



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0003495
(43) 공개일자 2012년01월10일

(51) Int. Cl.

H01L 21/205 (2006.01) H01L 33/00 (2010.01)

(21) 출원번호 10-2011-7028399

(22) 출원일자(국제출원일자) 2010년04월27일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2011년11월28일

(86) 국제출원번호 PCT/US2010/032597

(87) 국제공개번호 WO 2010/129292

국제공개일자 2010년11월11일

(30) 우선권주장

12/751,692 2010년03월31일 미국(US)

(뒷면에 계속)

(71) 출원인

어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드

미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 발명자

니자완, 산딕

미국 94026 캘리포니아 로스 알토스 시나 애브뉴 1024

바로즈, 브라이언, 에이치.

미국 95118 캘리포니아 샌어제이 부샤드 드라이브 1532

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

남상선

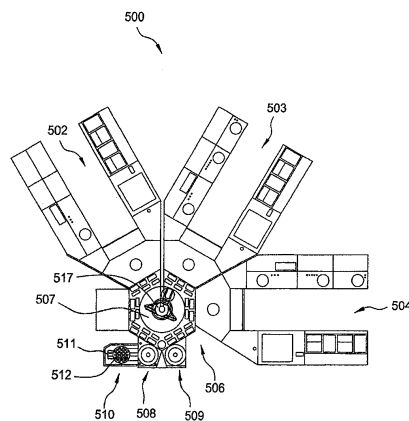
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) LED용 클러스터 톨

(57) 요약

본 발명은 일반적으로 LED 구조물을 형성하기 위한 장치 및 방법을 제공한다. 본 발명의 일 실시예는 화합물 니트라이드 구조물을 제조하기 위한 방법을 제공하며, 이 방법은 수소화물 기상 에피택셜(HVPE) 프로세스 또는 금속 유기 화학적 증착(MOCVD) 프로세스에 의해 제 1 프로세싱 챔버 내에서 기판 상에 제 1의 III 족 요소 및 질소를 포함하는 제 1 층을 형성하는 단계, MOCVD 프로세스에 의해 제 2 프로세싱 챔버 내의 제 1 층 위로 제 2의 III 족 요소 및 질소를 포함하는 제 2 층을 형성하는 단계, 및 MOCVD 프로세스에 의해 제 2 층 위에 제 3의 III 족 요소 및 질소를 포함하는 제 3 층을 형성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

이시카와, 테츠야

미국 95070 캘리포니아 사라토가 킬브리드 드라이브 20072

크라이리우크, 올가

미국 94086 캘리포니아 썬니베일 이스트 워싱턴 애브뉴 315

바수데프, 아난드

미국 94110 캘리포니아 샌프란시스코 엘리자베트 스트리트 4

수, 지에

미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 파크 뷰 드라이브 620

콰, 데이비드, 에이치.

미국 95120 캘리포니아 샌어제이 스윙잉 게이트 코트 1205

창, 안중

미국 95129 캘리포니아 샌어제이 랜들즈우드 코트 5847

멜닉, 유리

미국 95051 캘리포니아 산타 클라라 타마라크 레인 3760 아파트먼트 26

라티아, 하르수크딕, 에스.

미국 95051 캘리포니아 산타 클라라 마르케세 코트 3354

앵구옌, 손, 티.

미국 95136 캘리포니아 샌어제이 도우 드라이브 3032

팡, 릴리

미국 94536 캘리포니아 프리몬트 카브릴로 드라이브 35694

(30) 우선권주장

61/173,536 2009년04월28일 미국(US)

61/177,098 2009년05월11일 미국(US)

61/230,877 2009년08월03일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

화합물 니트라이드 구조물을 제조하는 방법으로서,

하나 또는 둘 이상의 기판을 제 1 프로세싱 챔버로 이송하는 단계;

수소화물 기상 에피택셜(HVPE) 프로세스 또는 금속 유기 화학적 증기 증착(MOCVD) 프로세스에 의해 상기 제 1 프로세싱 챔버 내에서 상기 하나 또는 둘 이상의 기판들 상에 갈륨 니트라이드(GaN) 층을 형성하는 단계;

상기 하나 또는 둘 이상의 기판들을 제 2 프로세싱 챔버로 이송하는 단계;

MOCVD 프로세스에 의해 상기 제 2 프로세싱 챔버 내에서 상기 하나 또는 둘 이상의 기판들 상에 InGaN 다중-양자-샘 활성 층을 형성하는 단계;

상기 하나 또는 둘 이상의 기판들을 제 3 프로세싱 챔버로 이송하는 단계;

MOCVD 프로세스에 의해 상기 하나 또는 둘 이상의 기판들 상에 p-도핑 AlGaN 층을 형성하는 단계; 및

MOCVD 프로세스에 의해 상기 하나 또는 둘 이상의 기판 상에 p-도핑 GaN 층을 형성하는 단계를 포함하는, 화합물 니트라이드 구조물을 제조하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 p-도핑 AlGaN 층을 형성하는 단계 및 상기 p-도핑 GaN 층을 형성하는 단계는 상기 제 3 프로세싱 챔버 내에서 수행되는,

화합물 니트라이드 구조물을 제조하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 GaN 층을 형성하는 단계 전에 GaN 버퍼 층을 형성하는 단계를 더 포함하는,

화합물 니트라이드 구조물을 제조하는 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 GaN 버퍼 층을 형성하는 단계는 상기 제 1 프로세싱 챔버 내에서 수행되는,

화합물 니트라이드 구조물을 제조하는 방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 GaN 버퍼 층을 형성하는 단계는 제 4 프로세싱 챔버 내에서 수행되는,

화합물 니트라이드 구조물을 제조하는 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 하나 또는 둘 이상의 기관들을 상기 제 2 프로세싱 챔버를 이송하는 단계는 상기 제 1 프로세싱 챔버 및 상기 제 2 프로세싱 챔버로 연결된 이송 챔버의 제어 환경을 통하여 상기 하나 또는 둘 이상의 기관들을 이송하는 단계를 포함하며,

상기 제어 환경은 불활성 가스, 또는 환원 가스의 주위(ambient)를 가지는 저압 환경인,

화합물 니트라이드 구조물을 제조하는 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 하나 또는 둘 이상의 기관들을 상기 제 2 프로세싱 챔버로 이송하는 단계는 상기 하나 또는 둘 이상의 기관의 온도를 약 350 °C 보다 높게 유지하는 단계를 더 포함하는,

화합물 니트라이드 구조물을 제조하는 방법.

청구항 8

화합물 니트라이드 반도체 구조물을 제조하는 방법으로서,

샤워헤드를 포함하는 제 1 금속 유기 화학적 증착(MOCVD) 챔버의 프로세싱 영역 내의 서셉터 상에 하나 또는 둘 이상의 기관들을 위치설정하는 단계,

상기 샤워헤드를 통하여 제 1 갈륨 함유 전구체 및 제 1 질소 함유 전구체를 상기 제 1 MOCVD 챔버 내로 유동시키는 단계,

상기 갈륨 함유 전구체 및 상기 제 1 질소 함유 전구체를 이용하여 상기 제 1 MOCVD 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 상기 하나 또는 둘 이상의 기관들 위에 갈륨 니트라이드 층을 증착하는 단계,

상기 하나 또는 둘 이상의 기관을 분위기(atmosphere)로 노출하지 않으면서 상기 제 1 MOCVD 챔버로부터 상기 하나 또는 둘 이상의 기관들을 제거하는 단계,

상기 하나 또는 둘 이상의 기관들을 제 2 MOCVD 챔버 내로 이송하는 단계,

제 2 갈륨 함유 전구체, 인듐 함유 전구체, 및 제 2 질소 함유 전구체를 상기 제 2 MOCVD 프로세싱 챔버 내로 유동시키는 단계,

상기 제 2 갈륨 함유 전구체, 상기 인듐 함유 전구체, 및 상기 제 2 질소 함유 전구체를 이용하여 상기 제 2 MOCVD 프로세싱 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 상기 GaN 층 위에 InGaN 층을 증착하는 단계,

상기 하나 또는 둘 이상의 기관들을 대기로 노출하지 않으면서 상기 하나 또는 둘 이상의 기관들을 상기 제 2 MOCVD 챔버로부터 제거하는 단계,

상기 하나 또는 둘 이상의 기관들을 제 3 MOCVD 챔버로 이송하는 단계,

제 3 갈륨 함유 전구체, 알루미늄 함유 전구체, 및 제 3 질소 함유 전구체를 상기 제 3 MOCVD 프로세싱 챔버로 유동시키는 단계, 및

상기 제 3 갈륨 함유 전구체, 상기 알루미늄 함유 전구체, 및 상기 제 3 질소 함유 전구체를 이용하여 상기 제 3 MOCVD 프로세싱 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 상기 InGaN 층 위에 AlGaN 층을 증착

하는 단계를 포함하는,

화합물 니트라이드 반도체 구조물을 제조하는 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

제 4의 III 족 전구체, 제 4 질소 함유 전구체, 및 p-타입 도펀트를 이용하여 상기 제 3 프로세싱 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 상기 하나 또는 둘 이상의 기판들 위에 p-GaN 층을 증착하는 단계를 더 포함하며, 상기 제 4 층은 질소, 상기 p-타입 도펀트, 및 상기 제 4의 III 족 요소를 포함하는,

화합물 니트라이드 반도체 구조물을 제조하는 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 제 1 MOCVD 챔버 내에 하나 또는 둘 이상의 기판들 위에 갈륨 니트라이드 층을 증착하는 단계 후 그리고 상기 제 3 MOCVD 프로세싱 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 상기 InGaN 층 위에 AlGaIn 층을 증착하는 단계 전에 세정 가스로 상기 제 1 MOCVD 챔버를 세정하는 단계를 더 포함하며, 상기 제 1 MOCVD 챔버 및 상기 제 3 MOCVD 챔버가 동일 챔버인,

화합물 니트라이드 반도체 구조물을 제조하는 방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 제 1 MOCVD 챔버로부터 상기 하나 또는 둘 이상의 기판들을 제거하는 단계 후 상기 제 1 MOCVD 챔버가 세정되고 상기 제 3 MOCVD 챔버로부터 상기 하나 또는 둘 이상의 기판들을 제거한 후 상기 제 3 MOCVD 챔버가 세정되는,

화합물 니트라이드 반도체 구조물을 제조하는 방법.

청구항 12

화합물 니트라이드 반도체 구조물을 제조하는 방법으로서,

제 1의 III 족 전구체 및 제 1 질소 함유 전구체를 제 1 프로세싱 챔버로 이동시키는 단계로서, 상기 제 1의 III 족 전구체는 제 1의 III 족 요소를 포함하는, 단계;

상기 제 1의 III 족 전구체 및 상기 제 1 질소 함유 전구체를 이용하여 상기 제 1 프로세싱 챔버 내에 하나 또는 둘 이상의 기판들 위에 제 1 층을 증착하는 단계로서, 상기 제 1 층은 질소 및 상기 제 1의 III 족 요소를 포함하는, 단계;

상기 하나 또는 둘 이상의 기판들을 분위기로 노출하지 않으면서 상기 제 1 프로세싱 챔버로부터 상기 하나 또는 둘 이상의 기판들을 제거하는 단계;

상기 하나 또는 둘 이상의 기판들을 제 2 프로세싱 챔버로 이동하는 단계;

제 2의 III 족 전구체 및 제 2 질소 함유 전구체를 상기 제 2 프로세싱 챔버로 이동시키는 단계로서, 상기 제 2의 III 족 전구체는 제 1의 III 족 전구체에 의해 포함되지 않는 제 2의 III 족 요소를 포함하는, 단계;

제 2의 III 족 전구체 및 상기 제 2 질소 함유 전구체를 이용하여 상기 제 2 프로세싱 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 상기 하나 또는 둘 이상의 기판들 위에 제 2 층을 증착하는 단계로서, 상기 제

2 층은 질소 및 상기 제 2의 III 족 요소를 포함하는, 단계;

상기 하나 또는 둘 이상의 기관들을 분위기로 노출하지 않으면서 상기 제 2 기관 프로세싱 챔버로부터 상기 하나 또는 둘 이상의 기관들을 제거하는 단계;

상기 하나 또는 둘 이상의 기관들을 제 3 기관 프로세싱 챔버로 이송하는 단계;

제 3의 III 족 전구체 및 제 3 질소 함유 전구체를 상기 제 3 프로세싱 챔버로 유동시키는 단계로서, 상기 제 3의 III 족 전구체는 상기 제 1의 III 족 전구체 또는 제 2의 III 족 전구체에 의해 포함되지 않는 제 3의 III 족 요소를 포함하는, 단계; 및

상기 제 3의 III 족 전구체 및 상기 제 3 질소 함유 전구체를 이용하여 상기 제 3 프로세싱 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 상기 하나 또는 둘 이상의 기관들 위에 제 3 층을 증착하는 단계로서, 상기 제 3 층은 질소 및 상기 제 3의 III 족 요소를 포함하는, 단계를 포함하는,

화합물 니트라이드 반도체 구조물을 제조하는 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

제 4의 III 족 전구체 및 제 4 질소 함유 전구체를 이용하여 상기 제 3 프로세싱 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 상기 하나 또는 둘 이상의 기관들 위에 제 4 층을 증착하는 단계를 더 포함하며,

상기 제 4 층은 질소 및 상기 제 4의 III 족 요소를 포함하는,

화합물 니트라이드 반도체 구조물을 제조하는 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 제 1의 III 족 전구체 및 상기 제 1 질소 함유 전구체를 이용하여 상기 제 1 프로세싱 챔버 내에서 하나 또는 둘 이상의 기관들 위에 제 1 층을 증착하는 단계 후 세정 가스로 상기 제 1 프로세싱 챔버를 세정하는 단계; 및

제 4의 III 족 전구체 및 제 4 질소 함유 전구체를 이용하여 상기 제 1 프로세싱 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 상기 하나 또는 둘 이상의 기관들 위에 제 4 층을 증착하는 단계로서, 상기 제 4 층은 질소 및 상기 제 4의 III 족 요소를 포함하는, 단계를 더 포함하는,

화합물 니트라이드 반도체 구조물을 제조하는 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 세정 가스는 불소, 브롬, 염소, 요오드, 및 이들의 조합을 포함하는 그룹으로부터 선택된 할로젠 가스를 포함하는,

화합물 니트라이드 반도체 구조물을 제조하는 방법.

명세서

기술 분야

본 발명의 실시예들은 일반적으로 반도체 소자의 제조에 관한 것이다. 더욱 특별하게는, 본 발명의 실시예들이 발광 다이오드(LED) 및 레이저 다이오드(LD)와 같은, 니트라이드 화합물(compound) 반도체 소자를 제조하기 위

[0001]

한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 발광 다이오드("LED")의 역사는 때때로 "스펙트럼의 크롤 업(crawl up)"으로서 특징된다. 이는 제 1의 상업적 LED가 스펙트럼의 적외선 부분에서 빛을 생성하고 이에 후속하여 GaAs 기판 상에서 GaAsP가 이용되는 적색 LED가 개발되었기 때문이다. 이는 이어서 더 밝은 적색 LED 및 오렌지색 LED 모두의 생성을 허용하는 개선된 효율로 GaP LED의 이용이 후속된다. 이어서 이중 GaP 칩(하나는 적색이고 하나는 녹색임)이 노란색 빛의 생성을 허용하면서, GaP의 이용에서의 진보가 녹색 LED의 개발을 허용하였다. 스펙트럼의 이러한 부분에서의 효율에서의 추가의 진보가 나중에 GaAlAsP 및 InGaAlP 재료의 이용을 통하여 가능하게 되었다.

[0003] 점차적으로 더 짧은 파장으로 빛을 제공하는 LED의 제조를 향한 발전은 일반적으로 넓은 스펙트럼 적용범위를 제공하기 위한 능력에 대한 것 뿐만 아니라 짧은 파장 광의 다이오드 제조가 CD-ROM과 같은 광학 소자의 정보 저장 성능을 개선할 수 있기 때문에 바람직하다. 스펙트럼의 청색, 보라색, 및 자외선 부분에서의 LED의 제조는 특히 GaN의 이용을 통하여, 니트라이드 기반(based) LED의 개발에 의해 주로 가능하게 되었다. 소정의 적당히 성공적인 노력이 이전에는 SiC 재료를 이용하여 청색 LED의 제조시 이루어지지만, 이 같은 장치는 이들의 전자 구조물이 간접적인 띠간격(bandgap)을 가지는 사실의 결과로서 발광이 저급하게 된다.

[0004] 스펙트럼의 청색 영역에서 광루미네선스를 생성하도록 GaN을 이용하는 가능성이 수십년 동안 알려져 왔지만, 이들의 실제 제조를 방해하는 다양한 장벽들이 있었다. 이 장벽들은 GaN 구조물을 성장시킬 수 있는 적절한 기판의 결핍을 포함하는데, 일반적으로 GaN을 성장시키기 위한 높은 열적 요구조건은 다양한 열-대류 문제점들 및 이 같은 재료의 효과적인 p-도핑에서의 다양한 어려움을 초래한다. 기판으로서 사파이어의 이용은 완전히 만족스럽지 않은데, 이는 사파이어가 GaN과의 약 15% 래티스(lattice) 불일치를 제공하기 때문이다. 발전은 후속적으로 이러한 배리어들의 다수의 양태를 처리하여 이루어진다. 예를 들면, 금속-유기 증기로부터 형성된 AlN 또는 GaN의 버퍼 층의 이용은 래티스 불일치를 수용하는데 효과적인 것을 알 수 있었다. Ga-N-기반 구조물의 제조에서의 추가 개량은 GaN과의 이질 접합을 형성하도록 AlGaIn 재료의 이용 및 특히 InGaIn의 이용을 포함하며, 이는 짧은 파장에서 효율적으로 광을 방사하도록 양자 샘(quantum well)으로서 작용하는 결함의 발생을 일으킨다. 인듐-부화(rich) 영역은 주변 재료 보다 더 작은 띠간격을 가지며, 효과적인 방사 중심(center)을 제공하도록 재료를 통해 분배될 수 있다.

[0005] 따라서 소정의 개발이 이 같은 화합물 니트라이드 반도체 소자의 제조에서 이루어지지만, 다수의 결함이 여전히 현 제조 프로세스들에서 존재한다는 것이 널리 인정된다. 더욱이, 이 같은 파장에서 빛을 생성하는 소자의 높은 효율은 이 같은 소자의 제조가 집중적인 관심 및 활성(activity)의 영역이 되도록 한다.

[0006] 이러한 고려의 관점에서, 화합물 니트라이드 반도체 소자를 제조하기 위한 개선된 방법 및 시스템을 위해 본 기술분야에서 일반적인 요구가 있다.

발명의 내용

[0007] 본 발명은 일반적으로 LED 구조물, LD 구조물, 및 고 전력, 고 주파수, 고온 트랜지스터 및 집적 회로를 포함하는 전자 소자를 형성하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[0008] 본 발명의 일 실시예는 화합물 니트라이드를 제조하기 위한 방법을 제공하며, 이 방법은 하나 또는 둘 이상의 기판을 제 1 프로세싱 챔버로 이송하는 단계, 수소화물 기상 에피택셜(hydride vapor phase epitaxial; HVPE) 프로세스 또는 금속 유기 화학적 증착(MOCVD) 프로세스에 의해 제 1 프로세싱 챔버 내의 하나 또는 둘 이상의

기관 상에 n-도핑 갈륨 니트라이드(GaN)를 형성하는 단계, 하나 또는 둘 이상의 기관을 제 2 프로세싱 챔버로 이송하는 단계, MOCVD 프로세스에 의해 제 2 프로세싱 챔버 내의 하나 또는 둘 이상의 기관 상에 InGaN 다중-양자-샘 활성 층을 형성하는 단계, 하나 또는 둘 이상의 기관을 제 3 프로세싱 챔버로 이송하는 단계, MOCVD 프로세스에 의해 하나 또는 둘 이상의 기관 상에 p-도핑 AlGaIn 층을 형성하는 단계, 및 MOCVD 프로세스에 의해 하나 또는 둘 이상의 기관 상에 p-도핑 GaN 층을 형성하는 단계를 포함한다.

[0009]

또 다른 실시예는 화합물 니트라이드 반도체 구조물을 제조하기 위한 방법을 제공하며, 이 방법은 샤워헤드를 포함하는 제 1 금속 유기 화학물 증착(MOCVD) 챔버의 프로세싱 영역 내의 서셉터 상에 하나 또는 둘 이상의 기관을 위치설정하는 단계, 제 1 MOCVD 챔버 내로 샤워헤드를 통하여 제 1 질소 함유 전구체 및 제 1 갈륨 함유 전구체를 유동하는 단계, 갈륨 함유 전구체 및 제 1 질소 함유 전구체를 이용하여 제 1 MOCVD 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 하나 또는 둘 이상의 기관 위에 갈륨 니트라이드 층을 증착하는 단계, 하나 또는 둘 이상의 기관을 분위기(atmosphere)로 노출하지 않으면서 제 1 MOCVD 챔버로부터 하나 또는 둘 이상의 기관을 제거하는 단계, 하나 또는 둘 이상의 기관을 제 2 MOCVD 챔버로 이송하는 단계, 제 2 갈륨 함유 전구체, 인듐 함유 전구체, 및 제 2 질소 함유 전구체를 제 2 MOCVD 프로세싱 챔버 내로 유동하는 단계, 제 2 갈륨 함유 전구체, 인듐 함유 전구체, 및 제 2 질소 함유 전구체를 이용하여 제 2 MOCVD 프로세싱 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 GaN 층 위에 InGaN 층을 증착하는 단계, 하나 또는 둘 이상의 기관을 분위기로 노출하지 않으면서 제 2 MOCVD 챔버로부터 하나 또는 둘 이상의 기관을 제거하는 단계, 하나 또는 둘 이상의 기관을 제 3 MOCVD 챔버로 이송하는 단계, 제 3 갈륨 함유 전구체, 알루미늄 함유 전구체, 및 제 3 질소 함유 전구체를 제 3 MOCVD 프로세싱 챔버 내로 유동하는 단계, 및 제 3 갈륨 함유 전구체, 알루미늄 함유 전구체, 및 제 3 질소 함유 전구체를 이용하여 제 3 MOCVD 프로세싱 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 InGaN 층 위에 AlGaIn 층을 증착하는 단계를 포함한다.

[0010]

본 발명의 또 다른 실시예는 화합물 니트라이드 반도체 구조물을 제조하는 방법을 제공하며, 이 방법은 제 1의 III 족 요소를 포함하는, 제 1의 III 족 전구체 및 제 1 질소 함유 전구체를 제 1 프로세싱 챔버 내로 유동하는 단계, 제 1의 III 족 전구체 및 제 1 질소 함유 전구체를 이용하여 제 1 프로세싱 챔버 내의 하나 또는 둘 이상의 기관 상에, 질소 및 제 1의 III 족 요소를 포함하는, 제 1 층을 증착하는 단계, 하나 또는 둘 이상의 기관을 분위기로 노출하지 않으면서 제 1 프로세싱 챔버로부터 하나 또는 둘 이상의 기관을 제거하는 단계, 하나 또는 둘 이상의 기관을 제 2 프로세싱 챔버 내로 이송하는 단계, 제 1의 III 족 전구체에 의해 포함되지 않는 제 2의 III 족 요소를 포함하는, 제 2의 III 족 전구체 및 제 2 질소 함유 전구체를 제 2 프로세싱 챔버 내로 유동하는 단계, 제 2의 III 족 전구체 및 제 2 질소 함유 전구체를 이용하여 제 2 프로세싱 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 하나 또는 둘 이상의 기관 위에, 질소 및 제 2의 III 족 요소를 포함하는, 제 2 층을 증착하는 단계, 하나 또는 둘 이상의 기관을 분위기로 노출하지 않으면서 제 2 기관 프로세싱 챔버로부터 하나 또는 둘 이상의 기관을 제거하는 단계, 하나 또는 둘 이상의 기관을 제 3 기관 프로세싱 챔버 내로 이송하는 단계, 제 1의 III 족 전구체 또는 제 2의 III 족 전구체에 의해 포함되지 않는 제 3의 III 족 요소를 포함하는 제 3의 III 족 전구체 및 제 3 질소 함유 전구체를 제 3 프로세싱 챔버 내로 유동하는 단계, 및 제 3의 III 족 전구체 및 제 3 질소 함유 전구체를 이용하여 제 3 프로세싱 챔버 내에서 열 화학적-증기-증착 프로세스를 이용하여 하나 또는 둘 이상의 기관 위에, 질소 및 제 3의 III 족 요소를 포함하는, 제 3 층을 증착하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0011]

본 발명의 위에서 언급된 피쳐(feature)가 상세하게 이해될 수 있도록, 위에서 간단히 요약된 본 발명의 더욱 특정한 설명은 실시예들을 참조할 수 있고, 실시예들 중 일부가 첨부된 도면들에 도시된다. 그러나, 첨부된 도면들은 본 발명의 단지 전형적인 실시예들을 도시하며 따라서 본 발명의 범주를 제한하는 것으로 고려되지 않으며, 본 발명에 대해 다른 균등 효과의 실시예들을 인정할 수 있다.

도 1a는 GaN 기반 LED 구조물의 도식적인 측면면도이며,

도 1b는 GaN 기반 LED 구조물의 도식적인 도면이며,

- 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 HVPE 챔버의 도식적인 측면면도이며,
 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 HVPE 챔버의 도식적인 도면이며,
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 MOCVD 챔버의 도식적인 측면면도이며,
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 클러스터 툴의 평면도이며,
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 포로세싱 시퀀스의 흐름도이며,
 도 6은 본 명세서에서 설명된 실시예들에 따른 다중 챔버 화합물 니트라이드 반도체 형성을 위해 이용될 수 있는 프로세스의 흐름도이며,
 도 7은 본 명세서에서 설명된 실시예들에 따른 다중 챔버 화합물 니트라이드 반도체 형성을 위해 이용될 수 있는 또 다른 프로세스의 흐름도이며,
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 클러스터 툴의 평면도이며,
 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 포로세싱 시퀀스의 흐름도이다.

이해를 용이하게 하도록, 도면들에 공통하는 동일한 요소들을 가리키기 위해 가능하게는 동일한 도면 부호들이 이용되었다. 일 실시예에서 공개된 요소들이 유익하게는 특정한 인용 없이 다른 실시예들에 이용될 수 있다는 것이 고려된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 본 발명은 일반적으로 증가된 시스템 작업 처리량, 증가된 시스템 신뢰성, 및 증가된 기관 대 기관 균일도를 가지는, 다중-챔버 프로세싱 시스템(예를 들면, 클러스터 툴)을 이용하여 기관을 동시에 처리하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.
- [0013] 일 실시예에서, 프로세싱 시스템은 화합물 니트라이드 반도체 소자를 제조하도록 구성되며, 프로세싱 시스템 내에서 기관은 HVPE 챔버 또는 MOCVD 챔버 내에 증착되며, HVPE 챔버 또는 MOCVD 챔버에서 버퍼 GaN 층 및 n-도핑 GaN 층이 기관 상에 배치되며, 이어서 기관은 다중 양자 섀(MQW) 층 및 p-도핑 AlGaIn 층이 n-도핑 GaN 층 상에 증착되는 제 2 챔버로 이송된다.
- [0014] 또 다른 실시예에서, 프로세싱 시스템은 화합물 니트라이드 반도체 소자를 제조하도록 구성되며, 프로세싱 시스템 내에서 기관이 HVPE 챔버 또는 MOCVD 챔버 내에 배치되며, HVPE 챔버 또는 MOCVD 챔버에서 버퍼 GaN 층 및 n-도핑 GaN 층이 기관 상에 증착되고 이어서 기관은 MQW 층이 n-도핑 GaN 층 위에 증착되는 제 2 챔버로 이송되고 이어서 p-도핑 AlGaIn 층이 MQW 층 상에 증착되는 제 3 챔버로 이송된다.
- [0015] 또 다른 실시예에서, 프로세싱 시스템은 화합물 니트라이드 반도체 소자를 제조하도록 구성되며, 프로세싱 챔버 내에서 버퍼 GaN 층이 제 1 프로세싱 챔버 내의 기관 상에 증착되며, 이어서 기관은 n-도핑 GaN 층이 버퍼 GaN 층 위에 증착되는 제 2 챔버로 이송되며, 이어서 기관은 MQW 층이 n-도핑 GaN 층 위에 증착되는 제 3 챔버로 이송되며, 그리고 이어서 기관은 p-도핑 AlGaIn 층 상에 MQW 층이 증착되는 제 4 챔버로 이송된다.
- [0016] 화합물 니트라이드 반도체 구조물의 종래 제조에서, 단계들 모두가 완료될 때까지 기관이 단일 프로세스 반응기를 떠나지 않으면서, 다중 에피택셜(epitaxial) 증착 단계들이 단일 프로세스 반응기에서 수행된다. 도 1a는 갈륨 및 니트라이드 기반 LED 구조물(10)의 도식적인 측면면도이다. LED 구조물(10)은 세정 절차 후 사파이어(0001) 기관(4) 위에 제조된다. 예시적인 절차가 약 1050 °C에서 10분 동안 수행될 수 있다. 가열 및 냉각 동안 10분 정도의 부가 시간을 얻어 세정 절차가 수행될 수 있다.
- [0017] GaN 버퍼 층(12)은 세정된 기관(4) 위에 증착된다. GaN 버퍼 층(12)은 HVPE 프로세스 또는 MOCVD 프로세스에

의해 형성될 수 있다. 예를 들면, GaN 버퍼 층(12)은 프로세싱 챔버로 갈륨 및 질소 전구체의 유동을 제공하고 증착을 달성하도록 열적 프로세스를 이용함으로써 증착될 수 있다. 전형적인 GaN 버퍼 층(12)은 약 300 Å의 두께를 가져서, 약 5분 동안 약 550 °C의 온도로 증착될 수 있다.

[0018] n-GaN(n-도핑 GaN) 층(16)은 GaN 버퍼 층(12) 상에 후속적으로 증착된다. n-GaN 층(16)은 HVPE 프로세스 또는 MOCVD 프로세스에 의해 형성될 수 있다. 일 실시예에서, n-GaN 층(16)은 더 높은 온도, 예를 들면 약 1050 °C에서 증착될 수 있다. n-GaN 층(16)은 상대적으로 두꺼우며, 4 μm 정도의 두께의 증착은 약 140 분이 요구된다.

[0019] InGaN 멀티-양자-샘(MQW) 층(20)은 n-GaN 층(16) 위에 후속적으로 증착된다. InGaN MQW 층(20)은 약 750 Å의 두께를 가질 수 있으며 형성하기 위해 약 750 °C에서 약 40분 걸린다.

[0020] p-AlGaN(p-도핑 AlGaN) 층(24)은 MQW 층(20) 위에 증착된다. p-AlGaN 층(24)은 약 200 Å의 두께를 가질 수 있으며 형성하기 위해 약 950 °C의 온도에서 약 5분 걸린다.

[0021] p-GaN(p-도핑 GaN) 접촉 층(28)은 이어서 p-AlGaN 층(24) 위에 증착된다. p-GaN 접촉 층(28)은 약 0.4 μm의 두께를 가질 수 있으며 형성하기 위해 약 1050 °C에서 약 25 분이 요구된다.

[0022] 단일 기간(session)에서 하나의 반응기 내에서 수행되는 다중 증착 단계들을 구비한 종래의 제조는 보통 4 내지 6 시간 정도의 긴 프로세싱 시간을 초래한다. 이러한 긴 프로세싱 시간은 낮은 반응기 작업 처리량을 초래한다. 낮은 반응기 작업 처리량은 종종 배치 프로세싱 기술의 이용에 의해 처리된다. 예를 들면, 제조 프로세스들에서 이용되는 상업적 반응기는 20 내지 50개의 2-인치 웨이퍼 상에 동시에 작동할 수 있어 상대적으로 낮은 생산량을 초래한다. 본 발명의 실시예들은 다중 층을 형성하도록 제조시 다중 프로세싱 챔버를 이용함으로써 반응기 작업 처리량을 추가로 증가시키며, 각각의 프로세싱 챔버는 특정 증착을 최상으로 수행하도록 조정된다. 일 실시예에서, 각각의 프로세싱 챔버는 특정 프로세스로 조정된 하드웨어를 가질 수 있다. 또 다른 실시예에서, 온도, 압력, 유량과 같은 각각의 프로세싱 챔버의 프로세싱 매개변수들은 특정 프로세스를 가속화하기 위해 조정될 수 있다.

[0023] 도 1b는 알루미늄 옥사이드 함유 기판(5) 상에 형성된 GaN 기반 LD 구조물(50)을 도식적으로 설명한다. 알루미늄 옥사이드 함유 기판(5)은 도 1a의 알루미늄 옥사이드 함유 기판(4)과 유사할 수 있다. 기판(5)은 사파이어(0001)와 같은, 고체 알루미늄 옥사이드로 형성될 수 있다. 기판(5)은 또한 그 위에 화합물 니트라이드 구조물을 제조하기 위한 알루미늄 옥사이드 함유 표면을 가지는 복합 기판일 수 있다.

[0024] 일 실시예에서, LD 구조물(50)은 열 세정 절차 및 예비처리 프로세스 후 기판(5) 상에 형성된다. 열 세정 절차는, 기판(5)이 가열되는 동안, 기판(5)을 암모니아 및 캐리어 가스를 포함하는 세정 가스 혼합물로 노출함으로써 수행될 수 있다. 일 실시예에서, 예비처리 프로세스는 기판이 상승된 온도 범위로 가열되는 동안 예비처리 가스 혼합물로 기판을 노출하는 것을 포함한다. 일 실시예에서, 예비처리 가스 혼합물은 할로젠 가스를 포함하는 에칭제이다.

[0025] LD 구조물(50)은 기판(5) 상에 형성된 적층물(stack)이다. LD 구조물(50)은 n-타입 GaN 접촉 층(52)으로부터 시작한다. LD 구조물(50)은 n-타입 클래딩 층(54)을 더 포함한다. 클래딩 층(54)은 AlGaIn을 포함할 수 있다. 도핑되지 않은 가이드 층(56)은 클래딩 층(54) 위에 형성된다. 가이드 층(56)은 InGaIn을 포함할 수 있다. 다중 양자 샘(MQW) 구조물을 가지는 활성 층(58)은 가이드 층(56) 상에 형성된다. 도핑되지 않은 가이드 층(60)은 활성 층(58) 위에 형성된다. p-타입 전자 블록 층(62)은 도핑되지 않은 가이드 층(60) 위에 형성된다. p-

타입 접촉 GaN 층(64)이 p-타입 전자 블록 층(62) 위에 형성된다.

- [0026] 도 2a는 일 실시예에 따라 HVPE 챔버(200)의 도식적인 도면이다. 상기 장치는 리드(204)에 의해 둘러싸인 챔버(202)를 포함한다. 제 1 가스 소스(211)로부터 프로세싱 가스는 가스 분배 샤워헤드(206)를 통하여 챔버(202)로 전달된다. 일 실시예에서, 제 1 가스 소스(211)는 질소 함유 화합물을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 제 1 가스 소스(211)는 암모니아를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 헬륨 또는 이가 질소와 같은 불활성 가스는 가스 분배 샤워헤드(206) 또는 챔버(202)의 벽(208) 중 어느 하나를 통하여 도입될 수 있다. 에너지 소스(212)는 제 1 가스 소스(211)와 가스 분배 샤워헤드(206) 사이에 배치될 수 있다. 일 실시예에서, 에너지 소스(212)는 히터를 포함할 수 있다. 에너지 소스(212)는 암모니아와 같은 제 1 가스 소스(211)로부터 가스를 분해(break up)하여, 질소 함유 가스로부터의 질소의 반응성이 더 커진다.
- [0027] 제 1 가스 소스(211)로부터 가스와 반응하도록, 전구체 재료는 하나 또는 둘 이상의 전구체 소스(218)로부터 전달될 수 있다. 하나 또는 둘 이상의 전구체 소스(218)는 갈륨 및 알루미늄과 같은 전구체를 포함할 수 있다. 두 개의 전구체가 참조되지만, 다소의(more or less) 전구체가 전술된 바와 같이 전달될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 일 실시예에서, 전구체는 액체 형태로 전구체 소스(218)에 존재하는 갈륨을 포함한다. 또 다른 실시예에서, 전구체는 고체 형태로 전구체 소스(218)에 존재하는 알루미늄을 포함한다. 일 실시예에서, 알루미늄 전구체는 고체, 분말 형태일 수 있다. 전구체는 전구체 소스(218) 내의 전구체를 통하여 및/또는 전구체 위로 반응성 가스를 유동함으로써 챔버(202)로 전달될 수 있다. 일 실시예에서, 반응성 가스는 이가 염소와 같은 염소 함유 가스를 포함할 수 있다. 염소 함유 가스는 클로라이드를 형성하도록 갈륨 또는 알루미늄과 같은 전구체 소스와 반응할 수 있다. 일 실시예에서, 하나 또는 둘 이상의 제 2 소스(218)는 공융 혼합물 재료(eutectic material) 및 이들의 합금을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, HVPE 장치(200)는 도펀트 농도를 제어하도록 도핑 소스 뿐만 아니라 적어도 하나의 고유(intrinsic) 소스를 취급하도록 배치될 수 있다.
- [0028] 본 발명의 실시예는 소스 모듈(232)에서 보트(boat) 영역을 통하여 염소 함유 가스를 스네이킹(snake)하고 염소 함유 가스를 저항성 히터(220)로 가열함으로써 전구체와 반응하도록 염소 함유 가스의 효율을 증가시켜, 염소 함유 가스가 소스 모듈(232)을 통하여 스네이킹하는 잔류 시간을 증가시킨다. 염소 함유 가스의 온도가 제어될 수 있다. 염소 함유 가스의 온도를 증가시킴으로써, 염소는 전구체와 더 빨리 반응할 수 있다. 즉, 온도는 염소와 전구체 사이의 반응에 대한 촉매가 된다.
- [0029] 전구체의 반응성(reactiveness)을 증가시키도록, 전구체는 보트 내의 소스 모듈(232) 내의 저항성 히터(220)에 의해 가열될 수 있다. 예를 들면, 일 실시예에서, 갈륨 전구체는 약 750 °C 내지 약 850 °C 사이의 온도로 가열될 수 있다. 이어서 클로라이드(chloride) 반응 생성물은 챔버(202)로 전달될 수 있다. 반응성 클로라이드 제품은 먼저 반응성 염화 제품이 튜브(222) 내에 균등하게 분배되는 튜브(222)로 유입된다. 튜브(222)는 또 다른 튜브(224)로 연결된다. 클로라이드 반응 생성물이 제 1 튜브(222) 내에서 균등하게 분배된 후, 클로라이드 반응 생성물은 제 2 튜브(224)로 유입된다. 이어서 클로라이드 반응 생성물이 질소 함유 가스와 혼합하는 챔버(202) 내로 유입되어 서셉터(214) 상에 배치되는 기관(216) 상에 니트라이드 층을 형성하도록 한다. 일 실시예에서, 서셉터(214)는 실리콘 카바이드를 포함할 수 있다. 니트라이드 층은 예를 들면 갈륨 니트라이드 또는 알루미늄 니트라이드를 포함할 수 있다. 질소 및 염소와 같은 다른 반응 생성물이 배기구(226)를 통하여 배기된다.
- [0030] 종래에는, HVPE 동안, 염소 함유 가스(예를 들면, HCl)는 금속 클로라이드를 형성하도록 고온 벽 반응기의 제 2 존 내에서 금속 전구체(트리메틸갈륨)와 먼저 반응하고, 이어서 금속 클로라이드는 고온 벽 반응기의 하류 반응 존 내에서 질소 소스와 조합된다. 종래의 HVPE 챔버 설계에 비해, HVPE 챔버(200)는 염소 함유 가스의 온도를 제어하도록 염소 가스의 잔류 시간을 증가함으로써 염소 함유 가스의 유효성을 증가시킨다. 염소 함유 가스의 증가된 온도에 의해 염소 발생이 촉진하기 때문에 HVPE 챔버(200)는 또한 증가된 효율을 가진다.

- [0031] 챔버(202)는 부력 효과를 초래할 수 있는 열 구배를 가질 수 있다. 예를 들면, 질소 기반 가스는 약 450 °C 내지 약 550 °C 사이의 온도에서 가스 분배 샤워헤드(206)를 통하여 도입된다. 챔버 벽(208)은 약 600 °C 내지 약 700 °C의 온도를 가질 수 있다. 서셉터(214)는 약 1050 °C 내지 약 1150 °C의 온도를 가질 수 있다. 따라서, 챔버(202) 내의 온도차는 챔버가 가열될 때 가스가 챔버(202) 내에서 상승되는 것을 허용하고 챔버가 냉각될 때 가스가 챔버 내에서 강하되는 것을 허용할 수 있다. 가스의 상승 및 강하는 질소 가스 및 클로라이드 가스가 혼합되도록 할 수 있다. 또한, 부력 효과는 혼합 때문에 벽(208) 상에 증착되는 갈륨 니트라이드 또는 알루미늄 니트라이드의 양을 감소시키게 된다.
- [0032] 프로세싱 챔버(202)의 가열은 서셉터(214) 아래 배치되는 램프 모듈(228)을 이용하여 서셉터(214)를 가열함으로써 수행될 수 있다. 증착 동안 램프 모듈(228)은 프로세싱 챔버(202)를 위한 열의 주요 소스이다. 램프 모듈(228)로서 도시되고 설명되었지만, 다른 가열 소스가 이용될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 프로세싱 챔버(202)의 부가 가열은 챔버(202)의 벽(208) 내에 매립된 히터(209)의 이용에 의해 수행될 수 있다. 벽(208) 내에 매립된 히터(209)는 증착 프로세스 동안 있다면 열이 약간(little) 제공될 수 있다. 열전쌍은 프로세싱 챔버 내부의 온도를 측정하기 위해 이용될 수 있다. 열전쌍으로부터의 출력은 열전쌍으로부터의 판독을 기초로 하여 히터(209)의 가열을 제어하는 제어기로 역으로 공급될 수 있다. 예를 들면, 챔버가 많이 냉각되는 경우, 히터(209)가 턴 온된다. 챔버가 너무 뜨거운 경우, 히터(209)는 턴 오프된다. 또한, 적은 양의 열이 히터(209)로부터 제공되도록 히터(209)로부터의 열의 양이 제어될 수 있다.
- [0033] 증착 프로세스 후, 기관(216)은 통상적으로 프로세싱 챔버(202)로부터 취해진다. 램프 모듈(226)은 턴 오프된다. 램프 모듈(228)로부터의 열이 없이, 챔버(202)가 급속하게 냉각될 수 있다. 벽들(208) 상에 증착될 수 있는 갈륨 니트라이드 또는 알루미늄 니트라이드는 벽들(208) 자체와 상이한 열 팽창 계수를 가질 수 있다. 따라서, 갈륨 니트라이드 또는 알루미늄 니트라이드는 열 팽창에 의해 벗겨질 수 있다. 원하지 않는 벗겨짐을 방지하기 위하여, 챔버 벽들(208) 내에 매립된 히터(209)는 열 팽창을 제어하도록 그리고 원하는 챔버 온도로 챔버(202)를 유지하도록 턴 온될 수 있다. 히터(209)의 제어는 다시 열전쌍으로부터 실시간 피드백을 기초로 할 수 있다. 램프 모듈(228)이 턴 오프되면, 히터(209)는 원하는 온도로 챔버(202)의 온도를 유지하도록 턴 온될 수 있거나 턴 업될 수 있어, 갈륨 니트라이드 또는 알루미늄 니트라이드가 서셉터(214) 상의 기관 또는 랜드로부터 벗겨지지 않을 수 있어 서셉터(214) 상의 기관 또는 랜드를 오염시키지 않을 수 있어 평탄하지 않은 서셉터(214) 표면을 형성하지 않을 수 있다. 상승된 온도로 챔버 벽들(208)을 유지함으로써, 염소는 챔버 벽들(208)로부터 증착을 세정하는데 더욱 효과적인 수 있다.
- [0034] 대체로, 증착 프로세스는 아래와 같이 처리될 것이다. 기관(216)은 초기에 프로세싱 챔버(202) 내로 삽입될 수 있고 서셉터(214) 상에 배치될 수 있다. 일 실시예에서, 기관(216)이 사파이어를 포함할 수 있다. 램프 모듈(228)은 기관(216) 및 대응적으로 챔버(202)를 가열하기 위해 턴 온될 수 있다. 질소 함유 반응성 가스는 제 1 가스 소스(211)로부터 프로세싱 챔버로 도입될 수 있다. 질소 함유 가스는 질소 함유 가스를 더욱 반응적인 상태로 이르게 하도록 가스 히터와 같은 에너지 소스(212)를 통하여 통과할 수 있다. 이어서 질소 함유 가스는 챔버 리드(204) 및 가스 분배 샤워헤드(206)를 통과한다. 일 실시예에서, 챔버 리드(204)는 수 냉각될 수 있다.
- [0035] 전구체는 또한 챔버(202)로 전달될 수 있다. 염소 함유 가스는 전구체 소스(218) 내의 전구체를 통하여 및/또는 전구체 위로 통과할 수 있다. 이어서 염소 함유 가스는 클로라이드를 형성하도록 전구체와 반응할 수 있다. 염소는 소스 모듈(232) 내의 저장성 히터(220)로 가열될 수 있고 이어서 염소가 튜브(222) 내에 균일하게 분포되는 상부 튜브(222) 내로 전달된다. 이어서 클로라이드 가스는 클로라이드 가스가 챔버(202)의 내부로 도입되기 전에 다른 튜브(224) 내로 하방으로 유동한다. 염소 함유 가스가 논의되었지만, 본 발명은 염소 함유 가스로 제한되지 않는다는 것을 이해하여야 한다. 오히려, 다른 화합물은 HVPE 프로세스에서 이용될 수 있다. 챔버 벽(208)은 벽들(208) 내에 매립된 히터(209)로부터 발생된 최소 양의 열을 가질 수 있다. 챔버(202) 내의 대부분의 열은 서셉터(214) 아래의 램프 모듈(228)에 의해 발생된다.

- [0036] 챔버(202) 내의 열 구배에 의해, 염화물 가스 및 질소 함유 가스는 프로세싱 챔버(202) 내에서 상승 및 하강하여, 기관(216) 상에 증착되는 니트라이드 화합물을 형성하도록 혼합된다. 기관(216) 상의 증착에 부가하여, 니트라이드 층은 또한 챔버(202)의 다른 노출 영역 상에 증착될 수 있다. 클로라이드 화합물 및 질소 함유 가스의 기상 반응 생성물은 염소 및 질소를 포함할 수 있으며, 이 염소 및 질소는 배기부(226)를 통하여 챔버 외부로 배기될 수 있다.
- [0037] 증착 프로세스가 완료될 때, 램프 모듈(228)은 턴 오프될 수 있으며 히터(209) 출력은 증가될 수 있다. 기관(216)은 제거될 수 있다. 히터(209) 출력은 열 팽창을 감소 또는 제거하고 이에 따라 원하는 세정 시간 까지 어떠한 증착된 니트라이드 재료도 제 위치에 남을 수 있으며 유입/유출 기관(216)의 서셉터(214) 상의 벽(208) 및 랜드로부터 벗겨지지 않을 수 있다. 증착 프로세스가 완료되면, 벽들(208) 상에 증착되는 어떠한 니트라이드도 벽들(208)로부터 니트라이드를 에칭하도록 부식액을 도입함으로써 제거될 수 있다. 세정 동안, 램프 모듈(228)은 턴 오프될 수 있고 대부분의 열은 벽들(208) 내에 매립된 히터(209)로부터 발생할 수 있다. 새로운 기관(216)이 챔버(202) 내로 배치되면, 프로세스가 반복될 수 있다.
- [0038] 질소 함유 가스가 챔버(202)의 중간에 대응하는 영역 내로 전달되는 전구체 및 가스 분배 샤워헤드(206)를 통하여 도입되는 것으로 논의되지만, 가스 도입 위치들이 역전될 수 있는 것이 이해되어야 한다. 그러나, 전구체가 샤워헤드(206)를 통하여 도입되는 경우, 샤워헤드(206)는 클로라이드 반응 생성물의 반응성이 증가되도록 가열될 수 있다.
- [0039] 도 2b는 또 다른 실시예에 따른 HVPE 챔버(300)의 도식적인 사시도이다. HVPE 챔버(300)는 제 1 전구체 소스(302), 제 2 전구체 소스(304), 염소 가스가 통과하기 위한 통로(306), 상부 링(308), 하부 링(310), 및 측벽(312)을 포함한다. 염소 반응 생성물은 제 1 상부 튜브(314)를 통하여 챔버로 유입될 수 있고 이어서 튜브들(314, 316) 사이로 분배되는 커넥터들(318)을 통하여 제 2 튜브(316)로 유동하기 전에 챔버 안에서 균등하게 분배될 수 있다. 일 실시예에서, 상부 및 하부 링들(308, 310)은 불투명한 석영을 포함한다. 일 실시예에서, 측벽들(312)은 투명한 석영을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 튜브들(314, 316)은 투명한 석영을 포함할 수 있다. 하부 링(310) 내부에 배치되는 하부 라이너(liner)는 불투명한 석영을 포함할 수 있다. 링들(308, 310)은 측벽들(312)로부터 연장하는 립들(322)을 가질 수 있다. O-링들이 가열된 측벽들(312) 및 램프 모듈로부터 가능한 멀리 떨어지는 것을 보장하도록 립들(322)의 에지에서 외측으로 배치될 수 있다. O-링들은 전형적으로 약 250 °C 까지 이용가능하다. 따라서, 챔버 바디로부터 멀리 O-링들을 이동시키는 것이 유익하다.
- [0040] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 MOCVD 장치의 도식도이다.
- [0041] 상기 장치(100)는 챔버(102), 가스 전달 시스템(125), 원격 플라즈마 소스(126), 및 진공 시스템(112)을 포함한다. 챔버(102)는 프로세싱 영역(108)을 둘러싸는 챔버 바디(103)를 포함한다. 샤워헤드 조립체(104)는 프로세싱 영역(108)의 일 단부에 배치되며, 기관 캐리어(114)는 프로세싱 영역(108)의 타 단부에 배치된다. 하부 돔(119)은 하부 용적(110)의 일 단부에 배치되며, 기관 캐리어(114)는 하부 용적(110)의 타 단부에 배치된다. 기관 캐리어(114)는 프로세스 위치에서 보이지지만, 하부 위치로 이동할 수 있으며, 하부 위치에서 예를 들면 기관(140)이 로딩 또는 언로딩될 수 있다. 배기 링(120)은 증착이 하부 용적(110) 내에 발생하는 것을 방지하는데 도움이 되도록 그리고 또한 챔버(102)로부터 배기 포트(109)로 가스를 직접적으로 배출하는데 도움이 되도록 기관 캐리어(114)의 주변 둘레에 배치될 수 있다. 하부 돔(119)은 빛이 기관(140)의 복사 가열을 위해 통과하도록, 고-순도 석영과 같은, 투명한 재료로 제조될 수 있다. 복사 가열은 복수의 내부 램프(121A) 및 하부 돔(119) 아래 배치되는 외부 램프(121B)에 의해 제공될 수 있으며, 리플렉터(166)는 제어 챔버(102)가 내부 및 외부 램프(121A, 121B)에 의해 제공된 방사 에너지에 노출되도록 이용될 수 있다. 램프들의 부가 링들은 또한 기관(140)의 더 미세한 온도 제어를 위해 이용될 수 있다.
- [0042] 기관 캐리어(114)는 프로세싱 동안 내부에 하나 또는 둘 이상의 기관(140)이 배치될 수 있는 하나 또는 둘 이상

의 리세스들(116)을 포함할 수 있다. 기판 캐리어(114)는 6개 또는 7개 이상의 기판들(140)을 운반할 수 있다. 일 실시예에서, 기판 캐리어(114)는 8개의 기판들(140)을 운반한다. 다수의 기판들(140)이 기판 캐리어(114) 상에 운반될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 통상적인 기판들(140)은 사파이어, 실리콘 카바이드(SiC), 실리콘, 또는 갈륨 니트라이드(GaN)를 포함할 수 있다. 유리 기판들(140)과 같은, 기판들(140)의 다른 타입들이 프로세싱될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 기판(140) 크기는 직경이 50 mm 내지 150 mm 범위 일 수 있거나 이보다 클 수 있다. 기판 캐리어(114)는 200 mm 내지 750 mm의 범위에 있을 수 있다. 기판 캐리어(114)는 SiC 또는 SiC-코팅 흑연을 포함하는, 다양한 재료로 형성될 수 있다. 다른 크기들의 기판들(140)이 챔버(102) 내에서 그리고 본 명세서에서 설명된 프로세스들에 따라 프로세싱될 수 있다. 본 명세서에서 설명된 바와 같이, 샤워헤드 조립체(104)는 종래의 MOCVD 챔버들에서 보다 더 많은 개수의 기판들(140) 및/또는 더 많은 기판들(140)에 걸쳐 더욱 균일한 증착을 허용할 수 있다.

[0043] 기판 캐리어(114)는 프로세싱 동안 축선을 중심으로 회전할 수 있다. 일 실시예에서, 기판 캐리어(114)는 약 2 RPM 내지 약 100 RPM에서 회전될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 기판 캐리어(114)는 약 30 RPM에서 회전될 수 있다. 기판 캐리어(114)들이 회전함으로써 기판(140)의 균일한 가열 및 각각의 기판들(140)에 대한 프로세싱 가스들의 균일한 노출을 제공하는 것이 보조된다.

[0044] 복수의 내부 및 외부 램프(121A, 121B)는 동심의 원들 또는 존들(도시안됨)에 배치될 수 있으며, 각각의 램프 존은 개별적으로 전력이 공급될 수 있다. 일 실시예에서, 고온계(도시안됨)와 같은, 하나 또는 둘 이상의 온도 센서들이 기판(140) 및 기판 캐리어(114) 온도들을 측정하도록 샤워헤드 조립체(104) 내에 배치될 수 있고, 온도 데이터는 기판 캐리어(114)를 가로질러 미리결정된 온도 프로파일을 유지하도록 개별 램프 존들에 대한 전력을 조절할 수 있는 제어기(도시안됨)로 송신될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 개별 램프 존들에 대한 전력은 전구체 유동 또는 전구체 농도 비균일도를 보충하도록 조정될 수 있다. 예를 들면, 전구체 농도가 외부 램프 존 근처에 기판 캐리어(114) 영역 내에서 낮은 경우, 외부 램프 존에 대한 전력은 이러한 영역에서 전구체 소모를 보상하기 위해 조정될 수 있다.

[0045] 내부 및 외부 램프들(121A, 121B)은 기판들(140)이 약 400 °C 내지 약 1200 °C의 온도로 가열할 수 있다. 본 발명이 내부 및 외부 램프들(121A, 121B)의 어레이의 이용으로 제한되지 않는 것이 이해되어야 한다. 소정의 적절한 가열 소스는 적절한 온도가 챔버(102) 및 챔버 내의 기판(140)으로 적절히 인가되는 것을 보장하기 위해 이용될 수 있다. 예를 들면, 또 다른 실시예에서, 가열 소스는 기판 캐리어(114)와 열적 접촉되는 저항성 가열 요소(도시안됨)를 포함할 수 있다.

[0046] 가스 전달 시스템(125)은 다중 가스 소스들을 포함할 수 있거나, 작동되는 프로세스에 따라, 소스들 중 일부가 가스들이 아닌 액체 소스들일 수 있으며, 이러한 경우 가스 전달 시스템은 액체를 증발하도록 액체 분사 시스템 또는 다른 수단(예를 들면, 버블러(bubbler))를 포함할 수 있다. 이어서 증기는 챔버(102)로의 전달 전에 캐리어 gas와 혼합될 수 있다. 전구체 가스들, 캐리어 가스들, 퍼지 가스들, 세정/에칭 가스들 등과 같은, 상이한 가스들은 가스 전달 시스템(125)으로부터 샤워헤드 조립체(104)에 대한 개별 공급 라인들(131, 132, 및 133)로 공급될 수 있다. 공급 라인들(131, 132 및 133)은 각각의 라인 내의 가스의 유동을 모니터링 및 조절 또는 차단하도록 차단 밸브 및 질량 유동 제어기 또는 다른 타입의 제어기들을 포함할 수 있다.

[0047] 일 실시예에서, 가스 전달 시스템(125)은 소스(131A) 및 소스(132A)와 같은, 두 개 또는 세 개 이상의 소스들을 포함한다. 일 실시예에서, 소스(131A)는 질소(N_2), 암모니아(NH_3), 수소(H_2), 또는 다른 MOCVD 또는 HVPE 프로세싱 gas와 같은 프로세스 가스를 전달하도록 구성되며, 가스 소스(132A)는 금속 유기물(MO) 전구체와 같은, 전구체 함유 가스를 전달하도록 구성된다. 일 예에서, 전구체 함유 가스는 갈륨 클로라이드($GaCl$)와 같은 갈륨 함유 전구체를 포함한다. 대안적으로, 소정의 경우에서, 소스(131A)는 전구체 함유 가스를 전달하도록 구성되고 소스(132A)는 프로세스 가스를 전달하도록 구성된다. 일 예에서, 금속 유기물(MO) 전구체는 트리메틸 갈륨("TMG"), 트리메틸 알루미늄("TMAI"), 및/또는 트리메틸 인듐("TMI")과 같은 III 족 전구체이지만, 다른 적절한

MO 전구체들이 또한 이용될 수 있다.

[0048] 도관(129)은 원격 플라즈마 소스(126)로부터 세정/에칭 가스들을 수용할 수 있다. 원격 플라즈마 소스(126)는 공급 라인(124)을 경유하여 가스 전달 시스템(125)으로부터 가스들을 수용할 수 있고, 밸브(130)는 샤워헤드 조립체(104)와 원격 플라즈마 소스(126) 사이에 배치될 수 있다. 밸브(130)는 세정 및/또는 에칭 가스 또는 플라즈마가, 플라즈마용 도관으로서 기능하도록 적용될 수 있는, 공급 라인(133)을 경유하여 샤워헤드 조립체(104)로 유동하는 것을 허용하도록 개방될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 장치(100)는 원격 플라즈마 소스(126)를 포함하지 않을 수 있고 세정/에칭 가스들이 교대의 공급 라인 구성을 이용하여 비-플라즈마 세정 및/또는 에칭을 위한 가스 전달 시스템(125)으로부터 샤워 헤드 조립체(104)로 전달될 수 있다.

[0049] 원격 플라즈마 소스(126)는 챔버(102) 세정 및/또는 기관(140) 에칭을 위해 적용된 무선 주파수 또는 마이크로파 플라즈마 소스일 수 있다. 세정 및/또는 에칭 가스는, 샤워헤드 조립체(104)를 통한 챔버(102) 내로의 분산을 위한 도관(129) 및 공급 라인(133)을 경유하여 보내질 수 있는 플라즈마 종들을 생산하도록 공급 라인(124)을 경유하여 원격 플라즈마 소스(126)로 공급될 수 있다. 세정 용도를 위한 가스들은 불소, 염소 또는 다른 반응성 요소들을 포함할 수 있다. 세정 용도를 위한 가스들은 불소(F_2) 또는 염소(Cl_2) 또는 염산(HCl)을 포함하는 증기와 같은 할로젠 함유 가스를 포함할 수 있다.

[0050] 또 다른 실시예에서, 가스 전달 시스템(125) 및 원격 플라즈마 소스(126)는 전구체 가스들이, 기관들(140) 상에, 예를 들면 III-V 필름들과 같은, CVD 층들을 증착하도록 샤워헤드 조립체(104)를 통하여 보내질 수 있는, 플라즈마 종들을 생산하도록 원격 플라즈마 소스(126)로 공급될 수 있도록 적절히 적용될 수 있다.

[0051] 퍼지 가스(예를 들면, 질소)는 샤워헤드 조립체(104)로부터 및/또는 기관 캐리어(114) 아래 및 챔버 바디(103)의 바닥 근처에 배치되는 유입 포트들 또는 튜브들(도시안됨)로부터 챔버(102) 내로 전달될 수 있다. 퍼지 가스는 챔버(102)의 하부 용적(110)으로 유입되고 기관 캐리어(114) 및 배기 링(120)을 지나 상방으로 그리고 고리형 배기 채널(105) 둘레에 배치되는 다중 배기 포트들(109) 내로 유동한다. 배기 도관(106)은 진공 펌프(도시안됨)를 포함하는 진공 시스템(112)으로 고리형 배기 채널(105)을 연결한다. 챔버(102) 압력은, 배기 가스들이 고리형 배기 채널(105)로부터 배출되는 속도를 제어하는, 밸브 시스템(107)을 이용하여 제어된다.

[0052] 챔버(102)는 또한 샤워헤드 조립체(104)의 다양한 표면의 온도를 제어하기 위해 이용되는 열 교환 시스템(170)을 포함할 수 있다. 열 교환 시스템(170)은 유입 도관(171) 및 유출 도관(172)을 경유한 샤워헤드 조립체(104) 내에 형성된 하나 또는 둘 이상의 열 교환 채널들(175)(도 2)로 커플링되는 열 교환기(170A)를 포함할 수 있다. 열 교환 유체가 관통하여 유동하는 열 교환 채널(175)이 샤워헤드 조립체(104)의 온도를 조절하도록 하기 위해 이용된다. 적절한 열 교환 유체는 물, 물 기반 에틸렌 글리콜 혼합물, 퍼플루오로폴리에테르(예를 들면, Galden(등록상표) 유체), 오일 기반 열 전달 유체들, 또는 유사 유체들을 포함한다. 열 교환 유체는 원하는 온도 범위 내의 샤워헤드 조립체(104)의 온도를 유지하기 위해 요구되는 바와 같이 열 교환 유체의 온도를 상승 또는 하강하도록 열 교환기(170A)를 통하여 순환될 수 있다. 일 실시예에서, 열 교환 유체는 약 20 °C 내지 약 120 °C의 온도 범위 내로 유지된다. 또 다른 실시예에서, 열 교환 유체는 약 100 °C 내지 약 350 °C의 온도 범위 내에 유지될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 열 교환 유체는 350 °C 보다 큰 온도로 유지될 수 있다. 열 교환 유체는 또한 끓는점 위로 가열될 수 있어 샤워헤드 조립체(104)가 용이하게 이용가능한 열 교환 유체들을 이용하여 더 높은 온도들로 유지될 수 있다. 또한, 열 교환 유체는 갈륨 또는 갈륨 합금과 같은, 액체 금속일 수 있다.

[0053] 열 교환 유체의 유량은 또한 샤워헤드 조립체(104)의 온도를 제어하도록 조정될 수 있다. 또한, 열 교환 채널(175)을 둘러싸는 벽들(179 및 180)의 두께는 다양한 샤워헤드 표면들의 온도 조절이 용이하도록 설계될 수 있다.

- [0054] 가스 도관(147), 벽(180), 및 샤워헤드 정면(face)(183)과 같은, 다양한 샤워헤드 조립체(104) 피쳐의 온도의 제어는 샤워헤드 조립체(104) 상의 농축물의 형성을 감소 또는 제거할 뿐만 아니라 가스 상태 입자 형성을 감소시키고 기관들(140) 상에 증착된 필름의 성분(composition)에 역효과를 일으킬 수 있는 바람직하지 않은 전구체 반응 생성물들의 형성을 방지하는 것이 바람직하다. 일 실시예에서, 하나 또는 둘 이상의 열전쌍들 또는 다른 온도 센서들은 샤워헤드 온도를 측정하도록 샤워헤드 정면(183), 열 교환 채널(175), 및/또는 벽(180) 근처에 배치된다. 또 다른 실시예에서, 하나 또는 둘 이상의 열전쌍들 또는 다른 온도 센서들은 유입 도관(171) 및/또는 유출 도관(172) 근처에 배치된다. 하나 또는 둘 이상의 열전쌍들 또는 다른 온도 센서들에 의해 측정된 온도 데이터는 미리결정된 범위 내에서 샤워헤드 온도를 유지하도록 열 교환 유체 온도 및 유량을 조절할 수 있는 제어기(199)로 송신될 수 있다. 일 실시예에서, 샤워헤드 온도는 약 50 °C 내지 약 350 °C에서 유지될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 샤워헤드 온도는 350 °C 보다 큰 온도로 유지될 수 있다.
- [0055] 샤워헤드 조립체(104)는 기관(140) 프로세싱 동안 기관 캐리어(114) 근처에 위치된다. 일 실시예에서, 프로세싱 동안 샤워헤드 정면(183)으로부터 기관 캐리어(114)로의 거리는 약 4 mm 내지 약 41 mm의 범위일 수 있다. 일 실시예에서, 샤워헤드 정면(183)은 프로세싱 동안 기관들(140)과 공동 평면 상에 있고 기관들과 대면한다.
- [0056] 일 실시예에서, 프로세싱 동안 프로세스 가스(152)는 샤워헤드 조립체(104) 내의 가스 도관(147)으로부터 유동하고 전구체 함유 가스(153)는 기관(140) 표면을 향하여 샤워헤드 조립체(104) 내에 형성된 가스 도관(181)으로부터 유동한다. 상술된 바와 같이, 프로세스 가스(152) 및/또는 전구체 함유 가스(153)는 전구체 가스들과 혼합될 수 있는 하나 또는 둘 이상의 전구체 가스들 또는 프로세스 가스들 뿐만 아니라 캐리어 가스들 및 도펀트 가스들을 포함할 수 있다. 고리형 배기 채널(105)의 취입은 가스 유동을 일으킬 수 있어 프로세스 가스(152)가 기관들(140)에 대해 실질적으로 접하여 유동하고 층형 유동 내의 기관(140) 증착 표면을 방사상으로 가로질러 균일하게 분포될 수 있다. 프로세싱 영역(108)은 약 760 Torr 아래로 약 80 Torr 까지(760 Torr down to about 80 Torr)의 압력으로 유지될 수 있다.
- [0057] 기관(140) 표면에서 또는 기관 표면 근처에서, 프로세스 가스(152) 및/또는 전구체 함유 가스(153) 내에서 발견될 수 있는 전구체들의 형성은 GaN, 알루미늄 니트라이드(AlN), 및 인듐 니트라이드(InN)를 포함하는, 기관(140) 상에 다양한 금속 니트라이드 층들을 증착할 수 있다. 다중 금속들은 또한 AlGaIn 및/또는 InGaIn과 같은 다른 화합물 필름들의 증착을 위해 이용될 수 있다. 또한, 실리콘(Si) 또는 마그네슘(Mg)과 같은, 도펀트는 필름으로 부가될 수 있다. 필름들은 증착 프로세스 동안 작은 양의 도펀트 가스들을 부가함으로써 도핑될 수 있다. 실리콘 도핑을 위해, 예를 들면 실란(SiH₄) 또는 디실란(Si₂H₆) 가스들이 이용될 수 있고 도펀트 가스는 마그네슘 도핑을 위해 Bis(사이클로펜타디에닐(cyclopentadienyl)) 마그네슘(Cp₂Mg 또는 (C₅H₅)₂Mg)을 포함할 수 있다.
- [0058] 일 실시예에서, 샤워헤드 조립체(104)는 열 교환 채널(175), 제 1 플레넘(144), 제 2 플레넘(145), 및 가스 도관(147)을 포함한다. 열 교환 채널(175)은 열 교환 채널(175)을 통하여 돌출하는 가스 도관(147)을 둘러싸서, 열 교환 유체가 가스 도관(147)의 중앙 영역(147A) 둘레로 유동할 수 있고 가스 도관(147)의 중앙 영역(147A)을 통하여 유동하는 가스 또는 증기를 냉각할 수 있다. 가스 도관(147)의 중앙 영역(147A)은 제 2 플레넘(145) 및 프로세싱 영역(108)과 유체 소통된다. 이러한 구성에서, 열 교환 채널(175)은 제 1 플레넘(144)과 제 2 플레넘(145) 사이에 배치되어 열 교환 채널을 통하여 전달되는 가스 또는 증기의 온도를 제어하도록 한다. 도 3을 참조하면, 단지 가스 도관(예를 들면 가스 도관(147))의 절반만이 열 교환 채널(175)을 통하여 연장하도록 요구되는 가스 도관 및 열 교환 채널 구성이 가스 도관들[예를 들면, 가스 도관들(147)]과 벽들[예를 들면 벽들(179 및 180)] 사이에 형성된 접합부에서 제 1 플레넘(144) 또는 제 2 플레넘(145)으로 열 교환 유체 누출 가능성(chance)을 상당히 감소시키는 것으로 판단된다. 가스 도관들의 절반 만이 열 교환 채널(175)을 통하여 연장하도록 요구되는데, 이는 제 1 플레넘(144)로부터 나오는 가스가 프로세싱 영역(108) 내로 직접 유동하는 동안 단지 하나의 가스 플레넘(예를 들면, 제 2 가스 플레넘(145))이 프로세싱 영역(108)과 마주하는 열 교환 채널

(175)의 일 측부 상에 배치되기 때문이다. 또한, 프로세싱 영역(108)으로 직접 인접하지 않도록 열 교환 채널(175)을 위치설정함으로써 열 교환 유체 누출이 프로세싱 영역(108)에 도달하게 되는 가능성이 상당히 감소되어, 챔버 및 기관(140)에 대한 손상 가능성이 감소된다. 액체 열 교환 유체가 가스 내로 터닝(turn)될 때 발생된 상태 변화에 의해 프로세싱 영역(108) 내로 열 교환 유체의 누출이 750 °C 초과와 같이, LED 및 LD 제품들을 형성하도록 이용된 통상적인 프로세싱 온도에서 위험할 수 있다.

[0059] 일 실시예에서, 중간-판(210)은 중간-판 구멍(240) 내에 배치되고 열 교환 채널(175)을 통하여 하방으로 그리고 바닥판(233)에 위치되는 바닥판 구멍들(250 및 251) 내로 연장하는 복수의 가스 도관을 포함한다. 일 실시예에서 금속 튜브들(예를 들면, SST, 알루미늄)인, 가스 도관(147)은 열 교환 유체가 제 1 플레넘(144) 또는 제 2 플레넘(145)으로 유입되는 것을 방지하도록 납땜 또는 용접 기술의 이용에 의해 바닥판(233) 내에 중간-판(210) 및 벽(180)으로 밀봉가능하게 커플링된다. 일 실시예에서, 가스 도관(147)은 제 1 플레넘(144), 제 2 플레넘(145) 및 열 교환 채널(175)을 통하여 유동하는 유체들이 모두 서로로부터 격리되는 것을 보장하도록 중간-판(210), 벽(180) 및 벽(185)으로 밀봉가능하게 커플링된다. 제 1 플레넘(144)은 바닥판(233)의 벽(185) 내에 형성된 도관들(181)을 통하여 프로세싱 영역(108)으로 유체적으로 커플링된다. 일 실시예에서, 바닥판(233)은 제 1 플레넘(144)을 형성하도록 서로 밀봉가능하게 커플링되고 소스(131A)로부터 전달되는 재료가 샤워헤드 조립체(104)의 원하지 않는 영역으로부터 누출되는 것을 방지하는 상부판(233A) 및 하부판(233B)을 포함한다. 일 실시예에서, 최상부판(230), 중간판(210), 상부판(233A) 및 하부판(233B)은 316L 스테인레스 강, INCONEL(등록상표), HASTELLOY(등록상표), 무전해 니켈 도금 알루미늄, 순수 니켈, 및 화학적 공격에 대한 내성을 가지는 다른 금속 및 합금, 또는 심지어 석영으로 형성된다.

[0060] 샤워헤드 조립체(104)는 가스 전달 시스템(125)으로 커플링되는, 공급 라인(131, 132, 및 133)을 경유하여 가스를 수용한다. 또 다른 실시예에서, 각각의 공급 라인(131, 132)은 샤워헤드 조립체(104)와 유체 소통되고 샤워헤드 조립체에 커플링되는 복수의 라인들을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 제 1 전구체 가스(154)(도 3) 및 제 2 전구체 가스(155)는 공급 라인들(131 및 132)을 통하여 각각 제 1 플레넘(144) 및 제 2 플레넘(145) 내로 유동한다. 일 실시예에서, 수소(H₂), 질소(N₂), 헬륨(He), 아르곤(Ar), 또는 다른 가스 또는 이들의 조합과 같은 불활성 가스일 수 있는, 비-반응성 가스는 샤워헤드 조립체(104) 내의 다양한 영역들로 비-반응성 가스들을 선택적으로 전달하도록 구성되는, 공급 라인(133)을 통하여 유동할 수 있다.

[0061] 일 실시예에서, 세정 및/또는 에칭 가스 또는 플라즈마는 중앙 도관(148)을 통하여 챔버(102) 내로 전달된다. 중앙 도관(148)은 더욱 효과적인 세정을 제공하도록 세정 및/또는 에칭 가스 또는 플라즈마를 챔버(102) 내부로 분산하도록 적용된다. 다른 실시예들에서, 장치(100)는 샤워헤드 조립체(104) 내의 가스 도관들(147) 및/또는 도관들(181)을 통과하는 것과 같이, 다른 경로를 통과하여 세정 및/또는 에칭 가스 또는 플라즈마를 챔버(102) 내로 전달하도록 구성된다. 일 실시예에서, 불소 또는 염소 기반 플라즈마가 에칭 또는 세정을 위해 이용된다. 다른 실시예에서, Cl₂, Br, 및 I₂와 같은 할로젠 가스들 또는 HCl, HBr, 및 HI와 같은 할로젠화물이 비-플라즈마 에칭을 위해 이용된다.

[0062] 제 2 전구체 가스(155)는 공급 라인(132)으로부터 제 2 플레넘(145) 내로 및, 프로세싱 영역(108)과 유체 소통되는, 가스 도관들(147) 내로 유동한다. 제 1 플레넘(144)은 제 2 플레넘(145)과 유체 소통되지 않아 제 1 및 제 2 전구체 가스들(154, 155)이 챔버(102)의 프로세싱 영역(108) 내로 주입될 때까지 격리되어 있되도록 한다.

[0063] 일 실시예에서, 제 1 플레넘(144)으로 전달되는 제 1 전구체 가스(154)는 V족 전구체를 포함할 수 있고, 제 2 플레넘(145)으로 전달되는 제 2 전구체 가스(155)는 III족 전구체를 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 전구체 전달은 V족 전구체가 제 2 플레넘(145)으로 루팅되고 III족 전구체가 제 1 플레넘(144)으로 루팅되도록 스위칭될 수 있다. 주어진 전구체에 대한, 제 1 또는 제 2 플레넘(144, 145)의 선택은 열 교환 채널(175)로부터의 플레넘의 거리 및 각각의 플레넘 및 플레넘 내의 전구체에 대해 유지될 수 있는 원하는 온도 범위들에 의해 부분적으로 결정될 수 있다. V족 전구체는 암모니아(NH₃)와 같은, 질소 전구체일 수 있다.

[0064] 다중 챔버 프로세스

[0065] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 클러스터 툴(500)의 평면도이다. 클러스터 툴(500)은 LED용 니트라이드 화합물 구조물을 형성하도록 구성된다.

[0066] 클러스터 툴(500)은 이송 챔버(506), 이송 챔버에 커플링되는 로드 록 챔버(508), 로드 록 챔버(508)에 커플링되는 로드 스테이션(510), 및 이송 챔버(506)에 커플링되는 배치(batch) 로드록 챔버(509)를 포함한다.

[0067] 클러스터 툴(500)은 이송 챔버(506)에 연결되는 3개의 프로세싱 챔버(502, 503, 504)를 포함한다. 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(502, 503, 504)는 LED 구조물의 상이한 층들을 효과적으로 형성하도록 구성된다.

[0068] 일 실시예에서, 제 1 프로세싱 챔버(502)는 이송 챔버(506)에 커플링되는 HVPE 챔버이며, 프로세싱 챔버들(503, 504)은 MOCVD 챔버들이다. 또 다른 실시예에서, 모든 3개의 프로세싱 챔버들(502, 503, 504)은 MOCVD 챔버들이다.

[0069] 일 실시예에서, HVPE 챔버(502)는 도 2a의 HVPE 챔버(200)에 유사할 수 있다. HVPE 챔버(502)는 가열된 기관들 상에 화합물 니트라이드 반도체 재료들의 두께 층들을 에피택셜식으로 성장시키기 위해 이용된다. HVPE 챔버(502)는 니트라이드 기반 LED 구조물 내의 n-도핑 III 족 금속 니트라이드 층의 증착율을 최적화하도록 구성될 수 있다. MOCVD 챔버들(503, 504)은 도 3a의 MOCVD 챔버(100)와 유사할 수 있다. MOCVD 챔버들(503, 504)은 금속 유기 요소들이 화합물 니트라이드 반도체 재료들의 얇은 층들을 형성하도록 금속 수소화물 요소들과 반응하는 CVD 프로세스들을 수행하도록 적용된다.

[0070] 클러스터 툴(500)은 이송 챔버(506)와 커플링되는 로드 락 챔버(508) 및 로드 락 챔버(508)와 커플링되는 로드 스테이션(510)을 더 포함한다. 로드 락 챔버(508) 및 로드 스테이션(510)은 이송 챔버(506)를 통한 제 1 프로세싱 챔버(HVPE 챔버)(502) 및 제 2 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(504)로 기관들을 로딩하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 클러스터 툴(500)은 이송 챔버(506)와 커플링되는 기관들을 저장하기 위해 구성되는, 배치 로드록 챔버(509)를 더 포함한다.

[0071] 로드 스테이션(510)은 오퍼레이터가 로드 록 챔버(508)의 한정된 환경으로 프로세싱하기 위한 복수의 기관들을 로딩하고 로드 록 챔버(508)로부터 복수의 프로세싱된 기관들을 언로딩하도록 하기 위한 분위기 인터페이스로서 구성된다. 일 실시예에서, 프로세싱을 위한 기관들은 배치로 그룹화될 수 있고 캐리어판(512) 상에 이송기 트레이(511)에 의해 운반될 수 있다.

[0072] 또 다른 실시예에서, 로드 스테이션(510)은 다중-챔버 프로세싱 시스템으로 그리고 다중-챔버 프로세싱 시스템으로부터 기관을 로딩 및 언로딩하기 위한 자동 기관 로더일 수 있다. 자동 기관 로더는 카세트 핸들링 기구, 기관을 정렬하도록 구성된 기관 정렬기, 및 캐리어 트레이 정렬기를 포함한다. 자동 기관 로더는 기관 정렬기와 기관 저장 카세트들 사이에 기관들을 이송하도록 구성된 제 1 로봇, 및 기관 정렬기와 캐리어 트레이 정렬기 상에 배치된 캐리어 트레이 사이에 기관들을 이송하도록 구성된 제 2 로봇을 더 포함한다. 자동 기관 로더는 자동 기관 로더와 기관 프로세싱 시스템 사이로 기관 캐리어 트레이를 이송하도록 구성된 제 3 로봇을 더 포함한다. 일 실시예에서, 카세트 핸들링 기구, 기관 정렬기 및 캐리어 트레이 정렬기는 제 1, 제 2, 및 제 3 로봇들이 단지 선형 운동을 가지도록 배치되며 이에 따라 시스템이 간단화된다.

[0073] 로드 록 챔버(508)는 로드 스테이션(510)의 분위기 환경과 이송 챔버(506)의 제어된 환경 사이에 인터페이스를

제공한다. 기관들은 슬릿 밸브에 의해 로드 록 챔버(508)와 로드 스테이션(510) 사이 및 또 다른 슬릿 밸브에 의해 로드 록 챔버(508)와 이송 챔버(506) 사이로 이송된다. 일 실시예에서, 로드 록 챔버(508)는 수직으로 적층되는 다중 캐리어 지지부를 포함할 수 있다. 캐리어 지지부는 캐리어판(512)의 로딩 및 언로딩을 용이하게 하도록 수직으로 가동될 수 있다.

[0074] 로드 록 챔버(508)는 이송 챔버(506)의 진공 환경과 로드 스테이션(510)의 실질적인 주위(예를 들면, 분위기) 환경 사이로 기관 통과를 용이하게 하도록 로드 록 챔버(508)를 펌핑 다운(pump down)하고 벤팅(vent)하는 압력 제어 시스템(도시안됨)으로 결합된다. 또한, 로드 록 챔버(508)는 또한 온도 제어를 위한 피쳐를 포함할 수 있다.

[0075] 이송 챔버(506)는 일반적으로 진공 상태 또는 저압 상태로 유지된다. 일 실시예에서, 이송 챔버(506)는 헬륨 가스 및 질소 가스, 암모니아와 같은 환원 가스, 또는 이들의 조합과 같은, 불활성 가스에 유지된 제어된 환경을 가질 수 있다.

[0076] 로봇 조립체(517)는 로드 록 챔버(508), 배치 로드 록 챔버(509), MOCVD 챔버(504) 및 HVPE 챔버(502) 사이로 기관을 픽업(pick up)하여 이송하도록 작동된다. 일 실시예에서, 로봇 조립체(517)는 이송 동안 상승된 온도로 기관을 유지하도록 구성된 가열된 단부 이펙터를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 기관들은 처리 챔버들 중에서 이동되는 동안 약 350 °C 보다 높은 온도로 유지된다.

[0077] 배치 로드 록 챔버(509)는 그 안에 캐리어판(512) 상에 배치되는 복수의 기관들을 저장하기 위한 공동을 가진다. 저장 카세트는 공동 내에 가동되게 배치될 수 있다. 저장 카세트는 프레임에 의해 지지된 복수의 저장 선반을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 배치 로드 록 챔버(509)는 프로세싱 전에 기관들을 세정하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 배치 로드 록 챔버(509)는 그 안에 배치되는 기관을 가열하도록 구성된 하나 또는 둘 이상의 히터를 가질 수 있고 프로세싱 전에 기관에 대한 열 세정을 수행하도록 세정 가스 소스 및/또는 불활성 가스 소스로 연결될 수 있다.

[0078] 기관이 로딩된 캐리어판이 로드 락 챔버(508)에 컨디셔닝(condition)되면, 캐리어판은 프로세싱을 위한 MOCVD 챔버(504), MOCVD 챔버(503), 또는 HVPE 챔버(502) 내로, 또는 다중 캐리어판이 프로세싱을 위해 대기 상태(standby)로 저장되는, 배치 로드 락 챔버(509)로 이송될 수 있다.

[0079] 작업 동안, 기관들의 배치를 포함하는 캐리어판(512)은 로드 스테이션(510) 내에 이송기 트레이(511) 상에 로딩된다. 이어서 이송기 트레이(511)는 로드 록 챔버(508) 내로 슬릿 밸브를 통하여 이동되어 로드 록 챔버(508) 내부의 캐리어 지지물 상으로 캐리어판(512)을 배치하고 이송기 트레이가 로드 스테이션(510)으로 복귀한다. 캐리어판(512)이 로드 록 챔버(508) 내부에 있는 동안, 로드 록 챔버(508)는 소정의 남아 있는 산소, 수증기, 및 다른 타입의 오염물을 제거하도록, 질소와 같은, 불활성 가스로 펌핑 및 퍼지된다. 기관들의 배치(batch)가 로드 록 챔버(509) 내에서 컨디셔닝 후, 로봇 조립체(517)는 증착 프로세스들을 겪도록 캐리어판(512)을 MOCVD 챔버(504) 또는 HVPE 챔버(502) 중 어느 하나로 이송할 수 있다. 대안적인 실시예들에서, 캐리어판(512)은 MOCVD 챔버(504) 또는 HVPE 챔버(502) 중 어느 하나에서 프로세싱을 위해 대기 상태에 있는 배치 로드 락 챔버(509) 내에 이송 및 저장될 수 있다. 기관들의 배치의 프로세싱이 완료된 후, 캐리어판(512)은 로드 록 챔버(508)로 이송될 수 있고 이어서 이송기 트레이(511)에 의해 회수되어 로드 스테이션(510)으로 복귀된다.

[0080] 프로세싱 챔버(502)는 MQW 층의 증착 전에 LED 구조물을 위한 층들을 증착하도록 구성된다. 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(502)는 n-도핑 GaN의 신속한 형성으로 구성된 HVPE 챔버이다. 또 다른 실시예에서, 프로세싱 챔버(502)는 MOCVD 챔버일 수 있다.

- [0081] 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(503)는 LED 구조물의 MQW 층을 증착하도록 구성된다. 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(503)는 InGaN을 포함하는 MQW 층을 형성하도록 구성된 MOCVD 챔버일 수 있다.
- [0082] 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(504)는 LED 구조물의 MQW 층 다음의(after) 후속 층들을 증착하도록 구성된다. 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(504)는 MOCVD 챔버이다.
- [0083] 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(502)는 도 2a의 HVPE 챔버(200)와 유사한 HVPE 챔버일 수 있다. 프로세싱 챔버(502)는 기상 금속 할로겐화물이 가열된 기관들 상에 화합물 니트라이드 반도체 재료들 상의 두꺼운 층들을 에피택셜식으로 성장하기 위해 이용되는, HVPE 프로세싱들을 수행하도록 구성된다. MOCVD 챔버들(503, 504)은 도 3a의 MOCVD 챔버(100)와 유사할 수 있다.
- [0084] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세싱 시퀀스(530)의 흐름도이다. 프로세싱 시퀀스(530)는 클러스터 톨(500)을 이용하여 갈륨 니트라이드 기반 LED 구조물을 제조하기 위한 방법을 설명한다.
- [0085] 프로세싱 시퀀스(530)의 블록(532)에서, 복수의 기관들은 프로세싱 챔버(502)와 같은, 제 1 프로세싱 챔버로 이송된다.
- [0086] 프로세싱 시퀀스(530)의 블록(534)에서, 복수의 기관들은 프로세싱 챔버(502)에서 세정된다. 세정 절차는 미리 결정된 기간, 예를 들면 약 10 분 동안, 그리고 상승된 온도, 예를 들면 약 1050 °C에서 프로세싱 챔버(502)로 세정 가스를 유동함으로써 수행될 수 있다.
- [0087] 프로세싱 시퀀스(530)의 블록(536)에서, GaN 버퍼 층은 세정된 기관 상에 신속하게 형성된다. GaN 버퍼 층은 HVPE 프로세스에 의해 갈륨 및 질소의 전구체로부터 형성된다.
- [0088] 프로세싱 시퀀스(530)의 블록(538)에서, n-도핑 GaN 층은 HVPE 프로세스에 의해 버퍼 층 상에 형성된다. 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(502)는 n-도핑 GaN 층의 신속 증착을 수행하도록 구성된 HVPE 챔버이다.
- [0089] 프로세싱 시퀀스(530)의 블록(540)에서, 복수의 기관들은 이송 챔버(506)를 경유하여 프로세싱 챔버(HVPE 챔버)(502)로부터 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(503)로 이송된다. 일 실시예에서, 이송은 이송 챔버(506)를 경유하여 고-순도 N₂ 분위기에서 발생된다.
- [0090] 프로세싱 시퀀스(530)의 블록(542)에서, 인듐, 갈륨 및 질소(InGaN)를 포함하는 다중-양자-샘(MQW) 층은 MOCVD 프로세스에 의해 기관 상에 형성된다. 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(503)는 아마도 전체 증착율을 희생하여, 매우 균일한 증착을 제공하도록 적용된다.
- [0091] 프로세싱 시퀀스(530)의 블록(544)에서, 기관들은 이송 챔버(506)를 경유하여 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(503)로부터 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(504)로 이송된다.
- [0092] 프로세싱 시퀀스(530)의 블록(546)에서, p-도핑 AlGaIn 층은 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(504) 내의 기관 상에 형

성된다.

- [0093] 프로세싱 시퀀스(530)의 블록(548)에서, p-도핑 GaN 층은 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(504) 내의 기관 상에 형성된다.
- [0094] 프로세싱 시퀀스(530)의 블록(550)에서, 기관들은 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(504)로부터 그리고 클러스터 툴(500)로부터 이송된다.
- [0095] n-도핑 GaN 층을 신속하게 형성하도록 HVPE 챔버를 이용하고 MQW 층 및 후속하는 층들을 균일하게 형성하도록 MOCVD 챔버들을 이용함으로써, 본 발명의 실시예들은 균일도를 유지하면서 작업처리량을 증가시킨다. InGaN 및 AlGaIn 층들을 형성하도록 두 개의 개별 MOCVD 챔버들을 이용함으로써, 본 발명의 실시예들은 InGaN 및 AlGaIn 층들이 동일한 챔버 내에 형성될 때 프로세스 챔버들에 대한 조정 및 세정을 제거함으로써 시스템 작업 처리량을 더 증가시킨다.
- [0096] 도 6은 본 명세서에서 설명된 실시예들에 따라 다중 챔버 화합물 니트라이드 반도체 형성을 위해 이용될 수 있다. 일 실시예에서, 프로세스(1500)는 도 4의 클러스터 툴(500)과 같이, 클러스터 툴 시스템에서 수행될 수 있다.
- [0097] 프로세스는 하나 또는 둘 이상의 기관들이 제 1 기관 프로세싱 챔버 내로 이송함으로써 블록(1504)에서 시작한다. 일 실시예에서, 제 1 기관 프로세싱 챔버는 MOCVD 챔버이다. 또 다른 실시예에서, 제 1 기관 프로세싱 챔버는 HVPE 챔버와 유사하다. 니트라이드 구조물의 증착을 위해, 이용될 수 있는 다른 재료들이 SiC, Si, 스피넬(spinel), 리튬 갈레이트(gallate), ZnO, 등을 포함하지만, 하나 또는 둘 이상의 기관들은 사파이어를 포함할 수 있다.
- [0098] 하나 또는 둘 이상의 기관들은 블록(1508)에서 세정되며, 이 블록 후에 니트라이드 층의 성장에 적절한 프로세스 매개변수들은 블록(1512)에서 설정될 수 있다. 이 같은 프로세스 매개변수들은 니트라이드 층의 열 증착에 적절한 프로세싱 챔버 내의 환경을 형성하도록 온도, 압력 등을 포함할 수 있다.
- [0099] 블록(1516)에서 하나 또는 둘 이상의 기관 상에 전구체들을 유동하여 블록(1520)에서 하나 또는 둘 이상의 기관들 상에 $\text{III}_1\text{-N}$ 전구체를 증착하도록 한다. 일 실시예에서, 전구체들은 Ga와 같은 제 1의 III 족 요소를 위한 소스 및 질소 소스를 포함한다. 일 실시예에서, 질소 전구체는 NH_3 이다. 또 다른 실시예에서, 질소 소스는 질소 가스(N_2), 아산화질소(N_2O), 암모니아(NH_3), 히드라진(N_2H_4), 디이미드(diimide; N_2H_2), 히드라조산(hydrazoic acid; HN_3), 등과 같은 질소-함유 재료의 원격 플라즈마로부터 유도된 하나 또는 둘 이상의 활성(active) 질소 종일 수 있다. 일 실시예에서, 질소 소스의 유량은 약 3000 sccm 내지 약 9000 sccm 사이일 수 있다. 적절한 Ga 전구체는 예를 들면, 트리메틸 갈륨("TMG")을 포함한다. 제 1의 III 족 요소는 때때로 Al 및 Ga와 같은 복수의 별개의 III 족 요소를 포함하며, 이러한 경우 적절한 Al 전구체는 트리메틸 알루미늄("TMA")일 수 있다. 또 다른 예에서, 복수의 별개의 III 족 요소는 In 및 Ga를 포함하며, 이러한 경우 적절한 In 전구체는 트리메틸 인듐("TMI")일 수 있다. 아르곤, 질소, 수소, 헬륨, 네온, 제논, 및 이들의 조합의 그룹으로부터 선택된 하나 또는 둘 이상의 캐리어 가스들의 유동이 또한 포함될 수 있다.
- [0100] 블록(1520)에서 $\text{III}_1\text{-N}$ 구조물의 증착 후, 전구체 유동은 블록(1524)에서 종결된다. 하나 또는 둘 이상의 기관들은 블록(1526)에서 기관을 분위기에 노출하지 않으면서 프로세싱 챔버로부터 제거된다. 진공을 손상시키지 않고 프로세싱 챔버로부터 기관을 제거하는 것은 전기 활성 도펀트/불순물로서 작용하는 산소 및 탄소로 증착된

III₁-N 구조물의 노출을 방지한다.

- [0101] 블록(1528)에서, 기판은 제 2 프로세싱 챔버로 진공 하에서 이송된다. 일 실시예에서, 제 2 기판 프로세싱 챔버는 MOCVD 챔버이다.
- [0102] 기판이 블록(1528)에서 제 2 프로세싱 챔버 내로 이송된 후 후속하는 증착 단계들은 제 2 프로세싱 챔버에서 수행된다.
- [0103] 블록(1530)에서, III₂-N 층의 성장에 적절한 프로세스 매개변수가 설정될 수 있다. 이 같은 프로세스 매개변수는 니트라이드 층의 열 증착에 적절한 프로세싱 챔버 내에 분위기를 형성하도록 온도, 압력 등을 포함할 수 있다. 전구체들의 유동들은 블록(1536)에서 기판 상에 III₂-N 구조물을 증착하도록 블록(1532)에서 하나 또는 둘 이상의 기판들 상에 제공된다.
- [0104] 소정의 실시예에서, 비록 III₁-N 및 III₂-N 층들이 공통 III 족 요소를 부가적으로 포함할 수 있지만, III₂-N 구조물은 III₁-N 층에 의해 포함하지 않는 III 족 요소를 포함한다. 예를 들면, III₁-N 층이 GaN인 경우, III₂-N 층은 AlGa₂N 층 또는 InGa₂N 층일 수 있다. 이들은 III₂-N 층이 3원 성분(ternary composition)을 가지지만, 이는 요구되는 것은 아니며 III₂ 층은 더욱 일반적으로 4개의 원소로 이루어진(quanternary) AlInGa₂N 층들과 같은 다른 조성물을 포함할 수 있다. 유사하게, III₁-N 층이 AlGa₂N인 실시예에서, III₂-N 층은 AlInGa₂N 층상의 InGa₂N 층일 수 있다. III₂-N 층의 증착을 위한 적절한 전구체는 III₁-N 층을 위해 이용된 전구체와 유사할 수 있다, 즉 NH₃는 적절한 질소 전구체이며, TMG는 적절한 갈륨 전구체이고, TMA는 적절한 알루미늄 전구체이며, 그리고 TMI는 적절한 인듐 전구체이다. 아르곤, 질소, 수소, 헬륨, 네온, 제논, 및 이들의 조합물의 그룹으로부터 선택된 하나 또는 둘 이상의 캐리어 가스의 유동이 또한 포함될 수 있다.
- [0105] 블록(1536)에서 III₂-N 구조물의 증착 후, 전구체 유동은 블록(1538)에서 종결된다. 블록(1540)에서 하나 또는 둘 이상의 기판이 분위기에 노출하지 않으면서 하나 또는 둘 이상의 기판들이 제 2 프로세싱 챔버로부터 제거된다. 진공을 손상시키지 않고 프로세싱 챔버로부터 하나 또는 둘 이상의 기판을 제거함으로써 전기적으로 활성인 도펀트/불순물로서 작용하는 산소 및 탄소로 증착된 III₂-N 구조물의 노출을 방지한다.
- [0106] 블록(1542)에서, 하나 또는 둘 이상의 기판들이 제 3 기판 프로세싱 챔버로 진공하에서 이송된다. 일 실시예에서, 제 3 기판 프로세싱 챔버는 MOCVD 챔버이다. 하나 또는 둘 이상의 기판들이 블록(1542)에서 제 3 프로세싱 챔버로 이송된 후, 후속하는 증착 단계들이 제 3 프로세싱 챔버 내에서 수행된다.
- [0107] 블록(1544)에서, III₃-N 층의 성장에 적절한 프로세스 매개변수가 설정될 수 있다. 이 같은 프로세스 매개변수는 니트라이드 층의 열적 증착에 적절한 프로세싱 챔버 내의 환경을 한정하도록 온도, 압력 등을 포함할 수 있다. III₃ 및 질소 전구체의 유동들은 블록(1548)에서 기판 상에 III₃-N 구조물을 증착하도록 블록(1546)에서 기판상의 제공된다. 블록(1550)에서, 전구체 유동들이 종결된다.
- [0108] III₁-N, III₂-N, 및 III₃-N 층들의 증착을 위해 이용된 프로세싱 상태는 특정 용도에 따라 변화될 수 있다. 아래의 표 1은 예시적인 프로세싱 상태 및 전술된 장치를 이용하여 니트라이드 반도체 구조물의 성장에 일반적으로 적절한 전구체 유량을 제공한다.

표 1

매개변수	값
온도 (°C)	500 - 1200
압력(Torr)	5 - 760
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
Cp ₂ Mg	0 - 2,000

[0109]

전술된 설명으로부터 명백하게 되는 바와 같이, 프로세스는 소정의 주어진 프로세스에서 전구체들 모두의 유동을 이용하지 않을 수 있다. 예를 들면, GaN의 성장은 일 실시예에서 TMG, NH₃, 및 N₂의 유동을 이용할 수 있고; AlGaIn의 성장은 다른 실시예에서 TMG, TMA, NH₃, 및 N₂의 유동을 이용할 수 있는데, 이때 TMA와 TMG의 상대적인 유량은 증착된 층의 바람직한 상대적인 Al:Ga 화학양론을 제공하도록 선택되며; 그리고 InGaIn의 성장은 또 다른 실시예에서 TMG, TMI, NH₃, N₂, 및 H₂의 유동을 이용할 수 있는데, 이때 TMI와 TMG의 상대적인 유량은 증착된 층의 바람직한 상대적인 In:Ga 화학양론을 제공하도록 선택된다.

[0110]

[0111]

선택적으로, 프로세싱 챔버 각각의 내부가 프로세싱 챔버로부터 기관의 제거 후 챔버 및 챔버 부품들로부터 갈륨 함유 증착물을 제거하도록 세정 가스에 노출되는 세정 프로세스가 수행될 수 있다. 일 실시예에서, 세정 프로세스는 챔버 벽들 및 표면들로부터 열적 에칭 증착되는 부식액 가스들을 챔버로 노출하는 단계를 포함할 수 있다. 선택적으로, 프로세싱 챔버는 세정 프로세스 동안 플라즈마에 노출될 수 있다. 세정 프로세스를 위한 세정 가스는 불소 함유 가스, 염소 함유 가스, 요오드 함유 가스, 브롬 함유 가스, 및/또는 다른 반응성 요소와 같은 할로젠 함유 가스를 포함할 수 있다. 아르곤, 질소, 수소, 헬륨, 네온, 제논, 및 이들의 조합의 그룹으로부터 선택된 하나 또는 둘 이상의 캐리어 가스들의 유동이 또한 포함될 수 있다. 일 실시예에서, 세정 프로세스는 챔버를 플라즈마에 노출하는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 플라즈마는 원격 플라즈마 발생기에 의해 발생된다. 또 다른 실시예에서, 플라즈마는 인-시츄(in-situ)로 발생된다.

[0112]

예

[0113]

아래 예는 클러스터 툴(500)과 관련되어 설명되는 화합물 니트라이드 구조물의 제조를 위해 이용될 수 있다. 예는 LED 구조물을 지칭하며, LED 구조물의 제조는 클러스터 툴(500)을 이용하여 수행되며, 챔버(502)는 HVPE 챔버 또는 MOCVD 챔버이며, 챔버들(503, 504)은 MOCVD 챔버이다. 일 실시예에서, LED 구조물은 도 1a의 구조물(10)과 유사하다. 프로세스의 개관은 도 7의 흐름도로 제공된다. 초기 III₁-N 층(예를 들면, GaN 층)의 증착은 MOCVD 프로세스 또는 HVPE 프로세스에 의해 챔버(502) 내에서 또한 수행되며, III₂-N 층(예를 들면 InGaIn 층)의 증착은 제 2 MOCVD 챔버(503)에서 수행되며, III₃-N 층(예를 들면, AlGaIn, 및 GaIn 접촉 층)의 증착이 제 3 MOCVD 챔버(504)에서 수행된다.

[0114]

블록(1602)에서 하나 또는 둘 이상의 사파이어 기관들은 제 1 기관 프로세싱 챔버로 이송된다. 제 1 기관 프로세싱 챔버가 MOCVD 챔버인, 일 실시예에서, 하나 또는 둘 이상의 기관들을 포함하는 캐리어판은 제 1 챔버(502) 내로 이송된다. 일 실시예에서, 제 1 챔버(502)는 GaN의 신속한 증착을 제공하도록 구성된다.

- [0115] 블록(1604)에서, 기판은 제 1 기판 프로세싱 챔버로 세정된다. 일 실시예에서, 하나 또는 둘 이상의 기판들은 약 625 °C 내지 약 1000 °C 사이의 온도 범위내에서 200 sccm 내지 약 1000 sccm 사이의 유량에서 염소 가스 그리고 500 sccm 내지 약 9000 sccm 사이의 유량에서 암모니아를 유동함으로써 세정된다. 또 다른 실시예에서, 세정 가스는 암모니아 및 캐리어 가스를 포함한다.
- [0116] 블록(1606)에서, 사전 처리 프로세스 및/또는 버퍼 층은 550 °C의 온도 및 약 100 Torr 내지 약 600 Torr의 챔버 압력에서 MOCVD 전구체 가스, 예를 들면 TMG, NH₃, 및 N₂들을 이용하여 MOCVD 챔버(503)에서 기판 위에 성장한다. 일 실시예에서, 압력이 약 300 Torr이다.
- [0117] 이는 두꺼운 u-GaN/n-GaN 층의 성장이 후속되며, 이는 본 예에서 블록(1608)에서 1050 °C의 온도 및 약 100 Torr 내지 약 600 Torr의 챔버 압력에서 MOCVD 전구체 가스들, 예를 들면, TMG, NH₃, 및 N₂를 이용하여 수행된다. 일 실시예에서, 압력은 약 300 Torr이다.
- [0118] 블록(1606)에서, 사전처리 프로세스 및/또는 버퍼 층은 약 100 Torr 내지 약 600 Torr의 챔버 압력에서 약 550 °C의 온도에서 HVPE 전구체 가스들, 예를 들면 GaI₃ 및 NH₃를 이용하여 HVPE 챔버(502)내의 기판 위에 성장된다. 일 실시예에서, 챔버 압력은 약 450 Torr이다. 이는 이러한 예에서 블록(1608)에서 약 1050 °C의 온도에서 그리고 약 450 Torr의 챔버 압력에서 HVPE 전구체 가스들, 예를 들면 GaCl₃ 및 NH₃를 이용하여 수행되는 두꺼운 u-GaN/n-GaN층의 성장이 후속된다.
- [0119] 일 실시예에서, GaN 필름은 갈륨 함유 전구체 및 암모니아를 유동함으로써 약 700 °C 내지 약 1100 °C 사이의 온도로 HVPE 프로세스에 의해 사파이어 기판들 위에 형성된다. 갈륨 함유 전구체는 700 °C 내지 약 950 °C 사이의 온도로 유지되는 액체 갈륨 위의 약 20 sccm 내지 약 150 sccm 사이의 유량으로 염소 가스를 유동함으로써 발생된다. 일 실시예에서, 액체 갈륨은 약 800 °C의 온도로 유지된다. 암모니아는 약 6 SLM 내지 약 20 SLM 사이의 범위 내의 유량으로 프로세싱 챔버로 유동된다. GaN은 약 0.3 미크론/시간 내지 약 25 미크론/시간 사이의 성장율을 가지며, 약 100 미크론/시간까지의 성장율이 달성가능하다.
- [0120] 블록(1610)에서, u-GaN 및 n-GaN 층의 증착 후, 캐리어관은 진공 손상 없이 또한 제 1 챔버(502)로부터 그리고 MOCVD 챔버 내로 이송되며, 이송은 이송 챔버(506)를 경유하여 고-순도 N₂ 분위기에서 발생된다. MOCVD 챔버(503)에서 InGaN 다중-양자-샘(MQW) 활성 층은 블록(1612)에서 약 100 Torr 내지 약 300 Torr의 챔버 압력 및 약 750 °C 내지 약 800 °C의 온도에서 MOCVD 전구체 가스들, 예를 들면 H₂ 캐리어 가스 유동에서 TMG, TMI, 및 NH₃를 이용하여 성장된다. 일 실시예에서, 챔버 압력은 약 300 Torr이다.
- [0121] InGaN MQW 층의 증착 후, 이송이 이송 챔버(506)를 경유하여 고-순도 N₂ 분위기에서 발생되면서 블록(1614)에서 캐리어관은 진공 손상 없이 MOCVD 챔버(503)로부터 그리고 MOCVD 챔버(504) 내로 이송된다. MOCVD 챔버(504)에서, 블록(1616)에서, p-AlGaIn 층은 약 1020 °C의 온도 및 약 200 Torr의 압력에서 H₂ 캐리어 가스 유동에 제공된 TMA, TMG, 및 NH₃와 같은, MOCVD 전구체를 이용하여 성장된다. 블록(1618)에서, p-GaN 층은 1020 °C의 온도 및 약 100 Torr의 압력에서 TMG, NH₃, Cp₂Mg, 및 N₂의 유동을 이용하여 성장된다. 일 실시예에서, p-GaN 층은 약 850 °C와 약 1050 °C 사이의 온도에서 TMG, Cp₂Mg, 및 N₂의 유동을 이용하여 암모니아 없는 분위기에서 성장된다. p-GaN 층의 형성 동안, 하나 또는 둘 이상의 기판들은 약 5 °C/초 내지 약 10 °C/초 사이의 온도 램프-업(ramp-up) 비율로 가열된다.
- [0122] p-GaN 프로세스를 위한 소정의 실시예들에서, 0.5 °C/초 내지 약 1 °C/초의 종래의 램프 비율에 비해 5 °C/초

내지 약 10 °C/초의 매우 더 높은 온도 램프(ramp) 비율의 이용은 고온 램핑 프로세스 동안 InGaN MQW 및 수퍼래티스(SL) 저하를 제거한다는 것이 발명가에 의해 발견되었다. 소정의 실시예에서, 약 1050 °C 내지 약 1100 °C의 종래의 온도에 비해 약 850 °C 내지 약 950 °C의 낮은 p-GaN 성장 온도의 이용은 InGaN 구조물에 대해 유리하고 2원계 및 3원계들 모두에서의 MQW 및 SL 저하 및 상분리를 완전히 제거하지 못하더라도 상당히 감소된다는 것이 추가로 발견되었다.

[0123] 선택적으로, 제 1 챔버(502)(HVPE 또는 MOCVD), MOCVD 챔버(503), 또는 MOCVD 챔버(504)의 각각으로부터 캐리어판의 제거 후, 인-시츄 챔버 세정 프로세스는 세정 가스로 수행될 수 있다. 세정 가스는 소정의 적절한 할로젠 함유 가스를 포함할 수 있다. 적절한 할로젠 함유 가스는 불소, 염소, 요오드, 브롬, 및/또는 다른 반응성 요소들을 포함한다. 일 실시예에서, 세정 가스는 염소 함유 세정 가스이다. 일 실시예에서, 각각의 프로세싱 챔버는 캐리어 판의 제거 후 그리고 또 다른 캐리어판의 삽입 전에 세정될 수 있다. 일 실시예에서, 각각의 프로세싱 챔버는 주기적으로 세정될 수 있다. 일 실시예에서, 각각의 세정 빈도 및/또는 동안은 증착된 각각의 층의 두께를 기초로하여 결정될 수 있다. 예를 들면, 얇은 층의 증착 후 수행된 세정 프로세스는 더 두꺼운 층의 증착 후 수행된 세정 프로세스 보다 더 짧아야 한다. 일 실시예에서, 제 1 프로세싱 챔버는 각각의 u-GaN 및 n-GaN 증착 프로세스 후 세정될 수 있다. 일 실시예에서, MOCVD 챔버(503)는 예를 들면 50번의 증착 사이클 후, 주기적으로 세정될 수 있다. 일 실시예에서, MOCVD 챔버(504)는 각각의 캐리어판의 제거 후 세정될 수 있다.

[0124] p-AlGaIn 및 p-GaN 층이 성장한 후, 완료된 구조물은 이어서 MOCVD 챔버(504)로부터 이송된다. 완료된 구조물은 저장을 위한 배치 로드록 챔버(509)로 전달될 수 있거나 로드록 챔버(508) 및 로드 스테이션(510)을 경유하여 클러스터 툴(500)로부터 배출될 수 있다.

[0125] 일 실시예에서, 다중 캐리어판들은 증착 프로세스들을 위한 각각의 기관 프로세싱 챔버 내로 및 각각의 기관 프로세싱 챔버 외부로 개별적으로 이송될 수 있으며, 각각의 캐리어판은 이어서 배치 로드록 챔버(509) 및/또는 로드록 챔버(508)에 저장될 수 있으며 반면 후속하는 프로세싱 챔버가 세정되거나 후속하는 프로세싱 챔버가 현재 점유된다.

[0126] 표 2는 본 명세서에서 설명된 다중 챔버 증착 프로세스를 이용하여 성장된 LED를 위한 총 LED 매개변수를 설명한다. 본 명세서에서 설명된 다중 챔버 스플리트(split) 프로세스는 종래의 하나의 챔버 인-시츄 프로세스에 비해 우수한 결과를 제공한다. 도 8에 도시된 바와 같이, 다중 챔버 스플리트 프로세스를 위한 광 루미네스스 세기는 원하는 파장에서 인-시츄 프로세스에서의 약 1V에 비해 매우 높은 7+V이며 반면, 두께 균일도에서의 변화가 큰 인-시츄 프로세스에서의 2% 이상에 비해 약 1%에서 매우 낮다. 기간 두께 및 광 루미네스스 균일도는 또한 스펙(spec) 레벨이다. 일관되고 재생가능한 결과가 450 mm 파장에서 10 V의 가장 높은 LED 광 루미네스스로 증명되었다.

표 2

	두께 [um]	두께 균일도 [%]	XRD (002)	XRD (102)		PL 파장 [nm]	세기 [a.u.]	FWHM (nm)	균일도 (nm)	{002} 오메가2 델타 기간 스플리트	{002} 오메가2 델타 기간 스플리트
외부	4.68	1.08 %	269.65	546.75	외부	459.61	7.42	22.53	2.71	939	177
중간	4.72	1.00 %	275.85	554.20	중간	454.09	7.72	22.03	2.37	938	177
내부	4.70	1.16 %	277.80	573.65	내부	455.90	6.58	22.90	2.83	893	187
평균	4.69	0.01 %	274.43	558.20	평균	459.6	7.42	22.5	2.71	923	180

[0127]

[0128] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 클러스터 툴(800)의 평면도이다. 클러스터 툴(800)은 LED용 니트라이드 화

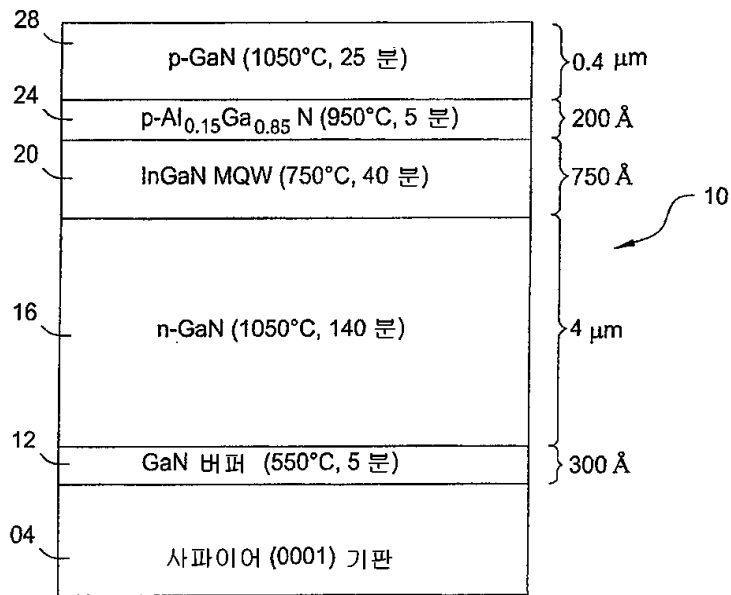
합물 구조물들을 형성하도록 구성된다. 도 5의 클러스터 톨(500)과 유사하게, 클러스터 톨(800)은 이송 챔버(806), 이송 챔버에 커플링되는 로드 록 챔버(808), 로드 록 챔버(808)에 커플링되는 로드 스테이션(810), 및 이송 챔버(806)로 커플링되는 배치 로드 록 챔버(809)를 포함한다.

- [0129] 클러스터 톨(800)은 이송 챔버(806)로 연결되는 4개의 프로세싱 챔버들(801, 802, 803, 804)을 포함한다. 일 실시예에서, 프로세싱 챔버들(801, 802, 803, 804)은 LED 구조물의 상이한 층들을 효과적으로 형성하도록 구성된다.
- [0130] 프로세싱 챔버(801)는 기판들을 세정하고 기판들 상에 버퍼 GaN 층을 형성하도록 구성된다. 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(801)는 HVPE 챔버이다. 또 다른 실시예에서, 프로세싱 챔버(801)는 MOCVD 챔버일 수 있다.
- [0131] 프로세싱 챔버(802)는 LED 구조물을 위한 n-도핑 GaN 층으로 구성된다. 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(802)는 n-도핑 GaN의 신속한 형성으로 구성된 HVPE 챔버이다. 또 다른 실시예에서, 프로세싱 챔버(802)는 MOCVD 챔버일 수 있다.
- [0132] 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(803)는 LED 구조물의 MQW 층을 증착하도록 구성된다. 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(803)는 InGaN을 포함하는 MQW 층을 형성하도록 구성된 MOCVD 챔버일 수 있다.
- [0133] 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(804)는 LED 구조물의 MQW 층 다음에 후속하는 층들을 증착하도록 구성된다. 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(804)는 MOCVD 챔버이다.
- [0134] 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(HVPE 챔버)(802)는 도 2a의 HVPE 챔버(200)와 유사할 수 있다. 프로세싱 챔버(HVPE 챔버)(802)는 HVPE 프로세스들을 수행하도록 적용되며, HVPE 프로세스에서 기상 금속 할로겐화물은 가열된 기판 상에 화합물 니트라이드 반도체 재료의 두꺼운 층들을 에피택셜식으로 성장하기 위해 이용된다.
- [0135] 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(801)는 HVPE 챔버이며, 프로세싱 챔버(802, 803, 804)는 MOCVD 챔버들이다. 또 다른 실시예에서, 4개 프로세싱 챔버들(802, 803, 804) 모두 MOCVD 챔버들이다.
- [0136] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세싱 시퀀스(630)의 흐름도이다. 프로세싱 시퀀스(630)는 클러스터 톨(800)을 이용하여 갈륨 니트라이드 기반 LED 구조물을 제조하기 위한 방법을 설명한다.
- [0137] 프로세싱 시퀀스(630)의 블록(632)에서, 복수의 기판들은 프로세싱 챔버(801)로 이송된다.
- [0138] 프로세싱 시퀀스(630)의 블록(634)에서, 복수의 기판들은 프로세싱 챔버(801)에서 세정된다.
- [0139] 프로세싱 시퀀스(630)의 블록(636)에서, GaN 버퍼 층은 세정된 기판 상에 형성된다. GaN 버퍼 층은 프로세싱 챔버(801)에서 HVPE 프로세스 또는 MOCVD 프로세스에 의해 갈륨 및 질소의 전구체로 형성된다.
- [0140] 프로세싱 시퀀스(630)의 블록(637)에서, 복수의 기판들은 프로세싱 챔버(801)로부터 프로세싱 챔버(HVPE 챔버)(802)로 이송된다.

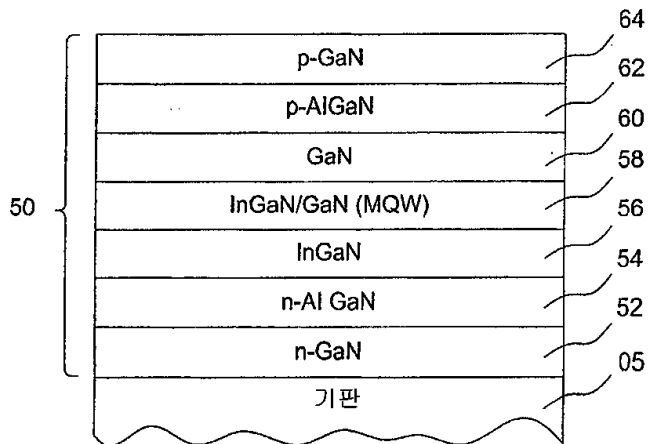
- [0141] 프로세싱 시퀀스(630)의 블록(638)에서, n-도핑 GaN 층은 HVPE 프로세스에 의해 버퍼 층 상에 형성된다. 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(HVPE 챔버)(802)는 n-도핑 GaN 층의 신속한 증착을 수행하도록 구성된다.
- [0142] 프로세싱 시퀀스(630)의 블록(640)에서, 복수의 기판들은 프로세싱 챔버(HVPE 챔버)(802)로부터 이송 챔버(806)를 경유하여 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(803)로 이송된다.
- [0143] 프로세싱 시퀀스(630)의 블록(642)에서, 인듐, 갈륨 및 질소(InGaN)를 포함하는 다중-양자-샘(MQW) 층이 MOCVD 프로세스에 의해 기판 상에 형성된다. 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(803)는 전체 증착율을 희생하더라도, 매우 균일한 증착을 제공하도록 적용된다.
- [0144] 프로세싱 시퀀스(630)의 블록(644)에서, 기판들은 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(803)로부터 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(804)로 이송 챔버(806)를 경유하여 이송된다.
- [0145] 프로세싱 시퀀스(630)의 블록(646)에서, p-도핑 AlGaIn 층은 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(804)내의 기판상에 형성된다.
- [0146] 프로세싱 시퀀스(630)의 블록(648)에서, p-도핑 GaN 층은 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(804)에서 기판 상에 형성된다.
- [0147] 프로세싱 시퀀스(630)의 블록(650)에서, 기판들은 프로세싱 챔버(MOCVD 챔버)(804)로부터 그리고 클러스터 툴(800)로부터 이송된다.
- [0148] 프로세싱 시퀀스(630)가 스플리트 배치 프로세스에 의해 하나의 프로세싱 챔버를 이용하여 니트라이드 화합물 구조물을 제조하는 일 예라는 것에 주목하여야 한다. 다양한 층들의 증착은 소정의 적절한 방식으로 그룹화될 수 있다. 본 기술분야의 기술자는 프로세스 레시피(recipe) 및 다른 요소에 따른 스플리트 배치 프로세스를 배치할 수 있다.
- [0149] 진술된 것은 본 발명의 실시예들에 관한 것이지만, 본 발명의 다른 및 추가의 실시예들은 본 발명의 기본적인 범주로부터 벗어나지 않으면서 발명될 수 있으며, 본 발명의 범주는 아래의 청구범위에 의해 결정된다.

도면

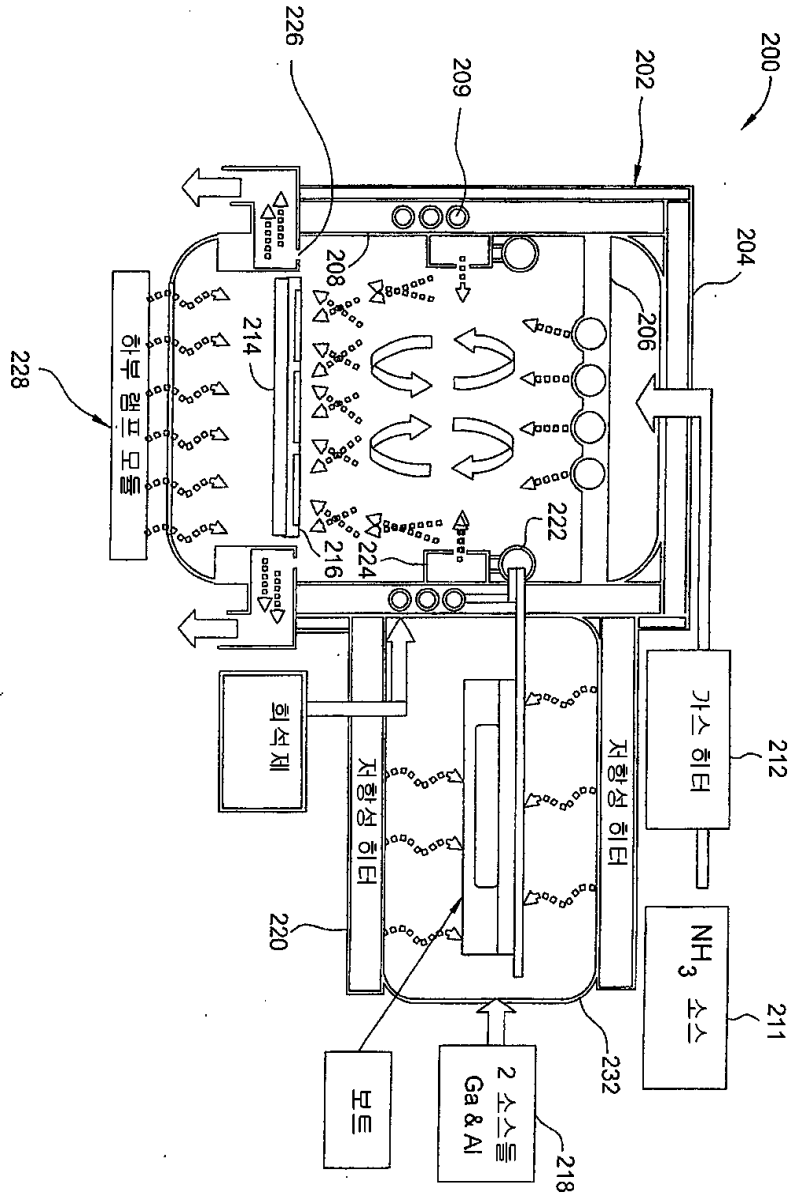
도면1a



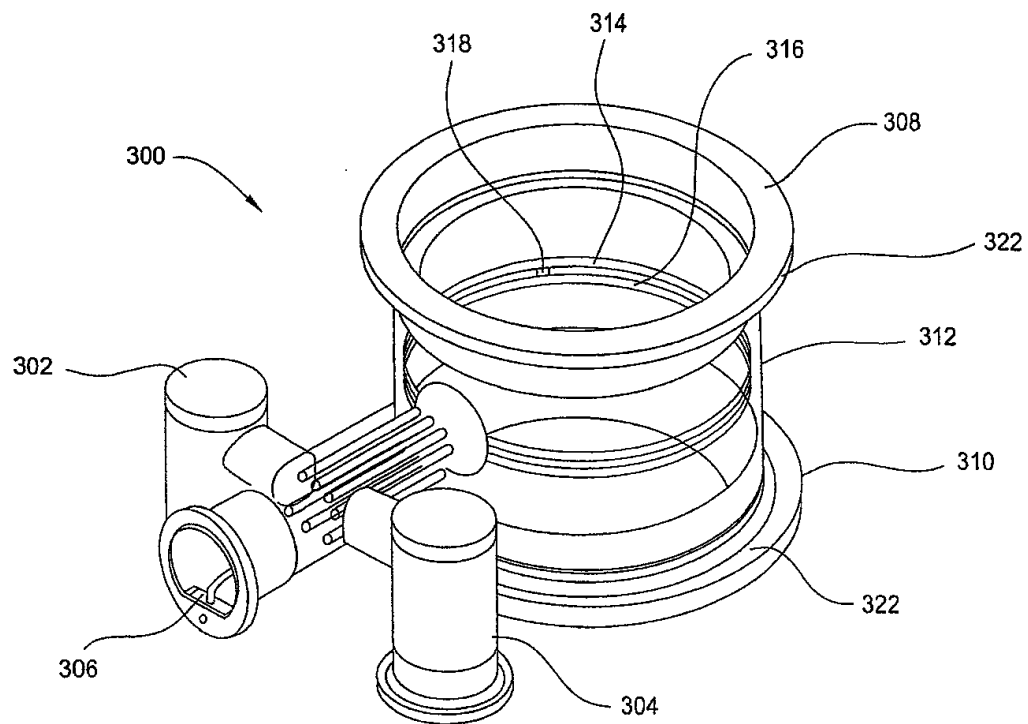
도면1b



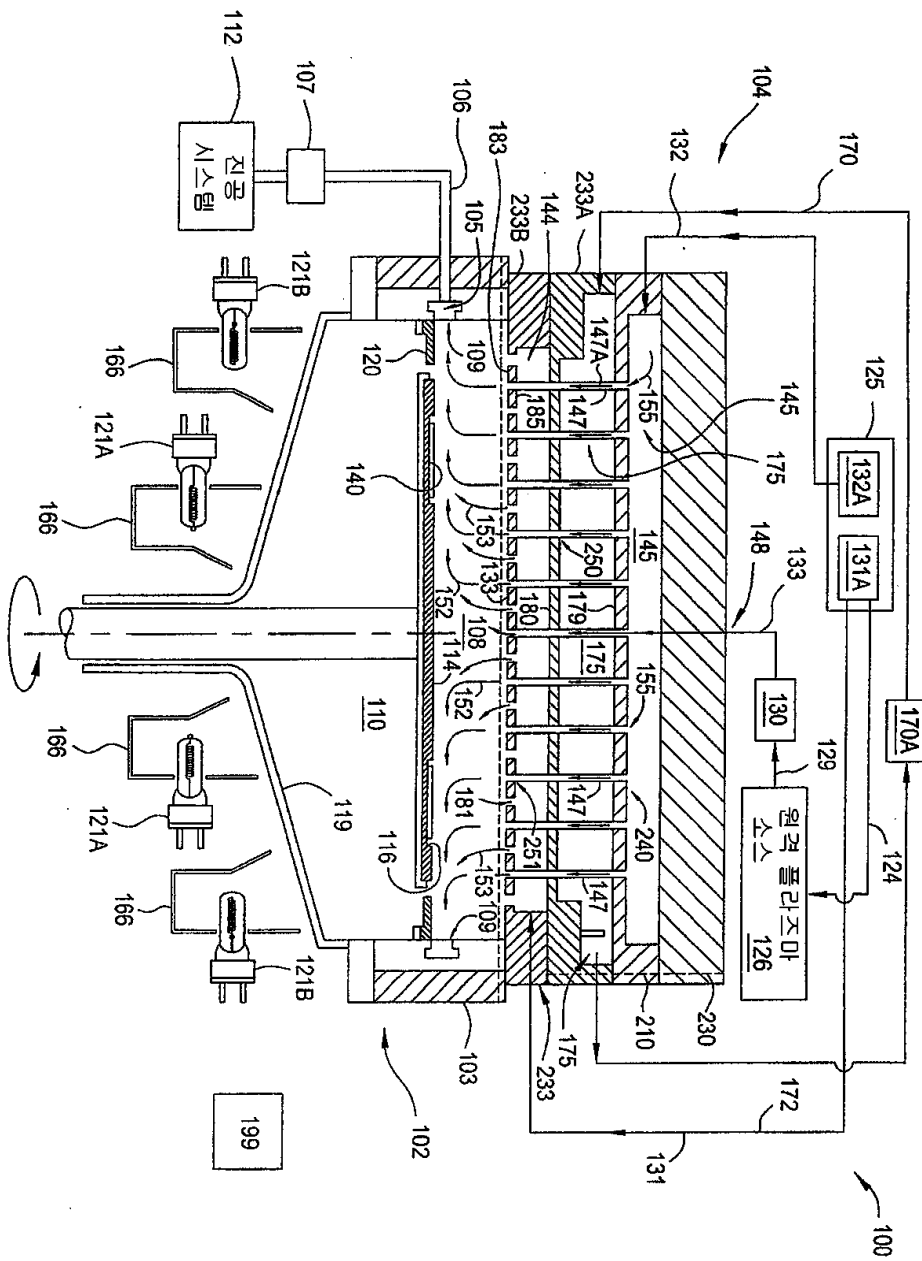
도면2a



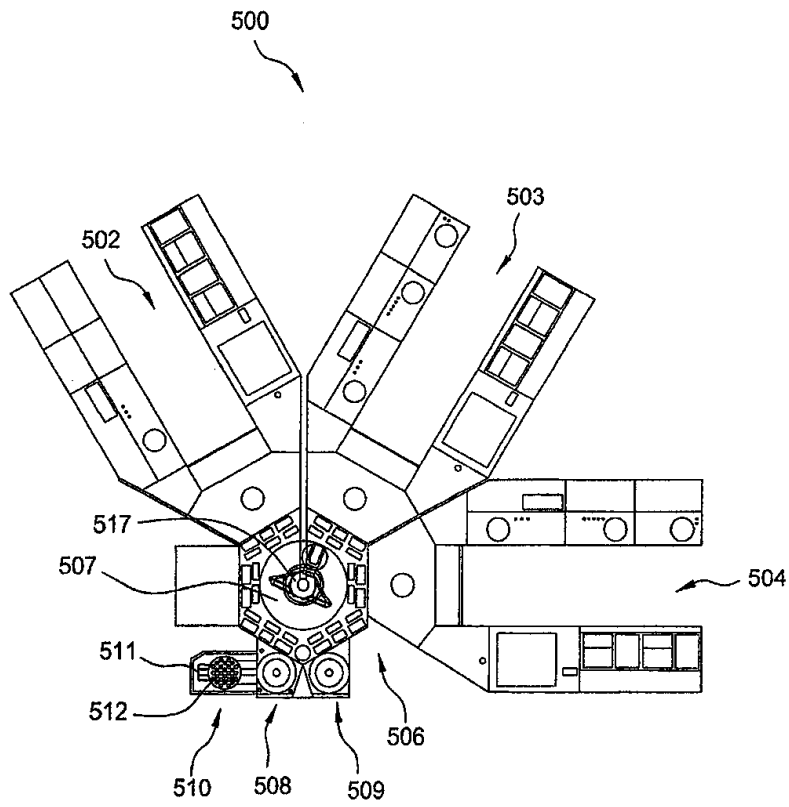
도면2b



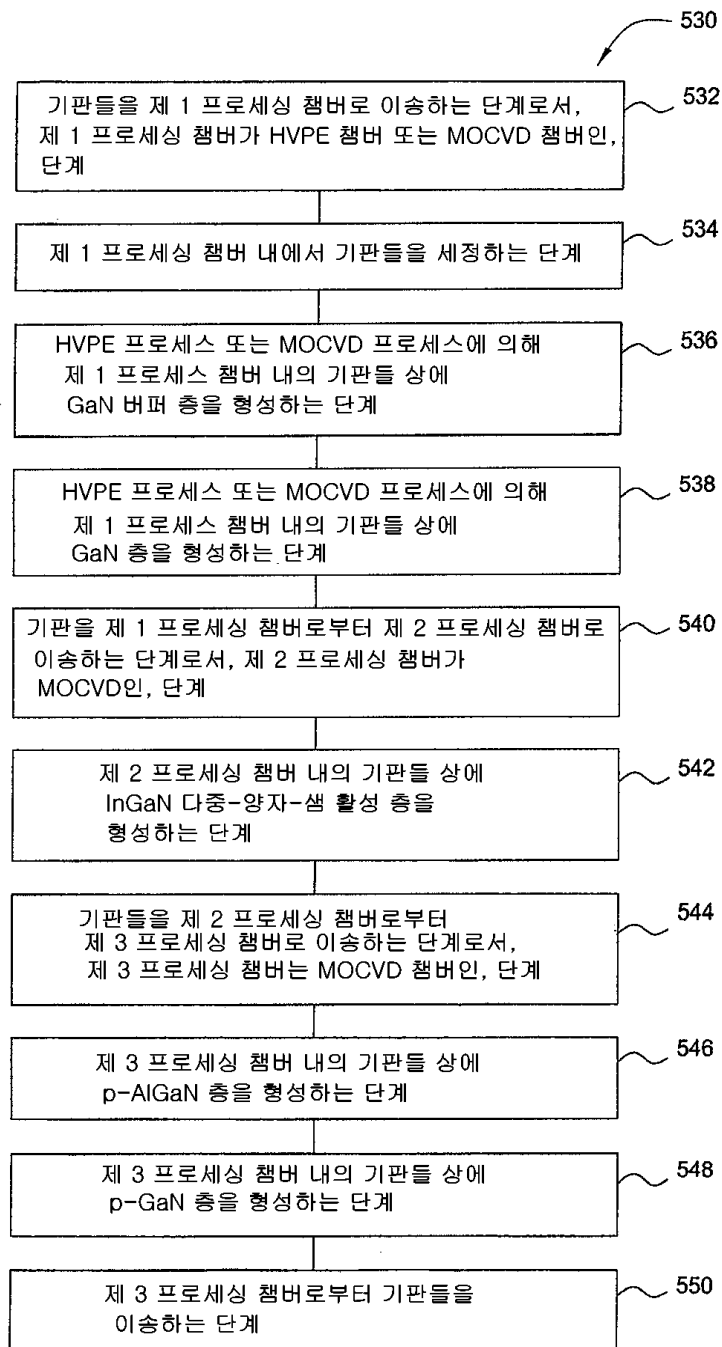
도면3



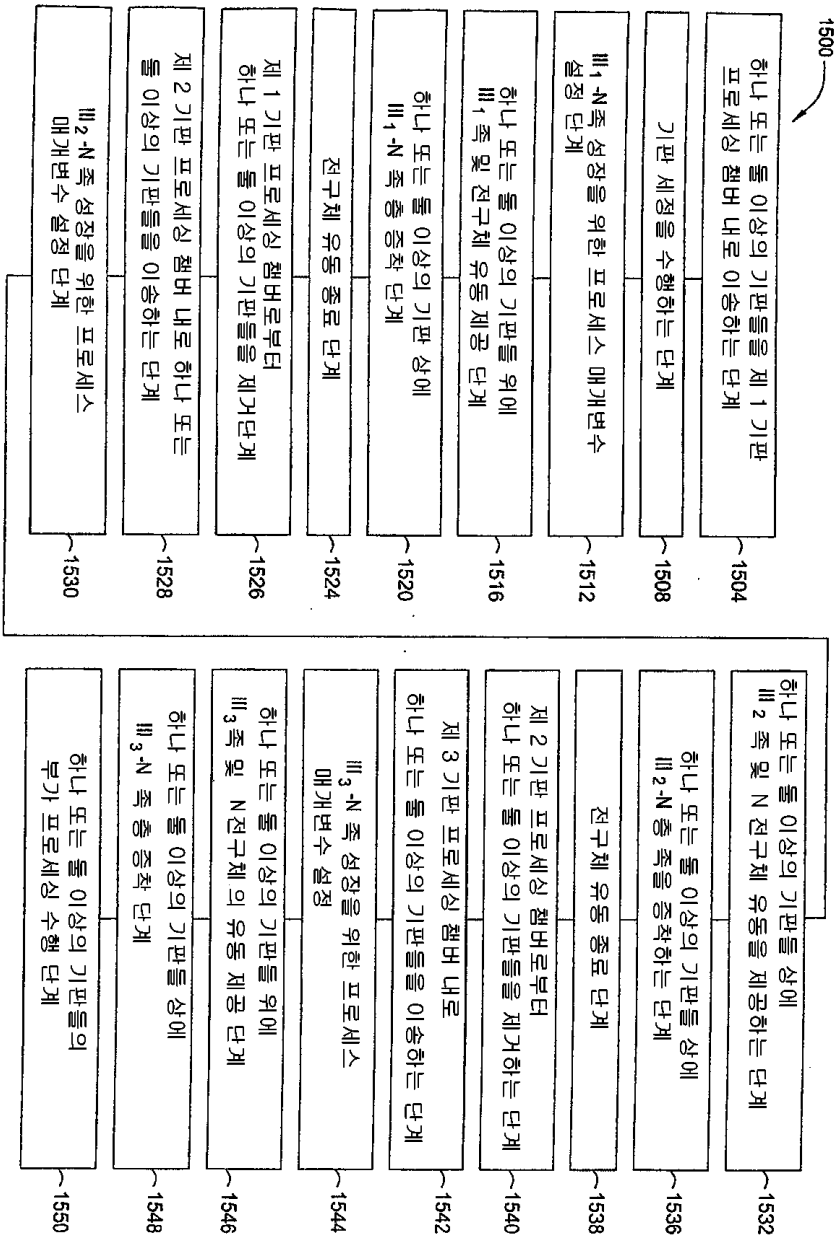
도면4



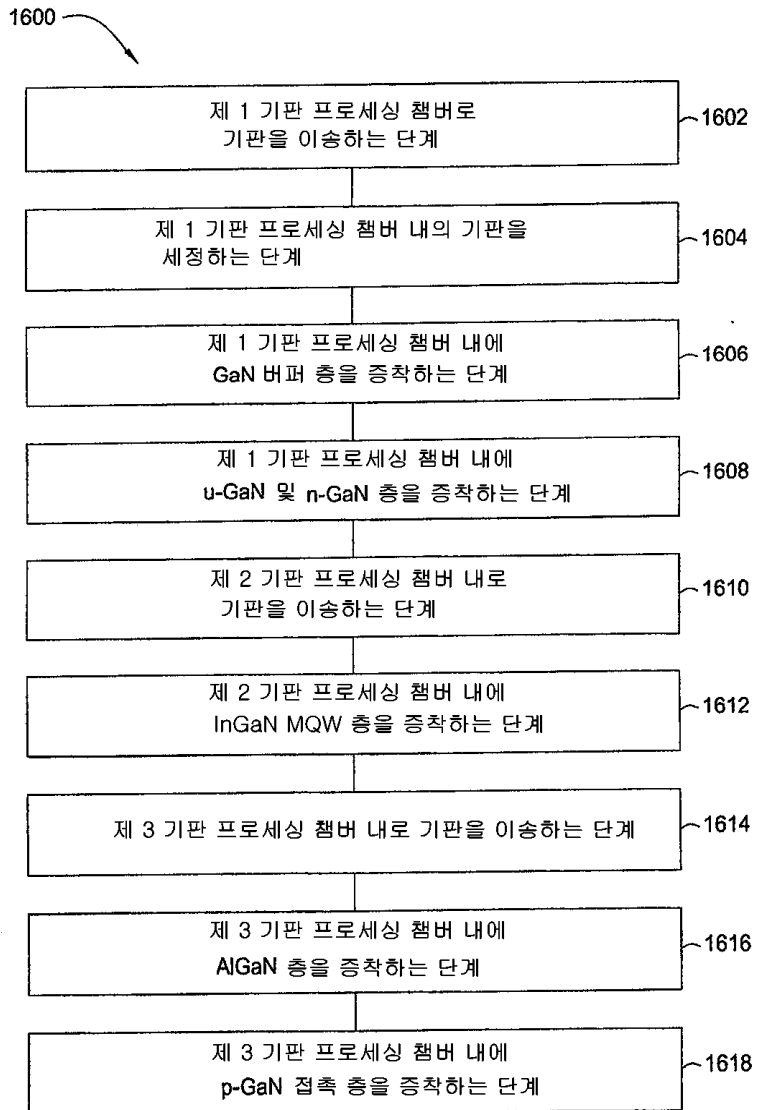
도면5



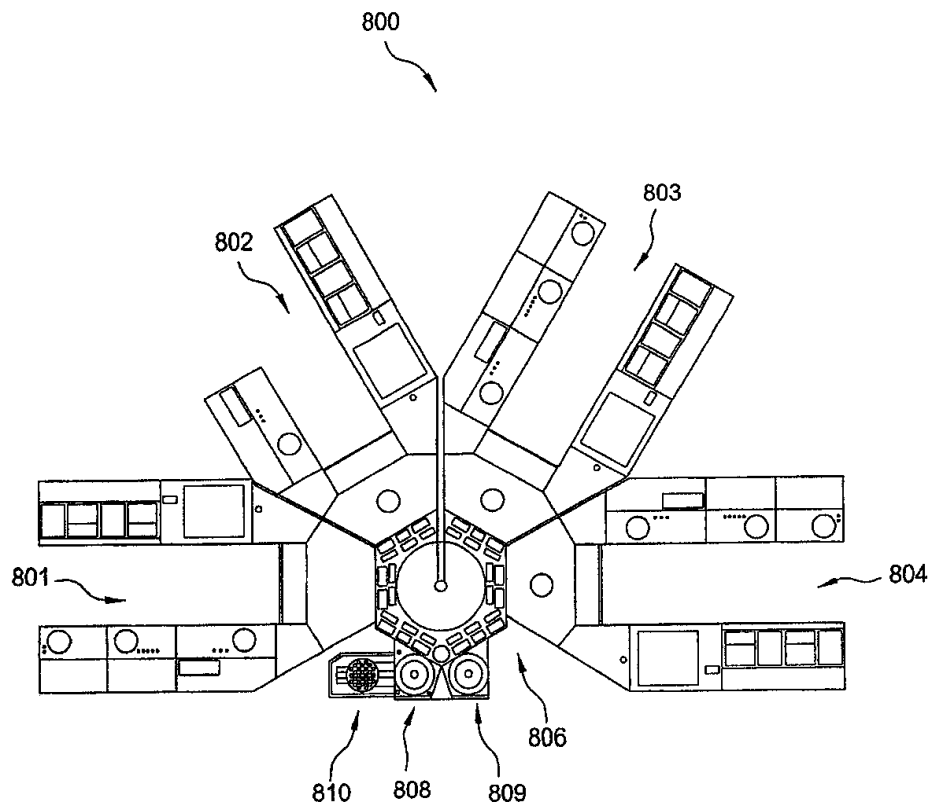
도면6



도면7



도면8



도면9

