

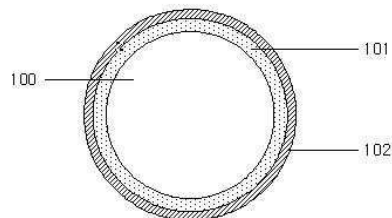
	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 (43) 공개일자	10-2011-0043330 2011년04월27일
(51) Int. Cl. B82B 3/00 (2006.01) C09C 3/12 (2006.01)	(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	(71) 출원인 세종대학교산학협력단 서울 광진구 군자동 98 세종대학교 (72) 발명자 서영수 서울특별시 노원구 상계동 주공아파트 122동 701호 김용범 서울특별시 종로구 적선동 29번지 2층 (74) 대리인	10-2009-0100398 2009년10월21일 2009년10월21일 특허법인 엠에이피에스
전체 청구항 수 : 총 18 항			

(54) 에나멜 와이어용 나노필러, 이를 포함하는 나노복합재료 및 이의 제조 방법

(57) 요약

에나멜 와이어용 나노필러, 이를 포함하는 유무기 나노복합재료 및 이의 제조 방법으로서, 상기 나노필러는 표면이 실란화된 무기 산화물 나노입자를 포함하는 것이며, 상기 나노필러 및 유무기 나노복합재료는 음향 화학적 방법을 이용하여 제조되며, 상기 유무기 나노복합재료를 사용하여 제조된 에나멜 와이어 또는 권선은 우수한 내열성, 절연성, 내부분방전성 및 기계적 물성 등을 갖는다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김선재

서울특별시 서초구 반포동 래미안퍼스티지아파트
108동 1001호

김은진

경기도 안성시 연지동 6-1번지

황중선

광주광역시 북구 두암동 881번지 현대아파트 201동
1303호

최용성

광주광역시 서구 풍암동 동부센트레빌아파트 101동
207호

특허청구의 범위

청구항 1

표면이 실란화된 무기 산화물 나노입자를 포함하는, 에나멜 와이어용 나노필러의 제조 방법으로서,
용매 내에 무기 산화물 나노입자를 첨가하여 혼합액을 형성하고;
상기 혼합액에 실란 화합물을 첨가하여 반응시킴으로써 상기 무기 산화물 나노입자의 표면을 실란화하는 것:을 포함하는, 에나멜 와이어용 나노필러의 제조 방법.

청구항 2

제 1 항 에 있어서,
상기 용매는 톨루엔, 자일렌, 에탄올, 메탄올, 크레졸, 물, 아세톤, 사이클로헥산, DMF(N,N-Dimethylformamide), N-메틸 피롤리돈(N-methyl pyrrolidone) 및 이들의 조합으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 에나멜 와이어용 나노필러의 제조 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 나노필러는 고상, 액상, 또는 젤 상태인, 에나멜 와이어용 나노필러의 제조 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 혼합액에 실란 화합물을 첨가하여 반응시킴으로써 상기 무기 산화물 나노입자의 표면을 실란화하는 것은 음향화학적(Sonochemical) 방법을 사용하는 것을 포함하는, 에나멜 와이어용 나노필러의 제조 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서
상기 음향화학적 방법은 초음파 처리하는 것을 포함하는 방법인, 에나멜 와이어용 나노필러의 제조 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 무기 산화물 나노입자는 실리카, 티타니아, 알루미늄, 지르코니아, 이트리아, 산화 크롬, 산화 아연, 산화 철, 클레이 및 이들의 조합으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 에나멜 와이어용 나노필러의 제조 방법.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 제조 방법에 따라 제조된 표면이 실란화된 무기 산화물 나노입자를 포함하는 에나멜 와이어용 나노필러를 바니시와 혼합하여 분산시켜 유무기 나노복합재료를 획득하는 것을 포함하는, 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료의 제조 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,
상기 바니시는 폴리에스테르, 폴리에스테르이미드, THEIC(트리(2-하이드록시 에틸)이소시아누에이트 트리아크릴레이트)-폴리에스테르이미드, 폴리아미드, 폴리아미드이미드, 폴리이미드, 폴리우레탄, 폴리비닐포르말 및 이들의 조합으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료의 제조 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 나노필러를 바니시와 혼합하여 상기 무기 산화물 나노입자를 바니시 내에 분산시켜 나노복합재료를 수득하는 것은 음향화학적(Sonochemical) 방법을 사용하는 것을 포함하는, 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료의 제조 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 음향화학적 방법은 초음파 처리하는 것을 포함하는 방법인, 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료의 제조 방법.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 수득된 유무기 나노복합재료를 원심분리 공정을 통하여 불순물을 제거하는 것을 추가 포함하는, 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료의 제조 방법.

청구항 12

제 7 항에 있어서, 상기 나노필러를 신나에 용해시켜 바니시에 분산시키는 것을 포함하는, 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료의 제조 방법.

청구항 13

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 제조 방법에 따라 제조된, 표면이 실란화된 무기 산화물 나노입자를 포함하는 에나멜 와이어용 나노필러.

청구항 14

제 13항에 따른 표면이 실란화된 무기 산화물 나노입자를 포함하는 에나멜 와이어용 나노필러가 분산된 바니시를 포함하는, 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 바니시는 폴리에스테르, 폴리에스테르이미드, THEIC(트리(2-하이드록시 에틸)이소시아누에이트 트리아크릴레이트)-폴리에스테르이미드, 폴리아미드, 폴리아미드이미드, 폴리이미드, 폴리우레탄 및 폴리비닐포르말로 이루어지는 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는, 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료.

청구항 16

제 14 항에 있어서, 상기 나노필러는 고상, 액상, 또는 젤 상태인, 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료.

청구항 17

도선 및 그의 표면을 피복하는 에나멜 절연 피막을 갖는 에나멜 와이어로서, 상기 에나멜 절연 피막이 제 14 항의 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료를 포함하는 것인, 에나멜 와이어.

청구항 18

도선 및 그의 표면을 피복하는 에나멜 절연 피막을 갖는 권선으로서, 상기 에나멜 절연 피막이 제 14 항의 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료를 포함하는 것인, 권선.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은, 에나멜 와이어용 나노필러, 이를 포함하는 유무기 나노복합재료 및 이의 제조 방법에 관한 것으로서, 상기 나노필러는 표면이 실란화된 무기 산화물 나노입자를 포함하는 것이며, 상기 유무기 나노복합재료는 상기 나노필러를 바니시에 분산시킨 것으로서, 상기 나노필러 및 유무기 나노복합재료의 제조 공정은 음향 화학적 방법을 이용하여 수행되는 것을 포함하며, 상기 나노필러 또는 나노복합재료를 절연전선 또는 권선 제조에 이용함으로써 내열성, 절연성, 내부분방전성, 기계적 물성 등의 특성들이 향상된 절연전선 또는 권선을 제조할 수 있다.

배경기술

[0002] 고전압 재료용 나노복합체(Nanocomposite) 소재의 개발 기술은 유럽, 미국, 일본 등에서 기술이 확립되어 있다. 미국에서는 1985년 GE(General Electric)에서 폴리이미드에 나노크기 알루미늄입자를 고전단력혼합(High Shear Mixing)방법으로 혼합하여 특허등록[US 4493873]하였다. 일본에서는 내서지성 각선을 1999년도에 히다치 전선에서 개발하여 일본 특허 및 국내 특허 등록[특2001-0082627, "내부분방전성 와이어 에나멜 합성물 및 내부분방전성 마그넷 와이어"] 완료 및 상용화하여, 고압용 전동기에 적용하였다. 또한 영국과 독일 그리고 미국에서는 2000년대 전후로 하여 나노복합체 소재를 고전압 기기와 접목하기 시작하였다.

[0003] 기존의 고전압 기기에 사용되는 에나멜 와이어(또는 권선)는 고분자 소재에 의한 단일 혹은 2층에서 3층의 구조를 가지고 있다. 그러나 동선에 피복된 고분자 소재는 부분 방전에 의한 열화가 생길 수 있으며, 이는 고전압용 전동기 등의 수명에 악영향을 끼친다. 이를 극복하기 위해 고분자 등의 유기소재에 무기소재를 혼합하여 내부분방전성 및 내열성 등을 높이려는 시도가 있었으나, 이렇게 제조된 권선의 유연성 및 표면 결함 등이 문제가 되었다.

[0004] 그러나 무기 소재의 크기가 nm이고 이것이 잘 분산되면, 권선의 유연성이 큰 하락 없이 여러 가지 특성을 향상시킬 수 있다고 알려져 있다. 그리고 고분자 기지 내에서의 무기 나노입자의 분산도 및 그를 포함한 재료의 내열성 향상이 검증되면, 내부분 방전성을 가지며, 부분 방전이 가해진 상태에서의 수명 등이 올라가는 것으로 알려져 있다.

[0005] 산화물 나노입자의 첨가는 상기와 같이 전기적, 물리적 특성 향상을 가져오나, 선결 과제로서 고분자 매질 내에서 나노입자의 분산이 필수적이다. 나노입자의 분산이 잘 되지 못하면, 입자의 응집이 과도하게 발생하여 원하는 특성을 얻을 수 없다. 그에 반해, 나노입자의 분산이 잘 되면, 실제적으로 작용하는 개개 입자의 총 수가 많아지기 때문에, 첨가되는 입자의 양이 적어도 분산이 잘 되지 않은 것에 비해 성능이 더 좋을 수 있다. 게다가 첨가되는 필러의 양이 많아질수록 내열성 및 부분 방전에 대한 저항성이 증가하나, 에나멜 층의 깨짐성이 증가하기 때문에, 무기 필러의 첨가량이 적은 것이 더 유리하다. 따라서 분산성을 올리면 올릴수록 적은 양의 나노필러의 사용이 가능해지고, 도체를 감싸는 에나멜 층의 깨짐성의 증가 없이 특성 향상을 효과적으로 이룰 수 있다.

[0006] 나노입자의 분산 성공 여부는 일차적으로 나노입자가 들어간 매질 혹은 기질(기재)의 투명도로 판단 가능하다. 왜냐하면 첨가된 나노입자는 개별적으로 움직이는 것이 아니라, 입자간 상호작용 및 입자와 매질간 상호작용으로 인하여 나노입자들이 서로 뭉쳐 하나의 큰 클러스터를 형성하기 때문이다. 이 클러스터의 크기가 가시광선 영역(400~700 nm)의 1/4(100 nm) 이상이면 빛의 산란 강도가 증가하여 투명도가 급격히 저하된다. 바람직하게는, 50 nm 이하의 크기를 가져야 한다. 그러나 입자들의 응집에 의한 클러스터의 크기를 50 nm 이하의 크기로 만드는 것이 쉽지 않다.

[0007] 그래서 많은 연구들은 나노입자의 분산을 위하여 종래의 볼-밀(Ball-milling) [미국특허 6403890] 또는 고전단력 혼합(High shear mixing)[미국특허 4493873]의 기계적 방법을 선택하거나, 아무 처리 없이 교반하거나[미국특허 6180888], 솔-젤(Sol-gel) 방법[일본특허 특개 200336731(P200336731A)]을 사용하여 나노입자가 분산된 에나멜 와이어를 제조하였다. 그러나, 상기 세 가지 방법 모두 단점이 존재한다. 기계적 방법은 가장 처음에 나온 방법으로서, 산화물 나노입자와 유기물 기지간의 계면간 접합이 없고 에나멜 기지의 유연성 등을 저하시켜 표면에 크랙을 발생시키기 쉽다. 교반(stirring) 방법은 에나멜 기지의 유연성 등을 저하시키기 쉽고, 고농도로 나노입자를 첨가시키기 힘들며, 분산도가 좋지 않아 에나멜 층의 품질 균일성에 악영향을 미친다. 솔-젤 방법은 에나멜 층 내에서의 분산성은 매우 우수하나, 나노입자를 생성시킬 때 미반응물 등으로 인하여 절연성(Dielectric strength)이 저하되며, 솔-젤 공정의 특성상 제조시 열처리 공정 시간의 과도한 증가를 가져오므로

제조 가격이 상승하는 단점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0008] 본 발명자들은, 유무기 나노복합재료를 이용하여 내열성, 절연성, 부분 방전성 등의 특성들이 매우 향상된 에나멜 와이어를 제조하기 위한 기술에 대하여 다양한 연구를 수행하였다. 이러한 본 발명자들의 연구에 의하여, 실란으로 표면 처리된 나노크기의 산화물 미세 입자를 포함하는 나노필러를 제조하고 이러한 나노필러를 고도 분산하여 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료를 수득함으로써 내열성, 절연성, 내부분 방전성 등의 특성들이 매우 향상된 에나멜 와이어를 제조할 수 있음을 발견하였다.
- [0009] 상기 에나멜 와이어용 나노필러를 포함하는 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료는, 상기 실란으로 표면 처리된 나노크기의 산화물 미세 입자를 포함하는 나노필러를 바니시에 분산시킨 것으로서 이들을 제조하는 공정은 음향 화학적 방법을 이용하여 수행되며, 상기 유무기 나노복합재료를 도선의 표면에 코팅함으로써 내열성, 절연성, 내부분방전성, 표면 균일성, 유연성 등의 특성들이 우수하게 향상된 에나멜 와이어를 제조할 수 있다.
- [0010] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결수단

- [0011] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 측면은, 용매 내에 무기 산화물 나노입자를 첨가하여 혼합액을 만들고; 상기 혼합액에 실란 화합물을 첨가하여 반응시킴으로써 상기 무기 산화물 나노입자의 표면을 실란화하는 것을 포함하는, 에나멜 와이어용 나노필러의 제조 방법을 제공한다.
- [0012] 본 발명의 다른 측면은, 용매 내에 무기 산화물 나노입자를 첨가하여 혼합액을 만들고; 상기 혼합액에 실란 화합물을 첨가하여 반응시킴으로써 상기 무기 산화물 나노입자의 표면을 실란화하여 표면에 실란화된 무기 산화물 나노입자를 포함하는 나노필러를 수득하고; 상기 수득된 나노필러를 바니시와 혼합하여 분산시켜 유무기 나노복합재료를 수득하는 것을 포함하는, 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료의 제조 방법을 제공한다.
- [0013] 본 발명의 또 다른 측면은, 표면이 실란화된 무기 산화물 나노입자를 포함하는, 에나멜 와이어용 나노필러를 제공한다.
- [0014] 본 발명의 또 다른 측면은, 표면이 실란화된 무기 산화물 나노입자를 포함하는 나노필러가 분산된 바니시를 포함하는, 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료를 제공한다.
- [0015] 본 발명의 또 다른 측면은, 도선 및 그의 표면을 피복하는 에나멜 절연 피막을 갖는 절연 전선으로서, 상기 에나멜 절연 피막이 상기한 바와 같은 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료를 포함하는 것인, 절연 전선 또는 권선을 제공한다.

효 과

- [0016] 상기 본 발명에 의하여, 실란으로 표면 처리된 나노크기의 무기 산화물 미세 입자를 포함하는 나노필러, 및 상기 나노필러가 고도로 분산된 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료를 얻을 수 있다.
- [0017] 상기 유무기 나노복합재료를 이용하여 권선을 제조하면 종래의 고분자만 포함된 조성물(바니시)을 사용하여 제조된 권선에 비하여 내열성, 절연성, 부분 방전성 등의 특성들이 매우 향상된 에나멜 와이어를 제조할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다.
- [0019] 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현예 및 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

- [0020] 본 발명의 일 측면은, 용매 내에 무기 산화물 나노입자를 첨가하여 혼합액을 만들고; 상기 혼합액에 실란 화합물을 첨가하여 반응시킴으로써 상기 무기 산화물 나노입자의 표면을 실란화하는 것을 포함하는, 에나멜 와이어용 나노필러의 제조 방법을 제공한다.
- [0021] 본 발명의 다른 측면은, 용매 내에 무기 산화물 나노입자를 첨가하여 혼합액을 만들고; 상기 혼합액에 실란 화합물을 첨가하여 반응시킴으로써 상기 무기 산화물 나노입자의 표면을 실란화하여 표면에 실란화된 무기 산화물 나노입자를 포함하는 나노필러를 수득하고; 상기 수득된 나노필러를 바니시와 혼합하여 분산시켜 나노복합재료를 수득하는 것을 포함하는, 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료의 제조 방법을 제공한다.
- [0022] 상기 용매의 비제한적 예시로서, 톨루엔, 자일렌, 에탄올, 메탄올, 크레졸, 물, 아세톤, 사이클로헥산, DMF(N,N-Dimethylformamide) 및 N-메틸 피롤리돈(N-methyl pyrrolidone)으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 무기 산화물 나노입자의 비제한적 예로서 실리카, 티타니아, 알루미늄, 지르코니아, 이트리아, 산화 크롬, 산화 아연, 산화 철 및 클레이로 이루어지는 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 무기 산화물 나노입자는 4 내지 100나노미터의 크기일 일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0024] 본 발명의 예시적 구현예에 있어서, 상기 무기 산화물 나노입자가 실리카를 포함하는 경우 상기 실리카는 발연 실리카(Fumed silica)일 수 있으며, 솔-젤 법에 의해 제조된 실리카 나노입자 또는 콜로이드 실리카일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0025] 본 발명의 예시적 구현예에 있어서, 상기 무기 산화물 나노입자가 티타니아(TiO_2)를 포함하는 경우 상기 티타니아는 발연 티타니아(Fumed titania)일 수 있으며, 또는 솔-젤 법에 의해 제조된 티타니아일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0026] 본 발명의 예시적 구현예에 있어서, 상기 무기 산화물 나노입자가 알루미늄인 경우 상기 알루미늄은 발연 알루미늄(Fumed alumina)일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0027] 본 발명의 예시적 구현예에 있어서, 상기 에나멜 와이어용 나노필러는 상기 무기 산화물 나노입자를 유기용매 및 실란을 포함하는 혼합액에 넣고 반응시키며, 필요한 경우, 음향화학적 또는 기타 방법을 이용하여 상기 무기 산화물 나노입자 표면과 상기 실란을 반응시켜 분말상, 젤상, 또는 액상의 나노필러를 얻을 수 있다.
- [0028] 예시적 구현예에 있어서, 상기 에나멜 와이어용 바니시는 폴리에스테르, 폴리에스테르이미드, THEIC(트리(2-하이드록시 에틸)이소시아누에이트 트리아크릴레이트)-폴리에스테르이미드, 폴리아미드, 폴리아미드이미드, 폴리이미드, 폴리우레탄 및 폴리비닐포르말로 이루어지는 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0029] 예시적 구현예에 있어서, 상기 용매는 톨루엔, 자일렌, 에탄올, 메탄올, 크레졸, 물, 아세톤, 사이클로헥산, DMF(N,N-Dimethylformamide) 및 N-메틸 피롤리돈(N-methyl pyrrolidone)으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0030] 본 발명의 또 다른 측면은, 상기 표면이 실란화된 무기 산화물 나노입자를 포함하는, 에나멜 와이어용 나노필러를 제공한다.
- [0031] 본 발명의 또 다른 측면은, 표면이 실란화된 무기 산화물 나노입자를 포함하는 나노필러가 분산된 바니시를 포함하는, 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료를 제공한다.
- [0032] 상기 무기 산화물 나노입자의 비제한적 예로서 실리카, 티타니아, 알루미늄, 지르코니아, 이트리아, 산화 크롬, 산화 아연, 산화 철 및 클레이로 이루어지는 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 무기 산화물 나노입자는 100나노미터 이하의 입경을 갖는 것이며, 예를 들어, 4 내지 100나노미터의 크기일 일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0033] 본 발명의 예시적 구현예에 있어서, 상기 무기 산화물 나노입자가 실리카를 포함하는 경우 상기 실리카는 발연 실리카(Fumed silica)일 수 있으며, 솔-젤 법에 의해 제조된 실리카 나노입자 또는 콜로이드 실리카일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0034] 본 발명의 예시적 구현예에 있어서, 상기 무기 산화물 나노입자가 티타니아(TiO_2)를 포함하는 경우 상기 티타니아

아는 발연 티타니아(Fumed titania) 일 수 있으며, 또는 솔-젤 법에 의해 제조된 티타니아일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0035] 본 발명의 예시적 구현예에 있어서, 상기 무기 산화물 나노입자가 알루미늄인 경우 상기 알루미늄은 발연 알루미늄(Fumed alumina)일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0036] 본 발명의 예시적 구현예에 있어서, 상기 에나멜 와이어용 나노필러는 분말상, 젤상, 또는 액상일 수 있다.

[0037] 예시적 구현예에 있어서, 상기 에나멜 와이어용 바니시는 폴리에스테르, 폴리에스테르이미드, THEIC(트리(2-하이드록시 에틸)이소시아누에이트 트리아크릴레이트)-폴리에스테르이미드, 폴리아미드, 폴리아미드이미드, 폴리이미드, 폴리우레탄 및 폴리비닐포르말로 이루어지는 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0038] 본 발명의 또 다른 측면은, 도선 및 그의 표면을 피복하는 에나멜 절연 피막을 갖는 절연 전선으로서, 상기 에나멜 절연 피막이 제 12 항의 에나멜 와이어용 유기 나노복합재료를 포함하는 것인, 절연 전선 또는 권선(winding wire)을 제공한다.

[0039] 이하, 본 발명에 대해서 더욱 상세히 설명한다.

[0040] 상기 실란이 무기 산화물 나노입자인 실리카 입자 표면에 결합하는 경우, 음향화학적(sonochemical)으로 수행될 수 있으며, 구체적으로는 초음파를 사용할 수 있다. 또한, 환류와 플라스크를 포함하는 고온반응기에서 이루어질 수 있다. 다만, 실리카 표면에 존재하는 OH기와 반응하는 실란의 표면 밀도를 효과적으로 조절하여 나노입자에 대한 분산효과의 최대화를 위해 음향화학적 방법을 사용하는 것이 더욱 바람직하다. 실란이 실리카 나노입자 표면에 결합하는 시간은 5분에서 4일까지일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0041] 실란 화합물로서 다음 표 1의 것을 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 실란 화합물에 포함된 작용기는 아민기, 아닐린기, 에폭시기, 페닐기, 비닐기 및 탄화수소기 중 하나 이상을 포함할 수 있으며, 이에 제한되지는 않는다.

표 1

실험에 사용된 실란의 종류

CAS No.	시 약 명
35141-30-1	3-[2-(2-아미노에틸아미노)에틸아미노]프로필트리메톡시실란 (3-[2-(2-aminoethylamino)ethylamino]propyltrimethoxysilane)
1760-24-3	N-[3-(트리메톡시실릴)프로필]에틸렌디아민 (N-[3-(trimethoxysilyl)propyl]ethylenediamine)
13822-56-5	(3-아미노프로필)트리메톡시실란 [(3-aminopropyl)trimethoxysilane]
2996-92-1	트리메톡시페닐실란(Trimethoxyphenylsilane)
3068-76-6	N-[3-(트리메톡시실릴)프로필]아닐린 (N-[3-(trimethoxysilyl)propyl]aniline)
16415-12-6	헥사데실트리메톡시실란 (Hexadecyltrimethoxysilane)
3069-40-7	트리메톡시(옥틸)실란 (Trimethoxy(octyl)silane)
2530-83-8	(3-글리시딜옥시프로필)트리메톡시실란 [(3-glycidyloxypropyl)trimethoxysilane]
3388-04-3	트리메톡시[2-(7-옥사바이시클로[4. 1. 0]헵트-3-일)에틸]실란 [Trimethoxy[2-(7-oxabicyclo[4. 1. 0]hept-3-yl)ethyl]silane]
2530-85-0	3-(트리메톡시실릴)프로필 메타크릴레이트 [3-(trimethoxysilyl)propyl methacrylate]
2768-02-7	비닐트리메톡시실란(Vinyltrimethoxysilane)
33401-49-9	N-[3-(트리메톡시실릴)프로필]-n'-(4-비닐벤질)에틸렌디아민 (N-[3-(trimethoxysilyl)propyl]-n'-(4-vinylbenzyl)ethylenediamine)
1825-61-2	메톡시트리메틸실란(Methoxytrimethylsilane)
1825-62-3	에톡시트리메틸실란(Ethoxytrimethylsilane)

[0042]

[0043]

예시적 구현예에 있어서, 사용할 수 있는 실란은 상기 표 1에 제한되는 것은 아니며, 실란은 단독 혹은 그 이상의 조성으로 사용될 수 있다. 상기 실란으로 표면 처리된 실리카 입자는 고체(분말), 용매상에 분산된 슬, 젤, 또는, 액체 혼합물일 수 있다.

[0044]

예시적 구현예에 있어서, 상기 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료는 바니시에 포함된 수지를 100으로 하였을 때, 1 내지 100 중량비의 무기 산화물 나노입자를 포함할 수 있다. 나노크기의 무기 산화물 입자를 포함하는 경우, 바람직하게는 1 내지 10 중량비를 포함할 수 있다.

[0045]

예시적 구현예에 있어서, 상기 나노필러를 바니시와 혼합하여 상기 무기 산화물 나노입자를 바니시 내에 분산시켜 유무기 나노복합재료를 형성하는 것은, 상기 나노필러를 신나에 용해시켜 바니시에 분산시키는 것을 포함할 수 있다. 그리고 상기 나노필러, 예를 들어, 실란으로 표면 처리된 실리카를 바니시와 혼합하고 바니시 내에 분산시킴으로써 나노복합재료를 형성하는 것은 음향 화학적(Sonochemical) 방법, 구체적으로는 초음파 방법을 사용하는 것을 포함할 수 있다.

[0046]

상기 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료는, 예를 들어, 위에서 설명한 제조 방법에 의해 실란으로 표면 처리된 실리카를 바니시에 용해시킨 후, 불순물 등의 제거를 위하여 원심분리 공정을 거쳐 실리카 미분산 폴리에스테르 바니시를 수득할 수 있으며, 구리, 알루미늄, 니켈, 금, 은 및 이들의 조합으로 이루어지는 균으로부터 선택되는 도체를 포함하는 도선에 코팅하고 열처리 과정(베이킹 과정)을 거침으로서 유·무기 나노복합재료 피막을 갖는 절연 전선 또는 권선을 완성할 수 있다.

[0047]

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 권선에 대한 단면도인데, 절연 피막의 재료로 표면이 실란화된 무기 나노입자

를 포함하는 나노필러가 첨가된 유무기 나노복합재료를 사용하여, 단일 코팅 타입(Single-coated type)으로 형성한 것이다. 도선(100)은 구리, 알루미늄, 니켈, 금, 은 및 이들의 조합으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 물질을 포함하는 도체이며, 절연 피막(101)은 본 발명의 실시예에 따른 표면이 실란화된 무기 나노입자를 포함하는 나노 필러가 분산된 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료를 포함할 수 있다. 윤활 도포층(102)은 권선끼리의 마찰을 줄이기 위해 왁스 등을 입혀 형성한 층이다.

[0048] **실리카에 실란을 표면 처리하는 방법**

[0049] 예시적 구현예에 있어서, 하기 실리카에 실란을 표면 처리하는 방법 및 이를 이용하여 유무기 나노복합재료를 제조하는 방법은 도 2를 참조한다. 먼저, 톨루엔을 유리병에 넣고 실리카를 섞어 혼합액을 형성할 수 있다. 상기 혼합액이 담긴 병을 초음파기에 넣고 85℃의 온도 하에 초음파 환경에서 잠시 있게 하여 어느 정도 실리카를 톨루엔에 분산시킬 수 있다. 여기에 특정 조성의 실란을 투여할 수 있다. 온도와 초음파 조건은 이후 그대로 유지할 수 있다. 그러나 온도, 투입 조건 그리고 및 초음파 환경은 상기 기술한 바에 제한되는 것은 아니다.

[0050] 일반적으로 아민 계열의 실란인 [3-[2-(2-아미노에틸아미노)에틸아미노] 프로필트리메톡시실란(3-[2-(2-aminoethylamino)ethylamino]propyltrimethoxysilane), N-[3-(트리메톡시실릴)프로필]에틸렌디아민(N-[3-(trimethoxysilyl) propyl] ethylenediamine), (3-아미노프로필)트리메톡시실란((3-aminopropyl) trimethoxysilane)]이 처리된 실리카는 크레졸에 가장 좋은 용해성을 보이며, 페닐 계열의 실란[트리메톡시페닐 실란(Trimethoxyphenylsilane)]은 자일렌, 톨루엔에 가장 좋은 용해성을 보일 수 있다. 또한 아닐린 계열인 [N-[3-(트리메톡시실릴) 프로필]아닐린 (N-[3-(trimethoxysilyl) propyl]aniline)]은 자일렌, 톨루엔에 가장 좋은 용해성을 보이나 대부분의 용매에 녹으며, 크레졸에도 상당량 녹을 수 있다. 또한 탄화수소 작용기를 갖는 실란, 에폭시, 메타크릴레이트, 비닐 등의 작용기를 가지는 실란도 사용될 수 있다.

[0051] 표면 처리된 실리카는 합성 직후 액상에 분산되어 있으나, 미반응물 및 불순물을 제거하는 공정이 필요할 수 있다. 표면 처리된 실리카는 고상, 액상, 또는 젤 형태로 존재할 수 있다.

[0052] 분말 형태의 표면 처리된 실리카를 얻기 위해서는, 제조된 혼합물의 종류에 따라 용매를 적당량 섞어 침전을 발생시키고, 이를 여과하여 순수한 실란 표면 처리된 실리카 입자 고형물을 얻을 수 있다.

[0053] 액상 형태의 표면 처리된 실리카를 얻기 위해서는, 용매 상에서 제조된 실리카 혼합액을 그대로 사용할 수 있으며, 또한 표면 처리한 실란의 작용기에 맞는 용매에 상기 기술한 분말을 녹여 이용할 수 있다.

[0054] 젤 형태의 표면 처리된 실리카를 얻기 위해서는, 제조된 혼합물을 그대로 사용하거나 제조된 혼합물에 소량의 용매(non-solvent)를 섞은 후 여과하여 표면 처리 실리카 젤을 얻을 수 있다.

[0055] **에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료를 제조하는 방법**

[0056] 예시적 구현예에 있어서, 상기 기술한 실란으로 표면 처리된 실리카는 고상(분말), 액상, 또는 젤 형태로 존재하므로 이것을 폴리에스테르 바니시와 혼합하기 위해서는 몇 가지 방법을 사용할 수 있다.

[0057] 첫째, 고상의 경우, 표면 처리 실리카를 바니시에 직접 녹이거나 바니시용 신나(m-크레졸산 과 자일렌이 혼합되어 있는 것)에 녹이고 이것을 원하는 만큼 바니시와 혼합한 후, 이 혼합액을 원심분리나 여과의 과정을 거쳐 재응집된 실리카 입자 및 먼지 등 불순물을 제거하여 유무기 나노복합재료용 바니시를 형성할 수 있다.

[0058] 둘째, 액상의 경우, 표면 처리된 실리카를 바니시에 섞을 수 있다. 실리카가 녹아있는 용매는 톨루엔, 자일렌, 알콜, 아세톤, 크레졸일 수 있으나 바니시에 혼합시에는 자일렌, 크레졸 및 이를 주 용매로 포함하는 혼합액이 바람직하다. 상기 혼합액과 바니시를 섞은 것을 원심분리나 여과의 과정을 거쳐 재응집된 실리카 입자 및 먼지 등 불순물을 제거하여 나노복합재료용 바니시를 형성할 수 있다.

[0059] 셋째, 젤 형태의 경우, 실리카를 바니시에 섞을 때 상기 젤 형태의 실리카를 직접 바니시에 넣고 초음파를 가하여 분산시키거나 젤을 신나에 녹여 바니시와 섞을 수 있다. 이렇게 얻어진 나노 실리카가 포함된 바니시를 원심분리나 여과의 과정을 거쳐 재응집된 실리카 입자 및 먼지 등 불순물을 제거하여 나노복합재료용 바니시를 형성할 수 있다.

- [0060] 본 발명에 따른 유무기 나노복합재료의 분산에 있어서, 분석 방법으로는 TEM, SEM/EDS, AFM, DSC, 라만분광법, 자외선-가시광선 흡광분광법, 중성자 산란 분광법 등을 사용하여 나노복합재료의 분산 정도 등을 분석할 수 있다.
- [0061] 본 발명에 따른 유무기 나노복합재료의 특성 향상에 있어서, 분석 방법으로는 KS C 3006, 3107 등을 따른다. 또한, AFM, TGA, DSC 등도 사용하여 특성 향상을 분석할 수 있다.
- [0062] 이하, 예시적인 실시예들에 의하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명에 이러한 실시예들로 제한되는 것은 아니다.

실시예

- [0063] **실시예 1: 폴리에스테르 바니시에 트리-아민실란 (3-[2-(2-aminoethylamino)ethylamino]propyltrimethoxysilane)으로 표면 처리된 실리카의 분산**
- [0064] 1 L 용량의 유리병에 600 ml의 톨루엔과 12 g의 실리카를 넣고 초음파기에서 85℃의 온도 하에 초음파를 30분간 가하여 혼합액을 형성하였다. 이후, 상기 혼합액에 3-[2-(2-아미노에틸아미노)에틸아미노]프로필트리메톡시실란 [3-[2-(2-aminoethylamino)ethylamino]propyltrimethoxysilane]을 8 ml 투입하고 3시간 후에 메톡시트리메톡시실란(Methoxytrimethylsilane)을 8 ml 투입한 후 3일동안 85℃에서 초음파를 가해주면서 실리카 표면에 실란 처리를 하였다.
- [0065] 이렇게 제조된 600 ml의 혼합액에 200 ml의 알콜을 넣고 섞은 후, 일정한 구멍크기(Pore size: 10~16μm)를 가지는 유리 필터 깔때기에 붓고 아래 부분에 삼각 플라스크를 받치고 감압하여 결국에는 유리 필터 위에 분말을 생성시키고 알콜을 적시어 미반응물을 제거해주는 공정을 3회 더 반복하여 분말을 수득하였다.
- [0066] 상기 분말이 차지하는 중량비가 20.5 (wt%)이 되도록 초음파 및 열을 가하여 폴리에스테르 바니시용 신나에 녹여 실리카-신나 용액을 형성하였다. 상기 실리카-신나 용액을 폴리에스테르 바니시에 1/11의 중량 비율로 상온에서 초음파를 가하여 혼합하였다. 이러한 방법으로 실리카 및 폴리에스테르 프리폴리머(prepolymer)를 포함하는 전체 고형분 중 실리카의 함량이 5(wt%)인 나노 복합 바니시를 제조하였다. 이보다 작은 실리카 중량비를 가지는 나노 복합 바니시는 고농도의 실리카-신나 용액을 신나에 더 희석하여 사용하였다.
- [0067] 위 실험의 결과는 도 3의 왼쪽에서 첫 번째 병과 도 4을 참조한다. 도 3 및 도 4를 참조하면, 5 중량비까지 나노입자의 재응집 없이 모두 투명하므로 완벽한 분산을 이루었음을 알 수 있다. 이 결과는 실제 도선에 이것을 코팅하고 열처리하였을 때, 무기 필러에 의한 내열성, 절연성, 내부분방전성 등의 특성 향상을 효과적으로 이룰 수 있음을 의미한다.
- [0068] **실시예 2: 폴리에스테르 바니시에 디-아민 실란 (N-[3-(trimethoxy silyl)propyl]ethylenediamine)으로 처리된 실리카의 분산**
- [0069] 1 L 용량의 유리병에 600 ml의 톨루엔과 12 g의 실리카를 넣고 초음파기에서 85℃의 온도 하에 초음파를 30분간 가하여 혼합액을 형성하였다. 이후, 상기 혼합액에 N-[3-(트리메톡시실릴)프로필]에틸렌디아민 (N-[3-(trimethoxysilyl)propyl]ethylenediamine)을 8 ml 투입하고 3시간 후에 메톡시트리메톡시실란을 8 ml 투입한 후 3일동안 85℃에서 초음파를 가해주면서 실리카 표면에 실란 처리를 하였다.
- [0070] 이렇게 제조된 600 ml의 혼합액에 200 ml의 알콜을 넣고 섞은 후, 일정한 구멍 크기(Pore size: 10~16μm)를 가지는 유리 필터 깔때기에 붓고 아래 부분에 삼각 플라스크를 받치고 감압하여 결국에 유리 필터 위에 분말을 생성시키고 알콜을 적시어 미반응물을 제거해주는 공정을 3회 더 반복하여 분말을 수득하였다.
- [0071] 상기 분말이 차지하는 중량비가 20.5 (wt%)가 되도록 초음파와 열을 가하여 폴리에스테르 바니시용 신나에 녹여 실리카-신나 용액을 형성하였다. 상기 실리카-신나 용액을 폴리에스테르 바니시에 1/11의 중량비로 상온에서 초음파를 가하여 혼합하였다. 이러한 방법으로 실리카와 폴리에스테르 프리폴리머를 포함하는 전체 고형분 중 실리카의 함량이 5인 나노 복합 바니시를 제조하였다. 이보다 작은 실리카 중량비를 가지는 나노 복합 바니시

는 고농도의 실리카-신나 용액을 신나에 더 희석하여 사용하였다.

[0072] 위 실험의 결과는 도 3의 왼쪽에서 두 번째 병과 도 5를 참조한다. 도 3 및 도 5를 참조하면, 5 중량비까지 나노입자의 재응집 없이 모두 투명하므로 완벽한 분산을 이루었음을 알 수 있다. 이 결과는 실제 도선에 이것을 코팅하고 열처리하였을 때, 무기 필러에 의한 내열성, 절연성, 내부분방전성 등의 특성 향상을 효과적으로 이룰 수 있음을 의미한다.

[0073]

[0074] **실시예 3: 폴리에스테르 바니시에 비닐-벤질-디-아민 실란 [(N-[3-(trimethoxysilyl)propyl]-n'-(4-vinylbenzyl) ethylenediamine)]으로 처리된 실리카의 분산**

[0075] 1 L 용량의 유리병에 600 ml의 톨루엔과 12 g의 실리카를 넣고 초음파기에서 85℃의 온도 하에 초음파를 30분간 가하여 혼합액을 형성하였다. 이후, 상기 혼합액에 HCl 수용액에 40 중량비로 희석된 N-[3-(트리메톡시실릴)프로필]-n'-(4-비닐벤)에틸렌디아민 [N-[3-(trimethoxysilyl)propyl]-n'-(4-vinylbenzyl)ethylenediamine]을 22 ml 투입하고 3시간 후에 메톡시트리메톡시실란을 8 ml 투입한 후 3일동안 85℃에서 초음파를 가해주면서 실리카 표면에 실란 처리를 하였다.

[0076] 이렇게 제조된 600 ml의 혼합액에 200 ml의 알콜을 넣고 섞은 후, 일정한 구멍크기(Pore size : 10~16 μ m)를 가지는 유리 필터 깔때기에 붓고 아래 부분에 삼각 플라스크를 받치고 감압하여 결국에 유리 필터 위에 분말을 생성시키고 알콜을 적시어 미반응물을 제거해주는 공정을 3회 더 반복하여 분말을 수득하였다. 이 분말이 차지하는 중량비가 20.5 (wt%)가 되도록 초음파와 열을 가하여 폴리에스테르 바니시용 신나에 녹여 실리카-신나 용액을 형성하였다. 상기 실리카-신나 용액을 폴리에스테르 바니시에 1/11의 중량비로 상온에서 초음파를 가하여 혼합하였다. 이러한 방법으로 실리카와 폴리에스테르 프리폴리머를 포함하는 전체 고형분 중 실리카의 함량이 5인 나노 복합 바니시를 제조하였다. 이보다 작은 실리카 중량비를 가지는 나노 복합 바니시는 고농도의 실리카-신나 용액을 신나에 더 희석하여 사용하였다.

[0077] 위 실험의 결과는 도 3의 왼쪽에서 세 번째 병과 도 6을 참조할 수 있다. 도 3 및 도 6을 참조하면, 5 중량비까지 나노입자의 재응집 없이 모두 투명하여, 완벽한 분산을 이루었음을 알 수 있다. 이 결과는 실제 도선에 이것을 코팅하고 열처리하였을 때, 무기 필러에 의한 내열성, 절연성, 내부분방전성 등의 특성 향상을 효과적으로 이룰 수 있음을 의미한다.

[0078] **실시예 4: 폴리에스테르 바니시에 아닐린 실란 [N-[3-(trimethoxysilyl)propyl]aniline]으로 처리된 실리카의 분산**

[0079] 1 L 용량의 유리병에 600 ml의 톨루엔과 12 g의 실리카를 넣고 초음파기에서 85℃의 온도 하에 초음파를 30분간 가하여 혼합액을 형성하였다. 이후, 상기 혼합액에 N-[3-(트리메톡시실릴)프로필]아닐린 (N-[3-(trimethoxysilyl) propyl]aniline)을 8 ml 투입하고 3시간 후에 메톡시트리메톡시실란을 8 ml 투입한 후 3일 동안 85℃에서 초음파를 가해주면서 실리카 표면에 실란 처리를 하였다.

[0080] 이렇게 제조된 600 ml의 혼합액에 200 ml의 알콜을 넣고 섞은 후, 일정한 구멍크기(Pore size : 10~16 μ m)를 가지는 유리 필터 깔때기에 붓고 아래 부분에 삼각 플라스크를 받치고 감압하여 결국에 유리 필터 위에 분말을 생성시키고 알콜을 적시어 미반응물을 제거해주는 공정을 3회 더 반복하여 분말을 수득하였다.

[0081] 이 분말이 차지하는 중량비가 20.5 (wt%)가 되도록 초음파와 열을 가하여 폴리에스테르 바니시용 신나에 녹여 실리카-신나 용액을 형성하였다. 상기 실리카-신나 용액을 폴리에스테르 바니시에 1/11의 중량비로 상온에서 초음파를 가하여 혼합하였다. 이러한 방법으로 실리카와 폴리에스테르 프리폴리머를 포함하는 전체 고형분 중 실리카의 함량이 5인 나노 복합 바니시를 제조하였다. 이보다 작은 실리카 중량비를 가지는 나노 복합 바니시는 고농도의 실리카-신나 용액을 신나에 더 희석하여 사용하였다.

[0082] 위 실험의 결과는 도 3의 왼쪽에서 네 번째 병과 도 7을 참조한다. 도 3 및 도 7을 참조하면, 5 중량비까지 나노입자의 재응집 없이 모두 투명하므로 완벽한 분산을 이루었음을 알 수 있다. 이 결과는 실제 도선에 이것을 코팅하고 열처리하였을 때, 무기 필러에 의한 내열성, 절연성, 내부분방전성 등의 특성 향상을 효과적으로 이룰 수 있음을 의미한다.

- [0083] 실시예 5: 아닐린 실란을 처리하여 얻은 실리카 및 이를 이용한 유무기 나노복합재료를 사용하여 형성한 폴리에스테르 에나멜 와이어
- [0084] 1 L 용량의 유리병에 600 ml의 톨루엔과 12 g의 실리카를 넣고 초음파기에서 85℃의 온도 하에 30 분간 초음파를 가하여 혼합액을 형성하였다. 이후, N-[3-(트리메톡시실릴)프로필]아닐린을 8 ml 투입하고 3시간 후에 메톡시트리메톡시실란을 8 ml 투입한 후 3일동안 85℃에서 초음파를 가해주면서 실리카 표면에 실란 처리를 하였다.
- [0085] 이렇게 제조된 600 ml의 혼합액에 200 ml의 알콜을 넣고 섞은 후, 일정한 구멍크기(Pore size: 10~16 μ m)를 가지는 유리 필터 깔때기에 붓고 아래 부분에 삼각 플라스크를 받치고 감압하여 결국에 유리 필터 위에 분말을 생성시키고 알콜을 적시어 미반응물을 제거해주는 공정을 3회 더 반복하여 분말을 수득하였다.
- [0086] 이 분말 90 g을 에나멜 와이어 바니시 희석용 신나(KS C 2321 규격에 따르면, m-크레졸산 등이 70, 크실렌이 30의 비율로 형성된 제품) 900 ml에 85도의 온도에서 초음파를 가하여 용해시키고, 이것을 폴리에스테르 중량비 40%를 가지는 폴리에스테르 바니시 4000 ml와 섞어서 4900 ml의 혼합액을 생성하였다. 이것의 실리카 함량비는 약 3.7wt%이다. 다음으로 원심분리기에서 20,000rpm으로 30분간 원심분리한 후, 상등액만을 취해서 나노실리카가 들어있는 폴리에스테르 바니시를 완성하였다.
- [0087] 마지막으로, 상기 바니시를 두께 1.0mm의 동선에 코팅하고 열처리를 거쳐 유무기 나노복합재료가 코팅된 에나멜 전선을 제조하였다.
- [0088] 그 결과로, KS C 3006에 따라 시행한 내열충격시험을 아래에 첨부한다. 하기에 D사는 대한전선을 가리킨다.

표 2

D사 및 본 발명의 실시예에 따른 나노복합 PEW(Polyester wire)의 1.0mm 규격 에나멜 와이어에 대한 내열 충격

제조사	160℃ 1x 사진	구 분	150℃	160℃	170℃
D사 PEW		1x	5	30	34
		2x	1	8	8
		3x	0	0	7
		4x	0	0	1
나노복합 PEW		1x	0	0	1
		2x	0	0	0
		3x	0	0	0
		4x	0	0	0

- [0089]
- [0090] ※ 감긴 횟수 10회를 기준으로 표면에 크랙이 간 수를 계산하였다.
- [0091] ※ 구분에서 x는 코일을 감을 때 기준되는 중앙에 위치한 심 두께의 배수를 뜻한다.
- [0092] ※ D사의 에나멜 전선의 내열 규격은 F급(155℃)이다.

[0093] 위 표 2에 따르면, 폴리에스테르 바니시만을 사용한 기존 제품(D사 PEW)보다 실리카가 미분산된 폴리에스테르 바니시를 사용한 나노복합 PEW가 내열충격 면에서 우수함을 알 수 있다.

[0094] 하기의 표 3은 KS 규격을 기준으로 하여 에나멜 와이어 실험을 실시하여 얻어진 자료이다. 1차 내지 4차는 본 발명의 실시예에 따른 나노복합재료를 사용한 PEW 권선 시제품의 시행 차수를 말하는 것으로, 열처리 공정 조건의 변화에 따른 것이다.

표 3

나노실리카 PEW 권선의 KS 규격에 따른 편홀, 피막두께, 절연파괴전압 결과

구 분	편홀 (개)	최소피막두께 (mm)	절연파괴전압 (kV)
나노실리카-PEW	0	0.030	11~12

[0095]

[0096] 이상, 실시예를 들어 본 발명을 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예들에 한정되지 않으며, 여러 가지 다양한 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 많은 변형이 가능함이 명백하다.

도면의 간단한 설명

[0097] 도 1은 본 발명에 따른 실시예인 에나멜 와이어용 유무기 나노복합재료가 사용된 절연 전선의 단면도이다.

[0098] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 에나멜 와이어용 나노필러 및 나노 복합재료의 제조 방법을 나타낸다.

[0099] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 고농도(20.5wt%)로 용해된 4종의 아민기 실란을 각각 주로 사용하여 처리된 실리카/신나 혼합액을 나타내는 사진이다.

[0100] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 트리-아민 실란(3-[2-(2-아미노에틸아미노)에틸아미노]프로필트리메톡시실란)으로 처리된 실리카를 폴리에스테르 바니시에 0, 1, 2, 3, 4, 5의 중량비로 첨가한 유무기 나노복합재료를 나타낸다.

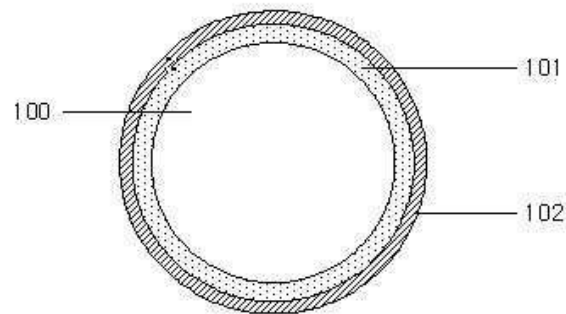
[0101] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 디-아민 실란(N-[3-(트리메톡시실릴)프로필]에틸렌디아민)으로 처리된 실리카를 폴리에스테르 바니시에 0, 1, 2, 3, 4, 5의 중량비로 첨가한 유무기 나노복합재료를 나타낸다.

[0102] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 비닐-벤질-디-아민 실란 (N-[3-(트리메톡시실릴)프로필]-n'-(4-비닐벤질)에틸렌디아민)으로 처리된 실리카를 폴리에스테르 바니시에 0, 1, 2, 3, 4, 5의 중량비로 첨가한 유무기 나노복합재료를 나타낸다.

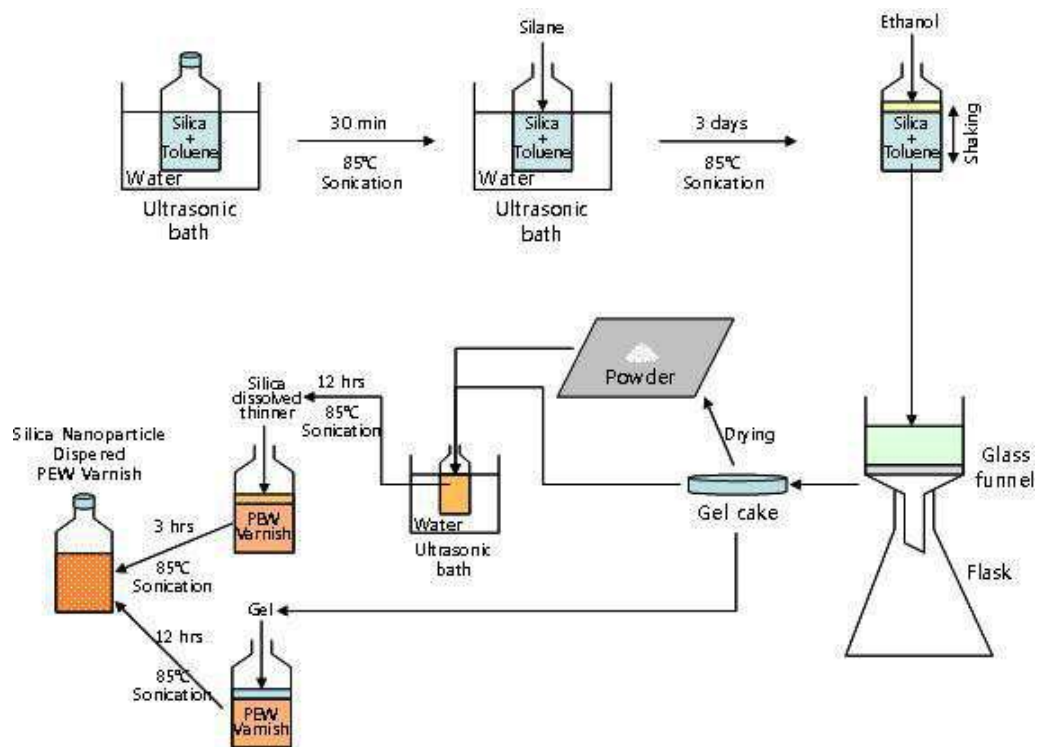
[0103] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 아닐린 실란(N-[3-(트리메톡시실릴)프로필]아닐린)으로 처리된 실리카를 폴리에스테르 바니시에 0, 1, 2, 3, 4, 5의 중량비로 각각 첨가한 유무기 나노복합재료를 나타낸다.

도면

도면1



도면2



도면3



도면4



도면5



도면6



도면7

