



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년04월27일
 (11) 등록번호 10-1139572
 (24) 등록일자 2012년04월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 21/31 (2006.01) H01B 3/04 (2006.01)
 D21H 17/13 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2009-7017617
 (22) 출원일자(국제) 2008년01월09일
 심사청구일자 2009년08월24일
 (85) 번역문제출일자 2009년08월24일
 (65) 공개번호 10-2009-0102872
 (43) 공개일자 2009년09월30일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2008/000309
 (87) 국제공개번호 WO 2008/091494
 국제공개일자 2008년07월31일
 (30) 우선권주장
 11/656,727 2007년01월23일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 W02003040445 A1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
지멘스 에너지, 인코포레이티드
 미국 플로리다주 올렌도 알라파야 트레일 4400 (우: 32826-2399)
 (72) 발명자
스티븐스, 게리
 영국 케이티24 6제이비 서레이 웨스트 홀슬리 실 크모어 레인 더 윌로우즈
스미쓰, 제임스 디.비.
 미국 15146 펜실베니아 몬로에빌 드레이크 드라이브 110
우드, 존 더블유.
 미국 32708 플로리다 윈터 스프링스 블랙 윌렛 코트 1199
 (74) 대리인
남상선

전체 청구항 수 : 총 15 항

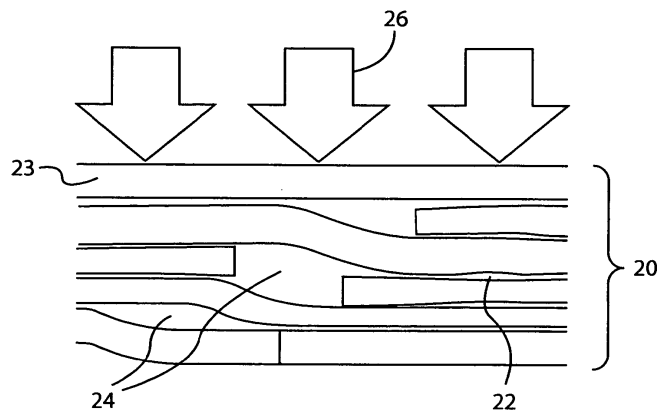
심사관 : 장지혜

(54) 발명의 명칭 **운모 재료내 미세기공의 처리 방법**

(57) 요약

본 발명은 분자량이 대략 15 내지 300인 실란을 얻고, 실란을 운모지(20)에 첨가하는 것을 포함하는, 운모지(20) 내의 미세 기공(24)을 처리하는 방법에 관한 것이다. 이후, 실란을 운모지 내의 미세 기공의 내면과 반응시킨다. 이후, 수지가 운모지 내로 함침되고, 수지는 실란을 통해 운모지 내의 미세 기공(24)의 내면에 결합한다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

운모지(mica paper) 내의 미세 기공(micro pore)을 처리하는 방법으로서,

운모지의 두께가 감소되도록 운모지를 압축하고;

운모지의 두께가 감소된 후에 감소된 두께의 운모지에 15 내지 300의 분자량을 갖는 실란을 첨가하고;

실란을 운모지 내의 미세 기공의 내면과 반응시키고;

운모지를 수지로 함침시키는 것을 포함하며,

함침으로 인해 수지가 실란을 통해 운모지 내의 미세 기공의 내면에 결합하고, 운모지의 압축으로 인해 운모지 내의 운모 소박편들의 표면들이 접촉함으로써 운모지에 첨가된 실란에 노출되는 것을 감소시키는 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 실란이 용매에 의해 운모지에 첨가되는 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서, 용매가 수지 함침 전에 실질적으로 제거되는 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 실란이 실란(SiH_4), 실란올(SiH_3OH), 메틸실란(SiH_3CH_3), 비닐실란($\text{SiH}_3\text{CHCH}_2$), 아미노실란(SiH_3NH_2), 알콕시실란(SiH_3OR) 및 에폭시실란중 하나 이상인 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서, 실란이 아미노 메틸 트리메틸 실란, 3-글리시딜 옥시 프로필 트리메톡시 실란, 비닐 디메틸 실란, 및 알릴 트리메틸 실란 중 하나 이상인 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서, 실란의 분자량이 32 내지 90인 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서, 실란의 분자량이 100 내지 300인 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서, 상이한 분자량의 실란이 사용되는 방법.

청구항 9

제 1항에 있어서, 수지가 나노 충전제를 함유하는 방법.

청구항 10

제 9항에 있어서, 나노 충전제가 수지의 1 내지 60%를 차지하는 방법.

청구항 11

제 9항에 있어서, 일부 또는 전체의 나노 충전제가 실란과 반응하기 위해 표면 처리된 것인 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

제 1항에 있어서, 실란의 첨가가 완료된 후, 운모지가 압축된 채로 있는 동안에 과잉의 실란이 제거되는 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

제 1항에 있어서, 운모지의 압축량이 운모지 두께의 5 내지 30%인 방법.

청구항 16

제 1항에 있어서, 운모지가 수지의 함침을 위해 압축되며, 수지의 함침을 위한 압축량이 실란 첨가 개시 전의 압축량과 동일한 방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

제 1항에 있어서, 실란의 첨가가 완료된 후, 운모지가 압축된 채로 있는 동안에 운모지가 건조되는 방법.

명세서

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 스미쓰(Smith) 등에 의해 2005년 6월 14일자 출원된 미국 특허 제11/152,983호("High Thermal Conductivity Materials Incorporated into Resins")의 일부계속출원이며, 이는 본원에 참고로 통합된다.

기술분야

[0003] 본 발명의 분야는 개선된 수지 혼입 및 가공 및 수지 경화 후 미세공극의 감소를 위한 운모(mica)내 미세기공의 처리에 관한 것이다.

배경기술

[0004] 임의의 형태의 전기 제품을 사용하는 경우, 전도체를 전기적으로 절연시키는 것이 필요하다. 모든 전기 및 전자 제품은 지속적인 크기 감소 및 간소화에 대한 압박으로 인해, 이에 상응하는 더욱 우수하고, 더욱 소형화된 절연체 및 절연 시스템이 필요하다.

[0005] 표면에 쉽게 부착될 수 있는 강하고 가요성인 전기 절연 재료의 실용적 이점을 지니기 때문에, 다양한 에폭시 수지 재료가 전기 절연 시스템에 광범위하게 사용되어 왔다. 운모 박편 및 유리 섬유와 같은 전통적인 전기 절연 재료는 이러한 에폭시 수지로 표면 코팅되고 접합되어 기계 강도, 화학 내성 및 전기 절연 특성이 증가된 복합체를 생산할 수 있다. 일부 고전압 설비는 에폭시 수지가 종종 전통적인 바니쉬(vernish)를 대체하지만, 이러한 재료를 계속 사용하고 있다.

[0006] 이러한 특성으로 인해, 우수한 전기 절연체인 재료는 본래 우수한 단열체인데, 이를 원하지 않을 수 있다. 특히 공냉식 전기 설비 및 부품에 대한 단열 거동은 대체적으로 설비 뿐만 아니라 부품의 효율 및 내구성을 저하

시킨다. 최대 전기 절연 특징 및 최소 단열 특징을 지닌 전기 절연 시스템의 생산이 바람직하다.

- [0007] 전기 절연은 흔히 그 자체로 여러 층을 지닌 절연 테이프의 형태로 나타난다. 이러한 타입의 테이프에 공통적인 것은 섬유층에 대해 계면에서 접합되는 페이퍼층이며, 두 층은 모두 수지에 함침되는 경향이 있다. 절연 재료의 유리한 타입은 운모-테이프이다. 개선된 운모 테이프는 미국 특허 제 6,103,882호에 교시되어 있는 촉매화된 운모 테이프를 포함한다. 이러한 운모 테이프는 매우 우수한 전기 절연성을 제공하도록 전도체를 감을 수 있다. 이러한 예가 도 1에 도시된다. 도 1에는, 본원에서 예시되는 예로 베이클라이즈드 코일(bakelized coil)로 조립되는 다수의 전도체 턴(turn)(14)을 포함하는 코일(13)이 도시되어 있다. 턴 절연체(15)는 예를 들어 유리 또는 열처리된 유리 및 다크론(Dacron)과 같은 섬유재료로부터 제조된다. 코일에 대한 접지 절연(ground insulation)은 베이클라이즈드 코일(14)에 하나 이상의 복합 운모 테이프층(16)을 랩핑함으로써 제공된다. 이러한 복합 테이프는 예를 들어, 유리 섬유포(glass fiber cloth) 또는 폴리에틸렌 글리콜 테레프탈레이트 매트(mat)로 된 유연한 백킹 시트(backing sheet)(18)와 결합된 운모 소박편의 펠트(felt) 또는 운모지일 수 있으며, 운모층(20)은 액체 수지 바인더에 의해 시트에 접합된다. 일반적으로 다수층의 복합 테이프(16)는 전압 요건에 따라 코일에 랩핑된다. 예를 들어, 유리 섬유와 같은 강한 섬유성 재료로 된 외측 테이프(21)가 코일에 랩핑될 수 있다.
- [0008] 일반적으로, 다수층의 운모 테이프(16)가 일반적으로 고전압 코일에 대해 사용되는 16 또는 그 초과층을 지닌 코일을 랩핑한다. 이후, 수지가 테이프층으로 함침된다. 수지는 절연 테이프와 무관하게 절연체로서도 사용될 수 있다. 불행하게도, 이의 절연량은 추가로 열소산을 어렵게 할 정도이다.
- [0009] 고전압 전기 설비의 서비스 동안, 운모가 에폭시와 같은 함침 수지와는 불량한 습윤성 및 부착성을 지니기 때문에, 수지 경화 및 계면 박리 동안에 미세공극이 생성될 수 있다. 운모내 미세 기공은 운모지(mica paper)내 깊숙히 존재하기 때문에 수지의 부착 및 습윤화에 대해 특히 불량하다. 주 절연체는 박편형 또는 판형의 운모이며, 이는 이후에 스플리팅(splitting) 또는 페이퍼에 사용된다. 절연체의 와인딩(winding) 및 후속 가공 동안에, 운모 테이프는 충분한 기계적 강도를 지니지만 습윤성은 불량하다.
- [0010] 불량한 습윤화 특징은 함침 수지, 및 수지내 충전제가 이러한 운모의 미세기공 영역으로 침투하여 부착되기 어렵게 한다. 함침 수지 및 충전제의 이러한 불량한 습윤화는 구조내에 공기 갭(gap)을 초래하여 전도성을 감소시킴으로써, 운모 절연체의 열전도 특성을 저하시킬 수 있다. 또한, 이러한 불량한 습윤화는 미세공극을 형성시키고, 이는 나아가 절연 구조 내에 고전압 하에서의 부분 방전을 초래한다. 이 결과 전압 내구성이 열화되고, 이로써 전기 설비의 서비스 수명을 감소시킨다.
- [0011] 수지를 운모 미세기공의 내면에 유착시키는 보다 우수한 기술 및 방법이 요구된다. 종래 기술에는 다른 단점이 존재하며, 그 일부가 하기 설명으로부터 자명하게 될 것이다.
- [0012] 발명의 요약
- [0013] 상기 내용을 염두에 두면, 본 발명은 특히 운모에 첨가되는 수지가 운모에 결합되어 수지에 의해 빈공간으로 남겨진 미세기공의 수를 크게 감소시키도록 운모지내 미세 기공의 처리를 용이하게 하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 이 방법은 미세기공을 액체 용액 또는 증기 형태일 수 있는 저분자량 실란으로 처리하는 것을 포함한다. 추가로, 실란은 매칭되는 표면 작용성을 갖는 나노입자 충전제를 유인할 수 있다. 소박편(flakelet) 표면이 접하고 있으나 이들 사이에 실란의 침투를 허용하지 않도록 하는 운모의 압축은 미세기공의 실란 처리 선택성을 증진시킬 수 있다.
- [0014] 본 발명에 따른 상기 및 그 밖의 특징, 및 이점은 특정 구체예에서 대략 15 내지 300의 분자량을 갖는 실란을 얻고, 이 실란을 운모지에 첨가하는 것을 포함하는, 운모지내 미세기공을 처리하는 방법에 의해 제공된다. 이후, 실란은 운모지내 미세기공의 내면과 반응한다. 이후, 수지는 운모지로 함침되고, 수지는 실란을 통해 운모 표면에 결합한다.
- [0015] 특정 구체예에서, 실란은 용매에 의해 운모지에 첨가된다. 용매는 함침 전에 실질적으로 건조된다. 실란은 실란(SiH_4), 실란올(SiH_3OH), 메틸실란(SiH_3CH_3), 비닐실란($\text{SiH}_3\text{CHCH}_2$), 아미노실란(SiH_3NH_2), 알콕시실란(SiH_3OR) 및 에폭시실란중 하나 이상이다. 또는 실란은 아미노 메틸 트리메틸 실란, 3-글리시딜 옥시 프로필 트리메톡시 실란, 비닐 디메틸 실란, 및 알릴 트리메틸 실란 중 하나 이상일 수 있다. 몇몇 경우에, 보다 작은 실란은 32 내지 90의 분자량을 갖는다. 보다 큰 타입의 실란은 100 내지 300의 분자량을 갖는다. 보다 큰 타입의 실란은 보다 작은 타입의 실란만큼 많이 운모지내 접촉되는 운모 표면들 사이에 유입되지 않는 경향이 있다. 다른 특

정 구체예에서, 실란 분자의 다수 중량이 사용된다.

- [0016] 특정 구체예에서, 수지는 1 내지 60중량%의 수지를 포함하는 나노 충전제를 함유한다. 몇몇 구체예에서, 일부 또는 전체의 나노 충전제는 하기 논의되는 바와 같이 실란과 반응할 수 있도록 표면 처리된다. 운모지는 실란의 첨가 전에 압축될 수 있거나, 압축되는 경우, 이후 압축 동안에 과잉의 실란 용액이 제거되도록 할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 또 다른 특정 구체예는 대략 15 내지 300의 분자량을 갖는 실란을 얻고, 운모지를 압축하고, 이후 실란을 운모지에 첨가하는 것을 포함하는, 운모지내의 미세기공을 처리하는 방법을 제공한다. 이후, 실란을 운모지내 미세 기공의 내면과 반응시키고, 운모지를 수지로 함침시킨다. 수지는 실란을 통해 운모지내 미세 기공의 내면과 결합하여, 운모지 내에 접촉된 운모 소박편 표면을 형성하며, 이들 표면은 압축으로 인해 실란에 덜 노출된다.
- [0018] 특정 구체예에서, 운모지의 압축량은 운모지 두께의 5 내지 30%이다. 운모지는 수지의 함침을 위해 압축되며, 수지의 함침을 위한 압축량은 대략 실란의 첨가를 위한 압축량과 동일하다. 몇몇 구체예에서, 실란은 운모지에 용액으로 첨가되며, 운모지는 수지 함침 전에 실질적으로 용액이 건조된다. 또한, 32 내지 90의 저분자량 실란이 사용될 수 있다.
- [0019] 본 발명의 그 밖의 구체예가 존재할 수 있으며, 이는 상세한 설명을 숙지하면 자명하게 될 것이다.

발명의 상세한 설명

- [0025] 본 발명은 운모지(매트릭스) 내의 상호연결된 미세 기공을 실란으로 처리하여 차후 함침되는 수지가 실란을 통해 운모에 결합하도록 하는 시스템 및 방법을 제공한다. 실란은 저분자량 실란이고, 운모에 결합하기 위해 하나 이상의 작용기를 함유한다. 이후, 함침된 수지는 실란과 결합하며, 나노충전제와 같은 충전제가 수지 중에 추가로 존재할 수 있으며, 충전제 자체가 표면 작용성화에 따라 실란에 결합될 수 있다. 실란과 운모의 결합은 소박편 표면이 다른 운모 박편에 의해 차단되도록 운모를 압축함으로써 억제될 수 있다.
- [0026] 종래의 운모 처리와 다르게, 본 발명은 미세 소박편의 압축에 의해 미세 기공을 대상으로 할 수 있다. 이는 운모지내 미세공극 영역으로 수지의 유입 및 결합을 개선시켜서 열전도성 및 전압 내구성을 증가시킨다.
- [0027] 본 발명은 운모 내의 미세 기공을 실란, 특히 어느 한 저분자량의 실란으로 처리한다. 실란은 운모에 보다 효과적으로 결합되도록 하며, 기공의 내면을 효과적으로 코팅할 것이다. 이는 함침된 수지의 습윤화 특징을 크게 개선시키고, 접착력을 효과적으로 증진시키면서, 추가로 다르게는 형성된 미세공극을 감소 또는 제거한다.
- [0028] 함침된 수지는 높은 열전도성(high thermal conductivity: HTC) 복합체일 수 있다. HTC 복합체는 유기-무기 2상 복합체인 충전제(즉, 나노충전제, 크기가 마이크로 및 메소(meso)일 수 있음)와 결합되어 있는 수지상 호스트 망상구조를 포함한다. 또한, HTC 재료는 분자 합금을 기재로 하는 유기-무기 연속상으로부터, 및 이산된(discrete) 유기-텐드리머 복합체로부터 형성되는 유기-무기 하이브리드 재료에 의해 형성될 수 있으며, 여기서 유기-무기 계면은 텐드리머 코어-셸 구조로 비-이산되어 있다(non-discrete). 구조적 요소의 길이 범위가 열운반을 담당하는 포논 분포보다 짧거나 이러한 분포와 비례하도록 함으로써 포논 운반을 증진시키고, 포논 산란을 감소시킨다.
- [0029] 2상 유기-무기 복합체는 선형 또는 가교된 폴리머(열가소성) 및 열경화성 수지에 무기 마이크로, 메소 또는 나노-입자를 혼입시킴으로써 형성될 수 있다. 호스트 망상구조는 폴리머 및 다른 타입의 수지를 포함하며, 그 정의는 하기에 제시된다. 일반적으로, 호스트 망상구조로서 작용하는 수지는 입자와 상용성이고, 필요에 따라 충전제의 표면에 도입되는 기와 반응할 수 있는 임의의 수지일 수 있다. 유기-무기 하이브리드에 있어서, 나노입자 치수는 일반적으로 폴리머 망상구조 세그먼트 길이 정도이거나 이보다 작다. 예를 들어, 1 내지 30nm이다. 무기 입자는 반응성 표면을 함유하여 공유 결합된 하이브리드 유기-무기 균질 재료를 형성할 수 있다. 상기 입자는 옥사이드, 니트라이드, 카바이드, 및 옥사이드, 니트라이드, 카바이드의 하이브리드 화학량론적 및 비-화학량론적 혼합물일 수 있으며, 보다 많은 예가 하기에 제시된다.
- [0030] 무기 입자는 호스트 망상구조와의 반응에 관여할 수 있는 여러 표면 작용기를 도입하기 위해 표면 처리된다. 표면 작용기는 히드록실, 카르복실, 아민, 에폭시드, 실란 및 비닐기를 포함하나, 이로 국한되지 않는다. 이들은 습식 화학법, 비-평형 플라즈마법, 화학적 증기 증착 및 물리적 증기 증착, 스퍼터 이온 플레이팅(sputter ion plating), 및 전자 및 이온 빔 증발법을 포함하는 여러 방법을 사용하여 적용될 수 있다.
- [0031] 이산된 유기-텐드리머 하이브리드는 함께 반응하거나 수지 매트릭스와 반응하여 단일 재료를 형성할 수 있다.

덴드리머의 표면은 상기 언급된 것들과 유사한 반응성 기를 함유할 수 있으며, 이것은 덴드리머-덴드리머, 또는 덴드리머-유기 매트릭스 반응이 일어나게 할 것이다. 덴드리머는 무기 코어, 및 주목되는 반응성 기를 함유하는 유기 셸을 지닌다. 또한, 통상의 줄-겔 화학작용에 관련하는 것들과 유사하게 무기 반응에 관여할 수 있는 히드록실 또는 실란 그룹과 같은 반응성 기를 함유하는 무기 셸을 지닌 유기 코어를 가질 수도 있다.

[0032] 비-이산된 유기-무기 하이브리드의 사용과 관련하여, 줄-겔 화학작용을 사용하여 연속성 분자 합금을 형성하는 것이 가능하다. 수성 및 비수성 반응을 포함하는 줄-겔 화학작용이 사용될 수 있다. 유기-무기 하이브리드의 형성을 위한 그 밖의 화합물은 폴리헤드랄(polyhedral) 올리고머 실세스퀴옥산(POSS), 테트라에틸 오르쏘실리케이트(TEOS), 및 테트라부틸 오르쏘티타네이트(TBOT) 및 유기 작용화된 무기 화합물인 관련된 모노머 및 올리고머 하이브리드 화합물을 포함한다. POSS의 예에서, 분자는 $R-SiO_{1.5}$ 의 빌딩 블록 틀레에 형성되며, 여기서 R기는 다른 유기 화합물 및 호스트 망상구조와 상용성을 갖고/거나 반응하도록 선택된다. 염기 화합물이 결합되어, 폴리머 세그먼트 및 코일 구조체의 크기에 상응하는 큰 분자를 얻을 수 있다. POSS는 유기-무기 하이브리드를 생성하기 위해 사용될 수 있으며, 열전도성을 포함하는 특성을 제어하기 위해 기존의 폴리머 및 망상구조에 그래프팅될 수 있다. 알드리치™ 케미컬, 코포레이션(Aldrich™ Chemical Co.), 하이브리드 플라스틱스™ 인코포레이티드(Hybrid Plastics™ Inc.), 및 겔레스트™ 인코포레이티드(Gelest™ Inc.)과 같은 공급업체가 상기 재료를 제공할 수 있다.

[0033] 앞서 논의된 바와 같이, 실란은 낮은 분자량의 실란이고, 액체 용매에 의해 미세 기공으로 운반된다. 용매는 당해 공지되어 있으며, 케톤, 에테르, 및 톨루엔 및 크실렌과 같은 탄화수소를 포함한다. 또한, 용매 혼합물이 사용될 수 있다. 또한, 보다 휘발성인 실란은 기상 방법에 의해 기체상 유체에 분산될 수 있다. 이러한 함침 방법은 운모 및 페이퍼와 같은 운모를 형성하는 무엇이든지 간에 상당히 분산시키지 않으면서 실란을 삽입할 것이다.

[0034] 저분자량 실란은 분자량이 대략 32 내지 300의 범위에 있어야 하며, 이는 주로 작용기(들) 또는 측쇄(들)에 의해 결정된다. 적합한 실란 화합물의 예는 단순한 실란(SiH_4), 실란올(SiH_3OH), 메틸실란(SiH_3CH_3), 비닐실란($SiH_3CH=CH_2$), 아미노실란(SiH_3NH_2), 알콕시실란(SiH_3OR) 및 에폭시실란을 포함한다. 작용기는 아미노, 에폭시, 비닐 및 알릴을 포함할 수 있다. 여전히 저분자량 분자인, 약간 더 큰 작용성 실란의 예는 아미노 메틸 트리메틸 실란, 3-글리시딜 옥시 프로필 트리메톡시 실란, 비닐 디메틸 실란, 및 알릴 트리메틸 실란을 포함한다.

[0035] 수지가 첨가되면, 형성되는 화학 결합 구조는

[0036] 운모-Si-R-수지

[0037]로서 일반화될 수 있거나, 몇몇 경우에 나노충전제가 적합하게 작용화된다면,

[0038] 운모-Si-R-충전제

[0039]로서 일반화될 수 있다.

[0040] 다양한 타입의 실란이 동일한 처리에 사용될 수 있다. 덜 극성인 실란이 미세 기공의 처리에 대해 보다 잘 작용할 것이지만, 이는 실란의 중량 증가에서와 같은 문제는 적다.

[0041] 충전제는 표면 작용화될 수 있지만, 충전제의 표면 작용화는 없을 수도 있으며, 미세 기공은 수지내 존재하는 임의의 충전제의 농도 증가를 보여줄 것이다. 이는 저분자량 실란으로 미세 기공을 처리하는 것이 운모 기공 표면에 함침된 수지의 부착성을 크게 증가시키기 때문이다. 이는 운모 기공 망상구조내 충전제의 보존성 및 이용성을 보다 크게 하고, 이것이 운모지 및 접지벽 절연체와 같은 임의의 제품에 대해 개선된 열전도성 및 전압 내구성을 부여한다.

[0042] 전체 운모 소박편 대신에 미세 기공을 선택적으로 코팅하기 위해서는, 운모를 압축시켜 운모 표면이 다른 운모 소박편과 접촉되도록 하여, 실란이 노출된 표면과 접하지 않게 한다. 지나치게 많은 소박편의 표면이 실란으로 처리될 경우, 전체 표면이 코팅되는 경우와 마찬가지로, 페이퍼, 테이프 및 그 밖의 제품은 산업상 요구되는 전압 내구성이 결여될 것이다. 이러한 구체예의 많은 예에서, 운모는 이미 페이퍼 및/또는 테이프 형태로 존재하는 경우에 압축된다. 이러한 압축이 묻혀 있는 미세 기공에 덜 접근하게 할 것이지만, 시간이 지나면 여전히 실란이 확산될 것이다. 그러므로, 실란의 미세 기공으로의 최적의 확산은 시간 및 압축량에 따를 것이다.

[0043] 운모의 압축량은 운모가 무슨 형태로 존재하느냐에 따른다. 전형적으로, 산업상 사용되는 운모는 일반적으로 두께가 3 내지 6mil의 페이퍼로서 존재하고, 흔히 섬유로 흑화되어 테이프를 형성한다. 이러한 형태에서, 실란

처리에 대해 노출되지 않도록 노출된 운모 소박편 표면을 접촉시키기 위해 두께의 5 내지 30% 압축율이 사용될 것이지만, 일부 소량의 실란은 압축된 표면에 도달할 것이다. 압축율이 크면 클수록 실란 처리에 노출될 접촉된 표면은 적어질 것이지만, 이는 또한 실란이 묻혀 있는 기공에 도달하는 시간을 늘릴 것이다. 기준으로서, 전형적인 함침 수지는 함침 온도에서 약 30 내지 60초 내에 압축되지 않은 테이프층을 함침시킬 수 있다.

[0044] 도 2는 서로의 상단에 무작위로 적층되어 있는 다수의 작은 운모 소박편(23)으로 구성된 운모지(20)의 단면의 횡단면도이다. 미세 기공(24)은 운모 박편의 부정합(mismatching)에 의해 생성된다. 이러한 기공 표면은 페이퍼가 부분압(26) 하에 있는 경우에 실란 용액으로 처리된다. 실란 처리를 위한 표적 기공은 압축 후 직경이 대략 50nm 또는 그 초과이다. 50nm 또는 그 초과 크기의 기공의 75% 이상은 실란으로 처리되어야 한다.

[0045] 압축은 소박편층(22) 간의 노출된 표면과 같은 매우 작은 기공 및 큰 기공 모두를 감소 또는 제거할 것이다. 압축이 해제되면, 많은 이러한 기공은 이전의 크기로 복귀될 것이다. 그러나, 운모 테이프가 차후 가압 하에 수지로 함침되어야 하는 경우, 이러한 보다 작은 기공은 다시 사라질 것이다. 일 특정 구체예에서, 실란 처리에 사용되는 압축량은 차후 수지 함침에 사용되어야 하는 압축량과 대략 동일하다. 테이프가 고정자 코일에 건조하게 적용되면, GVPI에 대해 일반적으로 코일은 큰 압축량을 갖지 않지만 공적(air space)으로 인해 부풀어질 수 있다. 이러한 테이프는 1-5% 압축된다. 그러나, 고전압 GVPI 코일에 대해서는, 5 내지 15%가 목표이다. VPI에 대해서는, 일반적인 압축율은 대략 20%이다. 이러한 기계적 압축은 함침 수지에 의해 가해지는 압력이 아님을 유의해야 한다.

[0046] 가압 하에 수지를 처리하는 한 방법은 압축 후에 실란 용액조에 운모지를 위치시키는 것을 포함한다. 또 다른 방법은 운모지를 압축하고 처리할 수 있는 다공성 롤러(roller)를 사용하는 것이다. 다공성 롤러는 천공될 수 있거나 산업용 스펀지와 같은 다공성 재료를 사용하여 제조될 수 있다. 또한, 다수회의 압축 및 처리 사이클이 수행될 수 있다.

[0047] 처리 후, 과잉의 실란 용액은 배출 제거되고/되거나 가능하게는 열 부가로 증발 제거된다. 운모는 건조되거나 거의 건조될 때까지 가압 하에서 유지되어야 한다. 기공이 처리되자마자, 수지가 운모에 함침될 수 있다.

[0048] 또한, 실란 분자의 크기는 미세 기공을 처리함에 있어서의 인자로서 사용될 수 있다. 상기 논의된 분자량 300에 근접하는 보다 큰 분자는 보다 작은 분자와 같이 접촉된 운모 소박편 표면 사이에 용이하게 유입되지 않을 것이다. 그러나, 보다 큰 분자는 보다 작은 분자처럼 용이하게 미세 기공으로 나아가지 않을 것이다. 그러므로, 접촉된 소박편 표면을 코팅하는 것에 대해서가 아니라 미세기공을 코팅하는데 있어서의 바람직함 및 운모의 압축 능력에 따라서, 보다 작거나 보다 큰 실란 입자가 사용될 수 있다. 예를 들어, 운모의 압축 능력이 우수한 경우, 접촉된 표면을 노출시키는 것에 대한 우려가 감소되어, 보다 저분자량의 실란이 사용될 수 있다. 또한, 접촉 표면 사이에 실란이 나오지 않기를 원하는 것보다 미세기공을 코팅하는 것을 훨씬 더 원할 경우, 저분자량 실란이 사용될 수 있다. 이와 관련하여, 저분자량은 32 내지 300mW(분자량)의 하한에 가까운 실란을 나타내며, 고분자량은 상기 동일 범위에서 상한에 가까운 실란을 나타낸다. 두 타입 모두 여전히 본 발명의 저분자량 실란이다.

[0049] 특정 구체예에서, 본 발명은 분자량이 대략 15 내지 300인 실란을 얻고, 실란을 운모지에 첨가하는 것을 포함하는, 운모지 내의 미세 기공을 처리하는 방법을 제공한다. 이후, 실란을 운모지 내의 미세 기공의 내면과 반응시킨다. 이 반응 후에, 수지는 운모지로 함침되고, 실란을 통해 수지는 운모지 내의 미세 기공의 내면에 결합한다.

[0050] 특정 구체예에서, 실란은 용매에 의해 운모지에 첨가되며, 용매는 함침 전에 실질적으로 건조된다. 실란은 실란(SiH₄), 실란올(SiH₃OH), 메틸실란(SiH₃CH₃), 비닐실란(SiH₃CHCH₂), 아미노실란(SiH₃NH₂), 알콕시실란(SiH₃OR) 및 에폭시실란 중 하나 이상이다. 또는 실란은 아미노 메틸 트리메틸 실란, 3-글리시딜 옥시 프로필 트리메톡시 실란, 비닐 디메틸 실란, 및 알릴 트리메틸 실란 중 하나 이상일 수 있다. 몇몇 경우에, 보다 작은 실란은 32 내지 90의 분자량을 지닌다. 보다 큰 타입의 실란은 100 내지 300의 분자량을 지니므로써, 실란은 보다 작은 타입의 실란처럼 많이 운모지내 접촉된 운모 표면 사이에 유입되지 않는 경향이 있다. 다른 특정 구체예에서, 실란 분자의 다수 중량이 사용된다.

[0051] 특정 구체예에서, 수지는 나노 충전제를 함유한다. 나노 충전제는 1 내지 60중량%의 수지를 포함한다. 몇몇 구체예에서, 일부 또는 전체의 나노 충전제는 실란과 반응할 수 있도록 표면 처리된다. 실란의 첨가 전에, 운모지는 압축될 수 있다.

[0052] 또 다른 구체예에서, 본 발명은 대략 15 내지 300의 분자량을 갖는 실란을 얻고, 운모지를 압축하고, 이후 실란

을 운모지에 첨가하는 것을 포함하는, 운모지 내의 미세기공을 처리하는 방법을 제공한다. 이후, 실란을 운모지내 미세 기공의 내면과 반응시키고, 운모지를 수지로 함침시킨다. 수지는 실란을 통해 운모지내 미세 기공의 내면과 결합하고, 압축으로 인해, 운모지 내에 접촉된 운모 소박편 표면은 실란에 덜 노출된다. 최적의 품질에 대해, 압축은 경화 사이클을 통해 유지되어야 한다.

- [0053] 특정 구체예에서, 운모지의 압축량은 운모지 두께의 5 내지 30%이다. 운모지는 수지의 함침을 위해 압축되며, 수지의 함침을 위한 압축량은 실란의 첨가를 위한 압축량과 대략 동일하다. 몇몇 구체예에서, 실란은 운모지에 용액으로 첨가되며, 운모지는 수지 함침 전에 실질적으로 용액이 건조된다. 또한, 32 내지 90의 저분자량 실란이 사용될 수 있다.
- [0054] 언급된 바와 같이, 포논 산란을 감소시키기 위해, 재료의 구조적 형태를 조절하는 것이 중요하다. 이는 그 매트릭스가 높은 열전도성을 나타내고, 입도 및 수지와의 계면 특징이 이러한 효과를 유지시키기에 충분하고, 또한 포논 산란을 감소시키기 위한 길이 범위 요건을 만족시키는 것으로 알려져 있는 나노 입자를 사용함으로써 추가로 보조될 수 있다. 또한, 짧은 구간 및 긴 구간 주기성을 갖는, 반응한 덴드리머 격자 및 호스트 수지, 예컨대 액정 에폭시 및 폴리부타디엔으로부터 형성될 수 있는 래더 또는 정렬된 망상구조를 포함하여, 보다 고도로 정렬된 구조를 선택하는 것이 이를 이롭게 할 것이다.
- [0055] 충전된 수지는 회로판 및 절연 테이프와 같은 여러 산업에서의 접합 수지로서 사용될 수 있다. 절연 테이프중 특정 종류가 발전기 분야에서 사용되는 운모-유리 테이프이다. 이러한 타입의 테이프를 갖는 수지는 접합 수지로서, 또는 당해 공지되어 있는 바와 같은 함침 수지로서 사용될 수 있다. 이러한 테이프가 없는 충전된 수지 또한 회전시 전기 절연 적용을 이행하는 발전기 및 정전기 설비 부품에 사용될 수 있다.
- [0056] 상기 테이프는 전기 제품에 적용되기 전 또는 후에 수지로 함침될 수 있다. 수지 함침 기술은 하기에 보다 자세히 논의될 VPI 및 GVPI를 포함한다. VPI에서, 테이프가 랩핑되고 함침되면, 테이프가 압축된다. 정위치가 되면, 압축된 테이프 중의 수지는 경화되며, 이는 HTC 재료의 위치를 효과적으로 고정시킨다. 몇몇 구체예에서, 당업자들에게 자명한 바와 같이 수지는 2 단계 공정으로 경화된다. 그러나, 로딩된 HTC 재료의 최적의 압축은 압축 단계 동안 완전히 비경화된 수지를 선호한다.
- [0057] 도 3은 본 발명의 일 구체예를 도시한 것이다. 수지상 매트릭스(32)에 로딩된 HTC 재료(30)가 도시되어 있다. 매트릭스를 통해 이동하는 포논(34)은 평균 경로 길이(n)를 가지며, 이는 포논 평균 자유 경로이다. 이러한 경로 길이는 수지 매트릭스의 정확한 조성에 따라 다를 수 있으나, 일반적으로 에폭시 수지와 같은 수지에 대해 2 내지 100nm, 보다 구체적으로 5 내지 50nm이다. 그러므로, 로딩된 HTC 재료 사이의 평균 거리는 상기 거리보다 평균적으로 짧아야 한다. HTC 재료 간의 거리는 테이프의 두께 대 횡방향에서 달라질 수 있으며, 일반적으로는, 공간이 최적화될 것을 요하는 두께 방향임을 유의해야 한다.
- [0058] 포논(34)이 수지(32)를 통해 이동함에 따라, 포논은 묻혀 있는 HTC 재료(30)를 따라 통과하는 경향이 있다. 이는 수지의 열전도도가 약 0.1 내지 0.5W/mK인 것과 대조적으로 미가공 HTC 재료의 열전도도가 10 내지 1000W/mK이기 때문에 국부적으로 포논 플럭스를 증가시킨다. 포논이 로딩된 HTC 재료를 따라서 통과함에 따라, 포논(36)은 상기 재료 간의 거리가 n 미만인 경우 다음 HTC 재료를 통과하고, 이에 따라 HTC 재료는 상호연결 망상구조를 형성한다. 도 3은 이상적인 경로를 도시한 것이다. 사실상, 포논이 수지와 HTC 재료 사이를 통과함에 따라 포논 산란이 있을 것이나, 재료 간의 거리가 짧을수록, 그리고 HTC 재료와 수지 간의 포논 전파 특징의 조화가 더욱 우수할 수록 산란은 덜할 것이다.
- [0059] 수지에 로딩되는 HTC 재료의 양은 도 3에 도시된 바와 같이 예를 들어 약 10% 만큼 실제로 상당히 낮을 수 있다. 이에 따라, 로딩된 HTC 재료 간의 평균 거리, 또는 길이 범위는 n 보다 약간 클수 있으나, 높은 비율은 여전히 n 보다 낮을 것이며, 이에 따라 본 발명의 구체예에 포함될 것이다. 특정 구체예에서, 다음 HTC 재료로부터 n 미만의 거리에 있는 재료의 비율은 50% 초과이며, 특정 구체예에서는 75% 초과이다. 특정 구체예에서, HTC 재료의 평균 길이는 n 보다 크며, 이는 추가로 포논 전송을 돕는다.
- [0060] n 이 짧을수록, 로딩된 HTC 재료의 농도는 높으며, 반대로 입도가 클수록, 요구되는 HTC 재료가 적어진다. 특정 구체예에서는, 수지와 충전제의 총 부피에 대해 로딩된 재료를 5 내지 60%, 보다 특정 구체예에서는, 25 내지 40%로 사용한다. 수지가 테이프에 함침되는 경우, 수지는 테이프 섬유와 기재 간의 공간을 채울 것이다. 그러나, 이 시점에서 테이프내 HTC 분포는 흔히 최적화되지 않으며, HTC 재료간의 평균 거리가 n 을 초과할 수도 있다. 이후, 본 발명의 실시에서는 수지 함침된 테이프를 압축하고, 로딩된 HTC 재료 간의 거리를 감소시킨다.
- [0061] 로딩된 수지가 테이프로 함침되고 있는 중인 경우, 테이프의 섬유 또는 입자는 특히 수지가 30% 또는 그 초과

충전제라면, HTC 재료의 일부를 차단하는 작용을 한다. 그러나, 테이프를 압축함으로써, 역작용이 일어나서, HTC 재료가 그 자체로 전체 구조의 비이동성 부분에 부착하기에 때문에 보다 많은 충전제가 테이프내에 트랩핑된다. 제시된 구체예에서는, 충전제가 수지 매트릭스와 반응하지 않는 것으로 나타났으나, 일부 구체예에서는, 충전제가 수지와 공유 결합을 형성하고 보다 균질한 매트릭스를 형성한다. 균질한 매트릭스에서, 충전제에 결합되어 있는 수지 분자가 비결합 수지 분자에 비해 압축 동안에 보다 잘 보유된다.

[0062] 수지는 많은 산업에 사용되며, 매우 다양한 용도를 갖는다. 수지의 상이한 특성은 이들의 용도 뿐만 아니라 함께 이들이 함께 사용되는 제품의 품질 및 효능에 영향을 미친다. 예를 들어, 수지가 전기 절연 용도에 사용되는 경우, 이들의 유전 강도 및 전압 내구성의 특징은 높아야 하며, 열안정성 및 열내구성도 높아야 한다. 그러나, 종종 이러한 목적과는 반대로, 수지는 보통 낮은 열전도를 갖는다. 본 발명은 다양한 물성의 수지와 이들 수지가 도입되는 절연 시스템을 조화롭게 하여 유전 강도, 전압 내구성, 열안정성 및 열내구성과 같은 주요 물성, 기계적 강도 및 점탄성 반응을 적합하게 유지하고, 나아가 증진시키면서, 종래의 전기 절연체보다 우수한 열전도성을 갖는 시스템을 생성한다. 열적 및 기계적 사이클링 효과로 야기된 응력으로부터 초래된 박리 및 미세공극 형성은 감소되거나 제거된다. 본원에서 사용되는, 용어 수지는 모든 수지 및 에폭시 수지를 말하며, 개질된 에폭시, 폴리에스테르, 폴리우레탄, 폴리이미드, 폴리에스테르이미드, 폴리에테르이미드, 비스말레이미드, 실리콘, 폴리실록산, 폴리부타디엔, 시아네이트 에스테르, 탄화수소 등 뿐만 아니라 이들 수지의 균질한 배합물을 포함한다. 이러한 수지의 정의는 가교제, 축진제 및 그 밖의 촉매 및 가공 보조제와 같은 첨가제를 포함한다. 액정 열경화성 재료(LCT)와 같은 특정 수지 및 1,2 비닐 폴리부타디엔은 저분자량 특성과 우수한 가교 특성이 조합되어 있다. 이러한 수지는 헤테로 원자가 존재하거나 부재하는 탄화수소와 같은 유기 매트릭스, 실리케이트 및/또는 알루미늄 실리케이트 성분을 함유하는 무기 매트릭스, 및 유기 및 무기 매트릭스의 혼합물로 이루어질 수 있다. 유기 매트릭스의 예는 폴리머 또는 반응성 열경화성 수지를 포함하며, 이는 필요에 따라 무기 입자 표면 상에 도입되는 반응성기와 반응할 수 있다. 또한, 가교제는 최종 가교된 망상구조의 구조 및 세그먼트 길이 분포를 조작하기 위해 수지에 첨가될 수 있으며, 이는 열전도성에 유리한 영향을 미칠 수 있다. 이러한 열전도성 증진은 또한 촉매, 축진제 및 그 밖의 가공 보조제와 같은 다른 수지 첨가제에 의한 개질을 통해 얻어질 수 있다. 액정 열경화성 재료(LCT) 및 1,2 비닐 폴리부타디엔과 같은 특정 수지는 저분자량 특성과 우수한 가교 특성이 조합되어 있다. 이러한 타입의 수지는 개선된 포논 운반의 결과로서 증진된 열 유도를 이끌 수 있는 서브-구조의 증진된 마이크로 및 마크로 정렬로 인해 보다 잘 열을 전도하는 경향이 있다. 포논 운반이 우수할수록, 열전달이 보다 우수하다.

[0063] 본 발명의 높은 열전도성 충전제가 수지와 혼합되면, 이들 충전제는 연속적인 생성물을 형성한다. 몇몇 경우에, 공유 결합이 충전제와 수지 간에 형성된다. 그러나, 연속적인 것은 다소 주관적이며, 관찰자가 사용하고 있는 규모에 따른다. 마크로-규모에 대해, 생성물은 연속적이지만, 나노-규모에 대해서는, 충전제와 수지 망상구조 사이에 뚜렷한 계면이 여전히 존재할 수 있다. 그러므로, 마크로-규모에 대해서는, 수지와 혼합되는 높은 열전도성 충전제가 언급되면, 연속적인 유기-무기 복합체가 형성되지만, 마이크로-규모에 대해서는 동일 혼합물이 하이브리드로서 언급될 수 있다.

[0064] 언급된 바와 같이, 충전된 수지는 테이프 없이 발전기 분야에 사용되어 회전 및 정적 전기 설비 부품에서 전기 절연 용도를 만족시킬 수 있다. 발전기에서 높은 열전도성 재료는 다수 사용된다. 고정자 코일내에는, 설계를 최적화하기 위해 높은 열전성을 가져야 하는 접지벽 이외의 부품 재료가 있다. 유사하게, 열 제거를 최대화하기 위해 코일과 결합되는 다른 부품도 있다. 고정자 설계의 개발은 발전기 효율을 최대화하기 위해서는 회전자 설계가 개선되어야 함을 시사한다.

[0065] 본원에서 기술된 높은 열전도성 기술이 고정자에 적용될 수 있는 장소, 부품 및 재료의 예로는 스트랜드내 절연체(inter-strand insulation), 내부 코로나 보호(ICP) 시스템, 외부 코로나 보호(OCP) 시스템, 패키징 및 프리스트레스트 드라이빙 스트립(prestressed driving strip(PSDS-상부 리플 스프링(top ripple spring)))을 포함하는 바닥, 중앙 및 상부 충전제; 부충전제, 라미네이트, 및 부 PSDS, 코일 센터 세퍼레이터(coil center separator) 또는 스위드(sword), 코일 교환 필터, 고정자 웨지(stator wedge), 코어 절연체, 다이아몬드 스페이스(diamond spacer), 브레이스(brace) 또는 브라켓(bracker), 단부 권선 접합 수지 및 압축성 겹 충전제, 커넥터 절연체, 평행 링(parallel) 절연체, 및 평행 링 지지 구조체를 포함한다. 회전자에서의 예는 셸 또는 슬롯 라이너(slot liner), 인터턴(interturn) 절연체, 턴 및 접지 절연체를 포함하며, 이는 일체형 단부 캡 절연체, 블로킹 방향 핀 및 리드(lead), 및 슬롯 탑 패커(slot top packer) 또는 "U"를 포함한다.

[0066] 편의상, 도 4를 참조하면, 메인 열 흐름(12) 및 고정자 코일을 통한 추가의 방사상 열 흐름(11)의 횡단면도가 도시되어 있다. 본 도면에서 도시된 고정자 코일은 특히 구리 스탠드(5), 전치된 스트랜드(6), 바닥, 중앙 및

상부 충전제(4), 접지벽 절연체(7), 및 센터 세터레이터(8)를 포함한다.

- [0067] 상기 기술된 부재 또는 재료는 라미네이팅, 압출, 몰딩, 및 당업자들에게 익숙한 그 밖의 방법을 포함하는 여러 수단에 의해 생성될 수 있다. 고정자 코일에 사용되는 구성 재료는 구리 및 절연체이다. 구리는 스트랜드 형태로 존재하며, 이는 일반적으로 절연되고, 회합되고, 베이클라이즈드 코일 또는 스택으로 전환된다. 베이클라이즈드 코일은 접지벽 절연체로 절연되지만, 이와 결합되는 전기적 응력 억제층이 존재한다. 고정자 코일의 열전도성에 영향을 미치는 요소는 접지벽 절연체이나, 다른 요소가 유사하게 개선되면 유리하다. 예를 들어, 고정자 코일의 구성에 사용되는 응력 억제 시스템 및 그 밖의 시스템은 일반적으로 구리로부터 고정자 코일로의 절연체 두께의 10 내지 20%로 존재할 수 있다. 몇몇 구체예에서, 열전도도 및 전기 전도도를 목적하는 값으로 조정하기 위해 상기 재료에 구조적 변경을 도입하는 것이 제안된다.
- [0068] 추가의 예로서, 내부 응력 억제층은 낮은 전도성층으로 이루어질 수 있으며, 이 층은 구리에 직접적으로 또는 저항을 통해 접촉되거나, 이로부터 절연될 수 있다. 이러한 예에서, 절연층은 낮은 전도성층이 적용되기 전에 베이클라이즈드 코일 표면에 적용될 수 있다. 절연 테이프 또는 시트는 표면을 접합하기 위해 또는 표면을 매끄럽게 하여 공극 영역을 채우기 위해 베이클라이즈드 코일에 적용될 수 있다. 이후, 요구되는 특성을 지닌 재료로 된 추가의 층 또는 층들이 낮은 전도성층 다음에 적용될 수 있다. 이는 응력 억제 또는 절연과 같은 전기적 목적을 위한 것일 수 있다.
- [0069] 접지벽이 적용된 후, 낮은 전도성층(들)은 코어 라미네이션 감축을 피하면서 코어로의 우수한 접촉을 보장하고, 부분 방전을 제거하고, 바운스 효과를 막기 위해 코일의 표면에 적용된다. 이러한 낮은 전도성층이 그 위에 적용된 절연층을 갖는 용도가 특허 문헌에 개시되어 있다. 따라서, 외부 코로나 보호 시스템은 낮은 전도성층, 절연층 및 부분 절연층을 포함할 수 있다.
- [0070] 고정자 단부 영역에서 전기적 응력을 억제하기 위해, 응력 억제층이 코일 직선부의 단부에서 단부권선 또는 소용돌이 영역으로 적용된다. 이는 일반적으로 하나 또는 수개의 층으로, 때때로 계단식 층으로 적용되는 실리콘 카바이드 로딩된 테이프 또는 페인트로 구성된다. 또한, 절연층 또는 비교적 높은 저항성층(들)과 결합될 수 있다. 이러한 용도로, 높은 열전도성 재료는 시스템의 열전도성을 크게 증진시킬 것이다. 사용될 경우, 높은 열전도성 재료의 선택은 기계 설계 및 일반 절연 재료 및 접지벽의 열전도성 특성에 의존할 것이다.
- [0071] 단부 영역에서, 유리 테이프 및 수축 재료가 강화와 같은 여러 기능을 위해, 그리고 기계적 브레이싱(bracing)을 증진시키기 위해 특정 타입의 설계에 사용된다. 또한, 단부권선 영역의 기계적 브레이싱은 수지, 다이아몬드 스페이서, 순응성 함침성 재료, 예컨대, 펠트 또는 포(cloth), 및 수지가 로딩될 수 있는 재료, 예컨대 백(bag), 블래더(bladder) 또는 호스(hose)의 사용을 포함한다. 이들 부품 및 재료에 있어서, 높은 열전도성 재료의 사용은 상기 시스템의 열전도성을 크게 증진시킬 것이다. 높은 열전도성 재료를 어디서, 그리고 언제 사용할 지에 대한 선택은 기계 설계 및 일반 절연 재료의 열전도성 특성에 의존할 것이다.
- [0072] 직접 냉각 회전자에 있어서, 냉각 기체 또는 매체는 구리와 직접 접촉한다. 직접 냉각을 위해서는 두개의 주 설계인, 방사상 냉각 및 축상 냉각이 있다. 단부권선 영역은 상이한 냉각 방법을 가질 수 있다. 방사상 냉각 설계에 있어서, 기체는 서브 슬롯 또는 각 슬롯의 저부에 있는 중공 턴을 따라 통과한다. 이후, 솔리드(solid) 구리 턴에서 냉각 슬롯을 통해 방사상으로 나아가고, 슬롯의 상부에서 소모된다. 축상 냉각 설계에서, 턴은 중공이며, 일반적으로 단면적이 사각형 또는 직사각형이다. 기체는 중공 전도체의 측벽에 있는 구멍을 통해 각각의 단부에서 유입되어 구리관의 내측을 따라 나아가, 회전자 센터에서 구리내 구멍을 통해 방사상으로 소모된다.
- [0073] 이러한 회전자의 설계 둘 모두에 있어서, 설계시 높은 열전도성 재료를 사용하는 것의 효과는 상당하다. 실제로, 그 효과는 간접적으로 냉각되는 기기에서 더 클 수 있다. 회전자 코일은 일반적으로 슬롯 셀(slot cell) 또는 각진 형태로 몰딩된 에폭시 유리 라미네이트에 의해 그라운드(ground)로부터 절연된다. 인터턴(interturn) 절연체는 라미네이트 또는 유리일 수 있다. 이러한 부품은 본원에서 기술되는 방법을 사용하여 높은 열전도성이 될 수 있음을 알 수 있다.
- [0074] 본 발명의 일 구체예는 수지의 열전도성을 개선시키기 위해 높은 열전도성(HTC) 재료를 수지에 첨가한다. 일부 구체예에서는, 수지의 다른 물성은 보다 높은 열전도성으로 교환되어 감소되지만, 일부 구체예에서는, 소정의 다른 물성은 별다른 영향을 받지 않으며, 일부 구체예에서는, 이러한 다른 물성은 개선될 수 있다. 특정 구체예에서, HTC 재료는 정렬된 서브-구조를 갖는 수지, 예컨대 LCT 에폭시에 첨가된다. 이러한 타입의 수지에 첨가되는 경우, 사용되는 HTC 재료의 양은 정렬된 서브 구조를 지니지 않은 수지에 사용되는 것에 비해 감소될 수

있다.

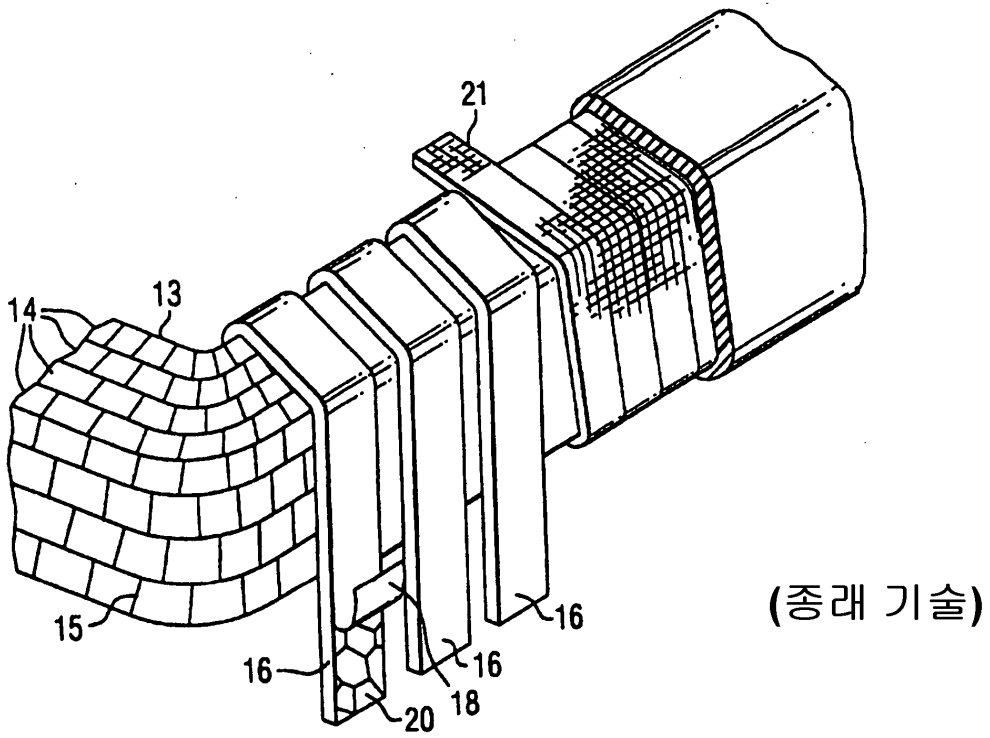
- [0075] 수지에 로딩된 HTC 재료는 수지와 물리적으로 및/또는 화학적으로 상호작용하거나 반응하여 열전도성을 개선시킬 수 있도록 첨가될 수 있는 여러 재료이다. 일 구체예에서, HTC 재료는 덴드리머이며, 또 다른 구체예에서, 이들 재료는 3 내지 100 또는 그 초과, 보다 특히 10 내지 50 범위의 가로세로비(평균 횡방향 치수 대 평균 종방향 치수의 비)를 갖는 높은 가로세로비 입자를 포함하여 정해진 크기 또는 형태를 갖는 나노 또는 마이크로 무기 충전제이다.
- [0076] 논의된 바와 같이, 나노충전제는 그 자체로 표면 작용성화될 수 있다. 나노, 메소, 및 마이크로 무기 충전제에 대한 표면 처리는 무기 표면을 유기 매트릭스에 대해 상용화(compatibilizing)시킬 수 있거나 호스트 유기 매트릭스와 화학 반응이 일어나게 할 수 있는 여러 표면 작용기를 도입하는 것이다. 이러한 표면 작용기는 호스트 유기 매트릭스와의 화학 반응에 이용될 수 있는 히드록실, 카르복실, 아민, 에폭시드, 실란 또는 비닐기를 포함할 수 있다. 이들 작용기는 습식 화학법, 비평형 플라즈마법, 화학적 증기증착, 물리적 증기증착, 레이저 빔, 스퍼터 이온 플레이팅, 및 전자 및 이온 빔 증발법을 사용하여 적용될 수 있다.
- [0077] 운모지 함침용의 예시적인 수지 타입의 예는 본원에 참조로 통합되는 미국 특허 출원 제11/152,984호("Structured Resin Systems with High Thermal Conductivity Fillers")에서 찾아볼 수 있다.
- [0078] 에폭시 수지는 최근에 액정 폴리머를 사용함으로써 개선되었다. 에폭시 수지를 액정 모노머와 혼합함으로써, 또는 액정질 메소젠(liquid crystalline mesogen)을 DGEBA와 같은 에폭시 수지 분자에 혼입시킴으로써, 가교되어 크게 개선된 기계적 특성을 지닌 정렬된 망상구조를 형성할 수 있는 폴리머 또는 모노머를 함유하는 액정 열경화성(LCT) 에폭시 수지가 생성된다. 본원에 참조로 통합되는 미국 특허 제5,904,984호를 참조하라. LCT의 추가의 이점은 표준 에폭시 수지에 비해 개선된 열전도성을 지니며, 또한 낮은 열팽창 계수(CTE)를 갖는 것이다.
- [0079] LTC 에폭시 수지를 더욱 더 유망하게 하는 것은 이들 수지가 또한 표준 에폭시 수지보다 열을 더 우수하게 전도할 수 있다는 것이다. 본원에 참조로 통합되는 미국 특허 제6,261,481호는 LCT 에폭시 수지가 종래의 에폭시 수지의 열전도도보다 더 높은 열 전도도로 생성될 수 있음을 교시하고 있다. 예를 들어, 표준 비스페놀 A 에폭시는 횡(면) 및 두께 방향 둘 모두에서 0.18 내지 0.24 와트퍼미터도켈빈(watts per meter degree Kelvin)(W/mK)의 열전도도 값을 지님을 나타낸다. 대조적으로, LCT 에폭시 수지는 실제 적용에 사용되는 경우 횡방향으로 0.4W/mK 이하, 및 두께 방향으로 0.9W/mK 이하의 열전도도 값을 지님을 나타낸다.
- [0080] 전기 절연에 일반적으로 사용되는 표준 운모(무스코바이트(Muscovite), 플로고파이트(Phlogopite)) 이외에, 바이오타이트(Biotite) 운모 및 수개의 다른 운모 유사 알루미늄-실리케이트 물질(Mica-like Alumino-Silicate materials), 예컨대, 카올리나이트(Kaolinite), 할로이사이트(Halloysite), 몬트모릴로나이트(Montmorillonite) 및 클로라이트(Cholorite)가 있다. 몬트모릴로나이트는 그 구조에 격자를 지니서 금속 양이온, 유기 화합물, 및 모노머 및 폴리머와 같은 HTC 재료가 용이하게 삽입되어 유전 강도가 높은 복합체가 되게 한다.
- [0081] 절연 페이퍼는 본 발명의 처리된 운모를 사용할 수 있는 매체의 한 타입일 뿐이다. 많은 산업에서, 이로부터 제조된 다수의 다른 재료 및 부품은 상이한 타입의 운모를 사용할 수 있다. 본 발명의 특정 구체예가 자세히 기술되었지만, 당업자들은 본 명세서의 전반적인 교시에 비추어 이러한 상세 사항에 대한 다양한 변형 및 대안이 이루어질 수 있음을 인지할 것이다. 따라서, 기술된 특정 배열은 예시적인 것일 뿐이며, 첨부되는 청구의 범위 및 이의 임의의 모든 등가물 전체를 나타내는 본 발명의 범위를 제한하지 않는 것으로 의도된다.

도면의 간단한 설명

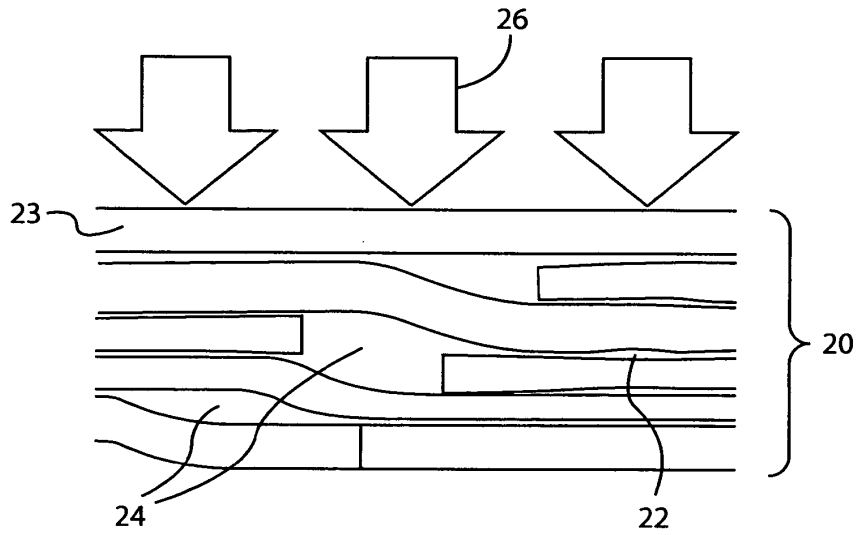
- [0020] 본 발명은 하기 도면을 참조하여 실시예에 의해 보다 자세히 설명된다.
- [0021] 도 1은 종래 기술에 따른 고정자(stator) 코일을 랩핑하는데 사용된 절연 테이프를 도시한 것이다.
- [0022] 도 2는 실란 처리를 위해 압축된 운모 기공 및 운모 테이프의 단면적에 대한 양식화된 도면이다.
- [0023] 도 3은 본 발명의 로딩된 수지를 통해 이동하는 포논(phonon)을 도시한 것이다.
- [0024] 도 4는 고정자 코일을 통한 열 흐름을 도시한 것이다.

도면

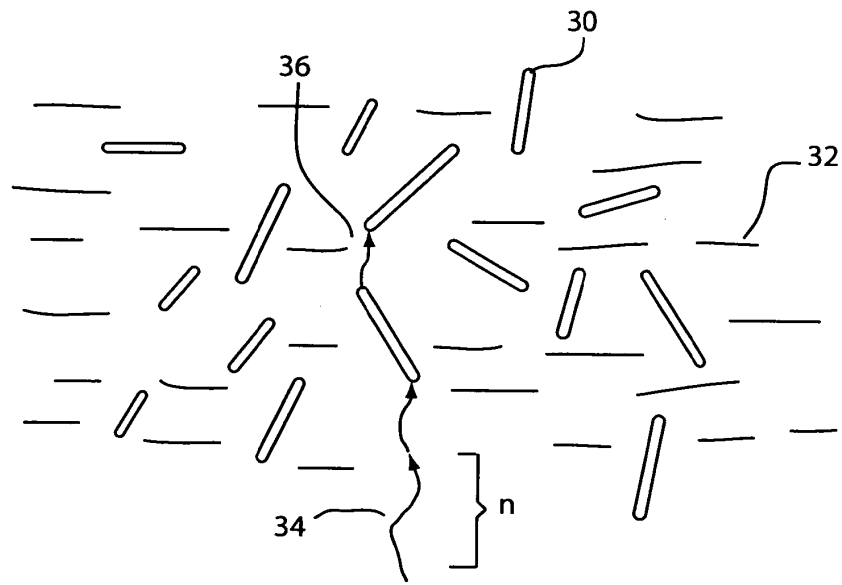
도면1



도면2



도면3



도면4

