(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0070765
(43) 공개일자 2015년06월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 31/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0157354
(22) 출원일자 2013년12월17일
심사청구일자 2013년12월17일
기술이전 희망 : **기술양도**, **실시권허여**, **기술지도**

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93
(72) 발명자
정한모
울산광역시 남구 신복로79번길 14, 105동 1002호 (무거동, 롯데캐슬아파트)
서현명
울산광역시 남구 신정로203번길 61, 102동 3803호(신정동, 두산위브더제니스)
(74) 대리인
위병갑

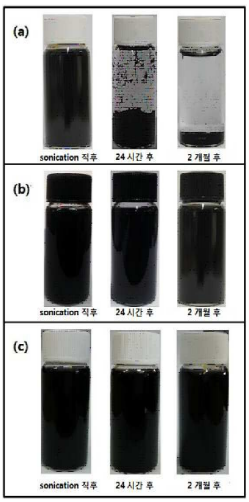
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **그래핀을 수분산성을 갖도록 개질하는 방법**

(57) 요 약

본 발명은 그래핀을 수분산성을 갖도록 개질하는 방법에 관한 것이다. 본 발명에 의해 안정적인 수분산성을 갖는 고성능 그래핀을 제조할 수 있으며, 이를 활용하여 그래핀이 효과적으로 분산되어 물성 향상 기여가 극대화된 그래핀/고분자 나노복합재료를 제조할 수 있는 효과가 있다.

대 표 도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 NRF-2013R1A1A2004823
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 2013년도 일반연구자지원사업
연구과제명 효율적 수분산 그라펜의 제조와 이를 Pickering emulsifier로 활용한 고성능 수성 하이브리드 재료의 제조
기 여 율 1/2
주관기관 울산대학교
연구기간 2013.06.01 ~ 2016.05.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2009-0093818
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 대학중점연구소지원사업
연구과제명 에너지 하베스트-스토리지 연구센터
기 여 율 1/2
주관기관 울산대학교
연구기간 2009.09.01 ~ 2018.08.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 그래핀을 용매에 분산시키는 단계; 및

(b) 분산된 그래핀에 아민화합물 용액을 첨가하여 교반한 뒤 건조시키는 단계를 포함하는, 그래핀을 수분산성을 갖도록 개질하는 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 (a)의 그래핀은 산화흑연을 열충격 또는 환원제에 의하여 환원시키는 것을 특징으로 하는, 그래핀을 수분산성을 갖도록 개질하는 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 (b)의 아민화합물은 그래핀의 에폭시기와 반응할 수 있는 아민기를 갖는 1차 혹은 2차 아민 화합물인 것을 특징으로 하는 그래핀을 수분산성을 갖도록 개질하는 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 (b)의 아민화합물은 그래핀에 수분산성을 부여하는 카르복시기 또는 술폰산기를 갖는 것을 특징으로 하는 그래핀을 수분산성을 갖도록 개질하는 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 (b)의 아민화합물은 그래핀 대비 1 내지 10배의 중량비로 사용하는 것을 특징으로 하는 그래핀을 수분산성을 갖도록 개질하는 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 (a)의 용매는 아세톤, 물, 에탄올, 메탄올, 이소프로판올, 포름아미드, 디메틸설폭시드, 디메틸포름아미드, 아세트산, 아세토니트릴, 메톡시 에탄올, 테트라하이드로퓨란, 벤젠, 자일렌, 스티렌, 톨루엔, 및 사이클로헥산으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 이상인 것을 특징으로 하는 그래핀을 수분산성을 갖도록 개질하는 방법.

청구항 7

제 1항 내지 제6항 중 어느 한 항의 방법으로 제조된 수분산성을 띄는 그래핀.

청구항 8

제 6항에 따른 그래핀 및 고분자 중합체를 유효성분으로 포함하는 나노복합재료.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 고분자 중합체는 에폭시 수지, 폴리에스테르, 폴리아미드 또는 폴리우레탄인 축합중합체; 폴리스티렌, 폴

리아크릴로니트릴, 폴리에틸렌 또는 폴리프로필렌인 부가중합체; 및 천연고분자로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 나노복합재료.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 그래핀을 수분산성을 갖도록 개질하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 그래핀(graphene)은 탄소 원자들이 2차원 상에서 벌집 모양의 배열을 이루면서 원자 한 층의 두께를 가지는 전도성 물질이다. 3차원으로 쌓이면 흑연, 1차원적으로 말리면 탄소나노튜브, 공 모양이 되면 0차원 구조인 풀러렌(fullerene)을 이루는 물질로서 다양한 저차원 나노 현상을 연구하는데 중요한 모델이 되어 왔다. 그래핀은 구조적, 화학적으로도 매우 안정할 뿐 아니라 매우 뛰어난 전도체로서 실리콘보다 100배 빠르게 전자를 이동시키고 구리보다도 약 100배 가량 더 많은 전류를 흐르게 할 수 있다는 것으로 예측되었다. 이러한 그래핀의 특성은 2004년 흑연으로부터 그래핀을 분리하는 방법이 발견되면서 그동안 예측되어 왔던 특성들이 실험적으로 확인되었고 이는 지난 수년간 전 세계의 과학자들을 열광시켰다.

[0003] 그래핀은 상대적으로 가벼운 원소인 탄소만으로 이루어져 1차원 또는 2차원 나노패턴을 가공하기가 매우 용이하다는 장점이 있으며, 이를 활용하면 반도체-도체 성질을 조절할 수 있을뿐 아니라 탄소가 가지는 화학결합의 다양성을 이용해 센서, 메모리 등 광범위한 기능성 소자의 제작도 가능하다. 2008년에는 MIT에서 선정한 세계 100대 미래기술로 선정되기도 했으며, 최근 국내에서도 한국과학기술평가원 및 삼성경제연구소가 그래핀 관련 기술을 10년 이내 우리의 삶의 뒤바꿀 10대 기술로 선정하기도 했다. 국내 그래핀 관련 연구는 지난해 비로소 소규모 국가과제가 시작되었을 정도로 아직 초기단계이며 미국, 일본, 유럽 등에 비해 크게 뒤쳐져 있는 상황이다.

[0004] 그래핀은 여러 가지 방법으로 제조할 수 있다. 즉, 산화흑연을 환원시키는 방법, 전구체들을 기판 위에 흡착 재배열시켜 그래핀을 생성시키는 화학증착법, 흑연의 각 층을 기계적으로 분리하는 방법 등이 그래핀 제조에 활용된다. 이들 방법 중 산화흑연의 환원에 의한 그래핀 제조 방법은 공업적 대량 생산이 가능한 장점을 가지고 있다.

[0005] 그러나 그래핀은 소수성 물질이므로, 물속에서 안정적으로 분산하는 것이 쉽지 않다. 그러므로 물 속에서 그래핀을 사용하는 다양한 용도에 맞는 그래핀을 얻기 위해서는 제조된 그래핀을 개질하여 수분산성을 갖게 할 필요가 있다. 하지만 그래핀을 개질하여 수분산성을 갖게 하는 경우 그래핀 고유의 우수한 물성들이 저하되는 경우가 많다. 따라서, 그래핀 고유한 물성의 저하를 최소화하면서 수분산성을 갖게 하는 개질 기술이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허 10-2013-0050048호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서 본 발명의 목적은 수분산성을 가지면서 그래핀 고유한 물성을 최대로 발현하는 고성능 그래핀을 얻기 위한 개질 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 다른 목적은 본 발명의 방법으로 제조된 그래핀을 함유하는 나노복합재료를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 (a) 그래핀을 용매에 분산시키는 단계; 및 (b) 분산된 그래핀에 아민 화합물 용액을 첨가하여 교반한 뒤 건조시키는 단계를 포함하는, 그래핀을 수분산성을 갖도록 개질하는 방법을 제공한다.

[0010] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 (a)의 그래핀은 산화흑연을 열충격 또는 환원제에 의하여 환원시키는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 (b)의 아민화합물은 그래핀의 에폭시기와 반응할 수 있는 아민기를 갖는 1차 혹은 2차 아민 화합물인 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 (b)의 아민 화합물은 그래핀에 수분산성을 부여하는 카르복시기 또는 술폰산기를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 (b)의 아민 화합물은 그래핀 대비 1 내지 10배의 중량비로 사용하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 (a)의 용매는 아세톤, 물, 에탄올, 메탄올, 이소프로판올, 포름아미드, 디메틸설폭시드, 디메틸포름아미드, 아세트산, 아세토니트릴, 메톡시 에탄올, 테트라하이드로퓨란, 벤젠, 자일렌, 스티렌, 톨루엔, 및 사이클로헥산으로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있다.

[0015] 또한, 본 발명은 본 발명의 방법으로 제조된 수분산성을 띄는 그래핀을 제공한다.

[0016] 또한, 본 발명은 본 발명에 따른 그래핀 및 고분자 중합체를 유효성분으로 포함하는 나노복합재료를 제공한다.

[0017] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 고분자 중합체는 에폭시 수지, 폴리에스테르, 폴리아미드 또는 폴리우레탄인 축합중합체; 폴리스티렌, 폴리아크릴로니트릴, 폴리에틸렌 또는 폴리프로필렌인 부가중합체; 및 천연고분자로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 의해 안정적인 수분산성을 갖는 고성능 그래핀을 제조할 수 있으며, 이를 활용하여 그래핀이 효과적으로 분산되어 물성 향상 기여가 극대화된 그래핀/고분자 나노복합재료를 제조할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 그래핀의 에폭시기와 (a)ω-아미노지방산 (b)ω-아미노술폰산과의 반응을 도식적으로 나타낸 것이다.

도 2는 물에 분산된 그래핀의 분산 안정성을 관찰한 것이다((a)PG, (b)CG, (c)SG).

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 발명자들은 그래핀 표면에 잔류하는 반응성기를 활용하여 그래핀에 수분산성을 부여하여 그래핀의 물성 저하를 최소화시켰다는 점에 특징이 있다.

[0021] 즉, 본 발명은 그래핀의 에폭시기와 반응할 수 있는 아민기와 그래핀에 수분산성을 부여할 수 있는 카르복실산기 혹은 술폰산기 혹은 이들의 염 형태의 관능기(카르복실산 염 혹은 술폰산염)를 동시에 가지고 있는 물질을 그래핀과 반응시켜 수분산성을 가지는 그래핀을 제공할 수 있다.

[0022] 본 발명의 그래핀을 수분산성을 갖도록 개질하는 방법은 (a) 그래핀을 용매에 분산시키는 단계; 및 (b) 분산된 그래핀에 아민화합물 용액을 첨가하여 교반한 뒤 건조시키는 단계를 포함한다.

[0023] 개질에 사용하는 그래핀은 산화흑연을 환원시켜 제조한 모든 그래핀을 포함한다. 산화흑연으로부터 제조한 대부분의 그래핀에는 산소를 포함하는 관능기들이 잔류하고 있고, 이를 활용하여 수분산성을 갖도록 개질하면 그래핀 고유의 물성 저하를 최소화할 수 있다. 산화흑연을 환원시키는 데는 다양한 방법들이 활용될 수 있다.

[0024] 예를 들면, 산화흑연을 순간적으로 고온으로 가열하여 산화흑연을 구성하는 층들을 팽윤 박리시켜 제조하는 열환원법, 산화흑연을 액체 매질에 분산시킨 후 하이드라진 등의 환원제를 사용하여 환원시키는 화학적 환원 방법 등이 있다. 열환원법에서는 산화 흑연을 순간적으로 300 ℃ 이상의 고온으로 가열하면 산화에 의해 생성된 표면의 관능기들이 환원 분해되어 생성되는 이산화탄소와 같은 기체생성물들이 순간적으로 기화하면서 산화흑연의 각 층들이 박리되어 그라펜이 만들어진다. 박리에 사용된 산화흑연의 산화 정도에 따라 박리되는 정도가 달라지며, 추가의 초음파 처리로 박리 정도를 향상시킬 수도 있다. 산화흑연에 부착되었던 관능기들이 분해 이탈되면서 이산화탄소를 발생하고도 일부 산소를 포함하는 관능기로 존재한다. 이들 잔존 관능기는 에폭시기의 형태로 존재하는 것이 많은데, 이들을 활용하여 수분산성을 가지도록 개질한다.

[0025] 상기 산화흑연은 흑연 분말을 질산, $NaClO_3$, $KClO_3$, $KMnO_4$, 혹은 기타 산화제들을 단독 혹은 조합 사용하여 산화하여 제조하며, 전기화학적 방법으로 산화시켜 제조할 수도 있다. 산화흑연 분말 중 탄소/산소의 수의 비는 1/1 내지 20/1 범위이나 산화정도에 따라 이보다 작거나 큰 값을 가질 수도 있다. 산화흑연 분말은 보통 층간 거리가 7 Å 전후이므로 광각 X-선 회절 분석에서 $2\Theta=13^\circ$ 주위에서 피크를 나타내나, 산화정도와 수분의 흡수정도에 따라 그 값들은 달라질 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명의 일실시예에서 상기 용매는 용매는 아세톤, 물, 에탄올, 메탄올, 이소프로판올, 포름아미드, 디메틸설폭시드, 디메틸포름아미드, 아세트산, 아세토니트릴, 메톡시 에탄올, 테트라하이드로퓨란, 벤젠, 자일렌, 스티렌, 톨루엔, 및 사이클로헥산으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상이나, 바람직하게는 아세톤을 사용할 수 있다.

[0027] 또한, 그래핀에 수분산성을 부여하는 아민화합물은 아민기와 수분산성기를 동시에 가지는 화합물에서 아민기는 수분산성기가 부착된 탄소에 부착되어 있거나 이웃하는 다른 탄소에 부착되어 있을 수 있다. 카르복실산기가 부착되어 있는 아민화합의 구체적인 예를 들면 각종 아미노산류 (알라닌, 시스테인 등), ω-아미노 지방산류 (6-아미노카프로산 등) 등을 예시할 수 있다 (도 1 (a) 참조). 또 술폰산이 부착되어 있는 아민화합물의 구체적인 예로는 2-아미노에탄술폰산 (타우린) 등이 있다 (도 1 (b) 참조).

[0028] 그래핀에 수분산성을 부여하는 분자 내에 아민기는 1 개 이상 있을 수도 있으나 2 개 이상 있는 경우 그래핀들을 가교시킬 수 있으므로 1 개 있는 것이 좋다. 하지만 수분산성을 부여하는 카르복실산, 술폰산 등의 관능기는 2 개 이상 있어도 좋다.

[0029] 개질 반응은 도 1에 나타낸 바와 같이 산화흑연을 환원하여 제조한 그래핀의 표면에 있는 에폭시기와 수분산성을 부여하는 물질에 있는 아민기를 반응시켜 수행한다. 반응 전 혹은 후에 카르복실산 혹은 술폰산기는 일부 혹은 전부를 음이온 형태의 염으로 바꾸어 그래핀이 표면에 부착된 음이온에 의해 수분산성을 가지도록 한다. 그래핀과 수분산성을 부여하는 물질의 반응은 두 물질을 적절한 용매에 분산 혹은 용해시킨 상태에서 교반하면서 수행하거나, 두 물질을 용매에 분산 혹은 용해시킨 후 용매를 휘발시켜 두 물질이 혼합된 고체혼합물을 얻고 이 고체혼합물을 가열하여 수행할 수도 있다.

[0030] 에폭시기와 아민기의 반응은 비교적 용이하게 일어나는 반응이므로 별도의 촉매를 사용하거나 상온 이상으로 가열하지 않아도 반응이 진행되나, 반응 속도를 증가시키기 위해서 촉매를 사용하거나 가열할 수도 있다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에서 그래핀과 아민화합물의 반응 시 그래핀 대비 아민화합물의 양은 1 배 이상 사용하는 것이 좋으며, 바람직하게는 5 배 이상 사용하는 것이 좋으며, 가장 바람직하게는 10 배 이상 사용하는 것이 반응에 효율적이나, 과다한 사용량은 개질 반응의 원가를 증대시켜 경제성을 손상할 수 있다.

[0032] 또한, 본 발명의 일 실시예에서 수분산성 그래핀은 물, 친수성 용매, 친수성 고분자 등에 효과적으로 분산시켜 사용할 수 있으므로 다양하게 응용할 수 있다. 예를들면 수용성 혹은 수분산성을 갖는 고분자 제품과 섞어 전기전도성, 열전도성, 기계적 물성이 향상된 나노복합재료를 제조할 수 있다.

[0033] 이하, 실시예를 들어 본 발명에 대해서 더욱 상세하게 설명할 것이나, 하기의 실시예는 본 발명의 바람직한 실시예일 뿐, 본 발명이 하기 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0034] **<실시예 1>**

[0035] **그래핀의 제조**

[0036] 교반기, 온도계 등이 부착된 500㎖ 반응조에 흑연분말 (팽창흑연, 평균입자크기 280㎛) 10g과 발열질산 200㎖를 투입하여 0℃를 유지하면서 교반하여 섞고, 이어서 염소산칼륨 85g을 2시간에 걸쳐 천천히 투입한 뒤, 상온에서 24시간 동안 교반하면서 흑연을 산화시켰다. 상기 산화된 흑연은 여과하여 거르고, 여액의 pH가 6정도 될 때까지 증류수로 세척하였다. 상기 여과된 산화 흑연은 100℃ 진공에서 2일간 건조하였다. 원소 분석 결과 원자 조성은 $C_{10}O_{3.45}H_{1.58}$이었다.

[0037] 상기 방법으로 제조된 산화흑연을 석영관에 넣고 질소가스를 흘린 후 1100℃의 전기로에 1분간 투입하여, 흑연의 각 층이 얇은 박막 형태로 대부분 박리된 그래핀을 얻었다. 상기 그래핀의 원자 조성은 $C_{10}O_{0.78}H_{0.38}$ 이었으며, 입자 평균 크기는 8.3㎛이었으며, BET 법으로 질소흡착 거동으로부터 측정한 표면적은 428m^2/g이었다. 상기 그

래핀을 PG로 명명하였다.

[0038] **<실시예 2>**

[0039] **카리복실기를 갖는 수분산성 그래핀의 제조**

[0040] 13.1 g (0.1 몰) 6-아미노카프로산과 5.6 g (0.1 몰) 수산화칼륨(KOH)을 20 g의 물에 녹였다. 상기 수용액을 상기 실시예 1을 통해 제조된 그래핀(PG) 0.5 g을 150 mL 아세톤에 분산시킨 액과 30 분간 교반하면서 혼합하고, 추가로 45 분 동안 sonication하여 혼합을 증대시켰다.

[0041] 상기 혼합액을 90 ℃에 2 일간 건조 가열하여 도 1(a)의 반응을 진행하였다. 반응시킨 혼합물을 10 배의 뜨거운 물에 다시 분산한 후 반응한 그래핀을 여과하여 분리하고, 뜨거운 물 그리고 아세톤으로 세척하고 60 ℃ 진공에서 1일 동안 건조하여 6-아미노카프로산칼륨이 반응하여 부착된 수분산성 그래핀 (CG)을 제조하였다.

[0042] **<실시예 3>**

[0043] **술폰산기를 갖는 수분산성 그래핀의 제조**

[0044] 25.03 g (0.1 몰) 2-아미노에탄술폰산과 5.6 g (0.1 몰) KOH를 30 g의 물에 녹인 후 30분간 교반한다. 상기 수용액을 상기 실시예 1을 통해 제조된 그래핀(PG) 0.1 g을 30 mL 아세톤에 분산시켜 30분간 sonication한 액과 1시간 교반하면서 혼합한다.

[0045] 상기 혼합액을 90 ℃에 2 일간 건조 가열하여 도 1(b)의 반응을 진행하였다. 상기 반응시킨 혼합물을 10 배의 뜨거운 물에 다시 분산한 후 반응한 그래핀을 여과하여 분리하고, 뜨거운 물 그리고 아세톤으로 세척하고 65 ℃ 진공에서 1일 동안 건조하여 2-아미노술폰산 칼륨이 반응하여 부착된 수분산성 그래핀 (SG)을 제조하였다.

[0046] **<실험예 1>**

[0047] **개질된 그래핀의 평가분석**

[0048] 표 1에 그래핀들의 원소 조성 (C/H/O/N/S) 결과를 나타내었는데, 실시예 1의 그래핀(PG)은 탄소, 산소, 수소로 구성되어 있는데 반해 실시예 2의 그래핀(CG)은 질소를 포함하며 PG보다 산소, 수소의 함량이 증가함을 볼 수 있다. 이는 그래핀과 6-아미노카프로산칼륨이 반응하였기 때문으로 생각된다. 또한 실시예 3의 그래핀(SG)은 질소뿐만 아니라 황을 포함하고 있는 것을 볼 수 있는데, 이는 2-아미노술폰산 칼륨이 반응하였음을 보여준다.

[0049] 또한, 그래핀들을 XPS로 분석한 원소 조성비를 표 1에 나타내었는데, CG는 O/C 원소비값이 PG보다 크며 질소를 포함함을 알 수 있으며, SG는 질소 뿐만 아니라 황도 포함하고 있음을 볼 수 있다. 이러한 결과는 도 1의 반응들이 효과적으로 진행되었음을 보여준다.

[0050] 또한, 그래핀 2 mg을 열중량분석기에 넣고 질소 분위기에서 10 ℃/min로 승온한 경우 700 ℃에서의 중량 감소를 표 1에 나타내었는데, PG에 비해 CG와 SG의 중량 감소가 큰 것을 볼 수 있다. 이는 내열성이 우수한 그래핀에 600 ℃ 이상에서 쉽게 열분해되는 6-아미노카프로산칼륨 혹은 2-아미노술폰산 칼륨이 CG 혹은 SG에는 부착되어 있기 때문이다.

표 1

[0051] 그래핀의 분석 결과

	원소조성	XPS 분석에 의한 원소 조성비			700℃ 에서의 중량 감소 (%)
		O/C	N/C	S/N	
PG(실시예 1)	$C_{10}O_{0.18}H_{0.38}$	0.0856	-	-	1.8
CG(실시예 2)	$C_{10}O_{1.47}H_{4.45}N_{0.31}$	0.1077	0.0235	-	19.0
SG(실시예 3)	$C_{10}O_{1.35}H_{2.28}N_{0.08}S_{0.05}$	0.1180	0.0106	0.8060	8.2

[0052] **<실험예 2>**

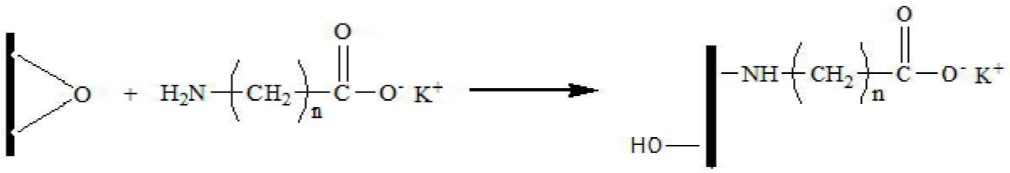
[0053] **물에 분산된 그래핀의 분산 안정성**

[0054] 개질된 그래핀의 분산 안정성을 보기 위해 PG, CG, SG를 물 속에 0.1mg/㎖로 분산하고 45분간 sonication한 후, 상온에서 하루 동안 방치하였다. 그 결과 도2에서 처럼 PG는 하루가 지난 후 거의 대부분 가라 앉는데 비해 CG와 SG는 2개월이 지난 후에도 거의 대부분 물 속에 안정적으로 분산되어 있음을 볼 수 있다. 이 결과로 인해 본 발명의 방법에 따라 개질된 그래핀이 물에 안정적으로 분산되도록 개질하는 방법임을 보여주는 결과이다.

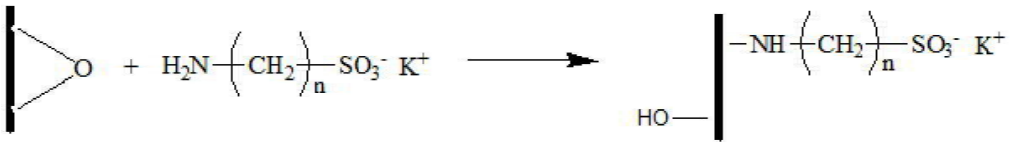
[0055] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특히 청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

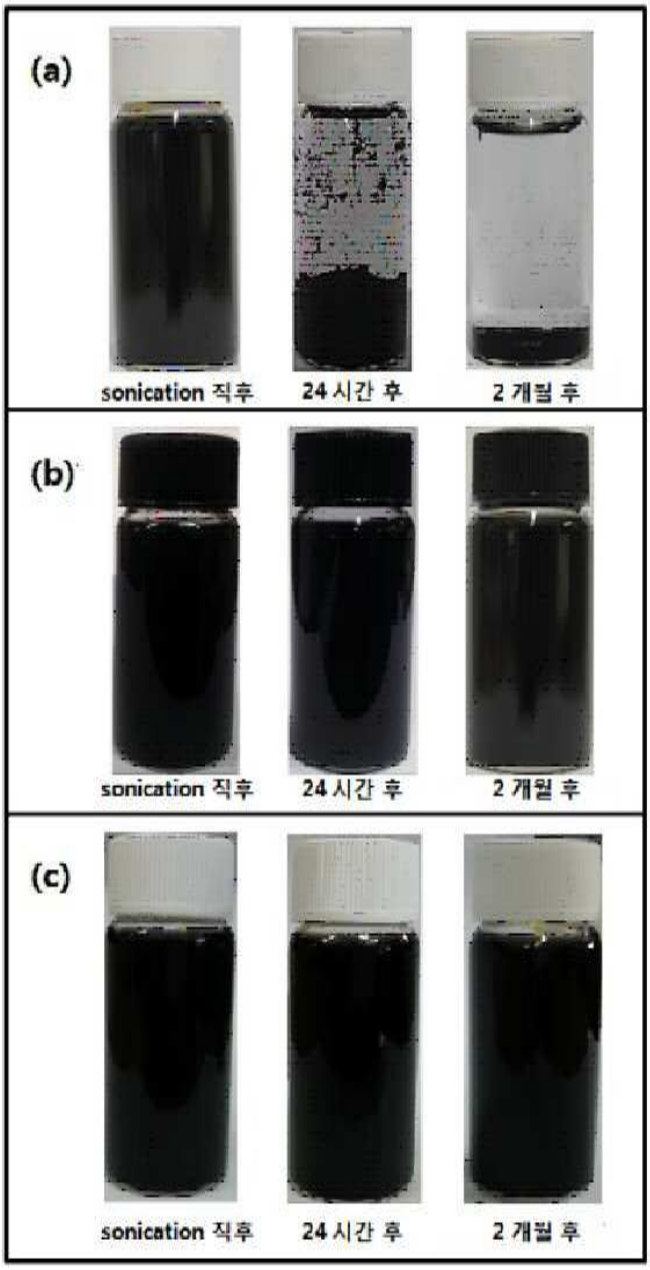
도면1a



도면1b



도면2


(a)
sonication 직후
24 시간 후
2 개월 후
(b)
sonication 직후
24 시간 후
2 개월 후
(c)
sonication 직후
24 시간 후
2 개월 후