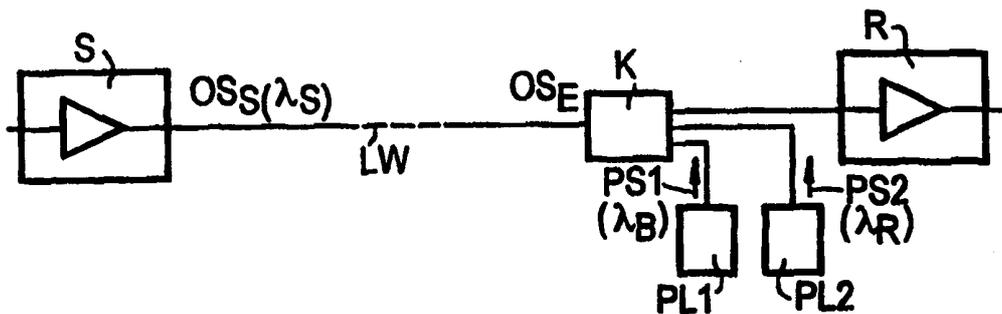


<p>(51) Internationale Patentklassifikation<sup>6</sup> : <b>H04B 10/17, H01S 3/30</b></p>	<b>A1</b>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 99/29057</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 10. Juni 1999 (10.06.99)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/03254</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 6. November 1998 (06.11.98)</p> <p>(30) Prioritätsdaten:          197 52 983.6      28. November 1997 (28.11.97)    DE          197 52 982.8      28. November 1997 (28.11.97)    DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und          (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GOTTWALD, Erich [DE/DE]; Josef-Kammerloher-Strasse 18, D-83607 Holzkirchen (DE).</p> <p>(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: BR, CN, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.          Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>	

(54) Title: METHOD FOR ADJUSTING THE LEVEL OF OPTICAL SIGNALS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR PEGELEINSTELLUNG FÜR OPTISCHE SIGNALE



(57) Abstract

Two pump signals with two different wavelengths ( $\lambda_B$ ,  $\lambda_R$ ) are fed via a coupler into the transmission segment (SLWR). The first wavelength ( $\lambda_B$ ) is shorter than the smallest wavelength ( $\lambda_{MI}$ ) of the optical signal (OS) and the second wavelength ( $\lambda_R$ ) is larger than the largest wavelength ( $\lambda_{MA}$ ) of the optical signal (OS). The optical receiving signal ( $OS_E$ ) is weakened with the pump power of the second pump signal (PS2). While the first pump signal (PS1) increases once again the signal level, tilting occurs. Different tiltings with adjustable attenuation or amplification values can be thus carried out.

(57) Zusammenfassung

In einem Übertragungsabschnitt (SLWR) wird Pumpenergie über einen Koppler (K) von zwei Pumpsignalen mit zwei unterschiedlichen Wellenlängen ( $\lambda_B$ ,  $\lambda_R$ ) eingespeist, wo die erste Wellenlänge ( $\lambda_B$ ) unter der kleinsten Wellenlänge ( $\lambda_{MI}$ ) des optischen Signals (OS) liegt und die zweite Wellenlänge ( $\lambda_R$ ) über der größten Wellenlänge ( $\lambda_{MA}$ ) des optischen Signals (OS) liegt. Mit Pumpleistung des zweiten Pumpsignals (PS2) wird das optische Empfangssignal ( $OS_E$ ) abgeschwächt, während das erste Pumpsignal (PS1) den Signalspiegel wieder erhöht, erfolgt die Verkipfung. So können unterschiedliche Verkipfungen bei einstellbaren Dämpfungs- oder Verstärkungswerten realisiert werden.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Beschreibung

Verfahren zur Pegeleinstellung für optische Signale

5 Optische Signale werden über Lichtwellenleiter übertragen. Zu  
ihrer Verstärkung werden häufig Faserverstärker verwendet.  
Diese verwenden entweder speziell dotierte Faserstücke oder  
nutzen nichtlineare Effekte auf normalen Übertragungsfasern  
aus, wie der in ntz, Band 43, (1990), Heft1, Seiten 8 bis 13  
10 beschriebene Faser-Raman-Verstärker.

Bei vielen Übertragungseinrichtungen werden auch Dämpfungsglieder eingesetzt, mit denen erforderliche Pegelwerte, beispielsweise die Eingangspegel von Verstärkern, eingestellt  
15 werden, wie dies beispielsweise in IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, Vol. 6.No.4, April 1994, Seiten 509 bis 512 beschrieben ist.

Moderne Übertragungssysteme verwenden das Wellenlängenmultiplexverfahren, bei dem mehrere Übertragungskanäle zu einem Übertragungsband zusammengefaßt werden, das gemeinsam verstärkt wird. Durch den Ramaneffekt kommt es zu einer Verkipfung der Signale, die bisher durch nichtlineare Verstärker und Filter kompensiert wird. Die Grundlagen der stimulierten  
20 Ramanstreuung, sind in Nonlinear Fiber Optics, Second Edition, Govind P. Agrawal, Academic Press, Chapter 8, beschrieben.

Die stimulierten Ramanstreuung, SRS, bewirkt, daß die in  
30 "langwelligen" Kanälen übertragenen Signale auf Kosten der in "kurzwelligen" Kanälen übertragenen Signale verstärkt werden; anders ausgedrückt, den kurzwelligen "blauen" Kanälen wird Energie entzogen, sie werden mit abnehmender Wellenlänge (zunehmender Frequenz) stärker gedämpft, während dies den  
35 langwelligeren "roten" Kanälen zugute kommt. Je größer die Wellenlängen, desto mehr profitieren die entsprechenden

Übertragungskanäle. Entsprechendes gilt für die Spektralanteile von Signalen mit hohen Bitraten.

In den Figuren 1 und 2 ist die Auswirkung des SRS-Effekts dargestellt. Das linke Diagramm zeigt einen von der Wellenlänge unabhängigen konstanten Empfangspegel des blauen Übertragungsbandes (Wellenlängenbereichs)  $\lambda_B$ . Im rechten Diagramm ist der Empfangspegel dargestellt, wenn gleichzeitig ein weiterer "roter" Wellenlängenbereich zur optischen Signalübertragung genutzt wird. Je kleiner die Wellenlänge des blauen Übertragungsbandes, desto stärker ist die Dämpfung.

In Figur 2 sind die Pegelverhältnisse für das "rote" Übertragungsband  $\lambda_R$  dargestellt. Das linke Diagramm zeigt wieder den linearen Pegelverlauf für den Fall, daß nur in diesem Übertragungsband Signale übertragen werden. Erfolgt zusätzlich eine Übertragung im "blauen" Wellenlängenbereich, wird der Pegel mit zunehmender Wellenlänge mehr angehoben. Dies hängt nur wenig davon ab, ob die Signale in den Übertragungsbändern in gleicher oder entgegengesetzter Richtung übertragen werden (co-propagating waves - counter-propagating waves).

In den heute typischen Übertragungssystemen mit zweimal acht Kanälen treten durch den beschriebenen Effekt Zusatzdämpfungen bzw. Verstärkungen in einem Übertragungsabschnitt (ca. 40-80km) zwischen 0,4 bis 0,7 dB auf. Bei Übertragungstrecken mit bis zu 10 oder mehr Übertragungsabschnitten und entsprechend vielen Zwischenverstärkern summieren sich diese Pegeländerung entsprechend auf. Fällt eines der Übertragungsbänder aus, so ändert sich der Signalpegel auch im intakten Übertragungsband sehr schnell. Die automatische Verstärkungsregelung auf der Empfangsseite kann üblicherweise diese Pegelschwankungen nicht schnell genug ausgleichen, so daß Fehlerbursts im Millisekundenbereich die Folgen sind. In diesem Fall ist eine schnelle Wiederherstellung des bisherigen Pegels erforderlich.

Für viele Anwendungszwecke sollen der Pegel und die Verkippung von Signalbändern häufig unabhängig voneinander einstellbar sein.

- 5 Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Anordnung zur Einstellung des Pegels und der Verkippung für optische Signale anzugeben.

Eine weitere Aufgabe besteht daher darin, das Verfahren zur  
10 raschen Stabilisierung des Signalpegels im intakten Übertragungsband bei Ausfall des anderen Übertragungsbandes auszubilden und eine geeignete Anordnung anzugeben.

Ein die Hauptaufgabe lösendes Verfahren ist im Patentanspruch  
15 1 angegeben. In dem unabhängigen Patentanspruch 9 ist eine geeignete Anordnung beschrieben..

Die weitergehende Ausbildung des Verfahrens zur Stabilisierung ist im Anspruch 14 und eine geeignete mit  
20 geringem Aufwand zu realisierende Anordnung in Anspruch 21 beschrieben.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.  
25

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahren ist es, daß der Signalpegel und die Verkippung unabhängig voneinander einstellbar sind. Durch das Verfahren kann das Signal, beispielsweise ein Wellenlängenmultiplexsignal, sowohl verstärkt  
30 als auch abgeschwächt werden. Außerdem kann die Verkippung in größeren Bereichen geändert werden, so daß eine gewünschte Entzerrung des Signals erfolgt. Durch Pumplaser werden Pumpsignale mit Wellenlängen oberhalb und/oder unterhalb des Übertragungsbandes eingespeist. Diese Pumpsignale entziehen  
35 dem Signal entweder Energie oder führen ihm Energie zu. Durch Veränderung der Pumpenergie wird das Signal also verstärkt oder gedämpft, wobei gleichzeitig eine Verkippung auftritt.

Durch die geeignete Wahl der Pumplaserwellenlängen können Gewinn/Dämpfung und Verkippung in weiteren Bereichen gesteuert werden.

5

Es ist vorteilhaft, wenn die Pumpenergie am empfangsseitigen Ende eingespeist wird, da dies zu seinem günstigeren Rauschverhältnis führt. Die Verkippung ist abhängig vom Abstand der Wellenlänge des Pumplasers zur (mittleren) Wellenlänge des Signals. Die Anordnung kann vorzugsweise auch nur als Dämpfungsglied ausgeführt werden. Durch die Wahl der Pumpwellenlänge kann der Grad der Verkippung in Abhängigkeit von der Dämpfung bestimmt werden. Ein solches „optisches Dämpfungsglied“ kann auch zur Pegelregelung des empfangsseitigen optischen Signals verwendet werden. Bei einem besonders einfachen auf den jeweiligen Anwendungsfall zugeschnittenen Dämpfungsglied wird nur ein Laser verwendet, wodurch eine gewünschte Abhängigkeit zwischen Dämpfung und Verkippung hergestellt wird.

15  
20

Beim Ausfall eines Übertragungsbandes bleibt der Pegel in dem ungestörten Übertragungsband nahezu konstant, wenn der Pumplaser entweder als Energielieferant oder als Energieabsorber eingesetzt wird, der die Wirkung des ausgefallenen Übertragungsbandes kompensiert. Da die zur Kompensation des ausgefallenen Übertragungsbandes benötigte Leistungsänderung des Pumplasers bekannt ist, wird seine entsprechende Leistung sehr schnell geändert, damit möglichst wenig Übertragungsfehler auftreten. Eine exakte Nachregelung ist im allgemeinen nicht erforderlich, kann jedoch zusätzlich vorgesehen werden.

25  
30

Im allgemeinen ergibt sich ein günstigeres Signal-Geräusch-Verhältnis, wenn der Pumplaser auf der Empfangsseite eingesetzt wird. Hier kann die Steuerung gegebenenfalls auch in den Empfangsverstärker eingreifen, um durch Steuerung seines

35

Übertragungsverhaltens einen optimalen Pegelverlauf zu erreichen.

Um gleichzeitig mit dem Pegel die Verkippung des ungestörten Übertragungsbandes auszugleichen, ist es vorteilhaft, wenn die Frequenz eines im ungestörten Betriebsfall abgeschalteten Pumplasers etwa der Mittenfrequenz des ausgefallenen Übertragungsbandes entspricht.

Für optimale Kompensation des ausgefallenen Übertragungsbandes ist es zweckmäßig, mehrere Pumplaser mit unterschiedlichen Wellenlängen unterhalb und/oder oberhalb der Übertragungsbänder zu verwenden. Eine optimale Kompensation ist bereits mit zwei Pumpsignalen mit unterschiedlichen Wellenlängen möglich. Günstig - jedoch oft nicht zu realisieren - ist auch die Verwendung eines Pumplasers, dessen Frequenz zwischen beiden Wellenlängenbereichen liegt, da die Übertragungsbänder dann gleich behandelt werden.

20

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand von Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

25

Figur 3 ein Prinzipschaltbild zur Pegeleinstellung eines optischen Signals,

Figur 4 den Pegelverlauf eines optischen Signals in Abhängigkeit von zwei Pumpsignalen und

30 Figur 5 eine Einrichtung zur Pegelregelung.

Figur 6 einen mit einem Pumplaser versehenen Übertragungsabschnitt,

Figur 7 einen Übertragungsabschnitt mit empfangsseitig eingefügtem Pumplaser,

35 Figur 8 einen Übertragungsabschnitt mit einem sendeseitig und einem empfangsseitig eingefügten Pumplaser,

Figur 9 einen Übertragungsabschnitt mit zwei empfangsseitig eingefügten Pumplasern in einem bevorzugtem Ausführungsbeispiel und

5 Figur 10 zwei empfangsseitig eingefügte Pumplaser für bidirektionalen Betrieb.

Figur 3 zeigt einen Übertragungsabschnitt mit einer Sendeeinrichtung S, beispielsweise einem Laser oder einem Verstärker, der ein optisches Signal  $OS_S$  mit einem größeren Wellenlängenbereich  $\lambda_s$  in einen Lichtwellenleiter LW einspeist, und eine  
10 Empfangseinrichtung R, die ebenfalls einen Verstärker aufweist. Bei dem optischen Signal kann es sich beispielsweise um ein digitales Multiplexsignal mit einer größeren Bandbreite oder um ein Wellenlängenmultiplexsignal handeln. Das durch die  
15 Übertragungstrecke gedämpfte optische Signal (Empfangssignal)  $OS_E$  wird der Empfangseinrichtung R zugeführt.

Empfangsseitig sind zwei Pumplaser PL1 und PL2 angeordnet,  
20 die ein Pumpsignal PS1 mit einer Wellenlänge  $\lambda_B$ , die unterhalb der kleinsten Wellenlänge  $\lambda_{MI}$  des optischen Signals liegt, und ein Pumpsignal PS2 mit einer Wellenlänge  $\lambda_R$ , die oberhalb der größten Wellenlänge  $\lambda_{MA}$  des optischen Signals liegt (Figur 2), über einen Koppler K in den Lichtwellenleiter  
25 einspeist. Das Pumpsignal PS2 schwächt das optische Signal  $OS_E$  ab. Je höher die Leistung des Pumpsignals, desto schwächer wird das optische Signal. Diese Schwächung nimmt mit der Differenz der Wellenlänge des optischen Signals zur Wellenlänge des Pumplasers zu. Das Pumpsignal PS1 erhöht den  
30 Signalpegel wieder, die Verkippung erfolgt aber in derselben Drehrichtung. Da aber der Abstand zum Frequenzband  $\lambda_s$  bzw. dessen mittlerer bzw. kleinster Wellenlänge  $\lambda_{MI}$  ungleich dem Abstand der Wellenlänge  $\lambda_R$  des zweiten Pumpsignals ist, ergibt sich ein anderer Bezug zwischen Verstärkung und Verkippung.  
35 So können unterschiedliche Verkippungen bei einstellbaren Dämpfungs- oder Verstärkungswerten realisiert werden.

Soll ein Dämpfungsglied realisiert werden, so muß die Wirkung des Pumplasers mit „roter“ Wellenlänge (größer als die maximale Wellenlänge  $\lambda_{MA}$ ) überwiegen. Soll dagegen ein Verstärker realisiert werden, so muß die Wirkung des „blauen“ Pumplasers mit „blauer“ Wellenlänge (kleiner als die minimale Wellenlänge  $\lambda_{MI}$ ) überwiegen.

Bei einer vereinfachten Ausführungsform eines Dämpfungsgliedes, bei der jedoch eine unabhängige Einstellung von Verkippung und Pegel nicht mehr möglich ist, wird nur ein „roter“ Pumplaser verwendet.

Darüber hinaus können Verstärker auch mit mindestens zwei „blauen“ Pumplasern realisiert werden, die unterschiedliche Verkippungen bei gleichen Verstärkungen ermöglichen. Ebenso können Dämpfungsglieder mit mindestens zwei „roten“ Pumplasern realisiert werden, die unterschiedliche Verkippungen bei gleichen Dämpfungswerten ermöglichen.

In Figur 4 zeigt die Wirkung zweier Pumplaser. Der obere übergestrichelt aufgezeichnete Pegelverlauf (P - Pegel,  $\lambda$  - Wellenlänge) des optischen Empfangssignals  $OS_{E1}$  weist zunächst bei kleinen Wellenlängen einen größeren und bei großen Wellenlängen einen kleinen Pegel auf. Dieser Verlauf, der den auf der Übertragungstrecke wirksamen Raman-Effekt überkompensiert, wird durch sendeseitige oder empfangsseitige Filter oder Verstärker erzielt.

Sobald aber der Pumplaser PL2 eingeschaltet wird, kommt es zur Abschwächung des empfangenen Signals  $OS_{E2}$ , wobei die kurzwelligeren (höherfrequenten) Signale stärker abgeschwächt werden. Wird der Pumplaser PL1 aktiv, so wird der Pegel wieder angehoben, die Verkippung des Empfangssignals  $OS_E$  verstärkt sich jedoch nochmals und es wird ein linearer Pegelverlauf erzielt.

Da die Abstände der Wellenlängen der Pumplaser zum Empfangssignal unterschiedlich sind, können Verkippung und Pegel in bestimmten Bereichen unabhängig voneinander eingestellt werden. Wenn die Wellenlängen beider Pumplaser größer als die maximale Wellenlänge des Empfangssignals sind, kann die Dämpfung in einem größeren Bereich und unabhängig von der Verkippung eingestellt werden. Entsprechendes gilt für blaue Pumplaser.

10 In Figur 5 zeigt einen Pumplaser PL als Teil einer empfansseitig angeordneten Regelschaltung. Ein Teil des optischen Empfangssignals  $OS_E$  wird als Meßsignal über einen Meßkoppler K2 ausgekoppelt und einer Steuerung ST zugeführt, die die Amplitude des optischen Empfangssignals durch  
15 Steuerung des Pumplasers, der sein Pumpsignal über einen Koppler K1 (als Koppler wird hier jede Einrichtung verstanden, die das Einspeisen eines Signals ermöglicht) in den Lichtwellenleiter einspeist, konstant hält. Die Steuerung kann zusätzlich in den Empfangsteil eingreifen und nach einem  
20 vorgegebenen Schema den Pumplaser und die Verstärkung bzw. Gewinnverkippung steuern. Anstelle einer Steuerung kann auch eine Regelschaltung oder die Kombination einer Steuerung und einer Regelung eingesetzt werden.

25 Figur 6 zeigt einen Streckenabschnitt mit einer Sendeeinrichtung S, beispielsweise einem sendeseitigen Verstärker, der ein optisches Signal OS in einen Lichtwellenleiter LW einspeist, einen Lichtwellenleiter LW und eine Empfangseinrichtung R. Das optische Signal besteht aus beispielsweise zwei-  
30 mal acht Kanälen, die in einem blauen Übertragungsband  $\lambda_B$  (1535 bis 1547 nm) und einem roten Übertragungsband  $\lambda_R$  (1550 bis 1562 nm) ausgesendet werden. Auf der Sendeseite - oder auch am Anfang eines beliebigen Streckenabschnitts zwischen den dargestellten Verstärkern - ist ein erster Pumplaser PL1  
35 vorgesehen, der ein Pumpsignal PS mit konstanter Wellenlänge  $\lambda_{L1}$  über einen optischen Koppler K2 (als Koppler wird stets jede Einrichtung verstanden, die das Einspeisen eines Signals

ermöglicht) in die Faser des Lichtwellenleiters LW schickt. Dies kann sowohl ein langwelliger "roter" Pumplaser sein, dessen Wellenlänge oberhalb der Wellenlänge des "roten" Übertragungsbandes bei ca. 1600 (bis ca.1630 nm) liegt, als  
5 auch ein kurzwelliger "blauer" Pumplaser mit einer Wellenlänge bei 1480 nm (bis ca.1440 nm).

Die Pumplaser können (zusammen mit geeigneten Filtern oder Verstärkern) sowohl im ungestörten Betrieb zur Kompensation  
10 des Ramaneffektes oder sonstiger Nichtlinearitäten als auch bei Ausfall eines Übertragungsbandes zur Kompensation der durch den Ramaneffekt hervorgerufenen Pegeländerung verwendet werden.

15 Geht man davon aus, daß bei ungestörtem Betrieb der Pumplaser aktiv ist, so ist (in der Regel) seine Leistung geringer als die Signalleistung. Wird ein langwelliger Pumplaser verwendet und fällt das rote Band aus, so muß die Pumpleistung erhöht werden, um dem blauen Übertragungsband mehr Energie zu ent-  
20 ziehen. Fällt dagegen das blaue Band aus, so muß die Leistung des Pumplasers erniedrigt werden, damit dem "roten" Übertragungsband weniger Energie entzogen wird.

Bei einem kurzwelligen "blauen" Pumplaser liegen die Verhält-  
25 nisse genau umgekehrt. Fällt das rote Band aus, so muß die Leistung erniedrigt werden, da dem blauen Übertragungsband bereits weniger Energie entzogen wird. Fällt dagegen das blaue Übertragungsband aus, so muß die Leistung des Pump-  
lasers erhöht werden, um dem roten Übertragungsband die glei-  
30 che Energie wie bisher zuzuführen.

Eine geeignete Steuerung ST muß, um den Ausfall des Übertra-  
gungsbandes oder auch einzelner Kanäle festzustellen, zu-  
nächst die Signalpegel beider Übertragungsbänder separat mes-  
35 sen. Hierzu werden die übertragenen Signale über einen Meß-  
koppler K1 und geeignete optische Filter FI1, FI2 Meßeinrich-  
tungen ME zugeführt. Die Werte der gemessenen Signalpegel,

beispielsweise der Summenpegel, werden einer Steuereinrichtung SE zugeführt, die die Leistung des Pumposzillators entsprechend der Änderung nachsteuert.

- 5 Der Pumplaser, der erst im Störungsfall Pumpleistung einkoppelt, kann auch auf der mittleren Frequenz des ausgefallenen Übertragungsbandes arbeiten, um eine optimale Kompensation zu ermöglichen.
- 10 Der Pumplaser kann bei Verwendung einer geeigneten Meßeinrichtung auch zur Korrektur von Pegel und Verkipfung eines beliebigen Signals verwendet werden.

In Figur 7 ist auf der Empfangsseite ein Pumplaser PL2 mit  
15 zugehörigem Koppler K3 und eine Steuerung ST mit zugehörigem Koppler K4 angeordnet. Die empfangsseitige Anordnung ist wegen des günstigeren Rauschverhalten vorzuziehen. Die Steuerung ST kann außerdem in Verstärkerstufen V und ein Dämpfungsglied D des Empfangsteils R eingreifen und die  
20 gesamte Verstärkung/Dämpfung sowie die Verkipfung optimieren.

In Figur 8 ist ein Streckenabschnitt dargestellt, in den sendeseitig - dies kann ein beliebiger Punkt zwischen  
Sendeeinrichtung S und Empfangseinrichtung R sein - ein  
25 erster Pumplaser PL1 und empfangsseitig ein zweiter Pumplaser PL2 Pumpsignale mit der gleichen Wellenlänge  $\lambda_{L1}$  über Koppler K2 bzw. K3 einspeisen. Hierdurch können schwächere Pumplaser verwendet werden. Durch den sendeseitigen Laser erfolgt auch eine schnellere Reaktion auf das ausgefallenes  
30 Signal/Übertragungsband. Ebenso können Pumplaser mit unterschiedlichen Wellenlängen verwendet werden, um eine bessere Kompensation für das ausgefallene Signal zu erhalten.

In dieser und in den weiteren Figuren wird auf die Darstellung von Einzelheiten wie der Steuerung und der Messkoppler  
35 verzichtet.

In Figur 9 erfolgt die Einspeisung von Pumpsignalen PS2, PS3 mit verschiedenen Wellenlängen  $\lambda_{L2}$ ,  $\lambda_{L3}$  durch zwei empfangsseitig angeordneten Pumplaser PL2, PL3 über einen entsprechenden Koppler K5. Hierdurch können die Leistungen der Laser  
5 kleiner sein können. Durch eine Kombination eines geeigneten roten und eines blauen Pumplasers kann sowohl die Verkippung als auch die Pegeländerung optimal korrigiert werden. Prinzipiell kann eine bessere Kompensation auch durch zwei rote oder zwei blaue Pumplaser mit unterschiedlichen Pumpfrequenzen  
10 erreicht werden.

Pumpsignale mit den entsprechenden Wellenlängen können zusätzlich sendeseitig in einer entsprechenden Kompensationseinheit KE eingespeist werden. Dann ist es beispielsweise  
15 auch möglich, die sendeseitige Kompensationseinheit mit einer Steuerung und die empfangsseitigen Pumplaser mit einer Regelung auszustatten.

Natürlich können prinzipiell auch mehr als zwei Pumplaser  
20 verwendet werden. Ebenso kann das Verfahren auch bei mehr als zwei Übertragungsbändern angewendet werden.

Figur 10 zeigt einen Übertragungsabschnitt für bidirektionalen Betrieb. Die Signale für unterschiedliche  
25 Übertragungsrichtungen werden durch Weichen W getrennt. Zwei Pumplaser PL2 und PL3 (oder auch jeweils zwei) speisen an beiden Enden des Übertragungsabschnittes Pumpsignale PS2 und PS3 ein, um für jedes empfangene Signal - auch bei Ausfall eines Signals - eine optimale Kompensation zu erzielen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Pegeleinstellung eines über einen Lichtwellenleiter (LW) übertragenen optischen Signals ( $OS_E$ ),  
5 dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens zwei Pumpsignale (PS1, PS2) mit unterschiedlichen Wellenlängen ( $\lambda_B, \lambda_R$ ) in den Lichtwellenleiter (LW) eingespeist werden.
- 10 2. Verfahren zur Pegeleinstellung eines über einen Lichtwellenleiter übertragenen optischen Signals ( $OS_E$ ),  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein Pumpsignal (PS) eingespeist wird, dessen Wellenlänge ( $\lambda_R$ ) größer als die maximale Wellenlänge ( $\lambda_{SMA}$ ) des optischen  
15 Signals ( $OS_E$ ) ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Wellenlänge ( $\lambda_R$ ) des Pumpsignals (PS) so gewählt ist,  
20 daß eine gewünschte Verkippung bei einer vorgegebenen Änderung der Verstärkung auftritt.
4. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 daß mindestens zwei Pumpsignale (PS1, PS2) eingespeist werden, deren unterschiedliche Wellenlängen ( $\lambda_R, \dots$ ) größer als die maximale Wellenlänge ( $\lambda_{SMA}$ ) des optischen Signals ( $OS_E$ ) sind.
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein erstes Pumpsignal (PS1) mit einer Wellenlänge ( $\lambda_B$ ) kleiner als die minimale Wellenlänge ( $\lambda_{MI}$ ) des optischen  
Signals (OS) eingespeist wird  
35 und daß ein zweites Pumpsignal (PS2) mit einer Wellenlänge ( $\lambda_R$ ) größer als die maximale Wellenlänge ( $\lambda_{MA}$ ) des optischen

Signals (OS) eingespeist wird, das einen anderen Abstand zur mittleren Wellenlänge des optischen Signals (OS) aufweist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
daß die Pumpsignale (PS1, PS2) am empfangsseitigen Ende eines Übertragungsabschnitts (S, LW, R) eingespeist werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
daß die Pumpleistung der Pumplaser (PL1, PL2) individuell einstellbar ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
daß die Amplitude eines empfangenen optischen Signals (OS<sub>E</sub>) durch Einstellung der Pumpleistung konstant gehalten wird.

9. Anordnung zur Pegeleinstellung eines über einen Lichtwellenleiter (LW) übertragenen optischen Signals (OS<sub>E</sub>),  
20 dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens zwei Pumplaser (PL1, PL2) vorgesehen sind, die über mindestens einen optischen Koppler (K1) in den Lichtwellenleiter (LW) Pumpsignale (PS1, PS2) einspeisen.

25  
10. Anordnung zur Pegeleinstellung eines über einen Lichtwellenleiter (LW) übertragenen optischen Signals (OS<sub>E</sub>),  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein Pumplaser (PL) vorgesehen ist, der über einen optischen Koppler (K1) in den Lichtwellenleiter (LW) ein Pumpsignal (PS) einspeist, dessen Wellenlänge ( $\lambda_R$ ) größer als die Wellenlänge des optischen Signals (OS<sub>E</sub>) ist.

11. Anordnung nach Anspruch 9,  
35 dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens einer der Pumplaser (PL) am empfangsseitigen Ende eines Übertragungsabschnitts (S, LW, R) angeordnet ist.

12. Anordnung nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß eine Steuerung (ST) oder Regelung vorgesehen ist, die die  
5 Amplitude und/oder Verkippung des optischen Signals ( $OS_E$ )  
einstellt bzw. regelt.

13. Anordnung nach Anspruch 10 oder 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 daß eine Steuerung (ST) vorgesehen ist, die die Verstärkung  
und/oder Verkippung eines zugehörigen optischen Verstärkers  
(V) einstellt.

14. Verfahren zum Korrigieren des Signalpegels mindestens  
15 eines von mehreren Übertragungsbändern ( $\lambda_B$ ,  $\lambda_R$ ) bei der  
optischen Signalübertragung über einen Lichtwellenleiter  
(LW),  
dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens ein Pumpsignal (PS1) in den Lichtwellenleiter  
20 (LW) eines Übertragungsabschnitts (S, LW, R) eingespeist  
wird,  
daß die Signalpegel in den Übertragungsbändern ( $\lambda_B$ ,  $\lambda_R$ ) ge-  
messen werden und  
daß bei einer Änderung mindestens eines der Signalpegel der  
25 Pumplaser (PL1) so nachgesteuert wird, daß der Signalpegel  
( $P_R$ ) des ungestörten Übertragungsbandes ( $\lambda_R$ ) auf dem emp-  
fangsseitigen Ende des Übertragungsabschnittes (S, LW, R) zu-  
mindest nahezu konstant bleibt.

30 15. Verfahren nach Anspruch 1 oder 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens zwei Pumplaser (PL2, PL3) Pumpsignale (PS2,  
PS3) mit unterschiedlichen Pumpwellenlängen ( $\lambda_{L2}$ ,  $\lambda_{L3}$ ) ein-  
speisen.

35

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15,  
dadurch gekennzeichnet,

daß mindestens jeweils ein Pumpsignal (PS1, PS2) sendeseitig und empfangsseitig eingespeist wird.

17. Verfahren nach Anspruch 1 oder 14,

5 dadurch gekennzeichnet,

daß bei bidirektionaler Übertragung Pumpsignale (PS1, PS2) an beiden Enden des Übertragungsabschnittes (S, LW, R) eingespeist werden.

10 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Pumpwellenlänge ( $\lambda_{L1}$ ,  $\lambda_{L2}$ ) eines zur Kompensation eines ausgefallenen Übertragungsbandes verwendeten Pumplasers (PL1, PL2) etwa dessen mittlerer Wellenlänge entspricht.

15

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18,

dadurch gekennzeichnet,

20 daß im ungestörten Betriebsfall die Verkippung der Übertragungsbänder empfangsseitig minimiert wird und eine Störung eines Übertragungsbandes durch mindestens zwei Pumplaser (PL1, PL2; PL2, PL3) mit unterschiedlichen Wellenlängen ( $\lambda_{L1}$ ,  $\lambda_{L2}$ ,  $\lambda_{L3}$ ) kompensiert wird.

20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 14 bis

25 19,

dadurch gekennzeichnet,

daß langsame Änderungen des Signalpegels und der Verkippung ausgeregelt werden.

30 21. Anordnung zum Korrigieren des Signalpegels mindestens

eines von mehreren Übertragungsbändern ( $\lambda_B$ ,  $\lambda_R$ ) bei der optischen Signalübertragung über einen Lichtwellenleiter (LW),  
dadurch gekennzeichnet,

35 daß in einen Übertragungsabschnitt (S, LW, R) mindestens ein Pumplaser (PL1, PL2) eingefügt ist,

daß eine Steuerung (ST) vorgesehen ist, die die in den Übertragungsbändern ( $\lambda_B$ ,  $\lambda_R$ ) übertragenen Signalpegel separat

mißt und bei einer Änderung mindestens eines der Signalpegel den Pumplaser (PL1, PL2) so nachsteuert, daß der Pegel (PR) und die Verkipfung im ungestörten Übertragungsband ( $\lambda_R$ ) empfangsseitig etwa konstant bleibt.

5

22. Anordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (ST) zusätzlich den Verstärker (V, D, V) des Sendeteils (S) und/oder des Empfangsteils (R) steuert.

10

23. Anspruch nach einem der Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (ST) eine zusätzliche Regelkomponente aufweist, die langsame Änderungen des Signalpegels ausregelt.

15

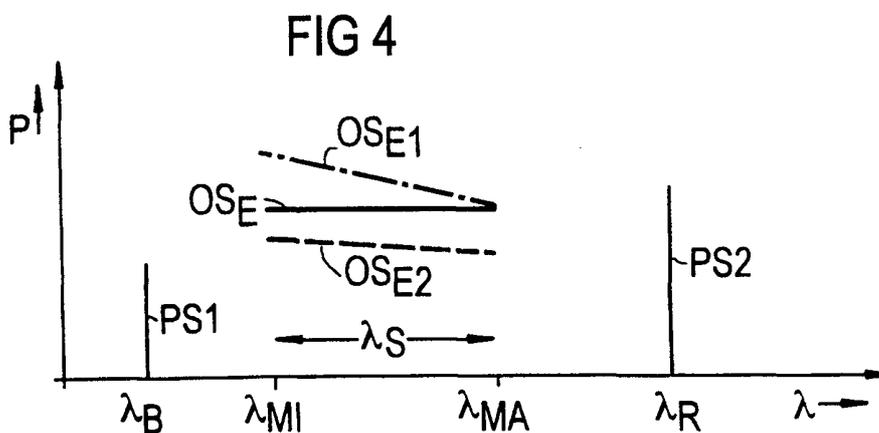
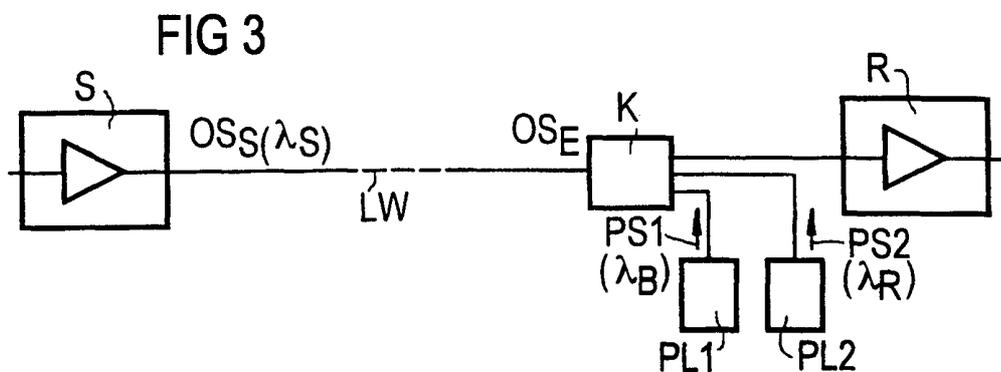
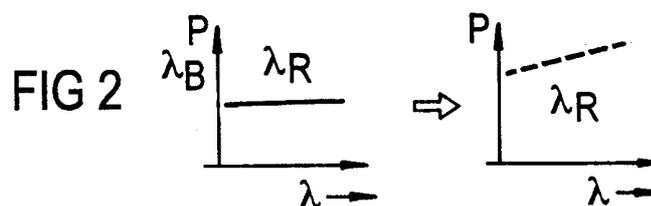
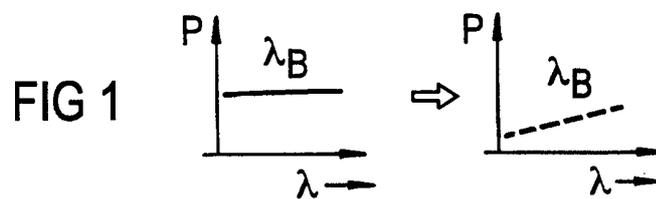


FIG 5

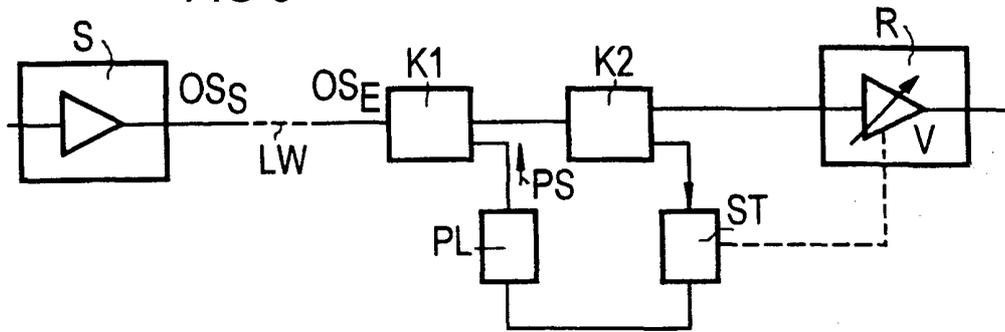


FIG 6

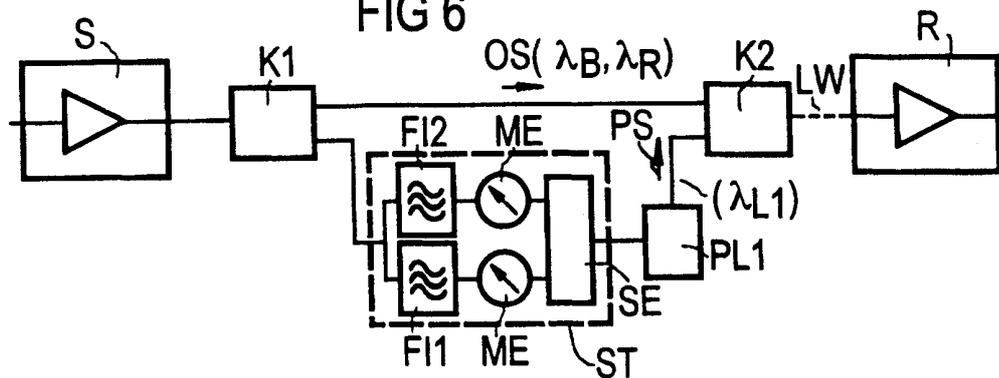


FIG 7

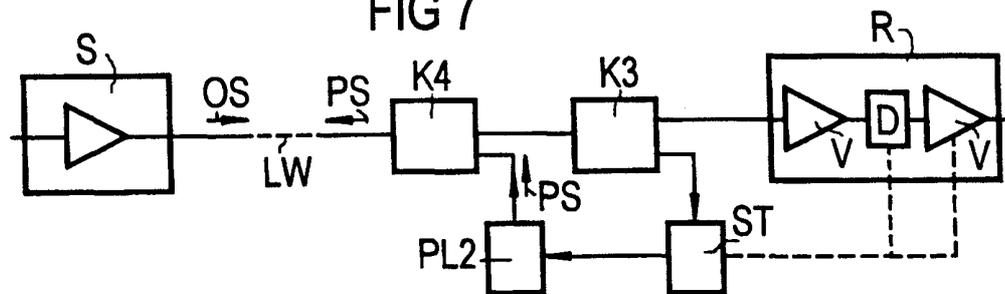


FIG 8

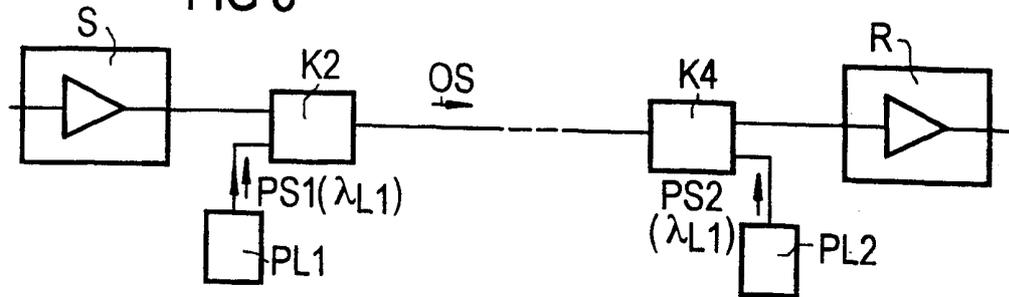


FIG 9

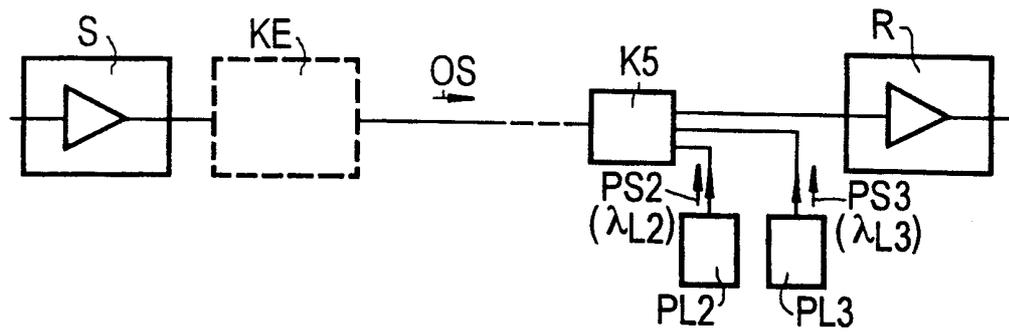
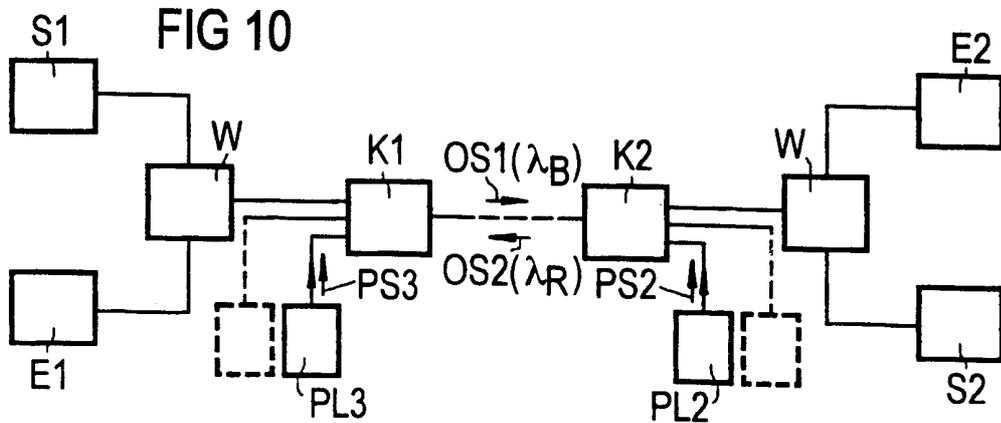


FIG 10



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 98/03254

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 H04B10/17 H01S3/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H04B H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 139 081 A (POLAROID CORP) 2 May 1985	1,7-9, 12, 14-16, 19-21,23
Y	see page 12, line 24 - page 13, line 11 see page 36, line 9 - line 19 see page 36, line 35 - line 21 see figures 1,3,8,9 ---	2,4,5,10
X	EP 0 734 105 A (FUJITSU LTD) 25 September 1996  see page 37, line 26 - line 41 see page 37, line 49 - page 38, line 13 see figures 20,47,49 ---  -/--	1,6,8,9, 11-13, 15-17

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

18 March 1999

08/04/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Cochet, B

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International Application No  
PCT/DE 98/03254

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>GB 2 294 170 A (FUJITSU LTD) 17 April 1996</p> <p>see page 16, line 31 - page 17, line 12                      see page 25, line 14 - page 26, line 1                      see figures 13,18-20</p> <p style="text-align: center;">---</p>	<p>1,6-9,                      11-13,                      15-17,                      19-23</p>
X	<p>JP 58 085588 A (NIPPON DENKI KK)                      21 May 1983                      see abstract; figure 1</p> <p style="text-align: center;">---</p>	<p>1</p>
Y	<p>JP 59 065828 A (NIPPON DENSHIN DENWA                      KOSHA) 14 April 1984                      see figures 2,5</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<p>2,4,5,10</p>

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/03254

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0139081 A	02-05-1985	US 4616898 A	14-10-1986
		AT 46413 T	15-09-1989
		AU 570950 B	31-03-1988
		AU 2681684 A	17-10-1985
		CA 1231138 A	05-01-1988
		JP 2060058 C	10-06-1996
		JP 7099787 B	25-10-1995
		JP 60236277 A	25-11-1985
EP 0734105 A	25-09-1996	JP 9179152 A	11-07-1997
GB 2294170 A	17-04-1996	JP 8095097 A	12-04-1996
		US 5764404 A	09-06-1998
JP 58085588 A	21-05-1983	NONE	
JP 59065828 A	14-04-1984	JP 1386346 C	26-06-1987
		JP 61053709 B	19-11-1986

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/03254

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 IPK 6 H04B10/17 H01S3/30

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 6 H04B H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie <sup>o</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 139 081 A (POLAROID CORP) 2. Mai 1985	1,7-9, 12, 14-16, 19-21,23
Y	siehe Seite 12, Zeile 24 - Seite 13, Zeile 11 siehe Seite 36, Zeile 9 - Zeile 19 siehe Seite 36, Zeile 35 - Zeile 21 siehe Abbildungen 1,3,8,9 ---	2,4,5,10
X	EP 0 734 105 A (FUJITSU LTD) 25. September 1996  siehe Seite 37, Zeile 26 - Zeile 41 siehe Seite 37, Zeile 49 - Seite 38, Zeile 13 siehe Abbildungen 20,47,49 ---	1,6,8,9, 11-13, 15-17

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

<sup>o</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. März 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/04/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Cochet, B

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie <sup>2</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 2 294 170 A (FUJITSU LTD) 17. April 1996  siehe Seite 16, Zeile 31 - Seite 17, Zeile 12 siehe Seite 25, Zeile 14 - Seite 26, Zeile 1 siehe Abbildungen 13,18-20 -----	1,6-9, 11-13, 15-17, 19-23
X	JP 58 085588 A (NIPPON DENKI KK) 21. Mai 1983 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1
Y	JP 59 065828 A (NIPPON DENSHIN DENWA KOSHA) 14. April 1984 siehe Abbildungen 2,5 -----	2,4,5,10

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/03254

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0139081 A	02-05-1985	US 4616898 A AT 46413 T AU 570950 B AU 2681684 A CA 1231138 A JP 2060058 C JP 7099787 B JP 60236277 A	14-10-1986 15-09-1989 31-03-1988 17-10-1985 05-01-1988 10-06-1996 25-10-1995 25-11-1985
EP 0734105 A	25-09-1996	JP 9179152 A	11-07-1997
GB 2294170 A	17-04-1996	JP 8095097 A US 5764404 A	12-04-1996 09-06-1998
JP 58085588 A	21-05-1983	KEINE	
JP 59065828 A	14-04-1984	JP 1386346 C JP 61053709 B	26-06-1987 19-11-1986