

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0126637 (43) 공개일자 2012년11월21일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) C08L 63/00 (2006.01) C08K 3/04 (2006.01) C08K 9/04 (2006.01) C08G 59/18 (2006.01)	(71) 출원인 인하대학교 산학협력단 인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)	
(21) 출원번호 10-2011-0044598	(72) 발명자	
(22) 출원일자 2011년05월12일	박수진	
심사청구일자 2011년05월12일	대전광역시 유성구 대덕대로 617, 로텐하우스 10 2동 301호 (도룡동)	
	허건영	
	경기도 구리시 응달말로40번길 13, 1동 1303호 (인창동, 삼호아파트)	
	(74) 대리인	
	이은철	
전체 청구항 수 : 총 8 항		
(54) 발명의 명칭 열전도성이 우수한 에폭시 조성물		

(57) 요약

본 발명은 열전도성이 우수한 에폭시 조성물에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 (a) 에폭시 수지; (b) 경화제; 및 (c) 무기질 충전체로서 알킬기를 도입한 평균 입자크기 5-100nm를 갖는 탄소나노튜브를 포함함으로써, 우수한 열전도도를 나타내어 반도체의 작동 과정 중에서 발생하는 열을 외부로 신속하게 발산하는 열전도성이 우수한 에폭시 조성물에 관한 것이다.

특허청구의 범위

청구항 1

(a) 에폭시 수지; (b) 경화제; 및 (c) 무기질 충전제로서 알킬기를 도입한 평균 입자크기 5-100nm를 갖는 탄소 나노튜브를 포함하는 열전도성이 우수한 에폭시 조성물.

청구항 2

제 1항에 있어서,

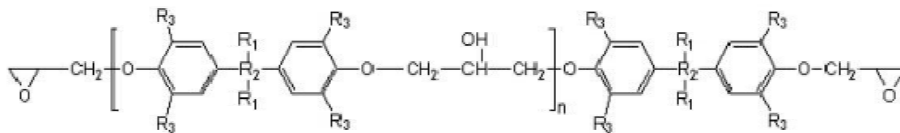
상기 에폭시 수지는 글라이시딜기가 2개 이상인 에폭시 수지인 것을 특징으로 하는 열전도성이 우수한 에폭시 조성물.

청구항 3

제 2항에 있어서,

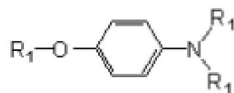
상기 글라이시딜기가 2개 이상인 에폭시 수지는 화학식 1의 비스페놀 A형 에폭시 수지, 비스페놀 F형 에폭시 수지, 비스페놀 S형 에폭시 수지, 화학식 2의 3관능성 에폭시 수지, 화학식 3의 4관능성 에폭시, 화학식 4의 실록산 (siloxane)이 결합된 하이브리드 에폭시 수지 또는 상기 에폭시 수지들의 혼합물인 것을 특징으로 하는 열전도성이 우수한 에폭시 조성물:

[화학식 1]



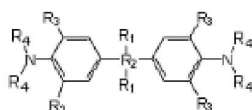
상기 화학식 1에서, R₁은 각각 독립적으로 수소, 메틸 또는 산소이고, R₂는 탄소 또는 황이고, R₃는 수소, 알킬 또는 할로젠이고 n은 0내지 10이고,

[화학식 2]



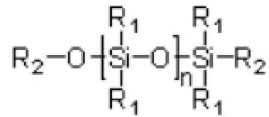
상기 화학식 2에서, R₁은 각각 독립적으로 탄소수 2 내지 12의 탄소수 2 내지 12의 알킬기를 포함하는 에폭사이드기이고,

[화학식 3]



상기 화학식 3에서, R₁은 각각 독립적으로 수소, 메틸 또는 산소이고, R₂는 탄소 또는 황이고, R₃는 수소, 알킬 또는 할로젠이고 R₄는 탄소수 2 내지 12의 알킬기를 포함하는 에폭사이드기이고,

[화학식 4]



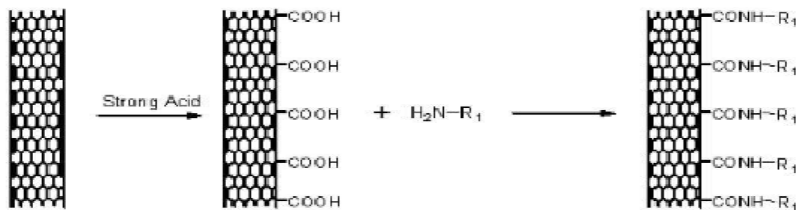
상기 화학식 4에서, R₁은 각각 독립적으로 수소, 메틸이고, R₂는 탄소수 2 내지 12의 탄소수 2 내지 12의 알킬기를 포함하는 에폭사이드기이다

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 무기질 충전제로서 알킬기를 도입한 평균 입자크기 5-100nm를 갖는 탄소나노튜브는 하기 화학식 2의 반응을 통하여 탄소나노튜브 표면에 알킬기를 도입하는 것을 특징으로 하는 열전도성이 우수한 에폭시 조성물.

[화학식 5]



상기 화학식 5에서, R₁은 각각 탄소수 1 내지 12의 탄소수 바람직하게는 2 내지 20의 알킬기를 포함하는 화합물이다

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 무기질 충전제로서 알킬기를 도입한 평균 입자크기 5-100nm를 갖는 탄소나노튜브는 에폭시 수지의 100 중량부를 기준으로 하여, 0.1-100중량부의 양으로 사용되는 것을 특징으로 하는 열전도성이 우수한 에폭시 조성물.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 경화제는 아민계, 이미다졸계, 산무수물계 또는 이의 혼합물인 것을 특징으로 하는 열전도성이 우수한 에폭시 조성물.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 아민계와 이미다졸계 경화제는 에폭시 수지의 100 중량부를 기준으로 0.1-100중량부의 양으로 사용되는 것을 특징으로 하는 열전도성이 우수한 에폭시 조성물.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 열전도성이 우수한 에폭시 조성물은 에폭시 실란 커플링제를 추가적으로 더 포함하는 것을 특징으로 하는 열전도성이 우수한 에폭시 조성물.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 열전도성이 우수한 에폭시 조성물에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 (a) 에폭시 수지; (b) 경화제; 및 (c) 무기질 충전제로서 알킬기를 도입한 평균 입자크기 5-100nm를 갖는 탄소나노튜브를 포함함으로써, 우수한 열전도도를 나타내어 반도체의 작동 과정 중에서 발생하는 열을 외부로 신속하게 발산하는 열전도성이 우수한 에폭시 조성물에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전자소자의 경향이 경박 단소 및 고집적 형태로 진화하면서 열밀도의 증가로 열 방출 문제에 대한 대책이 요구되고 이를 해결할 수 있는 차세대 고방열 전자 패키징 기술이 최신 이슈로 대두되고 있는 추세이다. 초기 방열 재료로는 일반적인 열가소성 고분자가 사용되었으나 열가소성 고분자는 0.2 W/mK 이하의 낮은 열전도도를 가지고 있으며, 이와 같은 고분자는 고유 특성상 열팽창계수 (Coefficient of Thermal Expansion; CTE)와 같은 열안정성이 떨어지기 때문에 열전도도를 높이기 위한 방법으로 무기필러들을 첨가하는 연구가 오래 전부터 진행되어 왔으며, 일반적으로 세라믹 필러들이 널리 사용되어져 왔다. 그러나 기존 세라믹 필러는 고충진이 요구되고 그에 따른 비용 상승과 물성 저하가 발생해 이를 극복할 수 있는 대체 재료의 하나로서 카본재료들이 제시되었고, 탄소재료 중 가장 일반적인 흑연과 카본블랙이 초기에 널리 사용되었다.

[0003] 하지만 흑연과 카본블랙의 경우 기저면에서 탄소의 sp_2 결합은 다른 어떤 결합보다 단단한 결합이지만, 면간 사이의 결합은 매우 약한 결합을 가지고 있기 때문에 그 구조의 불완전성으로 인해 면 방향으로는 우수한 전기전도도와 열전도도를 갖는 반면, 면의 수직 방향으로는 전도 특성이 저하되는 등의 단점을 가지고 있었다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위해 탄소나노튜브 (Carbon Nanotubes)와 같은 sp_2 결합 구조로 이루어진 재료들이 개발되기에 이르렀다.

[0004] 탄소나노튜브는 기존의 열전도도 필러들을 대체할 수 있는 가장 강력한 재료로 여겨져 왔으며, 한 가닥의 탄소나노튜브로 존재할 때의 매우 높은 열전도 성질을 이용하여 열전도성이 우수한 고분자 복합재료를 개발하기 위한 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 한 가닥의 탄소나노튜브가 매우 높은 열전도도를 가지는데 비해 고분자 기재 내에 분산하여 복합재료화 하면 대부분의 경우 탄소나노튜브의 분산력 저하와 엉킴 상태로 인해 혼합법칙에 의한 예상값 보다 훨씬 낮은 열전도도 증가를 야기해 이 엉킴을 줄이기 위한 탄소나노튜브의 기능화와 분산이 해결해야 할 선결 과제로 대두되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명자들은 에폭시 수지 내에서 탄소나노튜브의 상용성을 향상시키고 에폭시 조성물의 열전도도를 개선하기 위하여 노력한 결과, 탄소나노튜브에 여러 가지 알킬 관능기를 도입한 기능화된 탄소나노튜브를 제조하고 이를 포함하는 열전도도가 향상된 에폭시 조성물을 제조하고 본 발명을 완성하였다.

[0006] 따라서, 본 발명의 목적은, 상용성이 우수한 알킬기를 도입한 탄소나노튜브 충전제를 포함하는 열전도성이 우수한 에폭시 조성물을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

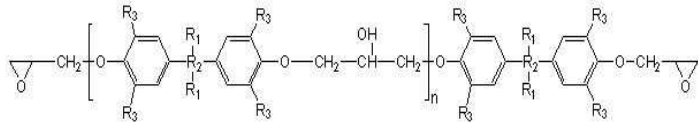
[0007] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 (a) 에폭시 수지; (b) 경화제; 및 (c) 무기질 충전제로서 알킬기를 도입한 평균 입자크기 5-100nm를 갖는 탄소나노튜브를 포함하는 열전도성이 우수한 에폭시 조성물을 제공한다.

[0008] 본 발명의 가장 큰 특징은 알킬기를 도입한 평균 입자크기 5-100nm를 갖는 탄소나노튜브를 이용하는 것이다. 이러한 탄소나노튜브를 무기질 충전제로 이용함으로써, 상용성 향상은 물론 에폭시 조성물에서 요구되는 열전도도

가 개선된다.

[0009] 본 발명에 있어서, 에폭시 수지의 종류는 특별히 한정되지 아니하나, 예를 들면 에폭시 분자단을 포함하는 어떠한 에폭시 화합물도 포함되며, 바람직하게는 글라이시딜기가 2개 이상인 에폭시 수지이며, 상기 에폭시 수지는 화학식 1의 비스페놀 A형 에폭시 수지, 비스페놀 F형 에폭시 수지, 비스페놀 S형 에폭시 수지, 화학식 2의 3관능성 에폭시 수지, 화학식 3의 4관능성 에폭시, 화학식 4의 실록산 (siloxane)이 결합된 하이브리드 에폭시 수지 또는 상기 에폭시 수지들의 혼합물이다:

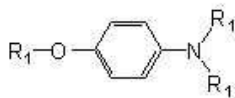
[0010] [화학식 1]



[0011]

[0012] 상기 화학식 1에서, R₁은 각각 독립적으로 수소, 메틸 또는 산소이고, R₂는 탄소 또는 황이고, R₃는 수소, 알킬 또는 할로젠이고 n은 0내지 10이고,

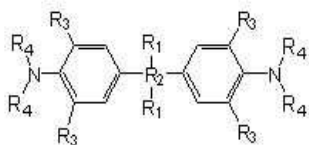
[0013] [화학식 2]



[0014]

[0015] 상기 화학식 2에서, R₁은 각각 독립적으로 탄소수 2 내지 12의 탄소수 2 내지 12의 알킬기를 포함하는 에폭사이드기이고,

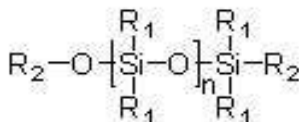
[0016] [화학식 3]



[0017]

[0018] 상기 화학식 3에서, R₁은 각각 독립적으로 수소, 메틸 또는 산소이고, R₂는 탄소 또는 황이고, R₃는 수소, 알킬 또는 할로젠이고 R₄는 탄소수 2 내지 12의 알킬기를 포함하는 에폭사이드기이고,

[0019] [화학식 4]



[0020]

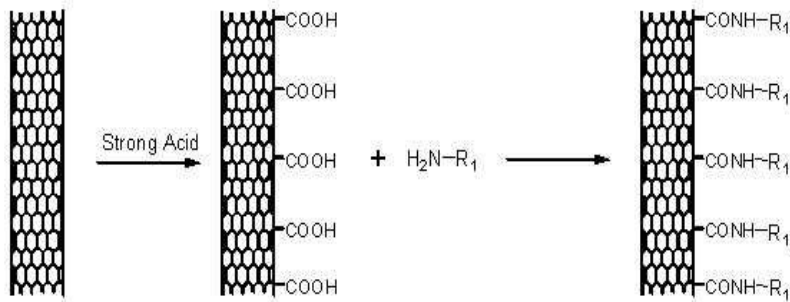
[0021] 상기 화학식 4에서, R₁은 각각 독립적으로 수소, 메틸이고, R₄는 탄소수 2 내지 12의 탄소수 2 내지 12의 알킬기를 포함하는 에폭사이드기이다.

[0022] 또한, 본 발명에 있어서, 관능기 도입 전 탄소나노튜브의 종류는 특별히 한정되지 아니하며, 모든 종류의 단일벽 탄소나노튜브 (single wall carbon nanotube), 모든 종류의 다중벽 탄소나노튜브 (multi wall carbon nanotube) 및 이들의 혼합물 또는 화합물 등을 포함할 수 있다. 또한, 탄소나노튜브의 형태에 있어서도 나선형, 일직선형, 가지모양의 형태 등 에폭시의 특정한 물성을 향상시키는데 요구되는 나노튜브라면 특별히 한정되지 아니한다.

[0023] 또한, 본 발명의 목적인 상용성과 열전도도가 향상된 에폭시 조성물을 달성하기 위하여 상기 언급한 탄소나노튜브

브를 하기 화학식 5의 반응을 통하여 탄소나노튜브 표면에 알킬기를 도입하는 것을 특징으로 하며, 이를 에폭시 수지에 분산시켜 에폭시 조성물을 제공하는 것이 바람직하다.

[0024] [화학식 5]



[0025]

[0026] 상기 화학식 5에서, R₁은 각각 탄소수 1 내지 12의 탄소수 바람직하게는 2 내지 20의 알킬기를 포함하는 화합물이다.

[0027] 또한, 본 발명에 있어서 화학식 5의 반응에 의해 제조된 탄소나노튜브는 에폭시 수지의 100 중량부를 기준으로 하여, 0.1-100중량부, 바람직하게는 0.2-80중량부, 더욱 바람직하게는 0.5-50중량부의 양으로 사용된다.

[0028] 본 발명에서 이용되는 경화제는 특별히 한정되지 아니하며, 에폭시 조성물에서 이용되는 어떠한 경화제도 포함한다.

[0029] 바람직하게는, 본 발명에서 이용되는 경화제는 아민계, 이미다졸계, 산무수물계 또는 이의 혼합물이다.

[0030] 본 발명에서 이용되는 아민계 경화제는 선형아민, 지방족 아민, 변형된 지방족 아민, 방향족 아민, 제2급 아민 및 제3급 아민 등을 포함하며, 예를 들어, 벤질디메틸아민, 트리에탄올아민, 트리에틸렌 테트라민, 디에틸렌트리아민, 트리에틸렌아민, 디메틸아미노에탄올, 트리(디메틸아미노메틸)페놀 등을 포함한다.

[0031] 또한, 이미다졸계 경화제는 이미디졸, 이소이미디졸, 2-메틸 이미디졸, 2-에틸-4-메틸이미디졸, 2,4-디메틸이미디졸, 부틸이미디졸, 2-헵타데센일-4-메틸이미디졸, 2-메틸이미디졸, 2-운데센일이미디졸, 1-비닐-2-메틸이미디졸, 2-n-헵타데실이미디졸, 2-운데실이미디졸, 2-헵타데실이미디졸, 2-페닐이미디졸, 1-벤질-2-메틸이미디졸, 1-프로필-2-메틸이미디졸, 1-시아노에틸-2-메틸이미디졸, 1-시아노에틸-2-에틸-4-메틸이미디졸, 1-시아노에틸-2-운데실이미디졸, 1-시아노에틸-2-페닐이미디졸, 1-구아나미노에틸-2-메틸이미디졸, 이미디졸과 메틸이미디졸의 부가생성물, 이미디졸과 트리멜리트산의 부가생성물, 2-n-헵타데실-4-메틸이미디졸, 페닐이미디졸, 벤질이미디졸, 2-메틸-4,5-디페닐이미디졸, 2,3,5-트리페닐이미디졸, 2-스티릴이미디졸, 1-(도데실 벤질)-2-메틸이미디졸, 2-(2-히드록실-4-t-부틸페닐)-4,5-디페닐이미디졸, 2-(2-메톡시페닐)-4,5-디페닐이미디졸, 2-(3-히드록시페닐)-4,5-디페닐이미디졸, 2-(p-디메틸-아미노페닐)-4,5-디페닐이미디졸, 2-(2-히드록시페닐)-4,5-디페닐이미디졸, 디(4,5-디페닐-2-이미디졸)-벤젠-1,4, 2-나프틸-4,5-디페닐이미디졸, 1-벤질-2-메틸이미디졸 및 2-p-메톡시스티릴이미디졸 등을 포함한다.

[0032] 또한, 산무수물계 경화제에는 프탈릭 무수물, 말레익 무수물, 트리멜리트 무수물, 파이로멜리트 무수물, 헥사하이드로프탈릭 무수물, 테트라하이드로프탈릭 무수물, 메틸나딕 무수물, 나딕 무수물, 또는 메틸헥사하이드로프탈릭 무수물 등을 포함하며 이 산무수물계 경화제는 단독으로 사용되기 보다는 상기 경화제들을 축매로 사용하여 혼합하여 사용되어진다.

[0033] 아민계와 이미다졸계 경화제는 에폭시 수지의 100 중량부를 기준으로 0.1-100중량부, 바람직하게는 1-40중량부, 더욱 바람직하게는 4-30중량부이다. 경화제의 양이 100중량부를 넘을 경우 가사시간이 너무 짧고 반응 중 부산물 등의 영향으로 물성 저하를 보일 수 있으며, 0.1중량부 이하에서는 경화가 완전히 진행되지 않는 문제가 있다.

[0034] 본 발명에 있어서, 접착력 증진 등의 목적으로 경우에 따라 실란 커플링제를 추가적으로 사용할 수 있으며 상기 실란 커플링제에는 N-(2-아미노에틸)-3-아미노프로필메틸디메톡시실란, N-(2-아미노에틸)-3-아미노프로필트리메톡시실란, N-(2-아미노에틸)-3-아미노프로필트리스(2-에틸에톡시)실란, 3-아미노프로필트리메톡시실란, 3-아미노프로필트리메톡시실란, 3-클로로프로필트리메톡시실란, 2-(3,4-에폭시사이클로헥실)에틸트리메톡시실란, (3-글라이시독시프로필)메틸디에톡시실란, 3-글라이시독시프로필트리메톡시실란, N-페닐아미노프로필트리메톡시실

란, 비스[3-(트리스에톡시실릴)프로필]테트라설파이드, 3-머캅토프로필메틸디메톡시실란 또는 3-머캅토프로필트리메톡시실란 등이 있다.

[0035] 상기 실란 커플링제의 함량은 에폭시 수지 100 중량부를 기준으로 하여, 바람직하게는 0-10 중량부이며, 보다 바람직하게는 0.01-10 중량부이다. 실란 커플링제의 양이 10중량부를 넘을 경우는 접착력과 전기적 특성 등의 특성이 저하되는 문제가 있다.

발명의 효과

[0036] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 열전도성이 우수한 에폭시 조성물을 제공한다. 본 발명의 에폭시 조성물은 우수한 열전도도를 나타내어 반도체의 작동 과정 중에서 발생하는 열을 외부로 신속하게 발산할 수 있을 뿐만 아니라, 우수한 흐름성을 나타내어 전자소자의 접착, 밀봉 및 방열 재료로 사용되어 전자소자의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 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.

[0038] 합성예 1.

[0039] 탄소나노튜브에 관능기를 도입하기 위해서 황산과 질산의 부피비 3:1 비율의 혼합물을 사용하여 40℃에서 10시간 동안 교반시키면서 산처리를 실시하였으며 교반 후 반응물을 실온으로 식힌 후 무이온수를 이용하여 pH가 7이 될 때까지 세척과 감압을 반복하였다. 최종 감압 후 산화된 탄소나노튜브는 80℃의 진공오븐에서 24시간 동안 건조하였다.

[0040] 합성예 2.

[0041] 합성예 1에서 제조된 탄소튜브에 12개의 알킬기 도입을 위해 dodecylamine을 5:1 무게비로 에탄올 용매에서 80℃에서 24시간동안 교반 시킨 후 에탄올로 세척하여 잔존물을 제거한 후 최종 생성물을 진공오븐에서 건조하여 사용하였다

[0042] 합성예 3.

[0043] 합성 1에서 제조된 탄소튜브에 18개의 알킬기 도입을 위해 octadecylamine을 5:1 무게비로 에탄올 용매에서 80℃에서 24시간동안 교반 시킨 후 에탄올로 세척하여 잔존물을 제거한 후 최종 생성물을 진공오븐에서 건조하여 사용하였다

[0044] 실시예 1.

[0045] 상기 합성 2의 방법으로 합성된 탄소나노튜브를 함유한 이관능성 에폭시 화합물은 에폭시 화합물 (화학식 1, R₁은 각각 독립적으로 메틸, R₂는 탄소, R₃는 수소) 100중량부, 상기 합성 2의 방법으로 합성된 탄소나노튜브 1중량부, 경화제로서 2-에틸-4-메틸이미디졸 4중량부를 혼합하여 최종적으로 본 발명의 기능화된 탄소나노튜브를 혼합하여 제조된 상용성과 열전도도가 향상된 에폭시 조성물을 제조하였다.

[0046] 실시예 2.

[0047] 상기 합성 3의 방법으로 합성된 탄소나노튜브를 사용하는 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방법으로 상용성과 열전도도가 향상된 에폭시 조성물을 제조하였다.

[0048] 실시예 3.

[0049] 이관능성 에폭시 화합물은 에폭시 화합물 (화학식 1, R₁은 각각 독립적으로 수소, R₂는 탄소, R₃는 수소)을 사용하는 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방법으로 상용성과 열전도도가 향상된 에폭시 조성물을 제조하였다.

[0050] 실시예 4.

[0051] 이관능성 에폭시 화합물은 에폭시 화합물 (화학식 1, R₁은 각각 독립적으로 수소, R₂는 탄소, R₃는 수소)을 사용하는 것을 제외하고는, 실시예 2와 동일한 방법으로 상용성과 열전도도가 향상된 에폭시 조성물을 제조하였다.

[0052] 비교예 1.

[0053] 이관능성 에폭시 화합물은 에폭시 화합물 (화학식 1, R₁은 각각 독립적으로 수소, R₂는 탄소, R₃는 수소) 100중량부, 상기 합성 2의 방법으로 합성된 탄소나노튜브 1중량부, 경화제로서 2-에틸-4-메틸이미디졸 4중량부를 혼합하여 에폭시 조성물을 제조하였다.

[0054] 비교예 2.

[0055] 상기 합성 1의 방법으로 합성된 탄소나노튜브를 사용하는 것을 제외하고는, 실시예 3과 동일한 방법으로 혼합하여 에폭시 조성물을 제조하였다.

표 1

원료	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4	비교예 1	비교예 2
비스페놀 A 에폭시 ¹⁾	100	0	100	0	0	0
비스페놀 F 에폭시 ²⁾	0	100	0	100	100	1000
합성 1의 탄소나노튜브	0	0	0	0	0	1
합성 2의 탄소나노튜브	1	0	1	0	0	0
합성 3의 탄소나노튜브	0	1	0	1	0	0
EI-24C ³⁾	4	4	4	4	4	4

¹⁾(주)국도화학, YD-126; ²⁾(주)국도화학, YDF-170; ³⁾이미다졸 경화제, (주)시코쿠

[0056]

[0057] 실험예 1.

[0058] 상기 실시예 및 비교예에서 제조한 에폭시 조성물의 물성을 하기와 같은 방법으로 측정하였으며, 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다.

[0059] 에폭시 수지는 80℃로 유지되는 진공오븐 속에서 잔류한 유기용제와 수분 등을 1차로 제거한 뒤 사용하였고, 우선 경화제를 제외하고 상기 표1과 같이 배합하여 이를 적당한 온도에서 교반시킨 다음 실온의 진공오븐에서 상온 감압 건조시켜 에폭시내의 잔류 유기용매 및 기포 등을 제거하였다. 이 에폭시 혼합물들에 상기 표1의 함량비로 경화제를 첨가하여 2차 교반 한 후 몰드에 채운 후 대류오븐에서 110℃ (1시간), 140℃ (2시간), 170℃ (1시간)의 경화조건으로 시편을 제조하여 측정에 사용하였다.

[0060] 열전도도는 Laser Flash 방법으로 상온 열전도도를 측정하였으며, 접착력은 Dage 4000의 Die shear Machine을 사용하여 BT Substrate에 칩을 부착하여 측정 (측정 칩은 80 x 80 at RT test)하였다. 또한, 파괴인성 요소 중 하나인 임계응력 세기인자(critical stress intensity factor, K_{IC})는 경화된 시편을 ASTM D 5045-95 1a에 준하여 5개의 SENB (single edge notched bending) 시편으로 준비한 뒤 UTM (united test machine, Lloyd)을 사용하여 측정하였다. 이 때 지지대간 거리와 시편 두께와의 비 (span-to-depth ratio)는 4:1로 고정하였으며,

cross-head speed는 1mm/min로 유지하였고 K_{IC} 값은 평균값을 사용하였다.

표 2

특성	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4	비교예 1	비교예 2
열전도도 (W/mK)	>0.3	>0.3	>0.3	>0.3	<0.3	<0.3
접착력 (kg/f)	>22	>22	>22	>22	<20	<20
파괴인성치 ($MPa \cdot m^{1/2}$)	>5	>5	>5	>5	<3	≤ 5

[0061]

[0062]

상기 표 2에서 볼 수 있듯이, 본 발명의 에폭시 조성물은 열전도도, 접착력 그리고 기계적 물성이 향상되었다. 비교예의 에폭시 조성물은 0.3 mW/K 이하의 열전도성을 나타내었으나, 본 발명 실시예의 에폭시 조성물은 적은 양의 첨가로도 모두 3 mW/K 이상의 개선된 열전도성을 나타내었다. 또한, 본 발명의 에폭시 조성물은 기계적 물성의 척도가 될 수 있는 파괴인성치도 높게 측정되었으며 접착력 또한 우수한 것을 알 수 있다. 따라서 본 발명의 에폭시 조성물은 전자소자용 방열재료로 사용될 수 있는 에폭시 조성물을 제조 할 수 있었다.

[0063]

이상, 본 발명의 내용의 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 의하여 정의된다고 할 것이다.