



(10) **DE 10 2015 210 345 A1** 2016.12.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 210 345.5**

(22) Anmeldetag: **04.06.2015**

(43) Offenlegungstag: **08.12.2016**

(51) Int Cl.: **C09J 163/00** (2006.01)

C09J 7/00 (2006.01)

H01B 3/40 (2006.01)

(71) Anmelder:
tesa SE, 22848 Norderstedt, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 10 2014 208 111 A1

(72) Erfinder:
Keite-Telgenbüscher, Klaus, Dr., 22529 Hamburg, DE; Schuh, Christian, Dr., 22767 Hamburg, DE; Graucob, Annalena, 21224 Rosengarten, DE

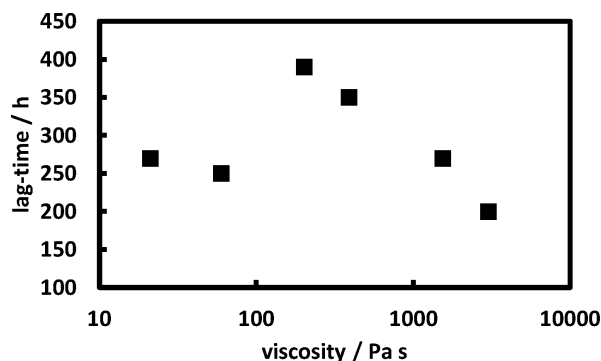
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Wasserdampfsperrende Klebemasse mit anpolymerisiertem Epoxidsirup**

(57) Zusammenfassung: Eine wasserdampfsperrende Klebemasse, die eine Klebstoffbasis aus

- mindestens einem Epoxidsirup
- mindestens einem Elastomer
- mindestens einem Initiator
- optional mindestens einem Klebharz und
- optional mindestens einem weiteren Reaktivharz sowie optional ein Lösungsmittel enthält, wobei die Klebstoffbasis ohne Lösungsmittel eine Wasserdampfpermeationsrate nach der Aktivierung der Reaktivharzkomponente von weniger als 100 g/m²d, bevorzugt von weniger als 60 g/m²d, insbesondere weniger als 30 g/m²d aufweist, wobei der Epoxidsirup bis-Epoxidmonomere und aus diesen erzeugte hochmolekulare unvernetzte Polyepoxide enthält, weist gute Barriereigenschaften auf und ist zugleich ausreichend haftklebrig, um eine gute Handhabbarkeit zu ermöglichen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine wasserdampfsperrende Klebmasse, enthaltend eine Klebstoffbasis aus mindestens einem Epoxidsirup, mindestens einem Elastomer, mindestens einem Initiator, optional mindestens einem Klebharz und optional mindestens einem weiteren Reaktivharz sowie optional ein Lösungsmittel, ein Klebeband mit dieser wasserdampfsperrenden Klebmasse sowie die Verwendung einer solchen Klebmasse oder eines solchen Klebebandes.

[0002] Zur Verkapselung feuchtigkeitsempfindlicher organischer Aufbauten wie z. B. organischer Leuchtdioden (OLEDs) werden spezielle Barriereklebmassen, die auch als wasserdampfsperrende Klebmassen bezeichnet werden, verwendet. Eine gute Klebmasse für die Versiegelung von (opto-)elektronischen Bauteilen weist eine geringe Permeabilität gegen Sauerstoff und insbesondere gegen Wasserdampf auf, hat eine ausreichende Haftung auf der Anordnung und kann gut auf diese auffließen. Eine geringe Haftung auf der Anordnung verringert die Barrierewirkung an der Grenzfläche, wodurch ein Eintritt von Sauerstoff und Wasserdampf unabhängig von den Eigenschaften der Klebmasse ermöglicht wird. Nur wenn der Kontakt zwischen Masse und Substrat durchgängig ist, sind die Masseeigenschaften der bestimmende Faktor für die Barrierewirkung der Klebmasse.

[0003] Zur Charakterisierung der Barrierewirkung werden üblicherweise die Sauerstofftransmissionsrate OTR (Oxygen Transmission Rate) sowie die Wasserdampftransmissionsrate WVTR (Water Vapor Transmission Rate) angegeben. Die jeweilige Rate gibt dabei den flächen- und zeitbezogenen Fluss von Sauerstoff beziehungsweise Wasserdampf durch einen Film unter spezifischen Bedingungen von Temperatur und Partialdruck sowie gegebenenfalls weiterer Messbedingungen wie relativer Luftfeuchtigkeit an. Je geringer diese Werte sind, desto besser ist das jeweilige Material zur Kapselung geeignet. Die Angabe der Permeation basiert dabei nicht allein auf den Werten für WVTR oder OTR, sondern beinhaltet immer auch eine Angabe zur mittleren Weglänge der Permeation wie zum Beispiel die Dicke des Materials oder eine Normalisierung auf eine bestimmte Weglänge.

[0004] Als wasserdampfsperrende oder Barriereklebmassen werden im Stand der Technik zur Randverkapselung aktuell häufig Epoxidflüssigkleber verwendet. Für die flächige Verkapselung bieten sich Haftklebstoffe/Tapes an. Dazu werden den flüssigen Epoxiden Polymere und Klebharze zugesetzt, sodass die Formulierungen haftklebrig werden. Versuche haben gezeigt, dass die Barriereperformance mit dem Anteil an Epoxidharz steigt.

[0005] Da die Barriereperformance mit dem Anteil an Epoxid im Tape steigt, ist es also wünschenswert hohe Epoxidanteile zu realisieren. Das Problem dabei ist jedoch, dass das Epoxid flüssig ist und somit mit steigendem Epoxidanteil die haftklebrigen Eigenschaften abnehmen und schließlich sogar verschwinden. Aus diesem Grund sind aktuelle Barriereklebmassen in ihrem Epoxidgehalt begrenzt. Typischerweise wird die Viskosität von Epoxidharzen auf Epichlorhydrinbasis über das Verhältnis von Epichlorhydrin zu beispielsweise Bisphenol-A und einer daraus resultierenden leichten Molekulargewichtserhöhung eingestellt [„Epoxy Adhesive Formulations“ 2006, E. M. Petrie, S. 30 ff]. Der Nachteil ist ein aufgrund des Herstellprozesses hoher Halogengehalt, der in Anwendungen in der Elektronikindustrie nicht geduldet wird. Durch Destillation lässt sich zwar das Epoxid aufreinigen (z. B. Epikote 828 LVEL) jedoch funktioniert dies nur mit destillierbaren (flüssigen) Epoxiden von denen wiederum keine hohen Anteile ins Tape formuliert werden können, da es sonst flüssig ist. Eine weitere Möglichkeit sind sogenannte b-staged Epoxidsysteme. Dabei handelt es sich um Epoxidsysteme, die bereits leicht anvernetzt und somit nicht mehr flüssig sind. Der große Nachteil dieser Systeme ist jedoch, dass sie gekühlt ausgeliefert werden müssen, da die Vernetzungsreaktion sonst fortschreitet und die Epoxide vollständig vernetzen.

[0006] Speziellere Epoxidmonomere wie beispielsweise Epoxycyclohexyl-Derivate, die nicht über die Epichlorhydrinroute hergestellt werden, sind häufig sehr flüssig. Ein Beispiel hierfür ist Uvacure 1500.

[0007] Es besteht daher Bedarf nach Epoxiden, die zwar unvernetzt sind, aber trotzdem eine ausreichend hohe Viskosität aufweisen, um eine Barriereklebmasse bereitstellen zu können, die trotz guter wasserdampfsperrender Eigenschaften eine hohe Haftklebrigkeit aufweist. Ferner sollten die Epoxide mit erhöhter Viskosität über einen anderen als den Epichlorhydrin-Weg erhalten werden.

[0008] Die AU 758128 B2 beschreibt lagerstabile kationisch härtende multifunktionelle Epoxidabmischungen. Um zu erreichen, dass die multifunktionellen Epoxidharze lagerstabil sind, ist es nach dieser Schrift erforderlich, eine ungewollte vorzeitige Polymerisation zu vermeiden. Dies wird erreicht, indem bei der Polymerisation

von multifunktionellen Epoxidmonomeren 0,0005 bis 10 Gew.-% eines organischen und/oder anorganischen Erdalkali- oder Alkalimetallverbindung zugegeben werden. Eine Polymerisation vor gewünschter Vernetzung soll also in jedem Fall vermieden werden. Neben der erfindungsgemäßen Stabilisierung dieser Klebmassen geht aus dieser Schrift hervor, dass für kationisch härtbare Flüssigkleber Epoxycyclohexylderivate besonders bevorzugt sind, so dass es wünschenswert wäre, auch aus diesem Monomer hochviskose Epoxide herstellen zu können.

[0009] Die SG 160949 B schlägt vor, Di-Epoxide mit Di-Isocyanaten zu reagieren. Aus dieser Mischung bilden sich cyclische Trimere (Isocyanurate) und Oxazolidinone mit einem $M_w < 3.000$ g/mol und einer niedrigen Polydispersität, die man dann wie Epoxide aushärten kann. Dabei ist erforderlich, dass mindestens difunktionelle Substanzen zum Einsatz kommen, da andernfalls keine reaktiven Gruppen für die nachfolgende Aushärtung zur Verfügung stünden. Die entstehenden Verbindungen weisen jedoch niedrige Viskositäten auf.

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher, eine lagerfähige haftklebrige Barriereklebmasse mit besonders hohem Epoxidgehalt (> 50%) bei gleichzeitig sehr niedrigen Halogengehalten herzustellen, die zur Verkapselung organischer Elektronik verwendet werden kann.

[0011] Gelöst wird die Aufgabe durch eine wasserdampfsperrende Klebmasse der eingangs genannten Art, bei der die Klebstoffbasis ohne Lösungsmittel eine Wasserdampfpermeationsrate nach der Aktivierung der Reaktivharzkomponente von weniger als 100 g/m²d, bevorzugt von weniger als 60 g/m²d, insbesondere weniger als 30 g/m²d aufweist, wobei der Epoxidsirup bis-Epoxidmonomere und aus diesen erzeugte hochmolekulare unvernetzte Polyepoxide enthält.

[0012] Überraschenderweise wurde gefunden, dass diese besondere Kombination aus bis-Epoxidmonomeren und hochmolekularen unvernetzten Polyepoxiden eine hohe Viskosität der Barriereklebmasse ermöglicht bei gleichbleibend guten wasserdampfsperrenden Eigenschaften. Die so hergestellten wasserdampfsperrenden Klebmassen lassen sich aufgrund ihrer Viskosität gut verarbeiten sind gut handhabbar und einfach applizierbar.

[0013] „Hochmolekulare unvernetzte Polyepoxide“ sind dabei solche, bei denen zwar eine Polymerisation der Monomere zu Polymerketten erfolgt ist, aber (im Wesentlichen) noch keine Verbindung mehrerer Polymerketten untereinander derart erfolgt ist, dass sich ein Netz hätte ausbilden können.

[0014] Vorzugsweise ist die Viskosität des resultierenden Epoxidsirups mindestens doppelt so hoch, vorzugsweise mindestens viermal so hoch und insbesondere mindestens zehnmal so hoch ist wie die des eingesetzten Epoxides im nicht-umgesetzten Zustand. Mit einer solchen Viskosität verfügt der Epoxidsirup über eine Viskosität, die es ermöglicht, dass die resultierende wasserdampfsperrende Klebmasse gute haftklebrige Eigenschaften aufweist.

[0015] Alle in dieser Anmeldung gemachten Viskositätsangaben beziehen sich, sofern nichts anderes angegeben ist, auf eine Messung bei 23°C nach DIN 53019-1.

[0016] „Epoxidsirup“ bezeichnet dabei solche Epoxide, deren Viskosität mindestens 1 Pa·s (entsprechend 1.000 mPs) beträgt.

[0017] Vorzugsweise ist der Epoxidsirup in einer Menge von 10 bis 80 Gew.-%, besonders bevorzugt von 20 bis 75 Gew.-%, insbesondere von 35 bis 70 Gew.-% in der Klebstoffbasis enthalten. Es sind somit Anteile von Epoxiden in der Klebmasse möglich, die weit über das hinausgehen, was der Stand der Technik zu leisten in der Lage war, so dass sehr gute wasserdampfsperrende Eigenschaften möglich sind bei gleichzeitig bestehender ausreichender Viskosität der Klebmasse.

[0018] Besonders bevorzugt umfasst die Molgewichtsverteilung der im Epoxidsirup enthaltenen Polyepoxide mindestens den Bereich von 2.000 g/mol bis 300.000 g/mol. Das bedeutet, es liegen im Epoxidsirup Epoxidmoleküle mit sehr unterschiedlichem Molgewicht vor, von ganz gering bis sehr hoch, wobei von den niedermolekularen (< 2.000 g/mol) bis hin zu den hochmolekularen (> 300.000 g/mol) Verbindungen durchgängig alle enthalten sind. Es können auch Verbindungen mit geringerem oder noch höherem Molgewicht enthalten sein.

[0019] Besonders vorteilhaft weist der Epoxidsirup der wasserdampfsperrenden Klebmasse eine Viskosität von mindestens 50 Pa s, bevorzugt zwischen 50–800 Pa s, besonders bevorzugt zwischen 75–500 Pa s und insbesondere zwischen 100–350 Pa s auf.

[0020] Dabei wird die Viskosität nicht etwa dadurch erhalten, dass verschiedene Polymere gemischt werden, sondern dass sich aufgrund der Reaktionsbedingungen ganz unterschiedlich große Polymermoleküle bilden. Die Polydispersität D ist ein Maß für die Verteilung der Molmassen. Die Polydispersität D ist definiert als gewichtsmittleres Molekulargewicht M_w /zahlenmittleres Molekulargewicht M_n der vorhandenen Polymere. Eine großer Wert für die Polydispersität bedeutet somit eine breite Molmassenverteilung von sehr kurzkettigen bis zu langkettigen Makromolekülen, d. h. es liegen Moleküle vieler verschiedener Kettenlängen im Polymer vor.

[0021] Für die vorliegende Erfindung bedeutet dies, dass die mono-, bi- bzw. multimodale Molekulargewichtsverteilung derart ausgebildet ist, dass von niedermolekularen Bestandteilen (< 2.000 g/mol) durchgängig bis hin zu sehr hochmolekularen Bestandteilen (> 300.000 g/mol) Moleküle zu finden sind.

[0022] Charakteristisch für solch breiten Molekulargewichtsverteilungen sind Polydispersitäten der Epoxidsirupe von mindestens 3, bevorzugt mindestens 5. In vielen Fällen sind die Polydispersitäten jedoch deutlich höher. Je nach Reaktionsführung der Anpolymerisation wurden Polydispersitäten bis zu 100 erreicht.

[0023] Diese Besonderheit der Molekulargewichtsverteilung trägt insbesondere zu den erfindungsgemäß vorteilhaften Eigenschaften eines hohen Epoxidgehaltes (viele niedermolekulare Bis-Epoxide) und gleichzeitig hochviskosem Verhalten (sehr hochmolekulare Epoxide) des Produktes bei.

[0024] Besonders vorteilhaft sind in dem Epoxidsirup der wasserdampfsperrenden Klebmasse im unvernetzten Zustand mindestens 65%, bevorzugt mindestens 75%, insbesondere mindestens 80% der ursprünglichen Epoxidgruppen noch vorhanden sind, im Sirup somit ein großer Teil der Epoxideinheiten noch in der Monomerenform vorliegt. Besonders günstig ist es also, wenn im Epoxidsirup nach wie vor eine große Menge der eingesetzten multifunktionellen Epoxidmonomeren unreaigiert als Monomer vorliegt und sich nur vereinzelt hochmolekulare Polyepoxide gebildet haben, die allerdings noch unvernetzt sind.

[0025] „Unvernetzter Zustand“ bedeutet dabei, das Epoxidmonomere zwar zu Ketten polymerisiert sind, diese Ketten aber nicht untereinander unter Ausbildung einer Netzstruktur reagiert haben. Dies äußert sich darin, dass die erfindungsgemäßen Epoxidsirupe in geeigneten Lösungsmitteln vollständig löslich sind.

[0026] Als multifunktionelle Epoxide sind Bis-Epoxide besonders geeignet. Nach erfolgter Polymerisation steht eine weitere Epoxidgruppe zur Verfügung, die später im Epoxidklebharz die Vernetzung bewirken kann.

[0027] Als multifunktionelle Epoxide haben sich dabei Bis-Epoxycyclohexyl-Derivate, insbesondere 3,4-Epoxycyclohexylmethyl-3,4-Epoxycyclohexan Carboxylat, und Bis-Epoxide auf Basis von Bisphenol-A, Bisphenol-S oder Bisphenol-F als besonders vorteilhaft herausgestellt. Mit ihnen lassen sich Sirupe herstellen, deren Viskosität gut geeignet ist, um die Epoxide zu den gewünschten haftklebrigen wasserdampfsperrenden Klebmassen weiter zu verarbeiten.

[0028] Weiterhin ist es besonders vorteilhaft, wenn der Epoxidsirup durch Anpolymerisieren der bis-Epoxidmonomere erhalten wird. Dies bedeutet, dass die Epoxidmonomere nicht vollständig polymerisiert werden, sondern die Polymerisationsreaktion nur gestartet und nach kurzer Zeit wieder beendet wird. Dabei werden die Epoxide derart anpolymerisiert, dass hochmolekulare Polyepoxide aus z. B. Bis-Epoxymonomeren erzeugt werden, ohne dass diese vernetzen. Die so erhaltenen Epoxidsirupe sind bestens geeignet, um Epoxidklebmassen mit haftklebrigen Eigenschaften herzustellen. Wichtig ist dabei, dass die Initiation erst erfolgt, nachdem der Initiator gut verteilt im Epoxid vorliegt. Sonst liegen die reaktiven Zentren zu nah beieinander und es kommt zur Vernetzung, die in diesem Stadium noch nicht gewünscht ist. Um ein Vermischen zu erreichen, kann beispielsweise gerührt werden, aber auch andere Formen des Vermischens sind denkbar und möglich.

[0029] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Polymerisation der bis-Epoxidmonomere bei Erreichen einer gewünschten Viskosität des Epoxidsirups durch Zugabe eines Initiatorfängers gestoppt wird. Dadurch ist es möglich, die erhaltenen Epoxidsirupe für mehrere Monate lagerstabil zu machen. Selbst bei höheren Temperaturen von z. B. 80°C sind die erhaltenen Epoxidsirupe über mehrere Tage lagerstabil. Als Initiatorfänger sind ein Gemisch aus Wasser und Aceton, Lösungen von (Erd-)Alkalihydroxiden oder Lösungen von (Erd-)Alkalialkoxiden besonders geeignet. Im Falle der Verwendung eines Gemisches aus Wasser und Aceton ist ein Verhältnis der beiden Komponenten von 1:1 besonders bevorzugt.

[0030] Die Menge an Initiatorfänger sollte dabei vorzugsweise der Menge an Initiator entsprechen bzw. im Wesentlichen entsprechen. Bei der Verwendung von 7 g Initiator werden also vorteilhafter Weise auch 7 g Initiatorfänger eingesetzt.

[0031] Besonders gut lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren durchführen, wenn der Initiator für das Anpolymerisieren ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Photoinitiator und thermischem Initiator zur Initiation einer kationischen Polymerisation. Im Falle des Einsatzes eines Photoinitiators oder eines thermischen Initiators ist eine Menge von höchstens 0,1 Gew.-%, vorzugsweise höchstens 0,08 Gew.-%, insbesondere höchstens 0,05 Gew.-% besonders bevorzugt. Damit können die angestrebten Viskositäten auf besonders einfache und gut handhabbare Weise erreicht werden.

[0032] Neben diesen klassischen Initiatoren zur kationischen Epoxidhärtung sind überraschenderweise auch spezielle Isocyanate als Initiatoren für die vorliegende Erfindung besonders geeignet.

[0033] Besonders geeignet als Initiator ist dabei ein elektronenarmes Monoisocyanat, das in einer Menge von höchstens 10 Gew.-%, vorzugsweise höchstens 8 Gew.-% und insbesondere höchstens 7 Gew.-% eingesetzt wird. Die Reaktion lässt sich besonders gut kontrollieren, wenn das Monoisocyanat in einer Menge von $7 \pm 0,5$ Gew.-% eingesetzt wird. Geeignete Monoisocyanate sind insbesondere ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus p-Tolylisocyanat, o-Tolylisocyanat und Sulfonylisocyanaten, dabei insbesondere p-Toluolsulfonylmethylisocyanat, o-Toluolsulfonylmethylisocyanat, 4-Chlorbenzylsulfonylisocyanat, o-Toluolsulfonylisocyanat, p-Toluolsulfonylisocyanat und Benzylsulfonylisocyanat, wobei p-Toluolsulfonylisocyanat besonders bevorzugt ist.

[0034] Als Temperaturbereich zur Durchführung der Anpolymerisierungsreaktion zur Herstellung des Epoxid-sirups initiiert mit elektronenarmen Isocyanaten hat sich der Bereich zwischen 20 und 120°C, vorzugsweise zwischen 40 und 100°C, insbesondere zwischen 80 und 90°C, als besonders vorteilhaft herausgestellt.

[0035] Für thermische kationische Initiatoren werden Temperaturen entsprechend deren Initiationstemperatur oder leicht darunter gewählt.

[0036] Temperatur und Initiatormenge stehen dabei in einer Wechselwirkung. Je mehr Initiator zugesetzt wird, desto niedriger kann die Temperatur sein, um die gleiche Reaktionsgeschwindigkeit zu erreichen. Während z. B. im Falle der elektronenarmen Isocyanate 10 Gew.-% Initiator bei Raumtemperatur nur eine sehr langsame Geschwindigkeit bewirken, reicht bei 85°C eine Menge von 7 Gew.-% Initiator aus, um die Reaktion innerhalb weniger Stunden durchzuführen.

[0037] Überraschend konnte festgestellt werden, dass das vorstehend beschriebene Verfahren zur Anpolymerisation zu einer langsamen und kontrollierten Erhöhung der Viskosität während der Polymerisation führt. Obwohl es sich um multifunktionelle, insbesondere zweifach funktionelle, Epoxide handelt, die sehr schnell unlösliche hochvernetzte Netzwerke ausbilden, bleiben die mit diesem Verfahren hergestellten Epoxidklebharze überraschenderweise löslich. Dieses Verhalten wird damit erklärt, dass relativ wenige initiierende Spezies durch den Initiator wie z. B. das p-Toluolsulfonylmethylisocyanat gebildet werden, sich die wachsenden Ketten somit nicht treffen können, deswegen bei sehr niedrigen Epoxidumsätzen wenige sehr hochmolekulare Polymere gebildet werden. Die Viskositäts-erhöhung ist demnach auf die Bildung von sehr hochmolekularen Polyepoxiden zurückzuführen. GPC-Messungen und FT-IR Spektren unterstützen diese Theorie. Wichtig ist dabei, dass die Initiation erst erfolgt, nachdem der Initiator gut verteilt im Epoxid vorliegt, damit in diesem Stadium keine Vernetzung erfolgt.

[0038] Besonders bevorzugt sind wasserdampfsperrende Klebmassen mit viskosen Epoxidsirupen, bei denen das Epoxidmonomer 3,4-Epoxycyclohexylmethyl-3,4-Epoxycyclohexancarboxylat ist und der Anteil an Epoxidsirup größer 30% beträgt. Für wasserdampfsperrende Klebmassen mit hohen Epoxidsirupanteilen sind besonders bevorzugt Sirupe mit einer Viskosität von mindestens 1 Pa s (1.000 mPs), bevorzugt 10 Pa s (10.000 mPs), insbesondere 25 Pa s (25.000 mPs), da auf diese Weise gut applizierbare Haftklebmassen entstehen. Für Haftklebmassen mit besonders guten Barriereigenschaften (hohe lag-time) sind bevorzugt Epoxidsirupe mit Viskositäten von mindestens 50 Pa s, bevorzugt zwischen 50–800 Pa s, besonders bevorzugt zwischen 75–500 Pa s und insbesondere zwischen 100–350 Pa s.

[0039] Besonders geeignet ist bei einer erfindungsgemäßen wasserdampfsperrenden Klebmasse der darin enthaltene mindestens eine Epoxidsirup erhältlich durch ein Verfahren, umfassend die Schritte:

- Zugabe eines Initiators, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus elektronenarmem Monoisocyanat, Photoinitiator und thermischem Initiator, zu mindestens einem flüssigen bis-Epoxidmonomeren;
- Vermischen der Komponenten;
- Polymerisieren des bis-Epoxids derart, dass die Viskosität des resultierenden Epoxidsirups mindestens doppelt so hoch, vorzugsweise mindestens viermal so hoch und insbesondere mindestens zehnmals so hoch ist wie die des eingesetzten Epoxides im nicht-umgesetzten Zustand.

[0040] Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Klebeband enthaltend eine erfindungsgemäße wasserdampfsperrende Klebmasse. Solche Klebebänder ermöglichen eine besonders einfache Applikation.

[0041] Ein Anwendungsgebiet, für das sich die vorliegenden Epoxidsirupe bzw. die daraus hergestellte Klebmasse oder das daraus hergestellte Klebeband hervorragend eignen, ist die Verkapselung von Aufbauten in der organischen Elektronik. Aber auch unzählige weitere Anwendungen, für die eine haftklebrige wasserdampfsperrende Epoxidharzklebmasse benötigt wird, sind denkbar.

[0042] Initiatoren für die kationische Polymerisation von Epoxiden im Sinne dieser Erfindung sind alle dem Fachmann bekannten thermischen und photochemischen Initiatoren. Diese werden sowohl zur Herstellung des Epoxidsirups als auch in den erfindungsgemäßen Klebebändern verwendet.

[0043] Photoinitiatoren sind beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich:

Sulfonium-Salze (siehe zum Beispiel US 4,231,951 A, US 4,256,828 A, US 4,058,401 A, US 4,138,255 A und US 2010/063221 A1) wie Triphenylsulfoniumhexafluoroarsenat, Triphenylsulfoniumhexafluoroborat, Triphenylsulfoniumtetrafluoroborat, Triphenylsulfoniumtetrakis-(pentafluorobenzyl)-borat, Methyldiphenylsulfoniumtetrafluoroborat, Methyldiphenylsulfoniumtetrakis-(pentafluorobenzyl)-borat, Dimethylphenylsulfoniumhexafluorophosphat, Triphenylsulfoniumhexafluorophosphat, Triphenylsulfoniumhexafluoroantimonat, Diphenylnaphthylsulfoniumhexafluoroarsenat, Tritolylsulfoniumhexafluorophosphat, Anisylidiphenylsulfoniumhexafluoroantimonat,

4-Butoxyphenyldiphenylsulfoniumtetrafluoroborat,

4-Butoxyphenyldiphenylsulfoniumtetrakis-(pentafluorobenzyl)-borat,

4-Chlorophenyldiphenylsulfoniumhexafluoroantimonat, Tris-(4-phenoxyphenyl)-sulfoniumhexafluorophosphat,

Di-(4-ethoxyphenyl)-methylsulfoniumhexafluoroarsenat,

4-Acetylphenyldiphenylsulfoniumtetrafluoroborat,

4-Acetylphenyldiphenylsulfoniumtetrakis-(pentafluorobenzyl)-borat,

Tris-(4-thiomethoxyphenyl)-sulfoniumhexafluorophosphat,

Di-(methoxysulfonylphenyl)-methylsulfoniumhexafluoroantimonat,

Di-(methoxynaphthyl)-methylsulfoniumtetrafluoroborat,

Di-(methoxynaphthyl)-methylsulfoniumtetrakis-(pentafluorobenzyl)-borat,

Di-(carbomethoxyphenyl)-methylsulfoniumhexafluorophosphat,

(4-Octyloxyphenyl)-diphenylsulfoniumtetrakis-(3,5-bis-trifluoromethylphenyl)-borat,

Tris-[4-(4-acetylphenyl)-thiophenyl]-sulfoniumtetrakis-(pentafluorophenyl)-borat,

Tris-(dodecylphenyl)-sulfoniumtetrakis-(3,5-bis-trifluoromethylphenyl)-borat,

4-Acetamidphenyldiphenylsulfoniumtetrafluoroborat,

4-Acetamidphenyldiphenylsulfoniumtetrakis-(pentafluorobenzyl)-borat,

Dimethylnaphthylsulfoniumhexafluorophosphat,

Trifluoromethyldiphenylsulfoniumtetrafluoroborat,

Trifluoromethyldiphenylsulfoniumtetrakis-(pentafluorobenzyl)-borat,

Phenylmethylbenzylsulfoniumhexafluorophosphat,

5-Methylthianthreniumhexafluorophosphat,

10-Phenyl-9,9-dimethylthioxantheniumhexafluorophosphat,

10-Phenyl-9-oxothioxantheniumtetrafluoroborat,

10-Phenyl-9-oxothioxantheniumtetrakis-(pentafluorobenzyl)-borat,

5-Methyl-10-oxothianthreniumtetrafluoroborat,

5-Methyl-10-oxothianthreniumtetrakis-(pentafluorobenzyl)-borat und

5-Methyl-10,10-dioxothianthreniumhexafluorophosphat oder

p-Toluolsulfonylisocyanat oder

Iodonium-Salze (siehe zum Beispiel US 3,729,313 A, US 3,741,769 A, US 4,250,053 A, US 4,394,403 A und US 2010/063221 A1) wie Diphenyliodoniumtetrafluoroborat,

Di-(4-methylphenyl)-iodoniumtetrafluoroborat,

Phenyl-4-methylphenyliodoniumtetrafluoroborat,

Di-(4-chlorphenyl)-iodoniumhexafluorophosphat, Dinaphthylidoniumtetrafluoroborat,
 Di-(4-trifluormethylphenyl)-iodoniumtetrafluoroborat,
 Diphenyliodoniumhexafluorophosphat,
 Di-(4-methylphenyl)-iodoniumhexafluorophosphat, Diphenyliodoniumhexafluoroarsenat,
 Di-(4-phenoxyphenyl)-iodoniumtetrafluoroborat,
 Phenyl-2-thienyliodoniumhexafluorophosphat,
 3,5-Dimethylpyrazolyl-4-phenyliodoniumhexafluorophosphat,
 Diphenyliodoniumhexafluoroantimonat,
 2,2'-Diphenyliodoniumtetrafluoroborat,
 Di-(2,4-dichlorphenyl)-iodoniumhexafluorophosphat,
 Di-(4-bromphenyl)-iodoniumhexafluorophosphat,
 Di-(4-methoxyphenyl)-iodoniumhexafluorophosphat,
 Di-(3-carboxyphenyl)-iodoniumhexafluorophosphat,
 Di-(3-methoxycarbonylphenyl)-iodoniumhexafluorophosphat,
 Di-(3-methoxysulfonylphenyl)-iodoniumhexafluorophosphat,
 Di-(4-acetamidophenyl)-iodoniumhexafluorophosphat,
 Di-(2-benzothieryl)-iodoniumhexafluorophosphat,
 Diaryliodoniumtristrifluormethylsulfonylmethid wie
 Diphenyliodoniumhexafluoroantimonat,
 Diaryliodoniumtetrakis-(pentafluorophenyl)-borat wie
 Diphenyliodoniumtetrakis-(pentafluorophenyl)-borat,,
 (4-n-Desiloxyphenyl)-phenyliodoniumhexafluoroantimonat,
 [4-(2-Hydroxy-n-tetradesiloxy)-phenyl]-phenyliodoniumhexafluoroantimonat,
 [4-(2-Hydroxy-n-tetradesiloxy)-phenyl]-phenyliodoniumtrifluorosulfonat,
 [4-(2-Hydroxy-n-tetradesiloxy)-phenyl]-phenyliodoniumhexafluorophosphat,
 [4-(2-Hydroxy-n-tetradesiloxy)-phenyl]-phenyliodoniumtetrakis-(pentafluorophenyl)-borat,
 Bis-(4-tert-butylphenyl)-iodoniumhexafluoroantimonat,
 Bis-(4-tert-butylphenyl)-iodoniumhexafluorophosphat,
 Bis-(4-tert-butylphenyl)-iodoniumtrifluorosulfonat,
 Bis-(4-tert-butylphenyl)-iodoniumtetrafluoroborat,
 Bis-(dodecylphenyl)-iodoniumhexafluoroantimonat,
 Bis-(dodecylphenyl)-iodoniumtetrafluoroborat,
 Bis-(dodecylphenyl)-iodoniumhexafluorophosphat,
 Bis-(dodecylphenyl)-iodoniumtrifluoromethylsulfonat,
 Di-(dodecylphenyl)-iodoniumhexafluoroantimonat,
 Di-(dodecylphenyl)-iodoniumtriflat,
 Diphenyliodoniumbisulfat,
 4,4'-Dichlorodiphenyliodoniumbisulfat, 4,4'-Dibromodiphenyliodoniumbisulfat,
 3,3'-Dinitrodiphenyliodoniumbisulfat, 4,4'-Dimethyldiphenyliodoniumbisulfat,
 4,4'-Bis-succinimidodiphenyliodoniumbisulfat, 3-Nitrodiphenyliodoniumbisulfat, 4,4'-Dimethoxydiphenyliodoniumbisulfat,
 Bis-(dodecylphenyl)-iodoniumtetrakis-(pentafluorophenyl)-borat,
 (4-Octyloxyphenyl)-phenyliodoniumtetrakis-(3,5-bis-trifluoromethylphenyl)-borat und (Tolylcumyl)-iodoniumtetrakis-(pentafluorophenyl)-borat oder
 Ferrocenium-Salze (siehe zum Beispiel EP 542 716 B1) wie η_5 -(2,4-cyclopentadien-1-yl)-[(1,2,3,4,5,6,9)-(1-methylethyl)-benzol]-eisen.

[0044] Beispiele für kommerzialisierte Photoinitiatoren sind Cyracure UVI-6990, Cyracure UVI-6992, Cyracure UVI-6974 und Cyracure UVI-6976 der Firma Union Carbide, Optomer SP-55, Optomer SP-150, Optomer SP-151, Optomer SP-170 und Optomer SP-172 der Firma Adeka, San-Aid SI-45L, San-Aid SI-60L, San-Aid SI-80L, San-Aid SI-100L, San-Aid SI-110L, San-Aid SI-150L und San-Aid SI-180L der Firma Sanshin Chemical, SarCat CD-1010, SarCat CD-1011 und SarCat CD-1012 der Firma Sartomer, Degacure K185 der Firma Degussa, Rhodorsil Photoinitiator 2074 der Firma Rhodia, CI-2481, CI-2624, CI-2639, CI-2064, CI-2734, CI-2855, CI-2823 und CI-2758 der Firma Nippon Soda, Omnicat 320, Omnicat 430, Omnicat 432, Omnicat 440, Omnicat 445, Omnicat 550, Omnicat 550 BL und Omnicat 650 der Firma IGM Resins, Daicat II der Firma Daicel, UVAC 1591 der Firma Daicel-Cytec, FFC 509 der Firma 3M, BBI-102, BBI-103, BBI-105, BBI-106, BBI-109, BBI-110, BBI-201, BBI, 301, BI-105, DPI-105, DPI-106, DPI-109, DPI-201, DTS-102, DTS-103, DTS-105, NDS-103, NDS-105, NDS-155, NDS-159, NDS-165, TPS-102, TPS-103, TPS-105, TPS-106, TPS-109, TPS-1000, MDS-103, MDS-105, MDS-109, MDS-205, MPI-103, MPI-105, MPI-106, MPI-109, DS-100, DS-101, MBZ-101, MBZ-201, MBZ-301, NAI-100, NAI-101, NAI-105, NAI-106, NAI-109, NAI-1002, NAI-1003, NAI-1004, NB-101,

NB-201, NDI-101, NDI-105, NDI-106, NDI-109, PAI-01, PAI-101, PAI-106, PAI-1001, PI-105, PI-106, PI-109, PYR-100, SI-101, SI-105, SI-106 und SI-109 der Firma Midori Kagaku, Kayacure PCI-204, Kayacure PCI-205, Kayacure PCI-615, Kayacure PCI-625, Kayarad 220 und Kayarad 620, PCI-061T, PCI-062T, PCI-020T, PCI-022T der Firma Nippon Kayaku, TS-01 und TS-91 der Firma Sanwa Chemical, Deuteron UV 1240 der Firma Deuteron, Tego Photocompound 1465N der Firma Evonik, UV 9380 C-D1 der Firma GE Bayer Silicones, FX 512 der Firma Cytec, Silicolase UV Cata 211 der Firma Bluestar Silicones und Irgacure 250, Irgacure 261, Irgacure 270, Irgacure PAG 103, Irgacure PAG 121, Irgacure PAG 203, Irgacure PAG 290, Irgacure CGI 725, Irgacure CGI 1380, Irgacure CGI 1907 und Irgacure GSID 26-1 der Firma BASF.

[0045] Dem Fachmann sind weitere Systeme bekannt, die ebenfalls erfindungsgemäß einsetzbar sind. Photoinitiatoren werden unkombiniert oder als Kombination von zwei oder mehreren Photoinitiatoren eingesetzt.

[0046] Vorteilhaft sind Photoinitiatoren, die Absorption bei kleiner 350 nm und vorteilhaft bei größer 250 nm aufweisen. Initiatoren, die oberhalb 350 nm absorbieren, beispielsweise im Bereich violetten Lichts, sind ebenfalls einsetzbar. Sulfonium-basierende Photoinitiatoren werden besonders bevorzugt eingesetzt, da sie eine vorteilhafte UV-Absorptionscharakteristik aufweisen.

Thermische Initiatoren für die kationische Polymerisation von Epoxiden

[0047] Thermische Initiatoren, sogenannte thermischen Säurebildner („thermal acid generator“ TAG) sind beispielsweise Benzylthiolaniumsalze mit beispielsweise PF_6^- , AsF_6^- , oder SbF_6^- Anionen beschrieben in US 5,242,715 A, BF_3 -Amin-Komplexe, beschrieben in „Study of Polymerization Mechanism and Kinetics of DGEBA with BF_3 -amine Complexes Using FT-IR and Dynamic DSC“ (Ghaemy et al., Iranian Polymer Journal, Vol. 6, No. 1, 1997), Lanthanid Triflate beschrieben in „Study of Lanthanide Triflates as New Curing Initiators for Cycloaliphatic Epoxy Resins“ (C. Mas et al., Macromolecular Chemistry and Physics, 2001, 202, No. 12) oder geblockte Supersäuren wie beispielsweise Ammonium triflate; Ammonium perfluorobutanesulfonate (PFBuS); Ammonium Ad-TFBS [4-adamantanecarboxyl-1,1,2,2-tetrafluorobutane sulfonate]; Ammonium AdOH-TFBS [3-hydroxy-4-adamantanecarboxyl-1,1,2,2-tetrafluorobutanesulfonate]; Ammonium Ad-DFMS [Adamantanyl-methoxycarbonyl]-difluoromethanesulfonate]; Ammonium AdOH-DFMS [3-Hydroxyadamantanyl-methoxycarbonyl]-difluoromethanesulfonate]; Ammonium DHC-TFBS [4-dehydrocholate-1,1,2,2-tetrafluorobutanesulfonate]; and Ammonium ODOT-DFMS [Hexahydro-4,7-Epoxyisobenzofuran-1(3H)-one, 6-(2,2'-difluoro-2-sulfonatoacetic acid ester)].

[0048] Kommerziell sind solche Systeme z. B. von King Industries unter den Bezeichnungen TAG-2678, TAG-2713 oder TAG-2172 zu erhalten. Diese geblockten Säuren setzen bei erhöhten Temperaturen beispielsweise Trifluoromethansulfonsäure, p-Toluolsulfonsäure oder Dodecylbenzyl Sulfonsäure frei, die eine kationische Härtung von Epoxiden initiieren.

[0049] Zusätzlich zu den thermischen und photochemischen Initiatoren sind besonders bevorzugte Initiatoren für die Polymerisationsreaktion zur Herstellung der Epoxid-Sirupe, wie bereits ausgeführt, elektronenarme Mono-Isocyanate wie beispielsweise p-Tolyl isocyanat, p-Toluolsulfonylmethylisocyanat, o-Tolylisocyanat oder o-Toluolsulfonylmethylisocyanat. Insbesondere bevorzugt sind Derivate von Sulfonylisocyanaten ($\text{R-SO}_2\text{-NCO}$, $\text{R-SO}_2\text{-CH}_2\text{-NCO}$) wie beispielsweise 4-Chlorbenzylsulfonylisocyanat, o-Toluolsulfonylisocyanat, p-Toluolsulfonylisocyanat, Benzylsulfonyl isocyanat.

Beispiele

Messmethoden

Viskositätsmessung:

[0050] Ein Maß für die Fließfähigkeit des fluiden Beschichtungsmaterials ist die dynamische Viskosität. Die dynamische Viskosität kann nach DIN 53019 bestimmt werden. Als Fluid wird eine Viskosität von weniger als 10^8 Pa·s bezeichnet. Die Viskosität wird in einem Zylinderrotationsviskosimeter mit einer Standardgeometrie nach DIN 53019-1 bei einer Messtemperatur von 23°C und einer Schergeschwindigkeit 1 s^{-1} gemessen.

Molekulargewichtsverteilung:

[0051] Die Molekulargewichtsbestimmungen der zahlenmittleren Molekulargewichte M_n und der gewichtsmittleren Molekulargewichte M_w erfolgten mittels Gelpermeationschromatographie (GPC). Als Eluent wurde THF

(Tetrahydrofuran) mit 0,1 Vol.-% Trifluoressigsäure eingesetzt. Die Messung erfolgte bei 25°C. Als Vorsäule wurde PSS-SDV, 10 µ, ID 8,0 mm × 50 mm verwendet. Zur Auftrennung wurden die Säulen PSS-SDV, 10 µ ID 8,0 mm × 300 mm eingesetzt. Die Probenkonzentration betrug 1,5 g/l, die Durchflussmenge 0,5 ml pro Minute. Es wurde gegen Poly(methyl-methacrylat)-Standards gemessen.

[0052] Die Angaben der zahlenmittleren Molmasse M_n , der gewichtsmittleren Molmasse M_w und der Polydispersität in dieser Schrift beziehen sich auf die Bestimmung per Gelpermeationschromatographie (GPC) bzw. die Auswertung derartiger Messungen.

Permeationsmessung (WVTR):

[0053] Die WVTR wird bei 38°C und 90% relativer Luftfeuchtigkeit nach ASTM F-1249 gemessen. Es wird jeweils eine Doppelbestimmung durchgeführt und der Mittelwert gebildet. Der angegebene Wert ist auf eine Dicke von 50 µm normiert. Die Transferklebebänder wurden für die Messungen auf eine hochpermeable Polysulfon-Membran (erhältlich von der Firma Sartorius) geklebt, die selbst keinen Beitrag zur Permeationsbarriere liefert.

Klebkraft:

[0054] Die Klebkräfte auf Glas wurden analog ISO 29862 (Methode 3) bei 23°C und 50% relativer Luftfeuchte bei einer Abzugsgeschwindigkeit von 30 mm/min bzw. 3 mm/min und einem Abzugswinkel von 180° bestimmt. Als Verstärkungsfolie wurde eine geätzte PET-Folie mit einer Dicke von 50 µm verwendet, wie sie von der Fa. Coveme (Italien) erhältlich ist. Die Verklebung des Messtreifens wurde dabei mittels einer Anrollmaschine bei einer Temperatur von 23°C vorgenommen. Die Klebebänder wurden sofort nach der Applikation abgezogen. Der Messwert (in N/cm) ergab sich als Mittelwert aus drei Einzelmessungen.

Lebensdauererprobung:

[0055] Als ein Maß für die Bestimmung der Lebensdauer eines elektronischen Aufbaus wurde ein Calciumtest herangezogen. Dieser ist in der **Fig. 1** gezeigt. Dazu wird im Vakuum eine 10 × 10 mm² große, dünne Calciumschicht **23** auf eine Glasplatte **21** abgeschieden und danach unter Stickstoffatmosphäre gelagert. Die Dicke der Calciumschicht **23** liegt bei etwa 100 nm. Für die Verkapselung der Calciumschicht **23** wird ein Klebeband (23 × 23 mm²) mit der zu testenden Klebemasse **22** sowie einer Dünnglassscheibe **24** (30 µm, Firma Schott) als Trägermaterial verwendet. Zur Stabilisierung war die Dünnglassscheibe mit einer 100 µm dicken PET-Folie **26** mittels eines 50 µm dicken Transferklebebands **25** einer optisch hochtransparenten Acrylathafklebemasse laminiert. Die Klebemasse **22** wird so auf der Glasplatte **21** appliziert, dass die Klebemasse **22** den Calciumspiegel **23** mit einem allseitig überstehenden Rand von 6,5 mm (A-A) abdeckt. Aufgrund des undurchlässigen Glasträgers **24** wird nur die Permeation durch den Haftkleber oder entlang der Grenzflächen ermittelt.

[0056] Der Test basiert auf der Reaktion von Calcium mit Wasserdampf und Sauerstoff, wie sie beispielsweise von A. G. Erlat et. al. in „47th Annual Technical Conference Proceedings – Society of Vacuum Coaters“, 2004, Seiten 654 bis 659, und von M. E. Gross et al. in „46th Annual Technical Conference Proceedings – Society of Vacuum Coaters“, 2003, Seiten 89 bis 92, beschrieben sind. Dabei wird die Lichttransmission der Calciumschicht überwacht, welche durch die Umwandlung in Calciumhydroxid und Calciumoxid zunimmt. Diese erfolgt beim beschriebenen Prüfaufbau vom Rand her, so dass sich die sichtbare Fläche des Calciumspiegels verringert. Es wird die Zeit bis zur Halbierung der Lichtabsorption des Calciumspiegels als Lebensdauer bezeichnet, die Zeit bis zum Einsetzen einer stetigen Abnahme der Absorption als Durchbruchzeit oder „lag-time“. Durch die Methode werden dabei sowohl der Abbau der Fläche des Calciumspiegels vom Rand aus und durch punktuellen Abbau in der Fläche als auch die homogene Verringerung der Schichtdicke des Calciumspiegels durch vollflächigen Abbau erfasst.

[0057] Als Messbedingungen wurden 85°C und 85% relative Luftfeuchte gewählt. Die Muster wurden mit einer Schichtdicke der Haftklebemasse von 50 µm vollflächig und blasenfrei verklebt. Die Messungen wurden an vernetzten Klebebändern vorgenommen. Der Messwert (in h) ergab sich als Mittelwert aus drei Einzelmessungen.

[0058] Aus der Zeit bis zum vollständigen Abbau des Calciumspiegels wird zudem eine Wasserdampfpermeationsrate (Ca-WVTR) berechnet. Dazu wird die Masse des aufgedampften Calciums mit dem Faktor 0.9 multipliziert (Massenverhältnis H₂O/Ca für die Umsetzungsreaktion von metallischem Calcium zu transparentem Calciumhydroxid) um die Masse des einpermeierten Wasserdampfes zu ermitteln. Diese wird auf den Permeationsquerschnitt (Umfangslänge des Testaufbaus × Klebemassendicke) sowie die Zeit bis zum vollständigen

Abbau des Calciumspiegels bezogen. Der errechnete Messwert wird weiterhin durch die Breite des allseitig überstehenden Rands (in mm) geteilt und somit auf eine Permeationsstrecke von 1 mm normiert. Die Angabe des Ca-WVTR erfolgt in $\text{g/m}^2\cdot\text{d}$.

Verwendete Materialien:

Uvacure 1500	cycloaliphatisches Diepoxid der Firma Cytec ((3,4-epoxycyclohexane)methyl 3,4-epoxycyclohexylcarboxylate)
Polyacrylat	Acrylatcopolymer aus 2-Hydroxyethylacrylat, 2 Ethylhexylacrylat und C-17-Acrylat, $M_n = 884000 \text{ g/mol}$
Uvacure Sirup	detaillierte Herstellenweisung siehe unten
Escorez 5300	ein vollhydriertes Kohlenwasserstoffharz der Firma Exxon (Ring and Ball 105°C, DACP = 71, MMAP = 72)
Sibstar 62M	SiBS (Polystyrol-block-Polyisobutylen-Blockcopolymer) der Firma Kaneka mit 20 Gew.-% Blockpolystyrolgehalt. Enthält zum Teil auch Diblockcopolymer.
p-Toluolsulfonylisocyanat	Elektronenarmes Mono-Isocyanat
Triarylsulfoniumhexa-fluoroantimonat	kationischer Fotoinitiator von der Firma Sigma-Aldrich Der Photoinitiator weist ein Absorptionsmaximum im Bereich 320 nm bis 360 nm auf und lag als 50 Gew.-%-ige Lösung in Propylencarbonat vor

[0059] Das Polyacrylat wurde nach folgender Vorschrift hergestellt:

Ein für radikalische Polymerisationen konventioneller 2 L Glasreaktor wurde mit 40 g 2-Hydroxyethylacrylat, 240 g 2 Ethylhexylacrylat, 120 g C17-Acrylat (dreifach verzweigte Seiten mit C3-C4 Kettensegmenten, BASF SE), 133 g Siedegrenzbenzin 69/95 und 133 g Aceton befüllt. Nachdem 45 Minuten Stickstoffgas unter Rühren durch die Reaktionslösung geleitet worden war, wurde der Reaktor auf 58°C geheizt und 0,2 g Vazo 67 (Fa. DuPont) hinzugegeben. Anschließend wurde das äußere Heizbad auf 75°C erwärmt und die Reaktion konstant bei dieser Außentemperatur durchgeführt. Nach 1 h Reaktionszeit wurden 50 g Toluol hinzugegeben. Nach 2.5 h wurde mit 100 g Aceton verdünnt. Nach 4 h Reaktionszeit wurden nochmals 0,2 g Vazo 67 hinzugegeben. Nach 7 h Polymerisationszeit wurde mit 100 g Siedegrenzbenzin 60/95, nach 22 h mit 100 g Aceton verdünnt. Nach 24 h Reaktionszeit wurde die Polymerisation abgebrochen und das Reaktionsgefäß auf Raumtemperatur abgekühlt. Das Molekulargewicht M_n betrug 884000 g/mol.

Herstellung der Uvacure-Sirupe:

Initiation mit elektronenarmen Mono-Isocyanaten:

[0060] In einem 2 l-Polymerisationsreaktor wurden 1 kg Uvacure 1500 sowohl unter Stickstoff Atmosphäre als auch ohne Schutzgas auf 85°C erwärmt. Die Viskosität des Uvacure 1500 beträgt 0,25 Pa s. Im Stickstoffgegenstrom wurde der Initiator zugegeben und die Lösung langsam gerührt.

[0061] Zur Ermittlung der Molekulargewichtsverteilungen und Viskositäten wurden während der Reaktion nach unterschiedlichen Reaktionszeiten Proben gezogen und mittels GPC und Viskosimetrie analysiert.

Tabelle 1: GPC-Ergebnisse von erfindungsgemäßen Epoxid-Sirupen initiiert mit elektronenarmem Mono-Isocyanat

TSI Menge [%]	M_w [g mol ⁻¹]	M_n [g mol ⁻¹]	D	Reaktionszeit [h]	Temperatur [°C]
6	13500	780	17,4	3,25	100
6	11100	740	15,1	4,25	100

6	22000	790	27,9	5,25	100
7	22500	830	27,3	1,0	100
7	59700	830	71,7	2,25	100
7	78400	850	92	3,75	100
7,4	5100	630	8	0,5	100
7,4	6000	600	9,9	1	100
7,4	16100	650	24,8	3,3	100

[0062] Es zeigt sich, dass die Polydispersität mit zunehmender Reaktionszeit ebenfalls zunimmt.

Tabelle 2: Viskositäten von erfindungsgemäßen Epoxid-Sirupen initiiert mit TSI

TSI Menge [%]	Reaktionszeit [min]	Viskosität [Pa s]
6	30	10,9
6	60	40
6	90	67,2
6	130	132
6	180	203
6	230	334
7	30	39,6
7	60	115
7	90	230
7	120	420
7	190	1536
7	210	1956

[0063] Auch aus der Tabelle 2 lässt sich gut erkennen, dass die Reaktion mit höherer Initiatormenge deutlich schneller verläuft und ein Viskositätsanstieg sehr viel schneller erreicht wird.

[0064] **Abb. 2** zeigt die Molekulargewichtsverteilung von über unterschiedlich lange Zeiträume polymerisierten Uvacure-Sirupen. Markant ist die enorm breite Verteilung, die viele Moleküle kleiner 1.000 g/mol enthält, aber auch bis zum Teil über 10^6 g/mol große Ketten, die die hohe Viskosität bewirken.

Initiation mit hochverdünnten Photoinitiatoren

[0065] In einem 2 l-Glasreaktor wurden zu 1 kg Epon Resin 828 unter Lichtausschluss und unter Stickstoffatmosphäre bei 23°C ein Photoinitiator (Triarylsulfoniumhexafluoroantimonat) unter Rühren (50 U/Min) zugegeben. Die Initiation der Reaktion erfolgte durch 2 minütige Bestrahlung mit 4 Hg-Mitteldrucklampen, die radial um den Polymerisationsreaktor positioniert waren.

[0066] Zur Ermittlung der Viskositäten wurden während der Reaktion nach unterschiedlichen Reaktionszeiten Proben gezogen und mittels GPC und Viskosimetrie analysiert.

Tabelle 3: Viskositäten von erfindungsgemäßen Epoxid-Sirupen initiiert mit Triarylsulfoniumhexafluoroantimonat

Photoinitiatormenge [%]	Viskosität nach 120 h [mPa s]
0,004	500
0,01	860
0,02	1300

[0067] Es ist erkennbar, dass deutlich geringere Initiator Mengen erforderlich sind und die Viskositäten bei gleicher Reaktionszeit mit zunehmender Initiator Menge ebenfalls zunehmen.

Tabelle 4: Für Klebmassenformulierungen verwendete Uvacure Sirupe

Bezeichnung	Viskosität/Pa s
Uvacure Sirup 1	21
Uvacure Sirup 2	60
Uvacure Sirup 3	203
Uvacure Sirup 4	392
Uvacure Sirup 5	1544
Uvacure Sirup 6	3016

Klebmassenzusammensetzungen

[0068] Als Copolymer wurde ein Polystyrol-block-Polyisobutylene Blockcopolymer der Firma Kaneka ausgewählt. Der Anteil an Styrol im Gesamtpolymer beträgt 20 Gew.-%. Es wurde Sibstar 62 M verwendet. Die Molmasse M_w beträgt 60.000 g/mol. Die Glasübergangstemperatur der Polystyrolblöcke betrug 100°C und die der Polyisobutyleneblöcke -60°C. Als Klebharz kam Escorez 5300 (Ring and Ball 105°C, DACP = 71, MMAP = 72) der Firma Exxon, ein vollhydriertes Kohlenwasserstoffharz zum Einsatz. Als Reaktivharz wurden unterschiedliche Uvacure Sirupe ausgewählt. Diese Rohstoffe wurden in einem Gemisch aus Toluol (300 g), Aceton (150 g) und Siedegrenzbenzin 60/95 (550 g) gelöst, so dass eine 50 Gew.-% Lösung entsteht.

[0069] Anschließend wurde der Lösung ein Photoinitiator zugesetzt. Der Photoinitiator lag als 50 Gew.-%ige Lösung in Propylencarbonat vor. Der Photoinitiator weist ein Absorptionsmaximum im Bereich 320 nm bis 360 nm auf.

[0070] Zur Herstellung von Klebmasseschichten wurden verschiedene Klebmassen aus einer Lösung auf einen konventionellen Liner (silikonisierte Polyesterfolie) mittels eines Laborstreichgeräts aufgebracht und getrocknet. Die Klebmassenschichtdicke nach dem Trocknen beträgt $50 \pm 5 \mu\text{m}$. Die Trocknung erfolgte jeweils zunächst bei RT für 10 Minuten und 10 Minuten bei 120°C in einem Labortrockenschrank. Die getrockneten Klebmasseschichten wurden jeweils unverzüglich nach dem Trocknen mit einem zweiten Liner (silikonisierte Polyesterfolie mit geringerer Trennkraft) auf der offenen Seite laminiert.

[0071] Die Muster wurden in eine Glove-Box eingeschleust. Ein Teil der Muster wurde auf einem mit Ca bedampften Glassubstrat mit einem Gummianroller blasenfrei laminiert. Darauf wurde der zweite PET-Liner ausgedeckt und eine Lage eines Dünnglases auflaminiert. Anschließend wurde durch das Abdeckglas mittels UV-Licht bestrahlt (Dosis: 80 mJ/cm²; Lampentyp: undotierter Quecksilberstrahler). Dieses Muster wurde für den Lebensdauertest verwendet.

[0072] Die genaue Zusammensetzung der einzelnen Beispiele K1 bis K10 bzw. V1 sowie K1 Basis und V1 Basis ist der Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5: Zusammensetzung der Beispiele

Beispiel:	K1–6	K7	K8	K9	K10	V1	K1 Ba- sis	V1 Ba- sis
	Gew.- Anteil	Gew.- Anteil	Gew.- Anteil	Gew.- Anteil	Gew.- Anteil	Gew.- Anteil	Gew.- Anteil	Gew.- Anteil
Sibstar 62M	20	37,5	25	17,5	10	-	50	
Uvacure 1500	0	0	0	0	0	-	-	
Uvacure Sirup 1–6	60	0	0	0	0		0	
Uvacure Sirup 5		25	50	65	80	50		
Polyacrylat						50		100
Escorez 5300	20	37,5	25	17,5	10	-	50	
Triarylsulfoniumhe- xafluoroantimonat	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		

[0073] Dabei sind die Beispiele K1 bis K6 die Klebmassen unter Verwendung der in der Tabelle 4 aufgeführten Uvacure-Sirupe 1 bis 6, d. h. es handelt sich um Klebmassen mit den gleichen Anteilen der einzelnen Verbindungen, die sich lediglich in der Viskosität des Uvacure-Sirups unterscheiden. Beispiele K7 bis K10 verwenden den Uvacure-Sirup 5 der Tabelle 4 in unterschiedlichen Gewichtsanteilen. V1 (Klebmasse mit 50 Gew.-% Acrylat) sowie K1 Basis (Blockcopolymer mit Klebharz ohne Epoxidsirup) und V1 Basis (reines Acrylat) sind Vergleichsbeispiele.

[0074] **Abb. 3** zeigt die Durchbruchzeit oder lag-time der Klebmassen K1–K6 (Anteil von 60 Gew.-% des Epoxidsirups) in Abhängigkeit der Viskosität der verwendeten Uvacure Sirupe. Es ist ersichtlich, dass besonders bevorzugte Viskositäten der eingesetzten Epoxidsirupe im Bereich von 100–1000 Pa s liegen.

[0075] **Abb. 4** zeigt die lag-time Ergebnisse von Lagerungsversuchen bei 85°C/85% r. F. (relative Luftfeuchte) in Abhängigkeit der Epoxidmenge (K7–K10). Es ist ersichtlich, dass die Durchbruchzeit mit zunehmendem Epoxidgehalt zunächst ansteigt und zwischen 60 Gew.-% und 80 Gew.-% Epoxidgehalt ein Maximum hat. Bei einem noch höheren Epoxidgehalt von 80 Gew.-% nimmt die Durchbruchzeit wieder ab, was vermutlich dadurch bedingt ist, dass die Klebkraft wie in **Abb. 5** dargestellt deutlich zurückgeht und somit Wasser entlang der Grenzfläche permeiert.

[0076] In **Abb. 5** sind die Klebkraftmessungen von Klebmassen auf Glas mit unterschiedlichen Epoxidgehalten (K7–K10) veranschaulicht. Aus der Abbildung geht hervor, dass die Klebkrafteigenschaften mit zunehmendem Epoxidanteil kontinuierlich abnehmen. Daraus und aus den Ergebnissen der Barriereigenschaften geht hervor, dass besonders ausgewogene Barriereklebmassen 50–75% Epoxid-Sirup enthalten.

[0077] Schließlich sind in Tabelle 6 die Durchbruchzeiten in Abhängigkeit der WVTR-Werte für verschiedene Klebmassen gegenübergestellt.

Tabelle 6: lag-time in Abhängigkeit der WVTR

	K1 Basis	V1 Basis	K8	V1
WVTR/g m ⁻² d ⁻¹	7	673	17	239
lag-time (85°C/85% r. F.)/h	8	0	270	10

[0078] Aus der Tabelle geht hervor, dass die Klebmassen außer V1 sehr niedrige WVTR-Werte haben. Vergleicht man diese Ergebnisse mit den erzielten Barriereigenschaften, so ist festzustellen, dass lediglich die erfindungsgemäße Masse mit weniger als 100 g/m²d (K8) eine gute lag-time aufweist.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- AU 758128 B2 [0008]
- SG 160949 B [0009]
- US 4231951 A [0043]
- US 4256828 A [0043]
- US 4058401 A [0043]
- US 4138255 A [0043]
- US 2010/063221 A1 [0043, 0043]
- US 3729313 A [0043]
- US 3741769 A [0043]
- US 4250053 A [0043]
- US 4394403 A [0043]
- EP 542716 B1 [0043]
- US 5242715 A [0047]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- „Epoxy Adhesive Formulations” 2006, E. M. Petrie, S. 30 ff [0005]
- DIN 53019-1 [0015]
- „Study of Polymerization Mechanism and Kinetics of DGEBA with BF₃-amine Complexes Using FT-IR and Dynamic DSC” (Ghaemy et al., Iranian Polymer Journal, Vol. 6, No. 1, 1997) [0047]
- „Study of Lanthanide Triflates as New Curing Initiators for Cycloaliphatic Epoxy Resins” (C. Mas et al., Macromolecular Chemistry and Physics, 2001, 202, No. 12) [0047]
- DIN 53019 [0050]
- DIN 53019-1 [0050]
- ASTM F-1249 [0053]
- ISO 29862 [0054]
- A. G. Erlat et. al. in „47th Annual Technical Conference Proceedings – Society of Vacuum Coaters”, 2004, Seiten 654 bis 659 [0056]
- M. E. Gross et al. in „46th Annual Technical Conference Proceedings – Society of Vacuum Coaters”, 2003, Seiten 89 bis 92 [0056]

Patentansprüche

1. Wasserdampfsperrende Klebmasse, enthaltend eine Klebstoffbasis aus
 - mindestens einem Epoxidsirup
 - mindestens einem Elastomer
 - mindestens einem Initiator
 - optional mindestens einem Klebharz,
 - optional mindestens einem weiteren Reaktivharz
 optional ein Lösungsmittel, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Klebstoffbasis ohne Lösungsmittel eine Wasserdampfpermeationsrate nach der Aktivierung der Reaktivharzkomponente von weniger als 100 g/m²d, bevorzugt von weniger als 60 g/m²d, insbesondere weniger als 30 g/m²d aufweist, wobei der Epoxidsirup bis-Epoxidmonomere und aus diesen erzeugte hochmolekulare unvernetzte Polyepoxide enthält.
2. Wasserdampfsperrende Klebmasse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Viskosität des Epoxidsirups mindestens doppelt so hoch ist, vorzugsweise mindestens viermal so hoch und insbesondere mindestens zehnmal so hoch ist wie die des ursprünglichen bis-Epoxidmonomeres.
3. Wasserdampfsperrende Klebmasse nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Epoxidsirup in einer Menge von 10 bis 80 Gew.-%, vorzugsweise von 20 bis 75 Gew.-%, insbesondere von 35 bis 70 Gew.-% in der Klebstoffbasis enthalten ist.
4. Wasserdampfsperrende Klebmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Epoxidsirup eine breite Molgewichtsverteilung der Bestandteile von 2.000 g/mol durchgehend bis mindestens 100.000 g/mol aufweist
5. Wasserdampfsperrende Klebmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Epoxidsirup im unvernetzten Zustand mindestens 65%, bevorzugt mindestens 75%, insbesondere mindestens 80% der ursprünglichen Epoxidgruppen noch vorhanden sind.
6. Wasserdampfsperrende Klebmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die bis-Epoxidmonomere bis-Epoxy-cyclohexyl-Derivate oder Epoxide auf Basis von Bisphenol-A, Bisphenol-S oder Bisphenol-F sind.
7. Wasserdampfsperrende Klebmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Epoxidmonomere Bis-Epoxy-cyclohexyl-Derivate, insbesondere 3,4-Epoxy-cyclohexylmethyl-3,4-epoxy-cyclohexancarboxylat sind.
8. Wasserdampfsperrende Klebmasse nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Viskosität des Epoxidsirups mindestens 50 Pa s, bevorzugt zwischen 50–800 Pa s, besonders bevorzugt zwischen 75–500 Pa s und insbesondere zwischen 100–350 Pa s beträgt.
9. Wasserdampfsperrende Klebmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Epoxidsirup durch Anpolymerisieren der bis-Epoxidmonomere erhalten wird.
10. Wasserdampfsperrende Klebmasse nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Anpolymerisieren der bis-Epoxidmonomere bei Erreichen einer gewünschten Viskosität durch kontrollierten Abbruch der Polymerisation mittels eines Initiatorfängers beendet wird.
11. Wasserdampfsperrende Klebmasse nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Initiator für das Anpolymerisieren aus der Gruppe, bestehend aus elektronenarmem Monoisocyanat, Photoinitiator und thermischem Initiator, ausgewählt ist.
12. Wasserdampfsperrende Klebmasse nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass elektro-nenarme Monoisocyanat ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus p-Tolylisocyanat, o-Tolylisocyanat und Sulfonylisocyanaten, insbesondere p-Toluolsulfonylmethylisocyanat, o-Toluolsulfonylmethylisocyanat, 4-Chlorbenzylsulfonylisocyanat, o-Toluolsulfonylisocyanat, p-Toluolsulfonylisocyanat und Benzylsulfonylisocyanat, wobei p-Toluolsulfonylisocyanat besonders bevorzugt ist.

13. Wasserdampfsperrende Klebmasse nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Initiatorfänger ein Gemisch aus Wasser und Aceton, Lösungen von (Erd-)Alkalihydroxiden oder Lösungen von (Erd-)Alkalialkoxiden verwendet wird.

14. Wasserdampfsperrende Klebmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der darin enthaltene mindestens eine Epoxidsirup erhältlich ist durch ein Verfahren, umfassend die Schritte:

- Zugeben eines Initiators, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus elektronenarmem Monoisocyanat, Photoinitiator und thermischem Initiator, zu mindestens einem flüssigen bis-Epoxidmonomeren;
- Vermischen der Komponenten;
- Polymerisieren des bis-Epoxids derart, dass die Viskosität des resultierenden Epoxidsirups mindestens doppelt so hoch, vorzugsweise mindestens viermal so hoch und insbesondere mindestens zehnmals so hoch ist wie die des eingesetzten Epoxides im nicht-umgesetzten Zustand.

15. Klebeband enthaltend eine wasserdampfsperrende Klebmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

16. Verwendung der Klebmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 14 oder des Klebebandes nach Anspruch 15 zur Verkapselung von Aufbauten in der organischen Elektronik.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

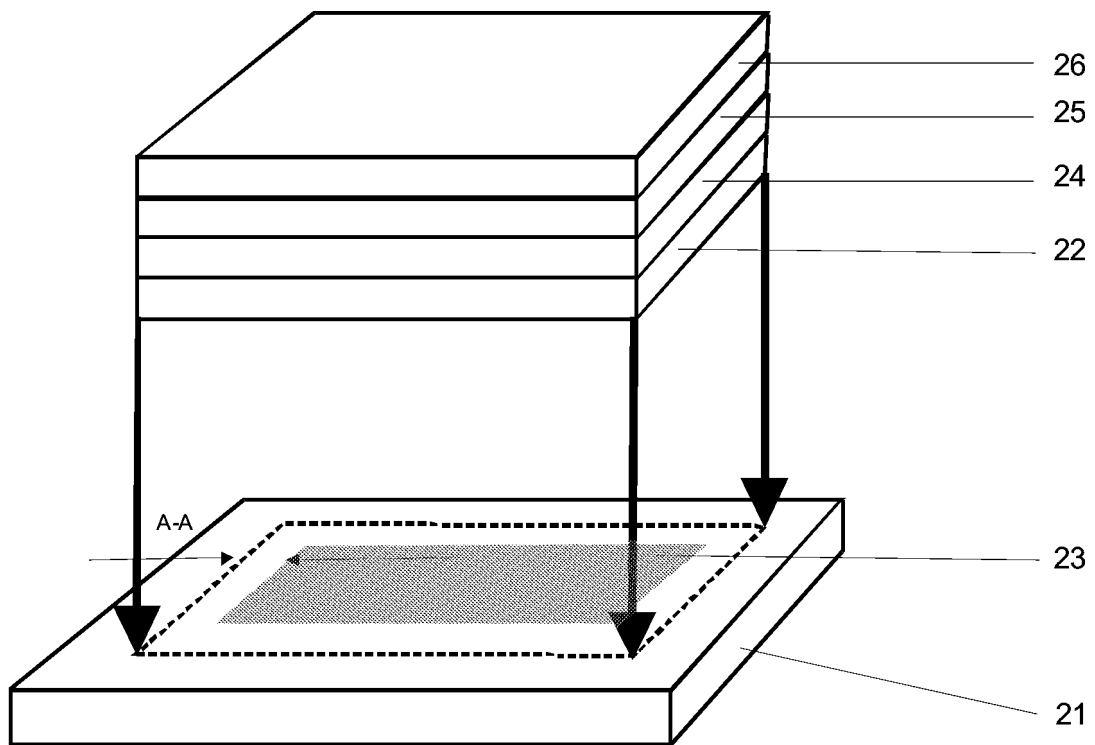


Abb. 1

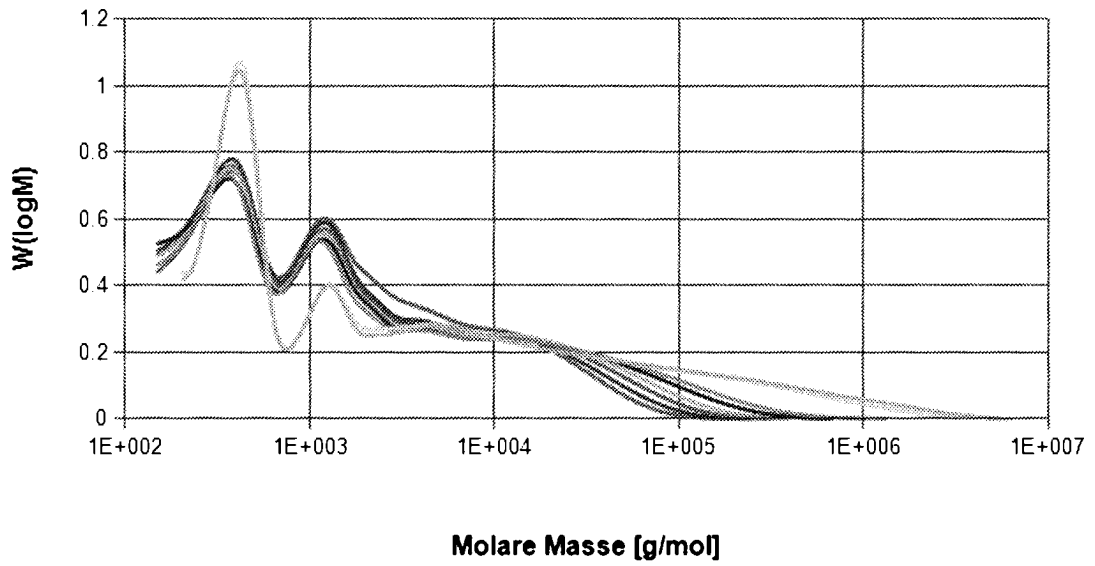


Abb. 2

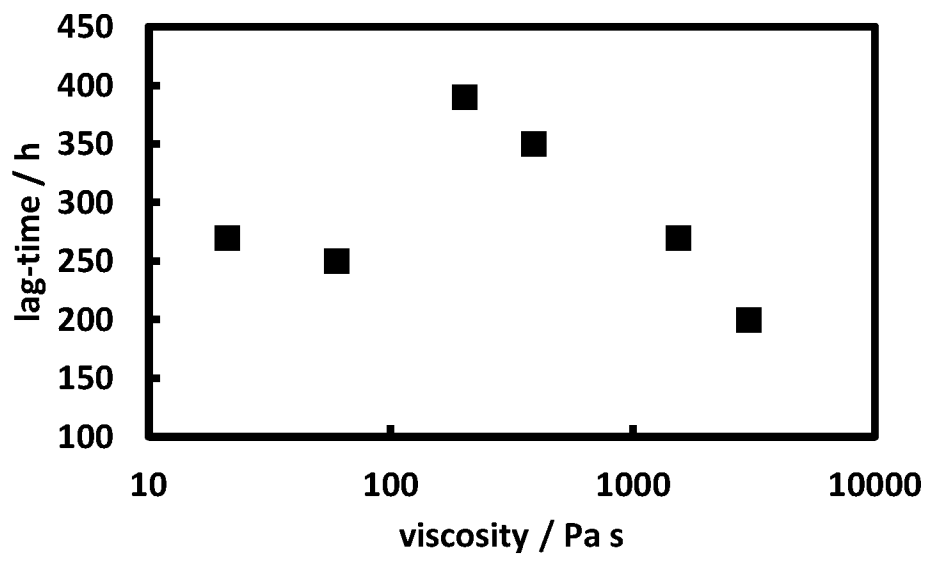


Abb. 3

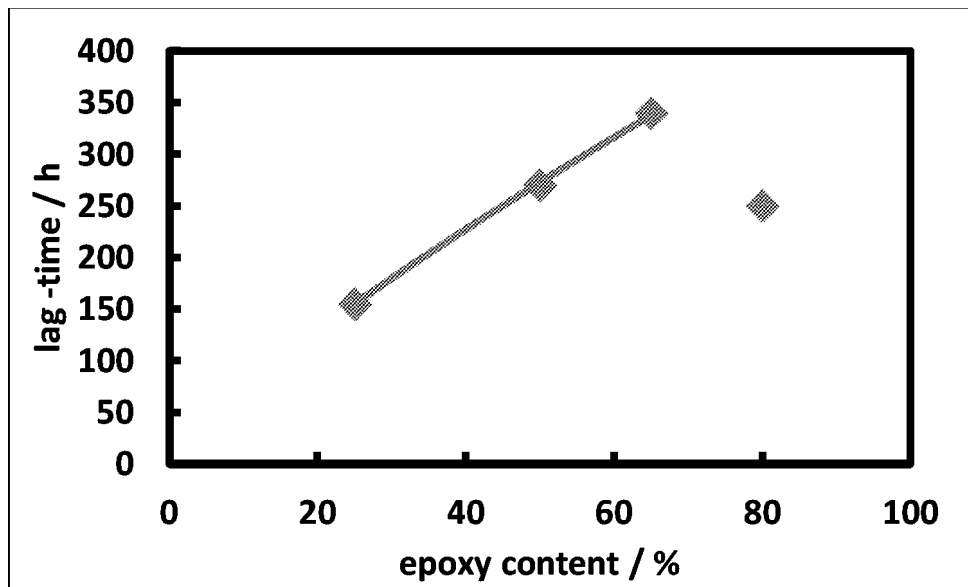


Abb. 4

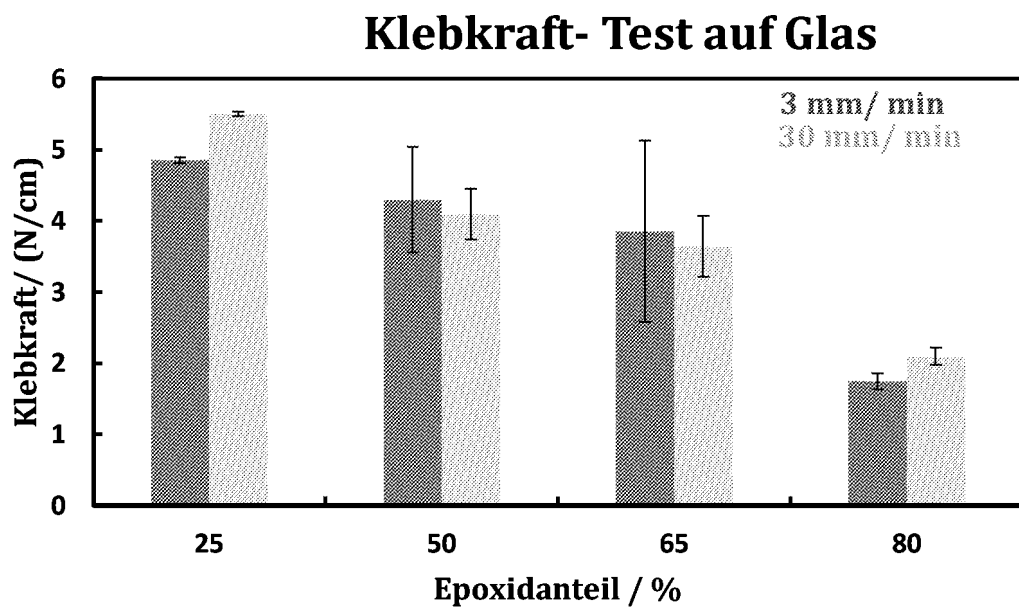


Abb. 5