

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4818967号
(P4818967)

(45) 発行日 平成23年11月16日(2011.11.16)

(24) 登録日 平成23年9月9日(2011.9.9)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 2 F 1/025 (2006.01) G O 2 F 1/025

請求項の数 12 (全 28 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-75837 (P2007-75837) (22) 出願日 平成19年3月23日 (2007. 3. 23) (65) 公開番号 特開2008-233710 (P2008-233710A) (43) 公開日 平成20年10月2日 (2008. 10. 2) 審査請求日 平成21年1月22日 (2009. 1. 22)</p>	<p>(73) 特許権者 000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 (74) 代理人 100078499 弁理士 光石 俊郎 (74) 代理人 100102945 弁理士 田中 康幸 (74) 代理人 100120673 弁理士 松元 洋 (72) 発明者 菊池 順裕 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内 審査官 山本 貴一</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光処理回路

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力された光信号を複数の周波数成分に分離する光周波数分波器と、
 前記光周波数分波器で分離された光信号の位相を変調する位相変調器と、
 前記位相変調器で位相を変調された光信号を合成する光周波数合波器と
 を備え、
 前記位相変調器が、
 半導体基板と、
 前記半導体基板上に設けられる n 型の第一の半導体クラッド層と、
 前記第一の半導体クラッド層上に設けられるノンドープの i 型半導体層と、
 前記 i 型半導体層上に設けられる n 型の第二の半導体クラッド層と、
 前記第一の半導体クラッド層と前記 i 型半導体層との間及び前記第二の半導体クラッド
 層と前記 i 型半導体層との間の少なくとも一方の間に設けられる p 型の第三の半導体クラ
 ッド層と
 を有する層構造をなすと共に、
 前記第三の半導体クラッド層を介して前記 i 型半導体層へ電界を印加する位相変調用電
 極を備え、
前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方が、複数のアレイ導波路
を有する半導体アレイ導波路格子であり、
前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方の前記アレイ導波路上に

10

20

補正用電極が設けられている

ことを特徴とする光処理回路。

【請求項 2】

入力された光信号を複数の周波数成分に分離する光周波数分波器と、
前記光周波数分波器で分離された光信号の位相を変調する位相変調器と、
前記位相変調器で位相を変調された光信号を合成する光周波数合波器と
を備え、
前記位相変調器が、
半導体基板と、
前記半導体基板上に設けられる n 型の第一の半導体クラッド層と、
前記第一の半導体クラッド層上に設けられるノンドープの i 型半導体層と、
前記 i 型半導体層上に設けられる n 型の第二の半導体クラッド層と、
前記第一の半導体クラッド層と前記 i 型半導体層との間及び前記第二の半導体クラッド
層と前記 i 型半導体層との間の少なくとも一方の間に設けられて、接触する当該半導体ク
ラッド層の電子親和力よりも小さい電子親和力を有する第三の半導体クラッド層と
を有する層構造をなすと共に、
前記第三の半導体クラッド層を介して前記 i 型半導体層へ電界を印加する位相変調用電
極を備え、

10

前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方が、複数のアレイ導波路
を有する半導体アレイ導波路格子であり、

20

前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方の前記アレイ導波路上に
補正用電極が設けられている

ことを特徴とする光処理回路。

【請求項 3】

請求項 2 において、
前記第三の半導体クラッド層が、InAlAs からなる
ことを特徴とする光処理回路。

【請求項 4】

請求項 2 又は請求項 3 において、
前記第三の半導体クラッド層が、p 型である
ことを特徴とする光処理回路。

30

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれかにおいて、
前記半導体基板が、(100) 面方位を有すると共に、
前記位相変調器が、下記の方角 (A) に対して平行な直線状をなしている
ことを特徴とする光処理回路。

【表 1】

方位 (A)
$[0\ 1\ \bar{1}]$

40

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれかにおいて、
前記位相変調器が、ハイメサ構造をなしている
ことを特徴とする光処理回路。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれかにおいて、
前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方の前記アレイ導波路が、
前記位相変調器の前記層構造と同一の層構造をなしている
ことを特徴とする光処理回路。

【請求項 8】

50

請求項 1 から請求項 7 のいずれかにおいて、

前記補正用電極が、複数の前記アレイ導波路の間を連絡するように当該アレイ導波路の間にわたって配設されると共に、当該アレイ導波路の軸方向の長さを当該アレイ導波路の配列方向一方側よりも他方側ほど長くするように形成されている

ことを特徴とする光処理回路。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 7 のいずれかにおいて、

前記補正用電極が、複数の前記アレイ導波路の間を断続させるように当該アレイ導波路にそれぞれ配設されると共に、当該アレイ導波路の軸方向の長さがそれぞれ等しくなっている

ことを特徴とする光処理回路。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 のいずれかにおいて、

前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方の前記アレイ導波路が、軸方向に直線状をなす直線部を有し、

前記補正用電極が、前記アレイ導波路の前記直線部上に配設されている

ことを特徴とする光処理回路。

【請求項 11】

請求項 10 において、

前記半導体基板が、(100)面方位を有すると共に、

前記アレイ導波路の前記直線部が、下記の方位(A)又は方位(B)に対して平行となっている

ことを特徴とする光処理回路。

【表 2】

方位 (A)	方位 (B)
$[0\ 1\ \bar{1}]$	$[0\ \bar{1}\ \bar{1}]$

【請求項 12】

請求項 1 から請求項 11 のいずれかにおいて、

前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方の前記アレイ導波路が、ハイメサ構造をなしている

ことを特徴とする光処理回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光信号の変調や復調を行う光処理回路に関し、特に、光符号分割多重方式に適用すると有効なものである。

【背景技術】

【0002】

現在、大容量の通信を実現するため、異なる光波長(周波数)を有する複数の光信号を一本の光ファイバに多重化して伝送する波長多重光通信ネットワーク技術の研究開発が盛んに行われているが、光増幅の可能な波長帯域が限られていることから、波長数を増加させるだけで大容量化を図ることにはいずれ限界を生じてしまう。このため、同一の波長で同一時刻に複数のチャンネルを多重化できる光符号分割多重(Optical Code Division Multiplexing: O C D M)伝送方式は、光ファイバ伝送のさらなる大容量化を実現できる技術として非常に期待されている。

【0003】

このような O C D M 方式を実現する従来の光処理回路の一例を図 14 に示す。

【0004】

図 14 に示すように、半導体基板 901 上には、当該基板 901 の周縁端に一端側を位

10

20

30

40

50

置させた光周波数分波器 910 の入力導波路 911 が形成されている。この入力導波路 911 の他端側は、当該基板 901 上に形成されたスラブ導波路 912 の一端側にそれぞれ接続している。このスラブ導波路 912 の他端側には、当該基板 901 上に形成された複数のアレイ導波路 913 の一端側がそれぞれ接続している。これらアレイ導波路 913 の他端側は、当該基板 901 上に形成されたスラブ導波路 914 の一端側にそれぞれ接続している。このスラブ導波路 914 の他端側には、当該基板 901 上に形成された複数（本例では 8 本）の出力導波路 915 の一端側がそれぞれ接続している。

【0005】

前記光周波数分波器 910 の前記出力導波路 915 の他端側は、前記基板 901 上に形成されて位相変調を行う複数（本例では 8 本）の位相変調器 920 の一端側にそれぞれ接続している。これら位相変調器 920 の他端側は、当該基板 901 上に形成されて光路の等長化を図る遅延線 930（本例では 8 本）の一端側にそれぞれ接続している。

10

【0006】

前記遅延線 930 の他端側は、前記基板 901 上に形成された光周波数合波器 940 の複数（本例では 8 本）の入力導波路 941 の一端側にそれぞれ接続している。これら入力導波路 941 の他端側は、当該基板 901 上に形成されたスラブ導波路 942 の一端側にそれぞれ接続している。このスラブ導波路 942 の他端側には、当該基板 901 上に形成された複数のアレイ導波路 943 の一端側がそれぞれ接続している。これらアレイ導波路 943 の他端側は、当該基板 901 上に形成されたスラブ導波路 944 の一端側にそれぞれ接続している。このスラブ導波路 944 の他端側には、当該基板 901 上に形成された出力導波路 945 の一端側が接続している。この出力導波路 945 の他端側は、当該基板 901 の周縁端に位置している。

20

【0007】

このような従来の光処理回路 900 を符号化用の送信器として用いると、パルス状の光信号を光周波数分波器 910 の入力導波路 911 に入力することにより、パルス状の光信号は、フーリエ変換の関係からそのパルス幅に見合った周波数帯域を有していることから、上記光周波数分波器 910 の設計された分波特性にしたがって、周波数成分毎に前記出力導波路 915 へ展開される。

【0008】

周波数成分毎に展開されたパルス状の光信号は、位相変調器 920 によって、ある Walsh code（直交符号列、位相変調器の数と同数）に対応した位相変調を加えられて符号化された後、各遅延線 930 を通って等長化されてから、前記光周波数合波器 940 の前記入力導波路 941 へ送られる。

30

【0009】

前記光周波数合波器 940 に送られた光信号は、合波されて出力導波路 945 から出力される。このようにそれぞれ異なる直交符号で符号化された複数の光信号は、多重化されて光ファイバを介して伝送される。この光信号は、各周波数成分の位相が完全に一致しておらず、もはやパルス形状とはなっていないので、IM-DD（強度変調・直接検波）方式の受信器で受信されることはない。

【0010】

他方、上記光処理回路 900 を復号化用の受信器として用いると、適用している直交符号が送信器側と受信器側とで一致した場合、すなわち、上記 Walsh Code に対応して、送信器の場合と正反対の位相変調が前記位相変調器 920 で上記光信号に加えられた場合のみ、各周波数成分の位相が完全に一致して、元のパルス状に再生される。ここで、ある閾値を超えるピークパワーの光パルスを「1」と判定し、ある閾値を超えないピークパワーの光パルスを「0」と判定することにより、送信されたデータを得ることができる。

40

【0011】

なお、Walsh Code が送受信器間で異なる光信号の場合、すなわち、上記受信器と異なる直交符号に送信器側で変調された光信号は、各周波数成分の位相が一致しないので、上記受信器で元のパルス状に再生されずにランダムノイズとなる。これにより、目的とする信

50

号と他の信号とを分離することができる（詳しくは下記の非特許文献 1 等参照）。

【 0 0 1 2 】

【非特許文献 1】J.Cao, "A monolithic ultra-compact InP O-CDMA Encoder with Planarization by HVPE regrowth", in Proc.OFC'2005, paper OFL6, 2005

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 3 】

前述したような従来の光処理回路 9 0 0 においては、位相変調器 9 2 0 で導波路に逆バイアス電界を印加することにより、導波路の屈折率を変化させて光信号の位相を変化させるため、n 型のコア層と p 型の上部クラッド層との層構造を有する導波路を使用している。このような構造は、受光素子でよく利用されている P I N 構造として広く知られている。

10

【 0 0 1 4 】

しかしながら、上述したような構造は、p 型の上部クラッド層が n 型のコア層の直上に位置するため、荷電子帯間吸収に起因する p 層特有の光損失によって光伝搬損が大きくなり（p 型層は光損失が n 型層よりも 2 0 倍程度大きい）、挿入損失が大きくなってしまふという問題があった。

【 0 0 1 5 】

このようなことから、本発明は、挿入損失を小さくすることができる光処理回路を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

前述した課題を解決するための、第一番目の発明に係る光処理回路は、入力された光信号を複数の周波数成分に分離する光周波数分波器と、前記光周波数分波器で分離された光信号の位相を変調する位相変調器と、前記位相変調器で位相を変調された光信号を合成する光周波数合波器とを備え、前記位相変調器が、半導体基板と、前記半導体基板上に設けられる n 型の第一の半導体クラッド層と、前記第一の半導体クラッド層上に設けられるノンドープの i 型半導体層と、前記 i 型半導体層上に設けられる n 型の第二の半導体クラッド層と、前記第一の半導体クラッド層と前記 i 型半導体層との間及び前記第二の半導体クラッド層と前記 i 型半導体層との間の少なくとも一方の間に設けられる p 型の第三の半導体クラッド層とを有する層構造をなすと共に、前記第三の半導体クラッド層を介して前記 i 型半導体層へ電界を印加する位相変調用電極を備え、前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方が、複数のアレイ導波路を有する半導体アレイ導波路格子であり、前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方の前記アレイ導波路上に補正用電極が設けられていることを特徴とする。

30

【 0 0 1 7 】

また、第二番目の発明に係る光処理回路は、入力された光信号を複数の周波数成分に分離する光周波数分波器と、前記光周波数分波器で分離された光信号の位相を変調する位相変調器と、前記位相変調器で位相を変調された光信号を合成する光周波数合波器と

を備え、前記位相変調器が、半導体基板と、前記半導体基板上に設けられる n 型の第一の半導体クラッド層と、前記第一の半導体クラッド層上に設けられるノンドープの i 型半導体層と、前記 i 型半導体層上に設けられる n 型の第二の半導体クラッド層と、前記第一の半導体クラッド層と前記 i 型半導体層との間及び前記第二の半導体クラッド層と前記 i 型半導体層との間の少なくとも一方の間に設けられて、接触する当該半導体クラッド層の電子親和力よりも小さい電子親和力を有する第三の半導体クラッド層とを有する層構造をなすと共に、前記第三の半導体クラッド層を介して前記 i 型半導体層へ電界を印加する位相変調用電極を備え、前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方が、複数のアレイ導波路を有する半導体アレイ導波路格子であり、前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方の前記アレイ導波路上に補正用電極が設けられていることを特徴とする。

40

50

【0018】

第三番目の発明に係る光処理回路は、第二番目の発明において、前記第三の半導体クラッド層が、InAlAsからなることを特徴とする。

【0019】

第四番目の発明に係る光処理回路は、第二番目又は第三番目の発明において、前記第三の半導体クラッド層が、p型であることを特徴とする。

【0020】

第五番目の発明に係る光処理回路は、第一番目から第四番目の発明のいずれかにおいて、前記半導体基板が、(100)面方位を有すると共に、前記位相変調器が、下記の方位(A)に対して平行な直線状をなしていることを特徴とする。

【表1】

方位 (A)
$[0\bar{1}\bar{1}]$

【0021】

第六番目の発明に係る光処理回路は、第一番目から第五番目の発明のいずれかにおいて、前記位相変調器が、ハイメサ構造をなしていることを特徴とする。

【0023】

第七番目の発明に係る光処理回路は、第一番目から第六番目の発明のいずれかにおいて、前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方の前記アレイ導波路が、前記位相変調器の前記層構造と同一の層構造をなしていることを特徴とする。

【0025】

第八番目の発明に係る光処理回路は、第一番目から第七番目の発明のいずれかにおいて、前記補正用電極が、複数の前記アレイ導波路の間を連絡するように当該アレイ導波路の間にわたって配設されると共に、当該アレイ導波路の軸方向の長さを当該アレイ導波路の配列方向一方側よりも他方側ほど長くするように形成されていることを特徴とする。

【0026】

第九番目の発明に係る光処理回路は、第一番目から第七番目の発明のいずれかにおいて、前記補正用電極が、複数の前記アレイ導波路の間を断続させるように当該アレイ導波路にそれぞれ配設されると共に、当該アレイ導波路の軸方向の長さがそれぞれ等しくなっていることを特徴とする。

【0027】

第十番目の発明に係る光処理回路は、第一番目から第九番目の発明のいずれかにおいて、前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方の前記アレイ導波路が、軸方向に直線状をなす直線部を有し、前記補正用電極が、前記アレイ導波路の前記直線部に配設されていることを特徴とする。

【0028】

第十一番目の発明に係る光処理回路は、第十番目の発明において、前記半導体基板が、(100)面方位を有すると共に、前記アレイ導波路の前記直線部が、下記の方位(A)又は方位(B)に対して平行となっていることを特徴とする。

【表2】

方位 (A)	方位 (B)
$[0\bar{1}\bar{1}]$	$[0\bar{1}\bar{1}]$

【0029】

第十二番目の発明に係る光処理回路は、第一番目から第十一番目の発明のいずれかにおいて、前記光周波数分波器及び前記光周波数合波器の少なくとも一方の前記アレイ導波路が、ハイメサ構造をなしていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0030】

10

20

30

40

50

本発明に係る光処理回路によれば、光伝搬損を増大させる p 型層と導波する光フィールドのオーバーラップを極力減らす、すなわち、p 型層の光閉じ込め係数を極力低く抑えるようにしたり、p 型層を用いていないことから、挿入損失を小さくすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

第一番目の実施形態

本発明に係る光処理回路の第一番目の実施形態を図 1 ~ 4 に基づいて以下に説明する。図 1 は、光処理回路の概略構成を表わす平面図、図 2 は、図 1 の光処理回路の概略構成を表わす断面図、図 3 は、図 1 の光処理回路に電界を印加したときのバンドダイヤグラム、図 4 は、光符号分割多重伝送方式の説明図である。

10

【0032】

図 1 に示すように、InP からなると共に (100) 面方位を有する半導体基板 101 上には、当該基板 101 の周縁端に一端側を位置させた入力導波路 111 が形成されている。この入力導波路 111 の他端側は、当該基板 101 上に形成されたスラブ導波路 112 の一端側にそれぞれ接続している。このスラブ導波路 112 の他端側には、当該基板 101 上に形成された複数のアレイ導波路 113 の一端側がそれぞれ接続している。これらアレイ導波路 113 の他端側は、当該基板 101 上に形成されたスラブ導波路 114 の一端側にそれぞれ接続している。このスラブ導波路 114 の他端側には、当該基板 101 上に形成された複数（本実施形態では 8 本）の出力導波路 115 の一端側がそれぞれ接続している。

20

【0033】

このような入力導波路 111、スラブ導波路 112、114、アレイ導波路 113、出力導波路 115 等により、本実施形態では、入力された光信号を複数の周波数成分に分離するアレイ導波路格子である光周波数分波器 110 を構成している。

【0034】

前記出力導波路 115 の他端側は、前記基板 101 上に形成されて位相変調を行う複数（本実施形態では 8 本）の位相変調器 120 の一端側にそれぞれ接続している。これら位相変調器 120 の他端側は、当該基板 101 上に形成されて光路の等長化を図る遅延線 130（本実施形態では 8 本）の一端側にそれぞれ接続している。

【0035】

30

前記遅延線 130 の他端側は、前記基板 101 上に形成された複数（本実施形態では 8 本）の入力導波路 141 の一端側にそれぞれ接続している。これら入力導波路 141 の他端側は、当該基板 101 上に形成されたスラブ導波路 142 の一端側にそれぞれ接続している。このスラブ導波路 142 の他端側には、当該基板 101 上に形成された複数のアレイ導波路 143 の一端側がそれぞれ接続している。これらアレイ導波路 143 の他端側は、当該基板 101 上に形成されたスラブ導波路 144 の一端側にそれぞれ接続している。このスラブ導波路 144 の他端側には、当該基板 101 上に形成された出力導波路 145 の一端側が接続している。この出力導波路 145 の他端側は、当該基板 101 の周縁端に位置している。

【0036】

40

このような入力導波路 141、スラブ導波路 142、144、アレイ導波路 143、出力導波路 145 等により、本実施形態では、位相変調器で位相を変調された光信号を合成するアレイ導波路格子である光周波数合波器 140 を構成している。

【0037】

図 2 に示すように、前記光周波数分波器 110、位相変調器 120、前記遅延線 130、前記光周波数合波器 140 は、前記基板 101 上に、n 型の InP からなる第一の半導体クラッド層 102 が設けられ、当該クラッド層 102 上に、ノンドープのバルクの InGaAsP からなる i 型の半導体コア層 103（バンドギャップ波長 1.05 μm 、厚さ 0.5 μm ）が設けられ、当該半導体コア層 103 上に、ノンドープの InP からなる i 型の半導体補助クラッド層 104（厚さ 0.2 μm ）が設けられ、当該半導体補助クラッ

50

ド層 104 上に、p 型の InP からなる第三の半導体クラッド層 105 (厚さ 0.1 μm) が設けられ、当該第三の半導体クラッド層 105 上に、n 型の InP からなる第二の半導体クラッド層 106 が設けられ、ハイメサ構造をそれぞれなしている。なお、本実施形態においては、前記半導体コア層 103 及び前記半導体補助クラッド層 104 により、i 型半導体層を構成している。

【0038】

そして、前記位相変調器 120 は、図 1, 2 に示すように、前記第二の半導体クラッド層 106 上に配設されて、電源に接続して電圧を印加される複数 (本実施形態では 8 つ) の変調用電極 107 (例えば、長さ 1.5 mm 程度) をさらに備えると共に、下記に示す方位 (A) と平行となるように直線状に形成されている。なお、図 1 中、109 は、前記クラッド層 102 上に配設された接地電極である。

10

【0039】

【表 3】

方位 (A)
[011]

【0040】

このような構造をなす光処理回路 100 は、前記基板 101 上に、前記第一の半導体クラッド層 102、前記半導体コア層 103、前記半導体補助クラッド層 104、前記第三の半導体クラッド層 105、前記第二の半導体クラッド層 106 を順次結晶成長させて形成した後、上記第一の半導体クラッド層 102 までドライエッチングしてメサ構造の導波路を形成したら、SiO₂等のパッシベーション膜を全面に成膜して、メサ構造の導波路の周囲を埋めて全体を平坦化させるようにポリイミドやBCB等を塗布し、前記電極 107, 109 の配設部分の上記パッシベーション膜及び上記ポリイミドや上記BCB等を除去して、当該部分に前記電極 107, 109 を設けることにより、製造することができる。

20

【0041】

このような本実施形態に係る光処理回路 100 をOCDMA用の送信器として用いると、パルス状の光信号を光周波数分波器 110 の入力導波路 111 に入力することにより、パルス状の光信号は、フーリエ変換の関係からそのパルス幅に見合った周波数帯域を有している (例えば、1.55 μm の光パルスで 1 ps のパルス幅の場合には THz オーダ以下の周波数帯域となる) ことから、上記光周波数分波器 110 の設計された分波特性 (例えば、180 GHz のチャンネル間隔) にしたがって、周波数成分毎 (本実施形態では 8 つ: 1 ~ 8) に前記出力導波路 115 へ展開される。

30

【0042】

周波数成分毎に展開されたパルス状の光信号 (1 ~ 8) は、位相変調器 120 にそれぞれ送られる。ここで、前記電源により、前記電極 107, 109 間に逆バイアス V_b が印加されると、図 3 に示すように、p 型の前記第三の半導体クラッド層 105 が電子 e をブロックする層として作用するため、電流が流れず、前記コア層 103 に効率よく電界が掛かるようになることから、電気光学効果によって屈折率変化が誘起され、位相変調されるようになる。

40

【0043】

これにより、上記光信号 (1 ~ 8) は、8 桁のWalsh code (直交符号列、本実施形態では 8 つ) に対応した位相変調を加えられて (例えば、コード「0」に対しては位相の変化を 0 度とし、コード「1」に対しては位相の変化を 180 度とする) 符号化される (図 4 参照)。このようにそれぞれ異なる直交符号で符号化された複数の光信号 (1 ~ 8) は、各遅延線 130 を通って等長化されてから、前記光周波数合波器 140 の前記入力導波路 141 へ送られる。

【0044】

前記光周波数合波器 140 に送られた光信号は、合波 (多重化) されて出力導波路 14

50

5 から出力され、光ファイバを介して伝送される（図4参照）。この光信号は、各周波数成分の位相が完全に一致しておらず、もはやパルス形状とはなっていないので、IM-D（強度変調・直接検波）方式の受信器で受信されることはない。

【0045】

他方、上記光処理回路を復号化用の受信器として用いると、異なる直交符号で符号化されて合波（多重化）された前記光信号が光周波数分波器110の入力導波路111に入力することにより、上記光信号は、分波されて周波数成分毎（本実施形態では8つ：1～8）に前記出力導波路115へ展開され、位相変調器120にそれぞれ送られる。

【0046】

ここで、前記電源により、前記電極107, 109間に逆バイアス V_b を印加することにより、先に説明した送信器の場合と同様にして位相変調する。この際に、適用している直交符号が送信器側と受信器側とで一致した場合、すなわち、上記Walsh Codeに対応して、送信器の場合と正反対の位相変調が前記位相変調器120で上記光信号に加えられた場合（例えば、コード「0」に対しては位相の変化を180度とし、コード「1」に対しては位相の変化を0度とする）のみ、各周波数成分の位相が完全に一致することから、復号化されて元のパルス状に再生され、元のデータ列が復調される（図4参照）。

【0047】

なお、Walsh Codeが送受信器間で異なる光信号の場合、すなわち、上記受信器と異なる直交符号に送信器側で変調された光信号は、各周波数成分の位相が一致しないので、上記受信器で元のパルス状に再生されずにランダムノイズとなる。これにより、目的とする信号と他の信号とを分離することができる。

【0048】

ところで、従来の光処理回路900においては、前記位相変調器920がPIN構造であることから、光損失が大きく、位相変調された光信号の強度が低下してしまう。また、前記p層における光損失の増加による信号強度の低下は、アレイ導波路構造に位相変調器920の導波路構造と同一の層構造を用いた場合に顕著になる。特に、位相変調器920に入力する光信号の強度が低い場合には、位相変調させた光信号を取り出すことができず、光信号処理をすることができなくなってしまう。

【0049】

これに対し、本実施形態に係る光処理回路100においては、前記位相変調器120が、p層による光損失を抑制されていることから、位相変調された光信号の強度低下を抑制することができるので、位相変調器120に入力する光信号の強度が低い場合であっても、位相変調させた光信号を取り出すことができ、光信号処理をすることができる。

【0050】

具体的に説明すると、一般に、p型のInP層は、光吸収量が、 $20 \times$ （光閉じ込め係数） \times （ドーピング密度） $\times 10^{18}$ （ cm^{-3} ）程度である。よって、先に説明した従来の光処理回路900のPIN構造においては、光閉じ込め係数を算出すると12%となり、ドーピング密度を 1×10^{18} （ cm^{-3} ）とすると、過剰伝搬損失が約11dB/cmとなる。これに対し、本実施形態に係る光処理回路100の前記第三の半導体クラッド層104（p型のInP層）においては、光閉じ込め係数を算出すると約2%となり、ドーピング密度を 1×10^{18} （ cm^{-3} ）とすると、過剰伝搬損失が約2dB/cmとなる。

【0051】

したがって、本実施形態に係る光処理回路100によれば、従来の光処理回路900の場合よりも伝搬損失の増大を大幅に抑制することができるので、挿入損失を小さくすることができる。

【0052】

また、前記位相変調器120が、前記方位（A）と平行となるように直線状に形成されているので、一次の電気光学効果であるポッケルス効果（本実施形態では前記基板が（100）面方位を有しているので、TEモードのみに作用する）による屈折率変化の符号とフランツケルディッシュ効果による屈折率変化の符号とを一致させる（負のバイアスに対し

10

20

30

40

50

て正となる)ことができ、より効率的な位相変化を行うことができる。

【0053】

なお、バンドギャップ波長としては、 $1.05\ \mu\text{m}$ に限らず、電界印加により大きな光吸収が発生しない程度に動作波長から離れている大きさであればよい(約 $100\ \text{nm}$ 程度以上)。

【0054】

また、半導体コア層103及び半導体補助クラッド層104からなるi型半導体層は、光閉じ込め係数の観点からすると、厚さが厚いほど好ましく、変調効率の観点からすると、厚さが薄いほど(電界強度が高くなるほど)好ましいことから、これらを勘案すると、厚さが $0.2\sim 1.5\ \mu\text{m}$ の範囲であると好ましい。そのうち、半導体コア層103は、縦方向のシングルモード条件を勘案すると、厚さが $0.1\sim 1.0\ \mu\text{m}$ の範囲であると好ましい。

10

【0055】

また、光導波路の幅方向の長さは、横方向のシングルモード条件を勘案すると、 $1.0\sim 3.0\ \mu\text{m}$ の範囲であると好ましい。

【0056】

第二番目の実施形態

光周波数分波器や光周波数合波器を構成するアレイ導波路格子は、その中心周波数 f_0 が下記の式(1)で表される。

【0057】

$$f_0 = m \cdot c / (L \cdot n_{eq}) \cdots (1)$$

ただし、 n_{eq} は、アレイ導波路の等価屈折率、 L は、隣り合うアレイ導波路の長さの差、 m は、回折次数、 c は、光速である。

20

【0058】

一般に、アレイ導波路格子は、ドライエッチングにより形成されるため、アレイ導波路の幅に $0.1\ \mu\text{m}$ 単位で加工誤差を生じてしまう。この誤差は、アレイ導波路の等価屈折率を僅かに変えてしまうため、上記式(1)からわかるように、アレイ導波路格子の中心周波数が変わってしまうことになる。

【0059】

本発明に係る光処理回路においては、光周波数分波器及び光周波数合波器の二つのアレイ導波路格子を使用することから、製造プロセスの加工誤差により、これらのアレイ導波路格子間で中心周波数にずれを生じてしまうと、挿入損失(過剰損)の増加を招いてしまい、その結果、歩留まりの低下を引き起こしてしまう。このような状態をさらに鑑みて、製造プロセスで生じる二つのアレイ導波路格子のミスマッチを補正できるようにしたのが、以下の実施形態である。

30

【0060】

このような、本発明に係る光処理回路の第二番目の実施形態を図5~7に基づいて以下に説明する。図5は、光処理回路の概略構成を表わす平面図、図6は、図5の光処理回路の概略構成を表わす断面図、図7は、図5の光処理回路の光周波数分波器及び光周波数合波器の隣り合うアレイ導波路の相関関係説明図である。なお、前述した第一番目の実施形態と同様な部分については、前述した第一番目の実施形態の説明で用いた符号と同様な符号を図面等で用いることにより、前述した第一番目の実施形態での説明と同様な説明を省略する。

40

【0061】

図5, 6に示すように、光周波数分波器210の前記スラブ導波路112の他端側には、前記方位(A)又は下記の方角(B)へ平行となる直線部213aを曲線部213bの間に有するように前記基板101上に形成された複数(本実施形態では8本)のアレイ導波路213の一端側がそれぞれ接続している。これらアレイ導波路213の他端側は、前記スラブ導波路114の一端側にそれぞれ接続している。

【0062】

50

【表 4】

方位 (B)
[0 $\bar{1}$ $\bar{1}$]

【0063】

また、光周波数合波器240の前記スラブ導波路142の他端側には、前記方位(A)又は前記方位(B)へ平行となる直線部243aを曲線部243bの間に有するように前記基板101上に形成された複数(本実施形態では8本)のアレイ導波路243の一端側がそれぞれ接続している。これらアレイ導波路243の他端側は、前記スラブ導波路144の一端側にそれぞれ接続している。

10

【0064】

そして、前記光周波数分波器210及び前記光周波数合波器240の前記アレイ導波路213, 243の前記直線部213a, 243a上的一部分には、前記電源に接続して電圧を印加される補正用電極208a, 208bが当該アレイ導波路213, 243の各前記直線部213a, 243aの間を連絡するように当該アレイ導波路213, 243の間にわたって配設されており、当該補正用電極208a, 208bは、当該アレイ導波路213, 243の当該直線部213a, 243aの軸方向の長さを当該アレイ導波路213, 243の配列方向一方側(図5中、下方側)よりも配列方向他方側(図1中、上方側)ほど一定の割合で長くするように台形状に形成されている。

【0065】

つまり、前記補正用電極208a, 208bは、複数配列された各アレイ導波路213, 243において、各前記アレイ導波路213, 243の長さに対応して前記直線部213a, 243aの軸方向の長さが設定されているのである。

20

【0066】

また、前記アレイ導波路213, 243の前記直線部213a, 243aの前記補正用電極208a, 208bの配設箇所と未配設箇所との間には、当該間を電氣的に絶縁するように前記クラッド層105の一部をエッチング除去した分離溝216, 246がそれぞれ形成されている。

【0067】

つまり、前記電源の作動によって、すべてのアレイ導波路213, 243の前記補正用電極208a, 208bの配設部分の前記i型半導体層である前記半導体コア層103及び前記半導体補助クラッド層104のみに同一の電界を効率よく印加することができるようになっているのである。

30

【0068】

このような構造をなす光処理回路200は、前述した実施形態に係る光処理回路100の場合と同様な結晶成長、ドライエッチング、パッシベーション膜の成膜、平坦化を行った後、前記電極107, 109, 208a, 208bの配設部分の前記パッシベーション膜及び前記ポリイミドや前記BCB等を除去して、当該部分に前記電極107, 109, 208a, 208bを設けることにより、製造することができる。

【0069】

このような本実施形態に係る光処理回路200においては、前述した実施形態に係る光処理回路100の場合と同様に、前記位相変調器120が、p層による光損失を抑制されていることから、位相変調された光信号の強度低下を抑制することができるので、位相変調器120に入力する光信号の強度が低い場合であっても、位相変調させた光信号を取り出すことができ、光信号処理をすることができる。

40

【0070】

そして、前記補正用電極208a, 208bに負のバイアス V_b を印加させるように前記電源を作動させると、先に説明したように、前記第三の半導体クラッド層105が電子eをブロックする層として作用するため、電流が流れず、前記i型半導体層である前記半導体コア層103及び前記半導体補助クラッド層104に効率よく電界が掛かるようにな

50

る。このため、前記 i 型半導体層である前記半導体コア層 103 及び前記半導体補助クラッド層 104 には、電気光学効果による屈折率変化が誘起されることになる。

【0071】

ここで、図 7 に示すように、前記光周波数分波器 210 及び前記光周波数合波器 240 の i 番目に位置する前記アレイ導波路 213, 243 において、上部に前記電極 208a, 208b が位置する前記直線部 213a, 243a の長さを $L_{e,i}$ とし、上部に前記電極 208a, 208b が位置しない前記直線部 213a, 243a 及び前記曲線部 213b, 243b の長さを $L_{0,i}$ とし、前記光周波数分波器 210 及び前記光周波数合波器 240 の $i+1$ 番目に位置する前記アレイ導波路 213, 243 において、上部に前記電極 208a, 208b が位置する前記直線部 213a, 243a の長さを $L_{e,i+1}$ とし、上部に前記電極 208a, 208b が位置しない前記直線部 213a, 243a 及び前記曲線部 213b, 243b の長さを $L_{0,i+1}$ とし、さらに、上部に前記電極 208a, 208b が位置する前記直線部 213a, 243a における電界印加時の等価屈折率を n_{eq1} とし、上部に前記電極 208a, 208b が位置しない前記直線部 213a, 243a 及び前記曲線部 213b, 243b における等価屈折率を n_{eq0} とすると、光周波数分波器 210 及び光周波数合波器 240 の位相整合条件は、下記の一般式 (2) で表わすことができる。

【0072】

$$L_e \cdot n_{eq1} + L_0 \cdot n_{eq0} = m \cdot \dots (2)$$

【0073】

このとき、

$$L_e = L_{e,i+1} - L_{e,i}$$

$$L_0 = L_{0,i+1} - L_{0,i}$$

$$L_e + L_0 = L \text{ (ただし、 } L > 0 \text{)}$$

である。

【0074】

ここで、

$$L_e = L \text{ (ただし、 } L \text{ は、 } 0 \text{ 以外の任意の実数)、}$$

$$n_{eq} = n_{eq1} - n_{eq0}$$

とすると、前記式 (1), (2) より、中心周波数 f を下記の式 (3) で表すことができる。

【0075】

$$f = m \cdot c / \{ L \cdot (n_{eq} + n_{eq0}) \} \cdot \dots (3)$$

【0076】

上記式 (3) から、前記電極 208a, 208b に負のバイアス V_b を印加させるように前記電源を作動させることで導波路に屈折率変化を生じることによって、中心周波数 f が変化すると共に、その屈折率変化量に対する中心周波数 f の変化量が、上記の値で決まることがわかる。

【0077】

なお、一次の電気光学効果であるポッケルス効果は、前記電極 208a, 208b に負のバイアス V_b を印加させるように前記電源を作動させたとき、前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a が前記方位 (A) に対して平行に配設されている場合、前記 i 型半導体層である前記半導体コア層 103 及び前記半導体補助クラッド層 104 の屈折率変化を正とするように作用する。他方、前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a が前記方位 (B) に対して平行に配設されている場合、前記 i 型半導体層である前記半導体コア層 103 及び前記半導体補助クラッド層 104 の屈折率変化を負とするように作用する。ただし、上記ポッケルス効果は、TE モードのときのみ作用する。

【0078】

また、二次の電気光学効果 (本実施形態では、バルクを用いているため、フランツケル

10

20

30

40

50

ディシュ効果)は、前記電極208a, 208bに負のバイアス V_b を印加させるように前記電源を作動させたとき、前記アレイ導波路213, 243の前記直線部213a, 243aの方位に関係なく、前記i型半導体層である前記半導体コア層103及び前記半導体補助クラッド層104の屈折率変化を正とするように作用する。なお、上記二次の電気光学効果は、TEモード及びTMモードの両方に作用する。

【0079】

具体的には、例えば、前述した従来の光処理回路900において、製造プロセスの加工誤差により、光周波数分波器910のアレイ導波路913と光周波数合波器940のアレイ導波路943との幅に $0.1\mu\text{m}$ の誤差を生じた場合、光周波数分波器910アレイ導波路913と光周波数合波器940のアレイ導波路913との等価屈折率に 0.0001 10
程度の変化量を生じてしまい、前記式(1)より、光周波数分波器910のアレイ導波路913と光周波数合波器940のアレイ導波路943との間で中心周波数が 10GHz 程度ずれてしまう。

【0080】

このような状態を生じると、光周波数分波器910から出力された光信号が位相変調器920及び遅延線930を介して光周波数合波器940に入力されたときに、光損失が増加してしまい、光周波数合波器940から出力される光信号の強度が低下してしまうばかりか、光周波数分波器910に入力する光信号の強度が小さいと、処理そのものができなくなってしまうことがある。

【0081】

他方、本実施形態に係る光処理回路200において、製造プロセスの加工誤差により、光周波数分波器210のアレイ導波路213と光周波数合波器240のアレイ導波路243との幅に $0.1\mu\text{m}$ の誤差を生じた場合、上述した従来の光処理回路900の場合と同様に、中心周波数が 10GHz 程度ずれることになる。

【0082】

ところで、前記i型半導体層の屈折率を n 、電界を $E_b (= V_b / \text{コア層厚、ただし } V_b \text{ は印加電圧})$ 、ポッケルス定数を χ_{41} とすると、前記i型半導体層の屈折率変化 Δn は、下記の式(4)で表すことができる。

【0083】

$$\Delta n = + (n^3 / 2) \times \chi_{41} \times E_b \cdots (4)$$

【0084】

ここで、InPやInGaAsPのポッケルス定数 χ_{41} は、 $-1.4 \times 10^{-12} / \text{V}$ 程度、InPやInGaAsPの屈折率 n は、 3.2 程度、コア層厚が $0.5\mu\text{m}$ であるので、印加電圧 V_b を 4V とすれば、前記i型半導体層の屈折率変化 Δn を 0.0001 程度とすることができ、光周波数分波器210のアレイ導波路213と光周波数合波器240のアレイ導波路243との間の中心周波数のずれ(10GHz 程)を解消することができる。

【0085】

したがって、本実施形態に係る光処理回路200においては、前記補正用電極208a, 208bで電界を印加することにより、光周波数分波器210と光周波数合波器240 40
との光信号の中心周波数を一致させることができるので、光損失の増加を抑えることができ、光周波数合波器240から出力される光信号の強度低下を抑制することができると共に、光周波数分波器210に入力する光信号の強度が小さい場合であっても、処理することができる。

【0086】

これをもう少し具体的に説明する。

【0087】

前記アレイ導波路213, 243の前記直線部213a, 243aが前記方位(B)に対して平行に配設されている場合には、先に説明したように、負のバイアス V_b に対して、前記i型半導体層である前記半導体コア層103及び前記半導体補助クラッド層104 50

の屈折率変化が負となることから、電界を印加すると、 n_{eq} は負となる。

【0088】

ここで、前記 β が負 (< 0)、すなわち、前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a が L ずつ長くなるにしたがって、上部に前記補助用電極 208a, 208b が位置する前記直線部 213a, 243a の長さが短くなる場合であると、前記式 (3) より、電界の印加によって前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a の透過帯域中心波長を長波長側へシフトさせることができる。

【0089】

したがって、前記直線部 213a, 243a が前記方位 (B) に対して平行に配設されて、前記 β が負 (< 0) である場合、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長が、光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長よりも短波側へずれているときには、光周波数分波器 210 の前記補正用電極 208a で負のバイアス電圧を印加することにより、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長とを一致させることができ、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長が、光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長よりも長波側へずれているときには、光周波数合波器 240 の前記補正用電極 208b に負のバイアス電圧を印加することにより、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長とを一致させることができる。

10

【0090】

他方、前記 β が正 (> 0)、すなわち、前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a が L ずつ長くなるにしたがって、上部に前記補助用電極 208a, 208b が位置する前記直線部 213a, 243a の長さが長くなる場合であると、前記式 (3) より、電界の印加によって前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a の透過帯域中心波長を短波側へシフトさせることができる。

20

【0091】

したがって、前記直線部 213a, 243a が前記方位 (B) に対して平行に配設されて、前記 β が正 (> 0) である場合、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長が、光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長よりも短波側へずれているときには、光周波数合波器 240 の前記補正用電極 208b で負のバイアス電圧を印加することにより、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長とを一致させることができ、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長が、光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長よりも長波側へずれているときには、光周波数分波器 210 の前記補正用電極 208b に負のバイアス電圧を印加することにより、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長とを一致させることができる。

30

【0092】

これに対し、前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a が前記方位 (A) に対して平行に配設されている場合には、先に説明したように、負のバイアス V_b に対して、前記 i 型半導体層である前記半導体コア層 103 及び前記半導体補助クラッド層 104 の屈折率変化が正となることから、電界を印加すると、 n_{eq} は正となる。

40

【0093】

ここで、前記 β が負 (< 0) の場合であると、前記式 (3) より、電界の印加によって前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a の透過帯域中心波長を短波側へシフトさせることができる。

【0094】

したがって、前記直線部 213a, 243a が前記方位 (A) に対して平行に配設されて、前記 β が正 (> 0) である場合、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長が、光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長よりも短波側へずれているときには、光周波数合波器 240 の前記補正用電極 208b で負のバイアス電圧を印加することにより、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長とを一致

50

させることができ、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長が、光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長よりも長波側へずれているときには、光周波数分波器 210 の前記補正用電極 209a に負のバイアス電圧を印加することにより、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長とを一致させることができる。

【0095】

他方、前記 θ が正 (> 0) の場合であると、前記式 (3) より、電界の印加によって前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a の透過帯域中心波長を長波長側へシフトさせることができる。

【0096】

したがって、前記直線部 213a, 243a が前記方位 (A) に対して平行に配設されて、前記 θ が正 (> 0) である場合、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長が、光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長よりも短波側へずれているときには、光周波数分波器 210 の前記補正用電極 208a で負のバイアス電圧を印加することにより、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長とを一致させることができ、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長が、光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長よりも長波側へずれているときには、光周波数合波器 240 の前記補正用電極 208b に負のバイアス電圧を印加することにより、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長とを一致させることができる。

【0097】

なお、前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a の一方を前記方位 (A) に対して平行に配設し、他方を前記方位 (B) に対して平行に配設した場合には、上述した条件を適宜組み合わせ、前記補正用電極 208a, 208b に電圧を適切に印加することにより、光周波数分波器 210 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 240 の透過帯域中心波長とを上述した場合と同様に一致させることができる。

【0098】

第三番目の実施形態

本発明に係る波長合分波器の第三番目の実施形態を図 8 ~ 10 に基づいて以下に説明する。図 8 は、光処理回路の概略構成を表わす平面図、図 9 は、図 8 の光処理回路の概略構成を表わす断面図、図 10 は、図 8 の光処理回路の光周波数分波器及び光周波数合波器の隣り合うアレイ導波路の相関関係説明図である。なお、前述した第一、二番目の実施形態と同様な部分については、前述した第一、二番目の実施形態の説明で用いた符号と同様な符号を図面等で用いることにより、前述した第一、二番目の実施形態での説明と同様な説明を省略する。

【0099】

図 8, 9 に示すように、光周波数分波器 310 の前記アレイ導波路 213 の各前記直線部 213a 上の一部分には、電源に接続して電圧を印加される補正用電極 308a が各アレイ導波路 213 の間を断続させるようにそれぞれ配設されており、当該補正用電極 308a は、当該アレイ導波路 213 の当該直線部 213a の軸方向の長さがそれぞれ等しくなっている。

【0100】

また、前記アレイ導波路 213 の前記直線部 213a の前記補正用電極 308a の配設箇所と未配設箇所との間には、当該間を電氣的に絶縁するように前記クラッド層 105 の一部をエッチング除去した分離溝 316 がそれぞれ形成されている。

【0101】

他方、光周波数合波器 340 の前記アレイ導波路 243 の各前記直線部 243a 上の一部分には、電源に接続して電圧を印加される補正用電極 308b が各アレイ導波路 243 の間を断続させるようにそれぞれ配設されており、当該補正用電極 308b は、当該アレイ導波路 243 の当該直線部 243a の軸方向の長さがそれぞれ等しくなっている。

【 0 1 0 2 】

また、前記アレイ導波路 2 4 3 の前記直線部 2 4 3 a の前記補正用電極 3 0 8 b の配設箇所と未配設箇所との間には、当該間を電氣的に絶縁するように前記クラッド層 1 0 5 の一部をエッチング除去した分離溝 3 4 6 がそれぞれ形成されている。

【 0 1 0 3 】

つまり、前述した第二番目の実施形態に係る光処理回路 2 0 0 においては、光周波数分波器 2 1 0 及び光周波数合波器 2 4 0 のアレイ導波路 2 1 3 , 2 4 3 の各前記直線部 2 1 3 a , 2 4 3 a の間を連絡するように当該アレイ導波路 2 1 3 , 2 4 3 の間にわたって配設すると共に、当該アレイ導波路 2 1 3 , 2 4 3 の当該直線部 2 1 3 a , 2 4 3 a の軸方向の長さを当該アレイ導波路 2 1 3 , 2 4 3 の配列方向一方側よりも配列方向他方側ほど長くするように台形状に形成された単一の補正用電極 2 0 8 a , 2 0 8 b を適用して、前記直線部 2 1 3 a , 2 4 3 a の間を電氣的に短絡して同一の電界を印加できるようにしたが、本実施形態に係る光処理回路 3 0 0 では、光周波数分波器 3 1 0 及び光周波数合波器 3 4 0 の各アレイ導波路 2 1 3 , 2 4 3 の間を断続させるようにそれぞれ配設されると共に、当該アレイ導波路 2 1 3 , 2 4 3 の当該直線部 2 1 3 a , 2 4 3 a の軸方向の長さがそれぞれ等しい複数の補正用電極 3 0 8 a , 3 0 8 b を適用して、各前記直線部 2 1 3 a , 2 4 3 a の間でそれぞれ電氣的に分離してそれぞれ独立の電界を印加できるようにしたのである。

10

【 0 1 0 4 】

このような構造をなす光処理回路 3 0 0 は、前述した実施形態に係る光処理回路 1 0 0 , 2 0 0 の場合と同様な結晶成長、ドライエッチング、パッシベーション膜の成膜、平坦化を行った後、前記電極 1 0 7 , 1 0 9 , 3 0 8 a , 3 0 8 b の配設部分の前記パッシベーション膜及び前記ポリイミドや前記 B C B 等を除去して、当該部分に前記電極 1 0 7 , 1 0 9 , 3 0 8 a , 3 0 8 b を設けることにより、製造することができる。

20

【 0 1 0 5 】

このような本実施形態に係る光処理回路 3 0 0 においては、前述した実施形態に係る光処理回路 1 0 0 , 2 0 0 の場合と同様に、前記位相変調器 1 2 0 が、p 層による光損失を抑制されていることから、位相変調された光信号の強度低下を抑制することができるので、位相変調器 1 2 0 に入力する光信号の強度が低い場合であっても、位相変調させた光信号を取り出すことができ、光信号処理をすることができる。

30

【 0 1 0 6 】

ここで、図 1 0 に示すように、上部に前記電極 3 0 8 a , 3 0 8 b が位置する前記アレイ導波路 2 1 3 , 2 4 3 の前記直線部 2 1 3 a , 2 4 3 a の長さを L_e とし、上部に前記電極 3 0 8 a , 3 0 8 b が位置しない前記直線部 2 1 3 a , 2 4 3 a 及び前記曲線部 2 1 3 b , 2 4 3 b における等価屈折率を n_{eq0} とすると共に、光周波数分波器 3 1 0 及び光周波数合波器 3 4 0 の i 番目に位置する前記アレイ導波路 2 1 3 , 2 4 3 において、上部に前記電極 3 0 8 a , 3 0 8 b が位置しない前記直線部 2 1 3 a , 2 4 3 a 及び前記曲線部 2 1 3 b , 2 4 3 b の長さを $L_{0,i}$ とし、上部に前記電極 3 0 8 a , 3 0 8 b が位置する前記直線部 2 1 3 a , 2 4 3 a における電圧 $V_{b,i}$ 印加時の等価屈折率を $n_{eq1,i}$ とし、光周波数分波器 3 1 0 及び光周波数合波器 3 4 0 の $i + 1$ 番目に位置する前記アレイ導波路 2 1 3 , 2 4 3 において、上部に前記電極 3 0 8 a , 3 0 8 b が位置しない前記直線部 2 1 3 a , 2 4 3 a 及び前記曲線部 2 1 3 b , 2 4 3 b の長さを $L_{0,i+1}$ とし、上部に前記電極 3 0 8 a , 3 0 8 b が位置する前記直線部 2 1 3 a , 2 4 3 a における電圧 $V_{b,i+1}$ 印加時の等価屈折率を $n_{eq1,i+1}$ とすると(ただし、 $L_{0,i+1} - L_{0,i} = L (> 0)$ とする)、光周波数分波器 3 1 0 及び光周波数合波器 3 4 0 の位相整合条件は、下記の式(5)で表わされる。なお、上部に前記電極 3 0 8 a , 3 0 8 b が位置する前記直線部 2 1 3 a , 2 4 3 a は、当然のことながら、電界無印加時において、等価屈折率が n_{eq0} である。

40

【 0 1 0 7 】

$$L_e \cdot (n_{eq1,i+1} - n_{eq1,i}) + L \cdot n_{eq0} = m \cdot \dots (5)$$

50

【 0 1 0 8 】

ここで、

$$n_{eq1} = n_{eq1,1} - n_{eq1,i}$$

とすると、前記式(1)、(5)より、中心周波数 f を下記の式(6)で表すことができる。

【 0 1 0 9 】

$$f = m \cdot c / (n_{eq0} \cdot L + n_{eq1} \cdot L_e) \cdots (6)$$

【 0 1 1 0 】

つまり、 $i + 1$ 番目のアレイ導波路 2 1 3, 2 4 3 の直線部 2 1 3 a, 2 4 3 a と i 番目のアレイ導波路 2 1 3, 2 4 3 の直線部 2 1 3 a, 2 4 3 a との電界印加時の屈折率の差 n_{eq1} をある一定の大きさとなるように保持しつつ、印加する各電圧 $V_{b,i+1}$, $V_{b,i}$ をそれぞれ調整することにより、中心周波数 f を調整することができるのである。なお、上記屈折率差 n_{eq1} に対する中心周波数 f の変化量は、前記長さ L_e の大きさに決定されることがわかる。

10

【 0 1 1 1 】

具体的には、例えば、前述した従来の光処理回路 9 0 0 において、製造プロセスの加工誤差により、前述した第一番目の実施形態で説明したように、 $0.1 \mu\text{m}$ の誤差を生じた場合、等価屈折率に 0.0001 程度の変化量を生じて、中心周波数が 10 GHz 程度ずれてしまうことから、光損失が増加して、出力される光信号の強度が低下してしまうばかりか、入力する光信号の強度が小さいと、処理そのものができなくなってしまうことがある。

20

【 0 1 1 2 】

他方、本実施形態に係る光処理回路 3 0 0 において、製造プロセスの加工誤差により、光周波数分波器 3 1 0 のアレイ導波路 2 1 3 と光周波数合波器 3 4 0 のアレイ導波路 2 4 3 との幅に $0.1 \mu\text{m}$ の誤差を生じた場合、上述した従来の光処理回路 9 0 0 の場合と同様に、中心周波数が 10 GHz 程度ずれることになる。

【 0 1 1 3 】

ところで、前述した第一番目の実施形態で説明したように、前記 i 型半導体層の屈折率変化 n は、前記式(4)で表わされる。

【 0 1 1 4 】

ここで、前述した第一番目の実施形態で述べたように、 InP や InGaAsP のポッケルス定数 χ_{41} は、 $-1.4 \times 10^{-12} / \text{V}$ 程度、 InP や InGaAsP の屈折率 n は、 3.2 程度、コア層厚が $0.5 \mu\text{m}$ であるので、各前記アレイ導波路 2 1 3, 2 4 3 の前記補正用電極 3 0 8 a, 3 0 8 b ごとに電圧差 V を生じるように各前記補正用電極 3 0 8 a, 3 0 8 b に電圧をそれぞれ印加することにより、光周波数分波器 3 1 0 のアレイ導波路 2 1 3 と光周波数合波器 3 4 0 のアレイ導波路 2 4 3 との間の中心周波数 f のずれを解消することができる。

30

【 0 1 1 5 】

したがって、本実施形態に係る光処理回路 3 0 0 においては、前述した第一番目の実施形態の場合と同様に、前記補正用電極 3 0 8 a, 3 0 8 b で電界を印加することにより、光周波数分波器 3 1 0 と光周波数合波器 3 4 0 との光信号の中心周波数を一致させることができるので、光損失の増加を抑えることができ、光周波数合波器 3 4 0 から出力される光信号の強度低下を抑制することができると共に、光周波数分波器 3 1 0 に入力する光信号の強度が小さい場合であっても、処理することができる。

40

【 0 1 1 6 】

これをもう少し具体的に説明する。

【 0 1 1 7 】

前記光周波数分波器 3 1 0 及び前記光周波数合波器 3 4 0 の前記アレイ導波路 2 1 3, 2 4 3 の前記直線部 2 1 3 a, 2 4 3 a が前記方位(B)に対して平行に配設されている場合には、先に説明したように、負のバイアス V_b に対して、 i 型半導体層である前記半

50

導体コア層 103 及び前記半導体補助クラッド層 104 の屈折率変化が負となる。

【0118】

ここで、前記光周波数分波器 310 及び前記光周波数合波器 340 の前記アレイ導波路 213, 243 が L ずつ長くなるにしたがって、印加電圧を大きくすれば ($|V_{b,i+1}| > |V_{b,i}|$)、前記 n_{eq1} が負となることから、前記式 (6) より、中心周波数 f を短波長側へシフトさせることができる。

【0119】

他方、前記光周波数分波器 310 及び前記光周波数合波器 340 の前記アレイ導波路 213, 243 が L ずつ長くなるにしたがって、印加電圧を小さくすれば ($|V_{b,i+1}| < |V_{b,i}|$)、前記 n_{eq1} が正となることから、前記式 (6) より、中心周波数 f を長波長側へシフトさせることができる。

10

【0120】

したがって、前記光周波数分波器 310 及び前記光周波数合波器 340 の前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a が前記方位 (B) に対して平行に配設されている場合、光周波数分波器 310 の透過帯域中心波長が、光周波数合波器 340 の透過帯域中心波長よりも短波側へずれているときには、前記光周波数分波器 310 の前記アレイ導波路 213 が長くなるほど印加電界を大きくするように、光周波数分波器 310 の前記補正用電極 308a で負のバイアス電圧を印加することにより、光周波数分波器 310 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 340 の透過帯域中心波長とを一致させることができ、光周波数分波器 310 の透過帯域中心波長が、光周波数合波器 340 の透過帯域中心波長よりも長波側へずれているときには、前記光周波数合波器 340 の前記アレイ導波路 243 が長くなるほど印加電界を大きくするように、光周波数合波器 340 の前記補正用電極 308b に負のバイアス電圧を印加することにより、光周波数分波器 310 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 340 の透過帯域中心波長とを一致させることができる。

20

【0121】

これに対し、前記光周波数分波器 310 及び前記光周波数合波器 340 の前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a が前記方位 (A) に対して平行に配設されている場合には、先に説明したように、負のバイアス V_b に対して、 i 型半導体層である前記半導体コア層 103 及び前記半導体補助クラッド層 104 の屈折率変化が正となる。

30

【0122】

ここで、前記光周波数分波器 310 及び前記光周波数合波器 340 の前記アレイ導波路 213, 243 が L ずつ長くなるにしたがって、印加電圧を大きくすれば ($|V_{b,i+1}| > |V_{b,i}|$)、前記 n_{eq1} が正となることから、前記式 (6) より、中心周波数 f を長波長側へシフトさせることができる。

【0123】

他方、前記光周波数分波器 310 及び前記光周波数合波器 340 の前記アレイ導波路 213, 243 が L ずつ長くなるにしたがって、印加電圧を小さくすれば ($|V_{b,i+1}| < |V_{b,i}|$)、前記 n_{eq1} が負となることから、前記式 (6) より、中心周波数 f を短波長側へシフトさせることができる。

40

【0124】

したがって、前記光周波数分波器 310 及び前記光周波数合波器 340 の前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a が前記方位 (A) に対して平行に配設されている場合、光周波数分波器 310 の透過帯域中心波長が、光周波数合波器 340 の透過帯域中心波長よりも短波側へずれているときには、前記光周波数合波器 340 の前記アレイ導波路 343 が長くなるほど印加電界を大きくするように、光周波数合波器 340 の前記補正用電極 308b で負のバイアス電圧を印加することにより、光周波数分波器 310 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 340 の透過帯域中心波長とを一致させることができ、光周波数分波器 310 の透過帯域中心波長が、光周波数合波器 340 の透過帯

50

域中心波長よりも長波側へずれているときには、前記光周波数分波器 310 の前記アレイ導波路 313 が長くなるほど印加電界を大きくするように、光周波数分波器 310 の前記補正用電極 308a に負のバイアス電圧を印加することにより、光周波数分波器 310 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 340 の透過帯域中心波長とを一致させることができる。

【0125】

なお、光周波数分波器 310 及び光周波数合波器 340 の前記アレイ導波路 213, 243 の前記直線部 213a, 243a の一方を前記方位 (A) に対して平行に配設し、他方を前記方位 (B) に対して平行に配設した場合には、上述した条件を適宜組み合わせ、前記補正用電極 308a, 308b に電圧を適切に印加することにより、光周波数分波器 310 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 340 の透過帯域中心波長とを上述した場合と同様に一致させることができる。

10

【0126】

さらに、本実施形態に係る光処理回路 300 においては、光周波数分波器 310 及び光周波数合波器 340 の各アレイ導波路 213, 243 の間を断続させるようにそれぞれ配設されると共に、当該アレイ導波路 213, 243 の当該直線部 213a, 243a の軸方向の長さがそれぞれ等しい複数の補正用電極 308a, 308b を適用して、各前記直線部 213a, 243a の間でそれぞれ電氣的に分離してそれぞれ独立の電界を印加できるようにしたことから、光周波数分波器 310 及び光周波数合波器 340 において、幅方向に隣り合う前記アレイ導波路 213, 243 間での製造プロセスの加工誤差による光損失の増加を抑制することもできるので、光周波数分波器 310 及び光周波数合波器 340 の各アレイ導波路 213, 243 を伝搬する各光信号の中心周波数をさらに精度よく調整することができる。

20

【0127】

なお、前記式 (6) からわかるように、光周波数分波器 310 及び光周波数合波器 340 の幅方向に隣り合うアレイ導波路 213, 243 の直線部 213a, 243a への印加電圧差 V に対する中心周波数 f のシフトは、前記長さ L_0 を長くすることにより、大きくすることができ、高効率で行うことが可能となる。

【0128】

他の実施形態

30

なお、前述した第二、三番目の実施形態では、光周波数分波器 210, 310 及び光周波数合波器 240, 340 のアレイ導波路 213, 243 の直線部 213a, 243a に補正用電極 208a, 208b, 308a, 308b を設けるようにしたが、他の実施形態として、例えば、光周波数分波器 210, 310 及び光周波数合波器 240, 340 のアレイ導波路 213, 243 の曲線部 213b, 243b に補正用電極を設けることも可能である。

【0129】

しかしながら、前述した第二、三番目の実施形態のように、光周波数分波器 210, 310 及び光周波数合波器 240, 340 のアレイ導波路 213, 243 の直線部 213a, 243a に補正用電極 208a, 208b, 308a, 308b を設けるようにすれば、先に説明したように、ポッケルス効果による屈折率変化量の相殺に伴う減少を抑制することができるだけでなく、製造の際の蒸着工程の容易化を図ることができると共に、損傷 (断線) を抑制することができるので、非常に好ましい。

40

【0130】

また、前述した第二、三番目の実施形態では、光周波数分波器 210, 310 及び光周波数合波器 240, 340 の両方に補正用電極 208a, 208b, 308a, 308b を設けるようにしたが、他の実施形態として、例えば、光周波数分波器及び光周波数合波器のいずれか一方だけに補正用電極を設けるようにすることも可能である。

【0131】

このような場合には、中心周波数のシフト調整可能範囲が狭くなってしまうことから、

50

光周波数分波器に複数の入力導波路を設けると共に、光周波数合波器に複数の出力導波路を設け、光周波数分波器の透過帯域中心波長と光周波数合波器の透過帯域中心波長との相対的なずれ量を上記シフト調整可能範囲内となるように、光周波数分波器の入力導波路と光周波数合波器の出力導波路との組み合わせを適宜選択できるようにすると、非常に好ましい。

【 0 1 3 2 】

また、例えば、図 1 1 に示すように、前記アレイ導波路 2 1 3 の前記直線部 2 1 3 a の前記入力導波路 1 1 1 側で各当該直線部 2 1 3 a の間を連絡するように当該アレイ導波路 2 1 3 の間にわたって配設されて当該アレイ導波路 2 1 3 の当該直線部 2 1 3 a の軸方向の長さを当該アレイ導波路 2 1 3 の配列方向一方側（図 1 1 中、下方側）よりも配列方向
10
他方側（図 1 1 中、上方側）ほど一定の割合で短くするように前記出力導波路 1 1 5 側の辺を当該直線部 2 1 3 a に対して傾斜させた台形状をなす第一の補正用電極 4 0 8 a a と、前記アレイ導波路 2 1 3 の前記直線部 2 1 3 a の前記出力導波路 1 1 5 側で各当該直線部 2 1 3 a の間を連絡するように当該アレイ導波路 2 1 3 の間にわたって配設されて当該アレイ導波路 2 1 3 の当該直線部 2 1 3 a の軸方向の長さを当該アレイ導波路 2 1 3 の配列方向一方側（図 1 1 中、下方側）よりも配列方向他方側（図 1 1 中、上方側）ほど一定の割合で長くするように前記入力導波路 1 1 1 側の辺を当該直線部 2 1 3 a に対して傾斜させた台形状をなす第二の補正用電極 4 0 8 a b とを光周波数分波器 4 1 0 に配設すると
20
共に、上記アレイ導波路 2 1 3 の上記直線部 2 1 3 a の前記補正用電極 4 0 8 a a , 4 0 8 a b の配設箇所と未配設箇所との間及び当該補正用電極 4 0 8 a a , 4 0 8 a b の間に、当該間を電氣的に絶縁するように前記クラッド層 1 0 5 の一部をエッチング除去した分離溝 3 1 6 , 4 1 6 を形成する、すなわち、前記 が負（ < 0 ）となる第一の補正用電極 4 0 8 a a と、前記 が正（ > 0 ）となる第二の補正用電極 4 0 8 a b とを光周波数分波器 4 1 0 に配設した光処理回路 4 0 0 を適用すれば、光周波数合波器 1 4 0 の透過帯域中心波長に対する光周波数分波器 4 1 0 の透過帯域中心波長のずれ方向に応じて、第一の補正用電極 4 0 8 a a 及び第二の補正用電極 4 0 8 a b のいずれか一方を選択して電界を印加することにより、光周波数分波器 4 1 0 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 1 4 0 の透過帯域中心波長との相対的なずれ量の調整可能範囲を広げることができるので、好ましい。

【 0 1 3 3 】

これと同様に、例えば、図 1 2 に示すように、前記アレイ導波路 2 4 3 の前記直線部 2 4 3 a の前記入力導波路 1 4 1 側で各当該直線部 2 4 3 a の間を連絡するように当該アレイ導波路 2 4 3 の間にわたって配設されて当該アレイ導波路 2 4 3 の当該直線部 2 4 3 a の軸方向の長さを当該アレイ導波路 2 4 3 の配列方向一方側（図 1 2 中、下方側）よりも配列方向他方側（図 1 2 中、上方側）ほど一定の割合で短くするように前記出力導波路 1 4 5 側の辺を当該直線部 2 4 3 a に対して傾斜させた台形状をなす第一の補正用電極 5 0 8 b a と、前記アレイ導波路 2 4 3 の前記直線部 2 4 3 a の前記出力導波路 1 4 5 側で各
30
当該直線部 2 4 3 a の間を連絡するように当該アレイ導波路 2 4 3 の間にわたって配設されて当該アレイ導波路 2 4 3 の当該直線部 2 4 3 a の軸方向の長さを当該アレイ導波路 2 4 3 の配列方向一方側（図 1 2 中、下方側）よりも配列方向他方側（図 1 2 中、上方側）
40
ほど一定の割合で長くするように前記入力導波路 1 4 1 側の辺を当該直線部 2 4 3 a に対して傾斜させた台形状をなす第二の補正用電極 5 0 8 b b とを光周波数分波器 5 4 0 に配設すると共に、上記アレイ導波路 2 4 3 の上記直線部 2 4 3 a の前記補正用電極 5 0 8 b a , 5 0 8 b b の配設箇所と未配設箇所との間及び当該補正用電極 5 0 8 b a , 5 0 8 b b の間に、当該間を電氣的に絶縁するように前記クラッド層 1 0 5 の一部をエッチング除去した分離溝 3 4 6 , 5 4 6 を形成する、すなわち、前記 が負（ < 0 ）となる第一の補正用電極 5 0 8 b a と、前記 が正（ > 0 ）となる第二の補正用電極 5 0 8 b b とを光周波数合波器 5 4 0 に配設した光処理回路 5 0 0 を適用すれば、光周波数分波器 1 1 0 の透過帯域中心波長に対する光周波数合波器 5 1 0 の透過帯域中心波長のずれ方向に応じて、第一の補正用電極 5 0 8 b a 及び第二の補正用電極 5 0 8 b b のいずれか一方を選択
50

して電界を印加することにより、光周波数分波器 110 の透過帯域中心波長と光周波数合波器 540 の透過帯域中心波長との相対的なずれ量の調整可能範囲を広げることができるので、好ましい。

【0134】

また、前述した第一～三番目の実施形態では、前記第三の半導体クラッド層 104 に p 型の InP を使用したが、他の実施形態として、例えば、p 型の InAlAs 等のような、前記第二の半導体クラッド層 105 の材料である InP よりも電子親和力の小さい材料を第三の半導体クラッド層（厚さ 0.05 μm）に使用することも可能である。

【0135】

ここで、第三の半導体クラッド層に p 型の InAlAs を使用した場合の半導体アレイ導波路格子に電界を印加したときのバンドダイヤグラムを図 13 に示す。図 13 に示すように、InAlAs の層の電子親和力は InP の層の電子親和力よりも小さいため、InAlAs の層と InP の層との界面には、伝導体バンドの不連続が生じる。この伝導体バンドの不連続は、第二の半導体クラッド層（n 型の InP）から前記 i 型半導体層（i 型 InP 及び i 型 InGaAsP）側へ移動しようとする電子 e に対してポテンシャル障壁として作用するため、この障壁を乗り越えられるエネルギーを有する電子 e だけが当該 i 型半導体層側へ移動できる。つまり、第二の半導体クラッド層（n 型 InP）から前記 i 型半導体層（i 型 InP 及び i 型 InGaAsP）側へ移動しようとする電子 e にとって、この接合は高抵抗となるのである。したがって、第二の半導体クラッド層の材料よりも電子親和力の小さい材料を第三の半導体クラッド層に使用すると、耐圧特性をさらに向上させることができるので、より高い電界を導波路に印加することができ、中心周波数の調整範囲をより広げることが可能となる。

【0136】

なお、必要な耐圧特性を得られるような厚さを有する第三の半導体クラッド層（InAlAs）とすれば、InAlAs を i 型（ノンドープ）とすることも可能である。この場合には、導波路の層構造に p 型層が存在しなくなるので、伝搬損失をより小さくすることができ、挿入損失の小さい光処理回路を実現することができる。

【0137】

また、前述した第一～三番目の実施形態では、半導体コア層 103、半導体補助クラッド層 104、第三の半導体クラッド層 105 の順に積層した層構造としたが、他の実施形態として、例えば、第三の半導体クラッド層、半導体補助クラッド層、半導体コア層の順、すなわち、前述した第一～三番目の実施形態と逆の順に積層した層構造とすることも可能である。ただし、この場合には、前述した第一～三番目の実施形態の場合と印加電界の向きを逆にする必要がある。また、例えば、第一の半導体クラッド層と半導体コア層との間及び第二の半導体クラッド層と半導体補助クラッド層との間の両方に第三の半導体クラッド層をそれぞれ設けることも可能である。なお、この場合には、半導体コア層と第三の半導体クラッド層とが近くなって、第三の半導体クラッド層の光閉じ込め係数が大きくなってしまふことから、半導体コア層と第三の半導体クラッド層との間に i 型の半導体層（半導体補助クラッド層）をさらに介在させておくと、第三の半導体クラッド層の光閉じ込め係数が大きくなることを防止できるので、非常に好ましい。

【0138】

また、前述した第一～三番目の実施形態では、前記半導体コア層 103 をバルクとした場合について説明したが、他の実施形態として、例えば、前記半導体コア層 103 を量子井戸構造とすることも可能である。

【0139】

また、前述した第一～三番目の実施形態では、前記第三の半導体クラッド層 104 の光閉じ込め係数を極力下げようとするために i 型半導体層として前記半導体コア層 103 及び前記半導体補助クラッド層 104 を用いるようにしたが、他の実施形態として、例えば、第三の半導体クラッド層の光閉じ込め係数が十分に低い場合には、半導体補助クラッド層を省略して i 型半導体層として半導体コア層のみを用いるようにすることも可能であ

10

20

30

40

50

る。

【0140】

また、前述した第一～三番目の実施形態では、前記電極107、208a、208b、308a、308bを第二の半導体クラッド層106上に設けるオーミック電極としたが、他の実施形態として、例えば、前記半導体補助クラッド層104上にショットキー電極を形成してこれを利用することも可能である。

【0141】

また、前述した第一～三番目の実施形態では、前記電極107、109、208a、208b、308a、308bと前記層102、106とを直接コンタクトさせるようにしたが、他の実施形態として、例えば、前記電極107、109、208a、208b、308a、308bと前記層102、106との間にInGaAsやInGaAsP等からなるコンタクト層を設けて、コンタクト抵抗を下げるようにすることも可能である。

10

【0142】

また、前述した第一～三番目の実施形態では、接地電極107を前記第一の半導体クラッド層102上に設けるようにしたが、他の実施形態として、例えば、半導体基板にn型を使用している場合には、接地電極を当該半導体基板の裏面に設けることも可能である。

【0143】

また、前述した第一～三番目等の実施形態では、ハイメサ構造をなす光導波路を有する光処理回路100、200、300、400、500の場合について説明したが、他の実施形態として、例えば、光導波路構造として、リッジ構造や、半導体レーザ等で適用されているような、導波路の幅方向（横方向）を埋め込んだ構造、すなわち、半絶縁性（SI）の半導体（例えば、ドーパントとしてFeやRu等を用いたもの）で埋め込むSI埋め込み構造を適用することも可能である。

20

【0144】

また、前述した第一～三番目の実施形態では、InGaAsP/InP系の半導体材料を使用した場合について説明したが、本発明は、このような材料に限定されるものではなく、その他の半導体材料であっても、前述した第一～三番目の実施形態の場合と同様に適用することができる。

【0145】

また、長さを一定の割合でなく不規則に変化させた補正用電極を光周波数分波器や光周波数合波器のアレイ導波路ごとに設けて当該アレイ導波路ごとにそれぞれ電圧制御すれば、構造や制御系が複雑になるものの、前述した実施形態と同様に中心周波数の制御を行うことはできる。

30

【産業上の利用可能性】

【0146】

本発明に係る光処理回路は、挿入損失を小さくすることができるので、例えば、光符号分割多重方式を利用した光送受信器に適用すると、極めて有効に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0147】

【図1】本発明に係る光処理回路の第一番目の実施形態の概略構成を表わす平面図である。

40

【図2】図1の光処理回路の概略構成を表わす断面図である。

【図3】図1の光処理回路に電界を印加したときのバンドダイヤグラムである。

【図4】光符号分割多重伝送方式の説明図である。

【図5】本発明に係る光処理回路の第二番目の実施形態の概略構成を表わす平面図である。

【図6】図5の光処理回路の概略構成を表わす断面図である。

【図7】図5の光処理回路の光周波数分波器及び光周波数合波器の隣り合うアレイ導波路の相関関係説明図である。

【図8】本発明に係る光処理回路の第三番目の実施形態の概略構成を表わす平面図である

50

。

【図 9】図 8 の光処理回路の概略構成を表わす断面図である。

【図 10】図 8 の光処理回路の光周波数分波器及び光周波数合波器の隣り合うアレイ導波路の相関関係説明図である。

【図 11】本発明に係る光処理回路の他の実施形態の概略構成を表わす平面図である。

【図 12】本発明に係る光処理回路の他の実施形態の概略構成を表わす平面図である。

【図 13】本発明に係る光処理回路の他の実施形態において電界を印加したときのバンドダイヤグラムである。

【図 14】従来の光処理回路の一例の概略構成を表わす平面図である。

【符号の説明】

10

【0148】

- 100 光処理回路
- 101 半導体基板
- 102 第一の半導体クラッド層
- 103 半導体コア層
- 104 半導体補助クラッド層
- 105 第三の半導体クラッド層
- 106 第二の半導体クラッド層
- 107 変調用電極
- 109 接地電極
- 110 光周波数分波器
- 111 入力導波路
- 112 スラブ導波路
- 113 アレイ導波路
- 114 スラブ導波路
- 115 出力導波路
- 120 位相変調器
- 130 遅延線
- 140 光周波数合波器
- 141 入力導波路
- 142 スラブ導波路
- 143 アレイ導波路
- 144 スラブ導波路
- 145 出力導波路
- 200 光処理回路
- 208 a , 208 b 補正用電極
- 210 光周波数分波器
- 213 アレイ導波路
- 213 a 直線部
- 213 b 曲線部
- 216 分離溝
- 240 光周波数合波器
- 243 アレイ導波路
- 243 a 直線部
- 243 b 曲線部
- 246 分離溝
- 300 光処理回路
- 308 a , 308 b 補正用電極
- 310 光周波数分波器
- 316 分離溝

20

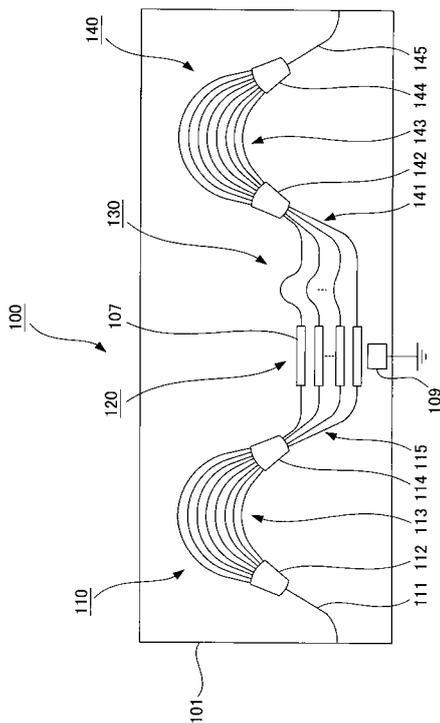
30

40

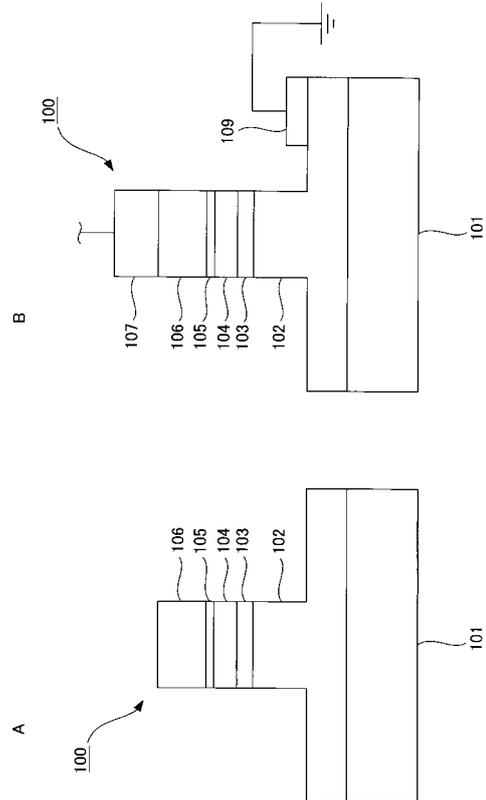
50

- 3 4 0 光周波数合波器
- 3 4 6 分離溝
- 4 0 0 光処理回路
- 4 0 8 a a 第一の補正用電極
- 4 0 8 a b 第二の補正用電極
- 4 1 0 光周波数分波器
- 4 1 6 分離溝
- 5 0 0 光処理回路
- 5 0 8 b a 第一の補正用電極
- 5 0 8 b b 第二の補正用電極
- 5 4 0 光周波数合波器
- 5 4 6 分離溝

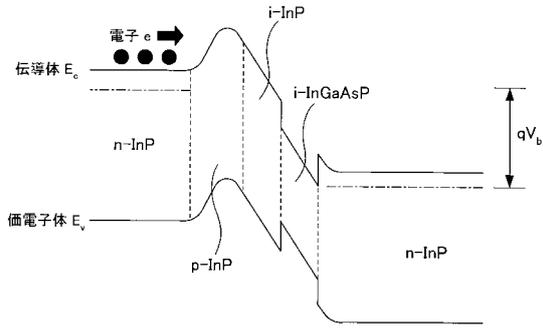
【図1】



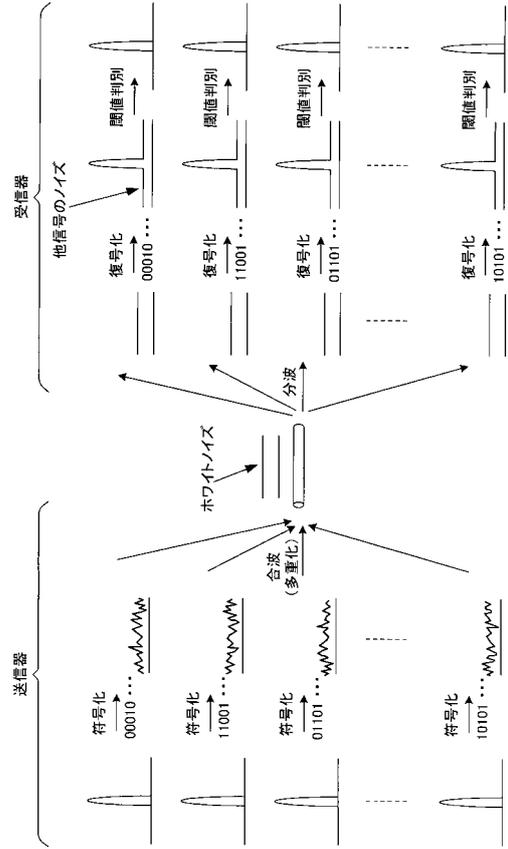
【図2】



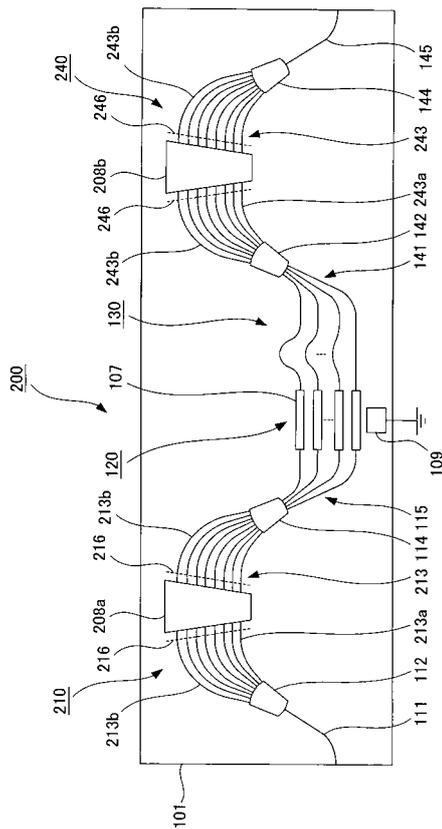
【図3】



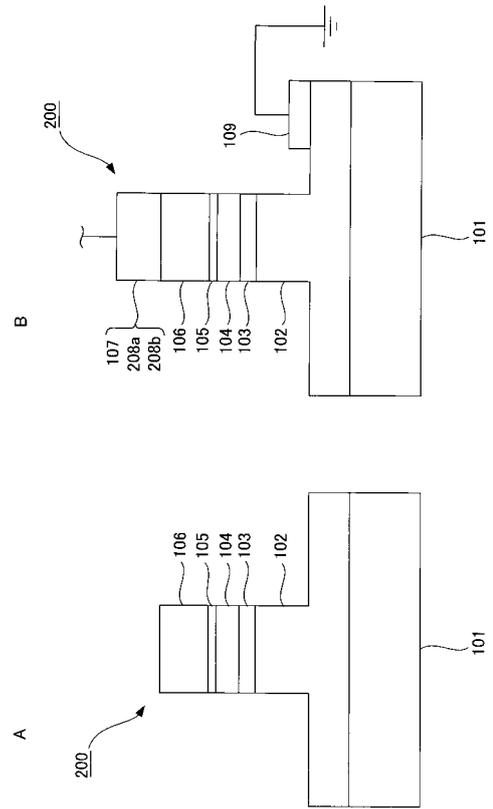
【図4】



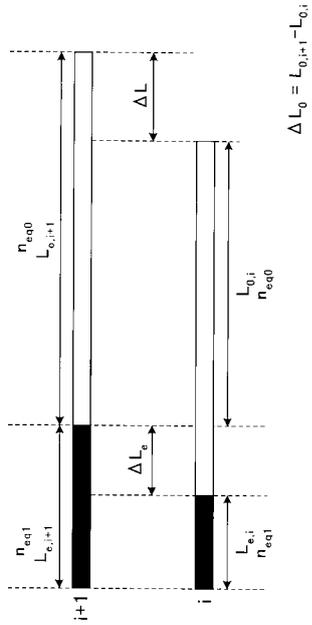
【図5】



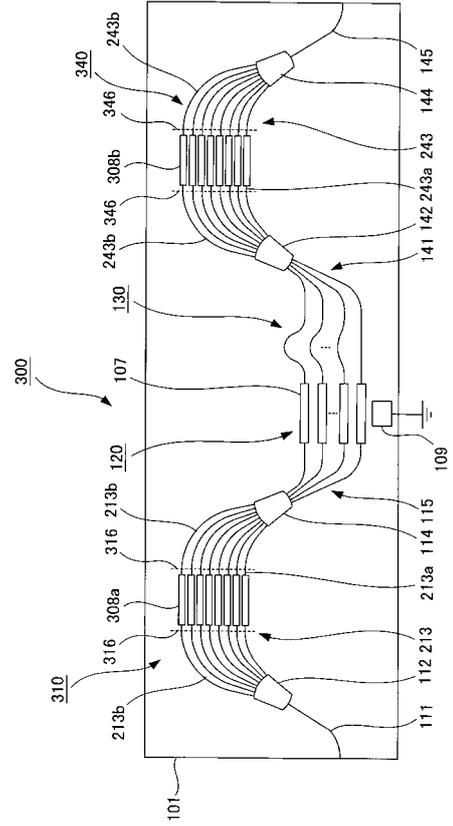
【図6】



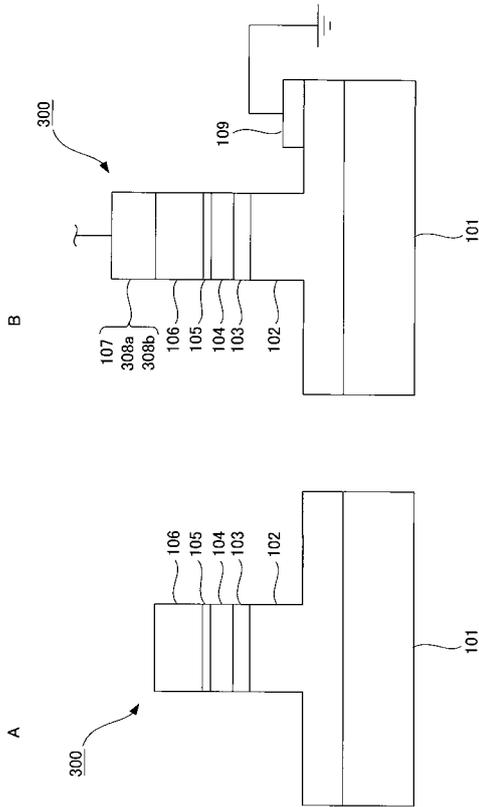
【 図 7 】



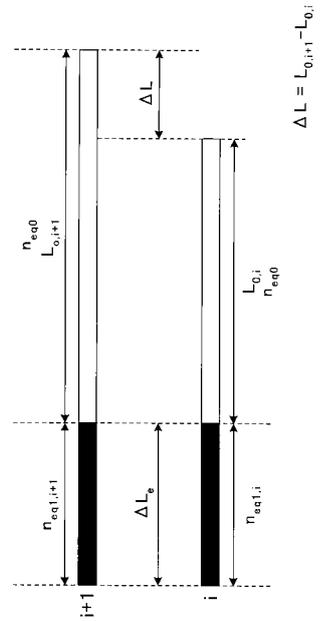
【 図 8 】



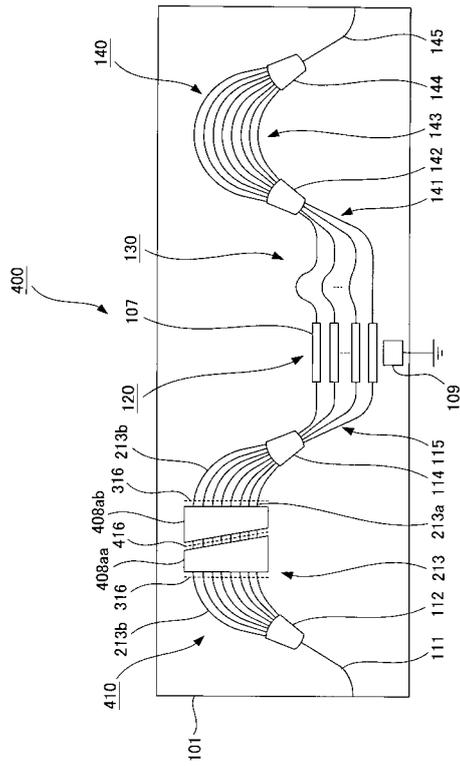
【 図 9 】



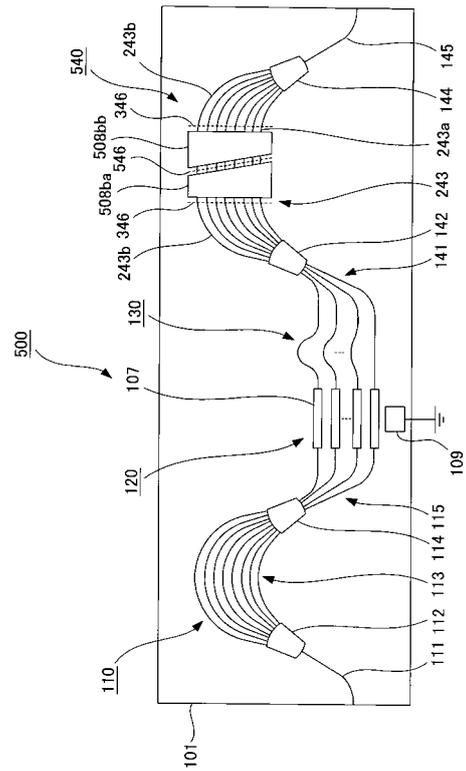
【 図 10 】



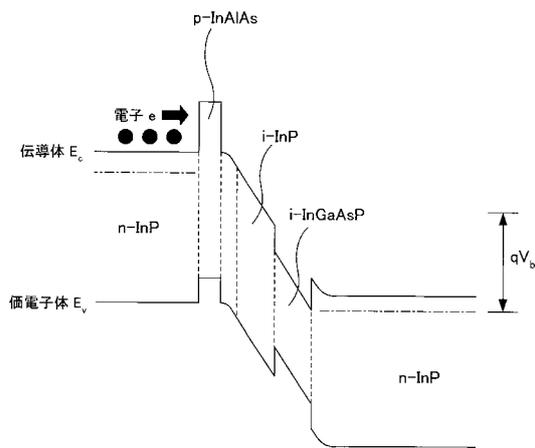
【図 1 1】



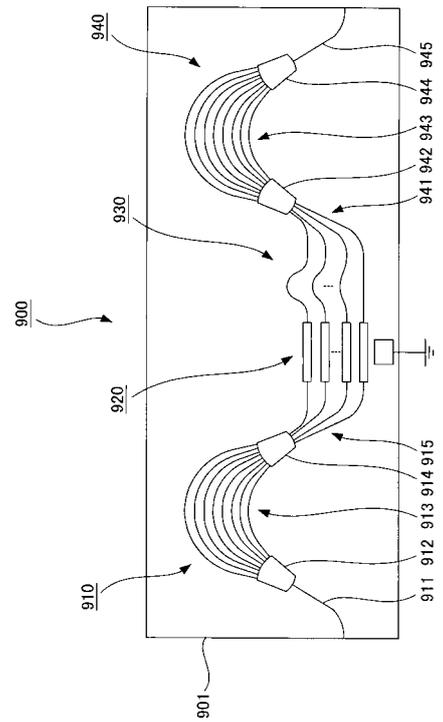
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-233619(JP,A)
国際公開第2006/095776(WO,A1)
特開2002-072157(JP,A)
特開平07-333446(JP,A)
特開2001-148531(JP,A)
特開2006-146097(JP,A)
特開平05-323246(JP,A)
特開2000-321450(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/12
G02F 1/015 - 1/025, 1/061, 1/065
H01S 3/10 - 3/115,
5/02 - 5/026, 5/183, 5/50
H04B 10/00 - 10/06

JSTPlus(JDreamII)
JST7580(JDreamII)