



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년12월04일
 (11) 등록번호 10-1207775
 (24) 등록일자 2012년11월28일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08K 9/04 (2006.01) *H01B 3/00* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2006-7025148
- (22) 출원일자(국제) 2005년06월15일
 심사청구일자 2010년06월15일
- (85) 번역문제출일자 2006년11월29일
- (65) 공개번호 10-2007-0034475
- (43) 공개일자 2007년03월28일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2005/021217
- (87) 국제공개번호 WO 2005/124790
 국제공개일자 2005년12월29일
- (30) 우선권주장
 11/106,845 2005년04월15일 미국(US)
 (뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문헌
 US20030040563 A1*
 JP2004051852 A*
 KR100428888 B1*
 WO2003040445 A1
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
지멘스 에너지, 인코포레이티드
 미국 플로리다주 올랜도 알라파야 트레일 4400 (우: 32826-2399)
- (72) 발명자
스미쓰, 제임스 데이비드 블랙홀
 미국 15146 펜실베니아 몬로이빌 드라케 드라이브 110
스테판, 게리
 영국 케이티24 6제이비 웨스트 홀슬리 씨레이 실크모어 레인 더월로우즈
우드, 존 윌리엄
 미국 32708 플로리다 윈터 스프링스 블랙 왈너트 코우트 1199
- (74) 대리인
정현주, 김미희, 이시용

전체 청구항 수 : 총 18 항

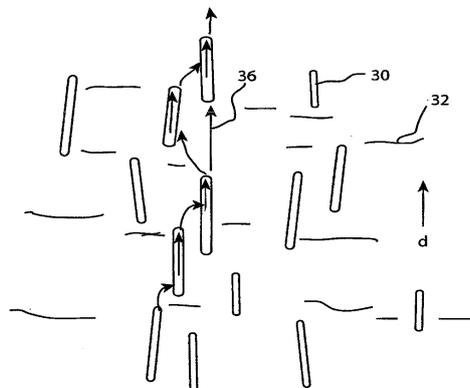
심사관 : 김재민

(54) 발명의 명칭 수지들 내에 배열되는 고열전도성 물질들

(57) 요약

일실시예에서, 본 발명은 호스트 수지 매트릭스(32) 및 고열전도성 필러(30)를 포함하는 고열전도성 수지를 제공한다. 고열전도성 필러는 호스트 수지 매트릭스와 연속적인 유기-무기 혼합물을 형성하고, 상기 필러들은 3-100 사이의 에스펙트 비율을 갖는다. 필러들은 호스트 수지 매트릭스에 걸쳐 거의 균일하게 분산되고, 본질적으로 동일한 방향으로 배열된다. 일부 실시예들에서, 수지들은 높게 구조화된 수지 타입들이다.

대표도 - 도3



(30) 우선권주장

11/152,985 2005년06월14일 미국(US)

60/580,023 2004년06월15일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

고열전도성 수지(high thermal conductivity resin)로서,
 호스트 수지 매트릭스(host resin matrix); 및
 고열전도성 필러(filler)들을 포함하고,
 상기 고열전도성 필러들은 상기 호스트 수지 매트릭스와의 연속적인 유기-무기 혼합물을 형성하고,
 상기 고열전도성 필러들은 3-100 사이의 에스펙트(aspect) 비율을 가지며,
 상기 고열전도성 필러들은 상기 호스트 수지 매트릭스에 걸쳐 균일하게 분산되며,
 상기 고열전도성 필러들은 동일 방향으로 배열되고,
 상기 고열전도성 필러들은 상기 고열전도성 필러들의 배열을 조정하기 위한 표면 코팅 또는 표면 기능 그룹들을 포함하는,
 고열전도성 수지.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 고열전도성 필러들은 1-1000 nm의 길이를 갖는, 고열전도성 수지.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 고열전도성 필러들은 다이아몬드, Al₂O₃, AlN, MgO, ZnO, BeO, BN, Si₃N₄, SiC 및 SiO₂ 중 적어도 하나인, 고열전도성 수지.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 고열전도성 필러들은 비-고열전도성 코어 및 상기 비-고열전도성 코어 상에 코팅되는 고열전도성 표면 코팅을 포함하는, 고열전도성 수지.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 호스트 수지 매트릭스는 액정 열경화성(LCT) 수지인, 고열전도성 수지.

청구항 6

고열전도성 수지를 제작하기 위한 방법으로서,
 호스트 수지 매트릭스에 고열전도성 필러들을 주입하는 단계;
 상기 호스트 수지 매트릭스에 걸쳐 균일하게 상기 고열전도성 필러들을 분산시키는 단계;
 상기 고열전도성 필러들 중 적어도 75%를 공통 방향의 15도 내로 배열시키는 단계; 및
 상기 호스트 수지 매트릭스를 경화시키는 단계를 포함하고,
 상기 고열전도성 필러들은 3-100 사이의 에스펙트 비율을 갖으며,
 상기 고열전도성 필러들은 상기 고열전도성 필러들의 배열을 조정하기 위한 표면 코팅 또는 표면 기능 그룹들을 포함하는,
 고열전도성 수지를 제작하기 위한 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서, 상기 고열전도성 필러들은 상기 호스트 수지 매트릭스와 연속적인 유기-무기 혼합물을 형성하는, 고열전도성 수지를 제작하기 위한 방법.

청구항 8

제 6항에 있어서, 상기 고열전도성 필러들은 1-1000 nm의 길이를 갖는, 고열전도성 수지를 제작하기 위한 방법.

청구항 9

제 6항에 있어서, 상기 배열은 상기 고열전도성 필러들의 자체-배열 및 집단화에 의해서 이루어지는, 고열전도성 수지를 제작하기 위한 방법.

청구항 10

제 6항에 있어서, 상기 배열은 외부 필드(external field)를 인가함으로써 이루어지는, 고열전도성 수지를 제작하기 위한 방법.

청구항 11

제 10항에 있어서, 상기 외부 필드는 기계, 전기, 자기, 음파 및 초음파 중 하나인, 고열전도성 수지를 제작하기 위한 방법.

청구항 12

제 6항에 있어서, 상기 고열전도성 필러들은 필드 응답 물질을 포함하는 표면 코팅을 포함하는, 고열전도성 수지를 제작하기 위한 방법.

청구항 13

제 6항에 있어서, 상기 고열전도성 필러들은 필드 응답 코어 및 상기 필드 응답 코어 상에 코팅된 고열 전도성 표면 코팅을 포함하는, 고열전도성 수지를 제작하기 위한 방법.

청구항 14

제 6항에 있어서, 상기 호스트 수지 매트릭스는 상기 고열전도성 필러들과 균일하게 배열되는 액정 열경화성(LCT) 수지를 포함하는, 고열전도성 수지를 제작하기 위한 방법.

청구항 15

제 1항에 있어서, 상기 고열전도성 필러들은 상기 호스트 수지 매트릭스 내에 서브구조들을 형성하고, 상기 서브구조들은 컬럼들, 층들 및 대형 격자들 중 적어도 하나를 포함하는, 고열전도성 수지.

청구항 16

제 15항에 있어서, 상기 고열전도성 필러들은 산화물, 질화물 및 탄화물들 중 적어도 하나인, 고열전도성 수지.

청구항 17

제 15항에 있어서, 상기 고열전도성 필러들은 외부 필드에 반응할 수 있는 금속 및 유기-금속 화합물들 중 적어도 하나를 포함하는, 고열전도성 수지.

청구항 18

고열전도성 수지가 주입되는 다공성 매질로서,
 다공성 매질; 및
 제 1항의 상기 고열전도성 수지를 포함하고,
 상기 고열전도성 필러들은 부피로 상기 고열전도성 수지의 5-60%를 포함하고,
 상기 고열전도성 필러들은 10-50의 에스펙트 비율을 갖는,
 고열전도성 수지가 주입되는 다공성 매질.

명세서

기술분야

[0001] 본 출원은 Smith 등에 의해서 2004년 6월 15일에 출원된 미국 가출원 60/580,023호의 우선권을 청구하며, 상기 우선권은 여기에서 참조문헌으로서 포함된다. 본 출원은 또한 2005년 4월 15일에 출원된 미국 출원 11/106,845호의 우선권을 청구하며, 상기 우선권은 여기에서 참조문헌으로서 포함된다. 본 출원은 추가적으로 Smith 등에 의해서 모두 함께 출원된 "High Thermal Conductivity Materials Incorporated into Resins", "High Thermal Conductivity Materials with Grafted Surface Functional Groups", 및 "Structured Resin Systems with High Thermal Conductivity Fillers"란 명칭들의 미국 특허 출원들에 관련되며, 상기 출원들은 여기에서 참조문헌으로서 포함된다.

[0002] 본 발명은 내부 포함되어 배열되어 있는 고열전도성 물질들을 갖는 수지들에 관한 것이다.

배경기술

[0003] 임의의 형태의 전기 기기를 사용하는데 있어서는 전기 절연성 전도체들이 필요하다. 크기를 계속해서 감소시키고 모든 전기 및 전자 시스템들을 능률화시키기 위해서는, 더 훌륭하면서 또한 더욱 소형인 절연체들 및 절연 시스템들을 찾는 것이 필요하다.

[0004] 다양한 에폭시 수지 물질들이 전기 절연 시스템에서 광범위하게 사용되고 있는데, 그 이유는 그들의 미립자들이 단단하고 표면들에 쉽게 부착될 수 있는 유동적인 전기 절연성 물질들이라는 이점이 있기 때문이다. 운모 플레이크 및 유리 섬유와 같은 통상적인 전기 절연성 물질들은 표면 코팅될 수 있고 또한 이러한 에폭시 수지들에 결합될 수 있어서, 증가된 기계적 강도, 화학적 저항성 및 전기 절연 특성들을 갖는 혼합물을 생성한다. 많은 경우에, 에폭시 수지들은 통상적인 유약들(vernishes)이 일부 고전압 전기 기기에서 계속 사용되고 있음에도 불구하고 그것들을 대체하고 있다.

[0005] 좋은 전기 절연체들은, 그들의 높은 특성으로 인해서, 훌륭한 열 절연체들이 되는 경우가 또한 있는데, 이는 바람직하지 않다. 열 절연 성질은 특히 공랭식의 전기 장치 및 부품들에게 있어서는 상기 부품들 및 장치의 효율성 및 내구성을 전반적으로 감소시킨다. 최대 전기 절연 특성 및 최소 열 절연 특성을 갖는 전기 절연 시스템들을 제작하는 것이 필요하다.

[0006] 전기 절연체는 종종 절연성 테이프들의 형태를 갖는데, 상기 테이프들 자체는 여러 층들을 갖는다. 이러한 타입의 테이프들로서 통상적인 것으로는 인터페이스에서 섬유 층에 결합되는 페이퍼 층이 있는데, 상기 두 층들에는 수지가 주입되기 쉽다. 선호되는 타입의 절연성 물질로는 운모-테이프가 있다. 운모 테이프들은 미국 특허 제 6,103,882호에 개시된 바와 같은 촉매화된 운모 테이프를 포함함으로써 개선된다. 운모-테이프는 매우 훌륭한 전기 절연성을 제공하기 위해서 전도체들에 감길 수 있다. 그 예가 도 1에 도시되어 있다. 도 1에서는 전도체들(14)의 여러 권선들을 포함하는 코일(13)이 도시되어 있는데, 여기서의 일례로서 베이클라이트 코일(bakelized coil)에 어셈블링된 것으로 도시되어 있다. 권선 절연(15)이 예컨대 열처리되는 유리 및 Dacron과 같은 섬유성 물질로 제작된다. 코일을 위한 접지 절연이 베이클라이트 코일(14)에 대해 혼합 운모 테이프(16)의 하나 이상의 층들을 감싸므로써 제공된다. 그러한 혼합 테이프는 예컨대 유리 섬유나 폴리에틸렌 글리콜 테레프탈레이트 매트와 이루어진 휘기 쉬운 배킹 시트(18)와 결합되는 작은 운모 플레이크들로 이루어진 페이퍼 또는 펠트일 수 있고, 운모(20)로 이루어진 상기 층은 액체 수지 결합기에 의해서 거기에 결합된다. 일반적으로, 혼합 테이프(16)로 이루어진 다수의 층들이 전압 요건에 따라서 코일에 감싸진다. 예컨대 유리 섬유와 같이 단단한 섬유 물질로 이루어진 외부 테이프(21)로 감싸는 것이 코일에 적용될 수 있다.

[0007] 일반적으로, 운모 테이프(16)로 이루어진 다중 층들이 고전압 코일들을 위해 통상 사용되고 있는 16개 이상의 층들과 코일을 감싼다. 다음으로, 수지가 테이프 층들에 주입된다. 수지들은 절연성 테이프와는 독립적인 절연으로서 사용될 수 있다. 불행하게도, 이러한 양의 절연들만이 소산 열의 복잡성을 추가한다. 필요한 것은 통상적인 방법들의 열보다 고열을 전도하지만 기계적인 그리고 열적인 호환성을 포함해서 전기 절연성 및 다른 성능 요인들을 떨어뜨리지 않는 전기 절연이다.

[0008] 종래 기술의 다른 문제점들이 또한 존재하는데, 그 중 일부는 아래의 내용을 읽음으로써 알게 될 것이다.

발명의 상세한 설명

[0009] 앞서 설명한 것을 고려한 상태에서, 본 발명에 따른 방법들 및 장치들은 HTC 물질들 사이의 평균 거리를 포는 평균 자유 경로 길이의 평균 거리 아래로 감소시키기 위해 고열전도성(HTC) 주입 매질을 통한 포논들의 운송을

용이하게 한다. 이는 포논 스퀘터링을 감소시키며, 열 소스로부터 멀리 떨어져서 포논들의 더 큰 네트 흐름(net flow) 유동을 생성한다. 다음으로, 수지들은 다층 절연성 테이프와 같은 호스트 매트릭스 매질에 주입될 수 있다.

[0010] 고열전도성(HTC) 유기-무기 하이브리드 물질들이 이산적인 2-상태 유기-무기 혼합물들로부터, 분자 합금들에 기초한 유기-무기 연속 상태 물질들로부터, 및 유기-무기 인터페이스가 덴드리머 코어-셸 구조 내에서 비이산적인 이산적인 유기-덴드리머 혼합물로부터 형성될 수 있다. 구조적인 엘리먼트들의 길이 스케일들을 보다 더 짧도록 보장함으로써 포논 운송을 개선하고 포논 스퀘터링을 감소시키며 또는 열 전송을 책임지는 포논 분산에 상응하는 연속 상태 물질 구조들이 형성될 수 있고, 및/또는, 포논 스퀘터링 센서들의 수가 매트릭스의 전체적인 구조적 순서를 개선시키고 및/또는 혼합물 내에서 인터페이스 포논 스퀘터링의 효과적으로 제거하거나 감소시킴으로써 감소된다. 연속 유기-무기 하이브리드들을 무기, 유기 또는 유기-무기 하이브리드 나노-입자들을 나노-미립자들 크기가 중합체나 네트워크 세그멘탈 길이(통상적으로 1 내지 50 nm 이상)와 거의 같거나 그보다 적은 선형 또는 교차결합된 중합체들(열가소성을 포함해서) 및 열경화성 수지에 포함시킴으로써 형성될 수 있다. 이러한 여러 타입의 나노-미립자들은 친밀하게 공유결합된 하이브리드 유기-무기 균일 물질들을 형성하기 위해서 반응성 표면들을 포함할 것이다. 연속적인 물질들을 형성하기 위해 매트릭스 중합체들 또는 반응성 수지들을 갖거나 그와 함께 반응할 수 있는 무기-유기 덴드리머들이 마찬가지로 요구된다. 두 이산적인 그리 비이산적인 유기-무기 하이브리드들의 경우에는, 연속적인 분자 합금을 형성하기 위해서 술겔 화학성질을 사용하는 것이 가능하다. 그로 인한 물질들은 통상적인 전기 절연성 물질들보다 더 고열전도성을 나타낼 것이며, 비반응 진공-압력 주입 수지들로서 활용되고 높은(거의 5 kV 초과) 그리고 낮은 전압(거의 5 eV 미만) 전기 기기, 부품들 및 제품들에서 회전 및 스테틱 전기 파워 플랜트에서 전기 절연 애플리케이션들을 동작시키기 위한 독립적인 물질들로서 활용될 때 통상적인 운모-유리 테이프 구조들에 있어 결합용 수지로서 사용될 수 있다.

[0011] 유기 호스트 물질들의 존재 시에 나노 내지 마이크로 크기의 무기 필러들을 사용하는 것에 기초하여서 그리고 규정된 물리적인 특성들 및 성능 특징들을 갖는 설계된 전기 절연성 물질들의 형성은 유기 호스트와의 친밀한 인터페이스를 형성할 수 있는 미립자 표면들의 생성을 필요로 한다. 이는 표면이 호스트 매트릭스와 화학적으로 및 물리적으로 호환되도록 하기 위해 필러들의 표면에 화학 그룹들의 그래프팅을 통해 달성될 수 있거나, 또는 표면들이 미립자와 호스트 간의 공유결합들을 형성하기 위해 유기 호스트와 반응하는 화학 반응성 기능 그룹들을 포함할 수 있다. 유기 호스트 물질들의 존재 시에 나노 내지 마이크로 크기의 무기 필러들을 사용하는 것은 벌크 유전 및 전기 특성들 및 열전도성 이외에도 정해진 표면 화학 성질을 갖는 미립자들의 생성을 필요로 한다. 대부분의 무기 물질들은 상이한 전기 절연 응용에 적합하기 위해서 또는 특성들과 성능의 올바른 균형을 갖는 혼합물을 달성하기 위해서 모양 및 크기와 같은 구조적인 특징들과 특성들의 독립적인 선택을 가능하게 하지 않는다. 이는 적절한 벌크 특성들 및 모양과 크기 특징들을 갖는 미립자를 선택한 후에 표면 및 인터페이스 특성들과 다른 특징들을 변경하여 전기 절연 응용들에 필요한 혼합물 특성들 및 성능의 추가적인 제어를 달성함으로써 이루어질 수 있다. 이는 금속 및 비금속 무기 산화물들, 질화물들, 탄화물 및 혼합형들의 생성을 포함할 수 있는 미립자들의 적절한 표면 코팅이나 또는 전기 절연 시스템에서 호스트 물질로서 기능하는 적절한 유기 매트릭스들과 반응할 수 있는 반응성 표면 그룹들을 포함하는 유기 코팅들에 의해서 달성될 수 있다. 그로 인한 비반응 또는 부분 반응 형태의 하이브리드 물질들 및 혼합물들은 운모-유리 테이프 구조에서 결합용 수지들로서 사용될 수 있고, 다른 유리 섬유, 탄소 섬유 및 플라이-타입 및 직물 혼합물들에서 통상적인 운모 테이프 구조들을 위한 비반응 진공-압력 주입 수지들로서 사용될 수 있으며, 회전 및 스테틱 전기 전력 플랜트에서와 그리고 고전압 및 저전압 전기 기기, 부품들 및 제품들에서 전기 절연 애플리케이션을 동작시키기 위한 독립형 물질들로서 사용될 수 있다.

[0012] 일실시예에서, 본 발명은 고열전도성 필러를 포함하고 있는 호스트 수지 매트릭스를 포함하는 고열전도성 수지를 제공한다. 고열전도성 필러는 호스트 수지 매트릭스를 갖는 연속적인 유기-무기 혼합물을 형성하고, 그 필러들은 3-100 사이의 에스펙트 비율을 갖는다. 그 필러들은 호스트 수지 매트릭스에 걸쳐 균일하게 분산되고 본질적으로 동일 방향으로 배열되며, 또는 그것들은 그 물질을 가로지르는 침투 구조 내에서 연결된다. 일부 실시예들에서, 수지들은 높게 구조화된 수지 타입들이다.

[0013] 다른 실시예에서, 본 발명은 열전도성 수지를 제작하는 방법을 제공하는데, 상기 방법은 고열전도성 필러를 호스트 수지 매트릭스에 주입하는 단계와, 수지 매트릭스에 걸쳐 균일하게 고열전도성 필러를 분산시키는 단계를 포함한다. 다음으로, 상기 방법은 공통 방향의 15도 내로 고열전도성 필러들의 적어도 75%를 배열시키는 단계와 수지 매트릭스를 경화 또는 반-경화시키는 단계를 포함한다. 고열전도성 필러들은 3-100의 에스펙트 비율을 갖는다. 일부 실시예들에서, 필러는 호스트 수지 매트릭스를 갖는 연속 유기-무기 혼합물을 형성한다. 특정

실시예에서, 호스트 수지 매트릭스는 고열전도성 필러와 균일하게 배열되는 높게 구조화된 수지를 포함한다.

- [0014] 일 실시예에서, 상기 배열은 침투 구조를 형성하는 고열전도성 필러들의 자체-배열 및 집단화에 의해서 이루어지고, 다른 실시예에서, 상기 배열은 외부 필드를 적용함으로써 이루어진다. 외부 필드의 예들로는 기계, 전기, 자기, 음파 및 초음파가 있다. 일부 경우에는, 필러들이 제일먼저 필드 반응 물질들로 표면 코팅되고, 다른 경우에는, 필드 반응 필러들이 고열전도성 물질들로 코팅된다.
- [0015] 또 다른 실시예에서, 본 발명은 호스트 수지 매트릭스 및 고열전도성 필러를 포함하는 고열전도성 수지를 제공한다. 고열전도성 필러는 호스트 수지 매트릭스를 갖는 연속 유기-무기 혼합물을 형성하고, 고열전도성 필러들은 3-100의 에스펙트 비율을 갖는다. 필러들은 호스트 수지 매트릭스를 통해 실질적으로 균일하게 분산되고, 고열전도성 필러들은 호스트 수지 매트릭스 내에 구조들을 형성한다. 그 구조들은 컬럼들, 층들 및 대형 격자들 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0016] 또 다른 실시예에서, 본 발명은 고열전도성 물질이 로드되는 수지 및 다공성 매질을 포함하는 고열전도성 수지가 주입되는 다공성 매질을 제공한다. 고열전도성 물질은 수지 부피의 5-60%를 포함하고, 고열전도성 물질들은 10-50의 에스펙트 비율을 가지며, 본질적으로 동일 방향으로 다공성 매질 내에서 배열된다.
- [0017] 상세한 설명을 더 읽음으로써 알게 될 본 발명의 다른 실시예들이 또한 존재한다.
- [0018] 본 발명은 다음의 첨부 도면들을 참조한 예를 통해서 더 자세히 설명된다.

실시예

- [0025] 고열전도성(HTC:high thermal conductivity) 혼합물은 2-상태 유기-무기 하이브리드 물질들인 필러들과 결합되는 수지성 호스트 네트워크를 포함한다. 유기-무기 하이브리드 물질들은 2-상태 유기-무기 혼합물로부터, 분자 합금들에 기초하는 유기-무기 연속 상태 물질들로부터, 및 상기 유기-무기 인터페이스가 텐드리머 코어-셸 구조와 비이산적인 이산 유기-텐드리머 혼합물들로부터 형성된다. 구조적인 엘리먼트들의 길이 스케일들이 열 전송을 책임지는 포논 분산보다 더 짧거나 그와 동일하도록 보장함으로써 포논 운송이 개선되고 포논 스케터링이 감소된다.
- [0026] 2-상태 유기-무기 하이브리드들은 무기 마이크로, 메소 또는 나노-미립자들을 선형 또는 교차결합 중합체들(열가소성) 및 열경화성 수지들에 포함시킴으로써 형성될 수 있다. 호스트 네트워크들은 중합체들 및 다른 타입들의 수지들을 포함하는데, 그들은 아래에서 정의된다. 일반적으로, 호스트 네트워크로서 기능하는 수지는 미립자들과 양립적이고 필요할 경우에는 필러의 표면에 유도되는 그룹들과 반응할 수 있는 임의의 수지일 수 있다. 나노-미립자 크기들은 통상적으로 중합체 네트워크 세그멘탈 길이와 동일하거나 그보다 작다. 예컨대, 1-30 nm 이다. 무기 미립자들은 공유결합된 하이브리드 유기-무기 균질 물질들을 형성하기 위해서 반응성 표면을 포함한다. 미립자들은 산화물, 질화물, 탄화물, 및 산화물들, 질화물들 및 탄화물들의 하이브리드 화학량론 및 비화학량론적인 혼합물일 수 있고, 그에 대한 더 많은 예들이 아래에서 제공된다.
- [0027] 무기 미립자들은 호스트 네트워크와의 반응에 참여할 수 있는 다양한 표면 기능 그룹들을 유도하기 위해서 표면 처리된다. 표면 기능 그룹들은 수산기, 카르복실, 아민, 에폭사이드, 실란 또는 비닐 그룹들을 포함할 수 있지만, 그러한 것들로 제한되지는 않는다. 이러한 그룹들은 습식 화학적 방법, 비-균형 플라즈마 방법, 화학 기상 및 물리 기상 증착, 레이저 빔, 스퍼터 이온 플랫팅, 및 전자 및 이온 빔 발산 방법들을 사용하여 적용될 수 있다. 이러한 기술들 중 일부는 필러들에 코팅을 적용할 때도 사용될 수 있다.
- [0028] 이산적인 유기-텐드리머 혼합물들은 단일 물질을 형성하기 위해서 수지 매트릭스와 함께 또는 그것을 통해 반응할 수 있다. 텐드리머의 표면은 위에서 설명한 것들과 유사한 반응성 그룹들을 포함할 수 있는데, 그것들은 텐드리머-텐드리머 또는 텐드리머-유기 매트릭스 반응들이 발생할 수 있게 할 것이다. 텐드리머는 해당 반응성 그룹들을 포함하는 유기 셸 및 무기 코어를 가질 것이다. 공통적인 술-겔 화학작용에 수반되는 것과 유사한 무기 반응들에 참여할 수 있는 수산기 또는 실란 그룹핑들과 같은 반응성 그룹들을 또한 포함하는 무기 셸을 가진 유기 코어를 포함하는 것도 가능할 수 있다.
- [0029] 비이산적인 유기-무기 하이브리드들의 사용에 있어서는, 연속적인 분자 합금을 형성하기 위해 술-겔 화학작용을 사용하는 것이 가능하다. 수성 및 비수성 반응들을 수반하는 겔-술 화학작용들이 사용될 수 있다. 유기-무기 하이브리드들의 형성을 위한 다른 합성물들은 POSS(polyhedral oligomeric silsesquioxanes), TEOS(tetraethyl orthosilicate) 및 TBOT(tetrabutyl orthotitanate)와 유기 기능화된 무기 합성물들인 관련된 모노메트릭 및 올리고메트릭 하이브리드 합성물들을 포함한다. POSS의 예에서, 분자들은 R-SiO_{1.5}로 이루어진 빌딩 블록 주위

에 형성되는데, 여기서 다른 유기 합성물들 및 호스트 네트워크와 양립되거나 및/또는 반응하도록 R 그룹이 선택된다. 중합체 세그먼트 및 코일 구조의 크기와 같은 크기의 대형 분자들을 산출하기 위해서 기초 합성물들이 결합될 수 있다. POSS는 유기-무기 하이브리드들을 생성하기 위해 사용될 수 있으며, 열전도성을 포함한 특성들을 제어하기 위해 현존하는 중합체들 및 네트워크들에 그래프팅(grafted)될 수 있다. 그 물질들은 Aldrich™ Chemical Co., Hybrid Plastics™ INC. 및 Gelest™ INC.와 같은 제조업체로부터 획득될 수 있다.

[0030] 설명한 바와 같이, 포논 스케터링을 감소시키기 위해서 물질들의 구조 형태를 조정하는 것이 중요하다. 이는 또한 그 매트릭스들이 고열전도성을 나타내기 위해서 그리고 수지를 갖는 미립자 크기 및 그것의 인터페이스 특징들이 이러한 효과를 유지하기에 충분하도록 보장하기 위해서 그리고 포논 스케터링을 감소시키기 위해 길이 스케일 요건을 충족시키기 위해서 공지되어 있는 나노-미립자들을 사용함으로써 보조될 수 있다. 더욱 높게 정렬된 구조들의 선택은, 액정 에폭시들 및 폴리부탄들과 같은 호스트 수지로부터 형성될 수 있는 짧은 범위 주기 및 긴 범위 주기 모두와 사다리 또는 정렬된 네트워크를 갖는 반응성 텐드러머 격자들을 포함해서, 이를 이용할 것이다.

[0031] 충전된 수지들은 회로 기판들 및 절연성 테이프들과 같이 다양한 산업에서 결합 수지들로서 사용될 수 있다. 특정 종류의 절연성 테이프는 발전기 분야에서 사용되는 운모-유리 테이프이다. 이러한 타입들의 테이프들을 갖는 수지들은 결합 수지들로서 또는 해당 분야에 공지된 바와 같은 주입용 수지들로서 사용될 수 있다. 충전된 수지는 또한 로테이팅 및 스테틱 전기기기 부품들에서 전기 절연 응용들을 이행하기 위해 테이프들 없이도 발전기 분야에서 사용될 수 있다.

[0032] 테이프들은 전기 객체들에 적용되기 이전 또는 이후에 수지가 주입될 수 있다. 수지 주입 기술은 아래에서 더 상세하게 논의되는 VPI 및 GVPI를 포함한다. VPI에서는, 일단 테이프가 랩핑되어 주입되면, 그것은 압축된다. 일단 위치에서, 압축된 테이프의 수지는 경화되고, 이는 HTC 물질들의 위치를 효과적으로 고정시킨다. 일부 실시예들에서, 수지는 당업자에게 자명한 바와 같이 두 스테이지 처리에서 경화된다. 그러나, 로드된 HTC 물질들의 최적의 압축은 압축 스테이지 동안에 완전히 경화되지 않은 수지를 선호한다.

[0033] 도 2는 본 발명의 일실시예를 나타낸다. 도 2에는 수지 매트릭스(32)에 로드되는 HTC 물질들(30)이 도시되어 있다. 매트릭스를 통해 이동하는 포논들(34)은 평균 경로 길이(n)를 갖는데, 이는 포논 평균 자유 경로이다. 이러한 경로 길이는 수지 매트릭스의 정확한 혼합에 따라 변할 수 있지만, 에폭시 수지들과 같은 수지들에 대해서는 일반적으로 2 내지 100 nm, 더 통상적으로는 5-50 nm이다. 그러므로, 로드된 HTC 물질들 사이의 평균 거리는 그 거리보다 평균적으로 더 작아야 한다. HTC 물질들 사이의 거리는 테이프의 두께 대 가로방향에서 변할 수 있고, 그것은 일반적으로 공간이 최적화될 필요가 있는 두께 방향이라는 것을 주시하자.

[0034] 포논들(34)이 수지(32)를 통해 이동할 때, 그것들은 삼입된 HTC 물질들(30)을 따라 이동하기 쉬울 것이다. 이는 국부적인 포논 유동을 증가시킬 것인데, 그 이유는 원(raw) HTC 물질들이 대략 0.1-0.5 W/mK인 수지와는 대조적으로 10-1000 W/mK 사이의 열전도성을 가질 것이기 때문이다. 포논들이 로드된 HTC 물질들을 따라 이동할 때, 포논들(36)은 그 물질들 사이의 거리가 n 보다 작은 경우에 그 다음 HTC 물질로 이동하고, 그로인해서 HTC 물질들은 상호접속 네트워크를 형성한다. 도 2는 이상적인 경로를 도시한다. 실제로는, 비록 물질들 사이의 거리가 짧을수록 그리고 HTC 물질들과 수지 사이에서의 포논 전과 특징들의 일치가 양호할수록 스케터링도 더 적어지지만, 수지와 HTC 물질들 사이에 포논 흐름과 같은 포논 스케터링이 존재할 것이다.

[0035] 수지에 로드되는 HTC 물질들의 양은 실질적으로 매우 낮는데, 예컨대 도 2에 도시된 바와 같이 대략 10%이다. 따라서, 로드된 HTC 물질들 사이의 평균 거리 또는 길이 스케일은 n 보다 약간 클 수 있지만, 더 큰 백분율은 n 보다 작을 것이고 따라서 본 발명의 실시예들 내에 속할 것이다. 특정 실시예에서, 그 다음 HTC 물질로부터의 n 거리보다 작은 백분율 물질들이 50%를 초과하고, 특정 실시예에서는 75%를 초과한다. 특정 실시예에서, HTC 물질들의 평균 길이는 n 보다 더 큰데, 이는 포논 전송에 도움을 준다.

[0036] n 이 더 짧을수록 로드된 HTC 물질들의 농도를 더 커지고, 반대로, 미립자 크기가 클수록, 필요한 HTC 물질들을 적어진다. 특정 실시예는 수지들 및 필러들의 부피의 5-60% 로드된 HTC 물질들을 사용하고, 다른 특정 실시예에서는 25-40% 로드된 HTC 물질들을 사용한다. 수지가 테이프에 주입될 때, 그것은 테이프 섬유와 기판 사이의 공간을 채울 것이다. 그러나, 그 시점에 테이프 내의 HTC 분포는 종종 최적화되지 않으며, n 보다 큰 HTC 물질들 사이의 평균 거리를 가질 수 있다. 본 발명의 미립자는 수지가 주입된 테이프들을 압축하며, 로드된 HTC 물질들 사이의 거리를 감소시킨다.

[0037] 로드된 수지가 테이프에 주입되고 있을 때, 테이프의 섬유들 또는 미립자들은 특히 수지가 30% 이상의 필러인

경우에 HTC 물질들 중 일부를 차단하는 기능을 한다. 그러나, 테이프들을 압축함으로써, 그 역 상황이 발생하고, HTC 물질들이 전체적인 구조의 비-이동 파트들에 스스로 붙을 때 테이프 내에서 트래핑된다. HTC 필러들은 서로 고정시킨다. 주어진 실시예에서, 그것은 필러들이 수지 매트릭스와 반응하지 않는다는 것을 의미하지만, 일부 실시예에서는, 필러들은 수지와의 공유 결합들을 형성하며 더욱 균일한 매트릭스들을 형성한다. 균질한 매트릭스에서, 필러들에 결합하는 수지 분자들은 압축 동안에 비결합된 수지 분자들보다 더 잘 유지될 것이다.

[0038] 수지들은 다양한 산업분야에서 사용되며, 매우 많이 사용된다. 수지들의 상이한 특성들은 그들의 사용뿐만 아니라 그들이 사용되는 제품들의 품질 및 효율성에도 영향을 준다. 예컨대, 수지들이 전기 절연 응용에서 사용될 때는, 그들의 유전 강도 및 전압 내구성 특징들은 열적 안정성 및 열적 내구성과 마찬가지로 높을 필요가 있다. 그러나, 종종 이러한 목적들과는 반대로, 수지들은 또한 일반적으로 낮은 열전도성을 가질 것이다. 본 발명은 수지들과 절연 시스템의 여러 물리적인 특성들의 균형을 맞추는데, 그들은 통상적인 전기 절연성 물질들보다 더 높은 열전도성을 갖지만 유전 강도, 전압 내구성, 열적 안정성 및 열적 내구성과 같은 중요한 물리적인 특성, 기계적인 강도 및 점탄성 응답을 적절히 유지하고 더욱 향상시키는 시스템을 생성하기 위해 유도된다. 열, 진동 및 기계적인 사이클링 효과들에 의해서 야기되는 압력을 유도하는 균열 및 미세공간이 감소되거나 제거된다. 여기서 사용되는 바와 같이, 수지란 용어는 변경된 엑포시드들, 폴리에스테르들, 폴리우레탄들, 폴리이미드들, 폴리에스테르이미드들, 폴리에테르이미드들, 비스말레이미드들, 실리콘들, 폴리실록산들, 폴리부타디엔들, 시안산염 에스테르들, 탄화수소 등을 포함하는 모든 수지들 및 에폭시 수지들을 지칭할 뿐만 아니라 이러한 수지들의 균질한 혼합물들을 지칭한다. 이러한 수지들의 정의는 교차결합제들, 촉매제들 및 다른 촉진제 및 처리 보조제들과 같은 부가물들을 포함한다. LCT(liquid crystal thermosets) 및 1,2 비닐 폴리부탄과 같은 특정 수지들은 낮은 분자량 특징들을 양호한 교차결합 특성들과 결합한다. 수지들은 지금까지 원자, 규산염 및/또는 알루미늄 규산염 성분들을 포함하는 무기 매트릭스, 및 유기 및 무기 매트릭스의 혼합물을 갖거나 혹은 갖지 않는 탄화수소와 같은 유기 매트릭스일 수 있다. 유기 매트릭스의 예들은 중합체들 또는 반응성 열경화성 수지들을 포함하는데, 그것들은 만약 필요하다면 무기 미립자 표면들 상에 유도되는 반응성 그룹들과 반응할 수 있다. 교차결합제들은 최종적인 교차결합 네트워크의 구조 및 세그멘탈 길이 분산을 조정하기 위해 수지에 추가될 수도 있고, 이는 열전도성에 긍정적인 영향을 준다. 이러한 열전도성 개선은 또한 촉매제들, 촉진제들 및 다른 처리 보조제들과 같은 다른 수지 부가물들에 의한 변경을 통해서 획득될 수도 있다. LCT 및 1,2 비닐 폴리부탄과 같은 특정 수지들은 낮은 분자량 특징들을 양호한 교차결합 특성들과 결합한다. 이러한 타입의 수지들은 포논 운송의 향상시키는 열의 개선된 전도를 유도할 수 있는 그들의 서브-구조의 개선된 마이크로 및 매크로 정렬로 인해서 열을 더 잘 전도하는 경향이 있다. 포논 운송이 양호할수록 열 전송도 좋아진다.

[0039] 본 발명의 고열전도성 필러들이 수지들과 혼합될 때, 그들은 연속적인 제품을 형성하는데, 수지들과 필러들 사이에는 어떠한 인터페이스도 존재하지 않는다. 일부 환경에서, 공유결합이 필러들과 수지 사이에 형성된다. 그러나, 연속성은 다소 주관적이며, 관측기가 사용되고 있는 스케일에 따라 좌우된다. 매크로-스케일 상에서, 제품은 연속적이지만, 나노-스케일 상에서는 필러들과 수지 네트워크 사이에 독특한 상태들이 존재할 수 있다. 그러므로, 수지들과 혼합하는 고열전도성 필러들을 지칭할 경우에는, 상기 필러들은 매크로-스케일 상에서는 연속적인 유기-무기 혼합물을 형성하는 반면에, 마이크로-스케일 상에서는 동일한 혼합물이 하이브리드로서 지칭될 수 있다. 마찬가지로, 필러들 및 그들이 가질 수 있는 임의의 코팅 사이에는 연속성이 존재한다.

[0040] 설명한 바와 같이, 충전된 수지는 로테이팅 및 스택 전기기기 성분들에서 전기 절연 응용을 이행하기 위해 테이프들없이 발전기 분야에서 사용될 수 있다. 발전기에서 고열전도성 물질들의 사용은 다각적이다. 고정자 코일 내에서는 설계를 최적화시키기 위해서 고열전도성을 가져야 하는 갱내수(groundwall) 이외의 성분 물질들이 존재한다. 마찬가지로, 열 제거를 극대화시키기 위해서 코일과 연관된 다른 성분들도 존재한다. 고정자 설계의 향상은 그 향상이 발전기 효율성이 극대화될 수 있도록 회전자 설계에 대해 이루어져야 한다는 것을 나타낸다.

[0041] 수지에서 HTC 필러들/물질들의 분산은 사용되는 HTC 필러의 타입에 동일하게 중요할 수 있다. 필러들이 함께 응집하지 않고 또한 수지 매트릭스보다는 서로 과도하게 반응하지 않는다. 중요한 것은 HTC 물질들이 일단 수지 내에 있는 경우 상기 HTC 물질들이 취할 수 있는 배열이다. 통상적으로, 필러들은 랜덤하게 배열될 것이며, 만약 통상적인 통합 기술이 적용되면 자체적으로 집단화될 수 있다. 그러나, 본 발명은 HTC 필러들을 수지에서만, 또는 열이 배열된 필러들의 방향을 따라 더 흐를 수 있도록 하기 위해 수지가 섬유 매질에 주입될 때에 HTC 필러들을 배열한다.

[0042] 도 3은 본 발명의 일실시예를 도시한다. 호스트 수지(32)의 HTC 물질들(30)은 거의 동일한 방향(d)으로 배열된다. 그 결과 수지를 통과하는 열(36)은 다른 방향보다는 d의 방향으로 쉽게 이동하기 쉬울 것이다. HTC 물질들

모두가 배열될 필요는 없지만, 본 발명의 일 실시예는 d의 +/- 15° 내로 배열되는 나노필러들의 적어도 75%를 계획한다.

- [0043] HTC 필러들의 배열은 표면 코팅 및 표면 기능 그룹들과 같은 특징들에 의해서 조정될 수 있는데, 상기 표면 코팅 및 표면 기능 그룹들은 서로 간에 다소 반응하는 표면 그룹들을 갖지만 수지 매트릭스와 최적의 반응을 유지하는 수지 내에서 필러들의 일반적인 분산에 영향을 줄 수도 있다. 다이아몬드상 코팅(diamond like coatings), 산화물, 질화물 및 탄화물들과 같은 무기 표면 코팅들이 생성될 수 있고, 상기 무기 표면 코팅들은 필러 크기 및 모양 분산과 결합될 경우에는 절연 시스템의 벌크 열 및 전기 전도성을 제어함으로써 정해진 침투 구조를 제공한다. 반응성 표면 기능 그룹들이 또한 무기 코팅의 일부분인 표면 그룹들로부터 형성될 수 있거나, 추가적인 기능 그룹들을 적용함으로써 달성될 수 있거나, 그 둘 모두를 통해 형성될 수 있다. 추가적인 기능 그룹들은 위에서 설명한 바와 같은 호스트 유기 매트릭스와의 화학 반응에 이용가능하게 될 수산기, 카르복실, 아민, 에폭사이드, 실란 또는 비닐 그룹들을 포함하는 유기 코팅들을 포함한다.
- [0044] 표면 코팅된 필러들에 있어서, 필러들의 지향성, 위치 및 구조적인 구성은 자체적으로 배열 및 응집하기 위해 표면 코팅의 선택된 특성을 통해서나 또는 외부 필드를 인가함으로써 조정될 수 있다. 그러한 필드들의 예들로는 자기, 전기 및 기계(AC/다이내믹, DC/스태틱, 펄스 및 그것들의 결합), 음파 및 초음파가 있다. 예컨대, 유전영동(dielectrophoresis) 또는 전기영동(electrophoresis)이 사용될 수 있다. TiO₂와 같은 코팅들은 전기 필드에 반응할 것이지만, Ni, Co, Mn, V, Cr 또는 Fe 화합물들을 포함하거나 또는 그것들로 구성되는 코팅들은 상자성(paramagnetic) 또는 강자성(ferromagnetic) 방식으로 자기 필드에 응답할 것이다. 금속 아세틸아세토네이트(metal acetylacetonates), 페로크롬(ferrocene), 금속 포피린(metal porphyrins) 및 금속 프탈로시아닌(phthalocyanines)과 같은 유기금속 화합물이 또한 사용될 수 있다.
- [0045] HTC 물질들이 위에서 설명된 필드들에 반응하는 비-HTC 필러들 상에 표면 코팅될 수 있다. 예컨대, TiO₂ 코어에는 BN 표면 코팅이 제공될 수 있다. 이는 실제로 HTC 필러 상에 필드 반응 표면 코팅을 놓는 것보다 더 효과적일 수 있는데, 그 이유는 이 방법을 통해서서 필러의 벌크가 필드에 반응할 것이고, 반면에 그 필러를 통과하는 열은 표면을 따라 이동하기 쉬운 것이기 때문이다.
- [0046] 수지들은 간단히 적소에서 배열을 고정시키기 위해 경화될 필요가 있다. 그러나, 일부 실시예들에서, 수지들은 반응하지 않을 수 있거나 또는 반경화상태나 반유체 상태일 수 있고, 따라서 상기 수지들은 경화되기 이전에 적절히 적용되거나 위치지정될 수 있다. 예컨대, HTC 필러들을 갖는 수지는 테이프 및 배열된 HTC 필러들에 주입될 수 있다. 다음으로, 테이프는 전기 객체를 감쌀 수 있고, HTC 필러들은 테이프에 대해서 그들의 배열을 유지할 수 있다. 일단 객체가 감겨지면, 수지는 이어서 경화될 수 있다. VPI 및 GVPI의 경우에, HTC 필러들을 포함하는 수지는 테이프에 주입될 것이고, 이어서 필드에 의해 배열되며, 경화 처리 동안에 그 배열이 고정된다.
- [0047] 위의 설명은 필러들이 서로 간의 거의 직접적인 접촉없이 배열한다고 가정한다. 그러나, 일부 실시예들에서, 필러들은 컬럼들, 층들 또는 대형 격자들 및 진주 목걸이와 같은 구조들을 수지 내에 형성한다. 이들에 대한 예들이 도 4 내지 도 6에 제공되어 있다. 여기서 설명된 바와 같이, HTC와 연계하여 사용될 때의 물질들, 미립자들 및 필러들은 동의어들이다.
- [0048] 도 4를 참조하면, 컬럼(42)이 수지(32)에서 다른 HTC 필러들(30)을 따라 존재한다. 본 예에서, 비-컬럼형 필러들(30)은 컬럼과 거의 동일한 방향으로 배열된다. 수지를 통과하는 열(미도시)은 밀접하게 패킹된 컬럼을 가능하게 하기 쉬운 것이다. 이는 단지 일예이고, 다른 예들은 외부 필드 효과 또는 자체-응집으로 인해서 더 높은 미립자 농도뿐만 아니라 컬럼으로의 미립자 이동을 포함할 수 있다는 것을 주시하자. 컬럼들은 필드의 측정된 시간들에서 스위칭 온 및 오프 또는 필드의 느린 변경과 같은 효과들의 결합으로 인해서 형성될 수 있다.
- [0049] 도 5를 참조하면, 일부 스케터링된 필러들(30)과 함께 수지(32) 내에서 층들(44)의 단면도가 도시되어 있다. 도 4의 컬럼들과 마찬가지로, 열은 층들 사이에서 이동하는 감소된 열 흐름을 가지고 층을 따라 이동할 것이다. 마찬가지로, 대형 격자에서는 열이 대형 격자 구조를 따라 신속하게 전도될 것이다. 대형 격자의 모양은 예컨대 나노입자들 또는 POSS 타입 분자들로 이루어진 고리 또는 우리 유닛 셀일 수 있고, 이는 예컨대 큐빅 또는 면심큐빅(face-centered cubic) 대형 격자와 같은 구성된 결정학적인 타입 구조를 생성할 것이다.
- [0050] 액체 상태의 액정 수지들과 같은 수지들이 또한 설명된 것과 유사한 방식으로 동일한 포스 필드들(fields of force)에 의해서 배열될 수 있다. 이는 필요한 고정 구조들을 달성하기 위해서 교차결합에 의해 고정될 수 있는 수지의 바람직한 지향성 및 구조적인 특징을 제공할 것이다. 액정들은 또한 개선된 특성들을 생성하기 위해

서 이중 구조 배열을 유도하는 지향 동안에 필러들과 상호작용할 수 있다. 또한, 필러들은 수지 분자들에 공유 결합될 수 있으며, 일체화 배열될 수 있다.

[0051] 도 6은 그에 대한 예를 나타낸다. 도 6에서, 수지는 작은 스케일 상에 자체 배열하는 경향이 있는 메소제닉 그룹들(mesogenic groups)(40)을 형성하는 LCT 타입 수지이다. 그 메소제닉 그룹들은 수지의 타입에 따라 0.5-100 nm의 길이를 갖기 쉬우며, 메소제닉 그룹들의 집단이 수백 나노미터의 길이를 가질 수 있다. 메소제닉 그룹들 내에는 HTC 필러들(30)이 배열된다. 특정 실시예에서, 메소제닉 그룹들은 HTC 필러들과 일체화 배열된다. 그럼으로써, 나노필러들의 배열은 메소제닉 그룹들의 배열에서 도움을 줄 수 있고, 수천 나노미터의 길이인 배열된 영역을 생성한다. 반대로, 높게 구조화된 수지 방식들이 주입된 HTC 필러들의 배열을 돕는 것이 가능하다.

[0052] 본 발명의 일 실시예는 수지들의 열전도성을 향상시키기 위해서 고열전도성(HTC) 물질들을 수지들에 추가한다. 일부 실시예들에서는, 수지들의 다른 물리적인 특성들이 고열전도성과의 균형에 있어 감소되지만, 다른 실시예들에서는, 다른 물리적인 특성들 중 일부가 상당히 영향을 받지 않을 것이며, 일부 특정 실시예에서는 이러한 다른 특성들이 향상될 것이다. 특정 실시예에서는, 서브-구조들을 정렬시키는 LCT 에폭시와 같은 물질들이 수지들에 추가된다. 이러한 타입의 수지들에 추가될 때, 사용되는 HTC 물질의 양은 서브-구조들이 정렬되지 않은 수지들에서의 사용에 비해 감소될 수 있다.

[0053] 수지들에 로드되는 HTC 물질들은 추가될 수 있는 다양한 물질들이고, 그로인해서 그것들은 열전도성을 향상시키기 위해 수지들과 물리적으로 및/또는 화학적으로 상호작용하거나 그에 반응할 수 있다. 일 실시예에서, HTC 물질들은 텐드리머들이고, 다른 실시예에서 그것들은 3 내지 100 이상, 더 특별하게는 10 내지 50의 범위를 갖는 에스펙트 비율들(평균 종방향 크기 대 평균 횡방향 크기의 비율)을 갖는 높은 에스펙트 비율 미립자들을 포함하는 정해진 크기 또는 모양을 갖는 나노 또는 마이크로 무기 필러들이다.

[0054] 관련된 실시예에서, HTC 물질들은 정해진 모양 및 모양 분포를 가질 수 있다. 두 경우에, 필러 미립자들의 농도 및 상대적인 농도는 향상된 열전도성을 갖는 구조적으로 안정적인 이산 두 상태 화합물을 달성하기 위해 볼륨 필링을 통해서 및 그것을 통하지 않고 고열전도성을 제공하는 벌크 연결(또는 소위 침투) 구조라 달성될 수 있게 선택된다. 다른 관련 실시예에서, HTC 물질들의 방향은 열전도성을 증가시킨다. 또 다른 실시예에서, HTC 물질들의 표면 코팅은 포논 전송을 향상시킨다. 이러한 실시예들은 다른 실시예들과 별도로 독립적일 수 있거나 완전히 관련될 수 있다. 예컨대, 텐드리머들은 열경화성 및 열가소성 물질들과 같은 다른 타입들의 높게 구조화된 물질들과 결합된다. 그들은 호스트 매트릭스에 걸쳐 분포됨으로써, HTC 물질들이 포논 스케터링을 감소시키며 또한 포논에 대한 마이크로-스케일 브릿지들을 제공하여 HTC 물질들 사이의 양호한 열전도성 인터페이스들을 제공한다. 상기 높게 구조화된 물질들은 열전도성이 국부적인 또는 벌크 이방성 전기 절연성 물질들을 생성하기 위해 단일 방향을 따라 증가되도록 정렬된다. 다른 실시예에서, HTC는 금속 산화물, 탄화물 또는 질화물을 갖는 더 낮은 열전도성 필러들 및 정해진 벌크 특성들을 갖는 필러들에 물리적으로나 또는 화학적으로 첨부되는 고열전도성을 가진 혼합된 시스템들의 표면 코팅에 의해서 달성되고, 상기 첨부물은 화학 기상 증착 및 물리 기상 증착과 같은 처리들 및 플라즈마 처리에 의해서 달성된다.

[0055] 관련된 실시예에서, HTC 물질들은 불필요한 마이크로스코픽 인터페이스들, 가변적인 입자 적음 및 마이크로 공간 형성이 본질적으로 없는 수지들과 본질적으로 균일한 혼합물들을 형성한다. 이러한 균일한 물질들은 통상적인 전기 절연성 물질들에서의 포논 파장 또는 포논 평균 자유 경로보다 더 짧은 길이 스케일들로 비이산적인 연속-상태 물질을 형성한다. 일부 실시예들에서는, 계획적인 인터페이스들이 유전성 파손을 제어하기 위해서 수지 구조에 놓일 수 있다. 절연성 물질들에서는, 유전성 파손이 올바른 상황이 주어지는 경우에 발생할 것이다. 2-상태 시스템에서 인터페이스들의 특성 및 공간 분포를 제어함으로써, 유전성 파손 강도 및 장기 전기 내구성이 강화될 수 있다. 유전성 강도의 증가는 증가된 밀도, 마이크로 공간들의 제거, 및 고도의 내부 기계적인 압축 강도로 인해서 부분적으로 이루어질 것이다.

[0056] 본 발명의 수지들은 운모 테이프 및 유리 및 폴리에스테르 테이프와 같은 다른 혼합물 구조들의 주입을 위해 사용될 수 있다. 전기 절연을 위해 통상적으로 사용되는 표준 운모(Muscovite, Phlogopite) 외에도, Kaolinite, Halloysite, Montmorillonite 및 Chlorite와 같은 수 개의 다른 운모 유형 Alumino-Silicate 물질들뿐만 아니라 Biotite 운모가 존재한다. Montmorillonite는 높은 유전력 혼합물을 제공하기 위해서 중합체 수지들, 금속 양이온들, 나노 미립자들이 삽입될 수 있는 자신의 구조에 격자들을 갖는다.

[0057] 다른 실시예들에서, 본 발명은 절연이 요구되는 표면들에 연속적인 코팅으로 사용되는데, "연속적인 코팅"은 마이크로-스케일 응용을 나타낸다. 연속적인 코팅에서, 수지는 테이프나 다른 기판을 필요로 하지 않고 코팅이나

물질들을 형성한다. 기관이 사용될 때는, HTC 물질들은 다양한 다른 방법들을 통해서 수지와 결합될 수 있다. 예컨대, 그것들은 수지가 기관에 추가되기 이전에 추가될 수 있거나, 또는 HTC 물질들이 수지가 기관에 추가되기 이전에 상기 기관에 추가될 수 있거나, 수지가 먼저 추가되고 이어서 HTC 물질이 추가되며 다음으로 추가적인 수지의 주입이 이루어진다. 다른 제작 및 처리 방법들이 당업자에게 자명할 것이다.

[0058] 일실시예에서, 본 발명은 더 높은 열전도성을 제공하고 또한 다른 중요한 특성들 및 성능 특성들을 유지 또는 개선시키는 새로운 유기-무기 물질들을 사용한다. 그러한 물질들은 다른 고전압 및 저전압 전기 절연 상황들에 적용되는데, 여기서는 고열전도성이 개선된 전력 등급, 감소된 절연 두께, 더 소형의 전기 설계들 및 고열 전송의 점에서 관점에서 장점을 제공한다. 본 발명은 알루미늄, 마그네슘 산화물, 탄화규소, 보론 질화물, 알루미늄 질화물, 아연 산화물 및 다이아몬드와 같은 나노, 메소, 및 마이크로 무기 HTC-물질들뿐만 아니라 다른 것들을 추가함으로써 더 높은 열전도성을 제공한다. 이러한 물질들은 다양한 결정학적 및 형태학적 형태들을 가질 수 있으며, 직접적으로나 또는 운송자 액체로서 기능하는 솔벤트를 통해서 매트릭스 물질들과 처리될 수 있다. 솔벤트 혼합물은 HTC 물질들을 운모-테이프와 같은 여러 기관들에 대한 매트릭스에 혼합하기 위해 사용될 수 있다. 대조적으로, 본 발명의 다른 실시예를 형성하는 분자 하이브리드 물질들은 이산적인 인터페이스들을 포함하지 않으며, 유기물 내의 무기물 상태에 의해서 제공되는 장점들을 갖는다. 이러한 물질들은 또한 열 안정성, 신장력, 휨율, 및 충격 강도와 같은 다른 물리적인 특성들, 가변적인 주파수 및 기계적인 모듈리 및 손실 및 일반적인 점탄성 응답 등에 대한 향상을 제공할 수도 있다.

[0059] 다른 실시예에서, 본 발명은 유기-무기 인터페이스가 덴드리머 코어-셸 구조와 비이산적인 이산 유기-덴드리머 혼합물들을 포함한다. 덴드리머들은 중앙 코어에 형성되는 3차원 나노스케일, 코어-셸 구조들의 부류이다. 상기 코어는 유기 또는 무기 물질일 수 있다. 중앙 코어 상에 형성함으로써, 덴드리머들은 동심 셸들(concentric shells)의 순차적인 추가에 의해서 형성된다. 그 셸들은 분기된 분자 그룹들을 포함하고, 각각의 분기된 셸은 제너레이션으로서 지칭된다. 통상, 사용되는 제너레이션의 수는 1 내지 10이고, 외부 셸에 있는 분자 그룹들의 수는 상기 제너레이션에 따라 지수적으로 증가한다. 분자 그룹들의 혼합은 정확히 합성되고, 외부 그룹핑들은 반응성 기능 그룹들일 수 있다. 덴드리머들은 수지 매트릭스와 결합할 뿐만 아니라 서로 간에도 링크할 수 있다. 그러므로, 그들은 HTC 물질로서 수지에 추가될 수 있거나, 다른 실시예에서는 통상적인 수지들의 추가없이도 매트릭스 자체를 형성할 수 있다.

[0060] 분자 그룹들은 서로 또는 수지들과 반응하는 그들의 능력을 위해 선택될 수 있다. 그러나, 다른 실시예들에서, 덴드리머들의 코어 구조는 열전도성을 돕기 위해 고유의 능력을 위해 선택될 것이다; 예컨대, 아래에 설명되는 바와 같은 금속 산화물.

[0061] 일반적으로, 덴드리머가 클수록, 포논 전송 엘리먼트로서의 그것의 기능 능력도 커진다. 그러나, 상기 물질을 침투하는 그것의 능력 및 극서의 침투 포텐셜은 그것의 크기에 악영향을 줄 수 있고, 따라서 최적의 크기들은 필요한 구조 및 특성들의 균형을 달성하려 한다. 다른 HTC 물질처럼, 솔벤트들은 운모 또는 유리 테이프와 같은 기관에서 그들의 침투를 돕기 위해 덴드리머들에 추가될 수 있다. 많은 실시예들에서, 덴드리머들은 다양한 다른 분자 그룹들을 갖는 다양한 제너레이션들과 사용될 것이다.

[0062] 상업적으로 이용가능한 유기 덴드리머 중합체들은 Polyamido-amine Dendrimers(PAMAM), 및 Polypropylene-imine Dendrimers(PPI), 및 PAMAM 내부 구조 및 유기-실리콘 외면을 갖는 덴드리머인 PAMAM-OS를 포함한다. PAMAM 및 PPI는 Aldrich Chemical™ 및 Dow-Corning™의 마지막 것으로부터 이용가능하다.

[0063] 함께 반응할 수 있거나 또는 단일 물질을 형성하기 위해 매트릭스 중합체들 또는 반응성 수지들과 함께 반응할 수 있는 기관을 갖는 무기-유기 덴드리머들에 대해 유사한 요건들이 존재한다. 이 경우에, 덴드리머의 표면은 덴드리머-덴드리머, 덴드리머-유기, 덴드리머-하이브리드, 및 덴드리머-HTC 매트릭 반응 중 어느 하나가 발생하도록 할 상술된 바와 유사한 반응성 그룹들을 포함할 수 있다. 이 경우에, 덴드리머는 해당하는 유기 또는 무기 반응성 그룹들 또는 리간드들(ligands) 중 하나를 포함하는 무기 코어 및 유기 셸, 또는 그 반대를 가질 것이다. 그러므로, 그것은 수산기, 실라놀, 비닐-실란, 에폭시-실란, 및 공통 솔-겔 화학에 수반되는 것들과 유사한 무기 반응들에 참여하는 다른 그룹핑들과 같은 반응성 그룹들을 또한 포함하는 무기 셸을 가진 유기 코어를 갖는 것이 가능하다.

[0064] 모든 경우에, 포논 운송은 향상되고, 구조적인 엘리먼트들의 길이 스케일들을 보장함으로써 감소된 포논 스케터링이 열 전송을 책임지는 포논 분포보다 더 짧거나 그와 동일하게 된다. 더 큰 HTC 특정 물질들은 당연히 포논 운송을 실질적으로 증가시킬 수 있지만, 더 작은 HTC 물질들은 수지 매트릭스의 특성을 변경시킬 수 있고, 그로 인해서 포논 스케터링의 변화에 영향을 준다. 이는 고열전도성을 나타내고 미립자 크기가 이러한 효과를 유지

하기에 충분하다는 것을 보장하며 감소된 포논 스퀘터링을 위한 길이 스케일 요건을 충족시키도록 하기 위해서 매트릭스들이 공지되어 있는 나노-미립자들을 사용함으로써 도움을 받을 수 있다. 또한, 짧은 범위 주기성 및 더 긴 범위 주기성 모두를 갖는 반응된 덴드리머 격자들을 포함하는 더욱 높게 순서화된 구조들 또는 액정 에폭시 수지들 및 폴리부탄과 같은 매트릭스들로부터 형성될 수 있는 사닥다리 또는 순서화된 네트워크 구조들의 선택을 고려하는 것이 필요하다. 종래 기술의 수지 매트릭스는 대략 0.15 W/mK의 최대 열전도성을 가질 것이다. 본 발명은 0.5 내지 5 W/mK의 열전도성 및 그 이상의 열전도성을 갖는 수지들을 제공한다.

[0065] 연속적인 유기-무기 하이브리드들은 나노-미립자들 크기들이 중합체나 네트워크 세그멘탈 길이(통상 1 내지 50 nm)와 거의 같거나 그 보다 작은 선형 또는 교차결합된 중합체들 및 열경화성 수지들에 무기 나노-미립자들을 통합함으로써 형성될 수 있다. 이는 다음과 같은 세 가지 루트들 또는 메커니즘들을 포함하지만 그것들로 제한되지는 않는다: (i) 사이드 체인 그래프팅(side chain grafting), (ii) 예컨대 두 중합체 체인 엔드들 사이의 포괄적인 그래프팅, (iii) 적어도 두 개 및 통상적으로는 수 개의 중합체 분자들을 수반하는 교차결합 그래프팅. 이러한 무기 나노-입자들은 친밀한 공유결합 하이브리드 유기-무기 균일 물질들을 형성하기 위해서 반응성 표면들을 포함할 것이다. 이러한 나노-미립자들은 금속 산화물들, 금속 질화물들, 및 금속 탄화물들이 수 있으며, 또한 일부 비금속 산화물들, 금속 질화물들 및 탄화물들일 수 있다. 예컨대 알루미늄, 마그네슘 산화물 및 아연 산화물 및 다른 금속 산화물, 보론 질화물 및 알루미늄 질화물 및 다른 금속 질화물, 탄화규소 및 다른 탄화물, 본래 또는 합성 근원을 갖는 다이아몬드, 및 각 타입의 여러 물리적인 형태들 중 임의의 형태 및 다른 금속 탄화물 및 하이브리드 화학량론적인 그리고 비화학량론적인 혼합 산화물들, 질화물들 및 탄화물들. 이들의 더 상세한 예들은 혼합된 화학량론적 및 비화학량론적인 결합들을 갖는 Al_2O_3 , AlN, MgO, ZnO, BeO, BN, Si_3N_4 , SiC 및 SiO_2 를 포함한다. 또한, 이러한 나노-미립자들은 호스트 유기 중합체나 네트워크와의 반응에 참여할 수 있는 다양한 표면 기능 그룹들을 유도하기 위해 표면 처리될 것이다. 실리카 및 다른 벌크 필러 물질들과 같은 비-HTC 물질들을 HTC 물질로 코팅하는 것이 또한 가능하다. 이는 더 비싼 HTC 물질들이 사용될 때 선택적일 수 있다.

[0066] 수지에서 HTC 물질들의 부피 백분율은 부피에 대해 거의 60% 이상까지일 수 있고, 더 특별하게는 부피에 대해 거의 35%까지일 수 있다. 더 높은 부피 충전은 매트릭스에 대한 더 높은 구조적인 안정성을 제공하기 쉽다. 그러나, 크기 및 모양 분포, 미립자 연관성 정도 및 배열을 제어함으로써, HTC 물질들은 부피에 대해 1% 미만으로 적게 점유할 수 있다. 구조적인 안정성 때문에 발생할 침투에 필요한 최소량보다 큰 양을 추가하는 것이 유용할 수 있다. 그러므로, 수지는 침투 구조 및 HTC 특징들에 손상을 주지않으면서 물리적인 변종 및 변형을 견딜 수 있다.

[0067] 표면 기능 그룹들의 추가는 수지 시스템을 형성하는 호스트 유기 중합체나 네트워크와의 화학적인 반응을 위해 이용가능하게 될 수산기, 카르복실, 아민, 에폭사이드, 실란 또는 비닐 그룹들을 포함할 수 있다. 이러한 기능 그룹들은 무기 필러들의 표면 상에 자연적으로 존재할 수 있거나, 또는 그것들은 습식 화학적 방법, 플라즈마 중합체화, 화학 기상 및 물리 기상 증착을 포함하는 비-균형 플라즈마 증착, 스퍼터 이온 플랫폼, 및 전자 및 이온 빔 발산 방법들을 사용하여 적용될 수 있다. 매트릭스 중합체나 반응성 수지는 나노-미립자들과 양립할 수 있는 임의의 시스템일 수 있고, 만약 필요하다면, 나노-미립자 표면에서 유도되는 반응성 그룹들과 반응할 수 있다. 이들은 에폭시, 폴리이미드 에폭시, 액정 에폭시, 시안산염-에스테르 및 다른 저 분자량 중합체들 및 다양한 교차결합제를 갖는 수지들일 수 있다.

[0068] 비-이산적인 유기-무기 하이브리드들의 경우에, 연속적인 분자 합금을 형성하기 위해서 솔-겔 화학작용을 이용하는 것이 가능하다. 이 경우에, 수성 및 비수성 반응들을 수반하는 솔-겔 화학작용들이 고려될 수 있다.

[0069] 본 발명의 제품들은 종래의 전기 절연성 물질들보다 더 높은 열전도성을 나타내며, 운모-유리 테이프 구성에서는 결합 수지로서 사용될 수 있고, 종래 운모 테이프 구성들을 위한 비반응식 진공-압력 주입 수지들로서 사용될 수 있으며, 로테이팅 및 스테틱 전기 전력 플랜트에서 및 고전압 및 저전압 전기 및 전자 기기, 성분들 및 제품들에서 전기 절연 응용들을 이행하기 위해 독립형 물질들로서 사용될 수 있다. 본 발명의 제품들은 서로 결합될 수 있을 뿐만 아니라 HTC-물질 및 종래의 다른 물질들과 결합될 수 있다.

[0070] 마이크로 및 나노 HTC 미립자들은 필라멘트들 및 분기된 덴드리틱들과 같은 원하는 구조 형태들로 자체 응집하는 그들의 능력들에 따라 선택될 수 있다. 비록 이러한 처리가 전기 필드, 자기 필드, 음파, 초음파, pH 조정, 표면활성제의 사용 및 다른 방법들과 같은 외부 힘에 의해서 변경될 수 있어서 미립자의 전하 분포를 포함한 미립자 표면 전하 상태에 대한 변화에 영향을 줄 수 있을지라도, 미립자들은 자연적으로 자체-어셈블링하는 그들의 능력에 대해 선택될 수 있다. 특정 실시예에서, 보론 질화물, 알루미늄 질화물, 다이아몬드와 같은 미립자

들은 원하는 형태들로 자체-어셈블링하도록 이루어진다. 이러한 방식으로, 원하는 응집 구조들이 높게 열적으로 전도성인 물질로부터 제작될 수 있거나 또는 호스트 매트릭스로의 통합 동안에 어셈블링될 수 있다.

[0071] 많은 실시예들에서, HTC 물질들의 크기 및 모양은 동일한 사용 동안에 변한다. 여러 범위의 크기 및 모양이 동일한 제품에서 사용된다. 여러 길고 또한 짧은 가변 에스펙트 비율 HTC 물질들은 수지 매트릭스의 열전도성을 개선시킬뿐만 아니라 잠재적으로는 개선된 물리적인 특성들 및 성능을 제공한다. 그러나, 관측되어야 하는 한 양상으로 미립자 길이는 기관/절연 층들 사이에 브릿징을 야기할 정도로 그리 길지 않다. 또한, 다양한 모양들 및 길이는 더욱 균일한 부피 채움 및 팩킹 밀도를 제공함으로써 HTC-물질들의 침투 안정성을 향상시킬 것이고, 그로 인해 더욱 균일한 매트릭스를 유도한다. 크기 및 모양들을 혼합할 때, 일실시예에서, 더 긴 미립자들은 더욱 로드-모양을 이루고, 반면에 더 작은 미립자들은 더 구면이고 플레이트렛 모양이거나 원반모양이고 심지어 입방형이다. 예컨대, HTC-물질을 포함하고 있는 수지는 10-50 nm 직경을 갖는 타원체들의 부피에 대해서 대략 55-65%를 포함하고, 10-50 μm 길이의 로드들의 부피에 대해서 대략 15-25%를 포함하며, 10-30% 부피의 수지를 갖는다.

[0072] 다른 실시예에서, 본 발명은 유기-무기 혼합물들에 기초하여 새로운 전기 절연성 물질들을 제공한다. 점탄 특성 및 열팽창 계수와 같은 다른 요인들 및 전체적인 절연성 이외에도 유전 특성들(유전율 및 유전 손실), 전기 전도성, 전기 강도 및 전압 내구성, 열 안정성, 신장율, 휨율, 충격 강도 및 열 내구성과 같은 다른 절연 특성들에 유해적인 영향을 주지 않고도 열전도성이 최적화된다. 유기 및 무기 상태들이 구성되며, 특성들 및 성능의 적절한 균형을 달성하기 위해 선택된다.

[0073] 일실시예에서, 원하는 모양 및 크기 분포와 선택된 표면 특징들 및 벌크 필러 특성들을 갖는 나노, 메소 및 마이크로 무기 필러들의 표면 코팅은 서로 우대적이다. 이는 유기 호스트에서 필러 상태의 침투 구조 및 상호접속 특성들이 필요한 벌크 특성들을 유지하면서 독립적으로 제어될 수 있게 한다. 또한, 유기 및 무기 코팅들 외에도, 단독 또는 2차 코팅들이 유기 매트릭스와 미립자 표면들의 양립성을 보장하고 화학적인 반응이 호스트 유기 매트릭스를 통해 발생하도록 허용하기 위해 사용될 수 있다.

[0074] 모양에 관해서, 본 발명은 자연적으로 형성되는 것들 이외에 합성적으로 처리되는 물질들을 포함하는 가장 바람직한 실시예인 로드들을 갖는 향상된 침투를 위한 자연적인 로드들 및 플레이트렛들을 지향하는 개별적인 미립자 모양을 활용한다. 로드들은 거의 5이거나 그 이상의 평균 에스펙트 비율을 갖는 미립자로서 정의되거나, 특정 실시예에서 10 또는 그 이상의 평균 에스펙트 비율을 갖는 미립자로 정의되거나, 또는 더 특별한 실시예에서는 100보다 크지 않은 평균 에스펙트 비율을 갖는 미립자로 정의된다. 일실시예에서, 로드들의 축 길이는 거의 10nm 내지 100 마이크로미터의 범위에 있다. 더 작은 로드들은 수지 매트릭스에 더 잘 침투할 것이고, 수지의 점성에 보다 적은 악영향을 줄 것이다.

[0075] 많은 마이크로 및 나노 미립자들은 타원 모양 및 원반 모양을 형성하는데, 이들은 특정 상황들에서는 균일하게 분포하는 능력에 있어 감소되고, 따라서 침투가 발생하는 농도를 감소시키는 집합된 섬유 구조들을 유도할 수 있다. 침투를 증가시킴으로써, 수지의 열 특성들이 증가될 수 있거나, 또는 대안적으로는, 수지에 추가될 필요가 있는 HTC 물질의 양이 감소될 수 있다. 또한, 향상된 침투는 회피될 응집체보다는 수지 내에 HTC 물질의 더욱 균일한 분포를 유도하고, 원하지 않는 인터페이스들, 불완전한 미립자 젖음(wetting) 및 미세한 공간 형성을 가질 확률이 더 낮은 더욱 균일한 제품을 생성한다. 더 높은 에스펙트 비율 미립자로 형성되는 공 모양(밀집된) 집합체들 또는 응집체들보다는 마찬가지로 집합된 섬유 또는 덴드리틱(dendritic) 구조들이 향상된 열전도성을 제공한다.

[0076] 추가적으로, 유체 흐름 필드(fluid flow field)와 전기 필드 및 자기 필드가 예로서 수지의 내부에서 HTC 물질들을 분포시키고 구조적으로 구성하기 위해 상기 HTC 물질들에 인가될 수 있다. 교류 또는 정적 전기 필드들을 사용함으로써, 로드 및 플레이트렛 모양들은 마이크로 스케일에 정렬될 수 있다. 이는 다른 방향으로의 상이한 열 특성들을 갖는 물질을 생성한다. 전기 필드의 생성은 절연된 전기 전도체를 가로질러 전극들을 부착하거나 또는 물질의 중앙이나 절연 시스템에 전도체를 사용하는 것과 같은 해당 분야에서 공지된 다양한 기술들을 통해 달성될 수 있다.

[0077] 유기 표면 코팅들, 및 금속-산화물, 금속-질화물, 금속-탄화물 및 혼합 시스템과 같은 무기 표면 코팅들이 생성될 수 있는데, 이들은, 선택된 미립자 크기 및 모양 분포와 결합될 때, 절연 시스템의 벌크 열 및 전기 전도성에 대한 제어를 갖는 정해진 침투 구조를 제공하는 동시에, 미립자 유전율이 시스템의 유전율을 제어하기 위해 선택될 수 있다. 다른 타입의 코팅은 자연 또는 합성 근원을 갖는 마이크로-미립자 및 나노-미립자 다이아몬드 코팅들일 수 있다. 다결정 및 단결정 나노-미립자 형태에 있어서, 미립자들은 예를 들면 실리카와 같은 운송

미립자의 표면과 연관될 수 있다. 실리카 자체는 강한 열전도성 물질이 아니지만, 표면 코팅의 추가를 통해서 그것은 더 높은 열전도성이 될 수 있다. 그러나, 실리카 및 다른 그러한 물질들은 위에서 논의된 바와 같이 로드-모양의 미립자들로 쉽게 형성되는 것과 같은 유리한 특성을 갖는다. 이러한 방식으로, 여러 HTC 특성들이 하나의 제품에 결합될 수 있다. 이러한 코팅들은 또한 나중의 수지 침투를 통해서 또는 그것을 통하지 않고 운모 및 유리 성분들 모두를 포함한 운모 테이프 구조들에 적용될 수 있다.

[0078] 반응성 표면 기능 그룹들이 무기 코팅에 대해 고유적인 표면 그룹들로부터 형성될 수 있거나, 또는 추가적인 유기 코팅들을 적용함으로써 달성될 수 있는데, 그들 모두는 호스트 유기 매트릭스와의 화학적인 반응을 위해 이용가능하게 될 수산기, 카르복실, 아민, 에폭사이드, 실란, 비닐 및 다른 그룹들을 포함할 수 있다. 이러한 단일 또는 다중 표면 코팅들 및 표면 기능 그룹들은 습식 화학 방법들, 플라즈마 중합체화 및 화학 기상 및 물리 기상 증착을 포함하는 비-균형 플라즈마 방법들, 레이저 빔들, 스퍼터 이온 플랫팅, 및 전자 및 이온 발산 방법들을 사용하여 적용될 수 있다.

[0079] 다른 실시예에서, 본 발명은 유기-무기 혼합물들에 기초하는 새로운 전기 절연 시스템들을 제공한다. 여러 무기 및 유기 성분들 사이의 인터페이스가 화학적으로 및 물리적으로 심호하게 제작됨으로써, 상이한 상태들 사이의 고도의 물리적인 연속성을 보장하고, 기계적으로 강한 인터페이스들을 제공하며, 또한 높은 전압 응용 및 낮은 전압 응용 모두의 서비스에서 전기 절연 시스템의 동작 동안에 오류가 발생하지 않도록 한다. 그러한 물질들은 향상된 계면 완전성이 향상된 전력을, 절연 시스템의 더 높은 전압 스트레싱, 감소된 절연 두께에 의한 장점을 제공할 것이고 또한 높은 여러 전송을 달성하는 고전압 저전압 전기 절연 상황들에서 적용된다.

[0080] 특정 실시예는 다양한 표면 처리들, 나노, 메소 및 마이크로 무기 필러들을 사용함으로써, 유기 매트릭스에 대해 무기 표면을 양립시킬 수 있는 다양한 표면 기능 그룹을 유도하거나 또는 호스트 유기 매트릭스를 통해 화학적인 반응이 일어나도록 한다. 이러한 표면 기능 그룹들은 호스트 유기 매트릭스와의 화학적인 반응을 위해 이용가능하게 될 수산기, 카르복실, 아민, 에폭사이드, 실란 또는 비닐 그룹들을 포함할 수 있다. 이러한 기능 그룹들은 습식 화학적 방법들, 비-균형 플라즈마 방법들, 화학 기상 및 물리 기상 증착, 레이저 빔, 스퍼터 이온 플랫팅, 및 전자 및 이온 빔 발산 방법들을 사용하여 적용될 수 있다.

[0081] 많은 실시예들에서, 표면 처리되는 물질들은 운모-유리 테이프 구성들에서의 결합 수지들에서, 종래 운모 테이프 구성들을 위한 비반응식 진공-압력 주입(GVPI & VPI) 수지들에서, 및 독립형 전기 절연 코팅들 또는 벌크 물질들에서 사용될 수 있고, 그럼으로써 로테이팅 및 스테틱 전기 전력 플랜드에서 및 고전압 및 저전압 전기 기기, 성분들 및 제품들에서 전기 절연 응용이나 전도 응용 중 어느 하나를 이행할 수 있다. 또한, 모든 화학적 반응들이 휘발성 부작용을 회피하기 위해서 액화 반응이 아닌 추가 반응의 결과이어야 한다.

[0082] 에폭시 수지들에 있어서의 개선점이 최근에 액정 중합체를 사용함으로써 이루어지고 있다. 에폭시 수지와 액정 단량체를 혼합함으로써 또는 액정 메소겐을 DGEBA와 같은 에폭시 수지 분자에 통합시킴으로써, 액정 열경화성(LCT) 에폭시 수지가 생성되는데, 상기 LCT 에폭시 수지는 상당한 향상된 기계적인 특성들을 갖는 정렬된 네트워크들을 형성하기 위해서 교차결합될 수 있는 중합체들 또는 단량체들을 포함한다. US 5,904,984호를 참조하길 바라며, 이는 본 명세서에서 참조문헌으로서 포함된다. LCT들의 추가적인 이점은 상기 LCT들이 또한 표준 에폭시 수지들에 걸쳐 향상된 열전도성을 가지며 또한 더 낮은 열팽창율(CTE) 값들을 갖는다는 점이다.

[0083] LCT 에폭시 수지들이 더욱 선호되게 하는 이유는 상기 LCT 에폭시 수지들이 표준 에폭시 수지보다 열을 더 잘 전도할 수 있기 때문이다. 본 명세서에서 참조문헌으로서 포함되는 US 6,261,481호에서는 LCT 에폭시 수지들이 종래 에폭시 수지들의 열전도성보다 더 큰 열전도성을 생성할 있다는 것을 개시하고 있다. 예컨대, 표준 Bisphenol A 에폭시가 횡(평면) 및 두께 방향 모두에서 0.18 내지 0.24 W/mK의 열전도성 값들을 갖는 것으로 도시되어 있다. 대조적으로, LCT 에폭시 수지는 실질적인 응용에서 사용될 경우에는 횡방향에서 단지 0.4 W/mK이고 두께 방향에서 최대 0.9 W/mK인 열전도성 값을 갖는 것으로 도시되어 있다.

[0084] 페이퍼에 적용되는 HTC 물질들에 관하여 사용될 때, 기관은 절연성 페이퍼가 형성되는 호스트 물질을 지칭하고, 반면에 페이퍼 매트릭스는 기관으로 만들어진 더욱 완전한 페이퍼 성분을 지칭한다. 이러한 두 용어들은 본 발명을 논의할 때에 어느 정도는 교환적으로도 사용될 수 있다. 열전도성의 증가는 손실계수와 같은 전기 특성들이나 신장력 및 점착력 특성들과 같은 기관의 물리적인 특성들을 상당히 손상시키지 않으면서 달성되어야 한다. 상기 물리적인 특성들은 표면 코팅들을 통해 일부 실시예에서 더욱 개선될 수 있다. 또한, 일부 실시예들에서는, 호스트 매트릭스의 전기 저항성이 HTC 물질들의 추가함으로써 또한 향상될 수 있다.

[0085] 전기 절연을 위해 통상적으로 사용되는 표준 운모(Muscovite, Phlogopite) 외에도, Kaolinite, Halloysite,

Montmorillonite 및 Chlorite와 같은 수 개의 다른 운모 유형 Alumino-Silicate뿐만 아니라 Biotite 운모가 존재한다. Montmorillonite는 높은 유전력 혼합물을 제공하기 위해서 금속 양이온들, 유기 혼합물, 단량체들 및 중합체들과 같은 HTC 물질들이 쉽게 삽입될 수 있는 격자들을 자신의 구조에 갖는다.

- [0086] 절연성 페이퍼들은 본 발명의 수지가 주입될 수 있는 한 타입의 다공성 매질이다. 일부가 아래에서 설명되는 많은 산업분야에서 많은 다른 물질들 및 그로부터 제작된 성분들이 수지를 주입하기 위한 다른 타입의 다공성 매질을 사용할 수 있다. 예로서, 유리섬유 매트릭스 또는 직물, 및 중합체 매트릭스 또는 직물이 존재하는데, 여기서 직물은 통상적으로 옷, 매트, 또는 펠트일 수 있다. 평면 라미네이션을 갖는 유리 직물 라미네이트인 회로 기판들이 하나의 제품일 것인데, 이는 본 발명의 수지들 사용을 통해 이점을 가질 것이다.
- [0087] 고정자 코일들에 사용되는 수지 주입의 타입들은 VPI 및 GVPI로서 공지되어 있다. 테이프는 코일에 감기며, 이어서 진공-압력 주입(VPI)에 의해서 저점성 액체 절연 수지가 주입된다. 그러한 처리들은 운모 테이프에 트래핑되는 공기 및 습기를 제거하기 위해 코일을 포함하고 있는 챔버를 진공을 만드는 단계, 이어서 수지를 운모 테이프에 완벽하게 주입하여 공간을 제거하기 위해서 압력 하에서 절연 수지를 유도하는 단계, 및 운모 매트릭스에 수지 절연을 생성하는 단계로 구성된다. 대략 20%의 압축이 일부 실시예에서 VPI 처리에 특정된다. 이러한 처리가 완료된 이후에, 코일들은 수지를 경화시키기 위해서 가열된다. 수지는 촉진제를 포함할 수 있고, 또는 테이프는 내부에 하나를 가질 수 있다. 이러한 범용 VPI(GVPI)의 변형은 건성 절연 코일들이 감기고 전체 고정자가 각 코일들보다 오히려 진공 압력에서 주입되는 처리를 수반한다. GVPI 처리에서, 코일들은 수지를 주입하기 이전에 압축되는데, 그 이유는 건성 코일들이 주입에 앞서 그들의 최종 위치에 삽입되기 때문이다. 비록 다양한 압축 방법들이 위에서 설명되었지만, 본 발명의 실제 압축 스테이지를 위해 VPI/GVPI 주입 처리를 사용하는 것도 가능하다.
- [0088] 일실시예에서, 본 발명은 고열전도성 필러를 포함하고 있는 호스트 수지 매트릭스를 포함하는 고열전도성 수지를 제공한다. 고열전도성 필러는 호스트 수지 매트릭스와 연속적인 유기-무기 혼합물을 형성하고, 필러들은 3-100 사이의 에스펙트 비율을 갖는다. 필러들은 호스트 수지 매트릭스에 걸쳐 거의 균일하게 분산되며, 본질적으로 동일한 방향으로 배열된다. 일부 실시예들에서, 수지들은 높게 구조화된 수지 타입들이다.
- [0089] 관련된 실시예에서, 필러들은 1-1000 nm의 길이를 가지며, 다이아몬드, Al₂O₃, AlN, MgO, ZnO, BeO, BN, Si₃N₄, SiC 및 SiO₂와 같은 물질들로 구성될 수 있다. 필러들은 비-고열전도성 코팅들을 가질 수 있고, 또는 그것들은 HTC 코팅들을 갖는 비-고열전도성 코어들 상에 포함될 수 있다.
- [0090] 또 다른 실시예에서, 본 발명은 열전도성 수지를 제작하는 방법을 제공하는데, 상기 방법은 고열전도성 필러를 호스트 수지 매트릭스에 주입하는 단계와 수지 매트릭스에 걸쳐 균일하게 고열전도성 필러를 분산시키는 단계를 포함한다. 다음으로, 상기 방법은 공통 방향의 15도 내로 고열전도성 필러들 중 적어도 75%를 배열하는 단계와 수지 매트릭스를 경화시키거나 반경화시키는 단계를 포함한다. 고열전도성 필러들은 3-100 사이의 에스펙트 비율을 갖는다. 일부 실시예들에서, 필러는 호스트 수지 매트릭스와의 연속적인 유기-무기 혼합물을 형성한다. 특정 실시예들에서, 호스트 수지 매트릭스는 고열전도성 필러와 균일하게 배열되는 높게 구조화된 수지를 포함한다.
- [0091] 일실시예에서, 배열은 고열전도성 필러들의 자체-배열 및 집단화에 의해서 이루어지고, 다른 실시예에서, 상기 배열은 외부 필드를 적용함으로써 이루어진다. 외부 필드의 예들로는 기계, 전기, 자기, 음파 및 초음파가 있다. 일부 경우에는, 필러들이 제일먼저 필드 반응 물질들로 표면 코팅되고, 다른 경우들에는, 필드 반응 필러들이 고열전도성 물질들로 코팅된다.
- [0092] 또 다른 실시예에서, 본 발명은 호스트 수지 매트릭스 및 고열전도성 필러를 포함하는 고열전도성 수지를 제공한다. 고열전도성 필러는 호스트 수지 매트릭스를 갖는 연속적인 유기-무기 혼합물을 형성하고, 고열전도성 필러들은 3-100 사이의 에스펙트 비율을 갖는다. 필러들은 호스트 수지 매트릭스에 걸쳐 거의 균일하게 분산되고, 고열전도성 필러들은 호스트 수지 매트릭스 내에 구조들을 형성한다. 그 구조들은 컬럼들, 층들 및 대형 격자들 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0093] 관련된 실시예에서, 고열전도성 필러들은 산화물, 질화물 및 탄화물들 중 적어도 하나이다. 다른 관련된 실시예에서, 고열전도성 필러들은 외부 필드에 반응할 수 있는 금속 및 유기-금속 화합물들 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0094] 또 다른 실시예에서, 본 발명은 고열전도성 물질이 로드되는 수지 및 다공성 매질을 포함하는 고열전도성 수지

가 주입되는 다공성 매질을 제공한다. 고열전도성 물질은 수지 부피의 5-60%를 포함하고, 고열전도성 물질들은 10-50의 에스펙트 비율을 가지며, 본질적으로 동일 방향으로 다공성 매질 내에서 배열된다.

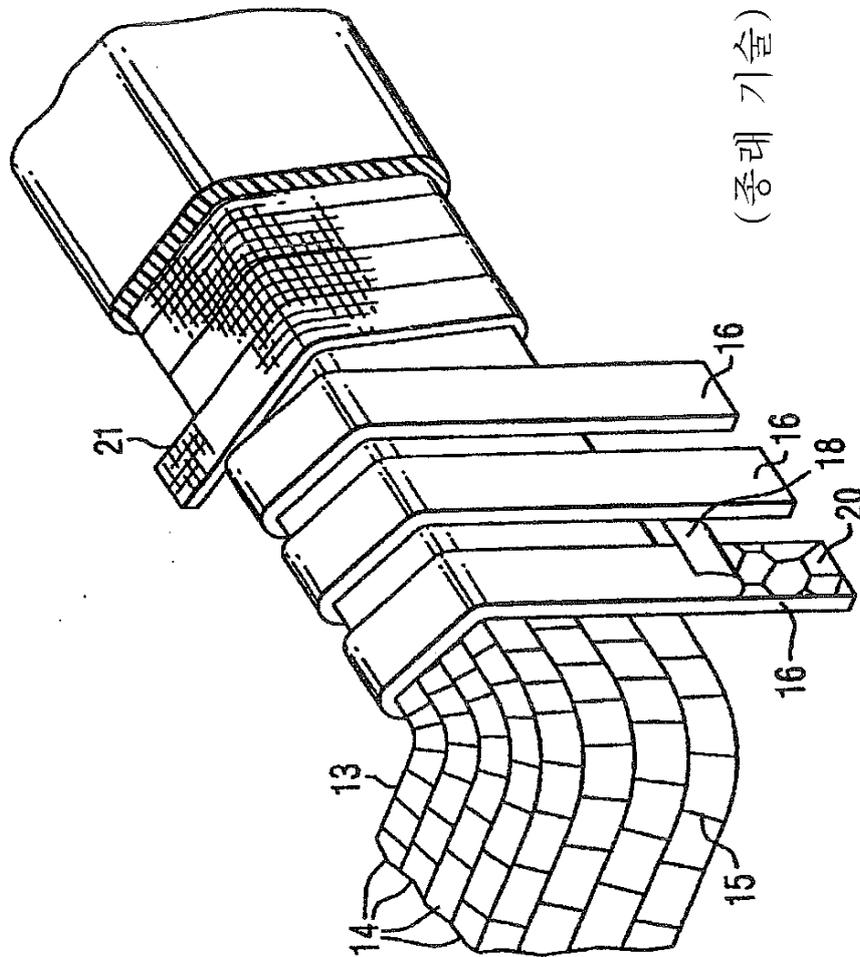
[0095] 비록 본 발명은 전기 산업에서 사용되는 것으로 주로 논의되었지만, 본 발명은 다른 분야에서도 동일하게 적용될 수 있다. 열 전송을 증가시키기 위해 필요한 산업들은 본 발명으로부터 동일한 장점을 얻을 것이다. 예컨대, 오일 및 가스를 포함하는 에너지 산업과 자동차 및 우주 산업. 본 발명은 다른 주안점은 전력 전자, 통상적인 전자, 및 성분들의 향상된 밀도를 위한 증가적인 요건들이 국부적인 그리고 넓은 영역에서 열 효율성을 제거할 필요성을 유도하는 집적 회로를 포함한다. 또한, 비록 본 발명의 특정 실시예들이 상세하게 설명되었지만, 당업자라면 명세서의 전체적인 교시를 통해 세부사항들에 대한 다양한 변경 및 대안이 개발될 수 있다는 것을 알 것이다. 따라서, 기재된 특정 실시예들은 단지 설명을 위한 것일 뿐 본 발명의 범위를 제한하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는 첨부된 청구범위 및 그 청구범위의 임의의 및 모든 것들에 의해 제공된다.

도면의 간단한 설명

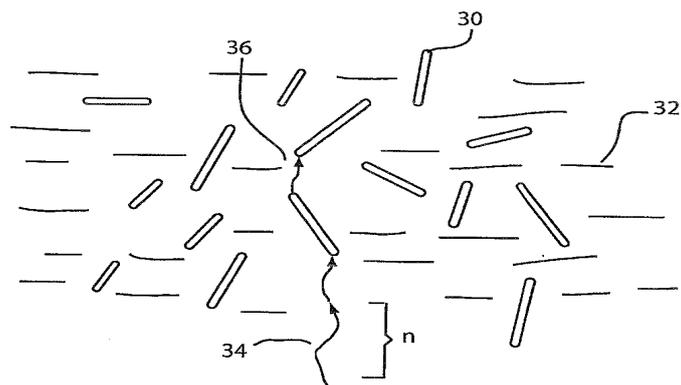
- [0019] 도 1은 고정자 코일에 랩핑되는 절연 테이프의 사용을 나타내는 도면.
- [0020] 도 2는 본 발명의 로드된 수지를 통해 이동하는 포논들을 나타내는 도면.
- [0021] 도 3은 본 발명의 배열된 필러들을 갖는 로드된 수지를 통해 이동하는 포논들을 나타내는 도면.
- [0022] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 배열된 필러들의 컬럼 배열을 나타내는 도면.
- [0023] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 배열된 필러들의 층 배열에 대한 단면도.
- [0024] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 높게 구조화된 수지 내에 배열되어 있는 HTC 필러들을 나타내는 도면.

도면

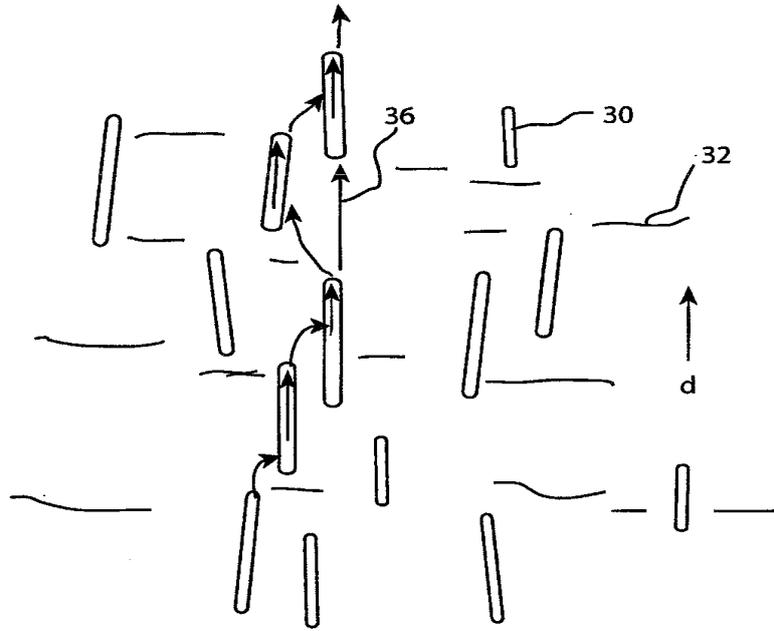
도면1



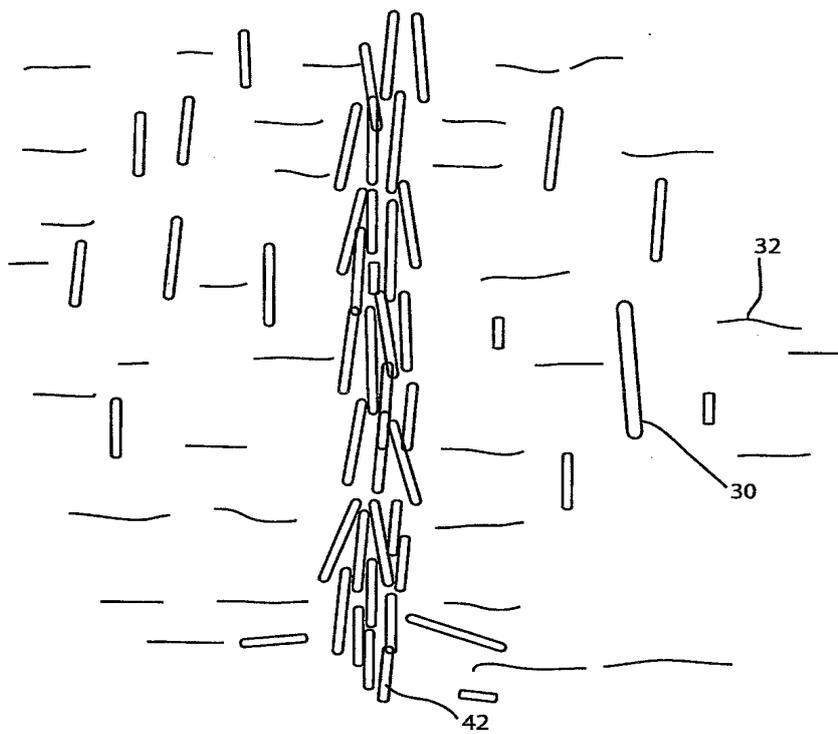
도면2



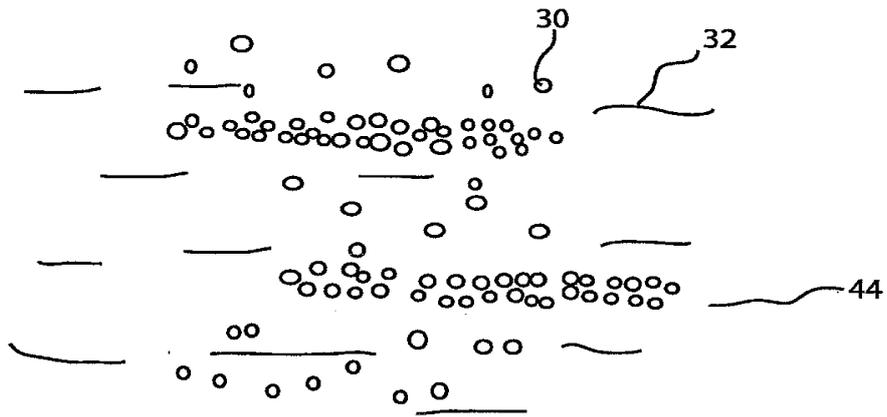
도면3



도면4



도면5



도면6

