



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년05월14일
(11) 등록번호 10-1264357
(24) 등록일자 2013년05월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01B 5/14 (2006.01) H01B 1/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0033046

(22) 출원일자 2012년03월30일

심사청구일자 2012년03월30일

(56) 선행기술조사문헌

W02011139236 A1

(73) 특허권자

한국전기연구원

경상남도 창원시 성산구 불모산로10번길 12 (성주동)

(72) 발명자

한중탁

경상남도 창원시 상남동 성원3단지아파트 311동 2101호

이건웅

경상남도 창원시 상남동 성원3단지아파트 305동 702호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인부경

전체 청구항 수 : 총 7 항

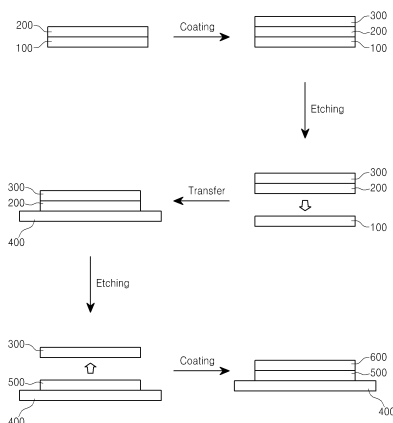
심사관 : 김창주

(54) 발명의 명칭 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름

(57) 요약

본 발명은 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름에 관한 것으로, 기관과; 상기 기관 상면에 도포되어 형성된 그래핀 투명전도층과; 상기 그래핀 투명전도층 상면에 도포되어 산화그래핀에 의한 도핑효과에 의해 상기 그래핀 투명전도층의 전도성을 향상시키는 산화그래핀층;을 포함하여 구성되는 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름을 기술적 요지로 한다. 이에 따라, 투명전극으로 사용되어지는 그래핀 투명전도성 필름 상층부에 카르복실기, 케톤기, 히드록시기, 에폭시기 등의 다양한 관능기를 지니고 있는 산화그래핀을 도핑시킴에 의해 필름의 전도성을 향상시키고, 산화그래핀을 열 또는 화학적으로 환원시켜 그래핀의 전자구조를 조절함으로써 그래핀 필름의 전기적 특성을 제어할 수 있으며, 소수성인 그래핀을 친수성으로 전환시켜 친수성 물질과의 접합성을 향상시켜 태양전지 또는 유기발광다이오드의 전극으로 이용가능하다는 이점이 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

정승열

경상남도 창원시 가음정동 전기연구원아파트
가-306

정희진

경상남도 창원시 가음정동 전기연구원아파트 가-505

특허청구의 범위

청구항 1

기관과;

상기 기관 상면에 도포 되어 형성된 그래핀 투명전도층과;

상기 그래핀 투명전도층 상면에 도포되어 산화그래핀에 의한 도핑효과에 의해 상기 그래핀 투명전도층의 전도성을 향상시키는 산화그래핀층;을 포함하여 구성됨을 특징으로 하는 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 그래핀 투명전도층은 금속표면에서 열화학기상증착법에 의해 제조된 그래핀으로 형성되는 것을 특징으로 하는 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 그래핀 투명전도층은, 상기 그래핀을 상기 기관 상면에 전사시킴에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 산화그래핀은 순수흑연을 산처리를 통해 제조된 산화흑연을 박리함으로써 형성되는 것을 특징으로 하는 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 기관은 유리, 수정, 글래스웨이퍼, 실리콘웨이퍼, 플라스틱으로 이루어진 균으로부터 선택된 1종으로 이루어진 것을 특징으로 하는 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 도포는 스프레이(spray), 디핑(dipping), 스핀코팅(spin coating), 스크린 프린팅(screen printing), 잉크젯 프린팅(inkjet printing), 패드 프린팅, 나이프 코팅, 키스 코팅, 그라비아 코팅 중에서 선택된 하나의 방법을 이용하는 것을 특징으로 하는 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름.

청구항 7

제1항 내지 제 6항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 그래핀 투명 전도성 필름은 태양전지 또는 유기발광다이오드, 터치패널의 전극용으로 사용됨을 특징으로 하는 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 산화 그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 투명전극으로 사용 되어지는 그래핀 투명전도성 필름 상층부에 카르복실기, 케톤기, 히드록시기, 에폭시기 등의 다양한 관능기를 지니고 있는 산화그래핀을 도포해 도핑시킴에 의해 필름의 전도성을 향상시키고, 소수성인 그래핀을 친수성으로 전환시켜 친수성 물질과의 접합성을 향상시키는 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 투명전도성 필름은 플라즈마 디스플레이 패널(PDP), 액정 디스플레이(LCD) 소자, 발광다이오드소자

(LED), 유기전자발광소자(OLED), 터치패널 또는 태양전지 등에 사용된다.

- [0003] 이러한 투명전도성 필름은 높은 도전성(예를 들면, $1 \times 10^3 \Omega/\text{sq}$ 이하의 면저항)과 가시영역에서 높은 투과율을 가지기 때문에 태양전지, 액정표시소자, 플라즈마 디스플레이 패널, 스마트 윈도우 그 이외의 각종 수광소자와 발광소자의 전극으로 이용되는 것 이외에 자동차 창유리나 건축물의 창유리 등에 쓰이는 대전 방지막, 전자파 차폐막 등의 투명전자파 차폐체 및 열선 반사막, 냉동쇼케이스 등의 투명 발열체로 사용되고 있다.
- [0004] 투명전도성 필름으로는 안티몬이나 불소가 도핑된 산화주석(SnO_2)막 알루미늄이나 칼륨이 도핑된 산화아연(ZnO)막, 주석이 도핑된 산화인듐(In_2O_3)막 등이 광범위하게 이용되고 있다.
- [0005] 특히 주석이 도핑된 산화 인듐막, 즉 In_2O_3 -Sn계의 막은 ITO(Indium tin oxide)막이라고 불리워지고, 저 저항의 막을 쉽게 얻을 수 있기 때문에 많이 이용되고 있다. ITO의 경우 제반 물성이 우수하고 현재까지 공정 투입의 경험이 많은 장점을 가지고 있지만, 산화인듐(In_2O_3)은 아연(Zn) 광산 등에서 부산물로 생산되기 때문에 수급이 불안정한 문제점이 있다. 또한, ITO막은 유연성이 없기 때문에 폴리머기질 등의 플렉시블한 재질에는 사용하지 못하는 단점이 있으며, 고온, 고압 환경하에서 제조가 가능하므로 생산단가가 높아지는 문제점이 있다.
- [0006] 또한, 플렉시블한 터치패널이나 디스플레이 등을 얻기 위해 전도성 고분자를 이용하여 폴리머 기질 상면에 코팅시킬 수도 있으나, 이러한 필름은 외부 환경에 노출 시 전기전도도가 떨어지거나 투명하지 않은 문제점이 있어, 그 용도가 제한적이게 된다.
- [0007] 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근에는 여러 종류의 기질 상면에 그래핀을 코팅하는 기술이 연구되고 있다.
- [0008] 그래핀은 탄소원자들이 2차원 상에서 sp^2 결합에 의한 벌집모양의 배열을 이루면서 원자 한층의 두께를 가지는 반금속성 나노 물질로 구조적, 화학적으로 매우 안정할 뿐만 아니라, 전기 및 열전도도가 우수하고 일함수가 낮은 특징을 갖고 있어서 전자, 디스플레이, 에너지 소자의 전극재료로 각광을 받고 있다.
- [0009] 상기 그래핀을 합성하기 위한 방법으로 스카치 테이프를 이용하여 흑연 플레이크로부터 그래핀을 분리하는 미세 기계적(micromechanical) 방법(Novoselov 외 7명, Science, 306, 666, 2004), SiC 단결정을 고온 열처리를 통해 에피택셜한 방법으로 그래핀을 합성하는 열분해 방법(Berger 외 12명, Science, 312, 1191, 2006), 고온에서 탄소가 포함된 가스를 촉매 박막을 이용하여 분해하고 그래핀을 합성하는 화학기상증착법(대한민국특허청 공개특허 공보 공개번호: 10-2007-0132682) 및 습식 공정법인 휴머스법(W. Hummers 외 1명, J. Am. Chem. Soc., 80, 1339, 1958), 브로디법(B. C. Brodie, Ann. Chim. Phys., 59, 466-472, 1860), 스타우덴마이어법(L. Staudenmaier, Ber. Dtsch. Chem. Ges., 31, 1481-1499, 1898) 등을 이용하여 그래파이트 결정을 화학/기계적으로 처리하여 얻는 흑연박리법 등이 있다. 이 중 스카치 테이프법과 에피택셜법은 수율이 낮아 상업적으로 적용하기가 힘들고, 흑연박리법으로 제조된 그래핀의 경우는 많은 연구를 통해 전기전도도의 개선이 이루어지고 있지만 아직까지 상기 여타의 방법으로 합성된 그래핀에 비해 상대적으로 불순물 및 결함이 많이 포함되어 전기적 특성이 떨어지는 문제점이 있다.
- [0010] 상대적으로 흑연박리법으로 합성된 그래핀에 비해 전기적 특성이 우수한 화학기상증착법 그래핀의 경우, 상업적인 응용이 가능할 수준의 대면적 합성 및 균일도에 의문이 있었지만 2010년 30인치의 균일한 대면적 그래핀을 합성하는 기술(Nature Nanotech. 5, 574 (2010))이 소개되면서 많은 연구가 집중되고 있다.
- [0011] 이러한 많은 연구에도 불구하고, 아직까지 화학기상증착법 그래핀의 면저항이 $\sim 500 \text{ohm/square}$ 인데 이는 일반적으로 디스플레이의 전극으로 사용되는 인듐주석산화물의 면저항인 $\sim 100 \text{ohm/square}$ 에 비해 상대적으로 높은 값을 보이고 있다.
- [0012] 그래핀의 면저항을 낮추기 위해 가장 활발히 연구되고 있는 방법은 도핑인데 주로 금속(Au, Ag, Pt, Al, 등) 전구체를 이용하여 이온 상태로 도핑하는 방법이나 그래핀의 상층부나 하층부에 유기도펀트를 도포하는 방법, 그래핀 합성 시 질소나 붕소를 함유한 가스 혹은 고체소스를 사용하여 직접 도핑된 그래핀을 합성하는 방법이 있다.
- [0013] 상기의 방법으로 도핑된 그래핀은 공기 중이나 습기에 노출되었을 경우, 산소나 물분자와 결합하여 그래핀의 전도도를 감소시키는 역할을 하므로 이를 해결해야하는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 따라서, 본 발명은 상기한 종래기술들의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 투명전극으로 사용 되어지는 그래핀 투명전도성 필름 상층부에 카르복실기, 케톤기, 히드록시기, 에폭시기 등의 다양한 관능기를 지니고 있는 산화그래핀을 도포해 도핑시킴에 의해 필름의 전도성을 향상시키고, 소수성인 그래핀을 친수성으로 전환시켜 친수성 물질과의 접합성을 향상시키는 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 기관과; 상기 기관 상면에 도포 되어 형성된 그래핀 투명전도층과; 상기 그래핀 투명전도층 상면에 도포되어 산화그래핀에 의한 도핑효과에 의해 상기 그래핀 투명전도층의 전도성을 향상시키는 산화그래핀층;을 포함하여 구성되는 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름을 기술적 요지로 한다.

[0016] 상기 그래핀 투명전도층은 금속표면에서 열화학기상증착법에 의해 제조된 그래핀으로 형성되는 것이 바람직하다.

[0017] 상기 그래핀 투명전도층은, 상기 그래핀을 상기 기관 상면에 전사시킴에 의해 형성되는 것이 바람직하다.

[0018] 상기 산화그래핀은 순수흑연을 산처리를 통해 제조된 산화흑연을 박리함으로써 형성되는 것이 바람직하다.

[0019] 상기 기관은 유리, 수정, 글래스웨이퍼, 실리콘웨이퍼, 플라스틱으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종으로 이루어진 것이 바람직하다.

[0020] 상기 도포는 스프레이(spray), 디핑(dipping), 스핀코팅(spin coating), 스크린 프린팅(screen printing), 잉크젯 프린팅(inkjet printing), 패드 프린팅, 나이프 코팅, 키스 코팅, 그라비아 코팅 중에서 선택된 하나의 방법을 이용하는 것이 바람직하다.

[0021] 상기 그래핀 투명 전도성 필름은 태양전지 또는 유기발광다이오드, 터치패널 등의 전극용으로 사용되는 것이 바람직하다.

[0022] 이에 따라, 투명전극으로 사용 되어지는 그래핀 투명전도성 필름 상층부에 카르복실기, 케톤기, 히드록시기, 에폭시기 등의 다양한 관능기를 지니고 있는 산화그래핀을 도포해 도핑시킴에 의해 필름의 전도성을 향상시키고, 산화그래핀을 열 또는 화학적으로 환원시켜 그래핀의 전자구조를 조절함으로써 그래핀 필름의 전기적 특성을 제어할 수 있으며, 소수성인 그래핀을 친수성으로 전환시켜 친수성 물질과의 접합성을 향상시켜 태양전지 또는 유기발광다이오드, 터치패널 등의 전극으로 이용가능하다는 이점이 있다.

발명의 효과

[0023] 상기의 구성에 의한 본 발명은, 투명전극으로 사용되어 지는 그래핀 투명전도성 필름 상층부에 카르복실기, 케톤기, 히드록시기, 에폭시기 등의 다양한 관능기를 지니고 있는 산화그래핀을 도핑시킴에 의해 필름의 전도성을 향상시키고, 산화그래핀을 열 또는 화학적으로 환원시켜 그래핀의 전자구조를 조절함으로써 그래핀 필름의 전기적 특성을 제어할 수 있으며, 소수성인 그래핀을 친수성으로 전환시켜 친수성 물질과의 접합성을 향상시켜 태양전지 또는 유기발광다이오드, 터치패널 등의 전극으로 이용가능하다는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름의 제조공정을 나타낸 도이고,

도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 열화학기상증착법에 의해 제조된 그래핀의 광학현미경 사진을 나타낸 도이고,

도 3은 본 발명의 제1실시예에 따른 열화학기상증착법에 의해 제조된 그래핀의 라만분광 스펙트럼을 나타낸 도이고,

도 4는 본 발명의 제1실시예에 따라 제조된 산화그래핀 수용액을 나타낸 사진이고,

도 5는 본 발명의 제1실시예에 따라 제조된 산화그래핀 수용액을 기관에 도포한 경우의 전자주사 현미경 사진을

나타낸 도이고,

도 6은 본 발명의 제1실시예에 따라 제조된 산화그래핀 수용액의 적외선분광 스펙트럼을 나타낸 도이고,

도 7은 본 발명의 제1실시예에 따른 산화그래핀 코팅횟수별 그래핀 투명전도성 필름의 면저항 변화를 나타낸 도이고,

도 8은 본 발명의 제1실시예에 따른 산화그래핀 도포에 따른 그래핀 트랜지스터 특성 변화를 나타낸 도이고,

도 9는 본 발명의 제1실시예에 따른 그래핀 투명전도막을 전극으로 사용한 유기태양전지 특성치를 나타낸 도이다.

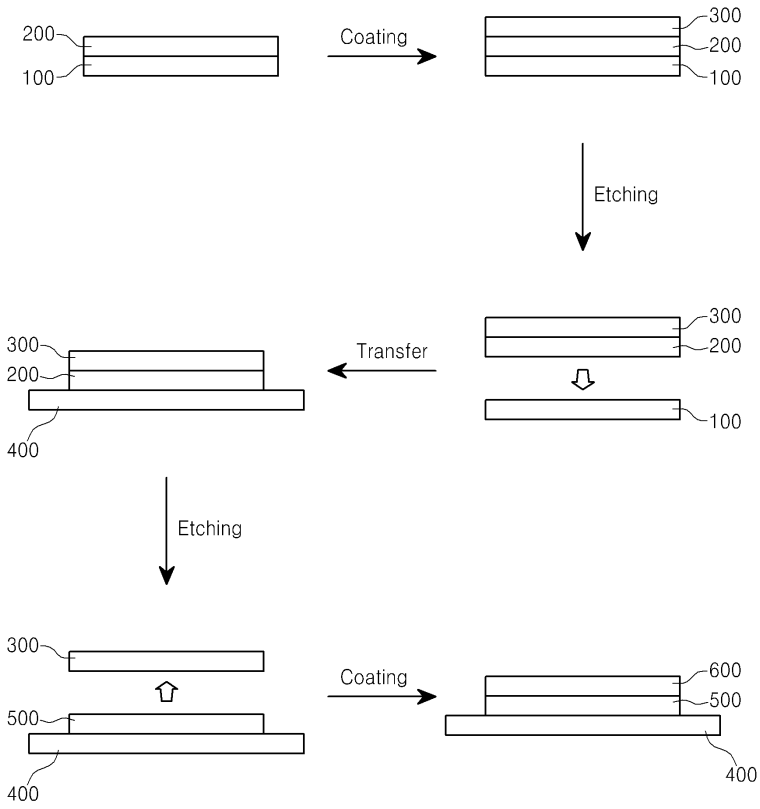
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하 본 발명의 바람직한 실시예를 도면을 참조로 상세히 설명하기로 한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 산화그래핀에 의해 전도성이 향상된 그래핀 투명 전도성 필름의 제조공정을 나타낸 도이고, 도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 열화학기상증착법에 의해 제조된 그래핀의 광학현미경 사진을 나타낸 도이고, 도 3은 본 발명의 제1실시예에 따른 열화학기상증착법에 의해 제조된 그래핀의 라만분광 스펙트럼을 나타낸 도이고, 도 4는 본 발명의 제1실시예에 따라 제조된 산화그래핀 수용액을 나타낸 사진이고, 도 5는 본 발명의 제1실시예에 따라 제조된 산화그래핀 수용액을 기판에 도포한 경우의 전자주사 현미경 사진을 나타낸 도이고, 도 6은 본 발명의 제1실시예에 따라 제조된 산화그래핀 수용액의 적외선분광 스펙트럼을 나타낸 도이고, 도 7은 본 발명의 제1실시예에 따른 산화그래핀 코팅횟수별 그래핀 투명전도성 필름의 면저항 변화를 나타낸 도이고, 도 8은 본 발명의 제1실시예에 따른 산화그래핀 도포에 따른 그래핀 트랜지스터 특성 변화를 나타낸 도이고, 도 9는 본 발명의 제1실시예에 따른 그래핀 투명전도막을 전극으로 사용한 유기태양전지 특성치를 나타낸 도이다.
- [0027] < 제1실시예 >
- [0028] 도시된 바와 같이, 본 발명에서는 그래핀 투명전도층을 형성하기 위해 먼저 그래핀을 제조하여야 한다.
- [0029] 1-1. 구리호일을 이용한 그래핀의 제조
- [0030] 25 μ m 두께의 구리호일(Alfa aesar, 99.8%)인 금속판(100)위에 열화학기상증착방법(thermal chemical vapor deposition)을 통해 그래핀(200)을 제조한다. 챔버(chamber) 내에 구리호일을 넣고, 1000 $^{\circ}$ C로 2시간 30분에 걸쳐 승온시킨다. 1000 $^{\circ}$ C, 수소 90 sccm, 압력 180 mTorr의 조건에서 30분의 열처리 과정을 거친 후 메탄가스 200sccm을 넣고 30분간 성장 후, 가스의 조건은 그대로 유지시킨 채 2시간에 걸쳐 온도를 내려주어 그래핀(200)을 제조한다.
- [0031] 1-2. 제조된 그래핀의 전사(Transfer)
- [0032] 제조된 그래핀/구리호일 위에 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA)(300) 용액을 떨어뜨린 후, 1000rpm의 속도로 30초간 스핀코팅(spin coating)하여 얇은 고분자막을 형성시킨다. 그 후 구리호일은 에천트를 이용해 제거하고, 기판(400)인 투명 폴리에틸렌테레프탈레이트 위로 전사한 후 아세톤으로 PMMA(300)를 제거하여 기판(400) 상면에 그래핀 투명전도층(500)이 형성된다. 여기서 상기 기판(400)은 유리, 수정, 글래스웨이퍼, 실리콘웨이퍼, 플라스틱 등이 가능하나 본 발명에서는 실리콘웨이퍼를 이용하였다.
- [0033] 300nm SiO₂ 층의 실리콘(Si) 웨이퍼 기판(400)에 전사할 경우 도2와 같이 균일하게 성장된 그래핀을 확인할 수 있으며, 도3과 같이 라만분광법을 통해 2D 피크가 큰 고결정성의 그래핀이 성장되었음을 확인하였다.
- [0034] 다음은 상기 그래핀 투명전도층(500) 상면에 산화그래핀층(600)을 형성하여야 하는바 먼저 산화그래핀을 제조하여야 한다.

- [0035] 1-3. 산화그래핀의 제조
- [0036] 산화그래핀은 순수흑연을 황산과 KMnO_4 로 1일 처리하고 과산화수소와 염산으로 정제하여 제조된 산화흑연 파우더를 증류수에 500mg/L로 초음파 분산기를 이용하여 박리함으로써 제조한다. 도4는 제조된 산화그래핀 수용액을 나타낸 사진이고, 이를 기관에 도포할 경우 도5와 같이 다양한 크기의 이차원 구조 산화그래핀을 확인할 수 있다. 그리고 적외선분광법에 의해 도6과 같이 카르복실기, 에폭시기, 알코올기 등의 다양한 친수성 관능기가 존재함을 확인하였다.
- [0037] 1-4. 산화그래핀이 도포된 그래핀 투명전도막 제조
- [0038] 상기 1-2에서 제조된 그래핀 투명전도층(500) 상면에 상기 1-3에서 제조된 산화그래핀 수용액을 스프레이 건을 이용하여 도포하여 그래핀 투명전도층(500) 상면에 산화그래핀층(600)이 형성된 그래핀 투명전도성 필름이 형성된다.
- [0039] 1-5. 제조된 산화그래핀이 도포된 그래핀 투명전도막의 전기적 성질
- [0040] 그래핀 투명전도층(500) 상면에 산화그래핀층(600)이 형성된 경우의 그래핀 투명 전도성 필름에 대한 물성을 조사한바, 도7에서와 같이, 산화그래핀을 코팅한 경우에는 동일 투과도에서 처리전에 비해 면저항이 감소하였으며 코팅횟수가 증가할수록 면저항이 감소하였다. 특히, 산화도가 큰 산화그래핀을 도포할 경우 더 큰 면저항 감소가 나타났다.
- [0041] 그리고, 산화그래핀 코팅전 그래핀의 물접촉각이 85도에서 산화그래핀을 코팅함에 따라 물접촉각이 28도까지 감소함으로써 소수성 그래핀 표면이 산화그래핀에 의해 친수성으로 변화하였음을 확인하였다.
- [0042] 산화그래핀에 의한 그래핀의 도핑정도를 살펴보기 위해 박막트랜지스터를 제작하였다. 열화학기상증착방법에 의해 제조된 그래핀은 트랜지스터 특성에서 V자 모양의 전기적 특성이 나타나게 된다. 가장 낮은 부분의 전압을 문턱전압 (threshold voltage)라고 하며 이 위치는 그래핀의 디락점(Dirac point)라고도 한다.
- [0043] 도8에서와 같이 산화그래핀 도포 전 디락점이 10V정도에서 나타나는 반면 산화그래핀을 도포함에 따라 크게 양 전압쪽으로 이동하게 된다. 이는 산화그래핀에 의해 그래핀이 홀도핑(hole doping) 되었다는 것을 나타낸다.
- [0044] 도9는 산화그래핀을 이용해 전도성이 향상된 그래핀 투명전도막을 전극으로 사용하여 제작된 유기태양전지의 특성을 나타내는 도이다.
- [0045] 도9와 같이, 산화그래핀을 코팅하지 않은 그래핀 투명전도막을 사용한 경우 광전효율이 2%에 불과하지만 산화그래핀을 코팅하여 전도성과 젖음성이 향상된 그래핀 투명전도막을 전극으로 사용한 경우 광전효율이 3%로 크게 증가하였다.
- [0046] < 제2실시에 >
- [0047] 본 발명의 제1실시예에서는 그래핀을 기관에 전사하여 그래핀 투명전도층을 형성하고 그 상면에 산화그래핀층을 형성시키는 형태로 그래핀 투명 전도성 필름을 형성시켰다.
- [0048] 그러나 본 발명의 제2실시예에서는 구리호일인 금속판위에 그래핀을 형성시키고, 그 상면에 산화그래핀층을 형성시킨 후, 이를 기관에 전사하는 방식으로 기관상면에 그래핀 투명전도층을 형성시키고, 그 상면에 산화그래핀층이 형성된 그래핀 투명 전도성 필름을 형성시켰는바, 이하 이에 대해 설명한다.
- [0049] 2-1. 구리호일을 이용한 그래핀의 제조
- [0050] 25 μm 두께의 구리호일(Alfa aesar, 99.8%)인 금속판위에 열화학기상증착방법 (thermal chemical vapor deposition)을 통해 그래핀을 제조한다. 챔버(chamber) 내에 구리호일을 넣고, 1000 $^{\circ}\text{C}$ 로 2시간 30분에 걸쳐 승온시킨다. 1000 $^{\circ}\text{C}$, 수소 90 sccm, 압력 180 mTorr의 조건에서 30분의 열처리 과정을 거친 후 메탄가스

도면

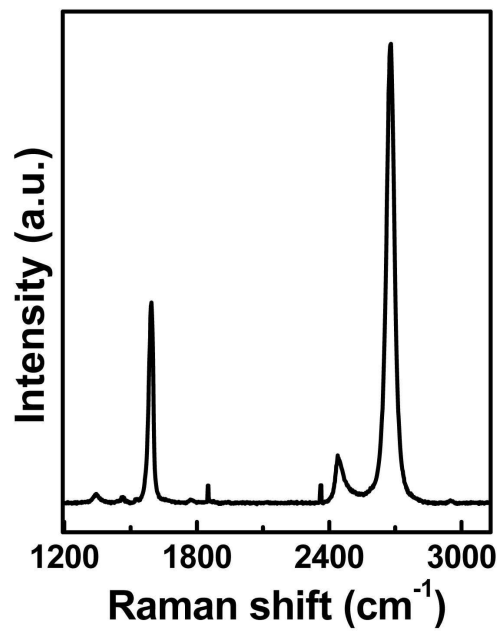
도면1



도면2



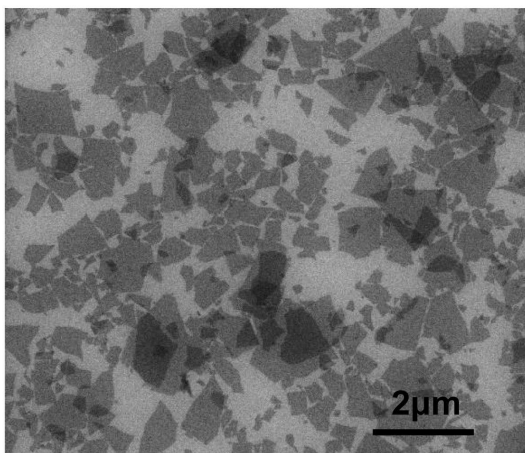
도면3



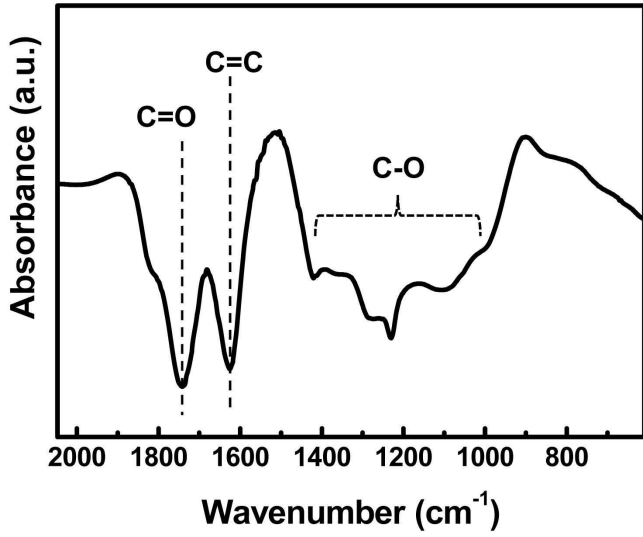
도면4



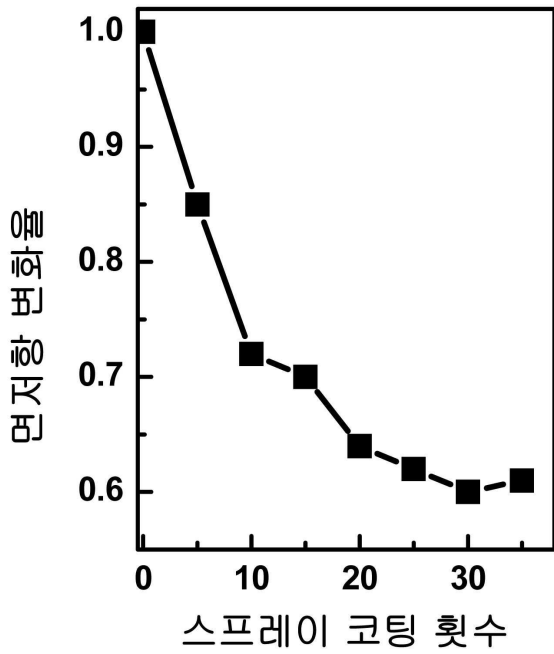
도면5



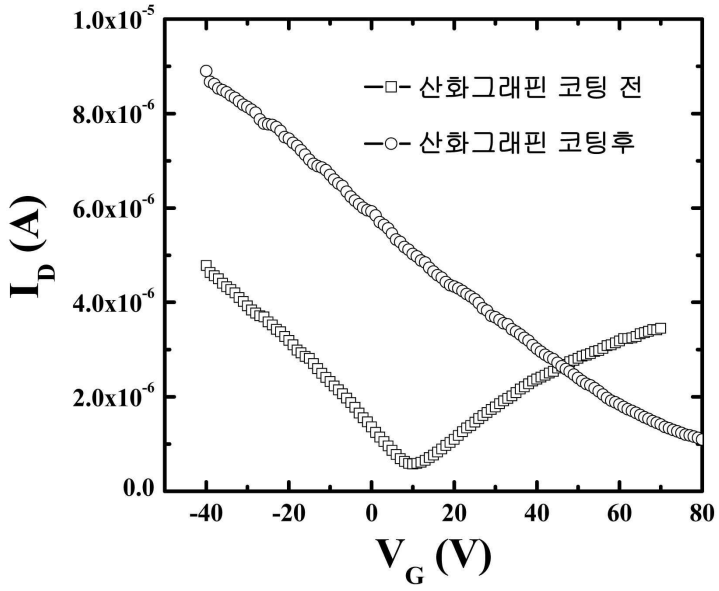
도면6



도면7



도면8



도면9

