



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01L 29/15 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년05월30일 10-0723022 2007년05월22일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2006-0045289 2006년05월19일 2006년05월19일	(65) 공개번호 (43) 공개일자
----------------------------------	---	------------------------

(73) 특허권자	경희대학교 산학협력단 경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 수원캠퍼스내
(72) 발명자	김진교 서울 중구 신당6동 푸르지오아파트 104동 804호
(74) 대리인	오세중

(56) 선행기술조사문헌 JP09036343 A KR10-0482511	JP2003218034 A KR1020050121443
---	-----------------------------------

심사관 : 배진용

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 단일 물질로 제조된 나노 구조체 및 그 제조방법에 관한 것으로, 특히 나노 스케일의 매우 작은 구조체들에서 전자 혹은 정공의 에너지 준위가 벌크에서의 에너지 준위와 다른 값을 갖게 된다는 양자 구속현상에 따른 에너지 준위의 변화를 이용하여 나노 막대 형태로 제조되고 그 나노 막대의 직경이 일정한 간격으로 변경되도록 성장시킴으로써 직경이 작은 영역에서는 전자 바닥 상태 에너지의 준위가 높아지고, 반대로 직경이 큰 영역에서는 전자 바닥 상태의 에너지 준위가 상대적으로 낮아지므로 종래의 에너지 띠 간격이 다른 두개의 재료를 적층하여 이중 접합 양자 우물을 제조하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있는 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체 및 그 제조방법을 제공한다.

대표도

도 2

특허청구의 범위

청구항 1.

하나의 물질로 제조되며 나노미터 크기를 갖는 구조체의 직경이 주기적 또는 비주기적으로 변경되도록 형성된 것을 특징으로 하는 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 구조체는 나노 막대, 니들, 위스커스 또는 와이어 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체.

청구항 3.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 구조체는 직접 천이형 에너지띠를 갖는 화합물로 제조된 것을 특징으로 하는 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체.

청구항 4.

제 3 항에 있어서,

상기 구조체를 형성하는 직접 천이형 에너지띠를 갖는 화합물은 GaN, GaAs 또는 InP 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체.

청구항 5.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 구조체는 폴리머와 같이 광자생성이 가능한 물질로 구성된 특징으로 하는 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체.

청구항 6.

나노 막대, 니들, 위스커스 또는 와이어 중 어느 하나를 기판온도 또는 반응 가스 주입용량을 설정하여 성장시키는 제1단계와;

상기 제1단계를 실시한 후, 기판의 온도를 변화시키거나 반응 가스의 주입 용량을 변화시켜 나노 막대의 직경을 1단계에서 성장시킨 나노 막대, 니들, 위스커스 또는 와이어 중 어느 하나의 직경보다 크거나 작게 성장시키는 제2단계와;

상기 제1단계와 제2단계를 반복하여 성장시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체의 제조방법.

청구항 7.

나노 막대, 니들, 위스커스 또는 와이어 중 어느 하나를 성장시키는 선처리 단계와;

상기 선처리된 나노 막대, 니들, 위스커스 또는 와이어 중 어느 하나를 주기적 또는 비주기적으로 직경이 좁고 넓음을 반복하도록 식각하는 후처리 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체의 제조방법.

청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 식각방법은,

RIE(Reactive Ion Etching)법 또는 CAIBE(Chemically Assisted Ion Beam Etching)법 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 단일 물질로 제조된 나노 구조체 및 그 제조방법에 관한 것으로, 특히 나노 스케일의 매우 작은 구조체들에서 전자 혹은 정공의 에너지 준위가 벌크에서의 에너지 준위와 다른 값을 갖게 된다는 양자 구속현상에 따른 에너지 준위의 변화를 이용하여 나노 막대 형태로 제조되고 그 나노 막대의 직경이 일정한 간격으로 변경되도록 성장시킴으로써 직경이 작은 영역에서는 전자 바닥 상태 에너지의 준위가 높아지고, 반대로 직경이 큰 영역에서는 전자 바닥 상태의 에너지 준위가 상대적으로 낮아지므로 종래의 에너지 띠 간격이 다른 두개의 재료를 적층하여 이중 접합 양자 우물을 제조하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있는 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체 및 그 제조방법을 제공한다.

반도체를 이용한 다양한 소자의 제조에 있어서 전하를 띠는 개체들인 전자와 정공의 움직임에 대한 이해는 매우 중요한 요소이다. 특히, 직접 천이형 에너지 띠를 갖는 반도체에서는 전자와 정공이 결합하여 에너지 띠 간격에 해당하는 에너지를 갖는 광자를 발생시키게 되며, 이것이 광소자의 기본적인 동작원리이다.

실제로 광소자를 제작하기 위해서는 전자와 정공의 결합 확률을 극대화시켜야 하고, 상기 전자와 정공의 결합 확률을 극대화시키는 방법으로 이중 접합 양자 우물 구조를 주로 사용하고 있다.

도1은 종래의 이중 접합 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체와 그 나노 구조체에서의 광자가 생성되는 원리를 나타낸 것으로, 에너지 띠의 간격이 넓은 재료인 A와 에너지 띠의 간격이 좁은 재료인 B를 교대로 쌓아 올린 구조를 가지며, 전자와 정공이 에너지 띠 간격이 좁은 B의 영역으로 모이게 된다. 따라서 제한된 공간에 많은 수의 전자와 정공이 공존하면서 각각의 파동함수들이 중첩될 확률이 커지게 되므로 전자-정공 재결합에 의한 광자의 생성 확률이 증가하게 된다.

상기와 같이 광자 생성 효율이 좋은 양자 우물 구조를 구현하기 위해서 종래의 방법은 에너지 띠 간격이 다른 두 종류의 재료를 적층하여 이중 접합 양자구조를 갖는 나노 구조체를 제조하였다.

그러나, 상기와 같은 서로 다른 종류의 재료를 적층시킬 경우 두 물질의 격자 상수 및 열팽창 계수의 차이로 인하여 양자 우물 구조를 형성하는 두 물질 사이에 응력이 발생하여 에피택시얼(epitaxial)하게 적층하기 쉽지 않고, 계면이 평탄하지 않을 경우 전자와 정공의 흐름이 원활하지 못하여 나노 구조체의 성능이 떨어진다는 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상기 문제점을 해결하기 위하여 본 발명은 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체를 제조함에 있어서, 에너지 띠 간격이 다른 두개의 다른 물질을 적층하지 않고 하나의 물질만을 사용하여 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체와 그 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

또한, 하나의 물질로 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체를 제조함으로써 종래의 두 가지 이상의 서로 다른 물질을 적층할 때 발생하는 격자 상수 및 열팽창 계수 부정합에 기인한 결정성 결함 및 응력 발생을 최소화시킴으로써 내부 양자 효율을 극대화시킬 수 있도록 하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 하나의 물질로 제조되며 나노미터 크기를 갖는 구조체의 직경이 주기적 또는 비주기적으로 변경되도록 형성된 것을 특징으로 하는 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체를 제공한다.

또한, 나노 막대, 니들, 위스커스 또는 와이어 중 어느 하나를 기판온도 또는 반응 가스 주입용량을 설정하여 성장시키는 제1단계와; 상기 제1단계를 실시한 후, 기판의 온도를 변화시키거나 반응 가스의 주입 용량을 변화시켜 나노 막대의 직경을 1단계에서 성장시킨 나노 막대, 니들, 위스커스 또는 와이어 중 어느 하나의 직경보다 크거나 작게 성장시키는 제2단계와; 상기 제1단계와 제2단계를 반복하여 성장시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체의 제조방법을 제공한다.

발명의 구성

이하, 첨부된 도면을 참조로 하여 본 발명을 좀 더 상세히 설명하기로 한다.

도2는 본 발명에 따라 제조된 나노 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체의 단면도와 구현원리를 나타낸 것으로, 나노미터 크기를 갖는 나노 막대의 형상을 가지며, 그 나노 막대의 직경이 주기에 따라 좁고(b) 넓음(a)이 반복되도록 형성된다.

상기 나노 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체의 제조방법은 도3에 도시된 바와 같은 III-V족 원소를 포함하는 후막 제조장치를 이용하여 제조할 수 있다.

상기 후막 제조장치의 구성은 가스를 주입해서 반응시키는 반응관(100)의 일측에 HCl 등의 Halide 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 Ga 등의 III-족 원소를 담기 위한 용기(130)가 설치되어 있다. 또한, 상기 반응관(100) 내부에는 탄화규소 또는 사파이어 등으로 이루어진 모기관(200)을 안치시키기 위한 모기관 안치대(140)가 설치되어 있으며, 타측에는 반응가스들을 배기시키기 위한 배기구(150)가 형성되어 있다. 또한, 상기 반응관(100) 외벽에는 전기로(160)가 설치되어 반응관(100)과 모기관의 온도를 조절할 수 있도록 구성되어 있다.

상기와 같이 III-V족 원소를 포함하는 후막 제조장치는 용기(140)에 III족 원소인 Ga를 담아두고, 모기관을 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)을 통해 V-족 원소를 포함하는 기체로 NH_3 를 주입하고, 나노 막대의 성장온도에 도달하면 Halide 가스로 HCl을 제1가스 주입관(110)을 통해 주입시킨다. 상기와 같이 제1가스 주입관을 통과하는 HCl 가스는 Ga가 담겨있는 용기(130)를 통과하면서 반응하여 GaCl을 생성하게 된다. 상기 생성된 GaCl은 모기관(200)의 상부에서 NH_3 와 혼합되어 질화갈륨(GaN)을 생성하게 되고, 그 생성된 질화갈륨은 모기관(200) 상부에 부착되어 소정의 직경을 갖는 질화갈륨 나노막대로 성장하게 된다. 이때 상기와 동일한 조건으로 일정시간 동안 지속적으로 가스를 공급하면 원하는 길이로 성장시킨 나노 막대를 얻을 수 있다.

또한, 상기 나노 막대를 원하는 높이로 성장시킨 다음, 기관의 온도를 상승시키면 상기 질화갈륨 나노 막대의 직경이 증가하게 되고, 다시 기관의 온도를 낮추면 직경이 감소하게 된다. 따라서, 상기 질화갈륨 나노 막대의 구조는 기관의 온도가 변화된 시간에 따라 그 직경이 좁고 넓음을 반복하게 된다. 또한, 기관의 온도변화 없이 주입되는 가스의 양을 조정하여 질화갈륨 나노 막대의 직경에 변화를 줄 수 있다. 상기와 같이 하나의 구조체에 후처리 공정없이 성장 조건을 변화시켜 직경을 변경키는 방법을 버텀-업(bottom-up) 자기 조립 방식(self-assembly)이라 한다.

또한, 동일한 조건에서 원하는 크기로 나노 막대를 먼저 성장시킨 후, 부분 식각 공정을 통해 직경이 주기적 또는 비주기적으로 변경된 나노 구조체를 제조할 수도 있다. 상기와 같이 직경이 일정한 크기의 나노 막대를 성장시키고 후처리 공정으로 RIE(Reactive Ion Etching)이나 CAIBE(Chemically Assisted Ion Beam Etching) 등으로 식각을 실시하여 직경이 변경된 구조체를 형성하는 방법을 톱-다운(top-down) 방식이라 한다.

또한, 상기 광자 생성이 가능한 나노 구조체는 GaN, GaAs, InP 등 직접 천이형 에너지띠를 갖는 화합물이거나 직접 천이형 에너지띠를 갖지 않더라도 광자생성이 가능한 폴리머 등 모든 종류의 재료를 포함하며, 그 형태가 나노 막대 뿐만 아니라 성장 조건에 따라 니들(needle), 위스커스(whiskers), 와이어(wire) 등으로 형성할 수도 있다.

상기와 같이 형성된 나노 구조체의 직경이 작은 영역에서는 전자 바닥 상태의 에너지 준위가 높아지고, 반대로 직경이 큰 영역에서는 전자 바닥 상태의 에너지 준위가 상대적으로 낮아지기 때문에 마치 에너지 띠 간격이 다른 두개의 재료를 적층하여 구현된 이중 접합 양자 우물을 제조하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다.

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.

발명의 효과

본 발명에 따른 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체 및 그 제조방법은 하나의 물질로 제조되며 직경의 대소를 반복적으로 변경시킴으로써 종래의 두 가지 이상의 서로 다른 물질을 적층하여 형성한 이중 접합 양자 우물 구조에서 얻을 수 있는 높은 내부 양자 효율을 얻을 수 있다.

또한, 두 개 이상의 서로 다른 물질을 적층할 때 발생하는 격자 상수 및 열팽창 계수 부정합에 기인한 결정성 결함 및 응력 발생을 최소화시킴으로써 내부 양자 효율을 극대화 시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

도1은 종래의 이중 접합 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체에서 광자가 생성되는 원리는 나타낸 도면.

도2는 본 발명에 따른 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체에서 광자가 생성되는 원리를 나타낸 도면.

도3은 본 발명에 따른 양자 우물 구조를 갖는 나노 구조체를 제조하기 위한 HVPE 제조장치를 나타낸 단면도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

100 : 반응관 110 : 제1가스 주입관

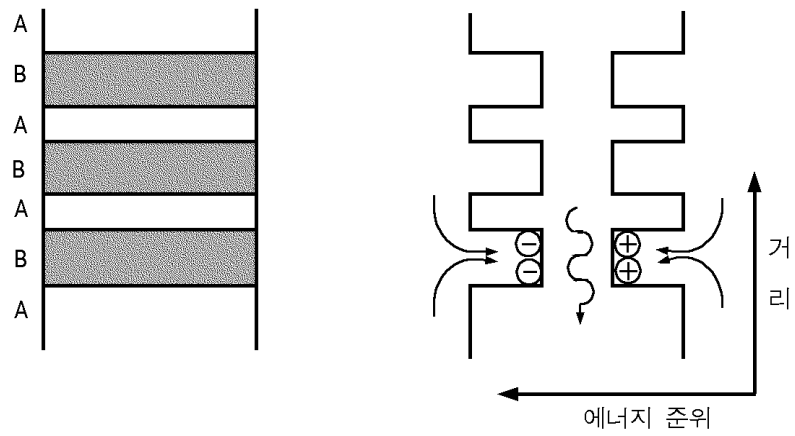
120 : 제2가스 주입관 130 : Ga 용기

140 : 모기관 안치대 150 : 배기구

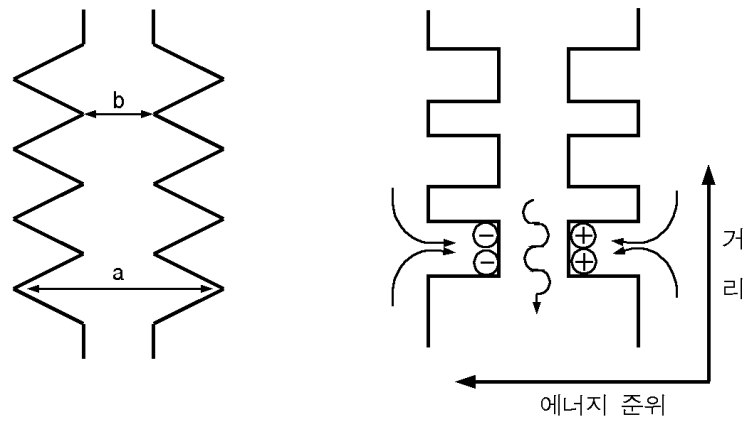
160 : 전기로 200 : 모기관

도면

도면1



도면2



도면3

