

(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2007-532952
(P2007-532952A)

(43) 公表日 平成19年11月15日(2007.11.15)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
G O 2 F 1/065 (2006.01) G O 2 F 1/065 2 H O 7 9

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 28 頁)

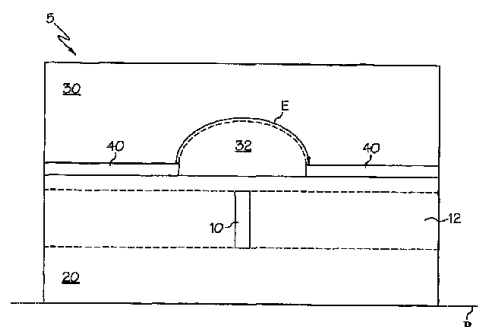
<p>(21) 出願番号 特願2007-507378 (P2007-507378)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成17年3月31日 (2005.3.31)</p> <p>(85) 翻訳文提出日 平成18年11月29日 (2006.11.29)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/US2005/011003</p> <p>(87) 国際公開番号 W02005/101104</p> <p>(87) 国際公開日 平成17年10月27日 (2005.10.27)</p> <p>(31) 優先権主張番号 60/560,918</p> <p>(32) 優先日 平成16年4月9日 (2004.4.9)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 504349870 オプティマー・フォトニクス・インコーポレーテッド アメリカ合衆国オハイオ州43201, コロンバス, キング・アベニュー 505</p> <p>(74) 代理人 100089705 弁理士 社本 一夫</p> <p>(74) 代理人 100140109 弁理士 小野 新次郎</p> <p>(74) 代理人 100075270 弁理士 小林 泰</p> <p>(74) 代理人 100080137 弁理士 千葉 昭男</p> <p>(74) 代理人 100096013 弁理士 富田 博行</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学的機能性導波路構造における光信号の制御方式

(57) 【要約】

導波路に沿って伝搬する光信号を減衰させ、その位相を遅延させ、それ以外の制御を行う方法を提供する。該方法によれば、可変光減衰構造は、導波路コア(10)、クラディング(20)、光電ポリマ(30)、及び1組の制御電極(40)を備えている。コア(10)、クラディング(20)、及び光電ポリマ(30)は、ポリマ(30)の屈折率増大により、導波路コア(10)に沿って伝搬する光信号の大部分が、導波路コア(10)の上方にある光電ポリマ(30)の相対的に屈折率が高い領域(32)に結合し、結合した信号の導波路コア(10)への復帰を妨げるように構成されている。本発明の別の実施形態は、結合した光信号内に位相遅延を導入し、結合した信号の導波路コア(10)への戻りを可能にする。更に別の実施形態では、光信号の制御を可能にするリッジ導波路構造を使用する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導波路に沿って伝搬する光信号を制御する方法であって、

導波路コア、クラディング、光電ポリマ、及び 1 組の制御電極を備えた導波路構造を提供するステップであって、

前記光電ポリマは、前記光信号の伝搬方向に直交する方向に高さ部分 h を画定し、

前記光電ポリマは、前記導波路コア及び前記クラディングによって、前記高さ部分 h の両端上に固定されており、

前記光電ポリマは、前記制御電極が発生する適宜の電界の印加の下で、非結合屈折率値 n_{E0} から結合屈折率値 n_{E0}' の間で変動する屈折率を規定するように構成されており、

前記結合屈折率値 n_{E0}' は、非結合屈折率値 n_{E0} 及び前記クラディングの屈折率 n_{CLAD} よりも大きく、

前記制御電極、前記高さ部分 h、前記導波路コアの前記屈折率のそれぞれ、前記クラディング、及び前記光電ポリマは、前記光電ポリマの屈折率が増大したときに、前記導波路コアに沿って伝搬する光信号の高輝度部分が前記光電ポリマに結合されて該光電ポリマ中を伝搬し、そして、前記導波路コアに戻るよう構成されている

導波路構造提供ステップと、

前記制御電極に駆動電圧を印加することによって、前記光電ポリマの前記電界を生成するステップと、

前記駆動電圧を制御して、前記光電ポリマの前記屈折率が、前記光電ポリマの高屈折率領域では前記結合屈折率値 n_{E0}' となるようにするとともに、前記導波路コアを伝搬する光信号の高輝度部分が、前記光電ポリマの前記高屈折率領域に結合し、前記クラディングによって一端で反射され、そして、前記導波路コアに戻るようにする、駆動電圧制御ステップと

からなることを特徴とする方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の方法において、前記高さ部分 h、前記導波路コアのそれぞれの屈折率、前記クラディング、及び前記光電ポリマは、前記結合された光信号が、前記導波路コア及び前記光電ポリマの高屈折率領域において、シングルモードで伝搬するよう構成されていることを特徴とする方法。

【請求項 3】

請求項 1 記載の方法において、

前記光電ポリマは、非ポール（極性）光電ポリマであり、

前記非ポール光電ポリマは、該光電ポリマの前記屈折率が、カー効果によって生じる光電応答によって支配されて増大するよう選択されていることを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 1 記載の方法において、前記導波路構造は、前記非結合屈折率 n_{E0} 及び前記結合屈折率 n_{E0}' の間の差が、

$$n = n_0 \cdot K \cdot E^2$$

ただし、 n_0 : 光源波長

K : 光電ポリマのカー係数

E : 電圧によって誘導された DC 電界

によって規定されるよう構成されていることを特徴とする方法。

【請求項 5】

請求項 4 記載の方法において、

前記カー係数は、前記高さ部分 h を有する前記光電ポリマの特性の関数であり、

前記高さ部分 h は、 n が、前記電圧誘導された DC 電界の印加の下で、前記光電ポリマに少なくとも約 40% の導波路効率によって実現されるよう選択されている

ことを特徴とする方法。

【請求項 6】

請求項 4 記載の方法において、

前記カー係数は、前記高さ部分 h を有する前記光電ポリマの特性の関数であり、

前記高さ部分 h は、 n が、前記電圧誘導された DC 電界の印加の下で、前記光電ポリマに信号損失によって実現されるよう選択されている

ことを特徴とする方法。

【請求項 7】

請求項 5 記載の方法において、前記信号損失は、約 1 dB ~ 約 10 dB の範囲内であることを特徴とする方法。

10

【請求項 8】

請求項 4 記載の方法において、

前記カー係数は、前記高さ部分 h を有する前記光電ポリマの特性及び該光電ポリマの温度の関数であり、

前記方法は更に、 n が、前記電圧誘導された DC 電界の印加の下で、前記光電ポリマに少なくとも約 40% の導波路効率によって実現されるように、前記高さ部分 h を選択しかつ前記導波路構造の温度を制御するステップを備えている

ことを特徴とする方法。

【請求項 9】

請求項 1 記載の方法において、

前記 1 組の制御電極及び光電ポリマは、前記光信号の伝搬方向に前記導波路コアの部分に沿って、前記導波路構造の能動領域が延在するように該能動領域を規定し、

前記能動領域における導波路コアは、前記高さ部分 h にほぼ平行な方向に沿ってコア高さ h_c を備え、該コア高さは、前記能動領域の外側のコアの高さ部分に対応して低減されている

ことを特徴とする方法。

20

【請求項 10】

請求項 9 記載の方法において、前記低減されたコアの高さ h_c 及び前記高さ部分 h の組み合わせは、約 $\pm 2 \mu\text{m}$ の誤差で、前記能動領域の外側の前記コアの前記対応する高さ部分とほぼ等しいことを特徴とする方法。

30

【請求項 11】

請求項 9 記載の方法において、前記低減されたコアの高さ h_c は、前記能動領域の外側の前記コアの前記対応する高さ部分よりも少なくとも約 $2 \mu\text{m}$ 低いことを特徴とする方法。

【請求項 12】

請求項 9 記載の方法において、前記低減されたコアの高さ h_c は、前記能動領域の外側の前記コアの前記対応する高さ部分よりも約 $1 \mu\text{m}$ ~ 約 $5 \mu\text{m}$ 低いことを特徴とする方法。

【請求項 13】

請求項 1 記載の方法において、前記 1 組の制御電極及び光電ポリマは、前記光信号の伝搬方向に前記導波路コアの部分に沿って、前記導波路構造の能動領域が延在するように該能動領域を規定し、前記能動領域は、 $0.5 \text{ cm} \sim 4 \text{ cm}$ の範囲で延在していることを特徴とする方法。

40

【請求項 14】

請求項 1 記載の方法において、前記 1 組の制御電極及び光電ポリマは、前記光信号の伝搬方向に前記導波路コアの部分に沿って、前記導波路構造の能動領域が延在するように該能動領域を規定し、それぞれの信号遷移領域は、前記能動領域の入力部分及び出力部分の近傍に画定されていることを特徴とする方法。

【請求項 15】

請求項 14 記載の方法において、前記遷移領域は、前記能動領域の前記入力部分の近傍で断面部分が減少し、前記能動領域の前記出力部分の近傍で断面部分が增大するように傾斜する導波路コアを画定することを特徴とする方法。

50

【請求項 16】

請求項 14 記載の方法において、前記遷移領域は、前記能動領域ば前記入力部分の近傍に周期的に区分された導波路コアを画定し、かつ、前記能動領域の前記出力部分の近傍に周期的に区分された導波路コアを画定することを特徴とする方法。

【請求項 17】

請求項 1 記載の方法において、前記導波路構造は位相遅延構造を備え、前記光電ポリマの高屈折率領域は前記結合された光信号に位相遅延を導入するよう構成されていることを特徴とする方法。

【請求項 18】

請求項 1 記載の方法において、

10

前記 1 組の制御電極及び光電ポリマは、前記導波路コアにおける前記光信号の伝搬方向に沿って延在する能動領域を画定し、

前記可変光減衰構造は、前記導波路コアにおける前記光信号の伝搬方向に沿って一連の区分された能動領域を画定することを特徴とする方法。

【請求項 19】

請求項 18 記載の方法において、前記一連の区分された能動領域は、前記光信号の異なる極性モードで交番するよう構成されていることを特徴とする方法。

【請求項 20】

導波路に沿って伝搬する光信号の位相を制御する方法において、

20

導波路コア、クラディング、光電ポリマ、及び 1 組の制御電極を備えた導波路構造を提供するステップであって、

前記光電ポリマは、前記制御電極により生成される電界の印加の下で、変動する屈折率を画定し、

前記非ポール光電ポリマは、前記屈折率が、カー効果から生じる光電応答に支配されるように選択され、

前記導波路コア、前記クラディング、及び前記光電ポリマは、前記光電ポリマの屈折率が増大したときに、前記導波路コアに沿って伝搬する光信号の殆どの部分が前記光電ポリマの高屈折率領域に結合し、

前記光電ポリマの高屈折率部分は、前記結合された光信号に位相遅延を導入するよう構成されており、

30

前記導波路コア、前記クラディング、及び光電ポリマは、前記光信号の結合された部分が前記導波路コアに戻るよう構成されている

導波路構造提供ステップと、

前記位相遅延構造を、前記非ポール光電ポリマの発色団が移動する温度で動作させるステップと、

前記制御電極に DC 駆動電圧を印加することによって、前記光電ポリマに前記電界を生成するステップと、

前記位相遅延構造の前記動作電圧で前記 DC 駆動電圧を変動させることによって、前記光信号の結合を制御するステップであって、前記 DC 駆動電圧は、前記発色団の大部分の配向により前記非ポール光電ポリマの屈折率が増大するに十分な最大値と、前記光電ポリマが非配向状態に向かうときの最小値との間で変動される、制御ステップと

40

からなることを特徴とする方法。

【請求項 21】

ほぼ平坦な光波回路における導波路に沿って伝搬する光信号を減衰する方法であって、

導波路コア、クラディング、光電ポリマ、非ポール光電ポリマ、及び 1 組の制御電極を備えた可変光減衰構造を提供するステップであって、

前記光電ポリマは、前記制御電極により生成される電界の印加の下で変動する屈折率を画定し、

前記光電ポリマは、前記屈折率が、カー効果から生じる光電応答に支配されるように

50

選択された非ポール光電ポリマであり、

前記導波路コア、前記クラディング、及び前記光電ポリマは、前記光電ポリマの屈折率が増大したときに、前記導波路コアに沿って伝搬する光信号の殆どの部分が前記光電ポリマの高屈折率領域に結合し、

前記導波路コア、前記クラディング、及び光電ポリマは、前記光信号の結合された部分が前記導波路コアに戻らないように構成され、

前記導波路コアは、前記平坦光波回路のコア層を占めるコア厚を画定し、

前記光電ポリマ及び前記制御電極は、前記コア層の上に前記高屈折率領域を画定する減衰構造提供ステップと、

前記制御電極に駆動電圧を印加することによって、前記光電ポリマに前記電界を生成するステップと、 10

前記駆動電圧を変動させることによって、前記可変光減衰構造における減衰を制御するステップと

からなることを特徴とする方法。

【請求項 2 2】

請求項 2 1 記載の方法において、該方法は更に、

前記可変減衰構造を、前記非ポール光電ポリマの発色団が移動する温度で動作させるステップと、

DC 駆動電圧を印加することによって、前記電界を生成するステップと、

前記可変光減衰構造の前記動作電圧で前記 DC 駆動電圧を変動させるステップであって 20
、前記 DC 駆動電圧は、前記発色団の大部分の配向により前記光電ポリマの屈折率が増大するに十分な最大値と、前記光電ポリマが非配向状態に向かう最小値との間で変動される、ステップと

からなることを特徴とする方法。

【請求項 2 3】

請求項 2 2 記載の方法において、前記可変光減衰構造の温度は、ガラス遷移温度以上に保持された場合の前記光電ポリマに関連する発色団移動度にほぼ等しい発色団移動度を前記非ポール光電ポリマが呈する閾値温度以上に保持されることを特徴とする方法。

【請求項 2 4】

請求項 2 2 記載の方法において、前記非ポール光電ポリマは、約 70 ~ 約 100 未満 30
において発色団の移動を呈するように構成されていることを特徴とする方法。

【請求項 2 5】

請求項 2 1 記載の方法において、前記光電ポリマは、前記導波路コアの部分にそって延在し、前記クラディングによって前記導波路コアから離間されていることを特徴とする方法。

【請求項 2 6】

請求項 2 1 記載の方法において、前記電界は、前記高屈折率ポリマ領域の大部分が、前記制御電極よりも前記導波路コアから離間する領域に画定されるように生成されることを特徴とする方法。

【請求項 2 7】

請求項 2 5 記載の方法において、前記クラディングは、前記電界から影響を受けない材料で構成されていることを特徴とする方法。 40

【請求項 2 8】

請求項 2 5 記載の方法において、前記電界は、前記高屈折率ポリマ領域の中央部が、前記導波路コアから約 5 μm ~ 約 10 μm 離間していることを特徴とする方法。

【請求項 2 9】

請求項 2 1 記載の方法において、前記制御電極は、前記光信号の偏光に非応答である光電応答特性を提供する電極 / コア組み合わせを画定するように、前記導波路コアに関して構成されていることを特徴とする方法。

【請求項 3 0】

請求項 2 1 記載の方法において、前記制御電極は、TE 又は TM 偏光光に応答する光電応答特性を提供する電極 / コア組み合わせを画定するように、前記導波路コアに関して構成されていることを特徴とする方法。

【請求項 3 1】

請求項 2 1 記載の方法において、複数の可変光減衰構造が共通の光信号出力デバイスに対して提供され、該光信号出力デバイスは、前記複数の可変光減衰構造のそれぞれの駆動電圧の個別制御用に構成されていることを特徴とする方法。

【請求項 3 2】

請求項 3 1 記載の方法において、前記光信号出力デバイスは、単一光源からの光が前記複数の可変光減衰構造に向かうように構成されていることを特徴とする方法。

10

【請求項 3 3】

請求項 3 2 記載の方法において、前記光減衰構造の各々は、該構造で減衰された光信号を前記光信号出力デバイスの複数の出力それぞれに向かわせるように構成されていることを特徴とする方法。

【請求項 3 4】

請求項 2 1 記載の方法において、

前記光電ポリマ及び前記制御電極は、前記導波路コアにおいて前記光信号が伝搬する方向に沿って延在する能動領域を画定し、

前記可変光減衰構造は、前記導波路コアにおいて前記光信号が伝搬する方向に沿って一連の区分された能動領域を画定することを特徴とする方法。

20

【請求項 3 5】

請求項 3 4 記載の方法において、前記一連の区分された能動領域は、前記光信号の偏光モードが異なっていることを特徴とする方法。

【請求項 3 6】

ほぼ平坦な光波回路における導波路に沿って伝搬する光信号を減衰する方法において、

導波路コア、クラディング、光電ポリマ、及び 1 組の制御電極を備えた可変光減衰構造を提供するステップであって、

前記光電ポリマは、前記制御電極により生成される電界の印加の下で変動する屈折率を画定し、

30

前記導波路コア及び前記光電ポリマは、前記光電ポリマの屈折率が増大したときに、前記導波路コアに沿って伝搬する光信号の殆どの部分が前記光電ポリマの高屈折率領域に結合するように、前記導波路コアによって画定されるコア層の部分に沿う共通インターフェースを共有するよう構成されており、

前記導波路コア、前記クラディング、及び光電ポリマは、前記光信号の結合された部分が前記導波路コアに戻らないように構成されており、

前記導波路コアは、前記平坦な光波回路のコア層を占めるコア厚を画定し、

前記平坦な光波回路の前記コア層は、該回路の平面にほぼ平行に延在しており、

前記光電ポリマ及び前記制御電極は、前記コア層の上に前記高屈折率領域を画定するよう構成されている

40

可変光減衰構造提供ステップと、

前記制御電極に駆動電圧を印加することによって、前記光電ポリマに前記電界を生成するステップと、

前記駆動電圧を変動させることによって、前記可変光減衰構造での減衰を制御するステップであって、前記光電ポリマは、前記導波路コアの大部分と境界を接している、ステップと

からなることを特徴とする方法。

【請求項 3 7】

請求項 3 6 記載の方法において、前記電界は、前記高屈折率ポリマ領域が前記導波路コアで前記共通インターフェースに対して駆動されるように、生成されることを特徴とする方

50

法。

【請求項 38】

請求項 36 記載の方法において、前記電界は、前記高屈折率ポリマ領域の中央部が前記導波路コアの中央部から約 5 μm ~ 約 10 μm だけ変位するように、生成されることを特徴とする方法。

【請求項 39】

請求項 36 記載の方法において、前記高屈折率ポリマは、屈折率の変動がカー効果から生じる光電応答特性によって実現されるように選択された非ポール光電ポリマであり、前記駆動電圧は、

前記光電ポリマに前記光信号を殆ど結合させない DC 約 500 V 未満の電圧で駆動するステップと、

前記光電ポリマに前記光信号の大部分を結合させる DC 約 500 V 以上の電圧で駆動するステップと、

前記光電ポリマに前記光信号のほぼ全てを結合させる DC 約 1000 V ~ 約 1500 V の電圧で駆動するステップと

からなることを特徴とする方法。

【請求項 40】

導波路に沿って伝搬する光信号を減衰する方法であって、

導波路コア、クラディング、非ポール光電ポリマ、及び 1 組の制御電極を備えた可変光減衰構造を提供するステップであって、

前記非ポール光電ポリマは、前記制御電極に発生される電界の印加の下で変動する屈折率を画定するように構成されており、

前記非ポール光電ポリマは、前記屈折率の前記変動が、カー効果によって生ずる光電応答によって支配されるように選択され、

前記コア、前記クラディング、前記光電ポリマは、前記ポリマの前記屈折率増大により、前記導波路コアに沿って伝搬する光信号の大部分が前記光電ポリマの相対的に屈折率が高い領域に結合するように構成されており、

前記コア、前記クラディング、前記光電ポリマは、前記光信号の前記結合された部分が前記導波路コアに戻らないように構成されている

可変光減衰構造提供ステップと、

前記非ポール光電ポリマの発色団が移動可能となる温度において、前記可変光減衰構造を動作させるステップと、

DC 駆動電圧を前記制御電極に印加することにより、前記光電ポリマ内に前記電界を発生するステップであって、

前記 DC 電圧を変化させることにより、前記可変光減衰構造における減衰を制御するステップであって、

前記可変光減衰構造の前記動作温度において前記 DC 駆動電圧を変化させ、

前記発色団の大部分の配向によって前記非ポール光電ポリマの前記屈折率を高めるのに十分な最大電圧値と、前記光電ポリマが配向状態が弱まっていくように構成される最少電圧値との間で、前記位相遅延構造の前記動作温度において、前記 DC 駆動電圧を変化させる

制御ステップと

かなることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、導波路内を進行する光信号の操作に関し、更に特定すれば、導波路構造に組み込んだ光学的機能性ポリマ領域の適宜の設計及び操作による、導波路構造に沿って伝搬する光信号の制御に関する。

【発明の開示】

10

20

30

40

50

【0002】

本発明の一実施形態によれば、導波路に沿って伝搬する光信号を減衰させる方法を提供する。この方法によれば、導波路コア、クラディング、非ポール光電ポリマ、及び1組の制御電極を備えている可変光減衰構造を設ける。コア、クラディング、及び光電ポリマは、ポリマの屈折率増大により、導波路コアに沿って伝搬する光信号の大部分が、光電ポリマの相対的に屈折率が高い領域に結合し、導波路コアに戻らないように構成されている。非ポール光電ポリマが移動可能となる温度で、可変光減衰構造を動作させる。減衰を制御するために、動作温度において、ポリマの屈折率を高めるのに十分な最大電圧値と、光電ポリマの配向が弱まる最少電圧値との間で、DC駆動電圧を変化させる。

【0003】

本発明の別の実施形態によれば、光信号の位相を制御する方法を提供する。この方法によれば、光電ポリマの高屈折率領域は、結合光信号内に位相遅延を導入するように構成されており、光信号の結合部分は導波路コアに戻る。

【0004】

本発明の更に別の実施形態によれば、光信号を制御する方法を提供し、非ポール光電ポリマが高さ部分 h を規定し、導波路コア及びクラディングと、高さ部分 h の対向する両端において接している。非ポール光電ポリマは、制御電極が発生する適宜の電界の印加の下において、非結合値 n_{EO} から結合値 n_{EO}' まで変化する屈折率を規定する。非結合値 n_{EO} は、導波路コアの屈折率 n_{CORE} よりも小さい。結合屈折率値 n_{EO}' は、非結合屈折率値 n_{EO} 及びクラディングの屈折率 n_{CLAD} よりも大きい。高さ部分 h 、及びそれぞれの屈折率は、ポリマの屈折率の結合屈折率値 n_{EO}' への増大により、導波路コアに沿って伝搬する光信号の強度が比較的高い部分が、光電ポリマに結合し、光電ポリマに沿って伝搬し、続いて導波路コアに戻るよう構成されている。

【0005】

したがって、本発明の目的は、導波路構造に組み込んだ光学的機能性ポリマ領域の適宜の設計及び操作によって、導波路構造に沿って伝搬する光信号を制御する方式を提供することである。本発明のその他の目的は、ここに具体化する本発明の説明と照らし合わせるにより明白となるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

本発明の具体的な実施形態に関する以下の詳細な説明は、添付図面と合わせて読むことにより、最良に理解することができるであろう。図面において、同様の構造は同様の参照番号で示すこととする。

【0007】

平面導波路回路5内の導波路に沿って伝搬する光信号を減衰させる、又はそれ以外の制御を行う方式について、最初に図1を参照しながら例示することができる。ここで、図示の平面導波路回路5は、導波路コア10、クラディング20、光電ポリマ30、1組の制御電極40を備えている。光電ポリマ30は、導波路コア10の一部に沿って、コア10が規定する光伝搬方向に延びており、クラディング20の一部によってコア10から離間されている。

【0008】

光電ポリマ30は、制御電極40が発生する適宜の電界の印加の下で変動する屈折率を規定するように構成されている。ポリマ30は、本発明によれば、ポッケル効果、カー効果、又はその他の何らかの光電効果によって支配されるポール(poled)光電ポリマ又は非ポール(unpoled)光電ポリマで構成することができると考えられるが、ポリマ30は、カー効果によって生ずる光電応答が屈折率の変動を支配するように選択する。尚、カー効果媒体の方が、ポッケル効果が屈折率の変動を支配する媒体よりも屈折率を遥かに大きく変化させることができる可能性が高いと考えられる。

【0009】

本発明を規定し説明する目的上、非ポール・ポリマ媒体においては、前述の電界印加の

10

20

30

40

50

前には材料の永続的又は比較的永続的なバルク・オーダリング(bulk ordering)はないものとする。電界の印加は複屈折状態を誘発し、一方、印加電界を除去すると、材料の比較的急速なその元の状態への緩和が生ずる。カー効果媒体は、支配的光電応答によって特徴付けられる非ポール媒体であり、材料の特性緩和周波数よりも低い周波数で電界を印加すると、伝搬する光信号に複屈折が生じ、これは印加電界の大きさの二乗で変化する。更に具体的には、本発明のカー効果媒体の屈折率によって近似した関数は、以下の式の形態を取ることができる。

【 0 0 1 0 】

$$n = K E^2$$

ここで、 n は、屈折率の変化を表し、 λ は、カー効果において伝搬する光の波長を表し、 K はカー効果媒体のカー定数を表し、 E は媒体に印加する電界の大きさを表す。標準的なカー材料では、屈折率は、印加電界の方向に沿って増大し、両直交方向で減少する。しかしながら、カー材料の中には、屈折率が印加電界の方向で減少し、他の2方向で増大するものもある。

10

【 0 0 1 1 】

本発明によるカー効果媒体は、特に、光学的機能性領域に用いる場合に実質的に配向された状態への能動的な遷移を伴う場合、実質的に配向された状態から実質的に等方状態(isotropic state)に受動的に遷移できなければならない。その結果、本発明は、光学的機能領域が実質的に配向された状態から実質的に等方状態へ、通例約1秒未満、更に好ましくは1ミリ秒未満で遷移できるのに十分な発色団移動度を特徴とするポリマ/発色団配合物を備えている。加えて、非ポール、ポリマ媒体を利用する場合も、特に、光学的機能性領域に用いる場合に実質的に配向された状態への能動的な遷移を伴う場合、発色団移動度は、適した制御信号の印加の下で、実質的に配向された状態への遷移を可能にする程に十分となることができなければならない。

20

【 0 0 1 2 】

公開米国特許出願第2004/0184694A1号に記載されているように、カー・デバイスは、低周波及び高周波電界の組み合わせに応答することができる。この特許出願の開示内容は、ここで引用したことにより本願にも含まれるものとする。この場合、低周波(DC)電界は発色団を配向し、配向された発色団は、ポッケル効果と同様に高周波電界に応答する。しかしながら、カー・コンテキストの場合、DC電界を除去すると、材料の高周波電界に対する応答が急速に減少する。DC駆動方式の下では、デバイスの性能を、カー材料の特性配向時間よりもはるかに長い時間期間にわたって事実上一定レベルに維持するように、制御電圧を印加する。この動作方式は、制御信号の時間範囲にわたって事実上一定の配向及び複屈折を付与する。対照的に、ポール材料は、DC電圧下では、高周波電圧の下におけると同様に振る舞う。何故なら、配向順序(orientational order)が制御信号の印加によって変化しないからである。

30

【 0 0 1 3 】

ポール材料とは、使用前に材料が配向されており、制御電圧の印加中及び実質的に印加後に秩序度(degree of order)が事実上一定のままである材料のことである。ポール材料の応答特性は、印加した電界に対して線形であり(ポッケル効果)、DCから10GHzまでは周波数に依存しない。ポール光電ポリマに関しては、ポリマに制御信号バイアスを印加すると、デバイスの動作寿命全般において配向の劣化が防止できることも有利である。配向緩和が発生する時間範囲によって、バイアスを印加したポール材料とカー材料との間で区別することができる。カー効果に基づくデバイスは、デバイスの動作機構の一部として、高次状態(more highly ordered state)から配向緩和を用いるが、バイアスによるポール・デバイスの配向緩和は、印加したバイアスを除去した後、予期したデバイスの所与の動作状態の期間よりも遥かに長い時間期間にわたって発生する。

40

【 0 0 1 4 】

コア10、クラディング20、及び光電ポリマ30は、電圧によって誘発されるポリマ30の屈折率増大により、導波路コア10に沿って伝搬する光信号の大部分が光電ポリ

50

マ 3 0 の高屈折率領域 3 2 に結合するように構成されている。更に、コア 1 0、クラディング 2 0、及び光電ポリマ 3 0 は、光信号の結合部分がポリマ 3 0 において失われるか、又はコア 1 0 から離れるように誘導され、したがって導波路コア 1 0 には戻らないように構成することができる。

【 0 0 1 5 】

図 1 及び図 2 に示すように、導波路コア 1 0 は、平面光波回路 5 の対応するコア層 1 2 を占めるコアの厚さを規定する。コア層 1 2 は、全体的に、平面光波回路 5 が規定する光波回路面 P に平行に延びる。光電ポリマ 3 0 及び 1 組の制御電極 4 0 は、コア層 1 2 の実質的に上に高屈折率領域 3 2 を規定するように構成されている。このように、導波路コア 1 0、光電ポリマ 3 0、及び 1 組の電極 4 0 によって規定される能動区域は、通例平面光波回路 5 内に構成される追加の光構成部品、例えば、アレイ上導波路格子、光スプリッタ、光増幅器等の全体的な配向(orientation)を補う構造を規定する。加えて、本発明のコア/ポリマ/電極構成は、回路及びその種々の構成部品に対する混乱を最少に抑えて、平面光波回路 5 に形成することができる。更に、平面光波回路 5 内に可変光減衰器のネットワークを形成するために本発明の構造を構成する場合、本発明の概念は、高密度集積光システム上に実現可能となるような構成を設ける。このような光システムの一例を図 1 1 に示し、以下で論ずる。例えば、そして限定ではなく、64 個まで、又はそれ以上の可変光減衰器を、約 50 μm ~ 約 250 μm のピッチで平面光波回路内に間隔を置いて配置可能であることを想定している。

【 0 0 1 6 】

図示を明確にするために、導波路コア 1 0 に沿った伝搬方向は、全体的に図 1 及び図 2 に示す図の印刷面に対して直交となっている。ある種の状況下では、高屈折率ポリマ領域 3 0 から導波路コア 1 0 への結合光信号の全部又は一部の未制御即ち不完全な結合を防止するために、コア 1 0 内における光信号の伝搬方向に沿って光電ポリマ 3 0 及び制御電極 4 0 が規定する能動領域の範囲を、所与の寸法に限定する必要はないと考えられる。更に、制限された寸法の単一能動領域が設ける光路では、本発明のデバイスを動作させる際に所望量の信号減衰を得るには不十分である場合、一連の区分された能動領域を平面光波回路 5 内に設けてもよい。前述の能動領域セグメントの各々は、同様に、適当な長さの制御電極 4 0 及び光電ポリマ領域 3 0 によって規定することができる。尚、本発明による能動領域セグメントの適当な光路長は、約 0.25 mm ~ 約 1.0 mm の長さとするすることができる。例えば、総能動長が約 4 mm で、20 dB を超える損失を生ずることが、多くの用途には適している。加えて、前述の能動領域セグメントは、光信号の選択した偏光モードを変化させるように構成することもできる。例えば、光信号の TE 偏光モードを変化させるように構成したセグメントを、光信号の TM 偏光モードを変化させるように構成したセグメントと交互に配置することができる。

【 0 0 1 7 】

動作において、可変光減衰構造は、非ポール光電ポリマ 3 0 の発色団が移動可能な温度に維持されている。更に、適した DC 駆動電圧を制御電極 4 0 に印加することによって、適した電界 E を光電ポリマ 3 0 内に発生する。その結果ポリマ 3 0 内に生じた電界 E は、ポリマ内の発色団の大部分を配向し、ポリマの一部の屈折率を高めて、ポリマ内に高屈折率領域 3 2 を生成する。その結果ポリマ 3 0 に生ずる屈折率の増大により、導波路コア 1 0 に沿って伝搬する光信号の大部分が、光電ポリマ 3 0 の相対的に屈折率が高い領域 3 2 に結合し、結合信号がシステムから失われる。この屈折率の増大は、特定のカー材料に関して、そして TE 偏光又は他の特定の偏光光についてのみ有効である。

【 0 0 1 8 】

構造の動作電圧において DC 駆動電圧を変動させると、光信号がポリマに結合する度合いも変動する。この結合における対応する変動を用いると、導波路コア 1 0 における光信号の減衰を制御することができる。何故なら、この構造は、結合信号がコア 1 0 から失われるように構成することができるからである。その部分に対して、クラディングは、電界には比較的応答しない材料で構成されている。

10

20

30

40

50

【0019】

DC駆動電圧は、ポリマ30の高屈折率領域32を形成するのに十分な最大値と、光電ポリマの配向状態が弱まっていく最小値との間で変動可能であることを想定している。限定ではなく例示として、多くのカー効果ポリマの場合、駆動電圧が約500VDC未満であると、光信号の光電ポリマ30への結合は実質的に生じず、駆動電圧が約500VDCよりも高いと、実質的な結合が得られる。尚、駆動電圧は、多くの場合、これらの状態値から大きく変動することを注記しておく。何故なら、これらは本発明にしたがって利用する特定のポリマ材料に依存するからである。実際、動作電圧は、正しい材料及び動作条件を仮定しても、数ボルトという低さになる可能性もある。

【0020】

電界の発生は、高屈折率領域32の大部分が、制御電極40よりも更に導波路コア10から離れて、導波路コアの上方に間隔を置いて位置するように行われる。例えば、図1における高屈折率領域32の表現は、その位置及び境界の正確な図を示すことは意図していないが、電界は、相対的に屈折率が高いポリマ領域32の中央部分が、約5 μ m~約10 μ mだけ導波路コア10の中央部分から変位するように発生するとよい。このために、非ポール光電ポリマ30を、約1 μ m~約5 μ mだけクラディング20から離間させることができる。

【0021】

本発明の光構造の温度は、非ポール光電ポリマ30が、印加した電界により、デバイスの有用な動作を可能にするのに十分大きな複屈折を誘発できるのに十分な程度の発色団の移動を発生する温度よりも高く維持しなければならない。例えば、限定ではなく、非ポール光電ポリマは、約70~約100よりも低い温度で、十分な発色団移動度を発生するように構成することができる。本発明の概念は種々の動作温度でも採用することができるが、アレイ状導波路格子は実質的に同じ温度で動作することが多いので、光構造をアレイ状導波路格子の入力又は出力に結合しようとする場合には、この温度範囲は特に有利である。

【0022】

本発明における使用に適したカー効果媒体は、一般に、ポリマ/発色団配合物、又は発色団を側鎖として結合したポリマから成る。ポリマ/発色団配合物は、例えば、重量百分率が約5%~約20%の発色団を含むとよいが、他の適した重量百分率の範囲でも適している可能性がある。限定ではなく例示として、ポリマは、ポリカーボネート、PMMA、及びポリシクロヘクサンから選択したフッ化ポリマ又はポリマを含むとよい。発色団の移動度を高めるために溶剤を用いる場合、適した溶剤は、THS及びクロロフォルムを含むが、これらに限定されるのではない。加えて、カー効果媒体は、大きな光異方性を有する成分が、印加した電界の影響下で再配向するために十分な移動度を有する限り、クロスリンク・ポリマ又はゾル・ゲル・マトリクスの発色団を含んでもよい。また、カー効果媒体は、ホスト・ポリマ内に埋め込まれた液晶分子、又は印加した電界によって複屈折を誘発することができるその他の材料を含んでもよい。

【0023】

本発明において用いるのに適した発色団は、光異方性(複屈折)及び二極モーメント(dipole moment)を有し、電極を印加した場合に配向を変化することができる分子を含む。例えば、限定ではなく例示として、本発明において用いるのに適した発色団の一種は、供与成分、共役及び/又は芳香成分を含む橋架成分、ならびに受容成分を含む。供与成分は、比較的強い電子供与群を含むことができ、受容成分は比較的強い電子受容群を含むことができる。本発明を記載し規定する目的上、供与成分は電子を供与することができる成分から成り、受容成分は電子を受容することができる成分から成り、橋架成分は供与成分及び受容成分を強力に結合することを注記しておく。また、好ましい発色団は、これらが伝搬信号の周波数において光を吸収する度合いを考慮して選択するとよく、吸収度が低いことが好ましい。

【0024】

10

20

30

40

50

限定ではなく例示として、米国公開公報第US 2004-0184694号に記載されている分子構造を有する発色団が、本発明による使用に適していると思われる。

尚、本発明による非ポール光電ポリマのポリマ媒体は、媒体に可塑剤を混合することにより、又はデバイスの動作温度が媒体のガラス遷移温度に接近することを確実にすることにより、容認できる度合いの発色団移動度及び物理的安定性を備えているとよいことが考えられる。例えば、有効ガラス遷移温度 T_g が約120未満、更には20以下であることを特徴とする非ポール・ポリマ媒体であれば、導波路デバイスを高温に維持することに伴う多くの設計制約を解消するので、特に有利であると考えられる。約70～約100の動作温度において発色団移動度を呈するポリマ媒体も、これらの温度は、アレイ状導波路格子及びその他の同様の光構成部品の典型的な動作温度と適合するので、特に有利である。

【0025】

また、本発明による非ポール光電ポリマは、媒体内に適した溶剤を加えることにより容認可能な程度の発色団移動度を備えるとよいことも考えられる。発色団及びベース・ポリマを含むポリマ媒体の場合、適した溶剤は発色団及びポリマの双方を溶解する。多くの場合、このような溶剤の使用により、室温又はその付近において適したデバイス動作温度が得られる。本発明を規定し記載する目的上、ここで容認可能な程度の発色団移動度について引用する場合は、特に注記しない限り、問題とするデバイスの動作温度範囲の少なくとも一部において材料がこのような移動を呈することを暗示的に仮定している。

【0026】

図2及び図3に示す本発明の実施形態を参照すると、非ポール光電ポリマ30は、図1の実施形態の場合におけるような、導波路コア10から離間されているのではなく、導波路コア10の大部分を包囲するように構成するとよい。図2の実施形態では、相対的に屈折率が高いポリマ領域32の大部分が、制御電極40及び導波路コア10によって規定される実質的に三角形の領域内に規定されるように、電界を発生する。限定ではなく一例として、相対的に屈折率が高いポリマ領域32の中央部分が、約5 μm ～約10 μm だけ導波路コア10の中央部分から変位するように、電界を発生することができる。

【0027】

図3の実施形態では、電界の強さを増大させ、屈折率が比較的高いポリマ領域32の中央部分をコア10に近づくように駆動し、本質的に単一ボード導波路としてのコア10を破壊する。この実施形態では、高屈折率ポリマ領域32の屈折率は、コア10のそれに近づくか、達するか、又は超過し、コア10を伝搬する信号はシステムから失われる。

【0028】

ポリマ30内に結合する光信号が散乱し導波路コア10に再度入射しない、本発明の実施形態では、比較的大きな本質的損失(intrinsic loss)を呈する光電ポリマを採用すると有利な場合もある。また、屈折率が高くなる程損失率が高くなる光電媒体を採用することが有利な場合もある。このように、光信号は、導波路コア10から増々引き出されるに連れて、システムから一層効率的に除去される。例えば、限定ではなく、このような材料の周知の例は、ポリマ散乱液晶であり、電界の印加により液晶滴液を配向し、印加した電界に沿って有効屈折率を高め、その結果印加した電界の方向に沿って偏光した光に対する光の散乱が増大する。

【0029】

非偏光、即ち、水平配向成分TE及び垂直配向成分TM双方を含む光信号を誘導することに関して、DC駆動電圧が発生する輪郭電界(contoured electric)E内における導波路コア10の位置決めにより、光電相互作用の伝搬光信号の2つの支配的偏光に対する相対的な効率に変化する。構成の中には、TE偏光の方がTM偏光よりも変化する場合もある。他の配向では、逆の場合もある。

【0030】

図8～図10を参照すると、制御電極40は、導波路コア10に対して光電効果を与えるように構成できることがわかる。この光電効果は、偏光に依存しない(図10A～図1

10

20

30

40

50

0 C)か、あるいは主にTE偏光(図8A~図8E)又はTM偏光(図9~図9C)を変化させる。更に具体的には、図8A~図8Eに示す電極/コア構成は、主にTE偏光に感応する光電応答を与える例である。程度は少ないが(約1/3)、図8A~図8Eに模式的に示す電界はTM偏光にも影響を及ぼす。同様に、図9A~図9Cに示す電極/コア構成は、主にTM偏光に感応する光電応答を与える例である。程度は少ないが(約1/3)、図9A~図9Cに模式的に示す電界はTE偏光にも影響を及ぼす。TE及びTM偏光に対する影響間の関係は、通例、カー媒体については異なる。例えば、屈折率がTEに対して増加すると、TMの屈折率は、電界が均一であると仮定すると、約1/2に量が減少する。ここに示す電極構成の多くでは、TMモードは電界の湾曲のために殆ど変化を受けない。

10

【0031】

図9の実施形態、及び電極40又はその他の導電性部材が導波路コア10の下に位置する他のいずれかの実施形態を参照すると、比較的導電性が高いシリコンの領域をクラディング20内又はその下に形成することができ、図9Cにおいてコア10の下に示す電極40と同等に利用できると考えられる。

【0032】

図10A~図10Cに示す電極/コア構成は、光信号の偏光には実質的に感応しない光電応答を与える例である。しかしながら、図10における電極パターンは、TE及びTMモードに対して実質的に同じ応答を与えるが、必ずしも偏光不感応性と同一ではない。

【0033】

本発明を記載し規定する目的上、TE及びTM偏光は、光信号の2つの独立した電磁モードを表すことを注記しておく。光信号の電界が導波路コアの伝搬の主軸に沿って延びる平面に対して垂直となる電磁界の分布を、横方向電気(TE)モードと呼ぶ。光信号の磁界が導波路コアの伝搬の主軸に沿って延びる平面に対して垂直となる電磁界の分布を横方向磁気(TM)モードと呼ぶ。また、図示した種類のチャネル導波路では、伝搬モードは純粹にTE又はTMモードだけではない。むしろ、モードは通例一方又は他方に対して優勢であり、一般にそのように指定されている。したがって、TE偏光モードは、伝搬面に対して平行な電界成分が信号の最も大きな成分である分散を呈するに過ぎないと言うことができる。同様に、TM偏光モードは、伝搬面に対して平行な磁界が信号の最も大きな分散を呈するに過ぎないと言うことができる。

20

30

【0034】

具体的に図11を参照すると、光書き込みデバイス70又はその他の種類の光信号出力デバイスは、ここに記載する種々の態様のいずれかで構成された可変光減衰構造75を複数個含むアセンブリとして形成すればよいことがわかる。即ち、図示の実施形態では、書き込みデバイスは、例えば、光信号ピッチが約50 μm であることを特徴とするDVD書き込みユニットとして構成することができ、全体的に75で示す複数の可変光減衰構造のそれぞれのDC駆動電圧の独立制御のために構成することができる。このために、制御電極40及び光導波路コア10のアレイも図11に示す。更に、単一の光源72からの光を、導波路コア10のネットワークを通じてそれぞれの減衰構造に誘導する。複数の光減衰構造75における減衰器の各々は、その中で減衰した光信号を光書き込みデバイス70の別個の出力に誘導するように構成されている。

40

【0035】

本発明の先に記した実施形態は、可変光減衰構造に関して説明したが、本発明の概念は、光信号の位相を制御する方式にも適用できることも想定している。具体的には、本発明による導波路構造は、光信号の非ポール光電ポリマ30の高屈折率領域32への結合を駆動し、信号の導波路コア10への復帰を可能にするように構成することができる。高屈折率領域における信号の伝搬の条件は、光信号がコア10に戻るときに特定の位相遅延を光信号に付与するように個別に設計することができる。例えば、図12を参照すると、このような位相遅延構造が全体的に85で表されており、マッハ・ゼンダー干渉計構成80の一方又は双方のアーム82、84に組み込むことができる。各導波路アームに沿って進行

50

する光信号のそれぞれの位相を変化させて干渉計構造からの光信号出力にばらつきを持たせることができるようにする場合、その詳細は本発明の範囲を超えており、マッハ・ゼンダ干渉計及びその他の関連デバイスについて記述する文献から容易に集めることができる。

【0036】

図4及び図5の「リッジ」導波路構造を参照すると、本発明は、導波路に沿って伝搬する光信号を制御する方式も想定しており、この場合、光電ポリマ30は限られた高さの部分hを規定し、導波路コア10及びクラディング20と高さ部分hの対向端において接している。本発明の一実施形態によれば、光電ポリマ30は導波路構造の上に被着され、導波路コア10に沿って伝搬する信号のモード形状は、広がって光電ポリマ30に垂直に結合するように促される。信号が結合状態で導波路構造に沿って伝搬すると、デバイスの構造は信号が導波路コア10に再度結合するようになる。この種の伝搬に関して更に図6A～図6Cを参照しながら説明する。

10

【0037】

光電ポリマ30が規定する屈折率は、非結合値 n_{E0} から制御電極40が発生する適宜の電界の印加の下における結合値 n_{E0}' まで変動する。非結合インデックス値 n_{E0} は、通例、導波路コア10の屈折率 n_{CORE} 未満であるが、非結合インデックス値 n_{E0} は、単一モードの伝搬が維持される限り、屈折率 n_{CORE} よりも大きくなる可能性がある。結合インデックス値 n_{E0}' は、非結合屈折率 n_{E0} 及びクラディングの屈折率 n_{CLAD} よりも大きい。したがって、高さ部分hは、ポリマの屈折率の結合インデックス値 n_{E0}' への電圧によって誘発された増大のために、導波路コア10に沿って伝搬する光信号の高強度部分が光電ポリマ30に結合するように選択することができる。続いて、信号は光電ポリマ30に沿って伝搬し、クラディング20によって一端縁において反射し、導波路コア10に戻ってくる。伝搬信号のポリマ30へ及びポリマ30からの高強度部分のシフトは、図6A～図6Cに更に詳しく示されており、以下で論ずることにする。

20

【0038】

図4及び図5並びに本明細書に記載されているリッジ導波路構造も、ポール光電ポリマを採用することができ、この場合分子の配位は実質的に配向状態に固定され(通例、過熱状態にあるポリマをポールし、続いてこのポリマを冷却することによって)、あるいは非ポール光電ポリマを採用することができ、この場合分子の配位は、印加電界の影響下で、動作の間固定されている。ポール材料に関しては、DC電圧又はその他の制御信号を利用して、ポール材料の配位安定性を高めることができる。

30

【0039】

図6を参照すると、光信号が導波路コア10に結合及び復帰できるか否かは、制御電極40及び非ポール光電ポリマ30によって規定される能動領域50の長さにある程度依存することがわかる。図6に示すように、能動領域50の長さlは、導波路コア10の一部に沿って延びている。限定ではなく例示として、能動領域50は、本発明の実施形態の中では、少なくとも約0.5cm～約4cm未満にわたって延びる場合もあることを想定している。図6A～図6Cは、光信号が能動領域50に入る前(図6A参照)、能動領域50内部の非ポール光電ポリマ30内に結合される前(図6B参照)、そして能動領域50から出射し導波路コア10に戻った後(図6C参照)における光信号の横方向電界強度鉛直断面をそれぞれ示す。信号の中央の高強度部分の図6Aの座標[0,0]からの $3\mu\text{m}$ の垂直方向のずれが図6Bに示されており、光信号の非ポール光電ポリマ30への前述の結合を表す。

40

【0040】

結合された光信号の導波路コア10への復帰を促進するために、制御電極40、高さ部分h、ならびに導波路コア10、クラディング20、及び光電ポリマ30のそれぞれの屈折率は、結合された光信号が導波路コア10内の単一モード伝搬及びポリマ30の高屈折率領域に制約されるように構成されなければならない。本発明を実施する者には、これ

50

らのパラメータに対して種々の具体的な値を相応しく組み合わせれば、コア10及びポリマにおいて単一モード伝搬が生ずることは当然認められよう。しかしながら、限定ではなく例示として、高さ部分hは、約 $1\mu\text{m}$ ～約 $4\mu\text{m}$ となるように選択するとよい。あるいは、本実施形態の導波路構造は、高さ部分hとコアの対応する高さ部分との組み合わせが約 $3\mu\text{m}$ ～約 $12\mu\text{m}$ に該当するように構成してもよい。

【0041】

また、能動領域内におけるコアの高さを、能動領域50の外側におけるその高さに対して縮小し、能動領域50内部に部分的コアを形成してもよい。この場合、非ポール光電ポリマ30の高さ部分hは、コアの縮小高さを補償するように選択され、光電ポリマ層が導波路構造の一体部分のように形成され、縮小高さコア10及びポリマ30を含む構造に光が結合し、この構造から光が出射できるようにする。信号損失を最小限に抑えることは、光信号が能動領域に入射及び出射する際に、能動領域50におけるモードの中心を、能動領域50のモードの中心に一直線状に維持することによって可能となると考えられる。例えば、能動領域50におけるコア10の高さを約 $2\mu\text{m}$ 縮小し、約 $2\mu\text{m}$ の非ポール光電ポリマ層30を設けることによって、縮小した高さを補償することが好ましい場合がある。このような構成は、多くの場合、能動領域50の有効性を高めることができる。何故なら、伝搬光信号は、特にDC駆動電圧がポリマに印加されている場合には、ある程度ポリマ30内を伝搬するように促進されるからである。

【0042】

コアの高さを縮小することに関して、単一モード伝搬を維持するためには、特にポリマ30の屈折率がコアの屈折率よりも著しく高い場合、導波路コアの幅を縮小することが好ましい場合もある。尚、図6を参照して以下で論ずる漸減導波路部分は、単一モード伝搬を維持するための代替手段を表している。

【0043】

先に論じた部分的コア構成を更に例示するために、更に別の例として、縮小コア高さ部分 h_c 及び高さ部分hは、能動領域50の外側におけるコア10の対応する高さ部分に、ある特定の範囲内で、例えば、 $\pm 2\mu\text{m}$ 以下でほぼ等しくなるように選択すれば十分である場合もある。縮小コア高さ h_c を約 $1\mu\text{m}$ ～約 $5\mu\text{m}$ だけ能動領域の外側におけるコアの対応する高さ部分よりも小さくすると、多くの場合、従来の導波路構造、そして今後開発される導波路構造との互換性が得られる。

【0044】

また、図6には、能動領域50の入力部分及び出力部分の近傍に規定したそれぞれの信号遷移領域60も示されている。図示の実施形態では、遷移領域60は、能動領域50の入力部分の近傍において断面寸法が減少し、能動領域50の出力部分の近傍において断面寸法が増大する漸減導波路コアを規定する。能動領域50の入力及び出力のそれぞれにおいて徐々に漸減する遷移領域60は、光モードが伝搬して能動領域50に入る場合及び能動領域50から出る場合における光損失を最小限に抑えられとされる。更に、遷移領域60は、能動領域50の入力部分の近傍に周期的区分導波路コア、そして能動領域50の出力部分の近傍に周期的に区分された導波路コアを規定するように構成してもよい。本発明のリッジ導波路の実施形態において能動領域50を伝搬して通過する光は決して完全に導波路コア10から離れないことは、注記すべき重要事項である。

【0045】

図4及び図5には示さないが、制御電極40は、必ずしも導波路コア10の対向する両側に構成しなくてもよい。例えば、本発明の付加的な実施形態によれば、制御電極40は、図4及び図5に示すコア10の上下に平行に構成することができる。加えて、ここに記載する、平行に配置した電極40は、コアの上下において、コア10と実質的に一直線状となるか、あるいは互いに対して及び/又はコア10に対してずれることも可能である。図9Cに関して先に論じたように、比較的導電性が高いシリコンの領域をクラディング20内又はその下に形成するとよく、更にコア10の下において電極40と同等に利用できる。

10

20

30

40

50

【0046】

コア10の具体的な組成は、本発明の多くの実施形態において強調点ではなく、例えば、ドーブした又はドーブしないシリカ、ドーブした又はドーブしないシリコン、酸窒化シリコン、ポリマ、及びその組み合わせから成る材料から選択すればよい。しかしながら、非ポール光電ポリマ30が比較的高い屈折率、例えば、1.6に近い又はこれを超える屈折率を特徴とする場合、酸窒化シリコンのコアが最も適している。

【0047】

先に図1及び図2の実施形態に関して詳しく論じたように、非ポール光電ポリマ30はカー効果ポリマとすることができ、カー係数は、限定ではなく、高さ部分hを含む非ポール光電ポリマの特性の関数である。本発明の一態様によれば、高さ部分hは、電圧誘導DC電界の印加の下において、ポリマ内に少なくとも約40%の導波路効率がnによって得られるように選択する。本発明を規定し記載する目的上、この導波路効率パラメータは、伝搬モードにおいて非ポール光電ポリマ30に達する(experience)光量の尺度となる。例えば、導波路効率が約40%の場合、伝搬光モードのほぼ半分がポリマ30に達する。効率値が少なくとも約40%であれば、本発明による導波路デバイスによって光信号をほぼ制御できる。

【0048】

図7A及び図7Bに移ると、n及び高さ部分hに対して具体的な設計パラメータが与えられると、導波路効率はポリマ30における光損失に反比例する。したがって、光損失及び導波路効率の容認可能な程度を選択において均衡を取る必要があると考えられる。例えば、高さ部分hは、目標nには実質的な信号損失の度合い、例えば、約1dB~約10dBの信号損失が生ずるように選択する必要がある。実際、本発明の多くの実施形態では、能動領域50における信号損失が約3dBより大きく、この値では、多くの場合、図7A及び図7Bに示すように、40%を遥かに超える導波路効率を得られる。尚、これらのシミュレーション結果はコアの高さを最大にした構成について得られたのであり、前述したコアの高さを減少する構成では損失特性の向上が考えられる。

【0049】

尚、ここに開示した種々の導波路構造及び光信号制御方式は、カー効果にしたがって動作する非ポール光電ポリマに限定されるものではない。実際、ここに開示した構造の必須動作特性は、カー効果又はポッケル効果等の下で動作する熱光学素子、磁気光学素子、光電素子の使用によって達成することができる。

【0050】

本発明を規定し記述する目的のために、「光」又は「光信号」の波長は、電磁スペクトルのいずれの特定の波長又は部分にも限定されない。むしろ、「光」及び「光信号」という用語は、本明細書全体を通じて相互に交換可能に用いられており、主題の異なる集合をその範囲とすることは意図しておらず、ここでは、光導波路内を伝搬可能な電磁放射線のいずれの波長をも包含すると定義する。例えば、電磁スペクトルの可視及び赤外部分における光又は光信号は、双方共、光導波路内を伝搬することができる。光導波路は、適した信号伝搬構造であればいずれのものでも用いることができる。光導波路の例には、限定ではないが、光ファイバ、スラブ導波路(slab waveguide)、及び、例えば、集積光回路に用いられる薄膜が含まれる。

【0051】

尚、「好ましくは」、「一般に」、及び「通例」というような用語は、ここでは、特許請求する発明の範囲を限定するためや、ある特徴が特許請求する発明の構造又は機能にとって重大、必須、又は重要でさえあることを暗示するために利用されているのではない。逆に、これらの用語は、単に、本発明の特定のな実施形態において利用してもしなくてもよい、代替的又は付加的な特徴を強調することを意図するに過ぎない。

【0052】

本発明を説明し規定する目的のために、「実質的に」という用語は、いずれかの定量的比較、値、測定、又はその他の表現に帰することができる不確実性の固有の度合いを表す

10

20

30

40

50

ためにここでは利用されている。また、「実質的に」という用語は、定量的表現が、問題の主題の基本的機能の変化を生ずることなく、詳述した基準から変動し得る度合いを表すために、ここでは利用されている。

【0053】

以上、詳細に、そして具体的な実施形態を参照しつつ本発明について説明したが、添付した特許請求の範囲に規定されている本発明の範囲から逸脱することなく、変更や変形が可能であることは明白であろう。更に具体的には、本発明の態様の一部は、ここでは、好ましい、典型的な、又は特に有利なものとして特定したが、本発明はかならずしも本発明のこれらの態様に限定される訳ではないことも想定している。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明の一実施形態による導波路構造の模式図である。

【図2】2つの異なる電界誘発高屈折率領域を組み込んだ、本発明の別の実施形態による導波路構造の模式図である。

【図3】2つの異なる電界誘発高屈折率領域を組み込んだ、本発明の別の実施形態による導波路構造の模式図である。

【図4】カバー・プレート電極を用いた、本発明によるリッジ導波路構造の模式図である。

【図5】オンチップ電極を用いた、本発明によるリッジ導波路構造の模式図である。

【図6】漸減遷移領域を用いた、本発明によるリッジ導波路構造の模式図である。

【図6A】図6のリッジ導波路構造に沿った異なる地点を伝搬する光信号のそれぞれの横方向電界鉛直断面の模式図である。

【図6B】図6のリッジ導波路構造に沿った異なる地点を伝搬する光信号のそれぞれの横方向電界鉛直断面の模式図である。

【図6C】図6のリッジ導波路構造に沿った異なる地点を伝搬する光信号のそれぞれの横方向電界鉛直断面の模式図である。

【図7A】本発明による特定のリッジ導波路構造における光信号損失及び導波路効率のグラフである。

【図7B】本発明による特定のリッジ導波路構造における光信号損失及び導波路効率のグラフである。

【図8A】主にTE偏光に感応する光電応答が得られるように構成した特定の導波路構造の模式図である。

【図8B】主にTE偏光に感応する光電応答が得られるように構成した特定の導波路構造の模式図である。

【図8C】主にTE偏光に感応する光電応答が得られるように構成した特定の導波路構造の模式図である。

【図8D】主にTE偏光に感応する光電応答が得られるように構成した特定の導波路構造の模式図である。

【図8E】主にTE偏光に感応する光電応答が得られるように構成した特定の導波路構造の模式図である。

【図9A】主にTM偏光に感応する光電応答が得られるように構成した特定の導波路構造の模式図である。

【図9B】主にTM偏光に感応する光電応答が得られるように構成した特定の導波路構造の模式図である。

【図9C】主にTM偏光に感応する光電応答が得られるように構成した特定の導波路構造の模式図である。

【図10A】実質的に光信号の偏光には不感応な光電応答が得られる光電応答が得られるように構成した特定の導波路構造の模式図である。

【図10B】実質的に光信号の偏光には不感応な光電応答が得られる光電応答が得られるように構成した特定の導波路構造の模式図である。

10

20

30

40

50

【図10C】実質的に光信号の偏光には不感応な光電応答が得られる光電応答が得られるように構成した特定の導波路構造の模式図である。

【図11】本発明による導波路構造を組み込んだ光書き込みデバイスの模式図である。

【図12】本発明による導波路構造を組み込んだマッハ・ゼンダー・デバイスの模式図である。

【図1】

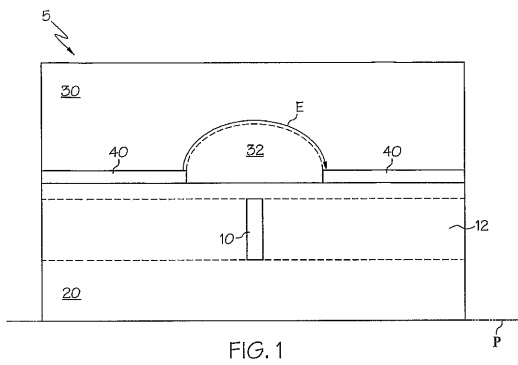


FIG. 1

【図3】

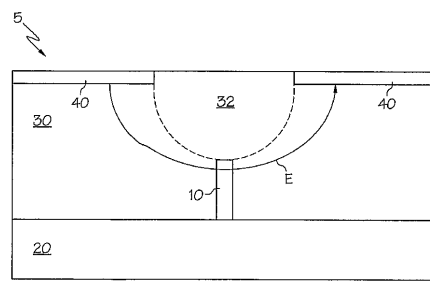


FIG. 3

【図2】

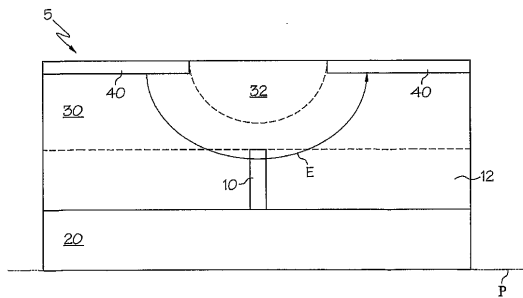


FIG. 2

【図4】

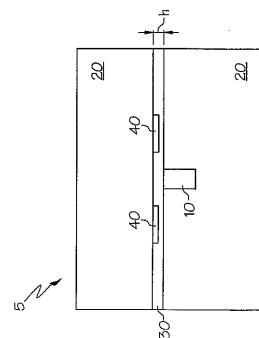


FIG. 4

【 図 5 】

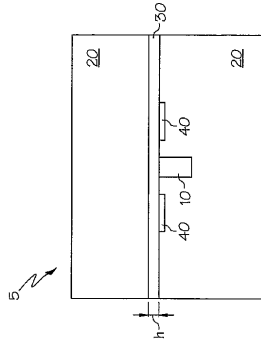


FIG. 5

【 図 6 】

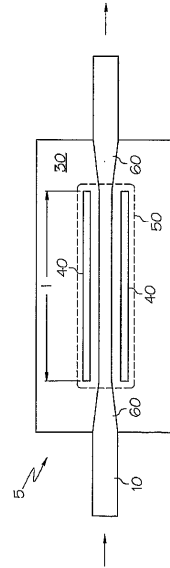
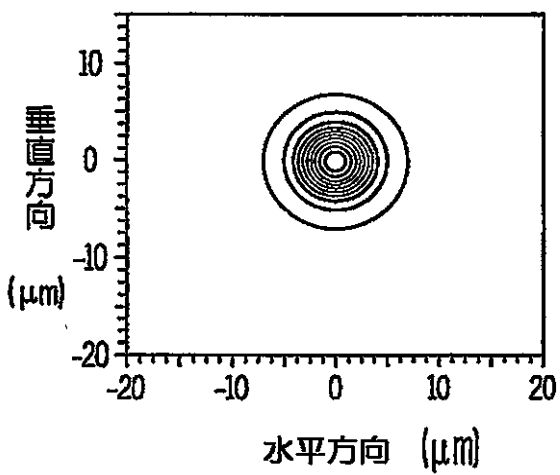


FIG. 6

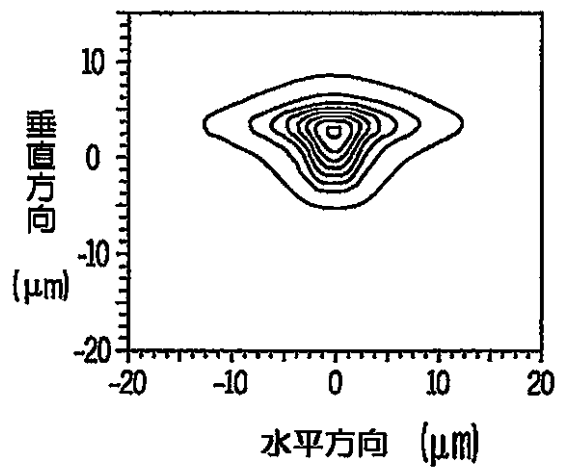
【 図 6 A 】

横方向電界鉛直断面の等電位図

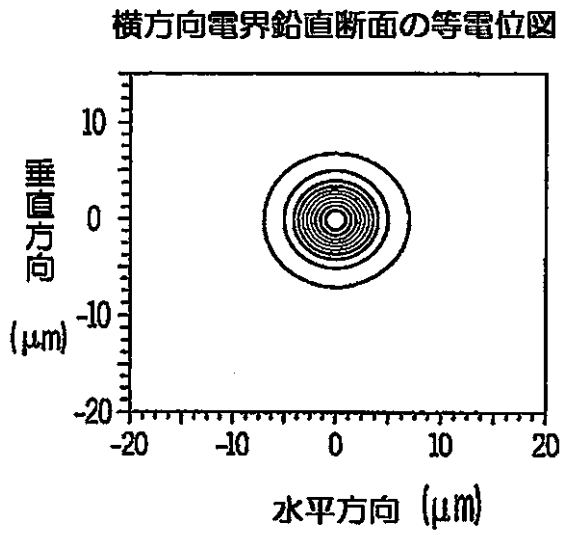


【 図 6 B 】

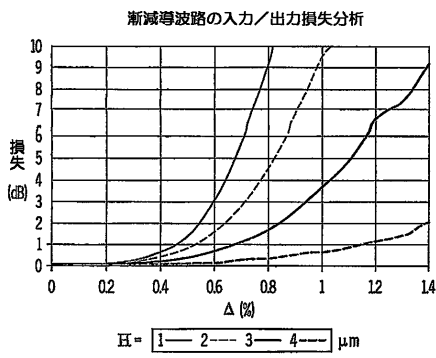
横方向電界鉛直断面の等電位図



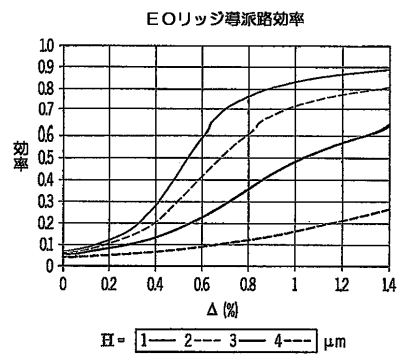
【 図 6 C 】



【 図 7 A 】



【 図 7 B 】



【 図 8 A 】

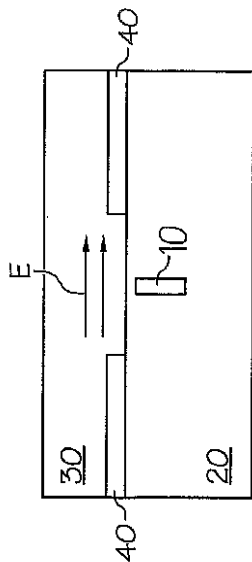


FIG. 8A

【 図 8 B 】

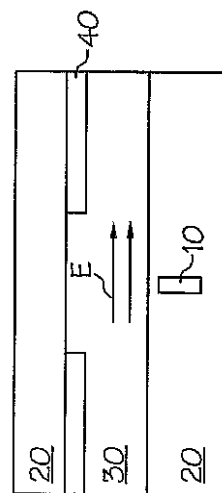


FIG. 8B

【 図 8 C 】

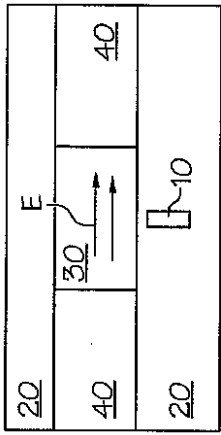


FIG. 8C

【 図 8 D 】

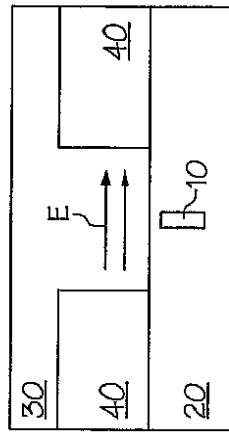


FIG. 8D

【 図 8 E 】

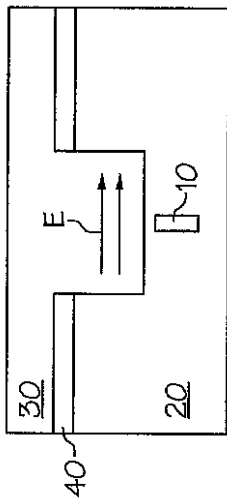


FIG. 8E

【 図 9 A 】

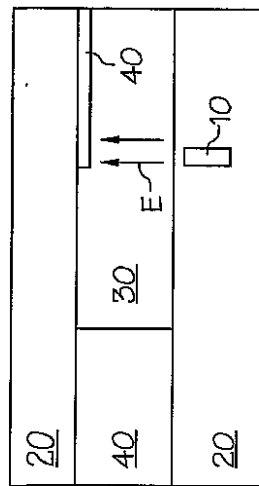


FIG. 9A

【 図 9 B 】

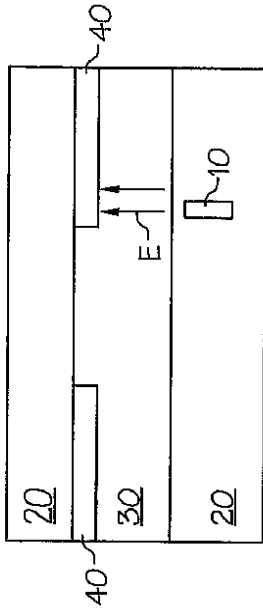


FIG. 9B

【 図 9 C 】

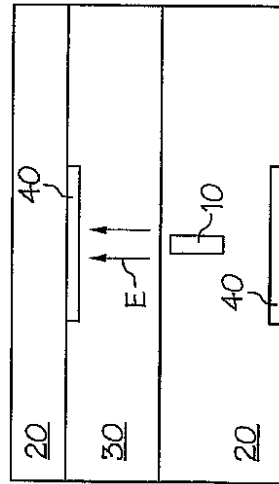


FIG. 9C

【 図 1 0 A 】

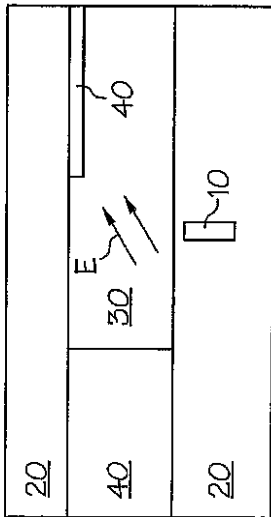


FIG. 10A

【 図 1 0 B 】

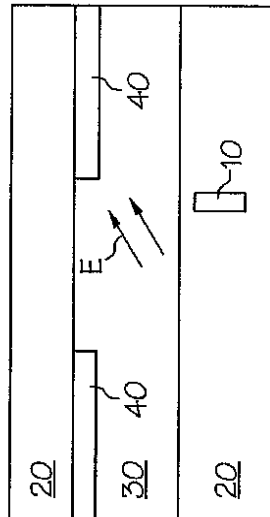


FIG. 10B

【 図 1 0 C 】

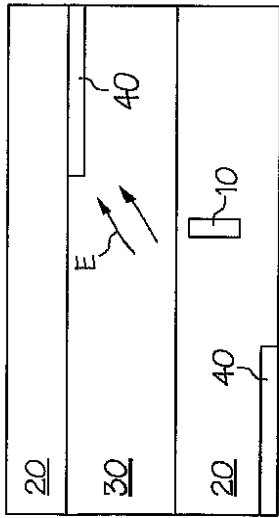


FIG. 10C

【 図 1 1 】

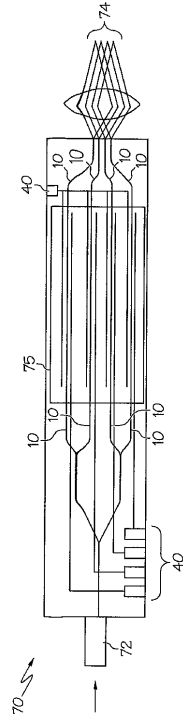


FIG. 11

【 図 1 2 】

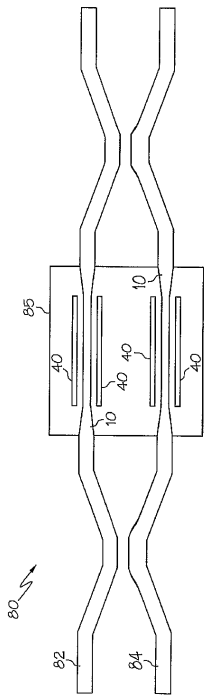


FIG. 12

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US2005/011003

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G02F1/065		
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		
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, WPI Data, COMPENDEX, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	RIDGWAY R. ET AL.: "Fast VOA employing electrooptically-clad silica waveguide" PROCEEDINGS OF SPIE, vol. 5724, April 2005 (2005-04), pages 72-79, XP002336167 Bellingham, WA (USA) the whole document	1,2, 14-16,49
X	US 5 729 641 A (CHANDONNET ET AL) 17 March 1998 (1998-03-17) column 4, lines 24-57 column 5, lines 8-20 column 7, line 35 - column 8, line 12 column 11, lines 34-42 figures 3,4,13-15	1
A	US 2003/174982 A1 (RIDGWAY RICHARD WILLIAM ET AL) 18 September 2003 (2003-09-18) the whole document	1,2, 14-16,49
<input 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 20 July 2005		Date of mailing of the international search report 10. 11. 05
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. 81 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Lüssem, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter: I Application No
PCT/US2005/011003

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5729641	A	17-03-1998	NONE
US 2003174982	A1	18-09-2003	AU 2003224691 A1 29-09-2003
			CA 2477542 A1 25-09-2003
			EP 1490727 A1 29-12-2004
			JP 2005521080 T 14-07-2005
			WO 03079105 A1 25-09-2003

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2005/011003**Box II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 8.4(a).

Box III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.

2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1, 2, 14-16, 49

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US2005/011003

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1,2,14-16,49

The subject-matter of claims (1,)2,14-16,49 is directed to a method of attenuating an optical signal propagating in a waveguide structure, the structure comprising an un-poled electrooptic polymer, by way of electrical control.

2. claims: 1,3-13,19-21,45,46

The subject-matter of claims (1,)3-13,19-21,45,46 is directed to a method of attenuating a single (or a multitude of) optical signal(s) propagating in a single (or a multitude of) electrooptic polymer waveguide structure(s), the method being optimised with regard to the coupling behaviour.

3. claims: 1,17,18,47,48

The subject-matter of claims (1,)17,18,47,48 is directed to a method of attenuating an optical signal propagating in an electrooptic polymer waveguide structure, the method being optimised with regard to the polarisation sensitivity of the device.

4. claims: 22-44

The subject-matter of claims 22-44 is directed to a method of coupling-out and subsequently efficiently coupling-in an optical signal from/into an electrooptic polymer waveguide structure.

フロントページの続き

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, 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, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, 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, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, 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, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(74) 代理人 100096068

弁理士 大塚 住江

(72) 発明者 ニッパ, デイビッド・ダブリュー

アメリカ合衆国オハイオ州 4 3 0 1 7, ダブリン, ホープウェル・コート 7 2 6 2

(72) 発明者 リッジウェイ, リチャード・ダブリュー

アメリカ合衆国オハイオ州 4 3 0 7 1, ウェスタービル, ヒッコリー・ビュー・コート 6 3 1

(72) 発明者 リサー, スティーブン・エム

アメリカ合衆国オハイオ州 4 3 0 6 8, レイノルズバーグ, キングスレー・ドライブ 8 9 9 1

(72) 発明者 ショエルナー, ダーク

アメリカ合衆国オハイオ州 4 3 2 1 2, コロンブス, ウェスト・セカンド・アベニュー 1 4 2 2

(72) 発明者 ヴァシー, ルイス・ピー

アメリカ合衆国オハイオ州 4 3 0 5 4, ニュー・アルパニー, セッジフィールド・ドライブ 1 4 0 2

F ターム(参考) 2H079 AA02 AA12 BA01 BA03 DA07 DA24 EA03 EA05 EB05