



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0074873
(43) 공개일자 2020년06월25일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/34 (2006.01) C23C 16/04 (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01) C30B 29/40 (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C23C 16/34 (2013.01)
C23C 16/04 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-0164536
- (22) 출원일자 2019년12월11일
심사청구일자 없음
- (30) 우선권주장
62/779,684 2018년12월14일 미국(US)

- (71) 출원인
에이에스엠 아이피 홀딩 비.브이.
네덜란드 에이피 알메르 1322 베르스테르케르스트
라아트 8
네덜란드 오르가니자티에 푸어 베텐샤펠리크 온
테르조예크
네덜란드 2593씨이스-흐라벤하헤 허바우 자바 란
관 니우-오스트-인디에 300
유니베르지테트 트벤테
네덜란드 엔엘-7522 엔비 엔세데 드리에너로란 5
- (72) 발명자
바네르지 사워리쉬
네덜란드 에이피 알메르 1322 베르스테르케르스트
라아트 8
아르닝크 안토니우스 에이. 아이.
네덜란드 에이피 알메르 1322 베르스테르케르스트
라아트 8
코발진 알렉세이 와이.
네덜란드 에이피 알메르 1322 베르스테르케르스트
라아트 8
- (74) 대리인
리엔목특허법인

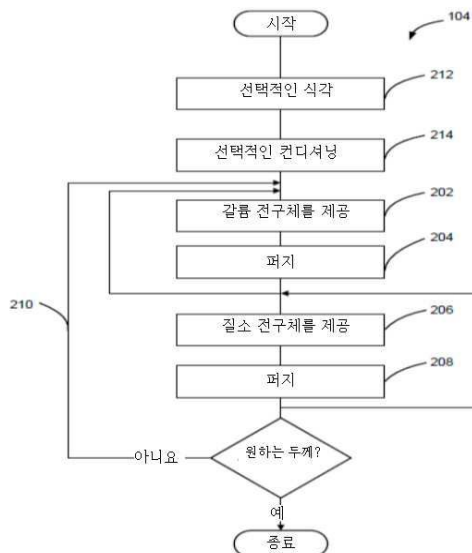
전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 발명의 명칭 **갈륨 나이트라이드의 선택적 증착을 이용한 소자 구조의 형성 방법 및 이를 위한 시스템**

(57) 요약

선택적으로 퇴적된 갈륨 질화물 층을 포함하는 소자 구조를 형성하는 방법이 개시되어 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

C23C 16/045 (2013.01)

C23C 16/45534 (2013.01)

C23C 16/45553 (2013.01)

C30B 29/406 (2013.01)

H01L 21/02389 (2013.01)

H01L 21/02458 (2013.01)

H01L 21/0254 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

소자 구조를 형성하는 방법으로서, 상기 방법은,

표면을 포함하는 기판을 반응 챔버 내에 제공하고, 상기 표면은 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 중 하나 이상을 포함하는 제1 부분, 및 다른 재료를 포함하는 제2 부분을 포함하는 단계; 및

써멀 주기적 증착 공정을 사용하여, 상기 제2 부분에 대해 상기 제1 부분 상에 갈륨 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제2 부분은 실리콘을 포함하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제2 부분은 수소로 중결된 실리콘을 포함하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제2 부분은 옥사이드, 나이트라이드, 및 옥시나이트라이드 중 하나 이상을 포함하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제2 부분은 히드록시기로 중결된 실리콘을 포함하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 갈륨 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계, 및 상기 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 중 하나 이상을 포함하는 제1 부분을 형성하는 단계는 엑시츄로 수행되는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 갈륨 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계 이전에 상기 제1 부분을 환원제에 노출시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 제1 부분을 환원제에 노출시키는 단계, 및 상기 갈륨 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계는 진공 파괴 없이 상기 동일한 반응 챔버에서 수행되는 방법.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 환원제는 수소, 암모니아, 및 히드라진 중 하나 이상, 또는 수소, 암모니아 및 히드라진 중 하나 이상을 포함하는 공급원 가스로부터 형성된 라디칼을 포함하는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 중 하나 이상은, 화학 기상 증착, 주기적 증착, 원자층 증착, 분자 빔 에피택시, 및 물리 기상 증착으로 구성된 목록으로부터 선택된 방법을 사용하여, 상기 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 중 하나 이상을 포함하는 층을 증착함으로써 형성되는 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 소자 구조를 형성하는 상기 방법은, 상기 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 중 하

나 이상을 포함하는 특징부를 형성하기 위해 상기 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 중 하나 이상을 포함하는 층을 패터닝하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 특징부의 표면을 식각하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 특징부의 표면으로부터 옥사이드를 제거하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 제1 부분은 알루미늄 나이트라이드를 포함하되, 상기 알루미늄 나이트라이드는 화학 기상 증착 또는 원자층 증착을 사용하여 증착되고, 상기 알루미늄 나이트라이드를 형성하기 위한 알루미늄 전구체는 TMA, TEA, 및 $AlCl_3$ 로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 제1 부분은 갈륨 나이트라이드를 포함하되, 상기 갈륨 나이트라이드는 화학 기상 증착 또는 원자층 증착을 사용하여 증착되고, 상기 갈륨 나이트라이드를 형성하기 위한 갈륨 전구체는 TMG, TEG, $GaCl_3$, $GaBr_3$, 및 GaI_3 로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법.

청구항 16

제14항 또는 제15항에 있어서, 질소 전구체를 제공하는 단계를 추가로 포함하되, 상기 질소 전구체는 암모니아 (NH_3) 및 히드라진 (N_2H_4), 및/또는 질소 (N_2), 암모니아 (NH_3) 및 히드라진 (N_2H_4)의 군으로부터 선택된 전구체에서 원격식으로 생성된 라디칼로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법.

청구항 17

제1항에 있어서, 상기 씨멀 주기적 증착 공정을 사용하는 단계 중에, 선택도는 80% 초과인 방법.

청구항 18

소자 구조를 형성하는 방법으로서, 상기 방법은,

표면을 포함하는 기판을 제공하고, 상기 표면은 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 중 하나 이상을 포함하는 제1 부분, 및 실리콘 나이트라이드를 포함하는 제2 부분을 포함하는 단계; 및

씨멀 주기적 증착 공정을 사용하여, 상기 제2 부분에 대해 상기 제1 부분 상에 갈륨 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 19

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 갈륨 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계 중에, 상기 반응 챔버 내 압력은 약 1 내지 약 100 mbar 사이인 방법.

청구항 20

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 갈륨 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계 중에, 상기 반응 챔버 내 압력은 약 5 내지 약 15 mbar 사이인 방법.

청구항 21

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 갈륨 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계 중에, 상기 반응 챔버 내 온도는 약 375 °C 내지 약 425 °C 사이인 방법.

청구항 22

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 갈륨 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계 중에, 상기 선택도는 80% 초과인 방법.

청구항 23

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항의 상기 방법에 따라 형성된 구조.

청구항 24

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항의 상기 방법을 수행하기 위한 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 일반적으로 박막 증착 방법, 상기 방법을 이용하여 형성된 구조, 및 상기 방법을 수행하기 위한 시스템에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 개시는 소자 구조를 형성하기 위해 갈륨 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 방법 그리고 관련 구조 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 갈륨 나이트라이드(GaN)는 실리콘에 비해 비교적 높은 전자 이동도 및 비교적 넓은 밴드갭을 나타내는 직접 밴드갭 재료이다. 따라서, 갈륨 나이트라이드는, 광전지 소자와 같은 광전 소자; 레이저 및 발광 다이오드와 같은 광 방출 소자; 전자 고 이동도 트랜지스터(HEMT), 금속 산화물 반도체 전계 효과 트랜지스터(MOSFET) 및 금속 반도체 전계 효과 트랜지스터(MESFET)와 같은 고전력, 고주파 트랜지스터; 공진기 등을 포함하는 다양한 소자에 사용되기 위해 관심이 높아지고 있다.

[0003] 비록 갈륨 나이트라이드가 바람직한 특성을 많이 갖지만, 실리콘 기판과 비교하면 갈륨 나이트라이드 기판은 비교적 고가이다. 따라서, 갈륨 나이트라이드를 포함하는 소자를 형성하는 방법은, 통상 실리콘 기판 위에 놓이는 갈륨 나이트라이드 층을 증착하는 단계와 이어서 리소그래피 및 식각 기술을 이용하여 갈륨 나이트라이드 층을 패터닝하는 단계를 포함한다. 이러한 공정은 실리콘 기반 소자와 갈륨 나이트라이드 소자의 단일식 통합을 허용한다. 이러한 공정은 다양한 응용에 대해 잘 작동하지만, 공정은 비교적 시간 소모적이고 고가일 수 있으며, 다른 응용 분야에 대해 원하는 정밀도를 제공하지 않을 수 있다. 따라서, 갈륨 나이트라이드를 포함하는 소자 구조를 형성하기 위한 개선된 방법이 요구된다.

발명의 내용

[0004] 본 개시의 다양한 구현예는 하나의 재료에 대한 다른 하나의 재료 상에 갈륨 나이트라이드의 선택적 증착을 포함하는 소자 구조를 형성하는 방법에 관한 것이다. 본 개시의 다양한 구현예가 종래 방법의 문제점을 해결하는 방식을 이하에서 더욱 상세히 논의되는 동안, 일반적으로 본 개시의 다양한 구현예는 더 적은 단계를 사용하여 갈륨 나이트라이드 (예를 들어, 패터닝된) 층을 포함하는 소자 구조를 형성시키고/형성시키거나 비교적 작은 갈륨 나이트라이드 특징부를 갖는 소자 구조를 형성시킨다.

[0005] 본 개시의 예시적인 구현예에 따라 소자 구조를 형성하는 방법은, 표면을 포함하는 기판을 반응 챔버 내에 제공하는 단계(상기 표면은 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 (또는 다른 붕소족(3족) 나이트라이드, 예컨대 BN, InN 또는 전이 금속(들)) 중 하나 이상을 포함하는 제1 부분 및 다른 재료를 포함하는 제2 부분을 포함함), 및 써멀 주기적 증착 공정(예, 원자층 증착 공정)을 사용하여 상기 제2 부분에 대해 상기 제1 부분에 갈륨 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계를 포함한다. 이들 구현예의 다양한 양태에 따라, 제2 부분은 실리콘을 포함할 수 있다. 실리콘은 수소로 종결될 수 있다. 추가적인 양태에 따라, 제2 부분은 옥사이드, 나이트라이드, 및 옥시나이트라이드 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 제2 부분(예, 옥사이드, 나이트라이드, 또는 옥시나이트라이드)은 히드록시기로 종결될 수 있다. 예시적인 방법은, 선택적으로 갈륨 나이트라이드를 증착하는 단계 이전에 제1 부분을 환원제 및/또는 질화제, 예컨대 수소, 암모니아, 및 히드라진 중 하나 이상 및/또는 수소, 암모니아, 히드라진 중 하나 이상을 포함하는 공급원 가스로부터 형성된 라디칼 중에 노출시키는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 예시적인 방법은, 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 (또는 다른 3족 나이트라이드 또는 전이 금속(들)) 중 하나 이상을 포함하는 특징부를 형성하는 단계를 추가적으로 또는 대안적으로 포함할 수 있다. 특징부의 표면은, 예를 들어 특징부의 표면으로부터 자연적으로 형성된 옥사이드 또는 다른 잔

해물을 제거하기 위해 식각될 수 있다.

[0006] 본 개시의 추가적인 구현예에 따라 소자 구조를 형성하는 방법은, 표면을 포함하는 기판을 제공하는 단계(상기 표면은 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 또는 다른 3족 나이트라이드, 또는 전이 금속(들) 중 하나 이상을 포함하는 제1 부분 및 실리콘 나이트라이드를 포함하는 제2 부분을 포함함), 및 써멀 주기적 증착 공정(예, 원자층 증착 공정)을 사용하여 상기 제2 부분에 대해 상기 제1 부분에 갈륨 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계를 포함한다.

[0007] 본 개시의 또 다른 예시적인 구현예에 따라, 소자 구조는 본원에 기술된 방법을 사용하여 형성된다.

[0008] 또한, 본 개시의 추가 구현예에 따라, 본원에 기술된 방법을 수행하기 위한 시스템이 제공된다.

[0009] 선행 기술에 비해 달성되는 장점들 및 본 발명을 요약하기 위해, 본 발명의 특정 목적 및 장점들이 앞서 본원에 기술되었다. 물론, 모든 목적 및 장점들이 본 발명의 임의의 특별한 구현예에 따라 반드시 달성되는 것이 아니라 하는 것을 이해하여야 한다. 따라서, 예를 들어 당업자는, 본 발명이, 본원에 교시 또는 제안될 수 있는 다른 목적들 또는 장점들을 반드시 달성하지 않고서, 본원에 교시되거나 제시된 바와 같은 하나의 장점 또는 여러 장점들을 달성하거나 최적화하는 방식으로 구현되거나 수행될 수 있다는 것을 인식할 것이다.

[0010] 이들 구현예 모두는 본원에 개시된 본 발명의 범주 내에 있는 것으로 의도된다. 본 발명은 개시된 임의의 특정 구현예(들)에 한정되지 않으며, 이들 및 다른 구현예들은 첨부된 도면들을 참조하는 특정 구현예들의 다음의 상세한 설명으로부터 당업자에게 용이하게 분명할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0011] 본 개시의 예시적인 구현예에 대한 더 완전한 이해는 다음의 예시적인 도면과 관련하여 고려되는 경우, 발명의 상세한 설명 및 청구 범위를 참조함으로써 도출될 수 있다.

도 1은 본 개시의 예시적 구현예에 따른 방법을 도시한다.

도 2는 도 1에 도시된 방법의 단계를 보다 상세히 도시한다.

도 3은 본 개시의 예시적 구현예에 따른 소자 구조를 도시한다.

도 4는 본 개시의 구현예에 따른 방법을 수행하기 위한 시스템을 도시한다.

도면의 구성 요소들은 간략하고 명료하게 도시되어 있으며, 반드시 축적대로 도시되지 않았음을 이해할 것이다. 예를 들어, 본 개시의 예시적인 구현예의 이해의 개선을 돕기 위해 도면 중 일부 구성 요소의 치수는 다른 구성 요소에 비해 과장될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 아래에 제공된 예시적인 구현예의 설명은 단지 예시적인 것이고, 예시의 목적으로만 의도된 것이며; 다음의 설명은 본 개시의 범주 또는 청구 범위를 한정하고자 함이 아니다. 또한, 특징을 기술한 다수 구현예를 인용하는 것이 추가적인 특징을 갖는 다른 구현예 또는 명시된 특징들의 다른 조합을 포함하는 다른 구현예를 배제하고자 함이 아니다. 또한, 본원에 제시된 예시는 임의의 특정한 재료, 구조, 또는 소자의 실제 뷰를 의도하려 하는 것은 아니며, 단지 본 발명의 구현예를 설명하기 위해 사용되는 이상화된 표현이다.

[0013] 본 개시는 일반적으로 구조를 형성하는 방법 및 상기 방법을 사용하여 형성된 구조에 관한 것이다. 본원에 설명된 방법 및 구조는, 예를 들어 단결정질 및/또는 다결정질 갈륨 나이트라이드 층을 포함하는 소자와 같이 다양한 소자를 형성하기 위해 사용될 수 있다.

[0014] 본원에서 사용되는 바와 같이, 갈륨 나이트라이드를 포함하는 층은 (도펀트를 갖거나 갖지 않는) 갈륨 나이트라이드 재료를 포함하거나, 본질적으로 이루어지거나, 또는 이로 구성될 수 있다. (도펀트를 갖거나 갖지 않는) 갈륨 나이트라이드로 이루어진 막은, 갈륨 나이트라이드 층을 증착하기 위해 사용되는 하나 이상의 전구체로부터 유래할 수 있는 탄소와 같이, 허용 가능한 양의 불순물을 포함할 수 있다.

[0015] 유사하게, 알루미늄 나이트라이드를 포함하는 표면 또는 부분은 알루미늄 나이트라이드 재료를 포함하거나, 본질적으로 이루어지거나, 또는 이로 구성될 수 있다. 알루미늄 나이트라이드로 이루어진 막은, 알루미늄 나이트라이드 층을 증착하기 위해 사용되는 하나 이상의 전구체로부터 유래할 수 있는 탄소와 같이, 허용 가능한 양의 불순물을 포함할 수 있다.

- [0016] 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 기판은 재료가 증착될 수 있는 임의의 하부 재료(들)를 지칭할 수 있다. 예시적인 기판은 소자, 회로, 또는 구조를 형성하기 위해 사용될 수 있다. 예시로서, 기판은 실리콘(Si), 게르마늄(Ge), 게르마늄주석(GeSn), 실리콘게르마늄(SiGe), 실리콘게르마늄주석(SiGeSn), 실리콘카바이드(SiC), 또는 예를 들어 갈륨아세나이드(GaAs), 갈륨포스파이드(GaP), 또는 갈륨나이트라이드(GaN)와 같은 III-V족 반도체 재료이거나 이를 포함할 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 본 개시의 일부 구현예에서, 기판은 그 사이에 배치된 중간 매립 옥사이드(BOX)를 갖는 벌크 지지체 위에 표면 반도체층을 배치하는 엔지니어링된 기판을 포함할 수 있다. 기판은 패터닝될 수 있다. 패터닝된 기판은 기판의 표면 내로 또는 표면 위로 형성된 반도체 소자 구조를 포함할 수 있는 기판을 포함할 수 있고, 예를 들어 패터닝된 기판은 트랜지스터 및/또는 메모리 요소와 같이 부분적으로 제조된 반도체 소자 구조를 포함할 수 있다. 일부 구현예에서, 기판은 단결정질 표면 및/또는 하나 이상의 이차 표면을 포함할 수 있고, 상기 이차 표면은 비단결정질 표면, 예를 들어 다결정질 표면 및/또는 비정질 표면을 포함할 수 있다. 단결정질 표면은, 예를 들어, 하나 이상의 실리콘(Si), 실리콘게르마늄(SiGe), 게르마늄주석(GeSn), 게르마늄(Ge)을 포함할 수 있다. 다결정질 또는 비정질 표면은, 예를 들어 실리콘 옥사이드 및 실리콘 나이트라이드와 같은 옥사이드, 옥시나이트라이드 또는 나이트라이드와 같은 유전체 재료를 포함할 수 있다.
- [0017] 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "주기적 증착"은 반응 챔버 내로 반응물을 순차적으로 도입시켜 기판 위에 막을 증착하는 것을 지칭할 수 있으며 원자층 증착 및 주기적 화학 기상 증착과 같은 증착 기술을 포함한다.
- [0018] 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "주기적 화학 기상 증착"은 원하는 재료를 생성하기 위해 기판 상에서 반응 및/또는 분해되는 둘 이상의 휘발성 반응물에 기판이 순차적으로 노출되는 임의의 공정을 지칭할 수 있다.
- [0019] 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 원자층 증착(ALD)은 증착 사이클, 예를 들어 복수의 연속 증착 사이클이 반응 챔버에서 수행되는 기상 증착 공정을 지칭할 수 있다. 일반적으로, 각각의 사이클 중에 제1 전구체는 증착 표면(예, 기판 표면, 또는 이전 ALD 사이클로부터의 재료와 같은 이전에 증착된 하부 재료)에 화학 흡착되고, 추가적인 전구체와 쉽게 반응하지 않는(즉, 자기 제한적 반응) 단층 또는 서브 단층을 형성한다. 그 후, 증착 표면 상에서 화학 흡착된 전구체를 원하는 재료로 전환시키는 용도로, 반응물(예, 다른 전구체 또는 반응 가스)을 후속해서 공정 챔버에 도입시킬 수 있다. 일반적으로, 이러한 반응물은 전구체와 더 반응할 수 있다. 각각의 사이클 중에 공정 챔버로부터 과잉의 전구체를 제거하고/제거하거나, 화학 흡착된 전구체의 변환 후 공정 챔버로부터 과잉의 반응물 및/또는 반응 부산물을 제거하기 위해 퍼지 단계를 또한 더 활용할 수도 있다. 본원에서 사용된 용어 원자층 증착은 전구체 조성물(들), 반응 가스, 및 퍼지(예, 불활성 캐리어) 가스의 교번 펄스로 수행되는 경우, 화학 기상 원자층 증착, 원자층 에피택시(ALE), 분자 빔 에피택시(MBE), 가스 공급원 MBE, 또는 유기금속 MBE, 및 화학적 빔 에피택시와 같은 관련 용어들에 의해 지정된 공정을 포함하는 것을 또한 의미한다.
- [0020] 본원에 사용된 바와 같이, 용어 층, 막, 및 박막은 본원에 개시된 방법에 의해 형성된 임의의 연속적인 또는 불연속적인 구조 및 재료를 지칭한다. 예를 들어, 층, 막, 및 박막은 2D 재료, 나노라미네이트, 나노막대, 나노튜브 또는 나노입자 또는 심지어는 부분 또는 전체 분자층 또는 부분 또는 전체 원자층 또는 원자 및/또는 분자 클러스터를 포함할 수 있다. 층, 막, 및 박막은 편향을 갖는 재료 또는 층을 포함할 수 있지만, 여전히 적어도 부분적으로 연속적일 수 있다.
- [0021] 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "인큐베이션 기간"은 구분 가능한 어떠한 증착도 관찰되지 않는 주기적 증착의 초기 단계에서 주기적 증착 사이클의 수를 지칭할 수 있다.
- [0022] 본원에서 설명되는 바와 같이, 선택적 증착 공정은 제2 표면 또는 부분에 대해 제1 표면 또는 부분 상에 더 많이 남는 양의 재료를 수반할 수 있다. 예를 들어, 선택적 공정으로 인해 제2 영역에 남아 있는 임의의 갈륨 나이트라이드에 대해 제1 영역에 남아 있는 갈륨 나이트라이드 재료의 양을 더 많이 생성할 수 있다. 본 개시의 일부 구현예에서, 공정의 선택도는 제1 표면 및 제2 표면 상에 형성된 재료의 합친 양에 대한 제1 표면 상에 남아 있는 재료의 비율로서 표현될 수 있다. 예를 들어, 10 nm의 갈륨 나이트라이드 재료가 제1 영역 내에 남아 있고 1 nm 갈륨 나이트라이드 재료가 제2 영역에 남아 있는 경우, 선택적 증착 공정은 91% 선택도를 갖는 것으로 간주될 것이다. 일부 구현예에서, 본원에 개시된 방법의 선택도는 80% 초과, 90% 초과, 95% 초과, 99.5% 초과, 98% 초과, 99% 초과, 또는 심지어 약 100%일 수 있다.
- [0023] 이제 도면으로 돌아가면, 도 1은 본 개시의 예시적인 구현예에 따른 소자 구조(100)를 형성하는 방법을 도시한다. 소자 구조(100)를 형성하는 방법은, 기판을 반응 챔버에 제공하는 단계(102) 및 기판 표면의 제2 부분에 대

해 기관 표면의 제1 부분 상에 갈륨 나이트라이드 층을 선택적으로 형성하는 단계(104)를 포함한다.

- [0024] 단계(102) 동안 제공된 기관은, 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 (또는 다른 붕소족(3족) 나이트라이드, 예컨대 BN, InN, 또는 전이 금속(들)) 중 하나 이상을 포함하는 제1 부분, 및 (예를 들어, 수소 종결된) 실리콘, 또는 금속 또는 준금속 옥사이드, 나이트라이드, 또는 옥시나이트라이드와 같은 다른 재료(즉, 다른 또 하나의 재료)를 포함하는 제2 부분을 포함할 수 있다. 기관은 알루미늄 나이트라이드, 갈륨 나이트라이드 및/또는 다른 재료의 패턴이 있는 특징부를 포함할 수 있다. 패턴이 있는 특징부는, 예를 들어 각각의 재료의 층을 증착하고 층(들)의 일부를 식각함으로써 형성될 수 있다. 예로서, 단계(102) 동안 제공된 기관은, 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 중 하나 이상의 패턴이 있는 특징부를 포함하는 제1 부분(예, 재료의 층을 증착하고, 예를 들어 포토레지스트를 이용해 층을 패터닝하고, 패터닝된 특징부를 형성하기 위한 층을 식각함으로써 형성됨), 및 (예를 들어 패터닝된) 다른 재료를 포함하는 제2 부분을 포함할 수 있다. 제1 부분 및 섹션 부분은 동일 평면일 수 있고, 제1 부분은 제2 부분에 대해 높을 수 있거나, 또는 제2 부분은 제1 부분에 대해 높을 수 있다. 제1 및 제2 부분은 하나 이상의 반응 챔버를 사용하여 형성될 수 있다.
- [0025] 단계(102) 동안, 반응 챔버는 단계(104)를 위해 원하는 증착 압력 및 온도로 될 수 있다. 예로서, 일단 기관이 반응 챔버 상에 로딩되면, 반응 챔버의 온도 및/또는 반응 챔버 내 서셉터의 온도는 약 350° C 내지 약 450° C, 또는 약 375° C 내지 약 425° C 또는 약 380° C 내지 약 420° C일 수 있다. 반응 챔버 내 압력은 최대 약 25 mbar이거나 약 10⁻² mbar 내지 약 100 mbar, 약 1 mbar 내지 약 100 mbar, 약 1 mbar 내지 약 25 mbar, 또는 약 1 mbar 내지 약 10 mbar의 범위일 수 있다.
- [0026] 그 다음 단계(104) 동안, 주기적 CVD 및/또는 ALD 공정과 같은 주기적 증착 공정을 사용하여 제2 부분에 대해 제1 부분 상에 갈륨 나이트라이드가 선택적으로 증착된다. 증착의 선택도를 유지하기 위해, 주기적 증착 공정은 바람직하게는 플라즈마로 향상되지 않는다. 즉, 주기적 증착 공정은 씨멀 주기적 증착 공정을 포함한다. 일부 경우에, 증착은 진정한 ALD 증착이 아닐 수 있지만, 오히려 전구체 사이의 적어도 일부 기상 반응, 예를 들어 주기적 증착 공정을 포함한다. 갈륨 나이트라이드는 단결정질 또는 다결정질일 수 있다. 비록 이전 소자가 단결정질 GaN 층과 전형적으로 작동하지만, 다결정질 GaN 층이 또한 작동할 수 있음이 고려된다.
- [0027] 도 2에 도시된 바와 같이, 단계(104)는 반응 챔버에 갈륨 전구체를 제공하는 서브단계(202), 반응 챔버로부터 임의의 미반응된 갈륨 전구체 및 반응 부산물을 퍼지/제거하는 서브단계(204), 질소 전구체를 반응 챔버에 제공하는 단계(206), 및 반응 챔버로부터 임의의 미반응된 질소 전구체 및 반응 부산물을 퍼지/제거하는 서브단계(208)를 포함할 수 있다. 서브단계(202 내지 208)는 단순히 단계로 지칭될 수 있다. 단계(104)는, 선택적인 식각 단계(212) 및/또는 선택적인 컨디셔닝 단계(214)와 같이 선택적인 서브단계를 하나 이상 또한 포함할 수 있다.
- [0028] 단계(202 내지 208)는 원하는 두께의 막이 형성될 때까지 반복될 수 있다(단계(210)). 추가적으로 또는 대안적으로, 단계(206)로 진행하기 전에 단계(202 및 204)를 1회 이상 반복할 수 있고/있거나, 단계(202)로 진행하기 전에 단계(206 및 208)를 반복할 수 있다. 또한, 비록 갈륨 전구체 단계(202)의 제공으로 개시된 것으로 도시되었지만, 단계(104)는 대안적으로 질소 전구체 단계(206) 및/또는 단계(212, 214) 중 하나 이상을 제공하는 것으로 시작할 수 있다.
- [0029] 갈륨 나이트라이드를 증착하기 위한 적합한 전구체/반응물은, 갈륨 전구체로서 갈륨 트리클로라이드(GaCl₃), 갈륨 트리브로마이드(GaBr₃), 갈륨 트리요오드 (GaI₃), 트리메틸갈륨(TMГ), 및 트리에틸갈륨(TEG), 질소 전구체로서 질소(N₂), 암모니아(NH₃), 및 히드라진(N₂H₄), 및/또는 라디칼을 생성하기 위해 사용되는 임의의 플라즈마 또는 다른 형태의 에너지에 기관이 노출되지 않는 방식으로 질소(N₂), 암모니아(NH₃) 및 히드라진(N₂H₄)으로부터 원격 생성된 라디칼을 포함한다.
- [0030] 예를 들어, 반응 챔버 구성, 기관의 크기, 및/또는 처리되는 다수의 기관에 따라, 전구체의 유량은 변할 수 있다. 예로서, 약 32 cm³의 내부 체적을 갖는 반응기의 경우, 단계(202) 중에 갈륨 전구체의 유량은 약 0.1 내지 약 100, 또는 약 5 sccm일 수 있고, 단계(206) 중에 질소 전구체의 유량은 약 1 내지 약 100, 또는 약 4 sccm일 수 있다. 예를 들어, 동일한 반응기 체적의 경우, 단계(204, 208) 중에 아르곤과 같은 퍼지 가스의 유량은 약 25 sccm 내지 약 150 sccm 범위일 수 있다. 질소 전구체(예, NH₃)의 부분 압력은, 예를 들어 총 반응기 압력의 약 10 내지 약 15 퍼센트일 수 있다.

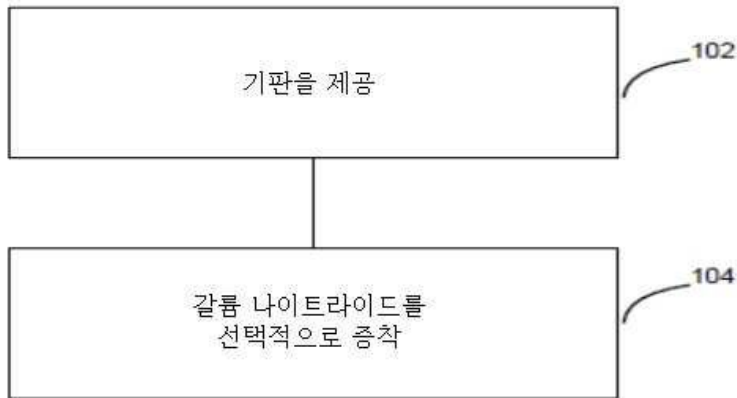
- [0031] 본 개시의 일부 구현예에서, 단계(202)는 기판을 갈륨 전구체에 약 0.01 초 내지 약 60 초 사이, 약 0.05 초 내지 약 10 초 사이, 또는 약 0.1 초 내지 약 5 초 사이의 시간 동안 노출시키는 단계를 포함한다. 본 개시의 일부 구현예에서, 단계(206)는 기판을 질소 전구체에 약 0.01 초 내지 약 60 초 사이, 약 10 초 내지 약 50 초 사이, 또는 약 20 초 내지 약 40 초 사이의 시간 동안 노출시키는 단계를 포함한다. 단계(204)의 지속 시간은 약 1 내지 약 120, 약 10 내지 약 90, 또는 약 30 초일 수 있다. 단계(208)의 지속 시간은 약 1 내지 약 120, 약 10 내지 약 90, 또는 약 60 초일 수 있다. 과잉의 전구체 및 임의의 반응 부산물의 제거는 펌핑 시스템에 의해 생성된 진공의 도움으로 용이할 수 있다.
- [0032] 일반적으로, 주기적 증착, 예를 들어 알루미늄 나이트라이드 또는 갈륨 나이트라이드 상에, 특히 각각의 재료의 층을 식각하여 형성된 알루미늄 나이트라이드 또는 갈륨 나이트라이드의 특징부 상에 갈륨 나이트라이드를 ALD 하면 다른 재료에 대해 선택적이지 않을 수 있다.
- [0033] 그러나, 실리콘 나이트라이드는 비교적 긴 인큐베이션 기간을 갖는다. 따라서, 본 개시의 이들 구현예의 일부 양태에 따라, 제2 부분은 실리콘 나이트라이드를 포함한다.
- [0034] 질소로 종결된 재료, 예를 들어 NH_x ($x=1$ 내지 2)로 종결된 알루미늄 나이트라이드 또는 갈륨 나이트라이드의 인큐베이션 기간은 실리콘, 금속 또는 실리콘 옥사이드, 나이트라이드 또는 옥시나이트라이드와 같은 다른 재료에 비해 비교적 작을 수 있다. 불행하게도, 증착된 알루미늄 나이트라이드 및/또는 갈륨 나이트라이드의 NH_x 종결은, 예를 들어 재료의 산화로 인해 손실될 수 있고, 산화는 재료를 식각하고/식각하거나 공기와 같은 산화 환경에 노출된 결과로서 발생할 수 있다. 도시된 구현예의 예시적인 양태에 따라, 알루미늄 나이트라이드 및/또는 갈륨 나이트라이드 재료(예를 들어, 재료를 포함하는 특징부)는 알루미늄 나이트라이드 및/또는 갈륨 나이트라이드 상에, 바람직하게는 제2 부분에 대해 알루미늄 나이트라이드 및/또는 갈륨 나이트라이드 상에 선택적으로 NH_x 의 종결을 제공하기 위한 환경에 노출된다.
- [0035] 예로서, NH , NH_2 , 및/또는 수소 라디칼 플럭스는, 제2 부분에 대해, 본원에 기술한 알루미늄 나이트라이드 또는 갈륨 나이트라이드 또는 다른 재료 중 하나 이상을 포함하는 제1 부분 상에 NH_x 종결을 선택적으로 컨디셔닝하거나 제공하기(단계(214)) 위해 사용될 수 있다. 라디칼 플럭스는, 예를 들어 원격식 플라즈마, 핫 와이어 또는 임의의 다른 적절한 방법을 사용하여 전구체 가스로부터 형성될 수 있다. 선택적인 컨디셔닝 단계(214)는, 단계(104)를 수행하기 위해 사용된 동일한 반응 챔버에서, 컨디셔닝 단계와 증착 단계 사이의 진공 파괴 없이 수행될 수 있다. 또한, 컨디셔닝 단계(214)는 증착 단계와 동일한(또는 상이한) 온도 및/또는 동일한(또는 상이한) 압력에서 수행될 수 있다.
- [0036] 선택적 증착을 더 용이하게 하기 위해, 단계(104)는, 표면을 라디칼 플럭스 및/또는 다른 컨디셔닝에 노출시키기 전에 하나 이상의 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 표면을 식각하는 선택적인 식각 단계(212)를 포함할 수 있다. 선택적인 식각 단계(212)는 예를 들어, 수소 원자 또는 아르곤 이온에 의한 스퍼터링을 사용하여 수행될 수 있다.
- [0037] 이제 도 3으로 돌아가면, 본원에 설명된 예시적인 방법에 따라 형성된 구조(300)가 도시되어 있다. 구조(300)는 기관(302), 제1 층(304), 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 (또는 다른 붕소족(3족) 나이트라이드, 예컨대 BN, InN, 또는 전이 금속(들)) 중 하나 이상을 포함하는 제2 층(306), 및 갈륨 나이트라이드 층(308)을 포함한다. 도시된 바와 같이 갈륨 나이트라이드 층(308)을 형성하기 전에, 구조(300)는, 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 나이트라이드 (또는 본원에서 언급된 다른 재료) 중 하나 이상을 포함하는 제1 부분(310), 및 다른 재료, 예컨대 실리콘, 옥사이드, 또는 옥시나이트라이드를 포함하는 제2 부분(312)을 포함하는 표면을 포함한다. 특정 예로서, 제2 부분(312)은 하프늄 옥사이드, 지르코늄 옥사이드, 알루미늄 옥사이드, 또는 다른 금속 또는 준금속 옥사이드, 나이트라이드 또는 옥시나이트라이드를 포함할 수 있다. 갈륨 나이트라이드 층(308)은, 본원에 설명된 하나 이상의 방법을 사용하여 제2 표면(312)에 대해 제1 표면(310) 상에 선택적으로 증착된다. 갈륨 나이트라이드 층(308)은 단결정질 또는 다결정질일 수 있다.
- [0038] 위에서 언급한 바와 같이, 제1 부분(310)을 형성하기 위해, 예를 들어 알루미늄 나이트라이드 또는 갈륨 나이트라이드의 층을 증착하고, 층을 패터닝하고, 층을 식각하여 제1 부분(310)을 형성할 수 있다. 제1 부분(310)을 위한 알루미늄 나이트라이드 또는 갈륨 나이트라이드 층은 주기적 증착 공정, ALD, 화학 기상 증착(CVD), 분자 빔 에피택시(MBE), 또는 물리적 증착(PVD) 기술을 사용하여 형성될 수 있다. 알루미늄 나이트라이드를 증착하기 위한 주기적 증착 공정, ALD 및 CVD용으로 적절한 전구체는, 트리메틸알루미늄(TMA), 트리에틸알루미늄(TEA) 및

알루미늄트리클로라이드($AlCl_3$) 및 본원에서 언급된 임의의 질소 전구체를 포함한다. 갈륨 나이트라이드를 증착하기 위한 주기적 증착 공정, ALD 및 CVD용으로 적절한 전구체는, TMG, TEG, $GaCl_3$, 및 본원에서 언급된 임의의 질소 전구체를 포함한다.

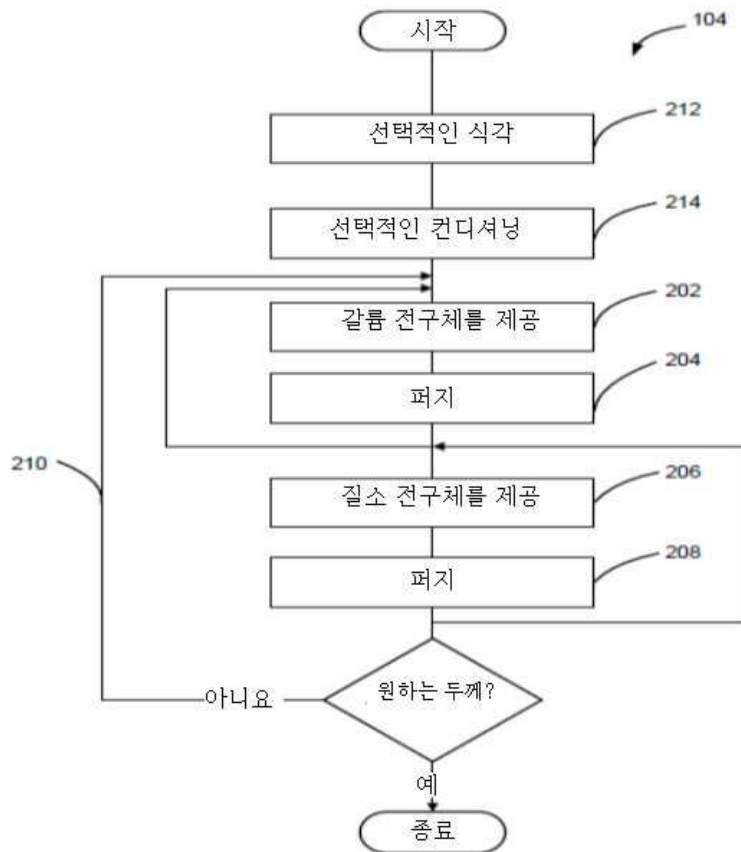
- [0039] 도 4는 본 개시의 추가적인 실시예에 따라 기판의 표면 상에 갈륨 나이트라이드를 선택적으로 형성하기 위해 구성된 시스템(400)을 도시한다. 시스템(400)은 반응 챔버(402), 제1 반응물/전구체 공급원(404), 제2 반응물/전구체 공급원(406), 하나 이상의 퍼지 가스 공급원(408), 진공원(410), 및 시스템 작동 및 제어기(412)를 포함한다. 본원에서 설명하는 방법을 수행하기 위한 적절한 시스템은, Pulsar®라는 이름으로 ASM International로부터 상용 가능하다.
- [0040] 반응 챔버(402)는, 소정의 압력, 온도, 및 주변 조건 하에서 기판을 유지하고(미도시) 기판을 다양한 가스에 선택적으로 노출시키기 위한 장치를 포함할 수 있다. 예시적인 압력 및 온도가 위에서 제공된다.
- [0041] 전구체 공급원(404)은 도관 또는 다른 적절한 수단(404A)에 의해 반응 챔버(402)에 연결될 수 있고, 매니폴드, 밸브 제어 시스템, 질량 유량 제어 시스템, 또는 전구체 공급원(404)으로부터 유래되는 가스 전구체를 제어하기 위한 장치에 추가로 연결될 수 있다. 유사하게, 전구체 공급원(406)은 도관 또는 다른 적절한 수단(406A)에 의해 반응 챔버(402)에 연결될 수 있고, 매니폴드, 밸브 제어 시스템, 질량 유량 제어 시스템, 또는 전구체 공급원(406)으로부터 유래되는 가스 전구체를 제어하기 위한 장치에 추가로 연결될 수 있다.
- [0042] 전구체 공급원(404) 및/또는 전구체 공급원(406)에 의해 공급되는 전구체(미도시)는 실온 및 표준 대기압 상태에서 액체 또는 고체일 수 있다. 이러한 전구체는, 전구체 공급원 챔버 내에서의 기화 온도 또는 그 이상으로 유지될 수 있는 반응물 공급원 진공 용기 내에서 기화될 수 있다. 이러한 구현예에서, 기화된 전구체를 캐리어 가스(예, 비활성 또는 불활성 가스)와 함께 이동시킨 다음 도관(404A) 또는 도관(404B)을 통해 반응 챔버(402) 내로 공급시킬 수 있다. 다른 구현예에서, 전구체는 표준 상태에서 증기일 수 있다. 이러한 구현예에서, 전구체는 기화될 필요가 없으며, 캐리어 가스를 필요로 하지 않을 수 있다. 예를 들어, 일 구현예에서 전구체는 가스 실린더 내에 저장될 수 있다.
- [0043] 퍼지 가스 공급원(408)은 도관(408A)을 통해 반응 챔버(402)에 또한 결합될 수 있으며, 다양한 불활성 또는 귀가스를 반응 챔버(402)로 선택적으로 공급하여 반응 챔버로부터 전구체 가스 또는 폐가스의 제거를 돕는다. 공급될 수 있는 다양한 불활성 또는 귀가스는 고체, 액체 또는 저장된 기체 형태로부터 유래될 수 있다.
- [0044] 진공원은 건조 및/또는 터보분자 펌프를 포함할 수 있다.
- [0045] 시스템 작동 및 제어 메커니즘(412)은 반응 시스템(400)에 포함된 밸브, 매니폴드, 펌프 및 기타 설비를 선택적으로 작동시키기 위한 전자 회로 및 기계적 구성 요소를 제공할 수 있다. 이러한 회로 및 부품은, 각각의 전구체 공급원(404, 406) 및 퍼지 가스 공급원(408)으로부터 전구체, 퍼지 가스를 도입하기 위해 작동한다. 시스템 작동 및 제어 메커니즘(412)은 가스 펄스 순서의 타이밍, 기판 및 반응 챔버의 온도, 및 반응 챔버의 압력 그리고 반응 시스템(400)의 적절한 작동을 제공하기 위해 필요한, 다양한 다른 작동을 또한 제어한다. 작동 및 제어 메커니즘(410)은 반응 챔버(402) 내외로의 전구체, 반응물, 및 퍼지 가스의 흐름을 제어하기 위한 제어 소프트웨어 및 전기식 또는 공압식 제어 밸브를 포함할 수 있다. 제어 시스템은 소프트웨어 또는 하드웨어 구성 요소 예를 들어, 특정 작업을 수행하는 FPGA 또는 ASIC과 같은 모듈을 포함할 수 있다. 모듈은 제어 시스템의 어드레스 가능한 저장 매체에 탑재되어 하나 이상의 공정을 실행하도록 유리하게 구성될 수 있다.
- [0046] 본 개시의 예시적인 구현예가 본원에 명시되지만, 본 개시는 이에 한정되지 않는다는 것을 이해해야 할 것이다. 본원에 기재된 장치, 조립체, 및 시스템의 다양한 변형, 변화 및 개선이 본 개시의 사상 및 범주를 벗어나지 않고 이루어질 수 있다.
- [0047] 달리 언급하지 않으면, 본 개시의 요지는 본원에 개시된 다양한 시스템, 구성 요소, 및 구조, 및 다른 특징, 기능, 행위 및/또는 성질의 모든 신규하고 비자명한 조합 및 하위 조합뿐만 아니라 임의의 그리고 모든 이들의 등가물들을 포함한다.

도면

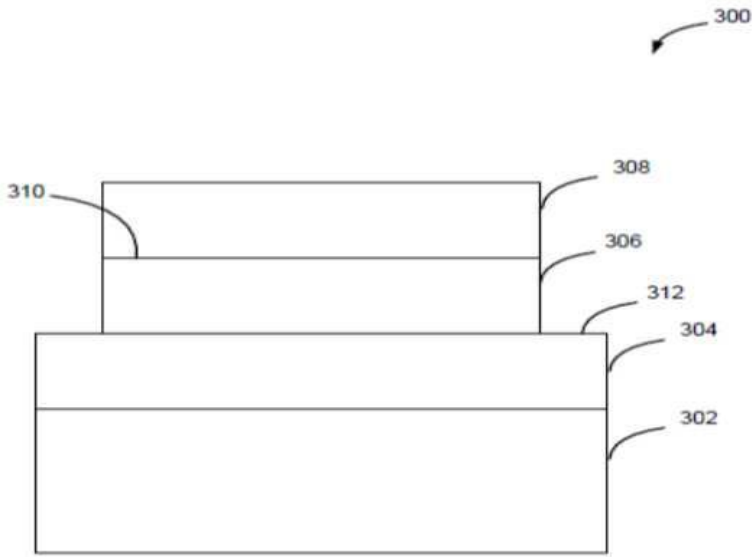
도면1



도면2



도면3



도면4

