(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0024275
(43) 공개일자 2019년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 18/16 (2006.01) *D06M 11/83* (2006.01)
H05K 9/00 (2018.01)
(52) CPC특허분류
C23C 18/1662 (2013.01)
C23C 18/1689 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0111099
(22) 출원일자 2017년08월31일
심사청구일자 2017년08월31일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
박수진
서울특별시 강남구 역삼로 307, 203동 604호 (역삼동, 역삼아이파크아파트)
강우석
인천광역시 남구 주안중로 12, 1403호 (주안동, 한빛캐슬)
(74) 대리인
이은철, 이수찬

전체 청구항 수 : 총 5 항

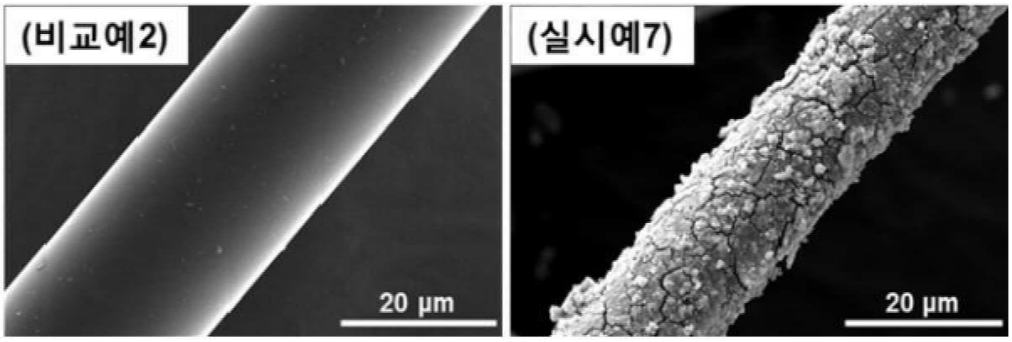
(54) 발명의 명칭 **니켈 무전해 도금에 의한 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 전자파 차폐재를 제조하는 방법에 관한 것으로서, (a)피치계 탄소섬유를 금속 도금액에 침지하여 탄소섬유를 도금하는 단계; (b)상기 도금된 탄소섬유를 습식법으로 유기고분자 화합물을 혼합하여 탄소섬유 웹을 제조하는 단계; (c)상기 제조된 탄소섬유 웹을 열경화성 수지에 함침하는 단계; 및 (d)상기 함침한 탄소섬유 웹을 경화하는 단계를 포함하는 전자파 차폐재를 제조하는 방법을 포함한다.

상기와 같은 본 발명에 따르면, 무전해 도금을 통해 형성된 피치계 탄소섬유 표면에 니켈금속이 전자기 에너지의 반사 및 흡수를 유도하여 우수한 전자파 차폐율을 가짐으로써 기존 에폭시 복합재료에 비해 높은 경제성과 더불어 경량화된 형태와 얇은 두께를 가지며, 전자기기, 통신기기, 정밀기기, 스마트 산업 등 다양한 분야에 응용될 수 있는 효과가 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
D01F 9/145 (2013.01)
D06M 11/83 (2013.01)
H05K 9/009 (2019.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 20153030031710
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
연구사업명 신재생에너지핵심기술개발
연구과제명 폭 2m이상 대량생산 가능한 Wet-laid 공정을 이용한연료전지 GDL용 Pitch계 카본페이퍼 개발
기 여 율 1/1
주관기관 국일제지
연구기간 2015.12.01 ~ 2018.09.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a)피치계 탄소섬유를 금속 도금액에 침지하여 탄소섬유를 도금하는 단계;

(b)상기 도금된 탄소섬유를 습식법으로 유기고분자 화합물을 혼합하여 탄소섬유 웹을 제조하는 단계;

(c)상기 제조된 탄소섬유 웹을 열경화성 수지에 함침하는 단계; 및

(d)상기 함침한 탄소섬유 웹을 경화하는 단계를 포함하는 전자파 차폐재를 제조하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a)단계에서 도금시 온도는 30 내지 90℃ 인 것을 특징으로 하는 전자파 차폐재를 제조하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (b)단계에서 상기 유기고분자 화합물은 폴리비닐알코올인 것을 특징으로 하는 전자파 차폐재를 제조하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (b)단계에서 상기 유기고분자 화합물의 농도는 상기 피치계 탄소섬유 대비 1 내지 20 중량비인 것을 특징으로 하는 전자파 차폐재를 제조하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 (c)단계에서 상기 열경화성 수지는 페놀수지, 요소수지, 멜라민수지, 에폭시수지 및 불포화 폴리에스테르 수지를 포함하는 군에서 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 하는 전자파 차폐재를 제조하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 니켈 무전해 도금에 의한 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재의 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 피치계 탄소섬유를 무전해도금하여 습식법으로 유기고분자 화합물을 혼합하여 탄소섬유 웹을 제조하고 제조된 탄소섬유 웹을 열경화성 수지에 함침하고 경화하여 전자파 차폐재를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전자기기, 항공, 전기자동차, 스마트 통신기기, 정밀기기 제품 등의 사용이 급속히 증가하면서 이러한 제품들로부터 발생하는 전자파는 인체에 악영향을 미쳐 신경통, 두통, 어지러움, 생체리듬의 변화 등 다양한 질병들을 유발시키고 있다. 또한, 전자파는 인체뿐만 아니라 특정한 주파수를 통해 작동되는 기기들의 오작동을 유발하여

예기치 못한 사고 및 상황을 유발시키기 때문에 이와 같은 전자파 장애에 대한 위험성이 주목받고 있고 문제의 해결을 위해 전자파 차폐에 관한 많은 연구가 국내외적으로 활발히 진행되고 있다.

[0003] 전자파를 차단하기 위해서 제품자체의 소재를 개량하는 방법이 있는데, 전자파 차폐 소재로는 금속계 소재가 주목받아 왔으나, 최근에는 무게적인 측면 혹은 에너지 측면에서도 금속 대비 경량인 고분자계 소재를 이용한 방법들이 제시되고 있다.

[0004] 하지만 고분자계 소재 자체에는 전자파 차폐의 효과가 없기 때문에, 이러한 소재에 차폐효과를 부여하기 위해 전이금속을 고분자계 소재에 코팅시킴으로써 전도성을 가지면서 전자기파를 흡수할 수 있는 수지 기반 복합재료의 개발이 이루어지고 있는 추세다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은, 무전해 도금을 통해 피치계 탄소섬유를 표면처리하고 웹 형태로 제조한 탄소종이를 에폭시 수지에 함침함으로써 우수한 전자파 차폐율을 갖는 탄소종이/에폭시 차폐재를 제조하는 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 (a)피치계 탄소섬유를 금속 도금액에 침지하여 탄소섬유를 도금하는 단계; (b)상기 도금된 탄소섬유를 습식법으로 유기고분자 화합물을 혼합하여 탄소섬유 웹을 제조하는 단계; (c)상기 제조된 탄소섬유 웹을 열경화성 수지에 함침하는 단계; 및 (d)상기 함침한 탄소섬유 웹을 경화하는 단계를 포함하는 전자파 차폐재를 제조하는 방법을 제공한다.

[0008] 본 발명의 일실시예에 따르면 상기 (a)단계에서 도금시 온도는 30 내지 90℃ 인 것을 특징으로 한다.

[0009] 본 발명의 다른 일실시예에 따르면 상기 (b)단계에서 상기 유기고분자 화합물은 폴리비닐알코올인 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명의 또다른 일실시예에 따르면 상기 (b)단계에서 상기 유기고분자 화합물의 농도는 상기 피치계 탄소섬유 대비 1 내지 20 중량비인 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명의 또다른 일실시예에 따르면 상기 (c)단계에서 상기 열경화성 수지는 페놀수지, 요소수지, 멜라민수지, 에폭시수지 및 불포화 폴리에스테르수지를 포함하는 군에서 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

[0013] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 무전해 도금을 통해 형성된 피치계 탄소섬유 표면에 니켈금속이 전자기 에너지의 반사 및 흡수를 유도하여 우수한 전자파 차폐율을 가짐으로써 기존 에폭시 복합재료에 비해 높은 경제성과 더불어 경량화된 형태와 얇은 두께를 가지며, 전자기기, 통신기기, 정밀기기, 스마트 산업 등 다양한 분야에 응용될 수 있고 고분자 복합 수지를 응용한 전자파 차폐재는 복합수지를 사출하는 공전만으로 제품화가 가능하기 때문에 경제적 혹은 생산성 측면에서 효과적이다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명에서 제조한 피치계 탄소섬유의 SEM 결과이다.

도 2은 본 발명에서 제조한 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재의 전자파 차폐 특성 분석 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0017] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 우수한 전자파 차폐율을 갖는 탄소종이/에폭시 차폐재를 제조하는 데

있어서, (a)피치계 탄소섬유를 금속 도금액에 침지하여 탄소섬유를 도금하는 단계; (b)상기 도금된 탄소섬유를 습식법으로 유기고분자 화합물을 혼합하여 탄소섬유 웹을 제조하는 단계; (c)상기 제조된 탄소섬유 웹을 열경화성 수지에 함침하는 단계; 및 (d)상기 함침한 탄소섬유 웹을 경화하는 단계를 포함하는 전자파 차폐재를 제조하는 방법을 제공한다.

[0018] 상기 (a)단계에서 도금시 온도는 30 내지 90℃인 것이 바람직하다. 30℃ 미만에서는 화학적 환원반응이 일어나기 어렵고 90℃ 초과시 높은 온도로 인해 섬유표면이 손상되어 섬유자체가 타버려 물성을 저하시키기 때문이다.

[0019] 상기 피치계 탄소섬유는 피치의 전구체로 석유계, 석탄계, 메조페이스 피치 또는 이들의 혼합물을 사용하여 제조된 것일 수 있다. 상기 온도범위 내에서 피치계 탄소섬유를 금속 도금액에 침지하여 활성화 처리하고 표면을 니켈로 무전해 도금한다.

[0020] 금속 도금액에 탄소섬유의 침지 시간은 1분 내지 30분인 것이 바람직하다. 침지시간이 1분 미만인 경우에는 자가촉매 반응시간이 너무 짧아 섬유 표면에 생성되는 니켈 피막의 양이 너무 적고 30분을 초과할 경우 피막의 양이 급격히 상승하여 가공성이 떨어지기 때문이다.

[0021] 상기 금속 도금액의 주성분인 니켈 염으로는 $NiCl_26H_2O$와 $NiSO_46H_2O$ 인 것이 바람직하다. 낮은 온도에서 도금속도가 빠른 효과가 있기 때문이다. 착화제와 안정제로는 $Na_3C_6H_5O_71.5H_2O$와 $PdNO_3$ 인 것이 바람직하다. 이를 사용할 경우 염의 빠른 환원속도를 억제할 수 있으며, 핵의 분해방지와 뭉침현상을 방지하기 때문이다.

[0022] 상기 (b)상기 도금된 탄소섬유를 습식법으로 유기고분자 화합물을 혼합하여 탄소섬유 웹을 제조하는 단계에서 유기고분자 화합물은 아크릴 및 비닐계 수지가 바람직하고 더욱 바람직하게는 폴리비닐알코올을 사용한다. 유기고분자 화합물은 수용성 고분자로써 니켈 도금된 탄소섬유들을 결착시키는 바인더 역할을 수행하기 때문에 도금된 탄소섬유와 유기고분자 화합물을 혼합하고 초음파 분산과 고온압착으로 탄소종이 웹을 제조한다.

[0023] 상기 유기고분자 화합물의 농도는 피치계 탄소섬유 대비 1 내지 20 wt.%인 것이 바람직하고 더욱 바람직하게는 10 내지 20 wt.%이다. 유기고분자 화합물의 농도가 피치계 탄소섬유 대비 1 wt.%미만인 경우는 유기고분자의 농도가 낮아 탄소섬유 웹 제조 시 섬유간의 결속력을 저하시키고, 20 wt.%를 초과하면 과량의 바인더로 인해 섬유내에 응집현상이 유도되어 결속력을 저하시키기 때문이다. 유기 고분자 화합물을 수용액과 혼합하고 습식법으로 초지하여 탄소섬유 웹을 제조하는데 탄소섬유가 길게 가로로 놓여 있어야 탄소 단섬유의 파손 등의 문제를 미연에 방지할 수 있기 때문이다. 습식법은 액체매체 중에 탄소 단섬유를 분산시켜 초조하기 때문에 탄소 섬유를 이차원 평면 내에 배향시켜 탄소섬유 웹의 강도를 높이는 효과를 가진다.

[0024] 상기 도금된 피치계 탄소섬유를 수용액, 아크릴 및 비닐계 수지와 분산제를 혼합한 유기 고분자 화합물 용액에 함침하고 1분 내지 60분 동안 초음파 분산하는 것이 바람직하다. 1분 미만인 경우 분산이 효과적으로 이루어지지 않아 뭉침현상을 유도하여 웹의 물성을 저하시키고 60분 이상에서는 그 효과가 미미하기 때문에 바람직하지 못하다. 분산제는 triton X-100, Sodium dodecyl sulfate(SDS), Span 80, Tween 85 및 Tween 60을 포함하는 군에서 선택되는 어느 하나일 수 있다.

[0025] 초음파 분산 후 핫프레스를 이용한 고온압착 과정에서 80 내지 200℃에서 3 내지 10MPa 압력으로 고온압착하여 탄소종이 웹을 제조한다. 80℃, 3MPa 미만인 경우 낮은 온도 및 압력 때문에 고분자 물질이 섬유 내부에 과량 잔존하여 뭉침 현상을 유도하고, 200℃, 10MPa 이상인 경우에는 높은 온도 및 압력 때문에 탄소섬유를 잡아주는 고분자 물질이 빠져나가 섬유간의 결착이 이루어지지 않기 때문에 바람직하지 못하다.

[0026] 상기 제조된 탄소섬유 웹을 (c)단계에서 열경화성 수지에 함침하고 열풍으로 건조한다. 열경화성 수지는 페놀수지, 요소수지, 멜라민수지, 에폭시수지 및 불포화 폴리에스테르수지를 포함하는 군에서 선택되는 어느 하나 이상인 것이 바람직하다.

[0027] 상기 열경화성 수지에 함침된 탄소섬유 웹은 12 내지 24시간 동안 열풍 건조하는 것이 바람직하다. 건조시간이 12시간 미만인 경우 용매가 완전히 증발하지 않아 경화과정에서 크렉을 유도하고 건조시간이 24시간 이상인 경우 장시간 높은 온도에 노출되어 섬유 물성저하를 초래하기 때문이다.

[0028] 상기 단계(d)에서 함침한 탄소섬유 웹을 열과 압력을 가하여 경화하는데 온도는 130 내지 210℃, 압력은 3MPa에 조건에서 고온 압착하여 경화하는 것이 바람직하다. 경화온도가 130℃ 이하인 경우에는 낮은 온도 때문에 완전한 경화를 유도하지 못하고, 210℃ 이상이면 높은 온도에 섬유 표면을 노출시켜 물성 저하를 초래하기 때문이다. 또한, 압력이 3MPa 이하일 경우 수지가 섬유내부에 과량 잔존하여 고르게 경화되지 못하여 물성 저하

를 유도하고, 3MPa 이상일 경우 수지가 빠져나가 탄소섬유의 결속력을 저하시켜 바람직하지 못하다.

[0029] 상기의 방법으로 제조된 전자파 차폐재의 SEM 분석결과는 도 1에서 볼 수 있는데 니켈 도금을 통해 피치계 탄소섬유 표면에 니켈이 도입된 것을 확인할 수 있다.

[0030] 도 2는 본 발명에서 제조한 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재의 전자파 차폐 특성 분석 결과를 볼 수 있다. 니켈 도금된 탄소섬유를 고분자 수지와 복합화하여 전기전도성을 증대시키고 표면 반사를 증대시키고 동시에 고투자율 충전제로 전자파 흡수를 증가시켜 고효율의 전자파 차폐재를 제조하였다. 아무처리도 하지 않은 에폭시수지인 비교예 1과 상기 실시 예 7과 동일하게 과정을 실시하되, 도금하지 않은 피치계 탄소섬유를 사용하여 제조한 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재인 비교예 2, 실시예 7 각각의 전자파 차폐 특성을 분석한 결과 실시예 7이 차폐효과가 비교예들에 비해 두 배 이상 우수함을 알 수 있다. 이는 니켈 도금을 통해 피치계 탄소섬유 상호 간의 결합력을 늘리고 금속성을 부여함으로써 전도성을 높이고 임피던스를 낮춰 전자파의 표면 반사를 유도하여 전자파 차폐 효율을 증가시킨 결과이다.

[0031] 표 1은 본 발명에 따른 전도성 카본종이의 제조조건을 보여준다.

[0032] 표 2는 본 발명에 따른 전도성 탄소종이의 전기전도도를 보여준다.

[0034] 이하, 실시 예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시 예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로써, 본 발명의 범위가 이들 실시 예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는 것은 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

[0036] **측정예 1. 주사전자현미경(SEM)**

[0037] FE-Scannig Electron Microscopy (S-4300SE, Hitach Co.)을 통해 본 발명에서 제조한 피치계 탄소섬유의 형태를 관찰하였다.

[0038] **측정예 2. 전자파 차폐 특성 측정**

[0039] ASTM D4935-59에 준하여 전자파차폐 측정기 (AGILENT, USA)를 통해 본 발명에서 제조한 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재의 차폐 특성을 관찰하였다.

[0040] **측정예 3. 전기전도도 측정**

[0041] Four-probe point method with resistivity tester (MCP-T610, Mitsubishi Chemical Analytech Co., Ltd.)을 통해 본 발명에서 제조한 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재의 전기전도도를 측정하였다.

[0043] **실시예 1.**

[0044] 피치계 탄소섬유를 0.1 M $SnCl_2$용액과 0.0014 M $PdCl_2$ 용액에 담지하여 활성화시킨 후 30℃의 니켈 도금액에 1 분 동안 침지하여 탄소섬유를 도금한다. 증류수 100 중량부에 대하여 분산제와 PVA 1 wt.%를 첨가하여 혼합수용액을 제조하고 도금된 탄소섬유를 넣어 1 분 동안 균일하게 초음파 분산한다. 분산된 탄소섬유를 각형 틀에 초지하고, 핫프레스를 이용하여 80 ℃의 온도에서 3 MPa의 압력으로 2시간 동안 고온압착하여 탄소종이 웹을 제조한다. 유기 용매에 탄소섬유 100 중량부에 대하여 에폭시 수지 50 wt.%를 넣어 혼합용액을 만든다. 위에서 제조된 수지용액에 탄소섬유 웹을 함침하고 12 시간동안 건조오븐에서 용매를 제거한다. 최종적으로 핫프레스를 이용하여 3 MPa의 압력에서 130 ℃에서 2시간 동안 경화하여 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0046] **실시예 2.**

[0047] 상기 실시 예 1과 동일하게 과정을 실시하되, 도금과정에서 탄소섬유를 도금액에 3 분 동안 침지하고, PVA 5 wt.%를 첨가하여 혼합수용액을 제조하고, 탄소섬유를 5 분 동안 초음파 분산하여 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0049] **실시예 3.**

[0050] 상기 실시 예 2와 동일하게 과정을 실시하되, 도금과정에서 탄소섬유를 도금액에 5 분 동안 침지하고, 수지함침 후 150 ℃에서 경화하여 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0052] **실시예 4.**

[0053] 상기 실시 예 3과 동일하게 과정을 실시하되, 도금과정에서 60 ℃의 도금액에 탄소섬유를 도금액에 8 분동안 침지한다. PVA 10 wt.%를 첨가하여 혼합수용액을 제조하고, 탄소섬유를 10 분 동안 초음파 분산하고, 130 ℃의 온도와 6 MPa 압력 조건에서 웹을 제조하고, 수지 함침 후 18 시간동안 열풍건조하여 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0055] **실시예 5.**

[0056] 상기 실시 예 4과 동일하게 과정을 실시하되, 도금과정에서 탄소섬유를 도금액에 10 분 동안 침지한다. 수지 함침 후 170 ℃에서 경화하여 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0058] **실시예 6.**

[0059] 상기 실시 예 5과 동일하게 과정을 실시하되, 도금과정에서 탄소섬유를 도금액에 15 분 동안 침지한다. 탄소섬유를 30 분 동안 초음파 분산하고, 180 ℃의 온도에서 웹을 제조하여 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0061] **실시예 7.**

[0062] 상기 실시 예 6과 동일하게 과정을 실시하되, 도금과정에서 90 ℃의 도금액에 탄소섬유를 도금액에 20 분 동안 침지한다. PVA 15 wt.%를 첨가하여 혼합수용액을 제조하고, 수지 함침 후 24 시간동안 열풍건조하고, 190 ℃에서 경화하여 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0065] **실시예 8.**

[0066] 상기 실시 예 7과 동일하게 과정을 실시하되, 도금과정에서 탄소섬유를 도금액에 25 분 동안 침지한다. 탄소섬유를 60 분 동안 초음파 분산하고, 10 MPa 압력 조건에서 웹을 제조하여 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0068] **실시예 9.**

[0069] 상기 실시 예 8과 동일하게 과정을 실시하되, 도금과정에서 탄소섬유를 도금액에 30 분 동안 침지한다. PVA 20 wt.%를 첨가하여 혼합수용액을 제조하고, 200 ℃의 온도 조건에서 웹을 제조하고, 수지 함침 후 210 ℃에서 경화하여 탄소종이/에폭시 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0071] **비교예 1.**

[0072] 실시예에 사용되는 에폭시 수지

[0074] **비교예 2.**

[0075] 상기 실시 예 7과 동일하게 과정을 실시하되, 도금하지 않은 피치계 탄소섬유를 사용하여 탄소종이/에폭시 전자

파 차폐재를 제조하였다.

표 1

[0076]

	도금액 온도 (℃)	침지 시간 (분)	유기 고분자 (wt.%)	초음파 분산 (분)	탄소 섬유 웹 온도 (℃)	탄소 섬유 웹 압력 (MPa)	열풍 건조 (h)	경화 온도 (℃)
실시예 1	30	1	1	1	80	3	12	130
실시예 2	30	3	5	5	80	3	12	130
실시예 3	30	5	5	5	80	3	12	150
실시예 4	60	8	10	10	130	6	18	150
실시예 5	60	10	10	10	130	6	18	170
실시예 6	60	15	10	30	180	6	18	170
실시예 7	90	20	15	30	180	6	24	190
실시예 8	90	25	15	60	180	10	24	190
실시예 9	90	30	20	60	200	10	24	210
비교예 1	-	-	-	-	-	-	-	-
비교예 2	-	-	15	30	180	6	24	190

표 2

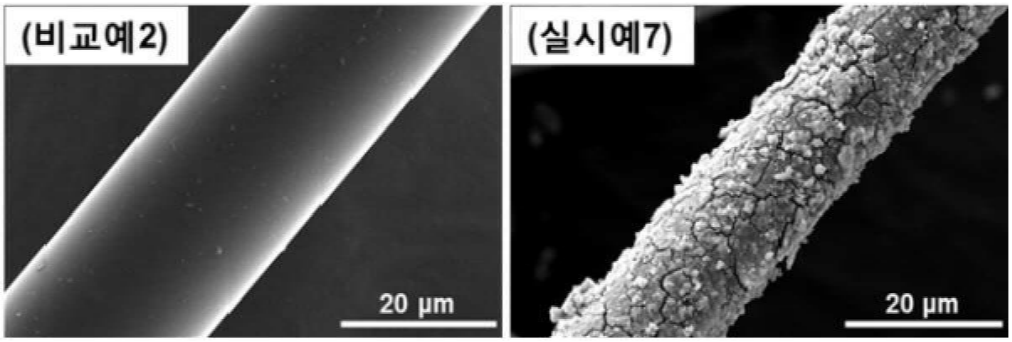
[0078]

	전기전도도 (S/cm)
실시예 1	1.193
실시예 2	2.874
실시예 3	4.532
실시예 4	5.854
실시예 5	6.082
실시예 6	7.661
실시예 7	8.056
실시예 8	7.080
실시예 9	6.990
비교예 1	-
비교예 2	0.929

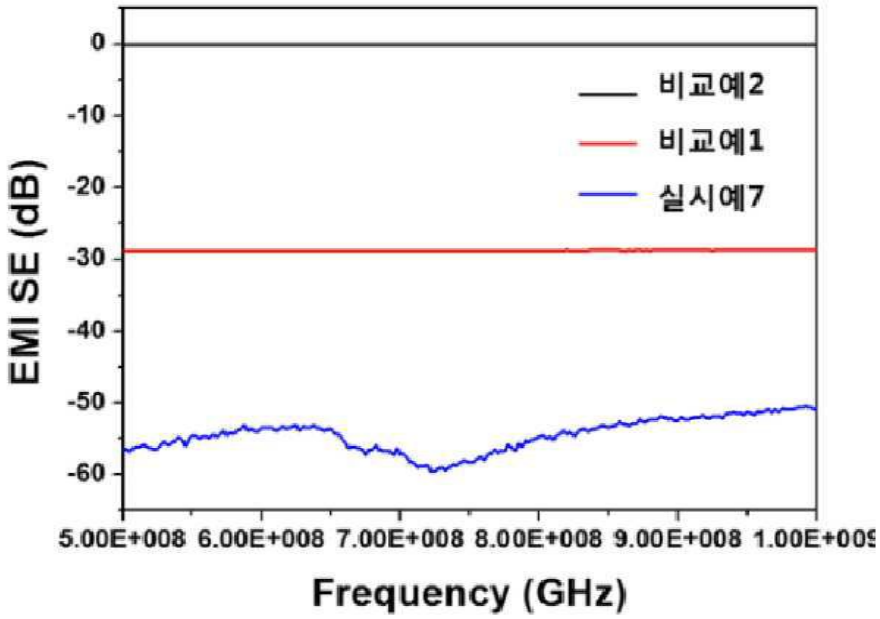
[0080] 이상, 본 발명내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적인 기술은 단지 바람직한 실시양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의해 정의된다고 할 것이다.

도면

도면1


(비교예2)
20 μm
(실시예7)
20 μm

도면2


0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
EMI SE (dB)
비교예2
비교예1
실시예7
5.00E+008
6.00E+008
7.00E+008
8.00E+008
9.00E+008
1.00E+009
Frequency (GHz)