

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4024978号

(P4024978)

(45) 発行日 平成19年12月19日(2007.12.19)

(24) 登録日 平成19年10月12日(2007.10.12)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>GO2B</b>	<b>6/02</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	6/10	C
<b>GO2B</b>	<b>5/18</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	5/18	

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2000-24572 (P2000-24572)	(73) 特許権者	596092698
(22) 出願日	平成12年2月2日(2000.2.2)		ルーセント テクノロジーズ インコーポ
(65) 公開番号	特開2000-227523 (P2000-227523A)		レーテッド
(43) 公開日	平成12年8月15日(2000.8.15)		アメリカ合衆国, 07974-0636
審査請求日	平成13年5月28日(2001.5.28)		ニュージャージー, マレイ ヒル, マウン
審査番号	不服2005-5874 (P2005-5874/J1)		テン アヴェニュー 600
審査請求日	平成17年4月5日(2005.4.5)	(74) 代理人	100064447
(31) 優先権主張番号	09/241460		弁理士 岡部 正夫
(32) 優先日	平成11年2月2日(1999.2.2)	(74) 代理人	100085176
(33) 優先権主張国	米国 (US)		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】 性能の改善を図るためにパッケージ化された熱的に調節可能な光ファイバ格子デバイス

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

パッケージ化された熱的に調節可能な光ファイバ格子デバイスであって、  
ある長さの光ファイバ、前記ある長さのファイバに沿って実質的に等間隔に設けられた複数の格子要素から成る格子、および前記格子と熱的に接触された電氣的に制御可能な加熱もしくは冷却要素を備えた熱的に調節可能な光ファイバ格子を含み

前記要素は前記格子に沿って前記ファイバ上に施された抵抗性コーティングから形成され、

前記光ファイバ格子が、5 cmより小さいが前記光ファイバ格子と接触しないような大きさの内径を持つ管内に配置され、

前記管が円筒形のチューブから構成され、前記円筒形のチューブが弾性のストッパにて密封されることを特徴とするパッケージ化された格子デバイス。

## 【請求項 2】

前記管の内径が1 cmあるいはこれ以下であることを特徴とする請求項1のパッケージ化された格子デバイス。

## 【請求項 3】

前記弾性のストッパが、さらに、前記ファイバを前記円筒形の管内に出し入れできるように毛細管を備えることを特徴とする請求項1のパッケージ化された格子デバイス。

## 【請求項 4】

前記抵抗性のコーティングが、前記光ファイバ格子の長さに沿って実質的に一様な抵抗

を有することを特徴とする請求項 1 のパッケージ化された格子デバイス。

【請求項 5】

前記抵抗性のコーティングの抵抗に前記光ファイバ格子の長さに沿って、前記格子の帯域幅を調節する目的で、局所的な変化が与えられることを特徴とする請求項 1 のパッケージ化された格子デバイス。

【請求項 6】

パッケージ化された熱的に調節可能な光ファイバ格子デバイスであって、ある長さの光ファイバ、前記ある長さのファイバに沿って実質的に等間隔に設けられた複数の格子要素から成る格子、および前記格子と熱的に接触された電氣的に制御可能な加熱もしくは冷却要素を備えた熱的に調節可能な光ファイバ格子を含み

10

前記要素は前記格子に沿って前記ファイバ上に施された抵抗性コーティングから形成され、

前記光ファイバ格子が、5 cm より小さいが前記光ファイバ格子と接触しないような大きさの内径を持つ管内に配置され、

前記管が円筒形のチューブから構成され、前記円筒形のチューブは、前記ファイバを前記円筒形のチューブに通すための開口を提供する毛細管を含むストッパにて密封されることを特徴とするパッケージ化された格子デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【関連する特許出願】

20

本発明は、1998年10月30日付けで、B.Eggletonらによって出願された、“Optical Grating Devices With Adjustable Chirp (調節可能なチャープを備えた光格子デバイス)”なる名称の合衆国特許出願第S.N.09/183,048号の一部係属出願であるために、この特許出願についても参照されたい。

【0002】

【発明の属する技術分野】

本発明は、熱的に調節可能な光ファイバ格子デバイス (optical fiber grating devices) に関し、より詳細には、性能の改善を図るためにパッケージ化された熱的に調節可能な光ファイバ格子デバイスに関する。

【0003】

30

【従来の技術】

光ファイバは、現代の電気通信システムにおける鍵となる要素である。基本的には、光ファイバは、多量の情報を含む光信号を、長距離に渡って非常に低い損失にて伝送する能力を有する細いガラスのより糸から成る。最も単純な形態においては、光ファイバは、第一の屈折率を持つコアとこれを包囲する第二の (より低い) 屈折率を持つクラッドから形成される小さな直径の導波路から構成される。典型的な光ファイバは、高純度なシリカから形成され、これに、微量濃度のドーパントが屈折率を制御する目的で加えられる。

【0004】

光格子は、光通信システムなどの光システムにおいて光の特定の波長を選択的に制御するための重要な要素として用いられる。光格子には、ブラッグ格子 (Bragg grating) と長周期格子がある。格子は、典型的には、材料の本体と複数の実質的に等間隔に配置された光格子要素、例えば、屈折率の摂動 (パターション)、スリット、溝などから構成される。

40

【0005】

典型的なブラッグ格子は、ある長さの光導波路、例えば、光ファイバとこの導波路の長さに沿って実質的に等間隔に配置された複数の摂動から構成される。これら摂動は、一連の摂動間の間隔に、有効屈折率を乗じた数値の2倍の波長の光、すなわち、 $\lambda = 2 n_{eff} \Lambda$

を選択的に反射する。ここで、 $\lambda$  は、真空中での波長を表し、 $n_{eff}$  は、伝搬モードの有効屈折率を表す。このタイプのブラッグ格子は、フィルタリング、信号チャネルの追加および脱落、半導体レーザの安定化、ファイバ増幅器励振エネルギーの反射、導波路分散

50

の補償などを含む様々な用途に有効に用いられている。

【0006】

導波路のブラッグ格子は、通常は、導波路のコアを、紫外光に敏感な一つあるいは複数のドーパント、例えば、ゲルマニウムやリンにてドーブし、次に、この導波路の所定の空間周期間隔を高い強度の紫外光源、例えば、エキシマレーザに露出することによって製造される。紫外光は感光性のドーパントと相互作用し、長周期の屈折率の局所的な摂動を形成する。従来格子を達成するために必要とされる摂動の適切な周期間隔は、物理マスク、位相マスク、ペアの干渉ビームなどを用いて得られる。

【0007】

従来格子の分散および反射特性は静的であり、各格子は、 $m = 2n_{eff}$  を中心とする狭い帯域幅の光のみを選択的に反射する（ここで、 $m = 1, 2, 3, \dots$  は、格子のオーダーを表す）。ただし、多くの用途においては、中心波長、帯域幅および/あるいは分散を調節できることが要望される。

【0008】

長周期ファイバ格子デバイスは、波長に依存する損失を示し、スペクトルの整形に用いることができる。長周期格子は、2つの同時に伝搬するモードを非常に低い後方反射にて結合する。これは、典型的には、ある長さの光導波路から構成され、この導波路に沿って複数の屈折率の摂動が周期距離  $\Lambda$  を隔てて配置される。周期距離  $\Lambda$  は、透過される光の波長  $\lambda$  より大きく取られる。従来格子とは対照的に、長周期格子では、周期距離  $\Lambda$  は、典型的には、透過される波長の少なくとも10倍、つまり、 $\Lambda > 10\lambda$  とされる。典型的には、 $\Lambda$  は、15 ~ 1500マイクロメートルのレンジとされ、摂動の幅は、 $1/5 \sim 4/5 \lambda$  のレンジとされる。幾つかの用途、例えば、チャープド格子においては、間隔  $\Lambda$  は、格子の長さに沿って変化を付けられる。長周期格子は、特に、光通信システムの様々な異なる波長において増幅器の利得を等化するのに有効である。これに関しては、例えば、1995年7月4日付けで、A.M.Vengsarkarに交付された合衆国特許第5,430,817号を参照されたい。

【0009】

熱的に調節可能な光ファイバ格子は、光通信システムに対する有望な要素である。電氣的に制御される加熱要素がファイバと熱的に接触され、これによって、ファイバの温度が変化（調節）され、屈折率と一連の摂動間隔の両方が制御される。格子の長さに沿って一様に加熱することで、中心波長を調節することも、あるいは、格子に沿って加熱を局所的に変化させることで、格子の帯域幅および/あるいは分散を調節することもできる。帯域幅を熱的に調節することが可能な光格子デバイスについては、例えば、上述の合衆国特許出願第S.N.09/183,048号において説明されているために、詳しくは、これを参照されたい。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

幾つかの重要な光通信用途においては、理想に近い格子性能が要求される。例えば、熱的に調節可能な格子が分散を補償するために用られる場合、どうしても線形的な応答が要求される。ただし、従来熱的に調節可能な格子では、加熱が十分に安定かつ一様でなく、厳密さを要求する用途に対しては、性能が不十分である。従って、熱的に調節可能な格子の性能を改善する必要性が存在する。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明は、本出願人の熱的に調節可能なファイバ格子デバイスの性能は、これを熱を隔離する管内に配置（パッケージ化）することで改善することができるという発見に依拠する。この管の大きさ（直径）は、ファイバが格子と接触するのを回避するのに十分に大きい。ただし、格子を空気の流れから実質的に隔離するのに十分に小さくされる。一つの好ましい実施例においては、管は、両端に弾性（ゴム製）のシールを備えた円筒状のチューブ（管）とされる。さらに、この弾性のシールに毛細管を通すことで、ファイバを管に通

10

20

30

40

50

すための開口が確保される。

【0012】

本発明の本質、長所および様々な追加の特徴が、以下に付録の図面を用いて説明する本発明の幾つかの実施例を考察することでより一層明確になるものである。

これら図面は本発明の概念を図解することを目的とし、グラフを除いて、要素の寸法は正確な縮尺を表すものではないことに注意する。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下の説明は、2つの部分から構成され、第一の部分は、性能の改善を図るためにパッケージ化された熱的に調節可能な格子デバイスについて説明し、第二の部分は、性能の改善の理論的な根拠を示す。

【0014】

1. パッケージ化されたデバイス

図1は、本発明のパッケージ構成9を示す。図示するように、熱的に調節可能な格子11を備えたファイバ10が、管12、例えば、円筒の管、の内部に熱が隔絶されるように配置される。管12の直径は、管12とファイバ10との間に適当なすき間が生じ、管12が格子と接触するのを回避するのに十分に大きい、ただし、格子11近傍の空気の大いなが流れが発生するのを回避するのに十分に小さくされる。管12の内径は、典型的には、5cmとされ、好ましくは、1cmあるいはそれ以下とされる。好ましくは、管12は、両端を弾性(ゴム製)のストッパ13、14によって密封される。より良好な結果を得るために、管12に熱反射性のコーティングを施すことも考えられる。

【0015】

好ましくは、それぞれ、ストッパ13、14を貫通して毛細管15、16を挿入することで、ファイバ10を管12内に通すための開口が得られる。毛細管15、16には、格子の加熱要素(図示せず)と電源との接続のためにワイヤ17、18も通される。

【0016】

図2は、図1の実施例に用いるのに適する一例としての熱的に調節可能な光ファイバ格子19を示す。光ファイバ格子19は、ファイバ内に設けられた一連の屈折率の摂動(パターン)20から成る。当該屈折率摂動(格子)20は、電気的に制御可能な熱トランジューサ23(発熱体もしくは熱を能動的に除去する手段)と熱的に接触するように配置される。熱トランジューサ23は、典型的には、ファイバ上に設けられた抵抗性フィルムなどの発熱体から構成する。熱トランジューサ23の抵抗は、格子20が一樣に加熱されるように光ファイバ格子19に沿って一樣とすることも、別の方法として、光ファイバ格子19に沿って局所的に変化させることで格子20の様々な領域の加熱を変化させ、これによって、格子帯域幅の調節を行なうこともできる。ペアの電極24、25が電源26からのワイヤ17、18との接触のために用いられる。

以下では、本発明の一層の理解を期すために、本発明の具体例について説明する。

【0017】

例

従来のアブダイズドブラッグ格子(apodized Bragg grating)を備えたファイバに、格子を覆うように6000 Au/50 Tiの様な金属コーティングが施された。このデバイスが、図1に示すように、パッケージ化された。このパッケージは薄いポリエチレン製の管(直径1cm)から形成され、その両端にはシリコンゴムのシールが設けられた。このポリエチレン製の管は、格子の両端より、それぞれ、2cmだけ長くされた。次に、ゴムのシールを貫通するように設けられた穴を通してガラス製の毛細管が挿入され、その後、ファイバがポリエチレン製の管に挿入された。ゴム製シールの近傍にファイバへの電氣的接続が作られた。金属コーティングに電流を流すとファイバが加熱され、この加熱により、主として熱光学的効果のために、ブラッグ共振のピークがシフトする。

【0018】

このパッケージは、次のような様々な重要な機能を持つ。第一に、これは、ファイバから

10

20

30

40

50

周囲に熱が流れる速度を低減し、このために、デバイスの効率が向上する。第二に、ファイバから周囲への、制御不能な、時間に依存する熱の流れに起因する反射ピークの時間的ジッタが低減される。第三に、これは、ファイバから外に向かって流れる空間的に一様でない熱の流れに起因する温度の変動を除去する。これらのために、本発明の格子は、時間的に見たチューニングの安定性と再現性、スペクトル特性の保存性、および電力効率（省エネ）の点で、設計は類似するが断熱パッケージは備えない従来から報告されている格子と比較して著しく優れる。

【 0 0 1 9 】

図 3 は、上述のパッケージ化された熱的に調節可能な格子と従来のパッケージ化なしの類似の熱的に調節可能な格子の反射スペクトルを比較して示す（両者とも 2 . 5 V の印加電圧にて動作）。図からわかるように、パッケージを備えた格子は、パッケージを備えない格子と比べて、より一層理想に近い特性を示し、このことは波長の長い方の端で特に顕著となる。

【 0 0 2 0 】

## 2 . 理論的な考察

加熱された光ファイバデバイスからの熱の輸送（伝達）は、放射、伝導、対流の 3 つの形式によって起こる。対流は、ファイバデバイスと接触する媒体、典型的には、空気、の移動によって起こる。対流による熱の輸送を最小に押さえることが以下の幾つかの理由から望まれる。第一に、対流は、熱の輸送を著しく増加させる。第二に、対流は、デバイス性能の時間的な変動を著しく増加させる。例えば、ファイバデバイスの周囲を流れる空気の速度が変化すると、ファイバからの熱の除去（輸送）の速度も変化し、これは、デバイスの温度プロファイルへ変化させ、デバイスの安定性の劣化をもたらす。対流は、さらに、その流れが乱れている場合は、不安定さを増加させる。

【 0 0 2 1 】

ファイバからの熱の除去（輸送）が外部フローにいかに関係するか理解するために、ファイバ軸を横切る方向に、ファイバを横断して空気が流れる単純なケースについて考える。対流による熱輸送（伝熱）係数は、以下の工学（エンジニアリング）関係に従うことが知られている：

【 数 1 】

$$Nu = \frac{hD}{k} = C Re^n Pr^{1/3}$$

ここで、 $Re$  は、レイノズル数（Reynolds number）を表し、これは、以下によって与えられる：

【 数 2 】

$$Re = \frac{\rho v_{\infty} D}{\mu}$$

$Pr$  は、プラントル数（Prandtl number）を表し、これは、以下によって与えられる：

【 数 3 】

$$Pr = \frac{c_p \mu}{k}$$

ここで、密度（ $\rho$ ）、粘度（ $\mu$ ）、熱伝導率（ $k$ ）および熱容量（ $c_p$ ）は、周囲の空気  
の特性を表し、 $v$  は、ファイバから遠ざかる方向への空気の色度を表し、 $D$  は、ファイ  
バの直径を表す。

【0022】

定数  $C$  と、 $n$  については、Frank Kreith と William Z. Black による著書 “Basic Heat Tran  
sfer” (Harper & Row Publishers, New York, 1980) のページ 251 に、実験的な研究か  
ら得られた結果が報告されている。これらを、以下に、様々なレンジのレイノズル数に対  
して示す：

【表1】

Re	C	n
0.4-4	0.989	0.330
4-40	0.911	0.385
40-4000	0.683	0.466
4,000-40,000	0.193	0.618
40,000-400,000	0.0266	0.805

20 °C 近傍、1 気圧において、空気が、ファイバ軸に対して横方向に一定な速度で移動  
(対流) し、デバイスの直径は 200 mm であるものと想定すると、様々な空気の速度に  
対するヌッセルト数 (Nusselt number) は、以下ようになる：

【外1】

$$v = 10 \text{ cm/s: } Re = 1.3, Pr = 0.71, Nu = 0.96$$

$$v = 100 \text{ cm/s: } Re = 13, Pr = 0.71, Nu = 2.2$$

$$v = 100 \text{ cm/s: } Re = 130, Pr = 0.71, Nu = 17$$

プラントル数については、0.71 として報告されている。これら全ての数値は、上述の  
Kreith & Black の著書のページ 520 による。熱損失の速度は、ヌッセルト数に依存する  
が、これはデバイスを横切る空気の流速に強い影響を受け、ファイバから遠ざかる方向の  
空気の速度の  $1/3 \sim 1/2$  乗に比例することがわかる。ファイバの表面 ( $q$ ) における  
熱生成の速度が、ファイバの長さ ( $L$ ) を通じて、一様、かつ、一定であり、 $q/L$  によ  
って表されるものと想定し、さらに、簡単のために、放射による熱損失を無視するものと  
すると、ファイバの定常温度は、以下のように、熱の生成と対流による熱の損失の等式を  
解く (等化させる) ことで得られる：

【数4】

$$q/L = \pi D h (T_f - T_\infty)$$

10

20

30

40

50

ここで、 $T_f$ は、ファイバの温度を表し、 $T_\infty$ は、ファイバから離れた所の周囲の温度を表す。熱の生成が一定な場合は、周囲温度を超えての温度の上昇は、対流による熱伝達（伝熱）係数と、以下に示すような関係にて、反比例して増減する：

【数5】

$$T_f - T_\infty = \frac{q/L}{\pi Dh} = \frac{q/L}{\pi k Nu}$$

従って、温度の上昇は、ファイバ上を流れる空気の数値に敏感であり、概ね空気の数値のマイナス1/3～1/2乗に反比例して増減することがわかる。

【0023】

流れが外部的に誘発されない場合でも、ファイバの周囲の空気の加熱によって対流が引き起される。このタイプの対流は、自然対流あるいは自由対流と呼ばれ、これは、ファイバの周囲のより暖かい空気の密度が、ファイバからより離れたより冷たい空気の密度より小さくなり、結果として、ファイバに近いより暖かい空気が、浮力を受け、上方に押し上げられるために発生する。自由対流を特性化する重要なパラメータは、グラスホフ数（Grashof number、 $Gr$ ）であり、これは、浮力のせん断力に対する比を表し、以下によって与えられる：

【数6】

$$Gr = \frac{\beta g \rho^2 (T_f - T_\infty) L^2}{\mu^2}$$

（上述のKrieth & Blackの著書のページ251～261参照）。ここで、 $\beta$ は、周囲の体積の膨張係数を表し、これは、以下によって表される：

【数7】

$$\beta = \frac{1}{v} \left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_p$$

ここで、 $v$ は、流体の体積を表し、この導関数は一定な圧力（定圧状態）で取られた値である。 $L$ は、幾何（寸法）によって決定される適当な長さの尺度を表し、 $g$ は、重力加速度を表す。ヌッセルト数（ $Nu$ ）と、グラスホフ数（ $Gr$ ）およびプラントル数（ $Pr$ ）との間の相関値もしばしば求められる。加えて、ヌッセルト数（ $Nu$ ）とプラントル数（ $Pr$ ）との積もしばしば用いられ、この積はレイリー数（Rayleigh number、 $Ra$ ）と呼ばれ、これは、以下によって与えられる：

【数8】

$$Ra = Nu Pr$$

【0024】

開いた環境においては、ファイバと周囲との間に極微小な温度差が存在した場合でも、自由対流が引き起される。この自由対流は、ファイバからの熱の損失を増加させ、このため

10

20

30

40

50

、所望の温度を達成するために要求されるエネルギーが増加し、望ましくない。加えて、この自由対流は付近の物体の位置など環境条件に極めて敏感である。

【 0 0 2 5 】

強制および自由対流は、両方とも光ファイバデバイスを閉じた空間に適切にパッケージ化することによって除去することができる。ファイバデバイスを封じ込めることで、ファイバは強制対流から保護される。さらに、グラスホフ数 (Gr) の値が低い領域においては、浮力は容器内の流れと関連するせん断力に打ち勝つには不十分となり、このため自然 (自由) 対流も除去される。(閉じた空間内での自由対流に関する議論については、上述のKrieth & Blackの著書のページ261~262を参照)。

【 0 0 2 6 】

一例として、Krieth & Blackは、距離 b だけ離れた 2 つの垂直なプレート (板) の間の空間に対する相関を温度差 DT に対して与えている。M. Jacob による研究は、ヌッセルト数 (Nu) の相関は、グラスホフ数 (Gr) が 2000 より大きな領域では 1 となることを示す (詳しくは、M. Jacob, "Free Heat Convection Through Enclosed Plane Gas Layers", *Tans. ASME*, vol. 68, pp. 189-94, April 1946 を参照)。Emery および Chu による研究は、ヌッセルト数 (Nu) は、レイリー数 (Ra) が 1000 より小さな領域において 1 となることを示す (詳しくは、A. Emery and N.C. Chu, "Heat Transfer Across Vertical Layers", *J. Heat Transfer*, vol. 87, no. 1, pp. 110-116, 1965 を参照)。(適当な長さの尺度が平面間の距離として用いられる) このような平坦な幾何においてヌッセルト数 (Nu) が 1 であることは、対流は存在せず、熱の輸送は、純粋に伝導によるものであることを意味する。グラスホフ数 (Gr) の値がより高い領域においては、両研究とも、ヌッセルト数 (Nu) は 1 より大きく、対流による熱の輸送が存在することを示す。

【 0 0 2 7 】

これら研究が示す重要な点は、グラスホフ数 (Gr) もしくはレイリー数 (Ra) の値が小さな領域においては、閉じた空間内では自由対流は存在しないということである。次に、ファイバデバイスを同軸の円筒 (管) 内にパッケージ化することについて考える。b は容器の半径からファイバの半径を引いた長さ (間隔) を表すものとする。自由対流は長さの尺度 b を通じてある速度勾配を持つ流れを誘発し、こうして、b を適当な長さの尺度として用いてグラスホフ数 (Gr) を以下のように求めることが可能となる：

【 数 9 】

$$Gr = \frac{\beta g p^2 (T_f - T_\infty) b^2}{\mu^2}$$

閉じた空間における自由対流の上述の研究から、グラスホフ数 (Gr) の値が  $1 \sim 2 \times 10^3$  のオーダより小さな領域では、自由対流は存在しないことを期待することができる。こうして、自由空間を除去するために要求される容器の最小の直径を、上述のグラスホフ数 (Gr) の等式を解くことで推定することができる。室温における乾燥した空気 (物性) は、以下の通りである：

【 外 2 】

$$\beta = 3.41 \times 10^{-3}/K$$

$$\rho = 1.16 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 18.3 \times 10^{-6} \text{ N s/m}^2$$

【 0 0 2 8 】

10

デバイスを典型的な用途にける周囲（温度）より、約 1 0 0 K だけ高くなるように加熱する。この条件で、グラスホフ数（Gr）を、 $1 \sim 2 \times 10^3$  にするためには、b の値として約 3 ~ 6 mm が必要となり、この事実からセンチメートルのオーダの容器の直径が必要となることからわかる。これは商用デバイスとして実現可能な直径である。つまり、ファイバデバイスをこのサイズあるいはこれより幾分小さなサイズの円筒内にパッケージ化することは容易なことである。

【 0 0 2 9 】

より厳しい条件下での対流に対する対策のためには、ファイバとこれを取り巻く材料との間の空間に熱伝導率が小さな発泡材、多孔質材（エーロゲル）その他を詰めることが考えられる。このような材料が有する小さなサイズの空気の間隙は対流をより効果的に低減する。

20

【 0 0 3 0 】

以上、本発明の幾つかの実施例について説明したが、これらは、本発明によって可能な様々な実現のほんの一部を、単に一例として示したものであり、当業者においては、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、他の様々な多数の構成が可能であると考えられる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 熱的に調節可能な光ファイバ格子デバイスに対する改良されたパッケージング構成の略断面図である。

【 図 2 】 図 1 の実施例に用いるのに適する一例としての熱的に調節可能な格子の略断面図である。

30

【 図 3 】 パッケージ化されたブラッグ格子と、パッケージ化されていないその反射スペクトルを比較するグラフを示す図である。

【 符号の説明 】

9 パッケージング構成

1 0 ファイバ

1 1 格子

1 2 管

1 3、1 4 弾性（ゴム製）のストッパ

1 5、1 6 毛細管

1 7、1 8 ワイヤ

40

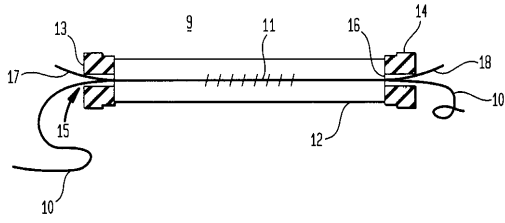
1 9 光ファイバ格子

2 0 屈折率の摂動（パタベーション）

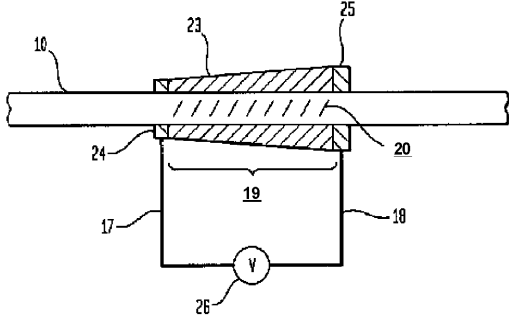
2 3 熱トランジューサ

2 4、2 5 ペアの電極

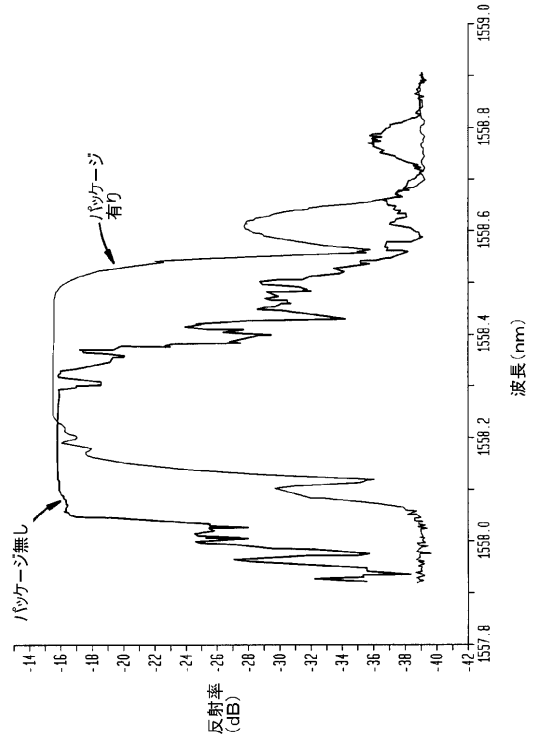
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



## 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 カール アール アマンドソン  
アメリカ合衆国 07960 ニュージャーシィ, モリスタウン, ヒル ストリート 34 アパ  
ートメント 203
- (72)発明者 ベンジャミン ジョン エッグルトン  
アメリカ合衆国 07901 ニュージャーシィ, サミット, オウブレイ ストリート 17
- (72)発明者 レベッカ ジェーン ジャックマン  
アメリカ合衆国 02114 マサチューセッツ, ボストン, グローヴ ストリート 38, アパ  
ートメント 2
- (72)発明者 ジョン エー. ロジャース  
アメリカ合衆国 07974 ニュージャーシィ, ニュー プロヴィデンス, スプリングフィール  
ド アヴェニュー 1200 アパートメント 1シー
- (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 ニュージャーシィ, ワレン, ハーモニー ロード 6

## 合議体

審判長 吉野 公夫

審判官 里村 利光

審判官 稲積 義登

- (56)参考文献 特開平07-181334(JP,A)  
特開平08-286040(JP,A)  
米国特許第4636031(US,A)  
特表2001-525084(JP,A)  
IEEE PHOTONICS LETTERS, VOL.10.NO.3, MARCH 19  
98, 361-363  
APPLIED OPTICS VOL.34, NO.30, P.6859-6861

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/00

G02B 6/10-6/16

G02B 26/00-26/08

G02F 1/00-1/313