

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 7 部門第 2 区分
 【発行日】平成 27 年 1 月 29 日 (2015.1.29)

【公表番号】特表 2014-502427 (P2014-502427A)
 【公表日】平成 26 年 1 月 30 日 (2014.1.30)
 【年通号数】公開・登録公報 2014-005
 【出願番号】特願 2013-542612 (P2013-542612)
 【国際特許分類】

H 0 1 S 5/0625 (2006.01)

H 0 1 S 5/22 (2006.01)

G 0 2 F 1/025 (2006.01)

【 F I 】

H 0 1 S 5/0625

H 0 1 S 5/22 6 1 0

G 0 2 F 1/025

【誤訳訂正書】

【提出日】平成 26 年 12 月 2 日 (2014.12.2)

【誤訳訂正 1】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】複数の調整可能光デバイスを備えるアレイ

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は一般に調整可能アレイに関し、特に、複数の光デバイスを含む調整可能アレイであって、各光デバイスが当該光デバイスから出力される光学上の光 (optical light) を有する、調整可能アレイに関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

大容量光相互接続への関心がかなり高く、かつ増大している。最小の 40 Gb/s、好ましくは 100 Gb/s 以上のデータレートが可能な相互接続が、一般に、様々な実施態様において必要とされる。多くの部分において、シリアル形式でこれらのデータレートを実施することが困難であることを要因として、並列多チャンネルの単一ファイバ相互接続の実施態様 (すなわち、大データ容量システム) が支持を得ている。

【 0 0 0 3 】

一例として、並列多チャンネル相互接続の実施態様は、高速デジタル信号の伝送用の共通フォームファクタを生成するための 100 Gb/s スモール・フォーム・ファクタ・ブラガブル (CFP) 標準、マルチソースアグリーメントに示唆される。CFP 標準は、次世代高速イーサネット (登録商標) (100 GbE) を含む 100 Gb/s までのデータレートでの伝送用途を可能にするホット・ブラガブル光トランシーバ・フォーム・ファクタを規定する。ブラガブル CFP トランシーバは、インターネットのバックボーンを形成するデータ通信及び電気通信網の超広帯域幅の要求に対応することができる。CFP 標準の電気インタフェースはおおまかに規定されているだけである。しかし、100 Gb/s トランシーバに関しては、10 個の 10 Gb/s デバイスのアレイをもつ並列リンクが好まれる。

【 0 0 0 4 】

多くの従来の並列多チャンネルアレイの実施態様は、固定波長レーザ又は集積化レーザ変調器のアレイを利用し、ITUグリッド（例えば、200GHz間隔、100GHz間隔、50GHz間隔など）内の所与の波長帯（例えば、Cバンド又はLバンド）で動作する。すなわち、アレイの各レーザは、ITUグリッドの特定のチャンネル及び対応する周波数（波長）で動作することができる。製造プロセスで組み込まれ、若干の熱調整と組み合わせられた特定の格子ピッチ（grating pitch）によって、アレイ中のレーザの各々のグリッド位置合わせは達成される。一例として、多波長レーザ放出構成要素において可変ピッチのブラッグ・グレーティングを使用することが、米国特許第5,930,278号に開示されている。

【0005】

直接変調レーザ（DML）のアレイが最も単純な実施態様である。例えば、サントウルコーポレーション（Santur Corporation）からのPD100-TX 100Gb/s CFP対応光ファイバトランシーバは、チャンネル当たり10.3125Gb/sで動作する10個の独立チャンネルを含む。PD100-TXは、10チャンネルDMLアレイ及び光マルチプレクサと一緒に10チャンネルレーザドライバ回路を組み込んでいる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、上述のものなどの固定波長レーザからなるアレイでは、多用途性が制限される。結果として、所与の固定波長アレイの多くの別形（variant）が、様々なITUグリッドに関して様々な短距離（2km～10km）、中距離、及び長距離（40kmを超える）の実施態様の要求を満たすのに必要とされることになる。到達距離と、アレイが使用される環境とにより、別形の選択を決めることができる。

【0007】

例えば、2～10kmの短距離では、高密度WDM（波長分割多重）を使用する利点はほとんどないが、それは低密度WDM多チャンネル手法よりも一般に高価となるからである。短いリンクの場合、ファイバは、コストのごく一部であり、したがって、追加チャンネル（例えば10、40、又は100Gb/sのチャンネル）は、追加のファイバを設けることによって追加されることになる。典型的には、CWDM構成は、並列データ搬送路間で4又は8nm間隔で動作し、したがって、その複合的なセットは、ファイバの利用可能伝送帯の重要な部分を使い果たし、ファイバの容量をさらに増加させるのに追加の波長多重化の余地はほとんどない。

【0008】

中間距離／長距離では、ファイバコスト及び敷設が極めて重要であり、一般に、多チャンネル（例えば、10、40、又は100Gb/sの）をファイバで伝送することが必要とされることになる。これは高密度WDMを使用することによって達成され、個々の並列データチャンネル間の間隔は、典型的には、50、100、又は200GHzとなる。50GHzの間隔の場合には、約1525nmと1565nmとの間のファイバの従来の「C」バンドは、約100レーンのデータを搬送することができる。100GHzでは、これは約50レーンである。したがって、この用途でのアレイの場合、異なる波長出力をもつ最低限の約10個の異なる別形が、50GHzのグリッド上で動作する10チャンネルユニットに必要とされることになり、約25個の異なる別形が、50GHzのグリッド上で動作する4チャンネルユニットに必要とされることになり、アレイの始動のチャンネルにおいて完全な柔軟性を持たせるには、より多くの別形が必要とされる。グリッドが広がる（例えば、100GHzまで）につれて、別形の数は原理的には減少するが、多くのユーザは、限度一杯の50GHzのグリッドを使用するために100GHzグリッドデバイスを「インタリーブし」、したがって、同じ総数の別形を提供することになる。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、複数の光デバイスの調整可能アレイを提供し、前記複数の光デバイスの各々

が、出力パラメータに関して互いに対して所定の不等関係でその光デバイスから出力される光学上の光を有する。複数の光デバイスのその対応する光学上の光は、所定の不等関係を実質的に維持しながら出力パラメータに関して調整可能である。これにより、調整可能アレイの簡単化されたセットアップ及び制御が可能になる。本発明の調整可能アレイは高度に多用性があり、「設定したらそのまま放置 (set and forget)」構成の様々な固定波長相互接続の実施態様の要求事項を満たすために使用することができる。

【 0 0 1 0 】

調整可能アレイのチューニング性によって与えられる多用性により、ユーザによって在庫として製造又は保持されなければならない別形の数可以减少させることができるようになる。さらに、アレイの調整機能により、アレイが利用されるネットワークの柔軟性及び再構成可能性が与えられるようになる。例えば、調整可能アレイは、ルータ - ルータ、クラウドコンピューティング、サーバーファーム、SONET仕様 (例えば、CFP) を満たす並列リンクなどのような用途に実装することができる。

【 0 0 1 1 】

多用性に加えて、本発明による調整可能アレイは、接触部、ボンドワイヤ、及び/又は電流若しくは電圧源の数を少なくして使用することが可能になる。一つの実施形態では、調整可能アレイのボンドワイヤの数は $n \times m$ 未満に減少され、ここで、 n は光デバイスの数であり、 m は個々の光デバイスで必要とされる接合の数である。その結果として、調整可能アレイのサイズを最小化することができる。本発明は、さらに、駆動電流又は電圧の著しい低減を可能にする。例えば、10チャンネルアレイの実施形態では、アレイの全チューニング電流は、「標準」レーザのアレイでの500 ~ 750 mAと比較して、約100 mAに減少させることができる。

【 0 0 1 2 】

本発明の一つの態様によれば、調整可能アレイデバイスは、複数の光デバイスを含み、各光デバイスは、当該光デバイスから出力される光学上の光を有し、複数の光デバイスのその対応する光学上の光が出力パラメータに関して互いに対して所定の不等関係を有するようにして構成され、駆動信号に応じて、複数の光デバイスは、所定の不等関係を実質的に維持しながら、対応する光学上の光を出力パラメータに関して調整するようにさらに構成される。

【 0 0 1 3 】

一つの実施形態によれば、出力パラメータは、波長、周波数、パワー、位相、及び偏波のうちの少なくとも一つである。

【 0 0 1 4 】

別の実施形態によれば、複数の光デバイスの各々は、駆動信号に応じて、所定の不等関係を実質的に維持しながら対応する光学上の光を出力パラメータに関して調整する少なくとも一つの調整セクションを含む。

【 0 0 1 5 】

別の実施形態によれば、調整可能アレイデバイスは、複数の光デバイスのその対応する少なくとも一つの調整セクションに駆動信号を出力するように結合及び構成されるコントローラをさらに含む。

【 0 0 1 6 】

別の実施形態によれば、コントローラは、複数の光デバイスのその対応する少なくとも一つの調整セクションを間接的に結合させるものである。

【 0 0 1 7 】

別の実施形態によれば、駆動信号は、主信号から生じる複数 (multiple) の信号を含む。

【 0 0 1 8 】

別の実施形態によれば、複数の光デバイスのその対応する少なくとも一つの調整セクションは、物理的に互いに結合され、駆動信号を共有する。

【 0 0 1 9 】

別の実施形態によれば、複数の光デバイスのその対応する少なくとも一つの調整セクションは、電圧、電流、温度、及び機械的操作のうちの少なくとも一つによって光学上の光を調整する。

【 0 0 2 0 】

別の実施形態によれば、複数の光デバイスの各々は、所定の不等関係を調整するとともに対応する光学上の光を出力パラメータに関して独立に調整するように構成される少なくとも一つの追加の調整セクションを含む。

【 0 0 2 1 】

別の実施形態によれば、所定の不等関係は、複数の光デバイスのその対応する光学上の光が出力パラメータに関して互いに対して等しいオフセット、不等のオフセット、及び所定の比率のうちの少なくとも一つを有することを含む。

【 0 0 2 2 】

別の実施形態によれば、所定の不等関係は、複数の光デバイスのその対応する光学上の光の出力パラメータが、出力パラメータに関する対応する光学上の光の調整に先立って第1の組の値のそれぞれに一致し、調整の後で第2の組の値のそれぞれに一致することを含む。

【 0 0 2 3 】

別の実施形態によれば、所定の不等関係は、複数の光デバイスのその対応する光学上の光の周波数が、出力パラメータに関する対応する光学上の光の調整に先立ってITUグリッドの第1の組のチャンネルのそれぞれに一致し、調整の後でITUグリッドの第2の組のチャンネルのそれぞれに一致することを含む。

【 0 0 2 4 】

別の実施形態によれば、複数の光デバイスは、ITUグリッドのそれぞれのチャンネルに沿って複数の光デバイスのその対応する光学上の光をステップ (step) させるようにさらに構成される。

【 0 0 2 5 】

別の実施形態によれば、対応する光学上の光が、互いに対して等しい追加の出力パラメータをさらに有する。

【 0 0 2 6 】

別の実施形態によれば、複数の光デバイスは、単一チップに一体構造で集積化されている。

【 0 0 2 7 】

別の実施形態によれば、複数の光デバイスは、複数のチューナブルレーザ、変調器、光検出器、半導体光増幅器、偏波コントローラ、及び位相コントローラのうちの少なくとも一つを含む。

【 0 0 2 8 】

別の実施形態によれば、調整可能アレイデバイスは、対応する光学上の光を組み合わせで組合せ出力にするように構成された結合器をさらに含む。

【 0 0 2 9 】

別の実施形態によれば、調整可能アレイデバイスは、1つ以上の追加の冗長な光デバイスをさらに含む。

【 0 0 3 0 】

本発明の別の態様によれば、調整可能アレイデバイスは、複数のチューナブルレーザを含み、各チューナブルレーザは、当該チューナブルレーザから出力される光学上の光を有し、複数のチューナブルレーザのその対応する光学上の光が周波数に関して互いに対して所定の不等関係を有するようにして構成され、駆動信号に応じて、複数のチューナブルレーザデバイスは、不等の所定の関係を実質的に維持しながら対応する光学上の光を周波数に関して調整するようにさらに構成される。

【 0 0 3 1 】

一つの実施形態によれば、複数のチューナブルレーザの各々は、駆動信号に応じて、所

定の不等関係を実質的に維持しながら光学上の光を調整する対応する前部グレーティングチューニングセクションを含む。

【 0 0 3 2 】

別の実施形態によれば、調整可能アレイデバイスは、複数の光デバイスのその対応する前部グレーティング・チューニング・セクションに駆動信号を出力するように結合及び構成されるコントローラをさらに含む。

【 0 0 3 3 】

別の実施形態によれば、コントローラは、複数の光デバイスのその対応する前部グレーティング・チューニング・セクションを間接的に結合させるものである。

【 0 0 3 4 】

別の実施形態によれば、駆動信号は、主信号から生じる複数 (multiple) の信号を含む。

【 0 0 3 5 】

別の実施形態によれば、複数の光デバイスのその対応する前部グレーティングチューニングセクションは、物理的に互いに結合され、駆動信号を共有する。

【 0 0 3 6 】

別の実施形態によれば、複数の光デバイスの各々は、所定の不等関係を調整するとともに対応する光学上の光を周波数に関して独立に調整するように構成される少なくとも一つの対応する後部グレーティング・チューニング・セクション又は位相チューニングセクションを含む。

【 0 0 3 7 】

別の実施形態によれば、所定の不等関係は、複数のチューナブルレーザのその対応する光学上の光が周波数に関して互いに対して等しいオフセット、不等のオフセット、及び所定の比率のうちの少なくとも一つを有することを含む。

【 0 0 3 8 】

別の実施形態によれば、所定の不等関係は、複数の光デバイスのその対応する光学上の光の周波数が、出力パラメータに関する対応する光学上の光の調整に先立って I T U グリッドの第 1 の組のチャンネルのそれぞれに一致し、調整の後で I T U グリッドの第 2 の組のチャンネルのそれぞれに一致することを含む。

【 0 0 3 9 】

別の実施形態によれば、複数のチューナブルレーザは、I T U グリッドのそれぞれのチャンネルに沿って複数のチューナブルレーザのその対応する光学上の光をステップさせるようにさらに構成される。

【 0 0 4 0 】

別の実施形態によれば、複数のチューナブルレーザは単一チップに一体構造で集積化されている。

【 0 0 4 1 】

別の実施形態によれば、複数のチューナブルレーザの各々は、実質的に同じ動作条件下で、複数の光デバイスの光学上の光を、周波数に関して互いに対して等しいオフセット、不等のオフセット、及びある比率のうちの少なくとも一つにするように構成された対応する後部グレーティング又は前部グレーティングの少なくとも一方を含む。

【 0 0 4 2 】

別の実施形態によれば、調整可能アレイデバイスは、対応する光学上の光を組合せ出力に組み合わせるように構成された結合器をさらに含む。

【 0 0 4 3 】

別の実施形態によれば、調整可能アレイデバイスは、1 つ以上の追加の冗長なチューナブルレーザをさらに含む。

【 0 0 4 4 】

本発明の別の態様は、調整可能アレイデバイスを調整する方法であり、調整可能アレイデバイスは、複数の光デバイスを備え、各光デバイスは、当該光デバイスから出力される

光学上の光を有し、複数の光デバイスのその対応する光学上の光が出力パラメータに関して互いに対して所定の不等関係を有するようにして構成され、当該方法が、駆動信号を複数の光デバイスに供給するステップと、駆動信号に応じて、所定の不等関係を実質的に維持しながら対応する光学上の光を出力パラメータに関して調整するステップとを含む。

【 0 0 4 5 】

一つの実施形態によれば、出力パラメータは、波長、周波数、パワー、位相、及び偏波のうちの少なくとも一つである。

【 0 0 4 6 】

別の実施形態によれば、対応する光学上の光を調整するステップは、駆動信号に応じて、所定の不等関係を実質的に維持しながら対応する光学上の光を出力パラメータに関して調整するように構成される複数の光デバイスの各々の少なくとも一つの調整セクションを調整するステップを含む。

【 0 0 4 7 】

別の実施形態によれば、この方法は、複数の光デバイスのその対応する少なくとも一つの調整セクションに駆動信号を出力するように結合及び構成されるコントローラを用いて、複数の光デバイスのその対応する少なくとも一つの調整セクションを制御するステップをさらに含む。

【 0 0 4 8 】

別の実施形態によれば、コントローラは、複数の光デバイスのその対応する少なくとも一つの調整セクションを間接的に結合させるものである。

【 0 0 4 9 】

別の実施形態によれば、駆動信号は、主信号から生じる複数 (multiple) の信号を含む。

【 0 0 5 0 】

別の実施形態によれば、複数の光デバイスのその対応する少なくとも一つの調整セクションは、物理的に互いに結合され、駆動信号を共有する。

【 0 0 5 1 】

別の実施形態によれば、対応する光学上の光を調整するステップは、複数の光デバイスのその対応する少なくとも一つの調整セクションを電圧、電流、温度、及び機械的操作のうちの少なくとも一つによって調整するステップを含む。

【 0 0 5 2 】

別の実施形態によれば、この方法は、所定の不等関係を調整するとともに対応する光学上の光を出力パラメータに関して独立に調整するステップをさらに含む。

【 0 0 5 3 】

別の実施形態によれば、対応する光学上の光を独立に調整するステップは、所定の不等関係を調整するとともに対応する光学上の光を出力パラメータに関して独立に調整するように構成される複数の光デバイスの各々の少なくとも一つの追加の調整セクションを独立に調整するステップを含む。

【 0 0 5 4 】

別の実施形態によれば、所定の不等関係は、複数の光デバイスのその対応する光学上の光が、出力パラメータに関して互いに対して等しいオフセット、不等のオフセット、及びある比率のうちの少なくとも一つとなることを含む。

【 0 0 5 5 】

別の実施形態によれば、所定の不等関係は、複数の光デバイスのその対応する光学上の光の出力パラメータが、出力パラメータに関する対応する光学上の光の調整に先立って第1の組の値のそれぞれに一致し、調整の後で第2の組の値のそれぞれに一致することを含む。

【 0 0 5 6 】

別の実施形態によれば、所定の不等関係は、複数の光デバイスのその対応する光学上の光の周波数が、出力パラメータに関する対応する光学上の光の調整に先立ってITUグリ

ッドの第 1 の組のチャンネルのそれぞれに一致し、調整の後で I T U グリッドの第 2 の組のチャンネルのそれぞれに一致することを含む。

【 0 0 5 7 】

別の実施形態によれば、対応する光学上の光を調整するステップは、I T U グリッドのそれぞれのチャンネルに沿って複数の光デバイスのその対応する光学上の光をステップさせるステップを含む。

【 0 0 5 8 】

別の実施形態によれば、複数の光デバイスは、複数のチューナブルレーザ、変調器、光検出器、半導体光増幅器、偏波コントローラ、及び位相コントローラのうちの少なくとも一つを含む。

【 0 0 5 9 】

別の実施形態によれば、この方法は、対応する光学上の光を組み合わせ、組合せ出力にするステップをさらに含む。

【 0 0 6 0 】

別の実施形態によれば、調整可能アレイデバイスは、1 つ以上の追加の冗長な光デバイスをさらに含む。

【 0 0 6 1 】

本発明の前述及び他の特徴は添付図面を参照しながら以下でさらに詳細に説明される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 2 】

【図 1】チューナブルレーザ、S O A、変調器、及び偏波コントローラを含む従来の光デバイスの概略図である。

【図 2】本発明による、単一チップに一体構造で構成された複数の光デバイスを含む例示的な調整可能アレイの概略図である。

【図 3】本発明による、単一チップに一体構造で構成された複数の光デバイスを含む例示的な調整可能アレイの概略図である。

【図 4】本発明による、単一チップに一体構造で構成された複数の光デバイスを含む例示的な調整可能アレイの概略図であり、各光デバイスは、チューナブルレーザ、S O A、変調器、及び偏波コントローラを含む。

【図 5】本発明による、対応する光学上の光の出力パラメータ（例えば、周波数）の例示的な調整を示すグラフである。

【図 6】本発明による、対応する光学上の光の出力パラメータ（例えば、周波数）の例示的な調整を示すグラフである。

【図 7】本発明による、対応する光学上の光の出力パラメータ（例えば、周波数）の例示的な調整を示すグラフである。

【図 8】本発明による、複数の個別の光デバイスを含む例示的な調整可能アレイの概略図である。

【図 9】本発明による、複数の個別の光デバイスを含む例示的な調整可能アレイの概略図である。

【図 10】本発明による、複数の個別の光デバイスを含む例示的な調整可能アレイの概略図であり、個別の光デバイスの各々は、チューナブルレーザ、S O A、変調器、及び偏波コントローラを含む。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 6 3 】

以下の説明では、同様の構成要素は、それらが異なる実施形態に示されるかどうかにかかわらず同じ参照番号が与えられることがある。明確かつ簡潔に本発明の実施形態を示すために、図面は必ずしも原寸に比例していないことがあり、いくつかの特徴はある程度概略的形態で示されることがある。ある実施形態に関して説明及び / 又は図示された特徴は、1 つ以上の他の実施形態において、及び / 又は他の実施形態の特徴と組み合わせ、若しくはそれら他の実施形態における特徴の代わりに、同じやり方で又は同様のやり方で使

用することができる。

【0064】

次に、図面を詳細に参照し、最初に図1を参照すると、従来の光デバイスが、100で全体的に示されており、その基本構造は本発明による例示的な調整可能アレイデバイスで利用することができる。光デバイス100は、半導体光増幅器(SOA)104、後部SOA106、変調器108、及び偏波コントローラ117が集積されたチューナブルレーザ102を含む。チューナブルレーザ102は、米国特許第7,145,923号に開示されたものなどのデジタルスーパーモード分布ブラッグ反射器(DSDBR)レーザとして示される。光デバイスの変調器108は、マッハ・ツェンダー干渉計変調器として示される。DSDBRレーザ102、SOA104、及びマッハ・ツェンダー変調器108は、一体構造で集積化され、集積化レーザマッハ・ツェンダー(ILMZ)デバイスを形成する。この文脈では、光デバイス100が主として図示及び記載されるが、光デバイス100の設計は任意の他の好適な設計とすることができることが理解されるべきである。チューナブルレーザ102、SOA104及び106、変調器108、並びに偏波コントローラ117を含む光デバイス100の特定の設計が、最も広い意味で本発明に密接に関連しているわけではない。

【0065】

一例として、光デバイス100のチューナブルレーザ102は、3セクションDBRなどの電子チューナブルレーザ、サンプルド・グレーティングDBRレーザ(SG-DBR)、超構造グレーティングDBRレーザ(SSG-DBR)、サンプルド・グレーティング・リフレクタ(GCSR)をもつグレーティング・アシストテッド同方向性結合器レーザ、又はY接合レーザ(Y3レーザ)とすることができる。チューナブルレーザ102は、さらに、微小電子機械チューナブル垂直キャビティ面発光レーザ(MEM-VCSSEL)又は外部キャビティレーザ(ECL)などの機械的チューニング・レーザとすることができる。

【0066】

チューナブルレーザ102は、一般に、後部グレーティング・チューニング・セクション110、位相制御チューニング・セクション112、利得セクション114、前部グレーティング・チューニング・セクション116、及び共通導波路115を含む。前部グレーティング・チューニング・セクション116、及び/又は後部グレーティング・チューニング・セクション110の調整により、光出力の周波数(波長)が調整される。グレーティングは、主として、どの周波数(波長)がチューニングセクションの所与の電流で出力されるかを規定する。位相制御チューニング・セクション112の調整により光出力の周波数が細かくチューニングされ、利得セクション114の調整により光出力の利得が調整される。簡潔にするために、波長チューナブルレーザ102の構成要素の各々の具体的な構造及び機能は詳細には説明されない。

【0067】

チューナブルレーザ102の後部グレーティングは、後部グレーティングから出力される光を増幅するために後部SOA106に光学的に結合される。一つの実施形態では、後部SOA106の出力は、外部波長ロッカー(図示せず)に光学的に結合することができる。波長ロッカーは、例えば、コントローラと組み合わせて利用することができ、出力光の波長を保持するためにチューナブルレーザ102の1つ以上のセクションに補正係数を与えることができる。

【0068】

チューナブルレーザの前部グレーティングは、前部グレーティングから変調器108に出力される光を増幅するためのSOA104に光学的に結合され、変調器は、光学上の光の偏波を制御するための偏波コントローラ117に光学的に結合される。SOA104の調整により、チューナブルレーザ102からの光出力のパワーレベルが調整される。図示のように、マッハ・ツェンダー変調器は、不均衡制御電極118、RF入力部120及び124、RF接地122及び126、並びに光パワーモニタ128を含む。変調器108

は、波長チューナブルレーザ 102 の光出力を変調し、意図した機能を光デバイス 100 が行なうことができるようにするために設けられる。例えば、チューナブルレーザ 102 の出力を変調するための例示的な変調形式には、例えば、40 G OOK、40 G QPSK (2 × 20 G)、25 G デュオバイナリ、及び 10 G OOK が含まれる。一つの実施形態では、光デバイス 100 (例えば、ILMZ) は、光通信で使用するのに好適である。マッハ・ツェンダー変調器は、当技術分野でよく知られており、特定した構成要素の各々の具体的な構造及び機能は、簡潔にするために詳細には説明されない。

【0069】

図 1 に示した光デバイス 100 は、広範囲の到達距離及び ITU グリッド間隔に好適である可能性がある。したがって、図 1 に示したものの複数の光デバイスを使用することにより、多様性をもつ調整可能アレイを提供して、固定波長光デバイスの多くの別形を使用する必要性をなくすることができる。例えば、複数の光デバイス 100 は個々にチューニング及び組合せを行い、特定の ITU グリッド上で (例えば、隣接する 100 GHz、50 GHz、33 GHz、25 GHz、又は 12.5 GHz グリッド点で) 光出力のブロックを生成することができる。

【0070】

しかし、図 1 に示したものの光デバイスは、かなりの数の接触部を含む。図 1 に示した光デバイス 100 の 10 個を独立に配置するには、約 220 個の接触パッド (デバイス当たり 22 個の接触パッド) が必要とされることになる。さらに、複数の個々の光デバイスから形成される調整可能アレイは、チューニング、試験、及び制御を高い歩留りで行なうことが困難である。例えば、ある一つの光デバイスの出力周波数は、一般に、同じ電流及び温度で動作されたときでさえ、製造プロセスから生じる導波路形状寸法の微妙な差、並びに光デバイスが製造される半導体層の厚さの変動に起因して、別のものとは異なる。したがって、そのような実施態様は、高度の複雑さを伴う「無理矢理な (sledge hammer)」手法になるであろう。

【0071】

図 1 に示したものの光デバイスは、通常、他の多くの同様のデバイス (多くの場合、一度に 1000 を超える) とともにウェハ上に製造される。個々の光デバイス 100 は、通常、ウェハを棒状物にへき開 (cleaving) し (各棒状物は複数のデバイスを含む)、デバイスファセットを被覆し、最終的に、棒状物を個々のチップにへき開することによって形成される。

【0072】

ウェハ上の同様に製作された隣接する光デバイス 100 のセクションが同じ又は同様の電流又は電圧で駆動される場合、そのようなデバイスでは、対応する光出力が同じ又は同様の出力パラメータを有することが達成されることになることが発明者らによって見いだされた。例えば、複数のデバイスの光出力の分析が示すところによれば、同様の DC 設定が適用された場合、隣接するチップの光デバイスの少なくとも 67% が互いに 15 GHz 以内にある。これのごく一部の要因としては、光デバイスが接近していることである。さらに、光出力の変動は、デバイスを一緒にアレイに集積化することに関連する光デバイス間の温度差の減少によって最小化される。光デバイスを一緒に集積化することに関連するさらなる利点には、電氣的相互接続抵抗及び光損失の低減、並びにアレイの全体サイズの低減が含まれる。

【0073】

これらの原理によれば、以下の説明に記載するように、光デバイスの調整可能アレイは、単一チップに一体構造で集積化することができる。調整可能アレイは複数の光デバイスを含み、各光デバイスは出力パラメータに関して互いに対して所定の不等関係で当該光デバイスから出力される光学上の光 (optical light) を有する。本明細書で使用されるとき、光学上の光の出力パラメータは、例えば、波長、周波数、パワー、位相、又は偏波などの任意の測定可能なパラメータとすることができる。さらに、所定の不等関係という用語は、例えば、等しいオフセット、不等のオフセット、所定の比率などのような任意の好

適な不等関係を含む。例えば、所定の不等関係が等しいオフセットである一実施形態では、複数の光デバイスのその対応する光学上の光の出力パラメータは、例えば、 X 、 $X + Y$ 、 $X + 2 Y$ 、 $X + 3 Y$ などとすることができる。同様に、所定の不等関係が不等のオフセットである一実施形態では、複数の光デバイスのその対応する光学上の光の出力パラメータは、例えば、 X 、 $X + Y$ 、 $X + Y + Z$ 、 $X + Y + Z + W$ などとすることができる。所定の不等関係が所定の比率である一実施形態では、複数の光デバイスのその対応する光学上の光の出力パラメータは、例えば、 X 、 $2 X$ 、 $3 X$ 、 $4 X$ などとすることができる。所定の不等関係の調整を以下で説明する。

【0074】

当然、対応する光学上の光は、複数の光デバイスのその対応する光学上の光間で同等である少なくとも追加の出力パラメータを有することができることが意図される。例えば、所定の不等関係が、対応する光学上の光の周波数に関係する一実施形態では、前記対応する光学上の光は同等のパワーで出力され得る。

【0075】

本発明によれば、共通駆動信号（例えば、電流又は電圧）を、複数の光デバイスのそれぞれの調整セクションのうちの少なくとも一つに印加することができる。共通駆動信号に応じて、各光デバイスの少なくとも一つの調整セクションは、電圧、電流、温度、及び機械的操作のうちの少なくとも一つによって光学上の光を調整することができる。共通駆動信号を介してそれぞれの調整セクションを調整すると、出力パラメータに関して所定の不等関係を実質的に維持しながら、対応する光学上の光を出力パラメータに関して調整できるようになる。

【0076】

図2及び3は、調整可能アレイ1000の様々な実施形態を全体的に示し、共通駆動信号を、複数の光デバイス1000a～dのその対応する少なくとも一つの調整セクション1002a～dに印加することができる。本発明によれば、各光デバイスの少なくとも一つの調整セクション1002a～dは、共通して、互いに結合され且つコントローラ1004に結合される。コントローラ1004は、共通駆動信号（例えば、電流又は電圧）を複数の光デバイス1000a～dのその対応する少なくとも一つの調整セクション1002a～dに出力するように構成される。図2に示されるように、各光デバイスの少なくとも一つの調整セクション1002a～dは、互いに（及びコントローラに）物理的に結合され、共通駆動信号を共有することができる。そのような実施形態では、対応する少なくとも一つの調整セクション1002a～dは、調整可能アレイ1000の製造プロセス中に共通メタライゼーションを介して接合することができる。したがって、調整可能アレイ1000は、数を少なくした接触部、及び/又は光デバイス1000a～dを駆動するのに使用される、数を少なくした電流源を含むことができる。調整可能アレイのチューニングセットアップ（以下で説明する）も簡単化される。

【0077】

図3に示されるように、それぞれの少なくとも一つの調整セクション1002a～dは、物理的に結合されないことがあるが、代わりに、共通して、コントローラに結合されて且つそのコントローラによって駆動され得る。そのような結合は、本明細書では、間接結合と呼ばれる（又はアルゴリズム結合と呼ばれることもある）。本実施形態では、コントローラ1004によって供給される駆動信号は複数（multiple）の信号を含み、各信号はそれぞれの少なくとも一つの調整セクションに供給される。複数の信号は主信号から導き出すことができる。例えば、コントローラ1004への制御入力信号によって、個別であるが関連するいくつかの信号を含む駆動信号を、それぞれの少なくとも一つの調整セクション1002a～dへ出力させることができる。前記個別であるが関連する信号は、同じでもよく、異なってもよい。

【0078】

したがって、本発明は、各光デバイスが出力パラメータに関して互いに対して所定の不等関係でその光デバイスから出力される光学上の光を有する複数の光デバイスの調整可能

アレイを提供する。上述のように、光学上の光の出力パラメータは、例えば、波長、周波数、パワー、位相、又は偏波などの任意の測定可能なパラメータとすることができる。さらに、光デバイスの各々は、共通駆動信号に応じて、所定の不等関係を実質的に維持しながら対応する光学上の光を出力パラメータに関して調整するように構成される少なくとも一つの調整セクションを含む。

【0079】

図4は、本発明による例示的な調整可能アレイ200を示し、その調整可能アレイから出力された対応する光学上の光は、出力パラメータに関して互いに対して所定の不等関係を有する。調整可能アレイ200は、単一チップに一体構造で集積化された、複数の同様に製作された光デバイス202a~dを含む。調整可能アレイデバイス200に含まれる各光デバイス202a~dの構造は、デバイスごとに、チューナブルレーザ204（例えば、後部グレーティング・チューニング・セクション210、位相制御チューニング・セクション212、利得セクション214、前部グレーティング・チューニング・セクション216、及び共通導波路215を含む）が、SOA206、変調器208（例えば、不均衡制御電極118、RF入力部120及び124、RF接地122及び126、並びに光パワーモニタ128を含む）、及び偏波コントローラ217と一体構造で集積化されているという点で、図1の光デバイス100の構造と同様である。

【0080】

図4の例示的な実施形態に示されるように、光デバイス202a~dの各々の前部グレーティング・チューニング・セクション216は、共通して互いに結合され、共通駆動信号（すなわち、上述のようなコントローラからの電流又は電圧源）を共有する。すなわち、各接触部（及び関連する電流又は電圧源）は、各光デバイスの前部グレーティング・チューニング・セクションに物理的に結合される。別の実施形態では、各光デバイスの前部グレーティング・チューニング・セクションは、代わりに、図3において上述したように間接的に結合することができる（すなわち、コントローラによって）。共通して結合された前部グレーティング・チューニング・セクション216を調整すると（すなわち、共通駆動信号を介して）、周波数/波長に関して所定の不等関係を実質的に維持しながら周波数/波長に関して複数の光デバイスのその対応する光学上の光が調整される。

【0081】

図5及び6は、例示的な出力パラメータとして周波数を使用して、所定の不等関係を実質的に維持しながら対応する光学上の光を出力パラメータに関して調整することを示す。図5において、所定の不等関係は等しいオフセット（例えば、 X 、 $X + Y$ 、 $X + 2Y$ 、 $X + 3Y$ ）である。ここで、複数の光デバイスのその対応する光学上の光の出力パラメータ（例えば、周波数）は、出力パラメータ（例えば、周波数）に関する対応する光学上の光の調整に先立って第1の組のそれぞれの値500a~dに一致しており、調整の後で第2の組のそれぞれの値502a~dに一致する。すなわち、駆動信号に対して行われた調整の結果として、複数の光デバイスのその対応する光学上の光の出力パラメータ（例えば、周波数）は、量kだけ調整される。図6において、所定の不等関係は不等のオフセット（例えば、 X 、 $X + Y$ 、 $X + Y + Z$ 、 $X + Y + Z + W$ ）である。図5の例示的な実施形態と同様に、複数の光デバイスのその対応する光学上の光の出力パラメータ（例えば、周波数）は、出力パラメータ（例えば、周波数）に関する対応する光学上の光の調整に先立って第1の組のそれぞれの値600a~dに一致しており、調整の後で第2の組のそれぞれの値600a~dに一致する。再び、駆動信号に対して行われた調整の結果として、複数の光デバイスのその対応する光学上の光の出力パラメータ（例えば、周波数）は、量kだけ調整される。

【0082】

出力パラメータが周波数である図5及び6に示したものなどの一実施形態では、複数の光デバイスのその対応する光学上の光の周波数は、その対応する光学上の光の調整に先立ってITUグリッドの第1の組のそれぞれのチャンネルに一致しており、調整の後でITUグリッドの第2の組のそれぞれのチャンネルに一致することができる。すなわち、複数の光

デバイスのその対応する光学上の光は、ITUグリッドのそれぞれのチャンネルに沿ってステップ(step)されることが可能である。本発明による調整可能アレイは、様々なITUグリッド(例えば、200GHz間隔、100GHz間隔、50GHz間隔など)に一致させるために利用することができる。その上、レーザの各々は、光学上の光のそれぞれの波長がITUグリッド(例えば、ITUグリッド上のCバンド、Lバンドなどにおける)に沿ったいかなる場所にも配置されるチャンネル(隣り合うか、又は隣り合わない)に一致するように構成することができるように、調整可能である。例えば、100GHzずつ分離され、25Gb/sデュオバイナリで変調された4チャンネルを調整可能アレイが出力する一実施形態では、これらの四つのチャンネルは、例えば、100GHz ITUグリッドのチャンネル1、2、3、4、チャンネル23、24、25、26、又はチャンネル45、46、47、48とすることができる。別の例として、100GHzずつ分離され、10Gb/s OOKで変調された10チャンネルを調整可能アレイが出力する一実施形態では、これらの10チャンネルは、ITUグリッド上の10チャンネル(例えば、チャンネル1~10、13~22など)の任意の組合せとすることができる。

【0083】

複数の光デバイスから出力された対応する光学上の光の所定の不等関係は、いくつかの方法で実現することができる。図2及び3を引き続き参照すると、複数の光デバイス1000の各々は、少なくとも一つの追加の調整セクション1006a~dを含むことができる。各光デバイスの少なくとも一つの追加の調整セクション1006a~dは、さらに、対応する光学上の光を、出力パラメータに関して(例えば、コントローラによって供給される独立した駆動信号に応じて)調整するように構成される。少なくとも一つの調整セクション1002a~dと同様に、各光デバイスの少なくとも一つの追加の調整セクション1006a~dは、電圧、電流、温度、及び機械的操作のうちの少なくとも一つによって光学上の光を調整することができる。しかし、少なくとも一つの追加の調整セクションは、所定の不等関係を調整するとともに、対応する光学上の光を出力パラメータに関して独立に調整するように構成される。すなわち、ある特定の光デバイスの追加の調整セクションは、他の光デバイスと無関係に、その特定の光デバイスの光学上の光の出力パラメータを調整することができる。例えば、図4を参照すると、所定の不等関係は、光デバイス202a~dの各々の後部グレーティング・チューニング・セクション210又は位相制御チューニング・セクション212を独立に調整することによって調整することができる。

【0084】

光デバイスの各々の少なくとも一つの追加の調整セクションを使用して、例えば、所定の不等関係を設定する、かつ/又は細かくチューニングすることができる。例えば、図7は、例示的な出力パラメータとして周波数を使用する一実施形態を示し、この実施形態において、複数の光デバイスの光学上の光が、ある組のそれぞれの値700a~dに一致し、等しいオフセット(例えば、 X 、 $X+Y$ 、 $X+2Y$ 、 $X+3Y$)の所定の不等関係が望まれる。ここで、等しいオフセットを達成するために、複数の光デバイスのうちの一つの少なくとも一つの追加の調整セクションを使用して、対応する光学上の光の出力パラメータ(例えば、周波数)を第1の値700bから第2の値702bまで量jだけ独立に調整する。出力パラメータが周波数である一実施形態では、少なくとも一つの追加の調整セクション1006a~dは、対応する光学上の光を独立に調整し、ITUグリッドの組のそれぞれのチャンネルに一致させることができる。したがって、共通に駆動される少なくとも一つの調整セクション1002a~dが、まず、出力パラメータに関して光学上の光を調整するための粗い調整器として使用され、引き続き、個々に駆動される少なくとも一つの追加の調整セクション1006a~dを使用して、個々の光学上の光をそれぞれ細かく調整することができる。

【0085】

別の実施形態では、アレイの光デバイスは、製造中に、レーザ出力パラメータに差を与え、それによって所定の不等関係を与えるように構成することができる。例えば、図4に示した実施形態では、複数の光デバイス202a~dの後部グレーティング(並びに前部

グレーティング)は、アレイのそれぞれの光デバイスごとの波長が所与の量(例えば、100GHz)だけ漸進的にずらされるように設計及び製作することができる(例えば、可変ピッチのブラッグ・グレーティングを使用して)。例えば、光デバイスは、それぞれ、米国特許第5,930,278号に開示されているものと同様の可変ピッチのブラッグ・グレーティングを含むことができる。一つの実施形態では、アレイは、所望の量(例えば、100GHzなどのITUグリッドによって指定された量)だけ既にずらされている波長出力を達成することができる。当然、光デバイスの各々の少なくとも一つの追加の調整セクションをこのずらされた設計及び製作と組み合わせて使用して、所定の不等関係を設定及び/又は細かくチューニングすることができる。

【0086】

さらなる別の実施形態では、コントローラは、複数の光デバイスから出力される光学上の光の所定の不等関係を与え、かつ/又は調整することができる。図3に関連して前述したように、それぞれの少なくとも一つの調整セクション1002a~dは、コントローラ1004によって、共通して結合されて駆動され得る(すなわち、間接的に結合される)。本実施形態では、所定の不等関係は、駆動信号を含む複数の信号で与えることができる。例えば、図4の対応する前部グレーティング・チューニング・セクション216は、代わりに、コントローラを介して間接的に結合することができ、駆動信号を含むそれぞれの信号は、周波数に関する所定の不等関係を与え、かつ/又は調整するように動作することができる。

【0087】

図4は周波数に関して本発明の特徴を例示しているが、前部グレーティング・チューニング・セクション以外の、又はそれに加えた少なくとも一つの調整セクションを共通に結合及び駆動することができることと、光学上の光の出力パラメータは、例えば、波長、周波数、パワー、位相、又は偏波などの任意の測定可能なパラメータとすることができることとが理解されるべきである。例えば、各光デバイス202a~dの、その対応する利得セクション214、後部グレーティング・チューニング・セクション210、位相制御チューニング・セクション212、偏波コントローラ217、及び/又はSOA206のうちの1つ以上は、共通駆動信号によって共通に駆動及び調整することができる。これらの調整セクションの共通結合及びそれらの調整は、前述の説明に記載したものと同一である。対応する利得セクション214、位相制御チューニング・セクション212、偏波コントローラ217、及び/又はSOA206の1つ以上が共通駆動信号で共通に駆動及び調整される一実施形態では、各光デバイスは、独立した細かなチューニングのために、追加の利得セクション、位相制御チューニング・セクション、偏波コントローラ、及び/又はSOAを含むことができる。

【0088】

調整可能アレイ200の光デバイス202a~dの各々の変調器208の1つ以上のセクションは、共通の電流又は電圧源を共有することができることも意図される。例えば、共通DCバイアスを、バイアスT及び共通電圧源を介して各変調器208のRF電極220及び/又は224に印加することができる。

【0089】

図4の調整可能アレイ200は、四つの光デバイス202a~dを含む。一実施形態において、図4の四つのデバイス調整可能アレイ200は、各チャネルが約25Gb/sのデータレートを有する四つのチャネル(隣り合うか、又は隣り合わない)を生成するように動作することができる。しかし、任意の好適なデータレートを光デバイス202a~dで生成することができることが意図される。当然、FEC(順方向誤り訂正)を実施するのにオーバーヘッドが必要とされるので、引用したラインレートは必要とされる実際のレートよりも一般に低くなることが留意されるべきである。典型的には、約11.5Gb/sが10Gb/sチャネルに対して必要とされ、約28Gb/sが25Gb/sチャネルに対して必要とされ、約116Gb/sが100Gb/sチャネルに対して必要とされる、などである。さらに、任意の好適な数の光デバイスを調整可能アレイに含めることができ

ることも意図される。例えば、調整可能アレイ 200 は 10 個の光デバイスを含むことができる。一つの実施形態では、10 チャンネル調整可能アレイは、10 チャンネルアレイとして動作し、各チャンネルが各々約 10 Gb/s の帯域幅を有する 10 チャンネル（隣り合うか、又は隣り合わない）の ITU チャンネルを生成することができる。

【0090】

実施形態によっては、調整可能アレイは、1 つ以上の追加の冗長な光デバイスを含むことができる。これらの冗長な光デバイスは、アレイに含まれる追加の光デバイスであり、通常、スタンバイモードにあるが、アレイの他の光デバイスのうちの 하나가故障した場合に使用することができる。例えば、 $4 \times 25 \text{ Gb/s}$ アレイチップは、一つの追加の光デバイス要素を含むことができ、 $10 \times 10 \text{ Gb/s}$ アレイは、冗長を可能にするための一つ又は二つの追加の光デバイスを含むことができる。

【0091】

調整可能アレイが棒レベル (bar level) で一体構造で構成されない場合でさえ、制御の簡単化と、電流又は電圧源の数を少なくして使用することに関して、共通電流又は電圧を使用する個別の光デバイスの調整可能アレイを組み立てることに依然として利点がある。図 8 及び 9 は、調整可能アレイ 1000 の様々な実施形態を全体的に示し、この調整可能アレイにおいて、共通駆動信号は、複数の個別の光デバイス 1000 a ~ d の少なくとも一つの調整セクション 1002 a ~ d に印加することができる。図 2 及び 3 と同様に、少なくとも一つの調整セクション 1002 a ~ d は、（例えば、ワイヤボンド 1010 を介して）物理的に結合することができ、又は少なくとも一つの調整セクション 1002 a ~ d は、間接的に結合することができる（すなわち、コントローラを介して結合される）。図 10 は、本発明による例示的な調整可能アレイデバイス 300 の一部を示し、この調整可能アレイデバイスにおいて、アレイは、図 1 に示した複数の個別の光デバイス 100 a ~ b から形成される。図 4 の調整可能アレイデバイス 200 と同様に、各光デバイス 100 a ~ b の前部グレーティング・チューニング・セクション 116 は、共通駆動信号で駆動される。光デバイスのこれらのセクションは、ワイヤボンド 310 を介して結合される。当然、前部グレーティング・チューニング・セクション 116 は、代わりに、図 9 の実施形態におけるように間接的に結合することができる（すなわち、コントローラに結合される）。

【0092】

図 4 を引き続き参照すると、光デバイス 202 a ~ d のそれぞれの出力は、結合器 (combiner) 230 を使用して一緒に結合させることができる。結合器 230 は、チップに集積化することができ（図示のように）、又は別個の外部デバイスとすることができる（図 10 の実施形態の事例とすることもできるので）。利用される特定の結合器 230 は、調整可能アレイ 200 を構成するチャンネルの数によって決めることができる。例えば、アレイが 4 チャンネルを含む図 4 に示した実施形態では、光出力は結合器として $4 \times 4 \text{ MMI}$ を使用して組み合わせることができる。アレイが 10 チャンネルを含む別の実施形態では、出力は、結合器として 10 チャンネル AWG を使用して組み合わせることができる。組合せ出力は SOA 232 に光学的に結合され、調整可能アレイ 200 から出力され得る。

【0093】

本発明を特定の一個又は複数の実施形態に関して示し、説明したが、均等な改変及び変更が、本明細書及び添付図面を読み、理解した上で、他の当業者によって思いつかれることは明白である。特に、上述の要素（構成要素、アセンブリ、デバイス、組成物など）によって行われる様々な機能に関して、そのような要素を説明するために使用される用語（「手段」への言及を含む）は、特に指示しない限り、本明細書で示した本発明の例示的な一個又は複数の実施形態の機能を行なう開示された構造に構造的に均等でなくても、説明した要素の指定された機能を行なう（すなわち、それは機能的に均等である）任意の要素に対応するものである。さらに、本発明の特定の特徴を、いくつかの図示の実施形態の 1 つ以上にのみに関して上述したが、そのような特徴は、任意の所与の又は特定の用途にとって望ましく及び有利であり得るように、他の実施形態の 1 つ以上の他の特徴と組み合わ

せることができる。