



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년07월13일
(11) 등록번호 10-2133299
(24) 등록일자 2020년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 1/00 (2017.01) B82B 3/00 (2017.01)
C01B 32/15 (2017.01) C01B 32/176 (2017.01)
B82Y 30/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
B82B 1/005 (2013.01)
B82B 3/008 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0144263
(22) 출원일자 2017년10월31일
심사청구일자 2018년11월01일
(65) 공개번호 10-2019-0048941
(43) 공개일자 2019년05월09일
(56) 선행기술조사문헌
Carbon Meta-Nanotubes Chapter 5b, 273~321
(2011.10.31.) 1부.*
J. Comput. Theor. Nanosci. 2016, Vol. 13,
909~915 (2015.10.11) 1부.*
J. Nanosci. Nanotechnol. 15, 9025-9029, 2015
(2014.12.15.) 1부.*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국교통대학교산학협력단
충청북도 충주시 대소원면 대학로 50
(72) 발명자
강정원
충청북도 충주시 국원초1길 48, 102동 605호(안림동)
박준훈
충청북도 충주시 금릉로 14, 202동 703호(칠금동, 코오롱, 동신아파트)
김기섭
서울특별시 광진구 아차산로 549, 1001동 1001호
(광장동, 광장현대파크빌)
(74) 대리인
특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 1 항

심사관 : 양정화

(54) 발명의 명칭 **재장전이 가능한 탄소나노튜브를 이용한 나노건 및 이의 제조 방법**

(57) 요약

본 발명은 부분적으로 측면이 열린 탄소나노튜브를 이용하여 재장전이 가능한 나노건에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류

C01B 32/15 (2017.08)

C01B 32/176 (2017.08)

B82Y 30/00 (2013.01)

공지예외적용 : 있음

청구범위유예 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

부분적으로 측면이 열린 단일벽 탄소나노튜브(single-walled carbonnanotubes, SWCNTs)를 준비하는 단계;

상기 탄소나노튜브에서 측면이 열린 부분에 C₆₀ 풀러렌을 주입하는 단계;

상기 C₆₀ 풀러렌이 상기 탄소나노튜브의 닫힌 부분으로 이동되어 장전되는 단계;

상기 C₆₀ 풀러렌에 원자 당 0.4 meV/Å 내지 1.0 meV/Å의 힘이 인가되어 C₆₀ 풀러렌이 상기 탄소나노튜브로부터 방출되는 단계;

상기 탄소나노튜브에서 측면이 열린 부분에 C₆₀ 풀러렌을 재장전하는 단계를 포함하는 나노건의 재장전 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 다양한 실시예는 재장전이 가능한 탄소나노튜브를 이용한 나노건 및 이의 제조 방법에 관한 것이다. 자세하게는 부분적으로 측면이 열린 탄소나노튜브를 이용한 나노건 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 탄소나노튜브를 이용하여 다양한 나노전자전기 소자 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 나노-주입 시스템인 나노건에 대한 관심이 크게 증가하고 있다.

[0003] 이러한 나노건은 약물 또는 유전자 전달, 물 또는 가스 전달, 분자스위치(molecular switches), 나노-엔진(nano thrusters), 나노인젝터(nano injector) 등에 적용 가능하다. 즉, 나노건은 의학, 에너지, 건축 등 다양한 분야에 적용이 가능한 신기술로써 각광받고 있다.

[0004] 그러나, 아직까지 재장전이 가능한 나노건에 관한 기술이 없어, 일회용으로 사용할 수 밖에 없다는 문제가

있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 다양한 실시예에서는, 재장전이 가능하여, 나노미터 크기의 특정 분자를 원하는 위치에 반복적으로 전송할 수 있는 나노건 및 이의 제조 방법을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 나노건은, 부분적으로 측면이 열린 탄소나노튜브를 이용한다.
- [0007] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 나노건은, 상기 탄소나노튜브에서 측면이 열린 부분으로 분자가 주입되는 것을 특징으로 한다.
- [0008] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 나노건은, 상기 탄소나노튜브에서 닫힌 부분으로 분자가 이동되어 장전되는 것을 특징으로 한다.
- [0009] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 나노건은, 상기 탄소나노튜브에 힘이 인가되어 주입된 분자가 발사되는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 나노건은, 상기 탄소나노튜브에 분자의 재장전이 가능한 것을 특징으로 한다.
- [0011] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 나노건은, 상기 탄소나노튜브는 단일벽 탄소나노튜브(single-walled carbonnanotubes, SWCNTs)인 것을 특징으로 한다.
- [0012] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 나노건에 주입되는 분자는 C₆₀ 풀러렌인 것을 특징으로 한다.
- [0013] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 나노건의 제조 방법은, 단일벽 탄소나노튜브에 전자빔을 이용하여 전류를 통과시켜 부분적으로 측면이 열린 탄소나노튜브를 제조하는 단계; 및 상기 측면이 열린 탄소나노튜브에 분자를 주입하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 나노건은 재장전이 가능하여, 나노미터 크기의 특정 분자를 원하는 위치에 반복적으로 전송할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 나노분자가 나노건 내부로 삽입될 수 있도록 탄소나노튜브의 입구를 제조하는 방법에 관한 도면이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 나노건의 입구로 C₆₀ 분자가 삽입되는 과정에 관한 도면이다.
- 도 3은 도 2에 도시한 과정을 분자동역학 시뮬레이션으로 모사한 결과로써, C₆₀ 분자의 반데르발스 에너지 변화에 관한 그래프이다.
- 도 4의 (a)는 다양한 크기의 힘을 작용하였을 때 분자동역학 시간에 따른 C₆₀ 분자의 위치에 관한 그래프이다.
- 도 4의 (b)는 다양한 크기의 힘을 작용하였을 때 분자동역학 시간에 따른 C₆₀ 분자 속도에 관한 그래프이다.
- 도 4의 (c)는 다양한 크기의 힘을 작용하였을 때 C₆₀ 분자의 위치에 따른 속도에 관한 그래프이다.
- 도 5는 본 발명에 따른 나노건에서 C₆₀ 분자가 발사되는 과정에 관한 도면이다.
- 도 6의 (a)는 다양한 크기의 힘을 작용하였을 때 분자동역학 시간에 따른 반데르발스 에너지에 관한 그래프이다.
- 도 6의 (b)는 다양한 크기의 힘을 작용하였을 때 분자의 위치에 따른 반데르발스 에너지 변화에 관한 그래프이다.
- 도 6의 (c)는 다양한 크기의 힘을 작용하였을 때 분자의 위치에 따른 반데르발스 힘에 관한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 본 문서의 다양한 실시예들이 기재된다. 실시예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0018] 이하, 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하면 다음과 같다.
- [0020] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 나노건은, 부분적으로 측면이 열린 탄소나노튜브를 이용한다. 이때, 탄소나노튜브는 단일벽 탄소나노튜브(single-walled carbonnanotubes, SWCNTs)일 수 있다. 또한, 예를 들면, 일 실시예에 따른 탄소나노튜브는 11.5 nm의 폭을 가지고, 1702의 탄소 원자로 구성될 수 있다.
- [0021] 측면이 열린 부분은 도 1에서 도시한 바와 같이 제조될 수 있다. 즉, 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이 탄소나노튜브에 전자빔을 이용하여 전류를 통과시킴으로써, 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이 부분적으로 측면이 열린 탄소나노튜브가 제조될 수 있다.
- [0022] 이러한 탄소나노튜브 내부에 나노미터 크기의 분자가 주입될 수 있다. 구체적으로, 탄소나노튜브에서 측면이 열린 부분으로 분자가 주입될 수 있다. 즉, 도 2의 (a)에 도시한 바와 같이 분자가 탄소나노튜브의 열린 부분으로 접근할 때, 도 2의 (b)에 도시한 바와 같이 탄소나노튜브의 내부벽과 분자 사이의 반데르발스 인력으로 분자가 주입될 수 있다. 이후, 도 2의 (c)에 도시한 바와 같이, 분자는 탄소나노튜브의 열린 부분에서 닫힌 부분으로 이동되어 장전될 수 있다. 이는 탄소나노튜브의 닫힌 부분의 반데르발스 에너지가 가장 낮기 때문이다.
- [0023] 이때, 나노건에 주입되는 분자는 나노미터 크기의 분자일 수 있다. 예를 들면, 나노건에 주입되는 분자는 C₆₀ 풀러렌(fullerene)일 수 있다. 그러나, 실시예가 이에 한정되는 것은 아니고 나노미터 크기의 다양한 분자가 주입될 수 있다.
- [0024] 도 3을 참고하면, 탄소나노튜브의 열린 부분에서의 분자의 결합 에너지는 -1.6 eV인 반면, 닫힌 부분에서는 -2.6 eV이다. 본 발명에서는 탄소나노튜브 내부로 주입된 분자는 에너지 장벽 없이 항상 탄소나노튜브의 닫힌 부분으로 이동함을 확인하였다.
- [0025] 이러한 탄소나노튜브에 힘이 인가되어 주입된 분자가 발사될 수 있다. 도 4를 참고하면, 탄소나노튜브에서의 결합 에너지를 초과하는 운동 에너지(kinetic energy) 또는 반데르발스 힘에 의한 흡입력(suction force)보다 큰 외부의 힘이 상기 주입된 분자에 가해질 수 있다.
- [0026] 도 4를 참조하면, 일 실시예에 있어서 원자 당 0.3 meV/Å 보다 낮은 힘이 가해졌을 때는 주입된 분자가 탄소나노튜브의 닫힌 부분에 머물러 있었다, 그러나, 원자 당 0.4 meV/Å 보다 높은 힘이 인가되었을 때 주입된 분자가 높은 속도로 탄소나노튜브로부터 빠져나왔다. 또한, 도 4의 (c)를 참고하면, 분자의 방출 시점에서 포구 속도는 0.25 km/s 내지 0.97 km/s로 나타났다.
- [0027] 한편, 도 5는 원자 당 0.5 meV/Å의 힘이 가해졌을 때, 9 ps, 35ps, 44ps 및 47 ps에서의 분자의 방출을 표현한 도면이다.
- [0028] 도 6의 (a)는 다양한 크기의 힘을 작용하였을 때 분자동역학 시간에 따른 반데르발스 에너지 변화에 관한 그래프이다. 도 6의 (b)는 다양한 크기의 힘을 작용하였을 때 분자의 위치에 따른 반데르발스 에너지 변화에 관한 그래프이다. 주입된 분자를 방출하기 위해서는 두 에너지 장벽을 극복해야 했다. 첫번째 에너지 장벽은 1.1 eV로써, 탄소나노튜브의 닫힌 부분에서 열린 부분으로 이동할 때이다. 두번째 에너지 장벽은 2.6 eV로써, 분자가 탄소나노튜브로의 열린 부분으로부터 완전히 빠져 나왔을 때 이다.
- [0029] 도 6의 (c)는 다양한 크기의 힘을 작용하였을 때 분자의 위치에 따른 반데르발스 힘의 변화에 관한 그래프이다. 이를 통해, 분자의 운동 에너지가 없다고 가정하면, 첫번째 에너지 장벽 및 두번째 에너지 장벽을 각각 극복하기 위해서는 0.12 nN 및 0.52 nN의 구동력이 필요함을 알 수 있다. 원자 당 0.4 meV/Å 내지 1.0 meV/Å의 구동력(원자 당 0.64 pN 내지 1.6 pN)은 원자 당 0.01 pN의 마찰력보다 약 2배 더 높았다.
- [0030] 한편, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 나노건은, 상기 탄소나노튜브에 분자를 재장전하여 사용할 수 있다. 즉, 주입된 분자를 방출한 후 다시 분자를 탄소나노튜브 내에 장전하여 사용할 수 있다. 따라서, 특정 분자를 원하는 위치에 반복적으로 전송할 수 있어 용이하다.
- [0031] 상술한 실시예에 설명된 특징, 구조, 효과 등은 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함되며, 반드시 하나의 실시예에만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시예에서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시예들이 속하는 분야의 통상의 지식을 가지는 자에 의하여 다른 실시예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다. 따라서 이

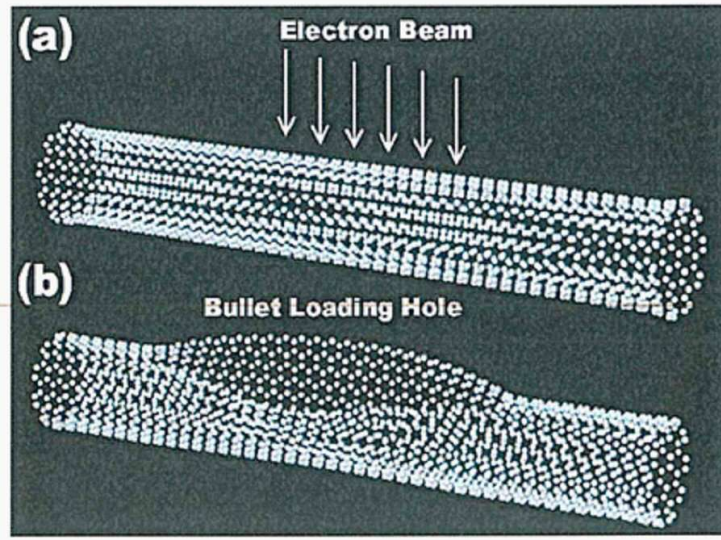
러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

[0032]

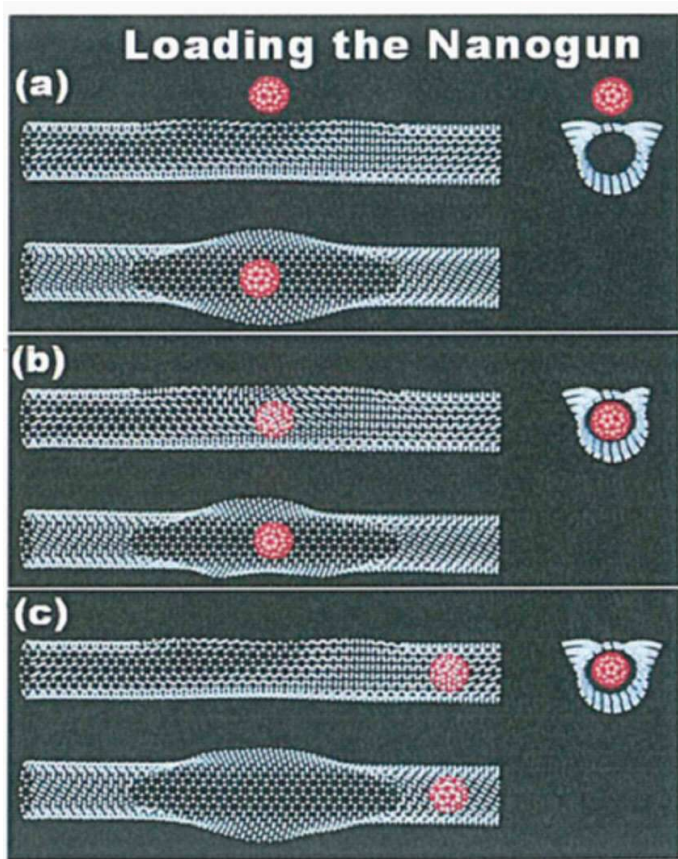
또한, 이상에서 실시예들을 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시예들에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부한 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

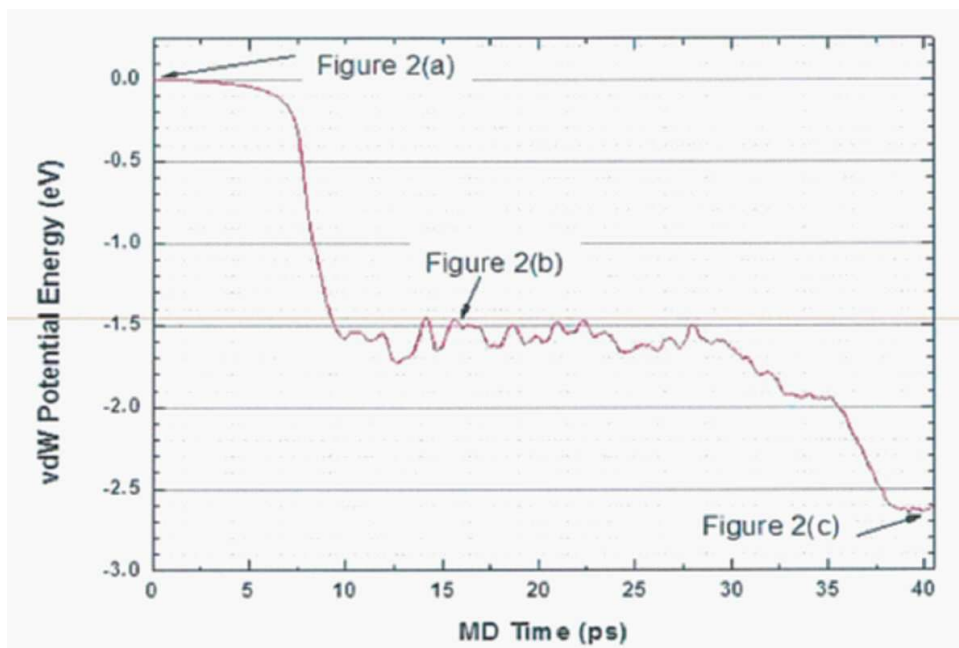
도면1



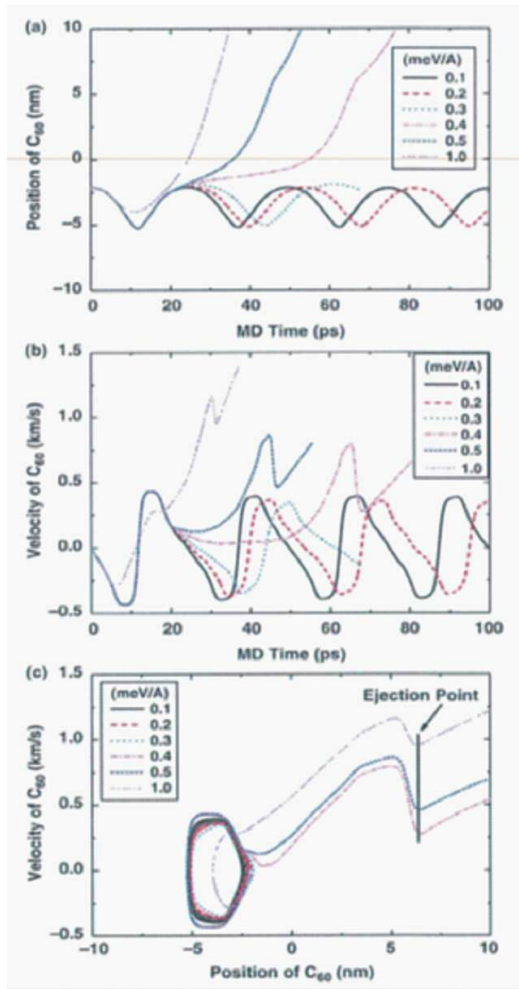
도면2



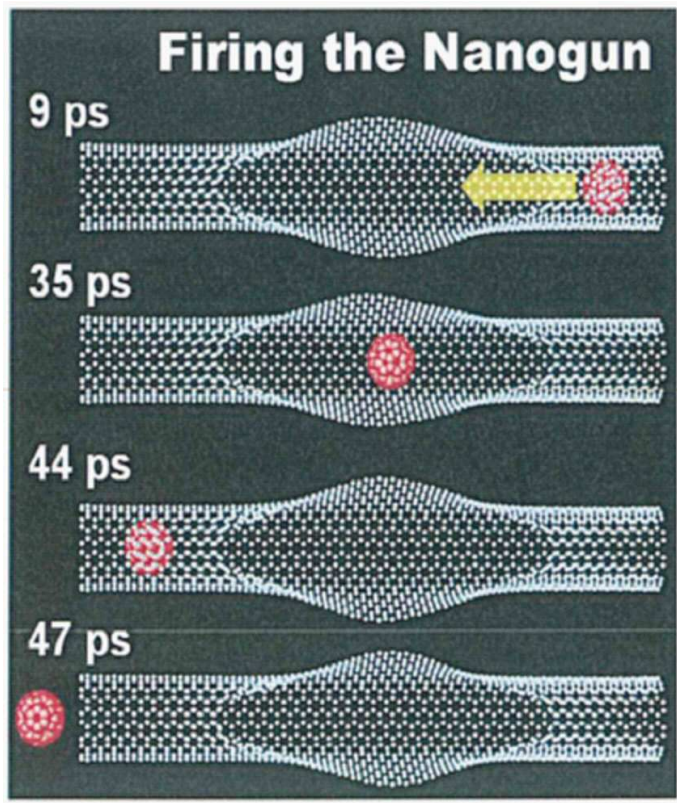
도면3



도면4



도면5



도면6

