

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3745967号
(P3745967)

(45) 発行日 平成18年2月15日(2006.2.15)

(24) 登録日 平成17年12月2日(2005.12.2)

(51) Int. Cl.		F I	
GO2B	6/02	(2006.01)	GO2B 6/10 C
GO2B	6/00	(2006.01)	GO2B 6/00 376Z

請求項の数 10 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2001-57528 (P2001-57528)	(73) 特許権者	596092698
(22) 出願日	平成13年3月2日(2001.3.2)		ルーセント テクノロジーズ インコーポ
(65) 公開番号	特開2001-290035 (P2001-290035A)		レーテッド
(43) 公開日	平成13年10月19日(2001.10.19)		アメリカ合衆国, 07974-0636
審査請求日	平成14年6月14日(2002.6.14)		ニュージャージー, マレイ ヒル, マウン
(31) 優先権主張番号	09/519382		テン アヴェニュー 600
(32) 優先日	平成12年3月3日(2000.3.3)	(74) 代理人	100064447
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 岡部 正夫
前置審査		(74) 代理人	100085176
			弁理士 加藤 伸晃
		(74) 代理人	100106703
			弁理士 産形 和央
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 短波長クラッドモード損失を軽減するための内部ギャップクラッドモードを有する光ファイバ回折格子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

最大波長 λ_{max} から最小波長 λ_{min} の波長範囲の光を伝送する光ファイバブラッグ回折格子における回折格子デバイスであって、コアを有する光ファイバ、該コアに沿って形成されたブラッグ回折格子、及び

該コアの周囲を囲む複数の長手方向に伸びる内部ギャップであって、該ギャップは該コア中心から距離 $2\lambda_{max}$ 以上 $10\lambda_{max}$ 以下の範囲で該コアの周囲に配置され、互いに λ_{min} 未満の間隔を持つとともに該コアの周囲から離隔されて該回折格子における短波長クラッドモード損失を低減する内部クラッド領域を形成するギャップからなり、前記内部クラッド領域は、ブラッグ共振と第1のクラッドモード共振間のクラッドモードオフセットが少なくとも 20nm になるように、前記コアに十分に接近している回折格子デバイス。

【請求項 2】

請求項1記載の回折格子デバイスにおいて、前記内部クラッド領域は、ブラッグ共振と第1のクラッドモード共振間のクラッドモードオフセットが少なくとも 40nm になるように、前記コアに十分に近接している回折格子デバイス。

【請求項 3】

請求項1記載の回折格子デバイスにおいて、前記ギャップは、 $1 \sim 2.5\lambda_{max}$ の範囲内の最大寸法のホールからなる回折格子デバイス。

【請求項 4】

10

20

請求項1記載の回折格子デバイスにおいて、前記ギャップは重合体で満たされている改良された回折格子デバイス。

【請求項5】

請求項1記載の回折格子デバイスにおいて、前記ギャップは反射性材料で満たされている改良された回折格子デバイス。

【請求項6】

請求項1記載の回折格子デバイスにおいて、前記ギャップは金属で満たされている改良された回折格子デバイス。

【請求項7】

請求項1記載の回折格子デバイスにおいて、前記コアは、ゲルマニウムがドーピングされたシリカであり、前記クラディングはシリカからなる改良された回折格子デバイス。

10

【請求項8】

請求項1記載の回折格子デバイスにおいて、前記コアの周囲を囲む前記ギャップは、 λ_{min} 以下の最大厚さを有する薄いガラスウェブで離れた間隔となるように、互いに近接して配置される回折格子デバイス。

【請求項9】

請求項1記載の回折格子デバイスからなる挿入／分岐フィルタ。

【請求項10】

請求項1記載の回折格子デバイスからなる分散補正器。

【発明の詳細な説明】

20

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバブラッグ回折格子に関し、特に、短波長クラディングモード損失を軽減するために、コアのまわりに間隔を置いて縦方向に延びるギャップ領域（空隙）からなるリングが備えられた光ファイバブラッグ回折格子に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

光ファイバブラッグ回折格子は、WDM通信システムにおける重要な構成要素である。これらは、挿入／分岐フィルタリング、バンドフィルタリングおよび分散補正を含むいくつかの重要なアプリケーションを実行する。これらのアプリケーションにおいて、回折格子は、典型的に反射フィルタとして使用されている。回折格子のストップバンド内の入射光は強く反射されるが、ストップバンド外の光は伝導される。理想的なブラッグ回折格子は、矩形の振幅ろ波機能を持ち、反射は、ストップバンド内で1つになり、ストップバンド外で無視できる。

30

【0003】

実際には、現実的な光ファイバブラッグ回折格子の重要な限界は、主要反射バンドの短波長側のクラディングモード損失である。この短波長クラディングモード損失は、コアモードから逆伝搬クラディングモードへの回折格子誘導結合によって引き起こされる。クラディングモード損失は、伝送スペクトラムにおいて、ブラッグ共振の短波長側の鋭い共振として見られる。この損失の大きさは、回折格子の強度の2乗でほぼ見積もられるが、損失は、多数の回折格子が縦続接続される場合、劇的に悪化する。したがって、これは、回折格子ベースの技術を使用する光ネットワークの設計に厳しい制限を課する。

40

【0004】

クラディングへのブラッグ回折格子結合を軽減するためのいくつかの方法が提案されている。第1の方法は、ガラスに近い屈折率を有する、損失のある重合体材料でファイバを囲むことである。この場合には、クラディングモードは重合体にまで達して、ここで吸収され、したがって、コアクラディングモードが軽減される。クラディングモードスペクトラムは、放射限界により近く、典型的には4～5の係数だけ軽減される。この損失は、多くのアプリケーションにとって受け入れ可能であるが、縦続接続されるデバイスの数をいまだ制限する。

50

【0005】

他の方法は、ドン（Dong）等 [L.Dong, L.Reekie, J.L.Cruz, J.E.Caplen, J.P.de Sandro and D.N.Payne, "Optical fibers with depressed claddings for suppression of coupling into cladding modes in fiber Bragg gratings," IEEE Photonic Technology Letters, vol.9, page 64-66(1997)] により提案されているくぼんだクラディングデザインを使用する。従来のファイバコアは、ダウンドーピングを達成するためにボロンを典型的に用いて、ダウンドーピングされた領域で囲まれている。くぼんだクラディング領域は、より低いオーダーのクラディングモードとコアのオーバーラップを抑圧する。横共振状態は、光パス長（屈折率の距離倍）と関連しているので、横共振は、くぼんだクラディング領域に広げられる。この方法は、適度な成功で証明されている。しかし、これは、
10 屈折率がくぼんだクラディング領域で減少する量により制限される。

【0006】

第3の方法は、ブラッグ共振からのクラディングモード損失のオフセットを増加させることである。これは、コアモード有効屈折率が、実質的に、最も低いオーダーのクラディングモードの有効屈折率以上になるように、コア屈折率を増加させることにより達成される。多数のグループが、典型的に、 $\Delta \sim 2\%$ と、 $d \sim 2 \mu m$ のコア直径を有するファイバが使用され、 $\sim 2 - 5 nm$ のオフセットになるという、この効果を証明した。この原理は証明されたが、利用可能なバンド幅は、まだクラディングモード損失の兆候で制限される。さらに、回折格子ファイバと伝送ファイバ間のモード不整合に起因して受けたかなりの不利がある。
20

【0007】

また、クラディングモード損失は、ファイバのクラディングに感光材料を組みこむことによって軽減することができる (E.Deleuaque et al. "Optical fiber design for strong gratings photoimprinting with radiation mode suppression," OFC'95, PD5, USA, 1995 and K.Oh et al., Suppression of cladding mode coupling in Bragg grating using GeO₂B₂O₃ doped photosensitive cladding optical fiber, Electronic Letters, vol.35, page 423-424(1999))。この場合には、UV露光後、回折格子領域は、クラディング領域に広がる。クラディングモード損失の軽減は、モード直交状態から起こる。よって、コアおよびクラディングが、同じUV感度を有する場合は、閃光はなく、ファイバを通る露光が均一になる。したがって、回折格子は、クラディングモードとの無視できる
30 結合を与える。この方法の欠点は、感光クラディング領域に置ける吸収に起因する回折格子強度の正味の減少である。また、これらのモードが大きなモードフィールド強度を有する領域の非対称のため、非対称モードとの結合が増加する。

【0008】

また、これは、光ファイバが、クラディングにおける内部の縦方向に延びるギャップ（開口部）で作られ、回折格子がこのようなファイバで作られたという不変の背景になる。"微細構造式光ファイバからなる物品およびこのようなファイバを作る方法"と題する1998年9月1日にディー・ジェイ・ディジョバンニ (D.J.DiGiovanni) 等に発行された米国特許第5,802,236号や、"エアクラッド光ファイバからなる物品"と題する1999年5月25日にディー・ジェイ・ディジョバンニ等に発行された米国特許第5,907,652号を参照されたい。これらは共に、参照によりここに含まれる。これらの特許は、短波長クラディングモード損失を軽減するという問題に取り組んでいなかった。
40

【0009】

したがって、ファイバブラッグ回折格子においてクラディングモード損失を効果的に無くすることができる改善されたファイバデザインの必要性がある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明は、適当な間隔を置いて必要な寸法にされた内部ギャップクラディングは、ファイバブラッグ回折格子における短波長クラディングモード損失を実質的に軽減すること
50

ができるという出願人の発見に基づいている。ファイバブラッグ回折格子は、コアの周囲を囲むガラス中に、近接した間隔を置いて縦方向に延びるギャップ領域からなるリングが備えられている。このギャップは、伝送される光の波長以下の厚さを有する薄いガラスウェブにより離れた間隔にされ、コア中心から2～10波長の距離でコアの周囲に配置される。薄いウェブは、ギャップ間の光の通過を制限する。ウェブとギャップの組み合わせは、従来のガラスクラッディングより少ないクラッディングモードをサポートする内部の薄いクラッディングとして働き、ブラッグ共振と第1のクラッディングモード共振間の波長間隔の増加をかなり提供する。

【0011】

本発明の利点、性質および種々のさらなる特徴は、添付図面に関して詳細に説明されるべき実施例の考察に基づいてより十分に明らかになるだろう。

10

【0012】

図面は、本発明の概念を説明するためのものであり、グラフを除いて、縮尺されていないことが理解されるべきである。

【0013】

【発明の実施の形態】

図面を参照すると、図1は、本発明が向けられる問題を理解するのに役立つ従来の光ファイバ回折格子を概略的に示す。回折格子は、コア10と周囲のガラスクラッディング11からなる。コアは、典型的に、ドーピングされたシリカであり、紫外線でその長さに沿って周期的に引き起こされる複数の屈折率摂動12を含む。コア半径は3 μm、クラッディング直径は125 μm、コアとクラッディングの屈折率差Δn=0.01である。コアと屈折率摂動の屈折率差は、典型的に0.0001のオーダーになっている。典型的な回折格子周期は、531.9 nmのオーダーにあり、典型的な回折格子長は4 cmである。

20

【0014】

動作時、波長範囲1500～1600 nmの光が、回折格子内に伝送された場合、ブラッグ共振波長は、強く反射される。しかし、さらに、逆伝搬するクラッディングモードへの結合に起因するブラッグ共振より短い波長の望ましくない損失になる。

【0015】

図2は、図1のデバイスの伝送特性を示し、主要なブラッグ共振20と短波長クラッディング損失共振21を示す。近い間隔のクラッディングモード共振は、主要なブラッグ共振20のほんの3 nm短く始まり、1530 nmを越えた下まで達していることが注目されるべきである。これらのクラッディングモード損失は、ブラッグフィルタの有効バンド幅を制限する。

30

【0016】

分析的に、m番目と(m+1)番目のクラッディングモード共振間の間隔Δλ_mは、

【数1】

$$\Delta\lambda_m \propto \frac{\lambda_0^2}{D_{clad}^2} [1 + 2m] \Lambda_{Bragg}$$

40

により近似できることがわかる。ここで、λ₀は波長、nはクラッディングの屈折率、D_{clad}はクラッディングの直径、mはクラッディングモード共振の次数、Λ_{Bragg}はブラッグ回折格子の周期である。

【0017】

特に関心があるのは、基本ブラッグ共振と第1のクラッディングモード共振間の波長間隔である。これは、

【数2】

$$\Delta\lambda_1 \propto \frac{\lambda_o^2}{D_{clad}^2} \Lambda_{Bragg}$$

により与えられる。

【0018】

$\Delta\lambda_m$ および $\Delta\lambda_1$ は、 D_{clad}^2 に逆比例するので、両方ともクラディング直径の減少により増加する。しかしながら、クラディング直径が従来の伝送ファイバに使用されるもの以下に減少すると、ファイバの丈夫さがかなり減少して、機械的に破損しやすくなる。

10

【0019】

図3は、本発明による改良された光ファイバブラッグ回折格子9の断面を概略的に示す。ここで、クラディングガラス11には、コア10の周囲を囲む複数の縦方向に延びる内部ギャップまたは空隙30が備えられている。ギャップは、コアから間隔が置かれ、ガラスクラディングと比べて薄い、コアの回りの内部クラディングを形成する寸法にされている。すなわち、これは、大いに小さいクラディング直径 D_{clad} を提供する。これは、クラディングモード間隔 $\Delta\lambda_m$ と、ブラッグ共振と第1のクラディングモード共振間の波長間隔 $\Delta\lambda_1$ (クラディングモードオフセット) を増加させる。好適には、内部クラディングは、クラディングモードオフセットが少なくとも 20 nm になり、より好適には 40 nm にさえなるように、コアに十分に接近している。

20

【0020】

最も長い波長 λ_{max} を伝送する回折格子のために、ギャップ30は、 $1 \sim 25\lambda_{max}$ の範囲の最大断面積の複数のホールからなる。これらは、コア中心から $2 \sim 10\lambda_{max}$ の距離でコアの周囲に配置される。 $1.5 \sim 1.6\mu\text{m}$ 光を受ける回折格子のために、ギャップは、コア中心からギャップの縁まで半径 $3.0 \sim 15\mu\text{m}$ の円形リング内に配置された $1.5 \sim 37.5\mu\text{m}$ の直径の円とすることができる。

【0021】

λ_{min} が伝送されるべき最短波長である場合、ギャップは、それらの間のシリカウェブ31が、 λ_{min} 以下、好適には $0.5\lambda_{min}$ 以下の厚さを持つように、この周囲に離れた間隔が置かれる。したがって、上記の回折格子のために、シリカウェブは、 $1.5\mu\text{m}$ 以下、好適には $0.75\mu\text{m}$ 以下の厚さを持つだろう。

30

【0022】

ファイバは、適当なファイバ予備形成物から引き出すことができる。図4は、このような予備形成物を作るための配置を示す。予備形成物は、コア領域40を含むコア棒40を持ってきて、シリカチューブ42が互いに接すると共に全部のチューブ42がコア棒40に接するように、シリカチューブ42でそれを取り囲むことによって製作される。作るべき最も容易な予備形成物は、チューブとコア棒が同一直径からなる場合である。この場合には、予備形成物は、コア棒を囲むために6個のチューブを採用して、緊密にパックされた配置を形成する。コア棒は、望ましい屈折率特性を持つことができ、何らかの感光エレメントでドーピングすることができる。また、コア棒は、クラディング領域43を含むことができるが必ずしも含まない。コア棒は、標準的なMCVD技術で作られ、次いで、適当な直径(典型的には、約 1 mm の直径)に引き出される。チューブ42は、一方の端部がふさがれ、次いで、チューブ-コア棒の束が、標準的な外装技術を用いて外装チューブ44で外装される。次いで、予備形成物は、標準的な条件の下で引き出され、ファイバになる。その結果生じるファイバにおいて、内部クラディングは、コア棒から(何かがある場合)およびシリカチューブ42の壁厚からのシリカからなる。ファイバが引き出された後、ブラッグ回折格子が、従来の仕方では紫外線によってコアに書き込まれる。

40

【0023】

回折格子が形成された後、エアギャップ30を、随意的に、損失のある重合体または反射性材料で充填することができる。適当な重合体は、フッ化アクリル酸塩およびフッ化メタ

50

クリル酸塩のようなフッ化重合体およびそれらの水素ベースのアクリル酸塩との共重合体と、フッ化ウレタンと、シロキサンのようなシリコンベースの重合体を含む。フッ素含有重合体の場合には、屈折率は、重合体分子中のフッ素含有量を変えることによって調整することができる。シロキサンの場合には、屈折率は、メチル対シロキサンチェーンに付着したフェニル基群の比を変えることによって調整される。重合体は、真空中で支援される毛管作用でエアギャップ30に注入される。

【0024】

適当な反射器は、金、インジウム、アルミニウムおよびニッケル等の金属を含む。これらは、クラディングモードが通り抜けることができないバリアを提供する。

【0025】

上記のデバイスでは、周囲のギャップ30内の領域は、デバイスが連結されるファイバのコアより小さくまたは大きくすることが可能である。このような場合には、2本の異なるファイバは、断熱的なテーパ部分で連結されるべきである。また、エアギャップ30を先細にして、要するに断熱的に導波路を先細にすることができ、それにより、従来のファイバにおける大きなモードが、改良された回折格子のファイバに良好に整合することができる。

【0026】

次に、本発明は、以下の特殊な例の考察によってより明快に理解される。

【0027】

例

図5は、ファイバブラッグ回折格子（“FBG”）におけるクラディングモード損失を軽減するように設計された高デルタ微細構造式ファイバの中心領域の略断面図を示す。

（外部クラディングガラスの境界は、このページから離れているので、図示されていない。）この高デルタ微細構造式光ファイバは、半径 $\sim 1\text{ }\mu\text{m}$ および $\Delta = (n_{co} - n_{clad}) / n_{core} \sim 0.5\%$ の感光ゲルマニウムコア10を持った。ここで、 n_{co} および n_{clad} は、それぞれ、ゲルマニウムコアと内部シリカクラディングの屈折率である。コア10の中心から約 $2\text{ }\mu\text{m}$ は、直径が約 $7\text{ }\mu\text{m}$ の5個のエアホール30である。外部シリカクラディング（図示しない）は、 $175\text{ }\mu\text{m}$ の直径に達する。このファイバでは、エアホールは、中心のコア領域からクラディングモードを隔離するばかりでなく、コアモードを直接巧みに処理するために利用され、エアホールの1つの層だけが案内のために必要とされる。

【0028】

図5の回折格子を作る際、まず、1本のファイバが、ゲルマニウム領域の感光度を高めるために重水素が満たされ、次いで、 $\Lambda_{mask} = 1.075\text{ }\mu\text{m}$ の周期で従来の位相マスクにより 242 nm を用いて露光された。ここで、 $\Lambda_{FBG} = \Lambda_{mask} / 2$ である。これは、 $\Delta n \sim 10^{-5}$ のピーク屈折率変調を生じた。

【0029】

図5のデバイスの伝送スペクトラム波図6に示される。共振波長は、ほぼ 1505 nm で生じていることに注目されたい。ブラッグ条件を用いて、我々は、コアモードの有効屈折率を、十分にシリカの有効屈折率以下のほぼ n_{eff} 約 1.40 と見積もっている。コアモードの低い有効屈折率は、コアモードと、近い間隔のエアホールの強いオーバーラップに起因しており、このファイバの分散に対する相当な導波路の貢献を表わしている。また、図6から、この波長範囲のクラディングモード損失がないことに注目されたい。このファイバの小さな有効内部クラディング直径のため、クラディングモードは、ブラッグ共振からかなりオフセットされる。

【0030】

第1のクラディングモード共振を捜し出すために、ファイバは、ビーム伝搬法シミュレーションソフトウェアを用いてモデル化され、ここでは、中心領域が無限のシリカクラディングで囲まれた状態とみなされた。図7の計算された伝送スペクトラムは、上記に説明した実験的測定に良好にしたがう、 $n_{eff} = 1.405$ の有効屈折率を有するコアモー

10

20

30

40

50

ドと、 1510 nm の対応するブラッグ共振とを示す。また、このシミュレーションは、 $n_{\text{eff}} = 1.25$ の有効屈折率を有するこの内部クラディング領域に制限された第2のモードも示す。確かに、この内部クラディングの最低オーダーモード間の差は $\Delta \sim 10\%$ であり、標準的なファイバのコアクラディング屈折率ステップよりかなり大きくなっている。このファイバの対応するクラディングモードスペクトラムは、測定された回折格子スペクトラムと一致した 80 nm と同じだけブラッグ共振からオフセットされる。ファイバ構造全体のさらなるシミュレーション（ここでは、ガラス-エアインターフェースがシミュレーションに含まれていた）は、コアで案内されるモードがファイバの基本モードではないこと、すなわち、コアモードより高い伝搬定数を有する外部クラディング領域におけるエネルギーを有するクラディングモードが存在することを示している。これらのクラディングモード（ $n_{\text{eff}} > n_{\text{core}}$ を有する）は、中心領域の回折格子との無視できる空間オーバーラップを有し、したがって、コアで案内される光と回折格子の相互作用で励起されない。かけがえとして、回折格子で分散される光は、内部のエア-シリカ境界からはずれた総合内部反射に起因してコア領域内に制限される。

10

【0031】

この改良された回折格子は、チャープされたり（*chirped*）チャープされなかったり（*unchirped*）すると共に、ブラッグ共振で固定されたり調整可能にされたりすることができる。これらは、狭帯域の波長を反射するように摂動間のほぼ等間隔でチャープされなくできる。かけがえとして、これらは、広帯域の波長を反射するように摂動間の間隔を変えることによりチャープされ得る。ティー・エルドーガン（T. Erdogan）等）等に発行された米国特許第5,694,248号を参照されたい。これは、参照によりここに含まれる。鳴かせられる形態では、回折格子は、分散補正器として使用することもできる。この改良された回折格子は、波長を固定することができ、または、歪みもしくは熱の印加によって波長を調整することができる。出願人ビー・ジェイ・エッグルトン（B. J. Eggleton）等により1999年1月26日に出願され、“本質的にチャープされた回折格子と外部勾配でチャープされた光回折格子を作る方法”と題する米国特許出願第09/237,123号を参照されたい。これは、参照によりここに含まれる。

20

【0032】

光ファイバ通信システムでは、この改良された回折格子の多くの重要なアプリケーションが存在する。図8は、挿入／分岐フィルタリング用にこの改良された回折格子9を使用した簡易通信システム80を示す。システム80は、送信機81と、受信機84と、光サーキュレータ83および1つ以上の改良された回折格子9（a）－9（c）からなる挿入／分岐フィルタ82とで構成される。ここで、回折格子は、典型的にチャープされない。送信機が4つの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ を送信し、回折格子が、それぞれ、 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ を反射する場合、 λ_4 が送信信号から落とされる。広帯域すなわち調整可能な回折格子が使用される場合は、回折格子の数を減らすことができる。改良された回折格子は、短波長損失がこれらによる問題であるので、縦続接続されたフィルタ、すなわち広帯域フィルタに特に有効である。

30

【0033】

図9は、改良された回折格子を用いた分散補正モジュールを使用する簡易通信システム90を概略的に示す。このシステムは、送信機91、受信機94およびモジュール92からなる。モジュール92は、光サーキュレータ93と、分散補正用の1つ以上の改良された回折格子9（a）－9（c）とからなる。回折格子は、チャープされており、好適には調整可能なものである。回折格子がモジュールに配置される順序は、モジュールに達する前にシステムで蓄積された色分散によって決まる。たとえば、チャンネル λ_1 に関して蓄積された分散が、チャンネル λ_3 に関するものより大きい場合は、回折格子は、図示の順序で配置される。すなわち、最初の補正用回折格子は λ_1 にあり、最後の補正用回折格子は λ_3 にある。チャンネル λ_1 に関して蓄積された分散が、チャンネル λ_3 に関するものより小さい場合は、回折格子は、逆の順序で配置されるべきである。かけがえとして、複数の回折格子9（a）－9（c）の代わりに、1つの広帯域の調節可能なチャープされた回

40

50

折格子を使用することができる。

【0034】

上述の実施例は、本発明の原理の応用を表わすことができる多くのあり得る特定の実施例のうちのいくつかのみの例示であることが理解されるべきである。多くの変更される他の配置は、本発明の精神および範囲から逸脱することなく当業者により容易に発明され得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来の光ファイバ回折格子の略図である。

【図2】 本発明が向けられる問題を理解するのに役立つ図1の光ファイバ回折格子の伝送特性のグラフ図である。

【図3】 本発明による改良された光ファイバ回折格子の略断面図である。

【図4】 図3のファイバを引き出すための光ファイバ予備形成物を作る配置を示す図である。

【図5】 図3にしたがって模範的な改良された回折格子の略軸方向断面図である。

【図6】 図5のデバイスの伝送スペクトラムを示す図である。

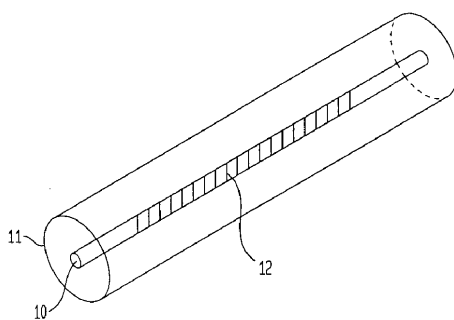
【図7】 図5のデバイスの計算され拡張された伝送スペクトラムを示す図である。

【図8】 改良された回折格子を用いた挿入／分岐フィルタ装置の概略線図である。

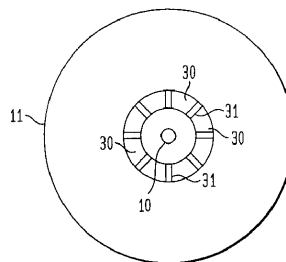
【図9】 改良された回折格子を用いた分散補正装置の線図である。

10

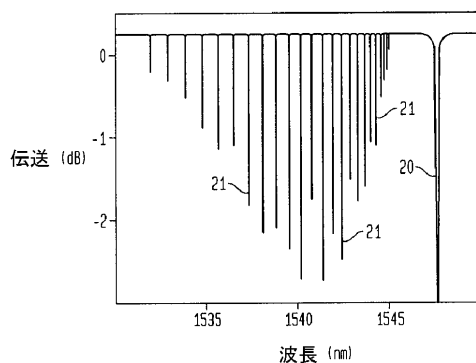
【図1】



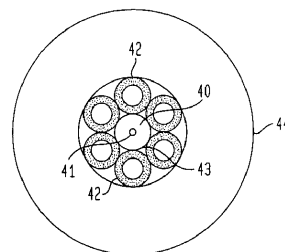
【図3】



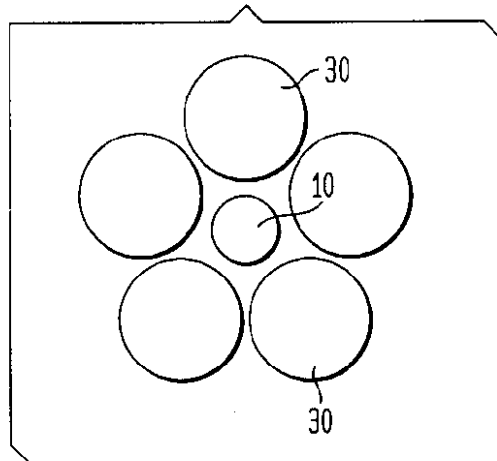
【図2】



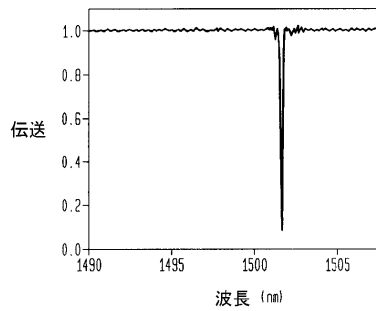
【図4】



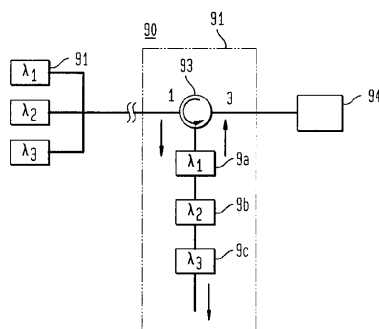
【図 5】



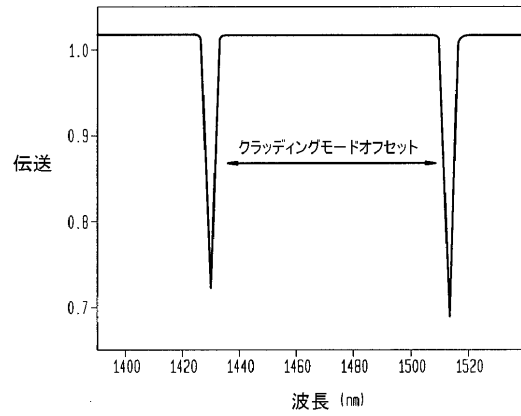
【図 6】



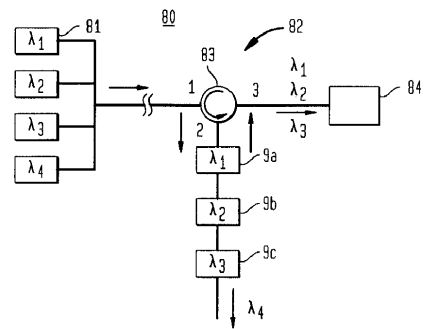
【図 9】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
- (74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
- (74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
- (72)発明者 ジョフリー エル. バージ
アメリカ合衆国 21037 メリーランド, エンイウォーター, ローリング ロード 3165
- (72)発明者 ベンジャミン ジョン エグルトン
アメリカ合衆国 07901 ニュージャージー, サミット, オーブレイ ストリート 17
- (72)発明者 トーマス アンドリュウ ストラッサー
アメリカ合衆国 07060 ニュージャージー, ワレン, ハーモニー ロード 6
- (72)発明者 ポール ステファン ウェストブルック
アメリカ合衆国 07928 ニュージャージー, チャットハム, リバー ロード 420 アパ
ートメント ケー11
- (72)発明者 ロバート スコット ウィンデラー
アメリカ合衆国 08801 ニュージャージー, アナンデル, ウイロー ブルック レーン
6

審査官 日夏 貴史

- (56)参考文献 特開平11-142672 (JP, A)
特開平10-95628 (JP, A)
B.J.Eggleton et.al., Optics Letters, 1999年11月 1日, Vol.24 No.21, p.1460-1462
R.P.Espindola et.al., Electronics Letters, 1999年 2月18日, Vol.35 No.4, p.327-
328
T.Erdogan, Journal of Lightwave Technology, August 1997, Vol.15 No.8, p.1277-1294
T.Erdogan, Journal of Optical Society of America A, August 1997, Vol.14 No.8, p.1760-1
773
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 6/00 376
G02B 6/10 - 6/16