(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0090254
(43) 공개일자 2022년06월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
D06M 11/74 (2006.01) *C08G 59/50* (2006.01)
C08K 3/04 (2006.01) *D06M 15/55* (2006.01)
H05K 9/00 (2018.01) *D06M 101/20* (2006.01)
D06M 101/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
D06M 11/74 (2013.01)
C08G 59/5033 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0181262
(22) 출원일자 2020년12월22일
심사청구일자 2020년12월22일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
박수진
서울특별시 강남구 역삼로 315-1 (역삼동, 개나리SK뷰) 501-2101
김윤섭
인천광역시 연수구 먼우금로141번길 62 (동춘동, 조흥아파트, 102동 207호)
(74) 대리인
이은철, 이수찬

전체 청구항 수 : 총 8 항

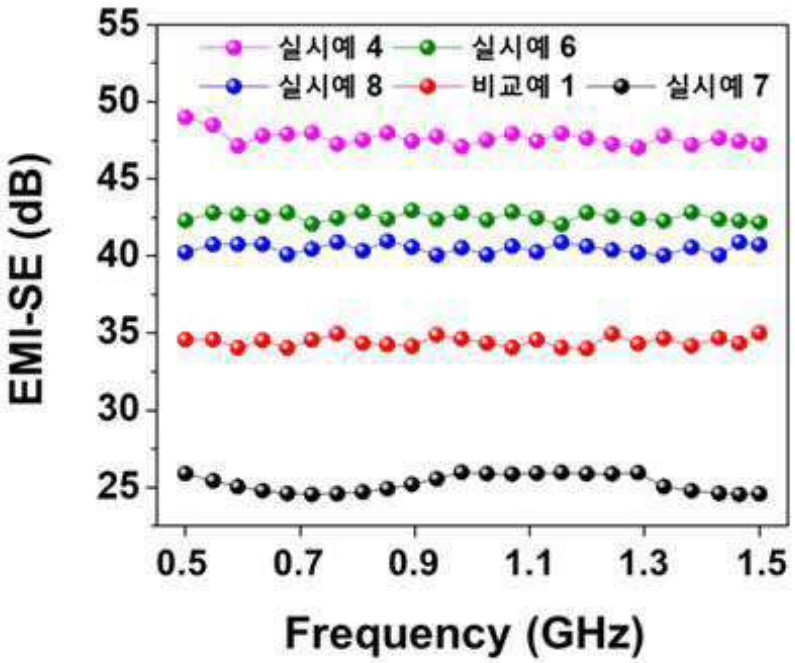
(54) 발명의 명칭 **상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법에 있어서, (1) 플라즈마 표면처리시스템을 사용하여 단일벽 탄소나노튜브를 플라즈마 처리 하는 단계; (2) 상기 (1) 단계에서 플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 유기용매를 이용하여 에폭시수지와 혼합 단계; (3) 상기

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도3



(2) 단계에서 제조 된 혼합물을 안정화 하는 단계; (4) 상기 (3) 단계에서 제조된 혼합물에 경화제로서 4,4'-메틸렌다이아닐린(4,4’-diaminodiphenylmethane)을 첨가하는 단계; (5) 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물을 진공 오븐에서 안정화 하는 단계; 및 (6) 상기 (5) 단계에서 제조된 단일벽 탄소나노튜브, 에폭시수지 및 4,4'-메틸렌다이아닐린을 포함하는 혼합물을 부직포에 함침하여 경화하는 단계를 포함한다.

본 발명은 플라즈마 처리한 단일벽 탄소나노튜브가 도입된 부직포 강화 에폭시복합소재를 제조함으로써, 기존 폴리에스터 부직포에 비해 높은 기계적강도와 우수한 전자파 차폐효율을 제공한다.

(52) CPC특허분류
C08K 3/041 (2017.05)
D06M 15/55 (2013.01)
H05K 9/0081 (2013.01)
D06M 2101/20 (2013.01)
D06M 2101/32 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법에 있어서,

(1) 플라즈마 표면처리시스템을 사용하여 단일벽 탄소나노튜브를 플라즈마 처리하는 단계;

(2) 상기 (1) 단계에서 플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 유기용매를 이용하여 에폭시수지와 혼합하는 단계;

(3) 상기 (2) 단계에서 제조된 혼합물을 안정화하는 단계;

(4) 상기 (3) 단계에서 제조된 혼합물에 경화제로서 4,4'-메틸렌다이아닐린(4,4’-diaminodiphenylmethane)을 첨가하는 단계;

(5) 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물을 진공오븐에서 안정화하는 단계; 및

(6) 상기 (5) 단계에서 제조된 단일벽 탄소나노튜브, 에폭시수지 및 4,4'-메틸렌다이아닐린을 포함하는 혼합물을 부직포에 함침하여 경화하는 단계를 포함하는 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 (1) 단계에서, 상기 플라즈마 표면처리시스템의 상압플라즈마 전력량은 10W 내지 500W이고, 플라즈마 처리시간은 1분 내지 10분인 것을 특징으로 하는 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 (2) 단계는, 상기 유기용매 150ml 내지 250ml에, 상기 플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 10g 내지 30g로 넣은 뒤, 10℃ 내지 100℃ 온도범위에서 1시간 내지 10시간 동안 초음파처리를 진행한 이후, 상기 에폭시수지를 넣어 30℃ 내지 120℃의 온도범위에서 1시간 내지 10시간 동안 교반하는 것을 특징으로 하는 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 (3) 단계는, 상기 혼합물을 100℃ 내지 200℃의 온도범위에서 4시간 내지 12시간 동안 처리하여 유기용매를 제거하는 것을 특징으로 하는 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 (4) 단계에서, 상기 혼합물과 상기 경화제의 중량비는 1:0.18 내지 1:0.24로 하여 30℃ 내지 120℃ 온도범위에서 1시간 내지 10시간 동안 반응시키는 것을 특징으로 하는 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 (5) 단계에서, 10℃ 내지 100℃의 온도로 하여 1시간 내지 10시간 동안 진공오븐에서 기포를 제거하여 안정화하는 단계인 것을 특징으로 하는 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 (6) 단계에서, 상기 경화하는 단계는, 핫프레스상에서 50℃에서 100℃ 온도 범위에서 1시간 내지 2시간 동안 처리하는 1단계; 100℃ 내지 150℃의 온도 범위에서 1시간 내지 2시간 동안 처리하는 2단계; 및 150℃ 내지 200℃의 온도 범위에서 1시간 내지 2시간 동안 처리하는 3단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 (6) 단계에서 상기 부직포는 폴리프로필렌(Polypropylene), 폴리에스터(Polyester) 및 폴리에틸렌(Polyethylene)으로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상인 것을 특징으로 하는 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 부직포(non-woven fabric: NF) 및 에폭시(epoxy) 기반 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브(atmospheric pressure plasma-treated single-walled carbon nanotubes: P-SWCNTs) 전자파 차폐재 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 부직포 강화 에폭시복합재료의 기계적강도 및 전자파차폐가 향상된 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 전자산업의 급속한 발전과 정보사회의 구축에 따른 각종 전자장비의 수요가 급증함에 따라 현대사회에서 중요한 생활 및 산업기반의 하나로 자리 잡고 있다. 그러나 전자파는 전기 및 전자장비의 오작동, 통신장애, 잡음 등의 현상을 일으켜 예기치 못한 사고를 유발시킬 수 있다. 또한, 전자파는 인체에 직접적인 영향을 미쳐 여러 질병들을 유발시킬 수 있어 더 이상 외면 할 수 없는 문제로 인식되고 있다. 따라서 이러한 전자파장애 문제를 해결하기 위해 전자파차폐에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 전자파차폐 소재로는 금속 코팅, 금속도금이 주목받아 왔으나 복합재 비용 및 자원이 한정되어 제한된다. 한편, 강화된 에폭시 매트릭스를 적용하기 위해 탄소재료 첨가제(filler)로 사용하여 기계적강도 및 전자파차폐 효율을 높이고 있다. 특히, 다양한 탄소재료 중 단일벽 탄소나노튜브(SWCNTs)는 우수한 기계적강도, 높은 전기전도성, 나노미터크기, 높은 종횡비 및 낮은 밀도로 에폭시 매트릭스에 첨가제로 적용할 수 있다. 그러나, SWCNTs는 비 반응성 표면, 소수성 및 반데르발스 힘에 의해 응집을 일으켜 우수한 특성을 에폭시 매트릭스에 전달하지 못하게 한다. 이와 관련하여 플라즈마처리는 SWCNTs와 에폭시 매트릭스 사이의 계면접착력을 향상시키기 위해 수행되고 있다. SWCNTs 표면에 플라즈마 처리하여 -OH, -C=O, -COOH와 같은 다양한 산소작용기를 도입할 수 있다. 따라서 플라즈마 처리된 SWCNTs를 사용하여 FRP의 첨가제로 사용하여 기계적강도 및 전자파차폐를 향상시키는 연구가 활발히 진행되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 목적은 SWCNTs의 응집 문제점을 해결하고 기계적강도 및 전자파 차폐효율이 향상된 부직포 강화 에폭시복합소재를 제공하는데 있어서 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0004] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 기계적강도 및 전자파차폐가 향상된 부직포 강화 에폭시복합소재 및 제조방법을 제공한다. 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재 제조방법에 있어서, (1) 플라즈마 표면처리시스템을 사용하여 단일벽 탄소나노튜브를 플라즈마 처리 하는 단계; (2) 상기 (1) 단계에서 플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 유기용매를 이용하여 에폭시수지와 혼합 단계; (3) 상기 (2) 단계에서 제조 된 혼합물을 안정화 하는 단계; (4) 상기 (3) 단계에서 제조된 혼합물에 경화제로서 4,4'-메틸렌다이아닐린(4,4'-diaminodiphenylmethane)을 첨가하는 단계; (5) 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물을 진공오븐에서 안정화 하는 단계; 및 (6) 상기 (5) 단계에서 제조된 단일벽 탄소나노튜브와 에폭시 수지 및 경화제 혼합물을 부직포에 함침하여 경화하는 단계를 포함한다.

[0005] 바람직하게, 상기 (1) 단계에서, 상기 플라즈마 표면처리시스템의 상압플라즈마 전력량은 10W 내지 500W이고, 플라즈마 처리 시간은 1분 내지 10분인 것을 특징으로 한다.

[0006] 바람직하게, 상기 (2) 단계는, 상기 유기용매 150ml 내지 250ml에, 상기 에폭시수지 대비 상기 플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브는 10g 내지 30g로 넣은 뒤, 10° C 내지 100℃ 온도범위에서 1시간 내지 10시간 동안 초음파처리를 진행한 이후, 상기 에폭시수지를 넣어 30℃ 내지 120℃의 온도범위에서 1시간 내지 10시간 동안 교반하는 것을 특징으로 한다.

[0007] 바람직하게, 상기 (3) 단계는, 상기 혼합물을 100℃ 내지 200℃의 온도범위에서 4시간 내지 12시간 동안 처리하여 유기용매를 제거하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 바람직하게, 상기 (4) 단계에서, 상기 혼합물과 상기 경화제의 중량비는 1:0.18 내지 1:0.24로 하여 30℃ 내지 120℃ 온도 범위에서 1시간 내지 10시간 동안 반응시키는 것을 특징으로 한다.

[0009] 바람직하게, 상기 (5) 단계에서, 10℃ 내지 100℃의 온도로 하여 1시간 내지 10시간 동안 진공오븐에서 기포를 제거하여 안정화 하는 단계인 것을 특징으로 한다.

[0010] 바람직하게, 상기 (6) 단계에서, 상기 경화하는 단계는, 핫프레스상에서 50℃에서 100℃ 온도 범위에서 1시간 내지 2시간 동안 처리하는 1단계; 100℃ 내지 150℃의 온도 범위에서 1시간 내지 2시간 동안 처리하는 2단계; 및 150℃내지 200℃의 온도 범위에서 1시간 내지 2시간 동안 처리하는 3단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 바람직하게, 상기 (6) 단계에서 상기 부직포는 폴리프로필렌(Polypropylene), 폴리에스터(Polyester) 및 폴리에틸렌(Polyethylene)으로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0012] 상기와 같은 본 발명에 따르면, P-SWCNTs를 필러로 사용하여 에폭시수지에 첨가함으로써, P-SWCNTs의 많은 산소관능기가 열경화성 수지중 하나인 에폭시수지와의 상용성이 좋아져 에폭시수지와의 강한 계면접착력을 이끌어내어, 기계적강도 및 전자파차폐가 향상된 부직포 강화 에폭시복합소재가 제조되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 다른 실시예에 따른 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재와 비교예의 전기전도도 및 향상정도의 비교 그래프이다.

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재와 비교예의 파괴인성 및 향상정도의 비교 그래프이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재와 비교예의 전자파차폐 및 향상정도의 비교 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다. 본 발명의 다른 유형에 따르는 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재를 제조하는 방법에 있어서, (1) 플라즈마 표면처리시스템을 사용하여 플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 제조하는 단계; (2) 유기용매를 이용하여 에폭시수지와 플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 혼합하여 분산하는 단계; (3) 상기 제조된 혼합물을 안정화하는 단계; (4) 혼합된 에폭시수지에 경화제를 첨가하여 단계; (5) 상기 제조된 혼합물을 진공오븐에서 안정화하는 단계; 및 (6) 상기 (5) 단계에서 제조된 에폭시 혼합물을 부직포에 함침하여 핫프레스로 경화시켜 플라즈마 처리된 단일벽 탄소

나노튜브로 강화된 부직포 강화 에폭시복합소재를 제조하는 단계를 포함한다. 본 발명의 일 측면에 따른 P-SWCNTs로 강화된 부직포 강화 에폭시복합소재는 에폭시 매트릭스에 P-SWCNTs가 첨가되어 얻어진다.

[0015] 상기 (1) 단계에서, 단일벽 탄소나노튜브의 플라즈마처리는 상압에 의한 플라즈마 표면처리시스템(ATMOSTM-multi, Plasmart Co, Korea)를 이용하여 수행하였다. 상압 플라즈마 전력은 10W에서 500W로 1~10분 동안 표면처리된 것으로 진행하였다. 캐리어가스의 주입량은 매스 플로우 컨트롤러(Mass Flow Controller, MFC)를 사용하여 일정하게 유지시키는 것이 바람직하다. 상압플라즈마 표면처리는 10W 미만에서 플라즈마의 발생량이 너무 적어 섬유 표면에 영향을 주는데 적합하지 못하고, 500W를 초과하는 경우에는 섬유표면에 손상을 주며 섬유가 끊어지고 타버릴 우려가 있어 바람직하지 못하다.

[0016] 또한, 플라즈마 처리시 분위기는 비활성가스와 활성가스가 혼합된 혼합가스인 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는 아르곤가스와 산소가스가 혼합된 분위기에서 처리되는 것이 좋고, 가장 바람직하게는 아르곤가스 80% 내지 99.99% 및 산소가스 20% 내지 0.01%의 비율로 이루어지는 혼합가스 분위기에서 처리되는 것이 좋다. 산소가스의 비율이 0.01% 미만에서는 탄소나노튜브표면에 산소를 함유하는 극성 관능기가 도입되는데 산소가스가 영향을 주기 어려우며, 20%를 초과하면 산소가스의 양이 플라즈마 발생을 불안정하게 만들어 바람직하지 않다.

[0017] 상기 (2) 단계에서, 유기용매를 이용하여 에폭시수지와 플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 혼합하였다. 유기용매 200ml에 에폭시 대비 1g에서 10g P-SWCNTs를 넣은 뒤, 10℃에서 100℃의 온도범위에서 1시간에서 10시간 동안 초음파처리하여 분산을 진행한다. 상기반응이 끝난 혼합물에 에폭시수지를 넣은 뒤 30℃에서 120℃의 온도범위에서 1시간에서 10시간 동안 교반한다.

[0018] 상기 (3) 단계에서, 상기 (2) 단계의 제조된 혼합물을 안정화하는 단계를 진행하였다. 상기 (2) 단계에서 제조된 유기용매를 100℃에서 200℃의 온도범위에서 4시간에서 12시간 동안 제거를 진행하였다.

[0019] 상기 (4) 단계에서, 잔류하는 P-SWCNTs와 에폭시수지에 경화제를 첨가하여 혼합하는 단계를 진행하였다. 상기 (3) 단계에서 유기용매가 제거된 P-SWCNTs 와 에폭시수지에 경화제(4,4’-diaminodiphenylmethane)를 에폭시 대비 10g에서 30g을 첨가하여 30℃에서 120℃ 온도 범위에서 1시간에서 10시간 동안 교반하여 반응시킨다.

[0020] 상기 (5) 단계에서, 제조된 혼합물을 진공오븐에서 안정화하는 단계를 진행하였다. 상기 (4) 단계에서 제조된 혼합물은 에폭시수지에 경화제가 첨가되어 화학적 반응에 인한 기포가 생겨 진공오븐에서 감압하여 10℃에서 100℃ 온도 범위에서 1시간에서 10시간 동안 기포를 제거하였다. 혼합과정에서 발생한 기포는 상압플라즈마 처리된 탄소나노튜브 강화 에폭시복합소재 내에 기공을 형성하여 기계적강도 및 전기전도도를 저하시킬 수 있다.

[0021] 상기 (6) 단계에서, 제조된 혼합물을 이용하여 부직포에 함침하여 P-SWCNTs로 강화된 부직포 강화 에폭시복합소재를 제조하는 단계를 진행하였다. 금형에 상기 (5) 단계에서 제조된 혼합물과 부직포를 수작업으로 함침시킨다. 그 다음, 핫프레스에서 1단계는 50℃에서 100℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간, 2단계는 100℃에서 150℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간, 3단계는 150℃에서 200℃ 온도 범위에서 1시간에서 2시간으로 총 3단계로 3시간에서 6시간 경화시켜 P-SWCNTs로 강화된 부직포 강화 에폭시복합소재를 제조하였다. 경화온도가 100℃ 미만일 경우에는 완전히 경화되지 않으며, 200℃ 이상일 경우에는 물성저하를 초래한다.

[0023] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

[0025] **실시예 1.**

[0026] 플라즈마 처리시 산소를 1%로 함유한 아르곤(99%) 가스를 캐리어 가스로 이용하였다. 주파수는 플라즈마를 안정적으로 형성시키는 13.56MHz로 고정하였고, 전압을 150W로 진행하였다. 또한, 캐리어 가스의 주입량은 매스 플로우 컨트롤러(Mass Flow Controller, MFC)를 사용하여 5ℓ/분으로 유지하였고, 전극과 SWCNTs간의 거리는 30㎜로 하였으며, SWCNTs의 플라즈마 처리 시간은 1분 동안 1회 처리하였다. 반응이 끝나면 SWCNTs가 플라즈마 처리되어 P-SWCNTs가 된다. 이후 유기용매 200ml에 1g의 P-SWCNTs를 넣은 뒤, 30℃의 온도범위에서 분산 과정으로 1시간 동안 초음파처리를 수행하였다. P-SWCNTs 혼합물에 에폭시수지를 넣은 뒤 60℃의 온도에서 가열하여 유지시키고 120분 동안 교반하였다. 그 다음, 160℃의 온도에서 80분 동안 처리하여 유기용매를 제거하였다. 그 다음, 경화제로서 4,4'-메틸렌다이아닐린(4,4’-diaminodiphenylmethane) 20g을 첨가하여 70℃ 온도에서 2시간

동안 반응시켰다. 이후, 진공오븐에서 감압하에 60℃ 온도에서 80분 동안 기포를 제거하였다. 그 다음 금형에 부직포를 수작업으로 함침시켰고, 핫프레스에서 1단계로 90℃ 온도에서 2시간, 2단계로 125℃ 온도에서 2시간, 3단계로 170℃ 온도에서 2시간으로 총 6시간 경화시킴으로써 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0028] **실시예 2.**

[0029] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, P-SWCNTs의 함량을 2g으로 하여 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0031] **실시예 3.**

[0032] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, P-SWCNTs의 함량을 3g으로 하여 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0034] **실시예 4.**

[0035] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, P-SWCNTs의 함량을 4g으로 하여 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0037] **실시예 5.**

[0038] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, P-SWCNTs의 함량을 5g으로 하여 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0040] **실시예 6.**

[0041] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, P-SWCNTs의 함량을 10g으로 하여 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0043] **실시예 7.**

[0044] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, P-SWCNTs의 함량을 4g을 첨가하였으며 플라즈마 처리시간을 10분으로 하여 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0046] **실시예 8.**

[0047] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, P-SWCNTs의 함량을 4g을 첨가하였으며 P-SWCNTs의 플라즈마 처리시의 전력량을 500W으로 하여 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재를 제조하였다.

[0049] **비교예 1.**

[0050] 상기 실시예 1과 동일하게 과정을 실시하되, 플라즈마 처리하지 않은 SWCNTs의 함량을 4g으로 하고, SWCNTs 처리시의 전력량은 150W로 하였다.

[0052] **측정예 1. 전기전도도 시험**

[0053] 전기전도도시험은 4단자법에 의한 면저항 측정기(MCP-T610, Mitsubishi Chemical, Japan)를 사용하여 P-SWCNTs로 강화된 부직포 강화 에폭시복합소재를 ASTM D257에 따라 측정하였다.

[0055] **측정예 2. 파괴인성 시험**

[0056] 파괴인성시험은 만능재료시험기(UTM, Lloyd LR5k, UK)를 사용하여 P-SWCNTs로 강화된 부직포 강화 에폭시복합소재를 ASTM D5045에 따라 시편을 제조한 후 3포인트 굽힘 시험 방법 측정하였다.

[0058] **측정예 3. 전자파차폐 시험**

[0059] 전자파차폐는 전자파차폐 측정기(AGILENT, USA)를 통해 P-SWCNTs로 강화된 부직포 강화 에폭시복합소재의 전자파 차폐재의 차폐율을 측정하였다.

[0061] 다음은 본 발명에 따른 상압플라즈마 처리된 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 부직포 및 에폭시 기반 전자파 차폐재의 제조조건을 표 1에 표시하고, 전기전도도, 파괴인성, 전자파차폐 및 향상 정도를 표 2에 나타내었다.

표 1

샘플명	필러 종류	필러 함량 (g)	플라즈마 처리 시간 (min)	분산 시간 (min)	교반 시간 (min)	기포제거 시간 (min)	처리 전력 (W)
실시예 1	P-SWCNTs	1	1	60	120	80	150
실시예 2	P-SWCNTs	2	1	60	120	80	150
실시예 3	P-SWCNTs	3	1	60	120	80	150
실시예 4	P-SWCNTs	4	1	60	120	80	150
실시예 5	P-SWCNTs	5	1	60	120	80	150
실시예 6	P-SWCNTs	10	1	60	120	80	150
실시예 7	P-SWCNTs	4	10	60	120	80	150
실시예 8	P-SWCNTs	4	1	60	120	80	500
비교예 1	SWCNTs	4	-	60	120	80	150

[0063]

표 2

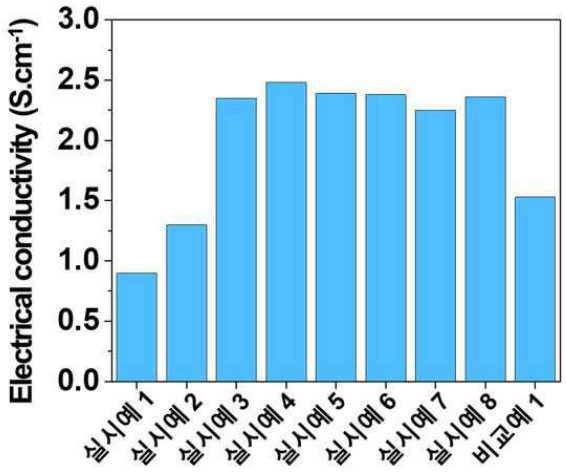
[0064]

	전기전도도 ($S.cm^{-1}$)	파괴인성 ($MPa.m^{1/2}$)	전자파차폐 (dB)
실시예 1	0.91	20.08	12.43
실시예 2	1.32	21.20	15.54
실시예 3	2.35	34.10	38.75
실시예 4	2.46	37.20	48.98
실시예 5	2.41	35.50	42.32
실시예 6	2.38	34.84	41.21
실시예 7	2.25	33.95	34.55
실시예 8	2.36	35.86	40.74
비교예 1	1.53	22.83	25.98

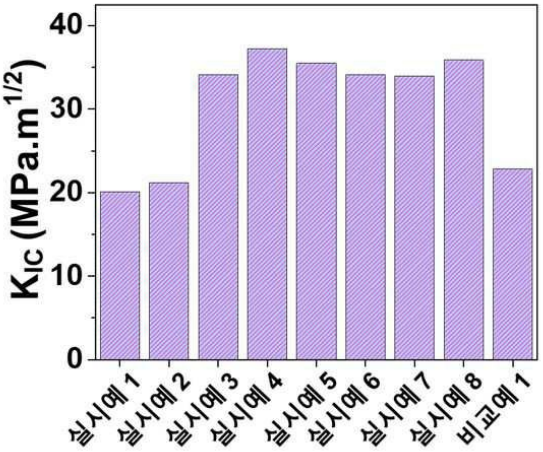
[0066] 이상, 본 발명내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적인 기술은 단지 바람직한 실시양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의해 정의된다고 할 것이다.

도면

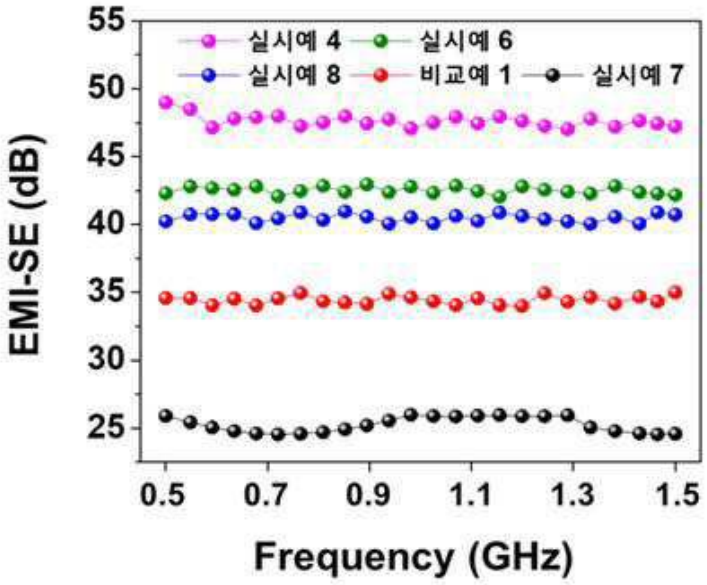
도면1


Electrical conductivity (S.cm-1)
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
실시예 1
실시예 2
실시예 3
실시예 4
실시예 5
실시예 6
실시예 7
실시예 8
비교예 1

도면2


KIC (MPa.m1/2)
40
30
20
10
0
실시예 1
실시예 2
실시예 3
실시예 4
실시예 5
실시예 6
실시예 7
실시예 8
비교예 1

도면3


실시예 4
실시예 6
실시예 8
비교예 1
실시예 7
EMI-SE (dB)
55
50
45
40
35
30
25
0.5
0.7
0.9
1.1
1.3
1.5
Frequency (GHz)