



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0049549
(43) 공개일자 2015년05월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C23C 14/35 (2006.01) C23C 14/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0130252

(22) 출원일자 2013년10월30일

심사청구일자 2013년10월30일

(71) 출원인

한밭대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)

(72) 발명자

최원석

대전 유성구 동서대로 125, 전기공학과 (덕명동, 한밭대학교)

이상준

대전 유성구 동서대로 125, 전기공학과 (덕명동, 한밭대학교)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 3 항

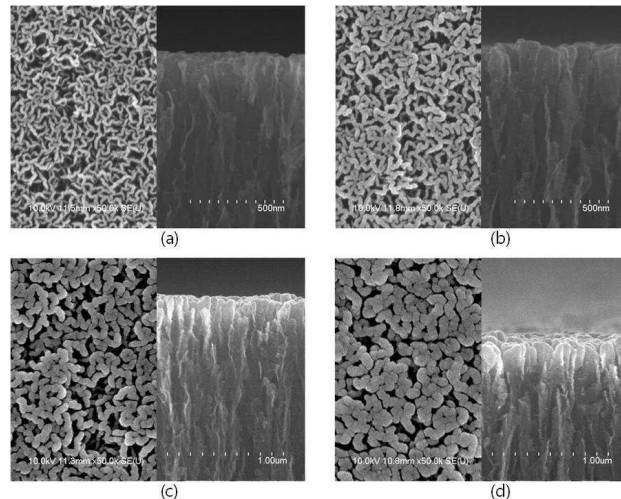
(54) 발명의 명칭 탄소나노월 표면의 금속 코팅 방법

(57) 요약

본 발명은 탄소나노월 표면의 금속코팅 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, RF 마그네트론 스퍼터링 장비의 진공 챔버 내에 기 합성된 탄소나노월(CNW; carbon nanowall) 시료를 준비하고, 상기 진공 챔버 내의 마그넷 부위에 금속 물질을 타겟으로 배치하는 단계와, 상기 진공 챔버 내에 아르곤 가스(Ar)를 반응 가스로 주입하는 단계, 및 상기 진공 챔버 내에 50 내지 70W의 RF 파워 및 상온의 온도 조건을 적용하여, 상기 탄소나노월의 표면 상에 상기 금속 물질을 스퍼터링 방식으로 코팅하는 단계를 포함하는 탄소나노월 표면의 금속코팅 방법을 제공한다.

상기 탄소나노월 표면의 금속코팅 방법에 따르면, 탄소나노월 표면을 금속 물질로 코팅하여 탄소나노월의 활용도를 높일 수 있으며 기존 디바이스의 전극 소자로 대체될 수 있다. 또한, 나노 사이즈의 넓은 표면적을 필요로 하는 디바이스에 다양한 응용이 가능하다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

김성윤

대전 유성구 동서대로 125, 전기공학과 (덕명동,
한밭대학교)

정용호

대전 유성구 동서대로 125, 전기공학과 (덕명동,
한밭대학교)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 13-A-011

부처명 미래 창조 과학부

연구관리전문기관 연구개발특구진흥재단

연구사업명 이노베이션 바우처사업

연구과제명 탄소나노월의 저온합성 및 전극제조 기술지원

기 여 율 1/1

주관기관 한밭대학교

연구기간 2013.07.01 ~ 2013.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

RF 마그네트론 스퍼터링 장비의 진공 챔버 내에 기 합성된 탄소나노월(CNW; carbon nanowall) 시료를 준비하고, 상기 진공 챔버 내의 마그넷 부위에 금속 물질을 타겟으로 배치하는 단계;

상기 진공 챔버 내에 아르곤 가스(Ar)를 반응 가스로 주입하는 단계; 및

상기 진공 챔버 내에 50 내지 70W의 RF 파워 및 상온의 온도 조건을 적용하여, 상기 탄소나노월의 표면 상에 상기 금속 물질을 스퍼터링 방식으로 코팅하는 단계를 포함하는 탄소나노월 표면의 금속코팅 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 금속 물질은 W, Cu 또는 W인 탄소나노월 표면의 금속코팅 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 시료는 금속 재질의 기판과, 상기 기판의 표면 위에 합성된 탄소나노월로 구성되고,

상기 스퍼터링 방식의 코팅 시, 상기 탄소나노월의 표면 상에 상기 금속 물질에 의한 금속층이 평면적으로 코팅되어, 상기 기판과 상기 탄소나노월 및 상기 금속층이 차례로 적층된 소자를 형성하는 탄소나노월 표면의 금속코팅 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 탄소나노월 표면의 금속 코팅 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 합성된 탄소나노월의 표면에 금속 물질을 코팅할 수 있는 탄소나노월 표면의 금속 코팅 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 여러 분야에서의 에너지 수요의 증가는 에너지의 저장 및 전기 변환 시스템의 개발에 영향을 주고 있으며, 이로 인해 이차전지와 슈퍼 캐패시터 등 에너지 저장장치의 고효율화에 대한 연구가 진행되고 있다.

[0003] 탄소(carbon) 기반의 물질은 가공이 쉽고 상대적으로 저렴하며, 높은 전기 전도성을 가지고 화학적, 구조적으로 안정된 물질이다. 따라서, 탄소계 물질들은 그동안 배터리의 전극(electrode) 물질로 많이 사용되어 왔다. 최근에는 다공성 탄소 전극(porous carbon electrode)을 사용하여 전극의 반응 면적을 넓혀 전지의 효율을 향상시키는 시도가 있었다. 또한, 탄소나노튜브(CNT; carbon nanotube) 또는 그래핀(graphene)과 같은 새로운 탄소계 물질을 사용하는 연구들이 진행 중에 있다.

[0004] 탄소 기반의 나노재료 중에서 탄소나노월(CNW; Carbon nanowall)은 탄소나노튜브의 합성 중에 발견된 물질로 수 겹의 그래핀이 기판에 수직으로 합성된 형태의 물질이며, 화학적으로 매우 안정적이고 표면적이 크며 전자 이동성과 기계적 강도가 우수하다. 이러한 탄소나노월은 알려진 탄소계 물질 중에 상당히 넓은 반응 표면적을 가지기 때문에 이를 바탕으로 하는 다양한 응용으로의 개발이 요구된다.

[0005] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제2013-0026643호(2013.03.14 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 탄소나노월 표면을 금속 물질로 코팅하여 탄소나노월의 활용도를 높일 수 있는 탄소나노월 표면의 금속 코팅 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은, RF 마그네트론 스퍼터링 장비의 진공 챔버 내에 기 합성된 탄소나노월(CNW; carbon nanowall) 시료를 준비하고, 상기 진공 챔버 내의 마그넷 부위에 금속 물질을 타겟으로 배치하는 단계와, 상기 진공 챔버 내에 아르곤 가스(Ar)를 반응 가스로 주입하는 단계, 및 상기 진공 챔버 내에 50 내지 70W의 RF 파워 및 상온의 온도 조건을 적용하여, 상기 탄소나노월의 표면 상에 상기 금속 물질을 스퍼터링 방식으로 코팅하는 단계를 포함하는 탄소나노월 표면의 금속코팅 방법을 제공한다.

[0008] 여기서, 상기 금속 물질은 W, Cu 또는 W일 수 있다.

[0009] 또한, 상기 시료는 금속 재질의 기판과, 상기 기판의 표면 위에 합성된 탄소나노월로 구성되고, 상기 스퍼터링 방식의 코팅 시, 상기 탄소나노월의 표면 상에 상기 금속 물질에 의한 금속층이 평면적으로 코팅되어, 상기 기판과 상기 탄소나노월 및 상기 금속층이 차례로 적층된 소자를 형성할 수 있다.

발명의 효과

[0010] 본 발명은 탄소나노월 표면을 금속 물질로 코팅하여 탄소나노월의 활용도를 높일 수 있으며 기존 디바이스의 전극 소자로 대체될 수 있다. 또한, 본 발명은 나노 사이즈의 넓은 표면적을 필요로 하는 디바이스에 다양한 응용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 실시예를 위한 PECVD 장비의 개념도이다.

도 2는 본 발명의 실시예를 위한 RF 마그네트론 스퍼터링 장비의 개념도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노월 표면의 금속코팅의 개념도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에서 합성된 탄소나노월의 표면과 단면의 FE-SEM 이미지를 나타낸다.

도 5는 도 4에 Ni 금속이 코팅된 결과 탄소나노월의 FE-SEM 이미지이다.

도 6은 도 4에 Cu 금속이 코팅된 결과 탄소나노월의 FE-SEM 이미지이다.

도 7은 도 4에 W 금속이 코팅된 결과 탄소나노월의 FE-SEM 이미지이다.

도 8은 도 4에 의해 합성된 탄소나노월과, 도 5 내지 도 7에서 각각 30분간 코팅된 탄소나노월의 끝 부분을 확대한 FE-SEM 단면 이미지이다.

도 9는 도 5 내지 도 7의 경우에 있어 각 금속의 코팅 시간에 따른 금속 성분의 weight%와 atomic%를 정리한 그래프이다.

도 10은 도 4에 의한 합성된 탄소나노월과, 도 5 내지 도 7에서 각각 30분간 금속 코팅된 탄소나노월의 비저항 및 이동도를 정리한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0013] 본 발명은 기 합성된 탄소나노월의 표면에 플라즈마 환경에서 반응 가스를 이용하여 금속 물질을 코팅하는 기술로서 탄소나노월에 대한 활용도를 높일 수 있다.

[0014] 도 1은 본 발명의 실시예를 위한 PECVD 장비의 개념도이고, 도 2는 본 발명의 실시예를 위한 RF 마그네트론 스퍼터링 장비의 개념도이다.

[0015] 본 실시예에서는 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; 플라즈마 화학 기상 증착) 장비를 이용하여 기판 위에 탄소나노월(CNW; carbon nanowall)을 합성한 다음, RF 마그네트론 스퍼터링(RF magnetron sputtering) 장비를 이용하여 상기 합성된 탄소나노월의 표면을 금속 물질로 코팅한다.

- [0016] 도 1의 PECVD 장비는 진공 챔버 내에서 플라즈마를 통해 반응 가스를 해리시켜서 기판 상에 박막을 증착시킨다. 탄소나노월의 합성 시에는 메탄 가스(CH_4) 및 수소 가스(H_2)를 반응 가스로 사용하여 기판에 탄소나노월을 합성(성장)시킬 수 있다.
- [0017] 도 2의 RF 마그네트론 스퍼터링 장비는 합성된 탄소나노월의 시료(substrate)를 진공 챔버 내에 배치하고 챔버 내의 마그넷 부위에 금속 물질을 타겟(target)으로 배치하여, 플라즈마 환경에서 아르곤 가스(Ar)를 반응 가스로 사용하여 탄소나노월의 표면 상에 금속 물질을 스퍼터링 코팅한다. 이러한 도 2의 경우 챔버 내에 타겟이 복수 개로 배치된 예이다.
- [0018] 이와 같이 본 실시예의 경우 탄소나노월의 합성 과정은 PECVD 장비를 사용하고 합성된 탄소나노월 표면의 금속 코팅 과정은 RF 마그네트론 스퍼터링 장비를 사용한다. 이러한 PECVD 및 RF 마그네트론 스퍼터링 기법과 관련한 보다 구체적인 구성 및 원리는 기 공지된 사항을 참조한다.
- [0019] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노월 표면의 금속코팅의 개념도이다. 도 3의 (a)는 합성된 탄소나노월을 나타내고, (b)는 (a)의 표면에 금속 물질이 코팅된 것을 나타낸다. 도 3은 탄소나노월 위에 금속 물질이 하나의 평면적인 층을 형성한 것이다. 이와 같이 금속 물질은 단순히 탄소나노월의 표면을 침투하는데 그치지 않고 코팅 정도에 따라 탄소나노월 상부를 전체적으로 커버하는(덮는) 면상 코팅도 가능하다.
- [0020] 이하에서는 도 1 내지 도 3을 참조로 하여 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노월의 플라즈마 처리 방법에 관하여 설명한다.
- [0021] 먼저, RF 마그네트론 스퍼터링 장비의 진공 챔버 내에 기 합성된 탄소나노월(CNW; carbon nanowall) 시료를 준비하고, 상기 진공 챔버 내의 마그넷 부위에 금속 물질을 타겟으로 배치한다.
- [0022] 여기서 탄소나노월 시료란 탄소나노월 및 이 탄소나노월이 증착되어 있는 기판을 포함할 수 있다. 또한, 본 실시예에서 상기 금속 물질은 W, Cu 또는 W를 사용할 수 있다. 물론, 타겟 금속의 종류가 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0023] 그리고, 상기 진공 챔버 내에 아르곤 가스(Ar)를 반응 가스로 주입한다. 여기서 아르곤 가스의 유량은 챔버의 진공도, 챔버의 크기, 터보 펌프의 용량 등에 따라 가변될 수 있다.
- [0024] 이후, 상기 진공 챔버 내에 50 내지 70W의 RF 파워 및 상온의 온도 조건을 적용하여, 상기 탄소나노월의 표면 상에 상기 금속 물질을 스퍼터링 방식으로 코팅한다.
- [0025] 여기서 온도 조건의 경우 고온에서는 탄소나노월의 변형이 일어날 수도 있으므로 본 실시예의 경우는 온도 변수를 배제하기 위하여 상온에서 코팅을 수행한다.
- [0026] RF 파워 조건에 있어서 파워가 50W 이하인 경우 금속나노월의 표면 위에 금속 물질의 코팅은 가능하나 그 증착률이 떨어지는 단점이 있다. 그 예로서, 파워가 50W의 1/2인 25W인 경우 증착률이 대략 1/4배로 낮아지기 때문에 금속 물질의 코팅을 위해 대략 4배의 시간이 더 소요되게 되고, 이는 공정 효율을 떨어뜨리는 요인이 된다. 또한, 파워가 70W 이상인 경우에는 증착 속도는 높아지지만 금속의 코팅 면이 균일하지 않게 되거나 고르지 않게 되는 문제가 발생할 수 있다.
- [0027] 이상과 같은 본 실시예에 따라 금속 코팅된 탄소나노월 구조체는 전극(electrode) 소자로 대체될 수 있다. 전극 소자는 각종 디바이스에 다양하게 적용 가능하다. 이러한 전극 소재로의 활용은 상기 기판을 금속 재질로 사용하여 구현할 수 있다.
- [0028] 즉, 금속 재질의 기판 표면 위에 합성한 탄소나노월을 상기 시료로 사용하여 상술한 스퍼터링 금속 코팅을 충분한 코팅 시간으로 수행하면 상기 탄소나노월 상에 금속층이 평면적으로 코팅(면상 코팅)된다. 그러면, 금속 재질의 기판, 탄소나노월, 및 금속층이 차례로 적층된 소자를 형성할 수 있게 된다.
- [0029] 이는 탄소나노월을 중심으로 상하층이 모두 금속 재질로 형성된 소자로서, 각종 디바이스에 적용되는 전극 소자로 활용이 가능하다. 여기서, 기판과 금속층을 이루는 금속 물질의 종류는 동종 또는 이종을 사용할 수 있다. 또한, 금속층의 두께는 코팅 시간에 따라 조절 가능하다.
- [0030] 이하에서는 탄소나노월 표면의 금속 코팅 방법에 관한 구체적인 실시예에 관하여 보다 상세히 설명한다.
- [0031] 표 1은 탄소나노월(CNW)의 합성 프로세스 조건(도 1의 PECVD 장비 관련)이며, 표 2는 합성된 탄소나노월 표면의 금속 코팅 프로세스 조건(도 2의 RF 마그네트론 스퍼터링 장비 관련)을 정리하고 있다.

표 1

[0032]

기판	p-type Si wafer (100)
베이스 압력	1×10^{-5} Torr
동작 압력	1.1×10^{-2} Torr
마이크로 웨이브	1350 W
기판 온도	450 °C
반응 가스	CH ₄ :27sccm
반응 가스	H ₂ :15sccm
합성 시간	20 min

표 2

[0033]

기판	CNW/Si
베이스 압력	1×10^{-6} Torr
동작 압력	3×10^{-3} Torr
RF 파워	50 W
기판 온도	Room temperature
타겟	4 inch Ni, Cu, W
반응(스퍼터링) 가스	Ar: 40 sccm
회전 속도	1700 rph
코팅 시간	5, 10, 20, 30 min

[0034]

먼저, 표 1을 참조하면, 탄소나노월은 microwave PECVD를 사용하여 p-type Si(100) wafer 기판 위에 합성하였다. 기판은 트리클로로에틸렌(TCE;trichloroethylene), 아세톤(acetone), 메탄올(methanol), DI water에서 각각 10분간 초음파세척기를 이용하여 세척하였고, DI water와 불산(HF)이 10:1의 비율로 희석된 불산 용액에서 45초 동안 처리하여 Si wafer 기판 표면의 자연 산화막(native oxide)을 제거하였다.

[0035]

탄소나노월의 합성을 위해, 진공 챔버 내에 Si wafer 기판을 배치하고 베이스 압력은 1×10^{-5} Torr 이하로 유지한 뒤 27 sccm의 CH₄과 15 sccm의 H₂를 반응 가스로 유입시켰다. 이 단계에서 챔버 내의 진공도를 1.1×10^{-2} Torr로 유지시키고 microwave power는 1350W, 온도는 450°C로 하여 20분 동안 탄소나노월을 합성하였다. 물론, 탄소나노월의 합성 시에 CH₄는 25~29 sccm 범위의 유량으로, H₂는 13.5~16.5 sccm 범위의 유량으로 주입할 수도 있고 1250~1450W 범위의 파워(ex, 1300W) 및 450~650°C 범위의 온도(ex, 500°C) 조건을 3~20분간 사용할 수도 있다.

[0036]

다음, 표 2를 참조하면, 합성된 탄소나노월 표면 위에 금속층(metal layer)의 코팅은 RF 마그네트론 스퍼터링 시스템과 4 인치 금속 타겟(4 inch metal target)을 사용하였다. 금속 타겟은 Ni, Cu 그리고 W를 사용하였다. 이때, 베이스 압력을 1×10^{-6} Torr 이하로 유지한 뒤 40 sccm의 Ar 가스를 주입하고 동작 압력을 3×10^{-3} Torr로 조절하였다. RF power는 50W로 고정하고 금속층의 두께의 변화를 주기 위하여 합성 시간을 5분, 10분, 20분, 그리고 30분으로 변화를 주어 합성하였다.

[0037]

앞서 표 1의 경우는 450°C의 저온 조건에 합성한 탄소나노월에 대하여 금속 코팅을 수행한 것을 예시한 것이다. 그러나, 본 실시예에서 금속 코팅의 대상은 반드시 저온 조건에서 합성한 탄소나노월에 국한되지 않으며, 800°C 이상의 고온 조건에서 합성한 탄소나노월에 대해서도 본 실시예에 따른 금속 코팅 기술을 적용할 수 있다. 따라서, 기존에 임의의 방법으로 합성된 탄소나노월은 모두 금속 코팅의 대상이 될 수 있다.

[0038]

금속층이 코팅된 탄소나노월의 형태와 성분을 확인하기 위하여, FE-SEM(Field Emission Scanning Electron Microscopy; Hitachi, S-4800), EDS(energy dispersive X-ray spectroscopy, Hitachi, S-4800) 장비를 사용하였다. 그리고, Hall measurement(Ecopia, HMS-3000)를 사용하여 전기적 특성을 확인하였다.

[0039]

도 4는 본 발명의 실시예에서 합성된 탄소나노월(as-deposited CNW)의 표면과 단면의 FE-SEM 이미지를 나타낸다. 도 3에서 좌측 (a)는 표면, 우측 (b)는 단면 이미지를 의미한다. 합성된 탄소나노월은 Si 기판 위에

균일한 모양으로 성장되어 있으며, 높이는 약 5 μm 이다. 탄소나노월의 평면과 단면 이미지를 보면 나노월들 사이의 간격이 일반적인 탄소나노월의 간격보다 좁은 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 저온성장(450 $^{\circ}\text{C}$)의 효과로 판단된다.

[0040] 도 5는 도 4에 Ni 금속이 코팅된 결과 탄소나노월의 FE-SEM 이미지이다. 도 5의 (a), (b), (c), (d)는 각각 5분, 10분, 20분, 30분간 Ni 코팅을 수행한 결과이다. 각 그림에서 좌측은 표면, 우측은 단면 이미지를 나타낸다.

[0041] FE-SEM 단면 이미지로부터, 모든 처리 시간에 있어 Ni 금속 층이 탄소나노월의 표면으로부터 약 0.5 μm 의 깊이까지 침투한 것을 확인할 수 있다. 또한 FE-SEM 평면 이미지로부터, 처리 시간이 짧은 경우(ex, 5 min)는 코팅 전에 해당하는 도 4의 as-deposited CNW와 흡사한 표면 형태를 나타내었다. 그리고, 처리 시간이 5 min에서부터 30 min으로 증가됨에 따라 탄소나노월의 끝 부분의 두께가 25 nm에서 100 nm로 두꺼워지는 것을 확인할 수 있었다(평면 이미지 참조). 이것은 Ni 금속이 탄소나노월의 끝 부분에 많은 양이 합성되어 탄소나노월의 두께가 두꺼워진 영향으로 판단된다. 따라서 조금 더 긴 시간 합성할 경우 탄소나노월 표면 위에 Ni 금속 층을 면상으로 합성할 수 있다.

[0042] 도 6은 도 4에 Cu 금속이 코팅된 결과 탄소나노월의 FE-SEM 이미지이다. 도 6의 (a), (b), (c), (d)는 각각 5분, 10분, 20분, 30분간 Cu 코팅을 수행한 결과이다. 각 그림에서 좌측은 표면, 우측은 단면 이미지를 나타낸다.

[0043] 이러한 Cu 코팅의 경우 앞서 Ni 코팅의 경우와 비슷한 경향을 나타낸다. FE-SEM의 단면 이미지로부터, 모든 처리 시간에 있어 Cu 금속 층이 탄소나노월의 표면으로부터 0.5 μm 의 깊이까지 침투하여 합성된 것을 확인할 수 있었다. 또한, FE-SEM 평면 이미지로부터, 처리 시간이 5 min에서 30 min으로 증가됨에 따라 탄소나노월의 끝 부분의 두께가 25 nm에서 100 nm로 두꺼워지는 것을 확인할 수 있다. 이는 Ni의 경우처럼 처리 시간이 증가함에 따라 Cu가 탄소나노월의 끝부분에 더 많이 합성되어 탄소나노월의 두께 증가에 영향을 끼친 것으로 판단된다. 따라서 Cu 역시 합성시간을 증가시킬 경우 탄소나노월 표면 위에 Cu 금속 층을 면상으로 합성할 수 있다.

[0044] 도 7은 도 4에 W 금속이 코팅된 결과 탄소나노월의 FE-SEM 이미지이다. 도 7의 (a), (b), (c), (d)는 각각 5분, 10분, 20분, 30분간 W 코팅을 수행한 결과이다. 각 그림에서 좌측은 표면, 우측은 단면 이미지를 나타낸다.

[0045] FE-SEM의 단면 이미지를 참조하면, 이러한 W 코팅의 경우 Ni 및 Cu의 경우와 마찬가지로, 모든 처리 시간에 있어 W 금속 층이 탄소나노월의 표면으로부터 0.5 μm 의 깊이까지 침투하여 합성된 것을 확인할 수 있었다. 처리 시간이 5 min과 10 min인 경우 FE-SEM의 평면 이미지는 도 4의 as-deposited CNW의 경우와 흡사한 표면 형태를 보여주었다. 또한, 시간이 5 min ~ 30 min으로 길어질수록, 탄소나노월의 두께는 15 nm에서 25 nm로 증가하였지만 Ni와 Cu에 비해서 적은 두께로 증가한 것을 확인할 수 있었다.

[0046] 도 8은 도 4에 의해 합성된 탄소나노월(as-deposited CNW)과, 도 5 내지 도 7에서 각각 30분간 금속 코팅된 탄소나노월의 끝 부분을 확대한 FE-SEM 단면 이미지이다. 도 8의 (a)는 as-deposited CNW이고, (b), (c), (d)는 각각 Ni, Cu, W가 코팅된 CNW를 나타낸다. 탄소나노월의 끝 부분에 많은 양의 금속이 합성된 것을 확인할 수 있으며, 모든 금속이 탄소나노월의 표면으로부터 0.5 μm 의 깊이까지 내부로 침투하여 합성된 것을 분명하게 확인할 수 있다.

[0047] 도 9는 도 5 내지 도 7의 경우에 있어 각 금속의 코팅 시간에 따른 금속 성분의 weight%와 atomic%를 정리한 그래프이다. 처리 시간이 증가할수록 weight%가 Ni의 경우 1.19에서 22.2로, Cu의 경우 1.7에서 20.1로 각각 증가하는 것을 확인할 수 있다. W의 경우는 시간이 증가함에 따라 weight%가 0.02에서 5.02로 증가하였으며, Ni과 Cu에 비해 증가량이 작은 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 앞서 확인한 FE-SEM의 평면 및 단면 분석에서와 같이, Ni과 Cu의 경우 탄소나노월의 끝 부분에 금속 층이 잘 합성이 되어 탄소나노월의 두께가 증가하지만, W의 경우엔 그렇지 않았던 결과와 일치한다고 볼 수 있다.

[0048] 도 10은 도 4에 의한 합성된 탄소나노월(as-deposited CNW)과, 도 5 내지 도 7에서 각각 30분간 금속 코팅된 탄소나노월의 비저항(resistivity) 및 이동도(mobility)를 정리한 그래프이다. ■ 선은 좌측의 비저항 축, ● 선은 우측의 이동도 축의 값을 참조한다.

[0049] 비저항(resistivity)의 경우, as-deposited CNW는 $4.18 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ 로서 상당히 낮은 값을 가진다. 또한, Ni, Cu, 그리고 W의 경우는 각각 1.74×10^{-3} , 2.95×10^{-3} , $2.68 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ 의 값을 가진다. 이를 통해, 금속 층이 코

팅된 경우 비저항이 약간 감소하는 것을 확인할 수 있다. 또한, Ni이 코팅된 탄소나노월의 경우 가장 작은 비저항 값을 나타내었다.

[0050]

이동성(mobility)의 경우, as-deposited CNW는 $1.23 \times 10^3 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 로 상당히 높은 값을 가지며, Ni, Cu, 그리고 W의 경우 각각 1.13×10^3 , 1.23×10^3 , $1.14 \times 10^3 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 로서 as-deposited CNW의 경우와 거의 비슷한 값을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0051]

이상과 같은 본 발명의 실시예에서는 탄소나노월의 활용도를 높이기 위하여, 합성된 탄소나노월 표면 위에 금속을 코팅하는 기술과 그에 따른 특성 결과를 확인할 수 있었다. 요약하면, 탄소나노월은 CH_4 과 H_2 를 반응가스로 하여 microwave PECVD를 사용하여 Si wafer 기판 위에 합성하였다. 그리고, 4 inch metal target(Ni, Cu, W)과 RF 마그네트론 스퍼터링 장비를 사용하여, 합성된 탄소나노월 위에 금속 층을 코팅하였다. FE-SEM 분석으로부터, 코팅의 처리 시간과 금속의 종류에 상관없이 금속 층이 탄소나노월의 표면으로부터 $0.5 \text{ }\mu\text{m}$ 의 깊이까지 침투하여 합성되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 처리 시간이 증가하면 탄소나노월의 끝 부분에 많은 양의 금속이 합성(코팅)되어 탄소나노월의 두께가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. Ni과 Cu의 경우 W보다 증착량이 크기 때문에, 조금 더 긴 시간을 가하면 탄소나노월 표면에 금속층을 면상으로 합성할 수 있다. 금속 층이 30분 합성된 탄소나노월의 EDS분석에서, Ni의 경우 weight%는 22.2 및 atomic%는 5, Cu의 경우 weight%는 20.16, atomic%는 6.59, 그리고 W의 경우 weight%는 5.02, atomic%는 0.4를 나타내었다. 동일한 조건에서 Ni, Cu가 W보다 금속 층이 잘 형성되는 것을 확인할 수 있었다. Hall measurement 분석을 통해, as-deposited CNW는 $4.18 \times 10^{-3} \text{ }\Omega\text{cm}$ 로 상당히 낮은 값을 가지고, 금속을 코팅하는 경우 비저항이 감소하는 경향을 보이며 그 중 Ni 코팅의 경우 $1.74 \times 10^{-3} \text{ }\Omega\text{cm}$ 로 가장 작았다. 이동성은 as-deposited CNW의 경우 $1.23 \times 10^3 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 로 상당히 높은 값을 가지며 금속을 코팅해도 이동성에 거의 변화가 없는 것을 확인하였다. 합성된 탄소나노월 표면 위에 금속을 코팅하는 본 발명의 기술은 향후 금속 기판 위에 직접 합성된 탄소나노월의 소자 제작에 활용될 수 있다.

[0052]

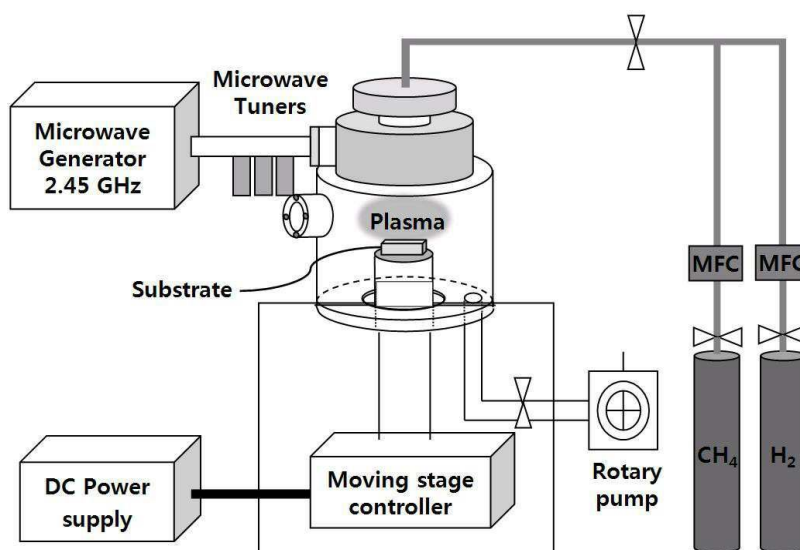
이상과 같은 본 발명에 따른 탄소나노월 표면의 금속 코팅 방법에 따르면, 탄소나노월 표면을 금속 물질로 코팅하여 탄소나노월의 활용도를 높일 수 있으며 기존 디바이스의 전극 소자로 대체될 수 있다. 또한, 나노 사이즈의 넓은 표면적을 필요로 하는 디바이스에 다양한 응용이 가능하다.

[0053]

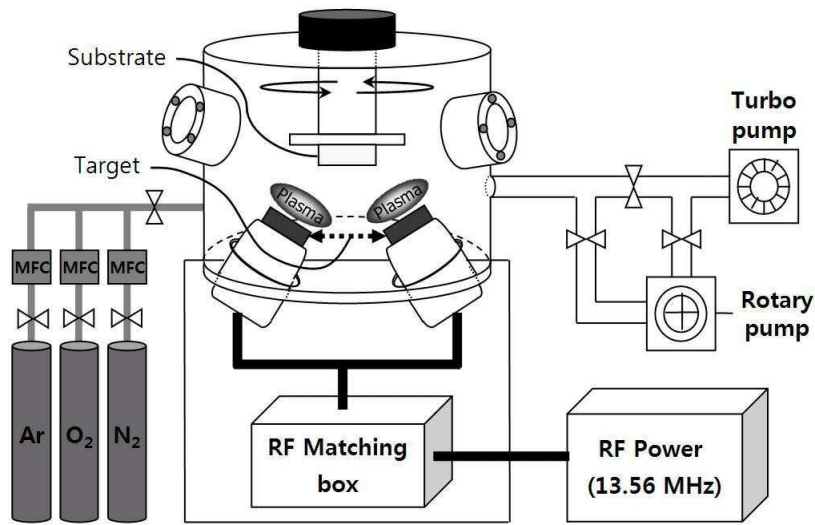
본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

도면

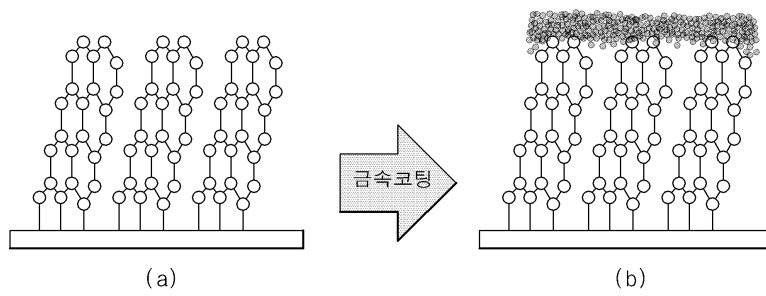
도면1



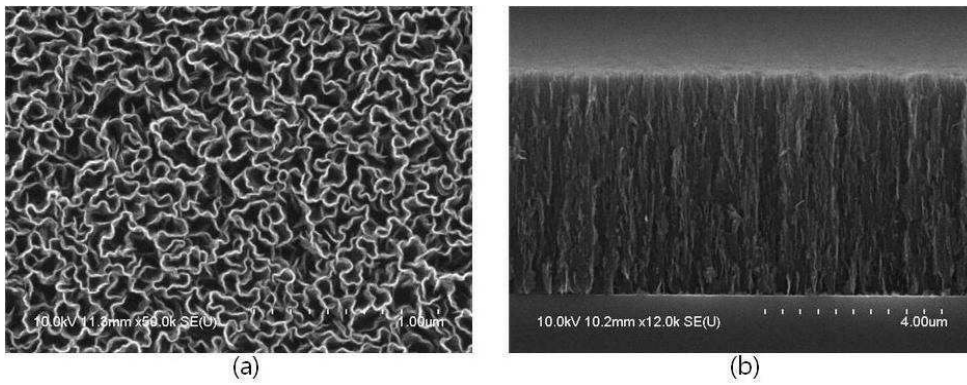
도면2



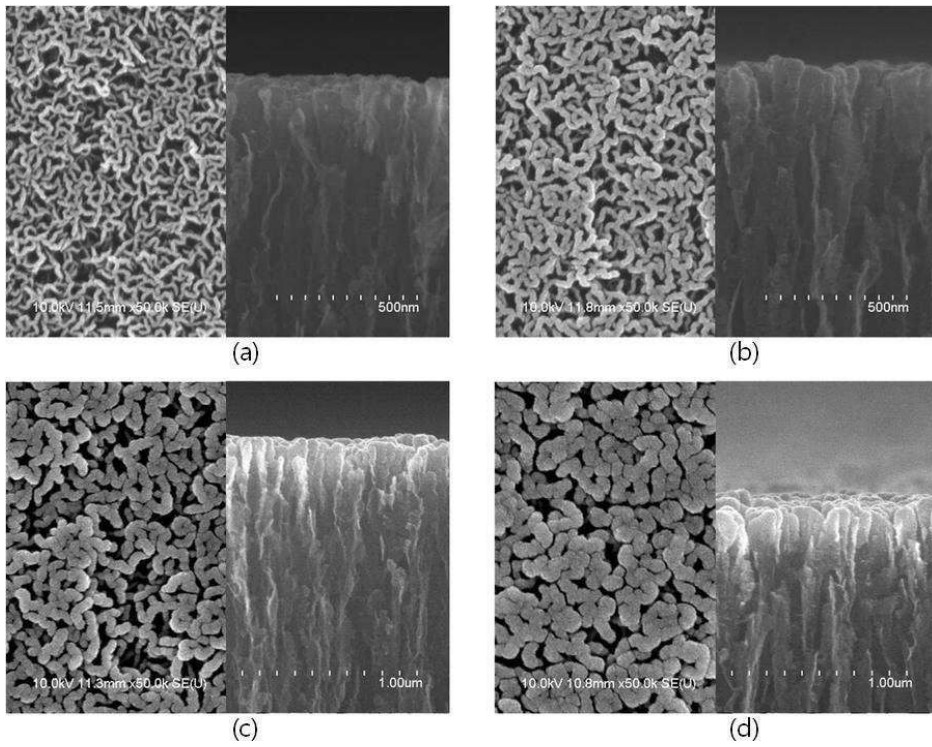
도면3



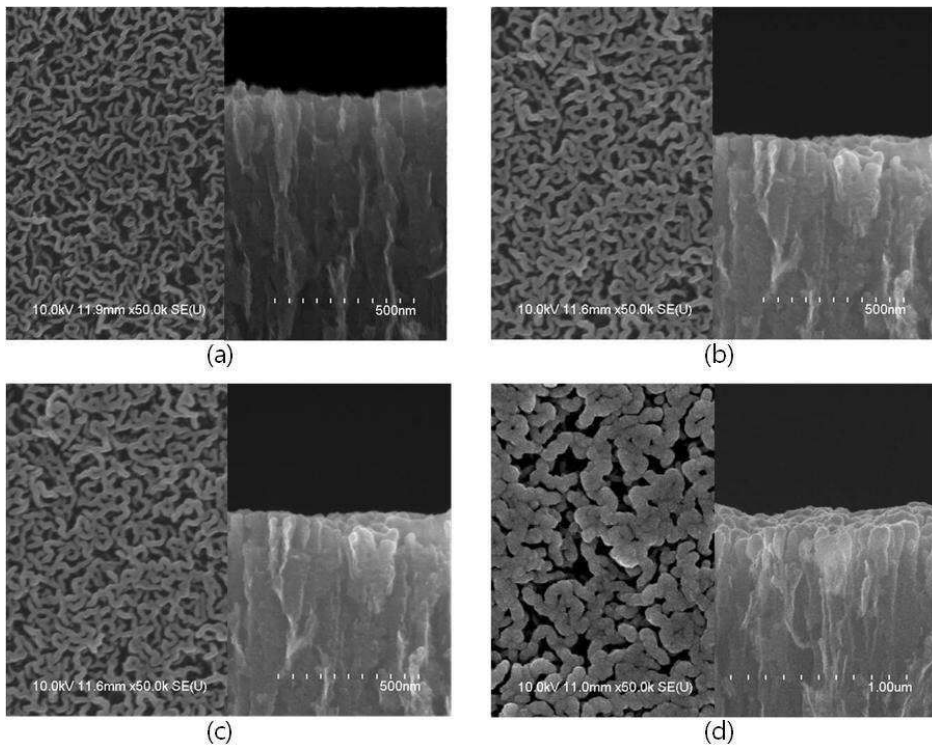
도면4



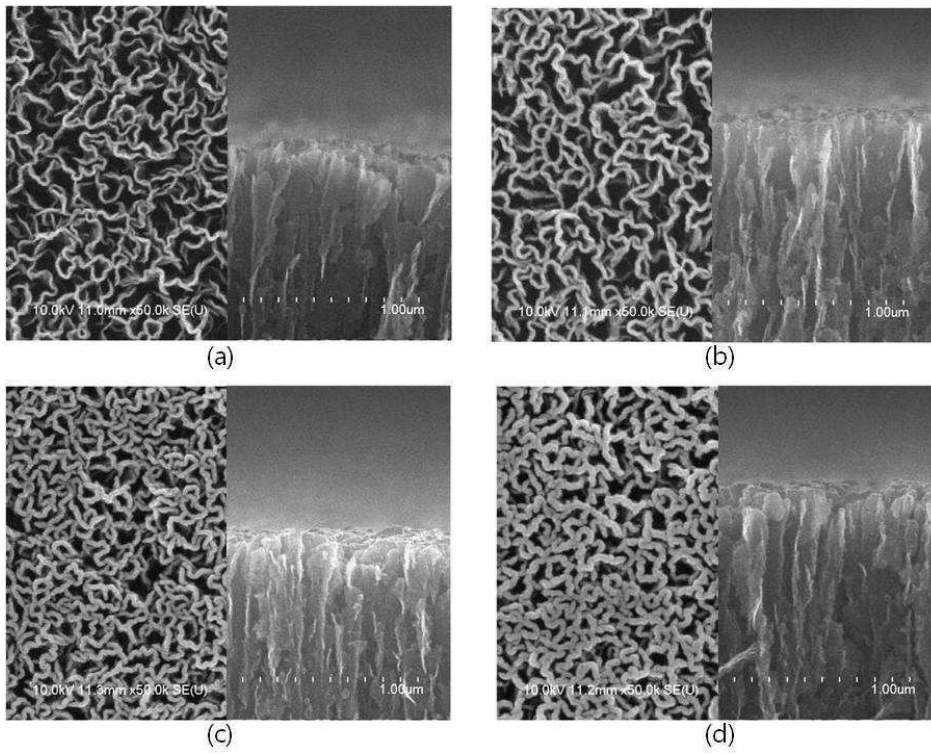
도면5



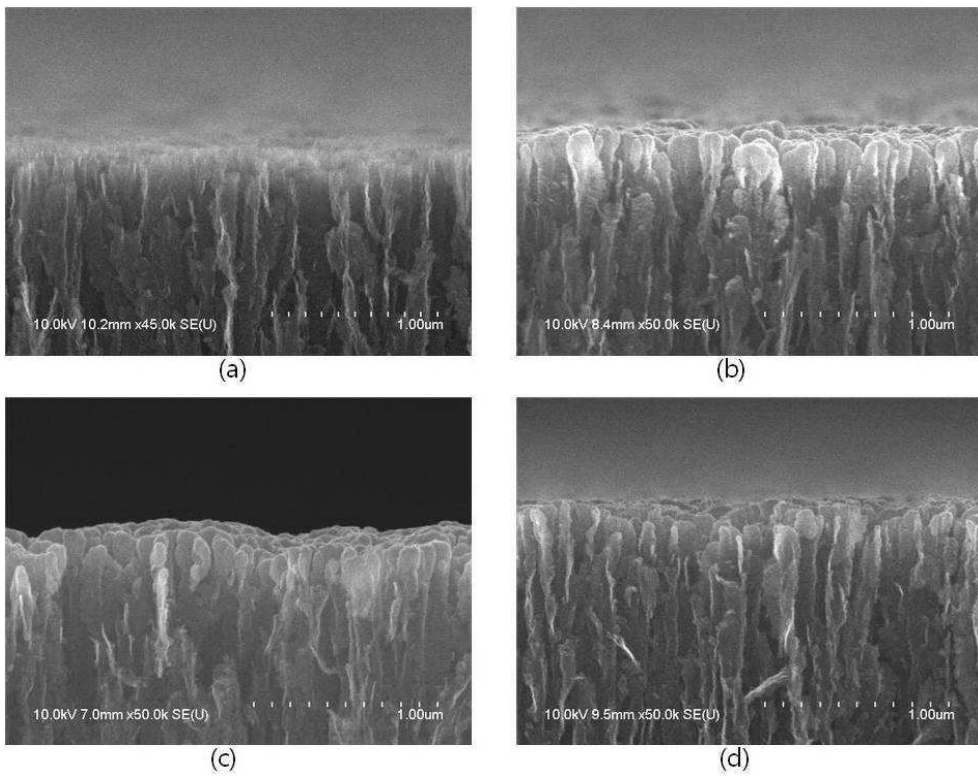
도면6



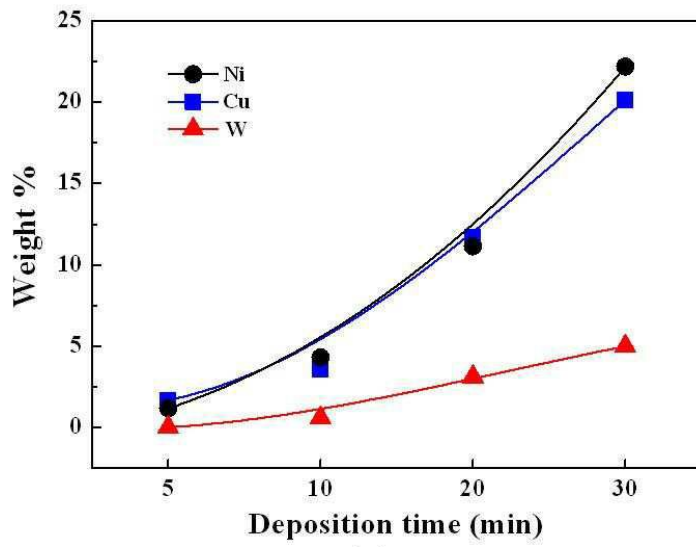
도면7



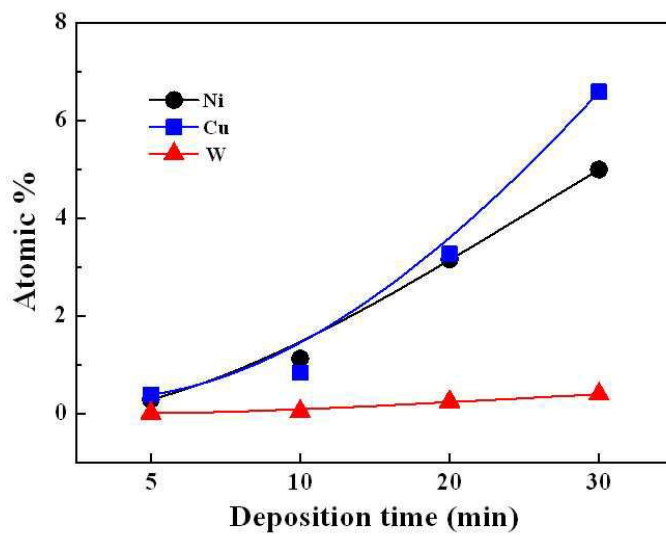
도면8



도면9



(a)



(b)

도면10

