(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0034737
(43) 공개일자 2010년04월01일

(51) Int. Cl.
H01L 31/042 (2006.01) *H01L 21/205* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7027627
(22) 출원일자 2008년06월06일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2009년12월31일
(86) 국제출원번호 PCT/US2008/066210
(87) 국제공개번호 WO 2008/154446
국제공개일자 2008년12월18일
(30) 우선권주장
11/759,542 2007년06월07일 미국(US)

(71) 출원인
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
(72) 발명자
최, 수영
미국 94539 캘리포니아 프레몬트 리오자 코트 40907
원, 태경
미국 95129 캘리포니아 샌어제이 벨브데어 레인 1054
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
남상선

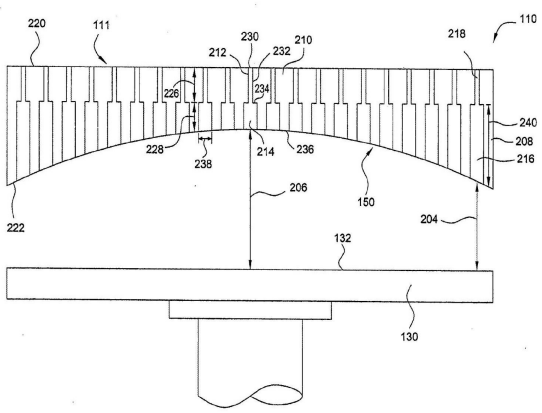
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 균일한 실리콘 필름을 증착하기 위한 장치 및 균일한 실리콘 필름을 제조하기 위한 방법

(57) 요 약

태양 전지 용도를 위해 실리콘 필름을 증착하기 위해 기판 지지 조립체와 가스 분배판 사이에 변화되는 간격을 가지는 방법 및 장치가 제공된다. 일 실시예에서, 태양 전지 용도를 위해 필름을 증착하기 위한 장치는 처리 챔버, 처리 챔버 내에 배치되고 그 위에 4변형 기판을 지지하도록 구성되는 기판 지지부, 및 상기 기판 지지부 위의 처리 챔버에 배치되는 가스 분배판을 포함할 수 있으며, 가스 분배판의 바닥면은 에지 및 코너를 포함하는 주변을 가지는데, 가스 분배판의 코너는 상기 가스 분배판의 에지 보다 상기 기판 지지부에 더 근접하다.

대 표 도



(72) 발명자

박, 범수

미국 95119 캘리포니아 샌어제이 에인트리 드라이브 6870

화이트, 존 엠.

미국 94541 캘리포니아 헤이워드 콜로니 뷰 플레이스 2811

특허청구의 범위

청구항 1

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치로서,

처리 챔버;

상기 처리 챔버 내에 배치되고 4변형 기판을 그 위에 지지하도록 구성되는 기판 지지부; 및

상기 처리 챔버의 상기 기판 지지부 위에 배치되는 가스 분배판으로서, 상기 가스 분배판의 바닥면은 에지 및 코너를 포함하는 주변을 가지며, 상기 가스 분배판의 코너는 상기 가스 분배판의 에지 보다 상기 기판 지지부에 더 근접한, 가스 분배판을 포함하는,

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 가스 분배판의 바닥면은 상기 가스 분배판의 에지 보다 상기 기판 지지부로부터 더 멀리 이격되는 중앙 부분을 더 포함하는,

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 기판 지지부는 곡선형 상부면을 더 포함하는,

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 가스 분배판을 통하여 형성되는 다수의 통공을 더 포함하는,

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 통공은 약 0.01 인치 내지 약 1 인치의 직경을 가지는,

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 가스 분배판은 상기 가스 분배판의 에지에서의 두께 보다 큰 중앙 두께를 가지는,

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 가스 분배판은 곡선형 하류 표면을 가지는 ,

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 곡선형 하류 표면은 약 0.05 인치 내지 약 1 인치의 코드 깊이(chord depth)를 가지는,

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 곡선형 하류 표면은 상기 가스 분배판에 형성되고 상기 가스 분배판의 길이의 약 3 퍼센트 이하의 코드 깊이를 가지는,

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치.

청구항 10

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치로서,

처리 챔버;

상기 처리 챔버 내에 배치되고 4변형 기판을 그 위에 지지하도록 구성되는 기판 지지부; 및

상기 처리 챔버 내의 상기 기판 지지부 위에 배치되는 가스 분배판으로서, 상기 가스 분배판의 바닥면은 에지 및 코너를 포함하는 주변을 가지며, 상기 가스 분배판의 에지는 오목한, 가스 분배판을 가지는,

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 가스 분배판의 코너는 상기 에지의 중앙 지점에서 상기 가스 분배판의 두께 보다 더 큰 두께를 가지며, 상기 가스 분배판의 중앙은 상기 에지의 중앙지점에서 상기 두께 보다 작은 두께를 가지는,

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 가스 분배판은 상기 가스 분배판을 관통하여 형성되는 다수의 통공을 더 포함하며,

상기 가스 분배판의 에지를 따라 위치되는 상기 통공은 상기 코너에 위치하는 통공의 컨덕턴스 보다 크고 상기 가스 분배판의 중앙에 위치하는 상기 통공으 컨덕턴스 보다 작은 유동 컨덕턴스(flow conductance)를 가지는,

태양 전지 용도에 적합한 필름 증착 장치.

청구항 13

태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름 증착 방법으로서,

기판 지지부를 향하는 가스 분배판을 가지는 처리 챔버 내로 기판을 제공하는 단계;

상기 가스 분배판을 통하여 처리 가스를 유동시키는 단계; 및

상기 기판 상에 실리콘 막을 증착하는 단계를 포함하며,

상기 가스 분배판의 코너와 상기 기판 지지부 사이의 간격은 상기 가스 분배판의 에지의 중앙 지점과 상기 기판 지지부 사이의 간격 보다 더 근접한,

태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름 증착 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 가스 분배판을 통하여 처리 가스를 유동시키는 단계는 플라즈마 방출이 상기 가스 분배판의 통공 내에 형성되는 것을 방지하는 단계를 더 포함하며,

상기 통공을 통하여 상기 처리 가스가 상기 챔버 내로 제공되는,

태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름 증착 방법.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 실리콘 필름은 미정질(microcrystalline) 실리콘 층인,

태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름 증착 방법.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 가스 분배판을 통하여 처리 가스를 유동시키는 단계는 상기 가스 분배판을 통하여 형성된 다수의 통공을 통하여 실리콘을 포함하는 가스 혼합물을 공급하는 단계를 더 포함하며, 상기 통공은 약 0.01 인치 내지 약 1 인치의 직경을 가지는,

태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름 증착 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 가스 혼합물을 공급하는 단계는 1:20 내지 1:200의 비율로 실란 가스와 수소 가스를 공급하는 단계를 더 포함하는,

태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름 증착 방법.

청구항 18

제 13 항에 있어서,

상기 미정질 실리콘 층은 태양 전지 장치에 이용하기에 적절한 p-타입 층 상에 증착되는 i-타입 층인,

태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름 증착 방법.

청구항 19

태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름 증착 방법으로서,

기판 지지 조립체를 향하는 가스 분배판을 가지는 처리 챔버 내로 기판을 제공하는 단계;

상기 가스 분배판을 통하여 형성된 다수의 통공을 통하여 상기 처리 챔버 내로 가스 혼합물을 공급하는 단계, 및

상기 기판 상에 실리콘 필름을 증착하는 단계를 포함하며,

상기 가스 분배판 및 상기 기판 지지 조립체는 이들 사이에 형성된 에지로부터 코너까지의 변화되는 간격(edge to corner gradient spacing)을 가지며,

상기 가스 혼합물은 1:20 내지 1:200의 실란 가스 대 수소 가스를 가지는,

태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름 증착 방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 변화되는 간격은 상기 기판 지지 조립체를 향하는 상기 가스 분배판의 곡선형 표면에 의해 형성되는,

태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름 증착 방법.

청구항 21

제 19 항에 있어서,

상기 변화되는 간격은 상기 가스 분배판을 향하는 상기 기판 지지 조립체의 곡선형 표면에 의해 형성되는,

태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름 증착 방법.

청구항 22

제 19 항에 있어서,

상기 실리콘 필름은 미정질 실리콘 층인,

태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름 증착 방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 미정질 실리콘 층은 태양 전지 장치에 이용하기에 적합한 p-타입 층 상에 증착되는 i-타입 층인,

태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름 증착 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 일반적으로 가스 분배판 조립체 및 처리 챔버 내에 가스 분배판 조립체를 제조하기 위한 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 광전지(PV) 장치 또는 태양 전지는 햇빛을 직류(DC) 전력으로 변환시키는 장치이다. PV 또는 태양 전지는 반도체 재료 내에서 두 개의 상이한 영역을 포함하는데, 일 측은 p-타입 영역으로서 표시되고 다른 측은 n-타입 영역으로 표시된다. PV 전지의 p-i-n 접합부는 햇빛(광자로부터의 에너지로 구성되는)에 노출될 때, 햇빛은 PV 작용을 통해 전기로 직접 변환된다. PV 태양 전지는 특정 양의 전력을 발생하고 PV 태양 전지는 시스템 전력의 목표 량을 전달하기 위한 크기를 가지는 모듈 내로 배치된다. PV 모듈은 다수의 PV 태양 전지를 연결함으로써 형성되고 이이서 특정 프레임 및 커넥터를 구비한 패널로 연결된다.

[0003] PV 태양 전지는 통상적으로 대형 투명 기판 상에 형성된 광전기 변환 유닛을 포함한다. 광전기 변환 유닛은 투명 기판에 순차적으로 배치되는 p-타입, 진성 타입(i-타입) 및 n-타입 실리콘 층을 포함한다. 광전기 변환 유닛을 형성하기 위해 이용될 수 있는 실리콘 필름은 폴리실리콘(폴리-실리콘), 미정질 실리콘(μc-Si), 및 비결정질 실리콘(a-Si) 필름을 포함할 수 있다. 플라즈마 강화 화학적 증착(PECVD)은 일반적으로 투명 기판 상에 실리콘 필름을 증착하기 위해 이용될 수 있다. PECVD 공정은 전구체 가스 또는 가스 혼합물을 투명 기판을 포함하는 진공 챔버로 도입함으로써 수행된다. 전구체 가스 또는 가스 혼합물은 분배판으로부터 투명 기판의 표면을 향하여 공급된다. RF 전력은 전구체 가스 또는 가스 혼합물 내에 플라즈마를 형성하도록 챔버 내에 배치되는 분배판 및/또는 기판 지지 조립체로 인가된다.

[0004] 대형 태양 전지 기판에 대한 요구가 계속적으로 증가될 때, 대형 기판 표면 위의 PECVD 공정 동안 균일한 플라즈마 및/또는 공정 가스를 유지하는 것이 점점 어렵게 된다. 공정 비-균일도에 의해 발생되는 대형 기판 상에 증착되는 필름의 중앙 부분과 에지 부분 사이의 필름 특성 변화는 대형이고 효율적인 태양 전지를 생산하는데 있어서 상당한 도전을 제공한다. 기판 크기가 증가함에 따라, 에지로부터 중앙까지의 특성 변화(edge to center property variation)는 더 큰 문제가 된다.

[0005] 따라서, 화학적 증착 공정에 의해 대면적 기판 상에 필름 특성의 균일한 분배를 하는 필름을 증착하기 위한 개선된 장치에 대한 요구가 있었다.

발명의 상세한 설명

[0006] 태양 전지 용도를 위한 실리콘 필름을 증착하기 위해 기판 지지 조립체와 가스 분배판 사이에 변화되는 간격(gradient spacing)을 가지는 방법 및 장치가 제공된다. 일 실시예에서, 태양 전지 용도를 위해 필름을 증착하기 위한 장치는 처리 챔버, 처리 챔버 내에 배치되고 그 위에 4변형(quadrilateral)의 기판을 지지하도록 구성되는 기판 지지부, 및 처리 챔버의 기판 지지부 위에 배치되는 가스 분배판을 포함할 수 있으며, 가스 분배판의 바닥면은 에지 및 코너를 포함하는 주변을 가지며, 가스 분배판의 코너는 가스 분배판의 에지 보다 기판 지지부에 더 근접하다.

[0007] 또 다른 실시예에서, 처리 챔버, 처리 챔버 내에 배치되고 그 위에 4변형 기판을 지지하도록 구성되는 기판 지지부, 및 기판 지지부 위의 처리 챔버 내에 배치되는 가스 분배판을 포함할 수 있으며, 가스 분배판의 바닥면은 에지 및 코너를 포함하는 주변을 가지며, 가스 분배판의 에지는 오목하다.

[0008] 또 다른 실시예에서, 챔버 내에 태양 전지 용도를 위해 실리콘 필름을 증착하기 위한 방법은 기판 지지부를 향하는 가스 분배판을 가지는 챔버 내로 기판을 제공하는 단계, 및 기판 상에 실리콘 필름을 증착하는 단계를 포함할 수 있으며, 가스 분배판과 기판 지지부 사이의 간격은 기판 지지부와 가스 분배판의 에지의 중간지점 사이의 간격 보다 더 근접하다.

[0009] 또 다른 실시예에서, 챔버 내에 태양 전지 용도를 위해 실리콘 필름을 증착하기 위한 방법은 기판 지지 조립체를 향하는 가스 분배판을 가지는 챔버 내로 기판을 제공하는 단계, 가스 분배판을 통하여 형성된 다수의 통공을 통하여 챔버 내로 가스 혼합물을 공급하는 단계 및 기판 상에 실리콘 필름을 증착하는 단계를 포함하며, 가스 분배판 및 기판 지지 조립체는 그 사이에 형성된 변화되는 간격을 가지며, 가스 혼합물은 1:20 내지 1:200의 실란 가스 대 수소 가스 비율을 가진다.

[0010] 본 발명의 상술된 특징이 얻어지고 상세하게 이해할 수 있는 방식으로, 위에서 간단히 요약된 본 발명의 더욱 특별한 설명은 첨부된 도면에 도시되는 본 발명의 실시예를 참조할 수 있다.

실 시 예

[0020] 용이한 이해를 위해, 가능한 곳에서는 도면들에 공통하는 동일한 요소들을 표시하기 위하여 동일한 도면부호가 이용되었다. 일 실시예의 요소 및 특징은 유익하게는 추가의 인용 없이 다른 실시예들에 결합될 수 있다는 것이 고려된다.

[0021] 그러나, 첨부된 도면은 본 발명의 전형적인 실시예들만 도시하며 따라서 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 고려되지 않으며, 본 발명에 대해 상이한 균등한 효과의 실시예를 인정할 수 있다.

[0022] 태양 전지와 같은 대면적 용도를 위한 실리콘 필름을 증착하기 위한 방법 및 장치가 본 발명에서 제공된다. 일 실시예에서, 장치는 가스 분배판과 기판 지지 조립체 사이에 형성된 에지로부터 코너까지의 변화되는 간격(edge to corner gradient spacing)을 가진다. 기판 표면과 가스 분배판 사이에 형성된 변화되는 간격은 가스 분배판을 통하여 기판 표면으로 제공되는 공정 가스 및/또는 그러한 공정 가스로부터 형성된 플라즈마의 에지로부터 코너까지의 분배의 융통성있는 제어를 제공한다. 제어된 변화되는 간격은 기판 상에 증착된 필름의 프로파일 및/또는 두께를 조정하기 위한 능력을 강화시킨다. 가스 분배판과 기판 사이의 상이한 측방향 간격에 의해 형성된 변화되는 간격은 또한 기판의 폭에 대한 필름 특성 변화를 용이하게 제어하는 공정 제어 특성을 제공한다.

[0023] 도 1은 플라즈마 강화 화학적 증착(PECVD) 챔버(100)의 일 실시예의 개략적인 단면도이며, 상기 챔버 내에 태양 전지 또는 다른 대면적 장치의 하나 또는 그 이상의 필름이 형성될 수 있다. 하나의 적절한 플라즈마 강화 화학적 증착 챔버는 미국 캘리포니아 산타 클라라에 소재한, 어플라이드 머티어리얼스, 아인엔씨.로부터 입수 가능하다. 다른 제조자에 의한 증착 챔버를 포함하는 다른 증착 챔버가 본 발명을 실시하기 위해 이용될 수 있다는 것이 고려된다.

[0024] 챔버(100)는 일반적으로 공정 용적(106)을 형성하는 벽(102) 및 바닥(104)을 포함한다. 가스 분배판(110) 및 기판 지지 조립체(130)는 공정 용적(106)을 형성한다. 공정 용적(106)은 기판(140)이 챔버(100) 내로 그리고 밖으로 이송될 수 있도록 벽(102)을 통하여 형성된 밸브(108)를 통하여 출입될 수 있다.

[0025] 기판 지지 조립체(130)는 그 위에 기판(140)을 지지하기 위해 기판 수용면(132) 및 스템(134)을 포함한다. 스템(134)은 기판 이송 및 처리 위치들 사이에서 기판 지지 조립체(130)를 상승 및 하강시키는 리프트 시스템(136)과 결합된다. 새도우 프레임(133)은 기판(140)의 에지 상에 증착을 방지하도록 처리할 때 기판(140)의 주

변 위에 기능적으로 배치될 수 있다. 리프트 핀(138)은 기판 지지 조립체(130)를 관통하여 가동적으로 배치되고 기판 수용면(132)으로부터 기판(140)을 이격하도록 한다. 기판 지지 조립체(130)는 또한 원하는 온도로 기판 지지 조립체(130)를 유지하도록 이용되는 가열 및/또는 냉각 요소(139)를 포함할 수 있다. 기판 지지 조립체(130)는 또한 기판 지지 조립체(130)의 주변 둘레에 RF 그라운딩을 제공하도록 그라운딩 스트랩(131)을 포함할 수 있다. 그라운딩 스트랩의 예는 로(Law) 등에게 2000년 2월 15일에 발행된 미국 특허 제 6,024,044호 및 파크(Park) 등에게 2006년 12월 20일에 출원된 미국 특허 출원 제 11/613,934호에서 공개된다.

[0026] 가스 분배판(110)은 서스펜션(suspension; 114)에 의해 가스 분배판의 주변이 지지판(112)으로 결합된다. 가스 분배판(110)은 또한 가스 분배판(110)의 직선화/만곡화를 제어 및/또는 구부러짐(sag)을 방지하도록 하나 또는 그 초과의 중앙 지지부(116)에 의해 지지판(112)에 결합될 수 있다. 일 실시예에서, 가스 분배판(110)은 상이한 치수를 가지며 상이한 구성일 수 있다. 전형적인 일 실시예에서, 가스 분배판(110)은 4변형 가스 분배판이다. 가스 분배판(110)은 기판 지지 조립체(130) 상에 배치되는 기판의 상부면(118)을 향하는 내부에 다수의 통공(111)을 가지는 하류 표면(150)을 가진다. 일 실시예에서, 통공(111)은 상이한 형상, 개수, 밀도, 치수, 및 가스 분배판(110)에 걸친 분포를 가질 수 있다. 통공(111)의 직경은 약 0.01 인치 내지 약 1 인치로 선택될 수 있다. 가스 소스(120)는 가스를 지지판(112)을 통하여 그리고 이어서 가스 분배판(110)에 형성된 통공(111)을 통하여 공정 용적(106)으로 제공하도록 지지판(112)으로 결합된다.

[0027] 진공 펌프(109)는 원하는 압력으로 공정 용적(106)을 유지하도록 챔버(100)로 결합된다. RF 전원(122)은 가스 분배판(110)과 기판 지지 조립체(130) 사이에 전기장을 형성하기 위해 RF 전력을 제공하도록 지지판(112) 및/또는 가스 분배판(110)으로 결합되어 플라즈마가 가스 분배판(110)과 기판 지지 조립체(130) 사이의 가스로부터 발생될 수 있도록 한다. 약 0.3 MHz 내지 약 200 MHz 사이의 주파수와 같은, 다양한 RF 주파수는 이용될 수 있다. 일 실시예에서 RF 전원은 13.56 MHz의 주파수로 제공된다. 가스 분배판의 예들은 화이트(White) 등에게 2002년 11월 12일에 발행된 미국 특허 제 6,477,980호, 초이(Choi)등에게 2005년 11월 17일에 공고된 미국 특허공보 제 20050251990호, 및 켈러(Keller) 등에게 2006년 3월 23일에 공고된 미국 특허공보 제 2006/0060138호에 공개되며, 이들은 모두 본 명세서에서 온전히 참조적으로 통합된다.

[0028] 일 실시예에서, 가스 분배판(110)의 하류 표면(150)의 에지가 곡선형이 될 수 있어 변화되는 거리가 가스 분배판(110)의 에지 및 코너와 기판 수용 표면(132) 사이, 및 결론적으로 기판(140)의 표면(118)과 가스 분배판(110) 사이에 형성된다. 곡선형 표면(150)의 형상(예를 들면, 볼록형, 평면형 또는 오목형)은 특정 공정 요구조건을 충족하도록 선택될 수 있다. 예를 들면, 필름 특성의 균일도는 기판의 폭에 걸친 두께 균일도에 반드시 대응하는 것은 아니라는 것이 발견되었다. 특히, 기판의 폭에 걸친 결정 분율 균일도(즉, 결정화되는 필름의 퍼센트)는 필름 두께 균일도로부터 분리되는 것으로 발견되었다. 따라서, 결정 분율의 비-균일도는 기판의 코너에서 가장 보편적이다. 따라서, 에지로부터 코너까지의 간격 변화(spacing gradient)가 기판의 에지에 걸친 필름 특성 균일도를 조정하기 위해 이용될 수 있어, 기판의 코너의 특성 비-균일도를 정정한다. 또한, 에지로부터 중앙까지의 간격(spacing)은 또한 필름 특성 균일도가 기판의 에지와 중앙 사이에서 제어될 수 있도록 제어될 수 있다. 일 실시예에서, 가스 분배판(110)의 오목한 곡선형 에지는 가스 분배판(110)의 코너 보다 기판 표면(118)으로부터 멀어지는 방향으로 이격되는 가스 분배판(110)의 에지의 중앙 부분을 가질 수 있어, 기판 코너에 대해 기판(140)의 에지를 따라 제공되는 가스의 유동을 감소시켜, 기판(140) 상에 형성된 필름 프로파일 및 필름 특성을 조정한다. 또 다른 실시예에서, 가스 분배판(110)의 볼록한 곡선형 에지는 기판 표면(118)으로부터 분배판(110)의 에지 보다 멀리 이격되는 가스 분배판(110)의 코너를 가질 수 있어, 기판의 에지에 대해 기판의 코너를 따라 제공되는 가스 유동의 양을 증가시켜, 기판(140) 상에 형성된 필름 프로파일 및 필름 특성을 조정한다.

[0029] 유도적으로 결합된 원격 플라즈마 소스와 같은, 원격 플라즈마 소스(124)는 또한 가스 소스와 지지판 사이에 결합될 수 있다. 처리 기판들 사이에서, 세정 가스는 챔버 부품을 세정하도록 이용되는 플라즈마를 원격으로 제공하도록 원격 플라즈마 소스(124)에서 통전될 수 있다. 세정 가스는 전원(122)에 의해 가스 분배판(110)으로 제공되는 RF 전력에 의해 추가로 여기될 수 있다. 적절한 세정 가스는 NF_3, F_2, 및 SF_6를 포함하지만, 이에 제한되는 것은 아니다. 원격 플라즈마 소스의 예는 샹(Shang) 등에 1998년 8월 4일에 발행된 미국 특허 제 5,788,778호에 공개되는데, 이는 본 명세서에 참조적으로 통합된다.

[0030] 일 실시예에서, 챔버(100) 내에서 처리될 수 있는 기판(140)은 40,000 cm^2 또는 그 초과와 같은, 10,000 cm^2 또는 그 초과, 예를 들면 약 55,000 cm^2 또는 그 초과의 표면적을 가질 수 있다. 처리 후 기판은 더 작은 태양

전지 또는 다른 장치를 형성하도록 절개될 수 있다.

[0031] 일 실시예에서, 가열 및/또는 냉각 요소(139)는 약 400 ℃ 또는 그 미만, 예를 들면 약 100℃ 내지 약 400℃, 또는 약 200℃와 같은 약 150℃ 내지 300℃의 증착 동안 지지 조립체 온도를 제공하도록 설정될 수 있다.

[0032] 기판 수용면(132) 상에 배치되는 기판의 상부면과 가스 분배판(110) 사이의 증착 동안 공칭 간격은 일반적으로 400 mil 내지 약 800 mil과 같은 400 mil 내지 1,200 mil, 또는 목표 증착 결과물을 제공하도록 가스 분배판(110)에 걸쳐 상이한 거리로 변화될 수 있다. 오목형 하류부 표면에 대한 하나의 전형적인 실시예에서, 가스 분배판(110)이 이용되며, 가스 분배판(110)의 에지의 중앙 부분과 기판 수용면(132) 사이의 간격은 약 400 mil 내지 약 1400 mil이고, 가스 분배판(110)의 코너와 기판 수용면(132) 사이의 간격은 약 300 mil 내지 약 1200 mil이다.

[0033] 실리콘 필름의 증착을 위해, 실리콘 기재 가스 및 수소 기재 가스가 제공된다. 적절한 실리콘 기재 가스는 실란(SiH_4), 디실란(Si_2H_6), 4플루오르화 실리콘(SiF_4), 4염소화 실리콘($SiCl_4$), 디클로로실란(SiH_2Cl_2), 및 이들의 조합물을 포함하지만, 이에 제한되는 것은 아니다. 적절한 수소-기재 가스는 산소 가스(H_2)를 포함하지만 이에 제한되는 것은 아니다. p-타입 실리콘 층의 p-타입 도펀트는 각각 붕소 또는 알루미늄과 같은 그룹 III 요소를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 붕소는 p-타입 도펀트로서 이용된다. 붕소 함유 소스의 예는 트리메틸붕소(TMB), 디보레인(diborane; B_2H_6), BF_3, $B(C_2H_5)_3$, BH_3, BF_3, 및 $B(CH_3)_3$ 및 유사 화학물을 포함한다. 일 실시예에서, TMB는 p-타입 도펀트로서 이용된다. n-타입 실리콘 층의 n-타입 도펀트는 각각 인, 비소, 또는 안티몬과 같은 그룹 V 요소를 포함한다. 인-함유 소스의 예는 인화수소 및 유사 화학물을 포함한다. 도펀트는 통상적으로 수소, 아르곤, 헬륨, 및 다른 적절한 화학물과 같은 캐리어 가스가 제공된다. 본 명세서에서 공개된 공정 방식에서, 수소 가스의 총 유량이 제공된다. 따라서, 수소 가스가 도펀트와 같은 캐리어 가스로서 제공되는 경우, 캐리어 가스 유량은 얼마나 많은 수소 가스가 챔버로 제공되어야 하는지를 결정하도록 수소의 총 유량으로부터 감해져야 한다(substrate).

[0034] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 만곡면을 가지는 가스 분배판(10)의 전형적인 일 실시예의 단면도이다. 가스 분배판(110)은 지지판(112)을 향하는 상 측부(220) 및 기판 지지 조립체(130)를 향하는 마주하는 하류 측부(150)를 가진다. 일 실시예에서, 가스 분배판(110)의 하류 측부(150)는 기판 지지 조립체(130)의 표면(132)에 대해 오목면을 가질 수 있다. 가스 분배판(110)의 곡선형 하류 측부(150)는 가스 분배판(110)의 에지 부분(208) 보다 기판 지지면(132)으로부터 멀어지는 방향으로 내측으로 연장하는 중앙 부분(210)을 가진다. 가스 분배판(110)의 곡선형 하류 측부(150)는 가스 분배판(110)의 에지(208) 및 4개의 코너를 포함하는 주변을 가진다. 가스 분배판(110)의 하류 측부(150)가 곡선형이 될때, 가스 분배판(110)의 코너가 기판 지지 조립체(130)의 상부면(132)에 더 근접하다.

[0035] 도 9A에 도시된 가스 분배판(902)의 일 실시예를 추가로 설명하며, 가스 분배판(902)은 코너(922, 924, 926, 928) 및 에지(906, 908, 910, 912)를 포함하는 주변을 가진다. 가스 분배판(902)을 관통하여 형성되는 통공은 명료성을 위해서 도시하지 않았다. 가스 분배판(902)의 에지(906)의 중앙(914)은 가스 분배판(902)의 에지(908, 910) 및 코너(922, 924, 926, 928)에서 보다 기판 지지 조립체(130)로부터 멀어지는 방향으로 더 이격된다. 코너(922, 924, 926, 928)를 통한 통공은 에지(906)의 중앙(914)을 통하여 형성된 통공에 비해 더 긴 길이를 가져서, 더 많은 공정 가스가 코너(912, 914, 926, 928)를 통한 유동에 비해 에지(906)의 중앙(914)을 통하여 가스 분배판(902)을 통하여 전달되도록 큰 유동 컨덕턴스(flow conductance)를 가진다. 플라즈마 강화 CVD 공정을 이용하여 폴리실리콘을 증착할 때 증가된 결정 용적 및/또는 분율 균일도가 판의 주변 둘레에 균일한 간격을 가지는 가스 분배판에 비해 에지로부터 중앙까지의 간격 변화를 가지는 가스 분배판을 이용하여 얻어진다. 비록 도 9A에 도시된 실시예가 가스 분배판(902)의 단지 두 개의 에지 상에 형성되는 에지로부터 코너까지의 간격 변화를 도시하지만, 도 9B는 코너(960, 962, 964, 966)에 비해 4개의 에지(950, 952, 954, 956)의 각각을 따라 형성된 간격 변화를 가지는 또 다른 실시예의 가스 분배판(904)을 도시한다. 또한, 비록 가스 분배판(902, 904)은 간격 변화가 기판으로 향하고 분배판(902, 904)의 평평한 측부가 상방으로 향하는 것으로 도시되지만, 가스 분배판(902, 904)의 평평한 측부가 기판을 향하여 배향될 수 있거나 가스 분배판(902, 904)의 양 측부가 에지로부터 코너까지의 간격 변화를 포함할 수 있다.

[0036] 도 2를 다시 참조하면, 중앙 부분(210)의 하류 표면으로부터 기판 지지면(132)으로의 거리(206)는 에지 부분(208)으로부터 기판 지지면(132)으로의 거리(204) 보다 더 커서, 오목면을 형성한다. 중앙 부분(210)의 하류 표면으로부터 기판 지지면(132)으로의 거리(206)는 약 400 mil 내지 약 1400 mil로 제어되고 에지 부분(208)의

하류 표면으로부터 기판 지지면(132)으로의 거리(204)는 약 300 mil 내지 약 1200 mil로 제어된다. 또 다른 실시예에서, 중앙 부분(210)에서의 하류 표면으로부터 거리(206)와 에지 부분(208)에서의 거리(204) 사이의 길이 차이는 약 50 mil 내지 약 500 mil 사이로 제어된다.

[0037] 다수의 통공(111)은 가스 분배판(110)의 하류 측부(150) 및 상측부(220)에 형성되는 개구를 가지는 가스 분배판(110)에 형성된다. 통공(111)은 상이한 공정 요구조건을 충족하도록 상이한 구성, 형상, 특징물, 및 개수를 가질 수 있다. 도 2에 도시된 실시예에서, 통공(111)은 제 2 보어(214)에 결합되는 제 1 보어(212)를 포함하여, 전체적으로 유체 경로를 형성하는데, 유체 경로는 가스 소스(120)로부터의 가스가 유체 경로를 통하여 기판 지지 조립체(130)로 통과하도록 한다. 제 1 보어(212)는 가스 분배판(110)의 상측부(220)에 형성된 상부 개구(230)를 가진다. 제 1 보어(212)는 상부 개구(230)로부터 하부 개구(232)로 연장하는 제 1 깊이(226)로 연장한다. 하부 개구(232)는 제 2 보어(214)의 상부 개구(234)로 결합된다. 제 2 보어(214)는 상부 개구(234)로부터 가스 분배판(110)의 하류 표면(150) 상에 형성된 하부 개구(236)로 연장하는 제 2 깊이(228)를 가진다. 비록 도 2에 도시된 실시예가 제 1 보어(212) 및 제 2 보어(214)를 포함하는 개구(111)를 제공하지만, 통공(111)이 단일 직선형 구멍의 형상 또는 요구되는 대로 소정의 다른 상이한 구성일 수 있다.

[0038] 일 실시예에서, 제 2 보어(214)는 공 음극 효과(hollow cathode effect)가 생성되지 않는 범위로 선택된 직경(238)을 가진다. 예를 들면, 증착 동안, 플라즈마는 챔버 내에 공급되는 가스 혼합물을 이온화하기 위하여 발생되고, 플라즈마는 보어가 소정의 직경을 가질 때 제 2 보어(214)로 들어갈 수 있다. 선택된 범위의 직경이 제 2 보어(214) 내에 형성되면, 플라즈마는 가스 분배판(110) 내의 제 2 보어(214) 내에 유지될 수 있어, 전자 방출, 전자의 진동 운동, 및 가스 이온화가 증가하여, 처리 동안 남아 있는 플라즈마를 보조하도록 소위 " 공 음극 효과"를 초래한다. 대조하면, 제 2 보어(214)가 범위 보다 작은 소 직경 또는 범위 보다 큰 대 직경으로 선택되는 실시예에서, 플라즈마는 제 2 보어(214) 내에 남아 있지 않을 수 있어, 플라즈마가 제 2 보어(214) 내에 남아 있는 것을 방지하여 바람직하지 않은 과도한 반응 및/또는 과도한 증착을 제거한다. 일 실시예에서, 제 2 보어(214)의 직경(238)은 약 0.01 인치 내지 약 0.8 인치 직경을 가진다.

[0039] 공 음극 효과가 바람직하게 되는 소정의 실시예에서, 제 2 보어(214)의 직경(238)은 공 음극 효과가 내부에 형성되기에 충분한 약 0.05 인치 내지 약 0.5 인치의 직경을 가지도록 선택될 수 있다.

[0040] 하류 표면(150)이 오목면을 가지도록 곡선형이 될 수 있기 때문에, 가스 분배판(110)의 중앙 부분(210) 내에 형성된 제 2 보어(214)는 가스 분배판(110)의 에지 부분(208)에 형성된 깊이(240) 보다 짧은 깊이(228)를 가질 수 있다. 가스 분배판(110)의 하류 표면(150)이 볼록면과 같은 상이한 구성을 가질 수 있는 실시예에서, 제 1 및 제 2 보어 둘다의 길이, 깊이, 직경은 변화될 수 있다. 공 음극 변화(hollow cathode gradient)(HCG)(예를 들면, 가스 분배판(110)에 걸쳐 변화를 형성하도록 상이한 길이 또는 직경을 구비하는 보어) 및 간격 변화가 요구되는 소정의 다른 실시예에서, 곡선형 하류 표면(150)은 가스 분배판(110)과 기판 지지 조립체(130) 사이에 간격 변화를 제공할 뿐만 아니라, 상이한 길이를 형성하도록 제 2 보어(214)를 기계가공하여, 원하는 공 음극 변화 및 기판 표면에 대한 간격 변화를 동시에 형성한다.

[0041] 하류 표면(150)과 기판 지지 조립체(130) 사이의 거리가 기판 지지면(132)에 걸쳐 점차적으로 변화될 때, 기판 표면 상에 증착되도록 구성된 필름도 또한 변화될 수 있다. 상이한 필름의 증착은 공정을 실행하도록 상이한 RF 전력, 가스 유동, 전구체 종, 및 챔버 내의 공정 압력을 인가할 수 있다. 플라즈마가 챔버에 걸쳐 상이한 분포를 가질 수 있기 때문에, 기판 표면 상에 증착된 필름은 상이한 프로파일을 가질 수 있다. 또한, RF 전력으로부터 발생되는 정상파 효과(standing wave effect)는 챔버 내의 플라즈마 및 이온 분포 및 가스 유동에 영향을 미칠 수 있어, 기판 표면에 걸쳐 플라즈마 비-균일도를 초래한다. 기판 지지 표면(132)과 가스 분배판(110)의 곡선형 하류 표면(150) 사이에 형성된 변화되는 간격은 챔버 내로 비 균일한 플라즈마 및/또는 가스, 이온 분배를 보상할 수 있는 방식으로 제공되어, 상이한 공정 상태를 충족하도록 필름 특성 균일도 및 필름 프로파일을 조정하기 위한 방법을 제공한다.

[0042] 도 3A 내지 도 3B는 제조의 상이한 단계에서 가스 분배판(110)의 단면을 도시한다. 다수의 통공(111)은 도 3A에 도시된 바와 같이 가스 분배판(110) 내로 미리 드릴가공할 수 있다. 통공(111)은 위의 도 2에 상술된 바와 같이 완성된 가스 분배판(110)에 형성된 제 1 보어(212, 218) 및 제 2 보어(214, 216)를 가진다. 가스 분배판(110)의 중앙 부분(310)에 형성된 제 1 보어(212) 및 제 2 보어(214)는 에지 부분(312)에 형성된 제 1 보어(218) 및 제 2 보어(216)와 동일하다. 가스 분배판(110)은 오목면(306)으로 기계가공되거나 그렇지 않으면 형성되는 평평한 하류 표면(302)을 가진다. 기계가공 공정은 가스 분배판(110)의 하류 표면(302)으로부터 가스 분배판(110)의 일 부분을 제거하여, 도 3B에 도시된 바와 같이, 에지 부분(312) 보다 더 얇은 가스 분배판(110)의

중앙 부분(310)을 가지는 가스 분배판(110)의 오목면(306)을 형성한다. 가스 분배판(110)의 곡선형 표면(306)은 챔버(100) 내에 가스 분배판(110)의 설치시 기판 지지 조립체(130)에 대한 곡선형 표면(306) 사이의 거리를 점차적으로 변화시키는 것을 형성한다. 코드 깊이(chord depth; 304)는 곡선형 표면(306)과 원래의 평평한 표면(점선(302)으로 표시된 바와 같은) 사이에 약 0.05 인치 내지 약 1인치 사이로 형성될 수 있어, 곡선형 표면(306)과 직면하는 직면하는 기판 지지 조립체(130) 사이의 점차적인 변화 거리를 형성한다. 곡선형 표면(306)과 원래의 평평한 표면(점선(302)으로 도시된 바와 같은) 사이에 형성된 코드 깊이(304)는 가스 분배판(110)의 크기에 비해 작다. 일 실시예에서, 최대 코드 깊이(304)는 약 0.1 퍼센트 내지 약 2.0 퍼센트와 같은, 가스 분배판(110)의 특성 길이(characteristic length)의 약 3 퍼센트 이하의 길이로 제어될 수 있다. 직사각형 또는 원형 판에 대한 코드 깊이(304)를 비교하기 위해, 특성 길이는 " 동등한 반경 "이 되는 것이 고려된다. 원형 디퓨저에 대해, 동등 반경은 대각선의 1/2이다. 약 2200 ㎜ x 1870 ㎜의 크기를 가지는 가스 분배판(110)의 실시예에서, 동등 반경은 약 1440 ㎜이고 최대 코드 깊이(304)는 약 28.4 ㎜이다.

[0043] 일 실시예에서, 제 2 보어(214)의 구성은 기계가공 공정 후 변경될 수 있다. 곡선형 표면(306)을 형성하도록 가스 분배판(110)의 중앙 부분(310)의 더 많은 양이 기계가공될 수 있다. 제 2 보어(214)의 일 부분이 기계가공될 수 있어, 제 2 보어(214)의 깊이 및/또는 길이를 감소시킨다. 따라서, 중앙 부분(310) 내에 기계가공된 제 2 보어(214)는 에지 부분(208) 내의 제 2 보어(216)의 길이 및/또는 깊이 보다 더 짧은 길이 및/또는 깊이를 가진다.

[0044] 또 다른 실시예에서, 통공(320)은 가스 분배판(110)의 곡선형 표면(306)이 기계가공된 후에 드릴가공될 수 있다. 통공 드릴가공 공정 및 기계가공 공정의 순서는 상이한 제조 요구조건에 따라 변화될 수 있다.

[0045] 또 다른 실시예에서, 열적 어닐링 공정이 가스 분배판(110) 상에 형성될 수 있어 판의 하류 표면 상에 곡선형 표면을 형성하도록 한다. 열적 어닐링 공정은 가스 분배판(110)을 열 처리하도록 노와 같은 엔클로저 내로 가스 분배판(110)을 제공함으로써 수행될 수 있다. 가스 분배판(110)이 가열 및 연화될 때, 가스 분배판(110)은 중력에 의해 당겨질 수 있고 가스 분배판(110)의 하류 표면 상에 목표 곡선형 표면을 형성하도록 구부러진다. 상이한 제조 방법의 예는 초이(Choi) 등에게 2006년 10월 12일에 공고된 미국 특허 공보 제 2006/0228496호에 공개된다. 곡선형 표면을 형성하기 위한 열적 어닐링 공정은 도 3A 내지 도 3B에 도시된 제조 공정에 의해 형성된 표면 곡률과 반대로, 소형 곡률이 가스 분배판(110) 상에 형성하는 것이 바람직한 실시예에서 이용될 수 있다.

[0046] 도 4는 가스 분배판(400)에 형성된 통공(412)의 일 실시예를 도시한다. 통공(412)은 상이한 깊이, 직경, 형상 등을 가지는 상이한 방식에 의해 가스 분배판(400)에 형성될 수 있다. 일 실시예에서, 통공(412)은 컴퓨터 수치 제어(CNC) 기계 공정에 의해 가스 분배판(400)에 형성될 수 있다. 소정의 목표 형상을 가지는 통공(412)의 분포는 가스 분배판(400) 내로 미리 드릴 가공될 수 있다. 일 실시예에서, 통공의 일 부분은 판의 일 부분으로 미리 드릴 가공된다. 후속적으로, 다른 통공은 가스 분배판(400)에 걸친 원하는 분포가 완료될 때까지 가스 분배판(400)의 나머지 부분에 드릴 가공될 수 있다. 일 실시예에서, 통공(412)은 제 2 깊이(404)를 가지는 제 2 보어(410)와 연결되는 제 1 깊이(402)를 가지는 제 1 보어(408)를 가진다. 제 2 보어(410)는 처리 동안 기판 지지 조립체(130)를 향하도록 구성된 가스 분배판(400)의 하류 표면(414)에 형성된다. 일 실시예에서, 제 1 보어(408)는 약 0.2 인치 내지 약 2 인치의 깊이를 가지며 제 2 보어(410)는 약 0.1 인치 내지 약 1 인치의 깊이를 가진다. 제 2 보어(410)는 공 음극 효과를 일으키지 않는 목표 범위 내로 선택된 직경(406)을 가진다. 일 실시예에서, 제 2 보어(410)의 직경(406)은 플라즈마가 공 음극 효과를 일으키도록 제 2 보어(410) 내에 유지되도록 할 수 있는 약 0.05 인치 보다 작은 범위로 선택될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 제 2 보어(410)의 직경(408)은 제 2 보어(410) 내에 전자 진동을 방지하도록 약 0.5 인치 보다 큰 범위로 선택될 수 있어, 제 2 보어(410) 내에 형성된 공 음극 효과를 방지한다. 공 음극 효과가 바람직한 소정의 실시예에서, 제 2 보어(410)의 직경(408)은 약 0.05 인치와 약 0.5 인치 사이로 제어될 수 있다.

[0047] 도 5A 내지 도 5F는 판에 형성된 제 2 보어(501 내지 506)에 대해 상이한 구성을 가지는 통공(507 내지 512)을 도시한다. 제 2 보어(501 내지 506)는 사각 형상(501), 계단(step)-벽 형상(502), 콘 형상(503), 외부로 벌어지는(flare-out) 형상(504), 다중-계단-벽 형상(505), 원형의 외부로 벌어지는 형상(506), 등과 같은, 상이한 구성을 가질 수 있다. 제 1 보어(513 내지 518)의 깊이는 상이한 공정 요구조건을 충족하도록 변경될 수 있다.

[0048] 도 6은 가스 분배판(600)에 형성된 상이한 구성을 가지는 통공(608)을 가지는 또 다른 실시예의 곡선형 가스 분배판(600)을 도시한다. 통공(608)은 제 1 보어(606) 및 제 2 보어(602)를 가지며 제 1 보어 및 제 2 보어는 이들 사이에 형성된 오리피스(604)에 의해 연결된다. 제 1 보어(606)는 가스 분배판(600)의 상측부(612) 상에 형

성된 제 1 개구(610)를 가지는 가스 분배판(600)의 곡선형 하류 측부(614)에 형성된다. 제 2 보어(602)는 기판 지지 조립체(130)를 향하여 개방되는 개구(616)를 가지는 가스 분배판(600)의 곡선형 하류 측부(614) 상에 형성된다. 제 2 보어(602)의 개구(616)는 원하는 각도로 외부로 벌어질 수 있어, 기판 표면을 가로질러 공정 가스의 균일한 분배를 보조한다. 제 2 보어(602)의 형상은 내부에 공 음극 효과를 형성하지 않는 방식으로 제어될 수 있다. 선택적으로, 제 2 보어(602)의 형상은 공 음극 효과를 가능하게 하거나 방지하도록 하는 소정의 방식으로 제어될 수 있다.

[0049] 도 7은 변화되는 간격이 챔버(100) 내에 배치되는 곡선형 기판 지지 조립체(702)에 의해 형성될 수 있는 또 다른 실시예를 도시한다. 기판 지지 조립체(702)는 볼록 표면과 같은 곡선형 표면(704)을 가질 수 있어, 지지 조립체(702)의 에지 부분(706) 보다 더 두꺼운 중앙 부부(708), 및 에지 부분(706) 보다 더 얇은 코너(720)를 가진다. 선택적으로, 기판 지지 조립체(702)는 볼록형 또는 오목형 기판 지지면을 가질 수 있다. 예를 들면, 중앙 부분(708)은 에지 부분(706) 위로 상승될 수 있다. 기판 지지부의 볼록 표면은 또한 공기가 기판과 기판 표면 사이에 포획되는 것을 방지하는 것을 보조한다. 기판 지지 조립체(702)가 곡선형이 될 때, 챔버 내에 배치되는 기판 지지 조립체(702)와 가스 분배판(716) 사이의 거리는 원하는 처리 결과를 얻도록 선택될 수 있다. 일 실시예에서, 기판 지지 조립체(702)의 중앙 부분(708)과 가스 분배판(716) 사이의 거리(710)는 기판 지지 조립체(702)의 에지 부분(706)과 판(716) 사이의 거리(714) 보다 클 수 있거나 그 반대가 된다. 일 실시예에서, 기판 지지 조립체(702)의 중앙(708)과 에지 부분(706) 사이의 두께 차이(즉, 에지(706) 보다 중앙(708)이 더 두껍거나 더 얇은)는 약 0.05 인치 내지 약 0.5 인치일 수 있다. 도 7에 도시된 실시예에서, 가스 분배판(716)은 기판 지지 조립체(706)의 볼록 표면을 향하는 곡선형 하류 표면을 가진다. 이와 달리, 가스 분배판(716)은 상이한 공정 요구조건을 충족하도록 선택된 소정의 상이한 타입의 구성을 가질 수 있다. 예를 들면, 제 1 하류면을 가지는 가스 분배판은 볼록형 또는 오목형 기판 지지면이 이용된다. 기판 지지 조립체(702) 및 가스 분배판(716)의 표면 곡률은 요구된 바와 같이 상이한 조합을 가질 수 있다.

[0050] 도 8에 도시된 전형적인 일 실시예에서, 변화되는 간격은 실질적으로 평면형 하류 표면(812)을 가지는 가스 분배판(816)을 가지는 챔버(100) 내에 배치되는 곡선형 기판 지지 조립체(802)에 의해 형성될 수 있다. 기판 지지 조립체(802)가 지지 조립체(802)의 에지 부분(806) 및 코너(820) 보다 더 두꺼운 중앙 부분(808)을 가지는 볼록 표면(804)을 가지도록 곡선형이 될 때, 가스 분배판(816)과 기판 지지 조립체(802)의 중앙 부분(808) 사이의 간격(810)은 기판 지지 조립체(802)의 에지 부분(806)으로부터 가스 분배판(816)으로 작을 수 있는 반면, 에지 부분(806)과 가스 분배판(816) 사이의 거리는 코너(820)와 가스 분배판(816) 사이의 거리 보다 작다. 이와 달리, 가스 분배판(816) 및 기판 지지 조립체(802)는 소정의 구성의 형태일 수 있고 요구되는 소정의 특정 공정을 위해 소정의 구성들의 소정의 조합일 수 있다.

[0051] 곡선형 가스 분배 조립체 및/또는 곡선형 기판 지지 조립체를 이용하여 태양 전지 용도를 위한 실리콘 필름을 증착하기 위한 전형적인 일 실시예에서, 증착 공정은 비결정질 또는 미정질 층을 증착하도록 구성될 수 있다. 미정질 층은 태양 전지 장치용 p-i-n접합부에 형성된 i-타입 층일 수 있다. p-i-n 접합부는 유리 기판 위에 배치되는 제 1 투명 전도성 산화물(TCO) 층을 가지는 유리 기판 상에 형성될 수 있다. 더욱이, 제 2 투명 전도성 산화물 TCO 층은 원하는 태양 전지 장치를 형성하도록 p-i-n 접합부의 상부에 배치될 수 있다. 이와 달리, 미정질 층은 다른 장치를 형성하기 위해 이용될 수 있다. 진성 타입 미정질 실리콘 층을 증착하는 실시예에서, 1:20 내지 1:200의 비율의 실란 가스 대 수소 가스의 가스 혼합물(a gas mixture of silane gas to hydrogen gas)이 챔버(100) 내로 공급될 수 있다. 가스 분배판과 기판 지지 조립체 사이에 형성된 변화되는 간격은 약 0.05 인치 내지 약 0.5 인치의 코드 깊이를 가지도록 선택된다. 이와 달리, 변화되는 간격은 약 300 mil 내지 약 1400 mil의 기판 지지 조립체와 가스 분배판 사이의 거리를 가지도록 선택될 수 있다. 실란 가스는 약 0.5 sccm/L 내지 약 5 sccm/L의 유량을 제공될 수 있다. 수소 가스는 약 40 sccm/L 내지 약 400 sccm/L 사이의 유량으로 제공된다. 일부 실시예에서, 실란 유량은 증착 동안 제 1 유량으로부터 제 2 유량으로 상승(ramp up)될 수 있다. 일부 실시예에서, 수소 유량은 증착 동안 제 1 유량으로부터 제 2 유량으로 하강(ramp down)될 수 있다. 약 300 milliWatts/cm^2 또는 그 초과, 바람직하게는 600 milliWatts/cm^2 또는 그 초과 사이의 RF 전력이 가스 분배판에 제공될 수 있다. 일부 실시예에서, 전력 밀도는 증착 동안 제 1 전력 밀도로부터 제 2 전력 밀도로 하강(ramp down)될 수 있다. 챔버의 압력은 약 3 Torr 내지 약 20 Torr와 같은 약 1 Torr 내지 약 100 Torr, 예를 들면, 약 4 Torr 내지 약 12 Torr로 유지된다. 이와 달리, 증착 동안 압력은 미리결정된 기간 동안 처리 후 제 1 압력으로부터 제 2 압력으로 상승(ramp up)되는 것과 같이, 하나 또는 그 초과의 단계로 분할될 수 있다(segment). 진성 타입의 미정질의 실리콘 층의 증착율은 약 200Å/min 또는 그 초과, 바람직하게는 500 Å/min일 수 있다. 미정질의 진성 층을 증착하기 위한 방법 및 장치는 발명의 명칭이 " 광전지 장치용 미

정질 실리콘 필름을 증착하기 위한 방법 및 장치"이고, 2006년 6월 23일에 출원된 미국 특허 출원 제 11/426,127호에 공개되며, 이 미국 특허 출원은 본 발명과 불일치하지 않는 정도로 온전히 참조적으로 통합된다. 미정질 실리콘 진성 층은 55퍼센트 내지 약 75 퍼센트와 같이, 약 20 퍼센트 내지 약 80 퍼센트의 결정 분율을 가진다.

[0052] 따라서, 태양 전지 용도에 적합한 실리콘 필름을 증착하기 위한 가스 분배판과 기판 지지부 조립체 사이에 형성된 변화되는 간격을 가지는 장치가 제공된다. 개선된 장치는 유용하게는 필름 프로파일의 더 나은 제어를 제공하여, 필름 품질, 광전지 변환 효율 및 장치 성능을 증가시킨다. 특히, 기판의 코너에서 결정 용적 및 결정 분율 비율은 종래의 실시에 대해 개선될 수 있다.

[0053] 전술된 것은 본 발명의 실시예에 대한 것인 반면, 본 발명의 다른 및 추가 실시예들은 본 발명의 기본적인 범위로부터 이탈하지 않고 발명될 수 있으며, 본 발명의 범위는 아래의 청구범위에 의해 결정된다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명에 따른 공정 챔버의 하나의 실시예의 개략적인 단면도이고,

[0012] 도 2는 본 발명에 따른 만곡면을 가지는 가스 분배판의 전형적인 일 실시예의 단면도이고,

[0013] 도 3A 내지 도 3B는 만곡면을 구비한 가스 분배판(110)을 제조하기 위한 공정 유동의 상이한 단계에 있는 가스 분배판(110)의 단면도이며,

[0014] 도 4는 가스 분배판에 형성되는 통공의 일 실시예를 보여주며,

[0015] 도 5A 내지 도 5F는 판 내에 상이한 형상의 제 2 보어를 가지는 통공을 도시하며,

[0016] 도 6은 가스 분배판(600) 내에 형성된 상이한 구성을 가지는 통공을 가지는 곡선형 가스 분배판(600)의 또 다른 실시예의 도면이며,

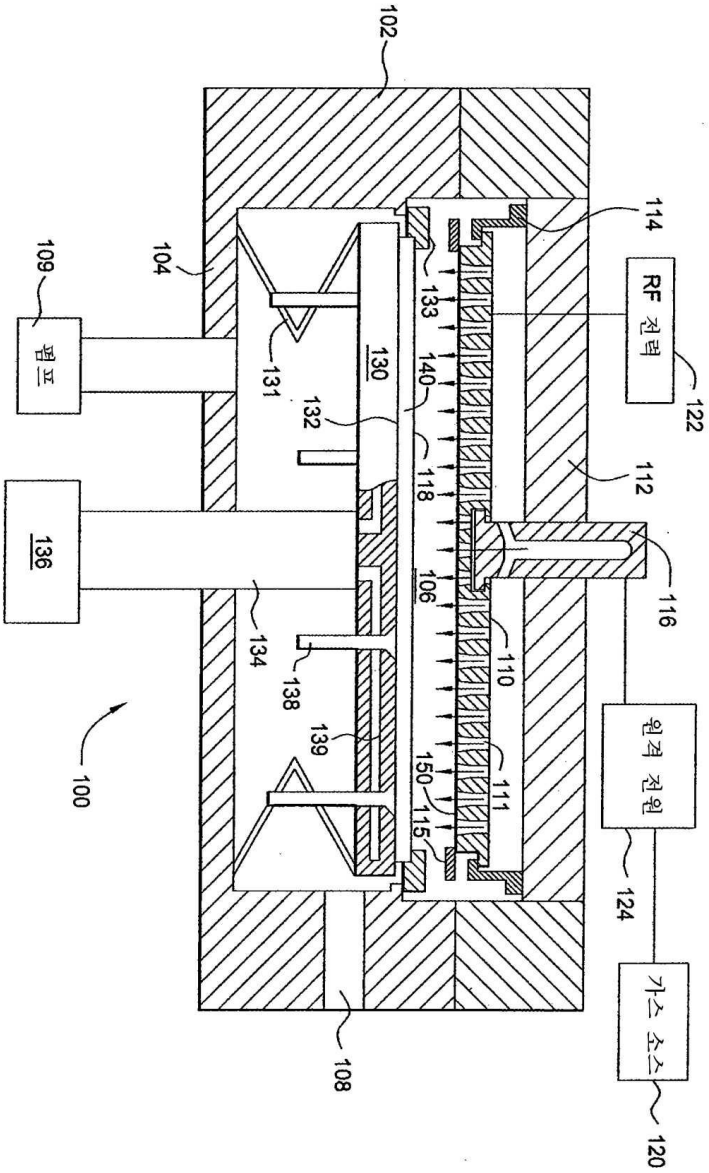
[0017] 도 7은 변화되는 간격이 챔버 내에 배치되는 곡선형 기판 지지 조립체에 의해 형성될 수 있는 또 다른 실시예의 도면이며,

[0018] 도 8은 변화되는 간격이 챔버 내에 배치되는 곡선형 기판 지지 조립체에 의해 형성될 수 있는 또 다른 실시예의 도면이며,

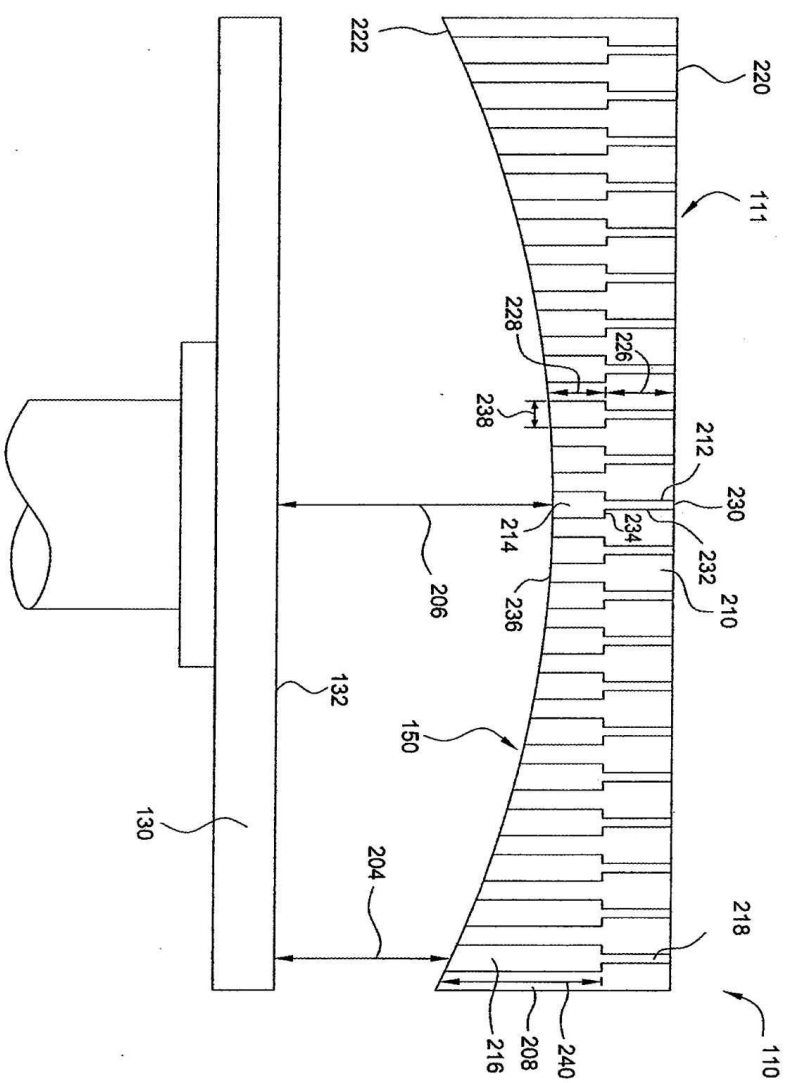
[0019] 도 9A 내지 도 9B는 곡선형 가스 분배판의 상이한 실시예들의 평면도이다.

도면

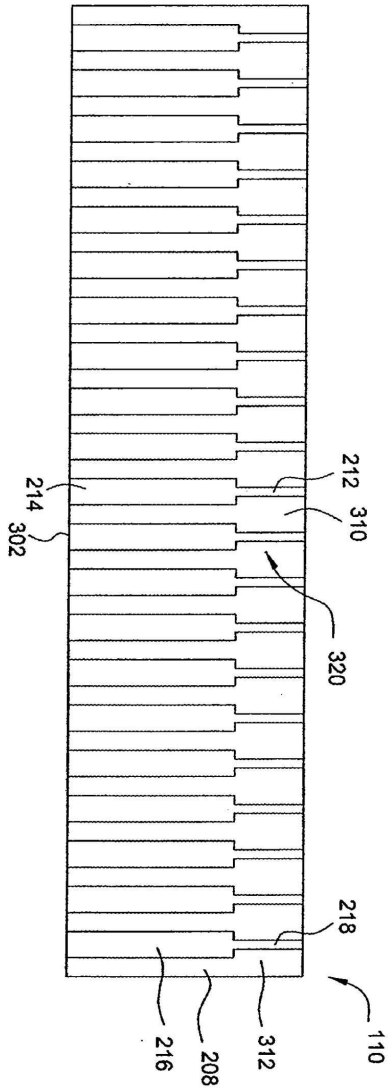
도면1


102
114
RF 전력
122
109
펌프
104
133
131
130
140
132
118
112
136
116
106
110
134
138
139
111
150
115
원격 전원
124
가스 소스
120
108
100

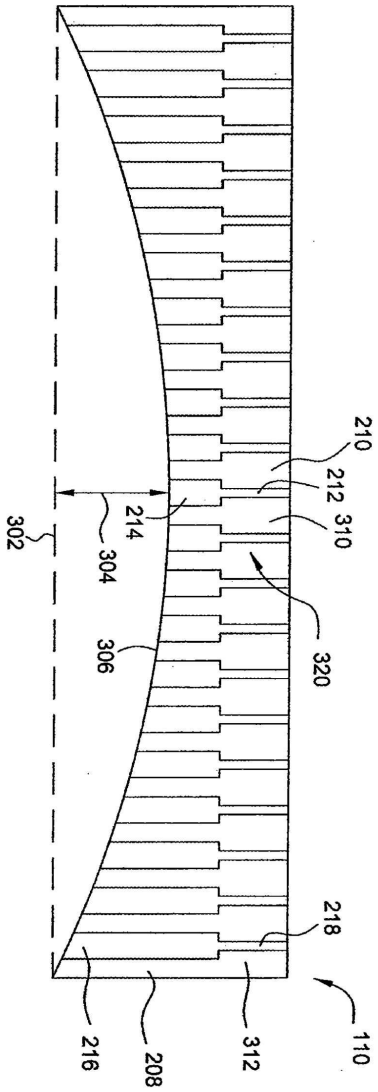
도면2


222
220
111
228
226
238
212
230
234
214
232
206
236
210
132
150
130
204
218
216
208
240
110

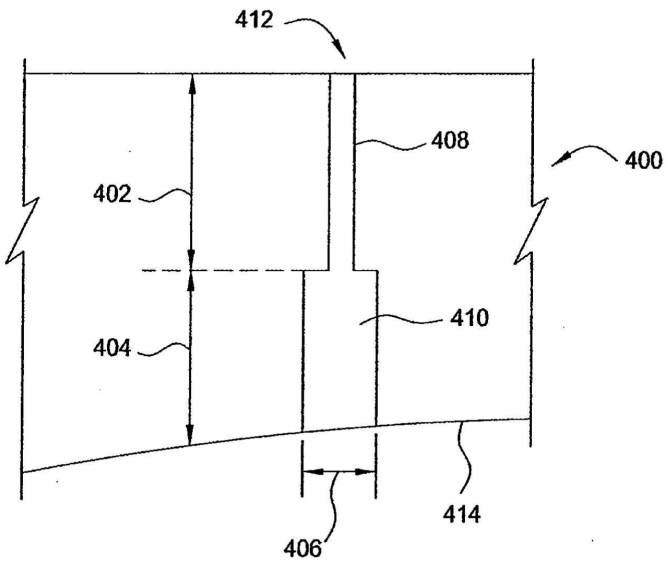
도면3A



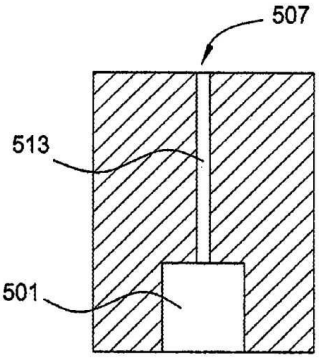
도면3B



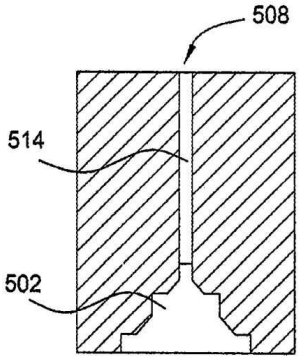
도면4



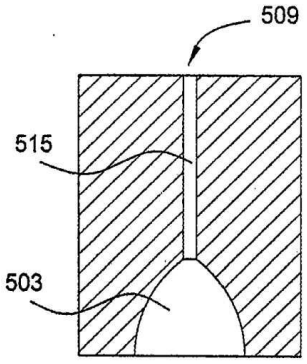
도면5A



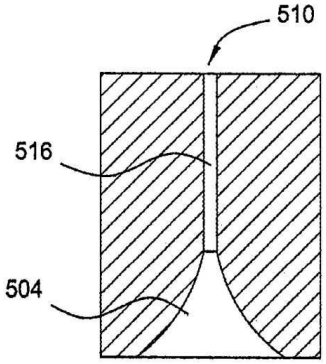
도면5B



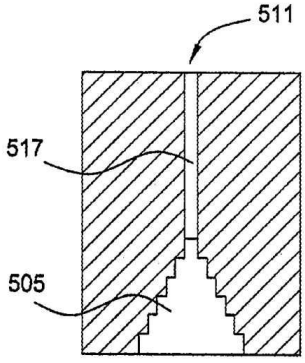
도면5C



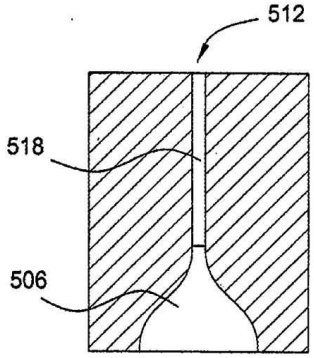
도면5D



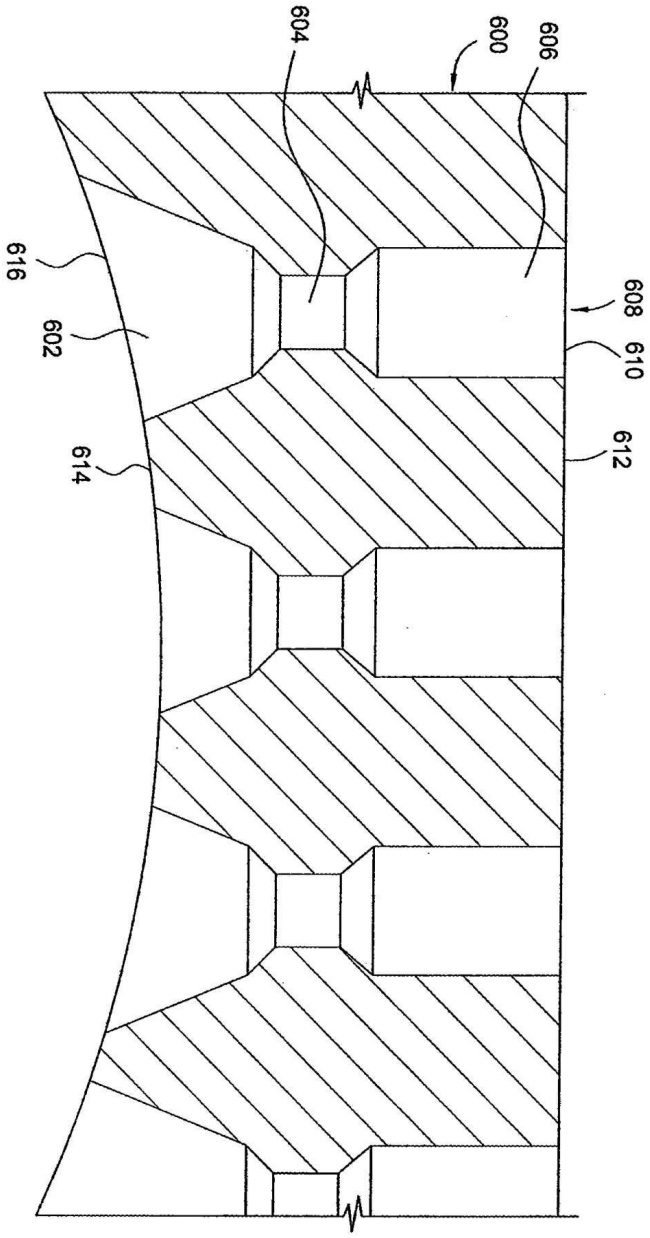
도면5E



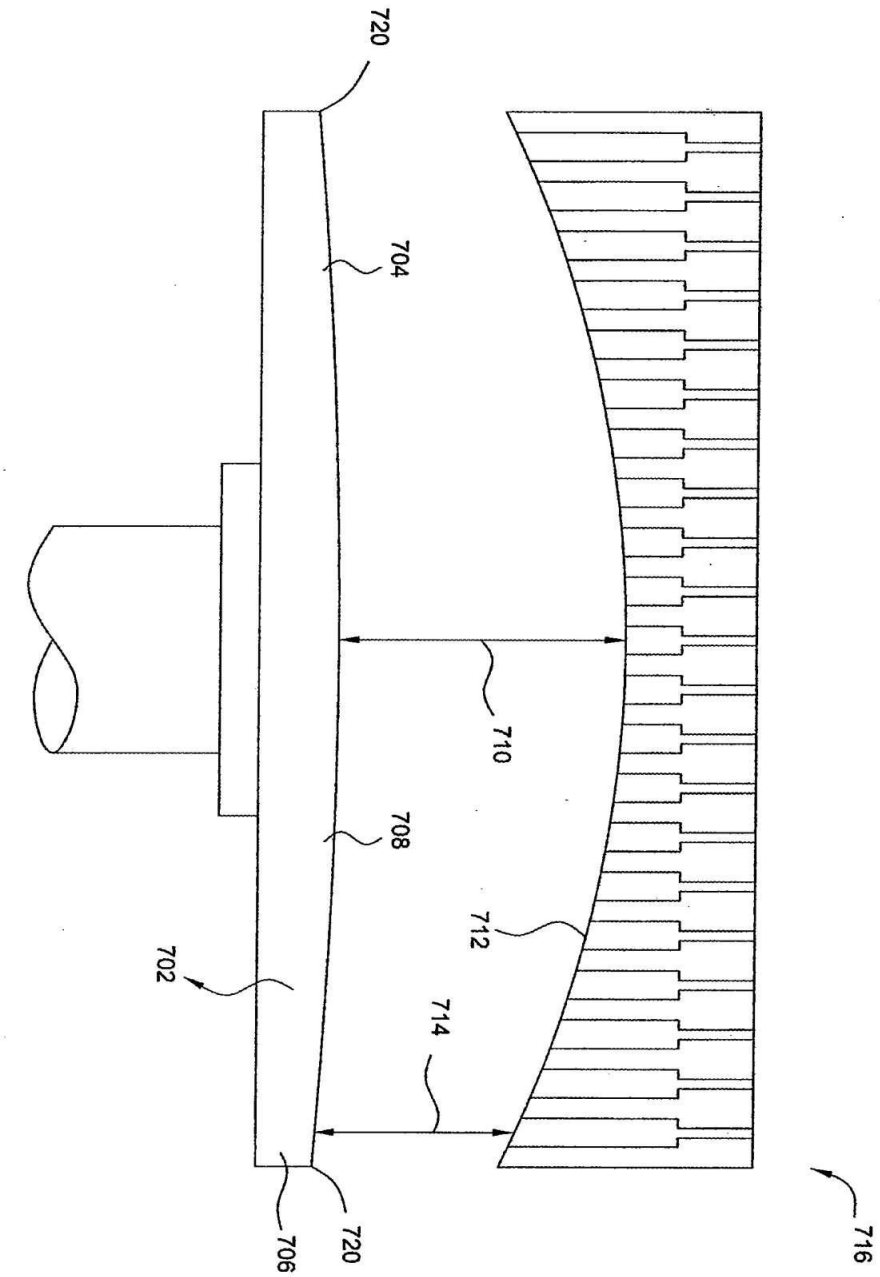
도면5F



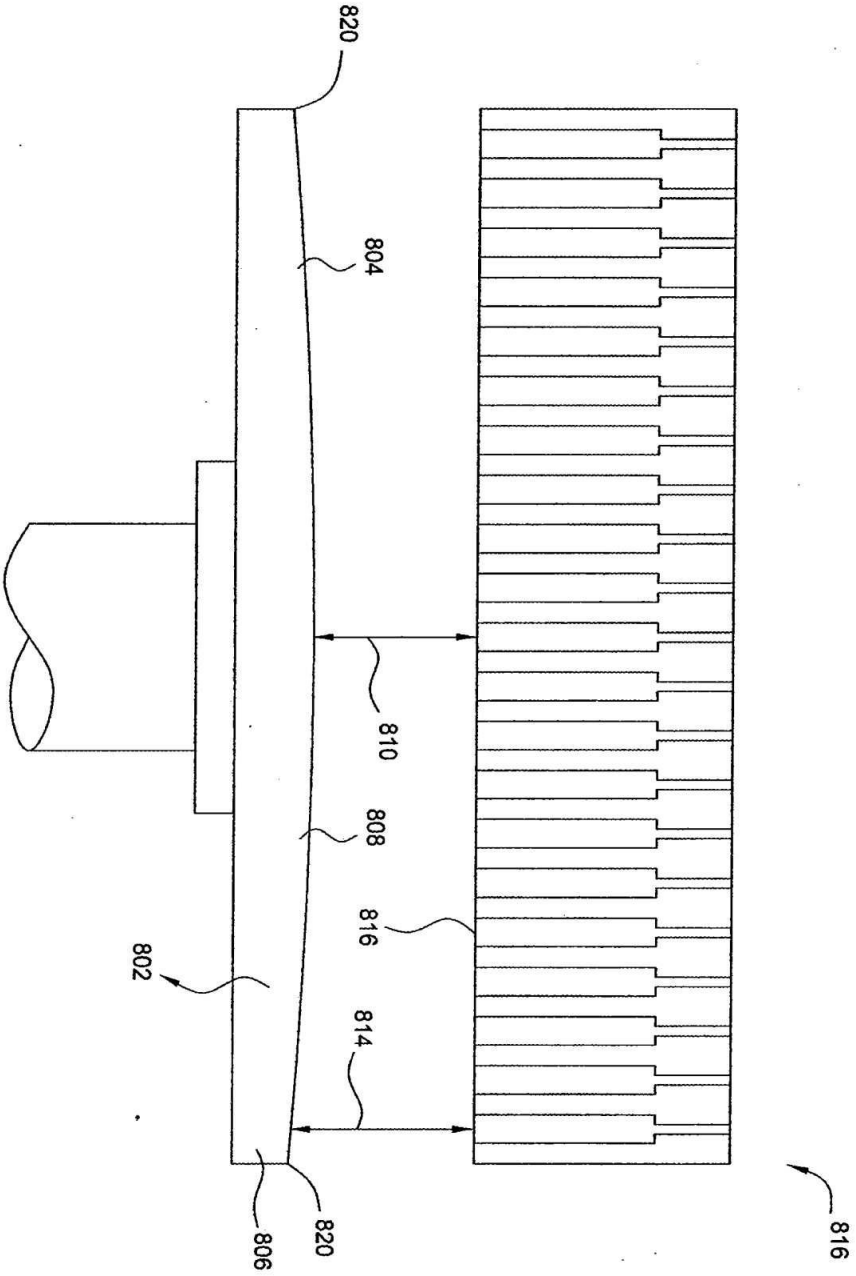
도면6



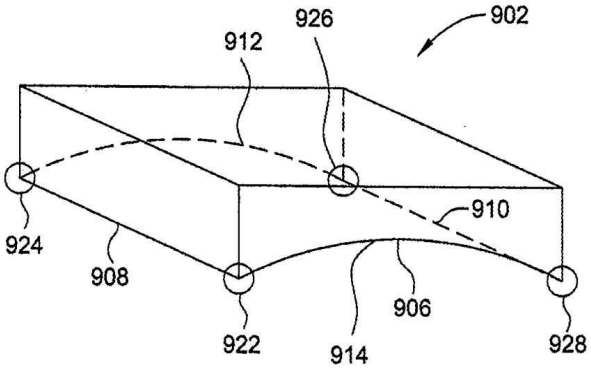
도면7



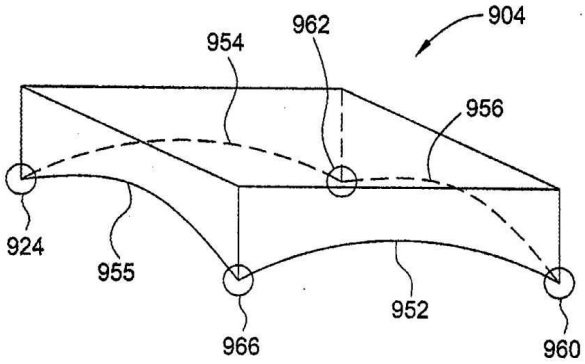
도면8



도면9A


902
926
912
910
924
908
906
922
914
928

도면9B


904
962
954
956
924
955
952
966
960