(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0083605
(43) 공개일자 2009년08월04일

(51) Int. Cl.
B82B 3/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0009505
(22) 출원일자 2008년01월30일
심사청구일자 2008년01월30일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제캠퍼스내
(72) 발명자
김진교
서울 중구 신당6동 푸르지오아파트 104동 804호
최혁민
서울 중랑구 상봉1동 신내13단지엘지아파트 1307-1508
(74) 대리인
오세중

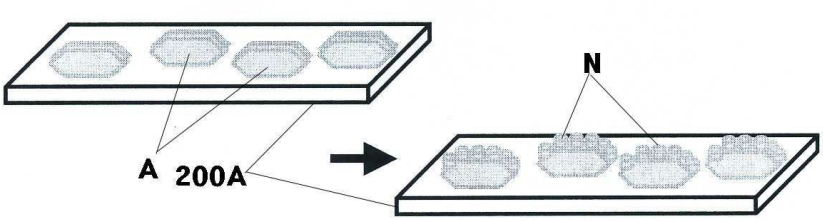
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 선택적 나노 구조체의 제조방법

(57) 요 약

본 발명은 기판 상부에 선택적으로 성장 가능한 나노 구조체 제조 방법에 관한 것으로, 특히 질화갈륨 나노 구조체 제조장치에 장착한 고온의 기판에 염화수소(HCl) 가스만을 투입하여 기판을 부분 식각하고, 갈륨(Ga) 원소를 Ⅲ-족 원소 용기에 담고 반응가스들을 주입하여 상기 기판의 식각된 부분에 질화갈륨 나노 구조체를 성장시켜 제조하는 선택적 나노 구조체의 제조방법을 제공한다.

대 표 도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10583
부처명	서울특별시
연구사업명	서울시 산학연 협력사업(기술기반구축사업)
연구과제명	나노공정 기술 및 장비 개발 산학연 혁신 클러스터
주관기관	국민대학교 산학협력단
연구기간	2005년 12월 1일 ~ 2010년 11월 30일

특허청구의 범위

청구항 1

질화갈륨 나노 구조체 제조 장치를 이용하여 기판 상부에 질화갈륨 나노 구조체를 제조하는 방법에 있어서,

상기 기판을 나노 구조체 제조장치에 장착하고 염화수소 가스만을 주입하여 상기 기판을 부분 식각하는 단계를 포함하여서 상기 식각된 부분에서만 질화갈륨 나노 구조체가 성장하도록 하는 것을 특징으로 하는 선택적 질화갈륨 나노 구조체의 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 염화수소 가스에 의해 식각되는 기판은 700~1200℃로 가열하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 선택적 질화갈륨 나노 구조체의 제조방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 기판은 사파이어, SiC, Si, GaAs 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 선택적 질화갈륨 나노 구조체 제조방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 선택적으로 성장한 나노 구조체는 나노 와이어 또는 나노 로드인 것을 특징으로 하는 선택적 질화갈륨 나노 구조체의 제조방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 기판 상부에 선택적으로 성장 가능한 나노 구조체 제조 방법에 관한 것으로, 특히 질화갈륨 나노 구조체 제조장치에 장착한 고온의 기판에 염화수소(HCl) 가스만을 투입하여 기판을 부분 식각하고, 갈륨(Ga) 원소를 Ⅲ-족 원소 용기에 담고 반응가스들을 주입하여 상기 기판의 식각된 부분에 질화갈륨 나노 구조체를 성장시켜 제조하는 선택적 나노 구조체의 제조방법을 제공한다.

배 경 기 술

<2> 갈륨(Ga)을 포함하는 Ⅲ-족 원소를 기반으로 하는 질화물 반도체 재료는 매우 큰 직접 천이형 에너지띠 간격을 가지고 있어 UV에서부터 청색에 이르는 영역까지 빛을 낼 수 있는 광소자재료로 큰 관심을 모으고 있으며, 에피탁시(epitaxy) 형태로 성장시켜 사용하고 있다.

<3> 상기와 같이 반도체 재료를 에피탁시 형태로 성장시키는 대표적인 방법으로는 금속 유기화학 증착법(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition; MOCVD), 분자 빔 켜쌓기(Molecular Beam Epitaxy;MBE)법 및 하이드라이드 베이퍼 페이즈 에피탁시(Hydride Vapor Phase Epitaxy;HVPE)법 등이 사용되고 있다.

<4> 상기 MOCVD 또는 MBE법은 고품질의 반도체 에피탁시를 성장시키는데 매우 유리한 장점을 가지고 있으나 반도체 재료를 제조하기 위한 비용이 많이 들뿐만 아니라 반도체 재료의 성장속도가 느리다는 단점이 있다.

<5> 또한, HVPE법은 상대적으로 켜쌓기 성장 필름(epitaxy grown film)의 특성이 떨어지지만 저렴한 가격으로 반도체 재료를 제조할 수 있고, 반도체 재료의 성장속도가 빨라 질화갈륨(GaN) 후막 제조에 유리할 뿐 아니라, 나노 구조체의 제조에도 매우 유리한 특징을 갖고 있다

<6> 도1은 HVPE법을 이용하여 질화갈륨 나노 구조체를 제조하는 장치의 구성을 나타낸 것으로, 가스를 주입해서 반

응시키는 반응관(100)의 일 측에 HCl 가스가 주입되는 제1가스 주입관(110)과, NH_3 등의 V-족 원소를 포함하는 기체가 주입되는 제2가스 주입관(120)이 형성되며, 상기 제1가스 주입관(110) 중간에는 Ⅲ-족 원소인 Ga을 담기 위한 용기(130)가 설치되어 있다. 또한, 상기 반응관(100) 내부에는 탄화규소 또는 사파이어 등의 기판(200)을 고정시켜 그 위치를 조절할 수 있는 로딩암(140)이 설치되어 있으며, 타측에는 반응가스들을 배기시키기 위한 배기구(150)가 형성되어 있다. 또한, 상기 반응관(100) 외벽에는 전기로(160)가 설치되어 반응관(100)과 모기판의 온도를 조절할 수 있도록 구성되어 있다.

<7> 상기 질화갈륨(GaN)은 실리콘과는 달리 단결정을 성장시키기 어렵기 때문에 웨이퍼 형태의 동종 기판이 없어 주로 사파이어 기판과 같은 이종 기판을 사용하고 있다. 상기와 같은 이종 기판에 질화물 반도체를 성장시킬 경우에는 격자상수 및 열팽창 계수의 차이가 심하여 전위(dislocation)가 생겨 박막의 결정성이 매우 저하된다. 뿐만 아니라 질화갈륨 후막을 성장시키는 경우에도 격자상수 및 열팽창 계수 차이가 심하여 다수의 전위(dislocation)가 생성된다.

<8> 그러나 전위(dislocation)가 없는 질화갈륨 나노 구조체를 이용한 발광 다이오드를 제조할 경우 이종 기판에 성장시킨 질화갈륨 후막을 이용한 발광 다이오드보다 광학적 성능이 우수하다.

<9> 따라서, 상기 질화갈륨 나노 구조체를 선택적으로 성장시켜 전위가 없는 질화갈륨 나노 구조체를 제조하는 방법으로, 상기 기판을 질화갈륨 나노 구조체 제조장치에 장착하기 전에 마스크를 도포하고 부분 식각을 통해 패턴을 형성한 다음, 상기 나노 구조체 제조장치에 장착한 후, 갈륨을 담고 반응 가스들을 주입함으로써 상기 부분 식각된 패턴 부분에만 나노 구조체가 성장하도록 하는 방법이 주로 사용되고 있었다.

<10> 그러나, 상술한 바와 같이 기판에 마스크 패턴 공정을 실시하기 위해서는 별도의 장비 및 공정이 필요하게 때문에 제조공정이 복잡하고 비용이 많이 소요된다는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<11> 따라서, 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 질화갈륨 나노 구조체 제조장치에 장착된 고온의 기판에 HCl 가스만을 먼저 주입하여 부분적으로 식각되도록 하고, Ⅲ-족 원소용기에 질화갈륨을 담고 반응가스들을 주입하여 기판의 식각된 부분에서만 질화갈륨 나노 구조체가 성장하도록 함으로써 원하는 부분에 선택적으로 성장하도록 하는 것을 목적으로 한다.

<12> 또한, 상기와 같이 기판을 상기 나노 구조체 제조장치에 장착한 상태에서 염화수소 가스만을 이용하여 식각을 실시한 후, 그 식각된 부분에만 질화갈륨 나노 구조체가 성장하도록 함으로써 선택적으로 질화갈륨 나노 구조체를 성장시키기 위한 공정을 단순화하고, 제조비용을 감소시키는 것을 다른 목적으로 한다.

<13> 또한, 상기와 같이 기판 상부에 선택적으로 질화갈륨 나노 구조체의 성장이 가능하도록 함으로써 이종기판을 사용하더라도 전위(dialocation)가 없는 질화갈륨 나노 구조체를 제조하여 광학적 성능이 우수한 발광 다이오드 소자로 사용할 수 있도록 하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

과제 해결수단

<14> 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 질화갈륨 나노 구조체 제조 장치를 이용하여 기판 상부에 질화갈륨 나노 구조체를 제조하는 방법에 있어서, 상기 기판을 나노 구조체 제조장치에 장착하고 고온으로 유지된 상태에서 염화수소 가스만을 주입하여 상기 기판을 부분 식각하는 단계를 포함하여서 상기 식각된 부분에서만 질화갈륨 나노 구조체가 성장하도록 하는 것을 특징으로 하는 선택적 질화갈륨 나노 구조체의 제조방법을 제공한다.

효 과

<15> 상기와 같이 본 발명에 따라 질화갈륨 나노 구조체 제조장치에 기판을 장착한 후 고온으로 유지한 상태에서 HCl 가스만을 주입하여 기판에 부분적으로 식각되도록 하고, Ⅲ-족 원소용기에 질화갈륨을 담고 반응가스들을 주입하여 기판의 식각된 부분에서만 질화갈륨 나노 구조체가 성장하도록 함으로써 원하는 부분에 선택적으로 성장시킬 수 있다.

<16> 또한, 상기와 같이 기판을 상기 나노 구조체 제조장치에 장착한 상태에서 연화수소 가스만을 이용하여 식각을 실시한 후, 그 식각된 부분에만 질화갈륨 나노 구조체가 성장하도록 함으로써 선택적으로 질화갈륨 나노 구조체

를 성장시키기 위한 공정을 단순화하고, 제조비용을 감소시킬 수 있다.

<17> 또한, 상기와 같이 기판 상부에 선택적으로 질화갈륨 나노 구조체의 성장이 가능하도록 함으로써 이종기판을 사용하더라도 전위(dialocation)가 없는 질화갈륨 나노 구조체를 제조하여 광학적 성능이 우수한 발광 다이오드 소자로 사용할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<18> 본 발명은 질화갈륨 나노 구조체 제조장치를 사용하여 별도의 마스크 패턴 공정 없이 기판을 식각하고, 그 식각된 부분에만 질화갈륨 나노 구조체를 성장시키는 선택적 질화갈륨 나노 구조체의 제조방법에 관한 것으로, 도1의 HVPE법을 이용한 질화갈륨 나노 구조체 제조장치를 이용하여 기판 상부에 선택적으로 질화갈륨 나노 구조체를 제조하는 방법을 실시예를 들어 설명하기로 한다.

<19> 먼저, 상기 질화갈륨 나노 구조체 제조장치의 로딩암(140)에 기판을 장착하고 가열시켜 약 700 내지 1200℃로 유지한다. 이때 사용되는 기판은 사파이어, SiC, Si, GaAs 기판이 사용될 수 있으며, 이하에서는 사파이어 기판을 예로들어 설명하기로 한다.

<20> 다음에, 상기 나노 구조체 제조장치의 Ⅲ-족 원소 용기(130)에 Ga 원소를 담지 않은 상태에서 제1가스 주입관(110)을 통해 상기 가열된 기판에 HCl 가스만을 주입한다. 이때, 식각되는 영역의 면적 및 식각정도는 상기 주입되는 HCl 가스의 주입시간과 유량에 비례한다.

<21> 상기와 같이 주입된 HCl 가스는 장착된 사파이어 기판을 도2에 도시된 바와 같은 형태로 부분 식각을 실시하게 된다. 식각되기 전의 사파이어 기판(200)은 HCl 가스를 이용한 식각 공정이 완료된 후 식각된 사파이어 기판(200A) 표면에 육각형 모양의 식각부(A)들이 형성되어 사파이어 기판의 c-plane 결정면 이외의 다른 결정면들이 드러나게 된다.

<22> 다음에, 제2가스 주입관(120)을 통해 Ⅴ-족 원소를 포함하는 가스인 NH_3를 주입한다. 다음에, 상기 기판(200)의 온도가 질화갈륨 박막의 성장온도에 도달하면, Ⅲ-족 원소가 담긴 용기(130)를 통과하는 제1가스 주입관(110)을 통해 HCl 가스를 통과시켜 상기 Ⅲ-족 원소 용기(130)에 담긴 갈륨(Ga)과 반응시킨다.

<23> 상기 실시예에서와 같이 Ⅲ-족 원소 용기(130)에 갈륨을 담고, HCl 가스를 주입하여 반응시켜 생성된 GaCl이 사파이어 기판 상부로 유입되고, 상기 유입된 GaCl은 제2가스 주입관으로 주입되는 NH_3 가스와 반응하여 GaN을 생성하여 기판에 증착되어 질화갈륨 나노 구조체로 성장하게 된다. 이때, 사파이어 기판에서 질화갈륨이 용이하게 성장하는 부분은 식각되기 전의 c-plane이 아닌 식각에 의해 드러난 새로운 결정면들이다.

<24> 즉, HCl 가스에 의해 식각되어 노출되는 추가적인 결정면에서만 질화갈륨이 성장하게 되므로 선택적인 질화갈륨 나노 구조체의 제조가 가능하게 된다.

<25> 도3은 상기 HCl 가스에 의해 식각되어 식각부(A)를 갖는 기판(200A) 상부에 상기와 같이 반응 가스들을 주입하여 상기 식각부(A)에 질화갈륨 나노 구조체(N)가 성장된 상태를 나타낸 것이고, 도4는 그 식각부(A)의 각 단층에 성장한 나노 구조체(A)를 나타낸 전자 현미경 사진이다.

<26> 상기와 같이 본 발명에 따른 선택적 나노 구조체의 제조방법은 HCl 가스만을 이용하여 질화갈륨 나노 구조체 제조장치 내부에서 식각공정을 진행하므로 별도의 장치나 공정 등에 의한 마스크 패턴 공정 없이 용이하게 식각된 부분에서 선택적으로 성장한 나노 구조체를 제조할 수 있다.

<27> 또한, 상기와 같이 HCl 가스로 식각된 부분에 성장하는 질화갈륨 나노 구조체는 질화갈륨 나노 와이어 또는 질화갈륨 나노 로드이다.

<28> 이상과 같이 본 발명을 도면에 도시한 실시예를 참고하여 설명하였으나, 이는 발명을 설명하기 위한 것일 뿐이며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 고안의 상세한 설명으로부터 다양한 변형 또는 균등한 실시예가 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 권리범위는 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 결정되어야 한다.

도면의 간단한 설명

<29> 도1은 HVPE법을 이용하여 질화 갈륨 나노 구조체를 제조하는 질화갈륨 나노 구조체 제조장치의 한 실시예를 나타낸 도면.

<30> 도2는 본 발명에 따른 HCl 가스만으로 식각되는 사파이어 기판의 식각상태를 나타낸 도면.

<31> 도3은 본 발명에 따라 식각된 사파이어 기판 상부에 선택적으로 성장한 질화갈륨 나노 구조체의 한 실시예를 나타낸 도면.

<32> 도4는 본 발명에 따라 식각된 이종 사파이어 기판 위에 선택적으로 성장한 질화 갈륨 나노 구조체의 전자현미경 사진.

<33> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

<34> 100 : 반응관 110 : 제1가스 주입관

<35> 120 : 제2가스 주입관 130 : 용기

<36> 140 : 로딩암 150 : 배기구

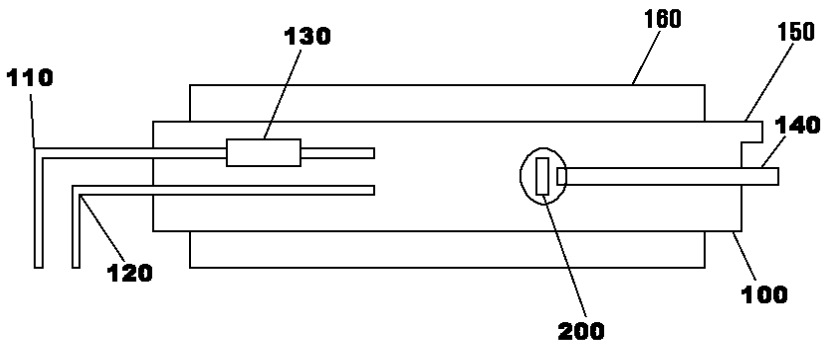
<37> 160 : 전기로 200 : 기판

<38> 200a : 식각된 기판 A : 식각부

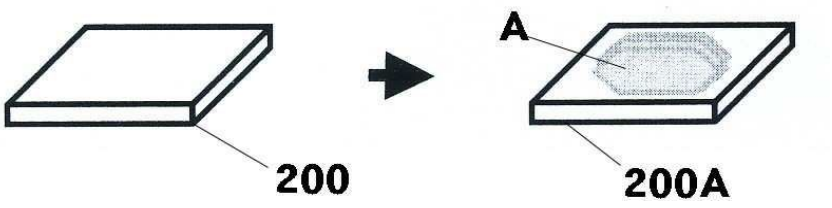
<39> N : 나노 구조체

도면

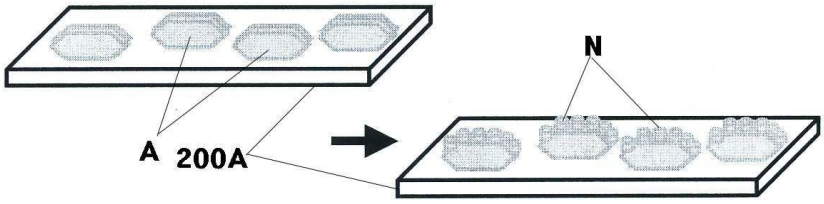
도면1



도면2



도면3



도면4

