



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 000 063 T2 2006.03.02**

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 496 522 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 000 063.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 076 044.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **01.04.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.01.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **24.08.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.03.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01B 3/40 (2006.01)**

**C08G 59/22 (2006.01)**

**C08G 59/30 (2006.01)**

**C09K 19/38 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**618125            11.07.2003        US**

(73) Patentinhaber:

**Siemens Westinghouse Power Corp., Orlando,  
Fla., US**

(74) Vertreter:

**Berg, P., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 80339 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB, IT**

(72) Erfinder:

**Smith, James D. B., 15146 Monroeville, US**

(54) Bezeichnung: **LCT-Epoxidharz mit HTC-Oligomeren und Herstellungsverfahren**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

### Hintergrund der Erfindung

**[0001]** Beim Gebrauch von elektrischen Geräten aller Art besteht die Notwendigkeit, elektrische Leiter zu isolieren. Unter dem Druck, die Abmessungen immer weiter zu verringern und allen elektrischen Geräten ein gefälliges Design zu geben, besteht ein entsprechender Bedarf, bessere und kompaktere Isolatoren zu finden.

**[0002]** Epoxidharze werden in großem Umfang für elektrische Isolatoren eingesetzt, weil sie den praktischen Vorteil bieten, elektrische Isolatoren mit hoher Festigkeit und Flexibilität zu sein, die problemlos auf Oberflächen aufgebracht werden können. Traditionelle elektrische Isolatoren, z. B. Glimmer oder Glasfasern, können mit Hilfe dieser Epoxidharze als Oberflächenbeschichtung verwendet werden, wodurch die Materialfestigkeit, die chemische Beständigkeit und die elektrischen Isolationseigenschaften verbessert werden.

**[0003]** Gute elektrische Isolatoren sind aufgrund ihrer Beschaffenheit gewöhnlich auch gute thermische Isolatoren, was kein erwünschter Effekt ist. Die Wärmedämmung, insbesondere für luftgekühlte elektrische Bauteile, senkt die Leistungsfähigkeit und die Haltbarkeit der Komponenten und der betreffenden Einheit als Ganzes. Es ist wünschenswert, Isolatoren herzustellen, wie z. B. Erdwand-Isolatoren, die ein Höchstmaß an elektrischen Isolationseigenschaften bei gleichzeitig minimaler Wärmedämmung aufweisen.

**[0004]** Verbesserungen bei Epoxidharzen wurden in jüngerer Zeit durch die Verwendung von Flüssigkristallpolymeren erzielt. Durch Mischen von Epoxidharz mit einem Flüssigkristallpolymer entsteht ein wärmehärtendes Flüssigkristall-Epoxidharz (LTC, Liquid Crystal Thermoset), das Polymere oder Monomere enthält, die vernetzte Eigenschaften aufweisen und ein deutlich bessere mechanische Eigenschaften zeigen. Siehe dazu die US-Patentschrift Nr. 5.904.984, die durch diesen Verweis als in dieses Patent aufgenommen gilt. Ein weiterer Vorteil von LTCs besteht darin, dass sie zudem eine bessere Wärmeleitfähigkeit als Standard-Epoxidharze haben.

**[0005]** Was LCT-Epoxidharze sogar noch attraktiver macht, ist ihre im Vergleich zu Standard-Epoxidharzen bessere Wärmeleitfähigkeit. Die Lehre von US-Patentschrift Nr. 6.261.481, die durch diesen Verweis als in dieses Patent aufgenommen gilt, ist, dass LCT-Epoxidharze hergestellt werden können, deren Wärmeleitfähigkeit besser als die von herkömmlichen Epoxidharzen ist. Beispielsweise weist ein Standard-Bisphenol A-Epoxidharz für die Wärmeleitfähigkeit Werte von 0,18 bis 0,24 Watt pro Meter und Grad Kelvin (W/mK) sowohl in Querrichtung (der Ebene) als auch in der Dickenrichtung auf; ein LCT-Epoxidharz weist im Gegensatz dazu einen Wärmeleitwert auf, der im praktischen Einsatz in Querrichtung nicht mehr als 0,4 W/mK und in Dickenrichtung nicht mehr als 0,9 W/mK beträgt. Allerdings fehlen den LCT-Epoxidharzen einige physikalische Eigenschaften wie z. B. thermische Stabilität und Imprägnierfähigkeit.

**[0006]** Obwohl diese Bemühungen der Technik der elektrischen Isolationen nützen, könnte der Nutzen aufgrund der guten Wärmeleitfähigkeit jedoch noch größer sein, ohne dass die gewünschten physikalischen Eigenschaften der Isolierstoffe beeinträchtigt wären. Es besteht also Bedarf an einem verbesserten LCT-Epoxidharz mit einer höheren Wärmeleitfähigkeit, die aber nicht zu Lasten der elektrischen Isoliereigenschaften oder anderer struktureller Eigenschaften geht.

### Zusammenfassung der Erfindung

**[0007]** Die vorliegende Erfindung betrifft homogene LCT-Epoxidpolymere mit Oligomeren, die aufgepfropfte HTC-Materialien in Nanogröße enthalten, (LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren) sowie Verfahren, um dieselben herzustellen.

**[0008]** HTC steht hier für High Thermal Conductivity (hohe Wärmeleitfähigkeit).

**[0009]** Gemäß einem Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von homogenen LCT-Epoxidpolymeren mit Oligomeren, die aufgepfropfte HTC-Materialien in Nanogröße (HTC-Oligomere) enthalten und eine Durchschlagsfestigkeit von mindestens 1,2 kV/mm aufweisen. Zu den Schritten dieses Verfahrens gehört das Aufpfropfen von mindestens einer funktionalisierten organischen Gruppe auf ein HTC-Material in Nanogröße, um ein HTC-Oligomer herzustellen. Das HTC-Oligomer reagiert anschließend mit mindestens einem LCT-Epoxidharz unter Bedingungen, die ausreichen, dass eine gleichförmige Dispersion und eine im Wesentlichen vollständige Co-Reaktivität des HTC-Oligomers mit dem mindestens einen LCT-Epoxidharz gebildet werden, die dann gehärtet wird, so dass die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren

entstehen.

**[0010]** Bei diesem Aspekt der Erfindung weist die Menge des HTC-Oligomers zum LCT-Epoxidharz ein Gewichtsverhältnis von 1:4 und 3:1 auf. Bei einer spezielleren Ausführungsform betragen die HTC-Oligomeranteile des homogenen LCT-Epoxidpolymers mit HTC-Oligomeren 20 bis 50 Gewichtsprozent.

**[0011]** Bei einer Ausführungsform umfasst das HTC-Material in Nanogröße mindestens einen der Stoffe Aluminiumoxid, Siliciumoxid oder ein Metalloxid. Bei einer spezielleren Ausführungsform handelt es sich bei dem Metalloxid um Magnesiumoxid.

**[0012]** Bei einer Ausführungsform umfasst die Reaktion des HTC-Oligomers mit dem LCT-Epoxidharz ferner das Erwärmen, bis die Mischung klar wird.

**[0013]** Bei einer anderen Ausführungsform umfasst das Verfahren des Weiteren das Mischen mindestens eines anhydrierenden Agens mit entweder LCT-Epoxidharz(en) oder HTC-Oligomeren oder mit beiden, wobei die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren homogene LCT-Epoxidanhydridpolymere mit HTC-Oligomeren sind.

**[0014]** Bei einer anderen Ausführungsform umfasst das Verfahren ferner das Mischen mindestens eines Vinyl-Agens mit entweder LCT-Epoxidharz(en) oder HTC-Oligomeren oder mit beiden, wobei die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren homogene LCT-Epoxidvinylpolymere mit HTC-Oligomeren sind.

**[0015]** Bei einer weiteren Ausführungsform wird die Mischung vor dem Aushärten einem elektrischen Isolator als Beschichtung zugefügt.

**[0016]** Bei einem weiteren Aspekt stellt die vorliegende Erfindung homogene LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren bereit. Dies beinhaltet mindestens eine HTC-Oligomersubstruktur, die mindestens ein darauf aufgepfropftes HTC-Material in Nanogröße enthält, und mindestens eine LCT-Epoxidsubstruktur, wobei die HTC-Oligomersubstruktur organisch mit der LCT-Epoxidsubstruktur fest verbunden (gebondet) ist. Die Wärmeleitfähigkeit beträgt in Querrichtung mindestens 0,50 W/mK und in Dickenrichtung mindestens 0,99 W/mK in einer Umgebung mit 25°C. Die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren weisen eine Durchschlagsfestigkeit von mindestens 1,2 kV/mm auf und sind im Wesentlichen frei von Partikelbenetzung und Bildung von Mikrohohlräumen. Weiterhin macht die HTC-Oligomersubstruktur etwa 20 bis 75 Gewichtsprozent der homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren aus.

**[0017]** Bei einer Ausführungsform umfasst das HTC-Material mindestens einen der Stoffe Aluminiumoxid, Siliciumoxid oder ein Metalloxid.

**[0018]** Bei einer anderen Ausführungsform enthalten die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren mindestens ein Anhydrid, und der Anteil des Anhydrids beträgt etwa 20 bis 40 Gewichtsprozent der homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren.

**[0019]** Bei noch einer anderen Ausführungsform enthalten die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren mindestens ein Vinyl, und der Anteil des Vinyls beträgt etwa 4 bis 16 Gewichtsprozent der homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren.

**[0020]** Beide, die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren oder die homogenen LCT-Epoxidanhydrid-/vinylpolymere mit HTC-Oligomeren, können als Beschichtung für Isoliermaterialien, z. B. Glimmer/Glas-Isolierband, hergestellt werden.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0021]** [Abb. 1](#) ist ein Flussdiagramm eines Prozesses zur Herstellung von LCT-Epoxidpolymeren mit HTC-Oligomeren gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0022]** [Abb. 2](#) zeigt eine Anwendung für LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren der vorliegenden Erfindung für den Einsatz als Erdwandisolierung.

## Ausführliche Beschreibung der Erfindung

**[0023]** Die vorliegende Erfindung betrifft homogene LCT-Epoxydpolymere mit HTC-Oligomeren und Verfahren zu deren Herstellung.

**[0024]** Gemäß einem Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von homogenen LCT-Epoxydpolymeren mit Oligomeren, die aufgepfropfte HTC-Materialien in Nanogröße enthalten (HTC-Oligomere). Die Durchschlagsfestigkeit dieser Polymere beträgt mindestens 1,2 kV/mm. Zu den Schritten für die Herstellung dieser Polymere gehört das Aufpfropfen mindestens einer funktionalisierten organischen Gruppe auf ein HTC-Material in Nanogröße, um ein HTC-Oligomer herzustellen. Das HTC-Oligomer reagiert dann mit mindestens einem LCT-Epoxydharz unter Bedingungen, die ausreichen, dass eine gleichförmige Dispersion und eine im Wesentlichen vollständige Co-Reaktivität des HTC-Oligomers mit dem LCT-Epoxydharz(en) entsteht. Bei dieser Reaktion entsteht eine harzähnliche Zwischenmischung, die anschließend gehärtet wird, um die homogenen LCT-Epoxydpolymere mit HTC-Oligomeren zu bilden.

**[0025]** Bei diesem Aspekt der Erfindung weist die Menge des HTC-Oligomers zur Menge des HTC-Epoxydharzes ein Gewichtsverhältnis von 1:4 und 3:1 auf. Bei einer spezielleren Ausführungsform betragen die HTC-Oligomeranteile der homogenen LCT-Epoxydpolymere mit HTC-Oligomeren 20 bis 50 Gewichtsprozent.

**[0026]** Zwar gibt es Vielfalt von Verfahren zur Herstellung von LCT-Epoxydharzen, ein bestimmtes Verfahren besteht jedoch darin, die Probe bei etwa 60°C zu erwärmen, bis das LCT-Epoxyd klar wird. Ein ähnliches Verfahren besteht darin, das LCT-Epoxydharz beim Mischen mit dem HTC-Oligomer auf ungefähr 60°C zu erwärmen, bis es klar wird.

**[0027]** Bei einer Ausführungsform umfasst das HTC-Material in Nanogröße mindestens einen der Stoffe Aluminiumoxid, Siliciumoxid oder ein Metalloxid. Bei einer spezielleren Ausführungsform handelt es sich bei dem Metalloxid um Magnesiumoxid. Andere geeignete HTC-Materialien werden dem Fachmann bekannt sein.

**[0028]** Bei einer anderen Ausführungsform erfolgt das Aufpfropfen der funktionalisierten organischen Gruppe(n) auf das HTC-Material in Nanogröße entweder durch Siliciumwasserstoff (Silan) oder ein freies Radikal. Bei einer spezielleren Ausführungsform der Erfindung beinhaltet das Aufpfropfen durch Silan Reaktanden, die aus einem von zwei Stoffen, nämlich 4-Trimethoxysilyl-Tetrahydrophthal-Anhydrid (TSPA) und 3-Methacryloxypropyl-Trimethoxysilan (MOTPS), ausgewählt werden. Bei einer anderen bestimmten Ausführungsform ist beim Aufpfropfen eines freien Radikals der Reaktand Cer-Ammoniumnitrat beteiligt.

**[0029]** Bei einer anderen Ausführungsform umfasst das Verfahren des Weiteren das Mischen mindestens eines anhydrierenden Agens mit entweder LCT-Epoxydharz(en) oder HTC-Oligomeren oder mit beiden, wobei die homogenen LCT-Epoxydpolymere mit HTC-Oligomeren homogene LCT-Epoxydanhydridpolymere mit HTC-Oligomeren sind.

**[0030]** Bei einer bestimmten Ausführungsform wird das anhydrierende Agens aus einer Gruppe genommen, die die Substanzen 1-Methylhexahydrophthal-Anhydrid und 1-Methyltetrahydrophthal-Anhydrid enthält.

**[0031]** Bei einer weiteren bestimmten Ausführungsform macht das anhydrierende Agens etwa 20 bis 40 Gewichtsprozent der homogenen LCT-Epoxydanhydridpolymere mit HTC-Oligomeren aus.

**[0032]** Bei einer weiteren Ausführungsform umfasst das Verfahren des Weiteren das Mischen mindestens eines Vinyl-Agens mit entweder LCT-Epoxydharz(en) oder HTC-Oligomeren oder mit beiden, wobei die homogenen LCT-Epoxydpolymere mit HTC-Oligomeren homogene LCT-Epoxydivinylpolymere mit HTC-Oligomeren sind.

**[0033]** Bei einer bestimmten Ausführungsform ist das Vinylagens ein di-funktionales Monomer, p-Vinylphenylglycidylether.

**[0034]** Bei einer weiteren bestimmten Ausführungsform macht das Vinylagens etwa 20 bis 40 Gewichtsprozent der homogenen LCT-Epoxydivinylpolymere mit HTC-Oligomeren aus.

**[0035]** Bei einer weiteren Ausführungsform umfasst das Härten der Mischung das Hinzufügen von Zinknaphthenat und Chromacetylacetonat.

**[0036]** Bei einer weiteren Ausführungsform wird die Mischung vor dem Aushärten einem elektrischen Isolator als Beschichtung zugefügt.

**[0037]** Bei einem weiteren Aspekt stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Verfügung, bei dem homogene LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren entstehen, die eine Durchschlagsfestigkeit von mindestens 1,2 kV/mm aufweisen, mit denen zumindest ein elektrischer Isolator beschichtet wird. Dieses Verfahren enthält die Schritte des Aufpfropfens mindestens einer funktionalen organischen Gruppe auf ein HTC-Material in Nanogröße, um HTC-Oligomere herzustellen. Die HTC-Oligomere lässt man dann mit mindestens einem LCT-Epoxidharz reagieren, wobei eine harzähnliche Zwischenmischung gebildet wird. Diese Mischung wird anschließend unter Bedingungen erwärmt, die ausreichen, dass eine gleichförmige Dispersion und eine im Wesentlichen vollständige Co-Reaktivität des HTC-Oligomers mit dem LCT-Epoxidharz(en) entstehen. Diese Mischung wird dann in einen elektrischen Isolator imprägniert und gehärtet, um die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren zu erzeugen.

**[0038]** Bei diesem Aspekt umfasst die Menge der HTC-Oligomere zur Menge des mindestens einen LCT-Epoxidharzes ein Gewichtsverhältnis von 1:4 und 3:1.

**[0039]** Bei einer Ausführungsform umfasst das Verfahren des Weiteren das Mischen mindestens eines anhydrierenden Agens mit entweder LCT-Epoxidharz(en) oder HTC-Oligomeren oder mit beiden, wobei die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren homogene LCT-Epoxidanhydridpolymere mit HTC-Oligomeren sind.

**[0040]** Bei einer anderen Ausführungsform umfasst das Verfahren des Weiteren das Mischen mindestens eines Vinylagens mit entweder LCT-Epoxidharz(en) oder HTC-Oligomeren oder mit beiden, wobei die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren homogene LCT-Epoxidvinylpolymere mit HTC-Oligomeren sind.

**[0041]** Bei einer bestimmten Ausführungsform ist der elektrische Isolator ein Glimmer/Glas-Isolierband.

**[0042]** Bei einem weiteren Aspekt stellt die vorliegende Erfindung homogene LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren bereit. Dies umfasst zumindest eine HTC-Oligomersubstruktur, die zumindest ein darauf aufgefropftes HTC-Material von Nanogröße und mindestens eine LCT-Epoxidsubstruktur enthält, wobei die HTC-Oligomersubstruktur organisch mit der LCT-Epoxidsubstruktur fest verbunden (gebondet) ist. Die Wärmeleitfähigkeit in Querrichtung beträgt mindestens 0,50 W/mK und in Dickenrichtung mindestens 0,99 W/mK bei einer Umgebung mit 25°C. Die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren haben eine Durchschlagsfestigkeit von mindestens 1,2 kV/mm und sind im Wesentlichen frei von Partikelbenetzung und Mikrohohlraumbildung. Weiterhin macht die HTC-Oligomersubstruktur etwa 20 bis 75 Gewichtsprozent der homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren aus.

**[0043]** Bei einer Ausführungsform umfasst das HTC-Material mindestens einen der Stoffe Aluminiumoxid, Siliciumoxid oder ein Metalloxid.

**[0044]** Bei einer anderen Ausführungsform enthalten die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren mindestens ein Anhydrid, und der Anteil des Anhydrids beträgt etwa 20 bis 40 Gewichtsprozent der homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren.

**[0045]** Bei noch einer anderen Ausführungsform enthalten die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren mindestens ein Vinyl, und der Anteil des Vinyls beträgt etwa 4 bis 16 Gewichtsprozent der homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren.

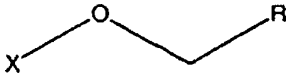
**[0046]** Sowohl die homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren als auch die homogenen LCT-Epoxidanhydrid-/vinylpolymere mit HTC-Oligomeren können als Isolationsbeschichtungsmaterialien, z. B. als Glimmer/Glas-Bänder, hergestellt werden.

#### Synthese von HTC-Oligomeren

**[0047]** Bei den hier verwendeten HTC-Oligomeren handelt es sich gemäß der vorliegenden Erfindung um beliebige Oligomere mit aufgefropftem Material von Nanogröße und hoher Wärmeleitfähigkeit (HTC).

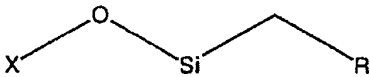
**[0048]** Zwar besteht keine Absicht, eine Einschränkung auf einen spezifischen HTC-Oligomer-Typ oder ein

spezifisches Verfahren des Synthetisierens von HTC-Oligomeren zum Zwecke der Reaktion mit LCT-Epoxidharzen vorzunehmen, als bestimmte HTC-Materialien von Nanogröße können aber Aluminiumoxid, Siliciumoxid und Metalloxide, einschließlich Magnesiumoxid und Zinkoxid, verwendet werden. Diese Materialien können ferner auf diverse verschiedene Arten behandelt werden, um noch weitere Variationen unterschiedlicher Arten von HTC-Oligomeren herzustellen. Beispiele dafür sind HTC-Oligomere mit Metalloxiden (oder Aluminium- oder Siliciumoxiden), deren Grundstruktur die folgende ist:

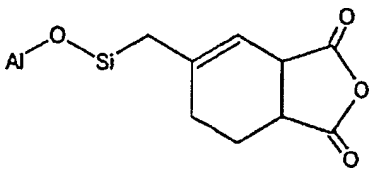


wobei X das HTC-Material und R eine organische funktionale Gruppe darstellt.

**[0049]** Wie bereits erwähnt wurde, kann den HTC-Materialien mittels einer Vielfalt von Verfahren chemisch eine Polymerstruktur aufgepfropft werden, um die Vielzahl von möglichen HTC-Oligomeren zu erzeugen. Ein besonderes Beispiel ist das Aufpfropfen von freien Radikalen, bei dem ein Reaktand wie z. B. Cer-Ammoniumnitrat verwendet werden kann. Bei einem anderen besonderen Beispiel wird Silan aufgepfropft. Bei diesem Beispiel werden die Reaktanden benutzt, um funktionale Gruppen zu bilden, z. B. 4-Trimethoxysilyl-Tetrahydrophthalanhydrid (TSPA) und 3-Methacryloxypropyl-Trimethoxysilan (MOTPS). Wenn diese Reaktanden verwendet werden, ist eine zusätzliche Siliciumoxid-Gruppe außerhalb von dem, was in der Gruppe X dargestellt wird, vorhanden:



**[0050]** Eine Aluminiumoxidgruppe X mit einer funktionalen TSPA-Gruppe wäre daher:



**[0051]** In allen Fällen wird die funktionale Gruppe R dann für die Reaktion mit einer gegebenen Substanz verwendet, um ein gewünschtes Produkt herzustellen.

**[0052]** Bei einer Ausführungsform reagiert die funktionale Gruppe mit der Epoxidgruppe eines LCT-Epoxidharzes, um ein LCT-Epoxid mit HTC-Oligomeren zu erzeugen. Allerdings kann die funktionale Gruppe vor, während oder sogar nach der Reaktion mit der LCT-Epoxidgruppe auch mit anderen Substanzen reagieren, um die Reaktion mit dem LCT-Epoxid und/oder die endgültige Polymerstruktur zu verbessern. Zum Beispiel können eine Anhydrid- oder eine Vinylgruppe oder beide dem LCT-Epoxidharz hinzugefügt werden, wenn die HTC-Oligomere entstehen oder wenn die HTC-Oligomere mit dem LCT-Epoxidharz reagieren. Bei einer solchen Reaktion wäre das Endprodukt ein LCT-Epoxidanhydridpolymer mit HTC-Oligomeren oder ein LCT-Epoxidvinylpolymer mit HTC-Oligomeren oder sogar ein LCT-Epoxidanhydrid-/vinylpolymer mit HTC-Oligomeren. Es muss angemerkt werden, dass, obwohl das HTC-Oligomer unter Verwendung eines ein Anhydrid enthaltenden Reagenz gebildet werden kann, die hier benutzte Bezeichnung Anhydrid Harze und Polymere der vorliegenden Erfindung beschreibt, bei denen ein zusätzliches Anhydridreagenz hinzugefügt wurde.

**[0053]** Es folgt die Beschreibung eines besonderen Verfahrens zur Herstellung eines geeigneten HTC-Oligomers, so wie es bei der Synthese von homogenen LCT-Epoxidpolymeren mit Oligomeren verwendet wurde, die aufgepfropfte HTC-Materialien in Nanogröße enthalten (LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren): Die Polymerisationsreaktionen zum Aufpfropfen wurden in einem dreihalsigen Kolben mit rundem Boden mit einer Rührvorrichtung, einem Gaseinsatzrohr und einem Thermometer durchgeführt. Es wurden 2,0 g Magnesiumoxid von Nanogröße in 25 ml destilliertem Wasser verteilt, und die Aufpfropfreaktion fand in Anwesenheit von Stickstoff statt, wobei das Gas sprudelnd durch die Reaktionsmischung geleitet wurden. Anschließend wurde die erforderliche Menge Initiatorlösung hinzugefügt (0,55 g Cer-Ammoniumnitrat in 10 ml 1 N-Salpetersäure aufgelöst, gefolgt von 6,0 ml Methylmethacrylat). Man ließ der Reaktion bei 40°C drei Stunden Zeit. Das aufgepfropfte Produkt wurde zum Entfernen des Polymers mit einem Soxhlet-Extraktor extrahiert.

**[0054]** Obwohl bei den nachfolgenden Beispielen HTC-Oligomere in Pulverform verwendet wurden, ist dem Fachmann klar, dass die HTC-Materialien der Reaktion auch in anderer Form, z. B. als Lösung, zugeführt wer-

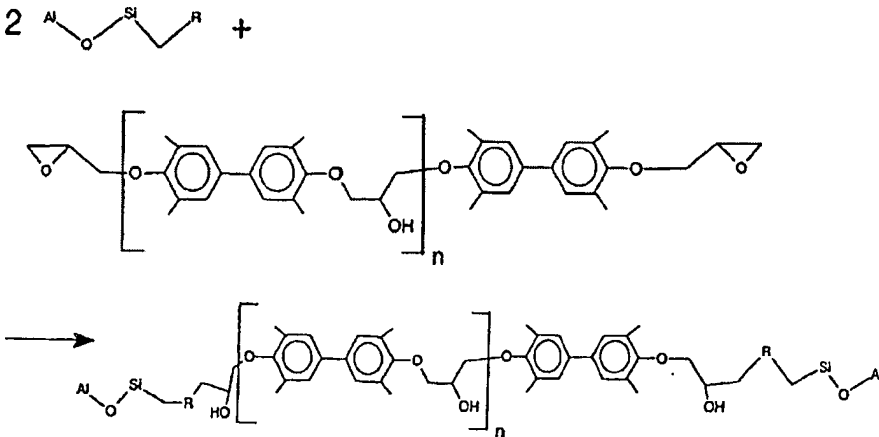
den können.

### Synthese von LCT-Epoxydpolymeren mit HTC-Oligomeren

**[0055]** Die Synthese von LCT-Epoxydpolymeren mit HTC-Oligomeren gemäß der vorliegenden Erfindung kann auf ähnliche Weise mittels einer Vielfalt von Verfahren ausgeführt werden, die dem Fachmann nach der Durchsicht der hier beschriebenen Vorgehensweisen klar sind. Ein besonderes Verfahren umfasst hingegen Folgendes:

Mit Aluminiumoxid gefropptes TSPA-Oligomer (HTC-Oligomer, 2,5 g) wurde in einem Porzellanmörser zu einem feinen Pulver zermahlen. Das LCT-Epoxydharz RSS-1407 (4,0 g) wurde in einem kleinen Glasgefäß auf 60°C erwärmt. Das HTC-Oligomerpulver wurde dem Harz hinzugefügt und die Mischung etwa 30 Minuten lang gerührt, bis die Lösung klar war. Als Härungskatalysator wurden 0,1 g Zinknaphtenat hinzugefügt und während weiterer 5 Minuten vermischt. Die Flüssigkeit wurde dann in eine kleine Aluminiumschüssel gegossen und zum Härten vier Stunden lang in einen Ofen bei 150°C gestellt.

Die Reaktion kann wie folgt zusammengefasst werden:



**[0056]** Die beiden HTC-Oligomere mit einer funktionalen Gruppe R wurden mit einer Biphenol-LCT-Epoxydkette zur Reaktion gebracht, die n sich wiederholende Biphenoleinheiten enthält. Das Ergebnis ist ein LCT-Epoxydpolymer mit vernetzten HTC-Oligomeren. Die HTC-Oligomerpartikel werden organisch mit der LCT-Epoxydkette fest verbunden (gebondet). Obwohl bei diesem Beispiel Biphenol-LCT-Epoxyd verwendet wird, könnte diese Reaktion auch mit jeder Art von LTC, allein oder in Kombination, ausgeführt werden. Beispiele für andere LTCs finde sich in der US-Patentschrift Nr. 5.904.984, die durch diesen Verweis als in dieses Patent aufgenommen gilt.

**[0057]** Bei der Synthese des LCT-Epoxydanhydridpolymers mit HTC-Oligomeren werden in diesem Beispiel Polymere mit etwa 38 Gewichtsprozent an HTC-Oligomeren erzeugt. Bei dem verbleibenden Prozentsatz handelt es sich vorwiegend um LCT-Epoxyde mit einem kleinen Anteil von Beschleunigern und anderen Stoffen. Obwohl dies eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, könnte der Anteil des HTC-Oligomers irgendwo zwischen etwa 20 und 75 Gewichtsprozent liegen. Bei einer bestimmten Ausführungsform liegt der Anteil zwischen 30 und 55 Gewichtsprozent und bei einer noch spezielleren Ausführungsform zwischen 35 und 50 Gewichtsprozent.

### Synthese von LCT-Epoxydanhydridpolymeren mit HTC-Oligomeren

**[0058]** Ähnlich der Synthese der LCT-Oligomere mit HTC-Oligomeren beinhaltet ein Beispiel der Synthese eines LCT-Epoxydanhydridpolymers mit HTC-Oligomeren Folgendes:

Biphenol-LCT-Epoxydharz RSS-1407 (4,0 g) wurde zu 1-Methylhexahydrophthalanhydrid (4,0 g) unter Umrühren in einem kleinen, auf einer heißen Platte auf 60°C erwärmten Glas hinzugefügt. Nachdem die Lösung klar war, wurde eine mit Aluminiumoxid gefropptes TSPA-Oligomer (HTC-Oligomer, 3,0 g) zugegeben und die Lösung weiter bei 60°C gerührt, bis die Lösung wieder klar war. 0,1 g Zinknaphtenat wurde als Härungsbeschleuniger zugefügt und weitere 5 Minuten lang vermischt. Die Flüssigkeit wurde dann in eine kleine Aluminiumschüssel gegossen und zum Härten vier Stunden lang in einen Ofen bei 150°C gestellt.

**[0059]** Die Verwendung von Anhydridkomponenten verhilft dieser Reaktion zu mehr Reaktivität und trägt zur Co-Reaktivität des HTC-Oligomers mit den LCT-Epoxyden bei. Die entstehenden Polymere sind außerdem flüssiger und haben bessere Isolationseigenschaften. Bei diesem Beispiel beträgt der Anhydridanteil etwa 36

Gewichtsprozent der letztendlichen LCT-Epoxidanhydridpolymere. Obwohl dies hier eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, könnte der Anhydridanteil irgendwo zwischen etwa 20 und 40 Gewichtsprozent liegen. Bei diesem Beispiel ist der Gesamtprozentsatz des HTC-Oligomers niedriger als derjenige des verangenehten Beispiels. Dies muss nicht immer der Fall sein, und das Hinzufügen des Anhydrids verringert nicht unbedingt den Gesamtprozentsatz des HTC-Materials in den entstehenden Polymeren.

#### Synthese von LCT-Epoxidvinylpolymeren mit HTC-Oligomeren

**[0060]** Bei beiden vorstehenden Beispielen kann ein LCT-Epoxidpolymer mit HTC-Oligomeren auch eine Vinylgruppe enthalten. Dem Fachmann sind eine Vielfalt von Verfahren zum Aufnehmen einer Vinylgruppe bekannt. Allerdings bestünde ein besonderes Verfahren zur Herstellung eines LCT-Epoxidvinylpolymers mit HTC-Oligomeren oder eines LCT-Epoxidanhydrid-/vinylpolymers mit HTC-Oligomeren darin, nach den vorgenannten Beispielen zu verfahren, aber mit einem MOTPS-Oligomer statt mit einem TSPA-Oligomer zu beginnen. Entsprechend den vorstehenden Beispielen wird, wenn der Härtungsbeschleuniger hinzugegeben wird, ein Vinyl enthaltender Reaktand wie z. B. das di-funktionale Monomer p-Vinylphenylglycidylether hinzugefügt (die den obigen Proben entsprechende Menge wäre etwa 1,0 g).

**[0061]** Die Hinzugabe einer Vinylgruppe zu dieser Reaktion hängt davon ab, welche Arten von Reagenzien unter welchen Bedingungen verwendet werden. Einige LCT-Epoxidharze enthalten beispielsweise Styrene. Daher käme mit der Vinylgruppe eine vollständigere Reaktion des LCT-Epoxidharzes und der HTC-Oligomere zustande, und es würde infolgedessen ein besseres und homogeneres Polymer entstehen. Wenn eine Vinylgruppe hinzugefügt wird, beträgt ihr ungefährender prozentualer Anteil am Endpolymer 4 bis 16 Gewichtsprozent.

**[0062]** Eines der Hauptmerkmale bei der Bildung von LCT-Epoxidpolymeren mit HTC-Oligomeren oder LCT-Epoxidanhydrid-/vinylpolymeren mit HTC-Oligomeren besteht bei den Verfahren der vorliegenden Erfindung darin, dass die entstehenden Polymere eine höhere Wärmeleitfähigkeit aufweisen und gleichzeitig die Eigenschaften beibehalten, die sie als Beschichtung für elektrische Isolatoren wertvoll machen. Daher haben die Polymere der vorliegenden Erfindung einen Wärmeleitfähigkeitswert von mindestens 0,50 bis 0,55 W/mK in der Querrichtung. Die Verteilung von HTC-Materialien im LCT-Epoxidharz ist gleichförmig und ihre Co-Reaktivität mit ihm ist vollständig. Bei den Polymeren findet keine Partikelbenetzung oder Bildung von Mikrohölräumen statt, und das Harz behält seine Hafteigenschaften bei, insbesondere für die Beschichtung von elektrischen Isolatoren.

**[0063]** Wie bereits festgestellt wurde, liegt eine der Hauptanwendungen für homogene LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren in der Beschichtung von elektrischen Isolatoren. Materialien wie Glimmer und Glasfasern sind gute Isolatoren, ihnen fehlen jedoch die Festigkeit, die Elastizität und die Wärmeleitfähigkeit. Wie oben bereits erwähnt wurde, ist es zwar bekannt, diese Isolatoren zur Verbesserung ihrer Eigenschaften mit einem Epoxidharz zu beschichten, wobei die Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit bei gleichzeitiger Beibehaltung der elektrischen Isolierfähigkeit problematisch ist. Wenn man die vorliegende Erfindung zur Beschichtung dieser Isolatoren verwendet, wird ihre Wärmeleitfähigkeit ohne merkliche Verringerung der elektrischen Isolationsfähigkeit verbessert.

**[0064]** Beispielsweise hat ein Bisphenol-A-Diglycidylether, ein Standardepoxid nach dem Stand der Technik, bei einer Betriebsumgebungstemperatur von etwa 25°C einen Wärmeleitfähigkeitswert von 0,19 W/mK in der Querrichtung und ebenfalls 0,19 W/mK in der Dickenrichtung. Unter ähnlichen Bedingungen hat ein LCT-Epoxidanhydridpolymer mit HTC-Oligomeren die Wärmeleitfähigkeit in Querrichtung einen Wert von mindestens 0,50 W/mK und in Dickenrichtung einen Wert von 0,99 W/mK. Die Werte des Verhältnisses der Quer- zur Dickenrichtung werden durch die Epoxidstruktur bestimmt. Epoxide wie z. B. LCT-Epoxidanhydride mit HTC-Oligomeren bilden kristalline Mikrostrukturen, die eine Schichtung aufweisen.

**[0065]** Die Angabe der Querrichtung bezieht sich auf die Schichtebene, während die Dickenrichtung senkrecht dazu ist. Indem Wärme schneller abgeleitet wird, kann ein Stromgenerator mehr Leistung erzeugen und mit höherem Wirkungsgrad betrieben werden. Neue Elektrogeräte können gemäß der vorliegenden Erfindung mit besseren Isolatoren versehen werden oder alte können nachgerüstet werden, wodurch die Leistungsfähigkeit dieser Geräte und ähnlicher Produkte erhöht wird.

**[0066]** Diese bessere Wärmeleitfähigkeit wird ohne Verschlechterung der elektrischen Isoliereigenschaften oder anderer Struktureigenschaften erzielt. Die Durchschlagsfestigkeit von LCT-Epoxidpolymeren mit HTC-Oligomeren beträgt 1,2 kV/mm (Kilovolt pro Millimeter) oder mehr.



**[0067]** Wie dem Fachmann klar ist, können LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren vor dem Härten auch für andere Materialien Anwendung finden, unabhängig davon, ob es sich um elektrische Isolatoren handelt oder nicht. Es existieren viele Verfahren zur Beschichtung von Materialien mit Epoxidharzen und anschließendem Aushärten des Produkts. Eines dieser Verfahren ist das Imprägnieren und Druck im Vakuum (VPI, Vacuum Pressure Impregnation). Dieses Verfahren wird bei Einheiten wie den Leitern von Statorwicklungen angewendet. Ein Glimmer/Glas-Isolierband wird auf die Wicklungen aufgebracht, die Wicklungen werden anschließend in ein Vakuumgefäß gelegt, das evakuiert wird. Nach einer gewissen Zeit wird den Wicklungen das Harz zwecks Imprägnierung zugeführt. Es wird mit Druck beaufschlagt, damit das Harz eindringt und Hohlräume minimiert werden, die die Leitfähigkeit beeinträchtigen. Anschließend werden die Wicklungen erwärmt, damit das Harz aushärten kann. Das Harz kann einen Beschleuniger enthalten, oder das Band kann einen solchen enthalten. Als Abwandlung davon kann der Gesamt-VPI-Prozess einen Prozess beinhalten, bei dem trockene isolierte Wicklungen gewunden werden und danach der gesamte Stator und nicht die einzelnen Wicklungen unter Druck im Vakuum imprägniert werden.

**[0068]** [Abb. 1](#) ist ein Flussdiagramm, das die Aspekte und besonderen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zusammenfasst. Die Herstellung von homogenen LCT-Epoxidpolymeren mit Oligomeren, die aufgepfropfte HTC-Materialien in Nanogröße enthalten, beginnt mit dem Vermischen von mindestens einem LCT-Epoxid mit mindestens einem HTC-Oligomer. Eine hier gezeigte besondere Ausführungsform beginnt hingegen mit dem Hinzufügen einer geeigneten HTC-Oligomerprobe **2** zu einem LCT-Epoxid **4**. Wie weiter oben erörtert wurde, ist mit HTC-Oligomer ein Oligomer mit gepfropften HTC-Materialien in Nanogröße gemeint, das in der Lage ist, mit den LCT-Epoxidharzen zu reagieren. Zu bestimmten Arten des HTC-Materials gehören Aluminiumoxid in Nanogröße, Siliciumoxid und Metalloxide, darunter Magnesium- und Zinkoxid. Das LCT-Epoxid **4** wird für die Vermischung mit der HTC-Oligomerprobe vorbereitet, was üblicherweise unter Erwärmen erfolgt. Wenn die Herstellung eines LCT-Epoxidanhydridharzes mit HTC-Oligomeren gewünscht wird, wird dem LCT-Epoxid mindestens ein Anhydridreagenz **6** zugefügt. In den obigen Beispielen erfolgt das Hinzufügen des Anhydridreagenz vor der Zugabe der HTC-Oligomerprobe, das muss aber nicht unbedingt der Fall sein. Auf ähnliche Weise kann eine Vinylgruppe hinzugegeben werden, was normalerweise davon abhängt, welche Art von LCT-Epoxidharzen und welche Art von HTC-Oligomeren unter welchen Bedingungen verwendet werden. Das Ergebnis ist in Abhängigkeit davon, ob das Anhydridreagenz und/oder das Vinylreagenz hinzugefügt werden, ein nichtgehärtetes LCT-Epoxidharz mit HTC-Oligomeren oder ein nichtgehärtetes LCT-Epoxidanhydrid-/vinylharz mit HTC-Oligomeren **8**. An diesem Punkt kann das Harz mittels einer Vielfalt von in der Technik bekannten Verfahren gehärtet **12** werden. Als übliche Anwendung der vorliegenden Erfindung wird jedoch die Beschichtung von elektrischen Isoliermaterialien erwartet, wobei in diesem Fall das Harz vor dem Härten **10** als Beschichtung auf diese Materialien aufgebracht wird.

**[0069]** Ein nicht als Einschränkung zu verstehendes Beispiel für ein elektrisches Isoliermaterial, das bei der vorliegenden Erfindung verwendet wird, ist in [Abb. 2](#) gezeigt. Hier wird eine Wicklung **13** gezeigt, die eine Vielzahl von Windungen der Leiter **14** umfasst. Jede Windung des Leiters **14** besteht im Wesentlichen aus einem Kupferstab oder einem Draht, der mit einer Windungsisolierung **15** umwickelt ist. Die Windungsisolierung **15** wird vorzugsweise aus einer Faserplatte oder -streifen hergestellt, die/der mit dem LCT-Epoxidharz mit HTC-Oligomeren der vorliegenden Erfindung oder alternativ mit einem nach dem bisherigen Stand der Technik bekannten anderen Harz imprägniert sein kann. Die Windungsisolierung **15** ist gegebenenfalls nicht allein in der Lage, den starken Spannungsschwankungen zu widerstehen, die zwischen Leiter und Erde herrschen, wenn die Wicklung in einen Hochspannungsgenerator eingebaut wird. Daher wird die Isolierung gegen Erde für die Wicklung durch einlagiges oder mehrlagiges Umwickeln der Windung **14** mit dem Glimmerverbundband **16** erreicht.

**[0070]** Ein derartiges Glimmerband **16** umfasst eine faltbare Stützplatte **18**, beispielsweise aus einer Polyethylenglykolterephthalat- oder Glasfaser-Matte, mit einer Schicht aus Glimmerflocken **20**, die auf das LCT-Epoxidharz mit HTC-Oligomeren der vorliegenden Erfindung fest aufgebracht (gebondet) werden. Das Band **16** kann halbüberlappend, auf Stoß oder auf jede andere geeignete Weise aufgebracht werden. Im Allgemeinen bestehen Mehrfachlagen des Glimmerbandes **16** aus sechzehn oder mehr um die Wicklung gewundenen Lagen, wie sie gewöhnlich bei Hochspannungswicklungen verwendet werden. Die Anzahl der Lagen kann je nach der Höhe der Generatorspannung und der Wirksamkeit der Isolierung geringer gewählt werden, wenn dabei sowohl die elektrischen Isolations- als auch die Wärmeleitfähigkeiten erhalten werden. Zur Erreichung eines besseren Schutzes gegen Abrieb und zur Gewährleistung einer dichteren Isolierung kann die äußere Lage des Bandes **21** aus einem festen, faserigen Material wie beispielsweise Glasfaser, Asbest oder dergleichen bestehen, um auf der Wicklung angebracht zu werden.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Herstellung von homogenen LCT-Epoxidpolymeren mit HTC-Oligomeren mit einer Durchschlagsfestigkeit von mindestens 1,2 kV/mm, das folgende Schritte umfasst:  
Aufpfropfen von mindestens einer funktionalisierten organischen Gruppe auf mindestens ein HTC-Material von Nanogröße, um ein HTC-Oligomerprodukt herzustellen;  
Durchführen einer Reaktion zwischen dem besagten HTC-Oligomerprodukt und mindestens einem LCT-Epoxidharz unter Bedingungen, die ausreichen, um eine gleichförmige und eine im Wesentlichen vollständige Co-Reaktivität des besagten HTC-Oligomerprodukts mit besagtem mindestens einem LCT-Epoxidharz zu bilden, wobei eine Mischung entsteht; und  
Härten der besagten Mischung, um die besagten homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren herzustellen;  
wobei die Menge des besagten HTC-Oligomerprodukts zu derjenigen des besagten mindestens einen LCT-Epoxidharzes ein Gewichtsverhältnis von 1:4 und 3:1 umfasst.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das besagte mindestens eine HTC-Material von Nanogröße mindestens einen der Stoffe Aluminiumoxid, Siliciumoxid oder ein Metalloxid umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei es sich bei dem besagten Metalloxid um Magnesiumoxid handelt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Aufpfropfen der besagten mindestens einen funktionalisierten organischen Gruppe auf das besagte mindestens eine HTC-Material von Nanogröße mindestens durch Aufpfropfen eines Silans oder eines freien Radikals erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Anteile an HTC-Oligomer der besagten homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomer 20 bis 50 Gewichtsprozent betragen.
6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Reaktion zwischen dem besagten HTC-Oligomerprodukt und dem besagten mindestens einen LCT-Epoxid des Weiteren ein Erwärmen umfasst, bis die besagte Mischung klar wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner das Mischen von mindestens einem Anhydrid-Agens mit dem besagten mindestens einen LCT-Epoxidharz und dem besagten HTC-Oligomerprodukt umfasst, wobei die besagten homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren homogene LCT-Epoxidanhydridpolymere mit HTC-Oligomeren sind.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem das besagte anhydrierende Agens von der Gruppe genommen wird, die aus 1-Methylhexahydrophthalanhydrid und 1-Methyltetrahydrophthalanhydrid besteht.
9. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem das anhydrierende Agens etwa 20 bis 40 Gewichtsprozent der besagten homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren ausmacht.
10. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner das Vermischen des mindestens einen Vinyl-Agens mindestens einem von dem besagten mindestens einen LCT-Epoxidharz und dem besagten HTC-Oligomerprodukt umfasst, wobei die besagten homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren homogene LCT-Epoxidvinylpolymere mit HTC-Oligomeren sind.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei es sich bei dem besagten Vinyl-Agens um p-Vinylphenylglycidylether handelt.
12. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Anteil des besagten Vinyl-Agens etwa 4 bis 16 Gewichtsprozent der besagten homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren ausmacht.
13. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die besagte Mischung vor dem Härten einem elektrischen Isolator als Beschichtung zugefügt wird.
14. Verfahren zur Herstellung eines homogenen LCT-Epoxidpolymers mit HTC-Oligomeren mit einer Durchschlagsfestigkeit von mindestens 1,2 kV/mm, der als Beschichtung auf einen elektrischen Isolator aufgebracht wird, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:  
Aufpfropfen von zumindest einer funktionalisierten organischen Gruppe auf mindestens ein HTC-Material von

Nanogröße, um ein HTC-Oligomerprodukt herzustellen;

Ausführen einer Reaktion zwischen dem besagten HTC-Oligomerprodukt und mindestens einem LCT-Epoxidharz, wobei eine Mischung gebildet wird;

Erwärmen der besagten Mischung unter Bedingungen, die ausreichen, um eine gleichförmige Dispersion und eine im Wesentlichen vollständige Co-Reaktivität des besagten HTC-Oligomerprodukts mit dem besagten mindestens einen LCT-Epoxidharz zu bilden;

Imprägnieren des besagten elektrischen Isolators mit der besagten Mischung; und

Härten der besagten Mischung, um die besagten homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren herzustellen;

wobei die Menge des besagten HTC-Oligomerprodukts zu derjenigen des besagten mindestens einen LCT-Epoxidharzes ein Gewichtsverhältnis von 1:4 und 3:1 umfasst.

15. Verfahren nach Anspruch 14, das ferner das Mischen von mindestens einem anhydrierenden Agens mit mindestens einem von dem besagten mindestens einen LCT-Epoxidharz und dem besagten HTC-Oligomerprodukt umfasst, wobei die besagten homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren homogene LCT-Epoxidanhydridpolymere mit HTC-Oligomeren sind.

16. Verfahren nach Anspruch 14, das ferner das Vermischen von mindestens einem Vinyl-Agens mit mindestens einem von dem besagten mindestens einen LCT-Epoxidharz und dem besagten HTC-Oligomerprodukt umfasst, wobei die besagten homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren homogene LCT-Epoxidvinylpolymere mit HTC-Oligomeren sind.

17. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der besagte elektrische Isolator ein Glimmer/Glas-Isolierband ist.

18. Homogene LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren, die Folgendes umfassen:

mindestens eine HTC-Oligomersubstruktur, die mindestens ein darauf aufgepfropftes HTC-Material von Nanogröße enthält;

mindestens eine LCT-Epoxidsubstruktur;

eine Wärmeleitfähigkeit in der Querrichtung von mindestens 0,50 W/mK und in der Dickenrichtung von mindestens 0,99 W/mK bei einer Umgebung mit 25°C; und

eine Durchschlagsfestigkeit von mindestens 1,2 kV/mm;

wobei die besagte HTC-Oligomersubstruktur organisch mit der LCT-Epoxidsubstruktur fest verbunden (gebondet) ist;

wobei die besagte HTC-Oligomersubstruktur etwa 20 bis 75 Gewichtsprozent des besagten homogenen LCT-Epoxidpolymers mit HTC-Oligomeren ausmacht;

wobei die besagten homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren im Wesentlichen frei von Partikelbenetzung und Bildung von Mikrohohlräumen sind.

19. Stoffgemisch nach Anspruch 18, wobei das besagte mindestens eine HTC-Material von Nanogröße mindestens einen der Stoffe Aluminiumoxid, Siliciumoxid oder ein Metalloxid umfasst.

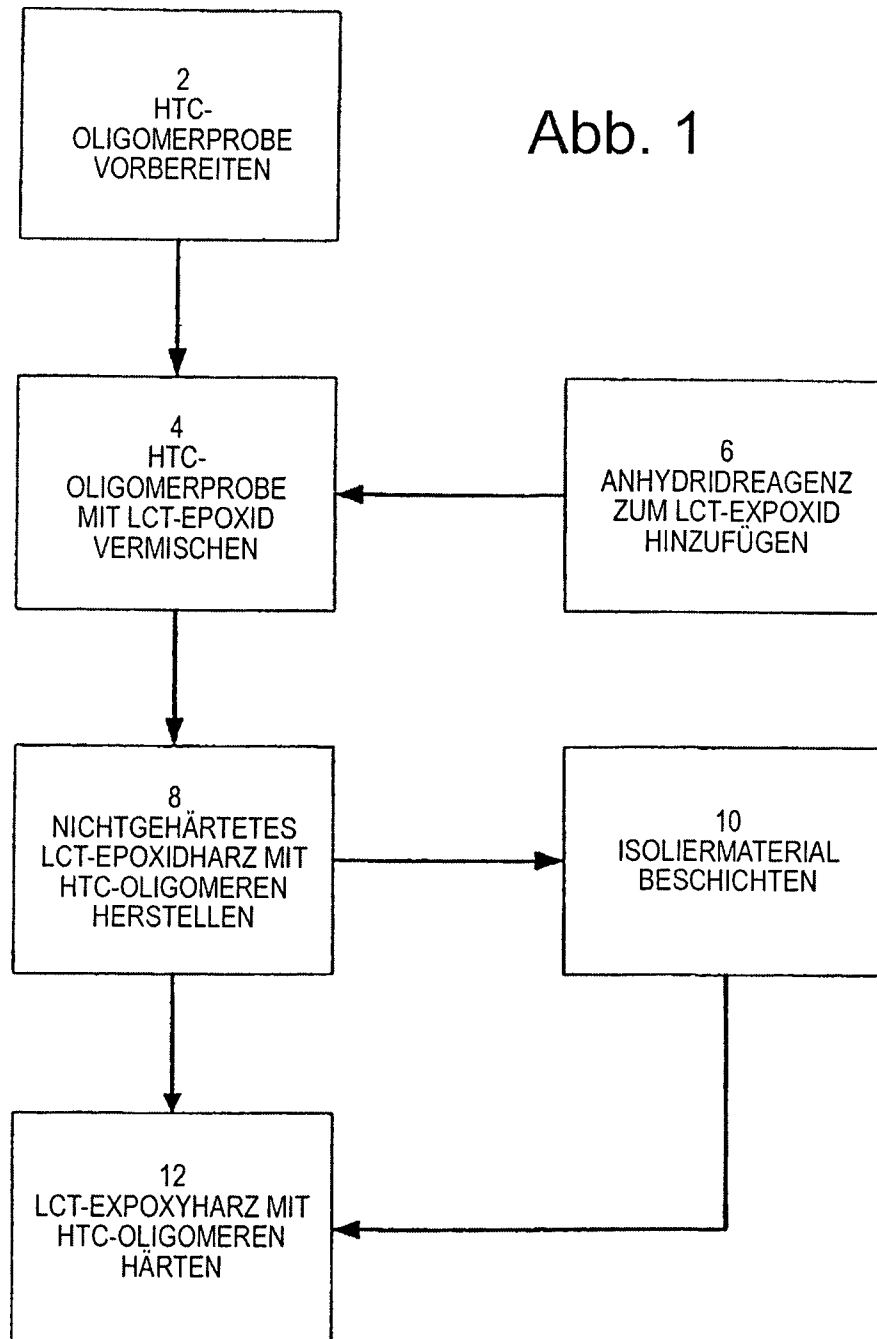
20. Stoffgemisch nach Anspruch 18, wobei die besagten homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren mindestens ein Anhydrid enthalten, und wobei der Anteil des besagten Anhydrids etwa 20 bis 40 Gewichtsprozent des besagten homogenen LCT-Epoxidpolymers mit HTC-Oligomeren ausmacht.

21. Stoffgemisch nach Anspruch 18, wobei die besagten homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren mindestens ein Vinyl enthalten, und wobei der Anteil des besagten Vinyls etwa 4 bis 16 Gewichtsprozent des besagten homogenen LCT-Epoxidpolymers mit HTC-Oligomeren ausmacht.

22. Stoffgemisch nach Anspruch 18, wobei die besagten homogenen LCT-Epoxidpolymere mit HTC-Oligomeren zu einem festen Bestandteil von mindestens einem elektrischen Isolator werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Abb. 1



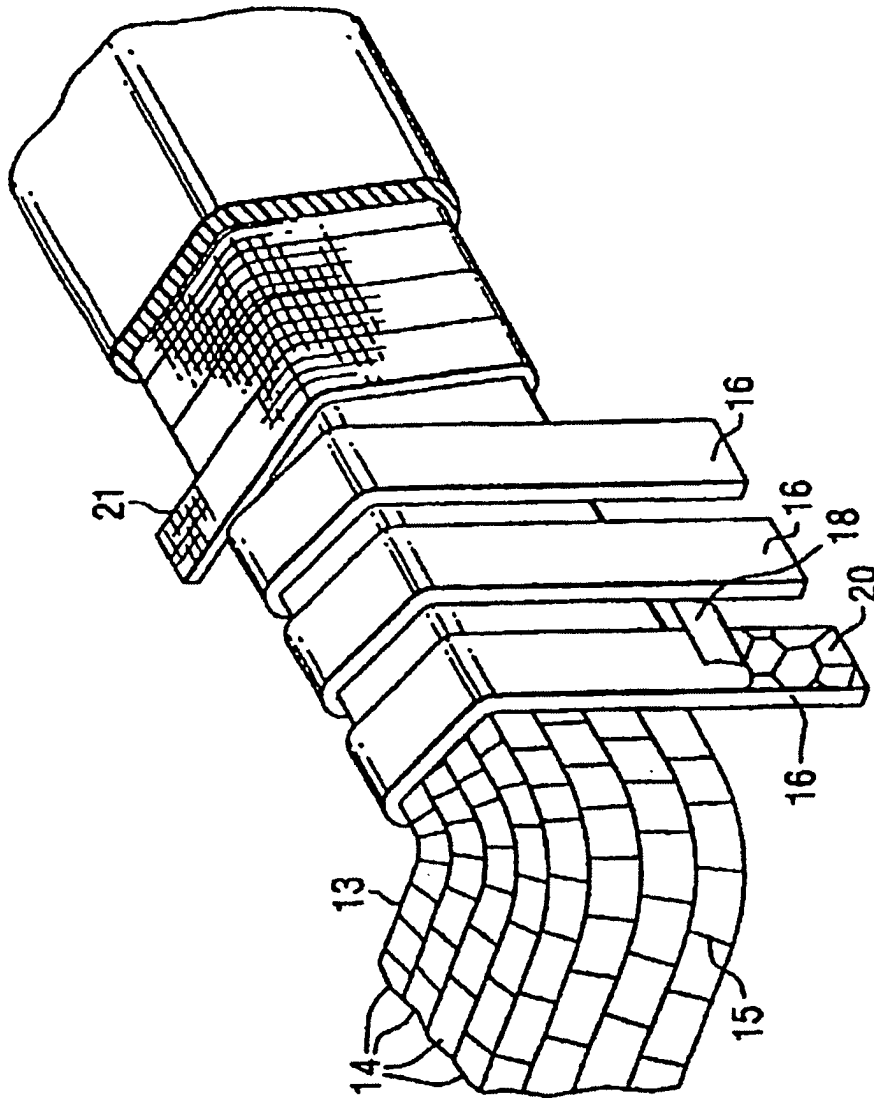


Abb. 2