【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】令和3年12月2日(2021.12.2)

【公表番号】特表2020-537355(P2020-537355A)
【公表日】令和2年12月17日(2020.12.17)
【年通号数】公開・登録公報2020-051
【出願番号】特願2020-520551(P2020-520551)
【国際特許分類】
Ｈ０１Ｓ　3/13　(2006.01)
Ｇ０２Ｆ　1/01　(2006.01)
Ｈ０１Ｓ　1/06　(2006.01)
【ＦＩ】
Ｈ０１Ｓ　3/13
Ｇ０２Ｆ　1/01　Ｂ
Ｈ０１Ｓ　1/06

【手続補正書】
【提出日】令和3年10月25日(2021.10.25)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１の動作周波数（f_m）で第１の光学場（６）を提供する第１の連続波レーザ源（２）と、前記第１の動作周波数から第１の所定のオフセット周波数（Δf_1）でオフセットされた第２の動作周波数（f_s）で第２の光学場（７）を提供する第２の連続波レーザ源（３）と、位相ロックフィードバックループ（３０）とを含むレーザシステム（１）であって、
前記第１の光学場（６）と第２の光学場（７）は、結合されて結合連続波光学場（２５、２６）を生成し、前記位相ロックフィードバックループ（３０）は、前記結合連続波光学場（２５、２６）の少なくとも第１の成分によって生成された第１の光ビート信号（２５）から、第２の動作周波数（f_s）を前記第１の動作周波数（f_m）に位相ロックする手段を提供し、
前記位相ロックフィードバックループ（３０）は、前記第１の光ビート信号（２５）を第１の電気ビート信号（４７）に変換する手段を提供する第１の光ビート検出器（２９）と、前記第１の動作周波数（f_m）からの第２の所定のオフセット周波数（Δf_2）で第１の基準信号（５２）を生成する手段を提供する第１の基準信号生成器（５４）と、前記第２の所定のオフセット周波数（Δf_2）より低い周波数で第２の基準信号（５３）を生成する手段を提供する第２の基準信号生成器（６０）と、前記第１の電気ビート信号（４７）、前記第１の基準信号（５２）および前記第２の基準信号（５３）から、第１のエラー信号（６５）を生成する手段を提供する位相ロックフィードバックループ電気回路（４９）とを備え、前記第１のエラー信号（６５）が、前記第２の連続波レーザ源（３）のためのフィードバック信号（６６）を制御するために使用され、
前記位相ロックフィードバックループ（３０）がさらに、前記第１の光ビート検出器（２９）と前記位相ロックフィードバックループ電気回路（４９）との間に配置された第１のアナログ位相シフタ（５０）と、アナログ制御信号（９５）を前記アナログ位相シフタに提供して前記第１の電気ビート信号（４７）に所定の位相オフセットを導入するように

構成されたアナログ出力源（９４）と、を備えることを特徴とするレーザシステム。
【請求項２】
請求項１に記載のレーザシステム（１）において、
前記第２の所定のオフセット周波数（Δｆ$_{2}$）が、前記第１の所定のオフセット周波数（Δｆ$_{1}$）と同じ桁の大きさであることを特徴とするレーザシステム。
【請求項３】
請求項１または２に記載のレーザシステム（１）において、
前記第２の基準信号の周波数（５３）が、前記第１の基準信号の周波数（５２）よりも１桁以上低いことを特徴とするレーザシステム。
【請求項４】
請求項１乃至３の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
前記第２の所定のオフセット周波数（Δｆ$_{2}$）が、前記第１の所定のオフセット周波数（Δｆ$_{1}$）に前記第２の基準信号の周波数（５３）を加算または減算したものに等しいことを特徴とするレーザシステム。
【請求項５】
請求項１乃至４の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
前記第１の基準信号生成器（５４）が、周波数シンセサイザ（５６）に接続された恒温槽付水晶発振器（ＯＣＸＯ）（５５）を含むことを特徴とするレーザシステム。
【請求項６】
請求項１乃至５の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
前記第２の基準信号生成器（６０）が、第１のダイレクトデジタルシンセサイザ（ＤＤＳ）を含むことを特徴とするレーザシステム。
【請求項７】
請求項１乃至６の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
前記位相ロックフィードバックループ電気回路（４９）が、第１の周波数ミキサ（６１）および第２の周波数ミキサ（６３）をさらに備えることを特徴とするレーザシステム。
【請求項８】
請求項７に記載のレーザシステム（１）において、
前記第１の周波数ミキサ（６１）が、前記第１の電気ビート信号（４７）および前記第１の基準信号（５２）から、第１のミックスダウン出力信号（６２）を生成することを特徴とするレーザシステム。
【請求項９】
請求項８に記載のレーザシステム（１）において、
前記第２の周波数ミキサ（６３）が、前記第１のミックスダウン出力信号（６２）と前記第２の基準信号（５３）とをミックスダウンすることによって前記第１のエラー信号（６５）を生成することを特徴とするレーザシステム。
【請求項１０】
請求項７乃至９の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
前記第１の電気ビート信号（４７）が、前記第１の周波数ミキサ（６１）によって前記第１の基準信号（５２）と混合される前に、第１の電気ディバイダ（５１）を通過することを特徴とするレーザシステム。
【請求項１１】
請求項７乃至１０の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
前記第１の基準信号（５２）が、前記第１の周波数ミキサ（６１）によって前記第１の電気ビート信号（４７）と混合される前に、第２の電気ディバイダ（５７）を通過することを特徴とするレーザシステム。
【請求項１２】
請求項８乃至１１の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
前記第１のミックスダウン出力信号（６２）が、前記第２の周波数ミキサ（６３）によって前記第２の基準信号（５３）と混合される前に、ローパスフィルタ（６４）を通過す

ることを特徴とするレーザシステム。
【請求項１３】
請求項１乃至１２の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
前記第１および第２の光学場（６、７）が共通の経路に沿って伝播しないことに起因して第１の光学場（６）と第２の光学場（７）との間に導入される任意の相対位相ノイズを補償する手段を提供する位相ノイズモニタ（１０８）をさらに含むことを特徴とするレーザシステム。
【請求項１４】
請求項１３に記載のレーザシステム（１）において、
前記位相ノイズモニタ（１０８）が、第２の結合連続波光学場（２６、１１７）によって生成された第２の光ビート信号を受信するように構成されていることを特徴とするレーザシステム。
【請求項１５】
請求項１４に記載のレーザシステム（１）において、
前記位相ノイズモニタ（１０８）が、前記第２の光ビート信号を第２の電気ビート信号（１１６）に変換する手段を提供する第２の光ビート検出器（１１５）を備えることを特徴とするレーザシステム。
【請求項１６】
請求項１３乃至１５の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
前記位相ノイズモニタ（１０８）が、前記第１の動作周波数（f_m）からの第３の所定のオフセット周波数（Δf_3）で第３の基準信号（１１９）を生成する手段を提供する第３の基準信号生成器（１２１）をさらに備えることを特徴とするレーザシステム。
【請求項１７】
請求項１６に記載のレーザシステム（１）において、
前記位相ロックフィードバックループ電気回路（４９）が第３の周波数ミキサ（１２２）を含み、当該第３の周波数ミキサ（１２２）が、第２の電気ビート信号（１１６）および前記第３の基準信号（１１９）をミックスダウンすることによって第２のエラー信号（１２３）を生成する手段を提供することを特徴とするレーザシステム。
【請求項１８】
請求項１７に記載のレーザシステム（１）において、
前記第２のエラー信号（１２３）が、前記第１の基準信号生成器（５４）によって生成された前記第１の基準信号（５２）の位相を調整するためのフィードバック信号（１２４）を制御するために使用されることを特徴とするレーザシステム。
【請求項１９】
請求項１８に記載のレーザシステムにおいて、
前記第１の基準信号（５２）の位相の調整が、前記フィードバック信号（１２４）を使用して前記恒温槽付水晶発振器（ＯＣＸＯ）（５５）を制御することによって達成されることを特徴とするレーザシステム。
【請求項２０】
請求項１８に記載のレーザシステム（１）において、
前記第１の基準信号（５２）の位相の調整が、ＯＣＸＯ（５５）または周波数シンセサイザ（５６）の後に位置する第２のアナログ位相シフタを制御することによって達成されることを特徴とするレーザシステム。
【請求項２１】
請求項１６乃至２０の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
前記第３の所定のオフセット周波数（Δf_3）が、前記第１の所定のオフセット周波数に等しいことを特徴とするレーザシステム。
【請求項２２】
請求項１乃至２１の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
前記第１の光学場（６）の一成分（３８）を用いて前記第１の動作周波数（f_m）を維

持する手段を提供する周波数ロックフィードバックループ（３６）をさらに備えることを特徴とするレーザシステム。
【請求項２３】
請求項２２に記載のレーザシステム（１）において、
前記周波数ロックフィードバックループ（３６）が、前記第１の光学場（６）の前記一成分（３８）を使用して、前記第１の動作周波数（f_m）を原子遷移（Ｅ）からの所定のオフセット周波数に維持する手段を提供することを特徴とするレーザシステム。
【請求項２４】
請求項１乃至２３の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
第１の出力場（６）から前記第１の連続波レーザ源（２）の励起光源（４）にフィードバックを提供するように配置された光検出器（１６）を含む第１のパワーフィードバックループ（１４）をさらに備えることを特徴とするレーザシステム。
【請求項２５】
請求項１乃至２４の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
第２の出力場（７）から前記第２の連続波レーザ源（３）の励起光源（５）にフィードバックを提供するように配置された光検出器（１９）を含む第２のパワーフィードバックループ（１７）をさらに含むことを特徴とするレーザシステム。
【請求項２６】
請求項１乃至２５の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
前記結合連続波光学場（２５、２６）における第２の成分（２６）を形成する一連の光パルス（３５）を生成するために使用されるパルス発生器をさらに備えることを特徴とするレーザシステム。
【請求項２７】
請求項１乃至２６の何れか一項に記載のレーザシステム（１）において、
第３のデジタル出力（９３）が、前記第２の基準信号生成器（６０）をトリガーして所定の周波数チャープを有する第２の基準信号（５３）を生成するように構成されることを特徴とするレーザシステム。
【請求項２８】
請求項２７に記載のレーザシステム（１）において、
前記第３のデジタル出力（９３）が、前記分散制御システム（ＤＣＳ）（７４）によって生成されることを特徴とするレーザシステム。
【請求項２９】
請求項１に記載のレーザシステム（１）において、
前記アナログ出力源（９４）が、分散制御システム（ＤＣＳ）（７４）に配置されることを特徴とするレーザシステム。
【請求項３０】
第１の動作周波数（f_m）を有する第１の連続波光学場（６）と、第２の動作周波数（f_s）を有する第２の連続波光学場（７）とを含むレーザシステム（１）を構成する方法であって、
－前記第２の動作周波数（f_s）を、前記第１の動作周波数（f_m）からの第１の所定のオフセット周波数（Δf_1）に設定するステップと、
－第１の光学場（６）と第２の光学場（７）を結合させて、結合連続波光学場（２５、２６）を生成するステップと、
－結合光学場（２５、２６）の少なくとも第１の成分から第１の光ビート信号（２５）を生成するステップと、
－前記第１の光ビート信号（２５）を第１の電気ビート信号（４７）に変換するステップと、
－前記第１の動作周波数（f_m）からの第２の所定のオフセット周波数（Δf_2）で第１の基準信号（５２）を生成するステップと、
－前記第２の所定のオフセット周波数（Δf_2）よりも低い周波数で第２の基準信号（

５３）を生成するステップと、
－前記第１の電気ビート信号（４７）、第１の基準信号（５２）および第２の基準信号（５３）から第１のエラー信号（６５）を生成するステップと、
－前記第１のエラー信号（６５）を使用して、前記第２の連続波光学場（７）のためのフィードバック信号（６６）を制御し、前記第２の動作周波数（f_s）を前記第１の動作周波数（f_m）に位相ロックするステップと、
－アナログ制御信号（９５）を使用して、前記第１の電気ビート信号（４７）に所定の位相オフセットを導入するステップと、を含むことを特徴とする、レーザシステムを構成する方法。
【請求項３１】
請求項３０に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
前記第２の所定のオフセット周波数（Δf_2）が、前記第１の所定のオフセット周波数（Δf_1）と同じ桁の大きさであることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項３２】
請求項３０または３１に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
前記第２の基準信号（５３）の周波数が、前記第１の基準信号（５２）の周波数よりも１桁以上低いことを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項３３】
請求項３０乃至３２の何れか一項に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
前記第２の所定のオフセット周波数（Δf_2）が、前記第１の所定のオフセット周波数（Δf_1）に前記第２の基準信号（５３）の周波数を加算または減算したものに等しいことを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項３４】
請求項３０乃至３３の何れか一項に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
前記第１のエラー信号（６５）を生成することには、前記第１の電気ビート信号（４７）および前記第１の基準信号（５２）から第１のミックスダウン出力信号（６２）を生成することが含まれることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項３５】
請求項３４に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
前記第１のエラー信号（６５）が、前記第１のミックスダウン出力信号（６２）および前記第２の基準信号（５３）から第２のミックスダウン出力信号を生成することをさらに含むことを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項３６】
請求項３４または３５に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
前記第１の電気ビート信号（４７）が、前記第１の基準信号（５２）と混合される前に分割されることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項３７】
請求項３４または３５に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
前記第１の基準信号（５２）が、前記第１の電気ビート信号（４７）と混合される前に分割されることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項３８】
請求項３５乃至３７の何れか一項に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
前記第１のミックスダウン出力信号（６２）が、前記第２の基準信号（５３）と混合される前にローパスフィルタリングされることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項３９】
請求項３０乃至３８の何れか一項に記載のレーザシステム（１）を構成する方法におい

て、
前記第１の光学場（６）および第２の光学場（７）が共通の経路に沿って伝播しないことに起因して前記第１の光学場（６）と第２の光学場（７）との間に導入される相対位相ノイズを補償するステップをさらに含むことを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項４０】
請求項３９に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
相対位相ノイズを補償することには、第２の結合連続波光学場（２６、１１７）から第２の光ビート信号を生成することが含まれることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項４１】
請求項４０に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
前記第１の連続波光学場（６）および第２の連続波光学場（７）は、結合されて前記第２の結合連続波光学場（１１７）を形成する前に、周波数が２倍にされることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項４２】
請求項４０または４１に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
相対位相ノイズを補償することには、第２の光ビート信号を第２の電気ビート信号（１１６）に変換することがさらに含まれることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項４３】
請求項３９乃至４２の何れか一項に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
相対位相ノイズを補償することには、前記第１の動作周波数（f_m）からの第３の所定のオフセット周波数（Δf_2）で第３の基準信号（１１９）を生成することがさらに含まれることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項４４】
請求項４３に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
相対位相ノイズを補償することには、前記第２の電気ビート信号（１１６）および前記第３の基準信号（１１９）から第２のエラー信号（１２３）を生成することがさらに含まれることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項４５】
請求項４４に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
前記第２のエラー信号（１２３）を生成することには、前記第２の電気ビート信号（１１６）および前記第３の基準信号（１１９）をミックスダウンすることが含まれることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項４６】
請求項４４または４５に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
相対位相ノイズを補償することには、前記第２のエラー信号（１２３）を使用して前記第１の基準信号（５２）に対するフィードバック信号（１２４）を制御することがさらに含まれることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項４７】
請求項３０乃至４６の何れか一項に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
前記第１の光学場（６）の一成分（３８）を使用して、前記第１の動作周波数（f_m）を原子遷移（Ｅ）からの所定のオフセット周波数に維持するステップをさらに含むことを特徴とするレーザシステムを構成する方法。
【請求項４８】
請求項４７に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、
前記第１の動作周波数（f_m）を維持することには、前記第１の光学場（６）の一成分

（３８）を前記原子遷移（Ｅ）からの所定のオフセット周波数で光学的に変調して、前記原子遷移と共鳴する、前記第１の光学場（６）の変調された成分（３８）の周波数側波帯を提供することが含まれることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。

【請求項４９】

請求項３０乃至４８の何れか一項に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、

前記第１の連続波光学場（６）および／または前記第２の連続波光学場（７）のパワーをモニタリングするステップをさらに含むことを特徴とするレーザシステムを構成する方法。

【請求項５０】

請求項４９に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、

モニタリングしたパワーが、前記第１の連続波光学場（６）の励起光源（４）にフィードバック信号を提供するために使用されることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。

【請求項５１】

請求項５０に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、

前記フィードバック信号が、前記第１の連続波光学場（６）および／または前記第２の連続波光学場（７）の励起光源（４、５）のパワーを調整するために使用されることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。

【請求項５２】

請求項５０または５１に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、

前記フィードバック信号が、前記第１の連続波光学場（６）の励起光源（４）のアライメント、および／または前記第２の連続波光学場（７）の励起光源（５）のアライメントを調整するために使用されることを特徴とするレーザシステムを構成する方法。

【請求項５３】

請求項３０乃至５２何れか一項に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、

前記結合連続波光学場（２５、２６）の第２の成分（２６）を音響光学変調器システム（３１）に通すことによって一連の光パルス（３５）を生成するステップをさらに含むことを特徴とするレーザシステムを構成する方法。

【請求項５４】

請求項３０乃至５３の何れか一項に記載のレーザシステム（１）を構成する方法において、

デジタル制御信号（９３）を使用して、前記第２の基準信号（５３）に対して所定の周波数チャープをトリガーするステップをさらに含むことを特徴とするレーザシステムを構成する方法。