(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 13 241 T2** 2005.09.15

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 130 432 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 13 241.2**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 307 369.9**
(96) Europäischer Anmeldetag: **29.08.2000**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.09.2001**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **25.08.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.09.2005**

(51) Int Cl.[7]: **G02B 6/293**

(30) Unionspriorität:
503515 **14.02.2000** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IE, IT

(73) Patentinhaber:
Lucent Technologies Inc., Murray Hill, N.J., US

(72) Erfinder:
Liou, Kang-Yih, Holmdel, New Jersey 07733, US

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **Ohne Datenverlust abstimmbare, optische add/drop-Vorrichtung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

ERFINDUNGSGEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft optische Filter und insbesondere wellenlängenabstimmbare optische Filter und ihre Verwendung in WDM-Add/Drop-Einrichtungen.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Die optische Faser wird wegen den mit der optischen Übertragung verbundenen Vorteilen hinsichtlich Geschwindigkeit und Bandbreite das Übertragungsmedium der Wahl für viele Kommunikationsnetze. Außerdem wird Wellenlängenmultiplexieren (WDM) dazu verwendet, den zunehmenden Bedarf nach höheren Datenraten und mehr Bandbreite in optischen Übertragungsanwendungen zufriedenzustellen.

[0003] WDM ist in seiner einfachsten Form eine Technik, durch die parallele Datenströme modulierten Lichts mit verschiedenen Wellenlängen gleichzeitig in die optische Faser gekoppelt werden. Ein WDM-Signal wird als solches in der Regel als ein zusammengesetztes optisches Signal betrachtet, das aus mehreren optischen Wellenlängenkanälen besteht, die sich ein einziges Übertragungsmedium teilen, wobei jeder Wellenlängenkanal eine andere Lichtwellenlänge aufweist. Obwohl jeder Wellenlängenkanal tatsächlich einen Bereich von Wellenlängen enthält, ist es üblich, sich auf einen optischen Wellenlängenkanal hinsichtlich seiner Mittenwellenlänge zu beziehen.

[0004] Es ist oftmals notwendig, an verschiedenen Punkten entlang eines faseroptischen Übertragungswegs eine bestimmte Wellenlänge einzufügen oder herauszunehmen, ohne daß die übrigen Wellenlängenkanäle gestört oder unterbrochen werden, ob das optische Übertragungssystem nun ein Langstrecken-, Stadt- oder Lokalnetz ist. Ein Wellenlängenkanal wird mit Add/Drop-Einrichtungen hinzugefügt oder herausgenommen. Eine Add/Drop-Einrichtung verwendet in der Regel ein Bandpaßfilter, d.h. ein optisches Filter, das bezüglich einer oder mehrerer Wellenlängenkanäle durchlässig ist und bezüglich der anderen Wellenlängenkanäle reflektierend ist, um den gewünschten Wellenlängenkanal hinzuzufügen oder herauszunehmen. Der Rest der Wellenlängenkanäle, der nicht innerhalb des Durchlaßbandes des Filters liegt, werden von der Einrichtung nicht beeinflußt, und die Übertragung ihrer jeweiligen modulierten Lichtdatenströme wird nicht behindert.

[0005] In den jüngsten Jahren sind abstimmbare Filter entwickelt worden, die bei Integrierung als das optische Filter in einer Add/Drop-Einrichtung es der Einrichtung ermöglichen, dynamisch abgestimmt zu werden, um einen gewünschten optischen Wellenlängenkanal zu den mehreren Wellenlängenkanälen hinzuzufügen oder daraus zu entfernen. Wenn der eingefügte oder herausgenommene Wellenlängenkanal geändert werden soll, kann dies leicht geschehen, ohne daß das Filterelement (oder die ganze Add/Drop-Einrichtung) durch ein anderes mit der gewünschten Bandpaßkennlinie ersetzt werden muß. Dies geschieht in der Regel, indem das Filter bezüglich eines einfallenden Lichtstrahls umpositioniert wird. Ein unglücklicher Aspekt, der sich aus dem dynamischen Abstimmen einer Add/Drop-Einrichtung ergibt, liegt darin, daß dazwischenliegende Wellenlängenkanäle, nämlich solche Kanäle mit Wellenlängen, die zwischen denen des anfänglich abgestimmten Kanals und denen des zuletzt abgestimmten Kanals vorliegen, nacheinander jeweils einen temporären Verlust der Signalkontinuität aufweisen, wenn das Filter auf die Wellenlänge jedes einzelnen Kanals abgestimmt wird. Es kommt dazu, weil der Einfallspunkt des Lichtstrahls auf das Filter beim Übergang von einem Punkt, der dem anfänglich abgestimmten Kanal entspricht, zu einem Punkt, der dem zuletzt abgestimmten Kanal entspricht, Filterstellen passiert, die jedem der dazwischenliegenden Kanäle entsprechen. Wenn das zusammengesetzte optische Signallicht auf Filterstellen auftrifft, die dazwischenliegenden Wellenlängen entsprechen, kommt es zu einem intermittierenden Datenverlust von diesen dazwischenliegenden Wellenlängenkanälen. Ein derartiger intermittierender Datenverlust wird oftmals als ein sogenannter „hit" bezeichnet. Die abträglichen Effekte eines Datenverlusts (data hit) auf die Einrichtungen, für die die Daten übertragen werden sollen, sind wohlbekannt. Einem derartigen Datenverlust ausgesetzte Einrichtungen müssen entweder den Datenverlust kompensieren oder eine Neuübertragung der verlorenen Daten anfordern. Ein derartiger Datenverlust führt schließlich zu einer verringerten Dienstqualität, reduzierter Bandbreiteneffizienz oder beidem.

KURZE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0006] Die vorliegende Erfindung betrifft eine datenverlustfreie („hitless") wellenlängenabstimmbare Add/Drop-Einrichtung wie in Anspruch 1 definiert. Der Datenverlust wird reduziert und die Bandbreiteneffizienz verbessert, während eine optische Add/Drop-Einrichtung abgestimmt wird, die ein datenverlustfreies wellenlängenabstimmbares optisches Filter umfaßt. Das datenverlustfreie wellenlängenabstimmbare optische Filter enthält ein breitbandig reflektierendes Gebiet und ein abstimmbares Filtergebiet. Die datenverlustfreie Abstimmung der Einrichtung erfolgt dadurch, daß der Punkt, an dem ein Lichtstrahl auf das Filtergebiet entlang einer konstanten Wellenlängenkanalspur auftrifft, immer dann geändert wird, wenn der Strahl ist auf die Einrichtung im Filtergebiet auftrifft. Eine Neuausrichtung zu einer mit einer neuen Wellenlängenkanalspur verbundenen

Position wird ausgeführt, wenn der Lichtstrahl auf das breitbandig reflektierende Gebiet auftrifft. Es kommt zu einer Umpositionierung des Lichtstrahls auf das Filtergebiet an einer Stelle, die der neuen einzufügenden/herauszunehmenden Wellenlänge entspricht, und die anschließende Lichtstrahlneuausrichtung innerhalb des Filtergebiets ist entlang der neuen Wellenlängenkanalspur.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0007] Ein umfassenderes Verständnis der vorliegenden Erfindung kann man aus der Betrachtung der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den Zeichnungen erlangen. Es zeigen:

[0008] Fig. 1 ein wellenlängenabstimmbares optisches Keilfilter mit optischem Breitbandreflektor gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung;

[0009] Fig. 2 ein Flußdiagramm eines beispielhaften Prozesses für das datenverlustfreie Abstimmen eines wellenlängenabstimmbaren optischen Filters gemäß den Grundlagen der vorliegenden Erfindung;

[0010] Fig. 3 ein Blockschaltbild, das eine Add/Drop-Einrichtung zeigt, in die ein wellenlängenabstimmbares optisches Keilfilter mit optischem Breitbandreflektor integriert ist, gemäß den Grundlagen der vorliegenden Erfindung und

[0011] Fig. 4 ein Blockschaltbild, das eine Add/Drop-Einrichtung zeigt, in die ein wellenlängenabstimmbares Fabry-Perot-Filter mit optischem Breitbandreflektor integriert ist, gemäß den Grundlagen der vorliegenden Erfindung.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0012] Fig. 1 ist eine Darstellung eines datenverlustlosen wellenlängenabstimmbaren optischen Filters **100**, in das die Grundlagen der vorliegenden Erfindung integriert sind. Das datenverlustlose wellenlängenabstimmbare optische Filter **100** besteht aus zwei Gebieten. Das erste Gebiet besteht aus einem wellenlängenabstimmbaren optischen Filter **110**. Das zweite Gebiet, neben dem ersten Gebiet, besteht aus einem breitbandigen optischen Reflektor **120**.

[0013] Das in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel dargestellte wellenlängenabstimmbare optische Filter (auch als das Filtergebiet bezeichnet) **110** ist ein mehrschichtiger dielektrischer Keilfilter, wenngleich es für den Fachmann offensichtlich ist, daß auch jede beliebige Anzahl anderer Arten von wellenlängenabstimmbaren optischen Filtern verwendet werden kann und nicht von den Grundlagen der vorliegenden Erfindung abgewichen wird. Beispielsweise können zu anderen Filtern unter anderem zählen: abstimmbare Mach-Zehnder-Interferometer, akustische abstimmende Filter, abstimmbare Dünnfilminterferenzfilter, abstimmbare Fabry-Perot-Etalons, abstimmbare Fabry-Perot-Interferometer. Es wird sogar erwogen, daß mehrere diskrete nichtabstimmbare Filter, die jeweils ein Durchlaßband haben, das einem eindeutigen Wellenlängenkanal entspricht, zur Bildung des Filtergebiets **110** zusammengekoppelt werden können und so plaziert werden, daß sich jedes der gekoppelten Filter neben dem breitbandigen optischen Reflektor **120** befindet, und dennoch innerhalb der Grundlagen der vorliegenden Erfindung fallen.

[0014] Der bei einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung verwendete breitbandige optische Reflektor (auch als das breitbandige reflektierende Gebiet bezeichnet) **120** ist eine dünne breitbandige reflektierende metallische Beschichtung wie etwa Gold oder Silber, die über einem Teil des Filtergebiets **110** angeordnet ist, wenngleich es dem Fachmann klar ist, daß auch eine beliebige Anzahl anderer breitbandiger reflektierender Einrichtungen und Mittel zum Bereitstellen einer breitbandigen reflektierenden Oberfläche verwendet werden kann und dennoch innerhalb der Grundlagen der vorliegenden Erfindung liegen kann. Zu derarten anderen Einrichtungen und Mitteln zählen beispielsweise diskrete metallische oder dielektrische breitbandige Reflektoreinheiten, die dafür ausgelegt sind, neben das Filtergebiet **110** zu passen und an dieses anzustoßen. Obwohl der breitbandige Reflektor **120** so dargestellt ist, daß er auf der Vorderseite des Filters implementiert wird (der Seite des Filters, auf die ein einfallender Lichtstrahl auftrifft), kann er zudem auch auf der Rückseite des Filters implementiert werden (der Seite des Filters, in der ein wellenlängenspezifischer Kanalstrahl aus dem zusammengesetzten Lichtstrahl gefiltert wird). Der Fachmann versteht außerdem, daß die Filterleistung durch Anwenden von Phasenanpassungstechniken optimiert werden kann, so daß Wellenlängen von von dem Filtergebiet **110** reflektiertem Licht und Wellenlängen von von dem breitbandigen reflektierenden Gebiet **120** reflektiertem Licht phasenangepaßt sind.

[0015] Es folgt eine kurze Beschreibung der Funktionsweise des datenverlustlosen wellenlängenabstimmbaren optischen Filters **100** und ein Vergleich mit der Funktionsweise eines wellenlängenabstimmbaren Filters des Stands der Technik. Vorausgesetzt das datenverlustlose wellenlängenabstimmbare optische Filter **100** ist als eine Komponente einer Add/Drop-Einrichtung enthalten, die in ein WDM-System integriert ist, das insgesamt p Wellenlängenkanäle aufweist, die innerhalb des einfallenden Lichtsignalstrahls **130** enthalten sind. Es ist gezeigt, daß der Lichtsignalstrahl eines einzigen Wellenlängenkanals **140** das Gebiet des Filtergebiets **110** immer dann passiert, wenn der auffallende zusammengesetzte Lichtsignalstrahl **130** auf das Filter-

gebiet **110** auftrifft. Das reflektierte zusammengesetzte Lichtsignal ist nicht gezeigt. Der Übergang zwischen der Funktionalität des datenverlustlosen wellenlängenabstimmbaren optischen Filters **100** als ein Bandpaßfilter und einem breitbandigen Reflektor erfolgt, indem der Punkt geändert wird, bei dem der einfallende zusammengesetzte Lichtsignalstrahl **130** bezüglich der x-Achse auf die Einrichtung auftrifft. Bei Positionierung für ein Auftreffen auf das datenverlustlose wellenlängenabstimmbare optische Filter **100** im Filtergebiet **110** beispielsweise entlang der x-Koordinate x_1 arbeitet die Einrichtung als ein Bandpaßfilter. Jedoch bei Positionierung zum Auftreffen auf das datenverlustlose wellenlängenabstimmbare optische Filter **100** im breitbandigen reflektierenden Gebiet **120** beispielsweise entlang der x-Koordinate x_2 arbeitet die Einrichtung als ein reflektierender Koppler. Wenn der einfallende zusammengesetzte Lichtsignalstrahl **130** so positioniert ist, daß er auf das Filtergebiet **110** auftrifft, wird der Wellenlängenkanal, den die Einrichtung durchläßt, durch die relative z-Koordinate bestimmt, bei der der einfallende zusammengesetzte Lichtsignalstrahl **130** auf das Filtergebiet **110** auftrifft. Wenn beispielsweise der einfallende zusammengesetzte Lichtsignalstrahl **130** auf das Filtergebiet **110** an einem Anpassungspunkt ①, geordnetes Paar (x_1,z_n) auftrifft, dann läßt die Einrichtung den n-ten Wellenlängenkanal durch das Filtergebiet **110** hindurch und reflektiert alle anderen Wellenlängenkanäle. Wenn jedoch der einfallende zusammengesetzte Lichtsignalstrahl **130** auf das Filtergebiet **110** am Anpassungspunkt ④, geordnetes Paar $(x_1, z_{(n+m)})$ auftrifft, dann läßt die Einrichtung den (n+m)ten Wellenlängenkanal durch das Filtergebiet **110** hindurch und reflektiert alle anderen Wellenlängenkanäle.

[0016] Bei Verwendung als Drop-Einrichtung besteht das einfallende zusammengesetzte Lichtsignal **130** aus p Wellenlängenkanälen und das reflektierte optische Signal besteht aus (p – 1) Wellenlängenkanälen, wobei der herausgenommene Wellenlängenkanal der durch das Filtergebiet **110** hindurchgelassene einzige Wellenlängenkanal **140** ist. Bei Verwendung als Add-Einrichtung besteht das einfallende zusammengesetzte Lichtsignal **130** aus (p – 1) Wellenlängenkanälen und das reflektierte optische Signal besteht aus p Wellenlängenkanälen, wobei der eingefügt Wellenlängenkanal der einzige Wellenlängenkanal **140** ist, der durch das Filtergebiet **110** hindurchgelassen wird (wenn auch in einer der dargestellten Richtung entgegengesetzten Richtung).

[0017] Es sei weiter angenommen, daß der einfallende zusammengesetzte Lichtsignalstrahl **130** anfänglich so positioniert ist, daß er beim Anpassungspunkt ① auf das Filtergebiet **110** auftrifft, wodurch der n-te Wellenlängenkanal als ein herausgenommener Kanal übertragen wird, und daß gewünscht wird, das Durchlaßband so zu ändern, daß statt dessen der (n + m)-te Wellenlängenkanal herausgenommen wird. Deshalb muß entweder der einfallende zusammengesetzte Lichtsignalstrahl **130** umpositioniert werden oder das Filter selbst muß umpositioniert werden, damit der einfallende zusammengesetzte Lichtsignalstrahl **130** am Anpassungspunkt ④ auf das Filtergebiet **110** auftreffen kann. Abstimmbare Filter des Stands der Technik weisen nur ein Filtergebiet ohne breitbandiges reflektierendes Gebiet auf, weshalb die Abstimmung vollständig in einem Gebiet aktiver Filterung erfolgt (effektiv das Äquivalent des vollständigen Übergangs vom Anpassungspunkt ① zum Anpassungspunkt ④ entlang der x-Koordinate x_1 in der vorliegenden Einrichtung). Wenn ein Filter des Stands der Technik in einer WDM-Add/Drop-Einrichtung verwendet wird und die Einrichtung vom n-ten Wellenlängenkanal zum (n+m)-ten Wellenlängenkanal abgestimmt wird, erfährt somit jeder der dazwischenliegenden Wellenlängenkanäle (d.h. die Wellenlängenkanäle [n+1], [n+2], [n+3],..., [n+m–2] und [n+m–1]) einen dazwischenliegenden Datenverlust oder „data hit".

[0018] Hingegen und gemäß den Grundlagen der vorliegenden Erfindung wie in Fig. 2 dargestellt, funktioniert das datenverlustlose wellenlängenabstimmbare optische Filter **100** beim Ändern des ausgewählten Durchlaßbands des Filtergebiets **110** vom n-ten Wellenlängenkanal zum (n+m)-ten Wellenlängenkanal wie folgt. Gemäß Schritt **210**, wird der Einfallspunkt, der relative Punkt, bei dem der einfallende zusammengesetzte Lichtsignalstrahl **130** auf das Filtergebiet **110** auftrifft, vom Filtergebiet **110** entlang einer konstanten Wellenlängenkanalspur, bei der vorliegenden Ausführungsform einer Linie vom Anpassungspunkt ① zum Anpassungspunkt ②, zu dem breitbandigen reflektierenden Gebiet **120** umpositioniert. Die konstante Wellenlängenkanalspur ist eine Kurve von Punkten entlang dem Filtergebiet **110** mit konstanten Bandpaßcharakteristiken; d.h., der gleiche Wellenlängenkanal wird bei allen Punkten passiert. Die konstante Wellenlängenkanalspur vom Anpassungspunkt ① zum Anpassungspunkt ② verläuft entlang der z-Koordinate z_n und entspricht dem n-ten Wellenlängenkanal. Nachdem der Lichtsignalstrahl **130** im breitbandigen reflektierenden Gebiet **120** auf das datenverlustlose wellenlängenabstimmbare optische Filter **100** auftrifft, werden unabhängig von dem präzisen Einfallspunkt innerhalb des Gebiets alle Wellenlängenkanäle reflektiert und keine werden durchgelassen. Das Umpositionieren des Einfallspunkts innerhalb des Gebiets kann deshalb erfolgen, ohne daß die optische und Systemleistung beeinflußt werden.

[0019] Gemäß Schritt **220** wird der Einfallspunkt innerhalb des breitbandigen reflektierenden Gebiets **120** zu einer Position umpositioniert, die einer konstanten Wellenlängenkanalspur für den Wellenlängenkanal zugeordnet ist, auf dem das Filter abgestimmt werden soll, im vorliegenden Beispiel der

(n+m)-te Wellenlängenkanal. Das Umpositionieren kann entlang einem beliebigen Weg erfolgen, solange der Einfallspunkt innerhalb des breitbandigen reflektierenden Gebiets **120** bleibt. Bei diesem veranschaulichenden Beispiel erfolgt das Umpositionieren vom Anpassungspunkt ② entlang der x-Koordinate x_2 zum Anpassungspunkt ③. Der Anpassungspunkt ③ wird durch das geordnete Paar (x_2, z_{n+m}) definiert.

[0020] Gemäß Schritt **230** wird der Einfallspunkt von dem breitbandigen reflektierenden Gebiet **120** entlang einer konstanten Wellenlängenkanalspur zum Filtergebiet **110** umpositioniert, vom Anpassungspunkt ③ zum Anpassungspunkt ④. Die konstante Wellenlängenkanalspur vom Anpassungspunkt ③ zum Anpassungspunkt ④ verläuft entlang der z-Koordinate z_{n+m} und entspricht dem (n+m)-ten Wellenlängenkanal. Nachdem der Lichtsignalstrahl **130** auf die Einrichtung innerhalb des Filtergebiets **110** auftrifft, wird der (n+m)-te Wellenlängenkanal durchgelassen und alle anderen Wellenlängenkanäle werden reflektiert. Der Fachmann würde verstehen, daß jeder der zuvor aufgeführten Umpositionierungsschritte ausgeführt werden könnte, indem die Stelle geändert wird, an dem ein einfallender zusammengesetzter Lichtsignalstrahl **130** auf das datenverlustlose wellenlängenabstimmbare optische Filter **100** auftrifft, und zwar durch welches Mittel auch immer verwendet wird, einschließlich (i) Umpositionieren des datenverlustlosen wellenlängenabstimmbaren optischen Filters **100** bezüglich eines festen einfallenden zusammengesetzten Lichtsignalstrahls **130**, (ii) Umpositionieren des einfallenden zusammengesetzten Lichtsignalstrahls **130** bezüglich eines festen datenverlustlosen wellenlängenabstimmbaren optischen Filters **100** oder (iii) Umpositionieren sowohl des einfallenden zusammengesetzten Lichtsignalstrahls **130** als auch des festen datenverlustlosen wellenlängenabstimmbaren optischen Filters **100**.

[0021] Die Fig. 3 und Fig. 4 zeigen zwei Ausführungsformen des in eine WDM-Add/Drop-Einrichtung integrierten datenverlustlosen wellenlängenabstimmbaren optischen Filters. Fig. 3 ist ein Diagramm der Add/Drop-Einrichtung **300**, bei der der verwendete Filtertyp ein mehrschichtiges abstimmbares dielektrisches Filter ist und das Filter unter Verwendung einer wohlbekannten seitlichen Schlittenabstimmung eines Keilfilters positioniert wird, um zum Einfügen/Herausnehmen einen bestimmten Wellenlängenkanal auszuwählen. Fig. 4 ist ein Diagramm der Add/Drop-Einrichtung **400**, bei der der verwendete Filtertyp ein Fabry-Perot-Interferenzfilter ist und das Filter unter Verwendung einer wohlbekannten Drehabstimmung positioniert wird, um zum Einfügen/Herausnehmen einen bestimmten Wellenlängenkanal auszuwählen. Es sei angemerkt, daß das für die Transmission durch das Filtergebiet **110** der Einrichtung ausgewählte Durchlaßband durch den Einfallswinkel des einfallenden zusammengesetzten Lichtsignalstrahls **130** bestimmt wird, weshalb ein Drehabstimmungsverfahren verwendet wird. Dem Fachmann ist offensichtlich, daß auch andere Filtermittel und Filterarten verwendet werden könnten und dennoch die Grundlagen der vorliegenden Erfindung verkörpern, einschließlich unter anderem und abstimmbare Mach-Zehnder-Interferometer, um nur einige zu nennen. Dem Fachmann ist außerdem klar, daß auch andere Abstimmittel verwendet werden könnten und dennoch die Grundlagen der Erfindung verkörpern, einschließlich unter anderem Abstimmen durch piezoelektrische Aktivierung, manuelle Abstimmung, Synchro-/Servo-Abstimmung, mechanische Ratschenabstimmung, um nur einige wenige zu nennen.

[0022] Nunmehr unter Bezugnahme auf Fig. 3 ist ein Lichtstrahlkollimator **350** an eine optische Faser **355** gekoppelt, und zwar als ein Mittel zum Bereitstellen des einfallenden zusammengesetzten Lichtsignalstrahls **130**, der auf das datenverlustlose wellenlängenabstimmbare optische Filter **100** angewendet werden soll. Ein Lichtstrahlkollimator **360** ist an eine optische Faser **365** gekoppelt zum Bereitstellen des übertragenen Wellenlängenkanal-Lichtsignalstrahls **140** zum Einfügen/Herausnehmen durch das datenverlustlose wellenlängenabstimmbare optische Filter **100**. Ein Lichtstrahlkollimator **370** ist an eine optische Faser **375** gekoppelt zum Bereitstellen des reflektierten zusammengesetzten Lichtsignalstrahls **150** von dem datenverlustlosen wellenlängenabstimmbaren optischen Filter **100**. Ein Positionierkoppler **330** wird verwendet, um das datenverlustlose wellenlängenabstimmbare optische Filter **100** an einen Filterpositionierer zu koppeln.

[0023] Bezüglich des in Fig. 3 verwendeten mehrschichtigen abstimmbaren dielektrischen Filters wird ein XZ-Positionierer **325** verwendet, da das Positionieren nur mit zwei Freiheitsgraden erforderlich ist. Die Einrichtungspositionierung entlang der x-Achse ändert den Einfallspunkt, an dem die Lichtsignalstrahlen auf die Oberfläche des Filtergebiets **110** auftreffen, und dadurch wird der Wellenlängenkanal, der durch die Einrichtung übertragen wird, geändert. Die Einrichtungspositionierung entlang der z-Achse ändert den Einfallspunkt des Lichtsignalstrahls von zwischen dem Filtergebiet **110** und dem breitbandigen reflektierenden Gebiet **120** und bestimmt deshalb, ob das Filter aktiv ist und einen Wellenlängenkanal durchläßt oder das breitbandige reflektierende Gebiet aktiv ist und den gesamten einfallenden zusammengesetzten Lichtsignalstrahl reflektiert.

[0024] Bezüglich des in Fig. 4 verwendeten Fabry-Perot-Interferenzfilters ist die Funktionsweise ähnlich der in Verbindung mit Fig. 3 beschriebenen, und zwar mit der Ausnahme, daß ein XYZ-Positionierer **425** verwendet wird, da drei Freiheitsgrade verwendet werden. Die Drehung in der XY-Ebene wird dazu verwendet, den Einfallswinkel zu ändern, mit dem die

Lichtsignalstrahlen auf die Oberfläche des Filtergebiets **110** auftreffen, und ändert deshalb den Wellenlängenkanal, der durch die Einrichtung hindurchgelassen wird. Die Einrichtungspositionierung entlang der z-Achse ändert den Einfallspunkt des Lichtsignalstrahls zwischen dem Filtergebiet **110** und dem breitbandigen reflektierenden Gebiet **120** und bestimmt deshalb, ob das Filter aktiv ist und einen Wellenlängenkanal durchläßt oder das breitbandige reflektierende Gebiet aktiv ist und den gesamten einfallenden zusammengesetzten Lichtsignalstrahl reflektiert.

[0025] Ungeachtet dessen, ob der XZ-Positionierer **325** oder XYZ-Positionierer **425** verwendet wird, werden Richtungen für die Steuerung und Positionierung der Einrichtung durch einen Controller **320** verarbeitet, der dafür ausgelegt ist, Controllereingangssignale **310** zu erhalten, die Anweisungen hinsichtlich des Wellenlängenkanals enthalten, der eingefügt oder herausgenommen werden soll. Der Controller **320** nimmt die Controllereingangssignale **320** an und reagiert mit dem Erzeugen von Positionssignalen, die an den Positionierer gekoppelt werden und die dem Positionierer Positionierungsinformationen liefern, die benötigt werden, um den gewünschten Wellenlängenkanal einzufügen oder herauszunehmen.

[0026] Die vorausgegangene Beschreibung veranschaulicht lediglich die Grundlagen der Erfindung. Es versteht sich deshalb, daß der Fachmann in der Lage sein wird, verschiedene Anordnungen auszudenken, die, wenn sie hier zwar nicht explizit beschrieben oder gezeigt sind, die Grundlagen der Erfindung verkörpern und innerhalb ihres Schutzbereichs enthalten sind. Die vorliegende Erfindung wird beispielsweise zwar im Hinblick auf ein Filtergebiet **110** beschrieben, das einen einzigen WDM-Kanal durchläßt und andere Wellenlängenkanäle reflektiert, doch ist die beschriebene spezifische Ausführungsform lediglich ein einfaches veranschaulichendes Beispiel, um die Grundlagen der vorliegenden Erfindung zu lehren. Der Fachmann würde erkennen, daß sich die Grundlagen der vorliegenden Erfindung gleichermaßen auch auf Einrichtungen anwenden lassen, bei denen das Filtergebiet möglicherweise gleichzeitig mehrere Wellenlängenkanäle durchläßt. Außerdem sind alle Beispiele und angeführte bedingte Sprache ausdrücklich und prinzipiell nur für pädagogische Zwecke bestimmt, um den Leser beim Verstehen der Grundlagen der Erfindung und der Konzepte zu unterstützen, die der/die Erfinder zur Weiterentwicklung des Stands der Technik beigetragen haben, und sollen so ausgelegt werden, daß sie ohne Einschränkung auf derartige spezifisch angeführte Beispiele und Bedingungen sind. Außerdem sollen Feststellungen hier, die Grundlagen, Aspekte und Ausführungsformen der Erfindung anführen, sowie spezifische Beispiele davon, sowohl strukturelle als auch funktionelle Äquivalente davon umfassen. Außerdem sollen derartige Äquivalente sowohl gegenwärtig bekannte Äquivalente sowie in der Zukunft entwickelte Äquivalente umfassen, d.h. alle entwickelten Äquivalente, die unabhängig von der Struktur die gleiche Funktion ausführen. Beispielsweise wird bei den in den Fig. 3 und Fig. 4 dargestellten Add/Drop-Einrichtungen die relative Umpositionierung zwischen dem datenverlustlosen wellenlängenabstimmbaren optischen Filter und den Lichtsignalstrahlen von einem Satz Kollimatoren unter Verwendung eines positionierbaren Filters und eines festen Satzes von Kollimatoren erzeugt. Alternativ ist dem Fachmann klar, daß eine relative Umpositionierung zwischen dem datenverlustlosen wellenlängenabstimmbaren optischen Filter und den Lichtsignalstrahlen von einem Satz von Kollimatoren (i) unter Verwendung eines festen Filters und eines positionierbaren Satzes von Kollimatoren oder (ii) unter Verwendung sowohl eines positionierbaren Filters als auch eines positionierbaren Satzes von Kollimatoren realisiert werden kann und dennoch die Grundlagen der vorliegenden Erfindung verkörpert.

[0027] Die Funktionen der verschiedenen dargestellten oder beschriebenen Elemente, einschließlich Funktionsblöcke, die als „Controller" gekennzeichnet sind, können durch die Verwendung separater Hardware sowie Hardware, die in der Lage ist, Software in Verbindung mit entsprechender Software auszuführen, bereitgestellt werden. Die Funktionen können, wenn sie von einem Prozessor bereitgestellt werden, von einem einzigen separaten Prozessor, von einem einzigen gemeinsamen Prozessor oder von mehreren individuellen Prozessoren bereitgestellt werden, von denen einige möglicherweise gemeinsam verwendet werden. Außerdem sollte die explizite Verwendung des Ausdrucks „Controller" nicht so ausgelegt werden, daß er sich ausschließlich auf Hardware bezieht, die in der Lage ist, Software auszuführen, und kann implizit ohne Einschränkung digitale Signalprozessorhardware (DSP), einen Festwertspeicher (ROM) zum Speichern von Software, einen Direktzugriffsspeicher (RAM) und eine nichtflüchtige Speicherung beinhalten. Es kann auch andere Hardware enthalten sein, und zwar konventionelle und/oder kundenspezifische.

[0028] In den Ansprüchen der vorliegenden Erfindung soll jedes Element, das als ein Mittel zum Ausführen einer spezifizierten Funktion ausgedrückt ist, alle Möglichkeiten zum Ausführen dieser Funktion umfassen. Die durch derartige Ansprüche definierte Erfindung beruht auf der Tatsache, daß die von den verschiedenen ausgeführten Mitteln bereitgestellten Funktionalitäten auf die Weise kombiniert und zusammengebracht werden, wie die Ansprüche dies verlangen. Die Anmelderin betrachtet somit alle Mittel, die diese Funktionalitäten bereitstellen können, als äquivalent zu den hier gezeigten.

Patentansprüche

1. Datenverlustfreie ("hitless") wellenlängenabstimmbare Add/Drop-Einrichtung, die folgendes umfaßt:
ein Filtergebiet (**110**), das betrieben werden kann, um einen aus mehreren optischen Wellenlängenkanälen ausgewählten optischen Wellenlängenkanal herauszunehmen oder einzufügen, wobei das Filtergebiet hinsichtlich Wellenlänge abgestimmt werden kann, so daß es aus den mehreren Wellenlängenkanälen einen beliebigen gewünschten Wellenlängenkanal auswählen kann;
ein Reflektorgebiet (**120**) neben dem Filtergebiet, wobei das Reflektorgebiet als ein breitbandiger optischer Reflektor betrieben werden kann; und
Mittel zum selektiven Bewegen eines einfallenden optischen Signalstrahls (**130**) relativ zu den beiden Gebieten, um den Auftreffpunkt des optischen Signalstrahls zwischen ausgewählten Positionen innerhalb des Filtergebiets und ausgewählten Positionen innerhalb des Reflektorgebiets so umzupositionieren, daß der optische Signalstrahl auf das Filtergebiet auffällt, während ein gewünschter optischer Wellenlängenkanal herausgenommen oder eingefügt wird, und auf das Reflektorgebiet auffällt, während auf einen anderen gewünschten optischen Wellenlängenkanal abgestimmt wird, der herausgenommen oder eingefügt werden soll.

2. Add/Drop-Einrichtung nach Anspruch 1, wobei das Reflektorgebiet eine metallische Beschichtung enthält, die als der breitbandige optische Reflektor fungiert.

3. Add/Drop-Einrichtung nach Anspruch 1, wobei das Reflektorgebiet aus mindestens einer reflektierenden dielektrischen Schicht besteht.

4. Add/Drop-Einrichtung nach Anspruch 1, wobei das Filtergebiet ein abstimmbares optisches Filter umfaßt.

5. Add/Drop-Einrichtung nach Anspruch 1, wobei das Mittel zum selektiven Bewegen des einfallenden optischen Signalstrahls betrieben werden kann, um den Einfallspunkt des optischen Signalstrahls entlang einer ersten Wellenlängenkanalspur entsprechend einem ersten optischen Wellenlängenkanal relativ so zu bewegen, um den Einfallspunkt von einer ersten Position (**1**) im Filtergebiet, für das der erste Wellenlängenkanal herausgenommen oder eingefügt werden soll, zu einer zweiten Position (**2**) in dem Reflektorgebiet umzupositionieren, und weiterhin betrieben werden kann, um den Einfallspunkt des optischen Signalstrahls im Reflektorgebiet relativ so zu bewegen, um den Einfallspunkt von der zweiten Position (**2**) auf der ersten konstanten Wellenlängenkanalspur zu einer dritten Position (**3**) auf einer zweiten Wellenlängenkanalspur entsprechend einem zweiten optischen Wellenlängenkanal, der herausgenommen oder hinzugefügt werden soll, umzupositionieren, und weiterhin betrieben werden kann, um den Einfallspunkt des optischen Signalstrahls entlang der zweiten Wellenlängenkanalspur relativ so zu bewegen, um den Einfallspunkt von der dritten Position (**3**) im Reflektorgebiet zu einer vierten Position (**4**) im Filtergebiet, für das der zweite optische Kanal herausgenommen oder hinzufügt werden soll, umzupositionieren.

6. Add/Drop-Einrichtung nach Anspruch 2, wobei die metallische Beschichtung aus Gold besteht.

7. Add/Drop-Einrichtung nach Anspruch 2, wobei die metallische Beschichtung aus Silber besteht.

8. Add/Drop-Einrichtung nach Anspruch 4, wobei das abstimmbare optische Filter ein Fabry-Perot-Filter ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

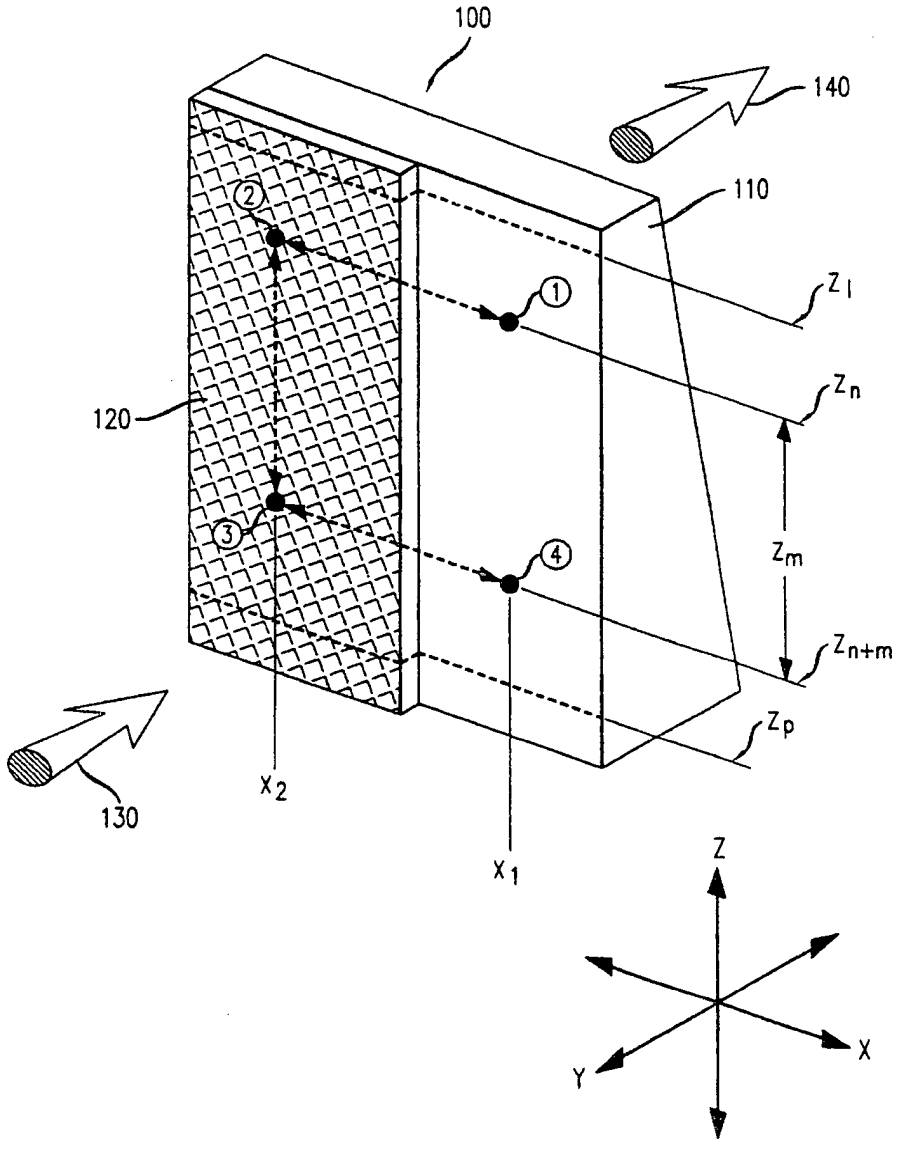
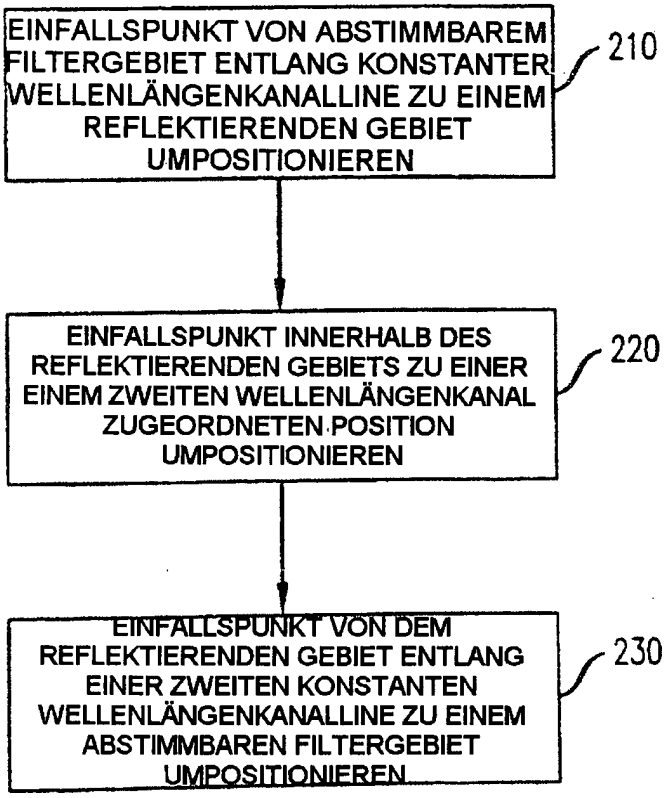


FIG. 2


EINFALLSPUNKT VON ABSTIMMBAREM FILTERGEBIET ENTLANG KONSTANTER WELLENLÄNGENKANALLINE ZU EINEM REFLEKTIERENDEN GEBIET UMPOSITIONIEREN
210
EINFALLSPUNKT INNERHALB DES REFLEKTIERENDEN GEBIETS ZU EINER EINEM ZWEITEN WELLENLÄNGENKANAL ZUGEORDNETEN POSITION UMPOSITIONIEREN
220
EINFALLSPUNKT VON DEM REFLEKTIERENDEN GEBIET ENTLANG EINER ZWEITEN KONSTANTEN WELLENLÄNGENKANALLINE ZU EINEM ABSTIMMBAREN FILTERGEBIET UMPOSITIONIEREN
230

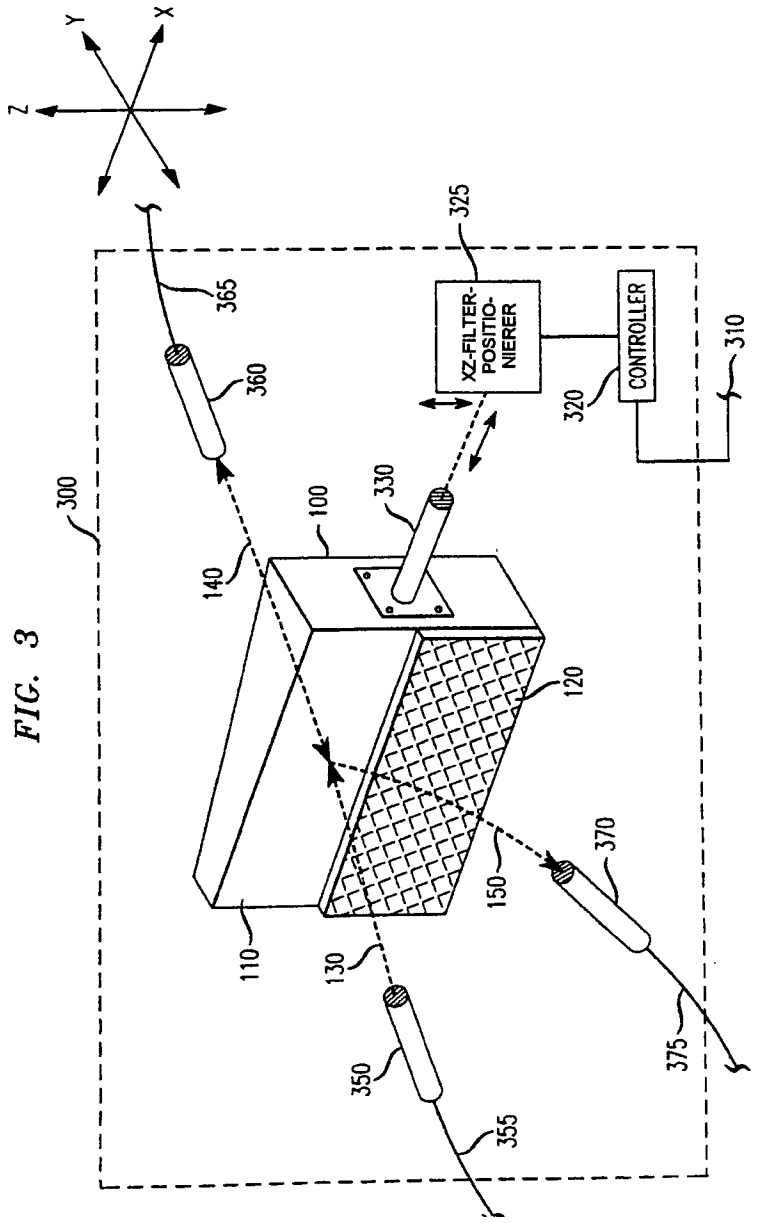

Y
X
Z
325
365
360
XZ-FILTER-POSITIO-NIERER
CONTROLLER
320
310
300
100
330
140
120
370
150
110
130
375
350
355

FIG. 3

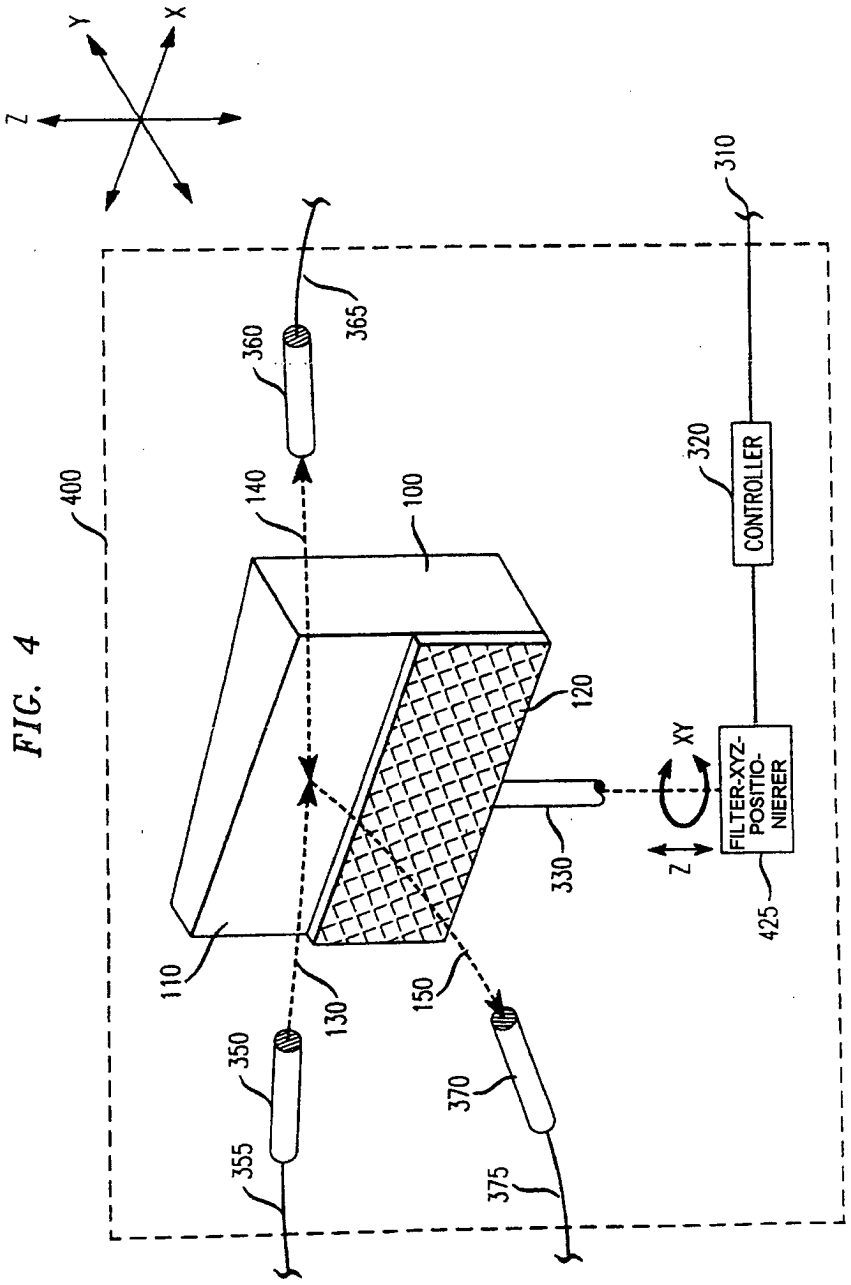

Y
X
Z
310
365
360
400
140
100
320
CONTROLLER
120
XY
FILTER-XYZ-POSITIO-NIERER
330
Z
425
110
130
150
350
370
355
375

FIG. 4