



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년10월30일
(11) 등록번호 10-1195503
(24) 등록일자 2012년10월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/205 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-7025720
(22) 출원일자(국제) 2009년04월30일
심사청구일자 2010년11월16일
(85) 번역문제출일자 2010년11월16일
(65) 공개번호 10-2010-0137568
(43) 공개일자 2010년12월30일
(86) 국제출원번호 PCT/US2009/042281
(87) 국제공개번호 WO 2010/005620
국제공개일자 2010년01월14일
(30) 우선권주장
61/077,028 2008년06월30일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020050013879 A*
KR1020060129468 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
소이텍
프랑스, 에프-38190 베른느, 슈망 데 프랑크, 뵁
페르놀로지끄 데 뭉텐느
(72) 발명자
버트램 로날드 토마스 주니어
미국 85212 애리조나주 메사 사우스 마운틴 로드
15508
(74) 대리인
정홍식

전체 청구항 수 : 총 13 항

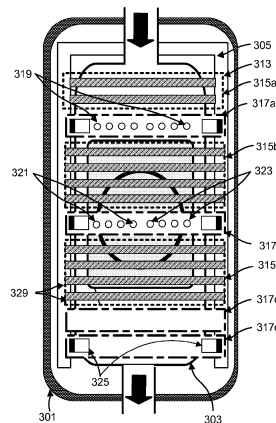
심사관 : 박문철

(54) 발명의 명칭 즉각적인 구성이 가능한 모듈형 반응기 인클로저 및 이와 관련된 기능 모듈

(57) 요약

본 발명은 모듈형의 반응기 인클로저와 기능 모듈을 포함하는 개선된 CVD 반응기 서브시스템을 제공한다. 모듈형의 반응기 인클로저는 상업적으로 이용 가능한 쿨드 월 CVD 반응기 챔버를 수용할 수 있고, 기능 모듈은 상기 반응기 인클로저의 배치되어 반응기 챔버와 함께 CVD 공정을 수행하는데 필요한 기능을 제공할 수 있다. 바람직한 기능 모듈은 CVD 반응기 챔버로 열을 공급하기 위한 모듈 및 CVD 반응기 챔버 내부의 상태를 측정하기 위한 모듈을 포함한다. 본 발명은 또한 이런 CVD 반응기 서브시스템을 구성하기 위한 방법, 특히 특정한 CVD 공정을 최상으로 수행할 수 있는 서브시스템을 구성하기 위한 방법, 및 이러한 구성 작업을 수행하기 위한 키트를 제공한다. 바람직하게, 본 발명은 하나의 CVD 반응기 서브시스템이 재구성 및 재배치되는 것을 가능케 하여 하나의 CVD 반응기 서브시스템이 다수의 상이한 CVD 공정을 최상으로 수행할 수 있다.

대표도 - 도3b



특허청구의 범위

청구항 1

모듈형의 반응기 인클로저;

상기 반응기 인클로저에 의해 지지되는 화학적 기상 증착(CVD) 반응기 챔버; 및

상기 CVD 반응기 챔버의 외부 벽에 인접한 상기 반응기 인클로저에 의해 지지되나, 구조적으로는 상기 반응기 인클로저와 독립되어 있는 복수의 독립적인 기능 모듈을 포함하고,

각각의 기능 모듈은 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분으로 상기 CVD 반응기 챔버 안에서 수행되는 공정에 유용한 일 이상의 기능을 제공하고,

적어도 하나의 기능 모듈은, 상기 CVD 반응기 챔버 내의 공정 가스 유동에 수직한 방향으로 배치되는 긴 치수 및 공정 가스 유동에 평행한 방향으로 배치되는 짧은 치수를 포함하며,

각각의 기능 모듈은,

상기 반응기 인클로저와는 구조적으로 독립되어 있고 상기 반응기 인클로저로부터 제거될 수 있는 적어도 하나의 하우징; 및

상기 하우징에 의해 지지되며 상기 기능 모듈이 수행하는 기능을 제공하기 위한 일 이상의 기능 요소;를 포함하며,

일 이상의 기능 모듈은,

상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분으로 열을 공급하기 위하여 상기 하우징에 의해 지지되는 가열 요소; 및

상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분에서의 상태를 측정하기 위하여 상기 하우징에 의해 지지되는 일 이상의 센서;를 포함하는 것을 특징으로 하는 모듈형 CVD 반응기 서비스시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 반응기 인클로저와 상기 기능 모듈 상호 간의 구성과 크기는, 상기 CVD 반응기 챔버의 상기 외부 벽에 인접한 복수의 상이한 위치에서 적어도 하나의 기능 모듈이 상기 반응기 인클로저에 의해 지지될 수 있게 하는 것을 특징으로 하는 모듈형 CVD 반응기 서비스시스템.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 기능 모듈은 복사선을 방출하는 일 이상의 복사 가열 요소를 더 포함하고, 상기 CVD 반응기 챔버의 벽은 적어도 부분적으로 상기 복사선에 대해 투과성이 있는 것을 특징으로 하는 모듈형 CVD 반응기 서비스시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 반응기 인클로저에 의해 지지되는 복수의 가열 기능 모듈을 더 포함하여서 상기 CVD 반응기 챔버 내부로 가열 프로파일을 제공하는 것을 특징으로 하는 모듈형 CVD 반응기 서브시스템.

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 센서는,

가스를 통과하여 전송된 빛의 스펙트럼 특성을 측정함으로써 상기 CVD 반응기 챔버 내부에 있는 가스의 조성을 판단하기 위한 센서,

상기 CVD 반응기 챔버 내부로부터 방출되는 복사선을 측정함으로써 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 온도를 판단하기 위한 센서,

상기 CVD 반응기 챔버 내부에 있는 표면에서 반사되는 복사선을 측정함으로써 상기 CVD 반응기 챔버 내부에 있는 상기 표면의 두께를 판단하기 위한 센서, 및

상기 CVD 반응기 챔버 내부에 있는 상기 표면에서 반사되는 복사선을 측정함으로써 상기 CVD 반응기 챔버 내부에 있는 상기 표면의 거칠기를 판단하기 위한 센서 중 일 이상의 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 모듈형 CVD 반응기 서브시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 반응기 인클로저에 의해 지지되는 복수의 계측 기능 모듈을 더 포함하여서 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 복수의 서로 다른 부분에서의 상태를 측정하는 것을 특징으로 하는 모듈형 CVD 반응기 서브시스템.

청구항 11

CVD 반응기 챔버와 복수의 독립적인 기능 모듈을 지지하는 모듈형의 반응기 인클로저를 포함하고, 독립적인 기능 모듈은 상기 CVD 반응기 챔버의 외부 벽에 인접한 상기 반응기 인클로저에 의해 지지되나 구조적으로는 상기 반응기 인클로저와 독립되어 있으며, 독립적인 기능 모듈 각각은 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분으로 상기 CVD 반응기 챔버 안에서 수행되는 공정에 유용한 일 이상의 기능을 제공하는 모듈형 CVD 반응기 서브시스템을 구성하기 위한 방법으로서,

일 이상의 독립적인 기능 모듈을 선택하는 단계;

선택된 기능 모듈 각각에 대해, 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 대응 영역을 선택하는 단계;

상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 선택된 영역 인근에 있는 상기 반응기 인클로저에 의해 지지되고 있던 기능 모듈을 제거하는 단계; 및

각각의 기능 모듈을 위하여 선택되었던 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 상기 대응 영역 인근에 있는 상기 CVD 반응기 챔버의 외부 벽에 인접한 상기 반응기 인클로저 위에 선택된 각각의 기능 모듈을 지지하는 단계를 포함하며,

상기 선택된 기능 모듈은 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부로 열을 제공하기 위한 일 이상의 가열 기능 모듈을 포함하고,

선택 영역 인근에서 상기 반응기 인클로저에 의해 이미 지지되고 있던 기능 모듈이 상기 선택 영역에 장착될 상기 선택된 기능 모듈이 제공하는 기능과 동일한 기능을 제공한 경우에는 제거되지 않으며,

상기 선택된 기능 모듈은, 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 일부분 인근에서의 상태를 측

정하기 위한 일 이상의 센서나 상기 CVD 반응기 챔버 내부에서의 선별된 상태를 측정하기 위한 일 이상의 계측 기능 모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 모듈형 CVD 반응기 서브시스템의 구성 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

제11항에 있어서,

각각의 선택된 가열 기능 모듈에 대한 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 대응 영역은, 상기 선택된 가열 기능 모듈이 상기 대응 영역 인근에서 지지된 경우 수행될 특정 CVD 공정에 의존하여 결정되는 가열 프로파일에 따라 전체 가열 기능 모듈이 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부로 열을 공급할 수 있도록 선택되는 것을 특징으로 하는 모듈형 CVD 반응기 서브시스템의 구성 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

제11항에 있어서,

각각의 선택된 계측 기능 모듈에 대한 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 대응 영역은, 상기 선택된 계측 기능 모듈이 상기 대응 영역 인근에서 지지된 경우 수행될 특정 CVD 공정에 의존하여 결정되는 계측 프로파일에 따라 상기 CVD 반응기 챔버 내부에 대한 측정이 수행될 수 있도록 선택되는 것을 특징으로 하는 모듈형 CVD 반응기 서브시스템의 구성 방법.

청구항 16

제11항에 따라 구성되는 CVD 반응기 서브시스템.

청구항 17

CVD 반응기 챔버를 지지하는 모듈형의 반응기 인클로저를 포함하는 모듈형 CVD 반응기 서브시스템에서 사용되기 위한 독립적인 기능 모듈로서,

상기 반응기 인클로저와는 구조적으로 독립되어 있으며 상기 반응기 인클로저에서 제거될 수 있는 적어도 하나의 하우징; 및

상기 하우징에 의해 지지되는 일 이상의 기능 요소를 포함하고,

독립적인 상기 기능 모듈과 모듈형의 상기 반응기 인클로저 상호 간의 구성과 크기는, 상기 CVD 반응기 챔버의 외부 벽에 인접한 복수의 상이한 위치에서 상기 기능 모듈이 상기 반응기 인클로저에 의해 지지될 수 있게 하고,

독립적인 상기 기능 모듈이 상기 CVD 반응기 챔버의 상기 외부 벽에 인접한 특정 위치에서 지지된 경우, 상기 기능 모듈은 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분으로 상기 CVD 반응기 챔버 안에서 수행되는 공정에 유용한 일 이상의 기능을 제공하며,

상기 기능 요소는,

상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분으로 열을 제공하기 위한 가열 요소; 및

상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분에서의 상태를 측정하기 위한 일 이상의 센서 요소;를 포함하는 것을 특징으로 하는 기능 모듈.

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

제17항에 있어서,

상기 센서 요소는 가스 조성 센서, 표면 특성 센서, 및 온도 센서 중 일 이상의 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 기능 모듈.

청구항 21

제17항에 있어서,

상기 기능 모듈은 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분으로 둘 이상의 기능을 제공하는 것을 특징으로 하는 기능 모듈.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 재료 처리 시스템(materials processing system) 분야에 관한 것으로, 더욱 상세히는 화학적 기상 증착(CVD; chemical vapor deposition) 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 개별적인 CVD 공정의 특정한 요구를 만족시키도록 즉시 재구성될 수 있는 모듈형(modular) CVD 반응기 인클로저(reactor enclosure)를 제공하며, 챔버(chamber) 내부의 상태를 외부에서 모니터링할 수 있다.

배경기술

[0002] 화학적 기상 증착(CVD) 공정은 반도체 기술에서 일반적으로 이용되며, 예컨대 반도체 물질의 웨이퍼를 성장시키고 처리하는데 이용된다. CVD 공정은 CVD 반응기 챔버 안에서 수행되며, CVD 반응기 챔버는 일반적으로 발생하는 부식성 환경과 고온을 견딜 수 있도록 설계된다.

[0003] 반도체 공정을 위한 CVD 반응기 챔버는, 공정 가스가 위로 들어와서 아래로 수직하게 성장 웨이퍼(growing wafer)를 향해 흐르거나(예컨대, US 6,167,834 참조), 공정 가스가 챔버의 측면에서 들어와서 수평하게 성장 기판을 가로질러 흐를 수 있도록(예컨대, US 4,828,224 참조) 구성되는 것이 일반적이다. 수직류 챔버(vertical-flow chamber)는 일반적으로 원형 형상을 갖는 것이 많고, 수평류 챔버(horizontal-flow chamber)는 일반적으로 직사각형 형상을 가져서 공정 가스가 챔버의 긴 축을 따라 흐르도록 하는 것이 많다. 후자의 유형에 대한 반응기와 그 개선 사항은 광범위하게 알려져 있다 (예컨대, US 4,828,224; 4,836,138; 5,221,556, 6,093,252; 6,143,079; 6,143,079; 6,167,834; 6,465,761; 및 7,173,216 참조).

[0004] 또한 반도체 공정에서 사용되는 CVD 반응기 챔버는 거의 항상 가열된다. 해당 분야에서 "핫 월(hot wall)"로 알려져 있는 특정 챔버는 챔버 벽을 직접 가열함으로써 챔버가 가열되며, 이 경우 이런 고온의 벽에서 전달되는 열에 의해 내부 부품이 간접적으로 가열된다. 해당 분야에서 "콜드 월(cold wall)"로 알려져 있는 다른 챔버는 투명한 석영으로 구성되며, 이 경우 외부의 가열 램프에서 챔버 벽을 통해 전달되는 적외선(infra-red; IR) 복사에 의해 내부 부품이 직접적으로 가열된다.

[0005] 콜드 월 챔버는 통상적으로 상면, 하면, 또는 이 두 면을 덮을 수 있거나 그리고/또는 둘러쌀 수 있도록 배치되는 가열 램프(선형 또는 원형)를 구비한다. 예를 들어, US 4,836,138 및 6,456,761는 반응기 인클로저 내에 존속하는 공정 가스가 수평 방향으로 흐르며 반응기 챔버의 위와 아래에 있는 인클로저에 고정된 가열 램프의 बैं크(bank)에 의해 가열되는 콜드 월 챔버를 개시한다. 반응기 챔버 위에 있는 बैं크는 챔버의 장축(long axis)을 따라 공정 가스의 길이 방향 유동에 평행하게 배치되는 복수의 가열 램프를 구비하며, 반면에 반응기 챔버 아래에 있는 बैं크는 챔버의 단축(short axis)을 따라 공정 가스의 길이 방향 유동에 수직하게 배치되는 복수의 가열 램프를 구비한다. 대부분의 종래 챔버에서 그러하듯이, 램프의 두 बैं크는 각자의 영역에서 반응기 챔버의 길이에 걸쳐 연장되어 있다. 즉, 위쪽 बैं크에 있는 램프는 긴 길이 방향 치수를 따라 배치되며 상부 벽의 전체 또는 대부분을 덮거나 상부 벽의 전체 또는 대부분에 걸쳐 연장하고, 아래쪽 बैं크에 있는 램프는 짧은 횡 방향 치수를 따라 배치되며 하부 벽의 전체 또는 대부분을 덮거나 하부 벽의 전체 또는 대부분에 걸쳐 연장한다. 위쪽과

아래쪽 뱅크에 있는 램프 사이에서 90° 로 어긋나게 배치됨으로써 축방향의 복사 균일도를 향상시킨다.

[0006] 위쪽과 아래쪽 뱅크에 있는 가열 램프를 보충하기 위하여 추가적인 가열 램프가 제공될 수 있다. 예를 들어, US 4,836,138 및 6,167,834는 위쪽과 아래쪽 뱅크에 있는 가열 램프에 더하여 반응기 챔버 아래에서 복사 집중 인클로저(radiation concentrating enclosure)에 위치하는 추가적인 가열 램프를 갖는 콜드 월 반응기를 개시한다. 이런 벌브(bulb)는 일반적으로 서셉터 축(susceptor shaft) 주위에 중점적으로 배치되어 서셉터와 다른 영역을 가열하는 작용을 한다. 이런 벌브가 가열하는 영역에서는 선형 가열 램프를 배치하기가 어렵기 때문에 추가적인 가열 램프가 없었더라면 가열되지 못했을 영역이 된다.

[0007] CVD 반응기 챔버 내의 상태를 모니터링하고 제어하는 것은 CVD 반응기 챔버 안에서 성장되고 처리되는 제품의 품질을 향상시키는데 도움을 준다. CVD 반응기 챔버 내의 상태는 예컨대 웨이퍼의 온도 프로파일, 웨이퍼의 두께, 웨이퍼의 표면 특성, 웨이퍼 인근에 있는 공정 가스의 조성 및 온도, 등등이 될 수 있다. 비록 가능하기는 하지만, 이런 모니터링을 반응기 챔버 내에 위치하는 측정 기구에 의해 수행하는 것은 바람직하지 못하다. 이런 측정 기구는 대부분의 반도체 공정 동안에 반응기 챔버에서 일어나는 고온 및 혹독한 환경을 견딜 필요가 있기 때문이다.

[0008] 대신에, 반응기 챔버 외부에 측정 기구가 배치되는 것이 바람직하며 이런 측정 기구는 투과성이 있는 챔버 벽을 통과하는 복사선에 반응함으로써 내부 상태를 모니터링한다. 이런 측정 기구는 공지되어 있다. 예를 들어, 내부의 온도는 파이로미터(pyrometer)에 의해 외부에서 측정될 수 있고, 챔버 내부에 있는 반도체 웨이퍼의 물성은 웨이퍼에서 반사되는 빛으로부터 외부에서 측정될 수 있고, 챔버 내부에 있는(예컨대, 반도체 웨이퍼 인근에 있는) 가스의 물성은 웨이퍼 근처에서 챔버를 통과하는 빛의 스펙트럼을 관측함으로써 외부에서 측정될 수 있다.

[0009] 그러나, 통상적으로 이용될 수 있는 가열 램프 구조(예컨대, 앞서 설명한 바와 같은 구조)를 이용하여 가열되는 콜드 월 CVD 반응기 챔버와 함께 외부의 측정 기구를 이용하는 것은 불가능하지는 않지만 매우 어렵다. 간단히 말하자면, 이런 구조에 있어서는 가열 램프가 길이 방향 및 횡 방향 치수의 전체 또는 대부분에 걸쳐 연장하기 때문에, 가열 램프가 챔버 면의 전체 또는 대부분을 차지하고 가린다. 통상적으로 가열 램프는 챔버 내부를 관측하는 외부의 측정 기구가 놓일 수 있는 공간을 내주지 않게 배치된다.

[0010] 본 발명자는 외부 측정 기구가 통상적으로 배치되는 가열 램프가 있는 통상적인 콜드 월 CVD 반응기 챔버와 연관되어 어떤 방식으로 이용될 수 있는 지를 기술하는 선행 기술을 발견하지 못하였다. 그러나, 챔버 내부에서 일어나는 공정을 정기적이며 확실하게 모니터링하기 위해서는 외부 측정 기구의 활용이 바람직하다.

발명의 내용

[0011] 일반적으로, 본 발명은 CVD 반응기 챔버를 위한 개선된 인클로저 및 이와 관련된 기능 모듈(예컨대, 가열 기능 모듈, 계측 기능 모듈, 및 이와 유사한 것)을 제공한다. 특히 이런 CVD 반응기 챔버는 공정 가스가 입구로부터 출구를 향해 성장하는 에피층을 가로질러 수평하게 진행하도록 구성될 수 있다. 본 발명의 CVD 반응기 및 이와 관련된 기능 모듈과 본 발명의 모듈형 반응기 인클로저는 ? 즉, "반응기 서브시스템(reactor sub-system)" ? 개별적인 CVD 공정에 맞추어서 특정하게 변경될 수 있도록 서로 결합되거나 구성될 수 있으며, 이런 반응기 서브시스템은 공지된 보조적인 서브시스템(예컨대, 가스 처리 서브시스템)과 결합되어 기능성(functional) CVD 시스템을 형성할 수 있다. 바람직한 CVD 반응기 챔버는 적어도 부분적으로 넓은 영역대의 전자기(electromagnetic; EM) 복사선을 투과시킬 수 있는 석영으로 만들어지며, 본 기술 분야에서 "콜드 월"로 알려진 방식으로 작동되며, 바람직한 구성은 계측 기능 모듈을 포함한다. 계측 기능 모듈은 적어도 부분적으로 석영으로 이루어진 벽을 갖는 반응기 챔버 내부의 상태를 외부에서 감지하기 위한 것이다.

[0012] 간략하게 말하자면, 적어도 본 발명의 모듈형 반응기 인클로저의 크기와 구성은, CVD 반응기 챔버 및 이와 관련된 일 이상의 기능 유형으로 이루어진 일 이상의 기능 모듈을 지지 및 유지할 수 있는 기계적 프레임워크(framework)를 제공할 수 있다. 인클로저의 기계적 프레임워크는, 기능 모듈과 CVD 반응기 챔버 모두가 ? 전체적으로, "지지 모듈(supported module)"로 칭해짐 ? 즉시 교체 및 재배치될 수 있는 방식으로 CVD 반응기 챔버 외부에 있는 기능 모듈을 지지한다. 비록 지지 모듈이 즉시 교체 및 재배치될 수 있지만, CVD 반응기 챔버 내에서 공정이 안정적으로 수행되기 위하여 지지 모듈이 충분히 고정될 수 있도록 인클로저는 지지 모듈을 유지한다. 바람직하게는, 본 발명의 반응기 인클로저는 다양한 범위에 걸쳐진 상업적으로 이용 가능한 CVD 반응기 챔버와 함께 다양한 범위에 걸쳐진 이와 관련된 본 발명의 기능 모듈을 수용할 수 있다. 중요한 점은, 바람직한 기능 모듈(예컨대, 바람직한 계측 기능 모듈)에 있어서 이들이 장착되는 석영으로 된 반응기(상대적으로 부서지기 쉬운 것이 일반적임)에 대한 기계 가공이나 개조가 요구되지 않는다는 것이다.

- [0013] 본 발명은 또한 관련된 기능 모듈을 포함하는데, 이들은 CVD 반응기 챔버와 함께 본 발명의 반응기 인클로저에 의해 지지 및 유지된다. 여기서, 기능 모듈은 반응기 챔버 외부에 존재하게 된다. 이런 기능 모듈은 전형적으로 일 이상의 유형으로 된 일 이상의 센서를 지지 및 유지하는 기계적 프레임워크를 포함한다. 기능 모듈이 즉시 배치되고(예컨대, 인클로저에서), 교체되고, 유지되고, 제거될 수 있도록 각각의 기능 모듈의 기계적 프레임워크는 반응기 인클로저와 같이 작동될 수 있게 구성되며 그에 적합한 크기를 갖는다. 따라서 각각의 기능 모듈의 기계적 프레임워크는 반응기 인클로저의 기계적 프레임워크와는 구조적으로 독립되어 있으며 반응기 인클로저의 기계적 프레임워크와 일체화되지 않는다. 상이한 유형으로 된 서로 다른 기능 모듈의 기계적 프레임워크는 공통적인 크기와 구성(예컨대, 표준적인 크기)을 갖는 것이 바람직하며, 그 결과 하나의 반응기 인클로저가 상이한 기능 유형으로 된 상이한 기능 모듈의 구성을 지지 및 유지할 수 있다. 바람직한 센서는 반응기 내부로부터 반응기 벽의 투명한 부분을 통과하는 복사선을 측정함으로써 반응기 챔버 내부의 상태에 반응한다. 또한 다른 선택적인 센서는 외부 상태에 반응할 수도 있다.
- [0014] 기능 모듈은 단지 하나의 기능을 제공하는 것에 한정되지 않는다. 오히려 본 발명의 기능 모듈은 CVD 반응기 챔버와 그 내부의 인접한 부분으로 다수의 상이한 기능이나 다양한 유형의 단일 기능을 제공하는 다기능 모듈이 될 수 있다. 예를 들어, 하나의 기능 모듈은 CVD 반응기 챔버와 그 내부의 인접한 부분으로 가열 기능 및 계측 기능의 두 가지 기능을 모두 제공할 수 있다.
- [0015] 더욱 상세히 말하자면, 본 발명의 바람직한 실시 예는 전형적인 수평류(horizontal flow) 형식의 콜드 월 CVD 챔버에서 사용되도록 구성될 수 있는 개선되고 유연한 계측 기능을 가능하게 한다. 공지되어 있는 콜드 월 반응기 챔버는 적어도 부분적으로 석영 물질(또는 다른 투명한 물질)로 구성되는 것이 일반적이며, 가열 램프에서 나와 석영 벽을 통해 반응기로 들어가는 복사선에 의해 가열될 수 있다. 바람직하게도, 챔버 벽의 투명한 부분은 또한 반응기에서 나와 벽을 통해 외부로 나가는 EM(electromagnetic) 복사선에 반응하는 센서를 이용함으로써 챔버 내부의 상태를 모니터링할 수 있게 한다. 크게 유리한 점은 아니지만, 이러한 외부의 모니터링은 다음과 같은 이유로 인하여 이전에는 가능한 것이 아니었다. 즉, 콜드 월 반응기는 챔버의 수평한 벽에 인접한 가열 램프의 고정된 뱅크를 지지하는 반응기 인클로저에 장착되는 것이 일반적이었고, 이런 가열 램프의 고정된 뱅크는 챔버 벽을 차단하고 가로 막도록 구성되는 것이 일반적이어서, 그에 의해 챔버 내부를 관측하기 위한 외부의 센서를 방해하기 때문이다.
- [0016] 이런 맥락에서 볼 때, 본 발명의 바람직한 실시 예가 제공하는 개선점은 부분적으로는 통상적인 위쪽의 가열 램프를 제거하고 그 대신에 가열 기능 모듈 내부에 가열 램프를 제공하는 것으로 여겨질 수 있다. 여기서 가열 기능 모듈은 센서가 위쪽의 챔버 표면 일부를 이용할 수 있도록 반응기 챔버 위에 배치될 수 있다. 예를 들어 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 위쪽의 가열 요소는 반응기의 작동과 그 안에서 수행되는 공정을 개선하기 위하여 배치, 제거, 교환, 및 이와 유사한 작업이 가능한 복수의 독립적인 기능 모듈로 분할되어 배치될 수 있다. 바람직하게는, 반응기의 위쪽 표면을 이용할 수 있게 하기 위하여, 가열 기능 모듈에 있는 가열 요소(예컨대, 램프)는 종래 기술에서 통상적으로 이용되는 고정된 위쪽 가열 요소와 비교하여 90° 로(즉, 가스 유동에 수직한 방향으로) 회전될 수 있다. 일반적으로, 아래쪽의 가열 요소는 위쪽의 가열 요소의 재배치로 인하여 손실되는 가열 능력을 그 이상으로 보충할 수 있다.
- [0017] 그리고 나서 센서는 위쪽의 가열 요소에 의해 더 이상 가로막히지 않은 구역에 배치될 수 있으며, 바람직하게는 에피층 주위의 영역을 측정하거나, 에피층 자체를 측정하거나, 또는 다른 영역을 측정할 수 있게 배치될 수 있다. 이런 센서가 가능케 하는 계측 기능의 예는 온도 제어, 가스 조성 분석, 에피층 두께, 에피층 표면의 거칠기, 등등을 포함하나 반드시 이에 한정되지는 않는다. 이런 계측 데이터는 챔버를 이용하여 수행되는 공정을 더욱 정밀하게 제어하는데 이용될 수 있으며, 궁극적으로는 개량된 제품을 만들게 된다.
- [0018] 선택적으로, 아래쪽의 가열 요소도 가열 기능 모듈 안에 위치할 수 있으며, 이런 가열 기능 모듈은 공정 가스 유동에 평행하거나 수직하게 배치될 수 있다. 아래쪽 가열 요소의 모듈화는 또한 다음과 같은 사항을 가능케 한다. 즉, 이는 센서가 챔버의 아래쪽 표면을 이용할 수 있다는 점(비록 아래쪽 표면에서의 측정은 일반적으로 상대적으로 덜 중요한 데이터를 수집하지만), 입력측 및 출력측 고정구 인근에 가열 요소를 배치할 수 있다는 점, 예컨대 챔버 또는 챔버 입구 내부에 플라즈마를 발생시킴으로써 선구체(precursor)의 추가나 변형이 가능하다는 점이 그것이다.
- [0019] 본 발명은 또한 반응기 서브시스템을 구성하기 위한 방법을 제공하는데, 이는 본 발명의 모듈형 반응기 인클로저와 독립적인 기능 모듈에 의해 가능해진다. 일반적으로, 이러한 구성은 반응기 서브시스템에서 사용될 새로운 기능 모듈을 선택하고 반응기 챔버를 따라 선택된 기능 모듈이 장착되어야할 위치를 선택하는 것으로 이루어진

다. 일반적으로, 특정 위치에서 지지되는 기능 모듈은 반응기 챔버와 그 내부의 인접한 부분으로 특정 기능을 제공하며, 다수의 위치에서 지지되는 다수의 기능 모듈은 특정 기능의 공간적 분포 내지는 프로파일(profile)을 제공한다. 다음으로, 어느 기능 모듈이 선택된 위치에서 현재 지지되고 있으나 이 기능 모듈이 계획된 새로운 기능 모듈과 다른 경우에는 이 기능 모듈이 제거되며, 선택된 위치에는 선택된 기능 모듈이 반응기 인클로저에 장착되고 지지된다. 이러한 구성은 반응기 인클로저나 CVD 반응기 챔버에 어떠한 구조적 변화를 주지 않고도 수행될 수 있다. 일반적으로, 이런 작업은 일상적인 유지보수 작업보다 시간이 덜 소모되고 어렵지 않다.

[0020] 어느 한 반응기 서브시스템이 특정하게 선택된 공정을 위해 구성되는 경우, 선택된 공정에 적합하도록 챔버 내에서 기능의 프로파일 및 분포를 제공할 수 있도록 기능 모듈과 기능 모듈의 위치를 선택하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 열이 특정한 공간적 분포나 프로파일을 가지도록 반응기 챔버로 공급된다면 선택된 공정이 최상의 환경에서 수행될 수 있을 것이다. 이런 공정에 있어서, 어느 특정한 가열 프로파일(heating profile)을 제공할 수 있도록 가열 기능 모듈과 가열 기능 모듈의 위치를 선택해야 할 것이다. 이와 유사하게, 챔버 내부의 어느 특정한 위치에서 챔버 내부의 어느 특정한 특성이 모니터링될 수 있다며 선택된 공정이 최상의 환경에서 수행될 수 있을 것이다. 여기서 어느 특정한 측정 분포 또는 프로파일을 제공할 수 있도록 계측 기능 모듈과 계측 기능 모듈의 위치를 선택할 수 있다.

[0021] 본 발명은 또한 반응기 인클로저와 호환 가능한 구성으로 이용될 수 있는 기능 모듈 키트(kit)를 제공한다. 여기에서 설명되는 바와 같이 기능 모듈과 반응기 인클로저 상호 간의 구성과 크기는 반응기 서브시스템의 즉각적인 재구성 및 재배치를 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 어느 설비가 이런 키트를 비축할 수 있어서 반응기 서브시스템이 지체 없이 새로운 요구 조건에 맞도록 구성될 수 있다.

[0022] 더욱 상세히 말하자면, 일 실시 예에 있어서 본 발명은 모듈형의 반응기 인클로저, 상기 반응기 인클로저에 의해 지지되는 화학적 기상 증착(CVD) 반응기 챔버, 및 상기 CVD 반응기 챔버의 외부 벽에 인접한 상기 반응기 인클로저에 의해 지지되나, 구조적으로는 상기 반응기 인클로저와 독립되어 있는 복수의 독립적인 기능 모듈을 포함하는 모듈형 화학적 기상 증착(CVD) 반응기 서브시스템을 제공한다. 각각의 기능 모듈은 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분으로 상기 CVD 반응기 챔버 안에서 수행되는 공정에 유용한 일 이상의 기능을 제공한다. 상기 반응기 인클로저와 상기 기능 모듈 상호 간의 구성과 크기는, 상기 CVD 반응기 챔버의 상기 외부 벽에 인접한 복수의 상이한 위치에서 적어도 하나의 기능 모듈이 상기 반응기 인클로저에 의해 지지될 수 있게 하는 것이 바람직하다.

[0023] 기능 모듈은 상기 CVD 반응기 챔버 내의 공정 가스 유동에 수직한 방향으로 배치되는 긴 치수 및 공정 가스 유동에 평행한 방향으로 배치되는 짧은 치수를 가질 수 있으며, 또는 이와 반대인 경우도 가능하다. 기능 모듈은, 상기 반응기 인클로저와는 구조적으로 독립되어 있고 상기 반응기 인클로저로부터 제거될 수 있는 적어도 하나의 하우징 및 상기 하우징에 의해 지지되며 상기 기능 모듈이 수행하는 기능을 제공하는 일 이상의 기능 요소를 포함하는 것이 바람직하다. 상기 하우징에 지지되는 기능 요소는 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분으로 열을 공급하기 위한 가열 요소를 포함할 수 있다. 일 이상의 가열 요소는 복사선을 방출하는 복사 가열 요소가 될 수 있으며, 상기 CVD 반응기 챔버의 벽은 적어도 부분적으로 상기 복사선에 대해 투과성이 있다. 복수의 가열 기능 모듈은 대응 위치에서 반응기 인클로저에 의해 지지될 수 있어서 상기 CVD 반응기 챔버 내부로 선택된 가열 프로파일을 제공한다.

[0024] 하우징에 의해 지지되는 기능 요소는 또한 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분에서의 상태를 측정하기 위한 일 이상의 센서를 포함할 수 있다. 계측 기능 모듈은 다양한 종류의 센서를 포함할 수 있다. 이는 예컨대 가스를 통과하여 전송된 빛의 스펙트럼 특성을 측정함으로써 상기 CVD 반응기 챔버 내부에 있는 가스의 조성을 판단하기 위한 센서, 상기 CVD 반응기 챔버 내부로부터 방출되는 복사선을 측정함으로써 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 온도를 판단하기 위한 센서, 상기 CVD 반응기 챔버 내부에 있는 표면에서 반사되는 복사선을 측정함으로써 상기 CVD 반응기 챔버 내부에 있는 상기 표면의 두께를 판단하기 위한 센서, 상기 CVD 반응기 챔버 내부에 있는 상기 표면에서 반사되는 복사선을 측정함으로써 상기 CVD 반응기 챔버 내부에 있는 상기 표면의 거칠기를 판단하기 위한 센서, 해당 기술 분야에서 알려진 다른 센서가 될 수 있다. 복수의 계측 기능 모듈은 대응 위치에서 상기 반응기 인클로저에 의해 지지될 수 있어서 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 복수의 서로 다른 부분에서의 선택된 상태를 측정할 수 있다.

[0025] 또 다른 실시 예에 있어서, 본 발명은 본 발명의 모듈형 CVD 반응기 서브시스템(앞선 실시 예의 모듈형 CVD 반응기 서브시스템과 같은)을 구성하기 위한 방법을 제공한다. 이런 방법은 다음과 같다. 우선, 일 이상의 독립적인 기능 모듈이 선택되고, 선택된 기능 모듈 각각에 대해 상기 CVD 챔버와 상기 CVD 챔버 내부의 대응 영역이

선택되고, 그리고 나서 상기 CVD 챔버와 상기 CVD 챔버 내부의 선택된 영역 인근에 있는 상기 반응기 인클로저에 의해 지지되고 있던 기능 모듈이 제거되고, 마지막으로 각각의 기능 모듈을 위하여 선택되었던 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 상기 대응 영역 인근에 있는 상기 CVD 챔버의 외부 벽에 인접한 상기 반응기 인클로저 위에 선택된 각각의 기능 모듈이 지지된다. 특정 위치 인근에서 상기 반응기 인클로저에 의해 이미 지지되고 있던 기능 모듈이 상기 특정 위치 인근에 장착되도록 선택된 기능 모듈이 제공하는 기능과 동일한 기능을 제공한 경우에는 제거될 필요가 없다.

[0026] 선택된 기능 모듈은 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부로 열을 제공하기 위한 일 이상의 가열 기능 모듈, 또는 상기 CVD 반응기 챔버 내부에서의 선택된 상태를 측정하기 위한 일 이상의 계측 기능 모듈, 또는 다른 유형의 기능 모듈을 포함할 수 있다. 선택된 가열 기능 모듈에 대한 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 대응 영역은, 상기 가열 기능 모듈이 상기 선택된 대응 영역 인근에서 장착된 경우 바람직한 가열 프로파일에 따라 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부로 열이 공급될 수 있도록 선택될 수 있다. 이와 유사하게, 선택된 계측 기능 모듈에 대한 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 대응 영역은, 상기 계측 기능 모듈이 상기 선택된 대응 영역 인근에서 장착된 경우 바람직한 계측 프로파일에 따라 상기 CVD 반응기 챔버 내부에 대한 측정이 수행될 수 있도록 선택될 수 있다. 가열 프로파일과 계측 프로파일은 수행될 특정 CVD 공정에 따라 결정된다.

[0027] 본 발명은 또한 본 발명에 따르는 방법(예컨대, 앞선 실시 예의 구성 방법)에 의해 구성되는 모듈형 CVD 반응기 서브시스템을 제공한다.

[0028] 또 다른 실시 예에 있어서, 본 발명은 본 발명에 따르는 모듈형 CVD 반응기 서브시스템을 구성 및 재구성하는데 사용될 수 있는 일 이상의 독립적인 기능 모듈 및 독립적인 기능 모듈의 키트를 제공한다. 바람직하게 독립적인 기능 모듈은 상기 반응기 인클로저와는 구조적으로 독립되어 있으며 상기 반응기 인클로저에서 제거될 수 있는 적어도 하나의 하우징 및 상기 하우징에 의해 지지되는 일 이상의 기능 요소를 포함한다. 독립적인 상기 기능 모듈과 모듈형의 상기 반응기 인클로저 상호 간의 구성과 크기는, 상기 CVD 반응기 챔버의 외부 벽에 인접한 복수의 상이한 위치에서 상기 기능 모듈이 상기 반응기 인클로저에 의해 지지될 수 있게 하는 것이 바람직하다. 또한, 독립적인 상기 기능 모듈이 상기 CVD 반응기 챔버의 상기 외부 벽에 인접한 특정 위치에서 지지된 경우, 상기 기능 모듈은 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분으로 상기 CVD 반응기 챔버 안에서 수행되는 공정에 유용한 일 이상의 기능을 제공한다.

[0029] 기능 요소는 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분으로 열을 제공하기 위한 가열 요소 및 상기 CVD 반응기 챔버와 상기 CVD 반응기 챔버 내부의 인접한 부분에서의 상태를 측정하기 위한 센서 요소를 포함할 수 있다. 계측 기능 모듈은 가스 조성 센서, 표면 특성 센서, 온도 센서, 및 해당 기술 분야에서 알려진 다른 센서와 같이 다양한 종류의 센서를 포함할 수 있다.

[0030] 하나의 기능 모듈은 또한 다수의 상이한 기능을 제공할 수 있다. 예컨대, 하나의 기능 모듈이 가열 기능 및 계측 기능의 두 기능을 모두 제공할 수 있다.

[0031] 여기서 사용된 제목(heading)은 명확성을 위한 것이며 한정 의도를 가지고 사용된 것은 아니다. 다수의 참고 문헌이 여기에서 인용되었으며, 이를 참조함으로써 그 전체 내용은 본 명세서에 포함될 것이다. 또한, 참고 문헌의 내용과는 무관하게 인용된 참고 문헌을 여기서 청구하는 본 발명의 대상에 대한 선행 기술로 인정하는 것은 아니다. 본 발명의 추가적인 특성과 상세 내용과 구성 요소의 대안적인 조합은 아래의 상세한 설명으로부터 명백해 질 것이며, 이 역시 본 발명의 범위 내에 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 본 발명의 바람직한 실시 예에 대한 아래의 상세한 설명, 본 발명의 특정 실시 예에 대한 예시적 사례, 및 첨부된 도면을 참조함으로써 본 발명이 더욱 완벽하게 이해될 수 있을 것이다. 여기서,

도 1은 고정된 가열 요소를 갖는 반응기 인클로저의 예시적인 선행 기술을 도시한 것이며,

도 2a-c는 다양한 가열 기능 모듈을 갖는 본 발명의 실시 예를 도시한 것이며,

도 3a-b는 다양한 가열 기능 모듈과 다양한 계측 기능 모듈을 갖는 본 발명의 실시 예를 도시한 것이며,

도 4a-c는 본 발명의 기능 모듈의 세부 사항을 개략적으로 도시한 것이며,

도 5a-b는 본 발명의 기능 모듈의 세부 사항을 개략적으로 도시한 것이며,

도 6은 본 발명의 기능 모듈과 통상적인 반응기 챔버를 갖는 본 발명의 반응기 인클로저의 횡방향 단면도를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 모듈식으로 재구성될 수 있는 본 발명의 반응기 인클로저에 대한 바람직한 실시 예가 설명될 것이다. 그러나, 이를 설명하기에 앞서, 통상적인 종래 기술의 반응기 인클로저를 간략하게 설명하기로 한다.
- [0034] 도 1(종래 기술임)은 통상적인 종래 기술의 반응기 인클로저를 적절한 면에서 바라본 평면도를 개략적으로 도시한 것이다. 도 1은 설명을 위한 목적으로 제공된 것이며, 반드시 어느 특정한 종래의 반응기 인클로저나 어느 특정한 종래의 반응기 챔버를 기술적으로 정확하게 표현한 것은 아니다. 반응기 인클로저 또는 하우징(101)은 CVD 반응기 챔버(103)를 지지하고 유지한다. CVD 반응기 챔버(103)는 통상적으로 투명한 석영으로 만들어지며, 그 내부에는 서셉터(105; susceptor) 및 서셉터 제어판(107; susceptor control plate)과 같은 통상적인 부품을 포함한다. 서셉터(105)는 반도체 웨이퍼(에피층; epilayer)를 지지하는 역할을 하며, 서셉터 제어판(107)은 서셉터(105)의 온도 안정성을 향상시키는 역할을 한다. 공정 가스는 요구되는 가스 흐름의 형태를 만들도록 구성되는 하나 또는 복수의 입구(109)를 통해 반응기 챔버(103)로 들어온다. 그 이후에 공정 가스는 서셉터(105) 위에 있는 일 이상의 에피층을 가로질러 흐르는데, 여기에서 공정 가스는 물질을 증착하거나 에피층을 처리하도록 반응한다. 그 이후에 공정 가스는 출구(111)를 통해 챔버를 빠져나간다.
- [0035] 도 1은 또한 서셉터와 에피층을 공정 온도(예컨대, 1000 °C 이상)로 가열하는 복사 가열 요소(113, 115; radiant heating element)를 보여준다. 복사 가열 요소(예컨대, 가열 램프 등등)에서 나오는 IR 복사는 거의 흡수되지 않은 채로 반응기 챔버 벽을 통과하여 챔버 내부에 있는 부품이 이를 흡수함으로써 챔버 내부에 있는 부품이 가열된다. 석영으로 된 챔버 벽은 상대적으로 낮은 온도로 유지되는데(따라서 이런 구조는 "콜드 월"로 알려져 있음), 이는 챔버 벽이 기껏해야 직접 가열된 내부 부품에 의해 간접적으로 가열되기 때문이다. 복사 가열 요소는 저항 필라멘트를 갖는 통상적인 램프, 발광 고체 구조(light-emitting solid state structure)(예컨대, US 7,173,216 참조), 또는 다른 복사 장치를 포함할 수 있다. 복사 가열 요소는 또한 전도 가열 요소(conductive heating element)와 결합될 수도 있다.
- [0036] 여기서 설명되는 바와 같이, 흔히 이런 가열 요소는 반응기 인클로저(101)의 벽에 영구적으로 부착되는 고정구(fixture), 소켓(socket), 또는 이와 유사한 것 사이에서 연장된다. 반응기 내부의 부품 ? 예컨대, 서셉터(105) ? 의 위쪽 면을 가열하기 위하여 다수의 가열 요소(113)가 반응기 챔버(103) 위에 있는 반응기 인클로저(101)(즉, 위쪽 뱅크)에 위치할 수 있도록, 가열 요소 고정구가 구성되며 배치되는 것이 일반적이다. 내부 부품의 아래쪽 면을 가열하기 위하여 다수의 추가적인 가열 요소(115)가 반응기 챔버(103) 아래에 있는 반응기 인클로저(즉, 아래쪽 뱅크)에 위치할 수 있도록, 또 다른 가열 요소 고정구가 구성되며 배치되는 것이 일반적이다. 대체로 가열 요소의 위쪽과 아래쪽 뱅크는 서로 수직하게 배치된다. 더욱 균일한 가열 환경을 제공하기 위하여 위쪽 뱅크는 통상적으로 긴 길이방향 축을 따라(공정 가스가 입구에서 출구로 흐르는 방향을 따라) 배치된다(종래 기술). 비록 "가열 램프"는 단지 복사 가열 요소의 한 종류인 것으로 알려져 있지만, 아래의 설명에 있어서 복사 가열 요소가 "가열 램프"로 칭해지기도 하는데 이는 한정 의도를 가진 것은 아니다.
- [0037] 본 발명으로 돌아와서 설명하자면, 앞서 기술된 바와 같은 공지된 종래의 반응기 인클로저와 비교하여 향상된 모듈성(modularity), 향상된 성능, 및 향상된 유연성(flexibility)을 갖는 새로운 반응기 인클로저가 제공된다. 본 발명의 바람직한 실시 예에 있어서는, 가열 요소가 반응기 인클로저 자체에 의해 지지되지 않으며, 대신에 일 이상의 독립적인 모듈에서 지지된다. 이런 독립적인 모듈은 여기서 "가열 기능 모듈(heating function module)"로 칭해지며, 반응기 인클로저가 이런 모듈을 지지하고 유지한다. 바람직한 실시 예에 있어서, 본 발명은 또한 가열 이외의 다른 기능을 갖는 독립적인 모듈(예컨대, 계측 기능을 제공하는 모듈)을 포함한다. 이런 기능 모듈들은 하나의 기능만을 제공하는 것으로 한정되지 않으며, CVD 반응기 챔버 및 그 내부의 인접한 부분으로 다수의 상이한 기능 또는 다양한 유형의 단일 기능을 제공하는 다기능 모듈(multi-function module)이 될 수 있다.
- [0038] 그리고 반응기 인클로저는 일 이상의 가열 기능 모듈뿐만 아니라 일 이상의 계측 기능 모듈을 갖도록 구성될 수 있다. 상이한 기능 유형으로 된 기능 모듈의 독립성과 모듈성 때문에, 하나의 반응기 인클로저는 상이한 시점에서 상이한 배치를 가지면서 상이한 유형의 기능 모듈을 개수를 달리하여 지지하고 유지할 수 있다. 반응기 인클로저와 독립적인 기능 모듈은 물리적으로 호환될 수 있도록 설계되기 때문에(예컨대, 이들이 표준적인 크기로 구성되며, 되돌릴 수 있고 표준적인 부착 수단을 가짐으로써), 이러한 특징이 가능해진다.

- [0039] 이하 "구성"이란 용어를 반응기 인클로저에 의해 지지되고 유지되는 기능 모듈의 현재 개수 및 현재 유형을 나타내도록 사용하고, "배치"란 용어를 반응기 인클로저에 있는 기능 모듈의 현재 물리적 레이아웃(layout)을 나타내도록 사용함으로써, 본 발명의 전술한 특징 및 다른 특징에 대한 설명이 용이해 질 것이다. 그리하여, 하나의 반응기 인클로저는 상이한 시점에서 기능 모듈의 상이한 구성(예컨대, 상이한 개수와 유형)을 가질 수 있으며, 하나의 구성을 갖는 하나의 반응기 인클로저는 상이한 시점에서 기능 모듈의 상이한 배치(예컨대, 상이한 위치 또는 레이아웃)을 가질 수 있다.
- [0040] 또한, "지지"란 용어는 중력 및 이와 유사한 것에 대항할 수 있도록 어느 요소를 지지하는 것을 지칭하는데 사용되며, "유지"란 용어는 CVD 공정이 수행될 수 있도록 어느 한 요소를 충분히 고정된 상태로 유지하는 것을 지칭하는데 사용된다. 기능 모듈은 지지 수단(이에 대해서는 아래에서 설명될 것이며, 지지 수단은 유지 수단으로도 작용할 수 있음)을 갖는 실시 예를 제공함으로써 지지된다. 몇몇 실시 예에 있어서 기능 모듈은 단순히 지지됨으로써 유지될 수 있으며, 반면에 다른 실시 예에 있어서는 유지 수단(이에 대해서는 아래에서 설명될 것이며, 유지 수단은 지지 수단으로도 작용할 수 있음)이 제공된다. 또한, "길이"란 용어는 일반적으로 어느 구조물의 긴 치수를 지칭하는데 사용되며, 반면에 "폭"이란 용어는 일반적으로 어느 구조물의 짧은 치수를 지칭하는데 사용된다. "길이 방향"이란 일반적으로 챔버 내에 있는 가스 흐름의 진행 방향(또는 이와 평행한 방향)이며, "횡 방향"이란 일반적으로 챔버 내에 있는 가스 흐름의 진행 방향에 수직인 방향이다. 어느 구조물의 길이는 길이 방향 또는 횡 방향 중 어느 하나가 될 수 있으며, 그러면 폭은 각각 횡 방향 또는 길이 방향이 된다.
- [0041] 이제 본 발명의 바람직한 실시 예의 전술한 측면 및 다른 측면이 도 2-6을 참조하여 더욱 상세히 설명될 것이다. 일반적으로, 이러한 도면은 서셉터, 제어판, 입구, 및 출구와 같은 통상적인 내부 부품과 함께 본 발명의 반응기 인클로저(201, 301, 및 603)를 보여준다. 반응기 인클로저(201, 301, 및 603)는 각각 통상적인 석영 CVD 반응기 챔버(203, 303, 및 609)를 지지하고 유지한다. 다만, 모든 도면에 대하여 도시된 기능 모듈, 도시된 CVD 반응기 챔버, 도시된 특징과 부품, 및 이와 유사한 것은 한정 의도를 가지지 않는다는 점이 이해되어야만 할 것이다. 도시되지 않은 다른 실시 예는 다른 기능 모듈, 다른 반응기 챔버, 다른 특징과 부품 등등을 포함할 수 있다. 반응기 챔버의 상세한 내용은 본 발명의 일부가 아니고 도 1과 관련하여 이미 제공된 설명을 넘어서므로 더 이상 설명하지 않기로 한다. 또한, 도면들은 예컨대 배선, 플러그와 소켓, 기계적 부착 장치 등과 같이 해당 분야에서 통상적인 기술을 가진 자가 용이하게 제공하고 구성할 수 있는 일상적인 부품을 도시하지 않았다.
- [0042] 본 발명의 바람직한 실시 예는 가열 기능 모듈을 포함하는데, 특히 이런 가열 기능 모듈은 하나의 반응기 인클로저가 다수의 상이한 구성으로 된 상이한 가열 기능 모듈을 다수의 상이한 배치 상태로 수용할 수 있도록 구성된다. 따라서, 도 2a-c는 서로 다른 예시적인 가열 기능 모듈이 상이한 개수로 이루어진 세 개의 예시적인 구성을 갖는 하나의 반응기 인클로저를 보여주고 있다.
- [0043] 일반적으로, 도 2a-c는 반응기 인클로저에서 즉시 배치 및 재배치될 수 있는 독립적인 모듈(즉, 가열 기능 모듈)에서 가열 요소가 지지되고 유지되는 모습을 보여준다. 또한 이들 도면은 가열 기능 모듈이 예컨대, 2, 3, 4, 5, 또는 6개의 가열 요소와 같이 상이한 개수의 가열 요소를 가질 수 있다는 것을 보여준다. 비록 여기서는 가열 요소가 유사한 형상의 선형 가열 램프로서 도시되었지만, 가열 기능 모듈은 다른 유형의 가열 요소를 포함할 수 있으며, 하나의 가열 기능 모듈은 상이한 유형 또는 조합된 유형의 가열 요소를 포함할 수 있으며, 하나의 반응기는 가열 기능 모듈이 상이한 유형의 가열 요소를 가지도록 구성될 수 있다. 특정한 반응기 인클로저와 함께 사용되는 가열 기능 모듈의 이런 유형, 개수, 및 배치는 내부에 있는 CVD 반응기 챔버에서 수행되는 공정에 적합한 챔버 가열 특성을 제공할 수 있도록 선택되는 것이 바람직하다. 하나의 반응기 인클로저는 가열 기능 모듈의 상이한 구성 및 배치를 가질 수 있어서, 이런 가열 기능 모듈이 챔버에서 수행될 상이한 공정에 적합하도록 선택된 다양한 가열 프로파일(heating profile)을 제공할 수 있다.
- [0044] 더욱 상세히 설명하자면, 도 2a-b는 상부(CVD 반응기 챔버 위에 있는) 가열 기능 모듈을 도시한 것이다. 이런 가열 기능 모듈은 챔버의 장축에 대해(또는 공정 가스 유동 방향에 대해) 가로지르도록 배치되고, 챔버의 폭에 상당한 길이를 가지며, 챔버의 길이의 단지 일부분에 해당하는 폭을 갖는 것이 바람직하다. 가열 요소는 개별적인 가열 요소의 특징을 수용하는 가열 기능 모듈 안에 배치될 수 있으며, 가열 램프가 횡 방향으로 배치된 가열 기능 모듈 안에서 횡 방향 또는 길이 방향으로 배치될 수 있다. 여기서, 가열 램프는 횡 방향으로 배치되는 것이 바람직하다.
- [0045] 도 2a는 네 개의 가열 기능 모듈, 즉 모듈(221a, 221b, 221c, 및 221d)으로 구성된 반응기 인클로저를 개략적으로 도시한 것이다. 이런 네 개의 가열 기능 모듈 모두는 네 개의 가열 요소를 구비하며, 인클로저(201)의 상부

에서 반응기 챔버(203) 위에 배치된다. 가열 요소는 필라멘트를 갖는 가열 램프, LED 어레이(array), 및 이와 유사한 것과 같은 기존의 가열 요소로부터 선택될 수 있다. 이런 가열 기능 모듈과 그 가열 요소는 모두 가스 유동 및 챔버(203)의 장축에 대해 횡 방향으로 배치된다. 길이 방향의 가열 요소와 같은 추가적인 장치가 반응기 챔버(203) 아래에 존재할 수 있으나, 이런 장치는 이 도면에서 도시되지 않았다. 도시된 각각의 가열 기능 모듈은, 하우징(여기서는 점선에 의한 윤곽으로 표시되었음), 가열 요소를 유지하기 위하여 하우징에 장착되는 고정구(예컨대, 미 도시된 플러그, 소켓, 또는 이와 유사한 것), 및 사전으로 음영표시된 것으로 도시된 네 개의 가열 요소 ? 예컨대, 가열 램프(215) ? 를 포함한다. 전기 케이블 및 이와 유사한 것과 같은 필수적 특징은 통상적인 것이어서 여기서는 도시되지 않았다.

[0046] 도 2b는 도 2a와 유사하며, 다만 네 개의 가열 기능 모듈 중 두 개, 즉 모듈(223a, 223b)은 세 개의 가열 요소 ? 예컨대, 가열 램프(215) ? 를 갖는 반면에 다른 두 개의 가열 기능 모듈인 모듈(223c, 223d)은 네 개의 가열 요소를 갖는 점이 다르다. 이런 구성은 반응기 챔버의 중앙 영역을 강하게 가열하는 반면에 상류 및 하류 영역을 약하게 가열하는 가열 프로파일을 제공하는 경우에 유리하다. 네 개의 모든 가열 기능 모듈은 길이 방향의 폭이 실질적으로 동일하게 때문에, 길이 방향의 가스 유동을 따라 어떠한 방식으로든 배치될 수 있으며 어떠한 방식으로든 조합될 수 있는 이런 세 개 또는 네 개의 모듈 요소로 반응기 인클로저가 구성될 수 있다.

[0047] 도 2c는 챔버의 장축에 대해(또는, 공정 가스 유동 방향에 대해) 평행하도록 길이 방향으로 배치될 수 있는 가열 기능 모듈을 보여준다. 이런 가열 기능 모듈은 챔버의 길이에 상당한 길이를 가지며, 챔버의 폭의 단지 일부분에 해당하는 폭을 갖는다. 바람직하게는, 하부(CVD 반응기 챔버 아래에 있는) 가열 기능 모듈이 장축을 따라 배치된다. 어떤 실시 예에 있어서는, 하부 가열 요소가 가열 기능 모듈 안에서 유지되지 않고 반응기 챔버에 고정될 수 있다. 그러나, 유연한 배치를 가능하게 하기 위해서는 하부(그리고 상부) 가열 요소는 모듈화되는 것이 유리하다. 예컨대 이러한 유연한 배치는, 입력측 및 출력측 고정구 주위에 가열 기능 모듈을 배치하는 것, 상부 가열 기능 모듈이 제공하는 가열 작용을 보충할 수 있도록 가열 기능 모듈을 배치하는 것, 서셉터를 추가적으로 가열할 수 있도록 가열 기능 모듈을 배치하는 것, 반응기 챔버 아래에 있는 가열 기능 모듈과 함께 다른 추가적인 기능을 갖는 모듈을 배치하는 것 등등이 될 수 있다.

[0048] 더욱 상세히 설명하자면, 도 2c는 반응기 챔버(203) 아래에 위치한 가열 기능 모듈(225a, 225b)이 길이 방향으로 배치된 구성을 보여준다. 이런 장비는 종종 선구체 입구(precursor inlet)나 서셉터와 관련되어 있다. 이 두 모듈은 길이 방향으로 배치되는 세 개의 가열 요소 ? 예컨대, 가열 램프(227) ? 를 갖는다. 이런 세 개의 가열 요소는 해당 모듈의 길이 방향 양 단부에 있는 고정구 사이에서 연장된다. 여기서, 고정구, 배선, 및 이와 유사한 것들은 도면에 도시되지 않는 것이다. 횡 방향으로 배치된 가열 요소와 같은 선택적인 장비는 반응기 챔버(203) 위에 존재할 수 있으나, 이런 장비는 여기서 도시되지 않는 것이다. 이런 모듈(225a, 225b)은 다른 장비(예컨대, 서셉터와 관련된 장비, 반응기 챔버의 하면으로 들어오는 가스와 관련된 장비 등등)을 위하여 중앙에 길이 방향으로 위치한 영역(217)을 비워둘 수 있도록 배치된다.

[0049] 본 발명의 바람직한 실시 예는 또한 다양한 유형의 기능 모듈을 포함한다. 예컨대, 이런 다양한 유형의 기능 모듈은 반응기 챔버로 유입되는 선구체(precursor)를 처리하는 모듈이나 구성상 특별한 기능 없이 플레이스홀더(placeholder)로서 작용하는 모듈을 포함할 수 있다. 여기서, 선구체의 처리는 예컨대 RF 에너지를 공급하여 플라즈마를 생성하는 것과 같이 에너지를 이용하여 선구체를 활성화시키는 것에 의해 이루어질 수 있다. 가열 기능 모듈의 경우와 마찬가지로, 특정한 반응기 인클로저와 함께 사용되는 이러한 다른 모듈의 유형, 개수, 기능, 및 배치는 CVD 반응기 챔버 안에서 수행되는 공정을 고려하여 선택되는 것이 바람직하다.

[0050] 반응기 서브시스템(reactor sub-system)의 구성은 일 이상의 계측 기능 모듈을 포함하는 것이 바람직하다. 이런 계측 기능 모듈은 진행중인 CVD 공정 동안에 챔버 내부의 상태 특성 및 에피층의 상태 특성을 감지하기 위한 외부 센서를 구비한다. 어떤 계측 기능 모듈은 CVD 반응기 챔버 내의 어느 한 위치 또는 인접한 다수의 위치에서 하나의 파라미터 또는 다수의 파라미터에 반응할 수 있다. 다수의 계측 기능 모듈은 반응기 챔버 내에서 더욱 넓게 퍼진 위치에서의 인-사이투(in situ) 파라미터에 대해 감응성을 갖도록(sensitive) 서로 다른 외부의 위치에서 구성될 수 있다. 계측 기능 모듈은 챔버 외부에 있는 센서를 포함하고, 이 센서가 반응기 챔버 내부의 상태를 챔버의 투명한 석영 벽을 통해 관측한다는 사항을 특히 주목하기 바란다. 그에 의해, 반응기 챔버는 계측 기능 모듈을 수용하기 위하여 어떠한 방식으로든 변형될 필요가 없게 된다. 챔버의 투명한 석영 벽은 EM 복사선 프로브(radiation probe)의 분산(dispersion) 현상을 방지하기 위하여 충분히 평탄화되는 것이 바람직하다. 계측 기능 모듈은 또한 챔버의 변형에 따라 즉시 재배치되거나, 재구성되거나, 교체될 수 있다.

[0051] 도 3a-b는 계측 기능 모듈과 가열 기능 모듈을 모두 포함하는 예시적인 구성을 갖는 반응기 인클로저를 도시한

것이다. 비록 여기서는 단일 기능 모듈이 도시되었으나, 기능 모듈은 하나의 기능만을 제공하는 것에 한정되지 않으며 다수의 상이한 기능을 제공할 수 있다. 예를 들면, 하나의 기능 모듈이 CVD 반응기 챔버의 인접한 부분이나 내부에 대하여 가열 기능과 계측 기능 모듈을 제공할 수 있다. 도 3a는 주로 온도에 반응하는 하나의 계측 기능 모듈 ? 예컨대, 모듈(311) ? 및 주로 에피층의 계측 파라미터에 반응하는 두 개의 계측 기능 모듈 ? 예컨대, 모듈(309a, 309b) ? 을 보여준다. 도 3b는 하나의 파라미터에 반응하는 계측 기능 모듈 ? 예컨대, 모듈(317d) ? 과 두 개의 파라미터에 반응하는 계측 기능 모듈 ? 예컨대, 모듈(317a) ? 과 세 개의 파라미터에 반응하는 계측 기능 모듈 ? 예컨대, 모듈(317b) ? 을 보여준다. 또한, 모듈(317a)은 반응기 챔버의 폭을 가로질러서 단일 파라미터의 분포에 반응하는 센서(319)를 구비한다. 에피층에 있는 파라미터와 에피층 위에 있는 파라미터가 대체로 유용한 것이 일반적이기 때문에, 계측 기능 모듈은 일반적으로 반응기 챔버 위에 구성된다. 이와는 다르게, 계측 기능 모듈은 반응기 챔버 아래에도 구성될 수 있다.

[0052] 더욱 상세히 설명하자면, 도 3a는 횡 방향으로 배치되는 두 개의 가열 기능 모듈(307a, 307b)과 횡 방향으로 배치되는 세 개의 계측 기능 모듈(309a, 311, 및 309b)로 구성되는 본 발명의 반응기 인클로저를 보여준다. 이런 두 개의 가열 기능 모듈은 도 2a-b와 연계하여 설명된 가열 기능 모듈과 유사한 것일 수 있다. 세 개의 계측 기능 모듈은 서셉터 위에 지지된 에피층에서의 상태 또는 에피층 인근의 상태에 반응할 수 있도록 서셉터(또는 반응기 챔버의 중앙 영역) 위로 장착된다. 구체적인 표현을 위하여 이 도면은 좀더 중앙으로 치우친 모듈(311)과 이에 인접하고 좀더 외곽으로 치우친 모듈(309a, 309b)를 보여준다. 여기서, 모듈(311)은 주로 온도에 반응하는 모듈이고, 모듈(309a, 309b)는 예컨대 에피층의 두께 및 거칠기와 같이 주로 다른 계측 기능에 반응하는 모듈이다. 다른 기능 모듈과 유사하게 이러한 계측 기능 모듈은 하우징을 포함하는데, 여기서 하우징은 파선으로 표시되었다 (가열 기능 모듈의 하우징은 재차 점선으로 표시되었음).

[0053] 도 3b는 또 다른 모듈의 가능한 구성을 보여주고 있다. 도 3a와 비교하여, 여기서는 두 개의 추가적인 주변 계측 기능 모듈이 서셉터의 상류와 하류에 재배치되어 있다. 즉, 계측 기능 모듈(317a)은 반응기 챔버에 대한 입구 근처에 배치되어 성장하는 에피층에서의 반응 이전의 상태를 감지하고, 계측 기능 모듈(317d)은 출구 근처에 배치되어 에피층에서의 반응 이후의 상태를 감지한다. 계측 기능 모듈(317b)은 성장하는 에피층과 서셉터에서의 상태를 감지하기 위하여 서셉터 위에 남아 있게 된다. 비록 중앙에 있는 모듈(317b)은 서셉터에 대하여 길이 방향으로 한정된 범위 내에 존재하고 있지만, 서셉터는 작동기간 동안에 회전하기 때문에 중앙에 있는 모듈(317b)은 실질적으로 전체 서셉터(그리고 에피층) 표면에 대한 상태를 측정할 수 있다. 또한 도 3a와 비교하여, 이전 구성에서 이용되었던 다섯 개의 요소를 갖는 두 가열 기능 모듈을 본 구성에서는 두 개의 요소를 갖는 한 가열 기능 모듈과 네 개의 요소를 갖는 두 가열 기능 모듈로 대체함으로써, 반응기 챔버의 상면 위에서의 대안적인 계측 모듈의 구성에 대한 공간 이용이 가능해진다.

[0054] 모듈(317c)는 기능이 없는 빈 모듈이거나, 적어도 현재 구성에서는 사용되는 기능이 없는 모듈이다. 이런 배치에 있어서 서셉터의 하류에 있는 반응기의 일부분은 상대적으로 강하지 않게 가열되는 것이 바람직하기 때문에, 이 모듈은 단지 공간을 채우는 기능을 한다. 이러한 공간 채움(space-filler) 모듈은 또한 다른 기능 모듈을 계획된 위치로 유지시키는 것을 도와줄 수 있는 플레이스홀더(placeholder)의 역할을 할 수 있다.

[0055] 본 발명의 바람직한 실시 예에 있어서, 독립적인 기능 모듈과 반응기 인클로저는 함께 협력하여 작동될 수 있는 크기를 갖거나 함께 협력하여 작동될 수 있도록 구성되어, 어느 한 반응기 인클로저는 기능 모듈의 상이한 구성 및 배치를 수용할 수 있으며 어느 한 기능 모듈이 선택적으로 서로 다른 반응기 인클로저에서 상이한 구성 및 배치를 갖도록 이용될 수 있다. 기능 모듈을 상호 교환할 수 있는 이런 능력과 어느 한 기능 모듈을 상이한 반응기 인클로저에서 사용할 수 있는 이런 능력은 유연성과 경제성을 제공한다. 본 발명의 단일한 반응기 서비스 시스템(예컨대, CVD 반응기 챔버와 기능 모듈들이 있는 반응기 인클로저) 챔버 내에서 수행되는 서로 다른 CVD 공정의 필요에 맞추어서 유연하게 변형될 수 있어서, 새로운 반응기 서비스 시스템을 구입하는 대신에 기존에 존재하는 반응기 서비스시스템의 재사용 및 재구성을 가능하도록 만든다.

[0056] 바람직한 가열 기능 모듈은 다음에 더욱 상세히 설명될 것이며, 그에 이어서 바람직한 계측 기능 모듈 및 센서가 설명될 것이다. 마지막으로, 바람직한 반응기 인클로저가 더욱 상세히 설명될 것이다.

[0057] 우선 바람직한 기능 모듈의 특징에 대해 말하자면, 기능 모듈들을 특정한 표준 크기로 설계하고 재사용 가능한 장착 수단이 그의 제거 및 교체를 가능하게 함으로써 기능 모듈의 즉각적인 재구성 또는 재배치가 향상된다. 예시적인 일 실시 예에 있어서, 기능 모듈의 크기는 대략 반응기 챔버 또는 반응기 인클로저와 관련된 크기의 단분수(simple fraction)로 선택될 수 있다. "단분수(simple fraction)"란 용어는 1/2, 1/3, 1/4, 1/6, 및 이와 유사한 것과 같은 분수뿐만 아니라 여기에 작은 정수를 곱한 것(예컨대, 2/3, 3/4, 및 이와 유사한 분수)을

포함한다. 횡방향으로 배치된 기능 모듈은 길이 방향의 폭이 반응기 인클로저 길이의 단분수로서 선택됨으로써 기능 모듈은 반응기 인클로저의 길이를 따라 즉시 배치될 수 있다. 예를 들어, 1/2의 폭을 갖는 어느 한 모듈은 1/4의 폭을 갖는 다른 두 모듈과 함께 용이하게 배치될 수 있으며, 이외의 다른 경우도 가능하다. 이와 유사하게, 길이 방향으로 배치되는 기능 모듈은 횡방향의 폭이 반응기 인클로저 폭의 단분수로서 선택됨으로써 기능 모듈은 반응기 인클로저의 폭을 가로질러 용이하게 재배치될 수 있다.

[0058] 예를 들어, 도 2a는 횡 방향으로 배치된 네 개의 가열 기능 모듈, 즉 모듈(221a-d)을 보여주는데, 각각의 모듈은 내부의 CVD 반응기 챔버(203)의 길이의 약 1/4의 폭을 갖는다. 이러한 모듈 중 어느 하나의 모듈이나 전체 모듈은 즉시 재배치될 수 있거나, 챔버 길이의 약 1/4의 폭을 갖는 다른 기능 모듈로 즉시 교체될 수 있다는 점이 명확하다. 또한, 1/4의 폭을 갖는 일 이상의 기능 모듈은 챔버 또는 인클로저 길이의 약 1/8의 폭을 갖는 두 개의 기능 모듈로 교체될 수 있으며, 1/4의 폭을 갖는 두 개의 기능 모듈은 챔버 또는 인클로저 길이의 약 1/2의 폭을 갖는 하나의 모듈로 교체될 수 있다.

[0059] 이와 유사하게, 도 2c는 길이 방향으로 배치된 두 개의 가열 기능 모듈, 즉 모듈(225a-b)을 보여주는데, 각각의 모듈은 내부의 CVD 반응기 챔버(203)의 폭의 약 1/3의 폭을 갖는다. 이러한 두 개의 모듈은 길이 방향으로 배치되는 비어 있는 영역(217)을 남겨놓는데, 이 영역(217) 역시 반응기 챔버의 폭의 약 1/3이다. 이러한 모듈 중 어느 하나의 모듈이나 전체 모듈 그리고 비어 있는 영역은 즉시 재배치될 수 있거나, 챔버 폭(또는 이와 관련된 폭)의 약 1/3인 다른 기능 모듈(가열 기능 또는 다른 기능을 가질 수 있음)이나 비어 있는 영역으로 즉시 교체될 수 있다는 점이 명확하다.

[0060] 기능 모듈은 장착 수단과 함께 구성되는 것이 바람직하다. 이런 장착 수단은 반응기 인클로저에서 기능 모듈이 용이하게 배치 및 유지되는 것을 가능하게 하며, 인클로저에서 기능 모듈이 재배치되는 것을 가능하게 하며, 인클로저로부터 기능 모듈이 제거되는 것을 가능하게 하며, 이와 유사한 작동을 가능하게 한다. 이런 장착 수단은 해당 기술에서 잘 알려진 바와 같은 나사, 클립(clip), 등등을 포함할 수 있다. 이런 장착 수단은 또한 해당 기술에서 잘 알려진 바와 같은 레지(ledge), 리지(ridge), 가이드 등등을 포함할 수 있으며, 기능 모듈을 지지하기 위하여 이런 기능 모듈은 반응기 인클로저에 형성된 대응되는 구조와 결합될 수 있다. 비교적 바람직하지는 않지만, 일 이상의 기능 모듈은 예컨대 스폿 용접(spot weld), 볼트, 등등에 의해 반영구적 또는 영구적으로 인클로저에 체결될 수도 있다. 다만 이러한 장착 방식은 반응기 인클로저에서 기능 모듈을 즉시 재구성 또는 재배치할 수 있는 능력을 감소시킨다.

[0061] 또한 도 3a-b는 기능 모듈을 반응기 인클로저 내에 있는 별도의 지지 부재(305) 위에 배치시킴으로써 기능 모듈이 장착될 수 있는 사항을 보여준다. 기능 모듈은 오직 그 자체의 중력에 의해서나 다른 방식에 의해서 이런 지지 부재 위의 제 위치에서 유지될 수 있다. 이와는 다르게, 지지 부재는 기능 모듈을 미리 선택된 여러 위치 중 어느 한 위치로 가이드하는 표면 구성을 포함할 수 있다. 지지 부재는 기능 모듈이 반응기 챔버 아래, 반응기 챔버 위, 또는 반응기 챔버 위아래로 배치될 수 있도록 구성되며 그에 적당한 크기를 가질 수 있다. 지지 부재는 반응기 인클로저 또는 반응기 챔버에서 사용되는 물질과 동일한 물질을 포함할 수 있거나 이와 다른 물질을 포함할 수 있다. 도식된 지지 부재(305)는 U자 형상을 가지나, 이와 다른 지지 부재는 직사각형 형상을 가질 수 있으며 또는 반응기 인클로저의 가장자리를 따라 연장하는 평행하고 분리된 지지 바(support bar)를 포함할 수 있다.

[0062] 다음으로, 더욱 상세하고 추가적인 기능 모듈의 특징을 도 4a-c(예시적인 가열 기능 모듈을 보여줌) 및 도 5a-b(예시적인 계측 기능 모듈을 보여줌)를 참조하여 설명하기로 한다. 일반적으로, 이러한 도면은 기능 모듈이 기능적 부품(예컨대, 가열 요소, 센서, 및 이와 유사한 것) 및 이런 기능적 부품을 지지하고 유지하기 위한 수단을 갖는 하우징을 포함한다는 점을 보여준다. 비록 기능 모듈의 하우징은 전술한 바와 같이 일 이상의 반응기 인클로저와 함께 작동할 수 있도록 구성되며 그에 적당한 크기를 갖지만, 이런 모듈의 하우징은 구조적으로 반응기 인클로저와는 독립되어 있으며 반응기 인클로저에 통합되지는 않는다. 예를 들어, 이런 하우징은 반응기 인클로저의 변형 없이도 별도로 그리고 개별적으로 제거 및 교체될 수 있다. 여기서는 하우징이 검은색 실선에 의해 개략적으로 도시되었으나, 도 2a-c에서는 점선에 의해 개략적으로 도시되었고, 도 3a-b에서는 파선에 의해 개략적으로 도시되었다. 기능적 부품을 지지하고 유지하기 위한 수단은 일반적으로 개별적인 기능적 부품의 상세 사양에 따라 결정된다.

[0063] 도 4a는 예시적인 가열 기능 모듈(401)의 평면도를 도시한 것이고, 도 4b-c는 각각 이 모듈의 횡방향 및 길이 방향 단면도를 도시한 것이다. 모듈(401)은 굵은 검은색 선으로 표시된 하우징 및 가열 요소를 지지 및 유지하고 가열 요소에 대한 전기적 연결을 만드는 가열 요소 고정구(405)를 포함한다. 가열 요소 고정구(405)는 예컨

대 해당 기술에서 알려진 바와 같은 플러그, 소켓, 또는 이와 유사한 것이 될 수 있다. 각각의 이러한 가열 기능 모듈은 일 이상의 가열 요소(403)로 구성될 수 있다. 여기서, 모듈(401)은 N개의 가열 요소, 즉 요소(E1. 1, E1. 2, ... E1. N-1, E1. N)가 있는 것으로 도시되었다. 복사 가열 요소는 통상적인 저항 필라멘트(여기서 제한된 바와 같은)를 포함할 수 있으며, 또는 고체 소자(solid state element)(예컨대, US 7,173,216 참조)도 포함할 수 있으며, 또는 다른 능동 부품(active component)를 포함할 수 있다.

[0064] 도 5a는 횡방향으로 배치된 예시적인 계측 기능 모듈의 평면도 및 횡방향 단면도를 더욱 상세하게 도시한 것이다. 일반적으로, 계측 기능 모듈은 하우징 및 일 이상의 센서를 포함한다. 여기서 하우징은 일 이상의 센서를 유지하기 위한 수단이 된다. 계측 기능 모듈은 고정된 개수의 미리 선택된 센서를 고정된 배치 상태로 지지 및 유지하는 고정된 구성을 가질 수 있으며, 또는 변경될 수 있는 개수의 상이한 센서를 가변적인 배치 상태로 지지 및 유지하는 모듈형의 유연한 구성을 가질 수 있다. 센서 유지 수단이 미리 선택된 유형의 고정된 센서를 위하여 준비될 수 있으며, 또는 센서 유지 수단은 상이한 유형의 센서가 제거 및 교체되는 것을(예컨대, 일상적인 유지보수 작업 동안에) 가능하게 할 수 있다. 센서는 하나의 센서 하우징 또는 패키지로 구성될 수 있으며(1-부품 센서), 또는 별도의 두 센서 하우징 또는 패키지로 구성될 수 있으며(2-부품 센서), 또는 다른 유형으로도 구성될 수 있다. 전형적으로, 1-부품 센서는 온도 센서, 반사율 센서(reflectivity sensor), 및 이와 유사한 것을 포함하며, 2-부품 센서는 가스 조성에 관한 센서, 반응기 챔버 벽 증착에 관한 센서, 및 이와 유사한 것을 포함한다.

[0065] 도시된 계측 기능 모듈은 굵은 검은 선에 의해 개략적으로 표시된 하우징(501), 1-부품 센서를 유지하기 위한 복수의 유지 수단(503), 및 2-부품 센서를 유지하기 위한 하나의 유지 수단(505a, 505b)을 구비한다. 여기에 도시되어 있는 유지 수단의 개수 및 유형은 예시적인 것이다. 이 모듈은 아직 어떠한 센서로도 채워지지 않았다. 도 5b는 도 5a에 있는 모듈과 유사한 계측 기능 모듈(511)의 단면도를 보여주고 있으며, 계측 기능 모듈(511)이 실제 센서로 완전히 채워진 점이 도 5a와 다르다. 1-부품 센서를 위한 복수의 유지 수단은 여기서 동일 유형 또는 상이한 유형이 될 수 있는 1-부품 센서(509)를 어떠한 배치 상태로도 고정 및 유지시킨다. 두 개의 분리된 단편(도 5a에 있는 505a 및 505b)을 포함하는 하나의 유지 수단은 여기서 구성 요소(507a 및 507b)를 구비한 하나의 2-부품 센서를 고정 및 유지시킨다.

[0066] 계측 기능 모듈의 추가적인 상세 내용은 계측 모듈(317a, 317b, 317d)에 관한 도 3a-b에서 이미 도시된바 있다. 여기서, 참조 부호(319, 321, 323)는 1-부품 센서를 장착하기 위한 수단을 나타내며, 참조 부호(325)는 2-부품 센서를 장착하기 위한 수단을 나타낸다. 계측 기능 모듈(317a)은 하우징을 2-부품 가스 조성 센서와 다수의 1-성분 온도 센서(319)로 채움으로써 유입되는 선구체 가스의 특성을 측정하도록 맞춤 조정되어 있다. 계측 기능 모듈(317d)은 앞선 하우징과 동일하거나 상이한 하우징을 단지 하나의 2-부품 가스 조성 센서로 채움으로써 배출 가스의 특성을 측정하도록 맞춤 조정되어 있다. 계측 기능 모듈(317b)은 또 다른 하우징을 2-부품 가스 조성 센서, 다수의 1-부품 온도 센서(321), 및 다수의 1-부품 반사율 센서(323)로 채움으로써 서셉터에서의 특성을 측정하도록 맞춤 조정되어 있다.

[0067] 계측 기능 모듈은 온도에 반응하는 일 이상의 센서, 챔버 내에서 반사되는 복사선에 반응하는 일 이상의 센서, 및 챔버 내의 가스 조성에 반응하는 센서를 포함하는 것이 바람직하다. 비록 이런 바람직한 센서는 반도체 공정에 있어서 중요하긴 하지만, 본 발명은 이러한 센서 유형에 한정되지 않는다. 해당 분야에서 통상적인 지식을 가진 자는 다른 유용한 센서를 인지할 수 있으며, 여기의 설명을 고려하여 이렇게 다른 센서를 본 발명의 계측 기능 모듈에 사용할 수 있을 것이다. 이제 바람직한 센서의 작동 및 이용 방식을 특히 도 6을 참조하여 설명하기로 한다.

[0068] 우선 온도 센서를 고려하자면, 일반적으로 이런 온도 센서는 CVD 공정 동안에 온도를 제어하기 위한 측면에서 유용하고 바람직하며, 그 결과 더욱 고품질의 제품이 생산될 수 있다. 그러나, 현재의 대다수 온도 센서는 ? 특히 반응기 챔버 안의 아래쪽과 웨이퍼 영역에 위치하는 써모커플(thermocouple; TC)을 필요로 하는 온도 센서 ? 이미 알려진 단점을 가지고 있다. 이런 단점은 예컨대 늦은 응답 시간과 제한된 신뢰성을 포함하는데, 늦은 응답 시간은 이들이 느리게 전도되는 열에만 반응하기 때문이며, 제한된 신뢰성은 이들이 챔버 내부에 있어서 가혹한 내부 환경에 노출되기 때문이다.

[0069] 대신에, 본 발명의 온도 센서는 CVD 챔버 외부에 있으며 챔버 벽을 투과하는 열복사선에 반응한다. 그에 의해 이런 온도 센서는 높은 신뢰성과 빠른 응답 시간을 갖는다. 더욱 상세히 말하자면, 예컨대 센서(627)(도 6 참조)와 같이 바람직한 온도 센서는 반응기 챔버 내부에 있는 표면(예컨대, 에피층)의 온도를 측정하는 파이로미터(pyrometer)를 포함하는 1-부품 센서이다. 파이로미터는 표면에서 방출되는 열복사선(629)에 반응하여 온도

를 측정할 수 있다 (여기서, 반응기 챔버 벽의 석영은 적절한 열복사선을 충분히 투과시킬 수 있음). 본 발명의 온도 센서는 계측 기능 모듈에 장착되며, 반응기 챔버 내의 다양한 위치에서의 온도를 측정하도록 용이하게 배치될 수 있다.

[0070] 다음으로 반사 센서를 고려하자면, 성장하는 에피층에서 반사되는 복사선은 예컨대 에피층의 두께 및 표면 거칠기에 관련된 정보를 포함하고 있다. 그에 의해, 성장하는 에피층에서 CVD 챔버 외부로 반사되는 복사선에 반응하는 반사 센서는 두께 및 거칠기 정보를 제공할 수 있다. 두께 정보는 에피층의 성장률을 나타낼 수 있으며, 거칠기 정보는 성장 공정의 특성을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 특정 물질(예컨대, GaN)은 3D 성장 모드와 2D 층흐름 성장 모드(step-flow growth mode)의 두 가지 모드에서 모두 성장할 수 있는데, 3D 성장 모드에서는 낮은 반사율을 갖는 불규칙한 표면이 만들어지고 2D 층흐름 성장 모드에서는 높은 반사율을 갖는 실질적으로 매끄러운 표면이 만들어진다. 따라서 반사율 정보는 GaN의 제어 및 이와 유사한 공정을 위해 이용될 수 있으며, 그 결과 더욱 고품질의 제품을 만들 수 있다. 이런 센서는 또한 새롭거나 개선된 공정이 개발된 경우에 있어서도 사용될 수 있다.

[0071] 예컨대 1-부품 센서(623)인 본 발명의 반사율 센서는 예컨대 복사선(625)과 같이 반응기 챔버 내의 표면에서 반사되는 복사선의 광학적 특성을 측정하도록 선택된다. 여기서 입사 복사선(incident radiation)은 적어도 부분적으로는 본 센서와 관련된 소스(source)로부터 시작되는 것이 바람직하다. 이런 센서는 가시 광선에 반응할 수 있으며, 표면에 초점이 맞춰진 광원(light source) 및 광섬유 다발이 있는 프로브(probe)를 포함할 수 있다. 다른 센서와 마찬가지로, 반사율 센서는 계측 기능 모듈에 장착되기 때문에 이들은 챔버 내의 가혹한 환경에 노출되지 않으며 CVD 반응기 챔버에 대하여 유연하게 배치될 수 있다.

[0072] 마지막으로 가스 조성 센서를 고려하자면, 반응기 챔버 내의 가스 조성에 관한 정보는 몇 가지 용도를 위해 유용하고 유익하게 사용될 수 있다. 예를 들어, CVD 공정 기간 동안에 에피층의 표면에서 반응하는 가스의 조성에 관한 정보는 선구체 가스의 유량 제어를 개선하는데 이용될 수 있다. 또한, 챔버 세정 기간 동안 챔버를 빠져나가는 가스의 조성에 관한 정보는 챔버 내부에서 원하지 않는 잔류물을 제거하는 기상 세정 공정(gas-phase cleaning)을 자동적으로 모니터링하는데 이용될 수 있다. 그러나, 가스 조성을 정확하게 측정하는데에는 어려움이 있어 왔다. 반응기 챔버 내에 위치하는 센서를 이용하여 가스 조성을 직접적이고 신뢰성 있게 측정한다는 것은 어렵기 때문에, 지금까지는 챔버 온도와 선구체의 유량으로부터 가스 조성을 추정해왔다. 이런 추정은 정확하지 않으며, 또한 챔버 내부의 상이한 위치에서 가스 조성의 변화를 측정할 수 없다.

[0073] 본 발명의 센서는 반응기 챔버 외부에 위치하기 때문에 이러한 단점을 극복할 수 있으며, 챔버 내의 일 이상의 독립된 위치에서 가스 조성을 직접 측정할 수 있으며, 또한 바람직하게는 센서가 계측 기능 모듈에 장착되기 때문에 즉시 재배치될 수 있다. 바람직하게는, 이런 센서는 해당 기술에서 알려진 방법을 이용하여 챔버를 투과한 빛의 흡수 및 스펙트럼 특성으로부터 가스 조성을 판단하는 방식으로 작동한다. 간략하게 설명하자면, 빛의 흡수는 비어-람베르트 법칙(Beer-Lambert Law)에 의해 전술한 바와 같은 상이한 흡수체(예컨대, 가스 성분)의 농도와 흡수 계수와 관련되어 있으며, 흡수 계수는 각각의 흡수체의 특유한 방식으로 빛의 주파수에 따라 변화된다. 가스 조성의 결정 방법은 이미 알려진 조성으로 이루어진 가스를 측정함으로써 특정한 가스 조성 센서와 특정한 반응기 챔버에 알맞게 조정(calibrate)될 수 있다.

[0074] 가스 조성 센서의 바람직한 실시 예는 일반적으로 챔버 외부에 있는 두 개의 구성요소를 포함한다. 즉, 제1구성 요소는 반응기 챔버를 통하여 이미 알려진 스펙트럼 특성을 갖는 가시광선 및/또는 자외선(UV-vis)의 광선을 전송하기 위한 것이며, 제2구성 요소는 전송된 광선을 수신하여 그 스펙트럼 특성을 측정하기 위한 것이다. 챔버 내의 다수의 위치에서의 조성을 측정하기 위하여 다수의 가스 조성 센서가 제공될 수 있다. 예를 들어, 이런 센서 중 어느 하나는 성장하는 에피층 인근에서의 가스 조성을 측정하도록 배치될 수 있으며, 또 다른 센서는 선구체 가스의 입구와 소모된 가스의 출구 근처에 배치되어 반응기 내의 환경을 충분히 측정할 수 있다.

[0075] 비록 도시되지는 않았으나, 기능 모듈은 단지 하나의 기능만을 제공하는데에 한정되지 않는다. 오히려 본 발명의 기능 모듈은 CVD 반응기 챔버와 내부의 인접한 부분으로 다수의 상이한 기능을 제공하거나 다양한 유형의 단일 기능을 제공하는 다기능 모듈이 될 수 있다. 예를 들어, 하나의 가열 기능 모듈은 상이한 유형의 가열 요소를 포함할 수 있으며, 이는 예컨대 일 이상의 저항체(resistive element), 일 이상의 복사 가열 램프, 및 일 이상의 복사 반도체 소자(radiant semiconductor element)가 될 수 있다. 하나의 계측 기능 모듈은 상이한 유형의 센서 요소를 포함할 수 있으며, 이는 예컨대 가스 조성 센서, 표면 특성 센서(surface properties sensor), 및 온도 센서가 될 수 있다. 또한, 하나의 독립적인 기능 모듈은 예컨대 가열 기능 요소와 센서 기능 요소와 같이 상이한 유형의 기능 요소를 포함할 수 있다. 이런 다기능 모듈은 방사 가열 램프 및 가스 조성 센서를 포함할

수 있다.

[0076] 도 6은 좌측부(left portion), 구성요소(606a), 및 우측부(right portion), 구성요소(606b)를 포함하는 본 발명의 스펙트럼 가스 조성 센서의 바람직한 일 실시 예를 보여주고 있다. 이 두 구성요소는 반응기 챔버(609)의 양 측면에서 계측 기능 모듈 하우징(613)에 의해 지지 및 유지됨으로써 챔버의 적어도 일부분을 관통하여 방해받지 않는 경로만큼 떨어져 있다. 두 구성요소는 지지 부재(631)를 포함하며, 이들은 예컨대 서로에 대해 실질적으로 유사한 것이 될 수 있으며 가능하다면 서로에 대해 미러 이미지(mirror image)가 될 수 있다. 또한 좌측 구성요소(606)는 광선(637)을 방출하기 위한 집중형(focused) UV-vis 광원(633a) 및 광선(637)을 챔버를 통과하는 광선(639)으로 반사하기 위한 경사진 반사기(635)를 포함한다. 또한 우측 구성요소(606b)는 또 하나의 경사진 반사기 및 스펙트럼 반응 센서(633b; spectrally-sensitive sensor)를 포함한다. 또 하나의 경사진 반사기는 챔버를 통과한 광선(639)을 센서(633b)로 향하는 광선(641)으로 반사하기 위한 것이다. 센서(633b)는 도식된 바와 같이 단일체(one piece)로 될 수 있으며, 또는 광선(641)을 수신하여 예컨대 광섬유를 이용하여 이를 멀리 떨어진 광센서로 전송하는 프로브가 될 수 있다.

[0077] 다음으로 반응기 인클로저로 관점을 돌리자면, 그 바람직한 특징이 도 6을 참조하여 설명될 것이다. 일반적으로, 본 발명의 반응기 인클로저는 바람직하게는 일 이상의 유형으로 된 반응기 챔버를 유지하도록 구성되고 그에 적당한 크기를 가지며, 바람직하게는 챔버의 제거 및 교체가 가능한 방식으로 구성되며, 또한 도 4a-c 및 도 5a-b에 도식된 바와 같은 기능 모듈의 즉각적인 구성 및 배치가 가능하도록 구성된다. 본 발명의 반응기 인클로저의 예시적인 실시 예는 용이하게 분리될 수 있는(예컨대, 일상적인 유지보수 기간 동안에) 상부 및 하부를 포함할 수 있어서 반응기 인클로저의 내부(예컨대, 반응기 챔버, 기능 모듈, 및 다른 장치)로의 접근을 제공할 수 있다. 예를 들어, 이런 상부 및 하부는 힌지 결합(hingedly joined)될 수 있어서 이들은 서로에 대해 회전하여 떨어질 수 있다. 상부는 기능 모듈의 즉각적인 재구성 및 재배치가 가능한 방식으로 기능 모듈을 지지 및 유지하는 것이 바람직하다. 또한 하부는 재구성 가능하고 재배치 가능한 기능 모듈(또는 다른 장치)을 지지 및 유지하는 것이 바람직하다. 그러나 다소 바람직하지 않더라도 하부는 단지 고정되게 부착되는 기능 모듈을 가질 수 있다.

[0078] 더욱 상세한 설명을 하도록, 예시적인 반응기 인클로저(601)가 서셉터에 상응한 위치에서 횡방향 단면도로 도시되었다. 이런 단면도는 반응기 인클로저(601)의 상부(605) 및 하부(603)를 보여주며, 또한 횡방향으로 배치된 위쪽의 계측 기능 모듈(613), 내부 부품을 구비한 반응기 챔버(609), 및 길이 방향으로 배치된 두 개의 아래쪽 가열 기능 모듈(611a, 611b)의 단면을 포함한다. 반응기 인클로저(601)의 상부 및 하부는 수단(607a, 607b)에 의해 가역적으로(reversibly) 체결되며, 반응기 인클로저의 내부와 CVD 반응기 챔버와 그 안에서 지지되는 기능 모듈로의 접근을 제공하도록 용이하게 분리될 수 있다. 예를 들어, 수단(607a)은 힌지로서 작용할 수 있고 수단(607b)은 래치(latch)로서 작용할 수 있으며, 또는 이와는 반대가 될 수 있다. 반응기 챔버(609)는 석영 벽을 가지며, 서셉터 제어 링(615), 서셉터(617), 웨이퍼 홀더(619), 및 서셉터 축(621)과 같은 표준적인 내부 부품을 포함하는 것이 바람직하다. 서셉터 축은 일반적으로 미 도식된 장비에 의해 제어 가능하도록 회전되며, 이런 장비는 길이 방향으로 배치된 가열 기능 모듈(611a, 611b) 사이의 간극(645)에 위치할 수 있다.

[0079] 도 2c에 있는 모듈(225a, 225b)와 유사하게, 길이 방향으로 배치된 두 가열 기능 모듈은 하우징 및 길이 방향으로 배치된 세 개의 가열 요소를 포함한다. 이런 가열 기능 모듈은 반응기 챔버(609)의 일부 또는 전체 아래에서 연장할 수 있으며, 그 길이 방향 단부에서 하우징의 하부(603)에 의해 지지 및 유지될 수 있거나(도시되지는 않았음), 레지(ledge) 또는 인서트(insert) 위에서 지지될 수 있거나(도 3a-b에 도시된 바와 같이), 이와 유사한 것 위에서 지지될 수 있다. 가열 기능 모듈은 도 4a-b에서와 같이 모듈 하우징에 있는 고정구 사이에서 연장하는 가열 요소를 가진 채로 구성될 수 있다. 가열 기능 모듈의 횡방향 폭은 앞서 설명한 바와 같이 반응기 챔버 폭의 단분수가 되는 것이 바람직하다. 여기서, 가열 기능 모듈은 반응기 챔버 폭의 약 1/3 만큼 횡방향으로 연장하여 중앙에 위치하는 간극(645)을 남겨두며, 이 간극(645) 역시 반응기 챔버 폭의 약 1/3이 된다.

[0080] 횡방향으로 배치된 계측 기능 모듈(613)은 도 5a-c와 같이 하우징, 센서 유지 수단, 1-부품 센서(623, 627), 및 2-부품 센서(606a, 606b)을 가지도록 구성될 수 있으며, 예컨대 반응기 인클로저의 상부(605)의 횡방향 측면에서 연장하는 레지와 유사한 부재(643) 위에 지지될 수 있다. 계측 기능 모듈의 횡방향으로의 길이는 대략 반응기 챔버의 폭과 동일하거나 더 큰 것이 바람직하며, 계측 기능 모듈의 길이 방향으로의 폭은 앞서 설명한 바와 같이 반응기 챔버 길이의 단분수가 되는 것이 바람직하다. 2-부품 센서(606a, 606b)는 가스 조성 센서를 나타낸다. 센서(623)는 반사율 센서를 나타내고, 센서(605)는 온도 센서를 나타낸다.

[0081] 앞서 설명된 본 발명의 바람직한 실시 예는 본 발명의 몇 가지 바람직한 측면을 보여주기 위한 것이기 때문에,

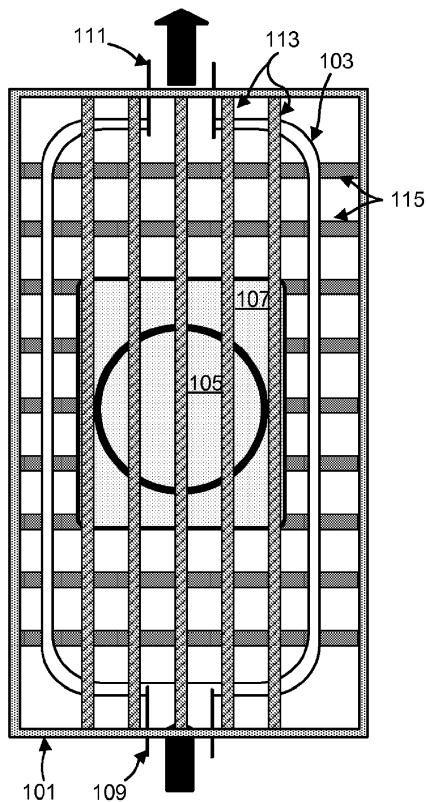
이런 실시 예는 본 발명의 범위를 한정하지 않는다. 어느 균등한 실시 예도 본 발명의 범위 내에 있는 것으로 의도된다. 실제로, 전술된 구성요소를 유용성 있도록 다르게 조합하는 것과 같이 여기서 설명되고 도시된 내용에 더하여 본 발명을 다양하게 변형하는 것은 후속되는 설명으로부터 해당 분야에서 통상적인 기술을 가진 자에게는 자명할 것이다. 이런 변형 또한 첨부된 청구항의 범위 내에 있는 것으로 의도된다. 아래에서(그리고 출원 전체적으로), 제목(heading)과 범례(legend)는 단지 명확성과 편의성을 위해서 사용된 것이다.

[0082]

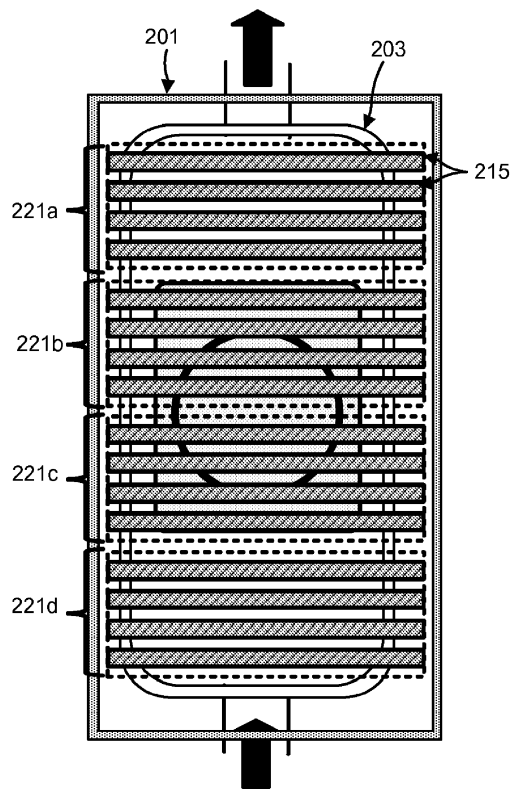
본 발명의 특정한 특징이 일부 도면에서는 도시되고 다른 도면에서는 도시되지 않았으나, 이는 단지 편의성을 위한 것이다. 각각의 특징은 본 발명의 따라 다른 특징 중 어느 하나 또는 다른 특징 모두와 함께 결합될 수 있기 때문이다. 여기서 사용된 "포함한다", "구비한다", 및 "갖는다"란 용어는 넓고 포괄적으로 해석되어 할 것이며, 어느 특정한 물리적 상호연결에 관한 것으로 한정되지 않는다. "하나" 또는 "일" 또는 이와 유사한 용어 역시 단수 형태와 복수 형태 모두를 나타낼 수 있는 것으로 넓고 포괄적으로 해석되어야 할 것이다. 더욱이, 본 출원에서 개시된 어느 특정한 실시 예는 오직 하나의 가능한 실시 예로서 취급되어서는 안 될 것이다. 해당 분야에서 통상적인 기술을 가진 자는 다른 실시 예도 착상할 수 있을 것이며, 이 역시 첨부된 청구항의 범위 내에 있다.

도면

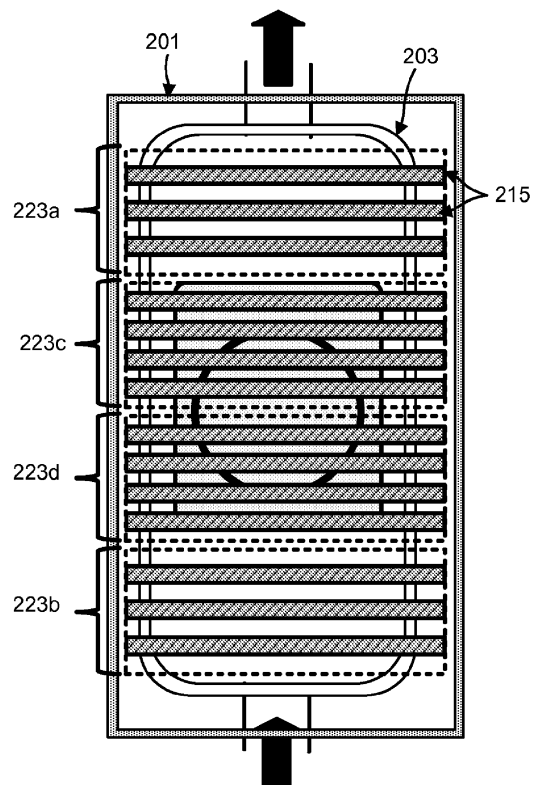
도면1



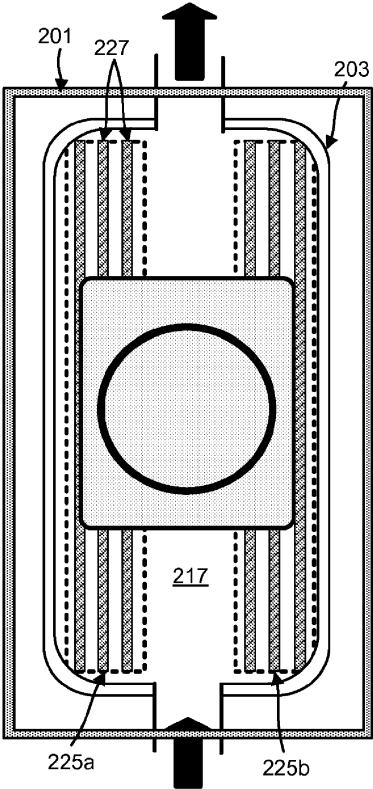
도면2a



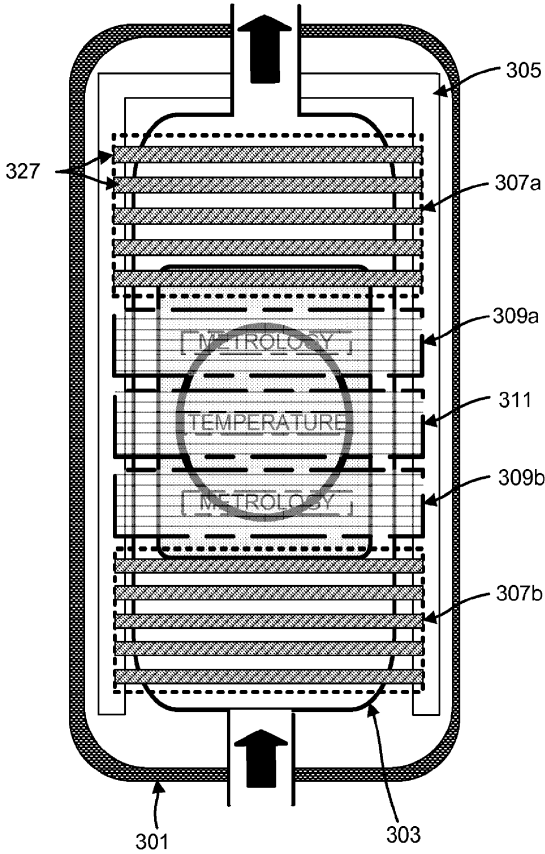
도면2b



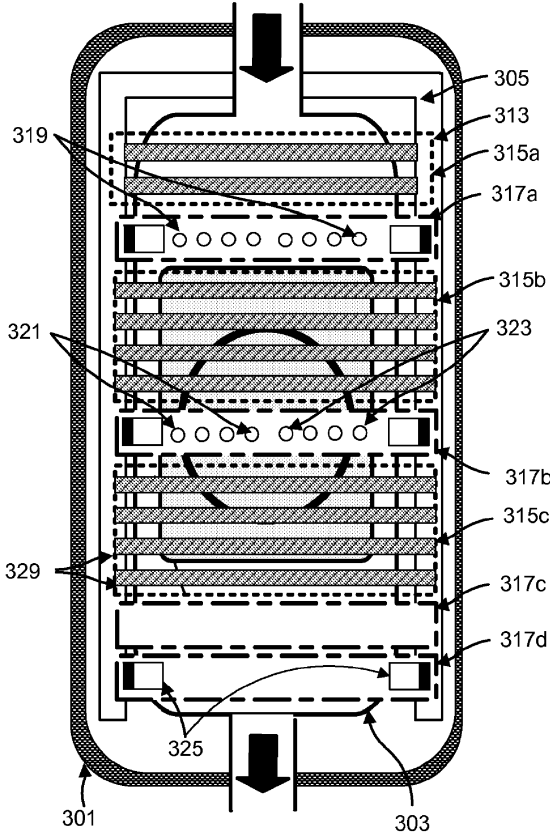
도면2c



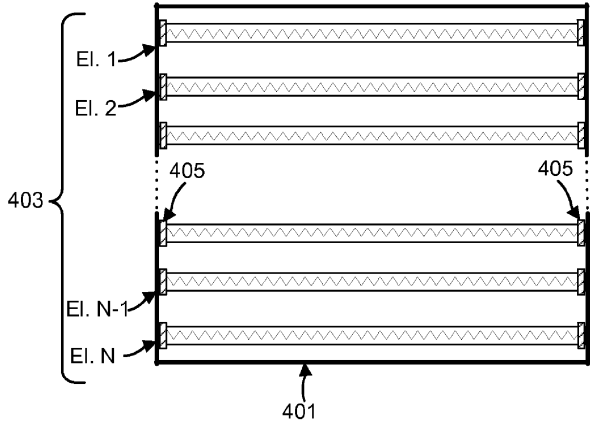
도면3a



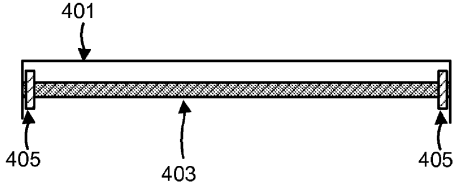
도면3b



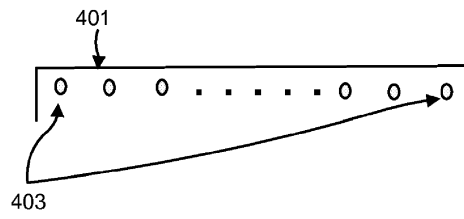
도면4a



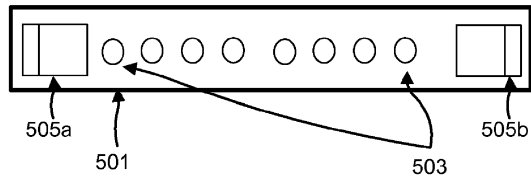
도면4b



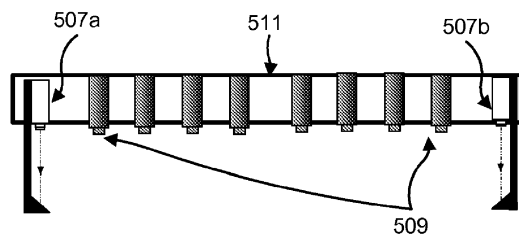
도면4c



도면5a



도면5b



도면6

