



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년11월13일
(11) 등록번호 10-1200198
(24) 등록일자 2012년11월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/36 (2006.01) H01L 33/02 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2010-7029444(분할)
(22) 출원일자(국제) 2007년04월11일
심사청구일자 2010년12월28일
(85) 번역문제출일자 2010년12월28일
(65) 공개번호 10-2011-0018925
(43) 공개일자 2011년02월24일
(62) 원출원 특허 10-2007-7024078
원출원일자(국제) 2007년04월11일
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/066468
(87) 국제공개번호 WO 2007/121270
국제공개일자 2007년10월25일
(30) 우선권주장
11/404,516 2006년04월14일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US05940684 A

(73) 특허권자
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애
브뉴 3050
(72) 발명자
니자완, 산딕
미국 94026 캘리포니아 로스 알토스 세나 애브뉴
1024
보어, 데이비드
미국 95014 캘리포니아 쿠퍼티노 벨 아이레 코트
11092
(74) 대리인
(뒷면에 계속)
남상선

전체 청구항 수 : 총 16 항

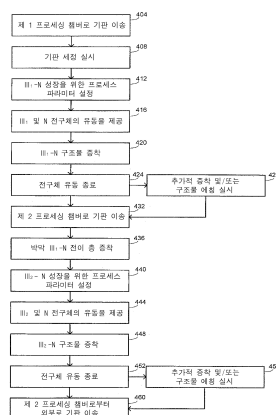
심사관 : 김준학

(54) 발명의 명칭 질화 화합물 반도체 구조물의 제조 방법

(57) 요약

질화 화합물 반도체 구조물을 제조하기 위한 방법 및 장치가 개시된다. 그룹-III 및 질소 전구체들이 제 1 프로세싱 챔버내로 유동되어 열적 화학기상증착 프로세스를 통해 기판상에 제 1 층을 증착시킨다. 상기 기판은 제 1 프로세싱 챔버로부터 제 2 프로세싱 챔버로 이송된다. 그룹-III 및 질소 전구체가 제 2 프로세싱 챔버내로 유동되어 열적 화학기상증착 프로세스를 통해 상기 제 1 층상에 제 2 층을 증착시킨다. 제 1 및 제 2 그룹-III 전구체는 서로 상이한 그룹-III 원소를 구비한다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

와싱턴, 로리

미국 94587 캘리포니아 유니온 시티 소컬 스트리트 33048

스미쓰, 자코프

미국 95051 캘리포니아 산타클라라 라비자 애브뉴 1739

스티븐스, 로날드

미국 94583 캘리포니아 산 라몬 산타 로사 애브뉴 10025

이글삼, 데이비드

미국 94550 캘리포니아 리버모어 홀 씨클 2090

특허청구의 범위

청구항 1

질화 화합물 소자를 적어도 부분적으로 형성하기 위해서 하나 또는 둘 이상의 기판을 프로세싱하는 방법으로서:

질소 및 제 1 그룹-III 원소를 포함하는 제 1 층(116)을 제 1 프로세싱 챔버(210, 304-1) 내에 배치된 하나 또는 둘 이상의 기판 상에 증착하는 제 1 층 증착 단계; 그리고

상부에 증착된 상기 제 1 층의 일부를 제거하기 위해서 상기 제 1 프로세싱 챔버(210, 304-1)의 프로세싱 영역(216)으로 염소 가스를 포함하는 세정 전구체 가스를 전달하는 단계를 포함하는

기판 프로세싱 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 층 증착 단계가 가스 분배 플레이트(221)를 통해서 그룹-III 전구체를 상기 하나 또는 둘 이상의 기판으로 전달하는 단계를 포함하고, 그리고

상기 세정 전구체 가스를 전달하는 단계가 상기 가스 분배 플레이트의 표면으로 세정 전구체 가스를 전달하는 단계를 포함하는

기판 프로세싱 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 세정 전구체 가스를 포함하는 플라즈마를 생성함으로써 형성된 플라즈마 종에 대해서 상기 가스 분배 플레이트(221)를 노출시키는 단계를 더 포함하는

기판 프로세싱 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 세정 전구체 가스를 프로세싱 영역으로 전달하기에 앞서서 플라즈마 종을 형성하기 위해서 상기 세정 전구체 가스를 여기시키는 단계를 더 포함하는

기판 프로세싱 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 층 증착 단계가:

램프를 이용하여 상기 제 1 프로세싱 챔버 내에 배치된 하나 또는 둘 이상의 기판을 가열하는 단계;

가열된 가스 분배 플레이트를 통해서 갈륨 함유 전구체, 알루미늄 함유 전구체, 또는 인듐 함유 전구체를 포함하는 제 1 전구체 가스를 제 1 프로세싱 챔버 내로 유동시키는 단계; 그리고

가열된 가스 분배 플레이트를 통해서 제 1 프로세싱 챔버 내로 암모니아를 유동시키는 단계를 더 포함하는 기관 프로세싱 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

제 2 프로세싱 챔버(210, 304-2) 내에 배치된 가스 분배 플레이트 및 하나 또는 둘 이상의 기관 상에 제 2 층(120, 524)을 증착하는 단계로서, 상기 제 2 프로세싱 챔버(210, 304-2)가 제 1 프로세싱 챔버(210, 304-1)에 커플링되고, 그리고 상기 제 2 층(120, 524)이 질소 및 제 2 그룹-III 원소를 포함하는, 제 2 층 증착 단계;

램프를 이용하여 상기 제 2 프로세싱 챔버 내에 배치된 하나 또는 둘 이상의 기관을 가열하는 단계; 그리고

상부에 증착된 제 2 층의 일부를 제거하기 위해서 상기 제 2의 프로세싱 챔버 내에 배치된 가스 분배 플레이트로 염소 가스를 포함하는 세정 전구체 가스를 전달하는 단계를 더 포함하는

기관 프로세싱 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 세정 전구체 가스를 가스 분배 플레이트로 전달하는 단계에 앞서서 상기 제 1 프로세싱 챔버 내에 배치된 가스 분배 플레이트 및 제 1 프로세싱 챔버의 하나 또는 둘 이상의 벽을 가열하는 단계를 더 포함하는

기관 프로세싱 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

질화 화합물 소자를 적어도 부분적으로 형성하기 위해서 하나 또는 둘 이상의 기관을 프로세싱하는 방법으로 서:

그룹-III 전구체를 하나 또는 둘 이상의 기관의 표면으로 전달함으로써 질소 및 제 1 그룹-III 원소를 포함하는 제 1 층(116)을 하나 또는 둘 이상의 기관 상에 증착하는 제 1 층 증착 단계;

상기 하나 또는 둘 이상의 기관을 전구체 가스로부터 형성된 플라즈마 생성 중에 대해서 노출시키는 단계; 그리고

염소 가스를 포함하는 세정 전구체 가스를 전달하고 그리고 상기 하나 또는 둘 이상의 기관 상에 제 1 층을 증착한 후에 가스 플레이트에 증착된 제 1 층의 부분을 제거하기 위해서 상기 가스 분배 플레이트를 염소 가스를 포함하는 세정 전구체 가스에 노출시키는 단계를 포함하는

기관 프로세싱 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 전구체 가스가 갈륨 함유 전구체, 알루미늄 함유 전구체, 인듐 함유 전구체 및 염소 가스를 포함하는 가

스 그룹으로부터 선택되는
기관 프로세싱 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,
상기 제 1 층 증착 단계가 그룹-III 전구체를 가스 분배 플레이트를 통해서 하나 또는 둘 이상의 기관으로 전달하는 단계를 더 포함하는
기관 프로세싱 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,
상기 가스 분배 플레이트를 염소 가스를 포함하는 세정 전구체 가스에 노출시키는 단계에 앞서서 상기 제 1 프로세싱 챔버로부터 하나 또는 둘 이상의 기관을 제거하는 단계를 더 포함하는
기관 프로세싱 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,
상기 하나 또는 둘 이상의 기관 상에 제 1 층을 증착하는 단계에 앞서서 상기 하나 또는 둘 이상의 기관 및 가스 분배 플레이트를 염소 가스에 노출시키는 단계를 더 포함하는
기관 프로세싱 방법.

청구항 15

제 12 항에 있어서,
상기 하나 또는 둘 이상의 기관 및 가스 분배 플레이트를 플라즈마 생성 종에 노출시키는 단계에 앞서서 상기 가스 분배 플레이트 및 제 1 프로세싱 챔버의 하나 또는 둘 이상의 벽을 가열하는 단계를 더 포함하는
기관 프로세싱 방법.

청구항 16

질화 화합물 소자를 적어도 부분적으로 형성하기 위해서 하나 또는 둘 이상의 기관을 프로세싱하는 방법으로서:

- (a) 제 1 프로세싱 챔버(210, 304-1)의 프로세싱 영역(216) 내에 배치된 하나 또는 둘 이상의 기관의 표면에 제 1 그룹-III 질화물 층(116)을 증착하는 단계로서, 갈륨 함유 전구체 및 질소 함유 전구체(416, 512)를 하나 또는 둘 이상의 기관의 표면으로 유동시키는 것을 포함하는, 제 1 그룹-III 질화물 층 증착 단계;
- (b) 하나 또는 둘 이상의 기관을 제 1 프로세싱 챔버로부터 제 2 프로세싱 챔버로 이송하는 단계;
- (c) 제 2 프로세싱 챔버의 프로세싱 영역 내에 배치된 하나 또는 둘 이상의 기관 상에 형성된 제 1 그룹-III 질화물 층 위에 제 2 그룹-III 질화물 층을 증착하는 단계로서, 갈륨 함유 전구체 및 질소 함유 전구체를 하나 또는 둘 이상의 기관으로 유동시키는 것(444, 524)을 포함하는, 제 2 그룹-III 질화물 층 증착 단계;
- (d) 상기 단계(a), (b) 및 (c)를 하나 또는 둘 이상의 기관에 대해 반복하는 단계; 그리고

(e) 염소 가스를 포함하는 세정 전구체 가스를 제 1 프로세싱 챔버의 표면으로 전달함으로써 제 1 프로세싱 챔버의 표면 상에 증착된 제 1 그룹-III 질화물 층의 적어도 일부를 제거하는 단계, 또는 염소 가스를 포함하는 세정 전구체 가스를 제 2 프로세싱 챔버의 표면으로 전달함으로써 제 2 프로세싱 챔버의 표면 상에 증착된 제 2 그룹-III 질화물 층의 적어도 일부를 제거하는 단계를 포함하는
기관 프로세싱 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 제 1 프로세싱 챔버의 표면 상에 증착된 제 1 그룹-III 질화물 층의 적어도 일부를 제거하는 단계가 상기 단계(a)의 실시 후에 실시되고, 또는 상기 제 2 프로세싱 챔버의 표면 상에 증착된 제 2 그룹-III 질화물 층의 적어도 일부를 제거하는 단계가 상기 단계(c) 또는 단계(d)의 실시 후에 실시되는
기관 프로세싱 방법.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 하나 또는 둘 이상의 기관의 표면 위에 제 1 그룹-III 질화물 층을 증착하는 단계에 앞서서 하나 또는 둘 이상의 기관의 표면을 염소 가스를 포함하는 가스에 노출시키는 단계를 더 포함하는
기관 프로세싱 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본원 발명은 질화 화합물 반도체 구조물의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 발광 다이오드("LEDs")의 역사는 "스펙트럼을 따라 올라가는 것(crawl up the spectrum)"으로 특징지어질 수도 있는데, 이는 최초의 상용 LEDs가 스펙트럼의 적외선 부분의 빛을 생성하였고, 이어서 GaAs 기판상의 GaAsP를 이용한 적색 LEDs의 개발이 이어졌기 때문이다. 그 후에, 보다 밝은 적색 LEDs 및 오렌지색 LEDs 모두의 제조를 가능케하는 개선된 효율의 GaP LEDs가 이용되었다. 이어서, GaP의 이용을 개선하여, 녹색 LEDs를 개발할 수 있었고, 듀얼(dual) GaP 칩(하나는 적색이고 또 하나는 녹색인)이 황색광의 생성을 가능하게 하였다. 또한, GaAlAsP 및 InGaAlP 물질의 이용을 통해, 스펙트럼의 이러한 부분에서의 효율 개선이 추후에 가능하게 되었다.

[0003] 일반적으로, 점점 더 짧은 파장의 빛을 제공하는 LEDs를 제조하기 위한 이러한 개선은 넓은 스펙트럼 커버리지(coverage)를 제공할 수 있는 능력이라는 측면에서 바람직할 뿐만 아니라, 짧은 파장의 빛을 생성하는 다이오드를 제조하는 것이 CD-ROMs과 같은 광학 장치의 정보 저장 능력을 개선할 수 있기 때문에 바람직하다. 스펙트럼의 청색, 보라색, 및 자외선 부분의 LEDs를 제조하는 것은 질화물-계 LEDs의 개발에 의해서, 특히 GaN의 이용을 통해서 주로 가능하게 되었다. SiC 물질을 이용하여 청색 LEDs를 제조하는 최근의 일부 노력이 성공적으로 이루어졌지만, 그러한 소자는 전자적 구조가 간접 밴드갭(indirect bandgap)을 가진다는 사실의 결과로서 발광(luminescence)이 좋지 못하다는 문제점을 가진다.

[0004] 스펙트럼의 청색 영역의 광루미네선스(photoluminescence)를 생성하는데 있어서 GaN을 이용할 수 있다는 가능성은 수십년 전에 알려졌으나, 그것을 실제로 제조하는데 있어서는 많은 장애가 있었다. 이들 장애는 GaN 구조물이 성장하기 위한 적절한 기판을 찾기가 곤란하다는 점, GaN을 성장시키기 위해서는 일반적으로 높은 열이 필요하고 이는 여러가지 열적-대류(thermal-convection) 문제를 초래한다는 점, 그리고 그러한 물질을 효

과적으로 p-도핑하기 곤란하다는 점을 포함한다. 기판으로서 사파이어를 이용하는 것은 완전히 만족스럽지 못하는데, 이는 그 사파이어 기판이 GaN과 약 15%의 격자 미스매치(lattice mismatch)를 나타내기 때문이다. 이러한 장애들을 다양한 측면에서 해결하기 위한 개선들이 계속적으로 이루어졌다. 예를 들어, 금속유기(metalorganic) 증기로부터 형성된 AlN 또는 GaN의 버퍼 층을 이용하면, 격자 미스매치를 수용하는데 있어서 효과적이라는 것을 발견하였다. 또한, Ga-N-계 구조물의 제조에 있어서의 추가적인 개선사항으로서, GaN과의 헤테로접합(heterojunction)을 형성하기 위해 AlGaIn 물질을 이용하는 것, 그리고 짧은 파장의 빛을 효과적으로 발광하기 위해 양자 웰(quantum well)로서 작용하는 결합을 생성하는 InGaIn을 이용하는 것을 특히 포함한다. 인듐-부화(rich) 영역은 주변 물질 보다 좁은 밴드갭을 가지며, 물질 전체에 분포되어 효과적인 방출 센터(emission centers)를 제공할 것이다.

[0005] 그와 같은 질화 화합물 반도체 소자의 제조와 관련한 몇몇 개선이 이루어졌지만, 아직까지도 제조 프로세스에는 많은 문제점이 있다는 것이 널리 인정되고 있다. 또한, 그러한 파장의 빛을 생성하는 소자의 많은 용도로 인해, 그러한 소자를 제조하는 것에 큰 관심이 집중되고 또 그러한 제조와 관련한 작업이 활발하게 이루어지고 있다. 이러한 것을 고려할 때, 질화 화합물 반도체 소자를 제조하기 위한 개선된 시스템 및 방법이 소위 당업계에서 요구되고 있다 할 것이다.

발명의 내용

[0006] 본 발명의 실시예들은 질화 화합물 반도체 구조물의 제조 장치 및 방법을 제공한다. 제 1 그룹-III 전구체(first group-III precursor) 및 제 1 질소 전구체가 제 1 프로세싱 챔버내로 유동된다. 제 1 그룹-III 전구체는 제 1 그룹-III 원소를 포함한다. 제 1 그룹-III 전구체 및 제 1 질소 전구체를 이용하고 열적인 화학기상증착 프로세스를 이용하여 제 1 프로세싱 챔버내에서 기판상에 제 1 층을 증착함으로써, 제 1 층이 질소 및 제 1 그룹-III 원소를 포함하게 한다. 제 1 층의 증착 후에, 기판이 제 1 프로세싱 챔버로부터 그 제 1 프로세싱 챔버와 상이한 제 2 프로세싱 챔버로 이송된다. 제 2 그룹-III 전구체 및 제 2 질소 전구체가 제 2 프로세싱 챔버내로 유동된다. 제 2 그룹-III 전구체는 제 1 그룹-III 전구체에 포함되지 않는 제 2 그룹-III 원소를 포함한다. 제 2 그룹-III 전구체 및 제 2 질소 전구체를 이용하고 열적인 화학기상증착 프로세스를 이용하여 제 2 프로세싱 챔버내에서 제 1 층상에 제 2 층을 증착한다.

[0007] 제 1 프로세싱 챔버로부터 제 2 프로세싱 챔버로 기판을 이송하는 것은 다른 조건하에서 이루어질 수 있을 것이다. 예를 들어, 일 실시예에서, 그러한 이송은 N_2 가 90% 보다 많은 분위기에서 이루어질 수 있고; 다른 실시예에서, 그러한 이송은 NH_3 가 90% 보다 많은 분위기에서 이루어질 수 있고; 또 다른 실시예에서, 그러한 이송은 H_2 가 90% 보다 많은 분위기에서 이루어질 수 있다. 기판은 또한 200°C 보다 높은 온도의 분위기에서 이송될 수 있다.

[0008] 전구체 유동은 캐리어(carrier) 가스 유동에 수반되어 이루어질 수 있으며, 그러한 캐리어 가스의 예를 들면 N_2 및 H_2 가 포함된다. 일 실시예에서, 제 2 그룹-III 전구체 및 제 2 질소 전구체와 함께 제 3 그룹-III 전구체가 제 2 프로세싱 챔버내로 유동한다. 제 3 그룹-III 전구체는 제 1 그룹-III 원소를 포함한다. 사용될 수 있는 그룹-III 원소들의 특정 예를 들면, 제 1 그룹-III 원소로서 갈륨을 이용하는 것과 제 2 그룹-III 원소로서 알루미늄을 이용하는 것을 포함하며, 그에 따라 제 1 층이 GaN 층을 포함하고 제 2 층이 AlGaIn 층을 포함하게 된다. 다른 특정의 예에서, 제 1 그룹-III 원소가 갈륨이고 제 2 그룹-III 원소는 인듐이 되며, 그에 따라 제 1 층이 GaN 층을 포함하고 제 2 층이 InGaIn 층을 포함하게 된다. 또 다른 특정의 예에서, 제 1 그룹-III 원소가 갈륨이고 제 2 그룹-III 원소는 알루미늄 및 인듐을 포함하며, 그에 따라 제 1 층이 GaN 층을 포함하고 제 2 층이 AlInGaIn 층을 포함하게 된다.

[0009] 때때로, 제 2 층을 증착하기에 앞서서, 제 2 프로세싱 챔버내에서 제 1 층상에 전이(transition) 층을 증착할 수도 있다. 전이 층은 제 1 층과 실질적으로 동일한 화학적 조성을 가지고 또 10,000 Å 미만의 두께를 갖는다. 바람직하게, 질소 및 그룹-III 원소를 포함하는 물질의 신속한 성장을 제공하도록 제 1 프로세싱 챔버를 구성할 수 있다. 바람직하게, 질소 및 그룹-III 원소를 포함하는 증착 물질의 균일성을 개선하도록 제 2 프로세싱 챔버를 이용할 수 있을 것이다.

[0010] 본 발명의 방법은 제 1 프로세싱 챔버를 형성하는 제 1 하우징 및 제 2 프로세싱 챔버를 형성하는 제 2 하우징을 구비하는 클러스터 툴(cluster tool)을 이용하여 실시될 수 있다. 제 1 프로세싱 챔버는 제 1 기판 홀더를 포함하고, 제 2 프로세싱 챔버는 제 2 기판 홀더를 포함한다. 로봇 이송 시스템이 적용되어 제 1 기판 홀더와 제 2 기판 홀더 사이에서 기판을 제어된 분위기하에서 이송한다. 제 1 및 제 2 프로세싱 챔버내로 가

스를 도입하도록 가스 전달 시스템이 구성된다. 압력-제어 시스템이 제 1 및 제 2 프로세싱 챔버내의 선택 압력을 유지하며, 온도-제어 시스템이 제 1 및 제 2 프로세싱 챔버내의 선택 온도를 유지한다. 제어부는 로봇 이송 시스템, 가스-전달 시스템, 압력-제어 시스템, 및 온도-제어 시스템을 제어한다. 메모리가 제어부에 연결되고, 컴퓨터-판독 가능 프로그램을 가지는 컴퓨터-판독 가능 매체를 포함한다. 컴퓨터-판독 가능 프로그램은 질화 화합물 반도체 구조물을 제조하도록 클러스터 툴을 작동시키는 명령어(instructions)들을 포함한다.

[0011] 이하의 상세한 설명 및 첨부 도면을 참조하면 본 발명의 특성 및 이점들을 보다 잘 이해할 수 있을 것이며, 상기 도면에서는 유사한 부품들을 유사한 참조부호로 나타냈다. 일부 예에서, 다수의 유사한 부품들 중 하나를 나타내기 위해서, 하위라벨(sublabel)이 참조부호와 관련되고 하이픈(hyphen)을 수반한다. 존재하는 하위라벨에 대한 특별한 설명 없이 참조부호가 기재되어 있으면, 이는 다수의 유사한 부품들 모두를 나타낸다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 Ga-N-계 LED의 구조물을 도시한 개략도이다.

도 2a는 본 발명의 실시예에서 다수-챔버형 클러스터 툴의 일부를 형성할 수 있는 예시적인 CVD 장치를 도시한 개략도이다.

도 2b는 도 2a의 예시적인 CVD 장치에 대한 사용자 인터페이스의 일 실시예를 도시한 개략도이다.

도 2c는 도 2a의 예시적인 CVD 장치에 대한 시스템 제어 소프트웨어의 순차적인(hierarchical) 제어 구조의 일 실시예를 도시한 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에서 이용되는 다수 챔버형 클러스터 툴의 개략도이다.

도 4는 도 3에 도시된 다수 챔버형 클러스터 툴을 이용하여 질화 화합물 반도체 구조물을 제조하는 방법을 요약하여 기재한 흐름도이다.

도 5는 도 3의 다수 챔버형 클러스터 툴을 이용하여 도 1의 LED를 제조하는 특정 프로세스의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 1. 개요

[0014] 종래의 질화 화합물 반도체 구조물 제조에 있어서, 다수의 에피택셜 증착 단계들이 단일 프로세스 반응기내에서 실시되며, 이때 기판은 모든 단계들이 완료될 때까지 반응기를 떠나지 않는다. 도 1에는, 형성될 수 있는 구조물들의 타입과, 그러한 구조물을 제조하는데 이용되는 일련의 단계들이 도시되어 있다. 이러한 예에서, 구조물은 Ga-N-계 LED 구조물(100)이다. 그것은 사파이어(0001) 기판(104)에 걸쳐 제조되고, 상기 기판은 웨이퍼 세정 절차(108)를 거친다. 적절한 세정 시간은 1050℃에서 10분이며, 가열 및 냉각을 위해 10분 차수(order of 10 minutes)의 추가적인 시간이 부가될 수도 있을 것이다.

[0015] 금속유기 화학기상증착("MOCVD") 프로세스를 이용하여, GaN 버퍼 층(112)을 세정된 기판(104)상에 증착한다. 이는, Ga 및 N 전구체의 유동을 반응기로 제공하는 단계 및 증착을 위해 열적 프로세스를 이용하는 단계에 의해 달성될 수 있을 것이다. 상기 도면은, 두께가 약 300 Å인 통상적인 버퍼 층(112)을 도시하며, 상기 버퍼 층은 약 550℃의 온도에서 5분 동안 증착될 수 있다. n-GaN 층(116)의 후속 증착은, 도면에 1050℃에서 실시되는 것으로 도시된 바와 같이, 통상적으로 보다 높은 온도에서 실시된다. n-GaN 층(116)은 비교적 두꺼우며, 4 μm 차수의 두께를 증착하는데 있어서 약 140분이 소요된다. 이어서, InGaN 다수-양자-웰 층(120)의 증착이 이루어지며, 그 층은 약 750℃에서 약 40분 동안 약 750Å의 두께로 증착될 수 있다. p-AlGaIn 층(124)이 다수-양자-웰 층(120)에 걸쳐 증착되며, 950℃의 온도에서 약 5분 동안 200 Å 층이 증착된다. 구조물은 p-GaN 콘택 층(128)의 증착에 의해 완성되며, 그 층은 약 1050℃의 온도에서 약 25분 동안 증착된다.

[0016] 단일 기간(session) 중에 단일 반응기내에서 실시되는 다수의 에피택셜 증착 단계를 포함하는 종래의 제조 방법은 통상적으로 4 - 6 시간 차수의 긴 프로세싱 시간을 초래한다. 이러한 긴 프로세싱 시간은 낮은 반응기 생산량으로 나타나고, 이는 종종 배치식(batch) 프로세싱 기술에 의해 해결된다. 예를 들어, 제조 프로세스에서 이용되는 상업적인 반응기는 20-50개의 2-인치 웨이퍼에 대해 동시에 작업을 할 것이며, 이는 비교적 나

뿐 수율을 초래한다.

[0017] 질화 화합물 반도체 구조물을 제조하기 위한 기술에서 수율 및 생산량을 어떻게 개선할 것인가를 고려하여, 본 발명자들은 개선 가능성을 알아내기 위해 종래 프로세스를 체계적으로 연구하였다. 수많은 가능성들을 발견하였지만, 실행까지는 여전히 장애가 있었다. 많은 경우에, 이는 다음과 같은 사실 즉, 프로세스의 한 부분의 개선이 프로세스의 하나 이상의 다른 부분에 부정적인 영향을 미치는 것으로 정리될 수 있었다. 이러한 타입의 장애의 시스템적인 특성을 연구한 결과, 단일-반응기 방식이 프로세스에서 각 단계에 대한 반응기 하드웨어의 최적화를 방해하는 작용을 한다는 것에 대해 발명자들이 공통적으로 인식하였다. 그러한 제한은, 온도, 압력, 전구체들의 상대적인 유량, 등과 같은 파라미터에 의해 결정되는 바와 같은, 여러가지 화합물 구조물의 성장에 대한 제한적인 프로세스 윈도우(process window)를 초래하였다. GaN의 최적의 증착이, 예를 들어 InGaN의 최적의 증착에서와 같은 조건하에서 또는 AlGaN의 최적의 증착에서와 같은 조건하에서, 반드시 이루어지지 않는다.

[0018] 발명자들은, 다수 챔버형 클러스터 툴의 일부로서 다수의 프로세싱 챔버들을 이용하는 것이 여러가지 화합물 구조물에 대한 유용한 프로세스 윈도우를 확장할 가능성을 제공할 수 있다고 결정하였다. 이는, 이러한 특정 과정을 촉진하도록 구성된 구조물들을 가지는 여러가지 프로세싱 챔버들 내에서 여러가지 화합물을 에피택셜 성장시킴으로써 달성될 수 있을 것이다. 그러한 접근 방법의 실제적인 실시중에 발생할 수 있는 추가적인 어려움은, 클러스터 툴내의 챔버들 사이에서 이송하는 것이 성장 시퀀스(sequence)의 방해를 초래할 수 있고 이는 다시 인터페이스(interface) 결함 상태의 발생을 초래할 수 있다는 것이다.

[0019] 발명자들은 이러한 영향을 완화하기 위해 두 가지 이상의 접근 방법을 개발하였다. 먼저, 챔버들 사이에서 기판들을 이송하는 것이 제어된 주변 분위기내에서 실시될 것이다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 제어된 주변 분위기는 고순도 N_2 분위기를 포함한다. 본 명세서에서, "고순도" X 분위기는 90% 보다 많은 X를 포함하는 것을 나타내며, 여러 실시예들에서 95% 초과, 98% 초과, 또는 99% 초과 X를 포함하는 것을 나타낼 수도 있다. 다른 예에서, 주변 분위기가 고순도 H_2 또는 NH_3 분위기를 가질 수 있으며, 이는 구조물내에 형성될 수도 있는 산소 불순물을 게터링(포획; gettering)하는 추가적인 이점을 가질 수도 있다. 또 다른 경우에, 주변 분위기는 200°C 보다 높은 온도일 수 있고, 그러한 높은 온도는 표면의 산화를 방지하는데 있어서 또는 게터링에 있어서 유리할 것이다.

[0020] 두 번째로, 인터페이스 결함 상태의 발생은 새로운 챔버로의 이송 후에 얇은 전이 층을 증착함으로써 감소될 수 있을 것이다. 통상적으로, 전이 층은 이전 챔버에서 증착된 층의 구조와 동일 또는 유사한 화학적 구조를 가진다. 전이 층의 통상적인 두께는 10,000 Å 미만이고, 실시예에 따라 7500 Å 미만, 5000 Å 미만, 4000 Å 미만, 3000 Å 미만, 2500 Å 미만, 2000 Å 미만, 1500 Å 미만, 또는 1000 Å 미만이 될 수도 있다. 이하에 설명된 예와 함께 전이 층의 특정한 예에 대해 설명한다. 전체적으로, 어떠한 화학적 오염이나 구조적 결함도 액티브(active) 영역 및 pn 정크션으로부터 실질적으로 제거될 수 있도록, 전이 층이 충분히 두꺼운 것이 바람직할 것이다.

[0021] 2. 클러스터 툴

[0022] 도 2a는 예시적인 화학기상증착("CVD") 시스템(210)의 개략도로서, 개별적인 증착 단계들이 실시될 수 있는 각각의 챔버의 기본 구조를 도시한다. 이러한 시스템은 열적, 저압(sub-atmospheric) CVD("SACVD") 프로세스, 또는 리플로우(reflow), 드라이브-인(drive-in), 세정, 에칭, 증착, 및 게터링(gettering) 프로세스와 같은 기타 프로세스를 실시하는데 적합하다. 이하에 설명된 예로부터 분명히 알 수 있는 바와 같이, 몇몇 경우에, 다른 챔버로의 이송을 위해 제거되기에 앞서서 다단계 프로세스가 각 챔버내에서 여전히 실시될 수 있을 것이다. 시스템의 주요 부품들은 가스 전달 시스템(220)으로부터 프로세스 가스 및 기타 가스들을 수용하는 진공 챔버(215), 진공 시스템(225), 원격(remote) 플라즈마 시스템(230), 및 제어 시스템(235) 등을 포함한다. 이들 부품들 및 다른 부품들에 대해서는 이하에서 보다 구체적으로 설명한다. 비록, 도면들이 설명을 위해 하나의 챔버 구조만을 도시하였지만, 유사한 구조를 가지는 다수의 챔버들이 클러스터 툴의 일부로서 제공될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이며, 그러한 다수의 챔버들 각각은 전체 제조 프로세스의 다양한 부분들을 실시하도록 구성될 것이다. 비록 몇몇 경우에 각 챔버에 대해 개별적인 지원 부품들이 독립적으로 제공될 수도 있지만, 챔버 프로세싱을 지원하기 위한 도면에 도시된 다른 부품들은 다수 챔버들간에 공유될 수도 있을 것이다.

- [0023] CVD 장치(210)는 가스 반응 영역(216)을 구비하는 진공 챔버(215)를 형성하는 외장(enclosure) 조립체(237)를 포함한다. 가스 분배 플레이트(221)는 반응 가스들 및 퍼지 gas와 같은 기타 가스들을 천공 홀을 통해서 수직 이동가능한 히터(226)(웨이퍼 지지 받침대라고도 한다) 상에 놓인 웨이퍼를 향해 분배한다. 가스 분배 플레이트(221)와 웨이퍼 사이에는 가스 반응 영역(216)이 위치된다. 히터(226)는 예를 들어 웨이퍼가 로딩 또는 언로딩(unloading)될 수 있는 낮은 위치와 점선(213)으로 표시한 바와 같이 가스 분배 플레이트(221)에 밀접한 프로세싱 위치 또는 에칭이나 세정 프로세스 등을 위한 다른 목적의 다른 위치들 사이에서 제어가능하게 이동될 수 있다. 중심 보드(center board; 도시 안 됨)는 웨이퍼의 위치에 대한 정보를 제공하기 위한 센서들을 포함한다.
- [0024] 다양한 실시예에서, 여러가지 구조의 히터(226)가 이용될 수 있을 것이다. 예를 들어, 일 실시예에서, 히터(226)는 세라믹으로 둘러싸인 전기저항식 가열 요소(도시 안 됨)를 포함한다. 세라믹은 부식을 일으킬 수 있는 챔버 분위기로부터 가열 요소를 보호하고, 그 히터가 약 1200℃ 이하의 온도를 얻을 수 있게 한다. 예시적인 실시예에서, 진공 챔버(215)에 노출되는 히터(226)의 모든 표면들은 알루미늄 산화물(Al_2O_3 또는 알루미늄) 또는 알루미늄 질화물과 같은 세라믹 물질로 제조된다. 다른 실시예에서, 히터(226)는 램프 히터를 포함한다. 대안적으로, 텅스텐, 레늄, 이리듐, 토륨, 또는 그 합금과 같은 내화 금속으로 구성된 베어(bare) 금속 필라멘트 가열 요소를 이용하여 웨이퍼를 가열할 수 있을 것이다. 그러한 램프 히터 장치는 특정 용도에 적합할 수 있는 1200 °C 이상의 온도를 달성할 수 있다.
- [0025] 반응성 가스 및 캐리어 gas가 가스 전달 시스템(220)으로부터 공급 라인(243)을 통해 가스 혼합 박스(가스 혼합 블록이라고도 한다)(244)로 공급되며, 상기 가스 혼합 박스에서 가스들이 서로 혼합되고 가스 분배 플레이트(221)로 전달된다. 소위 당업자가 이해할 수 있는 바와 같이, 가스 전달 시스템(220)은 다양한 가스 공급원(sources) 및 각 공급원의 선택된 양을 챔버(215)로 공급하기 위한 적절한 공급 라인을 포함한다. 일반적으로, 각 gas에 대한 공급 라인은 관련 라인으로의 가스 유동을 자동적으로 또는 수동적으로 차단할 수 있는 차단 밸브들, 그리고 공급 라인을 통한 가스 또는 액체의 유동을 측정하는 질량 유동 제어부 또는 다른 타입의 제어부를 포함한다. 시스템(210)에 의해 실행되는 프로세스에 따라, 공급원들 중 일부가 가스 대신에 액체 공급원이 될 수도 있을 것이다. 액체 공급원이 이용되는 경우에, 가스 전달 시스템은 액체 분사 시스템 또는 액체를 증기화시키기 위한 다른 적절한 메카니즘(예를 들어, 기포발생기; bubbler)을 포함한다. 일반적으로, 액체로부터의 증기는, 소위 당업자가 이해할 수 있는 바와 같이, 캐리어 gas와 혼합된다.
- [0026] 가스 혼합 박스(244)는 프로세스 가스 공급 라인(243) 및 세정/에칭 가스 도관(247)에 결합된 듀얼 입력 혼합 블록이다. 밸브(246)는 가스 도관(247)으로부터 가스 혼합 블록(244)으로 가스나 플라즈마가 전달될 수 있게 하거나 밀봉하는 작용을 한다. 가스 도관(247)은 입력 가스 수용을 위한 유입구(257)를 가지는 일체형 원격 마이크로웨이브 플라즈마 시스템(230)으로부터 가스들을 수용한다. 증착 프로세싱 중에, 플레이트(221)로 공급되는 gas는 (화살표(223)를 따라) 웨이퍼 표면을 향해 벤팅(vent)되며, 그러한 웨이퍼 표면에서 그 gas는 층류 유동 방식으로 웨이퍼 표면에 걸쳐 방사상으로 균일하게 분포될 것이다.
- [0027] 퍼지(purging) gas가 가스 분배 플레이트(221) 및/또는 유입구 포트 또는 튜브(도시 안 됨)로부터 외장 조립체(237)의 바닥 벽을 통해 진공 챔버(215)로 전달될 수 있다. 챔버(215)의 바닥으로부터 도입되는 퍼지 gas는 히터(226)를 지나 유입구 포트로부터 그리고 환형 펌핑 채널(240)로 상향 유동한다. 진공 펌프(도시 안 됨)를 포함하는 진공 시스템(225)은 배기 라인(260)을 통해 (화살표(224)를 따라) gas를 배기한다. 배기 gas 및 포획된 입자들이 배기 라인(260)을 통해 환형 펌핑 채널(240)로부터 인출되는 속도는 스로틀 밸브 시스템(263)에 의해 제어된다.
- [0028] 원격 마이크로웨이브 플라즈마 시스템(230)은 프로세스 웨이퍼로부터 잔류물을 에칭하는 것 및 챔버를 세정하는 것과 같은 선택된 용도를 위한 플라즈마를 생성할 수 있다. 유입구 라인(257)을 통해 공급된 전구체로부터 원격 플라즈마 시스템(230)내에서 생성된 플라즈마 종(species)은 가스 분배 플레이트(221)를 통한 분산을 위해 도관(247)을 경유하여 진공 챔버(215)로 보내진다. 원격 마이크로웨이브 플라즈마 시스템(230)은 챔버(215) 아래쪽에 일체로 위치 및 장착되며, 이때 도관(247)은 챔버(215)의 위쪽에 위치하는 가스 혼합 박스(244) 및 게이트 밸브(246)로 챔버를 따라서 연결된다. 세정 용도를 위한 전구체 gas가 불소, 염소, 및/또는 기타 반응성 원소를 포함할 수 있다. 원격 마이크로웨이브 플라즈마 시스템(230)은 또한 증 증착 프로세스 중에 적절한 증착 전구체 gas를 원격 마이크로웨이브 플라즈마 시스템(230)으로 유동시킴으로써 CVD 층을 증착하도록 구성될 수 있다.
- [0029] 증착 챔버(215)의 벽 및 배기 통로와 같은 주변 구조물의 온도는, 챔버 벽내의 채널(도시 안 됨)을 통해 열교

환 액체를 순환시킴으로써, 추가적으로 제어될 수 있다. 열교환 액체는 원하는 효과에 따라 챔버 벽을 가열 또는 냉각하는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 고온 액체는 열적 증착 프로세스 중에 균일한 열적 구배 (gradient)를 유지하는데 도움이 될 것이며, 반면에 저온 액체는 현장형(in situ) 플라즈마 프로세스 중에 시스템으로부터 열을 제거하는데 또는 챔버 벽에 증착 생성물이 형성되는 것을 제한하는데 이용될 수 있을 것이다. 가스 분배 매니폴드(221)가 또한 열 교환 통로(도시 안 됨)를 구비한다. 통상적인 열교환 유체는 수성 에틸렌 글리콜 혼합물, 유성 열전달 유체, 또는 그와 유사한 유체이다. "열 교환기"에 의한 가열로 지칭되는 이러한 가열은 바람직하지 못한 반응 생성물의 응축을 감소시키거나 제거하고, 저온 진공 통로의 벽상에 응축 되는 경우에 프로세스를 오염시킬 수 있고 또 가스 유동이 없는 동안에 프로세싱 챔버내로 역으로 유입될 수 있는 프로세스 가스의 휘발성 생성물이나 기타 오염물질을 제거하는 것을 돕는다.

[0030] 시스템 제어부(235)는 증착 시스템의 활성화 및 작동 파라미터를 제어한다. 시스템 제어부(235)는 컴퓨터 프로세서(250) 및 상기 프로세서(250)에 결합된 컴퓨터-판독 가능 메모리(255)를 포함한다. 프로세서(250)는 메모리(270) 내에 저장된 컴퓨터 프로그램(258)과 같은 시스템 제어 소프트웨어를 실행한다. 바람직하게, 메모리(270)는 하드 디스크 드라이브이나, ROM 또는 플래시 메모리와 같은 다른 종류의 메모리일 수도 있다. 시스템 제어부(235)는 또한 플로피 디스크 드라이브, CD, 또는 DVD 드라이브(도시 안 됨)를 포함할 수도 있다.

[0031] 프로세서(250)는 시스템 제어 소프트웨어(프로그램 (258))에 따라 작동되며, 그러한 소프트웨어는 타이밍, 가스 혼합, 챔버 압력, 챔버 온도, 마이크로웨이브 전력(power) 레벨, 받침대 위치, 및 기타 특정 프로세스의 파라미터를 나타내는 컴퓨터 명령어들을 포함한다. 이들 및 기타 파라미터의 제어는 제어 라인(265)을 통해 실행되며, 그 중 일부가 도 2a에 도시되어 있으며, 그 도시된 제어 라인은 시스템 제어부(235)를 히터, 스로틀 밸브, 원격 플라즈마 시스템 및 여러 밸브, 그리고 가스 전달 시스템(220)과 관련된 질량 유동 제어부에 통신가능하게 결합시킨다.

[0032] 프로세서(250)는 단일-보드 컴퓨터, 아날로그 및 디지털 입/출력 보드, 인터페이스 보드 및 스텝퍼 모터 제어부 보드를 포함하는 카드 랙(도시 안 됨)을 구비한다. CVD 시스템(210)의 여러 부분들은 보드, 카드 케이징, 그리고 커넥터 크기 및 타입을 규정하고 있는 Versa Modular European(VME) 표준을 준수한다. VME 표준은 또한 16-비트 데이터 버스 및 24-비트 어드레스 버스를 가지는 버스 구조를 규정하고 있다.

[0033] 도 2b는 CVD 시스템(210)의 작동을 모니터링하고 제어할 수 있는 사용자 인터페이스를 개략적으로 도시한다. 도 2b는 클러스터 톨의 다수 챔버 특성을 명백히 도시하고 있으며, 이때 CVD 시스템(210)은 다수 챔버 시스템 중 하나의 챔버가 될 것이다. 그러한 다수 챔버 시스템에서, 추가적인 프로세싱을 위해, 웨이퍼는 컴퓨터-제어되는 로봇을 통해 하나의 챔버로부터 다른 챔버로 이송된다. 일부 경우에, 웨이퍼들은 진공하에서 또는 선택된 가스내에서 이송된다. 사용자와 시스템 제어부(235) 사이의 인터페이스는 CRT 모니터(273a) 및 광 펜(light pen; 273b)이 된다. 메인프레임 유닛(275)은 전기, 배관, 및 기타 CVD 장치(210)를 위한 다른 지원 기능을 제공한다. CVD 장치의 설명된 실시예와 양립될 수 있는 예시적인 다수 챔버 시스템 메인프레임 유닛으로는 미국 캘리포니아 산타클라라에 소재하는 APPLIED MATERIALS, INC.가 현재 상업적으로 제공하는 Centura 5200™ 및 Precision 5000™ 시스템이 있다.

[0034] 일 실시예에서, 두 개의 모니터(273a)가 사용되는데, 그 중 하나는 청정실 벽(271)에 작업자를 위해 장착되고, 다른 하나는 서비스 기술자를 위해 벽(272)의 뒤쪽에 위치된다. 양 모니터(273a)는 동일한 정보를 동시에 디스플레이하나, 하나의 광 펜만이 작용될 수 있다. 광 펜(273b)은 펜의 선단부에 위치하는 광 센서를 이용하여 CRT 디스플레이에 의해 방출되는 빛을 탐지한다. 특정 스크린 또는 기능을 선택하기 위해, 사용자는 디스플레이 스크린의 지정 영역을 터치하고 펜(273b)의 버튼을 누른다. 터치된 영역은 하이라이트된(highlighted) 색채로 변화되고, 또는 새로운 메뉴나 스크린이 디스플레이되며, 그에 따라 광 펜과 디스플레이 스크린 사이의 통신을 확인한다. 소위 당업자가 용이하게 이해할 수 있는 바와 같이, 키보드, 마우스, 또는 다른 포인팅 장치나 통신 장치와 같은 다른 입력 장치가 광 펜(273b)과 함께 또는 그 대신에 사용되어 사용자가 프로세서와 통신하게 할 수 있을 것이다.

[0035] 도 2c는 도 2a의 예시적인 CVD 장치에 대한 시스템 제어 소프트웨어, 컴퓨터 프로그램(258)의 체계적 제어 구조의 일 실시예를 도시한 블록도이다. 층의 증착, 건식 챔버 세정의 실행, 또는 리플로우나 드라이브-인 작업의 실행과 같은 프로세스들이 프로세서(250)에 의해 실행되는 컴퓨터 프로그램(258)의 제어하에서 실시될 수 있을 것이다. 컴퓨터 프로그램 코드는 68000 어셈블리 언어, C, C++, 파스칼, 포트란, 또는 기타 언어와 같은 통상적인 컴퓨터 판독가능 프로그래밍 언어로 작성될 수 있을 것이다. 적절한 프로그램 코드는 통상적

인 텍스트 편집기를 이용하여 단일 파일, 또는 다수 파일로 입력되고, 시스템 메모리와 같은 컴퓨터-이용가능 매체내에서 입력 또는 저장된다.

[0036] 만약, 입력된 코드 텍스트가 하이-레벨(high-level) 언어라면, 코드가 컴파일링되고, 결과적인 컴파일러 코드는 미리 컴파일링된 WindowsTM 라이브러리 루틴의 대상(object) 코드와 결합된다. 결합된 컴파일링된 대상 코드를 실행하기 위해, 시스템 사용자는 대상 코드를 불러와서, 컴퓨터 시스템이 그 코드를 메모리에 로딩하게 하며, 그러한 메모리로부터 CPU가 코드를 읽고 실행함으로써 프로그램에 규정된 과제를 장치가 실행하게 한다.

[0037] 광 펜을 이용하여 CRT 모니터에 디스플레이된 스크린 또는 메뉴에 의해 제공된 선택사항을 선택함으로써, 사용자는 프로세스 셋 번호(set number) 및 프로세스 챔버 번호를 프로세스 셀렉터 서브루틴(selector subroutine; 280)으로 입력한다. 특정 프로세스의 실시예에 필요한 소정(所定) 프로세스 파라미터 세트인 프로세스 세트들이 미리 규정된 세트 번호에 의해 식별된다. 프로세스 셀렉터 서브루틴(280)은: (i) 원하는 프로세스 챔버; 및 (ii) 원하는 프로세스를 실시하기 위해 프로세스 챔버를 작동시키는데 필요한 원하는 프로세스 파라미터 세트;를 식별한다. 특정 프로세스를 실시하기 위한 프로세스 파라미터는, 예를 들어, 프로세스 가스 조성 및 유량, 받침대 온도, 챔버 벽 온도, 압력, 및 마그네트론 전력 레벨과 같은 플라스마 조건 등의 프로세스 조건과 관련된다. 프로세스 셀렉터 서브루틴(280)은 챔버내에서 특정 시간에 어떠한 타입의 프로세스(예를 들어, 증착, 웨이퍼 세정, 챔버 세정, 챔버 게터링, 리플로우잉)가 실행되는 지를 제어한다. 일부 실시예에서, 하나 초과와 프로세스 셀렉터 서브루틴이 있을 수 있다. 프로세스 파라미터들이 레시피(recipe) 형태로 사용자에게 제공되고, 광 펜/CRT 모니터 인터페이스를 이용하여 입력될 수 있을 것이다.

[0038] 프로세스 시퀀서 서브루틴(282)은 식별된 프로세스 챔버 및 프로세스 파라미터를 프로세스 셀렉터 서브루틴(280)으로부터 수용(accepting)하기 위한 그리고 여러 프로세스 챔버의 작동을 제어하기 위한 프로그램 코드를 가진다. 다수의 사용자가 프로세스 세트 번호 및 프로세스 챔버 번호를 입력할 수 있으며, 또는 한명의 사용자가 다수의 프로세스 세트 번호 및 프로세스 챔버 번호를 입력할 수 있으며, 그에 따라 프로세스 시퀀서 서브루틴(282)이 작동되어 선택된 프로세스들을 원하는 시퀀스로 스케줄링하게 된다. 바람직하게, 프로세스 시퀀서 서브루틴(282)은 (i) 챔버가 사용되고 있는지를 결정하기 위해 프로세스 챔버들의 작동을 모니터링하는 단계, (ii) 사용되고 있는 챔버내에서는 어떠한 프로세스가 실행되는 지를 결정하는 단계, 및 (iii) 프로세스 챔버의 이용가능성 및 실행되어야 하는 프로세스의 타입에 따라 원하는 프로세스를 실행하는 단계,를 실시하기 위한 프로그램 코드를 포함한다.

[0039] 폴링 방법(polling methods)과 같은 종래의 프로세스 챔버 모니터링 방법이 이용될 수 있다. 실행될 프로세스를 스케줄링(scheduling)할 때, 선택된 프로세스에 대한 원하는 프로세스 조건과 비교하여 현재 사용되고 있는 프로세스 챔버의 현재 조건을 고려하도록, 또는 각각의 특정 사용자-입력된 요청의 "에이지(age)"를 고려하도록, 또는 스케줄링 우선순위를 결정하기 위해 시스템 프로그래머가 포함시키고자 하는 다른 관련 팩터(factor)를 고려하도록, 프로세스 시퀀서 서브루틴(282)을 디자인 할 수 있다.

[0040] 어떠한 프로세스 챔버 및 프로세스 세트 조합이 다음에 실행될 것인지를 프로세스 시퀀서 서브루틴(282)이 결정하면, 챔버 매니저 서브루틴(285)으로 특정 프로세스 세트 파라미터를 전달함으로써 프로세스 시퀀서 서브루틴(282)은 프로세스 세트의 실행을 개시하며, 상기 챔버 매니저 서브루틴(285)은 프로세스 시퀀서 서브루틴(282)에 의해 결정된 프로세스 세트에 따라 특정 프로세스 챔버내의 다수의 프로세싱 작업을 제어한다. 예를 들어, 챔버 매니저 서브루틴(285)은 챔버(215)내의 세정 프로세스 작업 및 CVD 를 제어하기 위한 프로그램 코드를 가진다. 챔버 매니저 서브루틴(285)은 또한 선택된 프로세스 세트를 실행하는데 필요한 챔버 부품들의 작업을 제어하는 여러가지 챔버 부품(component) 서브루틴들의 실행을 제어한다. 챔버 부품 서브루틴의 예를 들면, 기관 위치결정 서브루틴(290), 프로세스 가스 제어 서브루틴(291), 압력 제어 서브루틴(292), 히터 제어 서브루틴(293), 및 원격 플라스마 제어 서브루틴(294)을 포함한다. CVD 챔버의 특정 구성에 따라, 일부 실시예가 상기 서브루틴들 모두를 포함할 수 있고, 반면에 다른 실시예는 상기 서브루틴들 중 일부만을 포함하거나 전술되지 않은 서브루틴들을 포함할 수 있을 것이다. 소위 당업자는, 프로세스 챔버내에서 어떠한 프로세스들이 실행되는지에 따라, 다른 챔버 제어 서브루틴들이 포함될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 다수 챔버 시스템에서, 추가적인 챔버 매니저 서브루틴(286, 287)이 다른 챔버들의 활동을 제어한다.

[0041] 작동중에, 실행되는 특정 프로세스 세트에 따라, 챔버 매니저 서브루틴(285)은 프로세스 부품 서브루틴들을 선택적으로 스케줄링하거나 요청(call)한다. 챔버 매니저 서브루틴(285)은 프로세스 시퀀서 서브루틴(282)이 어떠한 프로세스 챔버 및 프로세스 세트가 다음에 실행되는지를 스케줄링하는 것과 상당히 유사하게 프로세스

부품 서브루틴들을 스케줄링한다. 통상적으로, 챔버 매니저 서브루틴(285)은 여러가지 챔버 부품들을 모니터링하는 단계, 실행될 프로세스 세트에 대한 프로세스 파라미터를 기초로 어떠한 부품들이 작동되어야 하는지를 결정하는 단계, 그리고 모니터링 및 결정 단계에 응답하여 챔버 부품 서브루틴의 실행을 개시하는 단계를 포함한다.

[0042] 이하에서는, 도 2a 및 도 2c를 참조하여, 특정 챔버 부품 서브루틴들의 작동을 설명한다. 기관 위치결정 서브루틴(290)은, 기관을 히터(226)상에 로딩하기 위해서 그리고, 선택적으로, 기관과 가스 분배 매니폴드(221) 사이의 간격을 제어하기 위해 기관을 챔버내의 원하는 높이로 상승시키기 위해서 사용되는 챔버 부품들을 제어하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 기관이 프로세스 챔버(215)내로 로딩될 때, 기관이 수용될 수 있도록 히터(226)가 하강되고 이어서 그 히터(226)는 원하는 높이까지 상승된다. 작동 중에, 기관 위치결정 서브루틴(290)은 챔버 매니저 서브루틴(285)으로부터 전달되는 지지부 높이와 관련된 프로세스 세트 파라미터에 응답하여 히터(226)의 이동을 제어한다.

[0043] 프로세스 가스 제어 서브루틴(291)은 프로세스 가스 조성 및 유동 속도를 제어하기 위한 프로그램 코드를 가진다. 프로세스 가스 제어 서브루틴(291)은 안전 차단 밸브의 상태를 제어하고, 원하는 가스 유량을 얻기 위해 질량 유동 제어부를 크게 또는 작게 조절한다. 통상적으로, 프로세스 가스 제어 서브루틴(291)은 가스 공급 라인들을 개방함으로써 그리고 반복적으로 (i) 필요한 질량 유동 제어부를 관독하고, (ii) 상기 관독 값을 챔버 매니저 서브루틴(285)으로부터 수신된 원하는 유량과 비교하고, 그리고 (iii) 필요에 따라 가스 공급 라인들의 유량을 조절함으로써 작동된다. 또한, 프로세스 가스 제어 서브루틴(291)은 불안정한(unsafe) 속도와 관련하여 가스 유량을 모니터링하는 단계, 및 불안정한 조건이 탐지되었을 때 안전 차단 밸브를 작동시키는 단계를 포함한다. 대안적인 실시예에서, 하나 초과된 프로세스 가스 제어 서브루틴이 포함될 수 있고, 그러한 각각의 서브루틴은 특정 프로세스 타입 또는 특정 가스 라인 세트를 제어할 수 있다.

[0044] 일부 프로세스들에서, 질소나 아르곤과 같은 불활성 가스가 챔버내로 도입되어 반응성 프로세스 가스가 도입되기 전에 챔버내의 압력을 안정화시킬 수 있다. 이러한 프로세스들에서, 프로세스 가스 제어 서브루틴(291)은, 챔버내의 압력을 안정화시키는데 필요한 시간 동안 불활성 가스를 챔버내로 유동시키는 단계를 포함하도록 프로그램될 수 있을 것이며, 이어서 전술한 단계들이 실행되도록 프로그램될 수 있을 것이다. 또한, 프로세스 가스가 액체 전구체로부터 증기화되는 경우에, 기포발생 조립체내의 액체 전구체를 통해 헬륨과 같은 전달 가스로 기포를 발생시키는 단계, 또는 헬륨과 같은 캐리어 가스의 스트림내로 액체를 스프레이 또는 분출시키기 위한 액체 분사 시스템을 제어하는 단계를 프로세스 가스 제어 서브루틴(291)이 포함하도록 작성될 것이다. 이러한 프로세스 타입을 위해 기포발생장치가 이용되는 경우에, 프로세스 가스 제어 서브루틴(291)은 원하는 프로세스 가스 유량을 달성하기 위해, 전달 가스의 유동, 기포발생장치내의 압력, 및 기포발생장치의 온도를 조정할 것이다. 전술한 바와 같이, 원하는 프로세스 가스 유량이 프로세스 파라미터로서 프로세스 가스 제어 서브루틴(291)으로 전달된다.

[0045] 또한, 프로세스 가스 제어 서브루틴(291)은 주어진 프로세스 가스 유량에 대한 필요 값들을 포함하는 저장 테이블에 접속함으로써 원하는 프로세스 가스 유량을 위한 필요 전달 가스 유량, 기포발생장치 압력, 및 기포발생장치 온도를 획득하는 단계를 포함한다. 필요한 값이 얻어지면, 전달 가스 유량, 기포발생장치 압력 및 기포발생장치 온도가 모니터링되고, 필요 값과 비교되며, 그에 따라 조정된다.

[0046] 압력 제어 서브루틴(292)은 챔버의 배기 시스템내의 스로틀 밸브의 개구부 크기를 조정함으로써 챔버내의 압력을 제어하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 스로틀 밸브의 개구부 크기는 총 프로세스 가스 유동, 프로세스 챔버의 크기, 및 배기 시스템에 대한 펌핑 세트-포인트 압력과 관련하여 챔버 압력을 원하는 레벨로 제어하도록 셋팅된다. 압력 제어 서브루틴(292)이 실시될 때, 원하는 또는 목표하는 압력 레벨이 챔버 매니저 서브루틴(285)으로부터 파라미터로서 수신된다. 압력 제어 서브루틴(292)은 챔버에 연결된 하나 이상의 통상적인 압력 나노미터들을 관독함으로써 챔버내의 압력을 측정하고, 그 측정치(들)를 목표 압력과 비교하며, 저장된 압력 테이블로부터의 목표 압력에 상응하는 비례, 적분, 미분 값(proportional, integral, and differential("PID") values)을 얻어내고, 그러한 PID 값에 따라 스로틀 밸브를 조정한다. 그 대신에, 챔버내의 압력을 조정하기 위해, 특정 개구부 크기 즉, 일정한 위치로 스로틀 밸브를 개방 또는 폐쇄하도록 압력 제어 서브루틴(292)이 작성될 수 있다. 이러한 방식으로 배기 용량을 제어하는 것은 압력 제어 서브루틴(292)의 피드백 제어 피쳐(feature)를 실행하지 않는다.

[0047] 히터 제어 서브루틴(293)은 기관을 가열하기 위해 이용되는 가열 유닛으로의 전류를 제어하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 히터 제어 서브루틴(293)은 또한 챔버 매니저 서브루틴(285)에 의해 실행되며, 목표 또는 세트-포인트 온도 파라미터를 수신한다. 히터 제어 서브루틴(293)은 온도를 측정하며, 그러한 온도 측정은

여러가지 실시예들에서 다양한 방식으로 이루어질 수 있을 것이다. 예를 들어, 히터내에 위치한 열전쌍의 전압 출력을 측정하고, 측정된 온도를 세트-포인트 온도와 비교하며, 세트-포인트를 얻기 위해 가열 유닛으로 인가되는 전류를 증대 또는 감소시킴으로써, 교정된 온도가 결정될 수 있다. 저장된 변환 테이블의 대응 온도를 찾아 봄으로써, 또는 4차 다항식을 이용하여 온도를 계산함으로써, 온도가 측정 전압으로부터 구해질 수 있다. 다른 실시예에서, 교정된 온도를 결정하기 위해 열전쌍 대신에 고온계를 이용하여 유사한 프로세스를 실시할 수도 있다. 히터 제어 서브루틴(293)은 히터 온도를 점차적으로 상승 또는 하강시키는 제어 능력을 포함한다. 히터가 세라믹으로 둘러싸인 저항식 가열 요소를 포함하는 실시예에서, 이러한 특성은 세라믹의 열적 균열을 감소시키는데 도움이 될 것이나, 램프 히터를 이용하는 실시예에서는 관련이 없을 것이다. 추가적으로, 내장형(built-in) 안전 모드(fail-safe mode)가 포함되어, 프로세스 안전성 상태를 탐지할 수 있을 것이고, 또 프로세스 챔버가 적절하게 셋팅되지 않은 경우에는 가열 유닛의 작동을 차단할 수도 있을 것이다.

[0048] 원격 플라즈마 제어 서브루틴(294)은 원격 플라즈마 시스템(230)의 작동을 제어하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 원격 플라즈마 제어 서브루틴(294)은 바로 앞에서 설명한 다른 서브루틴들에서와 유사한 방식으로 챔버 매니저 서브루틴(285)에 의해 실행된다.

[0049] 이상에서, 본 발명이 소프트웨어에서 실시되고 또 범용 컴퓨터에서 실행되는 것으로 설명하였지만, 당업자는 본 발명이 주문형 반도체(ASIC) 또는 기타 하드웨어 회로와 같은 하드웨어를 이용하여 실행될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 그와 같이, 본 발명은, 전체적으로 또는 부분적으로, 소프트웨어, 하드웨어, 또는 양자 모두에서 실행될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 또한, 당업자는 CVD 시스템(210)을 제어하기 위한 적절한 컴퓨터 시스템을 용이하게 선택할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0050] 3. 다수 챔버 프로세싱

[0051] 클러스터 툴의 물리적인 구조가 도 3에 개략적으로 도시되어 있다. 이러한 도면에서, 클러스터 툴(300)은 3개의 프로세싱 챔버(304) 및 2개의 추가적인 스테이션(stations; 308)을 포함하며, 이때 로봇(312)이 챔버(304)와 스테이션(308) 사이에서 기판을 이송하도록 구성된다. 이러한 구성은 예를 들어 진공하에서, 선택된 가스의 존재하에서, 그리고 규정된 온도 조건하에서 등과 같은 규정된(defined) 주변 분위기에서 이송이 이루어질 수 있게 허용한다.

[0052] 클러스터 툴을 이용하여 질화 화합물 반도체 구조물을 제조하기 위한 프로세싱 방법이 도 4의 흐름도에 개략적 도시되어 있다. 프로세스는 블록(404)에서 로봇(312)을 이용하여 기판을 제 1 프로세싱 챔버(304-1)로 이송함으로써 시작된다. 블록(408)에서, 기판이 제 1 프로세싱 챔버내에서 세정된다. 블록(412)에서, 제 1 프로세싱 챔버내의 원하는 프로세싱 파라미터, 예를 들어 온도, 압력 등을 설정함으로써 초기 에피택셜 층의 증착이 시작된다. 블록(420)에서 $\text{III}_1\text{-N}$ 구조물을 증착하기 위해, 블록(416)에서 전구체들의 유동을 제공한다. 전구체들은 질소 공급원(source) 및 Ga 와 같은 제 1 그룹-III 원소의 공급원을 포함한다. 예를 들어, 적합한 질소 전구체는 NH_3 를 포함하고, 적합한 Ga 전구체는 트리메틸 갈륨("TMG")을 포함한다. 때때로, 제 1 그룹-III 원소는 Al 및 Ga 와 같은 다수의 구분된(distinct) 그룹-III 원소를 포함할 수 있고, 그러한 경우에 적합한 Al 전구체는 트리메틸 알루미늄("TMA")이 될 수 있으며; 다른 예에서, 다수의 구분된 그룹-III 원소들이 In 및 Ga를 포함하며, 그러한 경우에 적절한 In 전구체는 트리메틸 인듐("TMI")이 될 것이다. 또한, N_2 및/또는 H_2 와 같은 캐리어 가스의 유동이 포함될 수도 있다.

[0053] 블록(420)에서 $\text{III}_1\text{-N}$ 구조물을 증착한 후에, 블록(424)에서 전구체 유동이 종료된다. 몇몇 경우에, 추가적인 증착 또는 에칭 단계, 또는 증착 및 에칭 단계의 조합을 실시함으로써 블록(428)에서 구조물에 대해 추가적인 프로세싱을 실시할 수도 있을 것이다.

[0054] $\text{III}_1\text{-N}$ 구조물에 대해 추가적인 단계들이 실시되는 지의 여부에 관계없이, 블록(432)에서 기판은 제 1 프로세싱 챔버로부터 제 2 프로세싱 챔버로 이송된다. 그러한 이송은 여러 실시예에 따라서 고순도 N_2 분위기에서, 고순도 H_2 분위기에서, 또는 고순도 NH_3 분위기에서 이루어질 수 있을 것이며; 몇몇 경우에, 이송 분위기는 진술한 바와 같이 높은 온도를 가질 수 있다. 블록(436)에 기재된 바와 같이, 얇은 $\text{III}_1\text{-N}$ 전이 층이 $\text{III}_1\text{-N}$ 구조물에 걸쳐 증착된다. 비록, 몇몇 경우에 상이한 전구체가 이용될 수는 있으나, 일반적으로 제 1 프로세싱 챔버에서 사용된 것과 같은 전구체를 이용하여, 전이 층 증착이 $\text{III}_1\text{-N}$ 구조물의 증착과 유사한 방식으로 실시

될 수 있다.

[0055] 블록(440)에서, 온도, 압력 등과 같은 증착을 위한 적절한 프로세싱 파라미터를 설정함으로써 III_2 -N 층의 증착을 실시한다. 블록(448)에서 III_2 -N 구조물이 증착될 수 있도록, 블록(444)에서 전구체 가스들의 유동이 제공된다. 비록, III_1 -N 층 및 III_2 -N 층이 공통된 그룹-III 원소를 추가적으로 포함할 수도 있지만, 이러한 구조물은 III_1 -N 층이 포함하지 않는 그룹-III 원소를 포함한다. 예를 들어, III_1 -N 층이 GaN인 경우에, III_2 -N 층은 AlGaIn 층 또는 InGaIn 층일 수 있다. 이러한 것들은 III_2 -N 층이 삼원계 조성을 가지는 예이지만, 이는 본 발명에서 필수적으로 요구되는 것이 아니며, III_2 -N 층이 사원계 AlInGaIn 층과 같은 다른 조성물을 포함하는 것이 보다 일반적일 수 있다. 유사하게, III_1 -N 층이 AlGaIn 인 경우에, III_2 -N 층은 AlInGaIn 층상의 InGaIn 층이 될 것이다. III_2 -N 층의 증착에 적합한 전구체는 III_1 -N 층의 증착에 이용되는 전구체와 유사할 것이며, 즉 NH_3 가 적절한 질소 전구체가 될 것이고, TMG가 적합한 갈륨 전구체가 될 것이며, TMA는 적절한 알루미늄 전구체가 될 것이고, TMI는 적절한 인듐 전구체가 될 것이다. N_2 및/또는 H_2 와 같은 캐리어 가스가 또한 포함될 수 있다. III_2 -N 구조물의 증착 후에, 전구체 유동이 블록(452)에서 종료된다.

[0056] III_1 -N 구조물의 증착과 유사하게, 블록(456)에 기재된 바와 같이, 증착된 III_2 -N 구조물상에서 일부 추가적인 프로세싱이 증착 및/또는 에칭을 이용하여 실시될 수 있다. 제 2 챔버내의 프로세싱이 완료되었을 때, 블록(460)에서 기판은 챔버의 외부로 이송된다. 몇몇 경우에, 블록(460)에서 구조물이 완성되도록 프로세싱이 두 챔버내에서 완료될 수도 있다. 다른 예에서, 그 대신에, 블록(460)에서 제 2 챔버의 외부로 이송되는 것에 이어서 또 다른 챔버로 이송될 수 있으며, 즉 추가적인 III_1 -N 프로세싱을 위해 제 1 챔버로 이송될 수 있고 또는 III_3 -N 프로세싱을 위해 제 3 챔버로 이송될 수 있다. 여러 챔버들 사이에서 이송하는 시퀀스는 특정 소자의 제조에 맞춰 실시될 수 있을 것이며, 그에 따라 여러 챔버들에 의해서 허용되는 특정 프로세스 윈도우를 이용하게 된다. 본 발명은 특정 제조 프로세스에서 이용될 수 있는 특정 개체수의 프로세싱 챔버로 제한되지 않으며, 또한 클러스터 톨의 임의의 각각의 챔버내에서 실시되는 프로세스의 특정 횟수로 제한되지도 않는다.

[0057] 단지 예로서, 프로세싱 챔버들 중 하나가 GaN 증착의 증착 속도를 증대시키도록 구성될 수 있고, 프로세싱 챔버들 중 두번째 챔버는 증착의 균일도를 높이도록 구성될 수도 있을 것이다. 많은 구조에서, 전체 프로세싱 시간은 GaN의 증착 속도에 크게 의존할 것인데, 이는 GaN이 완성된 구조물에서 가장 두꺼운 층을 제공하기 때문이다. 그에 따라, GaN 성장을 증대시키도록 최적화된 제 1 챔버를 가지는 것은 전체 톨의 생산성을 크게 개선한다. 동시에, GaN의 신속한 성장을 허용하는 하드웨어 특성은 종종 액티브 방출 센터(active emission centers)를 제공하는 InGaIn 양자 웰의 성장에 대해서는 비교적 적합하지 않을 것이다. 일반적으로, 그러한 구조물의 성장은 보다 증대된 균일도 특성을 요구하며, 이는 생성된 루미네선스 구조물의 개선된 파장 균일도에 의해 명백해진다. 웨이퍼 균일도를 개선하기 위해 전구체 분포를 최적화하는 것은 성장 속도를 희생시킬 것이다. 그에 따라, InGaIn 다수-양자-웰 구조를 위해 높은 균일도의 증착을 제공하도록 최적화된 제 2 프로세싱 챔버를 구비함으로써, 전체 구조물에 대한 전체적인 프로세싱 시간의 큰 손실 없이 목적하는 균일도를 달성할 수 있게 된다.

[0058] 블록(412) 및 블록(440)에서 설정되는 프로세싱 조건들 및 블록(416) 및 블록(444)에서 제공되는 전구체 유동은 특정 용도에 따라 달라질 수 있다. 이하의 표는 전술한 장치들을 이용하여 질화물 반도체 구조물을 성장시키는데 적합한 예시적인 프로세싱 조건 및 전구체 유동 속도를 제공한다:

파라미터	값
온도 (°C)	500 – 1500
압력 (torr)	50 – 1000
TMG 유동 (sccm)	0 – 50
TMA 유동 (sccm)	0 – 50
TMI 유동 (sccm)	0 – 50
PH ₃ 유동 (sccm)	0 – 1000
AsH ₃ 유동 (sccm)	0 – 1000
NH ₃ 유동 (sccm)	100 – 100,000
N ₂ 유동 (sccm)	0 – 100,000
H ₂ 유동 (sccm)	0 – 100,000

[0059]

[0060]

이상의 설명으로부터 분명히 알 수 있는 바와 같이, 임의의 주어진 프로세스에서 그 프로세스는 모든 전구체의 유동을 이용하지는 않을 것이다. 예를 들어, 일 실시예에서 GaN의 성장은 TMG, NH₃, 및 N₂의 유동을 이용할 것이고; 다른 실시예에서 AlGaN의 성장은 TMG, TMA, NH₃, 및 H₂를 이용할 것이고, 이때 TMA 및 TMG의 상대적인 유량은 증착된 층의 원하는 상대적인 Al:Ga 화학량론비를 제공하도록 선택될 것이며; 또 다른 실시예에서 InGaN의 성장은 TMG, TMI, NH₃, N₂, 및 H₂의 유동을 이용할 것이고, 이때 TMI 및 TMG의 상대적인 유량은 증착된 층의 원하는 상대적인 In:Ga 화학량론비를 제공하도록 선택될 것이다.

[0061]

상기 표는 또한 질소와 상이한 그룹-V 전구체들도 때때로 포함될 수 있다는 것을 나타낸다. 예를 들어, 포스핀 PH₃의 유동을 포함시킴으로써 III-N-P 구조물을 제조할 수 있고, 또는 아르신 AsH₃의 유동을 포함시킴으로써 III-N-As 구조물을 제조할 수도 있을 것이다. 구조물에서 다른 그룹-V 원소에 대한 질소의 상대적인 화학량론비는 각 전구체의 상대적인 유량을 적절히 선택함으로써 결정될 수 있을 것이다. 또 다른 경우에, 도펀트 전구체를 포함시킴으로써, 도핑된 질화 화합물 구조물이 형성될 수 있을 것이며, 그러한 것의 특징의 예는 희토류 도펀트를 이용하는 것을 포함한다.

[0062]

질화 구조물의 제조를 위한 클러스터 툴의 일부로서 다수의 프로세싱 챔버를 이용함으로써 챔버 세정 작업을 추가적으로 개선할 수 있게 된다. 일반적으로, 가능한 한 양호한 핵생성 층을 제공하기 위해 각각의 질화물-구조물 성장이 청정한 반침대에서 시작되는 것이 바람직하다. 다수의 프로세싱 챔버를 이용함으로써, 각 성장의 시작에 앞서서 제 1 프로세싱 챔버를 세정할 수 있을 것이나, 제조되는 구조물의 품질에 부정적인 영향을 미치지 않고 제 2 프로세싱 챔버를 보다 적은 빈도수로 세정할 수 있을 것이다. 이는, 제 2 프로세싱 챔버로 제공되는 각 구조물이 이미 질화물 층을 가지기 때문이다. 이는, 다시 생산성을 개선하고 그리고 적어도 제 2 프로세싱 챔버의 하드웨어 수명을 연장한다.

[0063]

다수의 프로세싱 챔버들을 이용함으로써 다른 효율 개선이 이어진다. 예를 들어, 도 1에 도시된 구조의 경우에, n-GaN 층(116)이 가장 두껍기 때문에 가장 시간을 많이 소모하는 증착 과정이 될 것임이 이미 알려져 있다. 다수의 프로세싱 챔버들이 n-GaN 층을 증착하기 위해 동시에 사용되면서도 시작 시간은 서로 다른 (staggered) 형태의 구성이 이용될 수 있을 것이다. 나머지 구조물을 증착하기 위해 단일의 추가적인 프로세싱 챔버를 이용할 수 있으며, 그러한 추가적인 프로세싱 챔버는 신속한 GaN 증착을 위해 적용된 프로세싱 챔버들의 사이에 놓이는 방식으로 수용될 수 있다. 이는, n-GaN 층의 증착이 이루어지는 동안 추가적인 프로세싱 챔버가 공회전(idle)되는 것을 방지하고, 그에 따라, 특히 추가적인 프로세싱 챔버의 세정 사이클을 감소시킬 수 있는 능력과 결합되었을 때, 전체적인 생산량을 개선한다. 몇몇 경우에, 이러한 능력은 다른 프로세싱 기술을 이용하는 경우에 경제적이진 않은 특정 질화물 구조물의 제조를 경제적이 될 수 있게 하며; 이는, 예를 들어, 두께가 10 μm에 근접하는 GaN 층을 포함하는 소자(device)의 경우에 그러하다.

[0064]

4. 예

[0065]

이하의 예는 도 4와 관련하여 설명된 일반적인 프로세스가 특정 구조물의 제조에 어떻게 이용될 수 있는지를

설명하기 위한 것이다. 그 예는 도 1에 도시된 LED 구조물을 다시 참조하며, 그러한 LED 구조물의 제조는 둘 이상의 프로세싱 챔버를 가지는 클러스터 툴을 이용하여 이루어진다. 도 5의 흐름도와 함께 프로세스에 대한 개략적인 설명이 제공된다. 간략하게 설명하면, 세정 및 초기 GaN 층의 증착이 제 1 프로세싱 챔버내에서 실시되며, 나머지 InGaN, AlGaIn, 및 GaN 콘택 층의 성장은 제 2 프로세싱 챔버에서 실시된다.

[0066] 프로세스는 도 5의 블록(504)에서 시작되며, 이때 사파이어 기판이 제 1 프로세싱 챔버로 이송된다. 제 1 프로세싱 챔버는 GaN의 신속한 증착을 제공하도록 구성되며, 이때 증착의 균일도에 손실이 있을 수 있을 것이다. 일반적으로, 블록(508)에서, 제 1 프로세싱 챔버가 그러한 이송에 앞서서 세정될 것이고, 기판은 챔버내에서 세정될 것이다. 이러한 예에서, 150 Torr의 압력 및 550℃의 온도에서, TMG, NH₃ 및 N₂의 유동을 이용하여, 블록(512)에서 제 1 프로세싱 챔버내에서 기판에 걸쳐 GaN 버퍼 층(112)을 성장시킨다. 이어서, 블록(516)에서, n-GaN 층(116)이 성장되고, 이러한 예에서 n-GaN 층의 성장은 150 Torr의 압력 및 1100℃의 온도에서, TMG, NH₃ 및 N₂의 유동을 이용하여 실시된다.

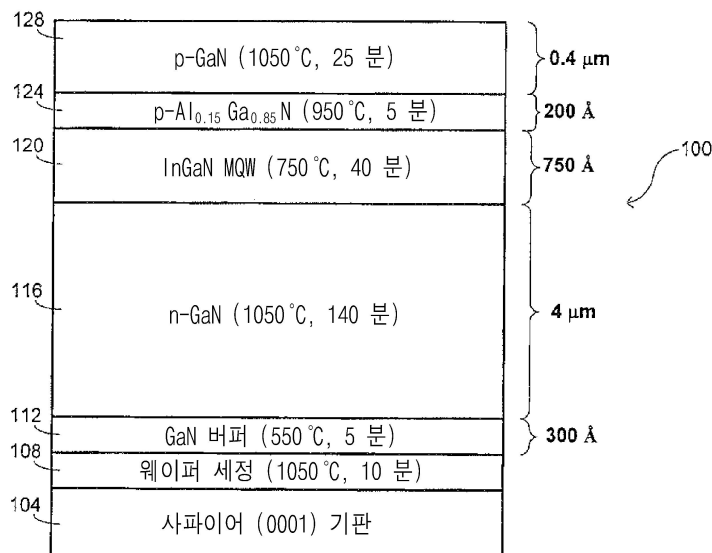
[0067] n-GaN 층의 증착 후에, 기판은 제 1 프로세싱 챔버의 외부로 그리고 제 2 프로세싱 챔버내로 이송되며, 이때 그러한 이송은 고순도 N₂ 분위기에서 이루어진다. 매우 균일한 증착을 제공하도록 제 2 프로세싱 챔버가 구성되고, 이때 전체 증착 속도의 손실이 있을 수 있을 것이다. 제 2 프로세싱 챔버에서, InGaN 다수-양자-웰 액티브 층이 블록(520)에서의 전이 GaN 층의 증착 후에 블록(524)에서 성장된다. 이러한 예에서, 200 Torr의 압력 및 800℃의 온도에서, H₂ 캐리어 가스 유동내에 제공된 TMG, TMI, 및 NH₃ 전구체를 이용하여 InGaN 층이 성장된다. 이어서, 블록(528)에서, 200 Torr의 압력 및 1000℃의 온도에서, H₂ 캐리어 가스 유동내에 제공된 TMG, TMA, 및 NH₃ 전구체를 이용하여 p-AlGaIn 층이 증착된다. 블록(532)에서, 200 Torr의 압력 및 1000℃의 온도에서, TMG, NH₃ 및 N₂의 유동을 이용하여 p-GaN 콘택 층의 증착이 실시된다.

[0068] 이어서, 완성된 구조물은 블록(536)에서 제 2 프로세싱 챔버로부터 외부로 이송되며, 그에 따라 제 2 프로세싱 챔버는 제 1 프로세싱 챔버로부터 또는 다른 제 3 프로세싱 챔버로부터 부분적으로 처리된 추가적인 기판을 수용할 준비가 된다.

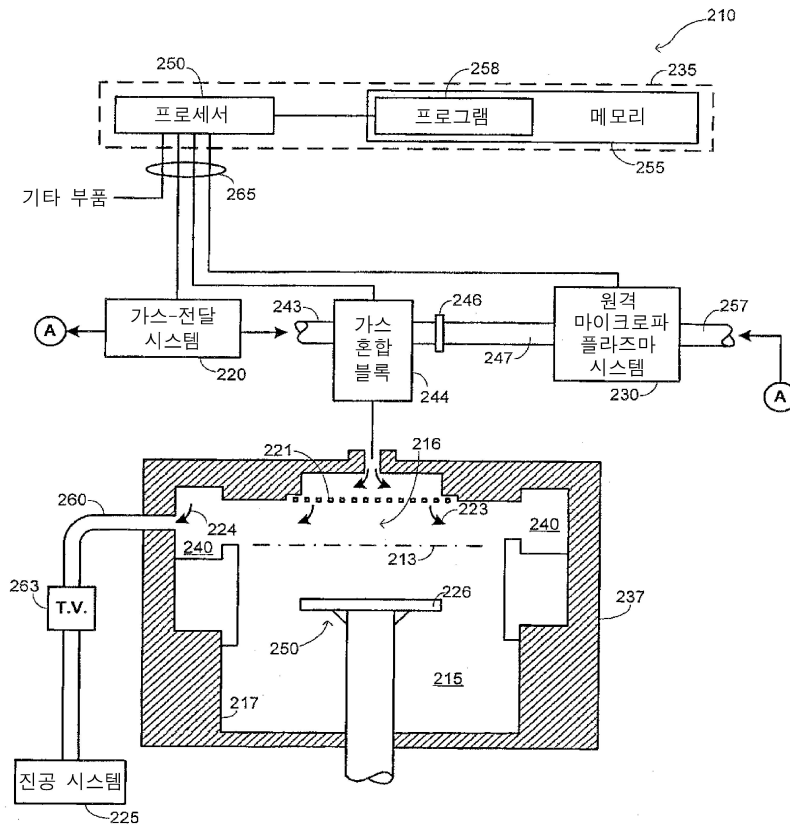
[0069] 본 발명의 몇 가지 실시예들을 설명하였지만, 본 발명의 클래딩(cladding) 층을 생성하기 위한 균등한 또는 대안적인 다른 방법들도 소위 당업자라면 용이하게 이해할 수 있을 것이다. 그러한 대안적인 실시예 및 균등물들은 특허청구범위에 의해 규정되는 바와 같은 본원의 범위 내에 포함될 것이다.

도면

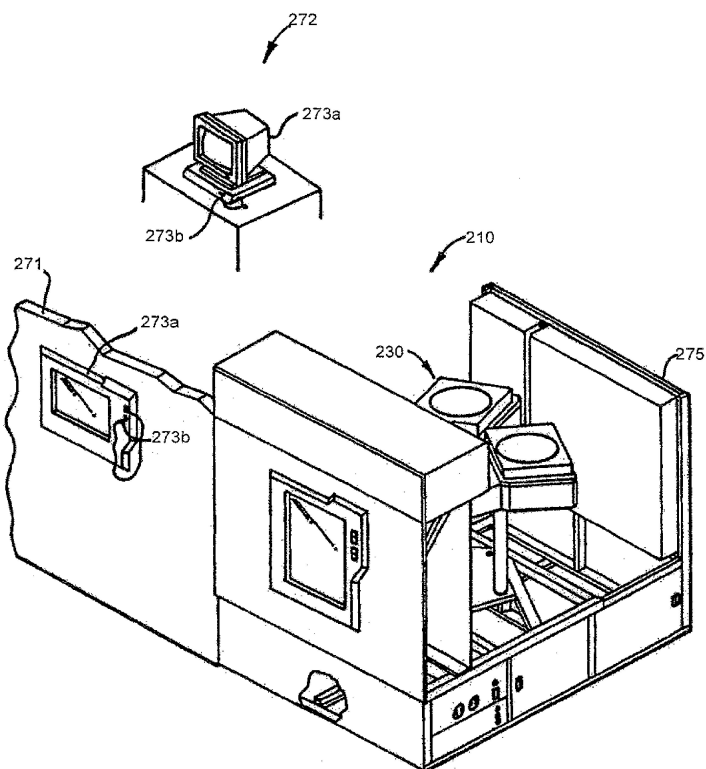
도면1



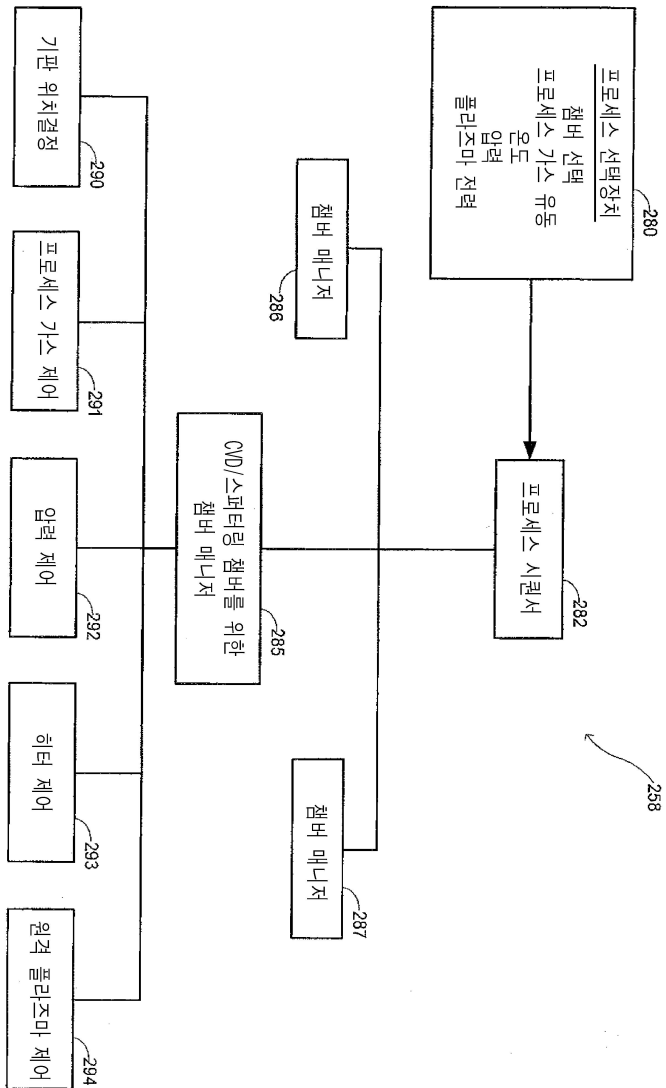
도면2a



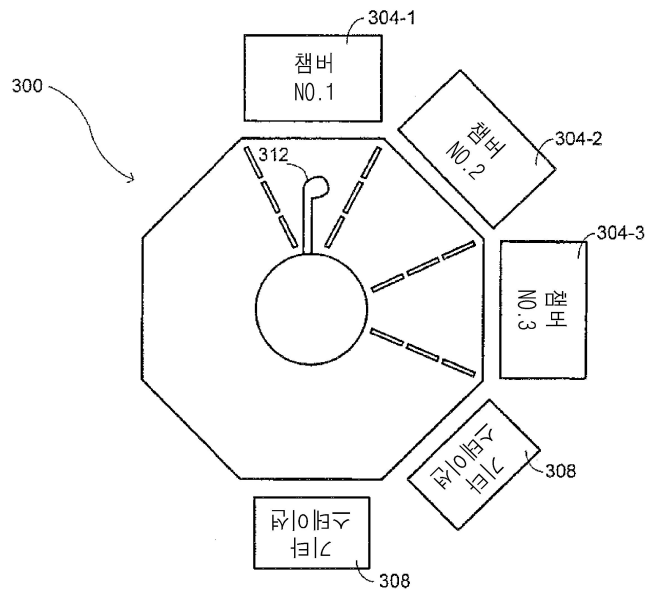
도면2b



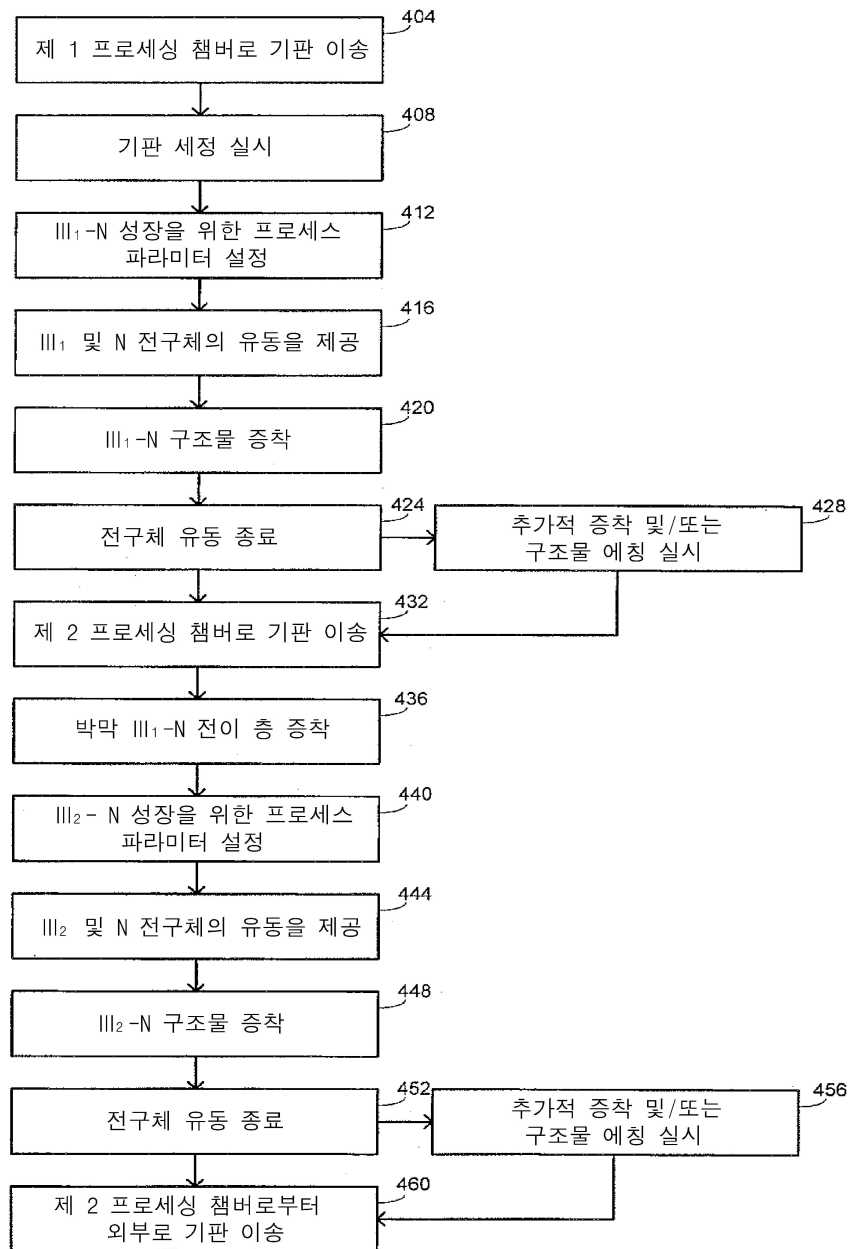
도면2c



도면3



도면4



도면5

