



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0084835
 (43) 공개일자 2009년08월05일

- (51) Int. Cl.
C08K 7/00 (2006.01) *C08K 3/28* (2006.01)
C08K 3/22 (2006.01) *C08K 3/38* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2009-7008762
 (22) 출원일자 2007년08월17일
 심사청구일자 2009년04월28일
 (85) 번역문제출일자 2009년04월28일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2007/018280
 (87) 국제공개번호 WO 2008/039279
 국제공개일자 2008년04월03일
 (30) 우선권주장
 11/529,181 2006년09월28일 미국(US)

- (71) 출원인
지멘스 에너지, 인코포레이티드
 미국 플로리다주 올랜드 알라파야 트레일 4400 (우: 32826-2399)
- (72) 발명자
스티븐스, 케리
 영국 케이티24 6제이비 웨스트 호르슬레이 실크모어 레인 더 윌로우즈
스미쓰, 제임스, 디., 비.
 미국 15146 펜실베니아 몬로빌 드레이크 드라이브 110
우드, 존, 더블유.
 미국 32708 플로리다 윈터 스프링스 블랙 월넛 코트 1199
- (74) 대리인
남상선

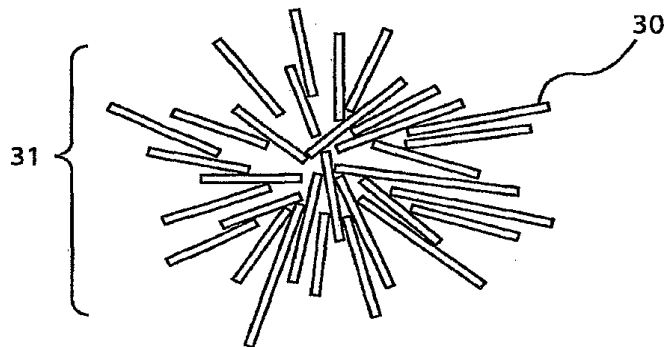
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 전기 절연을 위한 충전제의 형상학적 형태

(57) 요약

본 발명은 호스트 수지 매트릭스와 고열전도성 충전제를 지니는 고열전도성 수지에 관한 것이다. 고열전도성 충전제(30)는 호스트 수지 매트릭스와 연속적인 유기-무기 복합체를 형성한다. 충전제는 그 길이가 1 내지 1000nm 이고, 평균 외관비가 3 내지 100이다. 고열전도성 충전제의 일부 또는 전부는 육방정계, 등축정계, 사방정계, 능면체, 정방정계, 휘스커 및 튜브중 하나 이상으로부터 선택된 형상(31)을 포함한다. 특히, 일부의 충전제는 이차 구조체로 응집된다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

호스트 수지 매트릭스와 고열전도성 충전제를 포함하는 고열전도성 수지로서, 상기 고열전도성 충전제가 상기 호스트 수지 매트릭스와 연속적인 유기-무기 복합체를 형성하고, 상기 고열전도성 충전제가 1 내지 1000nm의 길이를 지니며, 상기 고열전도성 충전제가 3 내지 100의 평균 외관비를 지니며, 상기 고열전도성 충전제의 일부 또는 전부가 육방정계(hexagonal), 등축정계(cubic), 사방정계(orthorhombic), 능면체(rhombohedral), 정방정계(tetragonal), 휘스커(whisker) 및 튜브(tube)로 이루어진 군으로부터 선택된 형상을 포함하는 고열전도성 수지.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 고열전도성 충전제의 일부가 이차 구조체로 응집되어서, 상기 응집체가 화학적 또는 물리적 결합에 의해서 함께 고정되는 고열전도성 수지.

청구항 3

제 2항에 있어서, 이차 구조체들 사이의 상호 연결이 상기 호스트 수지 매트릭스를 통해서 열전도를 발생시키는 고열전도성 수지.

청구항 4

제 2항에 있어서, 상기 이차 구조체가 스택(stack), 회전 타원체(spheroid), 스플레이된 구체(splayed sphere), 시이트(sheet), 수지상 별(dendritic star) 및 진주 목걸이(pearl necklace) 모양 구조체중 하나 이상을 형성하는 고열전도성 수지.

청구항 5

제 2항에 있어서, 50 내지 100중량%까지의 고열전도성 충전제가 이차 구조체를 형성하는 고열전도성 수지.

청구항 6

제 2항에 있어서, 5 내지 50중량%의 상기 고열전도성 충전제가 이차 구조체를 형성하지 않는 고열전도성 수지.

청구항 7

제 2항에 있어서, 이차 구조체를 형성하지 않는 고열전도성 충전제가 이차 구조체를 형성하는 고열전도성 충전제와 상이한 형태의 충전제인 고열전도성 수지.

청구항 8

제 1항에 있어서, 상기 열전도성 충전제가 나노 충전제로 장식되는 충전제를 포함하는 고열전도성 수지.

청구항 9

제 8항에 있어서, 나노 충전제가 전체 나노-장식된 충전제의 5 내지 10중량%인 고열전도성 수지.

청구항 10

제 8항에 있어서, 다중 이차 구조체가 동일한 호스트 수지 매트릭스내에 형성되는 고열전도성 수지.

청구항 11

제 1항에 있어서, 고열전도성 충전제가 육방정계 BN을 포함하는 고열전도성 수지.

청구항 12

제 11항에 있어서, 상기 육방정계 BN이 그 길이가 약 50 내지 200nm인 고열전도성 수지.

청구항 13

제 11항에 있어서, 육방정계 붕소 니트라이드 충전제가 스택으로 응집되는 고열전도성 수지.

청구항 14

제 11항에 있어서, 더 작은 육방정계 BN 충전제가 더 큰 육방정계 BN 충전제를 장식하는 고열전도성 수지.

청구항 15

제 11항에 있어서, 고열전도성 충전제가 로드 모양 충전제를 추가로 포함하는 고열전도성 수지.

청구항 16

제 1항에 있어서, 상기 고열전도성 충전제가 10 내지 50의 평균 외관비를 지니는 고열전도성 수지.

청구항 17

제 1항에 있어서, 반응성 표면 기가 상기 열전도성 충전제에 존재하는 고열전도성 수지.

청구항 18

호스트 수지 네트워크, 호스트 수지 네트워크내에 고르게 분산되고 상기 호스트 수지 네트워크와 기본적으로는 완전히 공동-반응하는 제 1 부류의 무기 고열전도성 충전제, 및 상기 호스트 수지 네트워크에 고르지 않게 분산되며 이차 구조체로 응집되는 제 2 부류의 무기 고열전도성 충전제를 포함하는 연속적인 유기-무기 수지로서, 상기 고열전도성 충전제가 1 내지 1000nm의 길이 및 3 내지 100의 평균 외관비를 지니며, 상기 고열전도성 충전제가 옥사이드, 니트라이드 및 카바이드중 하나 이상으로부터 선택되고, 상기 고열전도성 충전제의 일부 또는 전부가 육방정계, 등축정계, 사방정계, 능면체, 정방정계, 휘스커 및 튜브로 이루어진 군으로부터 선택된 형상을 포함하는, 연속적인 유기-무기 수지.

청구항 19

제 18항에 있어서, 상기 제 2 부류의 충전제가 자체 응집되는 연속적인 유기-무기 수지.

청구항 20

제 18항에 있어서, 상기 제 2 부류의 충전제가 외부 메카니즘에 의해서 일부 또는 전부가 응집되는 연속적인 유기-무기 수지.

청구항 21

제 18항에 있어서, 상기 호스트 수지 네트워크가 마이카 페이퍼(mica paper)내로 함침되는 연속적인 유기-무기 수지.

청구항 22

제 21항에 있어서, 상기 제 2 부류의 충전제가 상기 마이카 페이퍼내의 공극내에 더 큰 농도로 응집되는 연속적인 유기-무기 수지.

청구항 23

제 18항에 있어서, 상기 고열전도성 충전제가 표면 처리되어 상기 수지 네트워크와 기본적으로는 완전한 공동-반응성을 가능하게 하는 표면 작용기가 도입되는 연속적인 유기-무기 수지.

청구항 24

제 18항에 있어서, 상기 연속적인 유기-무기 수지가 최대 60용적%의 상기 고열전도성 충전제를 포함하는 연속적인 유기-무기 수지.

청구항 25

제 18항에 있어서, 상기 제 1 부류의 충전제가 붕소 니트라이드이고, 제 2 부류의 충전제가 알루미늄나인 연속적인 유기-무기 수지.

청구항 26

제 25항에 있어서, 붕소 니트라이드가 상기 연속적인 유기-무기 수지의 15 내지 30중량%이고, 상기 알루미늄이나 상기 연속적인 유기-무기 수지의 1 내지 10중량%인 연속적인 유기-무기 수지.

청구항 27

제 18항에 있어서, 제 2 부류의 충전제 대 제 1 부류의 충전제의 비가 중량비로 3:1 내지 10:1인 연속적인 유기-무기 수지.

명세서

기술분야

- <1> 관련 출원의 참조
- <2> 본 출원은 스미쓰(Smith) 등에 의해서 2005년 6월 14일자 출원된 발명의 명칭이 "수지내로 혼입된 높은 열전도성 재료"인 미국특허출원 제11/152,983호의 일부계속출원이며, 본원에서의 상기 특허출원을 참조로 통합한다.
- <3> 발명의 분야
- <4> 본 발명은, 특정의 형상을 지니는 재료를 포함하는, 정렬된 고열전도성 재료가 혼입된 수지에 관한 것이다.

배경기술

- <5> 어떠한 형태의 전자제품의 사용과 관련하여, 전도체를 전기적으로 절연시키는 것이 요구되고 있다. 계속적으로 크기를 줄이고 모든 전기 및 전자 시스템을 유선형으로 할 것에 대한 압박으로 인해서, 보다 우수하며 보다 콤팩트한 절연체 및 절연 시스템을 추구하는 상응하는 요구가 있다.
- <6> 다양한 에폭시 수지 재료가 전기 절연 시스템에서 광범위하게 사용되고 있는데, 그 이유는 표면에 용이하게 유착될 수 있는 거칠고 유연한 전기 절연 재료인 이들의 실시상의 이점 때문이다. 통상의 전기 절연 재료, 예컨대, 마이카 플레이크(flake) 및 유리섬유는 이들 에폭시 수지에 의해서 표면 코팅되거나 이와 결합하여 기계적 강도, 화학적 내성, 및 전기 절연성이 증가된 복합재료를 생성시킨다. 많은 경우에, 에폭시 수지가 통상의 바니쉬(vernish)를 대체하고 있음에도 불구하고, 그러한 재료가 일부 높은 접압 전기 장치에서 계속 사용되고 있다.
- <7> 양호한 전기 절연체는 이들의 특성에 의해서 또한 양호한 단열체인 경향이 있으며; 이러한 성질은 바람직하지 않다. 단열 성향, 특히 공냉식 전기 장치 및 부품의 경우의 단열 성향은 부품의 효율성 및 내구성 뿐만 아니라 전체로서의 장치의 효율성 및 내구성을 저하시킨다. 최대의 전기 절연 및 최소의 단열 특성을 지니는 전기 절연 시스템을 생산하는 것이 바람직하다.
- <8> 전기 절연체는 종종 그 자체가 다양한 층을 지니는 절연 테이프의 형태이다. 이들 형태의 테이프에 대한 공통 사항은 계면에서 섬유층에 결합되는 페이퍼층이고, 이들 두 층 모두는 폴리머 수지로 함침되는 경향이 있다. 선호되는 형태의 전기 절연 재료는 마이카-테이프(mica-tape)이다. 마이카-테이프에 대한 개선사항은 미국특허 제6,103,882호에 교시된 바와 같은 촉매화된 마이카-테이프를 포함한다. 마이카-테이프는 전도체 둘레에 감겨서 극히 양호한 전기 절연을 제공할 수 있다. 이러한 예가 도 1에 도시되어 있다. 본 도면에서는 베이클라이즈 처리된 코일(bakelized coil)로 조립되는 다수의 전도체(14)의 턴(turn)을 포함한 코일(13)을 예시하고 있다. 턴 절연(15)은 섬유성 재료, 예를 들어, 유리 직물 또는 유리 매트 및 열처리되는 다크론 매트(Dacron mat)로부터 제조된다. 코일을 위한 대지 절연(Ground insulation)은 베이클라이즈 처리된 코일(14)을 하나 이상의 복합 마이카-테이프(16) 층으로 감음으로써 제공된다. 그러한 복합 테이프는, 예를 들어, 유리 섬유 천 또는 폴리에틸렌 글리콜 테레프탈레이트 매트(17)의 유연한 백킹 시트(backing sheet)(18)와 조합된 작은 마이카 플레이크의 페이퍼 또는 펠트(felt)일 수 있으며, 마이카(20)의 층은 액체의 수지성 결합체에 의해서 그에 결합된다. 일반적으로, 다수의 복합 테이프(16) 층은 전압 요건에 따라서 코일에 감긴다. 거친 섬유성 재료, 예를 들어, 유리 섬유의 외부 테이프(21) 감기가 코일에 적용될 수 있다.
- <9> 일반적으로, 마이카 테이프(16)의 다중 층이 코일에 감기는데, 16층 이상의 층이 일반적으로 고전압 코일에 사용된다. 수지가 이어서 테이프 층에 함침된다. 수지는 또한 절연 테이프와는 독립적으로 절연물로서 사용될

수 있다. 불행하게도, 이러한 양의 절연은 열을 분산시키기에 복잡함을 더 추가시킨다.

- <10> 상기된 바와 같이, 일차 절연체는 플레이크 또는 판의 형태인 마이카이며, 이들은 스플리팅(splitting) 또는 페이퍼에 사용된다. 마이카는 감기 및 후속된 절연 과정 동안 양호한 기계적 강도를 지니지만, 마이카의 사용과 연관된 한 가지 주요한 문제는 함침 수지, 예컨대, 에폭시에 대한 마이카 표면의 불량한 습윤화 및 유착이다. 이러한 문제는 수지 경화 동안 미세공극을 형성시키고 고전압 전기 장치의 작동 동안 계면 박리를 발생시킨다. 마이카내의 미세 기공은 마이카 페이퍼내에서 깊기 때문에 그러한 기공은 수지의 습윤화 및 유착에 특히 불량하다.
- <11> 불량한 습윤화 특성 때문에, 함침 수지와 그러한 수지내의 충전제가 마이카의 미세기공 영역에 침투하여 부착되게 하는 것이 어렵다. 함침 수지와 충전제의 이러한 불량한 부착은 열전도성 및 열 이동을 감소시키는 구조내의 공기 갭을 발생시키고, 충전제의 손실을 초래할 수 있어서, 결과적으로는 마이카 절연에서의 열 전도 성질을 저하시킬 수 있다. 또한, 이러한 낮은 부착성은 미세 공극을 형성시키고, 그러한 미세 공극 형성은 절연 구조체 내의 고전압하에 부분적 방전을 유발시켜서, 열등한 전압 내구성을 유발시키고, 그에 의해서 전기장치의 사용수명을 감소시킨다.
- <12> 따라서, 보다 우수한 형태의 충전제 조성물이 요구되고 있다. 종래 기술과 관련한 다른 어려움이 또한 존재하며, 그중 일부는 이하 추가의 기재에 의해서 자명하게 될 것이다.

발명의 상세한 설명

- <13> 발명의 요약
- <14> 상기된 사항을 감안하여, 본 발명에 따른 방법 및 장치는 고열전도성(high thermal conductivity (HTC)) 함침 매체를 통해서 HTC 재료들 사이의 평균 거리를 포논의 자유 경로 평균 길이보다 짧게 하여 포논(phonon)의 수송을 촉진하고 있다. 이러한 구성은 포논 산란을 감소시키고, 열 공급원으로부터의 포논의 순수한 흐름 또는 유동을 더 크게 한다. 수지는 호스트 매트릭스 매체, 예컨대, 다층 절연 테이프에 함침될 수 있다.
- <15> 고열전도성(HTC) 유기-무기 하이브리드 재료는 이산형(discrete) 2-상 유기-무기 복합체, 분자 알로이(alloy)를 기재로 하는 유기-무기 연속상 물질 및 유기-무기 계면이 덴드리머 코어-셸 구조(dendrimer core-shell structure)내에서 비-이산형인 이산형 유기-덴드리머 복합체로부터 형성될 수 있다. 포논 수송을 향상시키고 포논 산란을 감소시키는 연속상 재료 구조체가 형성될 수 있는데, 이러한 구조체는 구조 엘리먼트의 길이 스케일이 열 수송을 담당하는 포논 분포보다 짧거나 이에 상응하게 하고/거나 포논 산란 중심의 수가, 예컨대, 매트릭스의 전체 구조적 배열을 향상시킴으로써 감소되게 함으로써, 및/또는 복합체내에서 산란하는 계면 포논의 효과적인 제거 또는 감소에 의해서 형성될 수 있다. 연속적인 유기-무기 하이브리드는 무기, 유기 또는 유기-무기 하이브리드 나노-입자를 선형 또는 가교된 폴리머(열가소성 물질을 포함) 및 열경화성 수지중에 혼입시킴으로써 형성될 수 있으며, 여기서, 나노-입자 치수는 폴리머 또는 네트워크 단편 길이(전형적으로는 1 내지 50nm 또는 그 초과)정도이거나 그 보다 작게 한다.
- <16> 나노-입자의 이러한 다양한 형태는 반응성 표면을 함유하여 친밀하게 공유 결합된 하이브리드 유기-무기의 균질성 재료를 형성시킬 것이다. 매트릭스 폴리머 또는 반응성 수지와 반응하거나 서로 반응하여 연속적인 재료를 형성할 수 있는 무기-유기 덴드리머에 대해서도 유사한 요건이 존재한다. 이산형 및 비-이산형 유기-무기 하이브리드 둘 모두의 경우에, 졸-겔 화학구성을 이용하여 연속적인 분자 알로이를 형성시키는 것이 가능하다. 생성되는 재료는 통상의 전기 절연 재료보다 더 높은 열전도성을 나타낼 것이며, 이러한 재료가 비반응된 진공-압력 함침 수지로서 사용되고 회전 및 정적 전기 파워 플랜트에서 및 고전압(약 5kV 초과) 및 저전압(약 5kV 미만)의 전기 장치, 부품 및 제품 둘 모두에서 전기 절연 사용을 충족시키기 위해서 독립 재료(stand alone material)로서 사용되는 경우에는 통상의 마이카-유리(mica-glass) 테이프 구성에서 결합 수지로서 사용될 수 있다.
- <17> 또한, HTC 필터는 이들의 일차 구조 및 이들이 이차 구조로 응집하는 과정 둘 모두에서 다양한 형상적 모양을 취할 수 있다. 일차 구조는 육방정계(hexagonal), 등축정계(cubic), 사방정계(orthorhombic), 능면체(rhombohedral), 정방정계(tetragonal), 휘스커(whisker) 및 튜브중 하나 이상일 수 있다. 이러한 사항은 개별적으로 사용되거나 조합될 수 있는 높은 외관비 로드(rod), 회전 타원체, 판형, 원반형 및 직평형 육면체로서 그 자체를 명시하고 있다. 이들 모양이 독립적인 이점이 있지만, 이차 구조가 형성되는 경우에 추가의 이점이 있다. 형성된 이차 응집cp 모양은 하나 이상의 스택(stack), 회전 타원체(spheroid), 스플레이된 구체(splayed sphere), 시이트(sheet), 수지상 별(dendritic star) 및 진주 목걸이 모양일 수 있다. 또한, 크기 분포가 혼

합되는 경우, 이차구조는 더 큰 일차 형상이 더 작은 물질에 의해서 구성되는 경우에 형성될 수 있다.

- <18> 소정의 물리적 성질 및 성능 특성을 지니며 유기 호스트 재료의 존재하의 나노-투-마이크로 크기 무기 충전제의 사용을 기초로 하는 작제된 전기 절연 재료의 형성은 유기 호스트와 친밀한 계면을 형성할 수 있는 입자 표면의 생성을 요한다. 이러한 사항은 충전제의 표면에 화학적 기를 그래프팅(grafting)시켜서 호스트 매트릭스와 화학적 및 물리적으로 양립 가능한 표면을 생성시킴으로써 달성될 수 있거나, 표면이 유기 호스트와 반응하여 입자와 호스트 사이의 공유결합을 형성시키는 화학적 반응성 작용기를 함유할 수 있다. 유기 호스트 재료의 존재하의 나노-투-마이크로 크기 무기 충전제의 사용은 벌크 유전 및 전기 성질 및 열전도성에 추가로 규정된 표면 화학특성을 지니는 입자의 생성을 요한다. 대부분의 무기 재료는 구조적 특성, 예컨대, 모양과 크기 및 성질을 독립적으로 선택하여 상이한 전기 절연 적용에 적합하게 하거나 성질 및 성능의 적절한 균형을 지니는 복합체를 구성시키는 것을 허용하지 않는다. 이는 적절한 벌크 성질 및 모양과 크기 특성을 지니는 입자를 선택하고, 표면 및 계면 성질 및 그 밖의 특성을 변화시켜 전기 절연 적용에 요구되는 복합 성질 및 성능을 추가로 조절함으로써 달성될 수 있다. 이는 입자의 적절한 표면 코팅에 의해서 달성되며, 그러한 표면 코팅은 전기 절연 시스템에서 호스트 재료로서 작용하는 적절한 유기 매트릭스와 반응할 수 있는 반응성 표면을 포함한 금속성 및 비-금속성 무기 옥사이드, 니트라이드, 카바이드 및 혼합된 시스템 및 유기 코팅의 생성을 포함할 수 있다. 비반응된 또는 부분적으로 반응된 형태의 복합체로서 유기 수지와 조합되는 경우의 생성되는 하이브리드 재료는 마이카-유리 테이프 구성에서의 수지로서, 다른 유리 섬유, 탄소 섬유 및 포층형(ply-type) 및 텍스타일 복합체에서의 통상의 마이카 테이프 구성을 위한 비반응된 진공-압력 함침 수지로서, 및 회전 및 정적 전기 파워 플랜트 및 고전압 및 저전압 둘 모두의 전기 장치, 부품 및 제품에서의 전기 절연 적용을 충족시키는 독립 재료로서 사용될 수 있다. 본 발명과 함께 사용될 수 있는 유기-무기 하이브리드 수지는 다면체 올리고머 실세스퀴옥산(polyhedral oligomeric silsesquioxanes (POSS)), 테트라에틸 오르토실리케이트(TOES) 및 테트라부틸 오르토티타네이트(TBOT) 및 유기 작용성화된 무기 화합물인 관련 모노머 및 올리고머 하이브리드 화합물을 포함한다.
- <19> 본 발명에 따른 이들 목적 및 그 밖의 목적, 특징 및 이점은 호스트 수지 매트릭스 및 고열전도성 충전제를 포함하는 고열전도성 수지에 의해서 특정의 구체예로 제공된다. 고열전도성 충전제는 호스트 수지 매트릭스와 연속적인 유기-무기 복합체를 형성하고, 길이가 1 내지 1000nm이고, 3 내지 100, 더욱 특히 10 내지 50의 평균 외관비를 지니지만, 특정 입자의 외관비는 이러한 평균을 벗어날 수 있다. 일부의 고열전도성 충전제는 육방정계, 등축정계, 사방정계, 능면체, 정방정계, 휘스커 및 튜브중 하나 이상으로부터 선택된 형태를 포함한다.
- <20> 특별한 특징으로, 일부의 고열전도성 충전제는 이차 구조로 응집하며, 여기서, 그러한 응집체는 화학적 또는 물리적 결합에 의해서 함께 고정된다. 이차 구조체들 사이의 상호연결은 호스트 수지 매트릭스를 통한 열 전도를 유도한다. 응집 이차 구조는 스택, 회전 타원체, 스플레이된 구체, 시이트, 수지상 별 및 진주 목걸이 모양중 하나 이상을 형성한다. 50 내지 100중량%까지의 고열전도성 충전제가 이차 구조를 형성한다. 또한, 5 내지 50%의 고열전도성 충전제는 이차 구조로 응집하지 않거나 이차구조로의 응집을 제한한다. 이들은 응집체 형성을 가교하는 역할을 할 수 있다. 이차구조를 형성하지 않는 충전제는 이차 구조를 형성하는 HTC 충전제와는 상이한 형태의 충전제이다. 이들은 원반형 대신, 예를 들어, 형태적으로 상이한 로드로서, 붕소 니트라이드 기제가 아니라, 예를 들어, 화학적으로 상이한 알루미늄 기제일 수 있거나, 이들은 공동-반응성이 제한되도록 표면 처리될 수 있다. 또한, 다른 목적, 예컨대, 수지의 양호한 공동-반응성을 위해서, 표면 기가 충전제에 존재할 수 있다. 응집된 충전제가 또한 표면 기를 지녀서 응집을 도울 수 있다.
- <21> 특정의 구체예에서, 고열전도성 충전제는 나노 충전제로 장식된 충전제를 포함한다. 나노 충전제는 전체 나노-꾸며진 충전제의 5 내지 10중량%일 수 있다. 다중 이차 구조가 동일한 호스트 수지 매트릭스내에 형성될 수 있다. 이차 구조의 사용은 점도를 감소시키거나 향상시킬 수 있다. 더 작은 응집체는 특정의 형태, 예컨대, 구체일 것임에 따라서 점도를 감소시킬 수 있다. 높은 팩킹 밀도를 지니는 상이한 형태와의 이중 및 다중-모달(modal) 혼합이 점도를 감소시키고 열전도성을 증가시키는데 도움이 될 수 있다.
- <22> 특정의 구체예에서, 적어도 일부의 HTC 충전제는 길이가 약 50 내지 200nm인 육방정계 BN이다. 육방정계 붕소 니트라이드 충전제는 스택으로 응집될 수 있으며, 더 작은 육방정계 BN 충전제는 더 큰 육방정계 BN 충전제를 장식한다. BN에 대한 상보적 충전제는 로드 모양이다.
- <23> 또 다른 특징으로, 본 발명은 호스트 수지 네트워크, 제 1 부류의 무기 고열전도성 충전제 및 제 2 부류의 무기 고열전도성 충전제를 포함하는 연속적인 유기-무기 수지를 제공한다. 제 1 부류는 호스트 수지 네트워크에 고르게 분산되며 기본적으로는 완전히 호스트 수지 네트워크와 공동-반응하며, 제 2 부류는 호스트 수지 네트워크

에 고르지 않게 분산되고 제 2 구조체내로 응집체를 형성한다. 고열전도성 충전제는 길이가 1 내지 1000nm이고, 평균 외관비가 3 내지 100이며, 옥사이드, 니트라이드 및 카바이드중 하나 이상으로부터 선택된다. 적어도 일부의 고열전도성 충전제는 육방정계, 등축정계, 사방정계, 능면체, 정방정계, 휘스커 및 튜브중 하나 이상으로부터 선택된 형태를 포함한다. 특정의 경우에, 제 1 부류의 충전제 대 제 2 부류의 충전제의 비는 중량비로 3:1 내지 10:1이다. 제 2 부류의 충전제는 일부의 경우 자체 응집될 수 있거나 외부 메카니즘에 의해서 적어도 부분적으로 응집될 수 있다.

- <24> 일부 구체예에서, 호스트 수지 네트워크는 마이카 페이퍼 내로 함침된다. 그러한 경우에, 제 2 부류 충전제는 마이카 페이퍼중의 공극내에서 더 큰 농도로 응집된다. 다른 구체예에서, 고열전도성 충전제는 표면 처리되어 호스트 수지 네트워크와의 기본적으로는 완전한 공동-반응성을 가능하게 하는 표면 작용기가 도입된다. 특정의 구체예에서, 연속적인 유기-무기 수지는 최대 60부피%의 고열전도성 충전제를 포함한다.
- <25> 한 가지 예로, 제 1 부류의 충전제는 붕소 니트라이드이며 제 2 부류의 충전제는 알루미늄이다. 특히 양호한 예는 전체 유기-무기 수지 조성물의 15 내지 30중량%의 붕소 니트라이드 및 3.5 내지 10중량%의 알루미늄을 포함한다.
- <26> 본 발명의 다른 구체예가 또한 존재하며, 이는 이하 추가의 상세한 설명의 기재에 의해서 자명하게 될 것이다.
- <27> 도면의 간단한 설명
- <28> 본 발명은 첨부된 도면을 참조로 예를 들어서 보다 상세히 설명되고 있다.
- <29> 도 1은 스테이터 코일(stator coil) 둘레를 감고있는 절연 테이프의 사용을 도시하고 있다.
- <30> 도 2는 본 발명의 한 가지 구체예에 따른 스플레이된 구체 모양을 예시하고 있다.
- <31> 도 3은 본 발명의 한 가지 구체예에 따른 진주 목걸이형 이차 구조를 예시하고 있다.
- <32> 도 4는 본 발명의 한 가지 구체예에 따른 나노-장식된 메조-입자를 예시하고 있다.
- <33> 도 5는 본 발명의 로딩된 수지를 통해서 이동하는 포논을 예시하고 있다.
- <34> 도 6은 스테이터 코일을 통한 열 흐름을 예시하고 있다.
- <35> 발명의 상세한 설명
- <36> 고열전도성(HTC) 복합체는 2 상 유기-무기 하이브리드 재료인 충전제와 조합된 수지성 호스트 네트워크를 포함한다. 유기-무기 하이브리드 물질은 2 상 유기-무기 복합체, 분자 알로이를 기체로 하는 유기-무기 연속상 물질 및 유기-무기 계면이 텐드리머 코어-셸 구조와 비-이산형인 이산형 유기-텐드리머 복합체로부터 형성된다. 구조 엘리먼트의 길이 규모를 열 수송에 중요한 역할을 하는 포논 분포보다 짧게 하거나 그에 상응하게 함으로써, 포논 수송이 향상되고 포논 산란이 감소된다.
- <37> 2 상 유기-무기 하이브리드는 선형 또는 가교된 폴리머 (열가소성 물질)와 열경화성 수지중에 무기 마이크로, 메조, 또는 나노-입자를 혼입시킴으로써 형성될 수 있다. 호스트 네트워크는 폴리머 및 다른 형태의 수지를 포함하며, 이들의 정의는 이하 기재된다. 일반적으로, 호스트 네트워크로 작용하는 수지는 입자와 양립 가능한 어떠한 수지이며, 요구되는 경우, 충전제의 표면에 도입된 기와 반응할 수 있다. 나노-입자 치수는 전형적으로는 폴리머 네트워크 단편 길이 정도이거나 그 보다 짧다. 예를 들어, 1 내지 30nm이다. 무기 입자는 공유 결합된 하이브리드 유기-무기 균일 재료를 형성시키는 반응성 표면을 함유한다. 입자는 옥사이드, 니트라이드, 카바이드, 및 옥사이드, 니트라이드 및 카바이드의 하이브리드 화학양론적 및 비-화학양론적 혼합물일 수 있으며, 이들의 더 많은 예가 이하 기재된다.
- <38> 무기 입자는 호스트 네트워크와의 반응에 관여할 수 있는 다양한 표면 작용기를 도입하기 위해서 표면 처리된다. 표면 작용기는, 이로 한정되는 것은 아니지만, 히드록실기, 카르복실기, 아민기, 에폭시드기, 실란기 및 비닐기를 포함한다. 이러한 기들은 습식 화학 방법, 비-평형 플라즈마 방법, 화학적 기상 및 물리적 기상 증착법, 스퍼터 이온 플래팅(sputter ion plating) 및 전자 및 이온 빔 증발 방법을 이용함으로써 적용될 수 있다.
- <39> 이산형 유기-텐드리머 복합체는 수지 매트릭스와 반응하거나 함께 반응하여 단일의 재료를 형성시킬 수 있다. 텐드리머의 표면은 상기된 것들과 유사한 반응성 기를 함유할 수 있으며, 이들 기는 텐드리머-텐드리머 또는 텐드리머-유기 매트릭스 반응중 하나가 발생되게 할 것이다. 텐드리머는 무기 코어(inorganic core) 및 반응기를

함유하는 유기 셸(organic shell)을 지닐 것이다. 또한, 통상의 졸-겔 화학에서 관련되는 것과 유사한 무기 반응에 관여할 수 있는 히드록실 또는 실란기와 같은 반응기를 함유하는 무기 셸과 함께 유기 코어를 지니는 것이 가능할 수 있다.

- <40> 비-이산형 유기-무기 하이브리드의 사용과 관련하여, 졸-겔 화학특정을 이용하여 연속적인 분자 알로이를 형성시키는 것이 가능하다. 졸-겔 화학 관련 수성 및 비-수성 반응이 이용될 수 있다. 유기-무기 하이브리드의 형성을 위한 다른 화합물은 다면체 올리고머 실세스퀴옥산(POSS), 테트라에틸 오르토실리ケート(TOES) 및 테트라부틸 오르토티타네이트(TBOT) 및 유기 작용성화된 무기 화합물인 관련 모노머 및 올리고머 하이브리드 화합물을 포함한다. POSS의 예에서, R기가 다른 유기 화합물 및 호스트 네트워크와 양립 가능하고/거나 이와 반응하도록 선택되는 R-SiO_{1.5}의 빌딩 블록 둘레에 분자가 형성된다. 기초 화합물들이 조합되어 폴리머 단편 및 코일 구조의 크기에 상응하는 큰 분자를 생성시킬 수 있다. POSS는 유기-무기 하이브리드를 생성시키는데 사용될 수 있으며, 기존의 폴리머 및 네트워크내로 그래프팅되어 열전도성을 포함한 성질을 조절할 수 있다. 재료는 공급자, 예컨대, Aldrich™ Chemical Co., Hybrid Plastics™ Inc. 및 Gelest™ Inc.로부터 얻을 수 있다.
- <41> 상기된 바와 같이, 재료의 구조적 형태를 조절하여 포논 산란을 감소시키는 것이 중요하다. 이는 추가로 나노-입자를 사용함으로써 보조될 수 있는데, 그러한 나노-입자의 매트릭스는 고열전도성을 나타내며, 입자의 크기 및 수지와의 그 계면 특성이 그러한 효과를 지속시키고 또한 길이 규모 요건을 충족시켜서 포논 산란을 감소시키기에 충분하게 하는 것으로 공지되어 있다. 짧은 범위 주기성과 더 긴 범위 주기성 둘 모두를 지니는 반응된 덴드리머 격자 및 호스트 수지, 예컨대, 액정 에폭시 및 폴리부타디엔으로부터 형성될 수 있는 사다리형 또는 배열된 네트워크 구조를 포함한 보다 고도로 배열되는 구조를 선택하면 상기 사항에 도움이 될 것이다.
- <42> 한 가지 특징으로, 본 발명은 충전된 수지를 제공하는데, 그러한 충전된 수지에서 충전제는 고열전도성 입자이며, 그러한 입자중 적어도 일부는 특정의 형상을 지닌다. 높은 외관비를 지니는 입자는 감소된 포논 산란을 통해서 길이를 따라서 열을 전도하는 경향이 있다. 그러나, 열전도를 포함한 물리적인 성질은 입자의 특정 모양 또는 특정 모양의 조합에 의해서 증가할 수 있다. 이들 모양은 사용된 개별적인 입자의 수준 또는 양에 영향을 줄 수 있거나, 이들은 특정의 모양이 응집 이차 구조를 형성하는 경향이 있는 성질 때문에 영향을 줄 수 있다. 일부의 경우에, 입자의 모양은 그 개별적인 모양 및 응집 구조체 둘 모두를 통해서 물리적인 성질을 향상시킨다.
- <43> 입자들의 개별적인 모양은 발명의 명칭이 "수지내에 정렬된 고열전도성 재료(High Thermal Conductivity Materials Aligned Within Resins)"인 스미쓰 등의 미국특허출원 제11/152,985호에 기재된 높은 외관비의 로드, 회전 타원체, 판, 원반 및 직평행 육면체 모양일 수 있으며, 본원에서는 상기 출원을 참조로 통합한다. 또한, 개별적인 입자의 구조는 다음과 같은 구조로부터 선택될 수 있다: 육방정계, 등축정계, 사방정계, 능면체, 정방정계, 휘스커 및 튜브. 이러한 독특한 형태를 지니는 HTC 충전제의 양은 사용된 전체 HTC 충전제의 양에 이를 수 있다. 또한, 형태의 혼합이 이용될 수 있으며, 이는 상호 결합을 보조할 것이며 편재된 구조를 부여할 것이다.
- <44> 형상적 형태의 조합 수는 다양할 수 있지만, 로드(rod) 및/또는 구형과 조합된 육방정계 판 형상이 상보적인 것으로 밝혀졌다. 혼합된 형상은 또한 일정한 크기 분포를 지니서, 예를 들어, 육방정계 모양이 마이크로, 메조, 및 나노 범위로 표현될 수 있다.
- <45> 형상을 취급하는데 있어서, 연결성/응집성과 점도 사이의 균형이 있어야 한다. 일반적으로 말해서, 높은 연결성 및 낮은 점도, 예컨대, 30 내지 50 센티포이즈의 점도를 지니는 것이 바람직하다. 그러한 점도는 입자가 이차 구조체로 응집되는 경우에 주로 증가한다.
- <46> 입자가 함께하는 경우에, 이들중 일정량이 이차 구조로 응집될 것이다. 형태의 무작위 선택은 스택, 회전 타원체, 스플레이된 구체, 시이트, 수지상 별 및 진주 목걸이 모양을 포함한 일정한 범위의 초구조적 형태 또는 이차 구조를 생성시킬 것이다. 특정한 이차 모양, 예컨대, 스택, 시이트 및 수지상 별 모양은 우선적으로 특정의 기본 형상을 이용함으로써 조작될 수 있다. 예를 들어, 스택은 원반 모양을 사용함으로써 형성될 수 있으며, 시이트는 평행 판을 사용함으로써 형성될 수 있고, 수지상 별은 로드/휘스커/튜브를 사용함으로써 형성될 수 있다. 회전 타원형 응집체는 어떠한 작은 입자들로부터 형성될 수 있지만, 주로 나노 및 메조 판으로부터 형성될 것이다. 분리되는 스플레이된 구체는, 예컨대, 다중 스택으로부터의 형성된 회전 타원체로서 시작되며, 분리에 의해서 유발된 갭은 다른 HTC 충전제로 충전된다.
- <47> 이차 구조는 분산된 입자보다 상당히 더 큰 비율로 그 자체를 통해서 열을 전도할 것이다. 또한, 이차 구조는

접도를 증가시킬 수 있으며, 열적 링크(thermal link)를 비응집체에 연결시킬 수 있고, 또한 유전 장벽을 형성시킬 수 있다. 특정의 이차 구조체, 예컨대, 스택이 비-평면 팩킹에 유용하다. 입자 충전체가 측면 전단에 주어지기 때문에, 특정의 전단 수준을 견딜 수 있는 이차 형상이 생성될 수 있으며; 예를 들어, 평행 관 적층이 엔드-투-엔드 팩킹(end-to-end packing) 보다 높은 전단 강도를 지닐 것이다. 평행 적층을 위한 표면 접촉도를 보면, 그러한 평행 적층은 이차 구조체의 열전도도를 향상시킨다.

- <48> 이차 구조체의 특정의 부류는 장식된 일차 구조이다. 이는 더 큰 규모의 일차 형상이 더 작은 규모의 유사한 또는 상이한 형상으로 장식되는 경우이다. 예를 들어, 육방정계 마이크로 또는 메조 크기 입자는 그 위에 위치된 수십 또는 수백의 나노 크기 헥사곤(hexagon), 로드(rod) 및/또는 회전 타원체를 지닐 수 있다.
- <49> 일부 이차 구조체는 다른 이차 구조체와 상호작용하여 삼차 구조체를 형성시킬 것이며, 이들의 예는 논의된 진주 목걸이 모양이고, 이는 회전 타원체의 줄 모양 집합체이다. 비응집 충전체가 이차 구조체를 보충하는 경우에 의사(pseudo) 삼차 구조체의 형태가 또한 형성될 수 있다. 예를 들어, 진주 목걸이류의 형태인 것과는 아주 거리가 먼 일련의 응집 회전 타원체가 로드 모양 충전체의 분산에 의해서 연결될 수 있다. 평행 스택의 경우에, 스택에 수직으로 큰 로드 모양 충전체를 지녀서 추가의 상호연결을 형성시키는 것이 유익할 수 있다.
- <50> 도 2 내지 도 4는 논의된 다양한 이차 구조체(31)를 예시하고 있다. 도 2를 참조하면, 본 도면에서 로드로서 나타내고 있지만 원반체일 수 있는 충전체 재료(30)는 스플레이된 구체를 형성한다. 일부의 경우, 스플레이된 구체(30)를 형성하는 입자 보다 일반적으로 작은 추가의 입자가 스플레이된 구체내의 공간에 충전되어 더 조밀한 이차 구조체를 생성시킬 것이다. 도 3에서, 이차 구조체(31)는 로드 모양 충전체의 링크로 구성되는 진주 목걸이 형태의 구조체이다.
- <51> 도 4는 나노 장식(35)된 메조 충전체(33)의 한 가지 예를 예시하고 있다. 본 도면에서, 메조 구조는 메조 육방정계 BN 입자가 나타내는 방법과 유사하게 육방정계 모양의 충전체이다. 나노 장식(35)은 메조 구조체와 유사한 형상이거나 그들 자신의 형태일 수 있다. 장식은 또한 이웃하는 메조 충전체를 가교(37)하는 역할을 할 수 있다.
- <52> 특정의 형상을 형성시키는데 유용한 특정의 타입의 충전체는 붕소 니트라이드이다. 붕소 니트라이드는 수 개의 상이한 결정학적 및 형상학적 형태로 존재하며, 그러한 형태는 다양한 범위로 조절될 수 있다. 입자의 모양은 결정형이 기초적인 단위 세포 구조를 반영하도록 하는 기초적인 결정학에 직접 연관되어 있다. 단위 세포 구조는 본 기술 분야에 공지된 바와 같은 열역학적 제한요인(thermodynamic constraint)으로부터 발생된다. 단일 결정 입자 형상은 일반적으로 대응하는 결정과 직접적으로 관련되어 있으며; 다른 형태도 가능하다. 본발명에 의해서 고려되는 형태는 육방정계 및 등축정계를 포함하며, 이는 높은 온도 화학적 과정에 의해서 생성된다. 낮은 온도 화학적 과정에 의해서 제조될 수 있는 다른 형태는 사방정계, 능면체 및 정방정계를 포함한다. 또한, 붕소 니트라이드의 휘스커, 즉, 극히 미세한 필라멘트형 결정형이 또한 시판용으로 생산되고 있다. 붕소 니트라이드 나노 튜브가 또한 더 큰 크기의 입자로부터 충격식 볼 밀링 기계적 과정(impact ball milling mechanical process)에 의해서 생산되고 있다. 추가로, 특별한 처리에 의해서, 붕소 니트라이드 메조 또는 마이크로 입자는 전형적으로는 10 내지 20 마이크로미터 범위의 구체 직경을 지니는 회전 타원체 형태로 응집되도록 제조될 수 있다.
- <53> BN의 바람직한 크기 범위는 형상학적 형태 뿐만 아니라 요구되는 어떠한 이차 구조에 의존한다. 50 내지 200nm 길이 범위의 육방정계 및 등축정계 BN은 호스트 수지 매트릭스 및 많은 다공성 매체를 완전히 투과할 것이지만, 100nm 내지 수백 마이크로미터의 육방정계는 더 용이하게 함께 적층되어서, 이차 스택 구조를 형성할 것이다. 이들 이차 구조는 더 큰 범위의 BN 입자 및 더 큰 농도의 BN을 사용함으로써 바람직하게 될 수 있다. 육방정계 BN은 양호한 전단 모듈을 지니며, 이러한 전단 모듈은 용이성을 설명하며, 그러한 용이성에 의해서 평면에서의 스트레스에 순응할 것이다. 이것은 또한 연성이며, 그러한 연성은 낮은 압축 및 전단 모듈 값을 반영하고 있다. 이것은 본래 원반형이며, 양호한 열전도성과 함께 강한 유전 방벽 성질을 지닌다.
- <54> 붕소 니트라이드는 또한 다른 물질, 예컨대, 알루미늄과 조합될 수 있다. 알루미늄에 대한 BN의 비율은 다양할 수 있지만, 최적으로는 약 50중량%이다. 이러한 혼합 형태는 장식된 판을 형성할 수 있다.
- <55> 상이한 형상적 형태는 BN에 상이한 물리적인 성질을 부여할 수 있지만, 입자는 일반적으로 양호한 전기적 및 열적 특성, 즉, 매우 높은 유전 강도 및 매우 높은 열전도성을 보유할 것이다. 이러한 성질이 입자를, 모든 그 형태에서, 전기 및 그 관련 제품에서의 사용을 위한 절연 물질의 제조에 유용하게 한다. BN의 현재 공지된 모든 결정학적 형태는 양호한 전기적 및 유전적 특성을 지닐 것이다.

- <56> BN 물질을 포함하는 복합 재료의 열전도성은 예를 들어 외부 전기장에서의 이들 입자의 배향에 의해서 현저하게 상승될 수 있다. 그러한 전기장에서, 입자 정렬 및 응집 구조가 최종 성질에 영향을 줄 것이며, 예를 들어, 연장된 진주 목걸이와 수지상 형태는 이들이 밀집된 번들(bundle) 또는 로드-연장된 구조체를 형성하는 경우에 높고 낮은 외관비 입자 둘 모두로부터 생성될 수 있다.
- <57> 테이프 또는 다공성 매체와 관련하여, 이차 구조를 형성할 입자가 공극 부위에 집합되게 하는 것이 바람직하다. 마이카 테이프와 같은 다공성 매체를 취급하는데 있어서, 이들 영역에 이차 구조체가 형성되게 하는 것이 바람직하다. 이차 구조체는 공극 영역에서 충분한 농도의 나노 충전제와 자체 결합되는 경향이 있다. 이는 발명의 명칭이 "로딩된 HTC 재료를 함유하는 복합 절연 테이프(Composite Insulation Tape with Loaded HTC Materials)"인 스미쓰 등의 미국특허출원 제11/396,990호에 기재된 바와 같이 백 코팅에서의 또는 마이카 페이퍼에서의 프리-씨딩(pre-seeding)에 의해서 수행될 수 있으며, 본원에서는 상기 특허출원을 참조로 통합한다. 공극 영역에 집합되는 경향이 있는 입자 및 입자 클러스터는 나노 내지 메조 규모 범위인 경향이 있다.
- <58> 충전된 수지는 다양한 산업, 예컨대, 회로 기판 및 절연 테이프에서 결합 수지로서 사용될 수 있다. 특정한 종류의 절연 테이프는 발전기 분야에서 사용되는 마이카-유리 테이프이다. 이러한 형태의 테이프와 함께 사용되는 수지는 결합체로서 또는 본 기술분야에 공지된 바와 같은 함침 수지로서 사용될 수 있다. 충전된 수지는 또한 테이프 없이 발전기 분야에 사용되어 회전 및 정적 전기 장치 부품에서의 전기 절연 적용을 충족시킬 수 있다.
- <59> 테이프는 전기적 대상에 적용되기 전에 또는 그 후에 수지로 함침될 수 있다. 수지 함침 기술은 이하 더 상세히 기재되고 있는 VPI 및 GVPI를 포함한다. VPI에서, 테이프가 감기고 함침되면, 테이프는 가압된다. 가압된 테이프내의 수지가 정위되면, 수지는 경화되어, HTC 재료의 위치가 효과적으로 고정된다. 일부 구체예에서, 수지는 본 기술분야의 전문가에게는 자명한 2 단계 공정으로 경화된다. 그러나, 로딩된 HTC 재료의 최적의 압축이 압축 단계 동안 완전히 비경화된 수지에 좋다.
- <60> 도 5는 본 발명의 한 가지 구체예를 나타낸다. 본원에서는 수지성 매트릭스(32)내로 로딩된 HTC 재료(30)가 예시되어 있다. 매트릭스를 통해서 이동하는 포논(34)은 평균 경로 길이 n 을 지니며, 이는 포논 평균 자유 경로이다. 이러한 경로 길이는 수지 매트릭스의 정확한 조성에 따라서 다양할 수 있지만, 수지, 예컨대, 에폭시 수지의 경우에 일반적으로는 2 내지 100nm, 더욱 전형적으로는 5 내지 50nm이다. 따라서, 로딩된 HTC 재료들 사이의 평균 거리는 이러한 거리보다 평균적으로 더 짧아야 한다. HTC 재료들 사이의 거리는 테이프의 두께 대 횡 방향에서 다를 수 있으며, 이는 일반적으로는 두께 방향이고, 공간은 최적화되어야 한다는 것을 주지해야 한다.
- <61> 포논(34)이 수지(32)를 통해서 이동하기 때문에, 이들은 함침된 HTC 재료(30)를 따라 통과하는 경향이 있다. 이는 국지적 포논 플럭스를 증가시키며, 그 이유는 열전도성이 약 0.1 내지 0.5W/mK인 수지에 반해서 원료 HTC 재료는 10 내지 1000W/mK의 열전도성을 지니기 때문이다. 포논이 로딩된 HTC 재료를 따라 통과함에 따라서, 재료들 사이의 거리가 n 미만인 경우 포논(36)은 다음 HTC 재료로 통과되어서, HTC 재료가 상호 연결 네트워크를 형성한다. 도 5는 이상화된(idealized) 경로를 예시하고 있다. 실행의 경우에, 포논이 수지와 HTC 재료 사이를 통과함에 따라서 포논 산란이 존재하지만, 재료들 사이의 거리가 더 짧으면 짧을수록 및 HTC 재료와 수지 사이의 포논 전파 특성의 매치(match)가 더 우수하면 우수할수록 산란은 더 감소한다.
- <62> 수지에 로딩된 HTC 재료의 양은 도 5에 예시된 바와 같이 실질적으로 아주 적으며, 예를 들어, 약 10%일 수 있다. 따라서, 로딩된 HTC 재료들 사이의 평균 거리 또는 길이 규모는 n 보다 약간 클 수 있다. 그러나, 대부분은 n 보다 작을 것이며, 그에 의해서 본 발명의 구체예내에 있다. 특정의 구체예에서, 이웃한 HTC 재료로부터의 거리가 n 보다 작은 입자 비율은 50%초과이며, 특정의 구체예에서는 75% 초과이다. 특정의 구체예에서, HTC 재료의 평균 길이는 n 보다 크며, 이는 포논 수송을 추가로 보조한다.
- <63> n 이 짧으면 짧을수록 로딩된 HTC 재료의 농도는 더 높고, 역으로 입자 크기가 크면 클수록 요구되는 HTC 재료는 더 적다. 특정의 구체예는 수지 및 충전제 전체 용적의 5 내지 60%의 로딩된 HTC 재료를 사용하며, 더욱 특별한 구체예에서는 25 내지 40%를 사용한다. 수지가 테이프에 함침되는 경우, 이는 테이프 섬유와 기판 사이의 공간을 충전할 것이다. 그러나, 이러한 점에서의 테이프내의 HTC 분배는 종종 최적화되지 않으며, n 보다 큰 HTC 재료들 사이의 평균 거리를 지닐 수 있다. 본 발명의 실시는 수지 함침된 테이프를 압축하며 로딩된 HTC 재료들 사이의 거리를 감소시킨다.
- <64> 단일 HTC 충전제 재료는 이러한 방식으로 사용되어 호스트 매트릭스를 통한 열 경로를 독립적으로 연결시킬 뿐

만 아니라 응집된 이차 구조체를 연결시킬 수 있다. 응집된 이차 구조체는 고열전도성을 지니지만, 이들은 응집체를 형성하기 때문에, 응집체를 형성하는 재료가 종종 입자들 사이에서 현저하게 감소된 농도로 존재할 것이다. 응집체 그 자체는 종종 n 보다 큰 거리로 떨어져 있다. 비-응집된 충전제, 또는 제한적으로 응집된 충전제(예컨대, 1 내지 5중량%)를 산재시킴으로써, 이들은 응집된 이차 구조체들 사이의 매트릭스를 가교하는 역할을 할 수 있다. 제한된 응집체는 메조 및 나노 규모일 수 있는 아주 작은 응집체이다. 응집된 충전제 대 비응집체의 중량비는 3:1 내지 10:1로 높을 것이다.

<65> 로딩된 수지가 테이프내로 함침되는 경우, 테이프의 섬유 또는 입자는 HTC 재료의 일부를 차단하는 역할을 하며, 특히 수지가 30% 또는 그 초과인 충전제인 경우에 그러하다. 그러나, 테이프를 압축함으로써, 그 반대 상황이 발생되며, HTC 재료가 그 자체를 전체 구조체의 비-이동 부분에 결합됨에 따라서, 더 많은 충전제가 테이프내로 포집된다. HTC 충전제는 서로 핀 고정된다. 주어진 구체예에서, 이러한 사항은 충전제가 수지 매트릭스와 반응하지 않지만, 일부 구체예에서, 충전제가 수지와 공유결합을 형성하며 더 균일한 매트릭스를 형성함을 의미한다. 균일한 매트릭스에서, 충전제에 결합되는 수지 분자는 압축 동안의 비결합된 수지 분자보다 더 우수하게 보유될 것이다.

<66> 수지는 많은 산업에서 사용되고 있으며, 많은 용도를 지니고 있다. 수지의 상이한 성질은 이들의 용도에 영향을 주지 않을 뿐만 아니라 이들이 함께 사용되는 제품의 품질 및 효율성에 영향을 주지 않는다. 예를 들어, 수지가 전기 절연 용도로 사용되는 경우에, 이들의 유전 강도 및 전압 내구성 특성은 열적 안정성 및 열적 내구성과 같이 높아야 한다. 그러나, 종종 이러한 목적과는 상반되게, 수지는 일반적으로 낮은 열전도성을 지닌다. 본 발명은 수지 및 이들이 도입되는 절연 시스템의 다양한 물리적 성질을 균형되게 하여, 통상의 전기 절연 재료 보다 더 높은 열전도성을 지니면서, 주요한 물리적 성질, 예컨대, 유전 강도, 전압 내구성, 열적 안정성 및 열적 내구성, 기계적 강도 및 점탄성 반응을 충분히 유지하고 또한 이를 향상시키는 시스템을 생성시킨다. 열적 및 기계적 사이클링 효과에 의해서 유발된 스트레스로부터 발생하는 박리 및 미세 공극 형성이 감소되거나 제거된다. 본원에서 사용된 용어 수지는 개질된 에폭시, 폴리에스테르, 폴리우레탄, 폴리이미드, 폴리에스테르이미드, 폴리에테르이미드, 비스말레이미드, 실리콘, 폴리실록산, 폴리부타디엔, 시아네이트 에스테르, 탄화수소, 등을 포함한 모든 수지 및 에폭시 수지 뿐만 아니라 이들 수지의 균일 배합물을 의미한다. 수지의 정의는 첨가제, 예컨대, 가교제, 촉진제 및 그 밖의 촉매 및 공정 보조제를 포함한다. 특정의 수지, 예컨대, 액정 열경화제(liquid crystal thermosets (LCT)) 및 1,2 비닐 폴리부타디엔은 양호한 가교 성질과 함께 저분자량 특성을 함께 가지고 있다. 수지는 유기 매트릭스, 예컨대, 헤테로원자가 있거나 없는 탄화수소, 실리콘이트 및/또는 알루미늄실리케이트 성분 함유 무기 매트릭스, 및 유기 매트릭스와 무기 매트릭스의 혼합물일 수 있다. 유기 매트릭스의 예는 폴리머 또는 반응성 열경화 수지를 포함하며, 이는 요구되는 경우 무기 입자 표면에 도입된 반응성기와 반응할 수 있다. 가교제가 또한 수지에 첨가되어 최종 가교된 네트워크의 단편 길이 분포 및 구조를 조작할 수 있으며, 이는 열전도성에 긍정적인 효과를 줄 수 있다. 이러한 열전도성 향상은 또한 다른 수지 첨가제, 예컨대, 촉매, 촉진제 및 그 밖의 공정 보조제에 의한 개질을 통해서 얻어질 수 있다. 특정의 수지, 예컨대, 액정 열경화제(LCT) 및 1,2 비닐 폴리부타디엔은 양호한 가교 성질과 함께 저분자량 특성을 함께 가지고 있다. 이러한 형태의 수지는 열을 우수하게 전달하는 경향이 있는데, 그 이유는 개선된 포논 수송의 결과로서 열의 향상된 전달을 유도할 수 있는 이들 서브-구조의 향상된 마이크로 및 매크로(macro) 배열 때문이다. 포논 수송이 우수하면 우수할수록 열전달이 우수하다.

<67> 본 발명의 고열전도성 충전제가 수지와 혼합되는 경우, 이들은 충전제와 수지 사이에 계면이 존재하지 않는다는 면에서 연속 생성물을 형성한다. 일부의 경우, 공유 결합이 충전제와 수지 사이에서 형성된다. 그러나, 연속성은 다소 주관적이고, 관측자가 사용하는 스케일에 좌우된다. 매크로-스케일의 경우, 생성물은 연속적이지만, 나노-스케일의 경우는 충전제와 수지 네트워크 사이에 독특한 상이 존재할 수 있다. 따라서, 수지와 혼합되는 고열전도성 충전제를 참조하면, 이들은 매크로-스케일에서 연속적 유기-무기 복합체를 형성하지만, 마이크로-스케일의 경우 동일한 혼합물이 하이브리드로 일컬어질 수 있다.

<68> 상기된 바와 같이, 충전된 수지는 테이프 없이 발전기 분야에 사용되어 회전 및 정적 전기 장치 부품에서의 전기 절연 적용을 충족시킬 수 있다. 발전기에서의 고열전도성 재료의 사용은 다중이다. 스테이터 코일(stator coil)내에서, 고열전도성을 지녀서 디자인을 최적으로 해야 하는 그라운드월(groundwall)이 아닌 성분 재료가 존재한다. 유사하게, 다른 성분은 열 제거를 최대화 하는 코일과 연관된다. 스테이터 디자인에 대한 개선은 로터(rotor) 디자인을 개선시켜서 발전기 효율이 최대가 될 수 있게 한다.

<69> 스테이터에서 본원에 기재된 고열전도성 기술이 적용될 수 있는 이들 장소 성분 및 재료의 예는 이중 가닥 절연(inter-strand insulation), 내부 코로나 보호(internal corona protection (ICP)) 시스템, 외부 코로나 보호

(outer corona protection (OCP)) 시스템, 팩킹을 포함한 바닥, 중심 및 상부 충전제 및 프리스트레싱된 (prestressed) 구동 스트립(prestressed driving strips(PSDS))(상부 리플 스프링(top ripple spring)); 사이드 충전제, 적층제, 및 사이드 PSDS, 코일 센터 분리기 또는 칼(sword), 코일 전위 충전제(coil transposition), 스테이터 웨지(stator wedge), 코어 절연, 다이아몬드 스페이서(diamond spacer), 브레이스(brace) 또는 브라킷(bracket), 단부 권선 결합 수지 및 압축 가능한 캡 충전제, 연결자 절연, 평행 고리 절연 및 평행 고리 지지 구조물을 포함한다. 로터에서, 예는 셸 또는 슬롯 라이너(slot liner), 턴내 절연(interturn insulation), 일체형인 경우의 턴 앤드 그라운드(turn and ground) 절연, 단부 캡 절연, 블로킹(blocking), 방사상 핀 및 리드(lead) 및 슬롯 탑 팩커(slot top packer) 또는 "U"를 포함한다.

<70> 명확히 하기 위해서, 도 6을 참조하고 있으며, 이러한 도 6은 열 흐름(11,12)의 단면도이고, 스테이터 코일을 통해서, 흐름(12)은 그라운드웰을 통한 주된 흐름이다. 본 도면에 의해서 도시되는 스테이터 코일은 구리 스트랜드(5), 전치 스트랜드(transposed strand: 6), 바닥, 중심 및 탑 충전제(4), 그라운드웰 절연(7) 및 중심 분리기(8) 등을 포함한다.

<71> 상기된 성분 또는 재료는 적층, 압출, 몰딩 및 본 기술분야의 전문가에게는 친숙한 그 밖의 공정을 포함한 다양한 수단에 의해서 생산될 수 있다. 스테이터 코일에 사용된 구성 재료는 구리 및 절연체이다. 구리는 일반적으로 베이클라이즈 처리된 코일(bakelized coil) 또는 스택으로 절연되고, 조립되고, 전환되는 스트랜드의 형태로 있다. 베이클라이즈 처리된 코일은 그라운드웰 절연으로 절연되지만, 이와 관련된 전기 스트레스 제어 층이 존재한다. 스테이터 코일의 열전도성에 영향을 주는 주된 성분은 그라운드웰 절연이지만, 다른 성분이 유사하게 개선되는 것에 의해서 유익하다. 예를 들어, 스테이터 코일의 구성에 사용된 스트레스 제어 및 그 밖의 시스템은 전형적으로는 구리에서 스테이터 코어까지의 절연 두께의 10 내지 20%일 수 있다. 일부 예에서, 재료에 대한 구조적 변화를 도입함으로써 열전도성 및 전기 전도성이 바람직한 값으로 조정되는 것이 제안된다.

<72> 추가의 예에 의해서, 내부 스트레스 제어층은 낮은 전도성층으로 구성될 수 있으며, 이러한 층은 직접적으로 구리에 연결되거나 저항을 통해서 연결될 수 있거나, 그로부터 절연될 수 있다. 그러한 예에서, 절연층은 낮은 전도성 층이 적용되기 전에 베이클라이즈 처리된 코일에 적용될 수 있다. 절연 테이프 또는 시이트는 결합 목적으로 또는 표면의 평탄화를 위해서 베이클라이즈 처리된 코일상에 적용되어 공극 영역을 충전시킬 수 있다. 이어서, 요구된 성질을 지니는 재료의 추가의 층 또는 층들이 낮은 전도성 층 후에 적용될 수 있다. 이러한 낮은 전도성 층은 전기적 목적, 예컨대 스트레스 제어 또는 절연을 위한 것일 수 있다.

<73> 그라운드웰이 적용된 후에 낮은 전도성층(들)이 코일의 표면에 적용되어 코어에 대한 양호한 연결을 가능하게 하고 부분적인 방전 및 바 바운스 효과(bar bounce effect)를 없애면서 쇼팅 코어 박리(shorting core lamination)를 피한다. 이러한 낮은 전도성 층이 절연층으로 적용되는 적용이 특히 문헌에 기재되어 있다. 따라서, 외부 코로나 보호 시스템은 낮은 전도성의 절연 및 부분 절연 층을 포함할 수 있다.

<74> 스테이터 단부 영역에서의 전기적 스트레스를 제어하기 위해서, 스트레스 제어층이 코일 직선 부분의 단부에 및 단부권선 또는 인볼루트(involute) 부위내로 적용될 수 있다. 이러한 구성은 정상적으로는 하나 또는 수 개의 층, 일부의 경우 단계식 층으로 적용된 실리콘 카바이드 로딩된 테이프 또는 페인트로 구성된다. 이러한 층은 또한 절연층 또는 비교적 높은 저항층(들)과 조합될 수 있다. 이러한 적용에서, 고열전도성 재료는 시스템의 열전도성을 현저하게 향상시킬 것이다. 고열전도성 재료를 사용할 때의 선택은 표준 절연 재료 및 그라운드웰의 기계 설계 및 열전도성에 좌우될 것이다.

<75> 단부 부위에서, 유리 테이프와 수축 재료가 다양한 기능, 예컨대, 통합을 위해서 및 기계적 긴장(mechanical bracing)을 향상시키기 위해서 특정한 디자인 형태로 사용된다. 또한, 단부권선 부위의 기계적 긴장은 수지, 다이아몬드 스페이서, 적합한 함침 가능한 재료, 예컨대, 펠트(felt) 또는 천(cloth), 및 수지가 그 내부에 로딩될 수 있는 재료, 예컨대, 백(bag), 주머니(bladder) 또는 호스(hose)의 사용과 관련된다. 이들 성분 및 재료에서, 고열전도성 재료의 사용은 시스템의 열전도성을 현저하게 향상시킬 것이다. 고열전도성 재료를 사용할 때의 선택은 표준 절연 재료의 기계 설계 및 열전도성에 좌우될 것이다.

<76> 직접 냉각 로터에서, 냉각 가스 또는 매체는 구리와 직접적으로 접촉한다. 직접 냉각 - 방사상 냉각 및 축 냉각을 위한 두 가지 주요 디자인이 있다. 말단 권선 영역은 상이한 냉각 방식을 지닐 수 있다. 방사상 냉각 디자인에서, 가스는 각 슬롯의 바닥에서 중공 턴(hollow turn) 또는 서브-슬롯을 따라서 통과한다. 가스는 이어서 고품 구리 턴중의 냉각 슬롯을 통해서 방사상으로 통과하고, 슬롯의 상부에서 배출된다. 축 냉각 디자인에서, 턴은 단면이 중공 및 일반적으로 사각 또는 직사각이다. 가스는 중공 전도체의 측면내 구멍을 통해서 각 단부에서 유입되고 구리 튜브의 내벽을 따라서 통과하여, 로터 센터에서 구리내의 구멍을 통해서 방사상으로 배

출된다.

- <77> 이들 로터 디자인 둘 모두에서, 디자인에 대한 고열전도성 재료의 사용 효과는 현저하다. 사실, 간접 냉각 기계에서 더욱 현저할 수 있다. 로터 코일은 슬롯 셀 또는 앵글중 한 형태에서 성형된 예폭시 유리 적층체에 의해서 전형적으로 지면으로부터 절연된다. 튜내 절연은 적층체 또는 앵글일 수 있다. 그러한 부품이 본원에 기재된 방법의 사용에 의해서 고도로 열전도성일 수 있음을 인지할 수 있을 것이다.
- <78> 본 발명의 한 가지 구체예는 고열전도성(HTC) 재료를 수지에 첨가하여 수지의 열전도성을 향상시킨다. 일부 구체예에서, 수지의 다른 물리적인 성질은 더 높은 열전도성과의 타협(trade-off)으로 감소되지만, 다른 구체예에서는 다른 물리적인 성질중 일부가 심하게 영향을 받지 않으며, 일부 특정의 구체예에서, 이들 다른 성질은 개선될 것이다. 특정의 구체예에서, HTC 재료는 수지, 예컨대, 배열된 서브-구조를 지니는 LCT 수지에 첨가된다. 이러한 형태의 수지가 첨가되는 경우에, 사용되는 HTC 재료의 양은 배열된 서브-구조가 없는 수지에서의 사용에 비해서 감소될 수 있다.
- <79> 수지내로 로딩된 HTC 재료는 첨가되어 수지와 물리적으로 및/또는 화학적으로 상호작용하거나 수지와 반응하여 열전도성을 개선시킬 수 있는 다양한 물질이다. 한 가지 구체예에서, HTC 재료는 텐드리머이며, 또 다른 구체예에서, 이들은 3 내지 100 또는 그 초과외관비(평균 가로 치수 대 평균 세로 치수의 비), 더욱 특히 10 내지 50의 높은 외관비의 입자를 포함한 소정의 크기 또는 모양을 지닌 나노 또는 마이크로 무기 충전제이다.
- <80> 관련된 구체예에서, HTC 재료는 소정의 크기 및 모양 분포를 지닐 수 있다. 두 경우 모두에서, 충전제 입자의 농도 및 상대적인 농도는 벌크 연결 (또는 소위 침출) 구조가 달성되게 선택되고, 그러한 구조는 용적 충전에 의해서 또는 이러한 충전 없이 고열전도성을 부여하여 향상된 열전도성을 지닌 구조적으로 안정한 이산의 2 상 복합체를 달성시킨다. 또 다른 관련 구체예에서, HTC 재료의 배향은 열전도성을 증가시킨다. 또 다른 구체예에서, HTC 재료의 표면 코팅은 포논 수송을 향상시킨다. 이들 구체예는 다른 구체예와는 상이한 구체예일 수 있거나, 완전히 관련될 수 있다. 예를 들어, 텐드리머가 열경화성 및 열가소성 재료와 같은 다른 형태의 높은 구조적 재료와 조합된다. 이들은 수지 매트릭스 전체에 걸쳐서 균일하게 분포되어 HTC 재료가 포논 산란을 감소시키고 포논을 위한 마이크로-규모 브릿지를 제공하여 HTC 재료들 사이에 양호한 열전도성 계면이 형성되게 한다. 고도로 구조화된 재료는 열전도성이 단일의 방향 또는 방향들을 따라서 증가하여 편재된 또는 벌크 이방성 전기 절연 재료중 한 가지가 생성되게 배열된다. 또 다른 구체예에서, HTC는 금속 옥사이드, 카바이드 또는 니트라이드를 지니는 낮은 열전도성 충전제의 표면 코팅 및 소정의 벌크 성질을 지니는 충전체에 물리적으로 또는 화학적으로 결합되는 고열전도성의 혼합된 시스템에 의해서 달성되며, 그러한 결합은 화학적 기상 증착 및 물리적 기상 증착과 같은 공정 및 플라즈마 처리에 의해서 달성된다.
- <81> 관련된 구체예에서, HTC 재료는, 기본적으로는 바람직하지 않은 미세규모 계면, 다양한 입자 습윤화 및 마이크로 공극 형성 없이, 기본적으로 수지와 균일한 혼합물을 형성한다. 이들 균일 재료는 길이 규모가 통상의 전기 절연 재료에서의 포논 파장 또는 포논 평균 자유 경로중 하나 보다 짧은 비-이산성의 연속상 재료를 형성한다. 일부 구체예에서, 유전 파괴를 제어하기 위해서 의도된 계면이 수지 구조에 위치될 수 있다. 절연 재료에서, 유전 파괴는 정확한 조건이 주어지는 경우에 발생할 것이다. 2-상 시스템에서 계면의 본래 및 공간적 분포를 제어함으로써, 유전 파괴 강도 및 장기간 전기적 내구성이 향상될 수 있다. 유전 강도의 증가는 증가된 조밀화, 마이크로 공극의 제거 및 더 높은 내부 기계적 압축 강도 수준 때문에 부분적으로 수행될 것이다.
- <82> 본 발명의 수지는 다른 복합체 구성, 예컨대, 마이카 테이프 및 유리 및 폴리에스테르 테이프의 함침을 위해서 사용될 수 있다. 전기 절연을 위해서 전형적으로 사용되는 표준 마이카(뮤스코바이트(Muscovite), 플로코파이트(Phlogopite)) 외에, 또한 바이오타이트 마이카(Biotite mica) 뿐만 아니라 몇 가지 그 밖의 마이카-유사 알루미늄-실리케이트 재료, 예컨대, 카올리나이트, 할로이사이트(Halloysite), 몬모릴로나이트(Montmorillonite) 및 클로라이트(Chlorite)가 있다. 몬모릴로나이트는 그 구조가 수지, 금속 양이온 및 나노 입자에 의해서 용이하게 침투되어 높은 유전 강도 복합체를 형성시킬 수 있는 격자구조이다.
- <83> 다른 구체예에서, 본 발명은 절연이 요구되는 표면에 연속 코팅으로서 이용되는데; "연속 코팅"은 마이크로-규모 적용의 설명임을 주지해야 한다. 연속 코팅에서, 수지는 테이프 또는 다른 기판의 필요 없이 재료상에 코팅을 형성시킨다. 기판과 함께 사용되는 경우, HTC 재료는 다양한 상이한 방법에 의해서 수지와 조합될 수 있다. 예를 들어, 이들은 수지가 기판에 첨가되기 전에 첨가될 수 있거나, HTC 재료가 기판에 첨가된 후에, 수지가 그에 함침될 수 있거나, 수지가 먼저 첨가된 후에 HTC 재료가 첨가되고, 이어서, 수지가 추가 함침된다. 다른 제조 및 공정 방법이 본 기술분야의 전문가에게는 자명할 것이다.

- <84> 한 가지 구체예에서, 본 발명은 더 높은 열전도성을 부여하고, 또한 다른 중요 성질 및 성능 특성을 유지 또는 향상시키는 신규의 유기-무기 재료를 사용한다. 그러한 재료는 고열전도성이 향상된 파워 정격, 감소된 절연 두께, 더욱 콤팩트한 전기 디자인 및 높은 열 전달면에서 유리한 다른 높은 전압 및 낮은 전압 전기 절연 상황에 적용된다. 본 발명은 나노, 메조, 및 마이크로 무기 HTC 재료, 예컨대, 알루미늄, 마그네슘 옥사이드, 실리콘 카바이드, 붕소 니트라이드, 알루미늄 니트라이드, 아연 옥사이드 및 다이아몬드 뿐만 아니라 다른 물질을 첨가하여 더 높은 열전도성을 부여한다. 이들 재료는 다양한 결정학적 및 형상학적 형태를 지닐 수 있으며, 담체 액체로 작용하는 용매를 통해서 또는 직접적으로 매트릭스 재료와 함께 처리될 수 있다. 용매 혼합물이 HTC 재료를 다양한 기관, 예컨대, 마이카-테이프에 대한 매트릭스내로 혼합시키는데 사용될 수 있다. 반면, 본 발명의 또 다른 구체예를 형성하는 분자 하이브리드 재료는 이산 계면을 함유하지 않으며, 유기상내의 무기상에 의해서 부여되는 이점을 지닌다. 이들 재료는 또한 다른 물리적 성질, 예컨대, 열안정성, 인장강도, 유연강도, 및 충격 강도, 다양한 주파수 및 온도 의존성 기계적 모듈 및 손실 및 일반적인 점탄성 반응 등을 향상시킬 수 있다.
- <85> 또 다른 구체예에서, 본 발명은 유기-무기 계면이 덴드리머 코어-셸 구조의 비-이산성인 이산의 유기-덴드리머 복합체를 포함한다. 덴드리머는 중심 코어상에 형성되는 일종의 삼차원 나노규모 코어셸 구조체이다. 코어는 유기 또는 무기 재료일 수 있다. 중심 코어상에 형성시킴으로써, 덴드리머는 동심 셸의 연속적 첨가에 의해서 형성된다. 셸은 분지된 분자 기를 포함하며, 각각의 분지된 셸은 한 세대(generation)로 일컬어진다. 전형적으로는, 사용된 세대의 수는 1 내지 10이고, 외부 셸층의 분자 기의 수는 세대가 증가함에 따라서 기하급수적으로 증가한다. 분자 기의 조성은 정밀하게 합성되며, 외부 기는 반응성 작용기일 수 있다. 덴드리머는 수지 매트릭스와 가교될 뿐만 아니라 서로 가교될 수 있다. 따라서, 이들은 수지에 HTC 재료로서 첨가될 수 있거나, 다른 구체예에서, 통상적인 수지에 첨가되지 않고 매트릭스 자체를 형성할 수 있다.
- <86> 분자 기는 수지와 반응하거나 서로 반응하는 이들의 능력에 대해서 선택될 수 있다. 그러나, 다른 구체예에서, 덴드리머의 코어 구조체, 예를 들어, 이하 기재된 금속 옥사이드는 열전도성을 보조하는 이들 자체의 능력에 대해서 선택될 것이다.
- <87> 일반적으로, 덴드리머가 더 크면클수록, 포논 수송 엘리먼트로 작용하는 이의 능력이 더 클 것이다. 그러나, 재료를 투과시키는 이의 능력 및 이의 퍼콜레이션(percolation) 포텐셜은 그 크기에 역으로 영향을 받아서, 최적의 크기가 요구된 구조 및 성질의 균형을 달성할 것으로 사료된다. 다른 HTC 재료와 유사하게, 용매가 덴드리머에 첨가되어, 기관, 예컨대, 마이카 또는 유리 테이프의 이들의 함침을 보조할 수 있다. 많은 구체예에서, 덴드리머는 다양한 상이한 분자기들에 의한 다양한 세대와 함께 사용될 것이다.
- <88> 구입 가능한 유기 덴드리머 폴리머는 폴리아미도-아민 덴드리머(Polyamido-amine Dendrimers (PAMAM)) 및 폴리프로필렌-이민 덴드리머(Polypropylene-imine Dendrimers (PPI)) 및 PAMAM 내부구조와 유기-실리콘 외부구조를 지니는 덴드리머인 PAMAM-OS를 포함한다. 앞에 기재된 두 덴드리머는 알드리치 케미칼™(Aldrich Chemical™) 으로부터 구입 가능하며 마지막 하나는 다우-코닝™(Dow-Corning™) 으로부터 구입 가능하다.
- <89> 유사한 요건이 함께 반응하거나, 매트릭스 폴리머 또는 반응성 수지와 반응하여 단일 재료를 형성할 수 있는 무기-유기 덴드리머에 대해서 존재한다. 이러한 경우에, 덴드리머의 표면은 덴드리머-덴드리머, 덴드리머-유기, 덴드리머-하이브리드 및 덴드리머-THC 매트릭스 반응이 발생되게 할 상기된 것과 유사한 반응성 기를 함유할 수 있다. 이러한 경우에, 덴드리머는 유기 또는 무기 반응성 기 또는 관심의 리간드를 함유하는 무기 코어 및 유기 셸 또는 그 반대를 지닐 것이다. 따라서, 통상의 졸-겔 화학반응에서 관련되는 반응과 유사한 무기 반응에 관여할 수 있는 반응성 기, 예컨대, 히드록실, 실라놀, 비닐-실란, 에폭시-실란 및 그 밖의 기를 함유하는 무기 셸과 함께 유기 코어를 지니는 것이 가능하다.
- <90> 모든 경우에서, 포논 수송이 향상되며, 구조적 엘리먼트의 길이 규모를 보장함으로써 감소되는 포논 산란이 열 수송에 필요한 포논 분포보다 짧거나 이와 상응한다. 더 큰 HTC 미립자 재료는 그 자체에 의해서 포논 수송이 실질적으로 증가하지만, 더 작은 HTC 재료는 수지 매트릭스의 성질을 변경시켜서 포논 산란에 대한 변화에 영향을 줄 수 있다. 이는 추가로 나노-입자를 사용함으로써 보조될 수 있으며, 그러한 입자의 매트릭스는 고열전도성을 나타내는 것으로 공지되어 있으며, 또한 그러한 매트릭스는 입자 크기 및 계면 특성이 이러한 효과를 지속시키고 또한 감소된 포논 산란을 위한 길이 규모 요건을 충족시키게 하는 것으로 공지되어 있다. 짧고 긴 범위 주기성 둘 모두를 지니는 반응된 덴드리머 격자 및 매트릭스, 예컨대, 액정 에폭시 수지 및 폴리부타디엔으로부터 형성될 수 있는 사다리 네트워크 또는 배열된 네트워크 구조를 포함한 더욱 고도로 배열될 구조체의 선택을 고려하는 것이 또한 필요하다. 종래 기술의 수지 매트릭스는 약 0.15 W/mK의 최대 열전도성을 지닌다. 본 발

명은 0.5 내지 5 W/mK 및 그 초과와 열전도성을 지니는 수지를 제공한다.

- <91> 연속적 유기-무기 하이브리드는 나노-입자 치수가 폴리머 또는 네트워크 단편 길이(전형적으로는 1 내지 50nm) 정도이거나 그 보다 짧은 무기 나노-입자를 선형 또는 가교된 폴리머 및 열경화성 수지에 혼입시킴으로써 형성될 수 있다. 이는 (i) 측쇄 그래프팅(grafting), (ii) 예를 들어, 두 폴리머 사슬 단부들 사이의 포괄적 그래프팅, (iii) 적어도 둘 및 전형적으로는 몇 개의 폴리머 분자와 연관된 가교 그래프팅을 포함하지만 이러한 세 가지의 경로 또는 메카니즘으로 한정되는 것은 아니다. 이들 무기 나노-입자는 반응성 표면을 함유하여 친밀한 공유 결합된 하이브리드 유기-무기 균질 재료를 형성할 것이다. 이들 나노-입자는 금속 옥사이드, 금속 니트라이드 및 금속 카바이드 뿐만 아니라 일부의 비-금속 옥사이드, 니트라이드 및 카바이드일 수 있다. 예를 들어, 알루미늄, 마그네슘 옥사이드 및 아연 옥사이드 및 그 밖의 금속 옥사이드, 붕소 니트라이드 및 알루미늄 니트라이드 및 그 밖의 금속 니트라이드, 실리콘 카바이드 및 그 밖의 카바이드, 천연 및 합성 다이아몬드, 및 각각의 형태가 다양한 물리적 형태중 하나 및 그 밖의 금속 카바이드 및 하이브리드 화학양론적 및 비화학양론적 혼합된 옥사이드, 니트라이드 및 카바이드일 수 있다. 더욱 특별한 이들의 예는 Al_2O_3 , AlN, MgO, ZnO, BeO, BN, Si_3N_4 , SiC 및 SiO_2 , 및 혼합된 화학양론적 및 비-화학양론적 조합물을 포함한다. 추가로, 이들 나노-입자는 표면 처리되어 다양한 표면 작용기를 포함할 것이며, 이러한 표면 작용기는 호스트 유기 폴리머 또는 네트워크와의 반응에 관여할 수 있다. 비-HTC 재료, 실리카 및 그 밖의 벌크 충전제 재료를 HTC 재료로 코팅하는 것이 또한 가능하다. 이는 더욱 고가의 HTC 재료가 사용되는 경우에 있어서의 임의사항일 수 있다.
- <92> 수지중의 HTC 재료의 용적 백분율은 약 60용적% 또는 그 초과까지, 더욱 특히 약 35용적%까지 일 수 있다. 더 높은 용적 충전은 매트릭스에 더 높은 구조적 안정성을 부여하는 경향이 있다. 그러나, 크기 및 모양 분포, 입자 회합 및 정렬의 정도를 조절하면, HTC 재료는 1용적% 또는 그 미만 만큼 적게 점유할 수 있다. 구조적 안정성 이유로 인해서, 퍼콜레이션의 발생에 요구되는 최소치 보다 더 많은 양을 첨가하는 것이 유용할 수 있다. 따라서, 수지는 퍼콜레이션 구조 및 HTC 특성을 손상시키지 않으면서 물리적인 스트레인 및 변형을 견딜 수 있다.
- <93> 표면 작용기의 첨가는 호스트 유기 폴리머 또는 네트워크 형성 수지 시스템과의 화학적 반응에 이용될 수 있는 히드록실기, 카르복실기, 아민기, 에폭시드기, 실란기 또는 비닐기를 포함할 수 있다. 이들 작용기는 무기 충전제의 표면에 천연적으로 존재하거나, 이들은 습식 화학 방법, 플라즈마 증합을 포함한 비-평형 플라즈마 증착, 화학적 기상 및 물리적 기상 증착, 스퍼터 이온 도금 및 전자 및 이온 빔 증발 방법을 이용함으로써 적용될 수 있다. 매트릭스 폴리머 또는 반응성 수지는 나노-입자와 조화될 수 있으며, 요구되는 경우, 나노-입자 표면에 도입된 반응성 기와 반응할 수 있는 어떠한 시스템일 수 있다. 이들은 에폭시, 폴리이미드 에폭시, 액정 에폭시, 시아네이트-에스테르 및 다양한 가교제를 지닌 그 밖의 낮은 분자량 폴리머 및 수지일 수 있다.
- <94> 비-이산형 유기-무기 하이브리드의 경우에, 졸-겔 화학을 이용하여 연속적 분자 알로이를 형성시키는 것이 가능하다. 이러한 경우에, 수성 및 비-수성 반응을 포함하는 졸-겔 화학이 고려될 수 있다.
- <95> 본 발명의 생성물은 통상의 전기 절연 재료보다 더 높은 열전도성을 나타내며, 마이카-유리 테이프 구성물중의 결합 수지로서, 통상의 마이카 테이프를 위한 비반응된 진공-압력 함침 수지로서, 및 회전 및 정적 전기 파워 플랜트 및 높고 낮은 전압의 전기 및 전자 장치, 부품 및 제품에서의 전기 절연 적용을 충족시키는 독립형 재료로서 사용될 수 있다. 본 발명의 생성물은 서로 조합되거나, HTC-재료 또는 종래 기술의 그 밖의 재료와 조합될 수 있다.
- <96> 마이크로 및 나노 HTC 입자가 요구된 구조적 필라멘트 및 분지된 수지상체로 자체 응집되는 이들의 능력에 대해서 선택될 수 있다. 입자는 자연적으로 자체-응집되는 이들의 능력에 대해서 선택될 수 있지만, 이러한 과정은 외력, 예컨대, 전기장, 자기장, 음파, 초음파, pH 조절, 계면활성제의 사용, 및 입자의 전하 분포를 포함한 입자 표면 전하 상태에 대한 변화에 영향을 주는 그 밖의 방법에 의해서 변화될 수 있다. 특정의 구체예에서, 입자, 예컨대, 붕소 니트라이드, 알루미늄 니트라이드, 다이아몬드가 요구된 모양으로 자체 조립되도록 제조된다. 이러한 방식으로, 요구된 응집 구조체가 최초의 고열전도성 재료로부터 제조되거나 호스트 매트릭스내로 혼입되는 동안에 조립될 수 있다.
- <97> 많은 구체예에서, HTC-재료의 크기 및 모양은 동일한 사용 범위내에서 다양하다. 크기 및 모양의 범위는 동일한 제품에 사용된다. 다양한 길고 짧은 외관비 HTC-재료가 수지 매트릭스의 열전도성을 향상시킬 뿐만 아니라, 잠재적으로는 물리적인 향상된 성질 및 성능을 제공한다. 그러나, 관찰되어야 할 한 가지 특징은 입자 길이가 기관/절연 층들사이의 브릿징을 유발시킬 만큼 길지 않다는 것이다. 또한, 다양한 모양과 길이는 더욱 균일한

용적 충전 및 팩킹 밀도를 제공함으로써 HTC-재료의 퍼콜레이션 안정성을 개선시켜서 더욱 균일한 매트릭스를 생성시킬 것이다. 크기 및 모양을 혼합하는 경우에, 한 가지 구체예에서, 더 긴 입자는 더욱 로드-모양이지만, 더 짧은 입자는 더욱 회전 타원형, 판형 또는 원반형 및 입방형이다. 예를 들어, HTC-재료를 함유하는 수지는 약 55 내지 65용적%의 10 내지 50nm 직경 회전 타원체 및 약 15 내지 25용적%의 10 내지 50 μ m 길이 로드(rod)와 함께 10 내지 30용적% 수지를 함유할 수 있다.

- <98> 또 다른 구체예에서, 본 발명은 유기-무기 복합체를 기초로 하는 새로운 전기 절연 재료를 제공한다. 열전도성은, 점탄 특성 및 열적 팽창 계수, 및 전체 절연과 같은 다른 인자 외에, 다른 절연 특성, 예컨대, 유전 성질 (유전율 및 유전 손실), 전기 전도성, 전기 세기 및 전압 내구성, 열 안정성, 인장 모듈, 가요성 모듈, 충격 강도 및 열적 내구성에 유해한 영향을 주지 않으면서 최적화된다. 유기 및 무기 상이 성질과 성능의 적절한 균형을 달성하도록 구성되고 선택된다.
- <99> 한 가지 구체예에서, 요구된 모양 및 크기 분포 및 선택된 표면 특성 및 벌크 충전제 성질을 지니는 나노, 메조, 및 마이크로 무기 충전제의 표면 코팅이 서로 상보적이다. 이러한 사항은 유기 호스트중의 충전제 상의 퍼콜레이션 구조 및 상호연결 성질이 독립적으로 조절되면서 요구된 벌크 성질이 유지되게 할 수 있다. 또한, 단일 또는 이차 코팅으로서 유기 및 무기 코팅이 유기 매트릭스와 입자 표면의 조화를 위해서 및 호스트 유기 매트릭스와의 화학적 반응이 발생되게 하기 위해서 사용될 수 있다.
- <100> 모양과 관련하여, 본 발명은 증진된 퍼콜레이션을 위한 천연 로드 및 판을 지향하는 경향이 있는 각각의 입자 모양을 이용하며, 천연적으로 형성되는 재료에 추가로 합성적으로 가공된 재료를 포함한 로드가 가장 바람직한 구체예이다. 로드는 평균 외관비가 약 5 또는 그 초과, 특히 10 또는 그 초과이지만, 100이하인 입자로서 정의된다. 한 가지 구체예에서, 로드의 축 길이는 대체로 10nm 내지 100마이크론 범위이다. 더 작은 로드가 수지 매트릭스에 더 우수하게 퍼콜레이션될 것이며, 수지의 점도에 부작용이 덜하다.
- <101> 많은 마이크로 및 나노 입자는 회전 타원형 및 원반형 모양을 형성하며, 이들 모양은 특정의 조건하에서 고르게 분포되는 능력이 감소하며, 그로 인해서 퍼콜레이션이 발생하는 농도를 감소시키는 응집된 필라멘트 구조체를 유도할 수 있다. 퍼콜레이션을 증가시킴으로써, 수지의 열적 성질은 증가할 수 있거나, 대안적으로는 수지에 첨가되는 것이 요구되는 HTC 재료의 양이 감소될 수 있다. 또한, 향상된 퍼콜레이션은 피해야 하는 응집을 유도하는 것이 아니라 수지내의 HTC 재료의 더욱 고른 분포를 유도하여, 바람직하지 않은 계면, 불완전한 입자 습윤화 및 마이크로-공극 형성이 덜한 더욱 균일한 생성물을 생성시킨다. 유사하게, 구형 (조밀) 응집체 또는 집괴가 아닌 더 높은 외관비 입자로부터 형성된 응집된 필라멘트 또는 수지상 구조체가 향상된 열전도성을 부여한다.
- <102> 추가로, 유동장 및 전기 및 자기장이 HTC에 적용되어 이들을 예폭시 수지의 내부에 분배하고 구조적으로 조직화되게 할 수 있다. 교류 또는 정전장을 이용함으로써, 로드 및 판 모양이 마이크로-규모상에서 정렬될 수 있다. 이러한 사항은 상이한 방향으로 상이한 열적 성질을 지니는 재료를 생성시킨다. 전기장의 발생은 본 기술분야에 공지된 다양한 기술에 의해서, 예컨대, 절연된 전기 전도체를 가로질러서 전극을 부착시킴으로써 또는 재료의 중심내의 전도체 또는 절연 시스템의 사용에 의해서 수행될 수 있다.
- <103> 유기 표면 코팅, 및 무기 표면 코팅, 예컨대, 금속-옥사이드, -니트라이드, -카바이드 및 혼합된 시스템이 생성될 수 있으며, 이는 소정의 입자 크기 및 모양 분포와 조합되는 경우에 절연 시스템의 벌크 열전도성 및 전기 전도성을 조절하는 소정의 퍼콜레이션 구조를 제공하면서, 입자 유전율이 시스템 유전율을 조절하도록 선택될 수 있다. 또 다른 형태의 코팅은 천연 및 합성의 마이크로-미립자 및 나노-미립자 다이아몬드 코팅이다. 다결정 및 단일-결정 나노-미립자 형태에서, 입자는 캐리어 입자, 예를 들어 실리카의 표면과 회합될 수 있다. 실리카는 그 자체가 강한 열전도성 재료가 아니지만, 표면 코팅을 부가함에 의해서, 이는 더욱 높은 열전도성 재료가 된다. 그러나, 실리카 및 그 밖의 그러한 재료는 상기된 바와 같이 로드-모양 입자로 용이하게 형성되는 바와 같은 유익한 성질을 지닌다. 이러한 방식으로, 다양한 HTC 성질이 한 생성물에 조합될 수 있다. 이들 코팅은 또한, 수지 함침과 함께 또는 그러한 함침 없이, 마이카 및 유리 성분 둘 모두를 포함한 마이카 테이프 구조체에 적용될 수 있다.
- <104> 반응성 표면 작용기는 무기 코팅에 고유한 표면 기로부터 형성되거나 추가의 유기 코팅을 적용시킴으로써 달성될 수 있으며, 이들 둘 모두는 호스트 유기 매트릭스와 화학적으로 반응할 수 있는 히드록실기, 카르복실기, 아민기, 에폭시드기, 실란기, 비닐기 및 그 밖의 기를 포함할 수 있다. 이들 단일 또는 다중 표면 코팅 및 표면 작용기는 습식 화학 방법, 플라즈마 중합을 포함한 비-평형 플라즈마 방법, 화학적 기상 및 물리적 기상 증착, 스퍼터 이온 도금 및 전자 및 이온 빔 증발 방법을 이용함으로써 적용될 수 있다.

- <105> 또 다른 구체예에서, 본 발명은 유기-무기 복합체를 기초로 하는 새로운 전기 절연 시스템을 제공한다. 다양한 무기 및 유기 성분 사이의 계면이 화학적으로 및 물리적으로 친밀하게 제조되어서, 상이한 상들 사이에 고도의 물리적인 연속성을 지니게 하고 기계적으로 강하며 높고 낮은 전압 적용 둘 모두에서 전기 절연 시스템의 작동 동안 전기 공급에 실패하는 경향이 없는 계면을 제공한다. 그러한 재료는 높은 전압 및 낮은 전압 전기 절연 상황에 적용되며, 그러한 상황에서, 향상된 계면 무결성은 향상된 파워 정격, 절연 시스템의 더 높은 전압 스트레싱, 및 감소된 절연 두께와 관련하여 이점을 부여하고, 높은 열 전도를 달성시킬 수 있다.
- <106> 특정의 구체예는 유기 매트릭스와 관련하여 무기 표면과 조화될 수 있는 다양한 표면 작용기를 도입하거나 호스트 유기 매트릭스와의 화학적 반응이 발생되게 하기 위해서 다양한 표면 처리제, 나노, 메조 및 마이크로 무기 충전제를 사용한다. 이들 표면 작용기는 호스트 유기 매트릭스와 화학적으로 반응할 수 있는 히드록실기, 카르복실기, 아민기, 에폭시드기, 실란기 또는 비닐기를 포함할 수 있다. 이들 작용기는 습식 화학 방법, 비-평형 플라즈마 방법, 화학적 기상 및 물리적 기상 증착, 레이저 빔, 스퍼터 이온 도금 및 전자 및 이온 빔 증발 방법을 이용함으로써 적용될 수 있다.
- <107> 많은 구체예에서, 표면 처리된 재료가 마이카-글래스 테이프 구성에서의 결합 수지에, 통상의 마이카 테이프 구성을 위한 비반응된 진공-압력 함침(GVPI & VPI) 수지에, 및 회전 및 정적 전기 파워 플랜트 및 높고 낮은 전압의 전기 및 전자 장치, 부품 및 제품에서의 전기 절연성 또는 전도성 적용을 충족시키기 위한 독립형 전기 절연 코팅 또는 벌크 재료에 사용될 수 있다. 또한 모든 화학적 반응은 휘발성 부산물을 피하기 위해서 촉합반응이 아닌 부가 반응의 결과일 것이다.
- <108> 에폭시 수지에서의 개선은 최근에 액정 폴리머를 사용함으로써 이루어졌다. 에폭시 수지를 액정 모노머와 혼합함으로써 또는 액체 결정상 매조젠(mesogen)을 에폭시 수지 분자, 예컨대, DGEBA에 혼입시킴으로써, 가교되어 현저하게 개선된 기계적 성질을 지닌 배열된 네트워크를 형성할 수 있는 폴리머 또는 모노머를 함유하는 액정 열경화성(liquid crystal thermoset (LCT)) 에폭시 수지가 생성된다. 이와 관련하여 미국특허 제5,904,984호를 참조할 수 있으며, 본원에서는 상기 특허를 참조로 인용한다. LCT의 추가의 이점은 이들이 표준 에폭시 수지에 비해서 개선된 열전도성 및 더 낮은 열팽창계수(coefficient of thermal expansion (CTE))를 지닌다는 것이다.
- <109> LCT 에폭시 수지가 더욱 흥미를 끄는 사항은 이들이 표준 에폭시 수지에 비해서 더 우수하게 열을 전도한다는 것이다. 본원에서 참조로 인용되는 미국특허 제6,261,481호는 통상의 에폭시 수지에 비해서 더 큰 열전도성을 지니는 LCT 에폭시 수지가 생성될 수 있음을 교시하고 있다. 예를 들어, 표준 비스페놀 A 에폭시는 횡방향(평면) 및 두께 방향 둘 모두에서 미터 켈빈온도 당 0.18 내지 0.24와트(W/mK)의 열전도값을 지니는 것으로 밝혀졌다. 반면, LCT 에폭시 수지는 실제 적용시에 횡방향에서 0.4W/mK까지 및 두께 방향에서 0.9W/mK까지의 열전도값을 지니는 것으로 나타나고 있다.
- <110> 페이퍼에 적용되는 HTC 재료를 참조로 사용된 바와 같이, 용어 기관은 절연 페이퍼가 형성되는 호스트 재료를 나타내며, 페이퍼 매트릭스는 기관으로부터 제조된 더욱 완전한 페이퍼 성분을 나타낸다. 이들 두 용어는 본 발명의 이러한 구체예를 설명하는 경우에 다소 상호 대체적으로 사용될 수 있다. 전기적 성질, 예컨대, 손실계수(dissipation factor), 또는 기관의 물리적인 성질, 예컨대, 인장 강도 및 유착 성질에 현저하게 영향을 주지 않으면서 열전도성의 증가가 달성되어야 한다. 물리적인 성질이 또한 일부 구체예에서 예컨대, 표면 코팅에 의해서 개선될 수 있다. 또한, 일부 구체예에서, 호스트 페이퍼 매트릭스의 전기 저항이 HTC 재료의 첨가에 의해서 향상될 수 있다.
- <111> 전기 절연에 전형적으로 사용되는 표준 마이카(뮤스토바이트, 플로고파이트)에 추가로, 또한 바이오타이트 마이카 뿐만 아니라 몇 가지 그 밖의 마이카-유사 알루미늄-실리케이트 재료, 예컨대, 카올리나이트, 할로이사이트, 몬모릴로나이트 및 클로라이트가 있다. 몬모릴로나이트는 그 구조가 HTC 재료, 예컨대, 금속 양이온, 유기 화합물 및 모노머 및 폴리머에 의해서 용이하게 침투되어 높은 유전 강도 복합체를 형성시킬 수 있는 격자구조이다.
- <112> 절연 페이퍼는 본 발명의 수지에 의해서 용이하게 함침될 수 있는 다공성 매체중 한 형태이다. 일부 이하에서 기재되는, 많은 산업에서 그로부터 제조된 많은 다른 재료 및 부품이 상이한 형태의 다공성 매체를 사용하여 수지를 함침시킬 수 있다. 예를 들어, 유리섬유 매트릭스 또는 직물, 및 폴리머 매트릭스 또는 직물이 있으며, 여기서 직물은 전형적으로는 천, 매트, 또는 펠트일 수 있다. 평면 적층된 유리 직물 적층체인 회로판이 한 제품일 수 있으며, 이는 본 발명의 수지를 사용함으로써 유익할 것이다.

- <113> 스테이터 코일과 함께 사용된 수지 함침의 형태는 VPI 및 GVPI로서 공지되어 있다. 테이프는 코일 둘레에 감기며, 이어서 진공 압력 함침(VPI)에 의해서 저점도 액체 절연 수지로 함침된다. 그러한 공정은 마이카 테이프층에 포집된 공기 및 수분을 제거하기 위해서 코일을 함유하는 챔버를 소기시키며, 이어서 압력 하에 절연 수지를 도입하여 수지로 마이카 테이프를 완전히 함침시키켜서 공극을 제거하고, 마이카 호스트에 수지성 절연물을 생성시키는 것으로 이루어진다. 약 20%의 압축이 일부 구체예의 VPI 공정에 특이적이다. 이러한 공정이 완결된 후에, 코일은 가열되어 수지를 경화시킨다. 수지가 촉진제를 함유할 수 있거나 테이프가 이를 지닐 수 있다. 이러한 전체 VPI(GVPI)의 변화는 건조한 절연 코일이 감기는 공정을 포함하며, 이어서 각각의 코일이 아닌 전체 스테이터가 진공 압력 함침된다. GVPI 공정에서, 코일은 수지에 의한 함침 전에 압축되는데, 그 이유는 건조한 코일이 함침 전에 그들의 최종 위치에 삽입되기 때문이다. 다양한 압축 방법이 상기 기재되어 있지만, 본 발명의 실질적인 압축 단계를 위해서 VPI/GVPI 함침 과정을 이용하는 것이 또한 가능하다.
- <114> 한 가지 특징으로, 본 발명은 호스트 수지 매트릭스를 포함하는 고열전도성 수지 및 고열전도성 충전제를 제공한다. 고열전도성 충전제는 호스트 수지 매트릭스와 연속적인 유기-무기 복합체를 형성하고, 길이가 1 내지 1000nm이며, 평균 외관비가 3 내지 100, 더욱 특히 10 내지 50이지만, 특정 입자의 외관비는 이러한 범위를 벗어날 수 있다. 일정 비율의 고열전도성 충전제는 육방정계, 등축정계, 사방정계, 능면체, 정방정계, 휘스커 및 튜브로부터 선택된 형태를 포함한다.
- <115> 특정의 특징으로, 일정 비율의 고열전도성 충전제는 이차 구조로 응집되며, 여기서, 응집체는 화학적 또는 물리적 결합에 의해서 함께 고정된다. 이차 구조체들 사이의 상호연결은 호스트 수지 매트릭스를 통해서 열적 전도를 생성시킨다. 응집된 이차 구조는 스택, 회전 타원체, 스플레이된 구체, 시이트, 수지상 별 및 진주 목걸이 모양중 적어도 하나를 형성한다. 그리고, 50 내지 100중량%의 고열전도성 충전제가 이차 구조를 형성한다. 또한, 5 내지 50%의 고열전도성 충전제는 이차 구조로 형성되지 않거나 그러한 구조로 제한적으로 응집된다. 이들은 응집체 형성을 가교하는 역할을 할 수 있다. 이차구조를 형성하지 않는 충전제는 이차 구조를 형성하는 HTC 충전제와는 상이한 형태의 충전제이다. 이들은 원반형 대신, 예를 들어, 형태적으로 상이한 로드로서, 붕소 니트라이드 기체가 아니라, 예를 들어, 화학적으로 상이한 알루미늄 기체일 수 있거나, 이들은 공동-반응성이 제한되도록 표면 처리될 수 있다. 또한, 다른 목적, 예컨대, 수지의 양호한 공동-반응성을 위해서, 표면 기가 충전제에 존재할 수 있다. 응집된 충전제가 또한 표면 기를 지니서 응집을 도울 수 있다.
- <116> 특정의 구체예에서, 고열전도성 충전제는 나노 충전제로 꾸며진 충전제를 포함한다. 나노 충전제는 전체 나노-꾸며진 충전제의 5 내지 10중량%일 수 있다. 다중 이차 구조가 동일한 호스트 수지 매트릭스내에 형성될 수 있다. 이차 구조의 사용은 점도를 감소시키거나 향상시킬 수 있다. 더 작은 응집체는 특정의 형태, 예컨대, 구체일 것임에 따라서 점도를 감소시킬 수 있다. 일반적으로, 높은 팩킹 밀도를 지니는 상이한 형상과의 이중 및 다중-모달(modal) 혼합이 점도를 감소시키고 열전도성을 증가시키는데 도움이 될 수 있다.
- <117> 특정의 구체예에서, 적어도 일부의 HTC 충전제는 길이가 약 50 내지 200nm인 육방정계 BN이다. 육방정계 붕소 니트라이드 충전제는 스택으로 응집될 수 있으며, 더 작은 육방정계 BN 충전제는 더 큰 육방정계 BN 충전제를 장식한다. BN에 대한 상보적 충전제는 로드 모양이다.
- <118> 또 다른 특징으로, 본 발명은 호스트 수지 네트워크, 제 1 부류의 무기 고열전도성 충전제 및 제 2 부류의 무기 고열전도성 충전제를 포함하는 연속적인 유기-무기 수지를 제공한다. 제 1 부류는 호스트 수지 네트워크에 고르게 분산되며 기본적으로는 완전히 호스트 수지 네트워크와 공동-반응하며, 제 2 부류는 호스트 수지 네트워크에 고르지 않게 분산되고 제 2 구조체내로 응집체를 형성한다. 고열전도성 충전제는 길이가 1 내지 1000nm이고, 평균 외관비가 3 내지 100이며, 육사이드, 니트라이드 및 카바이드중 하나 이상으로부터 선택된다. 적어도 일부의 고열전도성 충전제는 육방정계, 등축정계, 사방정계, 능면체, 정방정계, 휘스커 및 튜브중 하나 이상으로부터 선택된 형태를 포함한다. 특정의 경우에, 제 1 부류의 충전제 대 제 2 부류의 충전제의 비는 중량비로 3:1 내지 10:1이다. 제 2 부류의 충전제는 일부의 경우 자체 응집될 수 있거나 외부 메카니즘에 의해서 적어도 부분적으로 응집될 수 있다.
- <119> 일부 구체예에서, 호스트 수지 네트워크는 마이카 페이퍼 내로 함침된다. 그러한 경우에, 제 2 부류 충전제는 마이카 페이퍼층의 공극내에서 더 큰 농도로 응집된다. 다른 구체예에서, 고열전도성 충전제는 표면 처리되어 호스트 수지 네트워크와의 기본적으로는 완전한 공동-반응성을 가능하게 하는 표면 작용기가 도입된다. 특정의 구체예에서, 연속적인 유기-무기 수지는 최대 60중량%의 고열전도성 충전제를 포함한다.
- <120> 한 가지 예로, 제 1 부류의 충전제는 붕소 니트라이드이며 제 2 부류의 충전제는 알루미늄이다. 특히 양호한 예는 전체 유기-무기 수지 조성물의 15 내지 35중량%의 붕소 니트라이드 및 1 내지 10중량%의 알루미늄을 포함

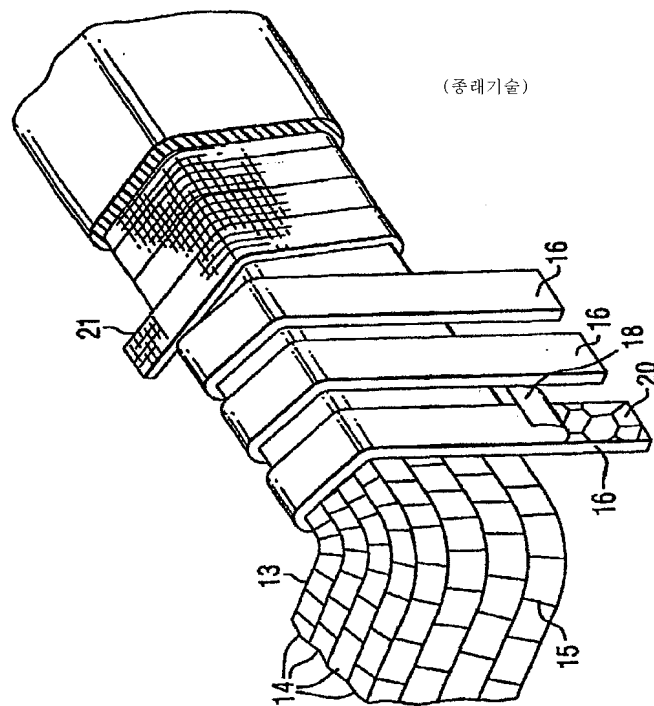
한다.

<121>

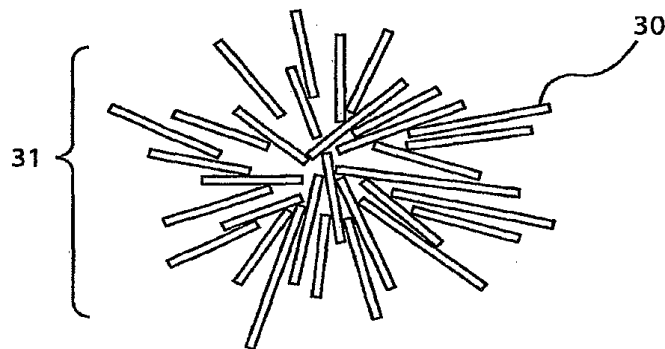
본 발명이 전기 산업에서의 용도로 주로 기재되고 있지만, 본 발명은 다른 분야에서도 동일하게 적용될 수 있다. 열 전도를 증가시키는 것이 요구되는 산업은 본 발명에 의해서 동일하게 유익할 수 있다. 예를 들어, 오일 가스를 포함한, 에너지, 화학, 공정 및 제조 산업, 및 자동차 및 항공 산업에 유익할 수 있다. 본 발명의 다른 중점 사항들은 부품의 향상된 밀도를 위한 요건이 국소 및 큰 영역에서 열을 효율적으로 제거하는 것을 필요로 하는 파워 전자제품, 통상의 전자 제품 및 집적회로를 포함한다. 또한, 본 발명의 특징의 구체예가 상세히 기재되어 있지만, 본 기술분야의 전문가라면, 그러한 상세사항에 대한 다양한 변화 및 변경이 본 명세서의 전체 교시사항에 의해서 개발될 수 있음을 인지할 수 있을 것이다. 따라서, 개시된 특징의 설명은 본 발명을 단지 예시하고자 하는 것이며, 본 발명의 범위를 제한하고자 하는 것이 아니고, 본 발명의 범위는 첨부된 청구 범위의 전체 범위 및 이의 어떠한 및 모든 등가물에 의해서 주어지는 것이다.

도면

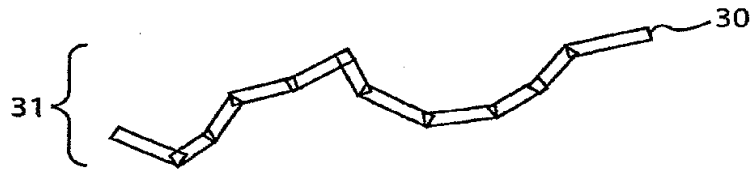
도면1



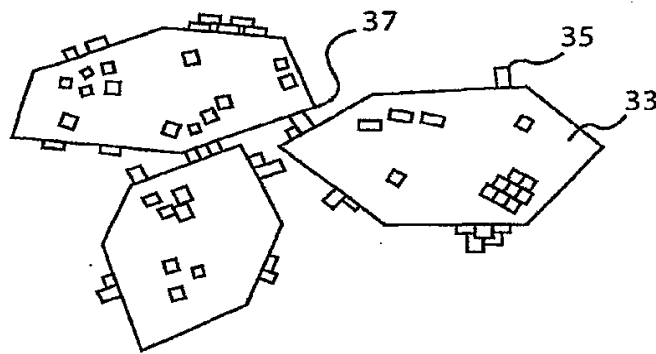
도면2



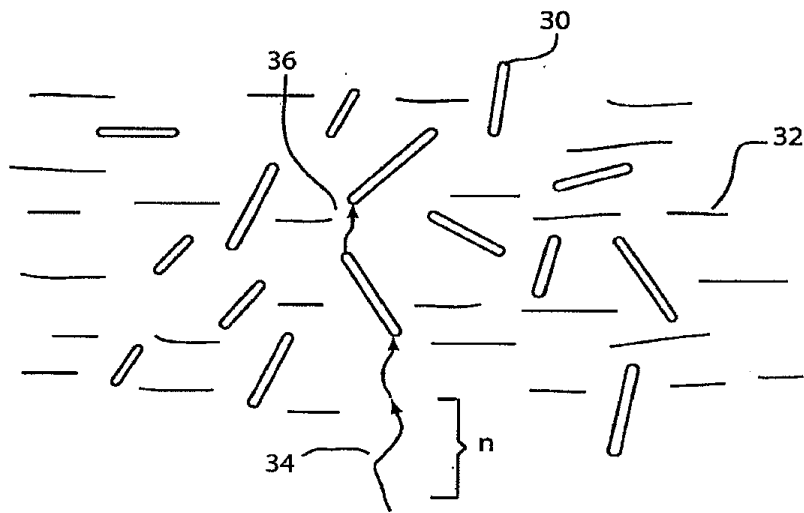
도면3



도면4



도면5



도면6

