



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2012년08월16일  
(11) 등록번호 10-1171818  
(24) 등록일자 2012년08월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H05K 9/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2011-0019335  
(22) 출원일자 2011년03월04일  
심사청구일자 2011년03월04일  
(65) 공개번호 10-2011-0101081  
(43) 공개일자 2011년09월15일  
(30) 우선권주장  
1020100020069 2010년03월05일 대한민국(KR)  
(56) 선행기술조사문헌  
EP2059109 A2\*  
KR1020090017454 A\*  
KR1020090129176 A\*  
KR1020090123951 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
성균관대학교산학협력단  
경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 성균관대학교  
내 (천천동)  
(72) 발명자  
홍병희  
서울특별시 강남구 봉은사로72길 18, 202호 (삼성  
동)  
최재봉  
경기도 용인시 수지구 신봉1로 112-2, LG빌리지5  
차아파트 514동 102호 (신봉동)  
(74) 대리인  
특허법인엠에이피에스  
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 14 항

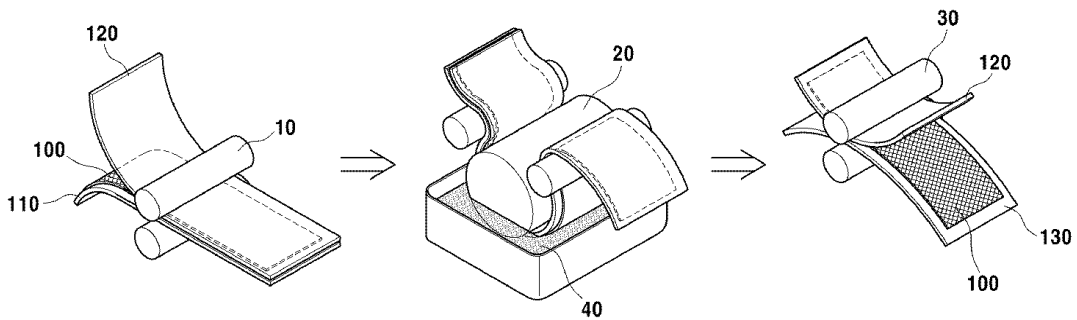
심사관 : 심병로

**(54) 발명의 명칭 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법 및 전자파 차폐재**

**(57) 요약**

본원은 전자파 발생원의 내부 또는 외부에 그래핀 및/또는 기재 상에 형성된 그래핀을 이용하여 전자파를 차폐시키 방법 및 그래핀을 포함하는 전자파 차폐재에 관한 것이다.

**대표도**



(72) 발명자

**김영진**

서울특별시 강남구 언주로30길 57, 타워펠리스 E동  
2506호 (도곡동)

**김형근**

경기도 화성시 팔탄면 고주골길 46

**배수강**

경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 성균관대학교  
제2종합연구동 83602호 (천천동)

**강준모**

경기도 수원시 장안구 덕영대로445번길 61, 101호  
(율전동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2009-0000000

부처명 지식경제부

연구사업명 산학협력중심대학육성사업

연구과제명 Graphene 나노 복합구조체를 이용한 휴대전화용 key-pad 설계 기초연구

주관기관 성균관대학교산학협력단

연구기간 2009.08.01 ~ 2010.03.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2009-0093248

부처명 교육과학기술부

연구사업명 선도연구센터육성사업

연구과제명 변환형 소자 구현을 위한 공정 및 집적화 기술 연구

주관기관 성균관대학교산학협력단

연구기간 2009.09.01 ~ 2010.02.28

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

전자파 발생원의 외부 또는 내부에 화학기상증착법에 의하여 그래핀을 형성함으로써 상기 그래핀에 의하여 전자파를 차폐시키는 것을 포함하는, 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 그래핀은, 화학기상증착법에 의하여 기재 상에 형성된 상기 그래핀을 상기 전자파 발생원의 외부 또는 내부에 전사하여 형성되는 것인, 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 그래핀은 도핑(doping)된 것인, 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 그래핀의 면저항은  $60 \Omega/\text{sq}$ 이하인, 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법.

### 청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 기재는 금속 또는 고분자를 포함하는 것인, 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법.

### 청구항 7

전자파 발생원의 외부 또는 내부에 화학기상증착법에 의하여 그래핀이 형성된 기재를 부착하거나 랩핑(wrapping)함으로써 상기 그래핀에 의하여 전자파를 차폐시키는 것을 포함하는, 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법.

### 청구항 8

삭제

### 청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 그래핀은 도핑(doping)된 것인, 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법.

**청구항 10**

제 7 항에 있어서,  
상기 그래핀의 면저항은  $60 \Omega/\text{sq}$ 이하인, 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법.

**청구항 11**

제 7 항에 있어서,  
상기 기재는 호일(foil), 와이어(wire), 플레이트(plate), 튜브(tube), 또는 네트(net) 형태를 포함하는 것인,  
그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법.

**청구항 12**

제 7 항에 있어서,  
상기 기재는 금속 또는 고분자를 포함하는 것인, 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법.

**청구항 13**

기재(substrate); 및  
상기 기재 표면에 형성된 그래핀을 포함하는 전자파 차폐재로서,  
상기 그래핀은 화학기상증착법에 의하여 형성되고 면저항이  $60 \Omega/\text{sq}$  이하인 것인, 전자파 차폐재.

**청구항 14**

제 13 항에 있어서,  
상기 그래핀은 도핑(doping)된 것인, 전자파 차폐재.

**청구항 15**

제 13 항에 있어서,  
상기 기재는 호일(foil), 와이어(wire), 플레이트(plate), 튜브(tube), 또는 네트(net) 형태를 포함하는 것인,  
전자파 차폐재.

**청구항 16**

제 13 항에 있어서,  
상기 기재는 금속 또는 고분자를 포함하는 것인. 전자파 차폐재.

**명세서**

**기술분야**

본원은 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법 및 그래핀을 이용한 전자파 차폐재에 관한 것이다.

**배경기술**

[0001]

[0002] 전자파는 전기의 사용으로 발생하는 전자기 에너지로서, 광범위한 주파수 영역을 가진다. 전자파는 주파수에 따라 가정용 전원주파(60 Hz), 극저주파(0 Hz 내지 1000 Hz), 저주파(1 kHz 내지 500 kHz), 통신주파(500 kHz 내지 300 kHz), 마이크로웨이브(300 MHz-300 GHz: G-10억)로 분류되고 적외선, 가시광선, 자외선, X선, 감마선 순으로 주파수가 높아진다.

[0003] 최근에는 PC, 휴대폰 등의 디지털 기기의 급속한 보급으로 인해 직장이나 가정까지도 전자파의 홍수를 초래하고 있으며, 이러한 전자파 장애는 컴퓨터의 오작동, 공장의 전소 사고에서부터 인체에 부정적인 영향에 이르기까지 다양하게 나타나고 있어, 다양한 전기·전자 제품에 대한 전자파 차폐 기술은 일렉트로닉스 산업의 핵심 기술 분야로 떠오르고 있다.

[0004] 전자파 차폐 기술은 전자파 발생원 주변을 차폐하여 외부 장비를 보호하는 방법과 차폐 물질 내부에 장비를 보관하여 외부의 전자파 발생원으로부터 보호하는 방법으로 나눌 수 있다. 이와 관련하여, 최근에는 전자파 차폐를 위한 차폐 재료에 대한 연구가 가장 각광 받고 있으나, 아직은 차폐 재료의 성능, 적용성, 비용 등에 있어서 많은 문제가 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 이에, 본원의 발명자들은, 화학기상증착법에 의하여 대면적으로 제조될 수 있는 그래핀을 이용하여 전자파를 차폐하는 방법 및 상기 그래핀을 포함하는 전자파 차폐재를 제공하고자 한다.

[0006] 그러나, 본원이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 상기한 문제점을 해결하기 위하여, 본원의 일 측면에 따른 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법은 전자파 발생원의 외부 또는 내부에 그래핀을 형성함으로써 상기 그래핀에 의하여 전자파를 차폐시키는 것을 포함한다. 상기 전자파 발생원은 전자파를 발생하는 장치 또는 물품이라면 특별히 제한되지 않으며, 예를 들어, 텔레비전, 라디오, 컴퓨터, 의료 기구, 사무기계, 통신 장치, 이들의 부품 등과 같은 각종 전자/전기 기기 및 부품 등을 들 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0008] 본원의 다른 측면에 따른 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법은, 전자파 발생원의 외부 또는 내부에 그래핀이 형성된 기재를 부착하거나 랩핑(wrapping)함으로써 상기 그래핀에 의하여 전자파를 차폐시키는 것을 포함한다.

[0009] 일 구현예에 있어서, 상기 그래핀은 화학기상증착법에 의하여 상기 전자파 발생원의 외부 또는 내부에 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예시적 구현예에 있어서, 상기 그래핀은 1층 이상의 그래핀을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0010] 다른 구현예에 있어서, 상기 그래핀은, 화학기상증착법에 의하여 기재 상에 형성된 상기 그래핀을 상기 전자파 발생원의 외부 또는 내부에 전사하여 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 기재는 유연성 기재, 또는 유연성 투명 기재일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0011] 또 다른 구현예에서, 상기 기재는 금속 또는 고분자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0012] 또 다른 구현예에 있어서, 상기 그래핀은, 화학기상증착법에 의하여 기재 상에 형성된 상기 그래핀을 상기 전자파 발생원의 외부 또는 내부에 전사하여 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0013] 또 다른 구현예에 있어서, 상기 그래핀은 도핑(doping)된 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0014] 또 다른 구현예에 있어서, 상기 그래핀의 면저항은 60 Ω/sq이하인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0015] 또 다른 구현예에 있어서, 상기 기재는 호일(foil), 와이어(wire), 플레이트(plate), 튜브(tube), 또는 넷(net) 형태를 갖는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0016] 본원의 또 다른 측면에 따른 전자파 차폐재는, 기재(substrate) 및 상기 기재 표면에 형성된 그래핀을 포함하는 전자파 차폐재로서, 상기 그래핀은 화학 기상 증착법에 의하여 형성되고 면저항이 60 Ω/sq이하인 것을 포함한다

다. 일 구현예에 있어서, 상기 그래핀은 1층 이상의 그래핀을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0017] 다른 구현예에 있어서, 상기 그래핀은 화학적으로 도핑(doping)된 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0018] 또 다른 구현예에 있어서, 상기 기재는 호일(foil), 와이어(wire), 플레이트(plate), 튜브(tube), 또는 네트(net) 형태를 갖는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0019] 또 다른 구현예에 있어서, 상기 기재는 유연성 기재 또는 유연성 투명 기재일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0020] 또 다른 구현예에 있어서, 상기 기재는 금속 또는 고분자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

**발명의 효과**

[0021] 본원은 대면적으로 균일하게 제조되는 그래핀을 이용하여 각종 전자파 발생원으로부터 발생하는 전자파를 효율적으로 차폐시킬 수 있다. 보다 구체적으로, 본원은 그래핀 뿐만 아니라, 그래핀이 코팅된 다양한 기재를 이용하여 약 2 GHz 내지 약 18 GHz까지의 광범위한 주파수 대역에서 전자파를 차폐시킬 수 있을 뿐만 아니라, 그래핀의 화학적, 물리적 및 구조적 개선을 통하여 전자파 차폐 효율을 향상시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0022] 도 1은 본원의 일 구현예에 따른 그래핀을 기재 상에 형성하는 공정 및 이와 관련한 장치를 보여 주는 도식도이다.

도 2는 본원의 일 실시예에 따른 그래핀의 면저항 및 전기적 특성을 보여주는 그래프이다.

도 3은 본원의 일 실시예에 있어서 다양한 도펀트에 의해 도핑된 그래핀의 전자파 차폐 효과를 측정하는 그래프이다.

도 4는 본원의 일 실시예에 있어서 Cu 호일 및 Cu 호일 상에 형성된 그래핀의 전자파 차폐 효과를 측정하는 그래프이다.

도 5는 본원의 일 실시예에 있어서 Cu 메쉬(mesh) 및 Cu 메쉬 상에 형성된 그래핀의 전자파 차폐 효과를 측정하는 그래프이다.

도 6은 본원의 일 실시예에 따른 금속 기재 상에 형성된 그래핀의 라만 분광기 분석 결과이다.

도 7는 본원의 일 실시예에 따른 금속 기재 상에 그래핀 형성 유무에 따른 전기적 특성을 보여주는 그래프이다.

도 8는 본원의 일 실시예에 있어서 다양한 기재 상에 형성된 그래핀을 관찰한 사진이다.

도 9는 본원의 일 구현예에 따른 차폐 효과 측정을 위한 장치의 개략도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0023] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다.

[0024] 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현예 및 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0025] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0026] 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본 발명의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다.

- [0027] 전자파 차폐란 외부에서 입사되는 전자파간섭(EMI; electromagnetic interference)의 차폐(shield)를 의미하는 것으로, 전자파를 표면에서 흡수/반사시켜 내부로 전자파가 전이되는 것을 방지하는 것이다. 본원은 종래 전자파 차폐 재료로서 사용되던 금속이나 전도성 유기 고분자 등이 아닌, 대면적의 그래핀을 이용하여 전자파를 효율적으로 차폐시키고자 한다.
- [0028] 본원의 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법은 전자파 발생원의 외부 또는 내부에 그래핀을 형성함으로써 상기 그래핀에 의하여 전자파를 차폐시키는 것을 포함한다.
- [0029] 상기 전자파 발생원의 외부 또는 내부에 그래핀을 형성하기 위하여 다양한 방법이 사용될 수 있다. 본원의 전자파를 차폐시키는 방법의 다양한 구현예로서, 상기 전자파 발생원의 외부 또는 내부에 직접 그래핀을 형성하거나, 기재 상에 형성된 그래핀을 상기 전자파 발생원의 외부 또는 내부에 전사하거나, 또는, 상기 그래핀이 형성된 기재 자체를 상기 전자파 발생원의 외부 또는 내부에 형성함으로써 전자파를 차폐할 수 있다.
- [0030] 전자파 차폐 물질로 사용되는 그래핀을 형성하는 방법은 당업계에서 그래핀 성장을 위해 통상적으로 사용하는 방법이라면 특별히 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어, 화학기상증착법을 이용할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 화학기상증착법은 고온 화학기상증착(Rapid Thermal Chemical Vapour Deposition; RTCVD), 유도결합플라즈마 화학기상증착(Inductively Coupled Plasma-Chemical Vapor Deposition; ICP-CVD), 저압 화학기상증착(Low Pressure Chemical Vapor Deposition; LPCVD), 상압 화학기상증착(Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition; APCVD), 금속 유기화학기상증착(Metal Organic Chemical Vapor Deposition; MOCVD), 및 플라즈마 화학기상증착(Plasma-enhanced chemical vapor deposition; PECVD)을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0031] 상기 그래핀을 성장시키는 공정은 상압, 저압 또는 진공 하에서 수행 가능하다. 예를 들어, 상압 조건 하에서 상기 공정을 수행하는 경우 헬륨(He) 등을 캐리어 가스로 사용함으로써 고온에서 무거운 아르곤(Ar)과의 충돌에 의해 야기되는 그래핀의 손상(damage)을 최소화시킬 수 있다. 또한 상압 조건 하에서 상기 공정을 수행하는 경우, 저비용으로 간단한 공정에 의하여 대면적 그래핀 필름을 제조할 수 있는 이점이 있다. 또한, 상기 공정이 저압 또는 진공 조건에서 수행되는 경우, 수소(H<sub>2</sub>)를 분위기 가스로 사용하며, 온도를 올리면서 처리하여 주변 금속 촉매의 산화된 표면을 환원시킴으로써 고품질의 그래핀을 합성할 수 있다.
- [0032] 상기 언급한 방법에 의해 형성되는 그래핀은 횡방향 및/또는 종방향 길이가 약 1 mm 이상 내지 약 1000 m 에 이르는 대면적일 수 있으며, 상기 그래핀은 결함이 거의 없는 균질한 구조를 가질 수 있다. 또한, 상기 언급한 방법에 의해 제조되는 그래핀은 그래핀의 단일층 또는 복수층을 포함할 수 있으며, 상기 그래핀의 두께에 의해 상기 그래핀의 전기전 특성이 변할 수 있는 바, 이에 의해 전자파 차폐 효과는 상이하게 나타날 수 있다. 비제한적 예로서, 상기 그래핀의 두께는 1 층 내지 100 층 범위에서 조절할 수 있다.
- [0033] 상기 그래핀은 기재 상에서 형성될 수 있으며, 이 경우, 상기 언급한 바와 같이 상기 기재 상에 형성된 그래핀을 상기 전자파 발생원의 외부 또는 내부에 전사하거나, 상기 그래핀이 형성된 기재 자체를 상기 전자파 발생원의 외부 또는 내부에 부착 또는 랩핑(wrapping)하는 방법에 의하여 전자파를 차폐시킬 수 있다. 상기 기재의 형상은 특별히 제한되지 않으며, 예를 들어, 상기 기재는 호일(foil), 와이어(wire), 플레이트(plate), 튜브(tube), 또는 네트(net) 형태를 포함할 수 있으며, 상기 기재의 형태에 따라 전자파 차폐 효과는 상이하게 나타날 수 있다.
- [0034] 또한, 상기 기재의 재료는 특별히 제한 되지 않으며, 예를 들어, 실리콘, Ni, Co, Fe, Pt, Au, Al, Cr, Cu, Mg, Mn, Mo, Rh, Si, Ta, Ti, W, U, V, Zr, 황동(brass), 청동(bronze), 백동(white brass), 스테인레스 스틸(stainless steel) 및 Ge, 고분자로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 금속 또는 합금을 포함할 수 있다. 상기 기재가 금속인 경우, 상기 금속 기재는 그래핀이 형성되기 위한 촉매 역할을 할 수 있다.
- [0035] 다만, 상기 기재가 반드시 금속일 필요는 없다. 예를 들어, 상기 기재로 실리콘을 사용할 수 있으며, 상기 실리콘 기재 상에 촉매층의 형성을 위해 실리콘 기재를 산화시켜 실리콘 산화물층이 추가 형성된 기재를 사용할 수 있다. 또한, 상기 기재는 고분자 기재일 수 있으며, 폴리이미드(PI), 폴리에테르설폰(PES), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET) 또는 폴리카보네이트(PC)와 같은 고분자를 포함할 수 있다. 상기 고분자 기재 상에 그래핀을 형성하는 방법은 상기 언급한 화학기상증착법이 모두 사용될 수 있으며, 보다 바람직하게는 플라즈마 화학기상증착법에 의하여 약 100℃ 내지 약 600℃ 의 저온에서 수행될 수 있다.
- [0036] 여기서, 상기 기재 상에 그래핀의 성장을 용이하게 하기 위하여 촉매층을 추가로 형성할 수 있다. 상기 촉매층은 재료, 두께, 및 형태에 있어, 제한 없이 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 촉매층은 Ni, Co, Fe, Pt, Au,



Al, Cr, Cu, Mg, Mn, Mo, Rh, Si, Ta, Ti, W, U, V, Zr, 황동(brass), 청동(bronze), 백동, 스테인레스 스틸(stainless steel) 및 Ge 로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 금속 또는 합금일 수 있으며, 상기 기재와 동일하거나 상이한 재료에 의해 형성될 수 있다. 또한, 상기 촉매층의 두께는 제한되지 않으며, 박막 또는 후막일 수 있다.

[0037] 상기 기재 상에 그래핀을 형성하는 일 구현예에 있어서, 박막 또는 호일 형태의 금속 기재를 롤 형태로 관 형태의 로(furnace)에 넣고 탄소 소스를 포함하는 반응가스를 공급하고 상압에서 열처리 함으로써 그래핀을 성장시킬 수 있다. 상기 탄소 소스는, 예를 들어, 일산화탄소, 이산화탄소, 메탄, 에탄, 에틸렌, 에탄올, 아세틸렌, 프로판, 부탄, 부타디엔, 펜탄, 펜텐, 사이클로펜타디엔, 헥산, 사이클로헥산, 벤젠, 톨루엔 등과 같은 탄소 소스를 기상으로 공급하면서, 예를 들어, 300℃ 내지 2000℃의 온도로 열처리하면 상기 탄소 소스에 존재하는 탄소 성분들이 결합하여 6각형의 판상 구조를 형성하면서 그래핀 필름이 성장된다.

[0038] 상기와 같이 형성된 그래핀은 다양한 방법에 의해 상기 기재에 전사될 수 있다. 상기 전사 방법은 당업계에서 통상적으로 사용되는 그래핀의 전사 방법이라면 특별히 제한 없이 사용 가능하며, 예를 들어, 건식 공정, 습식 공정, 스프레이 공정, 롤투롤 공정을 사용할 수 있으며, 보다 바람직하게는 저비용으로 간단한 공정에 의해 대면적의 그래핀을 전사하고자 하는 경우에는 롤투롤 공정을 사용할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0039] 도 1은 본원의 일 구현예에 따른 그래핀을 기재 상에 형성하는 공정 및 이와 관련한 전사 장치를 보여 주는 도식도이다. 상기 전사 공정은 그래핀이 형성되어 있는 유연성 기재 및 상기 그래핀 상에 접촉된 목적 기판을 전사 롤러(transfer roller)로 롤링하여 상기 그래핀을 상기 목적 기재 상에 전사시키는 것을 포함하는데, 보다 상세하게는 3 단계를 포함할 수 있다. 상기 3 단계는, 그래핀 성장 지지체(110) 상에 형성된 그래핀(100)과 상기 그래핀 상에 접촉된 유연성 기판을 접촉 롤러(roller)인 제 1 롤러(10)로 롤링함으로써 그래핀 성장 지지체-그래핀-유연성 기판의 적층체를 형성하고; 상기 적층체를 제 2 롤러(20)를 이용하여 에칭 용액(40) 내로 함침되어 통과하도록 함으로써 상기 그래핀 성장 지지체를 에칭하여 상기 그래핀을 상기 유연성 기판(120) 상에 전사하고; 상기 그래핀이 전사된 유연성 기재 및 상기 그래핀 상에 접촉된 목적 기판(130)을 전사 롤러(transfer roller)인 제 3 롤러(30)로 롤링하여 상기 그래핀을 상기 목적 기재 상에 전사시키는 것을 포함할 수 있다. 여기서, 상기 그래핀 성장 지지체(110)는 그래핀 성장을 위한 그래핀 성장을 위한 금속 촉매 및 선택적으로 그 하부에 형성된 추가적인 기판을 포함할 수 있다. 예시적인 구현예에 있어서, 상기 그래핀 성장을 위한 금속 촉매는 Ni, Co, Fe, Pt, Au, Al, Cr, Cu, Mg, Mn, Rh, Si, Ta, Ti, W, U, V 및 Zr로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상을 포함하는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0040] 상기 유연성 기판(120)은 점착층이 형성되어 있는 것일 수 있으며, 예를 들어, 상기 점착층은 열 박리성(thermal release) 폴리머, 저밀도 폴리에틸렌, 저분자 폴리머, 고분자 폴리머, 또는, 자외선 또는 적외선 경화 폴리머 등을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다. 구체적으로, 상기 점착층은 PDMS, 각종 폴리우레탄 필름의 모든 종류, 환경 친화적 점착제인 수계 점착제, 수용성 점착제, 초산 비닐 에멀전 점착제, 핫멜트 점착제, 광경화용(UV, 가시광, 전자선, UV/EB 경화용) 점착제, NOA 점착제, 고내열 점착제인 PBI(Polybenzimidazole), PI(Polyimide), Silicone/imide, BMI((Bismaleimide), 변성 Epoxy 수지 등이 사용 가능하며 다양하고 일반적인 점착 테이프도 사용이 가능하다. 상기와 같이 롤투롤 공정에 의하여 상기 그래핀 성장 지지체로부터 유연성 기재 상에 대면적의 그래핀을 전사할 수 있으며, 보다 용이하게 단시간 내 저비용으로 목적 기재 상에 그래핀의 전사 공정을 수행할 수 있다. 이상에서는 그래핀을 기재 상에 전사하는 공정으로 롤투롤 공정에 대하여 상세하게 서술하였으나, 상기 언급한 바와 같이 이에 제한되는 것은 아니며, 다양한 공정에 의하여 상기 그래핀을 상기 기재 상에 전사할 수 있다.

[0041] 차폐재에 전자파가 입사되면 전자파는 흡수, 반사, 회절, 또는 투과하며, 이때 차폐효과의 총계를 차폐 효율이라 하며 하기 식으로 표시된다:

[0042] 
$$SE = SER + SEA + SEB \quad (1.1)$$

[0043] 여기서 SER은 반사에 의한 감쇄(dB), SEA는 흡수에 의한 감쇄(dB), SEB는 차폐재의 내부반사에 의한 감쇄(dB)를 나타내며, 상기 식 1.1에서 SEA가 10 dB 이상인 경우 SEB는 무시될 수 있다. 또한 SER(반사에 의한 감쇄)와 SEA(흡수에 의한 감쇄)는 식 1.2 및 1.3으로 표시된다:

[0044] 
$$SER = 50 + 10 \log (\rho F)-1 \quad (1.2)$$

[0045] 
$$SEA = 1.7 t ( F / \rho )^{1/2} \quad (1.3)$$



- [0046] 여기서  $\rho$ : 체적고유저항( $W \times cm$ ), F: 주파수(MHz), t: 차폐재의 두께(cm) 를 나타낸다.
- [0047] 상기 식 1.2 및 식 1.3을 참조하면, 차폐 효율은 차폐재의 두께가 두꺼울 수록, 또는 체적고유저항이 적을수록 커지는 것을 알 수 있다.
- [0048] 일반적으로 차폐효과의 레벨(Level)은 다음의 기준이 적용된다. 약 0 dB 내지 약 10 dB영역에서는 차폐 효과가 거의 없으며, 약 10 dB 내지 약 30 dB영역에서는 일정한 정도 이상의 차폐 효과가 나타난다. 또한 약 30 dB 내지 약 60 dB영역의 경우는 평균 정도의 차폐 효과를 기대할 수 있으며, 약 60 dB 내지 약 90 dB영역은 평균 이상, 약 90 dB 이상인 경우는 거의 모든 전자파를 차폐할 수 있다. 일반적으로 금속을 이용한 전자파 차폐재는 약 60 dB 이상의 차폐 효과가 있는 것으로 알려져 있다.
- [0049] 본원의 그래핀을 이용한 차폐 방법은 차폐 효율을 향상시키기 위하여 다양한 방법이 사용될 수 있으며, 보다 구체적으로, 상기 그래핀의 화학적, 물리적 및 구조적 개선을 통하여 차폐 효율을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 상기 그래핀의 면저항을 개선함으로써 전자파 차폐 효율을 향상시키기 위하여, 그래핀의 적층 수를 달리하거나 상기 그래핀을 도핑하는 방법을 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 기재 상에 형성된 그래핀을 차폐재로 사용하는 경우에는, 상기 전자파 차폐 효율은 상기 기재의 형태에 따라 향상될 수 있다.
- [0050] 전자파 차폐 효율을 향상시키기 위하여 상기 그래핀의 층 수를 달리함으로써 차폐 효율을 향상시킬 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기에서 언급한 그래핀의 롤투롤 전사 공정을 반복함으로써 그래핀을 복수층으로 형성할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 복수층의 그래핀은 단층 그래핀이 갖고 있는 결함을 보정할 수 있으며, 보다 구체적으로, 도 2를 참조하면 그래핀의 면저항은 상기 그래핀의 수가 증가할 수록 감소하는 것을 알 수 있었다. 도 2a를 참조하면, 본원의 일 실시예에 따른  $AuCl_3-CH_3NO_2$ 로 도핑된 그래핀은 1 층에서 4 층까지 순차적으로 적층될수록 그래핀의 면저항이 약 140  $\Omega/sq$  에서 약 34  $\Omega/sq$  로 감소하였으며,  $HNO_3$ 로 도핑된 그래핀 역시 1 층에서 4 층까지 순차적으로 적층될수록 그래핀의 면저항이 약 235  $\Omega/sq$  에서 약 62  $\Omega/sq$ 로 감소한 것을 확인할 수 있었다.
- [0051] 또한, 전자파 차폐 효율을 향상시키기 위한 다른 구현예로서, 상기 그래핀을 도펀트를 이용하여 도핑하는 방법을 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 그래핀을 도핑하는 방법은 당업계에서 통상적으로 사용되는 것이라면 특별히 제한 없이 사용가능하며, 도 1에서와 같은 롤투롤 장치를 이용하여 도핑 할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 그래핀을 롤투롤 공정에 의해 도핑 하는 경우, 상기 그래핀의 제조, 도핑, 및 전사의 전과정이 롤투롤 공정이라는 간단하고 연속적인 공정에 의해 수행될 수 있다.
- [0052] 상기 도핑 과정은 도펀트를 포함하는 도핑 용액을 사용하거나 도펀트 증기를 사용하여 수행될 수 있으며, 예를 들어, 상기 도펀트 증기를 사용하는 경우, 상기 도펀트 증기는 상기 도핑 용액이 포함된 용기에 상기 도핑 용액을 기화시키기 위한 가열장치에 의하여 형성될 수 있다.
- [0053] 상기 도펀트는 이온성 액체, 이온성 기체, 산류 화합물 및 유기분자계 화합물로 이루어지는 군으로부터 선택된 하나 이상을 포함하는 것일 수 있으며, 상기 도펀트는,  $NO_2BF_4$ ,  $NOBF_4$ ,  $NO_2SbF_6$ ,  $HCl$ ,  $H_2PO_4$ ,  $H_3CCOOH$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ , PVDF, 나피온(Nafion),  $AuCl_3$ ,  $SOCl_2$ ,  $Br_2$ ,  $CH_3NO_2$ , 디클로로디시아노퀸논, 옥손, 디미리스토일포스파티딜 이노시톨 및 트리플루오로메탄술폰이미드로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 도핑 과정에서 도펀트 및/또는 도핑 시간을 달리하여 그래핀의 면저항 등의 전기적 특성을 조절할 수 있다.
- [0054] 도 2 및 도 3은 본원의 일 실시예에 있어서 다양한 도펀트에 따른 그래핀의 전기적 특성 및 차폐 효율을 보여주는 결과이다. 보다 구체적으로, 일 실시예에 있어서, 도 2를 참조하면  $AuCl_3-CH_3NO_2$ 로 도핑된 그래핀은 순수한 그래핀보다 저항이 감소하였다.
- [0055] 도 3은 본원의 일 실시예에 따른 4층의 그래핀을 각각 다른 도펀트로 도핑하여 제조된 차폐재에 대한 차폐 실험 결과를 보여준다. 보다 구체적으로, 일 실시예에 있어서, 각각 PET 기재, 상기 PET 기재 상에  $HNO_3$ 로 도핑된 4 층의 그래핀, 및 상기 PET 기재 상에  $AuCl_3-CH_3NO_2$ 로 도핑된 4 층의 그래핀을 차폐재로서 사용하였다. 주파수 영역은 약 2 GHz 내지 약 18 GHz까지 증가시켜 가면서 차폐 효율을 측정하였다. 일 실시예에 있어서, 면저항이 약 62  $\Omega/sq$ (도 2b 참조)인  $HNO_3$  도핑된 그래핀 차폐재는 PET 차폐재와 비교하여 차폐 효율이 약 7.6 % 정도 향상되었으며,  $AuCl_3-CH_3NO_2$ 에 의해 도핑된 그래핀(면저항 약 32  $\Omega/sq$ , 도 2a 참조) 차폐재의 경우는 약 15 %의

차폐 개선효과가 있음을 확인할 수 있었다. 도 2 및 도 3의 결과를 참조하면, 일 실시예에 있어서, 도핑 방법 및 그래핀수에 따라 그래핀의 면저항 감소율과 차폐율은 선형적 비례관계가 성립됨을 확인하였다.

[0056] 전자파 차폐 효율을 향상을 위한 또 다른 구현예로서, 기재 상에 형성된 그래핀을 차폐재로 사용하는 경우에는 상기 기재의 형태에 따라 차폐 효율이 달라질 수 있다.

[0057] 도 4 및 도 5는 본원의 일 실시예에 있어서, 기재의 형태에 따른 그래핀의 차폐 효율을 분석한 결과이다. 보다 구체적으로 도 4는 Cu 호일 상에 형성된 그래핀을 차폐재로 사용하였으며, 도 5는 Cu 메쉬(mesh)상에 형성된 그래핀을 차폐재로 사용하였다. 상기 Cu 호일 및 상기 Cu 메쉬 상에 형성되는 그래핀은 모두 동일한 그래핀을 사용하였으며, 약 2 GHz 내지 약 18 GHz 주파수 영역에서 각각의 차폐재의 차폐 효율을 평가하였다. 도 4를 참조하면, 일 실시예에 있어서, Cu 호일 상에 형성된 그래핀 차폐재는 Cu 호일 만으로 이루어진 차폐재와 비교하여 8 GHz에서 가장 큰 변화폭을 보였으며, 분석 결과 약 10.6 % 정도 차폐 효율이 개선되었다. 또한, 일 실시예에 있어서, 차폐 효율이 11 GHz 에서는 약 8.2 % 정도 효과가 향상되었다. 도 5를 참조하면, 일 실시예에 있어서, Cu 메쉬 상에 형성된 그래핀을 차폐재는 Cu 메쉬(mesh)만으로 이루어진 차폐재와 비교하여 약 8 GHz에서는 약 19%, 11 GHz 에서는 약 17% 정도 차폐 효율이 향상된 것을 알 수 있었다.

[0058] 상기 언급한 바와 같이, 본원의 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법 및 차폐재는 기기의 경량화, 산화방지 및 표면 조도 개선 등의 효과와 더불어 전자파 차폐 효율을 극대화시킬 수 있는 기능성 신소재로 다양한 분야에서 폭 넓게 응용 가능할 것으로 예상된다.

[0059] 이하, 본원의 그래핀을 이용한 전자파 차폐 방법 및 그래핀 전자파 차폐재에 관하여 실시예를 자세히 설명한다. 그러나, 본원이 이에 제한되는 것은 아니다.

### 실시예 1

#### [0060] 1. 구리 호일 상에 대면적 그래핀의 성장

[0061] ~7.5 인치 석영(quartz) 튜브를 Cu 호일(두께: 25  $\mu\text{m}$  및 크기: 210 x 297  $\text{mm}^2$ , Alfa Aesar Co.)로 랩핑(wapping)하여 Cu 호일의 롤을 형성하고 상기 석영 튜브를 ~8 인치 석영 튜브 내에 삽입하여 고정하였다. 이후 180 mTorr에서 10 sccm  $\text{H}_2$  를 흘려주면서 상기 석영 튜브를 1,000 $^\circ\text{C}$ 로 가열하였다. 상기 석영 튜브의 온도가 1,000 $^\circ\text{C}$ 에 도달한 후, 상기 수소 흐름 및 압력을 유지하면서 30분 동안 아닐링하였다. 이어서, 탄소 소스를 포함하는 가스 혼합물( $\text{CH}_4 : \text{H}_2 = 30 : 10$  sccm)을 1.6 Torr에서 15분 동안 공급하여 그래핀을 상기 Cu 호일 상에 성장시킨 후 180 mTorr 압력 하에서  $\text{H}_2$ 를 흘려주면서 단시간에 ~10 $^\circ\text{C}/\text{s}$ 의 속도로 실온으로 냉각하여, 상기 Cu 호일 상에 성장된 그래핀을 수득하였다.

#### [0062] 2. 그래핀의 전사 및 롤투를 도핑 공정

[0063] 상기 Cu 호일 상에 형성된 그래핀 상에 열 박리성 테이프(thermal release tape: (Jin Sung Chemical Co. and Nitto Denko Co.))를 접착한 후 ~2 MPa의 약한 압력을 가하면서 2개의 롤러를 포함하는 집착 롤러를 통과시켜 상기 그래핀을 열 박리성 테이프 상에 접착시켰다. 다음, 상기 Cu 호일/그래핀/열 박리성 테이프 적층체를 0.5 M  $\text{FeCl}_3$  또는 0.15M  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 에칭 수용액에 함침시켜 전기화학적 반응에 의하여 상기 Cu 호일을 에칭하여 제거하여 그래핀/열 박리성 테이프 적층체를 수득한 후 상기 그래핀을 탈이온수로 세척하여 잔존하는 에칭 성분을 제거하였다. 다음으로, 상기 열 박리성 테이프에 전사된 그래핀 상에 PET, Cu 메쉬(mesh), Cu 호일을 각각 접착한 후 이들을 90 $^\circ\text{C}$  내지 120 $^\circ\text{C}$ 의 약한 열을 3 분 내지 5분 동안 가하면서 전사 롤러를 통과시켜 상기 그래핀을 상기 열 박리성 테이프로부터 분리하여 상기 PET, Cu 메쉬(mesh), Cu 호일 상으로 각각 전사하였다. 도 6은 그래핀의 라만 분광기 분석에 따른 그래프로써, 각 기재 상에 단층 그래핀이 잘 성장되어 있음을 확인하였다. 필요한 경우 동일 목적 기재 상에 상기 과정들을 반복함으로써 상기 목적 기재 상에 복수층의 그래핀을 전사할 수 있으며, 도 8을 참조하면, 각 기재 상에 상기 언급한 과정을 반복 수행하여 4층의 그래핀이 형성된 것을 확인할 수 있었다.

[0064] 이어서, 상기 각 기재 상에 전사된 그래핀을 도 1 에 나타낸 바와 같이 롤투를 공정에 의하여 도핑하였다. 보다 구체적으로, 도펀트는 각각  $\text{AuCl}_3\text{-CH}_3\text{NO}_2$  와  $\text{HNO}_3$ 를 사용하였으며, 도1에 나타낸 바와 같은 롤투를 전사 장치

를 이용하여 각각  $AuCl_3-CH_3NO_2$  용액 및 63wt%  $HNO_3$ 을 포함하는 용액 내로 5 분 정도 함침시켜 통과시킴으로써 상기 그래핀을 p-도핑하였다.

[0065] **3. 차폐 효율 측정**

[0066] 그래핀의 유무에 따른 전자파 차폐율을 비교하기 위해 전자파 차폐 공인인증 기관(IST: Intelligent Standard Technology)에 의해 하기와 같이 차폐 효율을 측정하였다.

[0067] 도 9는 차폐 효과 측정을 위한 장치 및 구성을 보여주는 사진이다. 보다 구체적으로, 본원에서는 차폐재와 안테나의 거리는 40 cm로 유지하였으며, 노이즈를 최소화하기 위해 실험 주파수 영역대를 최대로 차폐할 수 있도록 특수 제작된 차폐 상자(mini chamber, 30 cm x 25 cm x 35 cm)를 사용하였고, 상기 차폐 상자 내부에서 전자파를 발생시켜 일반 차폐재와 그래핀이 코팅된 차폐재의 스윕(Sweep)되는 전자파의 세기를 측정하였다. 송신 혼 안테나(transmitting horn antenna)로는 이중 리지 혼 안테나(R&S 사), 수신 혼 안테나(receiving horn antenna)로는 이중 리지 혼 안테나(EMCO 사)를 사용하였다. 또한 신호발생장치는 R&S사의 SMP02신호발생장치를 사용하였으며, 이를 상기 차폐 상자 내에 삽입시켜 무선으로 작동될 수 있도록 구성하였다. 분석장치는 ADVANTEST 사의 R3273 스펙트럼 분석기를 사용하였다. 실험을 위해 사용된 주파수대는 2 GHz 내지 18 GHz 고주파 영역을 사용하였으며, 각 주파수에 사용된 전계강도는 124 dBuV로 고정하였다.

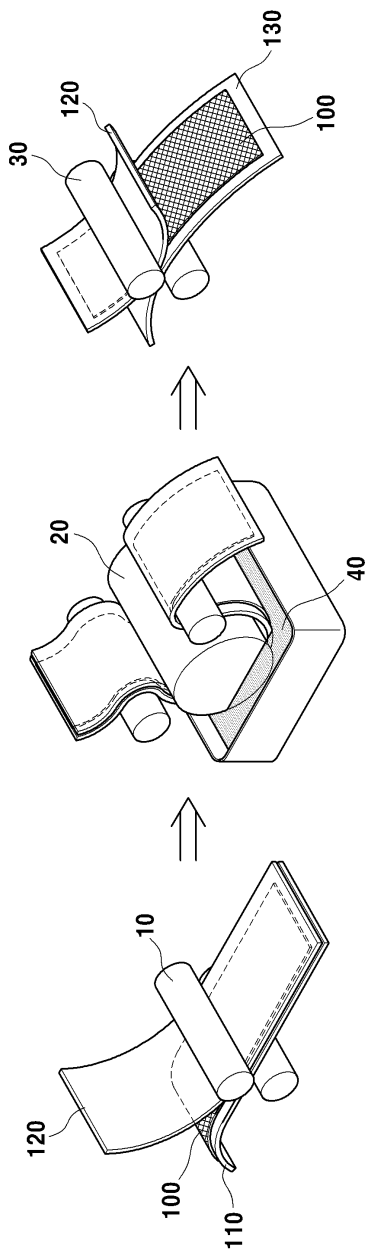
[0068] 이상에서 설명한 본원의 상세한 설명에서는 본원의 실시예를 참조하여 설명하였지만, 본원의 보호범위는 상기 실시예에 한정되는 것이 아니며, 해당 기술분야의 통상의 지식을 갖는 자라면 본원의 사상 및 기술영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본원을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

**부호의 설명**

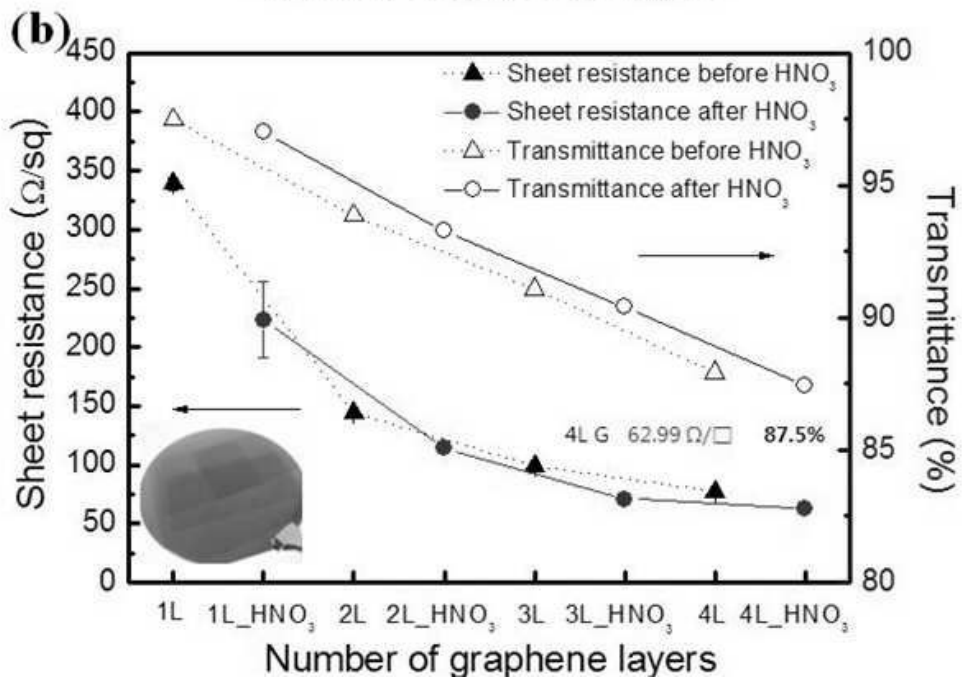
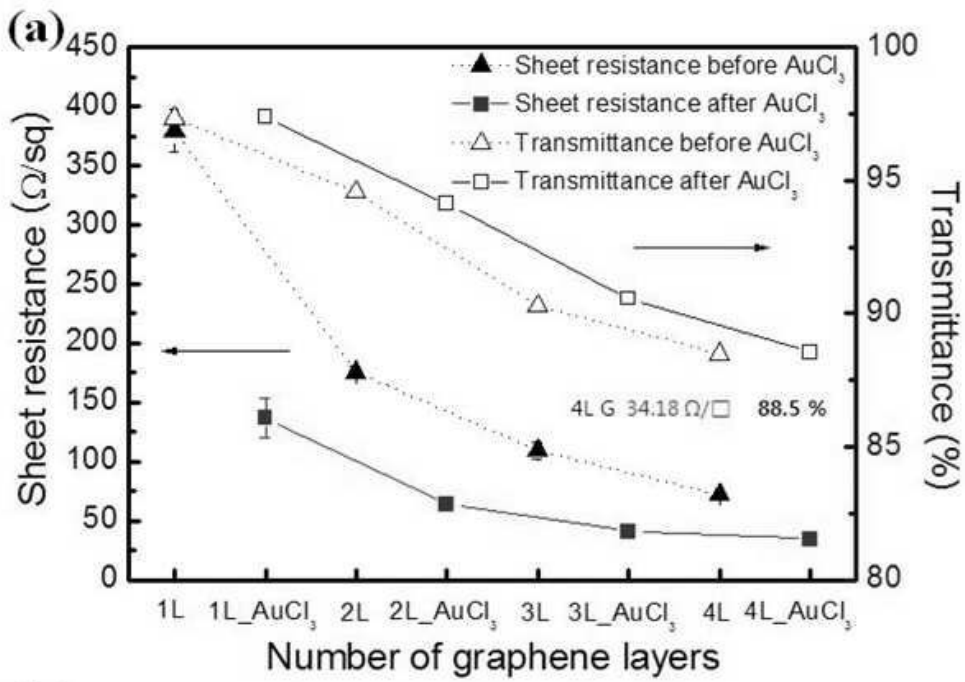
- [0069] 10: 제 1 롤러
- 20: 제 2 롤러
- 30: 제 3 롤러
- 40 : 에칭 용액
- 100: 그래핀
- 110: 그래핀 성장 지지체
- 120: 유연성 기관
- 130: 목적 기관

도면

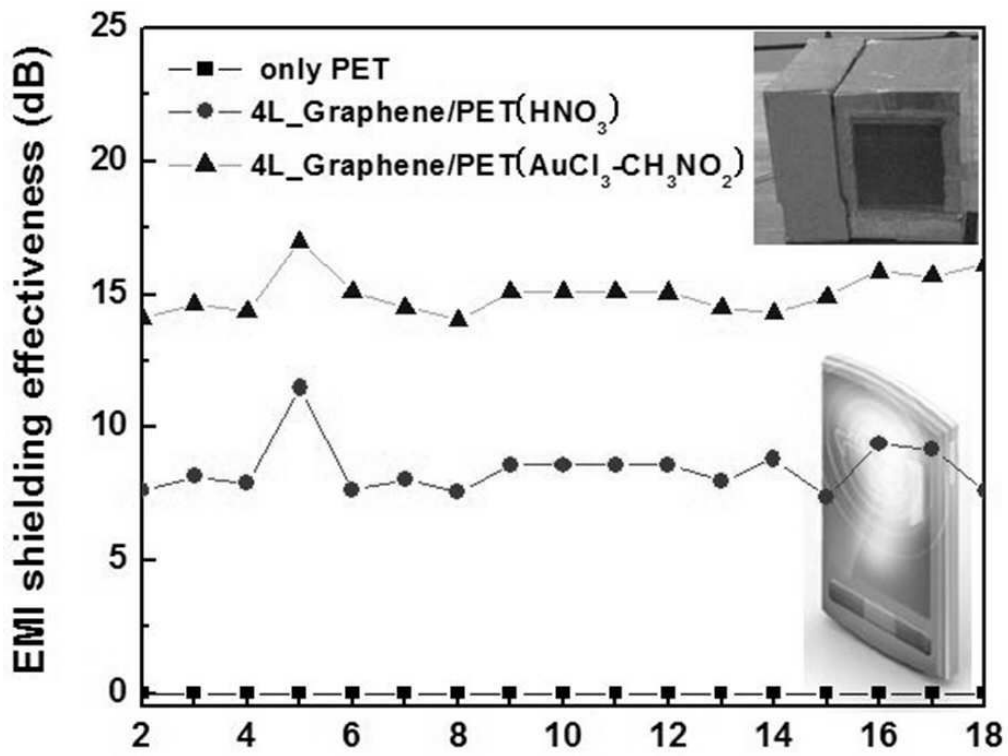
도면1



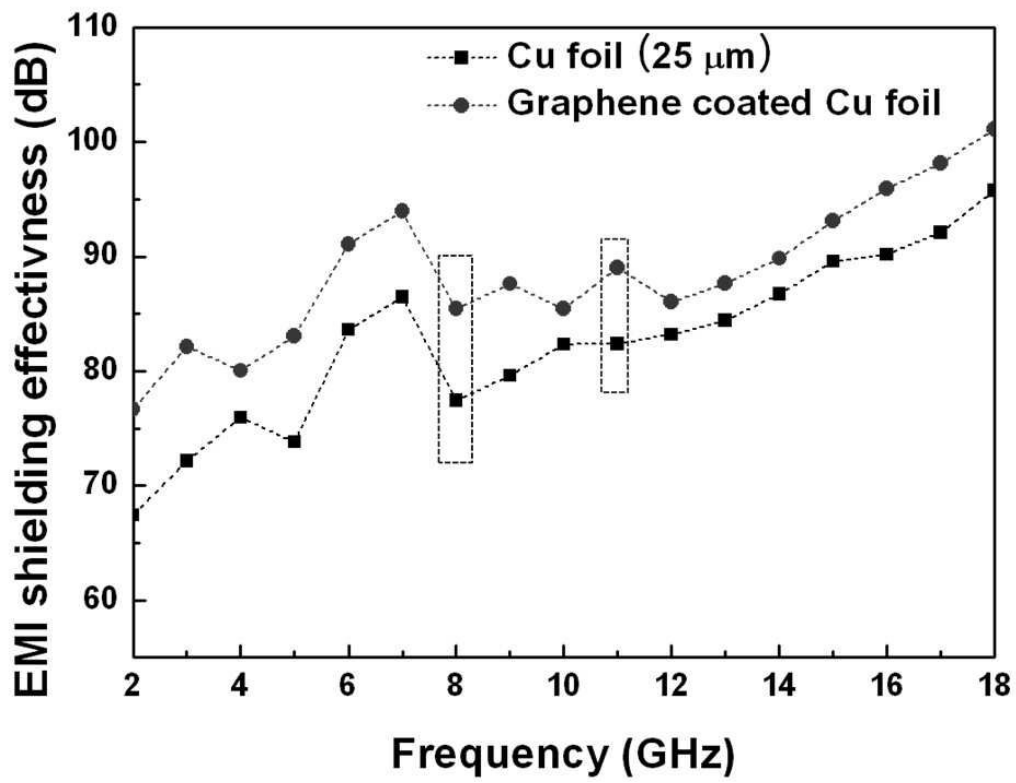
도면2



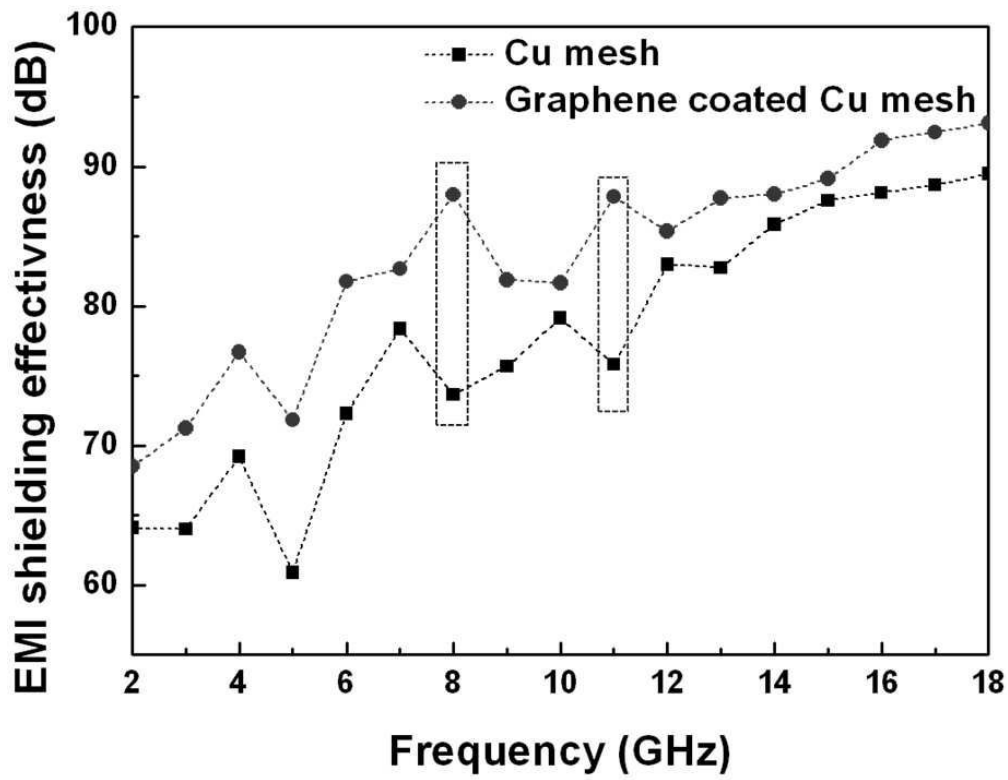
도면3



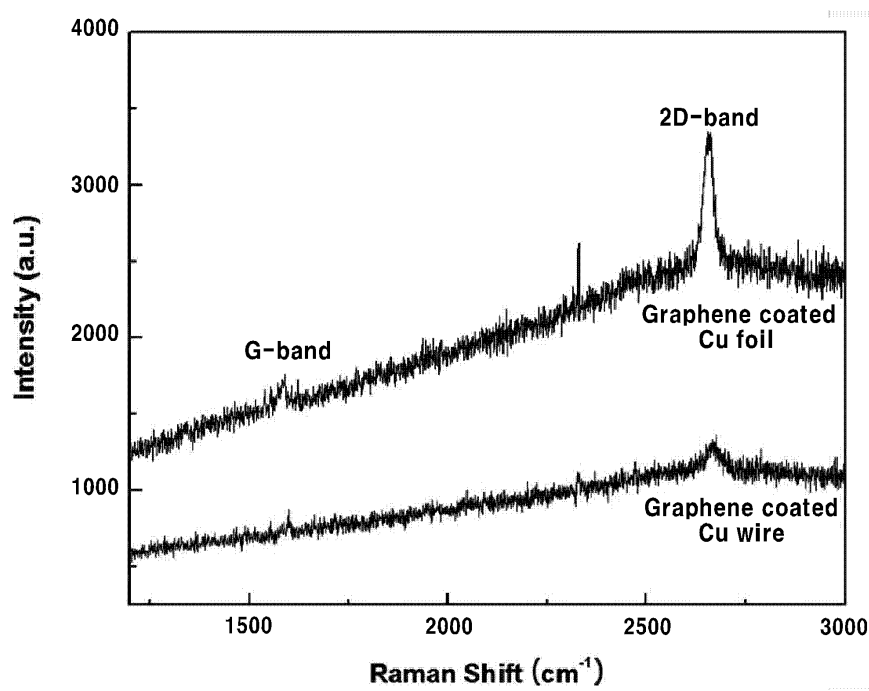
도면4



도면5

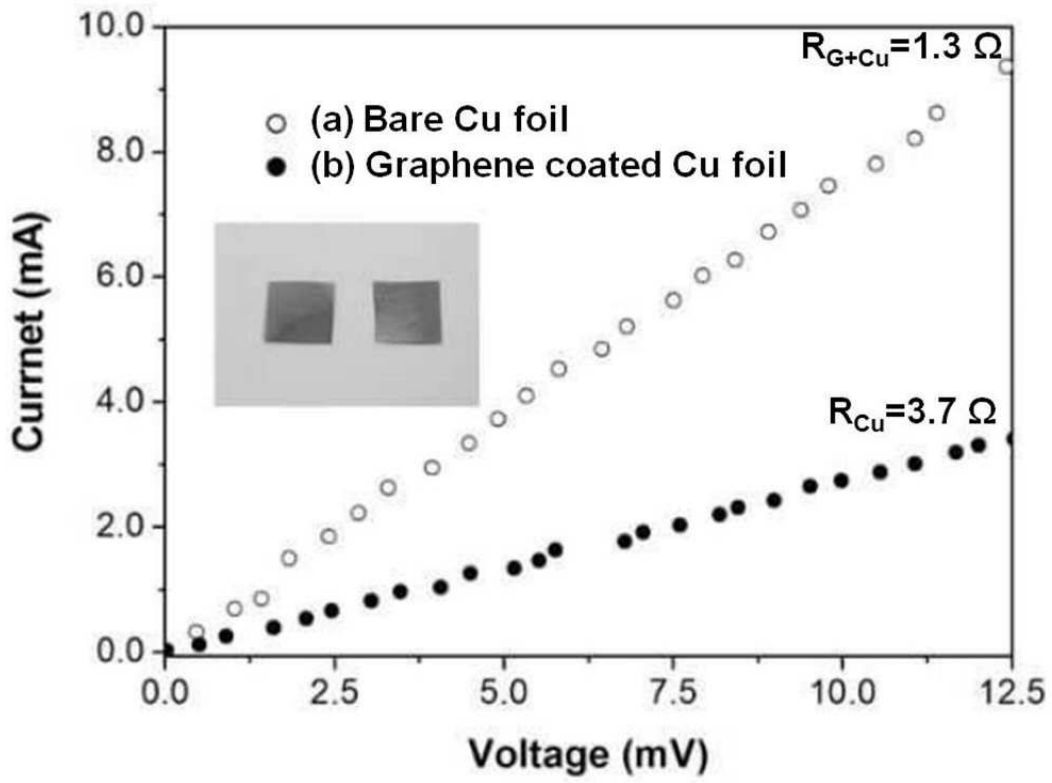


도면6

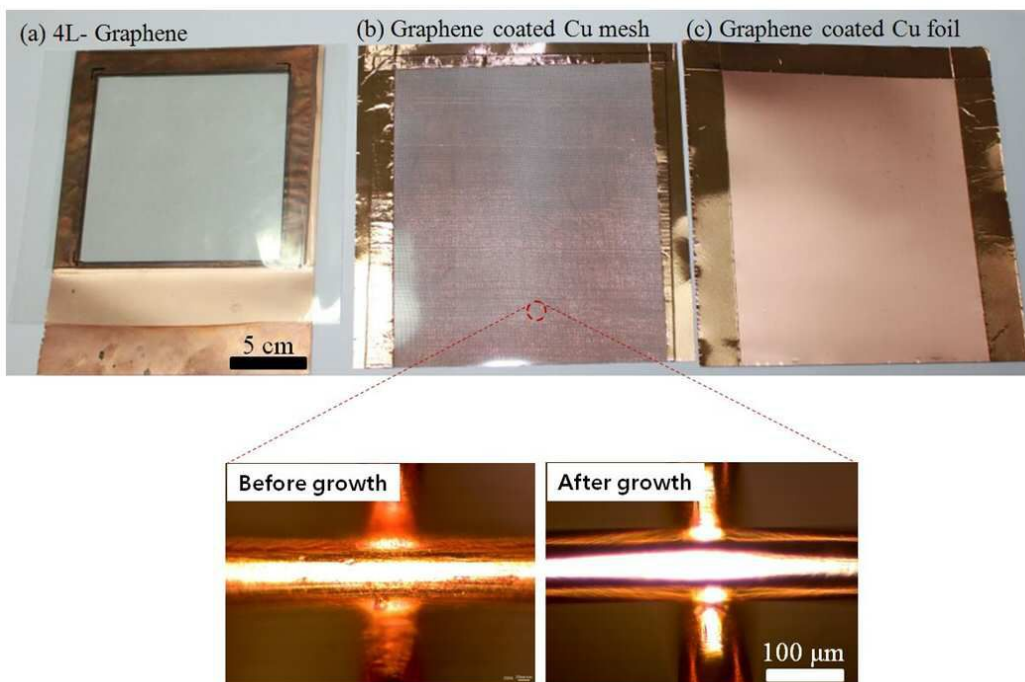




도면7



도면8



도면9

