



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년11월07일  
(11) 등록번호 10-1916272  
(24) 등록일자 2018년11월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
D21H 13/26 (2006.01) B32B 27/12 (2006.01)  
B32B 5/24 (2006.01) D21H 21/34 (2006.01)  
D21H 25/04 (2015.01) H01B 3/52 (2006.01)  
H05K 1/03 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-7025984  
(22) 출원일자(국제) 2013년03월28일  
심사청구일자 2018년03월23일  
(85) 번역문제출일자 2014년09월17일  
(65) 공개번호 10-2015-0003165  
(43) 공개일자 2015년01월08일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2013/034332  
(87) 국제공개번호 WO 2013/148989  
국제공개일자 2013년10월03일  
(30) 우선권주장  
61/618,061 2012년03월30일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2011127252 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
사빅 글로벌 테크놀러지스 비.브이.  
네덜란드 베겐 옴 줌 4612 피엑스 플라스틱스란  
1  
(72) 발명자  
크란 존 레이몬드  
미국 뉴욕 12309 니스카유나 리서치 씨클 1  
테우추 에릭 오토  
미국 매사추세츠 01201 피츠필드 플라스틱스 애비  
뉴 1  
(74) 대리인  
리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 6 항

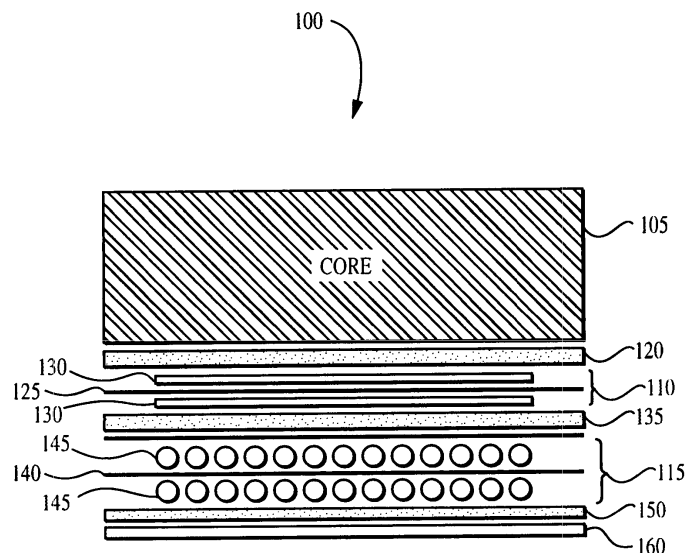
심사관 : 유재영

(54) 발명의 명칭 변압기 페이퍼 및 다른 비전도성 변압기 구성요소

(57) 요약

변압기 페이퍼 및 물품의 제조방법과 함께, 폴리에테르이미드 섬유를 포함하는 변압기 페이퍼가 개시된다.

대표도 - 도1



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

섬유 조성물의 압밀 제품(consolidated product)을 포함하는 변압기 페이퍼(transformer paper)로서, 상기 섬유 조성물은, 상기 섬유 조성물의 섬유의 총 중량을 기준으로,

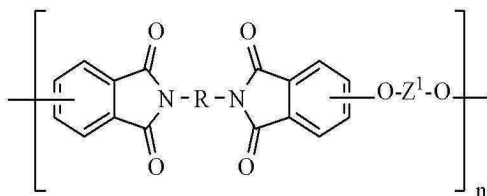
폴리에테르이미드 호모폴리머 섬유, 폴리에테르이미드 코폴리머 섬유, 또는 상기 폴리에테르이미드 호모폴리머 섬유와 상기 폴리에테르이미드 코폴리머 섬유의 조합 35 내지 70 중량%;

방향족 폴리아미드 피브리드(fibrids), 방향족 폴리아미드 섬유, 또는 상기방향족 폴리아미드 피브리드(fibrids)와 상기 방향족 폴리아미드 섬유 중 적어도 1종을 포함하는 조합을 포함하는 바인더 섬유 적어도 5중량%; 및

액정 폴리머 섬유 5 내지 30중량%를 포함하고,

상기 바인더 섬유는 10중량% 미만의 폴리카보네이트를 포함하고,

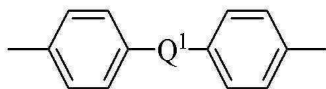
상기 폴리에테르이미드가 하기 화학식의 구조단위를 포함하는 변압기 페이퍼:



상기 식에서,

n은 1 초과이고,

R은 6 내지 20개의 탄소원자를 갖는 방향족 탄화수소기, 그의 할로겐화 유도체, 2 내지 10개의 탄소원자를 갖는 직쇄형 또는 분지형 알킬렌기, 3 내지 20개의 탄소원자를 갖는 시클로알킬렌기, 또는 하기 화학식의 이가기이고,



상기 식에서, Q¹은 결합, -O-, -S-, -C(O)-, -SO₂-, -SO-, -C₆H₄-, 또는 그의 할로겐화 유도체이고, y는 1 내지 5이고; 및

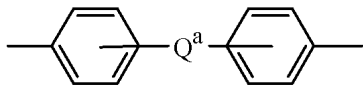
Z¹은 각각 독립적으로 1 내지 6개의 C₁-₈ 알킬기, 1 내지 8개의 할로겐 원자, 또는 상기 1 내지 6개의 C₁-₈ 알킬기와 상기 1 내지 8개의 할로겐 원자 중 적어도 1종을 포함하는 조합으로 선택적으로 치환된 방향족 C₆-₂₄ 모노시클릭 또는 폴리시클릭 모이어티이다.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, ISO 5636-5:2003에 의하여 측정된 기공도가 10 내지 90부피%인 변압기 페이퍼.

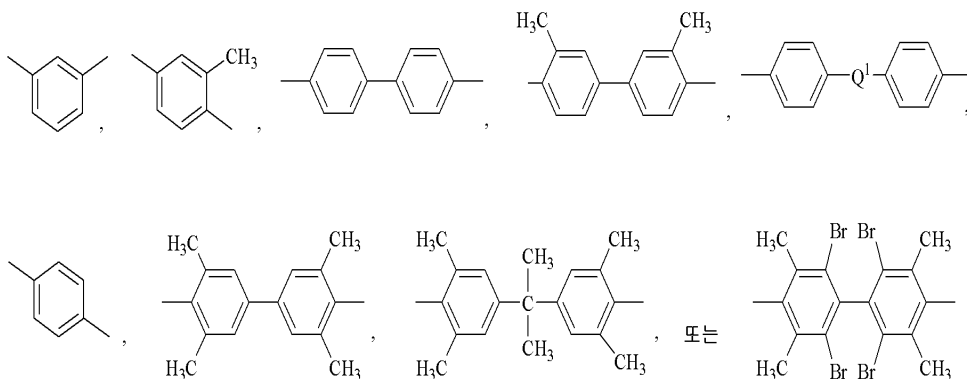
### 청구항 3

제1항에 있어서,  $Z^1$ 이 하기 화학식의 이가기인 변압기 페이퍼:



상기 식에서,  $Q^a$ 은 각각 독립적으로 단일결합,  $-O-$ ,  $-S-$ ,  $-C(O)-$ ,  $-SO_2-$ ,  $-SO-$ ,  $-C_yH_{2y}-$  또는 그의 할로겐화 유도체이고,  $y$ 는 1 내지 5의 정수이고, 및

R은 하기 화학식의 이가기



또는 상기 화학식의 이가기들 중 적어도 1종을 포함하는 조합이고,  $Q^1$ 은 단일결합,  $-O-$ ,  $-S-$ ,  $-C(O)-$ ,  $-SO_2-$ ,  $-SO-$ ,  $-C_yH_{2y}-$  또는 그의 할로겐화 유도체이고,  $y$ 는 1 내지 5의 정수이다.

### 청구항 4

제1항에 있어서,  $Z^1$ 이 2,2-(4-페닐렌)이소프로필리텐이고, R은 m-페닐렌, p-페닐렌, 디아릴설폰, 또는 상기 m-페닐렌, 상기 p-페닐렌 및 상기 디아릴설폰 중 적어도 1종을 포함하는 조합인 변압기 페이퍼.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 방향족 폴리아미드가 폴리(p-페닐렌 테레프탈아미드), 폴리(p-페닐렌 테레프탈아미드-코-3',4'-옥시디페닐렌 테레프탈아미드), 또는 상기한 방향족 폴리아미드 중 적어도 1종을 포함하는 조합인 변압기 페이퍼.

### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 액정 폴리머가 폴리(4-히드록시벤조산-코-6-히드록시-2-나프토산)인 변압기 페이퍼.

### 청구항 7

삭제

### 청구항 8

삭제

### 청구항 9

삭제

### 청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 개시는 변압기 페이퍼 및 다른 비전도성 변압기 구성요소에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 전기장치 및 구성요소는 흔히 전기 도체를 둘러싸고 전기적으로 절연시키는 페이퍼 절연을 이용한다. 그런 전기 장치로는 공통 자속(magnetic flux)을 공유하는 적어도 두 개의 전기회로를 갖고, 하나의 회로 내의 전압이 다른 회로 내에 전압을 자기적으로 유도하는 변압기가 있다. 또한, 자로(magnetic path)는 철심에 의해 제공될 수 있다. 상기 전기회로 및 코어는 봉지 내의 유전성 유체(dielectric fluid)에 함침될 수 있다. 이러한 유전성 유체는 또한 변압기유로 지칭되고 이를 함유하는 변압기는 유입식 변압기(oil-filled transformers)로 지칭된다. 전기회로들을 구성하는 도체들은 페이퍼 절연에 의해 서로 그리고 코어 및 봉지와 같은 다른 구성요소들로부터 분리되고 전기적으로 절연된다.

[0003] 유입식 변압기에 있어서 비전도성 구성요소들(스페이서, 오일 덕트, 페이퍼(주름뿐만 아니라 다공성 및 비다공성 둘 다), 보드, 플라스틱 볼트, 로프 등)은 흔히 셀룰로오스 및 다른 친수성 물질들(즉, 페이퍼, 판지(pressboard), 나무, 면, 나일론 등)로 흔히 만들어져왔다. 이러한 물질들은 고온에 노출시 열화하여 이들 열화의 부산물로서 수분(water)을 유입식 변압기로 도입하는 단점을 갖는다. 유입식 변압기의 수분오염은 전기방전 발생 및 손실을 통해 상기 변압기의 성능을 저하시키고, 추가로 비전도성 구성요소들의 열화 및 궁극적으로 상기 변압기의 전기고장(electrical failure)을 초래하기 때문에 매우 바람직하지 않다.

[0004] 내용연한(service life)에 대한 그러한 부정적인 효과에 더하여, 셀룰로오스 및 다른 친수성 물질은 유입식 변압기에 대한 생산주기를 늦추게 한다. 수분을 함유하는 셀룰로오스 및 다른 친수성 물질들의 성향 때문에 이러한 비전도성 변압기 구성요소들은 유입식 변압기로 조립되기 전에 장시간 건조공정을 거친다. 상기 건조공정은 또한 상기 변압기의 감소된 내용연한을 초래할 수 있는 이러한 구성요소들의 취화(embrittlement)를 초래할 수

있음이 관찰되었다.

[0005] 미국특허 제6,980,076호는 내용연한 중에 열화될 때 강화웹(reinforcing web)을 제공하여 셀룰로오스 페이퍼의 유용성을 연장시키고자 합성강화섬유를 포함하는 향상된 셀룰로오스 절연 페이퍼에 관한 것이다. 그러나, 이러한 향상된 셀룰로오스 페이퍼는 에이징시 수분을 여전히 방출하여 유입식 변압기의 수분열화를 야기하여 당해 기술은 향상된 전기 절연 페이퍼에 대해 충족되지 않은 요구를 여전히 갖는다.

[0006] 그러므로 셀룰로오스 및 친수성 비전도성 구조체를 이러한 단점을 공유하지 않는 필적할만한 구조체로 대체하는 것이 바람직할 것이다. 그렇게 하여 보다 고온, 보다 고에너지 밀도에서, 그리고 보다 긴 연한 동안 작동할 수 있는 변압기를 제공할 수 있을 것이다-이들 모두는 전기그리드(electric grid)를 업데이트하고 배전용 변압기(distribution transformer) 및 전력용 변압기(power transformer)에 대한 전기자동차의 영향을 경감시키기 위해 필요하다. 또한, 그러한 변압기는 보다 빠르고 용이하게 제조될 수 있으며 보다 빠르고 보다 저가의 수리작업을 또한 낳을 수 있다.

### 발명의 내용

[0007] 본 명세서에 섬유 조성물의 압밀 제품(consolidated product)을 포함하는 변압기 페이퍼가 개시되고, 상기 섬유 조성물은, 상기 섬유 조성물의 섬유의 총 중량을 기준으로, 폴리에테르이미드 호모폴리머 섬유, 폴리에테르이미드 코폴리머 섬유 또는 상기 섬유 중 적어도 1종을 포함하는 조합 35 내지 70 중량%; 방향족 폴리아미드 피브리드(fibrids), 방향족 폴리아미드 섬유, 또는 상기한 섬유 중 적어도 1종을 포함하는 조합을 포함하는 바인더 적어도 5중량%; 및 액정 폴리머 섬유 5 내지 30중량%을 포함하고, 상기 바인더는 10중량% 미만의 폴리카보네이트를 포함하고; 상기 폴리아미드는 상기 폴리아미드의  $T_g$  아래의 고온에서 실리콘 오일, 식물성 유일 또는 미네랄 오일에 노출시 그 분자량의 적어도 90%를 유지한다. 일 구현예에 있어서, 상기 압밀 제품은 1) 적어도 1000MΩ·cm의 저항률; 2) 적어도 177 kV/cm의 전기 절연파괴강도(electrical breakdown strength); 3) NEMA 클래스 F (155℃) 및 NEMA 클래스 H (180℃) 표준을 초과하는 열적 성능; 4) 100% 상대습도에서 수분 포화(water saturation)로 인해 5 중량% 이하의 이득(gain); 5) TAPPI-414 om-04에 따라 측정되었을 때, 엘멘도르프(Elmendorf) 인열강도(tear strength)로 측정된 적어도 85 mN의 인열강도; 및 6) 0 초과 내지 100 밀리미터 미만의 두께를 갖는다.

[0008] 또한 본 명세서에 현탁 용매(suspension solvent), 및 폴리에테르이미드 섬유 35 내지 70중량%, 방향족 폴리아미드 섬유 적어도 5중량%, 및 액정 폴리머 섬유 5 내지 30중량%의 조합을 포함하는 섬유 조성물을 포함하는 슬러리로부터 일 층을 형성하는 단계; 상기 층을 탈수하는 단계; 및 상기 층을 압밀하여 섬유 기재(fibrous substrate)를 형성하는 단계;에 의해 변압기 페이퍼를 형성하는 방법: 상기 섬유의 중량%는 섬유 조성물에서 상기 섬유의 총 중량을 기준으로 개시된다.

[0009] 또한 다공성 페이퍼, 비다공성 페이퍼, 주름 페이퍼(crepe paper), 스틱 페이퍼(stick paper), 스페이서, 판지, 및 강성 구조체(rigid structure)의 형태로 상기 변압기 페이퍼를 포함하는 변압기 구성요소가 개시된다.

[0010] 또한 상기 변압기 페이퍼를 포함하는 구성요소를 포함하는 변압기가 개시된다.

[0011] 전술한 특징 및 다른 특징들은 이하 도면 및 발명의 상세한 설명에 의해 예시된다.

### 도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 변압기의 절연 구조의 측면면도이다.

도 2는 직사각형 전선 도체의 단면 정면도이다.

도 3은 도 2의 도체의 사시도이다.

도 4는 세 개 전선 도체의 단면 정면도이다.

도 5는 도 4의 도체의 사시도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 본 발명자들은 셀룰로오스 물질로 만들어진 비전도성 구성요소들을 포함하는 유입식 변압기의 이러한 단점들이 폴리에테르이미드 및 강화섬유로 구성된 유입식 변압기용 비전도성 구성요소들을 제공함으로써 극복될 수 있다

는 것을 발견하였다.

- [0014] 상기 섬유 기재는 다공성 페이퍼, 비다공성 페이퍼, 판지, 스페이서 및 스틱 페이퍼와 같은 변압기에 사용하기 위한 다양한 타입의 페이퍼를 제조하는데 사용될 수 있고, 이들 모두는 변압기 페이퍼에 필적할 만한 습윤 인열강도(wet tear strength)를 갖는 것이 필요하다. 다공성 페이퍼: 권회 그룹들(turn groups)을 감는데(wrap) 사용되는 일부 페이퍼는 오일 함침 및 모든 기포들의 제거를 허용하도록 다공성일 필요가 있다. 포획 공기는 매우 바람직하지 않다. 비다공성 페이퍼: 권회 그룹들 및 리드(lead)를 감는데 사용되는 일부 페이퍼는 다공성일 필요가 없다. 전통적인 필름으로 충분할 것이나 일반적으로 페이퍼의 충분한 인열강도에는 부족하다. 상기 페이퍼는 변압기 페이퍼에 필적할 만한 습윤 인열강도를 가질 필요가 있다. 판지 및 스페이서: 그러한 구조체는 전기도체의 물리적인 격리 분리(stand-off isolation)를 가능하게 하는데 필요하다. 전통적으로, 이러한 물질들은 모든 기포 또는 공극(void)들을 제거하도록 약간 다공성이다. 그것은 고체 구조체로 대체될 수 있으나, 그러한 구조체는 공극이 없어야 될 것이다. 스틱 페이퍼는 작은 변압기 내에 오일 덕트를 만드는데 사용된다. 상기 스틱은 고체 폴리에테리미드로부터 만들어질 수 있고, 변압기 설계에 따라, 상기 페이퍼 덧대기재료(paper backing)는 필름 또는 (필요에 따라) 다공성 페이퍼일 수 있다.
- [0015] 상기 섬유 조성물은 폴리에테리미드 호모폴리머 섬유, 폴리에테리미드 코폴리머 섬유, 또는 상기한 섬유들의 조합 35 내지 70 중량%, 예를 들어, 폴리에테리미드 호모폴리머 섬유, 폴리에테리미드 코폴리머 섬유, 또는 상기한 섬유들의 조합 40 내지 70 중량%, 50 내지 70 중량%, 40 내지 65 중량%, 45 내지 65 중량%, 50 내지 65 중량%, 50 내지 70 중량%, 60 내지 70 중량% 또는 65 내지 70 중량%을 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 섬유 조성물은 방향족 폴리아미드 피브리드, 방향족 폴리아미드 섬유, 또는 상기한 섬유들 중 적어도 1종을 포함하는 조합 적어도 5 중량%, 예를 들어, 방향족 폴리아미드 피브리드, 방향족 폴리아미드 섬유, 또는 상기한 섬유들 중 적어도 1종을 포함하는 조합 5 내지 30 중량%, 5 내지 25 중량%, 5 내지 20 중량%, 5 내지 15 중량%, 5 내지 10 중량%, 10 내지 30 중량%, 10 내지 25 중량%, 10 내지 20 중량%, 또는 10 내지 15 중량%을 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 섬유 조성물은 액정 폴리머 섬유 5 내지 30 중량%, 예를 들어, 액체 결정 폴리머 섬유 5 내지 25 중량%, 5 내지 20 중량%, 5 내지 15 중량%, 5 내지 10 중량%, 10 내지 30 중량%, 10 내지 25 중량%, 10 내지 20 중량%, 10 내지 15 중량%, 15 내지 30 중량%, 15 내지 25 중량%, 15 내지 20 중량%, 20 내지 30 중량%, 25 내지 30 중량%을 포함할 수 있다.
- [0018] 다양한 수치범위들이 본 특허출원에 개시된다. 이러한 범위들은 연속적이기 때문에, 상기 범위들은 최소값과 최대값 사이의 모든 값을 포함한다. 달리 명확히 표시되지 않으면, 본 출원에서 구체화된 다양한 수치범위들은 근사치들이다. 동일한 구성요소 또는 성질에 관한 모든 범위들의 중점들은 그 중점 및 독립적으로 조합 가능한 것을 포함한다.
- [0019] 용어 "하나" 및 "일" 또는 기타 단수형태는, 양의 제한을 나타내는 것이 아니라, 오히려 참조된 항목들 중 적어도 하나의 존재를 나타낸다. 본 명세서에 사용된, "이들의 조합"은 1종 이상의 인용된 요소들, 선택적으로 인용되지 않은 유사한 요소를 함께 포함한다. 명세서 전반에 걸쳐 "일 구현예", "다른 구현예", "일부 구현예" 등에 대한 언급은 상기 구현예와 관련하여 기재된 특별한 요소(예를 들어, 특징, 구조, 성질, 및/또는 특성)가 본 명세서에 기재된 적어도 일 구현예에 포함되고, 다른 구현예에 존재할 수도 있거나 또는 존재하지 않을 수 있다는 것을 의미한다. 또한, 상기 기재된 요소(들)은 다양한 구현예들에 있어서 임의의 적절한 방식으로 조합될 수 있다고 이해되어야 한다.
- [0020] 화합물들은 표준 명명법을 이용하여 기재된다. 예를 들어, 임의의 표시된 기에 의해 치환되지 않은 위치는 표시된 결합 또는 수소원자에 의해 원자가 채워진 것으로 이해된다. 두 글자 또는 기호 사이에 위치하지 않은 선("-")은 치환기를 위한 부착지점을 나타내는 것으로 사용된다. 예를 들어, -CHO는 카르보닐기의 탄소를 통하여 부착된다. "알킬"이라는 용어는 C<sub>1-30</sub>, 분지형 및 직쇄형의 명시된 갯수의 탄소원자를 갖는 불포화 지방족 탄화수소기를 모두 포함한다. 알킬의 예로는 제한되지 않으나, 메틸, 에틸, n-프로필, i-프로필, n-부틸, s-부틸, t-부틸, n-펜틸, s-펜틸, n- 및 s-헥실, n- 및 s-헵틸, 및 n- 및 s-옥틸을 포함한다. "아릴"이라는 용어는 명시된 갯수의 탄소원자 및 선택적으로 1 내지 3의 헤테로원자들(예를 들어, O, S, P, N, 또는 Si)을 포함하는 방향족 모이어티를 의미하며, 페닐, 트로폰, 인다닐 또는 나프틸과 같은 것을 포함한다.
- [0021] 본 명세서에서 모든 분자량은 달리 표시되지 않는다면 중량평균분자량을 지칭한다. 모든 그러한 언급된 분자량은 달톤으로 나타내어진다.

[0022] 모든 ASTM 테스트들은 달리 표시되지 않는다면 2003년 판 ASTM 표준 애뉴얼북(Annual Book)을 기초로 한다.

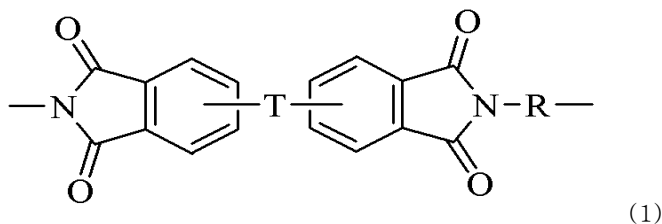
[0023] 본 명세서에 사용된 "섬유"라는 용어는 2 초과, 구체적으로 5 초과, 10 초과, 또는 100 초과와 종횡비(길이: 직경)를 갖는 단일 필라멘트(filament)를 갖는 광범위한 구조체를 포함한다. 섬유라는 용어는 또한 피브렛(fibrets)(매우 짧은 (1mm 미만의 길이), 고표면적을 낳는 많은 가지가 있고 불규칙한 미세(50  $\mu\text{m}$  미만의 직경) 피브릴화 섬유), 및 피브릴, 섬유의 작은 실과 같은 요소들을 포함한다. 섬유의 직경은 일반적으로 dtex 또는 dpf로 보고되는, 섬유번호(fiber number)에 의해 표시된다. "dtex"로 보고되는 수치는 섬유 10,000미터당 그램 질량을 나타낸다. "dpf" 수치값은 섬유당 데니어(denier)를 나타낸다. 상기 데니어 시스템 측정은 두 개의 필라멘트 섬유 및 단일 필라멘트 섬유에 사용되고, dpf는 전체 데니어/ 균일한 필라멘트들의 양이다. 일부 공통의 데니어-관련 계산들은 하기와 같다:

[0024] 1 데니어 = 9,000미터당 1그램 = 450미터당 0.05그램 = 미터당 0.111밀리그램. 실제로 9,000미터 측정은 번거롭고 상기 데니어 중량을 얻기 위해 일반적으로 900 미터 샘플의 무게를 재고 10을 곱한 결과이다.

[0025] 본 명세서에 사용된, "피브리드"라는 용어는 매우 작고, 비과립형이고, 섬유상이거나 또는 최대 치수에 비하여 세 개 치수들 중 적어도 하나가 작은 크기를 가져서 본질적으로 이차원의 입자들인 필름과 같은 입자들을 의미하고, 전형적으로 0 초과 내지 0.3mm 미만의 길이, 및 0 초과 내지 0.3 미만의 폭 및 0 초과 내지 0.1mm 미만의 깊이를 갖게 된다. 예시적인 일 구현예에 있어서, 상기 피브리드는 100 $\mu\text{m}$  x 100 $\mu\text{m}$  x 0.1 $\mu\text{m}$ 의 정도이다.

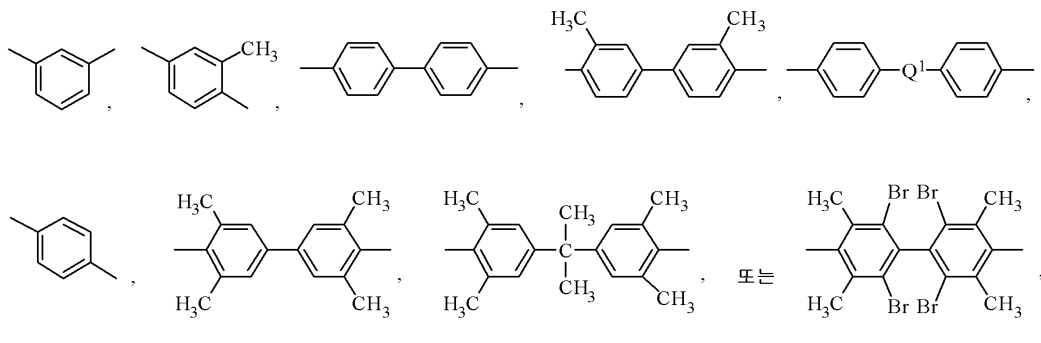
[0026] 피브리드는 전형적으로 폴리머 용액을 상기 용액의 용매와 비혼화성인 액체의 응고욕(coagulating bath)으로 흘려서(streaming) 만들어진다. 상기 폴리머 용액의 스트림은 폴리머가 응고될 때 격렬한 전단력 및 난류에 가해진다. 본 발명의 피브리드 물질은 메타 또는 파라-아라미드 또는 그것의 블렌드일 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 피브리드는 파라-아라미드이다. 그러한 아라미드 피브리드는, 건조되기 전에, 젖은 상태로 사용될 수 있고 페이퍼의 엉킴 구성요소(floc component) 주위에 물리적으로 얹힌 바인더로서 침착될 수 있다.

[0027] 폴리에테리미드는 화학식 (1)의 1개 초과, 예를 들어 10개 내지 1,000개 또는 10 내지 500개의 구조단위를 포함한다



[0028]

[0029] 상기 식에서, R은 각각 동일하거나 또는 다르고, C<sub>6-20</sub> 방향족 탄화수소기 또는 그의 할로젠화 유도체, 직쇄형 또는 분지쇄형 C<sub>2-20</sub> 알킬렌기 또는 그의 할로젠화 유도체, C<sub>3-8</sub> 시클로알킬렌기 또는 그의 할로젠화 유도체와 같은 치환된 또는 비치환된 이가(divalent) 유기기, 특히 화학식 (2)의 이가기이다.



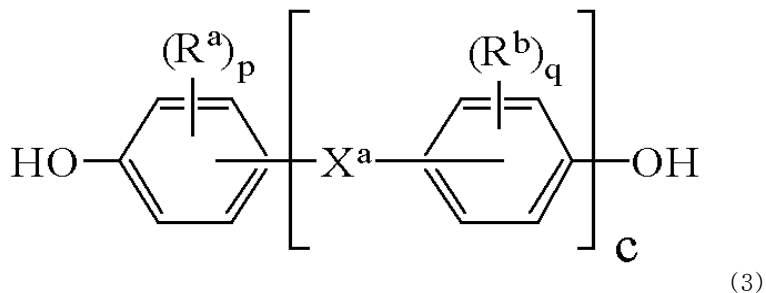
[0030]

[0031] 상기 식에서, Q<sup>1</sup>은 -O-, -S-, -C(O)-, -SO<sub>2</sub>-, -SO-, 또는 -C<sub>y</sub>H<sub>2y</sub>- 이고, y 는 1 내지 5의 정수 또는 (퍼플루오로 알킬렌기를 포함하는) 그의 할로젠화 유도체이다. 일 구현예에 있어서, R은 m-페닐렌 또는 p-페닐렌이다.

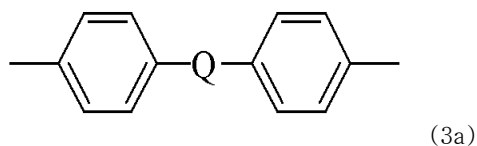
[0032] 또한 화학식 (1)에 있어서, T는 -O- 또는 식 -O-Z-O-의 기이고 상기 -O- 또는 상기 -O-Z-O- 기의 이가 결합은 3,3', 3,4', 4,3', 또는 4,4' 위치에 있다. 화학식 (1)에 있어서 Z기는 동일하거나 또는 다르고, 또한 치환된



또는 비치환된 이가 유기기이고, Z의 원자가가 초과되지 않는다면, 선택적으로 1 내지 6개의 C<sub>1-8</sub> 알킬기, 1 내지 8개의 할로젠 원자, 또는 상기한 것들 중 1종 이상을 포함하는 조합으로 치환된 방향족 C<sub>6-24</sub> 모노시클릭 또는 폴리시클릭 모이어티일 수 있다. 예시적인 Z기들로는 화학식 (3)의 디히드록시 화합물로부터 유래된 기들을 포함한다:



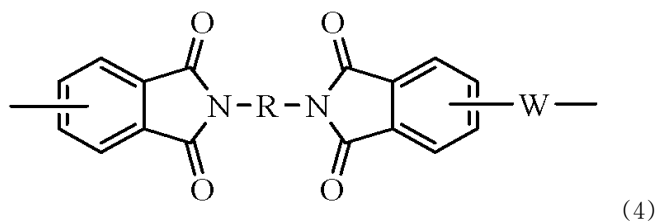
상기 식에서, R<sup>a</sup> 및 R<sup>b</sup>는 동일하거나 또는 다를 수 있고, 예를 들어, 할로젠 원자 또는 1가의 C<sub>1-6</sub> 알킬기이고; p 및 q는 각각 독립적으로 0 내지 4의 정수이고; c는 0 내지 4이고; 및 X<sup>a</sup>는 히드록시 치환된 방향족기를 연결하는 가교기(bridging group)이고, 상기 가교기 및 각각의 C<sub>6</sub> 아릴렌기의 히드록시 치환기는 서로 독립적으로 상기 C<sub>6</sub> 아릴렌기 상에서 오르토, 메타, 또는 파라(구체적으로는 파라)에 배치된다. X<sup>a</sup> 가교기는 단일결합, -O-, -S-, -S(O)-, -S(O)<sub>2</sub>-, -C(O)-, 또는 C<sub>1-18</sub> 유기 가교기일 수 있다. 상기 C<sub>1-18</sub> 유기 가교기는 시클릭 또는 비시클릭, 방향족 또는 비방향족일 수 있고, 또한 할로젠, 산소, 질소, 황, 규소, 또는 인과 같은 헤테로원자들을 포함할 수 있다. C<sub>1-18</sub> 유기기는 그것에 연결된 C<sub>6</sub> 아릴렌기가 각각 상기 C<sub>1-18</sub> 유기 가교기의 공통의 알킬리덴 탄소 또는 다른 탄소들에 연결되도록 배치될 수 있다. Z기의 구체적인 예로는 화학식(3a)의 이가기이다.



상기 식에서, Q 는 -O-, -S-, -C(O)-, -SO<sub>2</sub>-, -SO-, 또는 -C<sub>y</sub>H<sub>2y</sub>- (y는 1 내지 5의 정수)이거나 또는 (퍼플루오로 알킬렌기를 포함하는) 그의 할로겐화 유도체이다. 구체적인 일 구현예에 있어서, Z는 화학식 (3a)에 있어서 Q가 2,2-이소프로필리덴안 비스페놀 A로부터 유도된다.

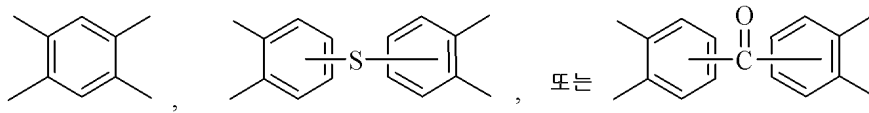
화학식 (1)의 일 구현예에 있어서, R은 m-페닐렌 또는 p-페닐렌이고 T는 O-Z-O이고 Z는 화학식 (3a)의 이가기이다. 대안으로, R은 m-페닐렌 또는 p-페닐렌이고 T는 O-Z-O이고 Z는 화학식 (3a)의 이가기이고 Q는 2,2-이소프로필리덴이다.

일부 구현예에 있어서, 상기 폴리에테르이미드는 코폴리머일 수 있고, 예를 들어, 화학식(1)의 구조단위를 포함하는 폴리에테르이미드 설포 코폴리머로서, 상기 R기의 적어도 50몰%는 화학식 (2)의 것(Q<sup>1</sup>은 -SO<sub>2</sub>-)이고 나머지 R기는 독립적으로 p-페닐렌 또는 m-페닐렌이거나, 또는 상기 기들 중 적어도 하나를 포함하는 조합이고, Z는 2,2-(4-페닐렌)이소프로필리덴인 폴리에테르이미드 설포 코폴리머이다. 대안으로, 상기 폴리에테르이미드는 선택적으로 추가 구조 이미드 단위, 예를 들어 화학식 (4)의 이미드 단위를 포함한다.





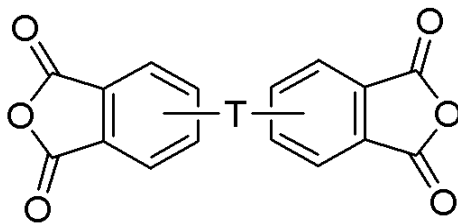
[0040] 상기 식에서, R은 화학식 (1)에서 기재된 바와 같고 W는 화학식들의 링커이다



[0041]

[0042] 이러한 추가적인 이미드 구조단위는 전체 단위 수의 0 내지 10몰%, 구체적으로 0 내지 5몰%, 보다 구체적으로 0 내지 2몰%의 양으로 존재할 수 있다. 일 구현예에 있어서, 상기 폴리에테르이미드에 어떠한 추가적인 이미드 단위도 존재하지 않는다.

[0043] 상기 폴리에테르이미드는 화학식 (5)의 방향족 비스(에테르 안하이드라이드)과 화학식 (6)의 유기 디아민의 반응을 포함하여, 당업자에게 잘 알려진 어떠한 방법에 의해서도 제조될 수 있다.



[0044]

(5)



[0045]

[0046] 상기 식에서, T 및 R은 전술한 바와 같이 정의된다. 상기 폴리에테르이미드의 코폴리머는 화학식 (5)의 방향족 비스(에테르 안하이드라이드)과 다른 비스(안하이드라이드), 예를 들어 T가 에테르 관능성을 포함하지 않고, 예를 들어 T는 설폰인 비스(안하이드라이드)의 조합을 이용하여 제조될 수 있다.

[0047] 비스(안하이드라이드)의 예시적인 예는 3,3'-비스[4-(3,4-디카르복시페녹시)페닐]프로판 디안하이드라이드; 4,4'-비스(3,4-디카르복시페녹시)디페닐 에테르 디안하이드라이드; 4,4'-비스(3,4-디카르복시페녹시)디페닐 설파이드 디안하이드라이드; 4,4'-비스(3,4-디카르복시페녹시)벤조페논 디안하이드라이드; 4,4'-비스(3,4-디카르복시페녹시)디페닐 설폰 디안하이드라이드; 2,2'-비스[4-(2,3-디카르복시페녹시)페닐]프로판 디안하이드라이드; 4,4'-비스(2,3-디카르복시페녹시)디페닐 에테르 디안하이드라이드; 4,4'-비스(2,3-디카르복시페녹시)디페닐 설파이드 디안하이드라이드; 4,4'-비스(2,3-디카르복시페녹시)벤조페논 디안하이드라이드; 4,4'-비스(2,3-디카르복시페녹시)디페닐 설폰 디안하이드라이드; 4-(2,3-디카르복시페녹시)-4'-(3,4-디카르복시페녹시)디페닐-2,2'-프로판 디안하이드라이드; 4-(2,3-디카르복시페녹시)-4'-(3,4-디카르복시페녹시)디페닐 에테르 디안하이드라이드; 4-(2,3-디카르복시페녹시)-4'-(3,4-디카르복시페녹시)디페닐 설파이드 디안하이드라이드; 4-(2,3-디카르복시페녹시)-4'-(3,4-디카르복시페녹시)벤조페논 디안하이드라이드; 및 4-(2,3-디카르복시페녹시)-4'-(3,4-디카르복시페녹시)디페닐 설폰 디안하이드라이드, 및 상기 디안하이드라이드들 중 적어도 1종을 포함하는 조합을 포함한다.

[0048] 유기 아민의 예는 에틸렌디아민, 프로필렌디아민, 트리메틸렌디아민, 디에틸렌트리아민, 트리에틸렌테트라아민, 헥사메틸렌디아민, 헵타메틸렌디아민, 옥타메틸렌디아민, 노나메틸렌디아민, 데카메틸렌디아민, 1,12-도데칸디아민, 1,18-옥타데칸디아민, 3-메틸헵타메틸렌디아민, 4,4'-디메틸헵타메틸렌디아민, 4-메틸노나메틸렌디아민, 5-메틸노나메틸렌디아민, 2,5-디메틸헥사메틸렌디아민, 2,5-디메틸헵타메틸렌디아민, 2,2-디메틸프로필렌디아민, N-메틸-비스(3-아미노프로필)아민, 3-메톡시헥사메틸렌디아민, 1,2-비스(3-아미노프로폭시)에탄, 비스(3-아미노프로필) 설파이드, 1,4-시클로헥산디아민, 비스-(4-아미노시클로헥실)메탄, m-페닐렌디아민, p-페닐렌디아민, 2,4-디아미노톨루엔, 2,6-디아미노톨루엔, m-자일렌디아민, p-자일렌디아민, 2-메틸-4,6-디에틸-1,3-페닐렌디아민, 5-메틸-4,6-디에틸-1,3-페닐렌디아민, 벤지딘, 3,3'-디메틸벤지딘, 3,3'-디메톡시벤지딘, 1,5-디아미노나프탈렌, 비스(4-아미노페닐) 메탄, 비스(2-클로로-4-아미노-3,5-디에틸페닐) 메탄, 비스(4-아미노페닐) 프로판, 2,4-비스(p-아미노-t-부틸) 톨루엔, 비스(p-아미노-t-부틸페닐) 에테르, 비스(p-메틸-o-아미노페닐) 벤젠, 비스(p-메틸-o-아미노페닐) 벤젠, 1,3-디아미노-4-이소프로필벤젠, 비스(4-아미노페닐) 설파이드, 비스-(4-아미노페닐) 설폰, 및 비스(4-아미노페닐) 에테르를 포함한다. 이들 화합물들의 조합이 또한 이용될 수 있다. 일부 구현예에 있어서, 상기 유기 디아민은 m-페닐렌디아민, p-페닐렌디아민, 설폰

디아닐린, 또는 상기 디아민들 중 적어도 1종을 포함하는 조합이다.

- [0049] 폴리에테르이미드를 제조하는 많은 방법들 중에 미국특허 제3,847,867호, 미국특허 제3,852,242호, 미국특허 제3,803,085호, 미국특허 제3,905,942호, 미국특허 제3,983,093호, 미국특허 제4,443,591호, 및 미국특허 제7,041,773호에 개시된 제조방법이 포함된다. 이러한 등록특허들은, 예로서, 폴리에테르이미드의 일반적인 고체적인 제조방법을 교시할 목적으로 언급된다. 일부 폴리에테르이미드(PEI) 물질은 폴리에테르이미드 물질용 표준 분류 시스템 ASTM D5205-96 에 기재되어 있다.
- [0050] 6.7킬로그램(kg)중량을 사용하여 미국재료시험협회(American Society for Testing Materials; ASTM) D1238에 의해 340 내지 370℃에서 측정될 때, 폴리에테르이미드는 분당 0.1 내지 10그램(g/min)의 용융지수(melt index)를 가질 수 있다. 일부 구현예에 있어서, 상기 폴리에테르이미드 폴리머는 폴리스티렌 표준을 이용하여 겔 투과 크로마토그래피에 의해 측정될 때, 1,000 내지 150,000 그램/몰(달톤)의 중량평균분자량을 갖는다. 일부 구현예에 있어서, 상기 폴리에테르이미드는 10,000 내지 80,000 달톤의 Mw를 갖는다. 그러한 폴리에테르이미드 폴리머는 일반적으로 25℃에서 m-크레졸에서 측정될 때 그램당 0.2데시리터(dl/g) 초과, 또는 보다 구체적으로, 0.35 내지 0.7 dl/g의 고유점도(intrinsic viscosity)를 갖는다.
- [0051] 일 구현예에 있어서, 상기 폴리에테르이미드는 50ppm 미만의 아민 말단기를 포함한다. 다른 예에 있어서 상기 폴리머는 또한 유리(free) 미중합된 비스페놀A(BPA) 1ppm 미만을 가질 것이다.
- [0052] 상기 폴리에테르이미드는 잔류 용매 및/또는 물과 같은 낮은 수준의 잔류 휘발성 종을 가질 수 있다. 일부 구현예에 있어서, 상기 폴리에테르이미드는 1,000 중량ppm(parts by weight per million parts by weight) 미만, 또는 보다 구체적으로 500중량ppm 미만, 또는 보다 구체적으로, 300중량ppm 미만, 또는 훨씬 더 구체적으로, 100중량ppm 미만의 잔류 휘발성 종의 농도를 갖는다. 일부 구현예에 있어서, 상기 조성물은 1,000중량ppm 미만, 또는 보다 구체적으로 500중량ppm 미만, 또는 보다 구체적으로, 300중량ppm 미만, 또는 훨씬 더 구체적으로, 100중량ppm 미만의 잔류 휘발성 종의 농도를 갖는다.
- [0053] 잔류 휘발성 종의 예로는 클로로벤젠, 디클로로벤젠, 트리클로로벤젠과 같은 할로젠화 방향족 화합물, 비양성자성 극성 용매, 예를 들면 디메틸포름아미드(DMF), N-메틸피롤리딘(NMP), 디메틸설폭시드(DMSO), 디아릴설폰, 설포란, 피리딘, 페놀, 베라트롤(veratrole), 아니졸, 크레졸, 자일레놀, 디클로로에탄, 테트라클로로에탄, 피리딘 및 이들의 혼합물이다.
- [0054] 최종 폴리머 생성물에 있어서 낮은 수준의 잔류 휘발성 종은 공지의 방법들, 예를 들어 액화(devolatilization) 또는 증류에 의해 달성될 수 있다. 일부 구현예에 있어서, 임의의 용매 대부분이 제거될 수 있고 임의의 잔류 휘발성 종도 선택적으로 감압하에서의 액화 또는 증류에 의해 상기 폴리머 생산물로부터 제거될 수 있다. 다른 구현예에 있어서, 상기 중합 반응은 용매에서 어떤 바람직한 수준의 종료까지 행해지고 이후 상기 중합은 본질적으로 종료되고 대부분의 잔류 수분은 용액에서 초기 반응에 뒤이은 액화 단계 중에 제거된다. 상기 폴리머 혼합물을 액화시키고 용매 및 다른 휘발성 종을 우수한 용융 가공성을 위해 필요한 낮은 수준으로 감소시키는 장치는 일반적으로 상기 휘발성 종의 제거를 용이하게 위해 신속하게 고표면적을 생성하는 기능과 함께 진공 하에 고온 가열할 수 있다. 그러한 장치의 혼합부분들은 일반적으로 매우 점성일 수 있는 고온, 폴리에테르이미드 용융물을 펌핑하고, 휘젓고, 교반하기 위해 충분한 전력을 공급할 수 있다. 적절한 액화 장치는, 이에 제한되지 않으나, 박막 증류 장치(wiped films evaporators), 예를 들어 LUWA사에서 제조된 박막 증류 장치 및 액화 압출기, 특히 다중 벤팅 부분(multiple venting sections)을 갖는 이축압출기, 예를 들어 Werner Pfleiderer 사 또는 Welding Engineers사에 의해 제조된 이축압출기를 포함한다.
- [0055] 일 구현예에 있어서, 상기 폴리에테르이미드는 (a) 폴리에테르이미드 수지, 및 (b) 상기 폴리에테르이미드 수지의 용융 안정성을 증가시키는 데 효과적인 양의 인함유 안정화제를 포함하는 폴리에테르이미드 열가소성 수지 조성물을 포함하며, 이 때 상기 인함유 안정화제 샘플이 초기량에 대해 열중량 분석에 의해 측정할 때, 불활성 분위기 하에 상기 샘플을 분당 20℃ 승온 속도로 실온에서 300℃까지 가열할 때 상기 샘플의 초기량의 10중량% 이상이 증발되지 않고 남아있도록 상기 인함유 안정화제가 낮은 휘발성을 나타낸다. 일 구현예에 있어서, 상기 인함유 안정화제는 화학식  $P-R_a$ 이고, 상기 식에서 R'는 독립적으로 H, 알킬, 알콕시, 아릴, 아릴옥시, 또는 옥시치환기이고 a는 3 또는 4이다. 그러한 적절한 안정화된 폴리에테르이미드의 예는 본 명세서에 전문이 통합된 미국특허 제 6,001,957호에서 발견될 수 있다.
- [0056] 일부 구현예에 있어서, 상기 폴리에테르이미드는 200 내지 280℃의 유리전이온도를 갖는다.
- [0057] 흔히 이물질, 탄화된 입자, 가교된 수지, 또는 유사한 불순물을 제거하기 위해 공지의 용융 여과(melt

filtering) 기술을 이용하여 상기 폴리에테라이미드를 용융 여과하는 것은 유용하다. 용융 여과는 초기 수지 분리 동안 또는 다음 단계에서 일어날 수 있다. 상기 폴리에테라이미드는 압출 공정에서 용융 여과될 수 있다. 용융 여과는 100 마이크로미터 이상의 크기를 갖는 입자들을 제거하기에 충분한 기공 사이즈 또는 40마이크로미터 이상의 크기를 갖는 입자들을 제거하기에 충분한 기공 사이즈를 갖는 필터를 이용하여 수행될 수 있다.

[0058] 상기 폴리에테라이미드 조성물은 UV 흡수제, 광안정화제 및 기타와 같은 안정화제, 윤활제, 가소제, 안료, 염료, 착색제, 대전 방지제, 금속 불활성제, 및 상기 첨가제들 중 적어도 1종을 포함하는 조합과 같은 첨가제를 선택적으로 포함할 수 있다. 일부 구현예에 있어서, 상기 첨가제는 이형제(mold release agent) 및 포스파이트 안정화제, 포스포나이트(phosphonite) 안정화제, 입체 장애 페놀(hindered phenol) 안정화제, 및 상기 안정화제 중 적어도 1종의 조합을 포함하는 안정화제의 조합을 포함할 수 있다. 일 구현예에 있어서, 인함유 안정화제가 이용된다.

[0059] 산화방지제는 포스파이트, 포스포나이트, 입체 장애 페놀, 또는 상기 산화방지제 중 적어도 1종을 포함하는 조합과 같은 화합물일 수 있다. 트리아릴 포스파이트 및 아릴 포스포네이트를 포함하는 인함유 안정화제는 유용한 첨가제로서 중요하다. 이관능성의 인함유 화합물이 또한 사용될 수 있다. 일부 구현예에 있어서, 용융혼합(melt mixing) 또는 사출성형과 같은 후속 용융 형성 공정 중에 상기 안정화제의 손실을 방지하기 위하여, 300 달톤 이상이나 5,000 달톤 이하의 분자량을 갖는 인함유 안정화제가 유용하다. 상기 첨가제는 500 달톤을 초과하는 분자량을 갖는 입체 장애 페놀을 포함할 수 있다. 인함유 안정화제는 전체 조성물의 중량을 기준으로 0.01 내지 3.0중량% 또는 1.0중량%로 조성물 중에 존재할 수 있다.

[0060] 변압기 페이퍼용 Ultem 5000 등급 폴리에테라이미드는 Ultem 9000 등급 및 Ultem 1000 등급의 열화에 보다 공격적인 미네랄 오일에 가장 저항적이다. Ultem 9000 등급 및 Ultem 1000 등급은 실리콘 오일 및 식물성 오일에 대해 우수한 저항을 보여준다.

[0061] 상기 변압기 페이퍼는 또한 폴리에테라이미드 외의 물질로 구성된 섬유를 포함한다. 상기 다른 섬유는 (호모폴리머 및 코폴리머를 포함하는) 방향족 폴리아미드 및 (호모폴리머 및 코폴리머를 포함하는) 방향족 폴리에스테르 섬유와 같은 고강도, 내열성 유기섬유일 수 있다. 그러한 섬유는 약 10 g/D 내지 약 50 g/D, 구체적으로 15 g/D 내지 50 g/D의 강도, 및 300℃ 초과, 구체적으로 약 350℃ 초과의 열분해 온도를 가질 수 있다(1 g/D = 8.830 centiNewton/tex). 본 명세서에 사용된, "방향족" 폴리머는 두 개의 방향족 고리에 직접 부착된 적어도 85몰%의 폴리머 연결(예를 들어, -CO-NH-)를 포함한다.

[0062] 전 방향족 폴리에스테르 섬유는 액정 폴리에스테르를 포함한다. 그러한 전 방향족 폴리에스테르 섬유의 예시적인 예로는 p-히드록시벤조산의 자기축합 폴리머, 테레프탈산 및 히드록시벤조산으로부터 유래된 반복단위를 포함하는 폴리에스테르, p-히드록시벤조산 및 6-히드록시-2-나프토산 또는 그 조합으로부터 유래된 반복단위를 포함하는 폴리에스테르 섬유를 포함한다. 구체적인 전방향족 액정 폴리에스테르 섬유는 4-히드록시벤조산 및 6-히드록시나프탈렌-2-카르복실산(VECTRAN 상품명 하에 Kuraray사에서 상업적으로 제조합)의 중축합에 의해 제조된다. 그러한 전 방향족 폴리에스테르 섬유는 당업자에게 공지된 임의의 방법에 의해 제조될 수 있다.

[0063] 방향족 폴리아미드 섬유는 또한 아라미드 섬유로 알려져 있고, 넓게는 파라-아라미드 섬유 또는 메타-아라미드 섬유로서 분류될 수 있다. 파라-아라미드 섬유의 예시적인 예는 폴리(p-페닐렌 테레프탈아미드) 섬유(예를 들어, 상표명 KEVLAR®하에 E. I. Du Pont de Nemours and Company사 및 Du Pont-Toray사 제조), p-페닐렌 테레프탈아미드/p-페닐렌 3,4'-디페닐렌 에테르 테레프탈아미드 코폴리머 섬유(상품명 TECHNORA 하에 Teijin사 제조), (상품명 TWARON 하에 Teijin사 제조), 또는 상기 아라미드 섬유 중 적어도 1종을 포함하는 조합을 포함한다. 메타-아라미드 섬유의 예시적인 예는 폴리(m-페닐렌 테레프탈아미드) 섬유(예를 들어, 상표명 NOMEX®하에 E. I. Du Pont de Nemours and Company사 제조)를 포함한다. 그러한 아라미드 섬유는 당업자에게 공지된 방법에 의해 제조될 수 있다. 구체적인 일 구현예에 있어서, 상기 아라미드 섬유는 파라형 호모폴리머, 예를 들어 폴리(p-페닐렌 테레프탈아미드)섬유이다.

[0064] 아라미드 피브리드는 섬유 기재에 있어서 바람직한 구성요소이다. 피브리드는 전형적으로 폴리머 용액을 상기 용액의 용매와 비혼화성 액체의 응고욕에 흘림으로써 만들어진다. 폴리머 용액의 스트림은 상기 폴리머가 응고될 때 격렬한 전단력 및 난류에 가해진다. 본 발명의 피브리드 물질은 메타 또는 파라-아라미드 또는 그 블렌드를 포함한다. 보다 구체적으로, 상기 피브리드는 파라-아라미드이다. 그러한 아라미드 피브리드는, 건조되기 전에, 젖은 상태로 사용될 수 있고 페이퍼의 영감 구성요소 주위에 물리적으로 얹힌 바인더로서 침착될 수 있다.

[0065] 일부 구현예에 있어서, 상기 섬유 기재를 구성하는 수지는 또한 이성분 섬유 압출로 알려진 섬유 압출 공정 중

에 조합될 수 있다. 그러한 구현예에 있어서, 공지된 방법에 따라 제1 폴리머는 제2 폴리머와 함께 용융방사되어 코어/쉬쓰 (core/sheath) 섬유를 형성할 수 있다. 이성분 및 다중성분 섬유의 제조방법은 잘 알려져 있고 여기에 상세하게 기재될 필요가 없다. 예를 들어, 본 명세서에 참조로 통합된 미국특허 제5,227,109호는 쉬쓰 구성요소 및 코어 구성요소를 각각의 구성요소들을 외층-코어 관계로 향하도록 그 안에 선택된 유동 경로들을 한정하는 복수의 인접하는 플레이트를 포함하는 방사팩(spinning pack)에서 쉬쓰-코어 관계로 이성분 섬유의 형성을 하는 것을 기재하고 있다. 또한, 보다 복잡한 다중성분 섬유 모폴로지들, 예를 들면, 본 명세서에 참조로 통합된 미국특허 제5,458,972호에 개시된 것과 같은 것은, 본 명세서에 사용된 코어 쉬쓰라는 용어 내로 간주될 수 있고, 미국특허 제5,458,972호는 제1 용융 폴리머 조성물을 축선방향 중심부를 향하게 하고 제2 용융 폴리머 조성물을 정점부(apex)들 중 적어도 하나에 제공함으로써 3개의 다리부, 3개의 정점부 및 축선방향 중심부를 한정하는 삼엽 모세관(trilobal capillary)을 이용한 다중성분 삼엽 섬유의 제조방법을 기재한다. 상기 제조된 섬유는 외층 코어 표면 및 상기 외층 코어 표면의 적어도 약 1/3에 인접하는 쉬쓰를 한정하는 삼엽 코어를 갖는다.

[0066] 다양한 구현예에 있어서, 상기 제2 폴리머가 쉬쓰 섬유인 반면 상기 제1 폴리머는 코어 섬유일 수 있거나 또는 상기 제1 폴리머가 쉬쓰 섬유인 반면 상기 제2 폴리머는 코어 섬유일 수 있다. 상기 제1 폴리머 및 제2 폴리머는 유용한 섬유의 맥락에서 전술한 임의의 폴리머일 수 있다.

[0067] 일 구현예에 있어서, 상기 액정 폴리머는 코어일 수 있고 상기 폴리메테르이미드는 외층일 수 있다. 이러한 구현예는 상기 페이퍼의 제조에 있어서 정해진 영역에 걸쳐 물질 분산의 균일성을 향상시킬 수 있다. 이러한 구현예는 매우 얇은 제품에서 균일한 분산에 결정적인 보다 미세한 섬유의 제조를 가능하게 할 수 있다.

[0068] 하나의 일반적인 측면에 있어서, 전기장치는 도체 및 상기 도체의 적어도 일 부분을 둘러싸는 절연 페이퍼를 포함한다. 상기 전기장치의 도체는 변압기의 권선(winding)을 포함할 수 있고, 상기 권선은 상기 권선 주위에 배치된 절연 페이퍼에 의해 절연된다. 상기 권선 및 상기 절연 페이퍼는 봉지(enclosure) 내에 설치될 수 있으며, 봉지 내의 유전성 유체가 상기 권선 및 상기 절연 페이퍼를 둘러싼다. 상기 유전성 유체는 미네랄 오일, 실리콘 오일, 천연 또는 합성 에스테르 오일, 또는 탄화수소 액체일 수 있다.

[0069] 다른 일반적인 측면에 있어서, 변압기는 코어, 제1 권선, 제2 권선, 및 절연 페이퍼를 포함한다. 각 권선은 적어도 부분적으로 절연 페이퍼에 의해 둘러싸인 도체를 포함한다. 절연 페이퍼는 상기 코어, 상기 제1 권선, 및 상기 제2 권선 사이에 배치된다.

[0070] 다른 일반적인 측면에 있어서, 전기장치를 구성(construction)하는 방법은 도체를 제공하는 단계, 절연 페이퍼를 제공하는 단계, 및 상기 도체의 적어도 일 부분을 상기 절연 페이퍼로 둘러싸는 단계를 포함한다.

[0071] 다른 일반적인 측면에 있어서, 상기 절연된 도체는 절연 페이퍼에 의해 적어도 부분적으로 둘러싸인 전기 도체를 포함한다. 일부 응용분야에 있어서, 상기 절연된 도체는 변압기 내에 설치될 수 있다.

[0072] 다른 일반적인 측면에 있어서, 절연된 도체를 제조하는 방법은 도체를 제공하는 단계, 절연 페이퍼를 제공하는 단계, 및 상기 도체를 상기 절연 페이퍼로 피복하는 단계를 포함한다.

[0073] 도 1을 참조하면, 변압기(100)의 절연 구조는 코어(105), 제2 권선층(110), 및 제1 권선층(115)을 포함한다. 폼 절연층(form insulation layer) (120)은 코어(105)를 제2 권선층(110)으로부터 전기적으로 분리한다. 제2 절연층(125)은 제2 권선층(110)의 개개의 코일들(130)을 분리한다. 배리어 절연층(135)은 제2 권선층(110)과 제1 권선층(115)을 분리한다. 제1 절연층(140)은 제1 권선층(115)의 개개의 코일들(145)을 분리한다. 코일랩(coil wrap)(150)은 제1 권선층(115)을 둘러싸고 코어(105) 및 제2 권선층(110) 및 제1 권선층(115)이 삽입된 봉지(enclosure)(미도시)로부터 제1 권선층(115)을 전기적으로 분리한다. 선택적 코일-코일간 절연층(coil-to-coil insulation layer)(160)은 코일랩(150)에 인접하여 배치된다. 코일-코일간 절연층(coil-to-coil insulation layer)(160)은 전형적으로 판지(pressboard) 제품으로 만들어지고 코일랩(150)에 인접하여 삽입된다. 유전성 유체는 봉지를 채우고 상기 코어, 권선층들, 및 절연층들을 둘러싼다. 이것은 일반적인 변압기 코일 구조이다. 변압기 및 그것의 응용 분야에 따라, 다른 코일 구조들도 또한 일반적으로 본 산업계에서 이용된다. 변압기 권선들은 연결되어 자동변압기를 만들 수 있고, 상기 자동변압기는, 예를 들어, 전압 조정기에 이용될 수 있다.

[0074] 변압기(100)에서 상기 유전성 유체는 미네랄 오일, R-temp, Envirottemp FR-3, Envirottemp 200, Edisol TR, 및 실리콘 오일과 같은, 임의의 적절한 유전성 유체일 수 있다. 미네랄 오일 및 실리콘 오일은 일반적으로 다양한 유통업체에서 입수할 수 있다. R-temp는 고분자량 탄화수소 유체의 상품명이다. Envirottemp FR-3는 일반적으로 식물성 오일계로 식별되는, 천연 에스테르 유체의 상품명이다. Envirottemp 200는 합성 에스테르 유체의 상품명이다. Edisol TR은 합성 탄화수소 유체의 상품명이다. R-temp, Envirottemp FR-3, Envirottemp 200, 및 Edisol



TR은 모두 Cooper Power Systems of Waukesha, Wis에서 입수할 수 있다.

- [0075] 상기 변압기에서 상기 절연층들은 폴리에테르이미드 섬유를 함유하는 압밀 섬유 매트들이다. 상기 변압기에서 개개의 도체들은 또한 동일한 절연 페이퍼로 감겨질 수 있다.
- [0076] 상기 전기 절연 페이퍼는 환망식 초지기(cylinder paper making machines) 또는 장망식 초지기(fourdrinier paper making machines)와 같은 공지의 초지 기술을 이용하여 만들어질 수 있다. 일반적으로, 섬유는 잘게 썰어지고 정제되어 적절한 섬유 크기를 얻는다. 상기 합성 섬유 및 바인더는 물에 첨가되어 섬유 및 물의 혼합물을 형성한다.
- [0077] 다음으로, 한 장의 페이퍼를 형성하기 위해 상기 혼합물을 스크리닝하여 상기 혼합물로부터 수분을 빼낸다. 상기 스크린은, 소위 기계 방향(machine direction)이라고 지칭되는, 상기 페이퍼가 움직이는 방향으로 상기 섬유를 배향하도록 하는 경향이 있다. 결과적으로, 얻어진 절연 페이퍼는, 소위 교차 방향(cross direction)이라고 지칭되는, 수직방향에서보다 기계 방향에서 더 큰 인장강도를 갖는다. 페이퍼 시트는 스크린으로부터 롤러 위로 그리고 페이퍼 내에 수분을 제거하는 다른 처리장비를 통해 이송된다.
- [0078] 상기 섬유 기제는 당해 분야에서 공지된 다양한 면적밀도(aereal density)로, 일반적으로 5 내지 200GSM으로 제조될 수 있다. 일 측면에서 상기 압밀 섬유상 기제는  $80\text{g/m}^2$ , 또는 80 GSM의 밀도를 갖는다.
- [0079] 상기 변압기 페이퍼는 일반적으로 변압기유에 투과성이 있고 변압기유가 압밀 제품을 통해 순환하고 상기 압밀 제품으로부터 가스를 전도(conduct)하기에 충분한 기공도를 갖는다. 일 측면에서, 상기 기공도는 0 부피% 내지 90 부피%이다. 기공도를 측정하는 방법은 ISO 5636-5:2003과 같이, 당업자에게 공지되어 있다. 이러한 방법에서, 걸리초(Gurley second) 또는 걸리단위(Gurley unit)는 물 4.88 inch의 압력차이(pressure differential)(0.188 psi)에서 공기 100 cm<sup>3</sup>(1 dl)가 주어진 물질 1.0 inch<sup>2</sup>를 통과하는데 요구되는 초(second)의 수를 나타내며, 이는  $\text{s} \cdot \text{in}^2/\text{dl}$ 로 표현될 수 있는 단위이다. SI 단위에서,  $1 \text{ s} \cdot \text{in}^2/\text{dl}$ 는 6.4516 s/m의 공기기둥(air column)이다. 다른 측면에서, 상기 변압기 페이퍼는 0 초과 내지 120  $\text{s} \cdot \text{in}^2/\text{dl}$  미만 (걸리초) 또는 0 초과 내지 774 s/m의 공기기둥의 기공도를 갖는다.
- [0080] 상기 변압기 페이퍼는 400 Volt/mil, 예를 들어 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 또는 1000 Volt/mil 초과와 전기 절연파괴강도(electrical breakdown strength)를 가질 수 있다( $\text{V/mil} = 0.3937 \text{ kV/cm}$ , 전술한 것은 177, 197, 216, 236, 256, 276, 295, 315, 335, 354, 374, 또는 394 kV/cm초과로 전환된다).
- [0081] 절연 페이퍼의 다른 타입은 상기 조성물을 이용하여 만들어질 수 있다. 예를 들어, 상기 조성물을 이용한 절연 페이퍼는 주름 페이퍼(crepe paper)로 형성될 수 있다. 일반적으로, 주름 페이퍼는 상기 절연 페이퍼와 동일한 방법으로 형성될 수 있다. 상기 페이퍼는 약간 축축하게 하여 권출롤(payout roll)에서 픽업롤(pickup roll)로 이동한다. 픽업롤은 권출롤보다 약간 느린 속도로 회전하여 상기 롤들 사이의 지역에서 페이퍼가 후진하여 약간 주름이 잡힌다. 이러한 방법으로 형성된 주름 페이퍼는, 예를 들어, 코일 리드(coil lead) 또는 변압기 내부 전선을 절연하기 위한 절연용으로 사용될 수 있다. 상기 주름 페이퍼는 나도체(bare conductor) 위 및 절연 물질로 이미 오버코팅된 도체 위에 이용될 수 있다. 상기 주름 페이퍼는 또한 일부 코일 설계에서, 고-저 배리어 절연 기능에서와 같은, 일반 용지를 보충하는데 이용될 수 있다. 주름 페이퍼의 유연성 때문에, 상기 주름 페이퍼는 변압기 또는 반응기(reactor)에 사용되는 다양한 도체, 코일 리드, 및 전선 주위에 감길 수 있다.
- [0082] 판지(pressboard), 압축된 펄프 제품은 상기 조성물을 이용하여 형성될 수 있는 절연 페이퍼의 다른 예이다. 예를 들어, 변압기에 사용되는 판지 제품은, 일반적으로 30 mils 내지 250 mils의 두께를 갖는다. 판지는 유전체 및 기계적 지지(mechanical support) 기능을 제공하는데 이용된다. 판지는 강성이기 때문에, 전술한 보다 신축성 있는 주름 페이퍼 및 절연 페이퍼의 경우처럼, 판지는 전형적으로 도체 주위에 감기지 않는다. 그럼에도 불구하고, 판지는 변압기의 다양한 형태(configuration)의 일부에 맞도록 만들어질 수 있다. 예를 들어, 판지는 변압기의 코일 윈도우 내부에 맞도록 만들어질 수 있거나 또는 변압기의 코어와 코일들 사이에 배치되도록 만들어질 수 있다.
- [0083] 판지 제조방법은 제지 산업에서 잘 알려져 있다. 일반적으로, 바인더 및 섬유의 혼합물이 물과 혼합되어 넓은 로터리 원통형 스크린으로 이송된다. 물은 스크린을 통해 흐르고 상기 섬유는 스크린 표면 위로 여과되어 페이퍼 웹층을 형성한다. 펄트층(felt layer)이 스크린으로부터 페이퍼 웹층을 제거하고 상기 층을 성형롤에 이송한다. 이어서 성형롤 위로 상기 페이퍼층을 연속적으로 권취하여 필요한 두께를 형성하도록 상기 페이퍼층을 습식

적층한다. 상기 페이퍼층이 성형롤 위에서 권취되면, 상기 물질은 약 55% 수분을 함유할 때까지 상기 물질은 가압작업으로 압축된다. 이어서 압력을 제거한 채 가열 하에 상기 물질이 약 5% 수분을 함유할 때까지 건조된다. 이어서 상기 물질은 무거운 캘린더(calender)를 이용하여 추가로 압축되어, 원하는 응용분야에 따라, 예를 들어, 약 30 mils 내지 250 mils 범위 내의 제품의 두께를 제공한다. 일 구현예에 있어서, 상기 페이퍼 웹층은 압밀하기 전에, 예를 들어 캘린더링(calendering) 하기 전에 예열된다.

[0084] 성형된 물품은 또한 본 발명에 의해 제공된 섬유 기재를 이용하여 만들어질 수 있다. 예를 들어, 보다 큰 크기의 비전도성 부품들이 필요한 경우, 상기 섬유 기재가 압축 성형되어 원하는 형상으로 될 수 있다.

[0085] 상기 절연 페이퍼는 또한, 페이퍼 피복 도체(paper-covered conductor)에 사용되는 절연 페이퍼와 같이, 절연 페이퍼가 흔히 사용되는 많은 응용분야에 사용될 수 있다. 페이퍼 피복 도체의 일 형태는 큰 변압기에 사용되는 직사각형 전선이다. 이러한 전선들은 절연 페이퍼로 감겨진다. 예를 들어, 도 2 및 도 3을 참조하면, 도체(400)는 한 쌍의 절연 페이퍼 연속 스트립(410, 415)들로 느슨하게 감겨서 서로 겹치도록 하는 직사각형 전선(405)를 포함한다. 절연 페이퍼(410, 415)는 상술한 절연 페이퍼 또는 주름 페이퍼일 수 있다. 상기 절연 페이퍼는 또한 성형된 판지(shaped pressboard)일 수 있다.

[0086] 도 4 및 도 5를 참조하면, 페이퍼 피복 도체의 다른 형태는 통상적인 무거운 게이지 하우스 배선(500: heavy gauge house wiring)이고, 공통선(510) 및 활선(515)를 둘러싼 플라스틱 또는 고무 절연층(505)을 갖는다. 공통선(510) 및 활선(515) 사이에 위치한 지선(520: ground wire)은 도 4 및 도 5에서 예시된 바와 같이 선택적으로 절연 물질로 피복된다. 상기 절연 및 전선들은 절연 페이퍼(523)의 층으로 오버 코팅되고, 이들은 플라스틱 또는 고무 절연층(525)에 의해 오버 코팅된다.

[0087] 실시예:

[0088] 물질:하기 물질들이 사용되었다:

물 질	상표명	구입원
폴리에테르이미드 A	Ultem 5001	SABIC Innovative Plastics
폴리에테르이미드 B	Ultem 9011	SABIC Innovative Plastics
미네랄 오일	Nytro 11 GBX	Nynas USA, Inc
식물성 오일(FR3)	Envirotemp FR3	Cargill
실리콘 오일	Xiameter 561	Dow Corning Corporation

[0089]

[0090] 오일 양립성 테스트

[0091] 오일 양립성 테스트는 25-35 $\mu$ m의 두께 범위를 갖는 두 종류의 폴리에테르이미드 필름에 대해 수행되었다. 상기 필름들의 두께, 유리 전이 온도, 응력, 및 변형률에 대한 오일 타입 및 오일 온도의 효과는 하기에 개요를 서술한 바와 같이 연구되었다.

[0092] 팽윤(swelling)은 변압기 절연 물질에 있어서 우려사항이다. 셀룰로오스 물질은 미네랄 오일이 비극성, 소수성, 나프텐계 물질인 미네랄 오일과 강한 화학적 차이점을 함유한다. 반대로, 셀룰로오스는 극성 하이드록시 치환기들을 갖는 친수성 구조요소로 구성되어 있다. 이런 이유로, 화학적 차이점 때문에 팽윤의 위험이 거의 없다. 대부분의 합성 폴리머들은 비극성이고 소수성이다. 따라서, 변압기유 분자들이 고체 절연을 구성하는 폴리머로의 확산하는 것에 의해 초래되는, 팽윤의 위험이 존재한다.

[0093] 이것을 테스트하기 위해, (폴리에테르이미드A로 식별되는) Ultem 5001의 12개의 샘플 필름들 및 (폴리에테르이미드B로 식별되는) Ultem 9011의 10개의 샘플 필름들을 120℃에서 세 개의 후보 변압기유들에 노출시켰고, 8주의 기간 동안 매주 분석하였다. 수분 레벨을 조절하고자 하는 어떠한 시도도 하지 않았고, 상기 샘플들을 느슨하게 피복되었지만 공기에 노출되었다. 필름 두께는 필름매트릭스(Filmetrics) 박막 분석기를 이용하여 측정하였다. 이 테스트 결과들을 표 1에 나타내었고, 상기 표 1은 세 개의 다른 오일 중에서 두 등급의 폴리에테르

미드 필름에 대해 평균 12회 테스트하였을 때 (직접적인 필름 두께를 통한) 팽윤 데이터를 나타낸다.

표 1

[0094]

120℃에서의 주(week)	미네랄 오일 중에서 PEI A (μm)	실리콘 오일 중에서 PEI A (μm)	식물성 오일 중에서 PEI A (μm)	미네랄 오일 중에서 PEI B (μm)	실리콘 오일 중에서 PEI B (μm)	식물성 오일 중에서 PEI B (μm)
0	29.26	29.48	27.96	29.33	30.43	29.86
1	29.48	29.34	27.96	27.69	30.26	30.42
2	29.80	29.37	28.05	30.73	30.90	29.33
3	29.53	29.63	27.94	31.13	30.31	29.75
4	29.58	29.55	28.24	30.33	30.42	30.30
5	29.82	29.47	28.13	30.66	30.31	30.34
6	29.61	29.37	27.97	32.03	29.95	30.97
7	29.53	29.37	28.11	32.28	30.18	29.80
8	29.32	29.64	28.29	30.17	29.48	30.21

[0095]

상기 데이터는 가속화된 에이징 연구과정에 걸쳐 놀랍게도 우수한 치수안정성을 나타낸다. 상기 미네랄 오일에서 폴리에테르이미드B(Ultem 9011)는 40년 이상의 수명과 동등한 기간 후에 약 1%의 미미한 팽윤을 경험하였다. 이 테스트는 최적의 안전성을 위해, 미네랄 오일이 사용된다면, 내용매성(solvent-resistant) 폴리에테르이미드 A(Ultem 5001)가 가장 좋은 선택이라는 것을 시사한다.

[0096]

추가로 팽윤을 조사하기 위하여, 시차주사 열량측정법(DSC)을 수행하였고, 그 결과를 표 2에 나타내었다. 변압기유가 상기 후보 폴리머들을 팽윤시킨다면, T<sub>g</sub>가 변할 것이라는 것이 예측되었다. 이 결과는, 특히 직접적인 측정을 통해 앞에서 논의된 팽윤을 고려할 때 놀랍다. 이 데이터는 거의 50년 (120℃ 에서 8주) 수명과 동등한 페이퍼 열적 에이징을 포괄한다. 그 가속화된 테스트 기간 동안, 이 결과들은 T<sub>g</sub>에서 최소한의 변화를 보여주고, 두 개의 필름 모두 연구된 상기 변압기유들 중 어느 것과 같이 사용하더라도 적합하다는 것을 시사한다.

표 2

[0097]

120℃에서 오일에 함침된 주(week)	미네랄 오일 중에서 PEI A (℃)	실리콘 오일 중에서 PEI A (℃)	식물성 FR3 오일 중에서 PEI A (℃)	미네랄 오일 중에서 PEI B (℃)	실리콘 오일 중에서 PEI B (℃)	식물성 FR3 오일 중에서 PEI B (℃)
0	226	226	226	215	215	215
0	226	226	226	216	216	216
1	225	225	224	216	215	214
1	225	226	223	216	216	215
2	226	226	226	214	216	215
2	225	226	227	216	216	216
4	225	226	225	216	216	216
4	224	226	225	216	216	215
8	224	226	223	215	216	214
8	224	225	222	216	216	214

[0098]

기계적 특성: 변압기 작동에서, (단락력(short-circuit forces)에 저항하기 위한) 기계적 강도가 바람직한 특성이고, 셀룰로오스 페이퍼들의 가속화된 에이징 동안 "수명"은 인장강도와 같은 기계적 특성의 유지 측면에서 흔히 측정된다. 이것을 조사하기 위하여, 인장 동적 기계적 분석(인장 DMA)을 통해 T<sub>g</sub> 를 수행하였다. 이 테스트에서, 상기 T<sub>g</sub> 를 손실 탄성률 최대(loss modulus maxima) 위에서의 샘플 파괴로 인한 탄젠트 델타 커브의 피크의 보다 전통적인 결정에 의하기보다는 손실 탄성률(loss modulus)의 피크의 위치에 의해 결정하였다. 그 결과들을 하기 표 3에 나타내었다.



표 3

120℃에서 오일에 함침된 주(week)	미네랄 오일 중에서 PEI A (℃)	실리콘 오일 중에서 PEI A (℃)	식물성 FR3 오일 중에서 PEI A (℃)	미네랄 오일 중에서 PEI B (℃)	실리콘 오일 중에서 PEI B (℃)	식물성 FR3 오일 중에서 PEI B (℃)
0	214	214	214	204	204	204
8	212	212	210	202	202	201

[0100] 버진(virgin) 폴리에테르이미드에 대한 (10 $\mu$ m 진폭 DMA를 통해 결정된) 값들 및 120℃에서 8주 에이징 후(~50년 수명과 동등한 기간)을 보여준다. 상기 결정된 값들에 대한 신뢰 안에, (인장 DMA를 통해 결정된) 상기 물질의 T<sub>g</sub>는 폴리에테르이미드 A 물질 또는 폴리에테르이미드 B 물질 어느 것에 대해서도 변하지 않았다.

[0101] 응력 변형률 측정을 ASTM D882에 따라 수행하였다.

[0102] 상기 물질의 항복응력(yield stress)을 (플라토(plateau)의 시작에 의해 표시되고 5% 변형률에서 기록된) 응력-변형률 곡선(stress-strain curve)으로부터 얻었다. 이러한 곡선 웨미리는 상기 데이터에서 자연적인 변동을 나타낸다. ASTM D882는 일반적으로 5번 반복 검증을 기초로 폴리머 필름들에 대한 항복응력에 있어서 +/-10%의 정확도로 보고하며, 이 경우에 2번 반복 검증을 평균하여 사용하였다.

[0103] (5% 변형률에서) 이러한 플라토 값들은 이후 미네랄 오일 중에서 에이징 지속기간의 함수로서 폴리에테르이미드 A 및 폴리에테르이미드 B에 대해 플롯(plot)하였다. 상기 폴리머 필름에 대해 가장 공격적인 것으로 예상되기 때문에 미네랄 오일만을 테스트하였다. 이러한 테스트의 결과를 하기 표 4에 요약하였다.

표 4

120℃에서 오일에 함침된 주(week)	미네랄 오일 중에서 PEI A (MPa)	미네랄 오일 중에서 PEI B (MPa)
0	67.0	70.0
0	67.0	84.0
2	72.0	73.0
2	74.0	75.0
4	74.0	85.0
4	74.0	85.0
8	65.0	83.0
8	66.0	76.0

[0105] 표 4에서 나타난 바와 같이, 폴리에테르이미드 A 물질 및 폴리에테르이미드 B 물질은 120℃에서 미네랄 오일에 함침된 4주에 걸쳐 특성 유지의 면에서 상대적으로 일관된 성능을 나타내었다. 8주까지, 두 경우들에 있어서 성능은 보다 저하되었지만, 응력 변형률 플라토는 60MPa를 초과하여 유지하였다.

[0106] "하나" 및 "일" 또는 기타 단수형태의 용어는 양의 제한을 나타내지 않고 오히려 상기 참조된 항목 중 적어도 하나의 존재를 나타낸다.

[0107] "또는"이라는 용어는 "및/또는"을 의미한다.

[0108] 명세서 전반에 걸친 "일 구현예", "다른 구현예" 등에 대한 언급은 상기 구현예와 관련하여 기재된 특별한 요소 (예를 들어, 특징, 구조, 및/또는 특성)가 본 명세서에 기재된 적어도 일 구현예에 포함되고, 다른 구현예에 존재할 수 있거나 또는 존재하지 않을 수 있다. 또한, 상기 기재된 요소들은 다양한 구현예들에 있어서 임의의 적절한 방식으로 조합될 수 있다고 이해되어야 한다.

[0109] 일반적으로, 상기 조성물 또는 방법은 본 명세서에 개시된 임의의 적절한 구성요소들 또는 단계들을 대안적으로 포함하고, 이들로 이루어지고, 또는 본질적으로 이루어질 수 있다. 본 발명은 선행기술 조성물에 사용되거나 또는 그렇지 않다면 본 특허청구범위의 기능 및/또는 목적의 달성에 필요하지 않은 모든 구성요소들, 물질, 성분들, 보조제, 또는 종(species), 또는 단계들이 없거나 또는 실질적으로 없도록, 부가적으로, 또는 선택적으로

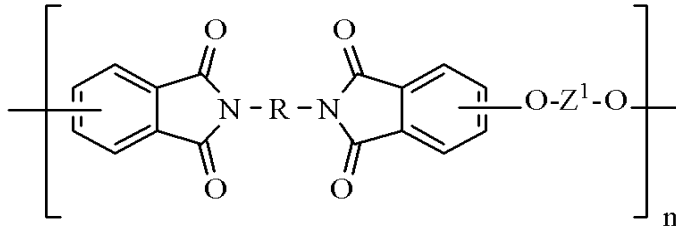
배합될 수 있다.

- [0110] "선택적인" 또는 "선택적으로"는 그 후에 기재된 사건 또는 상황이 일어날 수 있거나 또는 일어나지 않을 수 있고, 상기 기재는 상기 사건이 일어난 경우 및 일어나지 않은 경우를 포함하는 것을 의미한다.
- [0111] 수량과 관련하여 사용된 수식어 "약"은 명시된 값을 포함하고 문맥에 의해 좌우되는 의미를 갖는다(예를 들어, 특정한 양의 측정과 연관된 오차의 정도를 포함한다).
- [0112] " $\pm 10\%$ " 표기는 표시된 측정이 명시된 값의 마이너스 10% 인 함량에서 플러스 10%인 함량까지일 수 있음을 의미한다.
- [0113] 동일한 구성요소 또는 특성에 관한 모든 범위들의 종점들은 그 종점들을 포함하고, 독립적으로 조합될 수 있고, 모든 중간 지점 및 선택적인 범위들을 포함한다: (예를 들어, "약 25중량%까지, 또는 보다 구체적으로, 약 5중량% 내지 약 20중량%까지의 범위"는 상기 종점들을 포함하고 약 10중량% 내지 약 23중량% 등과 같은 "약 5중량% 내지 약 25중량%"의 범위들의 모든 중간값들을 포함한다.)
- [0114] 본 명세서에 사용된 접미사 "(들)"은 이것이 수정하는 그 용어의 단수 및 복수 둘 다를 포함하며, 이에 의해 하나 이상의 그 용어(예를 들어, 착색제(들)은 1종 이상의 착색제들을 포함한다)를 포함하고자 사용된다.
- [0115] 본 명세서에 사용된 "제1", "제2" 등, "주된", "부가적인" 등의 용어들은 순서, 양, 또는 중요성을 의미하지 않고 오히려 일 요소를 다른 요소와 구별하기 위해 사용된다.
- [0116] "앞", "뒤", "하부", 및/또는 "상부"라는 용어들은, 다르게 표시되지 않는 한, 기재의 편의만을 위해 본 명세서에 사용되고, 어떠한 일 위치 또는 공간적인 배향에 제한되는 것은 아니다.
- [0117] "조합"이라는 용어는 블렌드, 혼합물, 합금, 반응 생성물 등을 포함한다.
- [0118] 다르게 정의되지 않는 한, 본 명세서에 사용된 기술 및 과학용어들은 본 발명이 속하는 분야의 당업자에 의해 일반적으로 이해되는 바와 동일한 의미를 갖는다.
- [0119] 화합물들은 표준 명명법을 이용하여 기재된다. 예를 들어, 임의의 표시된 관능기에 의해 치환되지 않은 위치는 표시된 결합 또는 수소원자에 의해 원자가가 채워진 것으로 이해된다. 두 글자 또는 기호 사이에 위치하지 않는 선("-")은 치환기를 위한 부착 지점을 나타내는 것으로 사용된다. 예를 들어, -CHO는 카르보닐기의 탄소를 통하여 부착된다.
- [0120] 모든 인용된 특허들, 특허출원들, 및 다른 참조문헌들은 참조에 의해 본 명세서에 전문이 통합된다. 그러나 본 출원에서의 용어가 상기 통합된 참조문헌에서의 용어와 모순되거나 또는 충돌한다면, 본 출원으로부터의 용어가 상기 통합된 참조문헌으로부터의 충돌되는 용어에 우선한다.
- [0121] 본 발명은 적어도 하기 구현예들을 포함한다.
- [0122] 구현예 1: 섬유 조성물의 압밀 제품(consolidated product)을 포함하는 변압기 페이퍼(transformer paper)로서, 상기 섬유 조성물은, 상기 섬유 조성물의 섬유의 총 중량을 기준으로, 폴리에테르이미드 호모폴리머 섬유, 폴리에테르이미드 코폴리머 섬유 또는 상기한 것들의 조합 35 내지 70 중량%; 방향족 폴리아미드 피브리드(fibrids), 방향족 폴리아미드 섬유, 또는 상기한 것 중 적어도 1종을 포함하는 조합을 포함하는 바인더 섬유 적어도 5중량%; 및 액정 폴리머 섬유 5 내지 30중량%를 포함하고, 상기 바인더 섬유는 10중량% 미만의 폴리카보네이트를 포함하는 변압기 페이퍼.
- [0123] 구현예 2: 구현예 1 에 있어서, 상기 폴리아미드는 150 내지 200℃의 온도에서 실리콘 오일, 식물성 오일 또는 미네랄 오일에 노출시 그 분자량의 적어도 90%를 유지하는 변압기 페이퍼.
- [0124] 구현예 3: 구현예 1 에 있어서, 상기 폴리아미드는 180℃의 온도에서 실리콘 오일, 식물성 오일 또는 미네랄 오일에 노출시 그 분자량의 적어도 90%를 유지하는 변압기 페이퍼.
- [0125] 구현예 4: 구현예 1 내지 구현예 3 중 어느 하나에 있어서, 상기 압밀 제품은 다음의 특성들 중 적어도 하나를 갖는 변압기 페이퍼: 적어도 1000MΩ·cm의 저항률; 적어도 177 kV/cm의 전기 절연파괴강도(electrical breakdown strength); NEMA 클래스 F (155℃) 및 NEMA 클래스 H (180℃) 표준을 초과하는 열적 성능; 엘렌도르프 인열강도(tear strength)로 측정된 적어도 85 mN의 인열강도; 및 0 초과 내지 100 밀리미터 미만의 두께. 대안으로, 이러한 구현예에 있어서 상기 절연파괴강도는 197, 216, 236, 256, 276, 295, 315, 335, 354, 374, 또는 394 kV/cm 초과일 수 있다.

[0126] 구현예 5: 구현예 1 내지 구현예 4 중 어느 하나에 있어서, 상기 압밀 제품은 변압기유가 상기 압밀 제품을 통해 순환되고 상기 압밀 제품으로부터 가스를 전도하기에 충분한 기공도(porosity)를 갖는 변압기 페이퍼.

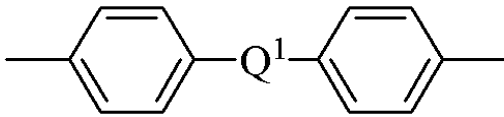
[0127] 구현예 6: 구현예 1 내지 구현예 5 중 어느 하나에 있어서, 상기 기공도는 10 내지 90부피%인 변압기 페이퍼.

[0128] 구현예 7: 구현예 1 내지 구현예 6 중 어느 하나에 있어서, 상기 폴리에테르이미드가 하기 화학식의 구조단위를 포함하는 변압기 페이퍼.



[0129]

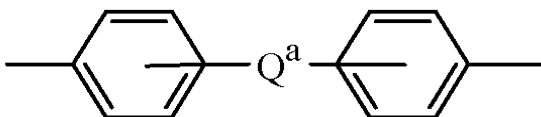
[0130] 상기 식에서, n은 1 초과이고, R은 6 내지 20개의 탄소원자를 갖는 방향족 탄화수소기, 그의 할로겐화 유도체, 2 내지 10개의 탄소원자를 갖는 직쇄형 또는 분지형 알킬렌기, 3 내지 20개의 탄소원자를 갖는 시클로알킬렌기, 또는 하기 화학식의 이가기이고,



[0131]

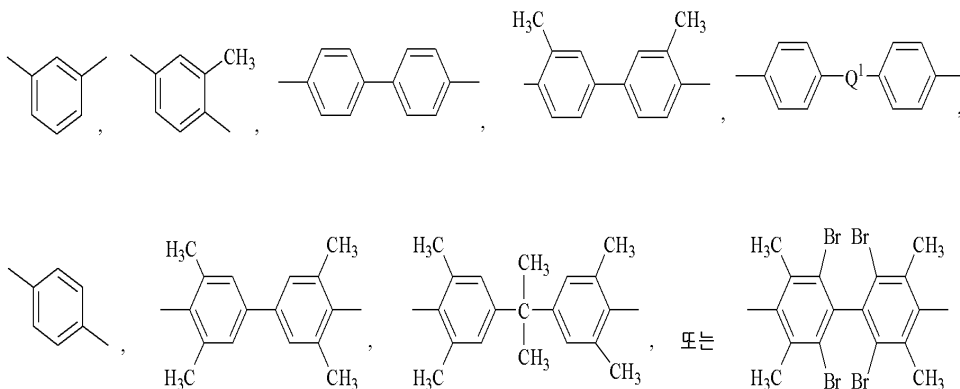
[0132] 상기 식에서, Q¹은 결합, -O-, -S-, -C(O)-, -SO₂-, -SO-, 및 -CᵧH₂ᵧ-, 및 그의 할로겐화 유도체이고, y 는 1 내지 5이고; 및 Z¹은 각각 독립적으로 1 내지 6개의 C₁-₈ 알킬기, 1 내지 8개의 할로겐원자, 또는 상기한 것들 중 적어도 1종을 포함하는 조합으로 선택적으로 치환된 방향족 C₆-₂₄ 모노시클릭 또는 폴리시클릭 모이어티이다.

[0133] 구현예 8: 구현예 7 에 있어서, Z¹이 하기 화학식의 이가기인 변압기 페이퍼.



[0134]

[0135] 상기 식에서, Qᵃ은 각각 독립적으로 단일결합, -O-, -S-, -C(O)-, -SO₂-, -SO-, -CᵧH₂ᵧ- 또는 그의 할로겐화 유도체이고 y는 1 내지 5의 정수이고, R은 하기 화학식의 이가기



[0136]

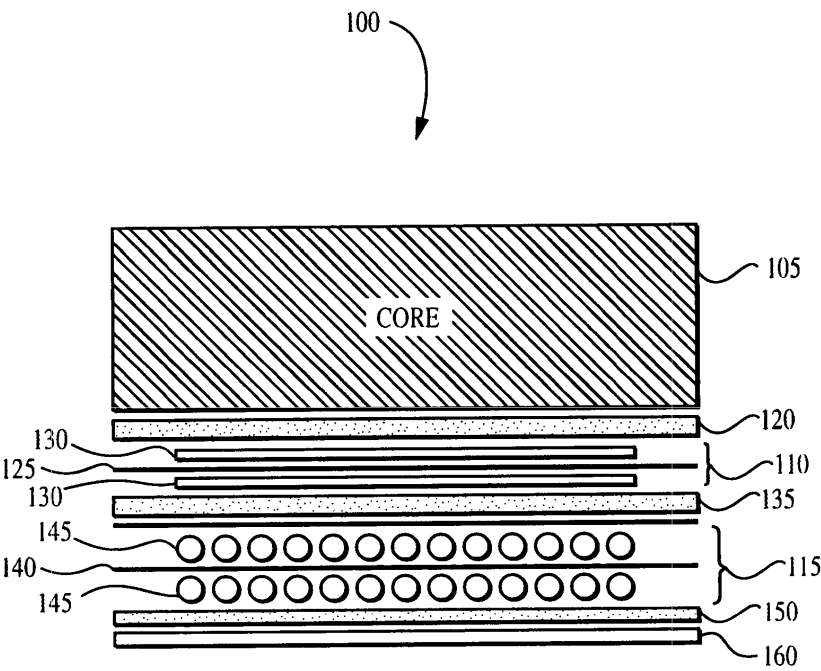
[0137] 및 상기한 것들 중 적어도 1종을 포함하는 조합이고, Q¹은 단일결합, -O-, -S-, -C(O)-, -SO₂-, -SO-, -CᵧH₂ᵧ-

또는 그의 할로겐화 유도체이고  $y$ 는 1 내지 5의 정수이다.

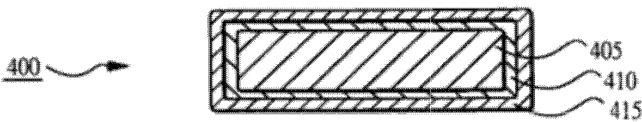
- [0138] 구현예 9: 구현예 7에 있어서,  $Z^1$ 이 2,2-(4-페닐렌)이소프로필리텐이고 R은 m-페닐렌, p-페닐렌 디아릴설폰, 또는 상기한 것들 중 적어도 1종을 포함하는 조합인 변압기 페이퍼.
- [0139] 구현예 10: 구현예 1 내지 구현예 9 중 어느 하나에 있어서, 상기 방향족 폴리아미드가 폴리(p-페닐렌 테레프탈아미드), 폴리(p-페닐렌 테레프탈아미드-코-3'4'-옥시디페닐렌 테레프탈아미드), 또는 상기한 방향족 폴리아미드 중 적어도 1종을 포함하는 조합인 변압기 페이퍼.
- [0140] 구현예 11: 구현예 1 내지 구현예 10 중 어느 하나에 있어서, 상기 액정 폴리머가 폴리(4-히드록시벤조산-코-6-히드록시-2-나프토산)인 변압기 페이퍼.
- [0141] 구현예 12: 현탁 용매(suspension solvent) 및 폴리에테르이미드 섬유 35 내지 70중량%; 방향족 폴리아미드 섬유 적어도 5중량%; 및 액정 폴리머 섬유 5 내지 30중량%의 조합을 포함하는 슬러리로부터 일 층을 형성하는 단계; 상기 층을 탈수하는 단계; 및 상기 층을 압밀하여 섬유 기재(fibrous substrate)를 형성하는 단계;를 포함하는 구현예 1의 변압기 페이퍼를 형성하는 방법: 상기 섬유의 중량%는 상기 섬유 조성물에서 상기 섬유의 총 중량을 기준으로 한다.
- [0142] 구현예 13: 구현예 12에 있어서, 상기 압밀하는 단계가 정적 프레스(static press) 상에서 행해지는 방법.
- [0143] 구현예 14: 구현예 12에 있어서, 상기 층이 상기 공정의 적어도 일부 동안 대기압보다 낮은 압력(subatmospheric pressure)에 노출되는 방법.
- [0144] 구현예 15: 구현예 12에 있어서, 상기 압밀하는 단계가 연속적인 롤 프레스(roll press)에서 행해지는 방법.
- [0145] 구현예 16: 구현예 1 내지 구현예 11 중 어느 하나의 변압기 페이퍼를 포함하는 변압기 구성요소.
- [0146] 구현예 17: 구현예 16에 있어서, 상기 구성요소가 다공성 페이퍼, 비다공성 페이퍼, 주름 페이퍼(creped paper), 스틱 페이퍼(stick paper), 스페이서, 판지(pressboard), 또는 강성 구조체(rigid structure)인 변압기 구성요소.
- [0147] 구현예 18: 구현예 16에 있어서, 상기 변압기 구성요소는 공기기둥 1미터당 0 초과 내지 774초의 기공도(porosity)를 갖는 변압기 구성요소.
- [0148] 본 발명은 예시적인 구현예를 참조하여 기재되었지만, 본 발명의 범위에서 벗어남 없이 다양한 변형례가 만들어질 수 있고 본 발명의 구성요소에 대해 균등물로 치환될 수 있음이 당업자에 의해 이해될 것이다. 또한, 본 발명의 본질적인 범위에서 벗어남 없이 특정사항 또는 물질을 본 발명의 교시내용에 적응시키기 위해 많은 수정이 이루어질 수 있다. 그러므로, 본 발명은 본 발명을 수행하기 위해 고려되는 최적 모드로서 개시된 특정 구현예에 제한되는 것이 아니라, 본 발명은 첨부된 특허청구범위의 범위 내에 속하는 모든 구현예들을 포함하는 것으로 의도된다.

도면

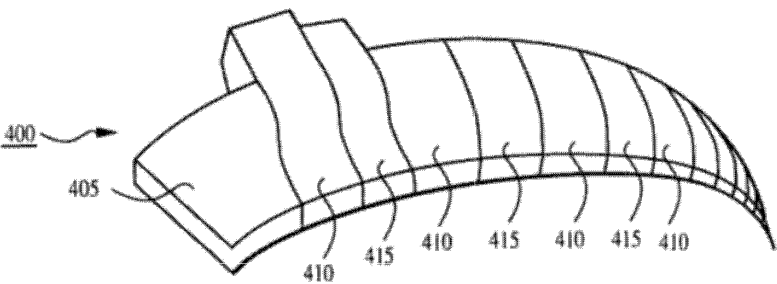
도면1



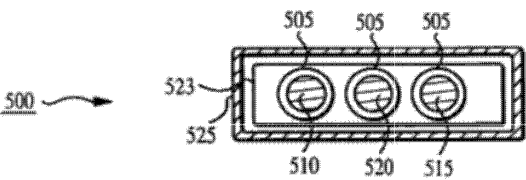
도면2



도면3



도면4



도면5

