



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## ⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑯ Gesuchsnummer: 4136/81

⑯ Inhaber:  
International Standard Electric Corporation, New York/NY (US)

⑯ Anmeldungsdatum: 23.06.1981

⑯ Erfinder:  
Gasparian, George Allenby, Roanoke/VA (US)

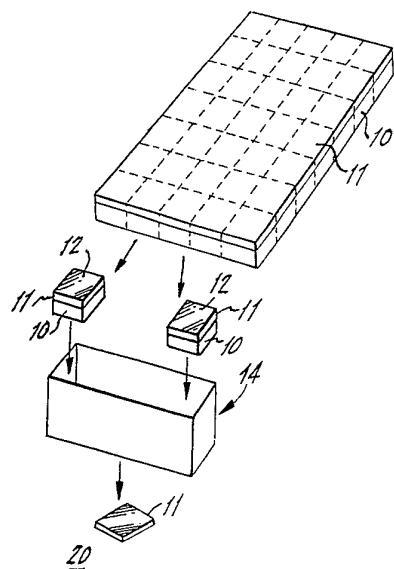
⑯ Priorität(en): 23.06.1980 US 159972

⑯ Vertreter:  
Dipl.-El.-Ing. Hans F. Bucher, Bern

⑯ Patentschrift veröffentlicht: 13.02.1987

**⑤ Verfahren zur Herstellung eines dichroitischen Dünnfilmelements für einen wellenlängenabhängigen optischen Zweirichtungskoppler.**

⑥ Ein dichroitischer Überzug (11) wird auf ein Substrat (10) aufgebracht. Nachfolgend wird das so entstandene Gebilde in Scheiben (12) zerschnitten; schliesslich wird der Überzug in einem Lösungsbad (14) vom Substrat gelöst. Es entstehen extrem dünne dichroitische Elemente (20), die dann als Kopplungsschicht zwischen zwei Lichtleitfasern in einem Zweirichtungskoppler an die polierten Enden dieser zu koppelnden Fasern mittels dünner Epoxy-schichten befestigt werden. Dank der sehr geringen Dicke der Trennschicht (bestehend aus Epoxy/Dünnfilmelement/Epoxy) kommt es zu keiner axialen Verschiebung zwischen den Fasern. Der optische Wirkungsgrad des Kopplers ist hoch.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung eines dichroitischen Dünnfilmelements für einen wellenlängenabhängigen optischen Zweirichtungskoppler, dadurch gekennzeichnet, dass auf eine glatte Oberfläche eines Substrats (10) ein dichroitischer Überzug (11) aufgetragen wird, dass das so entstandene Gebilde in ein Lösungsmittel (14) getaucht wird, um den Überzug vom Substrat zu lösen und derart eine dichroitische Dünnfilmschicht zu gewinnen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der dichroitische Überzug (11) mit Hilfe von Wärmeeinwirkung auf das Substrat aufgebracht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke des Überzugs weniger als 30 µm beträgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gebilde (10, 11) noch vor dem Eintauchen in das Lösungsmittel in eine Anzahl von Scheiben (12) zerschnitten wird, so dass nach dem Lösungsvorgang dichroitische Dünnfilmelemente (20) zur Verfügung stehen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat aus Glas gebildet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat aus einem kristallinischen Material, welches fähig ist, mit dichroitischen Überzügen versehen zu werden, gebildet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das kristallinische Material Natriumchlorid ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Lösungsmittel Wasser ist, welches das Substrat auflöst, wodurch die dichroitische Dünnfilmschicht gewonnen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Lösungsmittel eine Mischung von Alkohol und Aceton ist.

10. Verfahren zur Herstellung des wellenlängenabhängigen optischen Zweirichtungskopplers unter Verwendung eines nach Anspruch 4 hergestellten Dünnfilmelements, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Koppler-Hälfte (22) eine Lichtleitfaser (24, 30) enthält, dass auf diese Koppler-Hälfte mit Hilfe eines Haftmittels (31) eines der dichroitischen Dünnfilmelemente (20) befestigt wird und dass eine zweite, eine weitere Lichtleitfaser (35, 37) enthaltende Koppler-Hälfte (32) durch ein weiteres Haftmittel (33) an jene Fläche des Dünnfilmelements (20) befestigt wird, welche der Fläche, an der bereits die erstgenannte Koppler-Hälfte (22) haftet, gegenüberliegt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Haftmittel (31, 33) aus vorbestimmte optische Eigenschaften aufweisendem Epoxy gebildet werden.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass beim Zusammenfügen mindestens einer der Koppler-Hälften mit dem Dünnfilmelement dieses Element mit einer zur Längsachse der Koppler-Hälfte senkrechten Ebene einen vorbestimmten Winkel einschliesst, dessen Grösse so gewählt wird, dass Polarisationseffekte nicht auftreten.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel praktisch 25° ist.

14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abgriff-Faser (36) in der Nähe des dichroitischen Dünnfilmelements (20) angebracht wird, um von diesem reflektiertes Licht aufzufangen.

wellenlängenabhängigen optischen Zweirichtungskoppler; es wird auch ein Verfahren zur Herstellung des erwähnten Kopplers angegeben.

Derartige Koppler werden zur Zweirichtungs-Signalübertragung über optische Fasern verwendet. Im allgemeinen kann gesagt werden, dass ein optischer Koppler – oder Strahleiter – den einfallenden Lichtstrahl in zwei Strahlen aufteilt, um diese dann in zwei Verbindungen zu verwenden. Die erwähnten Einrichtungen ermöglichen in Fernmeldeanlagen eine Erhöhung der Informationskapazität und gewährleisten einen Schutz gegen Übersprechen zwischen verschiedenen Kanälen der Anlage, wobei die Zweirichtungsübertragung über eine einzelne optische Faser erfolgt.

Zur Unterscheidung oder Trennung zweier optischer Wellenlängen werden dichroitische Filter verwendet, wobei deren dichroitische Übertragungs- und Reflexionseigenschaften gemäss dem Stand der Technik durch vielschichtige dielektrische Überzüge erreicht werden. Die erwähnten Übertragungs- und Reflexionseigenschaften sind hierbei sowohl von der Wellenlänge als auch von der Polarisierung höchst abhängig. Die selektive Reflektierung und Übertragung von Licht durch diese Filter als Funktion der Lichtwellenlänge erfolgt verhältnismässig unabhängig von der Schwingungsebene.

Typische Materialien für dichroitische Filter sind zum Beispiel Zinksulfid, Titandioxid, Magnesiumfluorid usw., wobei sie auf Substrate abgelagert oder aufgedampft werden können.

Die mit dem Auftragen von dichroitischen Überzügen verbundenen Probleme sind bereits bekannt. Es sei hier zum Beispiel auf das Schweizerpatent Nr. 650 867 hingewiesen. Dieses Patent behandelt das Problem der Herstellung eines sehr dünnen, körperhaften Gebildes, dessen Dicke 50–75 µm beträgt. Um ein dichroitisches Filter mit solchen Massen herzustellen, muss – immer gemäss dem erwähnten Patent – ein SiO<sub>2</sub>-Substrat aus einem Glas mit extrem guten optischen Eigenschaften vorgesehen werden, wobei die ursprüngliche Dicke des Substrats ungefähr 125–150 µm beträgt. Ein vielschichtiger, dielektrischer, dichroitischer Überzug wird dann auf eine der grossen Substrat-Oberflächen aufgetragen. Dies geschieht unter Wärmeeinwirkung, um die Haftfähigkeit und Dauerhaftigkeit zu erhöhen. Nach der Ablagerung des Überzugs wird das derart entstandene dichroitische Filter auf die vorgegebene Dicke geschliffen und poliert. Bei diesen letzterwähnten Vorgängen wird die dichroitische Oberfläche durch Auftragen eines löslichen Haftmittels geschützt. Das derart entstandene Gebilde wird dann mittels einer Diamantsäge in quadratische oder rechteckförmige Scheiben zerschnitten. Die Masse dieser Scheiben sind verschieden, auf jeden Fall jedoch müssen sie grösser als der Querschnitt der Faser, auf welche sie schlussendlich aufgebracht werden, sein. Die üblichen Masse sind ungefähr 2 × 2 mm. Das dichroitische Filter wird, wie erwähnt, auf dem polierten Ende einer Faser enthaltenden Koppler-Hälfte befestigt. Zu diesem Zwecke wird eine weniger als 25 µm dicke Epoxy-Haftsicht auf das polierte Koppler-Hälfte aufgelegt. Bei den Montagearbeiten ist die primäre Sorge, axiale Verschiebungen zwischen den zwei Koppler-Hälften womöglich zu reduzieren. Je kleiner die Verschiebung, desto besser der Kopplungs-Wirkungsgrad.

Bei der herkömmlichen Technik kann man zusammenfassend zwei Hauptnachteile feststellen: das Substrat aus Qualitätsglas ist teuer, dessen Herstellung kompliziert. Das dichroitische Filter, bestehend aus Substrat und einem mehrschichtigen, dielektrischen, auf diesem Substrat aufgetragenen Material, ist verhältnismässig dick, so dass eine gewisse,

bereits erwähnte, axiale Verschiebung zwischen den zwei Koppler-Hälften stattfindet.

Zweck der vorliegenden Erfindung ist es, die erwähnten und andere Nachteile der herkömmlichen Technik zu beseitigen. Wie dies geschieht, ist dem Wortlaut der Patentansprüche 1 und 10 zu entnehmen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung soll nun anhand der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht des Substrats mit einem vielschichtigen, dichroitischen Überzug, wobei gleichzeitig Verfahrensschritte zur Gewinnung von dichroitischen Dünnfilmelementen angedeutet sind, und

Fig. 2 einen Schnitt durch den erfundungsgemäßen Zweirichtungskoppler bzw. Strahlenteiler.

Das Substrat 10 in Figur 1 kann aus einem beliebigen Glas oder einem entsprechenden kristallinischen Material, wie zum Beispiel Natriumchlorid, hergestellt werden. Eine der grossen Oberflächen des Substrats wird poliert und erhält ein verhältnismässig gutes optisches Finish, wonach auf diese Fläche ein dichroitischer Überzug 11 aufgetragen wird. Das Substrat 10 kann als rechteckige Platte, wie in der Figur 1 gezeigt, ausgebildet sein. Beim dichroitischen Überzug handelt es sich um ein mehrschichtiges dielektrisches Material, welches unter Einwirkung von Wärme aufgetragen wird, um die Haftfähigkeit und Dauerhaftigkeit zu verbessern.

Das Auftragen der dichroitischen Schicht erfolgt durch herkömmliche Methoden, wie zum Beispiel Aufdampfung, Zerstäubung usw. Nun folgt der Loslösungsvorgang des dichroitischen Überzugs 11 vom Substrat 10, welcher nachstehend näher beschrieben wird. Die losgelöste dichroitische Schicht wird dann direkt auf der Endfläche einer in einer Koppler- oder Strahlenteiler-Hälfte befestigten Faser durch ein Haftmittel, wie zum Beispiel Epoxy, angebracht.

Nach der erwähnten Ablagerung des dichroitischen Überzugs auf die polierte Oberfläche des Substrats 10 wird dieses Substrat in kleine Scheiben zerschnitten, deren Masse ungefähr  $1 \times 1 \text{ mm}$  betragen. Das Zerschneiden kann durch eine Diamantsäge erfolgen.

Es entsteht eine Anzahl von Scheiben 12, die in ein Lösungsmittelbad 14 getaucht werden, in dem sich die dichroitische Schicht vom Substrat löst. Das im Bad 14 verwendete Lösungsmittel muss so gewählt werden, dass sich zwar die dichroitische Schicht löst, jedoch nicht beschädigt wird. Besteht das Substrat 10 aus Glas, wird ein Lösungsmittel aus Methylalkohol mit Aceton verwendet.

Eine weitere Möglichkeit zur Loslösung des dichroitischen Überzugs besteht darin, dass das Substrat aus Natriumchlorid, welches bekanntlich in Wasser löslich ist, hergestellt wird. Dieses Natriumchlorid, auch als Kochsalz bekannt, kommt in der Natur als das Mineral Halit (Bergsalz) vor. Es kann poliert werden. Das Bad 14 enthält also im Falle der Verwendung von Kochsalz gewöhnliches Wasser.

Bekanntlich löst sich ein Gramm Salz in 2,8 ml Wasser bei  $25^\circ\text{C}$ . Als weitere Lösungsmittel für Salz kann Glycerin oder Alkohol verwendet werden. Durch die Auflösung des Substrats erhält man wiederum die reine dichroitische Dünnfilmschicht, die in der Figur 1 als dichroitisches Dünnfilmelement 20 angedeutet ist. Die übliche Dicke betrifft weniger als 30  $\mu\text{m}$ .

Gemäss Figur 2 wird dann das dichroitische Dünnfilmelement mit Hilfe einer Epoxyschicht auf einer ersten Koppler- oder Strahlenteiler-Hälfte 22 befestigt. Diese erste Hälfte enthält ein Lichtleitfaserstück 24, 30, wobei der Teil 24 nackt und seine Endfläche poliert ist und der Teil 30 mit einem Schutzmantel versehen ist. Eine dünne Schicht 31 aus die nötigen optischen Eigenschaften aufweisendem Epoxy wird

auf das polierte Ende der Strahlenteiler-Hälfte 22 aufgetragen. Hierbei ist noch zu erwähnen, dass die polierte Endfläche des Faserstück-Teils 24 mit dem polierten Ende der Hälfte 22 natürlich bündig ist. Die Dicke der erwähnten Epoxyschicht ist kleiner als 25  $\mu\text{m}$ , um die Übertragungsdämpfungen im Koppler, welche durch die axiale Trennung der zu koppelnden Fasern entstehen, so klein als möglich zu halten. Das dichroitische Element 20 wird nun direkt auf die aufgetragene Epoxyschicht 31 aufgelegt.

In der Figur 2 beträgt der Winkel zwischen dem Dünnfilm-

element 20 und einer zur Längsachse der Koppler-Hälfte 22 senkrechten Ebene ungefähr  $25^\circ$ . Die optischen Eigenheiten des dichroitischen Kopplers hängen zu einem hohen Massen von der Grösse dieses Winkels ab. Ein Winkel von  $25^\circ$  wird gewählt, um die Polarisationseffekte, d.h. der Brewstersche Winkel, nicht auftreten zu lassen (einfallender spitzer Winkel plus endlicher Halbwinkel der Faser). Der Brewstersche Winkel für den Faserkern/Epoxy-Grenzfläche beträgt ungefähr  $43^\circ$ . Der Faser-Halbwinkel ist zirka  $8^\circ$ ; ein Teil des an der dichroitischen Oberfläche reflektierten Strahls wird folglich einen Winkel von ungefähr  $35^\circ$  aufweisen. Dieser liegt unter dem Polarisationswinkel und ermöglicht gute Betriebseigenschaften der dichroitischen Beschichtung.

Eine zweite Koppler-Hälfte 32 enthält ein Lichtleitfaserstück 35, 37, wobei der Teil 35 nackt und der Teil 37 ummantelt ist. Mit Hilfe einer Mikropositioniereinrichtung wird diese zweite Koppler-Hälfte 32 in bezug auf die erste Hälfte 22 in die richtige Lage gebracht, um einen maximalen Signal- durchsatz zu erreichen. Diese zweite Hälfte 32 wird mittels einer weiteren dünnen Epoxyschicht 33 auf die bisher noch freie Fläche des dichroitischen Elements 20 befestigt. Die Faser 35, 37 in der zweiten Koppler-Hälfte weist praktisch denselben Durchmesser auf wie die in der ersten Hälfte 22 vorhandene Faser. Die Epoxyschicht 33 ist ungefähr gleich dünn wie die Epoxyschicht 31.

Die gemäss Figur 2 zusammengesetzten Koppler-Hälften stellen einen wellenlängenabhängigen Zweirichtungskoppler dar. Das sich in der Faser 24, 30 ausbreitende Licht wird direkt durch das Dünnfilmelement 20 weiterübertragen, falls dieses Licht eine erste Frequenz aufweist. Licht einer zweiten Frequenz in der Faser 32, 37 wird an der dichroitischen Oberfläche reflektiert und einer Abgriff-Faser 36 zugeführt.

Diese Abgriff-Faser ist an der äusseren Glashülle 34 der zweiten Koppler-Hälfte mittels Epoxy befestigt. In diesem in Fig. 2 dargestellten Fall wird das erwähnte Licht der zweiten Frequenz, welches von der dichroitischen Oberfläche reflektiert wird, der Abgriff-Faser 36 zugeführt.

Zweck dieser Abgriff-Faser ist es, eine grösstmögliche Menge des von der Oberfläche des dichroitischen Elements 20 abgestrahlten Lichts aufzufangen und der Weiterverarbeitung zuzuleiten.

Mit weniger als 30  $\mu\text{m}$  Dicke ist der dichroitische Dünnfilm 20 nur halb so dick als die herkömmlichen dichroitischen Schichten; folglich ist auch die Entfernung der Enden der Faserstücke 24 und 35 sehr klein, gegeben durch die Dicke des Films 20 und der Epoxyschichten 31 und 33 (deren Dicke weniger als 25  $\mu\text{m}$  beträgt). Da also die gesamte Trennschicht extrem dünn ist, kann mit einer optimalen Kopplung des Lichtstrahls gerechnet werden.

Als weiterer Vorteil ist die sehr einfache Herstellung zu erwähnen. Da das Substrat beseitigt wird und lediglich die übrigbleibende Dünnfilmschicht als dichroitisches Filter zur Verwendung gelangt, muss das Substrat nicht mehr wie bisher aus optischen Qualitätsmaterialien hergestellt werden. Dies bedeutet, zusammen mit der Herabsetzung der nötigen Herstellungszeit, eine Kostenverringerung.

**659 714**

Das Glas-Substrat muss nicht mehr poliert werden wie bisher. Ohne Substrat treten auch keine Fresnel-Reflexionen auf, die zu Übersprechen führen können. Da das Filter kein

4

Substrat enthält, fallen auch die Probleme mit der Orientierung dieses beim Anbringen an die Endflächen der Faserstücke weg.

