



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0006815
(43) 공개일자 2008년01월17일

(51) Int. Cl.

H01J 1/30 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0066017

(22) 출원일자 2006년07월13일

심사청구일자 2006년07월25일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 공동 220번지 충남대학교

(72) 발명자

김도진

대전 유성구 어은동 한빛아파트 101-601

(74) 대리인

이덕록

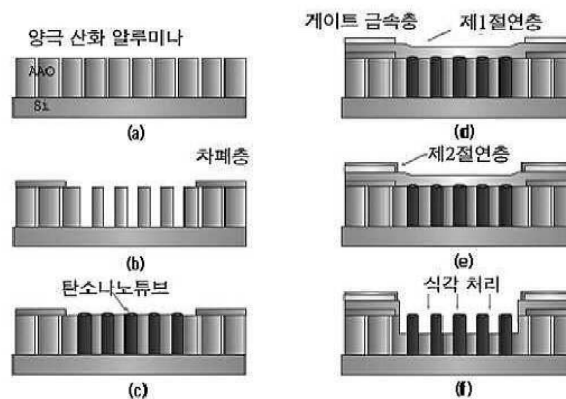
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 삼극관 구조의 탄소나노튜브 전계방출소자의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 삼극관 구조의 탄소나노튜브 전계방출소자를 제조하는 방법에 관한 것으로, Si 기판상에 형성시킨 양극 산화 알루미늄(AAO : Anodic Aluminium Oxide)를 선택적으로 차폐시켜 차폐되지 않은 공간에서 탄소나노튜브를 선택적으로 성장시키고, 그 위에 제1 절연층, 게이트 전극층 및 제2 절연층을 차례로 증착시킨 후, 식각 처리로 내부의 탄소나노튜브를 발현시킴으로써 균일한 직경 및 높이를 갖는 탄소나노튜브를 제어가능하게 성장시킬 수 있으며, 탄소나노튜브와 게이트 전극간의 절연이 가능하고 전류 누설을 방지할 수 있는 삼극관 구조의 탄소나노튜브 전계방출소자를 제조할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

- (a) Si 기판 상에 양극 염화 알루미늄(AAO : Anodic Aluminium Oxide)을 성장시키는 단계,
 - (b) 상기 양극 산화 알루미늄(AAO) 상에 차폐층(shadow layer)을 선택적으로 증착시킨 후, 양극 산화 알루미늄(AAO)를 부분적으로 차폐시켜 미세 기공의 일부분만을 드러나도록 하는 단계,
 - (c) 열화학 기상 합성 방법 또는 플라즈마 화학 기상 합성 방법을 이용하여 차폐되지 않은 공간에 탄소나노튜브를 성장시키는 단계,
 - (d) 기판전체에 제1 절연층을 증착시킨 후, 하부에 차폐층이 증착되어 있는 부분 위만에 게이트 전극층을 증착시키는 단계,
 - (e) 상기 게이트 전극층 위에 얇은 제2 절연층을 증착시키는 단계, 및
 - (f) 화학적 또는 물리적 식각 방법을 이용하여 제2 절연층이 증착되지 않은 부분만을 선택적으로 식각 처리하여 하부에 존재하던 탄소나노튜브를 발현시키는 단계
- 를 포함하는 삼극관 구조의 탄소나노튜브 전계방출소자의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 단계 (b)의 차폐층이 Nb, W, Ti 등의 용점이 높은 금속 또는 SiO_2 , SiN등을 포함하는 세라믹 절연물질인 삼극관 구조의 탄소나노튜브 전계방출소자의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 단계 (d) 및 (e)의 제1 및 제2 절연층이 SiO_2 , SiN를 포함한 금속과 산소 또는 질소 화합물 또는 절연성 고분자 물질인 삼극관 구조의 탄소나노튜브 전계방출소자의 제조 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <8> 본 발명은 미세 세공을 갖는 양극 산화 알루미늄(AAO) 내에 탄소나노튜브를 성장시켜 삼극관 구조의 전계방출소자를 제조하는 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 Si 기판상에 성장시킨 AAO 상에 차폐층을 선택적으로 증착시켜 차폐되지 않은 공간에서 탄소나노튜브를 선택적으로 성장시키고, 차폐층과 게이트층 사이에 제1 절연층을 증착시킨 후 게이트 전극층을 증착시키고, 게이트 전극층 위에만 제2 절연층을 증착시킨 다음 제2 절연층이 증착되지 않은 부분만을 선택적으로 식각 처리하여 내부의 탄소나노튜브를 발현시킨 삼극관 구조의 탄소나노튜브 전계방출소자의 제조 방법에 관한 것이다.
- <9> 기존의 상용되는 탄소나노튜브를 이용한 전계방출소자의 제조 방법은 크게 스크린 프린팅 기법(Screen Printing Method)과 열화학 기상 합성 방법(Thermochemical Vapor Synthesis)에 의한 성장 방법으로 나눌 수 있다.
- <10> 스크린 프린팅 기법은 탄소나노튜브의 수직 배열 방법이 커다란 문제점으로 지적 되고 있으며, 탄소나노튜브의 길이 및 직경의 균일성이 매우 떨어진다는 단점을 지니고 있다. 또한 열화학 기상 합성 방법은 탄소나노튜브를 수직 배열되게 성장시키는 것은 가능하나, 미세한 길이 제어 및 직경 제어가 불가능하다는 단점을 지니고 있다. 이러한 단점들은 탄소나노튜브 전계방출 소자에 전계방출 특성의 안정성 및 내구성을 악화시키는 요인으로 작용하고 있다. 또한 탄소나노튜브와 전극간의 접촉력이 약하기 때문에 전계방출 특성의 내구성이 매우 약한 단점을 지니고 있다.
- <11> 한편, 기존의 삼극관 구조를 갖는 전계방출소자의 제조에 관한 방법으로는, AAO 상에 직접 금속전극층을 형성시켜 삼극관 구조의 전계방출소자를 제조하는 방법(대한민국 특허출원 제1999-47346호)과 SOG(Spin On Glass)

도포 공정과 화학기계적 연마(CMP : Chemical Mechanical Polishing) 공정을 도입하여 탄소나노튜브의 길이를 균일하게 제어하는 방법(대한민국 특허출원 제2003-94490호) 등이 있다.

<12> 그러나, AAO 상에 직접 금속전극층을 형성시키는 방법에서는 탄소나노튜브에서 방출된 전자들이 대부분 게이트 금속쪽으로 향하게 되어 전계방출소자로서의 성능이 상당히 저하되는 결과를 가져오는 단점이 존재하며, SOG 및 CMP 공정을 도입한 방법에서도 탄소나노튜브의 길이 및 직경을 제어하는데 한계가 있고 공정이 다소 복잡하여 공정비용이 증가하며 수율이 낮은 단점을 갖고 있다.

<13> 이에 본 발명자는 상기와 같은 점을 고려하여 Si 기판 상에 형성시킨 양극 산화 알루미늄(AAO) 상에 차폐층을 선택적으로 증착시켜 차폐되지 않은 공간에서 탄소나노튜브를 선택적으로 성장시키고, 기판 전체에 제1 절연층을 증착시킨 후 차폐층이 증착되어 있는 부분 위에만 게이트 전극층을 증착시키고, 게이트 전극층 위에 제2 절연층으로 증착시킨 다음 제2 절연층이 증착되지 않은 부분만을 선택적으로 식각 처리하여 내부의 탄소나노튜브를 발현시키는 방법을 사용하여 균일한 직경 및 높이를 갖는 탄소나노튜브를 제어가능하게 성장시킬 수 있으며, 탄소나노튜브와 게이트 전극층 간의 절연이 가능하고 전류 누설을 방지할 수 있는 삼극관 구조의 탄소나노튜브 전계방출소자의 제조 방법을 제공함으로써 본 발명을 완성하였다.

<14> 따라서, 본 발명의 목적은 삼극관 구조의 탄소나노튜브 전계방출소자 제조에 있어서 균일한 직경 및 높이를 갖는 탄소나노튜브를 제어가능하게 성장시킬 수 있으며, 탄소나노튜브와 게이트 전극층간의 절연이 가능하고 전류 누설을 방지할 수 있는 방법을 제공하는 데 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<15> 본 발명에서는 이와 같은 목적을 양극 산화 알루미늄(AAO)를 선택적으로 차폐시켜 차폐되지 않은 공간에서 탄소나노튜브를 선택적으로 성장시키고 제1 절연층, 게이트 전극층 및 제2 절연층을 차례로 증착시킨 후, 화학적 식각 처리로 내부의 탄소나노튜브를 발현시킴으로써 달성하였다.

발명의 구성 및 작용

- <16> 본 발명은 (a) Si 기판 상에 양극 산화 알루미늄(AAO : Anodic Aluminium Oxide)을 성장시키는 단계,
- <17> (b) 상기 양극 산화 알루미늄(AAO) 상에 차폐층(shadow layer)을 선택적으로 증착시킴으로써, 양극 산화 알루미늄(AAO)을 부분적으로 차폐시켜 미세 가공의 일부분만이 선택적으로 드러나도록 하는 단계,
- <18> (c) 열화학 기상 합성 방법 또는 플라즈마 화학 기상 합성 방법을 이용하여 차폐되지 않은 공간에서 탄소나노튜브를 성장시키는 단계,
- <19> (d) 기판 전체에 제1 절연층을 증착시킨 후, 차폐층이 증착되어 있는 부분 위에만 게이트 전극층을 증착시키는 단계,
- <20> (e) 상기 게이트 전극층 위에 얇은 제2 절연층을 증착시키는 단계, 및
- <21> (f) 화학적 또는 물리적 식각 방법을 이용하여 제2 절연이 증착되지 않은 부분만을 선택적으로 식각 처리하여 하부에 존재하던 탄소나노튜브를 발현시키는 단계를 포함하는 삼극관 구조의 탄소나노튜브 전계방출소자의 제조 방법을 제공한다.
- <22> 이하 본 발명의 삼극관 구조를 갖는 탄소나노튜브 전계방출소자의 제조 공정을 도 1을 중심으로 다른 첨부 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명하면 다음과 같다.
- <23> (a) Si 기판 상에 Al 금속층을 증착한 후, 이를 양극 산화 공정(Anodic Oxidation)에 의해 양극 산화 알루미늄(AAO) 멤브레인으로 성장시킨다. 성장된 양극 산화 알루미늄(AAO)은 도 2의 주사전자현미경 사진에 나타난 바와 같다.
- <24> (b) 양극 산화 알루미늄(AAO) 위에 차폐층을 증착시키고 금속 리프트-오프(metal lift-off) 공정을 이용하여 차폐층을 선택적으로 제거함으로써, 양극 산화 알루미늄(AAO)을 부분적으로 차폐시켜 미세 가공의 일부분만이 선택적으로 드러나도록 한다. 차폐층으로는 Nb, W, Ti 등의 용점이 높은 금속을 사용할 수 있으며, SiO₂, SiN 등을 포함하는 세라믹 절연물질도 사용 가능하다. 이 공정으로 인하여 탄소나노튜브 전계방출소자 또는 다른 전자소자를 제작할 시에 탄소나노튜브를 집적화시킬 수 있고, 궁극적으로 전자소자의 집적도를 향상시킬 수 있다.
- <25> (c) 양극 산화 알루미늄(AAO) 중 차폐되지 않은 미세 가공 부분에서 열화학 기상 합성 방법 또는 플라즈마 화학

기상 합성 방법을 이용하여 탄소나노튜브를 성장시킨다. 선택적으로 성장된 탄소나노튜브는 도 3 및 4의 주사전자현미경 사진에 나타난 바와 같다.

- <26> (d) 게이트 전극으로 이용하기 위해 게이트 전극층을 증착시켜야 하는데, 이때 게이트 전극층과 탄소나노튜브 간을 이격시켜 전기적 쇼트를 방지하기 위하여 전 표면에 제1 절연층으로서 SiO_2 또는 세라믹 절연층을 미리 증착시킨 후, 하부에 차폐층이 증착되어져 있는 부분 위에만 게이트 전극층을 증착시킨다. 양극 산화 알루미늄(AAO) 위에 절연층을 증착시킨 상태를 도 5의 주사전자현미경 사진으로 나타내었다. 제1 절연층으로는 SiO_2 , SiN를 포함한 금속과 산소 또는 질소 화합물 또는 절연성 고분자 물질을 사용할 수 있다.
- <27> (e) 탄소나노튜브로부터 방출된 전자들이 게이트 전극에서 검출되는 현상, 즉 게이트 전극과 캐소드 간에 전류가 누설되는 것을 방지하기 위해 게이트 전극층을 얇은 제2 절연층으로 코팅해 준다. 제2 절연층으로는 제1 절연층에서와 마찬가지로 SiO_2 , SiN를 포함한 금속과 산소 또는 질소 화합물 또는 절연성 고분자 물질을 사용할 수 있다.
- <28> (f) 화학적 또는 물리적 식각 방법을 이용하여 제2 절연층이 증착되지 않은 부분을 선택적으로 식각 처리하여 하부 존재하던 탄소나노튜브를 발현시킨다. 식각 후에 발현된 탄소나노튜브는 도 6의 주사전자현미경 사진에 나타난 바와 같이, 직경 및 길이가 매우 균일함을 알 수 있고, 이를 이용해 제조된 삼극관 구조의 탄소나노튜브 전계방출소자는 도 7의 주사전자현미경 사진에 나타난 바와 같이, 직경 및 길이가 매우 균일한 탄소나노튜브를 이용하게 되므로 균일한 전계방출 특성 및 낮은 구동 전압의 실현을 가능하게 된다.

발명의 효과

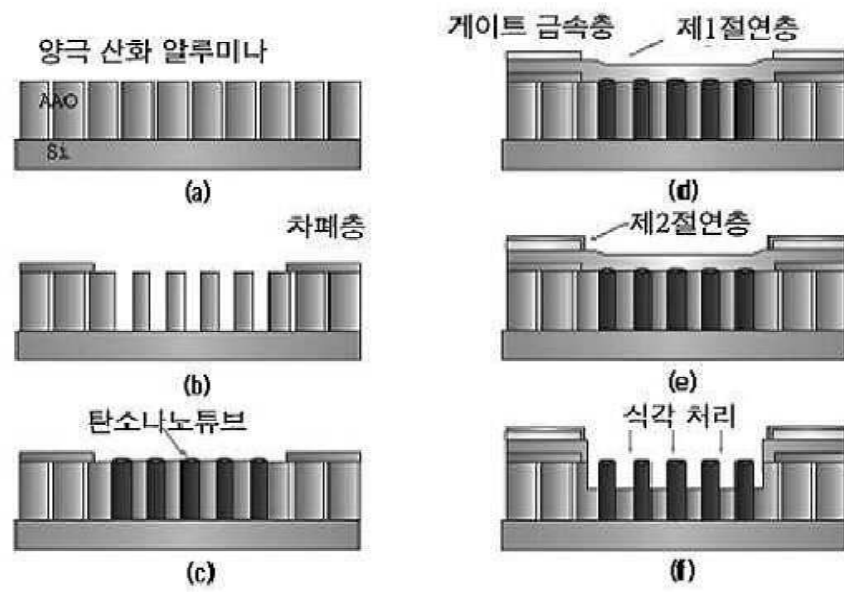
- <29> 상술한 바와 같이, 본 발명의 방법에 따르면 양극 산화 알루미늄(AAO) 내에서 탄소나노튜브를 선택적으로 제어 가능하게 성장시킬 수 있고, 이는 탄소나노튜브 전계방출소자 또는 다른 전자소자를 제작할 시에 탄소나노튜브를 집적화시킬 수 있고, 궁극적으로 전자소자의 집적도를 향상시킬 수 있으며, 절연층을 삽입함으로써 성장된 탄소나노튜브와 게이트 전극간의 전기적인 절연이 가능하고 누설 전류를 방지할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

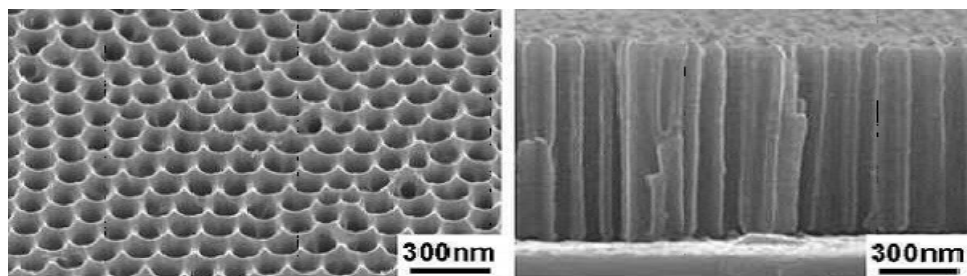
- <1> 도 1은 본 발명의 삼극관 구조의 탄소나노튜브 전계방출소자의 제조 공정을 나타내는 도이다.
- <2> 도 2는 Si 기판상에 성장된 양극 산화 알루미늄(AAO : Anodic Aluminum Oxide)의 주사전자현미경 사진이다.
- <3> 도 3은 양극 산화 알루미늄(AAO) 내에 성장된 탄소나노튜브의 주사전자현미경 사진이다.
- <4> 도 4는 차폐층을 선택적으로 증착시켜, 차폐되지 않은 부분에 선택적으로 성장시킨 탄소나노튜브의 주사전자현미경 사진이다.
- <5> 도 5는 양극 산화 알루미늄(AAO) 층 위에 제2 절연층을 증착시킨 상태를 보여주는 주사전자현미경 사진이다.
- <6> 도 6은 제2 절연층 외의 부분을 선택적으로 식각 처리 한 이후의 내부의 탄소나노튜브가 발현된 상태를 보여주는 주사전자현미경 사진이다.
- <7> 도 7은 완성된 삼극관 구조의 탄소나노튜브 전계방출 소자의 주사 전자 현미경 사진이다.

도면

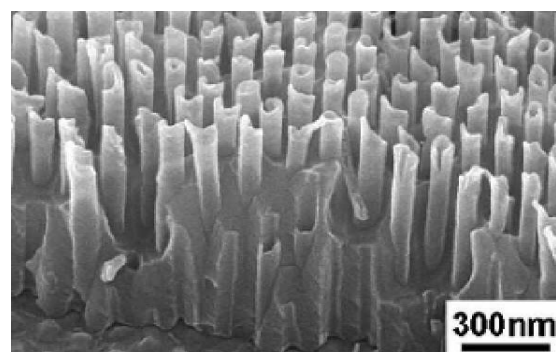
도면1



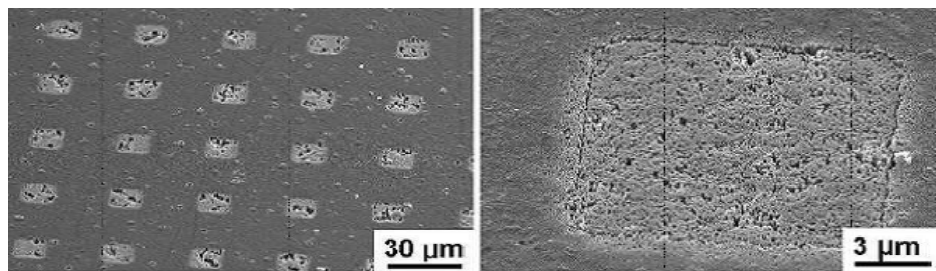
도면2



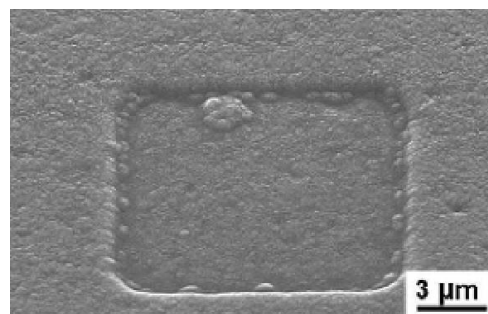
도면3



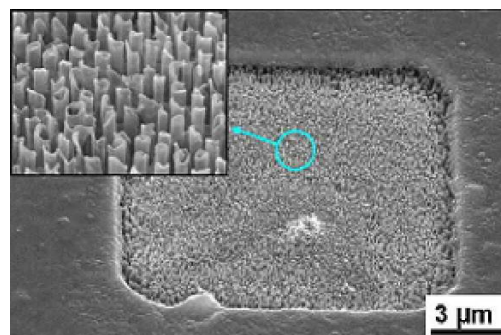
도면4



도면5



도면6



도면7

