

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-103669

(P2007-103669A)

(43) 公開日 平成19年4月19日(2007.4.19)

(51) Int. Cl.

H01S 5/10 (2006.01)

F I

H01S 5/10

テーマコード (参考)

5F173

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2005-291468 (P2005-291468)
(22) 出願日 平成17年10月4日 (2005.10.4)(71) 出願人 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 100072718
弁理士 古谷 史旺
(74) 代理人 100116001
弁理士 森 俊秀
(72) 発明者 秋本 浩司
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
(72) 発明者 片桐 祥雅
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
Fターム(参考) 5F173 AB83 AR14 AR36

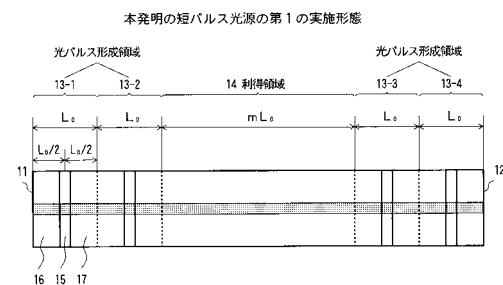
(54) 【発明の名称】 短パルス光源

(57) 【要約】

【課題】 安定して高出力な超高速パルス光を発生させることができる半導体レーザによる短パルス光源を実現する。

【解決手段】 第1および第2の半導体レーザ共振器端面で構成されたファブリ・ペロー型の半導体レーザ共振器内に、1つの利得領域と、2以上の光パルス形成領域が半導体レーザ共振器の光波伝搬軸上に直列に配置され、2以上の光パルス形成領域のそれぞれは、半導体レーザ共振器の光波伝搬軸上に、第1の活性領域、可飽和吸収領域、第2の活性領域の順に配置され、かつ可飽和吸収領域が光パルス形成領域の中央に配置され、衝突パルスモード同期によって短パルス光を生成する構成であり、利得領域は、1つの光パルス形成領域の長さの正数倍とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 および第 2 の半導体レーザ共振器端面で構成されたファブリ・ペロー型の半導体レーザ共振器内に、1つの利得領域と、2以上の光パルス形成領域が半導体レーザ共振器の光波伝搬軸上に直列に配置され、

前記 2 以上の光パルス形成領域のそれぞれは、前記半導体レーザ共振器の光波伝搬軸上に、第 1 の活性領域、可飽和吸収領域、第 2 の活性領域の順に配置され、かつ可飽和吸収領域が光パルス形成領域の中央に配置され、衝突パルスモード同期によって短パルス光を生成する構成であり、

前記利得領域は、前記 1 つの光パルス形成領域の長さの正数倍である

10

ことを特徴とする短パルス光源。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の短パルス光源において、

前記 2 以上の光パルス形成領域は、前記利得領域の両側に配置された構成である

ことを特徴とする短パルス光源。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の短パルス光源において、

前記利得領域の両側に配置される前記光パルス形成領域は、それぞれ少なくとも 1 つあり、かつ同数である

ことを特徴とする短パルス光源。

20

【請求項 4】

請求項 2 に記載の短パルス光源において、

前記利得領域の両側に配置される前記光パルス形成領域は、それぞれ少なくとも 1 つあり、かつ異なる数である

ことを特徴とする短パルス光源。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の短パルス光源において、

前記 2 以上の光パルス形成領域は、前記利得領域の片側に配置された構成である

ことを特徴とする短パルス光源。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、超高速な短パルス光を発生する半導体レーザによる短パルス光源に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体レーザによる超高速な短パルス光源として、パルス光を生成する可飽和吸収領域をモノリシックに集積した受動モード同期半導体レーザがある。この半導体レーザは、活性領域で発生した光がレーザ共振器内を周回する際に、可飽和吸収領域の非線形吸収特性により急峻なパルスとして成長し、短パルス光が得られる。

【0003】

40

図 6 は、従来の受動モード同期半導体レーザの構成例を示す（非特許文献 1）。図において、受動モード同期半導体レーザは、レーザ共振器端面 61 に接した可飽和吸収領域 63、光導波路領域 64、他方のレーザ共振器端面 62 に接した活性領域 65 で構成される。可飽和吸収領域 63 と光導波路領域 64 との間、光導波路領域 64 と活性領域 65 との間には、それぞれ電極分離溝 66、67 が設けられる。活性領域 65 に直流電流、可飽和吸収領域 63 に逆バイアス電圧を印加することにより、活性層 68 でモード同期によるパルス光を発生させることができる。

【0004】

図 7 は、従来の受動モード同期半導体レーザの他の構成例を示す（特許文献 1）。ここに示す半導体レーザは、衝突パルスモード同期（Colliding-pulse mode-locked、以下「

50

ＣＰＭ」という）半導体レーザと呼ばれる。ＣＰＭ半導体レーザは、レーザ共振器の中央に可飽和吸収領域 7 1 を設け、その両側に活性領域 7 2 , 7 3 を配置した構成である。このような構造により、レーザ共振器内を逆方向に周回する 2 つのパルス光が同時に可飽和吸収領域 7 1 に到達し、効率的に短パルス光を発生させることが可能となる。なお、一般的には、先に示した従来の受動モード同期半導体レーザの構成例（非特許文献 1）と同様に、可飽和吸収領域 7 1 と活性領域 7 2 , 7 3 との間には、それぞれ電極分離溝が設けられる（図 7 に図示せず）。

【 0 0 0 5 】

ＣＰＭ半導体レーザから発生されるパルス光の繰り返し周期は次のように求められる。図 7 において、レーザ共振器長（素子長）を L 、導波路の実効屈折率を n とする。レーザ共振器内には 2 つのパルス光が存在するため、パルス光の時間間隔はレーザ共振器の周回時間 τ の $1/2$ となる。したがって、パルス光の繰り返し周期 T は、

$$T = 1 / (\tau / 2) = c / n L \quad (c \text{ は光速}) \quad \dots (1)$$

と与えられる。非特許文献 2 の ＣＰＭ半導体レーザは、レーザ共振器長 $L = 250 \mu m$ とすることにより、繰り返し周期 $T = 350 GHz$ のパルス光を得ている。

【特許文献 1】特開昭 60 - 186079 号公報

【非特許文献 1】P.A.Morton 他、“Monolithic hybrid mode-locked $1.3 \mu m$ semiconductor lasers”, Applied Physics Letters, Volume 56, Issue 2, pp.111-113, January 1990

【非特許文献 2】Y.K.Chen 他、“Subpicosecond monolithic colliding-pulse mode-locked multiple quantum well lasers”, Applied Physics Letters, Volume 58, Issue 12, pp.1253-1255, March 1991

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

繰り返し周期がサブテラヘルツを超えるような例えばテラヘルツ級の超高速パルス光を得るためには、式 (1) から分かるように、レーザ共振器長 L を短くする必要がある。例えば、繰り返し周期 $T = 1 THz$ のパルス光を発生させるには、導波路の実効屈折率 $n = 3.5$ とすると、レーザ共振器長を $L = 86 \mu m$ としなければならない。図 7 において、可飽和吸収領域 7 1 の長さを非特許文献 2 と同じ $50 \mu m$ と仮定すると、活性領域 7 2 , 7 3 の長さは合計で $36 \mu m$ しかとることができない。そのために十分な利得が得られず、高出力のパルス光を安定して発生させることが困難であった。

【 0 0 0 7 】

本発明は、安定して高出力な超高速パルス光を発生させることができる半導体レーザによる短パルス光源を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明の短パルス光源は、第 1 および第 2 の半導体レーザ共振器端面で構成されたファブリ・ペロー型の半導体レーザ共振器内に、1 つの利得領域と、2 以上の光パルス形成領域が半導体レーザ共振器の光波伝搬軸上に直列に配置され、2 以上の光パルス形成領域のそれぞれは、半導体レーザ共振器の光波伝搬軸上に、第 1 の活性領域、可飽和吸収領域、第 2 の活性領域の順に配置され、かつ可飽和吸収領域が光パルス形成領域の中央に配置され、衝突パルスモード同期によって短パルス光を生成する構成であり、利得領域は、1 つの光パルス形成領域の長さの正数倍とする。

【 0 0 0 9 】

ここで、2 以上の光パルス形成領域は、利得領域の両側に配置された構成としてもよい。このとき、利得領域の両側に配置される光パルス形成領域は、それぞれ少なくとも 1 つあり、かつ同数としてもよい。また、利得領域の両側に配置される光パルス形成領域は、それぞれ少なくとも 1 つあり、かつ異なる数としてもよい。

【 0 0 1 0 】

また、2以上の光パルス形成領域は、利得領域の片側に配置された構成としてもよい。

【発明の効果】

【0011】

本発明は、2以上の光パルス形成領域と、光パルス形成領域の長さの正数倍の利得領域をモノリシックに集積化した構成であるので、効率よく短パルス光を発生させ、安定かつ高出力の超高速パルス光を生成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の短パルス光源の第1の実施形態を示す。

10

図において、本実施形態の短パルス光源は、化合物半導体を材料とする半導体レーザであり、第1の共振器端面11と第2の共振器端面12とにより、ファブリ・ペロー型の半導体レーザ共振器を構成している。各共振器端面は、通常の半導体レーザと同様に劈開により形成してもよいし、半導体プロセスのエッチングにより得られる「エッチドミラー」であってもよい。さらには、これらの端面に誘電体多層膜を蒸着したものであってもよい。

【0013】

本実施形態における半導体レーザ共振器は、第1の共振器端面11から第2の共振器端面12へ向けて、順に2つの光パルス形成領域13-1, 13-2、利得領域14、2つの光パルス形成領域13-3, 13-4の各領域が配置された構成になっている。

20

【0014】

各光パルス形成領域は、その中央に可飽和吸収領域15を設け、その両側に活性領域16, 17を配置した構成であり、図7に示すCPM半導体レーザの構成と同じになっている。利得領域14の長さは、各光パルス形成領域13の長さの正数倍とする。図1では、1つの光パルス形成領域13の長さを L_0 、利得領域14の長さを mL_0 と表している(m は正数)。

【0015】

なお、利得領域14と、各光パルス形成領域13を構成する活性領域16, 17は、半導体レーザ共振器を導波する光に対して増幅可能な領域であり、機能的にも物理構成としても同様のものであるが、説明を容易にするために異なる名称を用いている。したがって、隣接する光パルス形成領域13の活性領域16, 17については、電氣的に分離する必要はない。同様に、隣接する利得領域14と光パルス形成領域13の活性領域16, 17についても、電氣的に分離する必要はない(図1では点線で表示)。

30

【0016】

一方、光パルス形成領域13を構成する活性領域16, 17と可飽和吸収領域15は、通常のCPM半導体レーザと同様に電氣的に分離する必要がある。そのために、これらの領域との間に電極分離溝を配置してもよい(図1では実線で表示)。

【0017】

本実施形態の利得領域14と、各光パルス形成領域13を構成する活性領域16, 17に、レーザ発振閾値を超える直流電流を印加し、かつ可飽和吸収領域15に逆バイアス電圧を印加することにより、半導体レーザは受動モード同期により短パルス光を発生する。発生する短パルス光の特性について、図2を参照して説明する。

40

【0018】

図2は、第1の実施形態における半導体レーザ共振器内のパルス光の動作を示す。光パルス形成領域13-1, 13-2, 13-3, 13-4では、CPM半導体レーザを直列に接続した高調波CPM半導体レーザと同様の動作になる。すなわち、各光パルス形成領域では、それぞれ2個のパルス光が周回しており、4つの光パルス形成領域では合計8個のパルス光が周回し、可飽和吸収領域15で逆方向に周回するパルス光が衝突する。この衝突により、効率的に短パルス光を生成することができる。本発明の短パルス光源から発生するパルス光の繰り返し周期 T は、基本的なCPM半導体レーザと同様に式(1)で与え

50

られ、

$$T = c / n L_0 \quad \dots (2)$$

となる。

【 0 0 1 9 】

一方、利得領域 1 4 内では、2 m 個の光パルスが周回しており（図 2 の例では m = 3）、増幅作用によりパルス光のパワーが増幅される。繰り返し周期の高速化を図ると、各光パルス形成領域 1 3 の活性領域が短くなるが、利得領域 1 4 の長さを決める定数 m は、パルス光の繰り返し周期と無関係に設定できる値であるので、m を大きくすることにより（利得領域 1 4 を長くすることにより）十分な利得が得られ、高出力のパルス光を安定して発生させることができる。

10

【 0 0 2 0 】

（第 2 の実施形態）

図 3 は、本発明の短パルス光源の第 2 の実施形態を示す。

本実施形態における半導体レーザ共振器は、第 1 の共振器端面 1 1 から第 2 の共振器端面 1 2 へ向けて、順に 1 つの光パルス形成領域 1 3 - 1、利得領域 1 4、1 つの光パルス形成領域 1 3 - 2 の各領域が配置された構成になっている。このように、利得領域 1 4 の両側に、それぞれ少なくとも 1 つの光パルス形成領域 1 3 があれば、本発明の短パルス光源として十分に機能する。

【 0 0 2 1 】

（第 3 の実施形態）

図 4 は、本発明の短パルス光源の第 3 の実施形態を示す。

本実施形態における半導体レーザ共振器は、第 1 の共振器端面 1 1 から第 2 の共振器端面 1 2 へ向けて、順に 3 つの光パルス形成領域 1 3 - 1、1 3 - 2、1 3 - 3、利得領域 1 4、2 つの光パルス形成領域 1 3 - 4、1 3 - 5 の各領域が配置された構成になっている。このように、利得領域 1 4 の両側に配置される光パルス形成領域 1 3 は、必ずしも同数である必要はない。

20

【 0 0 2 2 】

（第 4 の実施形態）

図 5 は、本発明の短パルス光源の第 4 の実施形態を示す。

本実施形態における半導体レーザ共振器は、第 1 の共振器端面 1 1 から第 2 の共振器端面 1 2 へ向けて、順に 3 つの光パルス形成領域 1 3 - 1、1 3 - 2、1 3 - 3、利得領域 1 4 の各領域が配置された構成になっている。このように、利得領域 1 4 の片側のみに光パルス形成領域 1 3 を配置する構成としてもよい。

30

【 0 0 2 3 】

なお、以上図示した実施形態の構成は例であり、特に光パルス形成領域 1 3 が 2 以上あればその数には限定されない。ただし、光パルス形成領域 1 3 の数を増やすことにより効率的な短パルス化に寄与するが、総素子長が長くなるため、1 枚のウェハから得られる半導体レーザ数が減少する。また、利得領域 1 4 を長くすることにより、より高出力のパルス光を発生させることができるが、同様に 1 枚のウェハから得られる半導体レーザ数が減少する。素子構成の設計は、望まれるパルス光のスペック（パルス幅、繰り返し周期、出力等）と価格との兼ね合いで決定される。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 4 】

【図 1】本発明の短パルス光源の第 1 の実施形態を示す図。

【図 2】第 1 の実施形態における半導体レーザ共振器内のパルス光の動作を示す図。

【図 3】本発明の短パルス光源の第 2 の実施形態を示す図。

【図 4】本発明の短パルス光源の第 3 の実施形態を示す図。

【図 5】本発明の短パルス光源の第 4 の実施形態を示す図。

【図 6】従来の受動モード同期半導体レーザの構成例を示す図。

【図 7】従来の受動モード同期半導体レーザの他の構成例を示す図。

50

【符号の説明】

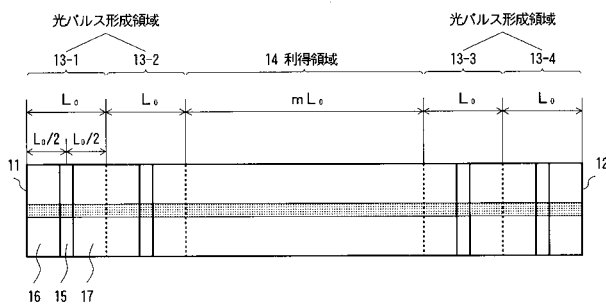
【0025】

- 11, 12 共振器端面
 13 光パルス形成領域
 14 利得領域
 15 可飽和吸収領域
 16, 17 活性領域
 61, 62 レーザ共振器端面
 63 可飽和吸収領域
 64 光導波路領域
 66, 67 電極分離溝
 68 活性領域
 71 可飽和吸収領域
 72, 73 活性領域

10

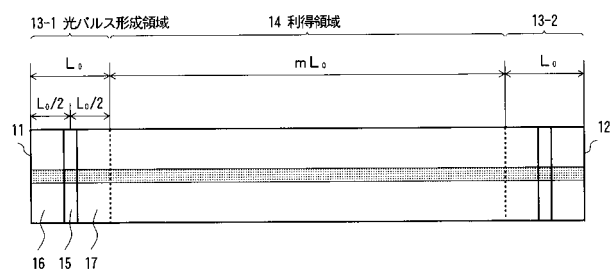
【図1】

本発明の短パルス光源の第1の実施形態



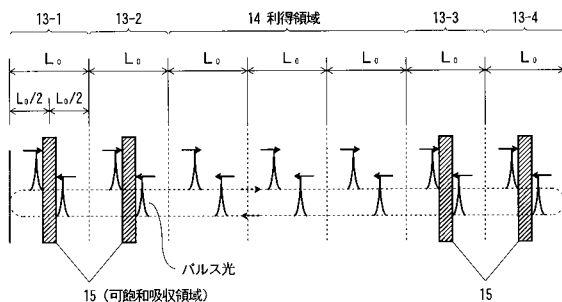
【図3】

本発明の短パルス光源の第2の実施形態



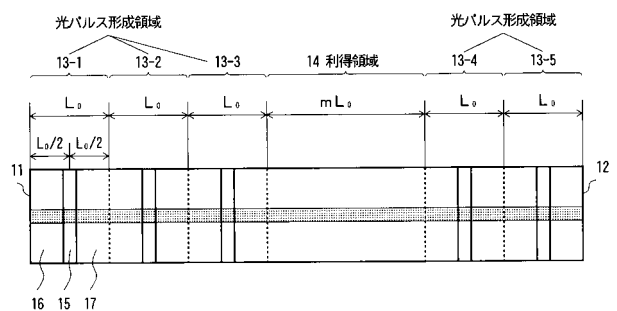
【図2】

第1の実施形態における半導体レーザ共振器内のパルス光の動作



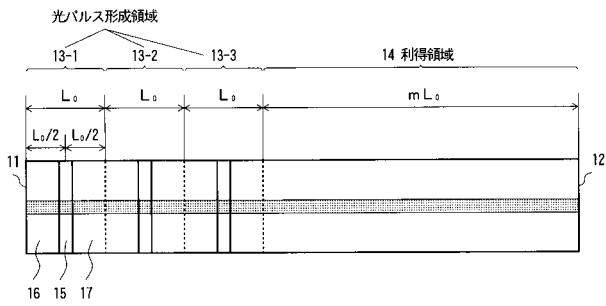
【図4】

本発明の短パルス光源の第3の実施形態



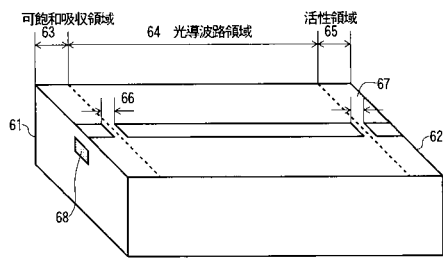
【図 5】

本発明の短パルス光源の第 4 の実施形態



【図 6】

従来の受動モード同期半導体レーザの構成例



【図 7】

従来の受動モード同期半導体レーザの他の構成例

