차폐

부재는, 반복되는 패턴으로 외측 직경(outer diameter)으로부터 내부쪽으로 연장되는 다양한 길이들의 복수의 반경방향 스포크들을 포함한다. 코일은 내측 코일 및 외측 코일을 포함하도록 구성될 수 있으며, 내측 코일 및 외측 코일 각각은 실질적으로 수평 부분을 갖는다.

[0007] 더 추가의 실시예들에서, 장치는, 코일에 결합된 원격 필드 전력 생성기, 및 차폐 부재를 포함한다. 차폐 부재는, 교번적인 시계방향-반시계방향 어레인지먼트로, 반경방향 부재들로부터 연장되는 복수의 반원형 아치형 부재(semicircular arcuate member)들을 포함한다. 코일은 내측 코일 및 외측 코일을 포함하도록 구성될 수 있으며, 내측 코일 및 외측 코일 각각은 실질적으로 수평 부분을 갖는다.

도면의 간단한 설명

[0008] 본 개시내용의 상기 열거된 특징들이 상세히 이해될 수 있는 방식으로, 앞서 간략히 요약된 본 개시내용의 보다 구체적인 설명이 실시예들을 참조로 하여 이루어질 수 있는데, 이러한 실시예들의 일부는 첨부된 도면들에 예시되어 있다. 그러나, 첨부된 도면들은 단지 예시적인 실시예들을 예시하는 것이므로 본 개시내용의 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 하며, 본 개시내용이 다른 균등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있다는 것이 주목되어야 한다.

[0009] 도 1은 종래기술의 ICP 시스템의 예시적인 단면의 개략적인 단면도이다.

[0010] 도 2는 일 실시예에 따른 유도 결합 소스의 개략적인 사시도이다.

[0011] 도 3은 도 2의 유도 결합 소스의 개략적인 단면도이다.

[0012] 도 4는 일 실시예의 코일 어레인지먼트의 단면도이다.

[0013] 도 5는 일 실시예의 코일 어레인지먼트의 단면도이다.

[0014] 도 6은 일 실시예의 차폐부의 평면도이다.

[0015] 도 7은 일 실시예의 차폐부의 평면도이다.

[0016] 도 8은 일 실시예의 차폐부의 평면도이다.

[0017] 도 9는 유도 결합 소스의 개략적인 회로도이다.

[0018] 이해를 촉진시키기 위해, 도면들에 대해 공통적인 동일한 엘리먼트들을 가리키기 위해 가능한 경우 동일한 도면부호들이 사용되었다. 일 실시예의 엘리먼트들 및 피처들이 추가의 언급없이 다른 실시예들에 유익하게 통합될 수 있음이 고려된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 본 개시내용은 일반적으로, 유도 결합 플라즈마 소스를 사용하여 기판을 프로세싱하기 위한 장치에 관한 것이다. 유도 결합 플라즈마 소스는, 전력 소스, 차폐 부재, 및 전력 소스에 결합된 코일을 활용한다. 특정 실시예들에서, 코일들은 수평 나선형 그룹화(horizontal spiral grouping) 및 수직 연장 소용돌이형 그룹화(vertical extending helical grouping)로 배열된다. 특정 실시예들에 따른 차폐 부재는 패러데이 차폐부(Faraday shield)로서 기능하기 위해 접지 부재를 활용한다. 본원의 실시예들은, 기관 프로세싱 시스템의 플라즈마에서의 기생 손실들 및 불안정성들을 감소시킨다.

[0010] 도 1은 예시적인 프로세스 챔버(100)의 개략적인 단면도이다. 실시예들은 기관을 프로세싱하기 위해 플라즈마를 활용하는 임의의 프로세스 시스템과 함께 실시될 수 있다는 것이 이해된다. 챔버(100)는 바디(102) 및 유전체 덮개(104)를 포함한다. 기관(106)은 바디(102) 내에서 기관 지지부(108) 상에 배치가능하다. 여기서, 기관 지지부는, 기관 지지부 내부에 배치되어 RF 매칭 네트워크(114)를 통해 전력 소스(112)에 결합된 전극(110)을 갖는다. 가스 소스(128)는 유입 포트들(130)을 통해 프로세스 챔버(100) 내로 프로세스 가스를 제공한다. 진공 펌프(134) 및 밸브(136)는 프로세싱 챔버(100) 내로의 그리고 프로세싱 챔버(100)로부터의 가스의 압력 및 외부쪽 유동을 제어한다.

[0011] 유도 결합 소스(116)는 덮개(104)에 인접하게 그리고 덮개(104) 위에 배치된다. 유도 결합 소스(116)는 RF 전력 소스(122)에 결합된 코일들(118, 120)을 포함한다. RF 전력 소스(122)는 RF 매칭 네트워크(124)에 추가로 결합된다. 코일들(118, 120)은, 개별적으로 전력을 공급받는 독립적인 코일들 또는 직렬 배열로 연결되는 종속적인 코일들일 수 있다. 유도 결합 소스(116)는 바디(102)의 프로세싱 구역 내에 원격 필드를

생성하며, 원격 필드는 내부에 도입된 프로세스 가스를 이온화하여, 내부에 플라즈마(132)를 형성한다. 플라즈마(132)의 형성 및 유지의 제어뿐만 아니라 플라즈마(132)에 노출되는 기관(106)의 면(face)에 걸친 플라즈마의 상대 강도를 증가시키기 위해 전력을 각각의 코일에 선택적으로 전달하기 위하여, 코일들(118, 120)과 RF 전력 소스(122) 사이에 공진 회로(126)가 배치된다.

[0012] [0022] 유도 결합 소스(116)와 덮개(104) 사이에 차폐부(138)가 배치된다. 저항성 가열 엘리먼트(도시되지 않음)가 차폐부(138) 내에 배치되어, 그것의 전력 소스(140)에 결합된다. 저항성 가열 엘리먼트는 차폐부(138) 및 덮개(104)의 온도를 제어하기 위해 열을 제공한다. 차폐부(138)는 유도 결합 소스(116)에 의해 생성된 RF 필드의 제어를 증가시키기 위해 패러데이 차폐부가 되도록 구성된다.

[0013] [0023] 도 2는 일 실시예에 따른 유도 결합 플라즈마 소스(200)의 개략적인 사시도이다. 도 2에서, 이해를 용이하게 하기 위해, 소스(200)는, 챔버 내에 플라즈마를 형성하는 데 사용될 때의 소스(200)의 배향으로부터 거꾸로 도시되어 있다. 도 1의 유도 결합 소스(116)와 유사할 수 있는 유도 결합 플라즈마 소스(200)는 최상부 플레이트(202)를 갖는다. 최상부 플레이트(202)는 금속, 이룰테면, 알루미늄으로 제조될 수 있다. 다른 재료들, 이룰테면, 석영, 또는 유전체 재료, 이룰테면, 유전체 세라믹이 또한 최상부 플레이트(202)의 재료로서 사용될 수 있다. 최상부 플레이트(202)는 최상부 플레이트(202)를 관통하는 복수의 벤트들(도시되지 않음)을 포함한다. 벤트들은, 유도 결합 플라즈마 소스(200)를 냉각시키기 위한 공기를 위한 유동 경로를 생성하기 위해, 팬 유닛(도시되지 않음)으로부터의 공기가 코일들을 지나 유동하고, 그런 다음 개구들을 통해 유동하는 것을 가능하게 하도록 구성될 수 있다. 최상부 플레이트(202)는 유도 결합 플라즈마 소스(200)의 컴포넌트들을 위한 장착 표면으로서 기능하며, 프로세스 챔버(100)의 덮개(104)로부터 이격된 비교적 고정된 위치선에서 코일들을 지지하기 위한 내측 및 외측 스탠천들(212, 214)을 포함한다.

[0014] [0024] 복수의 코일들(206)(여기서는 4개의 코일)은 내측 및 외측 스탠천들(212, 214)에 의해 최상부 플레이트(202)에 결합된다. 코일들(206) 각각은, 코일 분로 부분(211)(코일 분로 부분들(211a-d))에 의해 함께 연결된 내측 코일 부분(208)(내측 코일 부분들(208a-d)) 및 외측 코일 부분(210)(외측 코일 부분들(210a-d))을 포함한다. 내측 코일 부분들(208a-d)은 복수의(여기서는 4개의) 내측 스탠천들(212)에 의해 지지되고, 외측 코일 부분들(210a-d)은 복수의(여기서는 8개의) 외측 스탠천들(214)에 의해 지지된다. 본원의 각각의 내측 스탠천(212) 및 외측 스탠천(214)은 전기 절연체, 예컨대 폴리머, 이룰테면, Delrin®로 구성된다. 본원에서 추가로 설명되는 바와 같이, 스탠천들(212, 214)은 코일 부분들(206, 208)의 위치선을 최상부 플레이트(202)에 대해 지지 및 고정한다. 본원의 도 2의 구성에서, 각각의 내측 코일 부분(208a-d)이 모든 4개의 내측 스탠천들(212)에 의해 지지되지만, 각각의 외측 코일 부분(210a-d)은 8개의 외측 스탠천들(214) 중 7개의 외측 스탠천들(214)에 의해서만 지지되는데, 그러나 각각의 외측 스탠천이 적어도 3개의 그리고 일부 경우들에서는 4개의 외측 코일 부분(210a-d)을 지지한다는 것을 또한 주목한다. 4개의 독립형 가이드(free standing guide)들(216)이 또한 제공되며, 그 중 하나는, 일반적으로 원주방향 경로를 따라 놓인 모든 각각의 다른 인접한 외측 스탠천(214) 사이에 배치된다. 독립형 가이드들(216)은 상부 부재(218) 및 하부 부재(220)를 포함한다. 상부 부재(218) 및 하부 부재(220)는, 독립형 가이드(216)를 형성하기 위해 패스너, 이룰테면, 나사산형 패스너(threaded fastener)들(213)에 의해 함께 결합되지만, 부재들(218, 220)을 접합하기에 적절한 임의의 수단이 활용될 수 있다. 상부 부재(218)는, 최상부 플레이트(202)를 향해 면하는 일반적으로 빗 형상의 프로파일(comb shaped profile)을 갖고, 상부 부재(218)의 하부 표면 내부쪽으로 연장되는 4개의 리세스들(222a-d)을 포함하며, 각각의 리세스(222)는, 각각의 리세스(222) 내에 외측 코일 부분들(210a-d) 중 개별적인 외측 코일 부분(210a-d)을 수용한다. 리세스들(222a-d)은, 각각의 외측 코일 부분(210)의 반경방향 위치를 일반적으로 고정하기 위해 그리고 상이한 외측 코일 부분(210)을 서로 전기 절연시키기 위해 하부 부재와 협력한다. 추가적으로, 각각의 독립형 가이드(216)는, 코일 분로 부분(211)(코일 분로 부분들(211a-d))이 코일들(206) 각각의 내측 코일 부분(208)으로부터 외측 코일 부분(210)으로 연장되는 위치에서, 원주방향으로 2개의 외측 스테이션들(214) 사이에 위치셔닝된다. 그러므로, 독립형 가이드들(216)은, 외측 코일 부분들(210a-d)과 코일 분로 부분들(211a-d)이 만나는 위치를 수직으로 정렬하기 위해, 고정형 수직 지지부를 제공한다. 여기서, 독립형 가이드들(216)은 외측 스테이션들(214)의 원주방향 경로 둘레에 90° 이격되어 로케이팅되며, 여기서 코일 분로 부분들(211a-d) 각각은 그들의 개개의 내측 코일 부분들(208a-d)과 외측 코일 부분들(210a-d) 사이에서 연장된다. 특정 실시예들에서, 리세스들(222a-d)은 하부 부재(220)에 형성되거나 또는 상부 부재(218) 및 하부 부재(220) 둘 모두에 형성될 수 있다. 독립형 가이드들(216) 및 스탠천들(212, 214)은 비-전도성 재료, 이룰테면, 폴리머 또는 세라믹으로 구성된다.

[0015] [0025] 도 3은 도 2의 섹션 A-A를 따라 보여지는 유도 결합 플라즈마 소스(200)의 단면이며, A-A 평면 뒤의 코

일의 부분들 및 내측 및 외측 스텐천들(208, 210)은 설명의 편의성을 위해 도시되지 않았다. 최상부 플레이트(202)는 도면의 하단에 도시되어 있다. 외측 코일 부분들(210)은 외측 스텐천들(214)에 의해 지지된다. 내측 코일 부분들(208)은 내측 스텐천들(212)에 의해 지지된다. 임의의 수 및 구성의 코일들(206), 및 결과적인 내측 코일 부분들(208), 외측 코일 부분들(210), 및 코일 분로 부분들(211)이 활용될 수 있다는 것이 이해된다.

[0016] [0026] 키퍼(keeper)(312)는 나사산형 패스너들(213)에 의해 외측 스텐천들(214) 각각에 결합된다. 그러나, 스텐천(214)과 키퍼(312)를 결합시키는 임의의 수단, 이를테면, 브레이징 또는 본딩이 활용될 수 있다. 키퍼(312)는 외측 코일(210)의 와인딩들의 일부를 커버하도록 구성된 하나 이상의 리세스들(314)을 포함한다. 단일 외측 코일 부분(210)이 각각의 리세스(314)의 내부쪽으로 연장된다. 키퍼(312)는, 각각의 외측 코일 부분의 위치를 수직으로 고정하기 위해 그리고 상이한 외측 코일 부분들(210)을 서로 전기 절연시키기 위해 스텐천(214)과 협력한다. 추가의 실시예들에서, 리세스들(314)은 스텐천(214)에 형성되거나 또는 키퍼(312) 및 스텐천(214) 둘 모두에 형성될 수 있다. 키퍼들(312)은 비-전도성 재료, 이를테면, 비-전도성 폴리머 또는 비-전도성 세라믹을 포함한다.

[0017] [0027] 키퍼(316)는 마찬가지로 나사산형 패스너들(213)(투영으로 표시됨)에 의해 각각의 내측 스텐천(212)에 결합된다. 그러나, 키퍼(316)를 스텐천(212)에 결합시키는 임의의 수단이 활용될 수 있다. 리세스들(318)이 키퍼(316) 내에 형성되고, 리세스들(318) 내에 내측 코일 부분들(208a-d) 중 각각의 내측 코일 부분(208a-d)의 진행을 하나씩 수용하도록 구성된다. 키퍼(316)는, 내측 코일 부분들(208a-d)을 수직으로 고정하기 위해 그리고 내측 코일 부분들(208a-d)을 서로 전기 절연시키기 위해 스텐천(212)과 협력한다. 특정 실시예들에서, 키퍼(316)는 하나보다 많은 부재, 이를테면, 수평 부재 및 수직 부재를 포함할 수 있다. 더 추가의 실시예들에서, 리세스들(318)은 스텐천(212)에 형성되거나 또는 스텐천(212) 및 키퍼(316) 둘 모두에 형성될 수 있다.

[0018] [0028] 링들(320, 322)이 내측 스텐천들(212) 및 외측 스텐천들(214)에 각각 결합된다. 내측 링(320)은, 내측 링(320)의 외측 직경이 각각의 내측 스테이션(212)의 측면에 인접하여서, 원주의 직경 — 그 원주 주위에 내측 스텐천들(212)이 로케이팅됨 — 을 세팅하는 것을 돕도록, 내측 스테이션들(212)에 연결된다. 외측 링(322)은 패스너들, 이를테면, 나사산형 패스너들(326)에 의해 외측 스테이션들(214)에 연결되어, 볼트 서클을 따라 놓이고, 그에 따라, 외측 링(322)에 대한 외측 스테이션들(214)의 연결은 원주의 직경 — 그 원주 주위에 외측 스텐천들(214)이 로케이팅됨 — 을 세팅하는 것을 돕는다. 내측 링(320) 및 외측 링(322)은 폴리머, 이를테면, Delrin®, 또는 다른 절연 재료들, 또는 이들의 조합으로 구성될 수 있다. 환형 링들을 형성하기에 적절한 임의의 재료가 활용될 수 있다. 내측 링(320) 및 외측 링(322)은 내측 링(320) 및 외측 링(322)에 결합된 스텐천들(212, 214)을 떠받치는(brace) 것을 돕는다. 링들(320, 322)은, 임의의 적절한 수단, 이를테면, 볼팅, 브레이징, 또는 본딩에 의해 스텐천들(212, 214)에 결합된다.

[0019] [0029] 도 4는 일 실시예에 따른 유도 결합 소스의 코일 어레이먼트의 개략적 표현이다. 도 2의 코일(206)과 같은 코일(400)은 내측 코일 부분들(402) 및 외측 코일 부분들(404)을 포함한다. 외측 코일 부분들(404)은 실질적으로 수평 평면을 따라 동심 나선형 와인딩들로서 구성된다. 내측 코일 부분들(402)은 2개의 평면들에 함께 구성된다. 내측 코일 부분들(402) 중 각각의 내측 코일 부분(402)의 제1 부분은 실질적으로 수평 평면에서, 중첩된 나선형으로서 연장된다. 내측 코일 부분들(402) 중 각각의 내측 코일 부분(402)의 제2 부분은, 실질적으로 수직 원통형 평면(substantially right cylindrical plane)을 따라 제1 부분들로부터 최상부 플레이트(202) 방향으로 중첩 방식으로 와인딩되도록 구성된다. 도 4에서, 외측 코일(404)은 4개의 외측 코일 부분들을 포함한다. 내측 코일(402)은 4개의 내측 코일 부분들을 포함한다. 따라서, 다른 수들의 와인딩된 코일 부분들이 활용될 수 있다는 것이 이해된다. 코일 와인딩들(부분들)의 그룹화들은, 내측 및 외측 부분들 둘 모두를 단일 길이의 컨덕터로서 포함하는 복수의 단일의 연속적 와인딩일 수 있다는 것이 추가로 이해된다. 특정 실시예들에서, 내측 코일 부분들(402) 및 외측 코일 부분들(404)은 동일한 또는 상이한 RF 전력 발생기들, 이를테면, 도 1의 전력 소스(122)에 결합될 수 있다. 마찬가지로, 내측 및 외측 코일 부분들(402, 404)의 접합점(juncture)에서, 조정가능 커패시터와 같은 커패시터가 제공될 수 있으며, 내측 및 외측 코일 부분들은 그 커패시터에 병렬로 연결된다.

[0020] [0030] 도 5는 일 실시예에 따른 유도 결합 소스의 추가의 개략적인 대표적인 코일 어레이먼트이다. 이러한 코일(500)은 내측 코일 부분들(504) 및 외측 코일 부분들(502)을 포함한다. 외측 코일 부분들(502)은 실질적으로 수평 평면에서, 중첩된 동심 나선형 와인딩들로서 구성된다. 내측 코일 부분들(504)은 2개의 상이한 기하학적 레이아웃들을 따라 구성된다. 내측 코일 부분들(504)의 제1 부분은 실질적으로 수평 평면을 따라 나선형으로 중첩된다. 내측 코일 부분들(504)의 제2 부분은 축 중심 주위의 가상의 절두원추형 표면을 따라 최상부 플레이트(202)의 방향으로 연장된다. 내측 코일 부분들(504)의 제2 부분들의 턴 반경(turn radius)(R)은, 축 중

심을 따르는 거리(D)가 내측 코일 부분들(504)의 수평 제1 부분들로부터 멀어질수록 감소된다. 따라서, 내측 코일 부분들(504)의 원뿔대가 내측 코일(504)의 중심에 형성된다.

[0021] [0031] 따라서, 다른 수들의 와인딩된 코일 부분들이 활용될 수 있다는 것이 이해된다. 코일 와인딩들(부분들)의 그룹화들은, 내측 및 외측 부분들 둘 모두를 단일 길이의 컨덕터로서 포함하는 복수의 단일의 연속적 와인딩일 수 있다는 것이 추가로 이해된다. 특정 실시예들에서, 내측 코일 부분들(504) 및 외측 코일 부분들(502)은 동일한 또는 상이한 RF 전력 발생기들, 이를테면, 도 1의 전력 소스(122)에 결합될 수 있다. 마찬가지로, 내측 및 외측 코일 부분들(504, 502)의 접합점에서, 조정가능 커패시터와 같은 커패시터가 제공될 수 있으며, 내측 및 외측 코일 부분들은 그 커패시터에 병렬로 연결된다.

[0022] [0032] 도 4 및 도 5의 실시예들은 프로세싱 챔버 덮개, 이를테면, 도 1의 덮개(104)에 인접하게 배치될 수 있다. 그러한 구성에서, 덮개 또는 덮개 상에 배치된 차폐부와 사이의 에어갭이 최소화되어서, 프로세싱 챔버 내에서의 유도 결합 소스와 플라즈마 사이의 유도 결합을 증가시킨다. 도 4 및 도 5의 실시예들의 수평 코일들은 플럭스 영역을 증가시키며, 그 플럭스 영역을 통해 전력이 코일로부터 플라즈마로 전달된다. 플럭스 영역의 증가는, 더 큰 전력 분배로 인해 프로세싱 볼륨 내에서 플라즈마의 증가된 균일성을 제공하며, 유도 결합을 증가시킨다. 유도 결합 소스와 플라즈마 사이의 유도 결합을 증가시킴으로써, RF 매칭 네트워크에 대한 임피던스의 변동들을 감소시키는 것에 의해, 기생 전력 손실들이 감소되고 플라즈마 균일성이 추가로 증가된다.

[0023] [0033] 도 6-도 8은 특정 실시예들에 따른 다양한 차폐부들의 평면도들이다. 도 1의 차폐부(138)와 같은 차폐부는 유도 결합 소스와 프로세싱 챔버 사이에 배치된다. 차폐부는 프로세싱 챔버 내의 플라즈마를 수정하기 위해 RF 필드에 영향을 미친다. 차폐부는 일반적으로, 금속성 재료, 이를테면, 알루미늄으로 제조된다. 특정 실시예들에서, 차폐부는 전기 접지되어 패러데이 차폐부를 형성할 수 있다. 차폐부는 전력 소스에 결합된 가열 엘리먼트들을 포함할 수 있고, 이로써, 동시에 덮개 히터로서 기능할 수 있다. 가열 엘리먼트들은 프로세싱 챔버의 덮개 및 차폐부의 온도를 제어하는 데 사용될 수 있다. 차폐부는, 차폐부를 형성하기 위해 전기적으로 연결되는 세그먼트들, 이를테면, 4개 이상의 세그먼트들을 포함할 수 있다. 차폐부의 구성, 이를테면, 차폐부를 관통하는 갭들 또는 슬롯들의 크기 및 폭, 차폐부 두께, 또는 세그먼트들의 수는, RF에 대한 영향의 원하는 레벨에 기반하여 조정될 수 있다.

[0024] [0034] 도 6은 일 실시예의 차폐부의 평면도이다. 차폐부(600)는 4개의 동일한 세그먼트들(602a, 602b, 602c, 602d)로 형성된 원반 형상 바디를 포함한다. 차폐부(600)의 중심에 애퍼처(604)가 형성된다. 인접한 차폐부 세그먼트들(602a-d)의 계면들에 갭들(606)이 형성되고, 애퍼처(604)로부터 차폐부(600)의 폭을 가로질러 반경방향으로 연장된다. 스포크 형상 슬롯들(608)은 애퍼처(604)로부터 부분적으로 차폐부(600)의 폭을 가로질러 반경방향으로 외부쪽으로 연장된다. 슬롯들(610)은 세그먼트들(602a-d)을 통해 연장되고, 인접한 스포크 형상 슬롯들(608)과 스포크 형상 슬롯들(608)과 인접한 갭(606) 사이에 배치된다. 슬롯들(610)은, 스포크 형상 슬롯들(608) 및 갭들(606)에 의해 형성되는 세브론 형상 섹션(chevron shaped section)들, 즉, 차폐부 세그먼트들(602a-d) 내의 반경 방향에서의 히브 대향 단부(heave opposed end)들 내에 포함된다.

[0025] [0035] 도 7은 일 실시예의 차폐부의 평면도이다. 차폐부(700)는, 차폐부(700)의 외측 원주를 정의하는 일반적으로 편평한 원형 바디(702)를 포함한다. 다양한 길이들의 복수의 스포크들(704a, 704b, 704c, 704d)은, 제 1, 제 2, 제 3, 및 제 4 길이들의 반복 패턴으로, 차폐부(700)의 바디(702)의 외측 원주로부터 반경방향으로 내부쪽으로 연장된다. 스포크들(704a)은 외측 원주로부터 차폐부(700)의 중심을 향해 측정된 제 1 길이를 갖는다. 스포크들(704b)은, 스포크들(704a)의 길이보다 더 작은, 외측 원주로부터 중심을 향해 측정된 길이를 갖는다. 스포크들(704c)은, 스포크들(704b)의 길이보다 더 작은, 외측 원주로부터 차폐부 바디(702)의 중심을 향해 측정된 길이를 갖는다. 스포크들(704d)은, 스포크들(704c)의 길이보다 더 작은, 차폐부 바디(702)의 외측 원주로부터 중심을 향해 측정된 길이를 갖는다.

[0026] [0036] 도 8은 다른 일 실시예의 차폐부의 평면도이다. 차폐부(800)는 반경방향 부재들(804) 및 반원주형 아치형 부재(semi-circumferential arcuate member)들(802a, 802b)을 포함한다. 반경방향 부재들(804)은 차폐부(600)의 중심(806)으로부터 반경방향으로 연장된다. 아치형 부재들(802a)은 다양한 곡률 반경들로 반경방향 부재들(804)로부터 시계 방향으로 연장된다. 아치형 부재들(802b)은, 반경방향 부재들(804)로부터 다양한 곡률 반경들로 반경방향 부재들(804)로부터 반시계 방향으로 연장된다. 아치형 부재들(802a, 802b)은, 중심(806)으로부터 외부쪽으로 교번하는 방식으로 인터위빙(interweave)되거나 또는 중첩되도록 구성된다.

[0027] [0037] 도 9는 도 1의 매칭 네트워크(124) 및 유도 결합 소스(116)와 같은 예시적인 매칭 네트워크 및 소스 회로의 회로도이다. 도 9에서, 전력 소스(112)는 매칭 회로(114)에 결합된다. 매칭 회로(114)는 노드(920)에서

결합되는 2개의 레그(leg)들에서 가변 커패시터(902) 및 가변 커패시터(904)를 포함한다. 커패시터(904)를 포함하는 레그는 소스 회로(900)에 결합된다. 소스 회로(900)는, 도 2 및 도 3의 210a-d 중 하나와 같은 외측 코일 부분일 수 있는 제1 인덕터(910), 및 제2 인덕터(912)를 포함한다. 제2 인덕터(912)는 가변 커패시터(914)에 직렬로 결합된다. 제1 인덕터(910)와 제2 인덕터(912) 사이의 회로에 고정 커패시터(918)가 결합된다. 인덕터(912)는 도 2 및 도 3의 208a-d 중 하나와 같은 내측 코일 부분일 수 있다. 인덕터들(910, 912)은, 전력을 챔버 덮개(104)를 통해 프로세스 챔버(928)에 유도성으로 결합시키고, 프로세스 챔버(928) 내에 배치된 플라즈마와 전자기적으로 통신한다. 플라즈마는, 제1 인덕터(910)에 결합되는 제1 인덕턴스(922), 제2 인덕터(912)에 결합되는 제2 인덕턴스(926), 및 저항(924)을 갖는다.

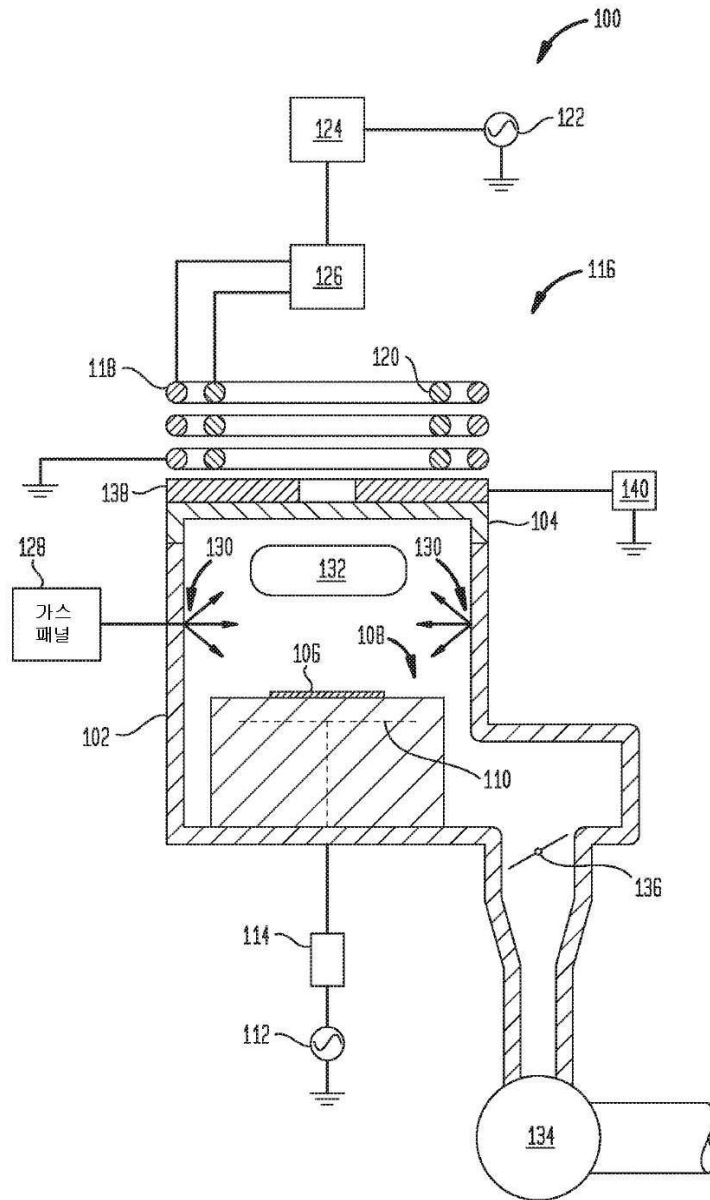
[0028] [0038] 도 9의 회로는, 소스와 로드 사이의 전력 전달을 최대화하기 위해, 소스 전력 임피던스를 로드의 임피던스와 "매칭"시키는 기능을 한다. 또한, 가변 커패시터들(902, 904, 및 914)을 활용함으로써, 전력은 내측 코일 세그먼트(인덕터(912)) 및 외측 코일 세그먼트(인덕터(910))에 대해 개별적으로 제어될 수 있다. 개별 코일 세그먼트들에 대한 전력의 제어는 프로세스 챔버 내에 형성되는 플라즈마의 균일성을 증가시킨다. 특정 실시예들에서, 내측 코일 및 외측 코일에 대한 전력은 동위상(in-phase)일 수 있다. 다른 실시예들에서, 내측 코일 및 외측 코일에 대한 전력은 이위상(out-of-phase)일 수 있다. 도 9의 회로는 위에서 설명된 실시예들로 실시될 수 있다. 도 9의 회로는, 인덕터들에 대한 전력의 증가된 제어가 유리한, 임의의 코일 소스로 실시될 수 있다는 것이 추가로 이해된다.

[0029] [0039] 본원에서 설명되는 실시예들은 유리하게, 플라즈마 프로세싱 시스템에서 더 균일한 플라즈마 필드를 생성한다. 유도 결합을 증가시키고 용량 결합을 감소시키는 것은, 매칭 네트워크에 의해 매칭되는 임피던스의 변동을 줄이며, 이는 결국, 플라즈마에 전달되는 전력의 변동을 감소시킨다. 또한, 시스템에 대한 기생 손실들을 감소시킴으로써, 전력 전달 효율이 증가된다.

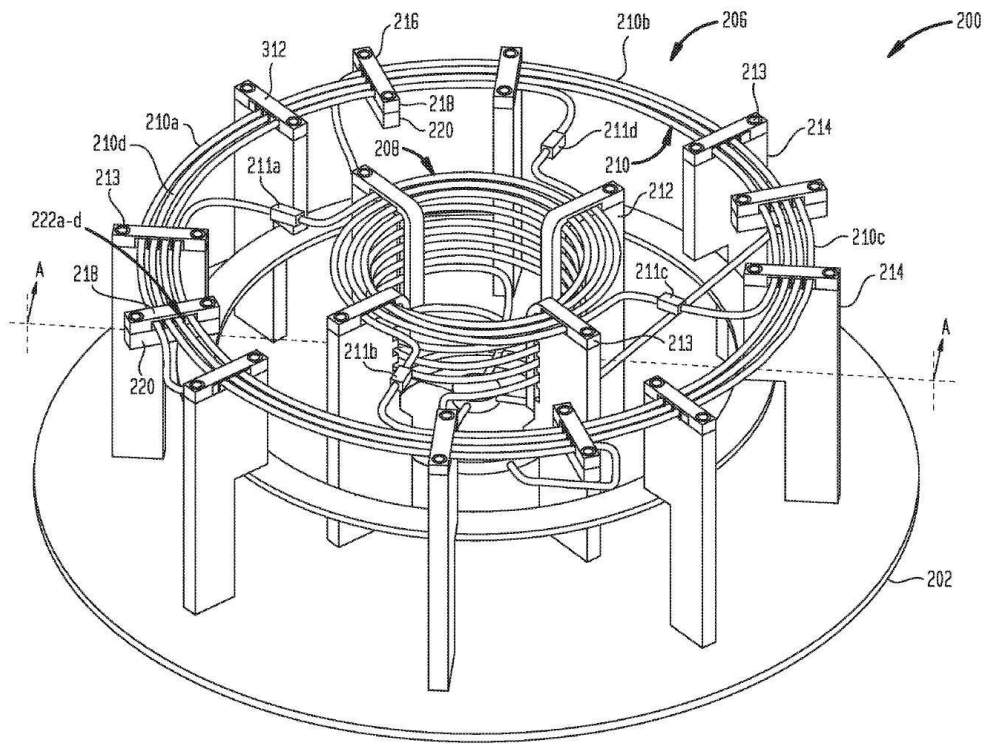
[0030] [0040] 전술한 바가 본 개시내용의 실시예들에 관한 것이지만, 본 개시내용의 다른 그리고 추가적인 실시예들이, 본 개시내용의 기본적인 범위를 벗어나지 않으면서 구상될 수 있고, 본 개시내용의 범위는 다음의 청구항들에 의해 결정된다.

도면

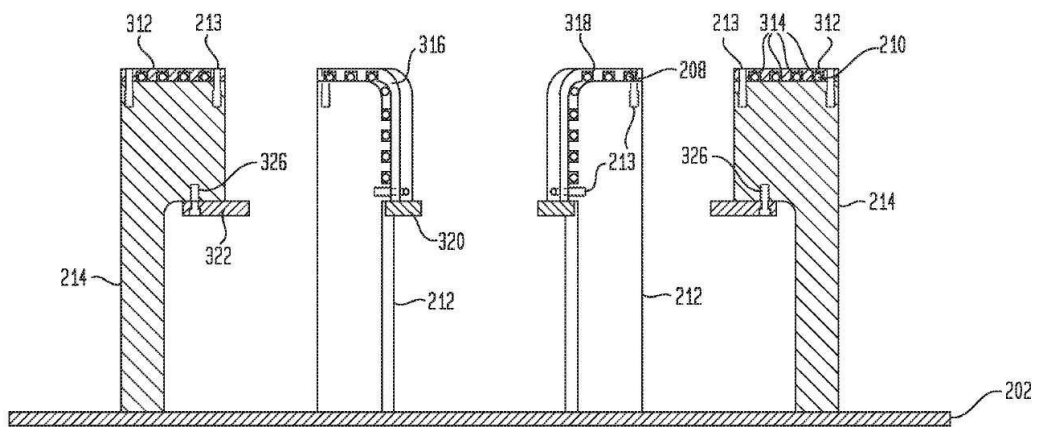
도면1



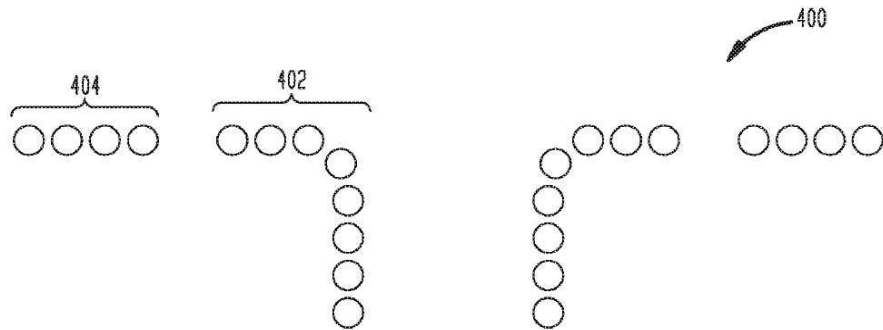
도면2



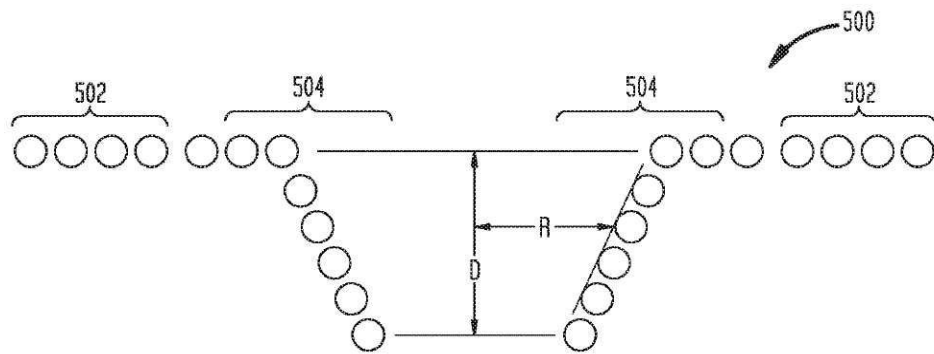
도면3



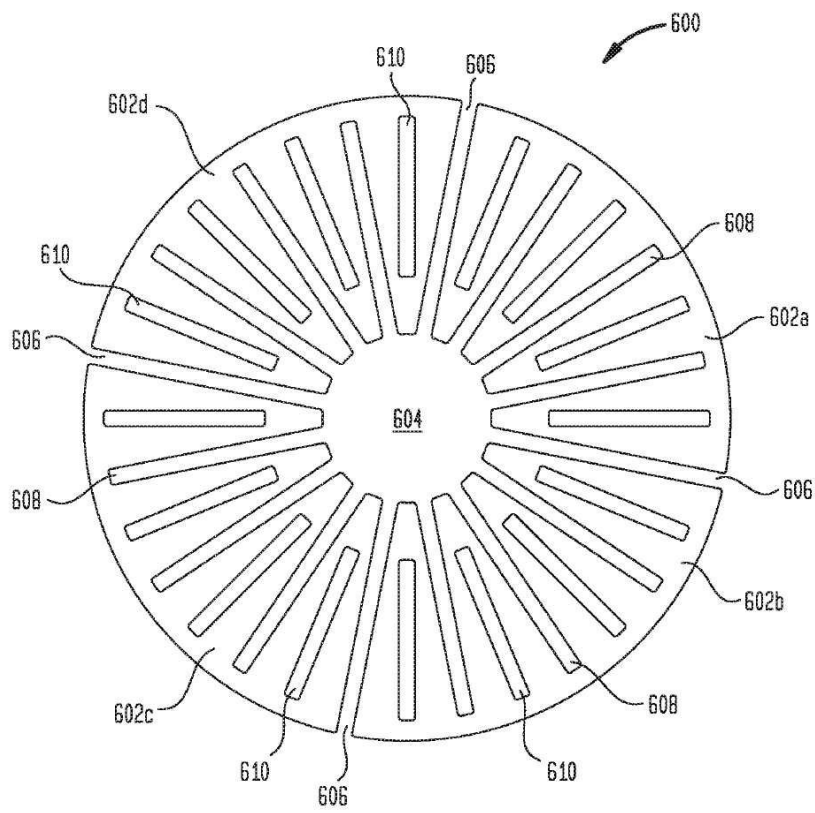
도면4



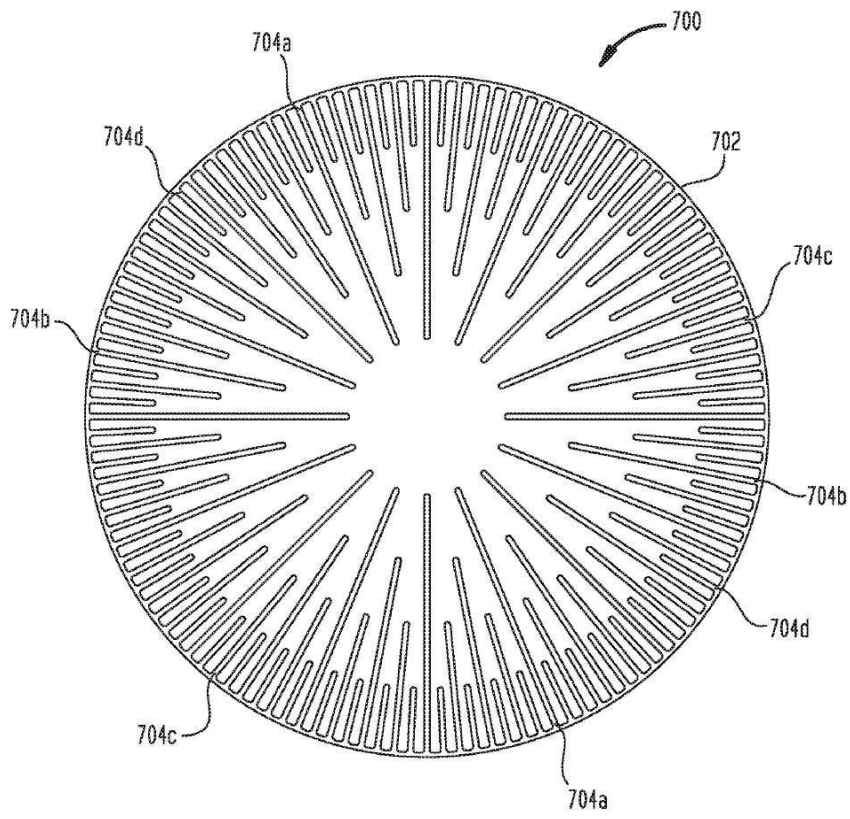
도면5



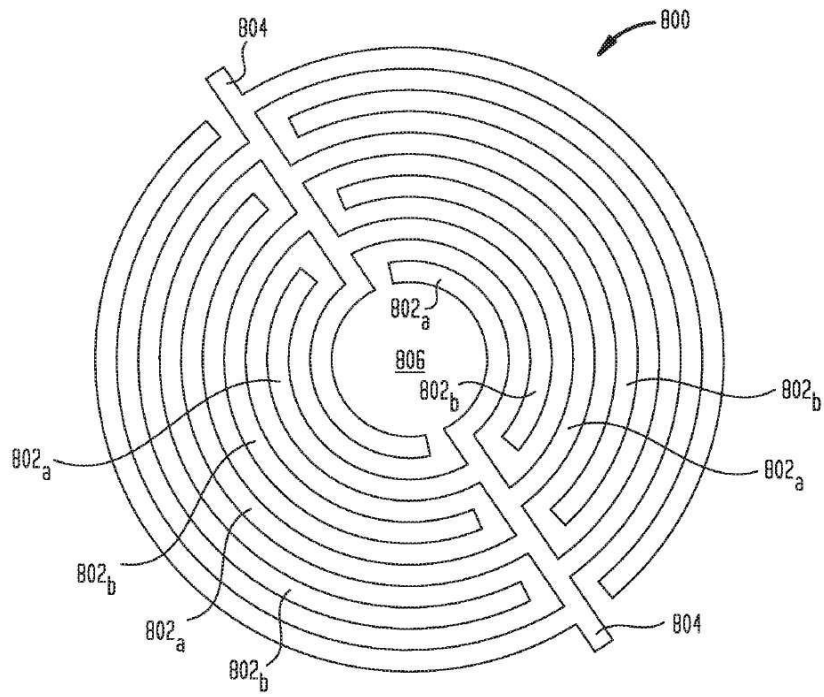
도면6



도면7



도면8



도면9

