

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2006-509264
(P2006-509264A)

(43) 公表日 平成18年3月16日(2006.3.16)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 6/14 (2006.01)	GO2B 6/14	2H099
GO2B 27/28 (2006.01)	GO2B 27/28 Z	2H147

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2005-502227 (P2005-502227)
 (86) (22) 出願日 平成15年10月30日 (2003.10.30)
 (85) 翻訳文提出日 平成17年4月27日 (2005.4.27)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/034577
 (87) 国際公開番号 W02004/042458
 (87) 国際公開日 平成16年5月21日 (2004.5.21)
 (31) 優先権主張番号 60/422, 414
 (32) 優先日 平成14年10月30日 (2002.10.30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 60/478, 751
 (32) 優先日 平成15年6月16日 (2003.6.16)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

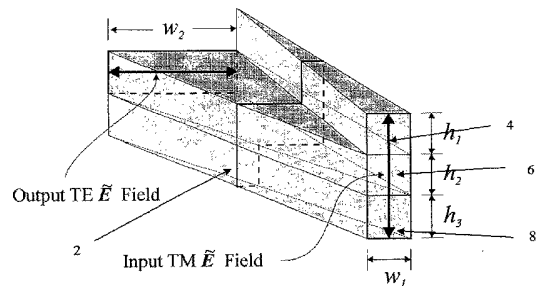
(71) 出願人 591013573
 マサチューセッツ・インスティテュート・オブ・テクノロジー
 MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州02139, ケンブリッジ, マサチューセッツ・アベニュー 77
 (71) 出願人 503437727
 ピレリ・アンド・チ・ソチエタ・ペル・アツィオーニ
 イタリア国 20123 ミラノ, ヴィア・ガエターノ・ネグリ 10
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 外形カイラリティーに基づく集積光偏光変換器

(57) 【要約】

集積光偏光変換器が、徐々にねじれた導波路を近似するために使用される複数のコア層を含み、最初の偏光状態からそれとは異なる最終の偏光状態に伝播モードを断熱的に変換する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

徐々にねじれた導波路を近似するために使用される複数のコア層を含み、最初の偏光状態から異なる最終の偏光状態に伝播モードをその中で断熱的に変換する、集積光偏光変換器。

【請求項 2】

少なくとも 1 つの前記コア層は、前記偏光変換器の長さに沿って、線形にテーパを付けられた、請求項 1 に記載の偏光変換器。

【請求項 3】

少なくとも 1 つの前記コア層が、前記偏光変換器の長さに沿って、非線形にテーパを付けられた、請求項 1 に記載の偏光変換器。 10

【請求項 4】

前記複数のコア層は、2 つのコア層を含む、請求項 1 に記載の偏光変換器。

【請求項 5】

前記複数のコア層は、3 つのコア層を含む、請求項 1 に記載の偏光変換器。

【請求項 6】

いくつかの前記コア層は、前記偏光変換器の長さに沿って、一定に維持された、請求項 1 に記載の偏光変換器。

【請求項 7】

前記コア層が、前記偏光変換器の長さに沿って、水平磁界に分離された、請求項 1 に記載の偏光変換器。 20

【請求項 8】

最初の偏光状態を受け取るステップと、

徐々にねじれた導波路を近似し、前記最初の偏光状態からそれとは異なる最終の偏光状態に伝播モードをその中で断熱的に変換するように複数のコア層を形成するステップと、を含む集積光偏光変換器を使用する方法。

【請求項 9】

少なくとも 1 つの前記コア層は、前記偏光変換器の長さに沿って、線形にテーパを付けられた、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

少なくとも 1 つの前記コア層は、前記偏光変換器の長さに沿って、非線形にテーパを付けられた、請求項 8 に記載の方法。 30

【請求項 11】

前記複数のコア層は、2 つのコア層を含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 12】

前記複数のコア層は、3 つのコア層を含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 13】

いくつかの前記コア層は、前記偏光変換器の長さに沿って、一定に維持された、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 14】

前記コア層は、前記偏光変換器の長さに沿って、水平磁界に分離された、請求項 8 に記載の方法。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、集積光偏光変換器の分野に関し、詳細には、モード展開 (mode evolution) または外形カイラリティ (structural chirality) に基づく集積光偏光変換器に関する。

【背景技術】

【0002】

本出願は、2002年10月30日出願の仮出願第60/422,414号、および2003年6月16日出願の仮出願第60/478,751号に基づき優先権を主張するものであり、ともに参照によって本明細書にその全体を組み込むものとする。

【0003】

光ファイバ通信の普及が進むにつれて、光信号をより複雑に処理したいという要求が増大し続けている。光集積デバイスによって、多くの光の機能をチップ上に集積することが可能になり、光集積回路手法が、おそらく、光信号をより複雑に処理したいという要求を満たすことになる。しかし、機能性を向上させ、機能当りのコストを低減するためには、チップ上の構成要素の密度を増加しなければならない。

【0004】

所与の波長で、誘電体導波路中にモードの閉じ込めが、コアとクラッドの屈折率のコントラストで決まり、コントラストが大きいほど、ますます閉じ込めが強くなる。閉じ込めがより強くなった結果、実質的な放射損失を生じることなく、導波路を互いにより接近させてバックグシ、より鋭い屈曲部のまわりで光を誘導する能力が得られる。これらは、デバイス密度に影響を与える2つのもっともクリティカルなパラメータであるので、屈折率のコントラストが大きくなればなるほど、デバイス密度がますます高くなると一般に言うことができる。しかし、屈折率のコントラストが大きくなるにつれて、導波路中を伝播する水平電界モード(TE)および水平磁界モード(TM)が、様々な特性を示し始める。正方形の導波路の直線部分では、TEモードおよびTMモードは、同じ速度で伝播するが、屈曲部では、TEモードおよびTMモードは、実質的に互いに異なる速度で伝播する。1対の正方形の、高屈折率コントラスト(HIC)誘導路を結合したとき、TEモードおよびTMモードは、異なる速度で結合することになる。大部分の光集積構成要素は、伝播速度および誘導路対誘導路結合の影響をともに受け易く、これら作用の結果、性能が偏光に依存することになり、電気通信用途において使用される標準シングルモード・ファイバから生じるランダムな偏光状態に対応できない結果になる。

【0005】

屈曲部のまわりの伝播に自然に起こるコントラストを補償し、かつ/または誘導路対誘導路結合を等化するために、長方形の導波路の形状を使用し、誘導路の縦横比を変更することが、これらの作用を補償するための一方法である。しかし、ある特定のデバイスについて、これらの作用の一方または他方をこの方法で補償できるが、屈折率のコントラストが大きくなるにつれて、チップ上のデバイスすべてに適用し、ともに同時に補償することが不可能でないとしても、補償することは困難になる。

【0006】

HICの光集積部品の偏光感受性を克服するための他の手法は、偏光ビームスプリッタ(PBS)を用いて、シングルモード(SM)ファイバから生じるランダムな入力偏光を分割し、偏光保存(PM)ファイバに出力部を結合し、これらのPMファイバの1つを90°だけねじり、2つのファイバを結合し、そのようにして光集積チップ上の経路を分離することである。これらの経路のそれぞれ上に、同一の構造を使用して2つの成分を独立に処理する。出力部において、別の1対のPMファイバに結合することによってこの成分を再結合し、以前はねじられていなかった経路のPMファイバをねじり、SMファイバ出力部を有する別のPBSに両方のファイバを結合する。その手法は、通常「偏光ダイバーシティ」スキームと呼ばれ、実現可能であるが、大量の光部品によって実現されたとき、扱いにも困る。PMファイバの位置合わせは、困難であり高価になる。信号の完全性を保存するために、経路長は、少なくともビット長の1/10内と一致しなければならない。(すなわち、屈折率を1.5と仮定した場合、10Gb/sの信号に対して、ほぼ2mm、40Gb/sの信号に対して、ほぼ0.5mmである。)

PBSによる分割機能とねじれたPMファイバによる回転機能を光集積チップ上に集積することが、より良い手法である。そうすると、PMファイバを位置合わせする必要がなくなり、経路長をリソグラフィによって容易に一致させることができるはずである。

【0007】

10

20

30

40

50

いくつかの光集積偏光スプリッタおよび回転器（または変換器）が、提案されている。しかし、今日まで提案された大部分のデバイスでは、一对の導波路モードを結合することに依拠している。結合モードに基づくデバイスは、一般に、構造中を伝播するスーパーモードの発散のコントラストから生じる波長感度を示す。さらに、その手法は、製造上の誤差の影響を非常に受け易い。導波路形状または間隔のわずかな変動によってさえ、デバイス性能に著しい影響を与え得る。

【0008】

モード展開の原理を使用することが、偏光スプリッタまたは回転器を形成するためのより良い方法である。導波路形状を徐々に（または断熱的に）変化させることによって、誘導路中のモードを調節し、偏光状態を分離または回転することができる。その手法では、ただモードが互いにパワーを交換しないことが必要であり、それは、適切な導波路の設計と構造の緩やかな漸進的变化によって確実にすることができる。モードを結合させないという要求は、比較的緩やかなので、モード展開に基づくデバイスは、波長に感度がなく製造上の許容範囲が広がる傾向がある。モード展開に基づく偏光スプリッタを形成できることが言われ実証されてきたが、しかしこの手法には、複数の導波路材料が必要になるという不利益がある。今日まで、モード展開の原理を利用する偏光変換器は、提案されていない。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

一般に、本発明の目的は、モード展開または外形カイラリティーの原理に基づく光集積デバイスによって、TM入力偏光をTE出射偏光に変換する、またはその逆も同様に交換することである。

20

【0010】

本発明の別の目的は、波長感応性をデバイスからなくし、製造上の誤差を広く許容できるようにし、構築するためには、単一の材料からなるシステムだけを必要とさせることである。

【0011】

本発明のこれらおよび他の目的は、以下の詳しい記述と添付図面から当業者に明らかになる。

30

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一態様によれば、集積光偏光変換器が提供される。集積光偏光変換器は、徐々にねじれた導波路を近似するために使用される複数のコア層を含み、最初の偏光状態からそれとは異なる最終の偏光状態に断熱的に伝播モードを変換する。

【0013】

本発明の別の態様によれば、集積光偏光変換器を形成する方法が提供される。この方法は、最初の偏光状態を受け取るステップを含む。この方法は、徐々にねじれた導波路を近似し、最初の偏光状態からそれとは異なる最終の偏光状態に断熱的に伝播モードを変換するための複数のコア層を形成するステップを含む。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

一般の四角形誘電体導波路のモード構造は、最低限2つの誘導電磁モード、TE（または疑似TE）モードおよびTM（または疑似TM）モードと、誘導されない（または放射）電磁モードの無限和とから構成される。四角形の導波路を90°回転した場合、そのモード構造は、同様に回転し、TEモードがTMモードになり、逆も同様である。したがって、四角形の導波路とその回転した相手方の間で滑らかに遷移することによって、モード展開による偏光変換が可能になるに違いない。しかし、最初の構造にどんな摂動があっても、モード間の結合を誘発することになる。モード展開手法が働くためには、モード間のパワーの交換を阻止しなければならない。

50

【 0 0 1 5 】

四角形の導波路とその回転した相手方の中で遷移させる一方法は、最初の構造をねじることである。図 1 に、入力部 1 0 2 と出力部 1 0 4 とを有した、断熱的にねじられた誘電体導波路 1 0 0 の概略図を示す。導波路 1 0 0 をねじることは、誘導モード間、および誘導モードと放射モードの間の結合を誘発する、四角形誘導のモード構造への摂動として働く。誘導モードと放射モードの間の結合には、強い摂動が必要なので、放射モードへの結合は、緩やかに漸進的に変化する構造では、一般に無視することができる。しかし、誘導モード間の結合には、重要な影響が残る。

【 0 0 1 6 】

図 1 の導波路 1 0 0 が正方形である場合、誘導モードは縮退して、したがって同じ速度で伝播するはずである。ねじられることによって誘発された場の結合が、構造の長さに沿ってコヒーレントに加わり、モード間のパワー交換が著しくなるはずである。これは、ねじられた導波路 1 0 0 が、モード結合ではなくモード展開の原理に基づき働くように企図されているので、不要の結果のはずである。結合を抑制するために、誘導モードが互いに異なる速度で伝播するように、縦横比が大きい四角形の導波路を使用する。この場合、構造の長さに沿ってあるモードから他のモードに結合するパワーは、構造が十分に長くてモードの位相分離が可能であるかぎり、インコヒーレントに加わることになる。屈折率のコントラスト、縦横比および遷移する長さが増加するにつれて、インコヒーレンスの程度も増加し、構造の長さに沿って交換されるパワーの蓄積を、任意に低下することができる。遷移する長さがあまりにも短い、または誘導の縦横比があまりにも小さくて、位相分離を起すことが可能にならないときだけ、性能は、理想状態から逸脱する。

【 0 0 1 7 】

図 1 の構造 1 0 0 は、導波路が正確にねじられた理想的な構造である。しかし、デバイスの実際の実装では、その幾何形状は、すべて微細加工技術によって形成されるべきで、一般に、リソグラフィで画定された特徴を有して階層化プロセスによって、構造を形成することが必要である。したがって、このねじられた導波路を有限の数の層を用いて近似することが望ましい。本明細書では、垂直方向に屈折率の変化がない導波路断面を貫通する水平の薄片として、層を定義する。

【 0 0 1 8 】

光導波路は、通常様々な屈折率の誘電性材料から形成される。一般に、より高い屈折率の材料は、コア材料と考えられ、一方より低い屈折率の材料は、クラッド材料と考えられる。具体的に言うと、本明細書では、クラッド材料を、層のうちでもっとも低い屈折率の材料として定義する。したがって、層のうちの他の材料は、すべてコア材料である。コア層を、コア材料を含む層として定義する。

【 0 0 1 9 】

構造が偏光変換器として動作するための基本要件は、極めて緩やかであり、主な要求は、外形カイラリティー、または電磁的意味でのねじれが、保存されることである。可能な幾何形状のいくつかを以下に述べる。

【 0 0 2 0 】

図 2 に、ねじられた導波路を近似し、垂直方向に位置合わせされた四角形導波路から水平磁界に位置合わせされた四角形導波路に構造を変換するために、高さが、それぞれ h_1 、 h_2 、 h_3 である、3つのコア層 4、6、8 を使用した集積光偏光変換器 2 の概略図を示す。この記述された実施形態では、層 4、6、8 の各層は、入力部で幅が w_1 である。この構造 2 の出力部で、導波路の幅は、 w_2 であり、これは、 h_1 、 h_2 、 h_3 の高さの和にほぼ等価である。出力部の高さは、中間層の高さ h_2 である。しかし、この構造の幾何形状は、用途による要求に依存して変えることができる。

【 0 0 2 1 】

屈折率がコア層より低いクラッド層は、通常コア層のまわりに配置されて光を閉じ込めを行う。

導波路軸の回転を近似するように、上側コア層 4 と下側コア層 8 から材料を取り除き中

間コア層 6 に材料を追加することによって、形状の遷移が達成される。

【0022】

図 3 A および 3 B に、本発明の導波路中を伝播する基本モードの場のグレースケール像を示す。図 3 A に、開始部構造 1 0、中間部構造 1 2 および終端部構造 1 4 について、基本モードの電界プロファイルの \hat{x} (x の上側 $\hat{}$ を付した記号を表す) に成分のグレースケール像を示す。図 3 B に、開始部構造 1 6、中間部構造 1 8 および終端部構造 2 0 について、基本モードの電界プロファイルの \hat{y} (y の上側 $\hat{}$ を付した記号を表す) 成分のグレースケール像を示す。

【0023】

このモード・プロファイルから、モードは、最初 \hat{y} 方向に沿って偏光されているが、構造に沿った中間点で、モードの場の成分がいくらか均等に分割され、構造の終端部では、モードは、主に \hat{x} 方向に沿って偏光されていることが示される。ローカル・モードの結合理論により言うと、これらの構造間の断熱的な遷移によって、最初の誘導中の \hat{y} 偏光状態から最終の誘導中の \hat{x} 偏光状態へのモード変換が可能になる。第 1 および第 2 のモードがともに変換されるので、その逆も真である。すなわち、最初の誘導中の \hat{x} 偏光状態が、一般に、最終の誘導中の \hat{y} 偏光状態に変換されることになる。さらに、相互性の原理によって、デバイスが逆に動作することが保証される。すなわち、構造の終端部から始まる \hat{x} および \hat{y} の偏光状態は、それぞれ構造の開始部で \hat{y} および \hat{x} の偏光状態に断熱的に変換されることになる。

【0024】

図 4 は、図 2 に示す変換器のある特定の実装による性能を構造長の関数として表したグラフである。この実施形態では、 $h_1 = h_2 = h_3 = w_1 = 0.25 \mu\text{m}$ 、 $w_2 = 0.75 \mu\text{m}$ 、コア屈折率が 2.2 で、クラッド屈折率が 1.445 であり、遷移形態は、伝播方向 \hat{z} (z の上側 $\hat{}$ を付した記号を表す) に沿って線形であるが、他の実施形態では、これらのパラメータを変えることができ、非線形な遷移形態を使用することができる。3次元のモード散乱公式を使用してシミュレーションを行い、検討した波長は、 $1.55 \mu\text{m}$ であった。モード散乱シミュレーションは、システムを表現するために、導波路断面当たりいくつかのモードだけが必要なとき、特に正確なモデル化ツールになる。放射モードが、実質的にモード展開に基づく手法の動作に影響を与えないので、モード散乱技法は、この問題によく適している。さらに、もたらされた結果は、完全 3 次元有限差時間領域 (FDTD) シミュレーションを用いていくつかのデバイス長で確認した。FDTD 法は、マックスウェル方程式の完全な数値計算法である。図 4 に示したモード散乱シミュレーション結果は、パワーの 99% またはそれより多いパワーが、テーパを付けたられた形状で $200 \mu\text{m}$ だけの長さに沿って TM 偏光から TE 偏光に成功裡に伝達されることを示す。純粹のねじりを用いた誘導について仮定したように、テーパがあまりにも短く、したがって摂動があまりにも大きくて位相分離が可能でないとき、誘導モードがパワーを交換し、デバイス性能が劣化し、それによって TM 偏光状態中にパワーが残ることが分かった。

【0025】

図 5 は、デバイス長を $200 \mu\text{m}$ に設定したときの、図 4 で検討した特定の実施形態のブロードバンド性能を示すグラフである。ここでやはり、3次元のモード散乱公式を使用してシミュレーションを実施した。図 5 によって、波長感度が、 $1.45 \mu\text{m}$ から $1.65 \mu\text{m}$ のレジーム全体、すなわち電気通信用の実用的な波長範囲にわたって、認められないことが示されている。この手法のブロードバンド性能は、動作の基礎理論と一致する。狙いは、モード間の結合を導入することなく、モードを一方の状態から他方の状態に遷移させることであるので、帯域幅は、モード間の結合が、他方の波長に相対的に一方の波長において増加する程度だけ、制限される。短波長では、追加のモードの出現によって、この結合が助長され、長波長では、モードが、より密接に位相が一致した状態になり、それによって主な作用が低減されて、モード間の結合が抑制される。どちらの場合も、波長の大きな変化が、この現象を引き起こすために必要である。これは、スーパーモードの発散のコントラストに関連する固有の帯域幅限界を被る結合モードに基づく手法とは著しく違う

10

20

30

40

50

。

【0026】

多くの基本構造の変更が可能である。幾何形状と屈折率は、ともに記述された特定の実施形態とは相違することができる。

図6は、本発明の偏光変換器24の別の実施形態の概略図である。加工の制限によって、上側層26および下側層28が、滑らかに微小な幅に到達しない恐れがある。したがって、図6に示すように、最終の遷移形態が、中間層30から上側層26および下側層28を分離することによって行われる構造を検討するのが有利になる場合がある。この結果、最終の出力導波路までほぼ等価な断熱的な遷移が行われる。

【0027】

最初、上側層26、中間層30および下側層28は、それぞれ高さが h_1 、 h_2 および h_3 になるように構造24を設計する。さらに、層26、28、30の各層は、幅を、入力部で w_1 にする。構造24の出力部において、幅が w_2 であり、それは、高さ h_1 、 h_2 および h_3 の高さの和にほぼ等価であることに留意されたい。出力部の高さは、中間層の高さ h_2 である。

【0028】

クラッド層は、屈折率がコア層より低く、通常コア層のまわりに配置されて光を閉じ込める。

図7は、図6の偏光変換器と本質的に同様な本発明の偏光変換器32の別の実施形態の概略図である。しかし、ここでは、上側層34および下側層38は、実際まったくテーパを付けられた形状でなく、中間層36からむしろ徐々に分かれている。このように、最低形状サイズをより大きくさえし、それによってさらに加工を容易に行えるようにする。上側層34および中間層36を出力部で間隔 s だけ分離し、中間層36および下側層38を出力部で間隔 s だけ分離する。

【0029】

最初、上側層34、中間層36および下側層38は、それぞれ高さが h_1 、 h_2 および h_3 になるように構造32を設計する。さらに、層34、36、38の各層は、幅を w_1 にする。構造32の出力部において、幅が w_2 であり、それは、 h_1 、 h_2 および h_3 の高さの和にほぼ等価であることに留意されたい。出力部の高さは、中間層の高さ h_2 である。

【0030】

クラッド層は、屈折率がコア層より低く、通常コア層のまわりに配置されて光を閉じ込める。

図8は、図7に示す偏光変換器のある特定の実施形態の性能を構造長の関数として表したグラフである。この実施形態では、パラメータを次のように設定した。 $h_1 = h_2 = h_3 = 0.25 \mu\text{m}$ 、 $w_1 = 0.25 \mu\text{m}$ 、 $w_2 = 0.75 \mu\text{m}$ 、 $s = 0.125 \mu\text{m}$ 、コア屈折率およびクラッド屈折率が、それぞれ2.2および1.445である。他の実施形態では、これらのパラメータを変更することができる。やはり、3次元のモード散乱公式を使用してシミュレーションを行い、検討した波長は、 $1.55 \mu\text{m}$ であった。元の実施形態の性能と同様の性能が、2、3百ミクロンだけのデバイス長を用いて得られる。

【0031】

図9は、構造長を $100 \mu\text{m}$ に設定したときの、図7で検討した特定の実施形態のプロードバンド性能を示すグラフである。ここでやはり、3次元のモード散乱公式を使用してシミュレーションを行った。図9には、波長感度が、 $1.45 \mu\text{m}$ から $1.65 \mu\text{m}$ のレジーム全体にわたって認められないことが示されている。

【0032】

3つの層は、最低限デバイスが対称的であるために必要であるが、前述の手法のどれもが、2つのコア層だけから構成されるデバイスに適用することができる。図10は、2つのコア層42、44だけを使用した偏光変換器40の概略図である。この実施形態では、上側層42および下側層44は、ともに同時にテーパを付けられ、分離されている。

10

20

30

40

50

【0033】

最初、上側層42および下側層44は、それぞれ高さが h_1 および h_2 になるように偏光変換器40を設計する。さらに、層42、44の各層は、入力部で幅を w_1 にする。出力部において、上側層は、幅が w_3 である。キラル導波路構造40の出力部において、幅が w_2 であり、それは、 h_1 および h_2 の高さの和にほぼ等価であることに留意されたい。出力部の高さは、下側層の高さ h_2 である。デバイスの性能は、層の順序付け(すなわち、どの層が上にあるか)によっては影響されない。

【0034】

クラッド層は、屈折率がコア層より低く、通常コア層のまわりに配置されて光を閉じ込める。

図11は、図10に示す構造のある特定の実施形態の性能を構造長の関数として表したグラフである。この実施形態では、パラメータを次のように設定した。 $h_1 = h_2 = 0.4 \mu\text{m}$ 、 $w_1 = 0.4 \mu\text{m}$ 、 $w_2 = 0.8 \mu\text{m}$ 、 $w_3 = 0.25 \mu\text{m}$ 、 $s = 0.25 \mu\text{m}$ 、コア屈折率およびクラッド屈折率が、それぞれ2.2および1.445である。他の実施形態では、これらのパラメータを変更することができる。やはり、3次元のモード散乱公式を使用してシミュレーションを行い、検討した波長は、 $1.55 \mu\text{m}$ であった。2つの層の実施形態に固有の非対称性にもかかわらず、この構造は、非常にうまく動作し、長さが $200 \mu\text{m}$ だけの構造の場合、パワーの99%より多いパワーが、TM偏光からTE偏光に伝達される。

【0035】

図12は、図11のシミュレーションに使用した実施形態の、長さが $100 \mu\text{m}$ である実装によるブロードバンド性能を表したグラフである。やはり、3次元のモード散乱公式を使用してシミュレーションを行った。図12には、波長感度が、 $1.45 \mu\text{m}$ から $1.65 \mu\text{m}$ のレジーム全体にわたって認められないことが示されている。

【0036】

本発明は、いくつかの好ましいその実施形態によってそれを示し述べてきたが、本発明の範囲を逸脱することなく、その形状および細部に様々な変更、省略および追加を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】ねじれた導波路の概略図である。

【図2】3つの断熱的にテーパを付けられたコア層を使用した偏光変換器の概略図である。

【図3】図3Aは、本発明の導波路中を伝播する基本モードの電界のグレースケール像である。

【0038】

図3Bは、本発明の導波路中を伝播する基本モードの電界のグレースケール像である。

【図4】図2のデバイスのある特定の実現による性能をデバイス長の関数として表したグラフである。

【図5】図2のデバイスのある特定の実現による性能を電磁界の波長の関数として表したグラフである。

【図6】3つの断熱的にテーパを付けられ、分離されたコア層を使用した偏光変換器の概略図である。

【図7】中間のコア層が断熱的にテーパを付けられ、上側および下側のコア層が断熱的に分離されたコア層を使用した偏光変換器の概略図である。

【図8】図7のデバイスのある特定の実現による性能をデバイス長の関数として表したグラフである。

【図9】図7のデバイスのある特定の実現による性能を電磁界の波長の関数として表したグラフである。

10

20

30

40

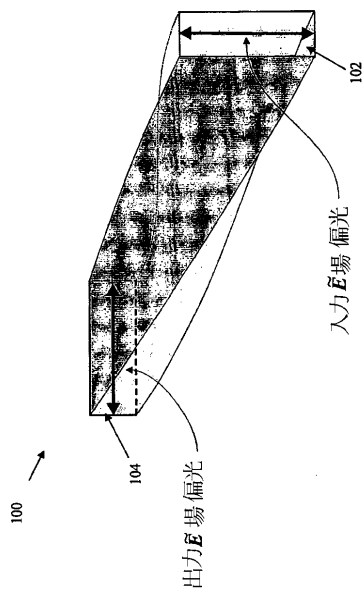
50

【図10】2つの断熱的にテーパを付けられ、分離されたコア層だけを使用した偏光変換器の概略図である。

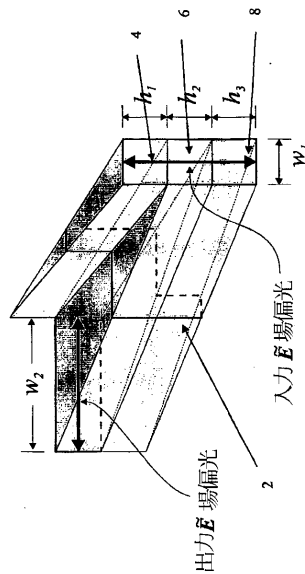
【図11】図10のデバイスのある特定の実現による性能をデバイス長の関数として表したグラフである。

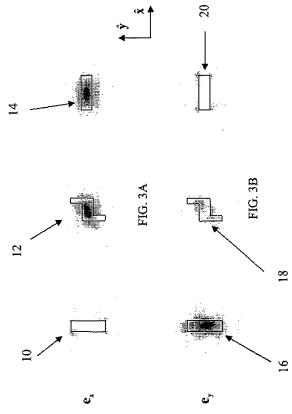
【図12】図10のデバイスのある特定の実現による性能を電磁界の波長の関数として表したグラフである。

【図1】

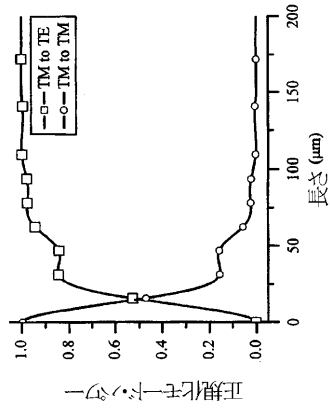


【図2】

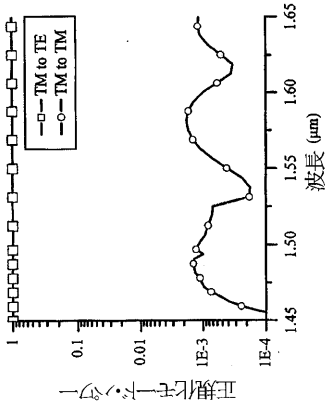




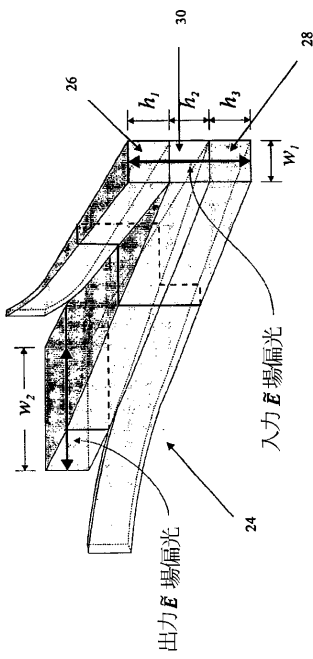
【 図 4 】



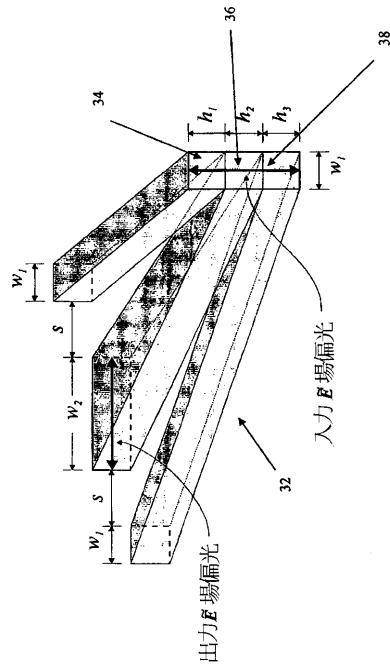
【 図 5 】



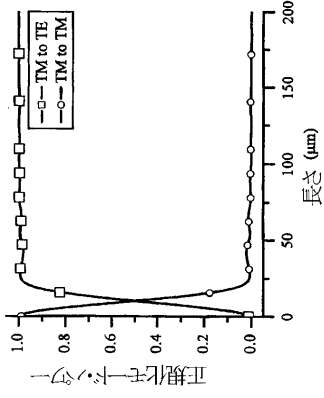
【 図 6 】



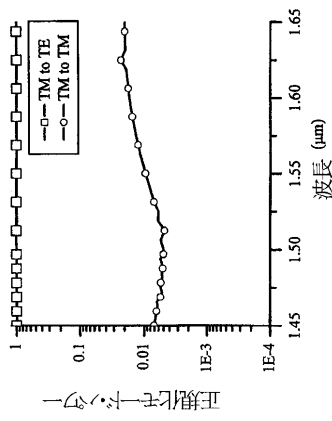
【 図 7 】



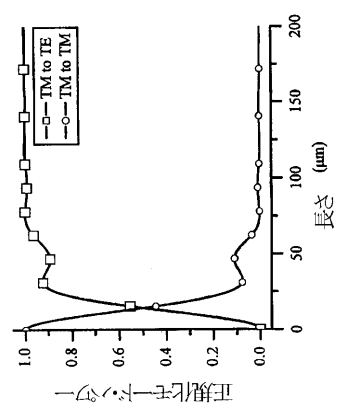
【 図 8 】



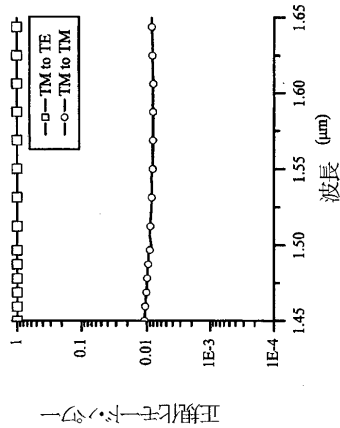
【 図 9 】



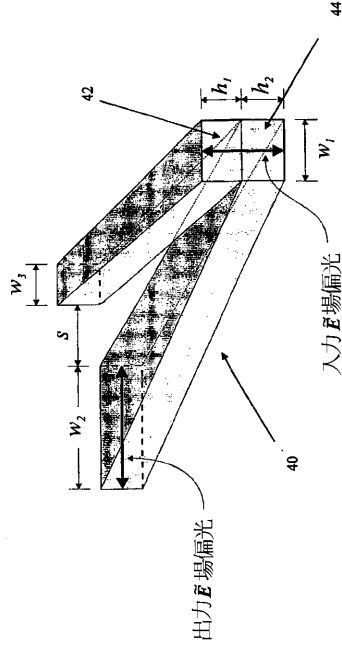
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 0 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/US 03/34577

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G02F1/01 G02B6/14 G02B6/12		
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 7 G02F G02B		
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) EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	MIN-CHEOL OH ET AL: "SIMULATION OF POLARIZATION CONVERTER FORMED BY POLING-INDUCED POLYMER WAVEGUIDES" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 31, no. 9, 1 September 1995 (1995-09-01), pages 1698-1704, XP000526179 ISSN: 0018-9197 the whole document	1,4-6,8, 11-13
A	US 4 998 793 A (HENRY CHARLES H ET AL) 12 March 1991 (1991-03-12) the whole document	1-14
A	US 5 225 797 A (LEE CHARLES A ET AL) 6 July 1993 (1993-07-06) the whole document	1-14
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> 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
5 March 2004		16/03/2004
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5018 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Ammerlaan, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US 03/34577

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 418 867 A (VAN DER TOL JOHANNES J G M) 23 May 1995 (1995-05-23) the whole document -----	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 03/34577

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 4998793	A	12-03-1991	DE 69023028 D1	23-11-1995
			DE 69023028 T2	30-05-1996
			EP 0389172 A2	26-09-1990
			HK 34196 A	08-03-1996
			JP 2275402 A	09-11-1990
			JP 2644060 B2	25-08-1997
US 5225797	A	06-07-1993	NONE	
US 5418867	A	23-05-1995	NL 9300204 A	01-09-1994
			EP 0609926 A1	10-08-1994
			JP 3020129 B2	15-03-2000
			JP 6242334 A	02-09-1994

 フロントページの続き

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(74) 代理人 100076691
弁理士 増井 忠式

(74) 代理人 100075270
弁理士 小林 泰

(74) 代理人 100080137
弁理士 千葉 昭男

(74) 代理人 100096013
弁理士 富田 博行

(74) 代理人 100107696
弁理士 西山 文俊

(72) 発明者 チェルチ, マッテオ
イタリア国 20126 ミラノ, ヴィア・サルカ 222, ケアー・オブ・ピレリ・ラプス・ソ
チエタ・ペル・アツィオーニ

(72) 発明者 ワッツ, マイケル・アール
アメリカ合衆国マサチューセッツ州02043, ヒンガム, イーストゲイト・レイン 2

(72) 発明者 ハウス, ハーマン・エイ
アメリカ合衆国マサチューセッツ州02420, レキシントン, ジェフリー・ストリート 3

Fターム(参考) 2H099 AA01 BA00 CA00
2H147 AB28 BD01 EA01A EA01B