



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.³: H 04 B 9/00
G 02 B 5/172

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENT SCHRIFT** A5

⑪

644 975

⑳① Gesuchsnummer: 11295/79

⑳② Anmeldungsdatum: 20.12.1979

⑳③ Priorität(en): 20.12.1978 GB 49255/78

⑳④ Patent erteilt: 31.08.1984

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 31.08.1984

⑦③ Inhaber:
International Standard Electric Corporation, New
York/NY (US)

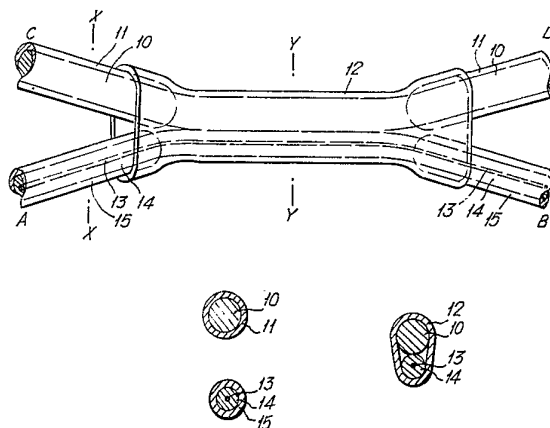
⑦② Erfinder:
Terry Bricheno, Near Bishop's Stortford/Herts
(GB)

⑦④ Vertreter:
Dipl.-El.-Ing. Hans F. Bucher, Bern

⑤④ **Lichtleitfaser-Richtkoppler und dessen Verwendung in einer Sende-/Empfangseinrichtung.**

⑤⑦ Der Lichtleitfaser-Richtkoppler weist eine erste und eine zweite Faser auf, die durch einen, einen niedrigen Brechungsindex aufweisenden Schrumpfschlauch (12) zusammengehalten werden. Während die erste Faser lediglich aus einem Kern (10) und einer optischen Mantelschicht (11) besteht, weist die zweite Faser noch eine zusätzliche, zweite optische Mantelschicht (15) auf. Innerhalb des Schlauchs werden über eine bestimmte Länge die äussersten Schichten der Fasern beseitigt, so dass der Kern (10) der ersten Faser in gutem Kontakt mit der ersten Mantelschicht (14) der zweiten Faser steht.

Der Koppler kann in einem Bruchstellen-Detektor oder in einer Zweiweg-Nachrichtenübertragungsanlage verwendet werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Lichtleitfaser-Richtkoppler, gekennzeichnet durch eine erste und eine zweite Lichtleitfaser und einen Schrumpfschlauch (12), durch welchen die Fasern durchgezogen sind und welcher einen guten Kontakt dieser gewährleistet; durch einen Kern (10) der ersten Faser, welcher von einem optischen Mantel (11) mit einem niedrigeren Brechungsindex als jener des Kerns umgeben ist; durch einen Kern (13) der zweiten Faser, welcher von einem ersten optischen Mantel (14) mit einem niedrigeren Brechungsindex als jener des Kerns umgeben ist, wobei der erste Mantel seinerseits von einem zweiten optischen Mantel (15) mit einem noch niedrigeren Brechungsindex als jener des ersten Mantels umgeben ist; weiter dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke des ersten optischen Mantels (14) so gewählt ist, dass ein den in der durch den Kern (13) und den ersten optischen Mantel (14) der zweiten Faser gebildeten Wellenleiterstruktur sich fort-pflanzenden Modes zugeordnetes Dämpfungsfeld in der äusseren Oberfläche des ersten Mantels praktisch vernachlässigbar ist; dass der Brechungsindex des zweiten Mantels (15) der zweiten Faser kleiner ist als jener des Kerns (10) der ersten Faser und der Brechungsindex des Schrumpfschlauches kleiner als jener des Kerns (10) der ersten Faser und gleichfalls kleiner als jener des ersten Mantels (14) der zweiten Faser ist, dass entlang einer sich überlappenden Länge innerhalb des Schlauchs der Mantel (11) der ersten Faser und der zweite Mantel (15) der zweiten Faser beseitigt ist, derart, dass der entblösste Kern der ersten Faser mit dem entblösten ersten Mantel der zweiten Faser innerhalb des Schlauchs einen guten Kontakt aufweist.

2. Richtkoppler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kerndurchmesser der ersten Faser grösser ist als jener des ersten optischen Mantels (14) der zweiten Faser.

3. Richtkoppler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Mantel (11) der ersten Faser und der zweite optische Mantel (15) der zweiten Faser aus Kunststoff, während der Kern (10) der ersten Faser und sowohl der Kern (13) als auch der erste optische Mantel (14) der zweiten Faser aus Glas bestehen.

4. Richtkoppler nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die aus Glas bestehenden Teile der beiden Fasern aus reinem oder dotiertem Siliciumdioxid hergestellt sind.

5. Verwendung des Richtkopplers nach Anspruch 1 in einer Sende-/Empfangeinrichtung zum Aussenden von Lichtstrahlen und zum Empfang von durch eine Bruchstelle in einer Lichtleitfaser rückgestrahlten Lichtstrahlen oder zum Empfang von über eine Lichtleitfaser aus einer entfernten, weiteren Sende-/Empfangeinrichtung ausgesandten Strahlen, dadurch gekennzeichnet, dass eine Sendevorrichtung an ein Ende der zweiten Faser des Kopplers und eine Empfangsvorrichtung an das dem erwähnten Ende benachbarte Ende der ersten Faser gekoppelt ist.

6. Verwendung nach Anspruch 5 zur Feststellung der Lage einer Bruchstelle (46) in einer zu prüfenden Lichtleitfaser (44), dadurch gekennzeichnet, dass die Sendevorrichtung eine Lichtquelle (40) ist, welche an eine Endfläche (A) der zweiten Faser (41) des Richtkopplers gekoppelt ist, dass die Empfangsvorrichtung ein Fotodetektor (42) ist, der an die der erwähnten Endfläche (A) benachbarte Endfläche (C) der ersten Faser (43) des Richtkopplers gekoppelt ist, dass die zu prüfende Faser (44) an die andere Endfläche (B) der zweiten Faser gekoppelt ist, und dass die zweite Faser im Bereich ausserhalb des Schrumpfschlauches (12) mit einem Modelfilter (45) zur Unterdrückung von unerwünschten Modes versehen ist, das Ganze derart, dass von der Lichtquelle in die zu prüfende Faser ausgestrahlten Lichtstrahlen durch die Bruchstelle rückgestrahlt und durch den Fotodetektor empfangen werden.

7. Verwendung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Modelfilter (45) einen Bereich von optisch absor-

bierendem, dielektrischem Material aufweist, welches einen Teil des zweiten optischen Mantels (15) der zweiten Faser (41) ersetzt.

8. Verwendung nach Anspruch 5 zur Zweiweg-Übertragung von Lichtsignalen in einer Nachrichtenübertragungsanlage, dadurch gekennzeichnet, dass für je eine Übertragungsrichtung je eine Sende-/Empfangeinrichtung vorgesehen ist, enthaltend je eine als Sendevorrichtung ausgebildete Lichtquelle (53, 54) und je einen als Empfangsvorrichtung ausgebildeten Fotodetektor (55, 56), dass die Lichtquellen je an eine Endfläche (A1, A2) der zweiten Faser des zuständigen Richtkopplers und die Fotodetektoren je an die der erwähnten Endfläche benachbarten Endfläche (C1, C2) der ersten Faser des zuständigen Richtkopplers gekoppelt sind, und dass die beiden anderen Endflächen (B1, B2) der zweiten Fasern an eine einzelne Übertragungs-Lichtleitfaser (50) gekoppelt sind, derart, dass die von einer Sende-/Empfangeinrichtung ausgesandten Lichtsignale in der jeweils anderen Einrichtung empfangen werden.

9. Verwendung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Kerndurchmesser der einzelnen Übertragungs-Lichtleitfaser (50) dem Durchmesser des ersten optischen Mantels (14) der zweiten Faser beider Richtkoppler angepasst ist.

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Lichtleitfaser-Richtkoppler, dessen kennzeichnende Merkmale im Patentanspruch 1 angegeben sind.

In einer Anlage, in welcher in ein Ende einer Lichtleitfaser Licht eingekoppelt und das aus diesem Ende austretende Licht empfangen wird, muss es zu einer Art Strahlenteilung kommen. Bei der Vorrichtung zur Strahlenteilung kann es sich beispielsweise um einen Teilreflektor handeln, der so angebracht ist, dass er mit der Faserachse einen Winkel von 45° einschliesst. Ist die Strahlenteilervorrichtung verlustfrei, dann ist bei einem Durchlassgrad x der Reflexionsgrad $(1 - x)$. Folglich tritt der minimale Verlust eines optischen Pfades, der einen Durchgang durch den Strahlenteiler und eine Reflexion beinhaltet, ein, wenn der Durchlassgrad $x = \frac{1}{2}$ und sein Wert 6 dB ist. Ein Lichtleitfaser-Richtkoppler, wie er z.B. im Artikel «Low-loss acces coupler for multimode optical fibre distribution networks» von B.S. Kawasaki und K.O. Hill in der Zeitschrift Applied Optics, Bd. 16, Nr. 7, Juli 1977, beschrieben wird, kann den Teilreflektor ersetzen, um eine robustere Ausführung des Reflektors zu erhalten; auf ähnliche Weise jedoch – unter der Voraussetzung, dass die Faserabmessungen gleich sind und dass der Koppler verlustfrei ist – beträgt der Minimalverlust des optischen Pfades, welcher zweimal den Koppler passiert, 6 dB.

Die vorliegende Erfindung befasst sich mit einem Lichtleitfaser-Richtkoppler, welcher im Vergleich zu herkömmlichen Kopplern einen beträchtlich niedrigeren Verlust aufweist. Dies ist von grossem Vorteil, wenn der Koppler z.B. in einem Lichtleitfaser-Reflektometer verwendet wird. Wenn der Kopplerverlust beispielsweise von 6 auf 1 dB herabgesetzt werden kann, ermöglicht diese Messungen von Reflexionsverlusten an beträchtlich längeren oder an beträchtlich verlustreicheren Fasern als bisher. Ähnliche Überlegungen gelten auch z.B. für Richtkoppler, die an entgegengesetzten Enden einer Lichtleitfaser, über welche Signalübertragungen in zwei entgegengesetzten Richtungen erfolgen, angebracht sind.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung sowie deren Verwendung sollen nun anhand der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 den erfindungsgemässen Lichtleitfaser-Richtkoppler,

Fig. 2 und 3 Schnitte durch den Richtkoppler gemäss Fig. 1 entlang den Linien XX und YY,

Fig. 4 die Verwendung des Richtkopplers gemäss Fig. 1 in

einem Bruchstellendetektor, und

Fig. 5 die Verwendung zweier Richtkoppler gemäss Fig. 1 in einer Zweiweg-Übertragungsanlage.

In Fig. 1 weist eine erste Lichtleitfaser einen optischen Glaskern 10 auf, der durch einen optischen Mantel 11 aus Kunststoff umgeben ist. Der Brechungsindex des optischen Mantels ist niedriger als jener des optischen Kerns. Die Faser ist durch einen Kunststoff-Schrumpfschlauch 12 zusammen mit einer zweiten Lichtleitfaser gezogen. Diese zweite Faser hat einen Glaskern 13, welcher von einem ersten, einen niedrigeren Brechungsindex als der Kern aufweisenden optischen Mantel 14 aus Glas umgeben ist; der erste optische Mantel seinerseits ist von einem zweiten, einen noch niedrigeren Brechungsindex aufweisenden optischen Mantel 15 aus Kunststoff umgeben. Über eine Distanz, die etwas kürzer ist als die Länge des Schrumpfschlauchs 12 wird der Kunststoffmantel 11 sowie der zweite Kunststoffmantel 15 von der ersten bzw. zweiten Faser beseitigt. Nachfolgend wird der Schrumpfschlauch über die entblößten Faserteile, die üblicherweise 5 cm lang sind, aufgezogen und erhitzt, wodurch es zum Aufschmelzen des Schlauchs auf die Fasern und zum Festklemmen dieser kommt, so dass ein guter gegenseitiger Kontakt der Fasern gewährleistet ist. Der Brechungsindex des Schrumpfschlauchs ist niedriger als jener des Kerns der ersten Faser und auch des ersten optischen Mantels der zweiten Faser. Aus Gründen, die später erläutert werden, muss der Kern der ersten Faser einen höheren Brechungsindex aufweisen als jener des zweiten Mantels der zweiten Faser, und er weist üblicherweise einen grösseren Durchmesser auf als jener des ersten Mantels der zweiten Faser. Die Enden der beiden Fasern bilden vier Endflächen des Richtkopplers, A und B (zweite Faser) und C, D (erste Faser).

Die erste Faser des Kopplers kann üblicherweise einen Siliciumdioxid-Kern mit einem Durchmesser von 350 µm aufweisen, während die zweite Faser einen solchen aus dotiertem Siliciumdioxid mit einem Durchmesser von 30 µm hat, der von einem Siliciumdioxid-Mantel mit einem Durchmesser von 100 µm umgeben ist. Die Glasteile dieser zweiten Faser werden vorzugsweise durch einen Dampfablagerungsprozess hergestellt.

Das Kunststoffmaterial für den optischen Mantel 11 der ersten Faser und den zweiten optischen Mantel 15 der zweiten Faser besteht aus einem Siliconharz mit niedrigem Brechungsindex jener Art, welches üblicherweise für kunststoffummantelte Siliciumdioxid-Lichtleitfasern verwendet wird. Der Schrumpfschlauch kann aus Polyvinyliden oder aus Polytetrafluoräthylen hergestellt werden.

Die Grenzfläche zwischen dem Kern 13 und dem ersten optischen Mantel 14 der zweiten Faser weist eine optische Wellenleiterwirkung auf, welche eine Fortpflanzung eines nachfolgend als Kernmodes bezeichneten Mode-Satzes ermöglicht. Eine ähnliche Wellenleiterwirkung hat auch die Grenzfläche zwischen dem ersten und dem zweiten optischen Mantel 14 bzw. 15 der zweiten Faser, welche Grenzfläche die Fortpflanzung von weiter als Mantelmodes bezeichneten Wellenlängen ermöglicht. Im Falle der Kernmodes ist das Dämpfungsfeld an der äusseren Oberfläche des Mantels verschwindend klein, so dass die Fortpflanzung dieser Modes durch die dielektrischen Eigenschaften des den Mantel unmittelbar umgebenden Materials nicht beeinflusst wird. Die Kernmodes pflanzen sich also von einem Ende der zweiten Faser zu deren andern Ende fort, ohne dass sie in die erste Faser gekoppelt werden würden. Bei den Mantelmodes hingegen ist das Dämpfungsfeld in der den ersten Mantel unmittelbar umgebenden Region nicht vernachlässigbar, so dass die Fortpflanzung dieser Modes durch die dielektrischen Eigenschaften des Materials dieser Region beeinflusst wird. Die Anzahl der durch die Grenzfläche zwischen dem ersten und zweiten Mantel der zweiten Faser gestützten, sich ausbreitenden Mantelmodes wird durch deren Brechungsindexe

bestimmt. Der Kern 10 der ersten Faser hat einen grösseren Brechungsindex als der zweite Mantel der zweiten Faser, so dass in der Berührungsregion zwischen dem Kern des ersten und dem ersten Mantel der zweiten Faser der Lichtstrom aus mindestens einigen der sich fortpflanzenden Mantelmodes der zweiten Faser die Tendenz zum Koppeln in die sich fortpflanzenden Modes der ersten Faser aufweisen wird. Da die Länge der Berührungsregion, die Kopplungslänge, viel grösser ist als jeder der Faserdurchmesser, wird ein Gleichgewichtszustand erreicht. Bei einem Richtkoppler der oben angegebenen Dimensionen ist das Verhältnis des in die erste Faser von den Mantelmodes gekoppelten Lichtstroms zu jenem in der zweiten Faser übrigbleibenden ungefähr 12:1, das bedeutet, dass das Verhältnis direkt proportional ist den relativen Flächen des Kerns der ersten Faser zum Kern und dem ersten Mantel der zweiten Faser.

Der beschriebene Richtkoppler kann bei der Feststellung von Bruchstellen in einer zu prüfenden Faser verwendet werden, siehe Fig. 4. Zu diesem Zwecke wird aus einer Lichtquelle 40 Licht in die Endfläche A der zweiten Faser 41 des Richtkopplers ausgestrahlt, während ein Detektor 42 angeordnet wird, um das aus der Endfläche C der ersten Faser 43 ausgestrahlte Licht zu empfangen. Ein Ende der zu prüfenden Faser 44 wird an die Endfläche B der zweiten Faser gekoppelt.

Licht aus der Quelle 40 wird in den Kern der zweiten Faser gekoppelt. Sollte eine gewisse Gefahr bestehen, dass sowohl Mantel- als auch Kernmodes eingestrahlt werden, kann ein Modelfilter 45 an der zweiten Faser zwischen der Eingangsfläche A und der Kopplungsregion innerhalb des Schrumpfschlauchs 12 vorgesehen werden, welches die Mantelmodes wegfiltet, noch ehe sie die Kopplungsregion erreichen würden. Die Kernmodes werden nicht in die erste Faser gekoppelt und pflanzen sich folglich bis zur Endfläche B fort, wobei lediglich ein minimaler Verlust zu verzeichnen ist, welcher auf die normale optische Dämpfung, entsprechend der Faserlänge zwischen den Endflächen A und B zurückgeführt werden kann. Dieses Licht wird dann in die zu prüfende Faser 44 gekoppelt. Falls die letztere Faser eine Bruchstelle 46 aufweist, reflektiert diese einen Teil des einfallenden Lichts zurück zur Endfläche B des Richtkopplers. Unter der Voraussetzung, dass mindestens ein beträchtlicher Teil dieses reflektierten Lichts eher in Form von Mantelmodes als von Kernmodes in die Endfläche B eingestrahlt wird, kommt es zur Kopplung der Mehrheit dieses beträchtlichen Teils von Licht in die erste Faser und über die Endfläche C in den Detektor 42. Bei einem viel grösseren Kerndurchmesser der zu prüfenden Faser 44 als der zweiten Faser 41 des Richtkopplers wird ein beträchtlicher Teil des reflektierten Signals in Form von Mantelmodes eingekoppelt. In anderen Fällen muss das Ende der zu prüfenden Faser in einer genügend grossen Entfernung von der Endfläche B angeordnet sein, um der im Vergleich zum Kerndurchmesser der zweiten Faser grossen Abweichung des reflektierten Strahls im Augenblick des Erreichens der Endfläche B Rechnung zu tragen.

Wenn Bruchstellen durch die Messung von Zeitspannen in einer ähnlichen Weise wie beim Pulsradar festgestellt werden, ist es möglich, Fresnelsche Reflexionen des durch die Endfläche B, durch die Eingangsfläche der zu prüfenden Faser und durch die andere Endfläche der Faser ausgestrahlten Lichts zu tolerieren, da sie genügend auflösbar sind. Ähnlich kann auch auf das Modelfilter verzichtet werden. Weist die Endfläche B eine gute Qualität auf (flachgeschliffene, zur Faserachse senkrechte Fläche), bereitet die Reflexion an dieser Fläche keine Probleme, da die sich fortpflanzenden Kernmodes als solche zur Endfläche A rückgestrahlt werden. Wenn die zu prüfende Faser fest an die zweite Faser anstösst, sollten durch eine Reflexion am Eingangsende der zu prüfenden Faser keine Mantelmodes entstehen. Eine Reflexion am anderen Ende der Prüffaser verursacht allerdings das Entste-

hen von Mantelmoden; die Reflexionen an den Prüffaserenden können jedoch durch Anpassung des Brechungsindex unterdrückt werden.

Bei einer Unterdrückung der Reflexionen am Eingangs-ende der Prüffaser ist es möglich, auch ohne Modefilter auszukommen, insbesondere im Falle, wenn das Gerät nicht zur Ortung von Bruchstellen bestimmt ist; hierbei ist es jedoch nötig, auch die Reflexionen an der Eingangsfläche D zu unterdrücken. In diesem Falle wird der grösste Teil des aus der Lichtquelle in Form von Mantelmoden in die zweite Faser ausgestrahlten Lichtes in die erste Faser gekoppelt, um von dort über die Endfläche D auszutreten. Der Rest des Lichtes wird reflexionsfrei in die Prüffaser eingestrahlt, wo sich ein Teil des Lichts in Form von Kernmoden der Prüffaser fortpflanzen kann, um von einer möglichen Bruchstelle reflektiert zu werden, wodurch ein Beitrag zum gewünschten Signal geleistet wird. Eine Reflexion an der Endfläche D kann nicht geduldet werden, da der Grossteil des reflektierten Signals in der ersten Faser zurückbleibt und dem Detektor ein unerwünschtes Signal zugeführt würde.

Das Modefilter 45 wird vorzugsweise hergestellt, indem ein Teil des zweiten optischen Mantels beseitigt und dieser durch ein absorbierendes dielektrisches Material, wie zum Beispiel ein mit Russ gefülltes Polymer, ersetzt wird. Dadurch werden Mantelmoden weggefiltert, die Kernmoden jedoch nicht tangiert, da deren Dämpfungsfeld nicht bis in das absorbierende Material eindringt.

Die Arbeitsweise des Richtkopplers, welcher ein Signal an der Endfläche C liefert, hängt vom Kerndurchmesser der Prüffaser ab. Werden nun die Dämpfungsverluste der Fasern im Koppler und die Steckverbinderverluste vernachlässigt und unter der Voraussetzung, dass ein Lichtstrom P in Form von Kernmoden in die Endfläche A eingestrahlt wird, dann gelangt der ganze Lichtstrom über die Endfläche B in die Prüffaser 44, deren Kerndurchmesser 150 μm beträgt. Falls das Licht in der Prüffaser zum Zeitpunkt, zu welchem es die erste Bruchstelle 46 erreicht, durch einen Durchlassfaktor T gedämpft wird und falls diese Bruchstelle einen Reflexionsfaktor R aufweist, dann ist der Lichtstrom des aus der Prüffaser austretenden reflektierten Lichts durch den Ausdruck PT^2R gegeben. Vorausgesetzt, dass der Lichtstrom gleichmässig über die ganze Endfläche des Prüffaserkerns verteilt ist, wird lediglich 45% des austretenden Lichts in Form von Kern- und Mantelmoden rückgestrahlt, während der Rest wegen der grösseren Querschnittsfläche des Prüffaserkerns verloren geht. Unter der Voraussetzung, dass das Verhältnis des in Form von Mantelmoden ausgestrahlten Lichtstroms zu jenen in Form von Kernmoden ausgestrahlten direkt proportional zu deren zuständigen Querschnittsflächen ist, werden die 91% des in Form von Kern- oder Mantelmoden in den Koppler rückgestrahlten Lichts in Mantelmoden rückgestrahlt. 92% dieses Lichts wird dann aus der zweiten Faser des Kopplers in die erste gekoppelt, um aus der Endfläche C auszutreten. In diesem Falle beträgt dann die Signalstärke 0,38 PT^2R . Man nehme nun den Fall an, dass die oben erwähnte Prüffaser durch eine ersetzt wird, deren Kerndurchmesser 50 μm beträgt, wobei in diese Faser der genau gleiche Lichtstrom wie im ersten Beispiel gekoppelt wird. Unter der Voraussetzung, dass der Reflexions- und Dämpfungsfaktor gleich ist wie im ersten Beispiel, wird auch der aus der neuen Prüffaser austretende Lichtstrom unverändert sein. In diesem zweiten Beispiel jedoch wird das ganze austretende Licht in Form von Kern- oder Mantelmoden gesammelt. Bei denselben Voraussetzungen wie vorher wird ein grösserer Teil, 36%, des Lichts in Form von Kernmoden eingekoppelt; da jedoch kein Licht verloren geht, wird ein grösserer Teil, 64%, des Lichts gleichfalls in Form von Mantelmoden eingekoppelt. Die Signalstärke am Detektor beträgt also in diesem Falle 0,59 PT^2R .

Würde man nun den erfindungsgemässen Koppler durch einen herkömmlichen 3 dB-Koppler, hergestellt aus einem

Paar identischer Fasern, ersetzen, würde man das stärkste Signal durch Anpassung der Kerndurchmesser dieser Fasern an jenen der Prüffaser erreichen. In einem solchen Fall wäre der in die Prüffaser eingestrahlt Lichtstrom 0,5 P, der in den 5 Koppler rückgestrahlte Lichtstrom 0,5 PT^2R und das den Detektor erreichende Signal 0,25 PT^2R . Würde man nun diesen herkömmlichen, 3 dB-Koppler für eine weitere Prüffaser mit einem Kerndurchmesser von 50 μm verwenden, würden nur 10% des aus der Endfläche D in Form von Kernmoden ausgestrahlten Lichtstroms in die Prüffaser gekoppelt werden, so dass das den Detektor erreichende Signal lediglich 0,025 PT^2R stark wäre. Dies zeigt, dass der herkömmliche Koppler eine niedrigere Leistungsfähigkeit und Vielseitigkeit als der erfindungsgemässe aufweist, da die Leistungsfähigkeit des 10 erstgenannten Kopplers stark vom Kerndurchmesser der Prüffaser abhängig ist.

In Fig. 5 wird eine andere Anwendungsmöglichkeit des Richtkopplers gemäss Fig. 1 gezeigt. Es handelt sich um eine 20 Zweiweg-Nachrichtenübertragungsanlage, in welcher eine einzelne Lichtleitfaser-Verbindungsleitung 50 die Endflächen B1 und B2 zweier identischer Richtkoppler 51 und 52 direkt verbindet. Weitere Endflächen A1 und A2 der Koppler sind mit modulierten Lichtquellen 53 und 54 verbunden, während an Endflächen C1 und C2 Detektoren 55 und 56 angeschlossen sind. Der Kerndurchmesser der Lichtleitfaser-Verbindungsleitung ist an die äusseren Durchmesser des ersten 25 Mantels der zweiten Fasern der zwei Richtkoppler angepasst, um die Qualität der Übertragung des Lichtstroms von jeweils einer Quelle an den konjugierten Detektor am andern Ende der Verbindungsleitung 50 zu optimieren.

Um nun die Grösse des vom Detektor empfangenen Lichtstroms feststellen zu können, wird aus denselben Voraussetzungen ausgegangen wie bei den vorherigen Analysen betreffend die Lichtverteilung; sowohl die Dämpfungsverluste in den Fasern der Richtkoppler als auch jene in den Steckverbindern werden vernachlässigt. Wird nun ein Lichtstrom P in Form von Kernmoden aus der Lichtquelle 53 in die Endfläche A1 eingestrahlt und falls die Verbindungsleitung 50 das Licht um einen Durchlassfaktor T dämpft, dann wird der 35 durch den Detektor 56 empfangene Lichtsignalstrom $0,91 \times 0,92 PT$ sein. (Die relativen Masse des Kerns und des ersten Mantels ergeben 9% des aus der Faser austretenden und als Kernmoden anstatt als Mantelmoden ausgestrahlten Stroms; lediglich 92% des Stroms in Form von Mantelmoden wird an die erste Faser des Richtkopplers 52 übertragen.) Diese empfangene Signalstärke von 0,84 PT ist ungefähr um 5 dB besser als der besterhaltbare Wert eines optimal angepassten, herkömmlichen 3 dB-Richtkopplers, welcher Wert 0,25 PT beträgt.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemässen Richtkopplers liegt in der reduzierten Grösse von unerwünschten Signalen, die durch die Reflexion an Kopplungsstellen zwischen der Verbindungsleitung und den Richtkopplern 51 und 52 entstehen. Falls diese Kopplungsstellen einen Reflexionskoeffizienten R aufweisen, sonst jedoch verlustfrei sind, dann, unter Vernachlässigung von mehr als einmal reflektiertem Licht, ist das vom Detektor 56 empfangene, gewünschte Signal $0,91 \times 0,92 PT ((1 - R)^2)$. Das Verhältnis des unerwünschten zum gewünschten Signal ist folglich immer kleiner als die Einheit. Im Falle von herkömmlichen 3 dB-Kopplern ist das vom Detektor 56 empfangene, gewünschte Signal (bei Vernachlässigung von Mehrfachreflexionen) $0,25 PT (1 - R)^2$, während das unerwünschte, vom Detektor 55 empfangene Signal $0,25 PR [1 + T^2(1 - R)]$ ist. In diesem Falle ist das Verhältnis des unerwünschten zum gewünschten Signal grösser als die Einheit, falls die Reflexionskraft R in ihrer Grösse vergleichbar ist mit der Faserdurchlässigkeit T. Ist diese Durchlässigkeit grösser als die Reflexionskraft der Kopplungsstellen, kann das Verhältnis unter die Einheit reduziert werden.

