

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0096775 (43) 공개일자 2012년08월31일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01L 21/04 (2006.01) H01L 21/336 (2006.01) H01L 33/00 (2010.01) H01L 31/042 (2006.01)	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가 1	
(21) 출원번호 10-2011-0016077	(72) 발명자 하정숙 서울특별시 노원구 화랑로 355, 101동 2203호 (월계동, 우남아파트)	
(22) 출원일자 2011년02월23일 심사청구일자 2011년02월23일	윤장열 충청북도 청주시 흥덕구 모충로12번길 4, 송학아파트 102동 706호 (개신동)	
	(74) 대리인 한양특허법인	

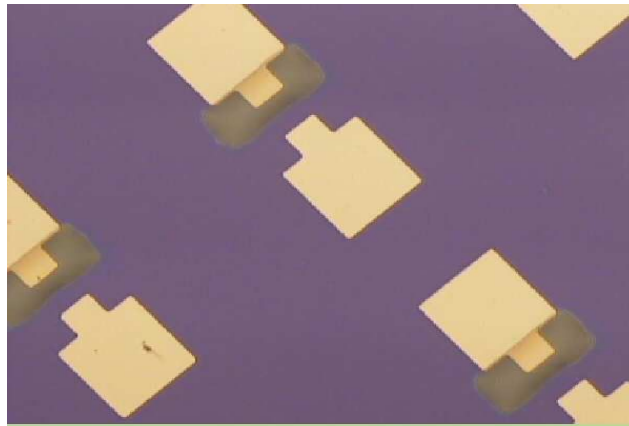
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 탄소나노튜브를 포함하는 전자소자의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 탄소나노튜브를 포함하는 전자소자의 제조방법에 있어서, 탄소나노튜브 상에 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물을 포함하는 용액을 스핀코팅하는 것을 특징으로 하는 전자소자의 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20100018932

부처명 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원_도약연구

연구과제명 SiP(System in Package) 소자 응용을 위한 상향식(bottom-up) 다층 패터닝 공정

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2010.07.01 ~ 2011.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

탄소나노튜브를 포함하는 전자소자의 제조방법에 있어서,

탄소나노튜브 상에 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물을 포함하는 용액을 스핀코팅하는 것을 특징으로 하는 전자소자의 제조방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 스핀코팅은 400~600rpm에서 10~15분 동안 제1 스핀코팅하고, 1800~2200rpm으로 20~30분 동안 제2 스핀코팅하는 것을 특징으로 하는 전자소자의 제조방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 니코틴아미드를 포함하는 화합물은 니코틴 아미드 모노뉴클레오티드(NMN: Nicotinamide Mononucleotide), 니코틴아미드 아데닌 디뉴클레오티드(NAD: Nicotinamide Adenine Dinucleotide) 및 니코틴 아미드 아데닌 디뉴클레오티드 인산(NADP: Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate)로 이루어진 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상인 것을 특징으로 하는 전자소자의 제조방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 전자소자의 제조방법은,

상기 제1 스핀코팅 후에, 60~70℃에서 24 시간 내지 36시간 동안 제1 가열하고,

상기 제2 스핀코팅 후에, 60~70℃에서 24 시간 내지 36시간 동안 제2 가열하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전자소자의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 탄소나노튜브를 포함하는 전자소자의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 탄소나노튜브는 PN 접합 다이오드, 전계효과트랜지스터, 발광소자, CMOS 등과 같은 각종 전자소자와 탄소나노튜브 복합체, 태양전지 등에 다양하게 응용될 수 있다. 탄소나노튜브를 위와 같은 소자 등에 응용하기 위하여 n-도핑과 p-도핑 제어 기술이 필요하다. 왜냐하면, 탄소나노튜브는 성장된 상태에서 p-타입의 전기적 특성을 갖기 때문이다. 따라서, 탄소나노튜브가 p-타입 특성뿐만 아니라, n-타입 특성을 나타내도록 다양한 연구가 수행되어 왔다. 예를 들면, 탄소나노튜브에 금속을 도핑하는 방법과, 탄소나노튜브 상에 폴리머를 형성하는 방법이 있다.

[0003] 하지만, 금속을 도핑하는 방법의 경우, 탄소나노튜브의 안정성 및 재현성이 기대치에 미치지 못하였다. 또한, 폴리머를 형성하는 경우, 탄소나노튜브 상에 폴리머가 균일하게 형성되지 않는 문제가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은 탄소나노튜브 상에 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물을 균일하게 형성하여, 안정적이고 정류비가 향상된 탄소나노튜브를 포함하는 전자소자의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명은 탄소나노튜브를 포함하는 전자소자의 제조방법에 있어서, 탄소나노튜브 상에 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물을 포함하는 용액을 스핀코팅하는 것을 특징으로 하는 전자소자의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0006] 본 발명의 전자소자의 제조방법은 탄소나노튜브 상에 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물을 균일하게 형성하여, 안정적이고 정류비가 향상된 탄소나노튜브를 포함하는 전자소자를 제조할 수 있게 한다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 실시예1의 방법으로 제조된 다이오드를 나타낸 도면이다.
 도 2는 실시예1의 방법으로 제조된 다이오드의 전류(I)-전압(V) 그래프이다.
 도 3은 비교예1의 방법으로 제조된 다이오드를 나타낸 도면이다.
 도 4는 비교예2의 방법으로 제조된 다이오드를 나타낸 도면이다.
 도 5는 비교예3의 방법으로 제조된 다이오드를 나타낸 도면이다.
 도 6은 비교예3의 방법으로 제조된 다이오드의 전류(I)-전압(V) 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이하, 본 발명에 대하여 상세히 설명한다.

[0009] 본 발명의 전자소자의 제조방법은 탄소나노튜브를 포함하는 전자소자의 제조방법에 있어서, 상기 탄소나노튜브 상에 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물을 포함하는 용액을 스핀코팅하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 상기 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물을 포함하는 용액을 스핀코팅으로 형성하면, 기존의 방법, 즉 탄소나노튜브 상에 용액을 한방울씩 떨어뜨리는 방법에 비하여 막의 균일성이 향상되고, 안정적이고 정류비가 향상된 탄소나노튜브를 포함하는 전자소자를 제조할 수 있다.

[0011] 여기서, 상기 스핀코팅은 400~600rpm에서 10~15분 동안 제1 스핀코팅하고, 1800~2200rpm으로 20~30분 동안 제2 스핀코팅, 즉 2차에 걸쳐 스핀코팅을 수행하는 것이 바람직하다. 스핀코팅을 2차에 걸쳐 수행하게 되면, 상기 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물을 포함하는 용액이 탄소나노튜브 상에 두꺼우면서 균일하고, 그리고 안정적으로 코팅될 수 있다.

[0012] 상기 니코틴아미드를 포함하는 화합물의 예를 들면, 니코틴아미드 모노뉴클레오티드(NMN: Nicotinamide Mononucleotide), 니코틴아미드 아데닌 디뉴클레오티드(NAD: Nicotinamide Adenine Dinucleotide) 또는 니코틴아미드 아데닌 디뉴클레오티드 인산(NADP: Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate) 등을 들 수 있다. 그러나 상기 니코틴아미드를 포함하는 화합물은 상기 예들로 한정되지 않으며 니코틴아미드와 화학적으로 결합된 어떠한 화합물도 이용될 수 있다.

[0013] 참고로, NMN은 니코틴아미드와 뉴클레오티드가 결합된 구조이고, NAD는 니코틴아미드와 디뉴클레오티드 및 아데노신이 결합된 구조를 가지는 것이고, NADP는 NAD의 아데노신의 -OH가 인산으로 치환된 것이다. 상기 NMN의 환원 형태가 NMNH이고, 상기 NAD(P)의 환원형태가 NAD(P)H이다.

[0014] 상기 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물을 이용하여 탄소나노튜브를 n-도핑하는 경우 공기 중에서 디도핑없이 안정할 뿐만 아니라 그러한 안정한 도핑 상태가 장기간 지속될 수 있다. 또한, 상기 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물은 알칼리 금속과 같은 금속화합물이 아니므로 산화의 우려도 없다. 따라서, 상기 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물은 탄소나노튜브 n-도핑 물질로서 유용하게 사용될 수 있다. 한편, 도핑 안정성의 측면에서 니코틴아미드와 대비하여 니코틴아미드를 포함하는 화합물이 더 유리할 수 있다는 점이 주목된다. NAD(P) 또는 NAD(P)H를 예로 들어 설명하면, NAD(P) 또는

NAD(P)H의 경우 니코틴아미드뿐만 아니라 아데닌 등으로 이루어져 있고, 이와 같이 니코틴아미드 외의 아데닌 등의 분자 부분이 니코틴아미드를 방어하는 층으로 작용하여 공기에 노출되는 경우에도 디도핑을 억제하고 도핑 안정성을 높이는 역할을 할 수 있다.

[0015] 상기 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물의 사용 양은 탄소나노튜브의 n-도핑 상태에 영향을 준다. 즉, 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물의 사용 양이 많을수록 탄소나노튜브의 n-도핑 상태가 더욱 진행하게 된다. 이러한 사실은 니코틴아미드 또는 니코틴아미드를 포함하는 화합물의 사용 양을 조절하는 것에 의하여 도핑 상태를 쉽게 제어할 수 있음을 의미한다.

[0016]

[0017] 이어서, 본 발명의 전자소자의 제조방법은 상기 제1 스핀코팅 후에, 60~70℃에서 24 시간 내지 36시간 동안 제1 가열하고, 상기 제2 스핀코팅 후에, 60~70℃에서 24 시간 내지 36시간 동안 제2 가열하는 것을 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 가열공정이 수행되면, 보다 단시간에 막을 형성할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 가열공정이 수행되면, 니코틴아미드의 벤젠링의 N이 N^+ 가 되면서 전자가 방출되며 이 전자가 탄소나노튜브의 n-도핑에 관여하게 된다. 상기 가열공정이 수행되면, 니코틴아미드의 환원 형태일 경우에도 환원 형태의 니코틴아미드의 벤젠링의 N이 N^+ 로 되면서 방출되는 전자 1개와 벤젠링의 H가 H^+ 로 빠져나오면서 방출되는 전자 1개의 총 2개의 전자가 생성되고 이들 전자가 탄소나노튜브의 n-도핑에 관여하게 된다.

[0020] 즉, 상기 가열공정은 공정시간 단축뿐만 아니라, 니코틴아미드 등이 탄소나노튜브에 전자를 줄 수 있는 환원제로 적용하여 탄소나노튜브를 n-도핑하게 되는데 큰 영향을 준다.

[0021]

[0022] 한편, 본 발명에서 기재된 탄소나노튜브를 포함하는 전자소자는 당 업계에서 이용하는 전자소자라면 특별히 한정하지 않고, 예를 들면 전계효과트랜지스트, PN 접합 다이오드 또는 CMOS 등을 들 수 있다. 그리고 상기 탄소나노튜브는 전자소자의 채널영역으로 활용된다.

[0023]

[0024] 이하에서, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 그러나, 하기의 실시예는 본 발명을 더욱 구체적으로 설명하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 하기의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다. 하기의 실시예는 본 발명의 범위 내에서 당업자에 의해 적절히 수정 또는 변경될 수 있다.

[0025]

[0026] 실시예1: PN 접합 다이오드의 제조

[0027] 실리콘 기판 상에 길이가 5 μ m인 탄소나노튜브를 전이하고, 상기 탄소나노튜브의 양말단에 티타늄과 금의 이중막으로 소오스/드레인 전극을 형성하였다. 이어서, 상기 소오스/드레인 전극을 포함하는 기판 상에 포토레지스트(AZ5214, AZ Electronic Materials Inc.)를 형성하였다. 상기 포토레지스트 상에 마스크를 위치시키고 UV 램프에 10초간 노출시킨 후, 현상하여, 소오스/드레인 전극의 일부 및 탄소나노튜브의 일부가 노출되도록 포토레지스트를 형성하였다.

[0028] 이어서, 소오스/드레인 전극의 일부 및 탄소나노튜브의 일부가 노출된 기판 상에 20mM의 NADH 용액(NADH: β -Nicotinamide adenine dinucleotide, reduced dipotassium salt, Aldrich 사, 용매: 증류수)을 500rpm에서 10분 동안 제1 스핀코팅하였고, 상기 제1 스핀코팅된 기판을 오븐에 넣어 65℃에서 24시간 동안 제1 가열하였다.

[0029] 이어서, 제1 가열된 기판 상에 20mM의 NADH 용액(용매: 증류수)을 2000rpm에서 20분 동안 제2 스핀코팅하였고, 상기 제2 스핀코팅된 기판을 오븐에 넣어 65℃에서 24시간 동안 제2 가열하여 다이오드를 완성하였다.

[0030] 도 1은 상기 방법으로 제조된 다이오드를 나타낸 도면이다. 도 2는 상기 방법으로 제조된 다이오드의 전류(I)-전압(V) 그래프이다.

[0031]

[0032] 비교예1: PN 접합 다이오드의 제조

[0033] 실리콘 기판 상에 길이가 5 μ m인 탄소나노튜브를 전이하고, 상기 탄소나노튜브의 양말단에 티타늄과 금의 이중막으로 소오스/드레인 전극을 형성하였다. 이어서, 상기 소오스/드레인 전극을 포함하는 기판 상에 포토레지스트(AZ5214, AZ Electronic Materials Inc.)를 형성하였다. 상기 포토레지스트 상에 마스크를 위치시키고 UV 램프에 10초간 노출시킨 후, 현상하여, 소오스/드레인 전극의 일부 및 탄소나노튜브의 일부가 노출되도록 포토레지스트를 형성하였다.

[0034] 이어서, 소오스/드레인 전극의 일부 및 탄소나노튜브의 일부가 노출된 기판 상에 20mM의 NADH 용액(NADH: β -Nicotinamide adenine dinucleotide, reduced dipotassium salt, Aldrich 사, 용매: 증류수)을 500rpm, 40초 동안 스핀코팅하였고, 상기 스핀코팅된 기판을 오븐에 넣어 65 $^{\circ}$ C에서 24시간 동안 제1 가열하여 다이오드를 완성하였다.

[0035] 도 3은 상기 방법으로 제조된 다이오드를 나타낸 도면이다.

[0036]

[0037] 비교예2: PN 접합 다이오드의 제조

[0038] 실리콘 기판 상에 길이가 5 μ m인 탄소나노튜브를 전이하고, 상기 탄소나노튜브의 양말단에 티타늄과 금의 이중막으로 소오스/드레인 전극을 형성하였다. 이어서, 상기 소오스/드레인 전극을 포함하는 기판 상에 포토레지스트(AZ5214, AZ Electronic Materials Inc.)를 형성하였다. 상기 포토레지스트 상에 마스크를 위치시키고 UV 램프에 10초간 노출시킨 후, 현상하여, 소오스/드레인 전극의 일부 및 탄소나노튜브의 일부가 노출되도록 포토레지스트를 형성하였다.

[0039] 이어서, 소오스/드레인 전극의 일부 및 탄소나노튜브의 일부가 노출된 기판 상에 20mM의 NADH 용액(NADH: β -Nicotinamide adenine dinucleotide, reduced dipotassium salt, Aldrich 사, 용매: 증류수)을 500rpm에서 10분 동안 제1 스핀코팅하였고, 상기 제1 스핀코팅된 기판을 오븐에 넣어 65 $^{\circ}$ C에서 24시간 동안 제1 가열하였다.

[0040] 이어서, 제1 가열된 기판 상에 20mM의 NADH 용액(용매: 증류수)을 1000rpm에서 20분 동안 제2 스핀코팅하였고, 상기 제2 스핀코팅된 기판을 오븐에 넣어 65 $^{\circ}$ C에서 24시간 동안 제2 가열하여 다이오드를 완성하였다.

[0041] 도 4는 상기 방법으로 제조된 다이오드를 나타낸 도면이다.

[0042]

[0043] 비교예3: PN 접합 다이오드의 제조

[0044] 대한민국 공개특허 2009-0126959의 [실험 1]로 다이오드를 제조하였다.

[0045] 도 5는 상기 방법으로 제조된 다이오드를 나타낸 도면이다. 도 6은 상기 방법으로 제조된 다이오드의 전류(I)-전압(V) 그래프이다.

[0046]

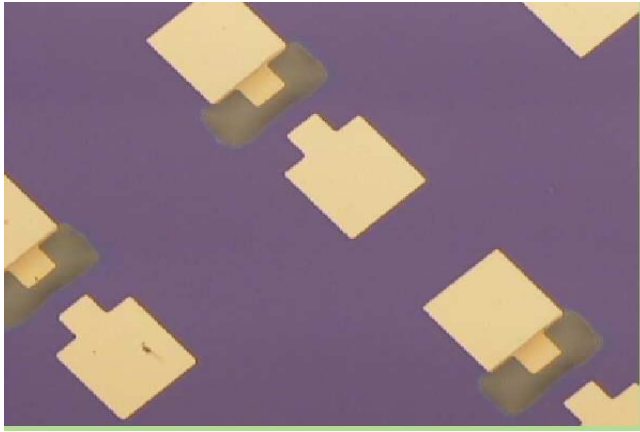
[0047] 도 1, 도 3, 도 4 및 도 5를 참조하면, 실시예1의 경우, NADH가 충분하고 균일하면서 두껍게 탄소나노튜브 상에 형성된 것을 알 수 있다. 하지만, 비교예1 내지 비교예3의 경우, NADH가 너무 얇게 코팅되거나 부분적으로 코팅되었다.

[0048] 그리고 도 2 및 도 6을 참조하면, 실시예1의 정류비는 대략 100인데 비하여, 비교예3은 대략 10이므로, 실시예1이 비교예3보다 10배 정도 높은 정류비가 구현됨을 알 수 있다.

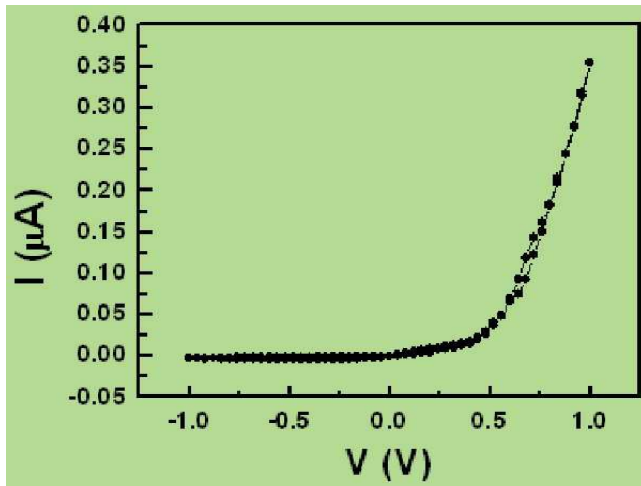
[0049]

도면

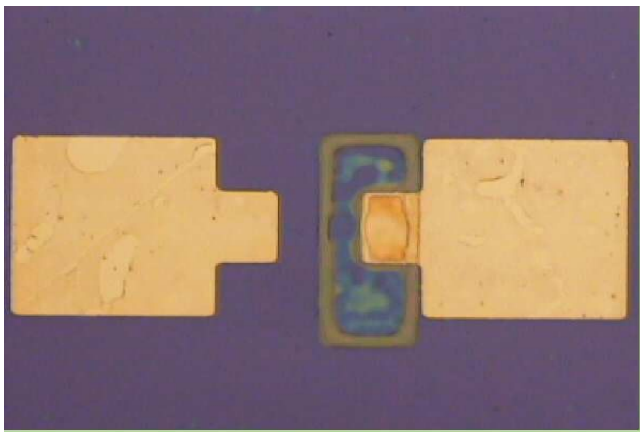
도면1



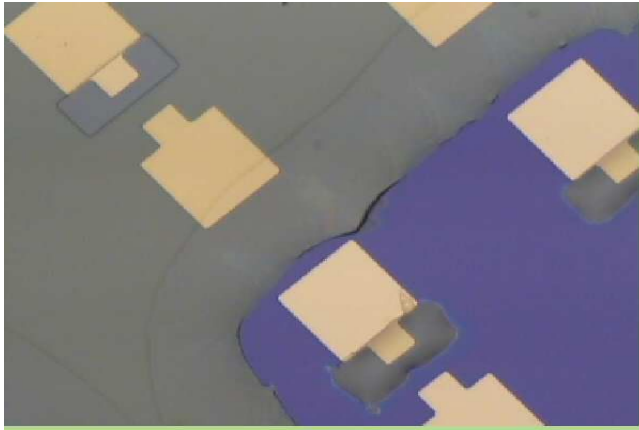
도면2



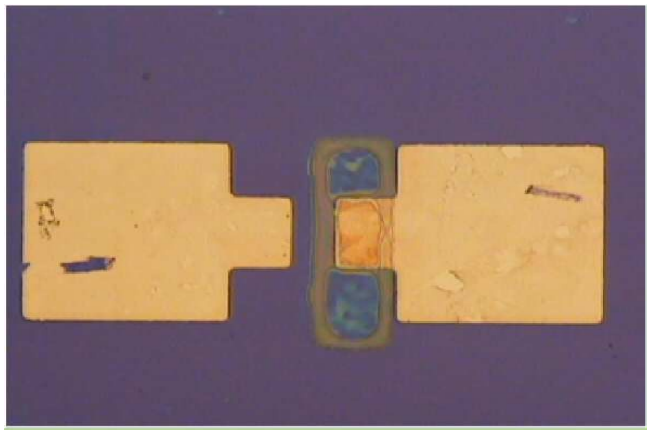
도면3



도면4



도면5



도면6

