



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 656 232 A5

⑤ Int. Cl.4: G 02 B 6/22

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

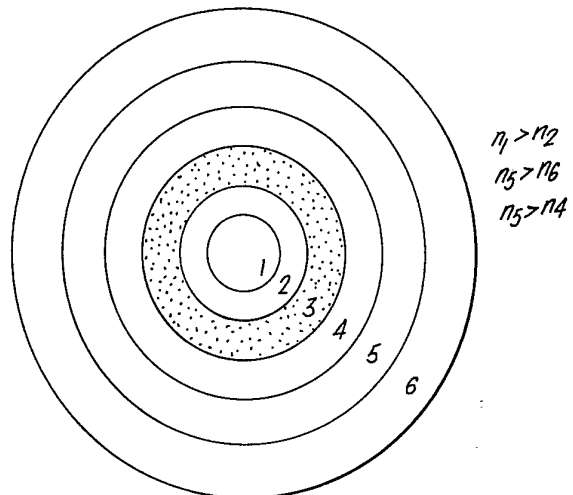
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

<p>⑳ Gesuchsnummer: 8036/80</p> <p>㉒ Anmeldungsdatum: 29.10.1980</p> <p>⑳ Priorität(en): 29.10.1979 GB 7937477</p> <p>㉔ Patent erteilt: 13.06.1986</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 13.06.1986</p>	<p>㉓ Inhaber: International Standard Electric Corporation, New York/NY (US)</p> <p>㉗ Erfinder: Black, Peter William, Bishop's Stortford/Herts (GB)</p> <p>㉘ Vertreter: Dipl.-El.-Ing. Hans F. Bucher, Bern</p>
---	--

⑤④ **Gegen unbefugte Anzapfung geschützte, strahlungsbeständige Lichtleitfaser.**

⑤⑦ Die Faser weist einen innern (1, 2) und diesen umgebenden äussern (4, 5, 6) Wellenleiter-Aufbau auf. Eine diese beiden Aufbaue trennende Zwischenschicht (3) wird durch Bestrahlung optisch absorbierend, d.h. praktisch lichtundurchlässig, gemacht. Der innere Wellenleiter-Aufbau enthält einen die geschützten Informationen übertragenden Kern (1) und einen optischen Mantel (2). Der äussere Wellenleiter-Aufbau weist einen optischen Kern (5) auf, der das Überwachungssignal überträgt und zwei diesen Kern umgebende Mantelschichten (4, 6). Die lichtabsorbierende Schicht (3) verhindert das unbefugte Anzapfen des innern Wellenleiters, welches bisher unter gewissen Umständen auch ohne Beschädigung des äussern Wellenleiters möglich war.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Gegen unbefugte Anzapfung geschützte, strahlungsbeständige Lichtleitfaser, gekennzeichnet durch einen innern Wellenleiteraufbau (1, 2) aus strahlungsbeständigem Material, enthaltend einen lichtdurchlässigen optischen Kern (1) umgeben von einem, einen niedrigeren Brechungsindex als jener des Kerns aufweisenden optischen Mantel (2), durch eine lichtundurchlässige Zwischenschicht (3) aus strahlungsempfindlichem Material, und durch einen äussern Wellenleiteraufbau (4, 5, 6), gleichfalls aus strahlungsbeständigem Material, enthaltend einen ringförmigen, lichtdurchlässigen optischen Kern, der zwischen einer innern (4) und einer äussern (6) optischen Mantelschicht eingeschlossen ist, wobei der Brechungsindex der Mantelschichten niedriger ist als jener des Kerns.

2. Faser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern des innern Wellenleiteraufbaus flüssig ist.

3. Faser nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Mantel des innern Aufbaus, die Zwischenschicht und der Kern sowie der innere Mantel des äussern Aufbaus aus Glas, während der äussere Mantel des äussern Aufbaus aus Glas oder aus Kunststoff hergestellt sind.

4. Faser nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern des äussern Aufbaus aus undotiertem Siliciumdioxid, dessen innerer Mantel sowie der Mantel des innern Aufbaus aus fluordotiertem Siliciumdioxid und die Zwischenschicht aus titandioxiddotiertem Siliciumdioxid hergestellt sind.

5. Faser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern des innern Aufbaus aus undotiertem Siliciumdioxid und der äussere Mantel des äussern Aufbaus aus Siliciumdioxid besteht.

6. Verfahren zur Herstellung einer Lichtleitfaser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie, oder mindestens deren aus Glas hergestellte Komponenten, aus einem Schmelzen der Glaszusammensetzung für die einzelnen Faserkomponenten enthaltenden, ineinandergeordneten Schmelztiegelsatz heruntergezogen wird, und dass die Zwischenschicht durch Bestrahlung stark optisch absorbierend und folglich praktisch lichtundurchlässig gemacht wird.

7. Verfahren zur Herstellung einer Lichtleitfaser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere Faserkomponenten durch Dampfablagerung gebildet werden, wobei aus dem Dampfablagerungsprozess Wasserstoff und Wasserstoff enthaltende Bestandteile ausgeschlossen werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein axiales Wachstum der Komponenten durch deren gleichzeitige Ablagerung auf die Endfläche eines Dorns in axialer Richtung herbeigeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponenten durch aufeinanderfolgendes Wachstum auf die gekrümmte Oberfläche eines zylinderförmigen Dorns oder auf die Innenwand eines Substratrohres gebildet werden.

10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Ablagerung auf eine lokalisierte heisse Zone beschränkt ist, welche durch eine entlang der Länge eines Substratrohres fortbewegte Knallgasflammen-Hitzequelle zwecks einheitlicher Ablagerungsdicke gebildet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Kernmaterial des innern Aufbaus in einem Stabim-Rohr-Prozess gebildet wird.

welche einerseits strahlungsbeständig, andererseits gegen unbefugte Anzapfung weitgehend geschützt ist.

Manchmal ist es äusserst schwierig, die Unversehrtheit des Übertragungsmittels, über welches geheimzuhaltende Informationen gesandt werden, zu garantieren. Eine Möglichkeit, die Geheimhaltung zu gewährleisten, besteht in der Verschlüsselung der Signale an der Sendequelle und der Entschlüsselung dieser im Empfänger. Eine zweite Lösung besteht im Schutz des Übertragungsmediums, so dass Zutritt zu diesem lediglich durch Überwindung des Schutzes möglich ist. Diese zwei Grundlösungen können unabhängig voneinander oder gemeinsam angewandt werden. Die vorliegende Erfindung befasst sich mit der zweiten Lösungsmöglichkeit, d.h. dem Schutz des Übertragungsmediums.

Im CH-Patent Nr. 607 064 wird eine Lichtleitfaser-Konstruktion angegeben, bei welcher der die Nachrichten führende Faserteil durch einen weitem, Überwachungssignale führenden Teil umgeben ist. Eine Änderung der Intensität des Überwachungssignals zeigt einen unbefugten Eingriff in die Faser zwecks Verbindung mit dem nachrichtenführenden Teil dieser an.

Der Nachteil der beschriebenen Lösung besteht in der Möglichkeit, unter gewissen Umständen (z.B. durch starkes Biegen der Faser) den das geheimzuhaltende Signal führenden Faserteil doch anzapfen zu können, ohne dabei den das Überwachungssignal führenden Teil beschädigen zu müssen. Dadurch wird der Faserschutz überwunden.

Zweck der vorliegenden Erfindung ist es, eine Faserkonstruktion anzugeben, die diesen Nachteil vermeiden würde. Die Lösung der Aufgabe ist dem Wortlaut des Patentanspruchs 1 zu entnehmen. Hierbei ist die Grundidee der Erfindung in der Verwendung einer den das geheimzuhaltende Signal führenden Faserteil umgebenden, lichtabsorbierenden Schicht zu erblicken.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung soll nun anhand der Zeichnung, die einen schematischen Querschnitt durch die erfindungsgemässe Faser zeigt, erläutert werden.

Der optische Teil der Faser besteht in einem Kern 1, welcher von Schichten 2 bis 6 umgeben ist. Zusätzliche, keine optischen Funktionen ausführende Schichten können vorhanden sein, um z.B. die mechanische Festigkeit der Faser und deren mechanischen Schutz zu garantieren. Es kann sich hierbei z.B. um Schutzmäntel aus Kunststoff handeln. Die nichtoptischen Teile werden in der Zeichnung nicht gezeigt. Der optische Kern 1 und die optische Mantelschicht 2 bilden einen sogenannten innern Wellenleiter-Aufbau, der das Nachrichtensignal führt. Hierbei muss der Brechungsindex  $n_1$  des Kerns 1 grösser als der Index  $n_2$  der Schicht 2 sein. Die Schichten 4, 5 und 6 bilden einen sogenannten äusseren Wellenleiter-Aufbau, der das Überwachungssignal führt. Die Schicht 5 bildet den ringförmigen optischen Kern dieses Aufbaus, so dass der zuständige Brechungsindex  $n_5$  grösser sein muss als die Indexe  $n_4$  und  $n_6$  der beiden, den Kern umgebenden Schichten.

Die Schicht 3 ist eine die beiden Wellenleiter-Aufbaue trennende Zwischenschicht. Deren Material wird so gewählt, dass der Brechungsindex  $n_3$  kleiner ist als  $n_2$ . Dies verhindert die Führung von Mantelmoden in der Grenzfläche zwischen den Schichten 2 und 3, was allerdings nicht unter allen Umständen von Wichtigkeit ist.

Zur Herstellung einer solchen Faser kann z.B. ein Schmelztiegelsatz mit konzentrisch ineinander verschachtelten Tiegeln verwendet werden, die Schmelzen der Glaszusammensetzungen der einzelnen, die Faser bildenden Schichten beinhalten. Die zusammengesetzte Faser wird dann aus im Boden der einzelnen Tiegel konzentrisch angeordneten Düsen gezogen.

Eine weitere Herstellungsmethode bedient sich der Dampf-

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Lichtleitfaser,

ablagerung, wobei es sich um die Ablagerung einer Folge von Schichten auf die gekrümmte Oberfläche eines zylindrischen Dorns, oder das axiale Wachstum von Material durch gleichzeitige Ablagerung der Schichten auf die Endoberfläche eines Dorns, oder schliesslich um eine aufeinanderfolgende Ablagerung von Schichten auf die Innenwand eines Substratrohres handeln kann.

Wenn im folgenden über strahlungsbeständige und strahlungsempfindliche Materialien gesprochen wird, handelt es sich im ersten Fall um ein Material, dessen optischen Durchlassgrad durch Bestrahlung verhältnismässig unbeeinflusst bleibt und sich nach Bestrahlung nach einer Zeitspanne von einigen Stunden praktisch auf seinen ursprünglichen Wert erholt; im zweiten Fall, nämlich bei einem strahlungsempfindlichen Material handelt es sich um ein Material, dessen optischer Durchlassgrad durch Bestrahlung für eine unbestimmte Zeit stark ansteigt. Beispiele von strahlungsbeständigen Materialien zur Dampfablagerung sind z.B. reines, undotiertes Siliciumdioxid für das optische Kernmaterial und Siliciumdioxid, dotiert mit Fluor, für das optische Mantelmaterial, dessen Brechungsindex niedriger als jener des Kerns ist. Ein passendes strahlungsempfindliches Material ist ein siliciumdioxid-dotiertes Titandioxid. Dieses hat einen höheren Brechungsindex als reines, undotiertes Siliciumdioxid.

Im Falle der Ablagerung auf die gekrümmte Oberfläche eines Dorns wird als erste eine den Kern 1 bildende Glasschicht aufgetragen. Nach Ablagerung aller Schichten wird der Dorn entfernt, so dass ein rohrförmiger Aufbau übrig bleibt, dessen Bohrung zum Zusammenfallen gebracht und nachfolgend die Faser heruntergezogen wird. Die den Aufbau bildenden Schichten können entweder als kohärente, luftporenfreie Glasschichten oder als Partikel abgelagert werden, die dann einzeln oder als eine Gruppe gesintert und zu einem kohärenten, luftporenfreien Glas verfestigt werden.

Im Falle der Ablagerung auf die Innenwand eines Substratrohres werden die Schichten in umgekehrter Reihenfolge aufgetragen, beginnend mit der äussersten Schicht und endend mit der Kernschicht 1. Nachher, und wenn nötig, nach einer Verfestigung, wird das von innen beschichtete Rohr zum Zusammenfallen gebracht. Die Lichtleitfaser kann dann zu einem spätern Zeitpunkt aus dem resultierenden, einen vollen Querschnitt aufweisenden Lichtleitfaserrohling heruntergezogen werden.

Die zwei oben beschriebenen Ablagerungsmethoden mit aufeinanderfolgender Schichtbildung können noch auf die Weise abgewandelt werden, dass der Kern 1 wegfällt. In diesem Falle wird die Bohrung des resultierenden, rohrförmigen Aufbaus nach dem innern oder äussern Ablagerungsprozess nicht voll zum Zusammenfallen gebracht. Eine hohle Faser wird dann heruntergezogen. Diese wird mit einer entsprechenden Flüssigkeit gefüllt, welche den flüssigen, innern Kern bildet. Auch kann der beschichtete, rohrförmige Aufbau um einen Stab herum zum Zusammenfallen gebracht werden, unter Verwendung der herkömmlichen «Stab-im-Rohr»-Methode, um eine Faser mit einem festen Kern zu bilden.

Im Falle der innern, aufeinanderfolgenden Schichtbildung kann eine weitere Modifikation vorgenommen werden, die zu einem vereinfachten Aufbau mit einer reduzierten Anzahl von Schichten führt (von 6 auf 4). Dies ist bei Faseranwendungen möglich, wo das Material des Substratrohres einen genügenden Durchlassgrad aufweist, um als Kernmaterial des ringförmigen optischen Kerns 5 des äussern Aufbaus verwendbar zu sein. Unter diesen Umständen beginnt die Ablagerung mit der Schicht 4, d.h. der innern Mantelschicht des äussern Wellenleiter-Aufbaus. Die äussere Mantelschicht 6 des äussern Wellenleiter-Aufbaus kann zu einem spätern

Zeitpunkt gebildet werden in Form einer Kunststoffschicht mit einem niedrigen Brechungsindex, welche unmittelbar anschliessend an den Faserziehvorgang aufgetragen wird. Diese Kunststoffschicht hat eine Doppelfunktion, indem sie den optischen Mantel und gleichzeitig einen Schutz der Glasoberfläche der frisch heruntergezogenen Faser gegen unerwünschte atmosphärische Einwirkungen auf die erwähnte Glasoberfläche bildet. Das Auftragen einer Kunststoffschicht 6 kann auch bei anderen Faserherstellungsverfahren verwendet werden, wie z.B. die externe, aufeinanderfolgende Dampfablagerung und die gleichzeitige Dampfablagerung, die oben besprochen wurde.

In einer bevorzugten Ausführungsweise wird der ringförmige optische Kern 5 des äussern Wellenleiteraufbaus aus einem Substratrohr aus Siliciumdioxid hergestellt von einer Länge von ungefähr 1 m und einem Durchmesser von 14 auf 12 mm. Dieses Rohr wird gründlich gereinigt, getrocknet und in einer speziellen Drehbank befestigt, deren Spindel- und Reitstock synchron betrieben sind. Sauerstoff durchströmt das um die eigene Achse gedrehte Rohr, während eine Knallgasflamme entlang der Rohrlänge fortbewegt wird, um eine reine, trockene, feuerpolierte Innenwand zu produzieren, auf die eine die innere Mantelschicht 4 des äussern Wellenleiteraufbaus zu bildende Glasschicht aufgetragen wird. Bei der Materialablagerung auf die Innenwand des Substratrohres durch Dampfreaktion werden aus dieser Wasserstoff und Wasserstoff enthaltende Bestandteile ausgeschlossen. Dadurch verhindert man die Bildung von Wasser als Produkt der Reaktion. Die Anwesenheit auch nur der kleinsten Spur von Wasserdampf ist unerwünscht, da dies zu einer starken Verunreinigung der Ablagerung durch Hydroxylgruppen führen würde, was wiederum eine unerwünschte optische Absorption zur Folge hätte. Die bevorzugte, wasserstofffreie Ablagerungsreaktion betrifft die direkte Oxidation von Halogeniden mit Sauerstoff. Derartige Reaktionen entwickeln sich nicht spontan bei Raumtemperaturen, sie müssen vielmehr in einer lokalisierten, heissen, durch eine Knallgasflamme hervorgerufenen Zone erzeugt werden. Die Flamme bewegt sich langsam mit gesteuerter Geschwindigkeit entlang dem Rohr, um eine einheitliche Dicke der abgelagerten Schicht zu gewährleisten. Es wird vorgezogen, die Fortbewegungsgeschwindigkeit der Flamme und ihre Temperatur so einzustellen, dass vorerst eher eine klare, kohärente, glasförmige Schicht abgelagert wird als eine pulverförmige, die noch eine nachfolgende Sinterung und Verfestigung benötigen würde. Die Ablagerungstemperatur zur Bildung einer klaren Schicht hängt davon ab, ob das abzulagernde Material dotiert ist oder nicht und von der Zusammensetzung der Dotierung oder der Dotierungsmischung und deren Konzentration. Es wird eine Anzahl von Flammendurchgängen benötigt, um eine einzelne Schicht von genügend grosser Dicke herzustellen.

Das Material für die Schicht 4 wird durch eine Reaktion von Tetrachlorsilicium und Dichloridfluormethan mit Sauerstoffgas abgelagert, um eine fluordotierte Siliciumdioxidschicht mit einem niedrigen Brechungsindex zu bilden. Das Tetrachlor wird unter Verwendung von Sauerstoff als Trägergas transportiert, welches durch eine Flasche mit flüssigem Tetrachlorsilicium durchbrodelt wird. Diesem Gasstrom wird ein gesteuerter Fluss von Dichlordifluormethan und als Verdünnungsmittel weiterer Sauerstoff hinzugefügt. Üblicherweise wird der Gasstrom durch die Flasche mit Tetrachlorsilicium auf einige Hundert  $\text{cm}^3/\text{min}$  eingestellt, der Dichlordifluormethan-Strom auf einige Dutzend  $\text{cm}^3/\text{min}$  und der weitere Sauerstoffstrom auf ungefähr  $2000 \text{ cm}^3/\text{min}$ .

Nach der Ablagerung des Materials für die Schicht 4 wird die Gaszusammensetzung durch Abschalten des Dichloridi-

fluormethan-Stroms und durch Einführung eines Sauerstoffstroms durch Tetrachlortitan geändert. Die Durchflussmengen bzw. -geschwindigkeiten werden angepasst, um das Material für die Schicht 3, enthaltend Siliciumdioxid, üblicherweise dotiert mit 5–10 Molprozent Titandioxid, abzulagern.

Bei Beendigung des Ablagerungsvorgangs für die Schicht 3, welche die den innern und den äusseren Wellenleiteraufbau trennende, absorbierende Schicht bilden soll, wird die Gaszusammensetzung auf die für die Ablagerung der Schicht 2 bestimmte, ursprüngliche Mischung eingestellt. Es ist günstig, jedoch nicht nötig, wenn die Schichten 2 und 4 dieselbe Zusammensetzung aufweisen.

Schliesslich wird die Gaszusammensetzung abermals für die Ablagerung des Materials zur Bildung des Kerns 1 geändert. Dieser besteht aus undotiertem Siliciumdioxid, so dass zur Ablagerung dieser Schicht der Strom von Dichlordifluormethan abgestellt wird.

Als nächstes wird die Bohrung des beschichteten Rohres zum Zusammenfallen gebracht, um einen Lichtleitfaser-Rohrung von vollem Querschnitt zu bilden. Zu diesem Zwecke wird die Flammentemperatur erhöht und dadurch die Rohrwandung weichgemacht, so dass sie unter dem Einfluss der Oberflächenspannung zusammenfällt. Einige Durchgänge der Flamme sind nötig, um das vollkommene Zusammenfallen der Bohrung zu bewirken; um schliesslich die kreisförmige Symmetrie während des ganzen Zusammenfallvorgangs zu gewährleisten, wird in der Bohrung des Rohrs ein kleiner Überdruck aufrechterhalten.

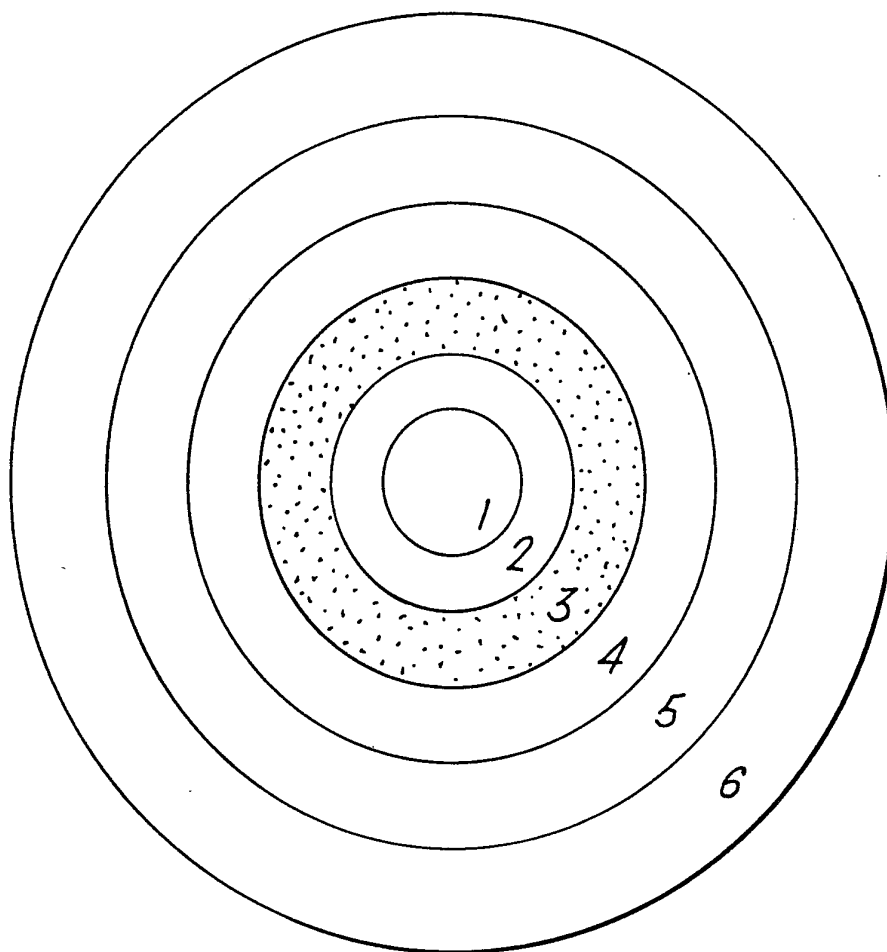
Der entstandene Rohling kann gelagert werden bis zu einem Zeitpunkt, zu welchem er zur Herstellung der Faser benötigt wird. Er wird dann vertikal in einer Ziehvorrichtung montiert und mit gesteuerter Geschwindigkeit in einen Ofen herabgelassen, während die Faser aus seinem durch Hitze erweichten, unteren Ende gezogen wird. Sofort passiert die

Faser eine Beschichtungseinrichtung, in welcher, ehe sie noch irgendwie berührt wurde, ein Kunststoffmantel (Schicht 6, die äusserste Schicht des äusseren Wellenleiter-Aufbaus) auf ihre Oberfläche aufgetragen wird. Ein entsprechendes Kunststoffmaterial mit einem Brechungsindex, der kleiner als jener des Substratrohrs ist, ist z.B. Siliconharz. Die Schicht 6 wirkt also einerseits als optischer Mantel, andererseits als Schutzschicht, welche die Glasoberfläche der frisch heruntergezogenen Faser vor Verschlechterungen der mechanischen Festigkeitseigenschaften durch atmosphärische Einwirkungen schützt.

Normalerweise wird die Faser dann noch mit mindestens einem weiteren Kunststoffüberzug versehen, z.B. durch Extrusion, um einen Schutzmantel gegen allerlei mechanische Belastungen zu bilden.

Dann ist die Faser zur Bestrahlung vorbereitet, welche die Schicht 3 optisch stark absorbierend und praktisch lichtundurchlässig machen soll. Dies kann durch Bestrahlung einer Rolle, auf welcher die Faser gewickelt ist, während einer gewissen Zeitspanne bei einem Pegel von  $10^5$  r aus einer Gammastrahlenquelle, wie z.B. Kobalt 60, geschehen.

In Fasern, die durch Dampfreaktionsprozesse, aus welchen Wasserstoff und Wasserstoff enthaltende Komponenten ausgeschlossen wurden, entstanden sind, wird doch eine Restmenge von Hydroxylgruppen gefunden, und zwar in einer Konzentration von ungefähr  $1:10^6$ . Üblicherweise erholte sich auf diese Art gewachsenes Siliciumdioxid sehr gut von Bestrahlungsauswirkungen, eine Anzahl besonders «trockener» Muster benötigte jedoch eine längere Erholungszeit, was zur Annahme führte, dass bei verbesserten technologischen Prozessen, die eine Verunreinigung durch Hydroxylgruppen auf praktisch Null reduzieren, eine streng kontrollierte Restmenge dieser Gruppen hinzugefügt werden müsste.



$$n_1 > n_2$$

$$n_5 > n_6$$

$$n_5 > n_4$$