



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0016917  
(43) 공개일자 2016년02월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01J 37/32 (2006.01) C23C 16/505 (2006.01)  
C23C 16/54 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
- (52) CPC특허분류(Coo. Cl.)  
H01J 37/3211 (2013.01)  
C23C 16/505 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7036828  
(22) 출원일자(국제) 2014년04월15일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2015년12월28일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/034144  
(87) 국제공개번호 WO 2014/193553  
국제공개일자 2014년12월04일
- (30) 우선권주장  
61/829,476 2013년05월31일 미국(US)
- (71) 출원인  
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드  
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애  
브뉴 3050
- (72) 발명자  
화이트, 존 엠.  
미국 94542 캘리포니아 헤이워드 헤이워드 블러바  
드 28530  
쿠델라, 조제프  
미국 95134 캘리포니아 새너제이 알리칸테 드라이  
브 180 #432
- (74) 대리인  
특허법인 남앤드남

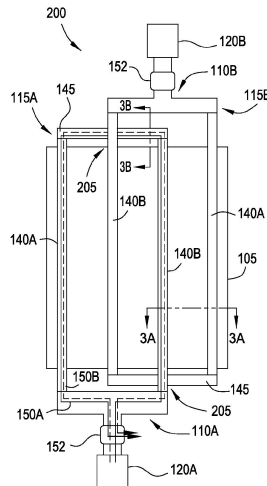
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 플라즈마 프로세싱 시스템들을 위한 안테나 어레이 구성들

(57) 요약

본 개시내용은 일반적으로, 증착 시스템에 관한 것이며, 그 증착 시스템은, 제 1 전용 무선 주파수 생성기에 커플링된 제 1 페루프 안테나 어레이를 포함하는 제 1 전자기파 애플리케이션, 및 제 2 페루프 안테나 어레이를 포함하는 제 2 전자기파 애플리케이션 — 제 2 페루프 안테나 어레이는 제 2 전용 무선 주파수 생성기에 커플링되고, 제 1 페루프 안테나 어레이 근처에 배치된 — 를 포함하고, 여기에서, 제 1 페루프 안테나 어레이 및 제 2 페루프 안테나 어레이 각각은 선형 플라즈마 튜브들의 쌍을 포함한다.

대표도



- (52) CPC특허분류(Coo. Cl.)  
*C23C 16/54* (2013.01)  
*H01J 37/32165* (2013.01)  
*H05H 1/46* (2013.01)  
*H05H 2001/4667* (2013.01)
-

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

증착 시스템으로서,

제 1 전용 무선 주파수 생성기에 커플링된 제 1 폐루프(closed loop) 안테나 어레이를 포함하는 제 1 전자기파 애플리케이터(applicator); 및

제 2 폐루프 안테나 어레이를 포함하는 제 2 전자기파 애플리케이터 - 상기 제 2 폐루프 안테나 어레이는 제 2 전용 무선 주파수 생성기에 커플링되고, 상기 제 1 폐루프 안테나 어레이 근처에 배치됨 -

를 포함하며,

상기 제 1 폐루프 안테나 어레이 및 상기 제 2 폐루프 안테나 어레이 각각은 선형 플라즈마 튜브들의 쌍을 포함하는,

증착 시스템.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 선형 플라즈마 튜브들의 쌍 각각은, 하나의 단부에서 동축 도관(coaxial conduit)에 의해 전기적으로 커플링되고, 다른 단부에서 크로스-멤버(cross-member)에 의해 전기적으로 커플링되는,

증착 시스템.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 크로스-멤버는 전기 아이솔레이터(electrical isolator)를 포함하는,

증착 시스템.

### 청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 선형 플라즈마 튜브들 중 하나와 상기 동축 도관 중 하나 또는 양자 모두는 튜너 디바이스를 포함하는,

증착 시스템.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 튜너 디바이스는 리플렉터(reflector)를 포함하는,

증착 시스템.

### 청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 동축 도관은 상기 선형 플라즈마 튜브들 중 하나와 교차하는,

증착 시스템.

### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 선형 플라즈마 튜브들 중 하나와 상기 동축 도관 중 하나는 굴곡된(bent) 부분을 포함하는, 증착 시스템.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,  
상기 제 1 페루프 안테나 어레이 및 상기 제 2 페루프 안테나 어레이는 동일 평면 상에 있는, 증착 시스템.

#### 청구항 9

화학 기상 증착 프로세스를 위한 증착 시스템으로서,  
하나 또는 그 초과와 가스 분배 도관들을 포함하는 가스 분배 시스템;  
제 1 전용 무선 주파수 생성기에 커플링된 제 1 페루프 안테나 어레이; 및  
제 2 전용 무선 주파수 생성기에 커플링된 제 2 페루프 안테나 어레이  
를 포함하며,  
상기 제 2 페루프 안테나 어레이는 상기 제 1 페루프 안테나 어레이 근처에 배치되는,  
증착 시스템.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,  
상기 제 1 페루프 안테나 어레이 및 상기 제 2 페루프 안테나 어레이는 동일 평면 상에 있는,  
증착 시스템.

#### 청구항 11

제 9 항에 있어서,  
상기 제 1 페루프 안테나 어레이 및 상기 제 2 페루프 안테나 어레이는 인터메싱되는(intermeshed),  
증착 시스템.

#### 청구항 12

제 9 항에 있어서,  
상기 제 1 페루프 안테나 어레이 및 상기 제 2 페루프 안테나 어레이 각각은 선형 플라즈마 튜브들의 쌍을 포함하는,  
증착 시스템.

#### 청구항 13

제 12 항에 있어서,  
상기 선형 플라즈마 튜브들의 쌍 각각은, 하나의 단부에서 동축 도관에 의해 전기적으로 커플링되고, 다른 단부에서 크로스-멤버에 의해 전기적으로 커플링되는,  
증착 시스템.

#### 청구항 14

제 13 항에 있어서,  
상기 크로스-멤버는 전기 아이솔레이터를 포함하는,

증착 시스템.

#### 청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 동축 도관은 튜너 디바이스를 포함하는,

증착 시스템.

#### 청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 튜너 디바이스는 리플렉터를 포함하는,

증착 시스템.

### 명세서

#### 기술분야

[0001]

[0001] 본 개시내용의 실시예들은 일반적으로, 대면적 기관들을 프로세싱하기 위한 화학 기상 증착(CVD) 시스템에 관한 것이다. 더 구체적으로, 본원에서 설명되는 실시예들은, CVD 시스템에서 활용될 수 있는 플라즈마 생성을 용이하게 하기 위해 전자기 에너지를 전송하기 위한 안테나 어레이들을 갖는 다양한 증착 시스템들을 위한 장치 및 방법들에 관한 것이다. 안테나 어레이들은, 무선 주파수 스펙트럼(RF), 예컨대 마이크로파(MW) 스펙트럼, 극초단파(UHF) 스펙트럼, 초단파(VHF) 스펙트럼, 및 이들의 조합들에서의 주파수들의 전송을 위해 활용될 수 있다.

#### 배경 기술

[0002]

[0002] CVD는, 화학 전구체들이 프로세싱 챔버 내로 도입되고, 화학적으로 반응하여, 미리 결정된 화합물 또는 재료를 형성하고, 프로세싱 챔버 내의 기관 상에 증착되는 프로세스이다. CVD 프로세스는 평판 디스플레이들 또는 솔라 패널들과 같은 대면적 기관들을 프로세싱하기 위해 사용될 수 있다. p-n 접합들 또는 다이오드들의 형성, 또는 트랜지스터들을 위한 실리콘 게 막들과 같은 층들을 증착하기 위해 사용될 수 있는 수개의 CVD 프로세스들이 존재한다. 하나의 CVD 프로세스는, 전구체들 사이의 반응들을 가능하게 하거나 또는 강화시키기 위해 챔버에서 플라즈마가 점화되는 플라즈마 강화 화학 기상 증착(PECVD)이다. PECVD는, 유도성 커플링된 플라즈마 소스, 용량성 커플링된 플라즈마 소스, 마이크로파 전력 소스, 및 이들의 조합들을 활용함으로써 달성될 수 있다.

[0003]

[0003] 대면적 기관들의 프로세싱에서 최근에 사용되는 고 밀도 플라즈마 소스의 타입은 기관 근처에 배치된 선형 누설 도파관 어레이(linear leaky waveguide array)를 포함한다. 각각의 선형 도파관은 각각의 도파관에 전자기 에너지를 전송하는 무선 주파수 생성기에 커플링된다. 그 후에, 전자기 에너지는, 화학 전구체들을 여기시키고 기관 상의 증착을 촉진하는 플라즈마로 전송된다. 이러한 시스템들이 고 밀도 플라즈마를 생성하지만, 종종, 도파관들 근처에 방전들이 집중되고(localized), 이는 기관 상의 불-균일한 증착을 생성한다. 균일한 증착을 제공하기 위한 시도에 대한 해결책은, 도파관들의 수를 증가시키고 도파관들 사이의 측방향 간격을 감소시키는 것일 수 있다. 그러나, 부가적인 도파관 하드웨어는 고가이다. 예컨대, 도파관들의 수에서의 증가는 무선 주파수 생성기들 및 관련된 하드웨어 파트들의 수에서의 증가와 상관될 것이고, 이는, 시스템의 증가되는 비용, 및 궁극적으로, 평판 디스플레이 또는 솔라 패널들 상에 디바이스들을 제조하는 비용을 늘린다.

[0004]

[0004] 평판 디스플레이 또는 솔라 패널들 상에 디바이스들을 제조하는 비용을 감소시키는 장치 및 방법에 대한 필요성이 본 기술분야에 존재한다.

#### 발명의 내용

[0005]

[0005] 본 개시내용은 일반적으로, 페루프 안테나 어레이들을 갖는 증착 시스템, 및 그 페루프 안테나 어레이들을 갖는 증착 시스템을 갖는 장치에 관한 것이다. 일 실시예에서, 증착 시스템이 개시된다. 증착 시스템은, 제 1 전용 무선 주파수 생성기에 커플링된 제 1 페루프 안테나 어레이를 포함하는 제 1 전자기와 애플리케이션,

및 제 2 페루프 안테나 어레이를 포함하는 제 2 전자기와 애플리케이션 — 제 2 페루프 안테나 어레이는 제 2 전용 무선 주파수 생성기에 커플링되고, 제 1 전자기와 애플리케이션 근처에 배치됨 — 를 포함하며, 여기에서, 제 1 페루프 안테나 어레이 및 제 2 페루프 안테나 어레이 각각은 선형 플라즈마 튜브들의 쌍을 포함한다.

[0006] 다른 실시예에서, 화학 기상 증착 프로세스를 위한 증착 시스템이 개시된다. 증착 시스템은, 하나 또는 그 초과와 가스 분배 도관들을 포함하는 가스 분배 시스템, 및 제 1 전용 무선 주파수 생성기에 커플링된 제 1 페루프 안테나 어레이, 및 제 2 전용 무선 주파수 생성기에 커플링된 제 2 페루프 안테나 어레이를 포함하며, 제 2 페루프 안테나 어레이는 제 1 페루프 안테나 어레이 근처에 배치된다.

[0007] 다른 실시예에서, 장치가 개시된다. 장치는, 기관 로딩 스테이션에 커플링된 로드 락 챔버 — 로드 락 챔버는, 중앙 벽의 대향하는 측들 상에 배치된 2개의 기관 위치들을 가짐 —, 기관 스테킹 모듈로부터 기관을 리트리빙(retrieve)하고, 기관을 각각의 기관 로딩 스테이션 내에 배치하도록 동작가능한 로봇, 및 로드 락 챔버에 커플링된 프로세싱 챔버를 포함한다. 프로세싱 챔버는, 제 1 전용 무선 주파수 생성기에 커플링된 제 1 페루프 안테나 어레이를 포함하는 제 1 전자기와 애플리케이션을 포함하는 증착 시스템을 포함한다.

### 도면의 간단한 설명

[0008] 본 개시내용의 상기 열거된 특징들이 상세히 이해될 수 있는 방식으로, 앞서 간략히 요약된, 본원에서 설명되는 발명들의 보다 구체적인 설명이 실시예들을 참조로 하여 이루어질 수 있는데, 이러한 실시예들의 일부는 첨부된 도면들에 예시되어 있다. 그러나, 첨부된 도면들은 본 발명들의 단지 전형적인 실시예들을 도시하는 것이므로 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 한다는 것이 주목되어야 하는데, 이는 본 발명들이 다른 균등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있기 때문이다.

[0009] 도 1a는, 증착 시스템의 일 실시예의 개략도이다.

[0010] 도 1b는, 도 1a의 증착 시스템의 플라즈마 튜브의 예시적인 횡단면도이다.

[0011] 도 1c는, 도 1a의 증착 시스템의 부분적인 측면도이다.

[0012] 도 2는, 증착 시스템의 일부의 다른 실시예의 개략도이다.

[0013] 도 3a 및 도 3b는, 도 2에서 도시된 증착 시스템의 교차부들의 다양한 실시예들을 도시하는 단면도들이다.

[0014] 도 4 내지 도 8은, 증착 시스템의 다양한 실시예들을 도시하는 부분적인 개략도들이다.

[0015] 도 9는, 본원에서 설명되는 증착 시스템들의 실시예들이 활용될 수 있는 수직 선형 CVD 시스템의 개략적인 표현이다.

[0016] 이해를 용이하게 하기 위하여, 도면들에 대해 공통인 동일한 엘리먼트들을 지시하기 위해 가능한 경우에 동일한 참조 번호들이 사용되었다. 일 실시예의 엘리먼트들 및 피쳐들이, 추가적인 설명 없이 다른 실시예들에 유익하게 포함될 수 있다는 것이 고려된다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] [0017] 본 개시내용의 실시예들은 일반적으로, 플라즈마 강화 화학 기상 증착(PECVD) 시스템들에서 활용될 수 있는 다수의 안테나 어레이 구성들을 포함하는 증착 시스템에 관한 것이다. 본원에서 설명되는 바와 같은 안테나 어레이 구성들은, 유도성 커플링된 플라즈마 시스템, 용량성 커플링된 플라즈마 시스템, 마이크로파 전력 시스템, 및 이들의 조합들에서의 플라즈마 형성을 용이하게 하기 위해 사용될 수 있다. 예시적인 실시예들이 PECVD 시스템들에서 사용하기 위한 것으로 설명되지만, 증착 시스템은, 물리 기상 증착(PVD) 시스템들 또는 프로세스들, 에칭 시스템들 또는 프로세스들, 뿐만 아니라, 대면적 기관들의 플라즈마 처리에서 활용되는 다른 타입들의 프로세스들을 위해 사용될 수 있다. 본원에서 논의되는 실시예들은, 캘리포니아, 산타클라라의 어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드(Applied Materials, Inc.)로부터 입수가 가능한 변형된 AKT<sup>®</sup> Aristo 프로세싱 시스템에서의 CVD 챔버를 활용하여 실시될 수 있다. 실시예들이, 다른 제조자들에 의해 판매되는 것들을 포함하는 다른 시스템들에서 또한 실시될 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0010] [0018] 도 1a는, 기관(105) 상에 재료들을 증착하기 위한 증착 시스템(100)의 일 실시예의 개략도이다. 증착 시스템(100)은 하나 또는 그 초과와 전자기와 애플리케이션들을 포함하고, 그러한 전자기와 애플리케이션들은

애플리케이션(110A) 및 애플리케이션(110B)로서 도시되어 있다. 각각의 애플리케이션(110A, 110B)는 페루프 안테나 어레이(115A, 115B)를 포함하고, 페루프 안테나 어레이(115A, 115B)는 각각, 각각의 무선 주파수 생성기(120A 및 120B)에 커플링된다. 각각의 페루프 안테나 어레이(115A, 115B)는 직사각형 형상일 수 있다. 증착 시스템(100)은 또한, 복수의 가스 분배 도관들(125)을 포함한다. 가스 분배 도관들(125)은 안테나 어레이들(115A 및 115B)과 기관(105) 사이에 위치될 수 있다. 각각의 가스 분배 도관(125)은 일 단부에서, 전구체 가스 소스(135)에 커플링된 매니폴드(manifold)(130)에 커플링될 수 있다. 각각의 가스 분배 도관(125)은, 증착 프로세스 동안에 전구체 가스들을 분배하는 개구들(도 1c에서 도시됨)을 포함할 수 있다. 각각의 가스 분배 도관(125)의 원위(distal) 단부(즉, 매니폴드(130) 반대편의 단부)는 그 단부를 통하는 가스 유동을 방지하기 위해 캡핑될(capped) 수 있다.

[0011]

[0019] 도 1a에서 도시된 도면은, 증착 시스템(100)에 의해 프로세싱되는 기관(105)의 배향(orientation)에 따라, 평면도일 수 있거나 또는 정면도(elevation view)일 수 있다. 예컨대, 기관(105)은 수직 배향으로 증착 시스템(100)에 의해 프로세싱될 수 있거나, 또는 기관은 증착 시스템에 의해 수평 배향으로 프로세싱될 수 있다. 따라서, 도 1a의 도면은, 각각, 증착 시스템(100)의 정면도일 수 있거나, 또는 증착 시스템(100)의 평면도일 수 있다.

[0012]

[0020] 각각의 애플리케이션(110A, 110B)의 각각의 안테나 어레이(115A, 115B)는, 각각의 애플리케이션(110A, 110B)에 대해 제공된 공통 무선 주파수 생성기(120A 및 120B)에 커플링된 2개의 선형 플라스마 튜브들(140A 및 140B)을 포함한다. 플라스마 튜브들(140A, 140B)은 각각의 무선 주파수 생성기(120A 및 120B) 반대편의 단부에서 크로스-멤버(cross-member)(145)에 의해 커플링된다. 크로스-멤버(145)는 플라스마 튜브들(140A 및 140B) 사이의 전자기 에너지 인터페이스로서 활용되고, 전자기 에너지의 적어도 일부가 크로스-멤버(145)를 통과하게 허용한다. 크로스-멤버(145)는, 동축 도파관, 또는 내부에 전자기파들을 수용하고 플라스마 튜브들(140A 및 140B) 사이의 파들의 전송을 용이하게 하는 다른 타입의 빈 공기-유전체 또는 고체-유전체 충전된 멤버일 수 있다.

[0013]

[0021] 각각의 애플리케이션(110A, 110B)의 에너지 유동 경로는 애플리케이션(110A)에 대해 도시된다. 무선-주파수(RF) 대역들, 예컨대 초단파(VHF), 극초단파(UHF), 또는 마이크로파 주파수들에서의 전자기 에너지가 무선-주파수 생성기(120A)에 의해 제공된다. 각각의 애플리케이션(110A, 110B)는, 300 MHz 내지 10 GHz의 범위 내에서의 주파수에서, 예컨대 약 915 MHz 또는 2.45 GHz, 또는 약 8.3 GHz에서 동작할 수 있다. 전자기 에너지는 생성기(120A)로부터 양방향성으로 이동한다. 하나의 에너지 유동 경로가 파(150A)(실선)로서 애플리케이션(110A)에 대해 도시되고, 다른 반대의 에너지 유동 경로가 파(150B)(파선)로서 애플리케이션(110A)에 대해 도시된다. 파들(150A 및 150B)에 의해 표시되는 에너지 유동 경로들은, 얼마나 많은 RF 전력이 애플리케이션에 제공되는지 그리고 얼마나 많은 전력이 플라스마에 흡수되는지에 따라, 진행파(traveling wave)들, 또는 정상파(standing wave), 또는 양자 모두의 조합일 수 있다. 각각의 유동 경로로부터의 전자기 에너지는 하나의 플라스마 튜브로부터 다른 플라스마 튜브로 크로스-멤버(145)를 횡단하여 전도된다(conducted). 파들(150A 및 150B)의 에너지가, 파들이 전체 루프를 완료할 정도로 충분한 경우에, 애플리케이션은 공진기(resonator)로서 동작한다. 파들(150A 및 150B)로서 표시된 에너지 유동 경로들은 무선 주파수 생성기(120A)로부터 발원(originate)하고, 에너지의 일부는 아이솔레이터(isolate)(152)에서 종료(terminate)될 수 있다. 아이솔레이터(152)는, 전자기 에너지가 무선-주파수 생성기(120A)에 재-진입하는 것을 방지하기 위해 활용될 수 있다. 도시되지 않았지만, 에너지 유동 경로들은 애플리케이션들(110A 및 110B) 양자 모두에서 유사할 수 있다.

[0014]

[0022] 도 1b는, 도 1a의 라인들(1B-1B)을 따르는, 플라스마 튜브(140A)의 횡단면도이다. 도 1b에서 도시된 플라스마 튜브(140A)는 예시적이고, 플라스마 튜브(140B)의 단면과 동일할 수 있다. 일 실시예에서, 플라스마 튜브(140A)는, 구리와 같은, 우수한 전도성 특성들을 갖는 금속성 재료일 수 있는 내측 전도체(155)를 포함한다. 플라스마 튜브(140A)는 또한, 내측 전도체(155) 주위에 배치된 외측 전도체(160)를 포함할 수 있다. 외측 전도체(160)는 구리와 같은 전도성 재료를 포함할 수 있다. 플라스마 튜브(140A)는 또한, 내측 전도체(155) 주위에 배치된 유전체 커버(cover)(165)를 포함한다. 유전체 커버(165)는 석영 또는 세라믹 재료를 포함할 수 있다. 유전체 커버(165)와 외측 전도체(160) 중 하나 또는 양자 모두와 내측 전도체(155) 사이에 공간(170)이 정의된다. 공간(170)은 전형적으로, 유전체 커버(165)와 외측 전도체(160)(플라스마 튜브(140A) 내에 구현되는 경우) 중 하나 또는 양자 모두에 의해, 외부 환경으로부터 밀봉된다. 예컨대, 공간(170)은, 대기압과 실질적으로 동등한, 공간(170)에서의 압력을 가능하게 하도록, 유전체 커버(165)에 의해 밀봉될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, (도 1a에서 도시된) 무선 주파수 생성기들(120A 및 120B)에 의해 생성된 전자기 에너지(즉, 파들(150A, 150B))의 일부가 각각의 애플리케이션(110A 및 110B) 외부로 방사될 수 있게 하는 (도 1c

에서 도시된) 개구들이 외측 전도체(160)에 형성된다. 플라즈마 튜브(140A)의 단면이 원형으로서 도시되지만, 플라즈마 튜브(140A)는 직사각형 또는 다른 다각형 형상들과 같은 다른 형상들을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 플라즈마 튜브(140A)는 내측 전도체(155) 및/또는 외측 전도체(160)를 포함하지 않을 수 있다. 대신에, 플라즈마 튜브(140A)는, 하나 또는 그 초과 측면들 또는 그 측면들의 부분들이 전도성 재료에 의해 적어도 부분적으로 덮인, 세라믹 재료와 같은 고체 유전체 재료를 포함할 수 있다.

[0015] [0023] 도 1c는, 라인들(1C-1C)을 따르는, 도 1a의 증착 시스템(100)의 부분적인 측면도이다. 가스 분배 도관(125) 및 플라즈마 튜브(140A)의 부분들이 기관(105) 근처에 위치한 것으로 도시된다. 가스 분배 도관(125)이 플라즈마 튜브(140A)와 기관(105) 사이에 위치한 것으로 도시되지만, 가스 분배 도관(125)은 플라즈마 튜브(140A)와 동일 평면 상에 있을 수 있거나, 또는 기관(105)으로부터 플라즈마 튜브(140A)보다 더 멀리 이격될 수 있다.

[0016] [0024] 개구들(175)을 통해 프로세스 가스들이 유동하게 허용하기 위한 개구들(175)이 가스 분배 도관(125)에 도시된다. 가스 분배 도관(125)의 원위 단부 상에, 가스 분배 도관(125)의 단부 밖으로의 가스들의 유동을 방지하기 위한 캡(180)이 도시된다. 개구들(175)은, 가스 분배 도관(125)의 길이에 걸친 가스 유동을 균등하게 하도록, 이격 및/또는 크기설정될 수 있다. 예컨대, 개구들(175)의 적어도 일부는, 가스 분배 도관(125)의 길이에 걸친 전도도(conductance)를 제어하도록, 다른 개구들(175)보다, 크기가 더 클 수 있고, 수가 더 많을 수 있고, 그리고/또는 더 작은 피치로 이격될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 가스 분배 도관(125)의 원위 단부 근방의 개구들(175)이, 매니폴드(130) 근처의 개구들(175)보다 더 클 수 있고, 그리고/또는 더 작은 피치로 이격될 수 있다.

[0017] [0025] 몇몇 실시예들에서, 외측 전도체(160)가 사용되는 경우에, 플라즈마 튜브(140A)의 외측 전도체(160)는 (파선들로 도시된) 슬롯들(185)과 같은 개구들을 포함한다. 슬롯들(185)은 축 방향으로의(즉, 플라즈마 튜브(140A)의 길이에 걸친) 전력 인가를 가능하게 하도록, 이격 및/또는 크기설정될 수 있다. 예컨대, 슬롯들(185)의 적어도 일부는, 플라즈마 튜브(140A)의 길이에 걸쳐 플라즈마 튜브(140A) 외부로의 파 전파를 제어하도록, 다른 슬롯들(185)보다, 크기가 더 클 수 있고, 수가 더 많을 수 있고, 그리고/또는 더 작은 피치로 이격될 수 있다. 일 실시예에서, 플라즈마 튜브(140A)의 근위(proximal) 단부(190) 근방의(즉, (도 1a에서 도시된) 무선 주파수 생성기(120A) 근방의) 슬롯들(185)은, 크로스-멤버(145) 근처의 슬롯들(185)보다 더 작을 수 있고, 그리고/또는 더 큰 피치로 이격될 수 있다. 슬롯들(185) 각각은, 도시된 바와 같이 외측 전도체(160)에 형성된 단일 반-환형(semi-annular) 개구일 수 있다. 대안적으로, 슬롯들(185) 각각은, 슬롯-쌍 또는 슬롯-그룹을 형성하기 위해, 2개 또는 그 초과 인접한 반-환형 개구들을 포함할 수 있다.

[0018] [0026] 도 2는, 기관(105) 상에 재료들을 증착하기 위한 증착 시스템(200)의 일부의 다른 실시예의 개략도이다. 다른 실시예들에서와 같이, 증착 시스템(200)은 애플리케이션(110A) 및 애플리케이션(110B)을 포함하고, 애플리케이션(110A) 및 애플리케이션(110B) 각각은, 각각, 페루프 안테나 어레이(115A, 115B)를 포함한다. 본 도면에서, 가스 분배 도관들(125)이 도시되어 있지 않고, 따라서, 페루프 안테나 어레이들(115A, 115B)이 더 상세히 도시될 수 있다. 도 1a와 유사하게, 도 2에서 도시된 도면은, 증착 시스템(200)에 의해 프로세싱되는 기관(105)의 배향에 따라, 평면도일 수 있거나 또는 정면도일 수 있다. 예컨대, 기관(105)은 수직 배향으로 증착 시스템(200)에 의해 프로세싱될 수 있거나, 또는 기관(105)은 증착 시스템에 의해 수평 배향으로 프로세싱될 수 있다. 따라서, 도 2의 도면은, 각각, 증착 시스템(200)의 정면도일 수 있거나, 또는 증착 시스템(200)의 평면도일 수 있다.

[0019] [0027] 도 1a 내지 도 1c에서 설명된, 증착 시스템(100)의 컴포넌트들과 동일한 참조 번호들을 공유하는, 증착 시스템(200)의 컴포넌트들은 간결성을 위해 반복되지 않을 것이다. 다르게 언급되지 않는 한, 도 2에서의 컴포넌트들과 동일한 참조 번호들을 공유하는, 도 1a 내지 도 1c의 컴포넌트들은 유사하게 동작한다.

[0020] [0028] 도시된 실시예에서, 페루프 안테나 어레이들(115A, 115B) 각각은 플라즈마 튜브(140A) 및 플라즈마 튜브(140B)를 포함하고, 플라즈마 튜브(140A) 및 플라즈마 튜브(140B)는, 하나의 단부 상에서 각각의 무선 주파수 생성기(120A, 120B)에 커플링되고, 다른 단부에서 크로스-멤버(145)에 커플링된다. 일 실시예에서, 각각의 페루프 안테나 어레이(115A, 115B)의 플라즈마 튜브들(140A 및 140B)은, 기관(105)의 평면에 대해 실질적으로 평행한 평면에서 동일 평면 상에 있다. 몇몇 실시예들에서, 크로스-멤버들(145) 중 하나 또는 양자 모두는 플라즈마 튜브들(140A 및 140B) 중 하나 또는 양자 모두와 동일 평면 상에 있다.

[0021] [0029] 일 실시예에서, 증착 시스템(200)은, 제 2 페루프 안테나 어레이(115B)와 메싱된(meshed) 제 1 페루프 안테나 어레이(115A)를 포함한다. 이러한 실시예에서, 페루프 안테나 어레이들(115A, 115B) 각각은, 크로스-멤버

버(145)가 플라즈마 튜브(140B)와 교차하는 교차부(intersection)(205)를 포함한다. 일 양상에서, 교차부(205)는, 크로스-멤버(145)와 플라즈마 튜브(140B) 중 하나 또는 양자 모두가, 기관(105)의 평면에 대해 실질적으로 평행한 평면에서 동일 평면 상에 있도록, 교차하는 컴포넌트들 사이에 인터페이스를 제공한다. 일 실시예에서, 교차부(205)는, 모든 플라즈마 튜브들(140A 및 140B)이 기관(105)의 영역 내에서 실질적으로 동일 평면 상에 있도록, 기관(105)의 영역 외부에 위치된다.

[0022] [0030] 증착 시스템(200)이, 플라즈마 튜브들(140A, 140B)의 공통 평면에서 연장되는 무선 주파수 생성기들(120A 및 120B)을 갖는 것으로 도 2에서 개략적으로 도시되지만, 무선 주파수 생성기들(120A 및 120B) 중 하나 또는 양자 모두는, 페루프 안테나 어레이들(115A, 115B)의 풋프린트를 감소시키기 위해, 플라즈마 튜브들(140A, 140B)의 평면에 대해 실질적으로 수직으로(즉, 페이지 안으로 또는 밖으로) 위치될 수 있다.

[0023] [0031] 도 3a 및 도 3b는, 도 2에서 도시된 교차부들(205)의 다양한 실시예들을 도시하는 단면도들이다. 도 3a에서, 크로스-멤버(145)는, 플라즈마 튜브(140B)를 적어도 부분적으로 둘러싸는 U-형상의 섹션(300)을 포함한다. U-형상의 섹션(300)은, 크로스-멤버(145)의 제 1 단부(305)와 제 2 단부(310) 사이에 실질적인 동일 평면성(coplanarity)을 제공하는 인터페이스를 교차부(205)에 제공한다. 부가적으로, 플라즈마 튜브(140B)는, 크로스-멤버(145)의 제 1 단부(305)와 제 2 단부(310) 중 하나 또는 양자 모두와 실질적으로 동일 평면 상에 있다. 도 3b에서, 플라즈마 튜브(140B)는, 크로스-멤버(145)를 적어도 부분적으로 둘러싸는 굴곡부(bend)(315)를 포함한다. 굴곡부(315)는, 플라즈마 튜브(140B)의 길이에 오프셋(offset)을 제공하여, 플라즈마 튜브(140B)가 크로스-멤버(145) 주위에서 2개의 실질적으로 평행한 평면들로 이분되게(bifurcated) 허용하는, 적어도 45 도 각도를 갖는 엘보(elbow)일 수 있다.

[0024] [0032] 도 4 내지 도 8은, 기관(105) 상에 재료들을 증착하기 위한 증착 시스템(400 내지 800)의 일부의 다양한 실시예들을 도시하는 개략도들이다. 도 2 내지 도 3b에서 설명된, 증착 시스템(200)의 컴포넌트들과 동일한 참조 번호들을 공유하는, 증착 시스템들(400 내지 800)의 컴포넌트들은 간결성을 위해 반복되지 않을 것이다. 다르게 언급되지 않는 한, 도 4 내지 도 8에서의 컴포넌트들과 동일한 참조 번호들을 공유하는, 도 1a 내지 도 3b의 컴포넌트들은 유사하게 동작한다. 도 2와 유사하게, 도 4 내지 도 8 각각에서 도시된 도면들은, 각각의 증착 시스템에 의해 프로세싱되는 기관(105)의 배향에 따라, 평면도일 수 있거나 또는 정면도일 수 있다. 예컨대, 기관(105)은 수직 배향으로 증착 시스템에 의해 프로세싱될 수 있거나, 또는 기관(105)은 증착 시스템에 의해 수평 배향으로 프로세싱될 수 있다. 따라서, 도 4 내지 도 8의 도면들은, 각각, 정면도일 수 있거나 또는 평면도일 수 있다.

[0025] [0033] 증착 시스템(400)은, 각각의 무선 주파수 생성기들(120A 및 120B) 근처에 위치한 크로스-멤버(405) 상에 배치된 아이솔레이터들(152)의 쌍을 제외하고, 도 2에서 도시된 증착 시스템(200)과 유사하다. 아이솔레이터들(152)은 각각의 페루프 안테나 어레이(115A, 115B)를 비-공진 부하로 만든다. 파들이, 경로들(150A 및 150B)로서 도시된, 애플리케이션에서의 하나의 완전한 루프를 이동한 후에, 플라즈마에 흡수되지 않은, 파 에너지의 일부는 애플리케이션에 재-진입하지 않고, 그 파 에너지의 일부는 애플리케이션 밖으로 가이딩되고, 아이솔레이터들(152)에서 종료된다. 페루프 안테나 어레이들(115A, 115B)은 또한, 도 2에서 설명된 바와 같은 교차부들(205)을 포함한다. 교차부들(205) 중 하나 또는 양자 모두는, 도 3a에서 도시된 교차부(205)로서, 그리고 도 3b에서 도시된 교차부(205)로서 구성될 수 있다.

[0026] [0034] 도 5에서 도시된 증착 시스템(500)은, 페루프 안테나 어레이들(115A, 115B) 각각 상에 배치된 제 1 튜닝 디바이스(505)를 제외하고, 도 1a에서 도시된 증착 시스템(100)과 유사하다. 제 1 튜닝 디바이스들(505) 각각은, 각각의 페루프 안테나 어레이(115A, 115B)의 전력 커플링을 조정하기 위해 사용될 수 있는, 전자기파 경로의 유효 길이를 변화시킬 수 있는 가변 임피던스 컴포넌트로서 활용된다. 제 1 튜닝 디바이스(505)는, 이동가능한 쇼트(short)를 갖는 T-접합부(T-junction) 또는 스텐브 튜너(stub tuner)일 수 있다. 전기적으로, 제 1 튜닝 디바이스들(505) 각각은, 페루프 안테나 어레이들(115A, 115B) 각각의 전송 라인 회로에서의 가변 션트 임피던스(variable shunt impedance)이다.

[0027] [0035] 도 6에서 도시된 증착 시스템(600)은, 제 1 튜닝 디바이스들(505) 대신에 제 2 튜너 디바이스(605)가 사용되는 것을 제외하고, 도 5에서 도시된 증착 시스템(500)과 유사하다. 제 2 튜닝 디바이스들(605) 각각은 스텐브 튜너 또는 이동가능한 쇼트일 수 있다. 부가적으로, 각각의 제 2 튜닝 디바이스(605)는, 파들(150A, 150B)에서의 전자기 에너지의 일부를 반사하는 부분적인 리플렉터(reflector)일 수 있다. 전기적으로, 제 2 튜닝 디바이스(605) 각각은, 페루프 안테나 어레이들(115A, 115B) 각각의 전송 라인 회로에서의 가변 직렬 임피던스(variable series impedance)이다.

- [0028] [0036] 도 7에서 도시된 증착 시스템(700)은, 페루프 안테나 어레이들(115A, 115B) 각각 상의 튜닝 디바이스들(705)의 쌍을 제외하고, 도 2에서 도시된 증착 시스템(200)과 유사하다. 튜닝 디바이스들(705) 각각은, 도 5 및 도 6에서 설명된, 제 1 튜닝 디바이스들(505) 또는 제 2 튜닝 디바이스(605)와 유사할 수 있다. 페루프 안테나 어레이들(115A, 115B) 각각 상의 튜닝 디바이스들(705)의 쌍은, 각각의 페루프 상의 플라즈마 튜브들(140A, 140B) 사이에 전력 밸런싱 양상을 제공하고, 또한, 함께, 각각의 애플리케이션이터들(115A 및 115B)에 대한 전력 커플링을 조정하기 위한 튜너들로서 작업한다.
- [0029] [0037] 도 8에서 도시된 증착 시스템(800)은, 페루프 안테나 어레이들(115A, 115B) 각각 상에 배치된 튜닝 디바이스들(705)의 쌍을 제외하고, 도 4에서 도시된 증착 시스템(400)과 유사하다. 튜닝 디바이스들(705) 각각은, 도 5에서 설명된 제 1 튜닝 디바이스(505), 또는 도 6에서 설명된 제 2 튜닝 디바이스와 동일할 수 있다. 페루프 안테나 어레이들(115A, 115B) 각각 상의 튜닝 디바이스들(705)의 쌍은, 각각의 페루프 상의 플라즈마 튜브들(140A, 140B) 사이에 전력 밸런싱 양상을 제공하고, 각각의 애플리케이션이터에 대한 전력 커플링을 조정한다. 아이솔레이터들(152)은 각각의 페루프 안테나 어레이(115A, 115B)를 비-공진 부하로 만든다.
- [0030] [0038] 도 9는, 증착 시스템들(100, 200, 400, 500, 600, 700, 및 800)의 실시예들이 활용될 수 있는 수직 선형 CVD 시스템(900)의 개략적인 표현이다. 시스템(900)은, 약 90,000 cm<sup>2</sup>까지의 또는 그 초과와 표면 면적을 갖는 기관들을 프로세싱하도록 크기설정될 수 있고, 시간 당 90개 초과와 기관들을 프로세싱하는 것이 가능할 수 있다. 시스템(900)은, 기관들이 증착 시스템들(100, 200, 400, 500, 600, 700, 및 800)에 관하여 이동하고 있는 동안에(즉, 동적), 기관들 상에 재료들을 증착하도록 구성될 수 있다. 대안적으로, 시스템(900)은, 기관들이 증착 시스템들(100, 200, 400, 500, 600, 700, 및 800)에 관하여 정지되어 있는 동안에(즉, 정적), 기관들 상에 재료들을 증착하도록 구성될 수 있다.
- [0031] [0039] 시스템(900)은 바람직하게, 트윈 프로세스 라인 구성/레이아웃을 형성하기 위해, 공통 시스템 제어 플랫폼(910)에 의해 함께 커플링된 2개의 개별적인 프로세싱 라인들(905A, 905B)을 포함한다. 시스템(900)의 각각의 프로세싱 라인(905A, 905B)은 또한, 한번에 2개의 기관들을 프로세싱하도록 구성된다. 공통 전력 공급부, 공통 및/또는 공유된 펌핑 및 배기 컴포넌트들, 및 공통 가스 패널이, 트윈 프로세싱 라인들(905A, 905B)을 위해 사용될 수 있다. 각각의 프로세싱 라인(905A, 905B)은, 시간 당 45개 초과와 기관들을 프로세싱하여, 시스템에 대해 시간 당 총 90개 초과와 기관들을 프로세싱할 수 있다. 또한, 시스템이 단일 프로세스 라인 또는 2개 초과와 프로세스 라인들을 사용하여 구성될 수 있는 것이 고려된다. 시스템(900)이 수직으로 기관들을 프로세싱하도록 구성되지만, 시스템은 비-수직 평면에서, 예컨대 수평으로 기관들을 프로세싱하도록 구성될 수 있다.
- [0032] [0040] 수직 기관 프로세싱을 위한 트윈 프로세싱 라인들(905A, 905B)에 대한 수개의 이익들이 존재한다. 챔버들이 수직으로 배열되기 때문에, 시스템(900)의 풋프린트는 단일의 통상적인 수평 프로세싱 라인과 대략 동일하다. 따라서, 대략적으로 동일한 풋프린트 내에, 2개의 프로세싱 라인들(905A, 905B)이 존재하며, 이는, 제조 설비에서의 플로어 공간을 보존하는 것에 있어서 제조자에 대해 유익하다. "수직"이라는 용어의 의미를 이해하는 것을 돕기 위해, 평판 디스플레이를 고려한다. 컴퓨터 모니터와 같은 평판 디스플레이는 길이, 폭, 및 두께를 갖는다. 평판 디스플레이가 수직인 경우에, 길이 또는 폭이 기평면(ground plane)으로부터 직각으로 연장되는 한편, 두께는 기평면에 대해 평행하다. 반대로, 평판 디스플레이가 수평인 경우에, 길이 및 폭 양자 모두가 기평면에 대해 평행한 한편, 두께는 기평면에 대해 직각을 이룬다.
- [0033] [0041] 각각의 프로세싱 라인(905A, 905B)은 기관 스택킹 모듈(substrate stacking module)(915A, 915B)을 포함하고, 기관 스택킹 모듈(915A, 915B)로부터 새로운(fresh) 기관들(즉, 아직 시스템(900) 내에서 프로세싱되지 않은 기관들)이 리트리빙되고, 프로세싱된 기관들이 저장된다. 대기 로봇(atmospheric robot)들(920A, 920B)이, 기관 스택킹 모듈들(915A, 915B)로부터 기관들을 리트리빙하고, 기관들을 듀얼 기관 로딩 스테이션(925A, 925B) 내에 배치한다. 기관 스택킹 모듈(915A, 915B)이, 수평 배향으로 스택킹된 기관들을 갖는 것으로 도시되지만, 기관 스택킹 모듈(915A, 915B)에 배치된 기관들은, 듀얼 기관 로딩 스테이션(925A, 925B)에서 기관들이 홀딩되는 방식과 유사한 수직 배향으로 유지될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 그 후에, 새로운 기관들은, 듀얼 기관 로드 락 챔버 모듈들(930A, 930B) 내로, 그리고 그 후에, 듀얼 기관 프로세싱 챔버 모듈들(935A, 935B)로 이동된다. 듀얼 기관 프로세싱 챔버 모듈들(935A, 935B) 각각은, 본원에서 설명된 바와 같은 증착 시스템들(100, 200, 400, 500, 600, 700, 및 800)의 실시예들을 포함할 수 있다. 각각의 프로세싱 챔버 모듈들(935A, 935B)에서 활용되는 각각의 증착 시스템(100, 200, 400, 500, 600, 700, 또는 800)은 2개의 기관들 사이에 위치될 수 있고, 그에 따라, 기관들 양자 모두는, 단일 증착 시스템(100, 200, 400, 500, 600, 700, 또는

800)을 활용하여 각각의 프로세싱 챔버 모듈(935A, 935B)에서 프로세싱될 수 있다. 이제 프로세싱된 기판들은, 그 후에, 듀얼 기판 로드 락 챔버 모듈들(930A, 930B) 중 하나를 통해 듀얼 기판 로딩 스테이션들(925A, 925B) 중 하나로 리터닝(return)되고, 듀얼 기판 로딩 스테이션들(925A, 925B)에서, 기판들은, 대기 로봇들(920A, 920B) 중 하나에 의해 리트리빙되고, 기판 스테킹 모듈들(915A, 915B) 중 하나로 리터닝된다.

[0034]

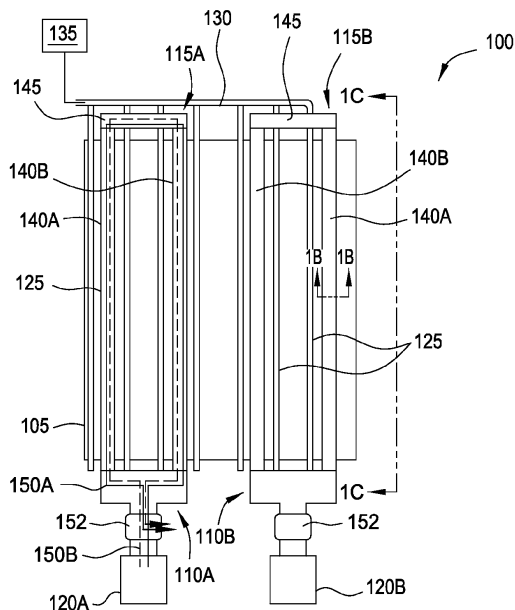
[0042] 페루프 안테나 어레이들(115A, 115B)을 갖는, 본원에서 설명되는 바와 같은 증착 시스템들(100, 200, 400, 500, 600, 700, 및 800)은, 안테나 하드웨어(무선 주파수 생성기들, 아이솔레이터들, 및 튜너들)의 수가 상당히 감소되기 때문에, 소유 비용(cost of ownership)을 낮춘다. 예컨대, 통상적으로, 2개의 전력 소스들(무선 주파수 생성기들)이 각각의 플라즈마 튜브(140A 및 140B)를 동작시키기 위해 활용될 것이지만(즉, 각각의 튜브(140A, 140B)의 단부 당 하나), 단일 전력 소스만이 (플라즈마 튜브들(140A 및 140B) 양자 모두를 포함하는) 각각의 페루프 안테나 어레이(115A 및 115B)를 동작시키기 위해 사용되고, 이는, 전력 소스들의 수를 4배만큼 감소시킨다. 따라서, 전력 소스들 및 관련된 하드웨어 파트들의 비용이 상당히 감소되고, 이는 소유 비용을 감소시킨다. 부가적으로, 수직 CVD 시스템을 활용함으로써, 다수의 기판들이 동시에 프로세싱될 수 있다. 다수의 기판들을 동시에 프로세싱하는 것은 제조의 비용을 감소시키고, 이는 제조자의 수익들을 증가시킬 수 있다.

[0035]

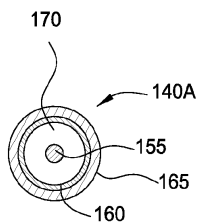
[0043] 전술한 바가 본원에서 개시되는 발명들의 실시예들에 관한 것이지만, 다른 그리고 추가적인 실시예들이, 본 발명의 기본적인 범위로부터 벗어나지 않고 고안될 수 있고, 본 발명의 범위는 다음의 청구항들에 의해 결정된다.

## 도면

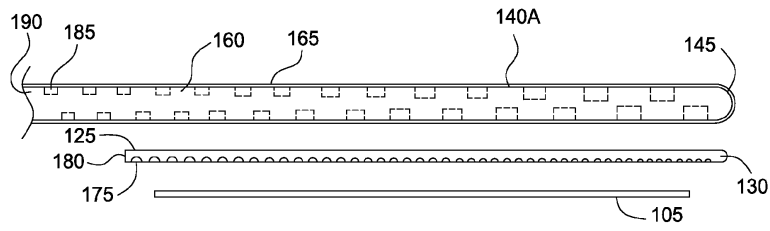
### 도면1a



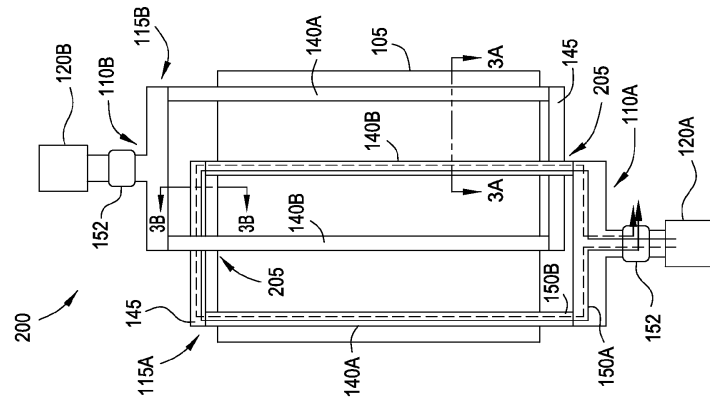
### 도면1b



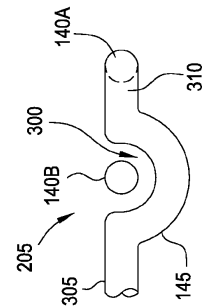
도면1c



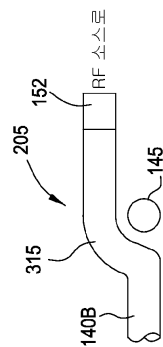
도면2



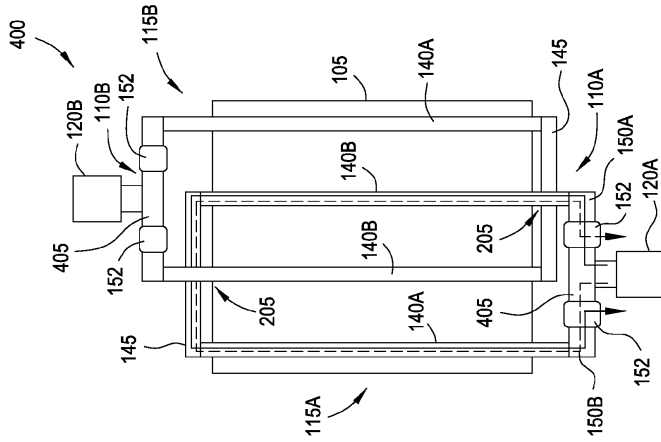
도면3a



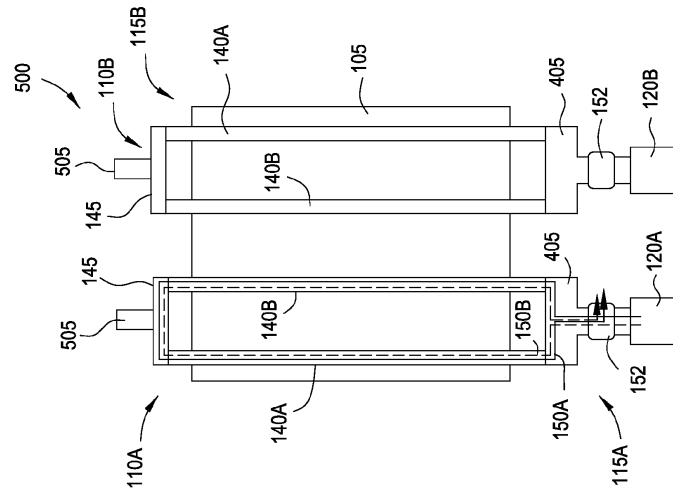
도면3b



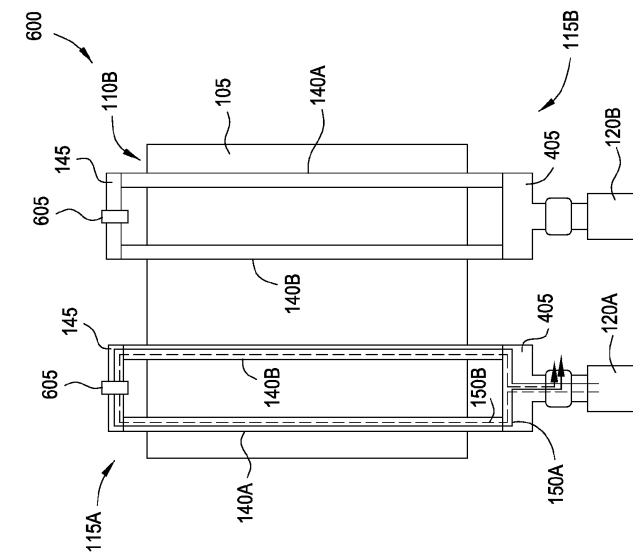
도면4



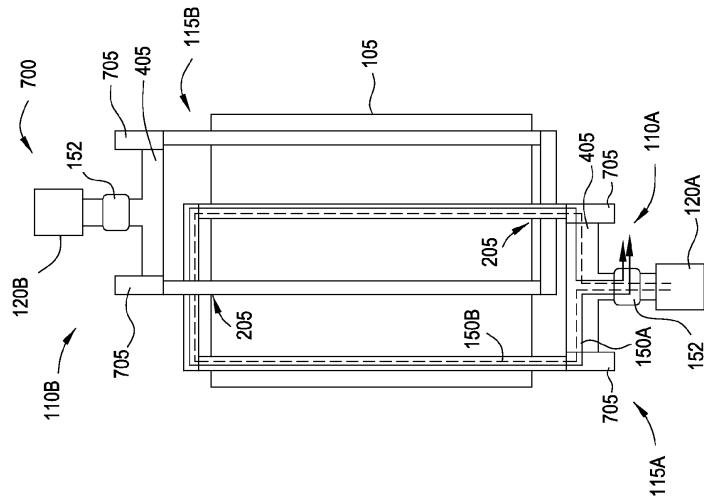
도면5



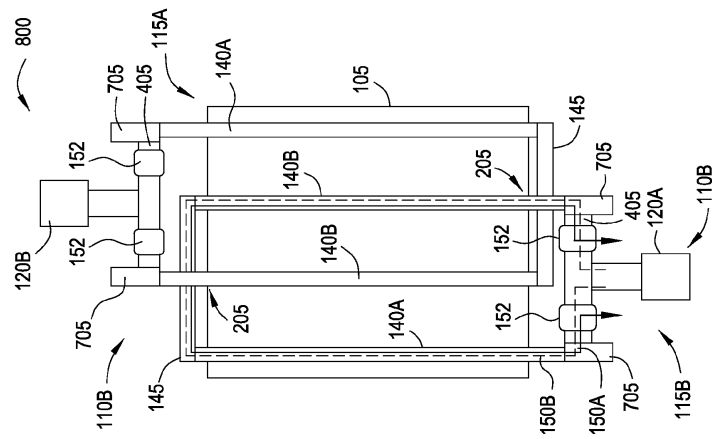
도면6



도면7



도면8



도면9

