(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0083602
(43) 공개일자 2009년08월04일

(51) Int. Cl.
H01L 21/20 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0009502
(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
이상화
서울 관악구 남현동 1071-37 남현빌라 201호
(74) 대리인
오세중

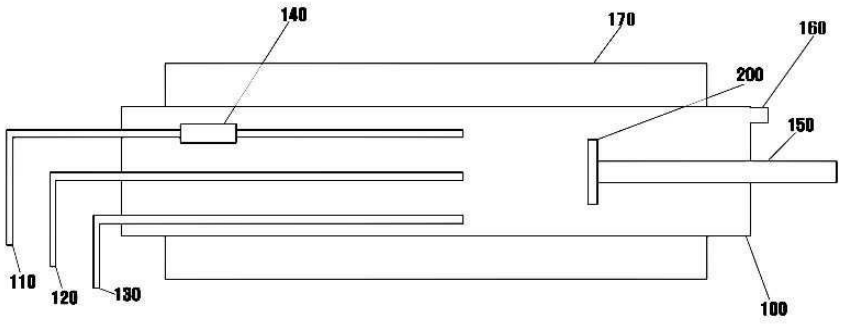
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 질화갈륨 나노 디스크의 제조방법

(57) 요 약

본 발명은 질화갈륨 나노 디스크를 별도의 후처리 없이 간편하게 제조할 수 있는 방법에 관한 것으로, 특히 질화갈륨 나노 구조체를 제조하기 위한 장치를 이용하여 질화 갈륨을 성장시키는 반응기체인 HCl과 NH_3를 일정한 시간간격에 따라 주기적으로 공급함으로써, 식각을 하지 않고 자기조립방식에 의해 나노 디스크 성장이 가능함과 동시에 그 나노 디스크의 크기를 조절하여 제조할 수 있는 질화갈륨 나노 디스크 제조방법을 제공한다.

대 표 도 - 도1



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

기판 상부에 질화갈륨 나노 구조체를 제조하기 위한 장치를 이용하여 질화 갈륨 나노 구조체를 제조하는 방법에 있어서,

상기 질화갈륨 나노 구조체 제조장치에 반응 가스들의 공급과 차단을 정해진 시간 간격에 따라 주기적으로 제어하는 것을 특징으로 하는 질화갈륨 나노 디스크의 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 반응 가스들의 공급과 차단의 한 주기는 0.1초 내지 2시간이며, 한 주기안에서 반응 가스가 공급되는 시간 및 반응 가스가 차단되는 시간은 각각 01.초 내지 2시간인 것을 특징으로 하는 질화갈륨 나노 디스크 제조방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 질화갈륨 나노 구조체 제조장치 내부로 공급되는 반응가스는 HCl 및 NH_3 그리고 불활성 가스로 질소(N_2), 수소(H_2), 아르곤(Ar) 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 질화갈륨 나노 디스크 제조방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 기판의 온도는 300 내지 1300℃로 유지하는 것을 특징으로 하는 질화갈륨 나노 디스크 제조방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 질화갈륨 나노 디스크를 별도의 후처리 없이 간편하게 제조할 수 있는 방법에 관한 것으로, 특히 질화갈륨 나노 구조체를 제조하기 위한 장치를 이용하여 질화 갈륨을 성장시키는 반응기체인 HCl과 NH_3를 일정한 시간 간격에 따라 주기적으로 공급함으로써, 식각을 하지 않고 자기조립방식에 의해 나노 디스크 성장이 가능함과 동시에 그 나노 디스크의 크기를 조절하여 제조할 수 있는 질화갈륨 나노 디스크 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 빠르지만 질화갈륨(GaN) 나노 구조체와 같은 Ⅲ-족 원소로 구성된 나노 구조체의 제조에도 유리하다.

<6> 상기 질화갈륨(GaN)은 실리콘과는 달리 단결정을 성장시키기 어렵기 때문에 웨이퍼 형태의 동종 기판이 없어 사파이어 기판과 같은 이종 기판을 사용하고 있다. 상기와 같은 이종 기판에 질화물 반도체를 성장시킬 경우에는

격자상수 및 열팽창 계수의 차이가 심하여 박막의 결정성이 매우 저하되고 품질이 저하된다는 문제점이 있었다.

<7> 상기 문제점을 해결하기 위해 기판의 영향을 크게 받지 않으면서 양질의 결정성을 나타내는 나노 구조체 제작이 큰 관심을 끌고 있으며, 나노디스크는 나노막대와 마찬가지로 스레딩 전위(threading dislocation), 적층 결함(stacking fault 등과 같은 여러가지 결함이 존재하지 않기 때문에 비방사 재결합(nonradiative recombination)으로 인한 공효율 감소가 일어나지 않는다.

<8> 또한 나노 디스크는 나노 막대보다 기판 위에 물리적으로 안정된 형태로 존재하며, 공명기(resonator)로 사용될 수 있어 단위 부피당 방출되는 빛의 강도를 높일 수 있는 나노광소자로 응용하기에 적합하다.

<9> 도1은 HVPE법을 이용하여 질화갈륨 후막을 제조하는 장치의 구성을 나타낸 것으로, 가스를 주입해서 반응시키는 반응관(100)의 일측에 HCl 가스가 주입되는 제1가스 주입관(110)과, NH_3 등의 V-족 원소를 포함하는 기체가 주입되는 제2가스 주입관(120)과, 불활성 가스를 주입하는 제3가스 주입관(130)이 형성되며, 상기 제1가스 주입관(110) 중간에는 Ⅲ-족 원소인 Ga을 담기 위한 위한 용기(140)가 설치되어 있다. 또한, 상기 반응관(100) 내부에는 탄화규소 또는 사파이어 등의 기판(200)을 고정시켜 그 위치를 조절할 수 있는 로딩암(150)이 설치되어 있으며, 타측에는 반응가스들을 배기시키기 위한 배기구(160)가 형성되어 있다. 또한, 상기 반응관(100) 외벽에는 전기로(170)가 설치되어 반응관(100)과 모기판의 온도를 조절할 수 있도록 구성되어 있다.

<10> 상기 질화갈륨 나노 구조체 제조장치를 이용하여 나노 구조체를 제조하는 방법은, 상기 용기(130)에 Ⅲ족 원소인 Ga를 담아두고, 모기판을 설치한 후, 반응관(100)에 가스를 흘리면서 전기로(160)에 전원을 공급하여 반응관(100)을 가열한다. 상기와 같이 반응관(100)이 가열되어 소정의 온도에 도달하게 되면, 제2가스 주입관(120)를 통해 V-족 원소를 포함하는 기체로 NH_3를 주입하고, 나노 막대 또는 박막 성장온도에 도달하면 할리드 가스로 HCl을 제1가스 주입관(110)을 통해 주입시킨다. 상기와 같이 제1가스 주입관을 통과하는 HCl 가스는 Ga가 담겨 있는 용기(130)를 통과하면서 반응하여 GaCl을 생성하게 된다. 상기 생성된 GaCl은 모기판(200)의 상부에서 NH_3와 혼합되어 질화갈륨(GaN)을 생성하게 되고, 그 생성된 질화갈륨은 모기판(200) 상부에 부착되어 질화갈륨 나노 디스크와 같은 나노 구조체로 성장하였다.

<11> 그러나, 상기와 같은 방법으로 질화갈륨 나노 디스크를 제조할 경우 성장 시간이 조금만 길어져도 나노 디스크가 아닌 박막이 형성된다는 문제점이 있었다.

<12> 또한, 동종 기판을 사용하는 것이 아니기 때문에 전위(dislocation)가 발생하는 등 많은 결함을 갖고 있으며, 제조된 나노 디스크의 표면이 매끄럽지 못함에 따라 식각공정 등을 통해 톱-다운(top-down) 방법으로 나노 디스크를 제조하여야 하기 때문에 나노 디스크를 제조하기 위한 공정이 복잡하고 이에 따른 비용이 많이 소요된다는 문제점도 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<13> 상기 문제점을 해결하기 위하여 본 발명은 상기와 같은 질화갈륨 나노 구조체 제조장치에 제공되는 반응 가스들을 일정한 시간에 따라 주기적으로 공급하여 기판 상부에 공급되는 갈륨과 질소 원자들이 확산될 수 있는 시간을 충분히 제공함으로써 자발적으로 성장한 매끄러운 표면을 갖는 나노 디스크를 제공하는 것을 목적으로 한다.

<14> 또한, 상기 반응 가스들을 흘려주는 시간과 차단하는 시간의 반복 횟수와 온도 조절을 통해 제조되는 나노 디스크의 직경과 두께를 조절할 수 있도록 하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

과제 해결수단

<15> 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 기판 상부에 질화갈륨 나노 구조체를 제조하기 위한 장치를 이용하여 질화 갈륨 나노 구조체를 제조하는 방법에 있어서, 상기 질화갈륨 나노 구조체 제조장치에 반응 가스들을 정해진 시간 간격에 따라 공급과 차단을 주기적으로 제어하는 것을 특징으로 하는 질화갈륨 나노 디스크의 제조방법을 제공한다.

효 과

<16> 상기와 같이 본 발명에 따라 질화갈륨 나노 구조체 제조장치의 가스 주입관들로 질화 갈륨을 성장시키는 반응가

스인 HCl과 NH_3의 주입과 차단을 일정한 시간간격으로 주기적으로 제어함으로써, 식각 등의 공정이 필요없이 자기조립방식에 의해 표면이 매끄럽고 원하는 크기를 갖는 질화갈륨 나노 디스크를 제조할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<17> 본 발명은 질화갈륨 나노 구조체 제조장치를 사용하여 질화갈륨을 성장하는 반응가스인 HCl과 NH_3를 공급과 차단을 주기적으로 제어하여 질화갈륨 나노 디스크를 성장시키는 방법에 관한 것으로, 도1의 HVPE법을 이용한 질화갈륨 나노 구조체 제조장치를 이용하여 표면이 매끄러운 질화갈륨 나노 디스크를 제조하는 방법을 실시예를 들어 설명하기로 한다.

<18> 먼저, 상기 질화갈륨 나노 구조체 제조장치의 로딩암에 기판(200)을 장착하고, Ⅲ-족 원소 용기(140)에 Ⅲ-족 원소인 갈륨(Ga) 담고, 상기 Ⅲ-족 원소 용기(140)의 온도를 400 내지 800℃로 유지한다. 이때, 상기 기판(200)으로는 사파이어, SiC, Si 또는 GaAs 기판을 사용한다.

<19> 다음에, 제2가스 주입관(120)을 통해 Ⅴ-족 원소를 포함하는 가스인 NH_3를 주입하며, 제3가스 주입관(130)을 통해 불활성 가스인 N_2, H_2, 아르곤 중 어느 하나를 주입하면서 상기 기판의 온도를 나노 디스크의 성장온도인 300~1300℃로 조절한다.

<20> 다음에, 상기 Ⅲ-족 원소가 담긴 용기(140)를 통과하는 제1가스 주입관(110)을 통해 HCl 가스를 통과시켜 상기 용기에 담긴 Ga 원소와 반응시킨다.

<21> 상기와 같이 주입되는 HCl 가스는 Ⅲ-족 원소 용기(140)에 담긴 갈륨(Ga)과 반응하여 염화갈륨(GaCl)을 생성하고, 상기 생성된 염화갈륨(GaCl)은 상기 기판(200) 상부에서 제2가스 주입관으로 주입된 NH_3과 반응하여 질화갈륨(GaN)을 지속적으로 생성하며, 상기 생성된 질화갈륨은 기판에 증착되어 질화갈륨 나노 디스크로 성장한다.

<22> 이때, 상기 제1가스 주입관(110)과 제2가스 주입관(120)으로 주입되는 염화수소(HCl) 가스와 HN_3 가스의 공급을 차단하면 더 이상의 염화갈륨(GaCl)은 생성되지 않게 되고, 이로 인해 반응로 내부에 잔존하는 염화갈륨과 NH_3 가스가 반응하여 기판 상부에 증착된 질화갈륨을 확산시킨다.

<23> 상기와 같이 반응가스들인 HCl 가스와 HN_3 가스의 공급과 차단을 일정한 시간 주기로 반복한다.

<24> 구체적인 실시예로서, 상기 반응 가스를 공급하는 시간은 도2에 도시된 바와 같이 공급(a)과 차단(b)을 일정한 시간간격에 따라 조절하며, 한 주기를 0.1초 내지 2시간으로 설정하고, 그 한 주기내에서 반응가스 공급 시간(a)은 0.1초 내지 2시간으로, 차단하는 시간(b)을 0.1초 내지 2시간으로 설정한다.

<25> 상기와 같이 반응 가스들의 공급과 차단이 주기적으로 반복되면, 반응가스가 공급되는 동안 Ⅲ-족 원소 용기(140)에 담긴 Ga 소스와 HCl이 반응하여 염화갈륨(GaCl)이 반응로 내부로 유입되고, 그 GaCl은 제2가스 주입관을 통해 공급되는 NH_3 가스와 반응하여 기판 상부에 GaN을 생성한다. 또한, 반응가스들의 공급이 차단되면 반응로 내부에 잔존하는 GaCl과 NH_3 가스들로 인해 미량의 질화갈륨(GaN)이 생성되어 이미 기판에서 성장하는 질화갈륨을 확산시킨다.

<26> 상기와 같이 반응가스의 주기적인 공급 및 차단에 의해 기판에 증착되는 질화갈륨은 나노 디스크 형태로 성장된다.

<27> 상기와 같이 주기적으로 반응 가스들을 공급하게 되면 반응가스가 공급되는 시간동안 상기 기판 상부에서 갈륨과 질소 원자들이 결합하고, 반응 가스의 공급이 차단되는 동안 상기 결합된 질화갈륨이 확산될 수 있는 충분한 시간을 확보하게 되므로 도3에 도시된 바와 같이 매끄러운 표면을 갖는 질화 갈륨 나노 디스크(A)를 제조할 수 있다.

<28> 상술한 바와 같이 질화갈륨 나노 구조체 제조장치를 이용하여 반응 가스들의 주기적인 공급에 의해 제조되는 질화 갈륨 나노 디스크 이외에 Ⅲ-족 원소가 담긴 용기와 기판의 온도를 조절하여 나노 막대 또는 나노 와이어를 제조할 수도 있다.

<29> 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

<30> 도1은 질화갈륨 나노 구조체 제조장치의 한 실시예를 나타낸 도면.

<31> 도2는 본 발명에 따른 반응 가스들의 공급 주기를 나타낸 그래프.

<32> 도3은 본 발명에 따라 제조된 질화갈륨 나노 디스크의 한 실시예를 나타낸 전자현미경 사진.

<33> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

<34> 100 : 반응로 110 : 제1가스 주입관

<35> 120 : 제2가스 주입관 130 : 제3가스 주입관

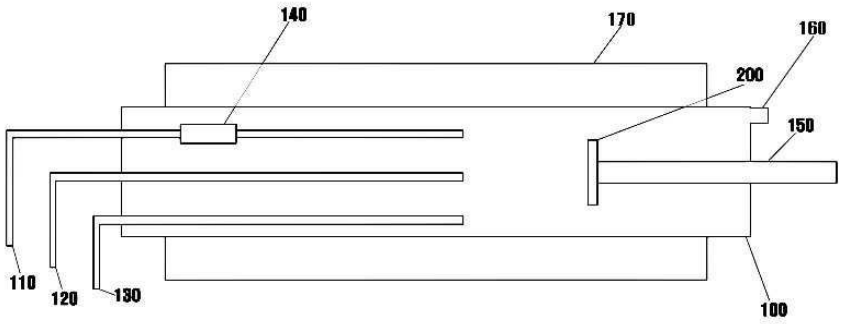
<36> 140 : 용기 150 : 로딩암

<37> 160 : 배기구 170 : 전기로

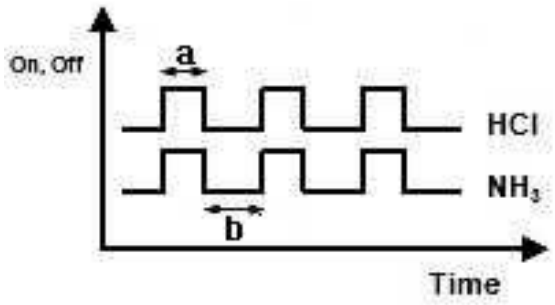
<38> 200 : 기판 A : 나노 디스크

도면

도면1



도면2



도면3

