



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 32 944 T2 2007.10.18

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 263 823 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 32 944.5

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US00/31185

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 992 460.6

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2001/049624

(86) PCT-Anmeldetag: 13.11.2000

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 12.07.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 11.12.2002

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 10.01.2007

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 18.10.2007

(51) Int Cl.⁸: C08F 290/14 (2006.01)

C03C 25/10 (2006.01)

C03C 25/28 (2006.01)

C09D 4/00 (2006.01)

C09D 4/06 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

173874 P 30.12.1999 US

(73) Patentinhaber:

Corning Inc., Corning, N.Y., US

(74) Vertreter:

PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR,
80801 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE

(72) Erfinder:

SHENG, Huan-Hung, Horseheads, NY 14845, US

(54) Bezeichnung: SEKUNDÄRBESCHICHTUNG FÜR LICHTLEITFASERN

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 eingereicht, 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**Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Zusammensetzungen zum Umhüllen von optischen Fasern und Faseroptikband-Matrices, optische Fasern, die eine Sekundärumhüllung enthalten, hergestellt aus solchen Zusammensetzungen und Faseroptik-Bänder, die eine Matrix enthalten, die aus derartigen Zusammensetzungen hergestellt ist.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Optische Fasern bzw. Lichtwellenleiter haben auf dem Gebiet der Kommunikation eine zunehmend bedeutende Rolle angenommen, indem sie häufig existierende Kupfer-Drähte ersetzen. Dieser Trend hatte signifikante Auswirkungen in Netzwerken im lokalen Bereich (das heißt, für Faser-an-Heim-Anwendungen), was eine enorme Zunahme in der Verwendung optischer Fasern zur Folge hatte. Weitere Zunahmen in der Verwendung von optischen Fasern in der lokalen Telefonschleifen- und Kabel-TV-Dienstleistung sind zu erwarten, weil lokale Fasernetzwerke etabliert werden, so dass größere Informationsvolumina in Form von Daten, Audio- und Videosignalen an private und kommerzielle Anwender geliefert werden können. Zusätzlich hat die Verwendung von optischen Fasern in Heim- und Handelsgeschäftsumgebungen für interne Daten, Stimm- und Videokommunikation begonnen, und eine Zunahme ist zu erwarten.

[0003] Optische Fasern bzw. Lichtleiter enthalten typischerweise einen Glaskern und zumindest zwei Umhüllungen, beispielsweise eine primäre (oder innere) Umhüllung und eine sekundäre (oder äußere) Umhüllung. Die primäre Umhüllung wird direkt auf die Glasfaser aufgebracht und, wenn sie ausgehärtet ist, bildet sie ein weiches, elastisches und nachgiebiges Material, das die Glasfaser einkapselt. Die primäre Umhüllung dient als Puffer zum Abdämpfen und Schützen des Glasfaserkerns, wenn die Faser gekrümmmt, verkabelt oder aufgewickelt wird. Die sekundäre Beschichtung wird über der primären Beschichtung aufgebracht und dient als robuste äußere Schutzschicht, die eine Schädigung des Lichtleiters während der Verarbeitung und Anwendung verhindert.

[0004] Bestimmte Eigenschaften sind für die sekundäre Umhüllung wünschenswert. Vor dem Aushärten sollte die sekundäre Umhüllungszusammensetzung eine geeignete Viskosität aufweisen und sollte dazu in der Lage sein, rasch auszuhärten, um eine Verarbeitung des Lichtleiters zu ermöglichen. Nach dem Aushärten sollte die sekundäre Umhüllung die nachfolgenden Eigenschaften aufweisen: Ausreichende Steifheit bzw. Starrheit, um die verkapselte Glasfaser zu schützen und zusätzlich eine Flexibilität für die Handhabung (das heißt, Modul), geringe Wasserabsorption, geringe Klebrigkeit, um die Handhabung des Lichtleiters zu ermöglichen, chemische Beständigkeit und ausreichende Adhäsion an die primäre Umhüllung.

[0005] Um die erwünschten Eigenschaften zu erreichen, enthalten konventionelle sekundäre Umhüllungszusammensetzungen im Allgemeinen auf Urethan basierende Oligomere in einer großen Konzentration, wobei Monomere in die sekundäre Umhüllungszusammensetzung als reaktive Verdünnungsmittel eingebracht werden, um die Viskosität zu senken. Weil konventionelle oligomere Bestandteile im Allgemeinen viel teurer als monomere Bestandteile sind, weist die Verwendung von Oligomeren in hoher Konzentration den Effekt auf, die Kosten der Erzeugung von sekundären Umhüllungszusammensetzungen ebenso wie der sich ergebenden optischen Faser zu erhöhen. Trotz der Kosten der Anwendung von oligomeren Bestandteilen in hoher Konzentration wird angenommen, dass keine kommerziell verfügbaren sekundären Umhüllungszusammensetzungen verfügbar sind, die entweder eine niedrige Konzentration enthalten oder denen vollständig oligomere Bestandteile fehlen.

[0006] EP 0 311 186 A1 beschreibt einen Lichtleiter, der mit einer synthetischen Harzumhüllung ausgestattet ist, umfassend eine Glasfaser, eine erste Hüllschicht aus einem synthetischen Kunststoff bzw. Kautschuk, mit einem Elastizitätsmodul von 0,1 bis 10 MPa und einer anschließenden Umhüllungsschicht aus einem synthetischen Harz, das ein größeres Elastizitätsmodul als die erste Schicht aufweist, und das eine große mechanische Beständigkeit und eine große Unempfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen im Bereich von -60 °C bis +80 °C aufweist, insofern als die Dicke der ersten Schicht von 5 bis 20 µm beträgt und insofern als das Elastizitätsmodul der zweiten Schicht mehr als 1000 MPa beträgt. In einer Ausführungsform ist die zweite Schicht aus einer härtbaren synthetischen Harzzusammensetzung hergestellt, die aus 10 Gew.-% Polyesterurethanacrylat, 18 Gew.-% Isocyanuratriacrylat, 10 Gew.-% Epoxyacrylat, 4 Gew.-% 1-Hydroxycyclohexylphenylketon und 58 Gew.-% ethoxyiertem Bisphenol A Diacrylat besteht.

[0007] Somit verbleibt ein Bedarf nach geeigneten sekundären Umhüllungszusammensetzungen, die zu geringeren Kosten als konventionelle sekundäre Umhüllungszusammensetzungen hergestellt werden und sekundäre Beschichtungen mit einem geeigneten Modul und anderen physikalischen Eigenschaften ergeben. Die vorliegende Erfindung betrifft die Überwindung dieser Mängel im Stand der Technik.

[0008] Es besteht ebenfalls ein Bedarf nach einer Umhüllung, die die Empfindlichkeit der Faser gegenüber einer Krümmung bzw. einem Abbiegen, insbesondere einer Mikrokrümmung, reduziert. Dies ist insbesondere für Lichtleiter bzw. optische Fasern mit hoher Datenrate relevant. Eine hohe Datenratenfaser ist typischerweise eine Einmodenfaser mit einer großen effektiven Fläche. Fasern mit einer großen effektiven Fläche weisen eine erhöhte Signalmode-Transmissionskapazität im Vergleich zu nicht großen effektiven Flächen-Fasern auf. Jedoch weisen Fasern mit einer größeren effektiven Fläche eine größere Empfindlichkeit gegenüber Belastungen auf, wie beispielsweise Belastungen, die durch eine Krümmung der Faser verursacht sind. Diese Belastungen können zu einer Verformung der optisch aktiven Region der Faser führen und eine Mikrokrümmungs-signalabschwächung zur Folge haben.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Zusammensetzung zum Umhüllen von optischen Fasern. Die Zusammensetzung schließt einen oligomeren Bestandteil ein, der in einer Menge von 15 Gew.-% oder weniger vorliegt und einen monomeren Bestandteil, der in einer Menge von 75 Gew.-% oder mehr vorliegt, wobei der monomere Bestandteil zwei oder mehrere Monomere einschließt, wenn der Zusammensetzung im Wesentlichen der oligomere Bestandteil fehlt, und das ausgehärtete Produkt der Zusammensetzung weist ein Young-Modul von zumindest 650 MPa auf, und wobei der oligomere Bestandteile ein oder mehrere Oligomere mit Strukturen gemäß Formel (I), (II), (III) oder (IV) umfasst.

$F_1-R_1-[Diisocyanat-R_2]_m-Diisocyanat-R_1-F_1$ (I)

wobei F_1 unabhängig eine reaktive funktionelle Gruppe, wie beispielsweise Acrylat, Metacrylat, Acrylamid, N-Vinylamid, Styrol, Vinylether, Vinylester oder eine andere in der Technik bekannte funktionelle Gruppe aufweist;

R_1 unabhängig $C_{2-12}O$, $(C_{2-4}O)_n$, $C_{2-20}(C_{2-4}O)_n$, $C_{2-12}O(CO-C_{2-5}O)_n$, $C_{2-12}O(CO-C_{2-5}NH)_n$ ist, wobei n eine ganze Zahl von 1 bis 30 ist;

R_2 ein Polyether, Polycarbonat, Polyamid, Polyurethan, Polyurea oder Kombinationen hiervon ist; und m eine ganze Zahl von 1 bis 10 ist;

Multisocyanat- $(R_2-R_1-F_1)_x$ (II)

Polyol- $[(Diisocyanat-R_2)_m-Diisocyanat-R_1-F_1]_x$ (III)

Multiisocyanat- $(R_1-F_1)_x$ (IV)

wobei F_2 unabhängig von 1 bis 3 funktionelle Gruppen, wie beispielsweise Acrylat, Metacrylat, Acrylamid, N-Vinylamid, Styrol, Vinylether, Vinylester oder andere funktionelle Gruppen repräsentiert, die in der Technik bekannt sind;

R , $C_{2-12}O$, $(C_{2-4}O)_n$, $C_{2-12}O(C_{2-4}O)_n$, $C_{2-12}(CO-C_{2-5}O)_n$, $C_{2-12}O(CO-C_{2-5}NH)_n$, wobei n eine ganze Zahl von 1 bis 10 ist;

R_2 Polyether, Polycarbonat, Polyamid, Polyurethan, Polyurea oder Kombinationen hiervon ist;

x eine ganze Zahl von 1 bis 10 ist; und

n eine ganze Zahl von 1 bis 10 ist.

[0010] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Umhüllung oder ein Matrixmaterial, das ein gehärtetes Produkt einer Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung ist, das einen oligomeren Bestandteil einschließt, der in einer Menge von 15 Gew.-% oder weniger vorliegt und einen monomeren Bestandteil einschließt, der in einer Menge von 75 Gew.-% oder mehr vorliegt. Die Umhüllung oder das Matrixmaterial ist durch ein Young'sches Modul von zumindest 650 MPa gekennzeichnet. Der oligomere Bestandteil umfasst ein oder mehrere Oligomere mit Strukturen gemäß Formel (I), (II), (III) oder (IV), wie oben definiert.

[0011] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung betrifft eine optische Faser, die eine Glasfaser, eine primäre Umhüllung, die die Glasfaser einkapselt und eine sekundäre Umhüllung, die die primäre Umhüllung einkapselt, einschließt. Die sekundäre Umhüllung ist das gehärtete Produkt einer Zusammensetzung, die einen

oligomeren Bestandteil einschließt, der in einer Menge von 15 Gew.-% oder weniger vorliegt und ein einen monomeren Bestandteil einschließt, der in einer Menge von 75 Gew.-% oder mehr vorliegt. Die sekundäre Umhüllung ist durch ein Young'sches Modul von zumindest 650 MPa gekennzeichnet. Der oligomere Bestandteil umfasst ein oder mehrere Oligomere mit Strukturen gemäß Formel (I), (II), (III) oder (IV) wie oben definiert.

[0012] Eine optische Faser der vorliegenden Erfindung kann durch ein Verfahren hergestellt werden, das die Schritte einschließt, eine Glasfaser bereitzustellen, die eine primäre Umhüllung aufweist, auf die umhüllte Glasfaser eine Zusammensetzung aufzubringen, die einen oligomeren Bestandteil einschließt, der in einer Menge von 15 Gew.-% oder weniger vorliegt und einen monomeren Bestandteil einschließt, der in einer Menge von 75 Gew.-% oder mehr vorliegt, und die umhüllte Glasfaser gegenüber Bedingungen zu exponieren, die ausreichend sind, um eine Polymerisation der Zusammensetzung zur Bildung einer sekundären Umhüllung zu verursachen. Die sekundäre Umhüllung ist durch ein Young'sches Modul von zumindest 650 MPa gekennzeichnet. Der oligomere Bestandteil umfasst ein oder mehrere Oligomere mit Strukturen gemäß Formel (I), (II), (III) oder (IV), wie oben definiert.

[0013] Ein alternatives Verfahren zur Herstellung einer optischen Faser der vorliegenden Erfindung schließt die Schritte ein, eine Glasfaser bereitzustellen, die mit einer ersten Zusammensetzung beschichtet ist, auf die umhüllte Glasfaser eine zweite Zusammensetzung aufzubringen, die einen oligomeren Bestandteil einschließt, der in einer Menge von 15 Gew.-% oder weniger vorliegt und einen monomeren Bestandteil einschließt, der in einer Menge von 75 Gew.-% oder mehr vorliegt, und die umhüllte Glasfaser gegenüber Bedingungen zu exponieren, die ausreichend sind, eine Polymerisation der ersten und zweiten Zusammensetzungen zur Bildung einer primären Umhüllung und einer sekundären Umhüllung zu verursachen. Die sekundäre Umhüllung ist durch ein Young'sches Modul von zumindest 650 MPa gekennzeichnet. Der oligomere Bestandteil umfasst eine oder mehrere Oligomere mit Strukturen gemäß Formel (I), (II), (III) oder (IV), wie oben definiert.

[0014] Eine noch weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein optisches Faserband, das eine Vielzahl von im Wesentlichen planaren, im Wesentlichen ausgerichteten optischen Fasern und eine Matrix einschließt, die die Vielzahl von optischen Fasern einkapselt, wobei die Matrix ein Young'sches Modul von zumindest 650 MPa aufweist, und das gehärtete Produkt eine Zusammensetzung ist, die einen oligomeren Bestandteil einschließt, der in einer Menge von 15 Gew.-% oder weniger vorliegt und einen monomeren Bestandteil einschließt, der in einer Menge von 75 Gew.-% oder mehr vorliegt. Der oligomere Bestandteil umfasst ein oder mehrere Oligomere mit Strukturen gemäß Formel (I), (II), (III) oder (IV), wie oben definiert.

[0015] Die Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung weist geeignete Eigenschaften auf, die ihre Anwendung bei der Herstellung des äußeren Umhüllungsmaterials auf optischen Fasern und des Matrixmaterials auf Faseroptik-Bändern ermöglicht. Darüber hinaus hat die Zusammensetzung, wenn sie ausgehärtet ist, ein Umhüllungs- oder Matrixmaterial zur Folge, das erwünschte Eigenschaften bezüglich Wasserabsorption, reduzierter Mikrokrümmungs-Empfindlichkeit und Extraktion aufweist, ebenso wie Festigkeit oder Modul. Somit können geeignete Umhüllungs- oder Matrixmaterialien aus einer Zusammensetzung hergestellt werden, die geringe oder weniger oligomere Bestandteile enthält, was die Kosten der Herstellung solcher Zusammensetzungen ebenso wie der optischen Fasern und Faseroptikbänder, die das gehärtete Produkt solcher Zusammensetzungen enthalten, signifikant reduziert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] [Fig. 1](#) ist eine Querschnittsansicht einer optischen Faser der vorliegenden Erfindung.

[0017] [Fig. 2](#) ist eine Querschnittsansicht eines Faseroptikbandes der vorliegenden Erfindung.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0018] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Zusammensetzung zum Umhüllen von optischen Fasern. Es wird bevorzugt, dass die erfindungsgemäße Zusammensetzung eine UV-härtbare Zusammensetzung und nicht eine thermoplastische Zusammensetzung ist. In einer Ausführungsform der Erfindung schließt die Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung einen oligomeren Bestandteil ein, der in einer Menge von 15 Gew.-% oder weniger vorliegt und einen monomeren Bestandteil ein, der in einer Menge von 75 Gew.-% oder mehr vorliegt. Nach dem Aushärten ist das ausgehärtete Produkt der Zusammensetzung durch ein Young'sches Modul von zumindest 650 MPa gekennzeichnet. Wegen ihren physikalischen Eigenschaften, insbesondere ihrer relativ hohen Festigkeit, ist die Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung insbesondere zur Anwendung zur Herstellung einer sekundären oder äußeren Umhüllung einer optischen Faser oder einer

Matrix eines Faseroptikbandes geeignet.

[0019] Wie hierin verwendet, betrifft der Begriff Gew.-% eines speziellen Bestandteiles die Menge, die in die Bulk-Zusammensetzung eingebracht wurde, ausschließlich anderer Additive. Die Menge anderer Additive, die in die Bulk-Zusammensetzung eingebracht wird, um eine Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung zu erzeugen, ist in Teile pro hundert aufgelistet. Beispielsweise werden ein Oligomer, Monomer und ein Fotostarter zur Bildung der Bulk-Zusammensetzung derart kombiniert, dass die gesamten Gew.-% dieser Bestandteile 100 Prozent gleichen. Zu dieser Bulk-Zusammensetzung wird eine Menge eines Additivs, beispielsweise ein Teil pro 100 eines Antioxidans, im Überschuss zu den 100 Gew.-% der Bulk-Zusammensetzung eingebracht.

[0020] Wegen der beträchtlichen Kostenersparnis beim Reduzieren des Oligomergehalts von optischen Faserumhüllungs-Zusammensetzungen ist der Hauptbestandteil der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung der monomere Bestandteil, und der geringfügigere Bestandteil ist der oligomere Bestandteil. Dies im Gegensatz zu den meisten konventionellen sekundären Umhüllungs- und/oder Matrixzusammensetzungen, die einen oligomeren Bestandteil als Hauptbestandteil und einen monomeren Bestandteil als den geringfügigeren Bestandteil enthalten. In den meisten konventionellen Umhüllungs- und/oder Matrixzusammensetzungen dient der oligomere Bestandteil typischerweise als das Grundgerüst, auf dem eine Polymerisation stattfindet, während der monomere Bestandteil als Verdünnungsmittel zur Steuerung der Viskosität der Zusammensetzung dient und, während des Härtens, als Vernetzungsmittel (abhängig von der Anzahl funktioneller Gruppen, die ein spezieller monomerer Bestandteil aufweisen mag).

[0021] In der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann der monomere Bestandteil ein einzelnes Monomer einschließen oder kann eine Kombination aus zwei oder mehreren Monomeren sein. Der monomere Bestandteil umfasst eine Kombination aus zwei oder mehreren Monomeren, wenn die Zusammensetzung im Wesentlichen frei vom oligomeren Bestandteil ist. Vorzugsweise umfasst der monomere Bestandteil, der in die Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung eingebracht wurde, ethylenisch ungesättigtes Monomer(e). Während der monomere Bestandteil in einer Menge von 75 Gew.-% oder mehr vorliegen kann, liegt er vorzugsweise in einer Menge von 75 bis 99,2 Gew.-%, besonders bevorzugt 80 bis 99 Gew.-% und am meisten bevorzugt 85 bis ungefähr 98 Gew.-% vor.

[0022] Ethylenisch ungesättigte Monomere können verschiedene funktionelle Gruppen enthalten, die ihre Vernetzung ermöglichen. Ethylenisch ungesättigte Monomere sind vorzugsweise polyfunktionell (das heißt, jeweils zwei oder mehrere funktionelle Gruppen), obwohl monofunktionelle Monomere ebenfalls in die Zusammensetzung mit eingebracht werden können. Deswegen kann das ethylenisch ungesättigte Monomer ein polyfunktionelles Monomer, ein monofunktionelles Monomer und Gemische hiervon sein. Geeignete funktionelle Gruppen für ethylenisch ungesättigte Monomere, die gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden, schließen ohne Einschränkung Acrylate, Methacrylate, Acrylamide, N-Vinylamide, Styrole, Vinylether, Vinylester, saure Ester und Kombinationen hiervon (das heißt, für polyfunktionelle Monomere) ein.

[0023] Im Allgemeinen sind einzelne Monomere, die dazu in der Lage sind, zu 80% oder mehr umgewandelt zu werden (das heißt, wenn sie gehärtet werden) mehr erwünscht als solche, die niedrigere Umwandlungsraten aufweisen. Der Grad, zu dem Monomere, die niedrigere Umwandlungsraten aufweisen, in die Zusammensetzung eingebracht werden können, hängt von den speziellen Erfordernissen (das heißt, Festigkeit) des sich ergebenden gehärteten Produktes ab. Typischerweise werden höhere Umwandlungsraten stärker gehärtete Produkte ergeben.

[0024] Geeignete polyfunktionelle ethylenisch ungesättigte Monomere schließen alkoxylierte Bisphenol A Diacrylate, wie beispielsweise ethoxyliertes Bisphenol A-Diacrylat mit einer Ethoxylierung von 2 oder mehr, vorzugsweise im Bereich von 2 bis ungefähr 30 (beispielsweise SR349 und SR601, erhältlich von Sartomer Company Incorporated, West Chester, PA und Photomer 4025 und Photomer 4028, erhältlich von Henkel Corporation (Ambler PA)) und propoxyliertes Bisphenol A-Diacrylat mit einer Propoxylierung von 2 oder mehr, vorzugsweise im Bereich von 2 bis ungefähr 30 ein; Methylolpropan-Polyacrylate mit und ohne Alkoxylierung, wie beispielsweise ethoxyliertes Trimethylolpropantriacrylat mit einer Ethoxylierung von 3 oder mehr, vorzugsweise im Bereich von 3 bis ungefähr 30 (beispielsweise Photomer 4149, Henkel Corporation und SR499, Sartomer Company Incorporated), propoxyliertes Trimethylolpropantriacrylat mit einer Propoxylierung von 3 oder mehr, vorzugsweise im Bereich von 3 bis 30 (beispielsweise Photomer 4072, Henkel Corporation und SR492, Sartomer) und D trimethylolpropan tetraacrylat (beispielsweise Photomer 4355, Henkel Corporation); alkoxylierte Glyceroltriacrylate, wie beispielsweise propoxyliertes Glyceroltriacrylat mit einer Propoxylierung von 3 oder mehr (beispielsweise Photomer 4096, Henkel Corporation und SR 9020 Sartomer); Erythritolpolyacrylate mit und ohne Alkoxylierung, wie beispielsweise Pentaerythritoltetraacrylat (beispielsweise SR295, erhältlich von

Sartomer Company Incorporated (West Chester, PA)), ethoxyliertes Pentaerythritoltetraacrylat (beispielsweise SR494, Sartomer Company Incorporated) und Dipentaerythritolpentaacrylat (beispielsweise Photomer 4399, Henkel Corporation und SR399, Sartomer Company Incorporated); Isocyanuratpolyacrylate, gebildet durch Umsetzen eines geeigneten funktionellen Isocyanurats mit einer Acrylsäure oder Acryloylchlorid, wie beispielsweise Tris-(2-hydroxyethyl)isocyanuratdiacrylat (beispielsweise SR368, Sartomer Company Incorporated) und Tris-(2-hydroxyethyl)isocyanuratdiacrylat; Alkoholpolyacrylate mit und ohne Alkoxylierung, wie beispielsweise Tricyclodecandimethanoldiacrylat (beispielsweise CD406, Sartomer Company Incorporated) und ethoxyliertes Polyethylenglycoldiacrylat mit einer Ethoxylierung von 2 oder mehr, vorzugsweise im Bereich von 2 bis 30; Epoxyacrylate, gebildet durch Zusatz von Acrylat zu Bisphenol A Diglycidylether (4 aufwärts), (beispielsweise Photomer 3016, Henkel Corporation); und einzelne und vielringige zyklische aromatische und nichtaromatische Polyacrylate, wie beispielsweise Dicyclopentandiendiacrylat und Dicyclopentan-Diacrylat ein.

[0025] Es kann ebenfalls erwünscht sein, bestimmte Mengen von monofunktionellen ethylenisch ungesättigten Monomeren zu verwenden, die zur Beeinflussung des Ausmaßes eingebracht werden können, in dem das gehärtete Produkt Wasser absorbiert, sich an andere Umhüllungsmaterialen anhaftet oder unter Belastung verhält. Beispielhafte monofunktionelle ethylenisch ungesättigte Monomere schließen ohne Einschränkung Hydroxyalkylacrylate, wie beispielsweise 2-Hydroxyethylacrylat, 2-Hydroxypropylacrylat und 2-Hydroxybutylacrylat; lang- und kurzkettige Alkylacrylate, wie beispielsweise Methylacrylat, Ethylacrylat, Propylacrylat, Isopropylacrylat, Butylacrylat, Amylacrylat, Isobutylacrylat, T-butylacrylat, Pentylacrylat, Isoamylacrylat, Hexylacrylat, Heptylacrylat, Octylacrylat, Isooctylacrylat, 2-Ethylhexylacrylat, Nonylacrylat, Decylacrylat, Isodecylacrylat, Undecylacrylat, Dodecylacrylat, Laurylacrylat, Octadecylacrylat und Stearylacrylat; AminoAlkylacrylate, wie beispielsweise Dimethylaminoethylacrylat, Dimethylaminoethylacrylat und 7-Amino-3,7-dimethyloctylacrylat; Alkoxyalkylacrylate, wie beispielsweise Butoxylethylacrylat, Phenoxyethylacrylat (beispielsweise SR339, Sartomer Company, Incorporated) und Ethoxyethoxyethylacrylat; ein- und mehr- bzw. vielringige zyklisch aromatische oder nicht-aromatische Acrylate, wie beispielsweise Cyclohexylacrylat, Benzylacrylat, Dicyclopentadienacrylat, Dicyclopentanylacrylat, Tricyclodecanylacrylat, Bornylacrylat, Isobornylacrylat (beispielsweise SR423, Sartomer Company Incorporated), Tetrahydrofurfurylacrylat (beispielsweise SR285, Sartomer Company Incorporated), Carrolactonacrylat (beispielsweise SR495, Sartomer Company Incorporated) und Acryloylmorpholin; alkoholbasierte Acrylate, wie beispielsweise Polyethylenglycolmonoacrylat, Polypropylenglycolmonoacrylat, Methoxyethylenglycolacrylat, Methoxypolypropylenglycolacrylat, Methoxypolyethylen-glycolacrylat, Ethoxydiethylenglycolacrylat und verschiedene alkoxylierte Alkylphenolacrylate, wie beispielsweise ethoxyliertes (4) Nonylphenolacrylat (beispielsweise Photomer 4003, Henkel Corporation); Acrylamide, wie beispielsweise Diacetonacrylamid, Isobutoxymethylacrylamid, N,N'-Dimethylaminopropylacrylamid, N,N-Dimethylacrylamid, N,N-Diethylacrylamid und t-Octylacrylamid; Vinyl-Verbindungen, wie beispielsweise N-Vinylpyrrolidon und N-Vinylcaprolactam; und saure Ester, wie beispielsweise Maleinsäureester und Fumarsäureester ein. Bezuglich der lang- und kurzkettigen Alkylacrylate, die oben aufgelistet sind, ist ein kurzkettiges Alkylacrylat eine Alkylgruppe mit 6 oder weniger Kohlenstoffatomen und ist ein langkettiges Alkylacrylat einer Alkylgruppe mit 7 oder mehr Kohlenstoffatomen.

[0026] Die am meisten geeigneten Monomere sind entweder im Handel erhältlich oder werden einfach unter Verwendung der in der Technik bekannten Reaktionsschemata synthetisiert. Beispielsweise können die meisten der oben aufgelisteten monofunktionellen Monomere durch Umsetzung eines geeigneten Alkohols oder mit einer Acrylsäure oder Acryloyl-Chlorid synthetisiert werden.

[0027] Wie oben angegeben, ist der geringere Bestandteil der Umhüllungszusammensetzung der vorliegenden Erfindung der oligomere Bestandteil. Der oligomere Bestandteil kann eine einzige Art von Oligomer einschließen oder er kann eine Kombination aus 2 oder mehreren Oligomeren sein. Wenn er, falls überhaupt, verwendet wird, umfasst der oligomere Bestandteil, der in die Zusammensetzungen der vorliegenden Erfindung eingebracht ist, vorzugsweise ethylenisch ungesättigte Oligomere. Während der oligomere Bestandteil in einer Menge von 15 Gew.-% oder weniger vorhanden sein kann, liegt er vorzugsweise in einer Menge von 13 Gew.-% oder weniger, besonders bevorzugt 10 Gew.-% oder weniger vor. Während geeignete physikalische Eigenschaften der Zusammensetzung und des sich aus ihr ergebenden gehärteten Materials aufrechterhalten werden, ist es kosteneffektiver und deswegen mehr erwünscht, Zusammensetzungen herzustellen, die vorzugsweise weniger als 5 Gew.-% des oligomeren Bestandteils aufweisen oder denen der oligomere Bestandteil im Wesentlichen fehlt.

[0028] Wenn sie angewendet werden, können geeignete Oligomere entweder monofunktionelle Oligomere oder polyfunktionelle sein, obwohl polyfunktionelle Oligomere bevorzugt werden. Der oligomere Bestandteil kann ebenfalls eine Kombination aus einem monofunktionellen Oligomer und einem polyfunktionellen Oligomer sein.

[0029] Der oligomere Bestandteil umfasst ein oder mehrere Oligomere mit Strukturen gemäß Formel (I), (II), (III) oder (IV), siehe unten.

[0030] Di-funktionelle Oligomere weisen vorzugsweise eine Struktur gemäß Formel (I), siehe nachstehend, auf:



wobei F_1 unabhängig eine reaktive funktionelle Gruppe, wie beispielsweise Acrylat, Metacrylat, Acrylamid, N-vinylamid, Styrol, Vinylether, Vinylester oder eine andere funktionelle Gruppe ist, die in der Technik bekannt ist; R_1 unabhängig $C_{2-12}O$, $(C_{2-4}O)_n$, $C_{2-12}O(C_{2-4}O)_n$, $C_{2-12}O(CO-C_{2-5}O)_n$, $C_{2-12}O(CO-C_{2-5}NH)_n$ ist, wobei n eine ganze Zahl von 1 bis 30 ist, vorzugsweise von 1 bis 10; R_2 Polyether, Polycarbonat, Polyamid, Polyurethan, Polyurea oder Kombinationen hiervon ist; und m eine ganze Zahl von 1 bis 10 ist, vorzugsweise 1 bis 5. In der Struktur von Formel I ist die Diisocyanatgruppe das Reaktionsprodukt, das sich im Anschluss an die Bindung eines Diisocyanats an R_2 und/oder R_1 bildet. Der Begriff "unabhängig" wird hierin verwendet, um anzuseigen, dass jedes F_1 sich von einem anderen F_1 unterscheiden kann, und dasselbe ist ebenfalls für jedes R_1 der Fall.

[0031] Weitere polyfunktionelle Oligomere weisen vorzugsweise eine Struktur gemäß Formel (II), Formel (III) oder Formel (IV) auf, wie unten dargelegt ist:



oder



wobei F_2 unabhängig von 1 bis 3 funktionelle Gruppen, wie beispielsweise Acrylat, Metacrylat, Acrylamid, N-vinylamid, Styrol, Vinylether, Vinylester oder andere funktionelle Gruppen repräsentiert, die in der Technik bekannt sind; R_1 $C_{2-12}O$, $(C_{2-4}O)_n$, $C_{2-12}O(C_{2-4}O)_n$, $C_{2-12}O(CO-C_{2-5}O)_n$, $C_{2-12}O(CO-C_{2-5}NH)_n$ ist, wobei n eine ganze Zahl von 1 bis 10, vorzugsweise 1 bis 5 ist; R_2 Polyether, Polycarbonat, Polyamid, Polyurethan, Polyurea oder Kombinationen hiervon; x ist eine ganze Zahl von 1 bis 10, vorzugsweise 2 bis 5; und m ist eine ganze Zahl von 1 bis 10, vorzugsweise 1 bis 5. In der Struktur von Formel II ist die Multiisocyanatgruppe das Reaktionsprodukt, das im Anschluss an die Bindung eines Multiisocyanats an R_2 gebildet wird. In ähnlicher Weise ist die Diisocyanatgruppe in der Struktur von Formel III das Reaktionsprodukt, das im Anschluss an eine Bindung eines Diisocyanats an R_2 und/oder R_1 gebildet wird.

[0032] Urethanoligomere werden herkömmlicherweise durch Umsetzen eines aliphatischen Diisocyanats mit einem dihydrischen Polyether oder Polyester bereitgestellt, am typischsten eines Polyoxyalkylenglycols, wie beispielsweise Polyethylenglycols. Derartige Oligomere weisen typischerweise zwischen 4 bis 10 Urethangruppen auf und können ein höheres Molekulargewicht aufweisen, beispielsweise 2000 bis 8000. Jedoch können Oligomere mit niedrigerem Molekulargewicht, die Molekulargewichte in einem Bereich von 500 bis 2000 aufweisen, ebenfalls verwendet werden. US Patent Nr. 4 608 409 auf den Namen Coady et al. und US Patent Nr. 4 609 718 auf den Namen Bishop et al. beschreiben eine derartige Synthese im Detail.

[0033] Wenn es erwünscht ist, Feuchtigkeits-resistente Oligomere zu verwenden, können diese in einer analogen Art und Weise synthetisiert werden, außer dass die polaren Polyether- oder Polyesterglycole zu Gunsten von in erster Linie gesättigten und unpolaren aliphatischen Diolen vermieden werden. Diese Diole schließen beispielsweise Alkan- oder Alkylen-Diole von 2 bis 250 Kohlenstoffatomen ein und sind im Wesentlichen vorzugsweise frei von Ester- oder Ether-Gruppen.

[0034] Wie wohlbekannt ist, können Polyurea-Bestandteile in Oligomere eingebaut werden, die durch diese Verfahren hergestellt wurden, einfach durch Substituieren von Diaminen oder Polyaminen für Diole oder Polyole im Verlauf der Synthese. Das Vorliegen von geringeren Anteilen von Polyureabestandteilen in den vorliegenden Umhüllungssystemen wird für die Leistung der Umhüllung nicht als nachteilig angenommen, vorausgesetzt nur, dass die Diamine oder Polyamine, die in der Synthese verwendet werden, ausreichend unpolär und gesättigt sind, um eine Verschlechterung der Feuchtigkeitsbeständigkeit des Systems zu vermeiden.

[0035] Wie bekannt ist, können optische Faserumhüllungs-Zusammensetzungen ebenfalls einen Polymerisa-

tionsstarter enthalten, der eine Polymerisation (das heißt Härtung) der Zusammensetzung nach ihrer Aufbringung auf eine Glasfaser oder einer vorher umhüllten Glasfaser in geeigneter Weise verursachen kann. Polymerisationsstarter, die zur Verwendung in den Zusammensetzungen der vorliegenden Erfindung geeignet sind, schließen thermische Starter, chemische Starter, Elektronenstrahlstarter, Mikrowellenstarter, aktinische Strahlungsstarter und Fotostarter ein. Besonders bevorzugt sind die Fotostarter. Für die meisten Acrylat-basierten Umhüllungsformulierungen sind konventionelle Fotostarter, wie die bekannten ketonischen Fotostart- und/oder Phosphinoxidadditive bevorzugt. Wenn er in den Zusammensetzungen der vorliegenden Erfindung verwendet wird, liegt der Fotostarter in einer Menge vor, die ausreichend ist, um eine rasche Ultraviolethaushärtung bereitzustellen. Dies schließt im Allgemeinen 0,5 bis 10 Gew.-%, besonders bevorzugt 1,5 bis 7,5 Gew.-% ein.

[0036] Der Fotostarter muss eine vernünftige Aushärtgeschwindigkeit bereitstellen, wenn er in einer kleinen, jedoch wirksamen Menge verwendet wird, um eine Strahlungshärtung zu fördern, ohne jedoch eine vorzeitige Gelierung der Hüllzusammensetzung zu verursachen. Eine erwünschte Aushärtgeschwindigkeit ist jede Geschwindigkeit die ausreichend ist, um ein beträchtliches Aushärten (das heißt, mehr als 90%, besonders bevorzugt 95%) der Umhüllungszusammensetzung zu verursachen. Wie in einer Dosis-gegen-Modul-Kurve gemessen ist die Härtungsgeschwindigkeit für Umhüllungsdicken von ungefähr 25 bis 35 µm beispielsweise weniger als 1,0 J/cm², vorzugsweise weniger als 0,5 J/cm².

[0037] Geeignete Fotostarter schließen 1-Hydroxycyclohexylphenylketon (beispielsweise Irgacure 184 erhältlich von Ciba Speciality Chemical Tarrytown, NY)), (2,6-Dimethoxybenzoyl)-2,4,4-trimethylpentylphosphinoxid (beispielsweise in kommerziellen Gemischen Irgacure 1800, 1850 und 1700, Ciba Speciality Chemical, 2,2-Dimethoxy-2-phenylacetophenon (beispielsweise Irgacure 651, Ciba Speciality Chemical) bis (2,4,6-Trimethylbenzoyl)phenylphosphinoxid (beispielsweise Irgacure 819, Ciba Speciality Chemical), (2,4,6-Trimethylbenzoyl)diphenylphosphinoxid (beispielsweise im kommerziellen Gemisch Darocur 4265, Ciba Speciality Chemical), 2-Hydroxy-2-methyl-1-phenylpropan-1 und (beispielsweise in der kommerziellen Mischung Darocur 4265, Ciba Speciality Chemical) und Kombinationen hiervon ein. Weitere Fotostarter werden kontinuierlich entwickelt und in Umhüllungszusammensetzungen auf Glasfasern verwendet. Jeder geeignete Fotostarter kann in die Zusammensetzungen der vorliegenden Erfindung eingebbracht werden.

[0038] Zusätzlich zu den oben beschriebenen Bestandteilen kann die sekundäre Umhüllungszusammensetzung der vorliegenden Erfindung wahlweise ein Additiv oder eine Kombination von Additiven einschließen. Geeignete Additive schließen ohne Einschränkung Antioxidantien, Katalysatoren, Gleitmittel, nicht-vernetzende Harze mit niedrigem Molekulargewicht, Adhäsionsförderer und Stabilisatoren ein. Einige Additive können dazu dienen, den Polymerisationsprozess zu kontrollieren, wodurch die physikalischen Eigenschaften des Polymerisationsproduktes, das aus der Zusammensetzung gebildet wird (beispielsweise Modul, Glasübergangstemperatur), beeinflusst werden. Andere können die Integrität des Polymerisationsproduktes der Zusammensetzung beeinflussen (beispielsweise Schutz gegen eine Depolymerisierung oder oxidativem Abbau).

[0039] Ein bevorzugtes Antioxidans ist Thiodiethylen bis(3,5-di-tertbutyl)-4-hydroxyhydrocinnamat) (beispielsweise Irganox 1035, erhältlich von Ciba Speciality Chemical).

[0040] An bevorzugter Adhäsionspromotor ist ein acrylierter saurer Adhäsionspromotor, wie beispielsweise Ebecryl 170 (erhältlich von UCB Radcure (Smyrna GA)).

[0041] Andere geeignete Materialien zur Verwendung in sekundären Umhüllungsmaterialien, ebenso wie Erwägungen bezüglich der Auswahl dieser Materialien sind in der Technik wohlbekannt und sind in den US Patenten Nr. 4 962 992 und 5 104 433 auf den Namen Chapin beschrieben.

[0042] Verschiedene Additive, die ein oder mehrere Eigenschaften der Umhüllung verbessern, können ebenfalls vorliegen, einschließlich der oben erwähnten Additive, die in die Zusammensetzungen der vorliegenden Erfindung eingebaut sind.

[0043] In einer Ausführungsform der Erfindung dient der oligomere Bestandteil nicht als Grundgerüst, auf dem eine Polymerisation während des Aushärtens der Zusammensetzungen eintritt, sondern eher als Verdickungsmittel zur Steuerung der Viskosität der endgültigen Zusammensetzung. Wie hierin nachstehend diskutiert ist, erfordert die Herstellung von optischen Fasern und Faseroptikbändern, dass die Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung auf ein oder mehrere vorher beschichtete Glasfasern aufgeschichtet wird (das heißt, unter Verwendung entweder eines Nass-Auf-Nass- oder Nass-Auf-Trocken-Umhüllungsprozesses). Um eine effektive optische Faser- und Faseroptikband-Produktion zu ermöglichen, sollte die Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung bei Verarbeitungstemperaturen ausreichend viskos sein, sodass sie auf der be-

schichteten Glasfaser verbleibt, bis sie ausgehärtet ist. Eine geeignete Viskosität für die Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung liegt zwischen 250 und 2500 centipoise bei 45 °C, vorzugsweise zwischen 300 und 2000 centipoise bei 45 °C, besonders bevorzugt zwischen 350 und 1500 centipoise bei 45 °C. Eine bevorzugte Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung enthält ungefähr 10 Gew.-% BR-301, ein Polyetherurethaneacrylatoligomer, erhältlich von Bomar Speciality Chemical (Winsted CT); ungefähr 22 Gew.-% Photomer 4025, ein ethoxyliertes (8) Bisphenol A Diacrylatmonomer, erhältlich von Henkel; ungefähr 65 Gew.-% von Photomer 4028, ein ethoxyliertes (4) Bisphenol A Diacrylatmonomer erhältlich von Henkel; und ungefähr 3 Gew.-% Irgacure 1850 Fotostarter, ein kommerzielles Gemisch, das bis(2,6-Dimethoxybenzoyl)-2,4,4-trimethylpentylphosphinoxid und 1-Hydroxycyclohexylphenylketon, erhältlich von Ciba Speciality Chemical, enthält.

[0044] Eine weitere bevorzugte Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung enthält ungefähr 10 Gew.-% KWS 4131, ein Polyetherurethandiacrylatoligomer, erhältlich von Bomar Speciality Chemical; ungefähr 5 Gew.-% Photomer 3016, ein Epoxyacrylatmonomer, erhältlich von Henkel; ungefähr 82 Gew.-% Photomer 4028, ein ethoxyliertes (4) Bisphenol A Diacrylatmonomer, erhältlich von Henkel; ungefähr 1,5 Gew.-% Irgacure 819 Fotostarter, ein bis(2,4,6-Trimethylbenzoyl)phenylphosphinoxid, erhältlich von Ciba Speciality Chemical; 1,5 Gew.-% Irgacure 184 Fotostarter, ein 1-Hydroxycyclohexylphenylketon, erhältlich von Ciba Speciality Chemical; und ungefähr 0,5 pph von Irgacure 1035 als Antioxidans, ein Thiodiethylen bis(3,5-di-tert-butyl)-4-hydroxyhydrocinnamat, erhältlich von Ciba Speciality Chemical.

[0045] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Umhüllungs- oder Matrixmaterial, das das gehärtete Produkt einer Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung ist.

[0046] Trotz des niedrigen Oligomergehalts der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung ist das sich ergebende Umhüllungs- oder Matrixmaterial der vorliegenden Erfindung durch eine hohe Zugfestigkeit gekennzeichnet. Wie gemäß ASTM D-882-97 gemessen, ist die Zugfestigkeit des Polymerisationsproduktes der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung zumindest 18 MPa, vorzugsweise zumindest 20 MPa, besonders bevorzugt zumindest 22 MPa. Wenn es gemäß ASTM D-882-97 gemessen wird, ist das Sekantenmodul zumindest 350 MPa, vorzugsweise zumindest 450 MPa und besonders bevorzugt zumindest 550 MPa. Das Young'sche Modul für das Polymerisationsprodukt einer Umhüllungszusammensetzung der vorliegenden Erfindung, wenn es gemäß ASTM D-882-97 gemessen wird, das hierin durch Bezugnahme mit aufgenommen ist, ist zumindest 650 MPa, vorzugsweise zumindest ungefähr 700 MPa und besonders bevorzugt zumindest 800 MPa.

[0047] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Umhüllungszusammensetzung ein Young'sches Modul auf, das zumindest 900 MPa ist, vorzugsweise ist das Modul zumindest 1100 bis 1300 MPa, besonders bevorzugt ist das Modul zumindest 1700 MPa und am meisten bevorzugt ist das Modul zumindest 2100 MPa.

[0048] Eine besonders nützliche Eigenschaft des Umhüllungs- oder Matrixmaterials der vorliegenden Erfindung ist seine Fähigkeit, einer Wasserabsorption zu widerstehen, weil eine Wasserabsorption durch die Umhüllung oder Matrix letztendlich eine Delaminierung der Umhüllungen von der Glasfaser und/oder eine Schwächung der Matrix verursachen kann, was eine Signalabschwächung zur Folge haben kann. Deswegen sollte die Wasserabsorption durch das Umhüllungs- oder Matrixmaterial der vorliegenden Erfindung weniger als 5%, bevorzugt weniger als 3%, besonders bevorzugt weniger als 2% sein.

[0049] Eine weitere nützliche Eigenschaft des Umhüllungs- oder Matrixmaterials ist seine Fähigkeit, einem Abbau oder Veränderungen der Eigenschaften im Anschluss an eine Exposition gegenüber Wasser zu widerstehen. Es ist somit für die Umhüllungs- oder Matrixmaterialien erwünscht, daß sie einen niedrigen Prozentsatz an Wasser-extrahierbaren Bestandteilen enthalten. Vorzugsweise wird das Beschichtungsmaterial weniger als 2% extrahierbare Bestandteile enthalten, vorzugsweise weniger als 1% und noch bevorzugter weniger als 0,5% extrahierbare Bestandteile. Es wird ebenfalls bevorzugt, dass die erfindungsgemäße Zusammensetzung eine prozentuale Ausdehnung von weniger als 30% bei Bruch aufweist. Es ist mehr bevorzugt, dass die prozentuale Ausdehnung bei Bruch 10 bis 20% beträgt.

[0050] Die Umhüllungszusammensetzung weist eine weitere nützliche Eigenschaft der Reduktion eines Verlustes auf Grund der Empfindlichkeit gegenüber einer Mikrokrümmung auf, wenn die Umhüllung auf eine optische Faser aufgebracht wird. Die umhüllte optische Faser zeigte eine Mikrokrümmungs-Abschwächung von weniger als 2,25 dB/m bei einer Wellenlänge von 1550 nm, vorzugsweise eine Abschwächung von weniger als 1,50 dB/m, besonders bevorzugt weniger als 0,53 dB/m und am meisten bevorzugt weniger als 0,13 dB/min. Ein bevorzugter Modenfeld-Durchmesser bei 1550 nm ist zumindest 9,0 μm^2 , besonders bevorzugt zumindest

9,5 μm^2 .

[0051] Bei einer Wellenlänge von 1625 nm hat die Faser eine Mikrokrümmungsabschwächung von weniger als 3,0 dB/m, vorzugsweise weniger als ungefähr 2,30 dB/m, besonders bevorzugt weniger als 0,75 dB/m und am meisten bevorzugt weniger als 0,20 dB/m gezeigt. Ein bevorzugter Modenfeld-Durchmesser bei 1625 nm ist zumindest ungefähr 10,0 μm^2 und besonders bevorzugt zumindest 10,5 μm^2 . Ein nicht erschöpfendes Beispiel einer Umhüllungszusammensetzung, die die obige Mikrokrümmungsempfindlichkeit sowohl bei 1550 nm als auch 1625 nm zeigt, ist eine Umhüllungszusammensetzung mit einem Young'schen Modul von zumindest 900 MPa.

[0052] Die erfindungsgemäße Umhüllungszusammensetzung weist eine exzellente Anwendbarkeit als Umhüllung für eine optische Faser mit einer großen Nutzfläche auf, insbesondere für Fasern für eine hohe Datenrate, Untersee- oder terrestrische Anwendungen. Es wird bevorzugt, dass die erfindungsgemäße Umhüllung, die auf die Faser aufgebracht wird, ein Young'sches Modul von zumindest 900 MPa aufweist. Ein Wellenleiter (a.k.a. optische Faser) mit einer großen effektiven Fläche reduziert nichtlineare optische Effekte einschließlich der Selbst-Phasen-Modulation, Vier-Wellen-Mischen, Kreuzphasen-Modulation und nichtlineare Streuprozesse, die einen Abbau von Signalen in Hochleistungssystem verursachen können. Im Allgemeinen schließt die mathematische Beschreibung dieser nicht-linearen Effekte das Verhältnis P/A_{eff} ein, wobei P die Lichtstärke bzw. -kraft ist. Beispielsweise kann ein nicht-linearer optischer Effekt einer Gleichung folgen, die einen Term enthält $\exp [PxL_{\text{eff}}/A_{\text{eff}}]$, wobei L_{eff} die effektive Länge ist. Somit erzeugt eine Zunahme in A_{eff} eine Abnahme des nichtlinearen Beitrags zum Abbau eines Lichtsignals, das sich im Lichtwellenleiter fortpflanzt. Das Erfordernis in der Telekommunikationsindustrie nach einer größeren Informationskapazität über längere Distanzen hinweg, ohne Regeneratoren, hat zu einer erneuten Auswertung eines Einmodenfaserbrechungsindexprofil-Designs geführt.

[0053] Der Fokus dieser erneuten Auswertung bestand darin, optische Wellenleiter bereitzustellen, die nicht-lineare Effekte, wie beispielsweise solche reduzieren, die oben erwähnt sind und die bezüglich eines Betriebs in einem Wellenlängenbereich mit niedrigerer Dämpfung bzw. Abschwächung um 1550 nm herum, das heißt, der Bereich von 1250 nm bis 1700 nm, optimiert sind. Zusätzlich sollte der Wellenleiter mit optischen Verstärkern kompatibel sein und die erwünschten Eigenschaften optischer Wellenleiter, die nunmehr entwickelt wurden, wie beispielsweise hohe Festigkeit, Ermüdungsfestigkeit und Biegefestigkeit beibehalten.

[0054] Eine Wellenleiterfaser, die zumindest zwei verschiedene Brechungsindex-Segmente aufweist, zeigt eine ausreichende Flexibilität, um den Kriterien für ein Hochleistungswellenleiterfaser-System zu entsprechen oder diese sogar zu übertreffen.

[0055] Die effektive Fläche eines Wellenleiters wird im Allgemeinen durch Entwicklung von Brechungsindexprofilen erhöht, die eine Verschiebung der Lichtenergie-Verteilung in der Faser aus der Zentraillinie der Wellenleiterfaser nach außen hin verursachen, wodurch die Energiedichte reduziert wird. Bei der Bewegung der Energieverteilung nach außen hin zum Kernrand jedoch wird der Wellenleiter gegenüber Energieverlusten auf Grund einer Krümmung der Faser empfindlicher.

[0056] Viele derartige Hochleistungswellenleiter-Designs sind inhärent gegenüber mikrokrümmungsinduzierten Abschwächungsverlusten des übertragenen Signals anfälliger. Diese mikrokrümmungsempfindlichen Designs erfordern Umhüllungssysteme, wie beispielsweise solche der vorliegenden Erfindung, um die Probleme bei der Mikrokrümmung zu milder.

Definitionen

[0057] Die folgenden Definitionen entsprechen der üblichen Anwendung in der Technik.

- Das Brechungsindexprofil ist das Verhältnis zwischen dem Brechungsindex und dem Radius der Wellenleiterfaser.
- Ein segmentierter Kern ist einer, der in zumindest einen ersten und einen zweiten Wellenleiterfaserkernanteil oder Segment unterteilt ist. Jeder Anteil oder Segment befindet sich entlang einer speziellen radialen Strecke und ist im Wesentlichen um die Wellenleiterfaserzentraillinie herum symmetrisch und weist ein damit in Verbindung stehendes Brechungsindexprofil auf.
- Die Wirkfläche bzw. wirksame Fläche ist $A_{\text{eff}} = 2 \pi (\int E^2 r dr) / (\int E^4 r dr)$, wobei die Integrationsgrenzen 0 bis ∞ sind und E das elektrische Feld ist, das mit dem Licht, das sich im Wellenleiter propagiert, in Verbindung steht. Ein wirksamer Durchmesser, D_{eff} , kann wie folgt definiert werden, $A_{\text{eff}} = \pi (D_{\text{eff}}/2)^2$.

Durch eine große wirksame Fläche soll die wirksame Fläche der Faser bezeichnet werden, die größer als ungefähr $60 \mu\text{m}^2$ ist, besonders bevorzugt ist die wirksame Fläche der Faser größer als ungefähr $65 \mu\text{m}^2$ und am meisten bevorzugt ist die effektive Fläche der Faser größer als $70 \mu\text{m}^2$. Es ist möglich und bevorzugt, dass die Faser eine wirksame Fläche von mehr als 80 bis $90 \mu\text{m}^2$ aufweist.

– Der relative Brechungsindex in Prozent, $\Delta\% = 100 \times (n_i^2 - n_c^2)/2n_i^2$, wobei n_i der maximale Brechungsindex in der Region i ist, soweit nichts anderes angegeben ist, und n_c der durchschnittliche Brechungsindex der Hüllregion ist, soweit nichts anderes angegeben ist.

– Der Begriff α -Profil betrifft ein Brechungsindexprofil, ausgedrückt als Begriff $\Delta(b)\%$, wobei b ein Radius ist, der der folgenden Gleichung folgt,

$\Delta(b)\% = \Delta(b_0)(1 - [|b - b_0|/(b_1 - b_0)]^\alpha)$, wobei b_0 der Punkt ist, an dem $\Delta(b)\%$ maximal ist, b_1 der Punkt ist, an dem $\Delta(b)\%$ Null ist, und b im Bereich von $b_i \leq b \leq b_f$ ist, wobei Δ oben definiert ist, b_i ist der Startpunkt des α -Profils, b_f ist der Endpunkt des α -Profils und α ein Exponent, der eine reale Zahl ist. Die Anfangs- und Endpunkte des α -Profils werden ausgewählt und in das Computermodell eingegeben. Wie hierin verwendet, ist der Ausgangspunkt des α -Profils, wenn einem α -Profil ein Stufenindexprofil oder irgendeine andere Profilform vorangeht, der Schnittpunkt des α -Profils und des Stufenprofils oder des anderen Profils.

[0058] Bezuglich der großen wirksamen Flächenfasern für Unterseeanwendungen zeigte die beschichtete Faser eine Abschwächung von nicht mehr als $0,23 \text{ dB/km}$ bei einer Wellenlänge von 1550 nm , vorzugsweise nicht mehr als $0,22 \text{ dB/km}$, besonders bevorzugt nicht mehr als $0,20 \text{ dB/km}$, am meisten bevorzugt nicht mehr als $0,15 \text{ dB/km}$. Die Cutoff-Wellenlänge für Unterseefasern ist typischerweise im Bereich von 1000 bis ungefähr 2000 nm , vorzugsweise weniger als 1600 nm , besonders bevorzugt weniger als 1500 nm und am meisten bevorzugt weniger als 1400 nm . Der Modenfelddurchmesser (MFD) ist im Bereich von $10,0$ bis $7,0 \mu\text{m}^2$, vorzugsweise $9,7$ bis $7,7 \mu\text{m}^2$ und besonders bevorzugt $9,6$ bis $8,0 \mu\text{m}^2$. Ein Beispiel für eine geeignete Unterseefaser ist Submarine LEAF®, erhältlich von Corning Incorporated von Corning, NY, das eine effektive Fläche von ungefähr $71 \mu\text{m}^2$ aufweist.

[0059] Bezuglich der Fasern mit großer effektiver Fläche für Anwendungen mit hoher Datenrate bzw. -geschwindigkeit zeigte die beschichtete bzw. umhüllte Faser eine Abschwächung von nicht mehr als ungefähr $0,25 \text{ dB/km}$ bei einer Wellenlänge von 1550 nm , vorzugsweise nicht mehr als $0,22 \text{ dB/km}$, besonders bevorzugt nicht mehr als $0,20 \text{ dB/km}$, am meisten bevorzugt nicht mehr als $0,19 \text{ dB/km}$. Fasen mit hoher Datenrate zeigten ebenfalls eine Polarisationsmodendispersion (Polarization Mode Dispersion = PMD) von nicht mehr als $0,05 \text{ ps/km}^{1/2}$, vorzugsweise nicht mehr als $0,04 \text{ ps/km}^{1/2}$, besonders bevorzugt nicht mehr als $0,02 \text{ ps/km}^{1/2}$, am meisten bevorzugt nicht mehr als $0,01 \text{ ps/km}^{1/2}$. Die Cutoff-Wellenlänge von Fasern mit hoher Datenrate ist typischerweise im Bereich von 1000 bis 2000 nm , vorzugsweise im Bereich von 1500 bis 1900 nm und besonders bevorzugt im Bereich von 1700 bis 1550 nm . Der Modenfelddurchmesser (Mode Field Diameter = MFD) liegt im Bereich von $12,0$ bis $8,0 \mu\text{m}^2$, vorzugsweise $11,0$ bis $9,0 \mu\text{m}^2$ und besonders bevorzugt $10,0$ bis $9,5 \mu\text{m}^2$. Fasern mit hoher Datenrate können Informationen in einer Geschwindigkeit von ungefähr 1 Gbs , vorzugsweise ungefähr 2 Gbs und besonders bevorzugt ungefähr 10 Gbs übertragen.

[0060] Es ist weiterhin bevorzugt, dass die Faser mit großer effektiver Fläche einen Kernradius von 2 bis $6 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt 3 bis $5 \mu\text{m}$ aufweist.

[0061] Zwei Beispiele von Fasern mit großer wirksamer Fläche, auf die die erfindungsgemäße Umhüllung aufgebracht werden kann, schließen SMF-28™ und LEAF®-Fasern ein, erhältlich von Corning Incorporated von Corning, NY. Es ist bevorzugt, dass SMF-28™ einen Modenfelddurchmesser von zumindest $9,0 \mu\text{m}$ und eine bevorzugte Veränderung der Signalabschwächung bei 1550 nm und bei $70\text{-}30\text{N}$ von weniger als $0,50 \text{ dB/m}$, besonders bevorzugt $0,30 \text{ dB/m}$ oder weniger, am meisten bevorzugt $0,15 \text{ dB/m}$ oder weniger aufweist. Die Veränderung der Signalabschwächung sollte gemäß dem Seitenbelastungsmaschendrahttest, unten in Beispiel 4 beschrieben (Lateral Load Wire Mesh Test), getestet werden. Es wird bevorzugt, dass LEAF® einen Modenfelddurchmesser von zumindest $9,0 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt zumindest $9,5 \mu\text{m}$ und eine bevorzugte Veränderung der Signalabschwächung bei 1550 nm und bei $70\text{-}30\text{N}$ von weniger als $1,17 \text{ dB/m}$, besonders bevorzugt $0,80 \text{ dB/m}$ oder weniger, am meisten bevorzugt $0,55 \text{ dB/m}$ oder weniger aufweist. Die Veränderung in der Signalabschwächung sollte gemäß des Seitenbelastungsmaschendrahttestes, der unten in Beispiel 4 beschrieben ist, getestet werden. Zwei Beispiele für Zusammensetzungen, die auf die vorher erwähnten SMF-28™ und LEAF®-Fasern aufgebracht werden können, schließen eine Umhüllung ein, die aus ungefähr 10 Gew.-\% eines Polyether-basierten Urethandiacyrлатoligomers (beispielsweise BR301), ungefähr 22 Gew.-\% eines ethoxylierten (8) Bisphenol A Diacrylatmonomers (beispielsweise Photomer 4025), ungefähr 65 Gew.-\% eines ethoxylierten (4) Bisphenol A Diacrylatmonomers (beispielsweise Photomer 4028), ungefähr 3 Gew.-\% eines Gemisches aus 1-Hydroxycyclohexylphenylketon und bis(2,6-Dimethoxybenzoyl)-2,4,4-trimethylpentylphosphinoxid (beispielsweise Irgacure 1850) und ungefähr $0,5 \text{ pph}$ eines Antioxidans besteht, das Thiodiethyl-

len bis(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxy)hydrocinnamat (beispielsweise Irganox 1035) enthält. Die Zusammensetzung der zweiten Umhüllung schließt ungefähr 10 Gew.-% eines Polyether-basierten Urethandiacrylatoligomers (beispielsweise KWS 4131), ungefähr 87 Gew.-% eines ethoxylierten (4) Bisphenol A Diacrylatmonomers (beispielsweise Photomer 4028), ungefähr 3 Gew.-% eines Gemisches aus 1-Hydroxycyclohexylphenylketon und bis(2,6-Dimethoxybenzoyl)-2,4,4-trimethyl-pentylphosphinoxid (beispielsweise Irgacure 1850) und ungefähr 0,5 pph eines Antioxidans ein, das Thiodiethylen bis(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxy)hydrocinnamat (beispielsweise Irganox 1035) enthält. Die oben erwähnten Umhüllungszusammensetzungen sind keine erschöpfende Liste von Umhüllungszusammensetzungen, die in der Ausübung der Erfindung verwendet werden können.

[0062] Bezuglich einer zusätzlichen Offenbarung von Fasern mit einer großen wirksamen Fläche sei auf die US Provisional Patent Applications Serien Nr. 60/145,759, eingereicht am 27. Juli 1999 und 60/165,833, eingereicht am 16. November 1999, verwiesen.

[0063] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine optische Faser, die mit einer Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde. Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) schließt die optische Faser **10** einen Glaskern **12**, eine Umhüllungs- bzw. Mantelschicht **14** auf, die den Glaskern **12** umgibt und ihm benachbart ist, ein primäres Hüllmaterial **16**, das die Mantelschicht **14** einkapselt und an dieser anhaftet und ein oder mehrere sekundäre (oder äußere) Umhüllungsmaterialen **18** ein, die das primäre Umhüllungsmaterial **16** ver kapseln.

[0064] Jedes konventionelle Material kann verwendet werden, um den Glaskern **12** auszubilden, wie beispielsweise solche, die im US Patent 4 486 212 auf den Namen Berkey beschrieben sind. Der Kern ist typischerweise ein Kieselsäure-basiertes Glas mit einem zylindrischen Querschnitt und einem Durchmesser im Bereich von 5 bis 10 µm für Einmodenfasern und 20 bis 100 µm für Multimodenfasern. Der Kern kann wahlweise variierende Mengen eines anderen Materials enthalten, wie beispielsweise Oxide von Titan, Thallium, Germanium und Bor, die den Brechungsindex des Kernes modifizieren. Andere Dotierungsmittel, die in der Technik bekannt sind, können dem Glaskern ebenfalls zugesetzt werden und seine Eigenschaften zu modifizieren.

[0065] Das primäre Umhüllungsmaterial **16** ist das Polymerisationsprodukt irgendeiner geeigneten primären Umhüllungszusammensetzung. Mehrere geeignete primäre Umhüllungszusammensetzungen sind in der Technik bekannt und andere werden kontinuierlich entwickelt. Typischerweise enthalten derartige konventionelle primäre Umhüllungszusammensetzungen eine hohe Konzentration eines oder mehrerer oligomerer Bestandteile (beispielsweise Polyetherurethanacrylatoligomere, Polyestherurethanacrylatoligomere, Polyureaurethanacrylatoligomere, Polyetheracrylatoligomere, Polyesteracrylatoligomere, Polyureaacrylatoligomere, Epoxycrylatoligomer und hydrierte Polybutadienoligomere), ein oder mehrere monomere Bestandteile als reaktive Verdünnungsmittel oder Vernetzungsmittel, Adhäsionspromotoren, die die Adhäsion der primären Umhüllung an die darunter liegende Glasfaser fördern, Polymerisationsstarter und andere bekannte Additive.

[0066] Es wird bevorzugt, dass die primäre Umhüllung eine weiche Umhüllung mit einem niedrigen Young'schen Modul ist. Vorzugsweise ist das Young'sche Modul der primären Umhüllung nicht mehr als 3,0 MPa, besonders bevorzugt ist das Young'sche Modul nicht mehr als 1,5 MPa, am meisten bevorzugt ist das Young'sche Modul nicht mehr als 1,0 MPa. In dem Fall, in dem die sekundäre Umhüllung ein Young'sches Modul von mehr als 1300 MPa aufweist, wird bevorzugt, dass die primäre Umhüllung ein Hochmolekulargewichts-Urethanacrylatoligomer einschließt (beispielsweise KWS6001, erhältlich von Bomar Speciality Corporation, Winsted, CT) und ein Caprolactonacrylatmonomer (Tone M 100, erhältlich von Union Carbide Company, Danbury, CT). Es wird bevorzugt, dass das Caprolactonmonomer in einer Menge von mehr als fünf (5) Gew.-% vorliegt und besonders bevorzugt in einer Menge von mehr als fünfzehn (15) Gew.-%.

[0067] Das sekundäre Umhüllungsmaterial **18** ist das Polymerisationsprodukt (das heißt gehärtet) einer Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung. Das sekundäre Umhüllungsmaterial **18** kann eine enge Pufferumhüllung oder alternativ eine lockere Rohr umhüllung sein. Unabhängig vom Typ des verwendeten sekundären Umhüllungsmaterials wird bevorzugt, dass die äußere Oberfläche des sekundären Hüllmaterials **18** nicht anhaftend ist, sodass die benachbarten Windungen der optischen Faser (das heißt, auf einer Prozessspule) ungewunden sein können.

[0068] Es wird bevorzugt, dass die sekundäre Umhüllung eine äußere Oberfläche mit einem Reibungskoeffizienten aufweist, derart, dass eine Faserspule frei und glatt aufgewickelt und ohne Verursachung von Faserschlaufen, Faserüberkreuzungen oder anderen Winde-Defekten, die lokale Belastungen auf die Faser ausüben und zu einem mikrokrümmungsinduzierten Abschwächungsverlust führen, verursacht wird. Der Reibungs-

koeffizient der sekundären Umhüllung ist vorzugsweise weniger als 0,43, besonders bevorzugt weniger als ungefähr 0,38 und am meisten bevorzugt weniger als 0,35.

[0069] Der Reibungskoeffizient wurde gemäß des nachfolgenden Verfahrens gemessen. Ein Umhüllungsfilm von 7,6 cm (ungefähr 3 Inch bzw. Zoll) Breite und 25,4 cm (10 Zoll) Länge (hierin nachstehend "großer Umhüllungsfilm") wurde auf eine große Glasplatte gegossen und durch ein Fusionsförderbandsystem (erhältlich von Fusion UV, Gaithersburg, MD) gehärtet. Ein anderer Umhüllungsfilm wird auf eine 5 cm × 8 cm Glasplatte gegossen und durch dasselbe Fusions-System (hierin nachstehend "kleiner Umhüllungsfilm") gehärtet.

[0070] Der Reibungskoeffizient (COF) der Umhüllung wurde durch ein Chatillon-Reibungstestgerät von Kayeness Incorporated, Morgantown, PA, gemessen. Der große Umhüllungsfilm wird auf eine Gleit-Stufe des Reibungs-Testgerätes aufgebracht, und der kleine Umhüllungsfilm wird gegen den großen Umhüllungsfilm mit einer Totalbelastung von "W" auf diesem angeordnet. Die Gesamtbelastung, die zur Bestimmung des COF verwendet wurde, wies eine Masse von 120 g auf. Diese kleine Glasplatte ist ebenfalls an eine Befüllungs- bzw. Beschickungszelle des Testgerätes angeschlossen. Die Gleitstufe bewegt und trägt mit sich den großen Film, wenn der Test begonnen wird. Die Gleitstufe bewegte sich in einer Geschwindigkeit von 6 Zoll/min. Die Beladungszelle misst die Kraft "F", die dafür notwenig ist, dass die Umhüllungsfilme übereinander gleiten. Die COF der Umhüllung wird durch die nachfolgende Formel berechnet: $COF = F/W$. Der obige Test wurde bei einer Temperatur von 23 °C und bei einer relativen Feuchtigkeit von 50% durchgeführt.

[0071] In einer Ausführungsform ist der Reibungskoeffizient der sekundären Umhüllung auf nicht mehr als die oben erwähnten Grenzen durch den Einschluss eines Gleitmittels in die Formulierung der zweiten Umhüllung reduziert. Bevorzugte Gleitmittel schließen ein organo-modifiziertes Siliconacrylat (im Handel erhältlich als Tegorad 2200 von Goldschmidt Chemical Corporation (Hopewell, VA)) oder Polyethylenpolypropylenglycolglycerylether (im Handel erhältlich als Acclaim 4220 von Lyondell, früher bekannt als Arco Chemicals (Newtowns Square, PA)) ein. Jedoch ist die Erfindung nicht auf die vorher erwähnten Gleitmittel beschränkt.

[0072] Es ist ebenfalls bevorzugt, dass die sekundäre Umhüllung Teil eines dualen Umhüllungssystems ist. Wahlweise wird das duale Umhüllungssystem ein Farbmittel einschließen, wie beispielsweise ein Pigment oder einen Farbstoff oder eine zusätzliche gefärbte Tintenumhüllung.

[0073] Eine sekundäre Umhüllung mit einem Young'schen Modul von zumindest 900 MPa zeigte eine Reduktion in der Höhe des Signalabschwächungsverlustes auf Grund einer Mikrokrümmung in einer Faser für eine Umhüllungszusammensetzung, die aus 15% oder weniger des oligomeren Bestandteils besteht. Umhüllungen mit einem hohen Young'schen Modul mit mehr als 15% des oligomeren Bestandteils haben weiterhin verbesserte Mikrokrümmungseigenschaften gezeigt. Für Umhüllungen mit mehr als 15% des oligomeren Bestandteils schließen geeignete Oligomere die vorher erwähnten Oligomere ein, und bevorzugte Oligomere schließen Polyetherurethanacrylat oder Diacrylatoligomere (beispielsweise BR301, erhältlich von Bomar und CN981, erhältlich von Sartomer) ein. Das Oligomer liegt zu mehr als ungefähr fünfzehn (15) Gew.-%, wahlweise mehr als fünfundzwanzig (25) Gew.-% und weiterhin wahlweise bis zu fünfundvierzig (45) Gew.-% vor. Die nicht oligomerarme Umhüllung ist nicht auf lediglich die vorher erwähnten Oligomere beschränkt. Oligomere, die mit anderen Umhüllungsinhaltsstoffen formuliert werden können, um eine ausgehärtete Umhüllung mit einem Young'schen Modul von zumindest ungefähr 900 MPa zu ergeben, können zur Ausübung der Erfindung verwendet werden.

[0074] Die Umhüllungen schließen weiterhin typischerweise zumindest eines der vorher erwähnten Monomere und einen der vorher erwähnten Fotostarter ein. Der Monomer oder die Monomere sind typischerweise in einer Menge von vierzig (40) bis zweiundachtzig (82) Gew.-% vorhanden.

[0075] In dem Fall, dass die Umhüllung eine multiple Monomerbeschichtung ist, liegt jedes Monomer in einer Menge von zumindest fünf (5) Gew.-% und bis zu siebzig (70) Gew.-% vor. Der Fotostarter liegt vorzugsweise in einer Menge von bis zu sechs (6) Gew.-% vor. Die mehr als 15% Oligomerumhüllung kann weitere Additive einschließen, wie es bezüglich der Beschichtung mit bis zu 15 Gew.-% des Oligomers in der Gesamtformulierung beschrieben wurde, die Oligomere und Monomere einschließt.

[0076] Die Herstellung einer optischen Faser der vorliegenden Erfindung kann durch Standardverfahren unter Verwendung einer Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden.

[0077] Kurz gesagt, schließt das Verfahren die Herstellung der Glasfaser (Kern **12** und Mantelschicht **14**), das Aufbringen einer primären Umhüllungszusammensetzung auf die Glasfaser, das Polymerisieren der primären

Umhüllungszusammensetzung zur Ausbildung des primären Umhüllungsmaterials **16**, das Aufbringen einer sekundären Umhüllungsbeschichtung auf die beschichtete Glasfaser und das Polymerisieren der sekundären Umhüllungszusammensetzung zur Ausbildung des sekundären Umhüllungsmaterials **18** ein. Wahlweise kann die sekundäre Umhüllungszusammensetzung auf die beschichtete Faser aufgebracht werden, bevor die primäre Umhüllungszusammensetzung polymerisiert wird, in welchem Falle nur ein einziger Polymerisations-schritt angewandt wird.

[0078] Die Kern- und Mantelschicht können typischerweise in einem einzigen Betriebsschritt oder in vielstu-figen Operationen durch Verfahren erzeugt werden, die in der Technik wohlbekannt sind. Geeignete Verfahren schließen: Das Doppel-Tiegelverfahren ein, wie es beispielsweise in Midwinter, Optical Fibers for Transmis-sion, New York, John Wiley, Seiten 166-178 (1979) beschrieben ist, das hierin durch Bezugnahme mit aufge-nommen ist, Rod-in-Tube-Verfahren; und das dotierte abgeschiedene Siliziumdioxid-Verfahren, die üblicher-weise als chemische Bedampfungs (Chemical Vapor Deposition = CVD)- oder Dampfphasenoxidation be-zeichnet werden. Eine Vielzahl von CVD-Prozessen sind bekannt und sind zur Herstellung des Kerns und der Mantelschicht, die in den optischen Fasern der vorliegenden Erfindung verwendet werden, geeignet. Sie schließen äußere CVD-Verfahren (Blankenship et al., "The Outside Vapor Deposition Method of Fabricating Optical Waveguide Fibers", IEEE J. Quantum Electron. 18:1418-1423 (1982) ein, hierin durch Bezugnahme mit aufgenommen), axiale Aufdampfverfahren (Inada, "Recent Progress in Fiber Fabrication Techniques by Va-por-phase Axial Deposition", IEEE J. Quantum Electron. 18:1424-1431 (1982), hierin durch Bezugnahme mit aufgenommen), und modifizierte CVD oder Innendampfabscheidung (Nagel et al., "An Overview of the Mod-i-fied Chemical Vapor Deposition (MCVD) Process and Performance", IEEE J. Quantum Electron. 18:459-476 (1982).

[0079] Die primären und sekundären Umhüllungszusammensetzungen werden auf Glasfaser unter Verwen-dung von herkömmlichen Verfahren, beispielsweise auf einem Ziehturm aufgebracht.

[0080] Die Glasfasern können aus einem speziell hergestellten zylindrischen Rohling gezogen werden, der lokal und symmetrisch auf eine Temperatur erhitzt wurde, die ausreichend ist, um das Glas zu erweichen, bei-spielsweise von ungefähr 2000 °C für ein Kieselsäureglas. Wenn die Vorform bzw. der Formling erhitzt ist, wie beispielsweise durch Zuführen des Formlings in und durch einen Ofen, wird eine Glasfaser aus dem geschmol-zenen Material gezogen. Die primären und sekundären Umhüllungszusammensetzungen werden auf die Glas-faser aufgebracht, nachdem diese aus der Vorform gezogen wurde, vorzugsweise unmittelbar nach dem Ab-kühlen. Die Umhüllungszusammensetzungen werden dann zur Erzeugung der beschichteten optischen Faser ausgehärtet. Das Verfahren der Aushärtung kann thermisch, chemisch oder strahlungsinduziert sein, wie bei-spielsweise durch Exponieren der aufgebrachten (und nicht gehärteten) Umhüllungszusammensetzung auf der Glasfaser gegenüber ultraviolettem Licht, aktinischer Strahlung, Mikrowellenstrahlung oder Elektronen-strahl, abhängig von der Art der Umhüllungszusammensetzung(en) und des verwendeten Polymerisationsstar-ters. Es ist häufig vorteilhaft, sowohl die primäre Umhüllungszusammensetzung als auch die sekundären Um-hüllungszusammensetzungen aufeinanderfolgend im Anschluss an das Zieh-Verfahren aufzubringen. Ein Ver-fahren zum Aufbringen von dualen Schichten von Umhüllungszusammensetzungen auf eine sich bewegende Glasfaser ist im US Patent Nr. 4 474 830 auf den Namen Talyor offenbart. Ein weiteres Verfahren zur Aufbrin-gung dualer Schichten von Umhüllungszusammensetzungen auf eine Glasfaser ist im US Patent Nr. 4 581 165 auf den Namen Rannell et al. offenbart. Natürlich kann die primäre Umhüllungszusammensetzung aufgebracht und gehärtet werden, um das primäre Umhüllungsmaterial **16** zu bilden, danach kann die sekundäre Umhüllungszusammensetzung(en) aufgebracht und zur Ausbildung des sekundären Umhüllungsmaterials **18** gehärtet werden.

[0081] Ein noch weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Faseroptikband. Das Band schließt eine Vielzahl von im Wesentlichen planaren, im Wesentlichen ausgerichteten optischen Fasern und eine Matrix ein, die die Vielzahl der optischen Fasern einkapselt. Die Matrix ist das gehärtete Produkt einer Zusam-men-setzung der vorliegenden Erfindung.

[0082] Eine Ausführungsform dieses Aspekts der vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 2](#) dargestellt. Wie dort dargestellt ist, schließt das Faseroptikband **20** der vorliegenden Erfindung eine Vielzahl von einzelnen oder vielschichtigen optischen Fasern **30** ein, die im Wesentlichen bezüglich einander in einem im Wesentlichen planaren Verhältnis angeordnet sind, die durch eine Matrix **40** verkapselt sind. Der Begriff "im Wesentlichen planar" bedeutet, dass die optischen Fasern **30** nicht von einer Hauptebene um eine Distanz von mehr als ungefähr einem halben Durchmesser hiervon verdrängt werden. Der Begriff "im Wesentlichen ausgerichtet" be-deutet, dass die optischen Fasern im Allgemeinen parallel und co-planar mit anderen optischen Fasern entlang der Länge des Faseroptikbandes **20** ausgerichtet sind. In [Fig. 2](#) enthält das Faseroptikband **20** sechzehn (16)

optische Fasern **30**; es sollte jedoch für den Fachmann klar sein, dass irgendeine Anzahl von optischen Fasern **30** (beispielsweise zwei oder mehr) zur Ausbildung eines Faseroptikbandes **20** verwendet werden können, die für eine spezielle Anwendung angeordnet sind.

[0083] Die Faseroptikbänder der vorliegenden Erfindung können durch die Matrix **40** in irgendeiner bekannten Konfiguration (beispielsweise Kanten-gebundenes Band, dünn-verkapseltes Band, dick-verkapseltes Band oder Viel-Schichtband) durch herkömmliche Verfahren der Herstellung von Faseroptikabändern verkapselt werden.

[0084] Grundsätzlich wird das Faseroptikband durch Standardverfahren unter Verwendung der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung hergestellt. Beispielsweise kann die Zusammensetzung nach Ausrichtung einer Vielzahl von im Wesentlichen planaren optischen Fasern aufgebracht und gemäß der Verfahren der Herstellung von optischen Faserbändern, wie in US Patent Nr. 4 752 112 auf den Namen Mayr und US Patent Nr. 5 486 378 auf den Namen Oestreich et al. beschrieben, gehärtet werden.

Beispiele

[0085] Die folgenden Beispiele 1 bis 3 werden bereitgestellt, um Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu veranschaulichen. Die in Beispiel 4 beschriebenen Zusammensetzungen sind nicht erfindungsgemäß, jedoch wurde dieses Beispiel mit eingeschlossen, um die Mikrokrümmungsempfindlichkeit darzustellen.

Beispiel 1 – Herstellung von sekundären Umhüllungen

[0086] Mehrere Zusammensetzungen der vorliegenden Erfindung wurden mit den in Tabelle 1 aufgelisteten Bestandteilen unter Verwendung kommerzieller Mischgeräte hergestellt. Die Oligomer- und Monomerbestandteile wurden eingewogen und danach in einen erhitzten Kessel eingebracht und zusammen bei einer Temperatur im Bereich von 50 °C bis 65 °C vermischt. Das Vermischen wurde fortgeführt, bis ein homogenes Gemisch erzielt wurde. Als nächstes wurde ein Fotostarter eingewogen und in die homogene Lösung während des Mischens eingebracht. Zuletzt wurden Additive eingewogen und danach während des Mischens der Lösung hinzugefügt. Das Mischen wurde fortgeführt, bis eine homogene Lösung erneut erzielt wurde.

[0087] Nach sorgfältigem Mischen wurde die Lösung auf ihre Viskosität bei 25 °C und 45 °C getestet, und die Lösung wurde unter einem optischen Mikroskop bzw. Lichtmikroskop auf das Vorhandensein von Teilchen, Kristallen und Phasentrennung hin überprüft.

Tabelle 1: Zusammensetzungsformulierungen

	Oligomer	Gew.-%	Bestandteile					pph
			Monomer(e)	Gew.-%	Fotostarter	Gew.-%	Additiv(e)	
A	BR301	10%	SR602	22%	Irgacure 1850	3%	Irganox 1035	0.5
			SR601	65%			Ebecryl 170	1.0
B	KWS4131	10%	Photomer 4028	87%	Irgacure 1850	3%	Irganox 1035	0.5
							Ebecryl 170	1.0
C	BR301	10%	Photomer 4025	22%	Irgacure 1850	3%	Irganox 1035	0.5
			Photomer 4028	65%			Ebecryl 170	1.0
D	KWS4131	10%	Photomer 4028	50%	Irgacure 1850	3%	Ebecryl 170	1.0
			RCC12-984	37%				
E	BR301	10%	Photomer 4025	22%	Irgacure 1850	3%	-	
			Photomer 4028	65%				
F	KWS4131	10%	Photomer 4028	50%	Irgacure 1850	3%	Irganox 1035	0.5
			RCC12-984	37%				
G	BR301	10%	Photomer 4025	17%	Irgacure 1850	3%	Irganox 1035	0.5
			Photomer 4028	40%				
			RCC12-984	30%				
H	RCC12-892	10%	Photomer 4025	12%	Irgacure 1850	3%	Irganox 1035	0.5
			Photomer 4028	35%				
			RCC12-984	40%				
I	-		Photomer 4025	37%	Irgacure 1850	3%	Irganox 1035	0.5
	nicht erfindungsgem.		Photomer 4028	40%				
			RCC12-984	20%				
J	KWS5021	10%	Photomer 4025	20%	Irgacure 1850	3%	Irganox 1035	0.5
			Photomer 4028	22%				
			RCC12-984	45%				
K	BR301	10%	SR601	30%	Irgacure 1850	3%	-	
			SR602	27%				
			SR349	30%				
L	-		SR601	30%	Irgacure 1850	3%	-	
			SR602	37%				
			SR349	30%				
M	Photomer 6010	10%	Photomer 4025	20%	Irgacure 1850	3%	-	
			Photomer 4028	42%				
			RCC12-984	25%				
N	-		SR601	30%	Irgacure 1850	3%	-	
			SR602	37%				
			SR349	15%				
			SR399	15%				
O	-		SR602	30%	Irgacure 1850	3%	-	
			SR349	37%				
			SR499	30%				
P	BR301	5%	SR601	30%	Irgacure 1850	3%	-	
			SR602	32%				
			SR349	30%				
Q	BR301	10%	SR601	30%	Irgacure 1850	3%	-	
			SR602	27%				
			SR349	30%				
R	KWS4131	5%	SR601	30%	Irgacure 1850	3%	-	
			SR602	32%				
			SR349	30%				
S	KWS4131	10%	SR601	30%	Irgacure 1850	3%	-	
			SR602	27%				
			SR349	30%				
T	RCC13-572	5%	SR601	30%	Irgacure 1850	3%	-	

Tabelle 1: Zusammensetzungsformulierungen

Oligomer	Gew.-%	Monomer(e)	Bestandteile				pph
			Gew.-%	Fotostarter	Gew.-%	Additiv(e)	
U	RCC13-572 10%	SR602	32%				
		SR349	30%				
		SR601	30%	Irgacure 1850	3%	-	
		SR602	27%				
V	BR301 18.2% nicht erfindungsgem.	SR349	30%				
		Photomer 4025	15.4%	Irgacure 1850	2.7%	-	
		Photomer 4028	36.4%				
		RCC12-984	27.3%				

[0088] Von den in Tabelle 1 aufgelisteten Oligomeren ist BR301 ein Polyether-basiertes Urethandiacrylatoligomer, erhältlich von Bomar Speciality Corporation, Photomer 6010 ist ein aliphatisches Urethanacrylatoligomer, erhältlich von Henkel Corporation, KWS5021 ist ein aliphatisches Urethanacrylatoligomer, erhältlich von Bomar Speciality Corporation, RCC12-892 ist ein multifunktionelles aliphatisches Urethanacrylatoligomer, erhältlich von Henkel Corporation, RCC13-552 ist aromatisches Urethandiacrylatoligomer, erhältlich von Henkel Corporation, und KWS4131 ist ein Polyether-basiertes Urethandiacrylatoligomer, erhältlich von Bomar Speciality Corporation.

[0089] Von den in Tabelle 1 aufgelisteten Monomeren ist SR601 ein ethoxyliertes (4) Bisphenol A Diacrylatmonomer, erhältlich von Sartomer Company, Incorporated, SR602 ist ein ethoxyliertes (10) Bisphenol A Diacrylatmonomer, erhältlich von Sartomer Company, Incorporated, SR349 ist ein ethoxyliertes (2) Bisphenol A Diacrylatmonomer, erhältlich von Sartomer Company, Incorporated, SR399 ist ein Dipentaerythritolpentaacrylat, erhältlich von Sartomer Company, Incorporated, SR499 ist ein ethoxyliertes (6) Trimethylolpropantriacrylat, erhältlich von Sartomer Company, Incorporated, Photomer 4025 ist ein ethoxyliertes (8) Bisphenol A Diacrylatmonomer, erhältlich von Henkel Corporation, Photomer 4028 ist ein ethoxyliertes (4) Bisphenol A Diacrylatmonomer, erhältlich von Henkel Corporation und RCC12-984 ist ein ethoxyliertes (3) Bisphenol A Diacrylatmonomer, erhältlich von Henkel Corporation.

[0090] Von den in Tabelle 1 aufgelisteten Fotostartern ist Irgacure 1850 ein Gemisch aus 1-Hydroxycyclohexylphenylketon und bis(2,6-dimethoxybenzoyl)-2,4,4-trimethylpentylphosphinoxid, erhältlich von Ciba Speciality Chemical.

[0091] Von den in Tabelle 1 aufgelisteten Additiven ist Irganox 1035 ein Antioxidans, das Thiodiethylen bis(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxy)hydrocinnamat enthält, erhältlich von Ciba Speciality Chemical und Ebecryl 170 ist ein Adhäsionsförderer, der eine Acrylat- und Säurefunktionalität aufweist und ist erhältlich von UCB Radcure.

[0092] Nach Herstellung und Überprüfung der Formulierungen wurden diese dann auf eine feste Oberfläche in einer Dicke von ungefähr 75 µm aufgebracht und mit ultravioletter Strahlung auf einem Dosisniveau von 0,25 bis 1,0 J/cm² unter Verwendung einer D-Glühbirne (erhältlich von Fusion UV Systems Incorporated (Gaithersburg, MD)) gehärtet. Die gehärteten Umhüllungsfilme wurden dann aus der festen Oberfläche entfernt, und das sich ergebende Hüllmaterial wurde auf seine Festigkeit und Wasserabsorption getestet. Die Ergebnisse dieser Tests sind in Tabelle 2 unten dargestellt.

Tabelle 2: Eigenschaften von Umhüllungen/Zusammensetzung

	Dehnung (%)	Zugfestigkeit (MPa)	Young'sches Modul (MPa)	Wasserabsorption (%)	Viskosität bei 25°/45°C (poise)
A	15,2	21,67	936,59	-	21,9 / 3,6
B	12,9	23,8	983,36	1,63	29,3 / 5,6
C	14,7	20,28	949,72	1,69	20,3 / 3,7
D	11,5	27,42	1199,92	-	-
E	12,6	20,19	971,46	1,78	20,9 / 3,7
F	15,83	26,67	947,06	1,61	35,0 / 6,1
G	18,7	27,69	1065,52	1,66	25,0 / 3,9
H	13,1	27,69	1079,0	1,21	19,6 / 3,4
I	24,2	20,10	531,85	2,07	11,2 / 2,2
J	15,14	27,78	979,2	1,31	24,3 / 3,9
K	25,83	27,47	958,88	1,66	23,7 / 3,8
L	23,31	24,20	892,40	1,81	12,0 / 2,2
M	22,41	17,01	803,52	-	20,2 / 3,8
N	10,34	27,56	1229,41	1,81	13,2 / 2,6
O	11,83	19,28	835,46	-	5,4 / -
P	12,81	23,80	1082,02	1,66	16,2 / 2,9
Q	25,83	27,47	958,88	1,66	23,7 / 3,8
R	21,81	20,65	653,41	2,14	20,4 / 3,9
S	19,17	18,70	656,55	2,78	32,0 / 6,3
T	22,54	22,26	763,78	1,40	18,1 / 3,3
U	11,46	18,11	808,32	1,55	27,0 / 4,8
V	22,5	28,78	997,05	1,73	45,0 / 6,5

[0093] Beim Testen der Festigkeit (das heißt Modul) der gehärteten Materialien wurden die in ASTM D882-97 dargelegten Verfahren befolgt, außer dass eine fixierte Spannungsrate von 2,5 cm/min unter Umgebungsbedingungen von 23 °C und 50% relativer Feuchtigkeit verwendet wurde.

[0094] Beim Testen der Viskosität wurde ein Brookfield CAP2000 (Kegel und Platte) Viskosimeter verwendet. Ein Volumen der Zusammensetzung (das heißt 3 bis 4 Tropfen) wurde in eine Zelle eingebracht und danach auf entweder 25 °C oder 45 °C erhitzt. Nach Erreichen der erwünschten Temperatur wurden Viskositätsablessungen aus dem Viskosimeter erhalten. Die Viskositätsergebnisse für die ungehärtete Flüssigkeitsumhüllungen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Beispiel 2 – Herstellung von optischen Fasern

[0095] Unter Verwendung der wie in Beispiel 1 beschrieben hergestellten Zusammensetzungen wurden primäre und sekundäre Hüllmaterialen aufgezogene Glasfasern anschließend an das Abkühlen aufgebracht. Die Glasfaser mit einem Durchmesser von ungefähr 125 µm wurde in eine Kammer eingebracht, die eine primäre Umhüllungszusammensetzung enthält. Die primären Umhüllungszusammensetzungen sind in Tabelle 3 unten dargestellt.

Tabelle 3: Primäre Umhüllungszusammensetzungen

Oligomer	Gew.-%	Monomer(e)	Gew.-%	Bestandteile		Adhäsionspromoter pph	Additiv(e)	pph
				Fotostarter	Gew.-%			
1	BR3731 52%	Photomer 4003	45%	Irgacure 1850	3%	Bis(trimethoxysilyl-ethyl)benzol 1,0	Irganox 1035	1,0
2	BR3731 52%	Photomer 4003	25%	Irgacure 1850	3%	Bis(trimethoxysilyl-ethyl)benzol 1,0	Irganox 1035	1,0
3	BR3731 52%	SR504	25%	Irgacure 1850	3%	Bis(trimethoxysilyl-ethyl)benzol 1,0	Irganox 1035	1,0
4	BR3731 52%	Tone M-100	20%	Irgacure 1850	3%	Bis(trimethoxysilyl-ethyl)benzol 1,0	Tegorad 2200	0,5
5	BR3731 52%	SR504	45%	Irgacure 1850	3%	Bis(trimethoxysilyl-ethyl)benzol 1,0	Irganox 1035	1,0
6	BR3731 52%	Photomer 4003	45%	Irgacure 1850	3%	Bis(trimethoxysilyl-ethyl)benzol 1,0	Tegorad 2200	0,5
7	BR3731 52%	Photomer 4003	25%	Irgacure 1850	3%	Bis(trimethoxysilyl-ethyl)benzol 1,0	Unitac R40	1,0
8	BR3731 52%	Tone M-100	20%	Irgacure 1850	3%	Bis(trimethoxysilyl-ethyl)benzol 1,0	Irganox 1035	1,0
							Tegorad 2200	0,5
							Acclaim 3201	1,0
							Unitac R40	1,0

[0096] Jede der primären Umhüllungszusammensetzungen wurde wie in US Patent Anmelde-Nr. 09/301,814, eingereicht am 29. April 1999 auf den Namen Fewkes et al., hergestellt.

[0097] Von den in Tabelle 3 oben aufgelisteten Bestandteilen ist BR3731 ein Polyetherurethanacrylat, erhältlich von Bomar Speciality Corporation, ist Photomer 4003 ein ethoxyliertes Nonylphenolacrylat, erhältlich von Henkel Corporation, ist SR504 ein ethoxyliertes Nonylphenolacrylatmonomer, erhältlich von Sartomer Company Incorporated, ist Tone M-100 ein Caprolactonacrylat, erhältlich von Union Carbide Corporation (Danbury, CT), ist Irgacure 1850 ein kommerzielles Fotostartergemisch aus 1-Hydroxycyclohexylphenylketon und bis(2,6-dimethoxybenzoyl)-2,4,4-trimethylpentylphosphinoxid, erhältlich von Ciba Speciality Chemical, ist Irganox 1035 ein Antioxidans, das Thiodiethylen bis(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxy)hydrocinnamat enthält, erhältlich von Ciba Speciality Chemical, ist Tegorad 2200 ein Polyalkoxypolysiloxan, erhältlich von Goldschmidt Chemical Corporation, ist Acclaim 3201 ein Polyethylen-co-polypropylenglycol, erhältlich von Lyondell (Newtown Square, PA) und ist Unitac R40 ein Klebrigmachertallölharz-Ester, erhältlich von Union Camp Corporation (Wayne, NJ).

[0098] Wenn die umhüllte Faser aus der Kammer entfernt wird, wurde die Dicke der primären Umhüllungszusammensetzung so angepasst, dass die ausgehärtete Umhüllungsdicke ungefähr 32,5 µm betrug. Die Umhüllungsdicke wurde durch Hindurchführen der beschichteten Faser durch eine Düse eingestellt. Die primäre Umhüllungszusammensetzung wurde dann mit Ultravioletstrahlung in einen Dosisbereich von 0,2 bis 1,0 J/cm² unter Verwendung einer D-Birne (erhältlich von Fusion UV Systems Incorporated) ausgehärtet. Die umhüllte Faser wurde durch eine zweite Umhüllungskammer gezogen, die eine der sekundären Umhüllungszusammensetzungen, die in Tabelle 1 oben aufgelistet sind, enthielten. Wenn die umhüllte Faser aus der zweiten Kammer entfernt wurde, wurde die Dicke der sekundären Umhüllungszusammensetzung so eingestellt, dass die gehärtete Umhüllungsdicke ungefähr 27,5 µm betragen würde. Die sekundäre Umhüllungsdicke wurde ebenfalls durch Hindurchführen der umhüllten Faser durch eine Düse eingestellt. Die sekundäre Umhüllungszusammensetzung wurde dann mit Ultravioletstrahlung in einer Dosis von 0,2 bis 1,0 J/cm² unter Verwendung einer D-Glühbirne gehärtet, um eine optische Faser mit einem Durchmesser von ungefähr 245 ± 10 µm zu erzeugen. Optische Fasern wurden bei Umgebungslaborbedingungen für zwei Wochen vor dem Testen der Fasern auf eine Geeignetheit des sekundären Hüllmaterials getestet.

[0099] Zu Zwecken der Klarheit werden die Fasern, die durch Zusammensetzung A umhüllt sind, hierin nachstehend als Faser A bezeichnet, werden Fasern, die durch Zusammensetzung B umhüllt sind, hierin nachstehend als Faser B bezeichnet und so weiter. Um zwischen Fasern zu unterscheiden, die mit derselben sekundären Umhüllung hergestellt wurden, werden die Fasern durch sowohl ihre primären und sekundären Umhüllungen als Faser A und B bezeichnet.

lungen bezeichnet, beispielsweise Faser A₁, Faser A₂ und so weiter.

Beispiel 3 – Fasertesten bezüglich der Geeignetheit der sekundären Umhüllung

[0100] Aufgespulte und gealterte optische Fasern, die wie in Beispiel 2 beschrieben hergestellt wurden, wurden anfänglich bezüglich von Defekten durch Analysieren eines 10 cm langen Stückes der optischen Faser überprüft. Eine Analyse der Umhüllungsmaterialien, insbesondere der sekundären Umhüllungsmaterialien, schloss die Durchführung mehrerer Tests ein, einschließlich (1) die Trocken-/Feuchtabziehkraft, (2) die Wasserabsorption und Extraktion und (3) die wasserinduzierte Delaminierung oder mikroskopische Delaminierung.

Abziehkraft

[0101] Ein Abziehkrafttest wurde gemäß FOTP-178 durchgeführt, wobei umhüllte Fasern in einer Messdose angeordnet wurden und danach in einer Geschwindigkeit von 0,847 cm/sec unter Umweltbedingungen von 23 °C bei 50% relativer Feuchtigkeit abgezogen wurden. Damit sie kommerziell von Nutzen sind, muss die gemessene Abziehkraft zwischen 0,2 und 2,0 Pfund (0,09 und 0,9 Kilogramm) fallen. Der Abziehtest wurde auf trockenen und feuchten Fasern angewandt. Feuchte Fasern wurden für 14 Tage bei Raumtemperatur vor der Durchführung des Abzieh-Krafttestes eingeweicht. Die Ergebnisse des Abziehkrafttestes sind in Tabelle 4 unten dargestellt.

Tabelle 4: Abziehkrafttestmessungen

	Trockene Abziehkraft in Pfund (kg)	Feuchte Abziehkraft in Pfund (kg)	% Veränderung (Trocken gegenüber Feucht)
A ₃	0,81 (0,367)	0,38 (0,172)	- 53,1
B ₂	0,51 (0,231)	0,42 (0,190)	- 17,6
B ₆	0,42 (0,190)	0,36 (0,163)	- 14,3
C ₂	0,70 (0,317)	0,48 (0,218)	- 31,4
C ₆	0,62 (0,281)	0,42 (0,190)	- 32,3
E ₄	0,50 (0,227)	0,26 (0,118)	- 48,0
F ₃	0,40 (0,181)	0,38 (0,172)	- 5,0
F ₄	0,57 (0,317)	0,45 (0,204)	- 21,1
F ₅	0,47 (0,213)	0,40 (0,181)	- 14,9
F ₆	-	0,29 (0,132)	-
F ₇	0,49 (0,222)	0,48 (0,218)	- 2,0
F ₈	0,45 (0,204)	0,38 (0,172)	- 15,6
G ₃	0,61 (0,277)	0,37 (0,168)	- 39,3
G ₄	0,55 (0,249)	0,42 (0,190)	- 23,6
G ₅	0,63 (0,286)	0,39 (0,177)	- 38,1
G ₈	0,57 (0,317)	0,34 (0,154)	- 40,4
H ₃	0,60 (0,272)	0,37 (0,168)	- 38,3
H ₄	0,57 (0,317)	0,41 (0,186)	- 28,1
H ₅	0,72 (0,327)	0,36 (0,163)	- 50,0
H ₇	-	0,49 (0,222)	-
H ₈	0,73 (0,331)	0,38 (0,172)	- 47,9
I ₆	-	0,22 (0,100)	-
I ₇	0,47 (0,213)	0,34 (0,154)	- 27,7
I ₈	0,54 (0,245)	0,24 (0,109)	- 55,6
J ₈	0,52 (0,236)	0,24 (0,109)	- 53,8
L ₃	0,56 (0,254)	0,58 (0,263)	+ 3,6
M ₇	0,57 (0,317)	0,33 (0,150)	- 34,3
Q ₃	0,67 (0,304)	0,43 (0,195)	- 35,8
V ₆	-	0,36 (0,163)	-

[0102] Alle getesteten Fasern besaßen sowohl unter trockenen als auch feuchten Bedingungen eine adäquate Abziehbarkeit. Von den sowohl unter feuchten als auch trockenen Bedingungen getesteten Fasern zeigten Fasern B, C, F und L im Allgemeinen eine übereinstimmend kleinere Reduktion der Abziehkraft (im Vergleich Trocken zu Feucht) im Vergleich zu den Fasern A, E, G, H, I, J, M und Q.

Wasserabsorption/Extraktion

[0103] Die Wasserabsorption und Extraktion wird durch Eintauchen einer 300 cm Probe einer optischen Faser in Wasser für 24 Stunden mit ihren geschnittenen Enden oberhalb der Wasseroberfläche durchgeführt, was jegliche Absorption von Wasser zur radialen Penetration der Umhüllungen begrenzt. Die Masse der optischen Faser wird im Anschluss an eine 24-stündige Exposition gegenüber einem Exsikkator (das heißt, vor dem Einweichen) unmittelbar nach dem Einweichen und im Anschluss an eine Trocknungszeit von 24 Stunden im Exsikkator gemessen. Um die Veränderung der Masse auf Grund der Wasserextraktion zu bestimmen, wird die Masse nach dem Trocknen von der Masse vor dem Einweichen subtrahiert. Der Prozentsatz der Extraktion wird durch Teilen der Veränderung der Masse durch die Masse vor dem Einweichen dividiert. Um die Veränderung der Masse auf Grund der Wasserabsorption zu bestimmen, wird zunächst die Veränderung der Masse auf Grund der Extraktion von der Masse nach dem Einweichen (eingestellt nach der Einweichmasse), subtrahiert und danach wird die Differenz zwischen der eingestellten Nach-Einweichungsmasse und der Masse vor dem Einweichen bestimmt. Der Prozentsatz der Wasserabsorption wird durch Teilen der Änderung der Masse auf Grund der Wasserabsorption durch die Masse vor dem Einweichen berechnet. Die Ergebnisse der Wasserabsorption/Extraktion sind in Tabelle 5 unten dargestellt.

Tabelle 5: Wasserabsorptions-/Extraktionsmessungen

	Wasserabsorption (%)	Wasserextraktion (%)
A ₃	1,36	0,10
B ₂	1,75	0,18
B ₆	1,59	0,10
C ₂	1,44	0,17
C ₆	1,20	0,02
E ₄	1,46	0,09
F ₃	-	-
F ₄	1,76	0,28
F ₅	1,58	0,06
F ₆	-	-
F ₇	2,38	0,02

F ₈	2,23	0,10
G ₃	-	-
G ₄	1,46	0,13
G ₅	-	-
G ₈	1,74	0,07
H ₃	0,98	- 0,02
H ₄	1,39	0,11
H ₅	-	-
H ₇	-	-
H ₈	1,54	0,09
I ₆	-	-
I ₇	1,97	0,02
I ₈	2,14	0,13
J ₈	1,77	0,21
L ₃	-	-
M ₇	1,87	0,18
Q ₃	-	-
V ₆	-	-

[0104] Alle getesteten Fasern besaßen eine ausreichend geringe Wasserabsorption und Extraktion.

Delaminierung

[0105] Proben von Fasern wurden in Wasser bei Raumtemperatur und bei einer Temperatur von ungefähr 65 °C für eine Zeitdauer von entweder 14, 30 oder 60 Tagen eingeweicht. Die Länge der getesteten Fasern musste ausreichend sein, sodass die Enden der Faser oberhalb der Wasseroberfläche während des Einweichens verblieben, was jegliche Wirkung des Wassers auf eine radiale Penetration der Umhüllungen beschränkt. Im Anschluss an die vorher bestimmte Einweichzeit wurde jede Probe durch mikroskopische Analyse in einer 100-fachen Vergrößerung von 10 cm Schnitten der optischen Faser auf das Vorhandensein von Delaminierungs-Orten überprüft (das heißt, große Trennflächen zwischen der primären Umhüllung und der Glasfaser) oder dem Ort einer Mikro-Delaminierung ("MD"). Die MD-Orte sind relativ kleine Delaminierungs-Orte, obwohl keine Größenbeschränkung existiert, die die MD von größeren Delaminierungen unterscheiden könnte. Die Häufigkeit und Größe der MD werden gezählt und als Anzahl MD, die im 10 cm Schnitt überprüft wurde, aufgezeichnet. Wenn eine Probenfaser eine Delaminierung bei einer speziellen Temperatur zeigt, wurden anschließende Überprüfungen (beispielsweise 30 Tage oder 60 Tage) oftmals nicht durchgeführt. Die Ergebnisse der Überprüfung sind in Tabelle 6 unten dargestellt.

Tabelle 6: Delaminierungseinweichtest

	Einweichung bei Raumtemperatur			Einweichung bei 65 °C		
	14 Tage	30 Tage	60 Tage	14 Tage	30 Tage	60 Tage
A ₃	Keine MD	Keine MD	-	1 MD (0,30 mm)	Keine MD	-
B ₂	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	~50% delam.	~50% delam.
B ₆	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD
C ₂	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD
C ₆	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD
E ₄	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD >80 MD (0,29 mm)	Keine MD	-
F ₃	Keine MD	-	-	wenig MD (0,006 mm)	-	-
F ₄	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	1 MD (0,06 mm)
F ₅	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD
F ₆	Keine MD	Keine MD	-	4 MD (20,2 mm)	~25% delam.	-
F ₇	Keine MD	Keine MD	-	2 MD (1,12 mm)	1 MD (6,28 mm)	-
F ₈	Keine MD	-	Keine MD	Keine MD	-	Keine MD
G ₃	Keine MD	Keine MD	-	Keine MD	Keine MD	-
G ₄	Keine MD	Keine MD	Keine MD	1 MD (0,94 mm)	1 MD (1,0 mm)	Keine MD
G ₅	Keine MD	Keine MD	-	1 MD (0,39 mm)	Keine MD	-
G ₈	Keine MD	-	Keine MD	Keine MD	-	Keine MD
H ₃	Keine MD	Keine MD	1 MD (0,05 mm)	Keine MD	Keine MD	Keine MD
H ₄	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD
H ₅	Keine MD	Keine MD	-	Keine MD	Keine MD	-
H ₇	Keine MD	Keine MD	-	2 MD (13,0 mm)	1 MD (11,1 mm)	Keine MD
H ₈	Keine MD	-	Keine MD	Keine MD	-	~50% delam.
I ₆	Keine MD	Keine MD	-	6 MD (4,9 mm)	1 MD (2,8 mm)	-
I ₇	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD
I ₈	Keine MD	-	Keine MD	Keine MD	-	Keine MD
J ₈	Keine MD	2 MD (0,18 mm)	Keine MD	~60% delam.	~50% delam.	-
L ₃	Keine MD	Keine MD	-	1 MD (0,01 mm)	3 MD (0,04 mm)	7 MD (0,07 mm)
M ₇	Keine MD	Keine MD	Keine MD	Keine MD	~20% delam.	Keine MD
Q ₃	1 MD (0,04 mm)	Keine	2 MD (0,005 mm)	8 MD (0,03 mm)	7 MD (0,006 mm)	8 MD (0,005 mm)
V ₆	Keine MD	Keine MD	-	~30% delam.	~45% delam.	-

[0106] In einigen Fällen wurde die Größe der MD gemessen, und in diesen Fällen ist die Größe der größten

MD, die vorliegt, in Klammern aufgelistet.

[0107] Während bestimmte optische Fasern (das heißt, diejenigen, die eine spezielle Kombination von primären und sekundären Umhüllungen enthalten), signifikante Delaminierungen oder MD zeigten, zeigen die Ergebnisse des Delaminierungseinweichstestes nicht an, dass irgendeine Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung zur Herstellung von sekundären Umhüllungen ungeeignet ist.

Beispiel 4 – Mikrokrümmungsempfindlichkeit

[0108] Mehrere Zusammensetzungen wurden mit den in Tabelle 7 unten aufgelisteten Bestandteilen unter Verwendung einer kommerziellen Mischvorrichtung hergestellt. Die Oligomer- und Monomer-Bestandteile wurden eingewogen und danach in einen Heizkessel eingebracht und bei einer Temperatur im Bereich von 50 °C bis 65 °C zusammengemischt. Das Mischen wurde fortgeführt, bis ein homogenes Gemisch erzielt wurde. Als nächstes wurde der Fotostarter eingewogen und in die homogene Lösung während des Mischens eingebracht. Zuletzt wurden irgendwelche Additive eingewogen und danach während des Mischens in die Lösung eingebracht. Das Mischen wurde fortgesetzt, bis eine homogene Lösung erneut erzielt wurde. Nach sorgfältigem Mischen wurde die Lösung bei 25 °C und 45 °C auf ihre Viskosität getestet, und die Lösung wurde unter einem Lichtmikroskop auf das Vorhandensein von Teilchen, Kristallen und einer Phasenauf trennung überprüft.

Tabelle 7: Sekundäre Zusammensetzungsformulierungen

Bestandteile								
	Oligomer	Gew.-%	Monomere	Gew.-%	Fotostarter	Gew.-%	Additive pph	Young'sches Modul
(Nicht erfundungsgemäß)	W	BR301	45	SR492	17	Irgacure 1850	3	1700
				SR494	20			
				SR601	15			
(Nicht erfundungsgemäß)	X	CN981	40	SR9020	17	Irgacure 1850	3	2100
				SR295	25			
				SR 349	15			

[0109] Von den in Tabelle 7 aufgelisteten Oligomeren ist BR301 ein Polyether-basiertes Urethandiacrylatoligomer, erhältlich von Bomar Speciality Corporation, ist CN981 ein Urethanacrylatoligomer, erhältlich von Sartomer Company Incorporated.

[0110] Von den in Tabelle 7 aufgelisteten Monomeren ist SR601 ein ethoxyliertes (4) Eisphenol A Diacrylatmonomer, erhältlich von Sartomer Company Incorporated, ist SR492 ein propoxyliertes (3) Trimethylolpropan-triacrylatmonomer von Sartomer Company Incorporated, ist SR494 ein ethoxyliertes Pentaerythritoltetraacrylatmonomer, erhältlich von Sartomer Company Incorporated, ist SR9020 ein propoxyliertes (3) Glyceryltriacrylatmonomer, erhältlich von Sartomer Company Incorporated, ist SR349 ein ethoxyliertes (2) Bisphenol A Diacrylatmonomer, erhältlich von Sartomer Company Incorporated und ist SR295 ein Pentaerythritoltetraacrylat, erhältlich von Sartomer Company Incorporated.

[0111] Von den in Tabelle 7 aufgelisteten Fotostartern ist Irgacure 1850 ein Gemisch aus 1-Hydroxycyclohexylphenylketon und bis(2,6-dimethoxybenzoyl)-2,4,4-trimethylpentyl-phosphinoxid, erhältlich von Ciba Speciality Chemical.

[0112] Die obigen Umhüllungen wurden auf eine optische Faser als sekundäre Umhüllung aufgebracht. Nach

dem Aufbringen der sekundären Umhüllung wurden die Fasern zunächst mit einer primären Umhüllung beschichtet. Die Zusammensetzung der primären Umhüllungen, die im Beispiel verwendet wurden, sind in Tabelle 8 dargestellt.

[0113] Die mit den oben beschriebenen Umhüllungen beschichtete Faser war eine optische Einmodenfaser mit hoher Datenrate. Ein Beispiel für eine solche Faser ist LEAF®, erhältlich von Corning Incorporated.

Tabelle 8: Primäre Umhüllungszusammensetzung

Bestandteile

	Oligomer(e) Gew.-%	Monomer(e) Gew.-%	Fotostarter Gew.-%	Adhäsionsförderer pph	Additiv(e) pph	Young'sches Modul
4	BR3731 52	SR504 25 Tone M-100 20	Irgacure 1850 3	Bis(trimethoxysilyl-ethyl)benzol 1	Irganox 1035 1,0 Tegorad 2200 0,5 Acclaim 3201 1,0	1,4
9	KWS 6001 52	Tone M-100 45	Irgacure 1850 3	Bis(trimethoxysilyl-ethyl)benzol 1	Irganox 1035 1,0 Tegorad 2200 0,5	0,8

[0114] Die Umhüllung 4, die in Tabelle 8 aufgelistet ist, ist dieselbe wie Umhüllung 4, die in Tabelle 3 aufgelistet ist. Von den in Tabelle 8 oben aufgelisteten Bestandteilen ist BR3731 ein Polyetherurethanacrylatoligomer, erhältlich von Bomar Speciality Corporation, ist KWS6001 ein Hochmolekulargewichts-Polyesterurethanacrylatoligomer, ist SR504 ein ethoxyiertes Nonylphenolacrylatmonomer, erhältlich von Sartomer Company Incorporated, ist Tone M-100 ein Caprolactonacrylatmonomer, erhältlich von Union Carbide Corporation (Danbury, CT), ist Irgacure 1850 ein kommerzielles Fotostartergemisch aus 1-Hydroxycyclohexylphenylketon und bis(2,6-dimethoxybenzoyl)-2,4,4-trimethylpentylphosphinoxid, erhältlich von Ciba Speciality Chemical, ist Irganox 1035 ein Antioxidans, das Thiodiethylen bis(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxy)hydrocinnamat enthält, erhältlich von Ciba Speciality Chemical, ist Tegorad 2200 ein Polyalkoxypolysiloxan, erhältlich von Goldschmidt Chemical Corporation und ist Acclaim 3201 ein Polyethylen-co-polypropylenglycol, erhältlich von Lyondell (Newtown Square, PA).

[0115] Die Mikrokrümmungsempfindlichkeit der beschichteten optischen Fasern aus Beispiel 4 wurde getestet. Jede Faser wurde gemäß des Lateral Load Wire Mesh Test ("LLWM") getestet. Dieser Test misst die Spektralkraft des Lichtes, das durch eine Faser geschickt wird, wenn eine seitliche Belastung auf die Faser ausgeübt wird. Eine seitliche Belastung ist eine Kraft, die zum Querschnitt der Faser senkrecht steht. Jede Probe wurde fünfmal getestet.

[0116] Eine Faserlänge wird von einer Lichtquelle weg erstreckt (a.k.a. Startstufe) bis zu einer Nachweisstufe. Eine bevorzugte Nachweisstufe ist ein Photon Kinetics (hierin nachstehend "PK") Spektralabschwächungsmessungs-Prüfstand. Eine geeignete Vorrichtung ist Modell 2500, ein optisches Faser-Analysesystem von Photon Kinetics of Beaverton, OR. Das Benutzerhandbuch für das Modell. Die Verwendung von Modell 2500 zur Durchführung der Abschwächungsmessung ist dort erklärt. Die Faserlänge muss ausreichend sein, um sich von der Lichtquelle bis zum Messungsprüfstand hin zu erstrecken. Die Faserlänge sollte ebenfalls eine lose, vorher bestimmte Konfiguration einer Faser einschließen, die auf einem Instron, wie unten beschrieben, angeordnet ist.

[0117] Ein Instron® wird dazu verwendet, eine Seitenbelastung auf die Faser auszuüben. Ein Instron® ist eine Vorrichtung, die dazu in der Lage ist, kontrollierbar eine Belastung auf ein Material auszuüben. Die Kraft der Belastung kann kontrolliert und gemessen werden, wie es die Belastungsrate als eine Funktion der Zeit ebenso wie die auf die Testprobe des Materials (das Faserstück) während des Verlaufs des Belastungsergebnisses ausgeübte Deformation gemessen werden kann. Ein bevorzugtes Instron® ist das Instron® 4502. Eine derartige Vorrichtung kann von mehreren Zulieferern bezogen werden, Instron® (Canton, MA) ist einer und MTS Systems ist ein anderer. Das 4502 weist eine niedrigere Stahlplatte und eine obere Stahlplatte auf. Die Platten sind derart ausgerichtet, dass die von der oberen Platte auf die untere Platte ausgeübte Kraft senkrecht zur unteren

Platte steht.

[0118] Die Faserprobe, die getestet werden soll, wird auf einem Kunststoffkissen angeordnet, das an der unteren Platte befestigt ist. Das Kunststoffkissen weist eine Shore A-Härte von 70 ± 5 auf. Es ist essentiell sicherzustellen, dass das Kunststoffkissen flach ist und nicht durch Rillen irgendeiner Art markiert ist. Falls notwendig, sollte das Kunststoffkissen mit Isopropylalkohol gereinigt werden.

[0119] Die Faser bildet eine Schleife von ungefähr 340 Grad um einen Dorn herum, der einen Durchmesser von 98,5 mm aufweist. Die Faser kann auf dem Kunststoffkissen durch nicht mehr als drei Stücke dünnes Tape mit einer maximalen Breite von jeweils 3 mm festgehalten werden. Ein Teil des Tapes wird abgeschnitten, um eine Überkreuzung der Faser an dem Punkt, an dem die Faser-Enden das Instron verlassen, zu verhindern.

[0120] Der Dorn wird entfernt und eine Nummer 70 Drahtgeflecht bzw. -gitter wird oben auf der Faserschlaufe auf dem Kunststoffkissen angeordnet, wodurch die Faser zwischen dem Kunststoffkissen und dem Drahtgeflecht eingepasst wird. Eine anfängliche Abschwächung der Faser wird bei 1310 nm, 1550 nm und 1625 nm aufgezeichnet. Eine seitliche Druckbelastung wird auf die Faser in 10 N Teilschritten ausgeübt. Die gesamte Seitenbelastung, die angewandt wird, wird bis auf 70 N erhöht. Die induzierte Attenuierung wird für jede schrittweise Zunahme der Seitenbelastung aufgezeichnet. Die durchschnittliche Veränderung der (a.k.a. Delta (Δ)) Abschwächung wird für jede schrittweise Belastung zwischen 30 N und 70 N berechnet und wird aufgezeichnet.

[0121] Wenn dies so erwünscht ist, kann der Test ebenfalls dazu verwendet werden, die Abschwächungsveränderung bezüglich der Veränderung der Dezibel (Δ dB) bei jeder drei vorher erwähnten Wellenlängen zu beschreiben. Die Veränderung der Abschwächung ist auf die Druckbelastung zurückzuführen. Die Veränderung der Abschwächung wird gemäß des Cut-Back-Verfahrens gemessen.

[0122] Das Cut-Back-Verfahren berechnet die optischen Verlust-Eigenschaften einer Faser durch Messen der Kraft, die auf der Output-Seite der Faser bei verschiedenen Längen empfangen wird. Das Verfahren schließt das Senden eines optischen Signals einer relativen Stärke durch ein erstes Ende der Testfaser durch Verwendung einer optischen Quelle ein. Ein Teil des gesendeten optischen Signals kann in den Mantel wandern.

[0123] Das Signal wird am zweiten Ende der Faser nachgewiesen, und die Stärke des Signals am zweiten Ende wird gemessen. Das Signal wird durch Anwendung eines optischen Detektors nachgewiesen. Der Detektor berechnet das gesamte Licht am zweiten Ende der Faser, unabhängig, ob das Licht im Kern oder im Mantel fortgeleitet wurde.

[0124] Die Länge der Faser muss derart sein, dass eine nachweisbare Menge des Signals am zweiten Ende der Faser vorliegt. Diese Länge der Faser ist als L_1 bekannt.

[0125] Die Faser wird auf eine Länge L_2 geschnitten, die weniger als L_1 ist. Erneut wird ein optisches Signal durch die Faser übertragen, und die Signalstärke wird am zweiten Ende der Faser nachgewiesen. Der optische Verlust wird auf Grundlage der Differenz der Signalstärke für Messungen bei Längen L_1 und L_2 bestimmt. Der optische Verlust ist $10 \log_{10} (\text{Kraft} (L_2) / \text{Kraft} (L_1))$. Die Abschwächung wird durch Aufteilen des optischen Verlustes durch die Differenz der Länge zwischen L_1 und L_2 bestimmt. Die Veränderung der Abschwächung, wenn die Belastung ausgeübt wird, wird in derselben Weise gemessen, wie die induzierte Abschwächung gemessen wird.

[0126] Kombinationen der obigen Umhüllungen, die in den Tabellen 7 und 8 aufgelistet sind und einer Kontrollfaser wurden getestet. Die Kontrollfaser war eine kommerziell erhältliche Einmodenfaser, wie beispielsweise LEAF® Faser, erhältlich von Corning Incorporated, die eine A_{eff} Fläche von ungefähr $72 \mu\text{m}^2$ aufweist. Die Faser wurde mit einem dualen Umhüllungssystem umhüllt. Das duale Umhüllungssystem ist von DSM Desotech von Elgin, IL, erhältlich. Die primäre Beschichtung der Kontrolle weist ein Young'sches Modul von 1,1 bis 1,3 MPa auf. Die sekundäre Umhüllung der Kontrolle weist ein Young'sches Modul von 500 bis 700 MPa auf.

[0127] Die Testfaser mit der Umhüllung wird bezüglich der Umhüllung, insbesondere der sekundären und primären Umhüllungen, die auf die Faser aufgebracht wurden, identifiziert. Beispielsweise war Faser X4 mit der sekundären Umhüllung X aus Tabelle 7 und der primären Umhüllung 4 aus Tabelle 8 umhüllt.

Tabelle 9: Mikrokrümmungsempfindlichkeitstest

1550 nm

Faser ID	Erste Mod. (MPa)	Zweite Mod. (MPa)	Modenfeld- Durchmesser bei 1550 nm (μm^2)	Veränderung der Signalabschwächung 70–30N (dB/m) 1550 nm
X4	1,4	2100	9,69	$0,754 \pm 0,632$
Kontrolle	1,1-1,3	500-700	9,87	$3,588 \pm 0,694$
W4	1,4	1700	9,70	$1,138 \pm 0,782$
X9	0,8	2100	9,77	$0,528 \pm 0,229$

1625 nm

Faser ID	Erste Mod. (MPa)	Zweite Mod. (MPa)	Modenfeld- Durchmesser bei 1625 nm (μm^2)	Veränderung der Signalabschwächung 70–30N (dB/m) 1625 nm
X4	1,4	2100	10,54	$1,276 \pm 0,940$
Kontrolle	1,1-1,3	500-700	10,84	$4,603 \pm 0,950$
W4	1,4	1700	10,58	$1,436 \pm 0,815$
X9	0,8	2100	10,70	$0,748 \pm 0,549$

[0128] Die Veränderung der Abschwächung des durch Faser X4, W4 und X9 übertragenen Signals war geringer als die Abschwächungsveränderung des Signals, das durch die Kontrollfasern übertragen wurde, sowohl bei den Wellenlängen von 1550 als auch 1625 nm, wenn unter Verwendung einer seitlichen Belastung mit einem Netzabschwächungstest getestet wurde.

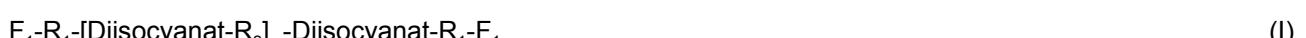
[0129] Die Umhüllungen zeigten eine reduziert Empfindlichkeit gegenüber einer Mikrokrümmung. Die Umhüllungen zeigten eine Veränderung der Signalabschwächung, die von 1,920 dB/m bis 0,122 dB/m bei einer Wellenlänge von 1550 nm und 2251 dB/m bis 0,199 dB/m bei einer Wellenlänge von 1625 nm variierte. Die Kontrollfaser zeigte eine viel größere Mikrokrümmungsempfindlichkeit. Bei einer Wellenlänge von ungefähr 1550 nm variierte die Veränderung der Signalabschwächung in der Kontrollfaser von 4182 dB/m bis 2894 dB/m. Bei

einer Wellenlänge von ungefähr 1625 nm variierte die Veränderung der Signalabschwächung von 5,553 dB/m bis 3,653 dB/m.

Patentansprüche

1. Zusammensetzung zum Umhüllen von optischen Fasern, umfassend:
 einen oligomeren Bestandteil, der in einer Menge von 15 Gew.-% oder weniger vorliegt, und einen monomeren Bestandteil, der in einer Menge von 75 Gew.-% oder mehr vorliegt, wobei der monomere Bestandteil zwei oder mehr Monomere umfasst, wenn die Zusammensetzung im Wesentlichen frei von oligomerem Bestandteil ist und das ausgehärtete Produkt der Zusammensetzung einen Young'schen Modul von mindestens 650 MPa besitzt, und

wobei der oligomere Bestandteil ein oder mehrere Oligomere umfasst, die Strukturen gemäß den Formeln (I), (II), (III) oder (IV) besitzen:



wobei F_1 , unabhängig voneinander, eine reaktive funktionelle Gruppe, wie z. B. Acrylat, Methacrylat, Acrylamid, N-Vinylamid, Styrol, Vinylether, Vinylester oder eine andere, im Stand der Technik bekannte funktionelle Gruppe ist;

R_1 , unabhängig voneinander, $-C_{2-12}O-$, $-(C_{2-4}O)_n-$, $-C_{2-12}O-(C_{2-4}O)_n-$, $-C_{2-12}O-(CO-C_{2-5}O)_n-$, $-C_{2-12}O-(CO-C_{2-5}NH)_n-$ ist, wobei n eine ganze Zahl von 1 bis 30 ist;

R_2 Polyether, Polycarbonat, Polyamid, Polyurethan, Polyharnstoff oder Kombinationen davon ist; und m eine ganze Zahl von 1 bis 10 ist;



wobei F_2 , unabhängig voneinander, 1 bis 3 funktionelle Gruppen, wie z. B. Acrylat, Methacrylat, Acrylamid, N-Vinylamid, Styrol, Vinylether, Vinylester oder andere, im Stand der Technik bekannte funktionelle Gruppen darstellt;

$R_1 -C_{2-12}O-$, $-(C_{2-4}O)_n-$, $-C_{2-12}O-(C_{2-4}O)_n-$, $-C_{2-12}O-(CO-C_{2-5}O)_n-$, $-C_{2-12}O-(CO-C_{2-5}NH)_n-$ ist, wobei n eine ganze Zahl von 1 bis 10 ist;

R_2 Polyether, Polycarbonat, Polyamid, Polyurethan, Polyharnstoff oder Kombinationen davon ist;

x eine ganze Zahl von 1 bis 10 ist; und

m eine ganze Zahl von 1 bis 10 ist.

2. Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei das ausgehärtete Produkt der Zusammensetzung einen Young'schen Modul von mindestens 100 MPa besitzt.

3. Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei der oligomere Bestandteil in einer Menge von weniger als 15 Gew.-% und von mehr als 0 Gew.-% vorliegt.

4. Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, wobei der monomere Bestandteil in einer Menge von 80-99 Gew.-% vorliegt.

5. Optische Faser, umfassend:

eine Glasfaser;

eine primäre Umhüllung, die die Glasfaser einkapselt; und

eine zweite Umhüllung, die die primäre Umhüllung einkapselt, wobei die zweite Umhüllung das ausgehärtete Produkt einer Zusammensetzung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 ist.

6. Optische Faser gemäß Anspruch 5, wobei das ausgehärtete Produkt der Zusammensetzung einen Young'schen Modul von mindestens 900 MPa besitzt.

7. Optische Faser gemäß Anspruch 5, wobei die zweite Umhüllung eine äußere Oberfläche besitzt, die einen Reibungskoeffizienten von weniger als 0,43 besitzt.

8. Optische Faser gemäß Anspruch 5, die eine Mikrokrümmungsdämpfung von weniger als 2,25 dB/m bei einer Wellenlänge von 1550 nm besitzt.

9. Optische Faser gemäß Anspruch 5, die eine Mikrokrümmungsdämpfung von weniger als 0,53 dB/m bei einer Wellenlänge von 1550 nm besitzt.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

FIG. 1

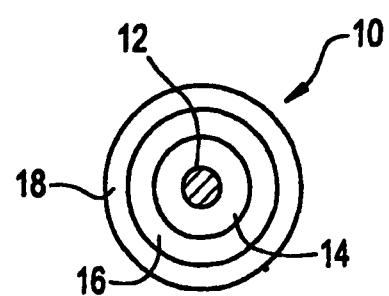


FIG. 2

