



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0084285
(43) 공개일자 2011년07월21일

(51) Int. Cl.

H01L 21/205 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7012691

(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년11월06일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2011년06월02일

(86) 국제출원번호 PCT/US2009/063532

(87) 국제공개번호 WO 2010/054184

국제공개일자 2010년05월14일

(30) 우선권주장

12/291,350 2008년11월06일 미국(US)

(71) 출원인

비코 인스트루먼츠 인코포레이티드

미국 11803 뉴욕주 플레인뷰 터미널 드라이브

(72) 발명자

구래리 알렉스

미국 08807 뉴저지주 브릿지워터 톨로 팜 로드 1068

벨로소프 미하일

미국 08536 뉴저지주 플레인즈보로 규릭 레인 16

미트로빅 보얀

미국 08873 뉴저지주 서머셋 프로몬트 코트 57

(74) 대리인

유미특허법인

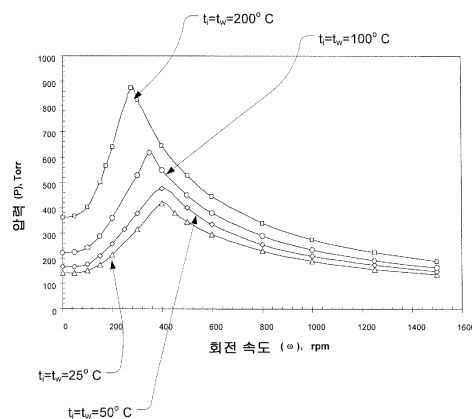
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 온도가 상승된 가스 주입이 이루어지는 화학적 기상 증착 방법 및 그 장치

(57) 요약

화학적 기상 증착 반응기 및 방법을 개시한다. III족 금속 소스 및 V족 금속 소스를 포함하는 가스와 같은 반응 가스가 회전 디스크 반응기의 챔버(10) 내로 유입되고, 웨이퍼 캐리어(32) 및 기판(40) 상으로 하방향으로 지향되며, 이 기판은 III-V족 반도체와 같은 화합물을 증착하기 위해 약 400°C보다 높게, 통상적으로는 약 700 내지 1100°C의 상승된 기판 온도로 유지된다. 이 가스는 바람직하게는 약 75°C보다 높고 가장 바람직하게는 약 100 내지 350°C의 입구 온도로 반응기 내에 유입된다. 반응기의 벽부는 입구 온도에 근접한 온도로 될 수 있다. 상승된 입구 온도를 이용하면, 웨이퍼 캐리어의 더 낮은 회전 속도, 더 높은 작동 압력, 더 낮은 유량, 또는 이들의 일부 조합을 이용하는 것이 가능하게 된다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

화학적 기상 증착 방법에 있어서,

(a) 기판의 표면이 반응 챔버 내에서 상방향으로 향하도록 상기 반응 챔버 내의 캐리어 상에 하나 이상의 기판을 지지하면서, 상기 캐리어를 수직축에 대하여 회전시키고, 상기 기판을 400℃ 또는 그 이상의 기판 온도로 유지하는 단계; 및

(b) III족 금속 소스 및 V족 원소 소스를 포함하는 가스를 상기 기판 위에 배치된 입구 요소(flow inlet element)로부터 상기 챔버 내로 지향시키는 단계로서, 이로써 상기 가스가 상기 기판을 향하여 하방향으로 흘러 상기 기판의 표면 위에서 상기 축으로부터 외측으로 멀어지도록 하고, 상기 기판 상에 III-V족 화합물을 형성하도록 반응하게 하며, 반응 가스가 상기 챔버 내로 유입될 시에 약 75℃보다 높은 입구 온도에 있도록 하는, 단계

를 포함하는 화학적 기상 증착 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 챔버의 벽부를 75℃와 350℃ 사이의 벽부 온도로 유지하는 단계를 더 포함하는, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 챔버의 벽부를 상기 입구 온도의 약 50℃ 이내의 벽부 온도로 유지하는 단계를 더 포함하는, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 입구 온도는 75℃ 내지 350℃인, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 챔버 내의 압력을 약 10 Torr 또는 그보다 높게 유지하는 단계를 더 포함하는, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 압력은 약 100 Torr 또는 그보다 높은, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 압력은 약 200 Torr 내지 약 750 Torr인, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 캐리어는 약 25 rpm 또는 그보다 높은 속도로 회전되는, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 캐리어는 약 100 내지 약 1500 rpm의 속도로 회전되는, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 지향시키는 단계는, 상기 가스가 입구 요소로부터 하방향으로 상기 수직축에 평행하게 라미너 플러그 흐름(laminar plug flow)으로 흐르도록 수행되는, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 라미너 플러그 흐름은, 수평 평면에서의 상기 기관 및 상기 캐리어의 면적과 대략 동일하거나 더 큰 수평 평면에서의 횡단면 면적을 갖는, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 라미너 플러그 흐름은, 상기 기관 및 상기 캐리어의 cm^2 면적당 약 25 내지 약 250 표준 ml/min를 제공하는, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 챔버로부터 가스를 상기 캐리어 아래로 배출시켜, 상기 수직축으로부터 외측으로 멀어지도록 통과하는 상기 가스가 상기 캐리어의 외측 에지와 상기 챔버의 벽부 사이에서 전반적으로 하방향으로 이동하도록 하는 단계를 더 포함하는, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 III족 금속 소스는 하나 이상의 III족 금속의 하나 이상의 유기 화합물을 포함하며, 상기 V족 원소 소스는 하나 이상의 V족 원소의 하나 이상의 수소화물(hydride)을 포함하는, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 III족 금속 소스는 III족 금속의 할로겐화물(halide)을 포함하는, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 가스는 하나 이상의 캐리어 가스를 포함하는, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 17

화학적 기상 증착 반응기에 있어서,

(a) 하나 이상의 벽부를 갖는 챔버;

(b) 상기 챔버 내에 배치되고, 기관의 표면이 상기 챔버 내에서 상방향으로 향하도록 하나 이상의 상기 기관을 유지하기 위해 배치되는 웨이퍼 캐리어;

(c) 상기 웨이퍼 캐리어를 실질적으로 수직축에 대해 회전시키도록 구성된 웨이퍼 캐리어 구동 기구;

(d) 상기 기관을 400°C 또는 그보다 높은 기관 온도로 유지하도록 구성된 히터;

(e) 반응 가스를 포함한 가스를 공급하도록 배치된 하나 이상의 가스 소스;

(f) 캐리어 높이(carrier level) 위에서 상기 챔버와 소통되며, 상기 가스를 상기 기관을 향하여 하방향으로 지향시키도록 배치되는 흐름 입구 요소; 및

(g) 입구 온도와 기관 온도 간에 적어도 약 200℃의 온도차가 있도록, 흐름 입구를 약 75℃보다 높지만 상기 기관 온도보다는 낮은 입구 온도로 유지하도록 배치된 흐름 입구 온도 제어 기구

를 포함하는 화학적 기상 증착 반응기.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 챔버의 벽부를 약 75℃보다 높은 벽부 온도로 유지하도록 배치된 챔버 온도 제어 기구를 더 포함하는, 화학적 기상 증착 반응기.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 챔버의 벽부는 실질적으로 상기 수직축을 중심으로 하는 회전 표면의 형태의 하나 이상의 내측 표면을 갖는, 화학적 기상 증착 반응기.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 웨이퍼 캐리어는 전반적으로 수평을 이루는 상면과 상기 기관을 유지하기 위한 상기 상면 내의 포켓을 갖는 디스크 형태이며, 상기 디스크는 외경을 갖고, 상기 반응 챔버의 내측 표면은 상기 웨이퍼 캐리어보다 큰 직경을 갖는 캐리어 영역을 형성하며, 상기 웨이퍼 캐리어는 상기 디스크와 상기 챔버의 내측 표면 사이에 갭이 존재하도록 반응 영역에 배치되며, 상기 챔버는 상기 웨이퍼 캐리어 아래에서 상기 챔버와 소통하는 하나 이상의 배기 포트를 갖는, 화학적 기상 증착 반응기.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 반응 챔버의 내측 표면은 상기 캐리어 영역의 직경보다 작은 직경을 갖는 흐름 영역을 형성하며, 상기 흐름 영역은 상기 흐름 입구 요소에서부터 상기 캐리어 영역까지 하방향으로 연장하고 있는, 화학적 기상 증착 반응기.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 반응 챔버의 내측 표면은 상기 흐름 영역과 상기 캐리어 영역의 연결부(juncture)에서 직경이 급격히 증가하는, 화학적 기상 증착 반응기.

청구항 23

제17항에 있어서,

상기 흐름 입구 요소는, 상기 가스를, 수평 평면에서의 상기 기관 및 상기 캐리어의 면적과 대략 동일하거나 더 큰 수평 평면에서의 횡단면 면적을 갖는 라미너 플러그 흐름으로 지향시키도록 배치되는, 화학적 기상 증착 반응기.

청구항 24

제17항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 상기 가스 소스는 III족 금속 소스와 V족 화합물을 포함하는 가스를 공급하도록 작동하는, 화학적

기상 증착 반응기.

청구항 25

화학적 기상 증착 방법에 있어서,

(a) 기관의 표면이 반응 챔버 내에서 상방향으로 향하도록 상기 반응 챔버 내의 캐리어 상에 하나 이상의 기관을 지지하면서, 상기 캐리어를 수직축에 대하여 회전시키고, 상기 기관을 기관 온도로 유지하는 단계; 및

(b) 반응 가스를 포함하는 가스를 상기 기관 위에 배치된 입구 요소로부터 상기 챔버 내로 지향시키는 단계로서, 이로써 상기 가스가 상기 기관을 향하여 하방향으로 흘러 상기 기관의 표면 위에서 상기 수직축으로부터 외측으로 멀어지도록 하고, 상기 기관 상에 증착물을 형성하도록 반응하게 하며, 상기 가스가 상기 챔버 내로 유입될 시에 입구 온도로 되게 되며, 상기 입구 온도는 상기 입구 온도와 상기 기관 온도 간에 적어도 약 200℃의 온도차가 존재하도록 상기 기관 온도보다 작게 되며, 상기 입구 온도가 약 75℃보다 높게 되는, 단계를 포함하는 화학적 기상 증착 방법.

청구항 26

제25항에 있어서,

상기 온도차는 적어도 약 400℃인, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 27

제25항에 있어서,

상기 가스는 유기 화합물 및 유기금속 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 화합물을 포함하는, 화학적 기상 증착 방법.

청구항 28

제1항에 있어서,

상기 챔버의 벽부를 상기 입구 온도의 약 50℃ 이내의 벽부 온도로 유지하는 단계를 더 포함하는, 화학적 기상 증착 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 관련 출원의 상호 참조

[0002] 본 출원은 2008년 11월 6일자로 출원된 미국 특허 출원 번호 12/291,350의 일부 계속 출원이며, 상기한 특허 출원은 그 전체 내용이 본 명세서에 발명의 일부로서 인용되어 있다.

[0003] 발명의 분야

[0004] 본 발명은 전반적으로 화학적 기상 증착 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 화학적 기상 증착은 화학 종을 포함하는 하나 이상의 가스를 기관의 표면 상으로 지향시켜 반응성 종이 반응하여 기관 상에 증착물을 형성하는 것을 수반한다. 예컨대, 화합물 반도체는 기관 상에 반도체 재료를 에피택셜 성장시킴으로써 형성될 수 있다. 기관은 통상적으로 흔히 "웨이퍼"로 지칭되는 디스크 형태의 결정질 재료이다. III-V족 반도체와 같은 화합물 반도체는 일반적으로 III족 금속의 소스와 V족 원소의 소스를 이용하여 웨이퍼 상에 화합물 반도체의 층을 성장시킴으로써 형성된다. "클로라이드(chloride)" 프로세스로도 지칭되는 하나의 공정에서, III족 금속은 대부분이 GaCl₂와 같은 염화물인 금속의 휘발성 할로겐화물(volatile halide)로서 제공되는 반면, V족 원소는 V족 원소의 수소화물로서 제공된다. 흔히 금속 유기 화학적 기상 증착 또는 "MOCVD"로 지칭되는 다른 공정에서, 화학 종은 갈륨, 인듐 및 알루미늄과 같은 III족 금속의 알킬과 같은 하나 이상의 금속 유기 화합물을 포함하며, 또한 NH₃, AsH₃, PH₃ 및 안티몬의 수소화물과 같은 하나 이상의 V족

원소의 하나 이상의 수소화물과 같은 V족 원소의 소스를 포함한다. 이들 공정에서, 가스는 사파이어, Si, GaAs, InP, InAs 또는 GaP의 웨이퍼와 같은 웨이퍼의 기관에서 서로 반응하여 일반식 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}_a\text{As}_b\text{P}_c\text{Sb}_d$ 의 III-V족 화합물을 형성하며, 여기서 $X+Y+Z$ 는 대략 1이고, $A+B+C+D$ 도 대략 1이며, X, Y, Z, A, B, C, D의 각각은 0과 1 사이로 될 수 있다. 일부 경우에, 다른 III족 금속의 일부 또는 전체 대신에 비스무스가 사용될 수도 있다.

[0006] 이들 공정에서, 웨이퍼는 반응 챔버 내에서 상승된 온도로 유지된다. 반응 가스는 통상적으로 불활성 캐리어 가스와의 혼합물로 반응 챔버 내로 향하게 된다. 통상적으로, 가스는 이들이 반응 챔버 내로 유입될 시에는 예컨대 약 50 내지 60℃ 또는 그 미만과 같이 상대적으로 낮은 온도에 있게 된다. 가스가 고온의 웨이퍼에 도달함에 따라, 이들 가스의 온도 및 그에 따라 이들의 이용 가능한 반응을 위한 에너지가 증가한다.

[0007] 화학적 기상 증착에 폭넓게 채용되었던 한 가지 형태의 장치는 수직축을 중심으로 하는 회전을 위해 반응 챔버 내에 탑재되는 디스크형 웨이퍼 캐리어를 포함한다. 웨이퍼는 챔버 내에서 웨이퍼의 표면이 상방향으로 향하도록 캐리어에 유지된다. 캐리어가 축을 중심으로 회전되는 동안, 반응 가스가 캐리어 위의 흐름 입구(flow inlet) 요소로부터 챔버 내로 유입된다. 이에 따라 흐르게 되는 가스는 캐리어 및 웨이퍼를 향하여 하방으로 바람직하게는 라미너 플러그 흐름(laminar plug flow)으로 통과하게 된다. 회전하고 있는 캐리어에 가스가 도달할 때, 점성 저항(viscous drag)이 이들 가스를 축 둘레에서 회전하도록 하여, 캐리어의 표면 부근의 경계 영역에서, 가스가 축 주변에 흐르게 되고, 캐리어의 둘레를 향하여 외측으로 흐르게 된다. 가스가 캐리어의 외측에서 위에서 흐를 때, 이들 가스는 캐리어 아래에 배치된 배기 포트를 향하여 하방방향으로 흐르게 된다. 대부분의 경우, 이 공정은, 요구된 반도체 디바이스를 형성하기 위해 요구되는 바와 같은 상이한 조성물을 갖는 반도체의 복수의 층을 증착하기 위해, 상이한 가스 조성물이 연속되어 수행됨과 아울러 일부 경우에는 상이한 웨이퍼 온도로 수행된다. 단지 일례로서, 발광 다이오드(LED) 및 다이오드 레이저의 형성 시에, 상이한 비율의 Ga와 In으로 III-V족 반도체층을 증착시킴으로써 복수의 양자 우물("MQW") 구조가 형성될 수 있다. 각각의 층은 수십 Å 정도의 두께로 될 수 있다. 즉, 수 개의 원자층(atomic layer)이 될 수 있다.

[0008] 이러한 유형의 장치는 캐리어의 표면 위와 웨이퍼의 표면 위에 반응 가스의 안정하고 규칙적인 흐름을 제공하여, 캐리어 상의 모든 웨이퍼 및 각각의 웨이퍼의 모든 영역이 실질적으로 균일한 조건에 노출된다. 이것은 웨이퍼 상의 재료의 균일한 증착을 촉진한다. 이러한 균일성은 웨이퍼 상에 증착되는 재료의 조성 및 층 두께에서의 사소한 차이조차도 그 결과의 디바이스의 특성에 영향을 줄 수 있기 때문에 중요하다.

[0009] 웨이퍼 온도는 통상적으로 요구된 증착 반응을 최적화하도록 설정되며, 일반적으로 400℃보다 높고, 가장 대표적으로는 약 700 내지 1100℃이다. 일반적으로 이러한 유형의 장비를 수용 가능한 상태를 제공할 수 있는 최고의 챔버 압력, 최저의 회전 속도 및 최저의 가스 유량에서 작동하도록 하는 것이 요망된다. 10 내지 1000 Torr 정도, 가장 일반적으로는 약 100 내지 약 750 Torr의 압력이 흔히 이용된다. 고가의 고순도 반응물(reactant)의 낭비를 최소화하고 또한 폐기 가스 처리의 필요성을 최소화하기 위해 더 낮은 유량이 바람직할 수 있다. 더 낮은 회전 속도는 웨이퍼 상의 원심력 및 진동과 같은 작용을 최소화한다. 더욱이, 일반적으로 회전 속도와 유량 사이에는 직접적인 관련이 있어서, 소정의 압력 및 웨이퍼 온도 조건 하에서, 안정하고 규칙적인 흐름 및 균일한 반응 조건을 유지하기 위해 요구되는 유량은 회속 속도가 증가함에 따라 함께 증가한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 그러나, 본 발명의 이전에는, 이용될 수 있는 작동 조건이 현저하게 제한되었다. 여전히 안정한 흐름 패턴을 유지하면서, 더 낮은 회전 속도 및 가스 흐름, 더 높은 작동 압력, 또는 이들 양자 모두가 가능하게 되도록 하는 것이 바람직할 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일특징은 화학적 기상 증착 방법을 제공한다. 본 발명의 이러한 특징에 따른 방법은, 기관의 표면이 반응 챔버 내에서 상방향으로 향하도록 상기 반응 챔버 내의 캐리어 상에 하나 이상의 기관을 지지하면서, 상기 캐리어를 수직축에 대하여 회전시키고, 상기 기관을 400℃ 또는 그 이상, 대표적으로는 500℃ 또는 그 이상의 기관 온도로 유지하는 단계를 포함한다. 또한, 본 방법은, 가스, 가장 바람직하게는 III족 금속 소스와 V족 화합물을 포함하는 가스를 상기 기관 위에 배치된 입구 요소로부터 상기 챔버 내로 지향시키는 단계를 포함한다. 상기 가스는 상기 기관을 향하여 하방방향으로 흘러 상기 기관의 표면 위에서 상기 축으로부터 외측으로 멀어지도록

록 되고, 상기 기관 상에 III-V족 반도체와 같은 증착물을 형성하도록 반응한다. 상기 가스는, 상기 챔버 내로 유입될 시에 예컨대 약 75℃ 내지 약 350℃와 같이 약 75℃보다 높고, 보다 바람직하게는 약 100℃ 내지 250℃와 같이 약 100℃보다 높은 입구 온도에 있게 된다. 바람직하게는, 상기 챔버의 벽부가 상기 입구 온도의 약 50℃ 이내의 벽부 온도로 유지된다.

[0012] 본 발명의 이 특징에 따른 바람직한 방법은 작동 범위의 현저한 향상을 제공할 수 있다. 구체적으로, 본 발명의 이 특징에 따른 바람직한 방법은, 더 낮은 가스 입구 온도를 이용하는 유사 공정보다도 낮은 회전 속도, 낮은 가스 유량, 및 높은 온도에서 작동할 수 있다.

[0013] 본 발명의 다른 특징은 화학적 기상 증착 반응기를 제공한다. 본 발명의 이 특징에 따른 반응기는 회전 디스크 반응기인 것이 바람직하며, 상기한 방법과 관련하여 전술한 바와 같이 반응기의 흐름 입구 요소를 입구 온도로 유지하도록 배치된 흐름 입구 온도 제어 기구를 포함하는 것이 바람직하다. 가장 바람직하게는, 반응기는 또한 전술한 바와 같이 챔버의 벽부를 벽부 온도로 유지하도록 배치된 챔버 온도 제어 기구를 포함한다.

[0014] 본 발명의 다른 특징은, 기관 온도보다 낮은 가스 입구 온도를 채용하고, 이들 온도 간의 온도차 ΔT 를 적어도 약 200℃로 하는 화학적 기상 증착 장치 및 공정을 제공한다. 이러한 장치 및 공정은, 본 설명에서는 "콜드 월(cold wall)" 장치 및 공정으로 지칭된다. 대표적으로, 콜드 월 장치 및 공정에서의 ΔT 는 200℃보다 크며, 예컨대 약 400℃ 이상 또는 약 500℃ 이상이 된다. 본 발명의 이러한 특징에 따라, 가스 입구 온도는 약 75℃보다 높고, 바람직하게는 약 100℃보다 높다. 바람직하게는, 반응기의 벽부는 역시 약 75℃보다 높고, 바람직하게는 약 100℃보다 높은 벽부 온도로 유지된다. 콜드 월 장치 및 공정은 반응 가스 중의 하나 이상이 유기 화합물 또는 유기금속 화합물을 포함하는 화학적 기상 증착 시스템에 흔히 사용된다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 반응기의 개략도이다.

도 2는 도 1에 도시된 반응기의 부품을 도시하는 개략 단면도이다.

도 3은 도 1에 도시된 반응기의 다른 부품의 개요도이다.

도 4 및 도 5는 특정 작동 조건을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 발명의 일실시예에 따른 장치(도 1)는, 중심축(12)을 갖는 반응 챔버(10)를 포함한다. 이 실시예에서, 중심축(12)은 실질적으로 정상적인 중력 기준 체계에서 볼 때에 실질적으로 수직을 이룬다. 챔버(10)의 내벽은 일반적으로 중심축(12)에 대한 회전 표면의 형태로 된다. 챔버의 상단에 있는 흐름 영역(14)에서, 내벽(16)은 중심축과 동심을 이루는 직경 d_{fr} 을 갖는 원통 형태로 되어 있다. 본 명세서에서 "캐리어 영역"으로 지칭되는 영역(18)은 원통형 내벽(20)을 가지며, 이 원통형 내벽(20) 또한 전반적으로 중심축(12)과 동심을 이루고 d_{fr} 보다 큰 직경 d_{cr} 을 갖는 원통형의 형태로 되어 있다. 챔버는 흐름 영역과 캐리어 영역의 연결부(juncture)에 있는 하방향으로 향하는 전환면(transition surface)(22)을 갖는다. 챔버는 또한 캐리어 영역 아래에 배치된 출구 영역(exit region)(24)을 갖는다. 챔버 벽부는 후술되는 바와 같이 벽부 내의 온도 제어 유체의 통과를 위한 도면부호 26으로 나타낸 통로를 갖는다. 챔버의 벽부가 도 1에 일체형 요소로서 도시되어 있지만, 실제로는 이들 벽부는 복수의 요소로 형성될 수도 있다. 또한, 벽부는 웨이퍼를 챔버 내와 챔버 외부로 이송하기 위한 도어를 형성하는 부분과 같은 가동 부분을 포함할 수도 있다. 단지 일례로서, 캐리어 영역 내의 내벽의 일부 또는 전부가 미국 특허 제6,902,623호에 도시된 바와 같이 축방향으로 이동할 수 있는 링과 같은 셔터에 의해 형성될 수도 있으며, 이 특허의 개시 내용은 본 명세서에 원용되어 있다. 다른 언급이 없다면, 본 장치의 챔버 및 기타 요소에 대한 설명은 재료를 증착시키기 위해 사용할 수 있는 작동 상태에서의 장치의 구성을 지칭하는 것으로서 이해되어야 한다.

[0017] 본 장치는 챔버(10) 내로 연장하는 스핀들(28)을 포함하는 웨이퍼 캐리어 구동 기구를 갖는다. 스핀들은 중심축(12)과 동축을 이루고 중심축에 대해 회전할 수 있다. 웨이퍼 캐리어 구동 기구는 또한 스핀들에 연결된 전기 모터와 같은 회전 구동 장치(30)를 포함한다. 본 장치는 또한 베어링 및 진공-기밀 로터리 시일(vacuum-tight rotary seal)(도시하지 않음)과 같은 종래의 요소를 포함한다.

[0018] 웨이퍼 캐리어(30)는 스핀들 상에 탑재된다. 본 실시예에서의 웨이퍼 캐리어는 폴리브덴, 그래파이트 또는 탄

화규소와 같은 불응성의(refractory) 비활성 재료로 형성된 디스크형 바디이다. 캐리어는 전반적으로 평면형의 상면(34) 및 이 상면에 형성된 포켓(36)을 갖는다. 포켓은, 웨이퍼의 표면(40)이 노출되고, 캐리어의 상면(34)과 공통 평면을 이루거나 거의 공통 평면을 이루도록, 복수의 웨이퍼(38)를 유지하기 위해 배치된다. 도시된 작동 상태에서, 웨이퍼 캐리어는 스핀들(28)과 결합된다. 스핀들은, 중심축(12)에 실질적으로 직각을 이루고 있는 상면(34)과 웨이퍼 표면을 챔버의 상단쪽으로 상방향을 향하도록 하는 상태로, 챔버의 캐리어 영역(18) 내에 캐리어를 지지한다. 캐리어(32)의 직경 d_c 는 캐리어 영역(18)의 직경 d_{cr} 보다 작으며, 이로써 캐리어의 둘레 및 캐리어 영역의 내벽(20)이, 캐리어를 둘러싸고 챔버의 출구 영역(24)과 소통하게 되는 링형의 갭(41)을 형성한다. 예컨대, 약 12.5 인치(31.75 cm) 직경 d_c 의 웨이퍼 캐리어를 갖는 시스템에서, d_{cr} 은 약 15.5 인치(39.4 cm)이어도 된다. 본 실시예에서, 내경 d_{fr} 은 웨이퍼 캐리어의 직경 d_c 와 대략 동일하거나 또는 d_c 보다 약간 더 크다. 통상적으로, 웨이퍼 캐리어는 스핀들 상에 착탈 가능하게 탑재되며, 이로써 본 장치는 스핀들로부터 웨이퍼 캐리어를 제거하고 새로운 웨이퍼를 유지하고 있는 또 다른 캐리어로 교체함으로써 재로딩될 수 있다.

[0019] 예컨대 저항 발열 요소와 같은 히터(42)가 기판 캐리어(32)를 가열하기 위해 반응 챔버 내에 배치된다. 배기 시스템(44)이 챔버의 출구 영역(24)에 연결된다. 배기 시스템은 챔버의 내부로부터 가스를 인출하도록 배열된다. 배기 시스템은 챔버 내에서 요구된 압력을 유지하도록 조정될 수 있는 가변 속도 펌프 또는 쓰로틀링 밸브(45)와 같은 제어 가능한 요소를 포함하는 것이 바람직하다.

[0020] 흐름 입구 요소(46)가 챔버의 흐름 영역(14)에 탑재되고, 챔버의 상단 벽부를 형성한다. 흐름 입구 요소는 캐리어 영역(18) 위와 웨이퍼 캐리어(32) 위에 배치된다. 흐름 입구 요소는 공정에 사용되는 가스의 소스(55, 56)에 연결된다. 흐름 입구 요소는 다양한 가스의 스트림을 반응 챔버 내로 또한 웨이퍼 캐리어 및 기판을 향하여 하방향으로 지향시킨다. 추가로 하술되는 바와 같이, 가스 스트림은 챔버의 흐름 영역(14) 내에 실질적으로 라미너 플러그 흐름(laminar plug flow)을 형성한다. 통상적으로, 흐름 입구 요소는 흐름 영역의 전체 횡단면 면적 위에 가스를 배출하도록 배치된다. 달리 말하면, 중심축(12)에 직각을 이루는 수평 평면에서 본 플러그형 라미너 흐름의 횡단면 면적은 흐름 영역의 내경 d_{fr} 에 근접한 직경을 갖는 것이 바람직하다. 이러한 횡단면에서 볼 때의 흐름의 직경은 캐리어(32)의 직경 d_c 와 대략 동일하거나 또는 약간 더 크다. 통상적으로, 흐름 입구 요소는 흐름 입구 요소의 하방향을 향하는 바닥면(48)에 걸쳐 분포된 개구부를 가지며, 이들 개구부는 가스 소스에 연결되어 있다. 단지 예시로서, 흐름 입구 요소는, 도 2에 도시된 바와 같이, 제1 입구가 흐름 입구 바닥면(48)의 사분면(50)과 같은 영역에 걸쳐 분포된 어레이로 배치되고, 제2 입구가 방사상으로 연장하는 행(52)으로 분포되는 상태로 배치될 수 있다. 제1 입구는 통상적으로 수소화물과 같은 V족 원소의 소스(54)(도 1)에 연결되는 반면, 제2 입구는 통상적으로 유기금속과 같은 III족 금속의 소스(56)(도 1)에 연결된다. 이들 가스 소스는 일반적으로 활성 반응물을 증착 반응에 참여하지 않는 N_2 또는 H_2 와 같은 캐리어 가스와 혼합물 형태로 제공하도록 배치된다. 흐름 입구 요소는 또한 별소의 소스(55)에 의해 공급된 활성 반응물 없이 캐리어 가스의 배출을 위해 그 바닥면에 추가의 개구부를 가질 수도 있다. 예컨대, 그 개시 내용이 본 명세서에 인용되어 있는 미국 공개 특허 번호 2006-0021574에 개시된 바와 같이, 캐리어 가스는 V족 원소와 III족 원소의 스트림 사이에 배출되어 이들 스트림의 혼합 및 흐름 입구 요소 부근에서의 원하지 않은 반응을 억제할 수도 있다. 또한, 그 개시 내용이 본 명세서에 인용되어 있는 미국 공개 특허 2007-0134419에 개시된 바와 같이, 다양한 가스 스트림의 유량 및 조성은 다양한 가스 스트림에서의 유사한 가스 밀도 및 유량을 제공하도록 선택될 수도 있다. 흐름 입구 요소(46)는 온도 제어 유체의 통로를 위한 도면부호 58에 개략적으로 나타낸 온도 제어 유체 통로를 갖는다.

[0021] 본 장치의 전술한 특징은 미국 뉴욕주의 플레인뷰에 소재한 Veeco Instruments, Inc.에 의해 등록 상표 TURBODISC로 시판되는 반응기에서 이용되는 것과 유사할 것이다.

[0022] 흐름 입구 요소(46)의 온도 제어 유체 통로(58)는 흐름 입구 온도 제어 기구(60)에 연결된다. 제어 기구의 일례가 도 3에 예시되어 있다. 이 제어 기구는 유체, 가장 바람직하게는 물, 에틸렌 글리콜, 하이드로카본 오일, 또는 등록 상표 DOWTHERM로 시판되는 것과 같은 합성 유기 열전달액 등의 유체를 유체 입구 요소의 온도 제어 유체 통로(58)를 통해 순환시키기 위한 펌프(62)를 포함한다. 제어 기구는 또한 흐름 입구 요소, 흐름 입구 요소로부터 배출된 가스, 또는 순환 유체 중의 적어도 하나의 온도를 모니터링하기 위한 하나 이상의 센서(64)를 포함한다. 제어 기구는 또한 순환 유체로부터의 열을 대기 내로 소산시키도록 배치된 라디에이터(65)와 같은 구조체를 포함하는 것이 바람직하며, 또한 전기 저항 히터(66)와 같은 히터 또는 순환 유체에 추가의 열을 공급하도록 배치된 기타 요소를 포함할 수도 있다. 온도 제어 기구는 하나 이상의 센서(64)에 연결되고 열추출(heat-extracting) 및 열인가 요소의 동작을 제어하도록 배치된 제어 회로(68)를 추가로 포함하는 것이 바람직하다.

전술한 특정 실시예에서, 제어 회로는, 유체로부터 추출되는 열의 양을, 순환 유체의 일부 또는 전부를 라디에이터로부터 멀어지게 전환시키도록 바이패스 밸브(70)를 제어함으로써 변화시킬 수 있으며, 유체에 공급되는 열의 양을 저항 히터에 연결된 전기 전원 공급장치(72)의 작동을 제어함으로써 변화시킬 수 있다. 열전달 요소의 다수의 다른 구성이 채용될 수 있으며, 이들 구성은 순환 유체를 반드시 포함할 필요가 없다. 예컨대, 흐름 입구 요소는, 열을 직접 대기 내로 소산시키는 핀(fin)과, 그 구조체 내에 매립된 전기 히터가 제공될 수 있다. 이러한 구성에서, 흐름 입구 요소의 온도는 핀 위의 공기 흐름을 변화시킴으로써, 저항 히터의 작동을 제어함으로써, 또는 이들 양자를 행함으로써 제어될 수 있다. 또한, 흐름 입구 요소 내로 통과하는 가스를 냉각시키거나 가열시킴으로써 흐름 입구 요소 및 흐름 입구 요소로부터 배출되는 가스의 온도를 제어하는 것도 가능하다. 또한, 작동 동안에는, 웨이퍼 캐리어 및 웨이퍼로부터 흐름 입구 요소로 열이 전달된다. 따라서, 흐름 입구 온도 제어 장치(60)가 저항 히터(66)와 같은 열공급 장치를 포함하는 것은 필수적이지 않다. 흐름 입구 온도 제어 장치(60)는 흐름 입구 요소의 상이한 지역의 온도를 별도로 제어하도록 배치될 수도 있다. 예컨대, 온도 제어 유체 통로(58)는 흐름 입구 요소의 상이한 지역에 대한 별도의 흐름 루프를 포함할 수도 있으며, 온도 제어 장치는 각각의 이러한 루프와 관련된 별도의 서브시스템을 포함할 수도 있다.

[0023] 흐름 입구 요소(48)는 금속 또는 상당한 열전도율을 갖는 기타 재료로 형성되는 것이 바람직하며, 흐름 입구 요소 내의 가스 통로(도시하지 않음)는 통로(58) 내에 흐르고 있는 유체와 친밀 접촉하여, 흐름 입구 요소로부터 배출된 가스의 온도 및 흐름 입구 요소 자체의 온도를 열전달 유체의 온도에 가깝게 하는 것이 바람직하다. 흐름 입구 온도 제어 장치(60)는 흐름 입구 요소 및 흐름 입구 요소로부터 반응 챔버 내로 통과하는 가스를 약 75℃보다 높게, 약 75℃ 내지 약 350℃, 더욱 바람직하게는 흔히 약 100℃ 내지 약 250℃와 같이 약 100℃보다 높게, 가장 바람직하게는 통상적으로 100℃ 내지 250℃의 입구 온도로 유지하도록 배치된다.

[0024] 본 장치는 또한 벽부 온도 제어 장치(74)(도 3)를 포함한다. 벽부 온도 제어 장치는 챔버(10)의 벽부 내의 온도 제어 유체 통로(26)에 연결될 수 있으며, 입구 온도 제어 장치(60)의 요소와 유사한 요소를 포함할 수 있다. 벽부 온도 제어 장치는 흐름 영역(14) 내의, 바람직하게는 아울러 캐리어 영역(18) 내의, 챔버 벽부를 입구 온도에 대하여 전술한 범위 이내의 벽부 온도로 유지하도록 배치된다. 벽부 온도는 예컨대 입구 온도의 약 50℃ 이내, 더욱 바람직하게는 약 25℃ 이내와 같이 입구 온도에 근접하는 것이 바람직하다. 벽부 온도 제어 장치(74)는 챔버 벽부의 개별 지역의 온도를 별도로 제어하기 위한 복수의 요소를 포함할 수 있다.

[0025] 본 발명의 일실시예에 따른 처리 방법에서, 가스 소스(54~56)는 III족 원소와 V족 원소를 포함하고 또한 통상적으로 웨이퍼 캐리어(32) 및 웨이퍼(38)를 향하는 라미너의 하방향 플러그 흐름과 같이 캐리어 가스를 포함하는 가스의 흐름을 공급하도록 작동된다. 가스 유량은 통상적으로 중심축(12)에 직각을 이루는 수평 평면에서 볼 때에 플러그 흐름의 횡단면의 cm^2 면적당 약 25 내지 약 250의 표준 ml/분이다. 이러한 평면에서 볼 때의 플러그 흐름의 면적이 웨이퍼 캐리어 상면(34)의 노출 면적 및 웨이퍼 상면(40)에 근접하기 때문에, 캐리어 및 웨이퍼 면적을 기초로 계산된 가스 유량은 통상적으로 대략 동일하다. 즉, cm^2 면적당 약 25 내지 약 250의 표준 ml/min이다. 예컨대, 약 12.5 인치(31.75 cm) 직경의 웨이퍼 캐리어를 갖는 시스템에서, 유량은 일반적으로 웨이퍼 캐리어의 노출 표면적 및 웨이퍼 캐리어의 cm^2 당 약 50~300 표준 리터/분, 즉 약 60~400 표준 ml/min이다. 가스를 참조로 하는 본 개시 내용에서 이용된 바와 같이, "표준" 리터 또는 ml는 25℃(298K)의 온도와 1 atm의 대기압에서의 가스의 부피를 지칭한다. 배기 시스템(44)은 예컨대 약 10 Torr보다 높은, 더욱 바람직하게는 약 100 Torr보다 높은, 통상적으로 약 250 Torr 내지 약 1000 Torr, 가장 바람직하게는 약 250 Torr 내지 약 750 Torr와 같은 반응 챔버 내에서 요구되는 압력을 유지하도록 제어된다. 회전 구동 장치(rotary drive)(30)는 스피들(28) 및 그에 따라 웨이퍼 캐리어(32)를 대표적으로 분당 약 25 회전(25 rpm), 보다 대표적으로 분당 약 100 내지 약 1500 회전의 요구된 회전 속도로 중심축(12)의 둘레에서 회전시키도록 작동된다. 히터(42)는 웨이퍼 캐리어 및 기판을 통상적으로 약 400℃보다 높은, 보다 일반적으로는 약 700℃ 내지 1100℃의 요구된 기판 온도로 유지하도록 작동된다. 기판 온도는 일반적으로 증착 반응의 키네틱스(kinetics)를 최적화하도록 선택된다.

[0026] 웨이퍼 캐리어(18)가 신속하게 회전함에 따라, 웨이퍼 캐리어의 표면 및 웨이퍼의 표면은 신속하게 이동한다. 웨이퍼 캐리어 및 웨이퍼의 신속한 움직임은 가스를 중심축(12) 주위의 회전 움직임으로 유입시켜 중심축(12)로부터 멀어지는 방사상 흐름으로 만들며, 다양한 스트림 내의 가스를 도 1에 도면부호 76으로 개략적으로 나타낸 경계층 내에서 웨이퍼 캐리어의 상면(34) 및 웨이퍼의 노출 표면(40)을 가로질러 외측으로 흐르게 한다. 물론, 실제로는, 흐름 영역(14)에 화살표로 나타난 전반적으로 하류측 흐름 체계와 경계층(76)에서의 흐름 사이에서의 점차적인 전환이 존재한다. 그러나, 경계층은 가스가 웨이퍼의 표면에 실질적으로 평행하게 흐르는 영역으로서 간주될 수 있다. 대표적인 작동 조건 하에서, 경계층의 두께 T는 약 1 cm 정도이다. 반대로, 흐름 입

구 요소의 하류측의 표면에서부터 웨이퍼의 표면(40)까지의 수직 거리는 일반적으로 약 5 내지 8 cm이다.

[0027] 웨이퍼 캐리어의 회전 움직임은 가스를 웨이퍼 캐리어의 둘레 에지 주위에서 외측으로 펌핑하며, 그에 따라 가스가 웨이퍼의 에지를 지나서 웨이퍼 캐리어와 캐리어 영역의 내벽(20) 사이의 갭(41)을 통해 하방향으로 통과한다. 갭을 통과하는 가스는 배기 시스템(44)으로 보내진다. 통상적으로 내벽(20) 및 하방향으로 향하는 벽부(22) 부근에서 소용돌이(80)가 형성된다. 이 소용돌이가 웨이퍼 캐리어 및 웨이퍼에서 떨어져 유지되면, 이 소용돌이는 웨이퍼 표면 위의 가스의 매끄럽고 균일한 흐름을 붕괴시키지 않는다. 일반적으로, 소용돌이는 웨이퍼 캐리어의 회전 속도에 의해 증가하는 경향이 있다. 그러나, 캐리어의 회전 속도가 너무 낮으면, 중심축(12) 부근에서 재순환이 발생한다. 이 재순환은 대류(convection)에 의해 야기되며, 고온의 웨이퍼 캐리어 및 웨이퍼에 의해 가열된 가스가 덜 조밀하게 되어 상승하는 경향이 있다. 이러한 성질의 재순환 또한 웨이퍼 표면 위의 가스의 매끄러운 흐름을 붕괴시킬 것이다. 이러한 문제점 모두는 반응기 내의 압력이 증가하면 더욱 심해지게 되는 경향이 있다. 본 명세서에서 "비재순환(non-recirculating)" 작동으로 지칭되는 요구된 작동 조건은, 내벽(20) 부근의 소용돌이가 웨이퍼 캐리어를 지나 연장하지 않을 때에 그리고 중심축(12) 부근의 재순환이 발생하지 않을 때에 이루어진다.

[0028] 이러한 효과는 도 4에 예시되어 있다. 도 4는 압력과 회전 속도의 그래프 상에 나타난 가스 유량, 가스 조성, 기관 온도 및 가스 입구 온도에서 작동하는 특정 반응기에 대한 CFD(computational flow dynamic)에 의해 구해진 결과를 나타내고 있다. 도 4에서의 실선 곡선 아래의 압력 및 회전 속도는 비재순환 작동을 나타낸 반면, 실선 곡선 위의 압력 및 회전 속도는 바람직하지 않은 조건을 나타낸다. 소정의 압력에서 이용될 수 있는 최소의 회전 속도는 대류 재순환(convective recirculation)에 의해 좌우된다. 예컨대, 300 Torr의 압력(수평 실선)에서, 최소의 이용 가능한 회전 속도는 약 260 rpm이며, 그 속도 아래에서는, 대류로 인해 중심축 부근에서 재순환이 존재한다. 소정의 압력에서 이용될 수 있는 최대의 회전 속도는 웨이퍼 캐리어의 에지에서의 소용돌이에 의해 제한된다. 300 Torr에서, 최대의 회전 속도는 약 700 rpm이다. 더 높은 압력에서는, 최소 속도가 증가하고, 최대 속도가 감소하며, 이로써 약 480 Torr의 압력에서, 최소 속도와 최대 속도가 동일하게 된다. 이것은 소정의 가스 유량, 가스 조성, 기관 온도, 및 가스 입구 온도를 갖는 이 시스템이 약 480 Torr 또는 그 이상의 압력에서 비재순환 체계로 작동할 수 있는 회전 속도가 없다는 것을 의미한다.

[0029] 본 발명이 어떠한 작동 이론에 의해 제한되지 않지만, 도 4의 곡선의 형상은 어떠한 무차원수(dimensionless number) 및 이것의 비율을 고려하여 이해될 수 있다. 아래의 수식 1에 의해 정해지는 레이놀즈수(Reynolds number) Re는 강제 대류의 중요성에 대한 척도(measure of the significance)를 제공한다.

$$\text{Re} = \frac{\rho_{\text{mix}} v_{\text{mix}} d}{\mu_{\text{mix}}} \quad (\text{수식 1})$$

[0031] 아래의 수식 2에 의해 정해지는 회전 레이놀즈수 Re_ω 는 웨이퍼 캐리어의 회전으로 인한 강제 대류의 중요성에 대한 척도를 제공한다.

$$\text{Re}_\omega = \frac{\rho_{\text{mix}} \omega d^2}{\mu_{\text{mix}}} \quad (\text{수식 2})$$

[0033] 아래의 수식 3에 의해 정해지는 그라스호프 수(Grashof number) Gr은 자연 대류의 중요성에 대한 척도를 제공한다.

$$\text{Gr} = \frac{g \rho_{\text{mix}}^2 H^3 (t_s - t_w)}{\mu_{\text{mix}}^2} \quad (\text{수식 3})$$

[0035] 각각의 수식 1 내지 수식 3에서,

[0036] ρ_{mix} , μ_{mix} , v_{mix} 는 각각 가스 혼합물의 밀도, 점도 및 속도를 나타낸다.

[0037] ω 는 웨이퍼 캐리어의 각속도이다.

[0038] d는 웨이퍼 캐리어의 직경이다.

[0039] H는 흐름 입구 요소와 웨이퍼 캐리어 상면 간의 수직 거리이다.

[0040] t_s 는 기관 온도이다.

[0041] t_w 는 반응기 벽부 온도이며, 입구 온도 t_i 와 동일하게 되는 것으로 가정된다.

[0042] 비재순환 작동을 위한 기준은 아래의 수식 4에 나타낸 바와 같이 Re , Re_w 및 Gr 의 특정 무차원 비율의 임계값에 의해 정해진다. 이들 비율은 반응기에서의 상이한 힘의 상대 세기의 비율을 나타낸다.

$$\frac{Gr}{Re \cdot Re_w} \leq C_1; \frac{Gr}{Re^m} \leq C_2; \frac{Re_w}{Re^n} \leq C_3 \quad (\text{수식 4})$$

[0044] 매우 낮은 회전 속도에서, 대류의 효과는 단지 플러그 흐름에 의해 상쇄되며, 웨이퍼 캐리어의 회전에 의해서는 실질적으로 영향을 받지 않는다. 그러므로, 상수 C_2 에 대한 부등식(inequality)이 충족되는 한, 대류로 인한 중심축 부근에서의 재순환은 발생하지 않는다. 이것은 도 4에 수평 점선으로 도시되어 있다. 더 높은 회전 속도에서, 회전의 효과는 커지게 되며, 상수 C_1 에 대한 부등식이 충족되는 경우, 대류로 인한 재순환이 없는 동작이 발생한다. 이것은 도 4에 상방향으로 경사진 점선에 의해 나타내어져 있다. 웨이퍼 캐리어 바깥쪽의 소용돌이는 더 높은 회전 속도에 의해 증가되지만 더 큰 외측 흐름에 의해 억제된다. 도 4에 점선 곡선으로 나타낸 바와 같이, 상수 C_3 에 대한 부등식이 충족되면, 캐리어의 에지 위에서 확산하는 소용돌이를 수반하지 않는 동작이 발생한다.

[0045] 도 5에는 가스 입구 온도의 효과가 도시되어 있다. 도 5에서의 각각의 곡선은 도 4의 실선 곡선과 유사하다. 여기서 다시 가스 유량, 가스 조성 및 기관 온도가 고정되며, 상이한 실선은 상이한 가스 입구 온도에 대해 계산된 결과를 나타낸다. 각각의 곡선에 대해, 가스 입구 온도 t_i 및 벽부 온도 t_w 는 서로 동일하게 된다. 입구 온도를 상승시키는 것은 비재순환 조건이 보편화되는 작동 범위를 확장시킨다. 이 효과는 약 75°C보다 높고 특히 약 100°C 또는 그 이상의 t_i 에서 현저하다. 100°C와 200°C의 t_i 에 대한 곡선은 25°C와 50°C의 t_i 에 대한 곡선보다 실질적으로 더 높은 압력에서의 비재순환 작동을 보여준다. 더욱이, 비재순환 작동이 25°C 또는 50°C의 t_i 에 대해 작동하는 작동 압력에서, 최소의 회전 속도는 100°C 또는 200°C의 t_i 에서 실질적으로 감소된다. 예컨대, 400 Torr에서, 25°C의 t_i 에서의 비재순환 작동을 유지하기 위해 거의 400 rpm의 최소 회전 속도가 요구되는 반면, 200°C의 t_i 에 대해서는 비재순환 작동을 유지하기 위한 최소의 회전 속도는 약 120 rpm에 불과하다. 그러므로, 입구 온도 및 바람직하게는 벽부 온도도 함께 증가시킴으로써, 작동 압력이 증가되거나, 회전 속도가 감소되거나, 또는 작동 압력이 증가되는 동시에 회전 속도가 감소될 수 있다. 더욱이, 안정한 작동을 위한 최소의 유량은 회전 속도와 직접 관련된다. t_i 가 증가하고 회전 속도가 감소함에 따라, 반응기를 통한 가스의 요구된 유량은 실질적으로 감소한다. 이들 효과는 더 높은 t_i 에 대해서도 지속될 것이다. 그러나, III족 금속 알킬과 V족 수소화물과 같은 종래의 반응물을 이용하면, 흐름 입구 요소 상의 고체 증착물의 형성과 같은 바람직하지 않은 부수적 반응을 제한하기 위해 t_i 를 약 250°C 아래로 유지하는 것이 통상적으로 요망된다. 이러한 바람직하지 않은 반응을 다른 방식으로 억제할 수 있는 곳에서는, 250°C보다 높은 t_i 가 이용될 수 있다.

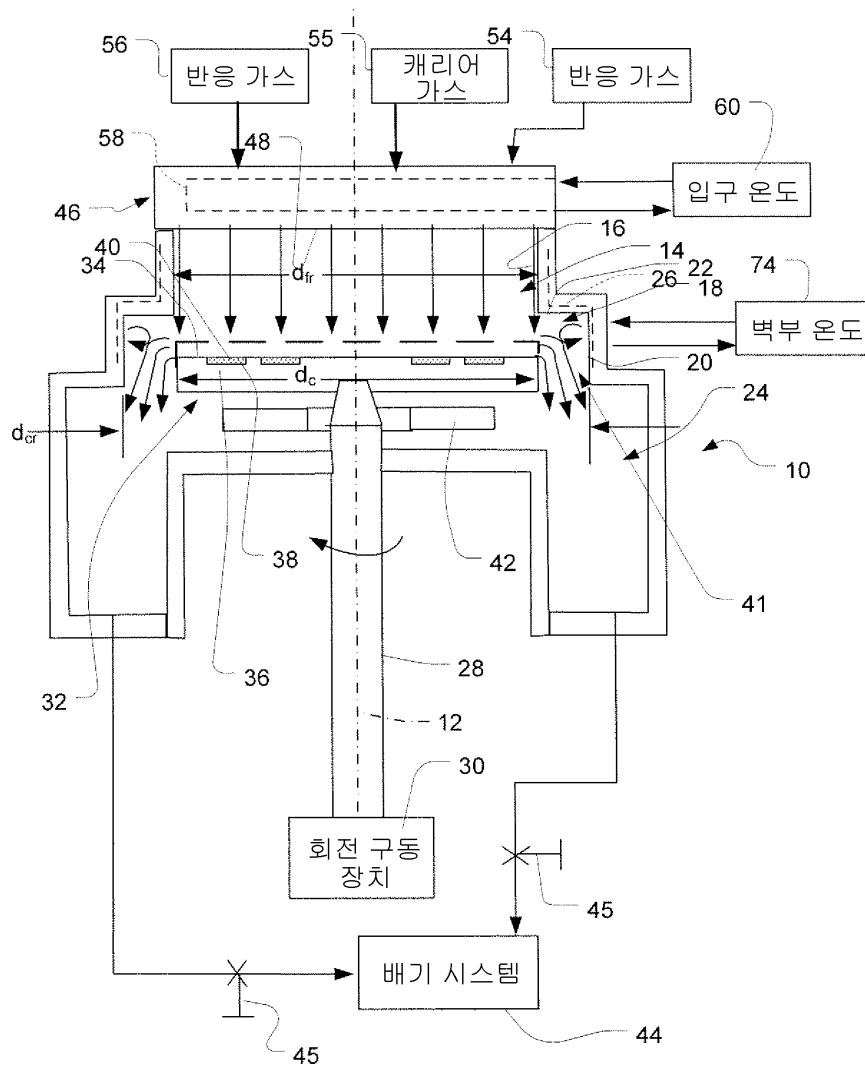
[0046] 부분적으로, 이러한 효과는 정성적으로 이해될 수 있다. 가스는 온도가 증가하면 팽창한다. 따라서, 소정의 가스 조성 및 소정의 유량(표준 리터/min으로 표현됨)에 대해, 체적 유량(리터/min으로 표현됨)은 입구 온도와 함께 증가한다. 체적 유량이 더 높다는 것은, 하방향 플러그 흐름에서의 가스의 속도가 더 크다는 것을 의미한다. 이것은 대류의 영향을 상쇄하는 경향이 있다. 또한, 체적 유량이 더 높다는 것은, 중심축에서 먼쪽으로 방사상 외측으로 이동하는 가스의 속도 또한 증가된다는 것을 의미한다. 이것은 소용돌이를 웨이퍼 캐리어로부터 먼쪽으로 유지하는 경향이 있다.

[0047] 전술한 특징의 다수의 변형 및 조합이 채용될 수 있다. 예컨대, 반응기의 크기 및 반응기 벽부의 구조가 변경될 수 있다. 또한, 전술한 설명은 III-V족 반도체의 증착에 대해 언급하고 있지만, 본 발명은 다른 재료, 구체적으로 증착을 위해 높은 기관 온도를 요구하고 또한 통상적으로 낮은 가스 입구 온도 및 벽부 온도를 채용하는 재료의 화학적 기상 증착에 채용될 수 있다. 기관 온도보다 낮은 가스 입구 온도를 채용하고, 이들 온도 간의 온도차 ΔT 를 적어도 약 200°C로 하는 화학적 기상 증착 장치 및 공정은, 본 설명에서는 "콜드 월(cold wall)" 장치 및 공정으로 지칭된다. 대표적으로, 콜드 월 장치 및 공정에서의 ΔT 는 200°C보다 크며, 예컨대 약 400°C 이상 또는 약 500°C 이상이 된다. 예컨대, 콜드 월 장치 및 공정은 반응 가스 중의 하나 이상이 유기 화합물

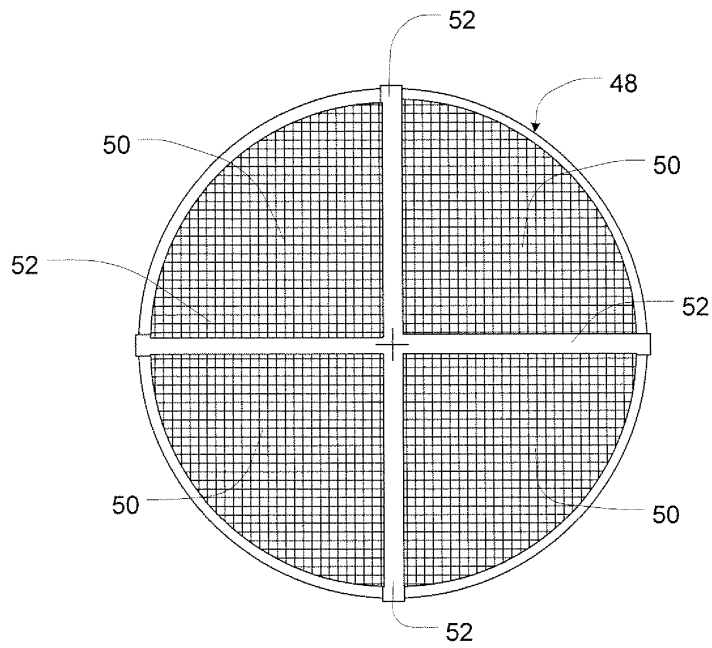
또는 유기금속 화합물을 포함하는 화학적 기상 증착 시스템에 흔히 사용된다. 특정의 콜드 웰 증착 장치는 회전 캐리어를 포함한다. 예컨대, 이러한 유형의 콜드 웰 시스템은 프로판과 같은 저급 알킬 및 실란을 포함하는 반응 가스로부터 탄화규소를 형성하기 위해 이용될 수 있다. 다른 예로는 다이아몬드, DLC(diamond-like carbon), 전술한 III족 질화물 반도체 이외의 질화물, 및 다른 탄화물의 화학적 기상 증착이 있다. 본 발명은 이들 시스템에도 마찬가지로 적용될 수 있다.

도면

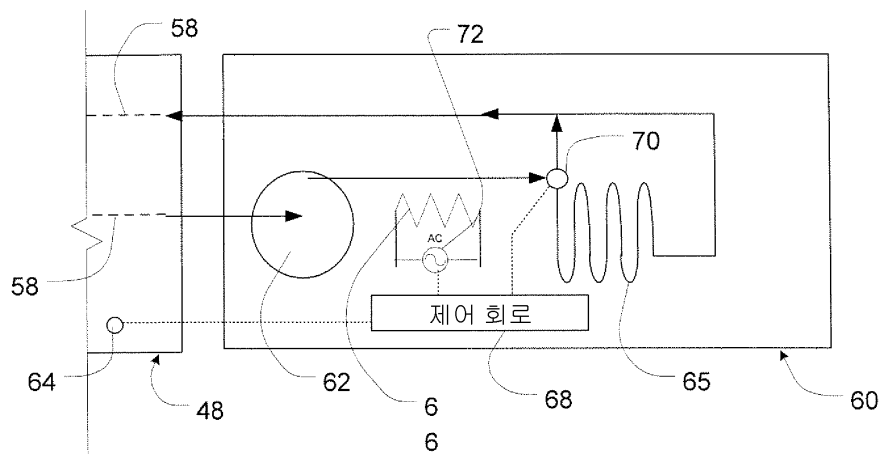
도면1



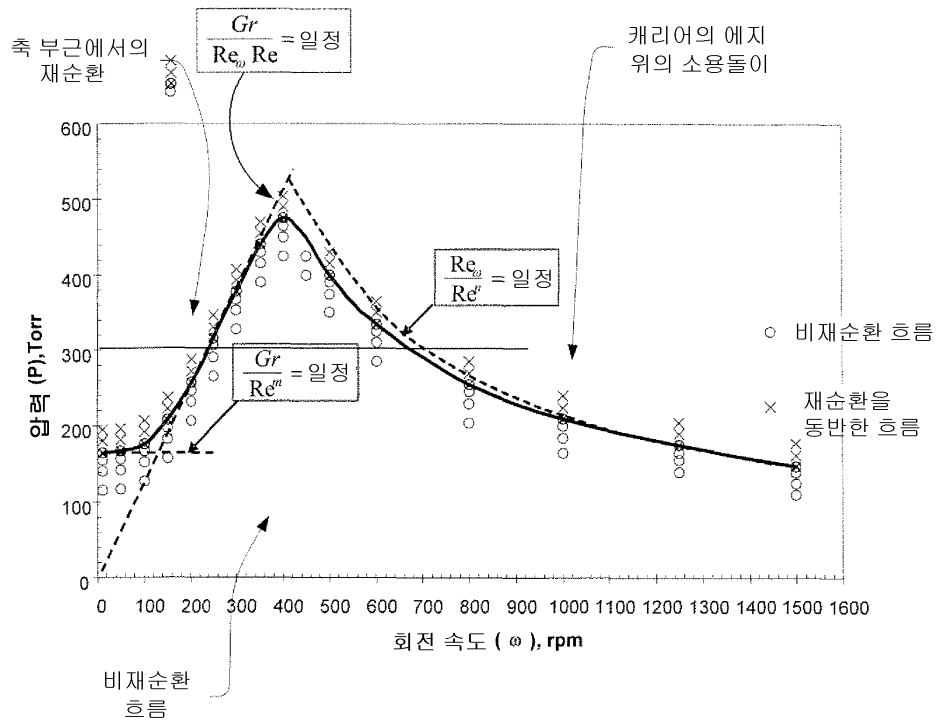
도면2



도면3



도면4



도면5

