(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2025-510278
(P2025-510278A)
(43)公表日　令和7年4月14日(2025.4.14)

(51)国際特許分類		FI		テーマコード（参考）
Ｈ０１Ｓ	*5/024(2006.01)*	Ｈ０１Ｓ	5/024	５Ｆ１７３

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全37頁）

(21)出願番号　特願2024-557089(P2024-557089)
(86)(22)出願日　令和5年3月27日(2023.3.27)
(85)翻訳文提出日　令和6年11月25日(2024.11.25)
(86)国際出願番号　PCT/IL2023/050314
(87)国際公開番号　WO2023/187777
(87)国際公開日　令和5年10月5日(2023.10.5)
(31)優先権主張番号　291729
(32)優先日　令和4年3月27日(2022.3.27)
(33)優先権主張国・地域又は機関
イスラエル(IL)
(81)指定国・地域　AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV
最終頁に続く

(71)出願人　514288875
エルビット システムズ エレクトロ－オプティクス エロップ リミテッド
イスラエル国 ７６７０３０５ レホヴォット，ハマダ ストリート ５
(74)代理人　100111202
弁理士　北村 周彦
(72)発明者　ラボン，ヨアフ
イスラエル国 ７６７０３０５ レホヴォット，ハマダ ストリート ５ シーオー エルビット システムズ エレクトロ－オプティクス エロップ リミテッド
(72)発明者　バサン，マタン オリ
イスラエル国 ７６７０３０５ レホヴォット，ハマダ ストリート ５ シーオー
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　レーザーダイオードに基づいた温度制御機能付きシステム、サブシステム及び方法

(57)【要約】
少なくとも１つのレーザーダイオード（ＬＤ）エミッタの少なくとも１つのＬＤバーを含むＬＤスタックの温度を制御して、ＬＤスタックの所望の温度及びスタックのＬＤエミッタの対応する発振波長を達成するシステム、サブシステム及び方法であって、ＬＤバー／スタックの温度制御用の熱ユニット（ＴＵ）、ＬＤバーの領域における更新周囲温度を検出するための測定装置、及び所望の温度及び対応する発光波長を達成するためのＴＵの動作を制御する主制御装置を使用する。ＴＵの少なくとも一方の側面は、各ＬＤスタックの対応する側面と直接熱接触しており、ＴＵとＬＤスタックの間の接触表面積Ｓ１を形成している。Ｓ１の大きさは、ＬＤスタックに面するＴＵの接触表面積Ｓ２全体の大きさに相当し、温度制御速度を低下させる。
【選択図】図１Ａ

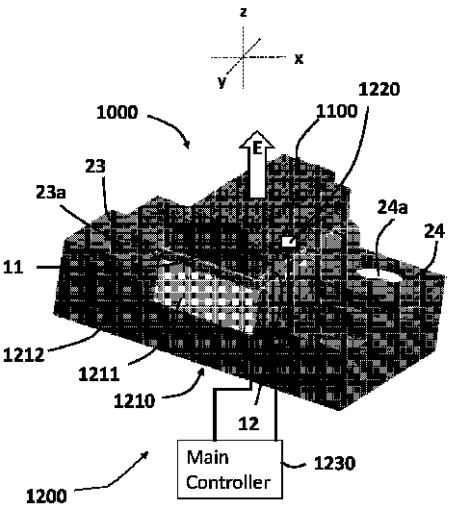


Fig. 1A

【特許請求の範囲】
【請求項１】
少なくとも以下のものを含むレーザーダイオードサブシステム：
(ｉ)少なくとも１つのレーザーダイオード（ＬＤ）バーを含む少なくとも１つのＬＤスタックを含むＬＤアセンブリであって、各ＬＤバーは少なくとも１つのＬＤエミッタを含み、各ＬＤバーの前記少なくとも１つのＬＤエミッタは、対応する所望の動作温度Ｔｄで動作させたときに少なくとも１つの発振波長（ＷＬ）を有している；及び
(ｉｉ)少なくとも以下のものを含む温度制御サブシステム：
対応するＬＤスタックの前記少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を制御するように構成された熱ユニット（ＴＵ）；
少なくとも１つの測定装置であって、前記ＬＤスタックの前記少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの更新温度関連パラメータ値を検出するように構成され、前記少なくとも１つの更新温度関連パラメータ値は、前記少なくとも１つのＬＤエミッタの領域における更新周囲温度Ｔａに関連付けられている；及び
主制御装置であって、前記ＴＵ及び前記少なくとも１つの測定装置に動作的に関連付けられ、前記検出された更新温度関連パラメータ値及び前記少なくとも１つのＬＤエミッタの前記少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄに基づいてＴＵの動作を制御する；
前記ＴＵの少なくとも１つの側面は、前記レーザーダイオードアセンブリの各ＬＤスタックの対応する側面と直接接触して、前記ＴＵと各ＬＤスタックとの間を直接熱接触させ、前記ＴＵと対応するＬＤスタックとの間に接触表面積Ｓ１を形成し、
前記接触表面積Ｓ１の大きさは、前記ＬＤスタックに面する全体的なＴＵ接触表面積Ｓ２の大きさ以下、すなわち、Ｓ１≦Ｓ２であり、Ｓ１:Ｓ２の比「Ｒ」が、前記ＴＵによって加熱又は冷却される質量を少なくなるようにされ、温度制御速度を上げるために、前記少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を、更新周囲温度Ｔａから所望の動作温度Ｔｄに調整する時間が短縮され、前記所望の動作温度Ｔｄは前記少なくとも１つのエミッタの所望の発振波長（ＷＬ）に対応している。
【請求項２】
請求項１に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
前記接触表面積Ｓ１と前記全体的なＴＵ表面積Ｓ２との前記比「Ｒ」＝Ｓ１:Ｓ２が１：４以上、すなわちＲ≧０.２５である。
【請求項３】
請求項１又は２のいずれかに記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
前記接触表面積Ｓ１と前記全体的なＴＵ接触表面積Ｓ２との前記比Ｒが１／２以上、すなわち、Ｒ≧０.５である。
【請求項４】
請求項１～３のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
前記ＴＵと前記少なくとも１つのＬＤスタックとの前記直接接触は、半田材料を使用して、各レーザーダイオードスタックの一方の側面を前記ＴＵの一方の側面に半田付けすることにより行われる。
【請求項５】
請求項４に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
前記半田材料が、前記ダイオードアセンブリの前記少なくとも１つのダイオードスタックに接続する前記ＴＵの前記少なくとも１つの側面と、及び／又は前記ＴＵに接続する各レーザーダイオードスタックの前記少なくとも１つの側面と、同等又は同じ熱膨張係数（ＣＴＥ）を有している。
【請求項６】
請求項１～５のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
前記レーザーダイオードアセンブリの各ＬＤスタックは複数のＬＤバーを含み、各ＬＤバーは複数のＬＤエミッタを含み、各ＬＤスタックはさらに、各ＬＤスタック内の前記ＬＤバーを互いに分離するスペーサを含み、前記ＴＵの前記少なくとも１つの側面は、前記

それぞれのＬＤスタックの前記スペーサと直接接触している。
【請求項７】
請求項１～６のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
前記ＴＵは各ＬＤスタックに熱的に結合して、前記ＬＤアセンブリの各ＬＤスタックの各ＬＤエミッタから発せられた光が、前記少なくとも１つのＴＵ接続側面に対して角度をなす方向に向けられ、各ＴＵ接続側面の表面又は平面と発せられた光の伝播方向との間に非ゼロの角度が形成される。
【請求項８】
請求項７に記載の半導体レーザーサブシステムであって、
前記少なくとも１つのＬＤスタックに接続する前記ＴＵ側面の前記平面又は表面と、各ＬＤエミッタから発せられる光の前記伝搬方向との間に形成される前記非ゼロ角度が、３０～１５０度である。
【請求項９】
請求項１～８のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
前記ＴＵを前記レーザーダイオードアセンブリに固定するための１つ以上のコネクタをさらに備え、前記１つ以上のコネクタのうちの少なくとも１つは、熱的及び／又は電気的非伝導性材料で作成されている。
【請求項１０】
請求項１～９のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
前記ＴＵは、熱電冷却器（ＴＥＣ）を含む。
【請求項１１】
請求項１～１０のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
前記ＴＵは、ＴＥＣと、１つ以上の熱伝導素子を含む熱拡散器を備える。
【請求項１２】
請求項１～１１のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
前記温度制御サブシステムの前記少なくとも１つの測定装置は、１つ以上の温度センサを備え、その少なくとも１つは前記ダイオードアセンブリの近くに配置される。
【請求項１３】
請求項１２に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
前記１つ以上の温度センサのうちの少なくとも１つは、２秒未満の応答時間を有する。
【請求項１４】
請求項１～１３のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
少なくとも１つのプリント回路基板（ＰＣＢ）をさらに含み、前記ＴＵは前記少なくとも１つのＰＣＢによって運ばれるか、又は直接取り付けられている。
【請求項１５】
請求項１～１４のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
前記少なくとも１つの測定装置、前記ＴＵ、及び前記ＬＤアセンブリは、固体利得媒体も含むダイオード励起固体レーザー（ＤＰＳＳＬ）システムの全ての部分であり、各ＬＤバーの前記少なくとも１つのＬＤエミッタの前記少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄは、前記利得媒体の吸収特性に対応している。
【請求項１６】
請求項１～１５のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、
前記主制御装置が少なくとも以下のように構成されている：
前記少なくとも１つの測定装置から更新温度データをリアルタイム又はほぼリアルタイムで受信する、前記更新温度データは、前記ダイオードアセンブリの少なくとも更新周囲温度パラメータ値Ｔａを示すものである；
受信した更新温度データに基づいて、更新周囲温度Ｔａを決定する；
前記所望の動作温度Ｔｄの値と決定された更新周囲温度Ｔａの値との間の更新温度差ΔＴを、リアルタイム又はほぼリアルタイムで、前記更新温度データを受信した時間に関連して決定する；

リアルタイム又はほぼリアルタイムで、前記対応する更新温度差ΔＴの前記決定時間に関連して、前記ＴＵを制御するために必要な１つ以上の更新制御動作を決定し、前記所望の動作温度Ｔｄを迅速に達成する、又は前記所望の動作温度から外れた温度を所定の温度偏差閾値ＴＤＴｈ未満となることを達成する；及び、

決定された１つ以上の更新制御動作に基づいて、リアルタイム又はほぼリアルタイムで、前記対応する１つ以上の複数の制御動作の決定時間に関連して、前記ＴＵを制御する。

【請求項１７】

請求項１～１６のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、

前記主制御装置は少なくとも以下を含んでいる：

前記ＴＵとの間で少なくともデータの送受信を行い、１つ以上の通信リンクを介して、前記少なくとも１つの測定装置からデータを少なくとも受信する通信モジュール；

前記少なくとも１つの測定装置から受信されたデータを処理し、処理結果に基づいて、１つ以上の更新温度制御動作を決定し、決定された１つ以上の更新制御動作に基づいて前記レーザーダイオードアセンブリの温度を制御するための処理及び制御モジュール；及び、

メモリユニット。

【請求項１８】

請求項１～１７のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、

各ＬＤバーの全てのＬＤエミッタは同じ少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄを有する。

【請求項１９】

請求項１８に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、

全てのＬＤエミッタは発光ダイオード（ＬＥＤ）である。

【請求項２０】

請求項１～１９のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、

前記少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を、更新周囲温度Ｔａから前記所望の動作温度Ｔｄに調整して、前記更新周囲温度Ｔａと前記少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄとの間の温度差ΔＴの絶対値を、最大温度調整時間２秒以内に摂氏６０度までとするように構成されている。

【請求項２１】

請求項１～２０のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、

前記主制御装置は前記レーザーダイオードアセンブリの外部及び／又は離れて位置している。

【請求項２２】

請求項１～２１までのいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、

前記主制御装置は前記ＴＵ及び／又は前記少なくとも１つの測定装置に接続されたプリント回路基板（ＰＣＢ）を含み、前記ＰＣＢが前記レーザーダイオードアセンブリに近接して位置している。

【請求項２３】

請求項１～２２のいずれか１項に記載のレーザーダイオードサブシステムであって、

前記ＬＤアセンブリ及び／又は１つのＬＤスタック、及び／又は１つのＬＤバーの質量が１グラム以下である。

【請求項２４】

少なくとも以下を含むダイオード励起固体レーザー（ＤＰＳＳＬ）システム：

(ｉ)少なくとも１つのレーザーダイオード（ＬＤ）バーを含む少なくとも１つのＬＤスタックを含むＬＤアセンブリであって、各ＬＤバーは少なくとも１つのＬＤエミッタを含み、各ＬＤエミッタは、対応する少なくとも１つの発振所望動作温度Ｔｄ下では、少なくとも１つの発振波長（ＷＬ）の光を発するように構成されている；

(ｉｉ)固体（ＳＳ）利得媒体；及び

(ｉｉｉ)前記ＬＤスタックの温度を制御するように構成された熱ユニット（ＴＵ）；
(ｉｖ)少なくとも１つの測定装置であって、前記少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの更新温度関連パラメータ値を検出するように構成され、前記更新温度関連パラメータ値は、前記少なくとも１つのＬＤバーの領域における更新周囲温度Ｔａに関連付けられており、
各ＬＤバーの前記少なくとも１つのＬＤエミッタの前記少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄは前記利得媒体の吸収特性に対応している；及び、
(ｉｖ)前記ＴＵ及び前記少なくとも１つの測定装置と動作的に関連する主制御装置であって、前記検出された更新温度関連パラメータ値と、前記少なくとも１つのＬＤエミッタの前記少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄとに基づいて、前記ＴＵの動作を制御する、
前記ＴＵの少なくとも１つの側面が、前記レーザーダイオードアセンブリの各ＬＤスタックの対応する側面と直接接触して、前記ＴＵと各レーザーダイオードスタックとの間が直接熱接触し、前記ＴＵと前記対応するＬＤスタックとの間に接触表面積Ｓ１を形成し、
前記接触表面積Ｓ１の大きさが、前記ＬＤスタックに面する全体的なＴＵ接触表面積Ｓ２の大きさ以下、すなわち、Ｓ１≦Ｓ２であり、Ｓ１：Ｓ２の比「Ｒ」は、前記ＴＵによって加熱又は冷却される質量を減らすようになされ、前記少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を、更新周囲温度Ｔａから所望の動作温度Ｔｄに調整する時間を短縮することによって、温度制御速度が上がり、前記所望の動作温度Ｔｄは、前記少なくとも１つのエミッタの所望の発振波長（ＷＬ）に対応している。

【請求項２５】
請求項２４に記載のＤＰＳＳＬシステムであって、
前記利得媒体は以下のいずれか１つで構成される：イットリウム・アルミニウム・ガーネット（ＹＡＧ）系材料；ネオジム（Ｎｄ）、イッテルビウム（Ｙｂ）、ツリウム（Ｔｍ）、ホルミウム（Ｈｏ）、エルビウム（Ｅｒ）のうちの１つでドープされたドープＹＡＧ材料。

【請求項２６】
温度制御方法であって、少なくとも以下の工程を含む：
少なくとも１つのレーザーダイオード（ＬＤ）バーを含む少なくとも１つのＬＤスタックを含むレーザーダイオードアセンブリを提供することであって、各ＬＤバーは少なくとも１つのＬＤエミッタを含み、各ＬＤエミッタは、対応する少なくとも１つの発振所望動作温度Ｔｄ下では、少なくとも１つの発光波長（ＷＬ）の光を発するように構成されている；
前記少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を制御するように構成された熱ユニット（ＴＵ）を提供すること；
少なくとも１つの測定装置を提供すること；
前記少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの更新温度関連パラメータ値を検出することであって、前記更新温度関連パラメータ値は、前記少なくとも１つの測定装置を使用して、前記少なくとも１つのＬＤエミッタの領域における更新周囲温度Ｔａに関連付けられている；
前記検出された更新温度関連パラメータ値及び前記少なくとも１つのＬＤエミッタの前記少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄに基づいて、前記ＴＵの動作を制御すること、
前記ＴＵの少なくとも１つの側面は、前記レーザーダイオードアセンブリの各ＬＤスタックの対応する側面と直接接触して、前記ＴＵと各ＬＤスタックとの間を直接熱接触させて、前記ＴＵと前記対応するＬＤスタックとの間に接触表面積Ｓ１を形成し、
前記接触表面積Ｓ１の大きさは、前記ＬＤスタックに面する全体的なＴＵ接触表面積Ｓ２の大きさ以下、すなわちＳ１≦Ｓ２であり、Ｓ１:Ｓ２の比「Ｒ」は、前記ＴＵによって加熱又は冷却される質量を減らすようなされ、前記少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を、更新周囲温度Ｔａから所望の動作温度Ｔｄに調整する時間を短縮することによって、温度制御速度が上がり、前記所望の動作温度Ｔｄは、前記少なくとも１つのエミッタの所望の発振波長（ＷＬ）に対応している。

【請求項２７】
請求項２６に記載の方法であって、さらに以下を含む：
（ａ）リアルタイム又はほぼリアルタイムで、前記少なくとも１つの測定装置から更新温度データを受信することであって、前記更新温度データは、前記ダイオードアセンブリの少なくとも１つの更新周囲温度パラメータ値Ｔａを示している；
（ｂ）前記所望の動作温度値Ｔｄと更新周囲温度値Ｔａとの間の更新温度差ΔＴ、すなわち、ΔＴ＝Ｔｄ－Ｔａ又はΔＴ＝Ｔａ－Ｔｄを、リアルタイム又はほぼリアルタイムで、前記更新温度データを受信した時間に関連して決定すること；
（ｃ）リアルタイム又はほぼリアルタイムで、前記対応する更新温度差ΔＴの決定時間に関連して、前記ＴＵを制御するために必要な１つ以上の更新制御動作を決定し、前記所望の動作温度Ｔｄを迅速に達成する、又は前記所望の動作温度Ｔｄから逸れた温度が所定の温度偏差閾値ＴＤＴｈ未満となることを達成する；及び
（ｄ）決定された１つ以上の制御動作に基づいて、リアルタイム又はほぼリアルタイムで、前記対応する１つ以上制御動作の決定時間に関連して前記ＴＵを制御すること。
【請求項２８】
請求項２６又は２７のいずれか１項に記載の方法であって、
ステップ（ａ）から（ｄ）が主制御装置を使用して自動的に実行される。
【請求項２９】
請求項２６から２８のいずれか１項に記載の方法であって、
ステップ（ａ）から（ｄ）がリアルタイム又はほぼリアルタイムで実行可能である。
【請求項３０】
請求項２６～２９のいずれか１項に記載の方法であって、
接触表面積Ｓ１と前記全体的なＴＵ接触表面積Ｓ２との間の比Ｒが１:４以上、すなわちＲ≧０.２５である。
【請求項３１】
請求項３０に記載の方法であって、
前記接触表面積Ｓ１と前記全体的なＴＵ接触表面積Ｓ２との間の比Ｒが１:２以上、すなわちＲ≧０.５である。
【請求項３２】
請求項２６～３１のいずれか１項に記載の方法であって、
前記ＴＵと前記少なくとも１つのレーザーダイオードアセンブリとの直接接触が、半田付け材料を使用して、各レーザーダイオードスタックの一方の側をＴＵの一方の側に半田付けすることによって行われる。
【請求項３３】
請求項３２に記載の方法であって、
前記半田材料が、前記ダイオードアセンブリの前記少なくとも１つのダイオードスタックに接続する前記ＴＵの少なくとも１つの側面と、及び／又は前記ＴＵに接続する各レーザーダイオードスタックの前記少なくとも１つの側面と、同等又は同じ熱膨張係数（ＣＴＥ）を有している。
【請求項３４】
請求項２６～３３のいずれか１項に記載の方法であって、
前記ＴＵが各レーザーダイオードスタックに直接接続され、各ＬＤバーの前記各ＬＤエミッタから発せられる光が、前記少なくとも１つのＴＵ接続側面に対して角度をなす方向に向けられ、各ＴＵ接続側面の表面又は平面と、各レーザーダイオードから発せられる光の前記方向との間に非ゼロの角度が形成される。
【請求項３５】
請求項３４に記載の方法であって、
前記少なくとも１つのダイオードスタックに接続する前記ＴＵ側面の前記表面又は前記平面と、各レーザーダイオードから発せられる光の前記方向との間に形成される前記非ゼロ角度は、３０～１５０度である。

【請求項３６】
請求項２６～３５のいずれか１項に記載の方法であって、
前記ＴＵは熱電冷却器（ＴＥＣ）を含む。
【請求項３７】
請求項２６～３６のいずれか１項に記載の方法であって、
前記ＴＵは、ＴＥＣと、１つ以上の熱伝導素子からなる熱拡散器を含む。
【請求項３８】
請求項２６～３７のいずれか１項に記載の方法であって、
前記温度制御サブシステムの前記少なくとも１つの測定装置は、１つ以上の温度センサを備え、その少なくとも１つは前記レーザーダイオードアセンブリの近くに位置している。
【請求項３９】
請求項２６～３８のいずれか１項に記載の方法であって、
前記少なくとも１つの測定装置、前記ＴＵ、及び前記レーザーダイオードアセンブリは、固体利得媒体も備えるダイオード励起固体レーザー（ＤＰＳＳＬ）システム内に全て配置され、各ＬＤＢの前記少なくとも１つのＬＤエミッタの前記少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄは、前記利得媒体の吸収特性に対応する。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、一般に、温度制御機能付きレーザーダイオード発光器に基づいたシステム、方法、ユニット及び／又はデバイスに関し、より詳細には、レーザーダイオードエミッタのスタック又はバーの温度の安定化及び制御を可能にするシステム、方法、ユニット及び／又はデバイスに関する。
【背景技術】
【０００２】
１つ以上のレーザーダイオードを使用する多くのシステムでは、所望の出力波長などのダイオードの最適又は所望の光学性能を達成するために、レーザーダイオードの領域の温度を達成及び／又は安定化させる必要があることが多い。
【０００３】
多くのレーザーダイオードは、異なる温度で異なる波長又は異なる波長帯域の光を出力し、摂氏１度の変化毎に、波長で０．２７ｎｍ（ナノメートル）の典型的な感度を有することがある。
【０００４】
ダイオード励起固体レーザー（ＤＰＳＳＬ）システムは、通常、最適な励起利得（以下「最適なレーザー発振」）を生成するために、特定の分光吸収特性を有する固体利得媒体を使用する。最適なレーザー発振を可能にするために、光源が使用され、通常は、１つ以上の発光ダイオード（ＬＥＤ）などの、１つ以上のレーザーダイオードエミッタを含むダイオードスタックが含まれ、これにより、利得媒体の１つ以上の吸収線／波長に対応する１つ以上の波長で光を出力することが可能になる。
【０００５】
しかし、レーザーダイオードエミッタによって出力される波長又は波長帯域は、温度及び温度変化（温度変化勾配）に極めて敏感であり、所望の出力波長などの所望の出力光学特性から大幅に逸脱する可能性がある。レーザーダイオードスタックの領域の温度が所望の温度又は所望の温度範囲から逸脱すると、利得、出力パワー／エネルギーの減少、スループットビーム品質の劣化など、ＤＰＳＳＬシステムの性能が大幅に低下する。したがって、ＤＰＳＳＬシステムの動作温度範囲全体にわたってレーザーダイオードの温度安定性を維持又は達成することが極めて重要である。
【０００６】
多くのＤＰＳＳＬシステムは、実際に動作させる前にしばらく起動しておく必要がある

ことが多い。特定のＤＰＳＳＬシステムの環境における周囲温度から、最適利得のための所望の温度に到達するには（例えば、レーザーダイオードの加熱／冷却により）、時間がかかる。最適利得のための所望温度と、ダイオードの周囲の実際の環境温度との差、及び／又は、加熱／冷却が必要なダイオード及びそのマウントの総質量によっては、数十秒から数分かかることもある。このため、レーザーダイオードを所望の動作温度に到達させるのに必要な時間に基づいて、ＤＰＳＳＬシステムの実際に必要な動作時間に合わせてダイオードの起動時間を事前に計画する必要がある。多くの場合、ＤＰＳＳＬシステムはスタンバイモードで維持される必要があるため、未知の／予期せぬ必要な動作タイミングと共に任意の時点でＤＰＳＳＬシステムを動作可能にするために、所望の温度（最適モード）を維持する必要があり、そのため、環境（周囲）温度から数十度異なる特定の所望の温度に維持する必要がある相当な量の材料によって、システムに不可避な電力消費と非効率性が生じる。

【発明の概要】

【０００７】

開示された実施形態の局面は、少なくとも以下を含むレーザーダイオードサブシステムに関する。

【０００８】

（ｉ）少なくとも１つのレーザーダイオード（ＬＤ）バーを含む少なくとも１つのＬＤスタックを含むＬＤアセンブリであって、各ＬＤバーは少なくとも１つのＬＤエミッタを含み、各ＬＤバーの少なくとも１つのＬＤエミッタは、対応する所望の動作温度Ｔｄで動作させた場合に、少なくとも１つの発光波長（ＷＬ）を有している。

【０００９】

（ｉｉ）少なくとも以下を含む温度制御サブシステム。

【００１０】

対応するＬＤスタックの少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を制御するように構成された熱ユニット（ＴＵ）。

【００１１】

ＬＤスタックの少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの更新温度関連パラメータ値を検出するように構成された少なくとも１つの測定装置であって、少なくとも１つの更新温度関連パラメータ値は、少なくとも１つのＬＤエミッタの領域における更新周囲温度Ｔａに関連付けられている。

【００１２】

ＴＵ及び少なくとも１つの測定装置と動作可能に関連付けられた主制御装置であって、検出された更新温度関連パラメータ値及び少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄに基づいて、ＴＵの動作を制御し、ＴＵの少なくとも一方の側面は、レーザーダイオードアセンブリの各ＬＤスタックの対応する側面と直接接触して、ＴＵと各ＬＤスタック間を直接熱接触させ、ＴＵと対応するＴＵスタック間の接触表面積Ｓ１を形成する。

【００１３】

いくつかの実施形態によると、接触表面積Ｓ１の大きさは、ＬＤスタックに面するＴＵの接触表面積Ｓ２の全体的な大きさよりも小さい又は等しくてもよく、すなわち、Ｓ１≦Ｓ２であり、Ｓ１：Ｓ２の比「Ｒ」は、少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を、更新周囲温度Ｔａから所望の動作温度Ｔｄに調節する時間を減少させることによって、温度制御速度を上げることを目的として、ＴＵによって加熱又は冷却される質量を減少させるようになされ、所望の動作温度Ｔｄは少なくとも１つのエミッタの所望の放射波長（ＷＬ）に対応している。

【００１４】

開示された実施形態の局面は、さらに、少なくとも以下を含むダイオード励起固体レーザー（ＤＰＳＳＬ）システムに関する。

【００１５】

（ｉ）少なくとも１つのレーザーダイオード（ＬＤ）バーを含むなくとも１つのＬＤスタックを含むＬＤアセンブリであって、各ＬＤバーは少なくとも１つのＬＤエミッタを含み、各ＬＤエミッタは、対応する少なくとも１つの発振所望動作温度Ｔｄ下において、少なくとも１つの発振波長（ＷＬ）の光を出射するように構成されている。

【００１６】

（ｉｉ）固体（ＳＳ）利得媒体。

【００１７】

（ｉｉｉ）ＬＤスタックの温度を制御するように構成された熱ユニット（ＴＵ）。

【００１８】

（ｉｖ）少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの更新温度関連パラメータ値を検出するように構成された少なくとも１つの測定装置であって、更新温度関連パラメータ値は、少なくとも１つのＬＤバーの領域において更新周囲温度Ｔａに関連付けられ、各ＬＤバーの少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくともに１つの所望同動作温度Ｔｄは、利得媒体の吸収性能に対応している。

【００１９】

（ｉｖ）ＴＵ及び少なくとも１つの測定装置と作動的に関連する主制御装置であって、検出された更新温度関連パラメータ値及び少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄとに基づいてＴＵの動作を制御し、ＴＵの少なくとも１つの側面がレーザーダイオードアセンブリの各ＬＤスタックの対応する側面と直接接触して、ＴＵと各ＬＤスタックとの間を直接熱接触させ、ＴＵと対応するＬＤスタックとの間に接触表面積Ｓ１を形成する。

【００２０】

いくつかの実施形態によると、ＴＵの少なくとも１つの側面は、レーザーダイオードアセンブリの各ＬＤスタックの対応する側面と直接接触し、ＴＵと各ＬＤスタックとを直接熱接触させ、ＴＵと対応するＬＤスタックとの間に接触表面積Ｓ１を形成してもよい。

【００２１】

さらに又は代替的に、システムは、接触表面積Ｓ１の大きさが、ＬＤスタックに面するＴＵの接触表面積Ｓ２の全体的な大きさ以下となるように、すなわち、Ｓ１≦Ｓ２となるように（Ｓ１：Ｓ２の比率「Ｒ」が１以下、すなわち、Ｒ≦１となるように）設計されてもよく、ＴＵによって加熱又は冷却される質量を減少させて、少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を、更新周囲温度Ｔａから所望の動作温度Ｔｄに調節する時間を減少させることによって、温度制御速度を上げ、所望の動作温度Ｔｄは少なくとも１つのエミッタの所望の放射波長（ＷＬ）に対応している。

【００２２】

開示される実施形態のその他の局面は、温度制御方法に関するものであり、その方法は少なくとも以下を含む。

【００２３】

少なくとも１つのレーザーダイオード（ＬＤ）バーを含む少なくとも１つのＬＤスタックを含むレーザーダイオードアセンブリを提供することであって、各ＬＤバーは少なくとも１つのＬＤエミッタを含み、各ＬＤエミッタは、対応する少なくとも１つの発振所望動作温度Ｔｄ下にあるときに、少なくとも１つの出射波長（ＷＬ）の光を発するように構成されている。

【００２４】

少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を制御するように構成された熱ユニット（ＴＵ）を提供すること。

【００２５】

少なくとも１つの測定装置を提供すること。

【００２６】

少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの更新温度関連パラメータ値を検出することであって、更新温度関連パラメータ値は、少なくとも１つの測定装置を使用し、少

なくとも１つのＬＤエミッタの領域における更新周囲温度Ｔａに関連付けられている。
【００２７】
検出された更新温度関連パラメータ値及び少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄに基づいてＴＵの動作を制御することであって、ＴＵの少なくとも１つの側面は、レーザーダイオードアセンブリの各ＬＤスタックの対応する側面と直接接触して、ＴＵと各ＬＤスタックとを直接熱接触させ、ＴＵと対応するＬＤスタックとの間に接触表面積Ｓ１を形成している。
【図面の簡単な説明】
【００２８】
図面は、例として、本明細書で説明される様々な実施形態を一般的に示すが、限定するものではない。
【００２９】
図示の簡素化及び明確化のため、図面に示される要素は必ずしも縮尺通りに描かれていない。例えば、提示の明確化のため、一部の要素の寸法は他の要素と比較して誇張されている場合がある。さらに、対応する要素又は類似の要素を示すために、参照番号が図間で繰り返される場合がある。以前に提示された要素への参照は、それらが提示された図面又は説明を必ずしもさらに引用することなく暗示される。図は以下に列挙する。
【００３０】
【図１Ａ】いくつかの実施形態に係る、レーザーダイオードアセンブリの温度の高速温度制御を有するレーザーダイオードサブシステムの概略図を示す。図１Ａは、レーザーダイオードスタック又はレーザーダイオードバー又はバーに直接接触される制御可能な熱ユニット（ＴＵ）を有するレーザーダイオードサブシステムの概略図を示す。
【図１Ｂ】いくつかの実施形態に係る、レーザーダイオードアセンブリの温度の高速温度制御を有するレーザーダイオードサブシステムの概略図を示す。図１Ｂは、レーザーダイオードスタックの対向する側面に結合される接触ＴＵ側の表面積Ｓ２と、ＴＵとレーザーダイオードスタックとの接触の全体的な面積を表す接触表面積Ｓ２との間の例示的な比率を示す。
【００３１】
【図２】いくつかの実施形態に係る、レーザーダイオードアセンブリのレーザーダイオードスタックの温度制御のために、レーザーダイオードサブシステムをその一部として使用するダイオード励起固体レーザーシステムの概略図を示す。
【００３２】
【図３】いくつかの実施形態に係る、レーザーダイオードサブシステムの主制御装置によって動作可能なオプションのモジュールを概略的に示すブロック図である。
【００３３】
【図４】は他の実施形態に係るレーザーダイオードサブシステムの概略図を示す。
【００３４】
【図５Ａ】他の実施形態に係る、レーザーダイオードエミッタスタック温度を測定するための２つのサーミスタを有するレーザーダイオードサブシステムを示す。図５Ａはレーザーダイオードサブシステムの等角図を示す。
【図５Ｂ】他の実施形態に係る、レーザーダイオードエミッタスタック温度を測定するための２つのサーミスタを有するレーザーダイオードサブシステムを示す。図５Ｂはレーザーダイオードサブシステムの正面図を示す。
【００３５】
【図６】はいくつかの実施形態に係る、レーザーダイオードサブシステムのレーザーダイオードバー／スタックの更新温度に関連する１つ以上のパラメータ値の実時間高速測定に基づく、レーザーダイオードアセンブリの温度制御方法の概略を示すフローチャートである。
【００３６】
【図７Ａ】Ｎｄ：ＹＡＧ利得媒体の吸収特性（図７Ａ）を示す。

【図７Ｂ】例えばエミッタの温度が摂氏７０度の場合のレーザーダイオードエミッタの発光スペクトル（図７Ｂ）を示す。
【００３７】
【図８Ａ】いくつかの実施形態のレーザーダイオードサブシステムを使用した、サブシステムの時間に関連する応答率を示す、時間依存性のレーザーダイオードバーのシミュレーション／計算性能を示す。図８ＡはＴＥＣの時間依存の消費電力の挙動を計算したものを示す。
【図８Ｂ】いくつかの実施形態のレーザーダイオードサブシステムを使用した、サブシステムの時間に関連する応答率を示す、時間依存性のレーザーダイオードバーのシミュレーション／計算性能を示す。図８Ｂは時間の経過に伴うバーの温度の挙動を計算したものを示す。
【００３８】
【図９Ａ】バー／エミッタの温度及びエミッタの波長に基づく利得媒体の吸収の相関関係を計算したものを示す。いくつかの実施形態によると、図９Ａは、バー／エミッタの温度に関連する利得媒体吸収性能を示す。
【図９Ｂ】バー／エミッタの温度及びエミッタの波長に基づく利得媒体の吸収の相関関係を計算したものを示す。図９Ｂは、バー／エミッタの発光波長に関連する利得媒体吸収性能を示す。
【図９Ｃ】バー／エミッタの温度及びエミッタの波長に基づく利得媒体の吸収の相関関係を計算したものを示す。図９Ｃは、励起レーザーダイオードエミッタの温度に対する固体（この場合はＮｄ：ＹＡＧ）レーザー共振器からの予想出力エネルギー及び測定出力エネルギーに関連するシミュレーションを示す。
【発明を実施するための形態】
【００３９】
熱電冷却器（ＴＥＣ）などの温度制御器は、１つ以上のレーザーダイオードスタックを含むレーザーダイオードアセンブリの加熱、熱除去、及び／又は冷却に使用することができる。
【００４０】
ＴＥＣは、２つの熱伝導性プレート、すなわち、ホットプレート及びコールドプレートを含む半導体デバイスであり、プレート間にはギャップ／距離があり、そこに交互にＮ型及びＰ型半導体素子（例えば、交互に配置された／Ｎ／Ｐピラー）が配置されている。
【００４１】
本開示のいくつかの局面によると、開示された発明の１つ以上の実施形態の目的は、レーザーダイオードアセンブリの温度制御速度を改善することであり、レーザーダイオードアセンブリのレーザーダイオードエミッタの周囲温度Ｔａから最短時間で（最高の加熱／冷却速度で）所望の動作温度Ｔｄに到達して、所望の動作温度Ｔｄに対応するエミッタの所望の出射波長（ＷＬ）を最短時間で達成することを目的とする。
【００４２】
本明細書で使用される「発振波長」という用語は、レーザーダイオードエミッタから発せられる光の波長強度ピークを指す場合がある。
【００４３】
開示されるレーザーダイオードサブシステムの実施形態は、特に、レーザーダイオードエミッタのより高速な加熱及び／又は冷却を可能にするように構成される場合があるが、対応する所望のエミッタの発振波長を達成するために必要な、レーザーダイオードアセンブリの所望の動作温度Ｔｄと、（推定／測定された）レーザーダイオードエミッタの周囲温度Ｔａとの温度差の絶対値が高い場合（例えば、摂氏５０度又は６０度以上）は、必ずしもそうである必要はない。これにより、特に、レーザーダイオードアセンブリが動作に必要でない場合に、レーザーダイオードアセンブリ（及びオプションとして、それが組み込まれているシステムの他の部分）を完全に非活性化することができる。これにより、エネルギー消費効率が改善される一方で、所望の動作温度Ｔｄよりもはるかに高い又ははる

かに低い周囲温度Ｔａからのレーザーダイオードエミッタの加熱／放熱／冷却によって、所望の動作温度Ｔｄ（所望の発振波長を実現するため）の十分に高速な達成を可能とし、例えば、周囲温度Ｔａ下で、所望の動作温度Ｔｄよりも低い摂氏５０度まで、１秒又は２秒未満でレーザーダイオードエミッタを加熱することが可能になる。したがって、レーザーダイオードアセンブリ／エミッタは、実際に作業／レーザー加工が必要な場合にのみ、最適／所望の動作温度Ｔｄで素早く動作可能な状態にすることができ、必要のないときは非アクティブ状態（オフ）にしておくことができる。

【００４４】

本明細書では、「周囲温度」又は「更新周囲温度」という用語を交換可能に使用することができる。これらの用語は、レーザーダイオードアセンブリの近傍の温度、又はそのレーザーダイオードエミッタバー又はスタックの１つ以上の温度を指す場合があり、また、レーザーダイオードエミッタが動作していない場合（非アクティブ化／無効化／オフ）でも、レーザーダイオードアセンブリ／スタック／バー／エミッタの周囲環境の温度を指す場合がある。

【００４５】

本明細書で使用される用語「所望の動作温度」は、エミッタの温度と出力された発振波長強度のピークとの間の既知の／測定された相関関係により、レーザーダイオードエミッタの所望の放射波長ＷＬに対応する温度値Ｔｄを示す場合がある。これは、所望の動作温度Ｔｄは、エミッタが任意の所望の要件に所望された発振波長強度のピークで光を出力する（使用される特定のエミッタの発振波長対温度値の挙動にもちろん依存する）と推定されることを意味する。

【００４６】

最適な（例えば、最大）温度制御速度を達成するために、（ｉ）レーザーダイオードアセンブリを、ＴＥＣのホットプレートなどの熱ユニットの少なくとも１つの側面又は表面に直接接触させてもよい。例えば、ＴＥＣのホットプレートの外面をレーザーセンブリのレーザーダイオードスタック／バーの側面に接着／結合／半田付けする。（ｉｉ）ホットプレート及び／又はＴＥＣ全体の大きさ（例えば、表面積）を、レーザーダイオードスタックの対向する表面積又はフットプリント面積／体積に一致するように縮小してもよい。これにより、ＴＥＣに接触するレーザーダイオードの接触面積Ｓ１と、レーザーダイオードスタック／バーに面する／結合するＴＥＣプレート側の全体表面積Ｓ２との間の比率Ｒは、可能な限り１：１に近づく。例えば、最小比率が１：２又は１：４、すなわち、Ｒ≧０．５又はＲ≧０．２５となる（すなわち、接触表面積Ｓ１が、レーザーダイオードスタック／バーと結合するＴＵ側の表面積の５０％以上又は２５％以上を占め、１００％の表面積一致（Ｒ＝１）にできるだけ近い状態）。

【００４７】

高速温度制御を実現するためには、最新の周囲温度Ｔａも、サーミスタなどの、感知速度及び／又は出力信号／データ伝送速度が速い測定装置によって測定されるべきである。これにより、最新の周囲温度に関連する測定値に基づいてレーザーダイオードアセンブリを高速で加熱／冷却することができ、また、周囲温度Ｔａの誤読又は遅延による過熱／過冷却を回避することができる。更新周囲温度Ｔａと（既知の）所望の動作温度Ｔｄとの間の温度差ΔＴ、すなわち、ΔＴ＝Ｔｄ－Ｔａ、又は、ΔＴ＝Ｔａ－Ｔｄ、の迅速な決定（例えば、計算）も必要とされる場合がある。例えば、受信した測定装置（複数可）のデータ／信号の迅速な処理／分析が可能なハードウェア及び／又はソフトウェア手段が必要とされる場合がある。

【００４８】

開示された実施形態の局面は、少なくとも以下を含むレーザーダイオードサブシステムに関する。（ｉ）少なくとも１つのレーザーダイオードバー（ＬＤＢ）を含む少なくとも１つのレーザーダイオードスタックを有するレーザーダイオードアセンブリであって、少なくとも１つのレーザーダイオードエミッタを含み、各ＬＤＢのレーザーダイオードエミッタは、少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄを有してもよい。（ｉｉ）温度制御サブシ

ステムであって、ＴＥＣ、ヒーター、ヒートシンクなどの熱ユニット（ＴＵ）を使用して、レーザーダイオードアセンブリの温度を高速で測定し、高速で制御するように構成される。（ｉｉｉ）１つ以上の測定装置であって レーザーセンブリの領域における周囲温度Ｔａを直接又は間接的に測定するように構成されている。

【００４９】

いくつかの実施形態によると、ＴＵの少なくとも一方の側は、レーザーダイオードアセンブリの各レーザーダイオードスタック／バーの対応する側と直接接触させられ、ＴＵと各レーザーダイオードスタック／バーとが直接熱接触する。ＴＵの大きさはレーザーダイオードアセンブリの大きさに対応し、ＴＵによって加熱及び／又は冷却される質量を低減し、測定／決定された更新周囲温度Ｔａから所望の動作温度Ｔｄに温度を変化させるための温度制御速度を最も効率的な方法で増加させる（例えば、短縮された／最小限の温度制御時間、及び短縮された／最小限のエミッタ及び／又はＴＵの全体的な消費電力動作時間及び／又はエネルギー消費）。

【００５０】

いくつかの実施形態によると、温度制御サブシステムは、ＴＵ及び測定装置と動作可能に関連する主制御装置も含むか、又は関連付けられてもよく、測定装置によって検出された更新温度関連パラメータ値に基づいて、少なくとも１つのレーザーダイオードエミッタの少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄに到達するように、ＴＵの動作を制御する。

【００５１】

いくつかの実施形態によると、レーザーダイオードスタック／バーに結合されるＴＵの側面間の直接接触は、半田材料を使用して、各レーザーダイオードスタックの一方の側面をＴＵの結合側面に半田付けすることによって行われてもよい。半田材料は、ダイオードアセンブリの少なくとも１つのダイオードスタックに接続するＴＵの少なくとも１つの側面と、及び／又はＴＵに接続する各レーザーダイオードスタックの少なくとも１つの側面と、同様又は同じ熱膨張係数（ＣＴＥ）を有していてもよい。

【００５２】

いくつかの実施形態によると、各レーザーダイオードスタックは、各レーザーダイオードスタック内のダイオードバーを互いに分離するスペーサをさらに備えてもよい。スペーサは、ＴＵの結合（接触）側が、それぞれのレーザーダイオードスタックのスペーサとも直接接触するように配置されてもよい。

【００５３】

いくつかの実施形態によると、ＴＵは、ダイオードスタックの各ＬＤＢの各レーザーダイオードエミッタから発せられた光が、少なくとも１つのＴＵ接続面の平面に対して角度をなす方向に向けられるように各レーザーダイオードスタックを直接接続し、各ＴＵ接続側面の表面又は平面と各レーザーダイオードからの発せられた光の方向との間に非ゼロの角度（例えば、３０度から１５０度の間）を形成する。

【００５４】

いくつかの実施形態によると、レーザーダイオードサブシステムの動作全体が自動化されてもよい。

【００５５】

開示された実施形態のいくつかの局面によると、レーザーダイオードサブシステムは、例えば、ネオジム（Ｎｄ）、イッテルビウム、ツリウム（Ｔｍ）、ホルミウム（Ｈｏ）、、エルビウム（Ｅｒ）の１つがドープされた、イットリウム、アルミニウム、ガーネット（ＹＡＧ）材料、例えば、Ｎｄ：ＹＡＧ、Ｙｂ：ＹＡＧ、Ｙｍ：ＹＡＧ、Ｈｏ：ＹＡＧ、Ｅｒ：ＹＡＧのような、ＹＡＧ系材料で作成された固定利得媒体を照射するためのレーザーダイオードアセンブリ（利得／レーザー発振キャビティ内に配置）を使用するＤＰＳＳＬシステムの一部として実行可能であってもよい。

【００５６】

Ｎｄ：ＹＡＧ利得媒体は、赤外（１Ｒ）領域において少なくとも２つの最適吸収波長ＭＬ１／ＷＬ２（ＷＬ１＝７９５ｎｍ及びＷＬ２＝８０８ｎｍ）を有する。これに対応して

、レーザーダイオードアセンブリのレーザーダイオードエミッタ（以下、「エミッタ」とも略称する）は、異なる温度Ｔｄ１又はＴｄ２で達成される対応する波長ＷＬ１及びＷＬ２で光を出射するように構成されてもよい。これにより、所望の温度Ｔｄ１／Ｔｄ２（例えば、Ｎｄ：ＹＡＧ関連エミッタの対応する波長ＷＬ１及びＷＬ２を達成するためのＴｄ１＝摂氏２０度、Ｔｄ２＝摂氏６８度）のより迅速な取得など、より効率的な動作が可能となることもある。また、利得媒体の吸収波長ＷＬ１又はＷＬ２の１つに対応する周囲温度Ｔａに近づけるか、又はより早く到達させる所望の動作温度Ｔｄ１又はＴｄ２のいずれかに到達するための温度制御により、熱ユニットの消費電力は、時間的にもエネルギー的にもより経済的である。これにより、非常に広い環境温度範囲（例えば、摂氏１００度以上）において、ＤＰＳＳＬの効率的な動作が可能になる。

【００５７】

いくつかの実施形態によると、レーザーダイオードサブシステムは、レーザーダイオードエミッタの出力波長ＷＬ１（７９５ｎｍ）及びＷＬ２（８０８ｎｍ）に対応し、所望の動作温度Ｔｄ１／Ｔｄ２のいずれかから摂氏５０℃まで変動する周囲温度Ｔａに対する所望の動作温度Ｔｄ１（２０℃）及びＴｄ２（６８℃）に対応するする最適吸収を有するＮｄ：ＹＡＧ系の利得媒体を使用するＤＰＳＳＬシステムに対して、数秒（例えば、最大２秒）の高速温度測定、高速温度差決定、高速温度制御を可能にするように構成されていてもよい。

【００５８】

例えば、ＤＰＳＳＬシステムが、周囲外部温度が摂氏（－３０）～（＋７０）度の範囲になり得る環境にある場合、主制御装置は、（測定／決定された正確な更新周囲温度Ｔａに基づいて）所望の動作温度Ｔｄ１又はＴｄ２のうちいずれが更新周囲温度に近いかを決定し、決定された最も近い所望の動作温度までレーザーダイオードスタック／バーを加熱／冷却する。

【００５９】

いくつかの実施形態によると、ＴＵは、例えば受動熱除去（任意でＴＥＣプレート及び／又はヒートシンク／ヒートスプレッダを介した熱の自然除去、又はそれに最小限の電流を印加することによる）による受動冷却のみ、及び能動加熱のみに構成されてもよい。この場合、Ｎｄ：ＹＡＧ利得媒体及びレーザーダイオードアセンブリの実施形態に基づくＤＰＳＳＬシステムでは、最も近い所望の動作温度である摂氏２０／６８度、又は最短時間で到達する所望の動作温度Ｔｄ１／Ｔｄ２に到達するために、周囲温度が摂氏（－３０）～（＋７０）度の範囲でレーザーダイオードスタック／バーを加熱するだけでよい場合がある。例えば、周囲温度Ｔａが７０℃の場合、所望の動作温度Ｔｄ２＝６８℃に到達するには、わずか摂氏２度の熱除去又は冷却のみを必要とし、迅速に達成可能である。周囲温度が摂氏１００度の範囲、すなわち、（－３０）℃～（＋７０）℃の範囲内にある特定の例では、加熱／冷却により、最も近い／最も速い所望動作温度である２０℃又は６８℃に到達するために必要な最大温度差ΔＴｍａｘは、摂氏＋５０度である。

【００６０】

いくつかの実施形態によると、熱除去又は冷却速度Ｖｃは加熱速度Ｖｈよりもはるかに遅い場合、すなわち、Ｖｃ＜＜Ｖｈ、があるため、既定の意思決定プロセスは、冷却／熱除去速度と加熱速度との差及び温度差ΔＴを考慮して、どちらの所望の動作温度Ｔｄ１／Ｔｄ２がより速く達成されるかを決定することを含んでもよい。いくつかの場合、冷却／熱除去は、周囲温度Ｔａがより高い所望の動作温度Ｔｄ２を超えた場合のみ実施され、最高所望動作温度Ｔｄ２以下の温度であれば、レーザーダイオードスタック／バーを最も近い所望の動作温度Ｔｄ１／Ｔｄ２まで加熱するという決定がなされる。例えば、周囲温度Ｔａが（－３０℃）から（＋６７℃）の範囲にある場合は（最低所望動作温度 Ｔｄ１に近い温度を含む）、すべて加熱が必要になる可能性があり、最低動作温度 Ｔｄ１＝２０℃を超える周囲温度Ｔａは、より高い動作温度Ｔｄ２＝６８℃に達するために加熱が必要となる場合があり、動作所望温度Ｔｄ１＝２０℃を下回る周囲温度Ｔａ＜Ｔｄ１＝２０℃は、最低所望動作温度Ｔｄ１＝２０℃に達するために加熱が必要となる場合がある。周囲

温度Ｔａが所望の動作温度Ｔｄ１／Ｔｄ２のいずれかと等しい場合、ＴＵは、温度が所望の動作温度から逸脱したことが検知されない限り、動作温度を安定させるために必要とされない場合がある。

【００６１】

いくつかの実施形態によると、レーザーダイオードアセンブリは、レーザーダイオードエミッタ、ＴＵ、主制御装置、及び１つ以上の測定装置に電力を供給するための１つ以上の電源を含んでもよい。

【００６２】

いくつかの実施形態によると、レーザーダイオードエミッタ、ＴＵ、主制御装置、及び１つ以上の測定装置のいくつか又はすべてが、必要に応じてのみレーザーダイオードエミッタ及び／又はＴＵを動作（電力供給）できるように、かつ測定装置及び主制御装置の連続／周期的動作を可能にしたまま、個別に電力供給される場合がある。

【００６３】

いくつかの実施形態によると、主制御装置は、ＴＵ及びダイオードエミッタの動作を個別に制御するように構成され、また任意に、１つ以上の測定装置の動作も制御するように構成されていてもよい。

【００６４】

いくつかの実施形態によると、１つ以上のパラメータが影響を及ぼす可能性があるため、温度制御速度を最適化するように設計される可能性がある。例えば、レーザーダイオードアセンブリ／スタック／バー又はダイオードアセンブリのフットプリントの全体的又は部分的な大きさ、質量及び／又は寸法に対するＴＵの全体的又は部分的な大きさ、質量及び／又は寸法の比Ｒなどである。したがって、レーザーダイオードサブシステムの設計は、これらの比率のうちの１つ以上を最小化又は低減するようにしてもよい。ＴＵ及びレーザーダイオードアセンブリの少なくとも接触部分の材料も、熱加熱／除去速度に影響を及ぼし、したがって温度制御速度に影響を及ぼす可能性があり、温度制御速度を最適化（低減／最小化）するためにレーザーダイオードサブシステムの設計に考慮してもよい。

【００６５】

主制御装置は、プリント回路基板（ＰＣＢ）として、又はプリント回路基板を含んで実装されてもよく、レーザーダイオードアセンブリの近傍、外部、又は離れて配置されてもよい。プリント回路基板は、ＴＵ及び少なくとも１つの測定装置に接続されてもよく、また、それらと通信してもよい

【００６６】

いくつかの実施形態によると、ＴＵ側は、半田付けによってレーザーダイオードスタック／バーに結合されてもよい。半田付け材料は、高い熱伝導性を有していてもよい。さらに、ＴＵをレーザーダイオードスタック／バーに接続するために使用される半田付け材料は、ＴＵとスタック／バーを順次（段階的）に半田付けすることを可能にする融点を有していてもよい。

【００６７】

いくつかの実施形態によると、スタック／バー又はレーザーダイオードアセンブリ全体の質量を１グラム未満に減らすことができる。

【００６８】

いくつかの実施形態によると、レーザーダイオードスタック／バーと接触するＴＵの少なくとも一部としてＴＥＣを使用することで、ＴＥＣの電力密度は、少なくとも加熱用として通常１５Ｗ／ｃｍ^{2}とすることができる。

【００６９】

いくつかの実施形態によると、ＴＥＣ（ホット及びコールド）プレートは、レーザーダイオードスタック／バー又はレーザーダイオードエミッタ間に配置されたスペーサの熱膨張係数（ＣＴＥ）に対応する（一致する）熱膨張係数（ＣＴＥ）を有する窒化アルミニウム（ＡｌＮ）などの材料で製造されてもよく、レーザーダイオードサブシステムが極端な周囲温度に置かれた場合や、高温変化（高温勾配）を経験した場合に、レーザーダイオー

ドアセンブリからのＴＵの切断などの物理的損傷を排除又は低減する。
【００７０】
いくつかの実施形態によると、１つ以上の測定装置は、例えば、温度関連パラメータ値を数十分の１秒の速度で測定できる高速測定特性を有していてもよい。
【００７１】
いくつかの実施形態によると、これに関連するパラメータ値の周囲温度は、レーザーダイオードエミッタに供給される入力電流を操作（例えば、バイアス）する装置又は電気回路を使用して測定されてもよい。
【００７２】
いくつかの実施形態によると、ＤＰＳＳＬシステムは、手動、自動／自律、及び／又は遠隔操作される有人又は無人車両のペイロードとして搭載されてもよい。
【００７３】
ここで図１Ａを参照すると、これは、いくつかの実施形態によるレーザーダイオードサブシステム（ＬＤＳ）１０００を概略的に示す。
【００７４】
ＬＤＳ１０００は以下を含んでもよい。
【００７５】
１つ以上のレーザーダイオードスタックを含んでもよいレーザーダイオードアセンブリ（ＬＤＡ）１１００であって、各レーザーダイオードスタックは１つ以上のレーザーダイオードエミッタの１つ以上のレーザーダイオードバーを有している。
【００７６】
熱制御サブシステム１２００であって、以下を含んでいる。
【００７７】
（ｉ）ＬＤＡ１１００のレーザーダイオードスタックを加熱及び冷却及び／又熱除去するように構成された熱ユニット（ＴＵ）１２１０。
【００７８】
（ｉｉ）測定装置１２２０であって、ＬＤＡ１１００のレーザーダイオードスタックの近傍に位置し、サーミスタのように、ＬＤＡ１１００のレーザーダイオードスタックの周囲温度Ｔａに関連するパラメータ値を測定するように構成されている。
【００７９】
（ｉｉｉ） 熱ユニット１２１０、測定装置１２２０、及びオプションとしてＬＤＡ１１００と通信可能に関連付けられた主制御装置１２３０。
【００８０】
いくつかの実施形態によると、ＴＵ１２１０は、電子制御可能なＴＥＣ１２１１、及びオプションとしてヒートシンク１２１２などのヒートスプレッダを含んでもよい。
【００８１】
ＴＥＣ１２１１は、第１のプレート（ホットプレート）と第２のプレート（コールドプレート）を備え、２つのプレート間にＮ型及びＰ型の半導体素子媒体が交互に配置されていてもよい。
【００８２】
ＴＥＣ１２１１の第１及び第２のプレートは、ＬＤＡ１１００に対して迅速に熱を伝達するために、熱伝導率の高い材料で構成されていてもよい。
【００８３】
ＴＵ表面１２（例えば、ＴＥＣ１２１１の第１プレートの表面）は、ＬＤＡ１１００の対応するＬＤＡ表面１１に結合されて、それらの間に「接触領域」Ｓ１を形成してもよい（例えば、熱伝導性の半田材料を使用して互いに半田付けすることによって）。接触領域Ｓ１は、対応する（対向する）ＬＤＡ表面１１の面積と同等か、又は若干小さくてもよく、ＬＤＡ１１００のフットプリント全体又はその大部分がＴＵ表面１２と直接熱接触し、接触表面積Ｓ１とＴＵ表面積Ｓ２の比率Ｓ１:Ｓ２が、可能な限り１:１に近く（例えば、この例では約１:１．５）、例えば１：１．４又は１:２の上限（最大）比率閾値を超えな

いようにする。
【００８４】
ＴＵ表面積Ｓ２と接触領域Ｓ１を形成するＬＤＡ表面１１の面積との差を最小化することにより、より高速な温度制御が可能になる。ＴＥＣ１２１１の第１プレートのＴＵ表面１２の大きさ（ＴＵ表面積Ｓ２及び任意で質量／体積など）がＬＤＡ表面１１の大きさに近いので、接触面積Ｓ１から熱が大きく広がることはない。したがって、ＴＥＣ１２１１で生成された熱は、ＴＥＣ１２１１からＬＤＡ１１００のＬＤＢに直接かつ迅速に伝達され、ＬＤＡ１１００が、エネルギーのほとんどをＬＤＡ１１００に集中させるより効率的な方法で加熱されて、他の要素や部品に熱が伝わることを回避又は低減する。ＬＤＡ１１００から排出された熱は、ＬＤＡ冷却に使用される場合、ＴＥＣ１２１１によって迅速に除去されるか、又は積極的に冷却され、排出された熱は、ＬＤＡ１１００からＴＥＣ１２１１の第１プレートに直接流され、そこからＴＥＣ１２１１の第２プレートに流される。
【００８５】
いくつかの実施形態によると、コネクタレセプタクル２３及び２４などのｔコネクタレセプタクルが、ＬＤＡ１１００をＴＵ１２１０に接続するために使用されてもよい。コネクタレセプタクル２３及び２４は、それらのソケット又は開口２３ａ及び２４ａに受け入れられるように構成されて、締結及び／又は電気的コネクタ又はコネクタに対応してもい。
【００８６】
いくつかの実施形態によると、コネクタレセプタクル２３及び２４、及び／又は対応するコネクタ（図示せず）は、低熱伝導性材料で構成され、ＬＤＡ１１００を他の要素、デバイス、電源などと機械的及び／又は電気的に接続するために使用されてもよい。
【００８７】
いくつかの実施形態によると、温度制御効率をさらに向上させるために、ＬＤＡ１１００の大きさ、質量、幾何学形状、及び／又は構成をカスタマイズされた方法で設計してもよい。例えば、すべてのエミッタをよりきつくコンパクトに積み重ねるよりコンパクトな／より小さい構成を使用すること、より小さいスペーサを使用すること、又はスペーサを一切使用しないこと、同様の熱特性を有するより軽いＴＵ材料を選択することによってＬＤＡ１１００の質量を低減すること、標準的な使用レーザーダイオードスタックの保持プレートの大部分を取り除くこと、電気コネクタの総数及び／又は大きさを低減することなどである。
【００８８】
いくつかの実施形態によると、レーザーダイオードサブシステム１０００は、そのＬＤＡ１１００のエミッタが、接触表面積Ｓ１の平面に対して角度（例えば垂直）をなす方向（例えば図１Ａの矢印Ｅで示されるように）に光を発するように配置されてもよい。
【００８９】
いくつかの実施形態によると、ＬＤＡ１１００は、１グラム未満などの低質量であってもよい。
【００９０】
図２は、いくつかの実施形態によるダイオード励起固体レーザー（ＤＰＳＳＬ）システム２０００の概略図を示す。ＤＰＳＳＬシステム２０００は、少なくとも以下を含む。
【００９１】
少なくとも以下を含むレーザーダイオードサブシステム２１００：(ｉ)複数のレーザーダイオードエミッタ２１１２の単一レーザーダイオードバー２１１１を含むレーザーダイオードスタックを有するＬＤＡ２１１０、(ｉｉ)サーミスタなどの１つ以上の温度測定装置２１３０、(ｉｉｉ)ＴＥＣ ２１２０を含む温度制御サブシステム、及び(ｉｖ)ＰＣＢを用いて実行可能な主制御装置２１４０。
【００９２】
利得媒体２２００であって、１つ以上の主最適吸収波長ＷＬ１＝７９５ｎｍ及びＷＬ２＝８０８ｎｍを有するＮｄ：ＹＡＧロッドなどの素子であり、エミッタ２１１２の発振波

長とは異なる波長又は狭い波長帯域の光ビームを出力するように構成されていてもよく、また、任意として以下も含む。

【００９３】

レーザーダイオードエミッタ２１１２から利得媒体２２００に導いて、任意には集光させて、増幅媒体２２００を最適に照射するように構成された、１つ以上の光学素子及び／又は光学装置を含む光学セットアップ２００１。これは、例えば、利得媒体２２００によって吸収可能な光スポット（ここでは「スポット」とも呼ぶ）を生成することによってなされる。スポットは光学セットアップ２００１によって以下のように構成することができる。(ａ)所望のサイズにすること、(ｂ)利得媒体２２００に所望の指定された利得媒体領域／表面／スポットで衝突させる、及び／又は、(ｃ)利得媒体２２００に所望のビーム伝搬方向角度で衝突させる。

【００９４】

主制御装置２１４０は、レーザーダイオードバー２１１１の近傍に位置する場合がある測定装置２１３０から温度関連データ／信号をリアルタイムで、進行中又は周期的に受信するように構成されていてもよく、受信されたデータ／信号を処理してレーザーダイオードバー２１１１のリアルタイム更新周囲温度Ｔａを決定し、更新周囲温度Ｔａと所望の動作温度Ｔｄとの間の温度差ΔＴを決定（例えば計算）し、ＴＥＣ２１２０を制御してレーザーダイオードバー２１１１を加熱又は熱除去／冷却する。

【００９５】

いくつかの実施形態によると、図２に示されているように、ＴＥＣ２１２０は、熱伝導性材料で作成された第１（ホット）プレート２１２５ａ及び第２（コールド）プレート２１２５ｂと、第１及び第２プレート２１２５ａ、２１２５ｂの間に位置するＮ－Ｐ半導体層２１２７とを含んでもよい。

【００９６】

Ｎ－Ｐ半導体層２１２７と向かい合わない第１（ホット）プレート２１２５ａの一側面（これは平坦であってもよい）は、レーザーダイオードバー２１１１の向かい合う側面と直接接触しており、レーザーダイオードバー２１１１の表面積の大きさと同様の表面積の大きさを有し、第１（ホット）プレート２１２５ａと直接接触する、全レーザーダイオードバー２１１１の表面積の少なくとも大部分が、第１（ホット）プレート２１２５ａ側面の表面積によって覆われる／包み込まれる。

【００９７】

ＴＥＣ２１２０第１（ホット）プレート２１２５ａの直接接触、それらの表面積と同様の大きさ（例えば、第１プレート２１２５ａの表面積と レーザーダイオードバー２１１１の表面積間の比率約１：１．５）、及び第１（ホット）プレート２１２５ａの表面積がレーザーダイオードバー２１１１の対応する表面積の少なくとも大部分を包み込む（完全に覆う）設計との組み合わせは、消費電力と温度制御速度を改善する。温度調整／制御速度の向上により、特に、更新周囲温度Ｔａが所望の動作温度Ｔｄから大幅に逸脱する場合、時には摂氏７０度の温度差が生じる場合において、エネルギー消費管理が大幅に改善される。例えば、消費電力を削減するために、ＤＰＳＳＬシステム２０００が出力するレーザービームの出射が不要な場合、エミッタ２１１２及び任意でＤＰＳＳＬシステム２０００全体が非アクティブ状態に維持するように設定されてもよく、最適なＤＰＳＳＬレーザービーム出射が要求される前にのみ（例えば、数秒以内に）活性化／短時間動作されてもよく、これにより、このような大きな温度差ΔＴｓを１秒又は２秒内程度の最小時間で克服することができる。これらの場合における更新周囲温度Ｔａは、外部／環境の自然温度であってもよく、そこでは（最も近い）所望の動作温度Ｔｄが既知であり、変更できない場合があり、ＤＰＳＳＬシステム２０００がより長時間にわたってレーザービームを出力する温度安定化維持動作モードに対して、所望の動作温度Ｔｄが達成された後、温度制御サブシステム２１２０が、より小さい温度差を調整するように設定される。

【００９８】

図３は、いくつかの実施形態による、レーザーダイオードサブシステム２１００の主制

御装置２１４０などの主制御装置によって動作可能なオプションのモジュールを概略的に示すブロック図である。主制御装置２１４０は以下を含んでもよい。

【００９９】

通信モジュール２１４１であって、レーザーダイオードサブシステム２１００の温度制御サブシステム２１２０の測定装置２１３０などの１つ以上の測定装置からデータ／信号を受信するように構成され、受信された信号はレーザーダイオードアセンブリのレーザーダイオードスタック／バー／エミッタの更新周囲温度Ｔａを示す。

【０１００】

処理及び制御ユニット２１４２であって、（ａ）受信した測定データ／信号を（リアルタイムで）処理し、（ｂ）それに基づいて、レーザーダイオードエミッタ／バーの更新周囲温度Ｔａを決定し、（ｃ）更新周囲温度Ｔａと（選択された）所望の動作温度Ｔｄとの間の更新温度差ΔＴを決定（算出）し、（ｄ）決定された温度差と（選択された）所望の動作温度Ｔｄに基づいて、レーザーダイオードサブシステム２１００のＴＵを自動的に動作させ、また任意でレーザーダイオードエミッタ２１１２も動作させ、決定された所望の動作温度Ｔｄを達成する。

【０１０１】

記憶装置２１４３であって、操作コマンド／指示／計画、測定装置からの受信データ、及び／又は更新周囲温度及び／又は温度差などの決定された値を記憶する。

【０１０２】

１つ以上のバッテリー及び／又は電源装置などの電源であって、主制御装置２１４０自体、測定装置２１３０、温度制御サブシステム２１２０のＴＥＣ、レーザーダイオード（ＬＤ）エミッタ２１１２、光学セットアップ２００１のデバイスなどの、１つ以上の装置に電力を供給する。

【０１０３】

図４は、他の実施形態によるレーザーダイオードサブシステム４０００の概略図を示す。レーザーダイオードサブシステム４０００は、以下を含んでもよい。

【０１０４】

レーザーダイオードアセンブリ（ＬＤＡ）４１００であって、１つ以上のレーザーダイオードスタックを含んでもよく、各レーザーダイオードスタックは、１つ以上のレーザーダイオードエミッタの１つ以上のレーザーダイオードバーを有する。

【０１０５】

熱制御サブシステム４２００であって、第１のプレート４２１１及び第２のプレート４１１２を含む２つの熱伝導プレートと、任意でＴＥＣ４２１０の第２プレート４１１２に熱的に結合したヒートシンクとを有するＴＥＣを含む少なくとも１つのＴＵを含んでもよい。

【０１０６】

いくつかのの実施形態によると、ＬＤＡ４１００は、１つ以上のサーミスタ４３０１などの測定装置に接続するための接続部４００１などの１つ以上の接続部を含んでもよい。

【０１０７】

他の電気的接続手段、ＴＥＣ４２１０を、例えば、主制御装置（図示せず）及び／又は１つ以上の電源手段に電気的に接続するための接続部４００２が使用されてもよい。

【０１０８】

いくつかの実施形態によると、ＴＥＣ４２１０の第１プレート４２１１は、コネクタレセプタクル４１及び４２のように、１つ以上のコネクタレセプタクルに一体に接続又は穴あけされてもよく、それらのソケット又は開口に受け入れられるように構成及び配置されて、締結及び／又は電気的コネクタに対応し、非常に低い熱伝導性材料で作成されてもよい。

【０１０９】

ＴＥＣ４２１０の第１プレート４２１１は、例えば、熱伝導性半田材料を使用してＴＥＣ４２１０の第１プレート４２１１にＬＤＡ４１００を半田付けすることにより、ＬＤＡ

４１００の下面に熱結合されてもよく、ＬＤＡ４１００の接触側の表面積とＴＥＣの第１プレート４２１１（接触面積Ｓ１に等しい）の接触表面積がＴＵ接触表面領域Ｓ２に近くなるようになる。

【０１１０】

図５Ａ及び図５Ｂは、他の実施形態による、ＬＤＡ５１００の温度測定の精度を向上させるための２つのサーミスタ５３０１及び５３０２を有するレーザーダイオードサブシステム５０００の概略図を示す。

【０１１１】

レーザーダイオードサブシステム５０００は、以下を含んでもよい。

【０１１２】

レーザーダイオードアセンブリ（ＬＤＡ）５１００であって、１つ以上のレーザーダイオードスタックを含んでもよく、各レーザーダイオードスタックは、１つ以上のレーザーダイオードエミッタの１つ以上の複数のレーザーダイオードバーを有している。

【０１１３】

熱制御サブシステム５２００であって、２つの熱伝導プレート、すなわち、その間にＮ－Ｐ半導体層５２１３を有する第１のプレート５２１１及び第２のプレート５２１２と、オプションとしてＴＥＣ５２１０の第２プレート５２１２に熱結合されたヒートシンク５２２０と、を含む少なくとも１つのＴＵを含んでもよい。

【０１１４】

ＬＤＡ５１００の温度Ｔａを直接測定するように配置及び構成されたサーミスタ５３０１及びＴＵの温度を測定するように配置及び構成されたサーミスタ５３０２。

【０１１５】

ＴＥＣ５２１０及び／又はサーミスタ５００１及び５００２を、例えば電源供給源及び／又は他の電気システム構成要素に接続するための電気コネクタ５００１及び５００２。

【０１１６】

ＴＥＣ５２１０の第１プレート５２１１は、ＬＤＡ５１００の下面に、例えば、熱伝導性の半田付け材料を用いてＴＥＣ５２１０の第１プレート５２１１にＬＤＡ５１００を半田付けすることにより熱結合されてもよく、これにより、ＬＤＡ５１００の接触側の表面積及びＴＥＣの第１プレート５２１１の接触表面積（接触面積Ｓ１に等しい）が、ＴＵ接触面積Ｓ２の大きさと同等となる。

【０１１７】

いくつかの実施形態によると、図５Ａ及び５Ｂに示されているように、第１サーミスタ５３０１などのサーミスタの１つは、ＬＤＡ５１００の周囲温度Ｔａ(ＬＤＡ)を測定するためにＬＤＡ５１００に隣接して配置されてもよく 一方、他の（第２の）サーミスタ５３０２は、ＴＥＣ ５２１０の周囲温度Ｔａ(ＴＵ)を測定するために、第２プレート５２１２などのＴＥＣプレートの１つに隣接して配置されてもよい。この構成により、ＴＵ（例えばＴＥＣ ５２１０）とＬＤＡ５１００との間の周囲温度差ΔＴａ（ΔＴａ＝Ｔａ（ＬＤＡ）－Ｔａ（ＴＵ）又はΔＴａ＝Ｔａ（ＴＵ)－Ｔａ（ＬＤＡ））を測定／計算することも可能になる。これにより、例えば、ＴＵ／ＴＥＣ５２１０の加熱／冷却速度、熱伝達最大／最小容量などのＴＵ／ＴＥＣ５２１０の性能を測定／決定する。

【０１１８】

図６は、いくつかの実施形態による、レーザーダイオードサブシステムのレーザーダイオードバー／スタックの更新温度に関連する１つ以上のパラメータ値のリアルタイムかつ自動化された高速測定に基づく、レーザーダイオードアセンブリの温度の自動制御方法を示す概略的なフローチャートである。

【０１１９】

この方法は、以下を含んでもよい。

【０１２０】

レーザーダイオードアセンブリの少なくとも１つの更新温度関連パラメータ値を検出すること：６１。ここで、更新温度関連パラメータは、レーザーダイオードアセンブリ／ス

タック／ダイオードの更新周囲温度Ｔａに関連する。
【０１２１】
検出された更新温度関連パラメータ値に基づいて更新温度Ｔａを決定し、更新周囲温度Ｔａと（最も近い／選択された）所望の動作温度Ｔｄとの更新差ΔＴを決定すること：６２。
【０１２２】
決定された更新温度差ΔＴ及び（最も近い／選択された）所望の動作温度Ｔｄに基づいて、ＴＵを制御するために必要とされ、決定された所望の動作温度Ｔｄを最適な方法（例えば、最短時間内）で達成するために必要とされる、１つ以上の更新制御動作を決定すること：６３。
【０１２３】
決定された所望の動作温度Ｔｄに基づいて、レーザーダイオードサブシステムのＴＵの動作制御、及び任意でＬＤエミッタの動作を制御すること：６４。
【０１２４】
いくつかの実施形態によると、プロセスステップ６１～６４のすべてを、進行中又は周期的に自動的に実行してもよい。
【０１２５】
Ｎｄ：ＹＡＧ利得媒体の吸収線を示す図７Ａを参照する。Ｎｄ：ＹＡＧ利得媒体は、ＷＬ１＝７９５ｎｍ及びＷＬ２＝８０８ｎｍの波長で最も高い吸収を示すことが明らかである。
【０１２６】
図７Ｂは、（例えば）摂氏７０度の温度で、例えば１７０Ａ（アンペア）の消費電流を使用した場合、又はレーザーダイオードの設計動作電流の場合のレーザーダイオードエミッタのスペクトル挙動を示す。この温度Ｔｄ＝７０℃では、発光ＷＬピークは８０８ｎｍであり、発光帯域は約３ｎｍと比較的狭いことが示されている。発光ＷＬピークからの０.２７ｎｍのシフトを考慮すると、摂氏１度ごとに、このＬＤエミッタは２０℃（Ｔｄとの差は５０℃）で７９４．５ｎｍで強度ピークを出力すると予想される。これは、８０８（ｎｍ）－０.２７（ｎｍ／℃）×５０℃＝７９４．５ｎｍで計算される。このＬＤエミッタから発せられる約７９５ｎｍの光の発振波長は、Ｎｄ：ＹＡＧ利得媒体によく吸収されるため、ＤＰＳＳＬシステムはかなりの励起利得を生み出すことができる。
【０１２７】
図８Ａ及び図８Ｂは、制御回路／フィードバック－サブシステム（消費電力及び温度の時間関連挙動）による検査が行われていない場合の温度制御サブシステムの時間依存型レーザーダイオードバーの推定（シミュレーション）性能を示しており、これは、いくつかの実施形態によるレーザーダイオードサブシステムを使用した場合の、推定されたレーザーダイオードサブシステムの時間関連応答率を示している。バーは、周囲温度Ｔａが（－４０）℃から（＋２３）℃まで約２秒未満（約１秒）で約＋６３℃に加熱され、その後、１秒強で所望の動作温度Ｔｄ（＋２０℃）の値に近い値に安定化することが示されている（図８Ｂ）。それに応じて、ＬＤバーを加熱するための約１０Ｗ（ワット）の主電力消費は最初の１秒以内に行われ、電力消費はその後、温度Ｔｄを安定化させるために約２Ｗに劇的に減少し、及び／又は、ＬＤバーが非アクティブ化された場合（所望の動作温度Ｔｄを維持するためにのみ電力を使用）、一度達成又は超過した。
【０１２８】
このシミュレーションは連続的なフィードバック及び制御手段を使用せずに実施されたため、その性能は、制御フィードバック・ループ／回路が使用された場合に期待されるよりも低い。制御フィードバック・ループ／回路は、ＬＤＡ周囲温度Ｔａと所望の動作温度Ｔｄとの間の温度差を連続的に測定し、所望の動作温度Ｔｄを達成するために温度を連続的又はほぼ連続的に調整する。したがって、この場合、システムは、約２秒以内に、所望の動作温度Ｔｄの正確な値(＋２０)℃に到達することができた。
【０１２９】

図８Ｂの温度変化の挙動と相関関係にある消費電力の挙動は、図８Ａに示され、約６０℃の実質的な温度差がある場合、エミッタを周囲温度Ｔａから所望の動作温度Ｔｄを少し上回る温度まで初期加熱するために、わずか約１.５秒（２秒未満）で約１０Ｗの消費電力を必要としたことを示している。初期加熱後は、所望の動作温度Ｔｄの安定化にははるかに少ないエネルギー／電力消費しか必要とせず、電力消費は約２Ｗで実質的に安定している。再度、これはダイオードバーの質量が非常に低いことによってなされるものである。

【０１３０】

図９Ａ～９Ｃは、利得媒体吸収の計算相関を示す。

【０１３１】

これは、いくつかの実施形態に係る、バー／エミッタの温度及びエミッタの発振波長に基づいている。

【０１３２】

図９Ａは、バー／エミッタの温度に関連する利得媒体吸収性能を示す。

【０１３３】

図９Ｂは、バー／エミッタの発振波長に関連する利得媒体吸収性能を示す。

【０１３４】

図９Ｃは、利得媒体吸収効率とエミッタ／バーの温度に関連する出力電力性能の依存性（直線）の積算値を示す。図９Ｃはまた、励起ダイオードの温度の関数としての発振器からの測定出力エネルギーを示す（破線）。測定出力エネルギーは理論計算に極めて近似しており、相関性があるこので、提案された概念の実現可能性が証明される。

図９Ａ～９Ｂに示された推定吸収性能を生成するためのシミュレーションは、Ｔｄ１＝２０℃及びＴｄ２＝６８℃の対応する所望の動作温度で７９５ｎｍと８０８ｎｍの所望の発振波長の発振を対象とするＬＤエミッタに対してなされており、これは、０．７％のＮｄがドープされ、４ｎｍのシリンダー直径を有する円筒形のＮｄ：ＹＡＧ利得媒体の最適吸収ＷＬに対応させるためである。シミュレーションでは、Ｔｒａｃｃ－ｐｒｐとして知られるビーム追跡プログラム／方法を使用して、全体的な温度範囲１００℃（－３０℃～＋７０℃の間）でＬＤエミッタの温度における利得媒体吸収効率の依存性を計算した。図９Ａ～図９Ｃは、エミッタの温度及びＬＤエミッタの発振ＷＬにおける吸収効率依存性の強い依存性とそれら間の相関性、それらの対応するエミッタの所望同動作温度Ｔｄｌ＝２０℃及びＴｄ２＝６８℃に達した際に達成可能な最適／所望のＷＬ８０８ｎｍ及び７９５ｎｍでの利得媒体の強い吸収性を示す。

【０１３５】

実施例。

【０１３６】

実施例１は、少なくとも以下を含むレーザーダイオードサブシステムである。

【０１３７】

(ｉ)少なくとも１つのレーザーダイオード（ＬＤ）バーを含む少なくとも１つのＬＤを含むレーザーダイオードアセンブリであって、各ＬＤバー（ＬＤＢ）は少なくとも１つのＬＤエミッタを含み、各ＬＤＢの少なくとも１つのＬＤエミッタは、対応する所望同動作温度Ｔｄで動作した場合に少なくとも１つの発振波長（ＷＬ）を有する。

【０１３８】

(ｉｉ)少なくとも以下を含む温度制御サブシステム。

【０１３９】

少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を制御するように構成された熱ユニット（ＴＵ）。

【０１４０】

レーザーダイオードアセンブリの少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの更新温度関連パラメータ値を検出するように構成された少なくとも１つの測定装置であって、その更新温度関連パラメータ値は、少なくとも１つのＬＤエミッタの領域における更新

周囲温度Ｔａに関連付けられている。
【０１４１】
ＴＵと作動的に関連し、少なくとも１つの測定装置と作動的に関連する主制御装置であって、検出された更新温度関連パラメータ値と少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄとに基づいてＴＵの動作を制御する。
【０１４２】
ここで、ＴＵの少なくとも一方の側面は、レーザーダイオードアセンブリの各ＬＤスタックの対応する側面と直接接触して、ＴＵと各ＬＤスタックとの間が直接熱接触しており、ＴＵの大きさはレーザーダイオードアセンブリの大きさに対応しており、加熱又は冷却される質量を最小化し、少なくとも１つのＬＤエミッタの温度の更新周囲温度Ｔａから所望の動作温度Ｔｄへの調整時間を短縮することで、温度制御速度を向上させ、所望の動作温度Ｔｄに対応する少なくとも１つのＬＤエミッタの発振ＷＬを達成する。
【０１４３】
実施例２において、実施例１の内容は、ＴＵの全体的な大きさ、及び／又はＴＵの寸法間の比が、ダイオードアセンブリ又はダイオードアセンブリのフットプリントの全体的なサイズ、及び／又は寸法と対応する場合を含んでもよい。
【０１４４】
実施例３において、実施例２の内容は、ＴＵとダイオードアセンブリの少なくとも１つのダイオードスタックとの間の接触表面積Ｓ１と、ダイオードアセンブリの少なくとも１つのレーザーダイオードスタックと直接接触するＴＵの少なくとも１つの側面の全体的なＴＵ接触表面積Ｓ２との比Ｒが１：４以上、すなわち、Ｓ１／Ｓ２＝Ｒ≧０.２５であることを含んでもよい。
【０１４５】
実施例４において、実施例３の内容は、接触表面積Ｓ１とＴＵの全体的な接触表面積Ｓ２との間の比率Ｒが１：２以上、すなわち、Ｒ≧０.５であることを含んでもよい。
【０１４６】
実施例５において、実施例１～４のいずれか１つ以上の内容は、ＴＵと少なくとも１つのレーザーダイオードスタックとの直接接触が、半田付け材料を使用して、各レーザーダイオードスタックの一方の側面をＴＵの一方の側面に半田付けすることによって行われることを含んでもよい。
【０１４７】
実施例６において、実施例５の内容は、半田付け材料が、ダイオードアセンブリの少なくとも１つのダイオードスタックに接続するＴＵの少なくとも１つの側面、及び／又はＴＵに接続する各レーザーダイオードスタックの少なくとも１つの側面と、同様又は同じ熱膨張係数（ＣＴＥ）を有していることを含んでもよい。
【０１４８】
実施例７において、実施例１～６のいずれか１つ以上の内容は、ダイオードアセンブリの各レーザーダイオードスタックが複数のダイオードバーを含み、各レーザーダイオードバーが複数のエミッタを含み、各レーザーダイオードスタックがさらに、各レーザーダイオードスタック内のダイオードバーを互いに分離するスペーサを含み、ＴＵの少なくとも１つの側面がダイオードスタックのスペーサと直接接触していることを含んでもよい。
【０１４９】
実施例８において、実施例１～７のいずれか１つ以上の内容は、ＴＵが各レーザーダイオードスタックに直接接続されて、ダイオードスタックのそれぞれのダイオードのそれぞれから発せられる光が、少なくとも１つのＴＵ接続側に対して角度をなす方向に向けられ、各ＴＵ接続側の表面又は平面と各レーザーダイオードから発せられた光の方向との間に非ゼロの角度が形成されることを含んでもよい。
【０１５０】
実施例９において、実施例８の内容は、少なくとも１つのダイオードスタックに接続するＴＵ側の平面又は表面と、各レーザーダイオードから発せられる光の方向との間に形成

される非ゼロ角度が３０～１５０度であることを含んでもよい。
【０１５１】
実施例１０において、実施例１～９のいずれか１つ以上の内容は、レーザーダイオードサブシステムが、ＴＵをダイオードアセンブリに固定するための１つ以上のコネクタをさらに備え、１つ以上のコネクタのうちの少なくとも１つが、熱的及び／又は電気的非伝導性材料で作成されることを含んでもよい。
【０１５２】
実施例１１において、実施例１～１０のいずれか１つ以上の内容は、ＴＵが熱電冷却器（ＴＥＣ）を含むことを含んでもよい。
【０１５３】
実施例１２において、実施例１～１１のいずれか１つ以上の内容は、ＴＵがＴＥＣと、１つ以上の熱伝導素子を含む熱拡散器とを含むことを含んでもよい。
【０１５４】
実施例１３において、実施例１～１２のいずれか１つ以上の内容は、温度制御サブシステムの少なくとも１つの測定装置が、１つ以上の温度センサを含み、少なくとも１つはダイオードアセンブリの近くに位置していることを含んでもよい。
【０１５５】
実施例１４において、実施例１３の内容は、１つ以上の温度センサのうちの少なくとも１つが、２秒未満の応答時間を有することを含んでもよい。
【０１５６】
実施例１５において、実施例１～１４のいずれか１つ以上の内容は、レーザーダイオードサブシステムが少なくとも１つのプリント回路基板（ＰＣＢ）をさらに含み、ＴＵがＰＣＢによって運ばれるか、又はＰＣＢに直接取り付けられることを含んでもよい。
【０１５７】
実施例１６において、実施例１～１５のいずれか１つ以上の内容は、少なくとも１つの測定装置、ＴＵ、及びレーザーダイオードアセンブリがすべて、レーザーダイオードアセンブリ及び固体利得媒体も備えるダイオード励起固体レーザー（ＤＰＳＳＬ）システム内に配置され、各ＬＤバーの少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄが、利得媒体の吸収特性に対応することを含んでもよい。
【０１５８】
実施例１７において、実施例１～１６のいずれか１つ以上の内容は、主制御装置が少なくとも以下のように構成される場合を含んでもよい。
【０１５９】
少なくとも１つの測定装置から更新温度データをリアルタイム又はほぼリアルタイムで受信することであって、その更新温度データは、ダイオードアセンブリの更新周囲温度パラメータ値Ｔａを少なくとも示している。
【０１６０】
受信された更新温度データに基づいて更新周囲温度Ｔａを決定すること。
【０１６１】
更新温度差ΔＴを決定すること。
【０１６２】
更新温度差ΔＴは、所望の動作温度値Ｔｄと、決定された更新周囲温度値との間の差であって、更新温度データを受信した時間に関連して、リアルタイム又はほぼリアルタイムで決定される。
【０１６３】
リアルタイム、又はほぼリアルタイムで、対応する更新温度差ΔＴを決定した時間に関連して、ＴＵを制御するために必要な１つ以上の更新制御動作を決定して、所望の動作温度Ｔｄを最も早く達成する、又は所望の動作温度Ｔｄから外れた温度が所定の温度偏差閾値ＴＤｔｈ未満となることを達成する。
【０１６４】

決定された１つ以上の制御動作に基づいて、対応する１つ以上の制御動作の決定時間に関連して、リアルタイム又はほぼリアルタイムでＴＵを制御すること。

【０１６５】

実施例１８において、実施例１～１７のいずれか１つ以上の内容は、主制御装置が少なくとも以下を含むことを含んでもよい。

【０１６６】

通信モジュールであって、１つ以上の通信リンクを介して、ＴＵとの間で少なくともデータを送受信し、少なくとも１つ以上の測定装置からデータを少なくとも受信する。

【０１６７】

処理及び制御モジュールであって、少なくとも１つの測定装置から受信したデータを処理し、処理結果に基づいて１つ以上の更新温度制御動作を決定し、決定された１つ以上の更新制御動作に基づいてレーザーダイオードアセンブリの温度を制御する。

【０１６８】

メモリユニット。

【０１６９】

実施例１９において、実施例１～１８のいずれか１つ以上の内容は、各ＬＤバーの各所望動作温度Ｔｄが、対応するＬＤバーの対応する少なくとも１つのＬＤエミッタの対応する所望発振波長（ＷＬ）に関連付けられていることを含んでもよい。

【０１７０】

実施例２０において、実施例１～１９のいずれか１つ以上の内容は、各ＬＤＢのＬＤエミッタの全てが少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄを有することを含んでもよい。

【０１７１】

実施例２１において、実施例２０の内容は、各ＬＤＢの全てのＬＤエミッタが発光ダイオード（ＬＥＤ）であることを含んでもよい。

【０１７２】

実施例２２において、実施例１～２１のいずれか１つ以上の内容は、レーザーダイオードサブシステムが、少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を、その更新周囲温度Ｔａから所望の動作温度Ｔｄに調整して、更新周囲温度Ｔａと少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄとの間の温度差ΔＴの絶対値が、最大調整時間２秒以内に摂氏６０度までとなるように構成されることを含んでもよい。

【０１７３】

実施例２３において、実施例１～２２のいずれか１つ以上の内容は、主制御装置がレーザーダイオードアセンブリの外部及び／又は離れて位置することを含んでもよい。

【０１７４】

実施例２４において、実施例１～２３のいずれか１つ以上の内容は、主制御装置がＴＵ及び少なくとも１つの測定装置に接続されたプリント回路基板（ＰＣＢ）を含み、ＰＣＢがレーザーダイオードアセンブリに近接して配置されることを含んでもよい。

【０１７５】

実施例２５において、実施例１～２３のいずれか１つ以上の内容は、レーザーダイオードアセンブリの質量が１グラム以下であることを含んでもよい。

【０１７６】

実施例２６は、少なくとも以下を含むダイオード励起固体レーザー（ＤＰＳＳＬ）システムである。

【０１７７】

少なくとも以下を含むＤＰＳＳＬデバイス。

【０１７８】

（ｉ）少なくとも１つのレーザーダイオード（ＬＤ）バーを含む少なくとも１つのＬＤスタックを含むレーザーダイオードアセンブリであって、各ＬＤバーは少なくとも１つのＬＤエミッタを含み、各ＬＤエミッタは、対応する少なくとも１つの発光所望動作温度Ｔｄ下にあるときに少なくとも１つの発振波長（ＷＬ）の光を放出するように構成されてい

る。
【０１７９】
（ｉｉ）固体（ＳＳ）利得媒体。
【０１８０】
（ｉｉｉ）ＬＤスタックの温度を制御するように構成された熱ユニット（ＴＵ）。
【０１８１】
（ｉｖ）少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの更新温度関連パラメータ値を検出するように構成された少なくとも１つの測定装置であって、更新温度関連パラメータ値は、少なくとも１つのＬＤＢの領域における更新周囲温度Ｔａに関連付けられており、ＳＳ利得媒体、少なくとも１つの測定装置及びＴＵ、及びレーザーダイオードアセンブリがすべてＤＰＳＳＬデバイス内に配置されており、各ＬＤバーの少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄが利得媒体の吸収特性に対応している。
【０１８２】
ＴＵと作動的に関連付けられ、少なくとも１つの計測装置と作動的に関連付けられ、検出された更新温度関連パラメータ値と、少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄとに基づいて、ＴＵの動作を制御するための主制御装置であって、ＴＵの少なくとも１つの側面が、レーザーダイオードアセンブリの各ＬＤスタックの対応する側面と直接接触して、ＴＵと各レーザーダイオードスタックとの間が直接熱接触しており、ＴＵの大きさはレーザーダイオードアセンブリの大きさに対応し、少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を更新周囲温度Ｔａから所望の動作温度Ｔｄに調整する時間を短縮することで、温度制御速度を向上させ、ＳＳ利得媒体の少なくとも１つの吸収特性に対応する所望の動作温度Ｔｄに対応する、少なくとも１つのＬＤエミッタの発振ＷＬを達成する。
【０１８３】
実施例２７において、実施例２６の内容は、利得媒体が以下のうちの１つを含むことを含んでもよい：イットリウム・アルミニウム・ガーネット（ＹＡＧ）系材料、ネオジム（Ｎｄ）、イッテルビウム（Ｙｂ）、ツリウム（Ｔｍ）、ホルミウム（Ｈｏ）、エルビウム（Ｅｒ）のうちの１つでドープされたドープＹＡＧ材料。
【０１８４】
実施例２８は、温度制御のための方法であり、その方法は少なくとも以下を含む。
【０１８５】
少なくとも１つのレーザーダイオード（ＬＤ）バーを含む少なくとも１つのＬＤスタックを含むレーザーダイオードアセンブリを提供することであって、各ＬＤバーは少なくとも１つのＬＤエミッタを含み、各ＬＤエミッタは、対応する少なくとも１つの発光所望動作温度Ｔｄ下にあるときに、少なくとも１つの発振波長（ＷＬ）の光を発するように構成されている。
【０１８６】
少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を制御するように構成された熱ユニット（ＴＵ）を提供すること。
【０１８７】
少なくとも１つの測定装置を提供すること。
【０１８８】
少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの更新温度関連パラメータ値を検出することであって、更新温度関連パラメータ値は、少なくとも１つの測定装置を使用して、少なくとも１つのＬＤエミッタの領域における更新周囲温度Ｔａに関連付けられている。
【０１８９】
検出された更新温度関連パラメータ値と、少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄとに基づいて、ＴＵの動作を制御することであって、ＴＵの少なくとも１つの側面はレーザーダイオードアセンブリの各レーザーダイオードスタックの対応する側面と直接接触して、ＴＵと各ＬＤスタックとの間が直接熱接触しており、ＴＵ

の大きさはレーザーダイオードアセンブリの大きさに対応し、レーザーダイオードの質量を最小化し、少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を、更新周囲温度Ｔａから所望の動作温度Ｔｄに調整する時間を短縮することで温度制御速度を向上させ所望の動作温度Ｔｄに対応する、少なくとも１つのＬＤエミッタの発振ＷＬを達成する。

【０１９０】

実施例２９において、実施例２８の内容は、以下を含むことを含んでもよい。

【０１９１】

（ａ）少なくとも１つの測定装置から、更新温度データをリアルタイム又はほぼリアルタイムで受信することであって、更新温度データは、ダイオードアセンブリの更新周囲温度パラメータ値Ｔａを少なくとも示す。

【０１９２】

（ｂ）更新温度データの受信時間に関連して、リアルタイム又はほぼリアルタイムで、所望の動作温度値Ｔｄと更新周囲温度値Ｔａとの間の更新温度差ΔＴ、ΔＴ＝Ｔｄ－Ｔａ又はΔＴ＝Ｔａ－Ｔｄ、を決定すること。

【０１９３】

（ｃ）リアルタイム又はほぼリアルタイムで、対応する更新温度差ΔＴの決定の時間に関連して、ＴＵを制御するために必要な１つ以上の更新制御動作を決定し、所望の動作温度Ｔｄを最も早く達成する、又は所望の動作温度Ｔｄから外れた温度を、所定の温度偏差閾値ＴＤＴｈ未満となることを達成する。

【０１９４】

（ｄ）決定された１つ以上の制御動作に基づいて、対応する１つ以上の制御動作の決定時間に関連して、リアルタイム又はほぼリアルタイムでＴＵを制御すること。

【０１９５】

実施例３０において、実施例２８～２９のいずれか１つ以上の内容は、ステップ(ａ)から（ｄ）が主制御装置を使用して自動的に実行される場合を含んでもよい。

【０１９６】

実施例３１において、実施例２８～３０のいずれか１つ以上の内容は、ステップ（ａ）から（ｄ）がリアルタイム又はリアリアルタイムで実行可能であることを含んでもよい。

【０１９７】

実施例３２において、実施例２８～３１のいずれか１つ以上の内容は、ＴＵの全体的な大きさ、及び／又は寸法の比が、ダイオードアセンブリの全体的な大きさ、及び／又は寸法、又はダイオードアセンブリのフットプリントの全体的な大きさ、及び／又は寸法との間の比に対応することを含んでもよい。

【０１９８】

実施例３３において、実施例３２の内容は、ＴＵとダイオードアセンブリの少なくとも１つのダイオードスタックとの間の接触表面積Ｓ１と、ダイオードアセンブリの少なくとも１つのレーザーダイオードスタックと直接接触するＴＵの少なくとも１つの側面の全体的なＴＵ接触表面積Ｓ２との比Ｒが、１：４以上である、すなわちＳ１／Ｓ２＝Ｒ≧０.２５であることを含んでもよい。

【０１９９】

実施例３４において、実施例３３の内容は、接触表面積Ｓ１とＴＵの全体的な接触表面積Ｓ２との間の比Ｒが１：２以上である、すなわちＲ≧０.５であることを含んでもよい。

【０２００】

実施例３５において、実施例２８～３４のいずれか１つ以上の内容は、ＴＵと少なくとも１つのレーザーダイオードアセンブリとの直接接触が、半田付け材料を使用して、各レーザーダイオードスタックの一方の側をＴＵの一方の側に半田付けすることによって行われることを含んでもよい。

【０２０１】

実施例３６において、実施例３５の内容は、半田材料が、ダイオードアセンブリの少なくとも１つのダイオードスタックに接続するＴＵの少なくとも１つの側面と、及び／又は

ＴＵに接続する各レーザーダイオードスタックの少なくとも１つの側面と、同様又は同じ熱膨張係数（ＣＴＥ）を有していることを含んでもよい。

【０２０２】

実施例３７において、実施例２８～２６の１つ以上の内容は、ＴＵが各レーザーダイオードスタックに直接接触し、各ＬＤバーのＬＤエミッタのそれぞれから発せられた光が、少なくとも１つのＴＵ接続面で角度をなす方向に向けられ、各ＴＵ接続面の表面又は平面と各レーザーダイオードからの出射光の方向との間に非ゼロの角度を形成することを含んでもよい。

【０２０３】

実施例３８において、実施例３７の内容は、少なくとも１つのダイオードスタックに接続するＴＵの表面又は平面と、各レーザーダイオードから発せられる光の方向との間に形成される非ゼロの角度が３０～１５０度であることを含んでもよい。

【０２０４】

実施例３９において、実施例２８～３８のいずれか１つ以上の内容は、ＴＵが熱電冷却器（ＴＥＣ）で構成されることを含んでもよい。

【０２０５】

実施例４０において、実施例２８～３９のいずれか１つ以上の内容は、ＴＵがＴＥＣと、１つ以上の熱伝導素子を含むサーマルスプレッダーとを含む場合を含んでもよい。

【０２０６】

実施例４１において、実施例２８～４０のいずれか１つ以上の内容は、温度制御サブシステムの少なくとも１つの測定装置が、１つ以上の温度センサを含み、少なくとも１つの温度センサはレーザーダイオードアセンブリの近くに位置していることを含んでもよい。

【０２０７】

実施例４２において、実施例２８～４１のいずれか１つ以上の内容は、少なくとも１つの測定装置、ＴＵ、及びレーザーダイオードアセンブリがすべて、固体利得媒体も備えるダイオード励起固体レーザー（ＤＰＳＳＬ）システム内に配置され、各ＬＤＢの少なくとも１つのＬＤエミッタの少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄが、利得媒体の吸収特性に対応することを含んでもよい。

【０２０８】

実施例４３において、実施例２８～４２のいずれか１つ以上の内容は、各ＬＤバーの全てのＬＤエミッタは、少なくとも１つの所望の動作温度Ｔｄのそれぞれが同じである場合に、同じ波長又は波長帯域の光を発するように構成されていることを含んでもよい。

【０２０９】

実施例４４において、実施例２８～４３のいずれか１つ以上の内容は、少なくとも１つのＬＤエミッタの温度を、その更新周囲温度Ｔａから所望の動作温度Ｔｄに調整することによって、更新周囲温度Ｔａと少なくとも１つの所望動作温度Ｔｄ間の温度差ΔＴの絶対値が、最大調整時間２秒以内に７０℃よりも低くなるように温度制御を行うことを含んでもよい。

【０２１０】

上記の説明では、限られた数の例示的な実施形態が明らかにされているが、これらの実施形態は、発明の範囲にいかなる制限も適用するものではなく、むしろ、発明を実施できる方法の一部の例示とみなされるべきである。

【０２１１】

本明細書に記載された方法及び／又はプロセスは、任意の１つ以上のソフトウェア、及び／又はハードウェア、要素装置、デバイス、機構、電子及び／又はデジタルコンピュータ化システム、ユニット、処理モジュール、デバイス、機械、エンジンなどによって実施することができる。

【０２１２】

システム、モジュール、ユニット、デバイスなど、又はその一部は、本明細書で開示された１つ以上方法又はプロセスを実施する可能性があるプログラム可能なハードウェア及

び／又はソフトウェアベースの実行モジュールからのコンピュータで読取可能かつ実行可能な命令、規則、条件などに応じて、特定の機能を実行するようにプログラムすることができる。したがって、実質的に、開示された各方法／プロセスの実施形態に特有の「特殊目的コンピュータ」を開示していると見なすことができる。

【０２１３】

さらに又は代替として、本明細書で開示された方法及び／又はプロセスは、特別目的のコンピュータで読み取り可能な信号媒体によって有形又は無形で具体化されるコンピュータプログラムとして実行されてもよい。コンピュータで読み取り可能な信号媒体は、例えばベースバンド又は搬送波の一部として、そこに具体化されたコンピュータで読み取り可能なプログラムコードを有する伝播データ信号を含んでもよい。このような伝播信号は、電磁気、光学、又はそれらの適切な組み合わせを含むが、これらに限定されない、さまざまな形態をとることができる。コンピュータ可読信号媒体は、一時的でないコンピュータ又は機械可読記憶装置ではなく、本明細書で説明されている装置、システム、プラットフォーム、方法、操作及び／又はプロセスによって、又はそれらに関連して使用されループログラムを伝達、伝播、又は伝送できる任意のコンピュータ可読媒体とすることができる。

【０２１４】

「一時的でないコンピュータ読み取り可能記憶装置」及び「一時的でない機械読み取り可能記憶装置」という用語は、配布用メディア、中間記憶メディア、コンピュータの実行メモリ、及び本明細書で開示された方法の実施形態を実行するコンピュータプログラムによる後日の読み取り用に保存できるその他のメディア又は装置も含む場合がある。コンピュータプログラム製品は、１台のコンピュータ上、又は１つの場所にある複数のコンピュータ上で実行されるように展開されることもあれば、複数の場所に分散され、１つ以上の通信ネットワークによって相互接続されることもある。

【０２１５】

コンピュータで読み取り可能な実行可能な命令は、コンピュータ、他のプログラム可能なデータ処理装置、又は他の装置にロードされ、一連の操作ステップをコンピュータ、他のプログラム可能な装置、又は他の装置で実行させて、コンピュータで実行される命令がフローチャート及び／又はブロック図のブロック又はブロックで指定される機能／行為を実行するように、コンピュータで実行されるプロセスを生成させることもできる。

【０２１６】

モジュール、装置、機構、ユニット及び／又はサブシステムは、それぞれ実行可能な命令（例えばコマンド）を実行する機械又は機械群で構成されてもよい。モジュールは、本明細書に開示される方法、プロセス及び／又は操作をシステムに実行させるようにプログラムされた回路又はコントローラによって具現化されてもよい。例えば、モジュールは、例えばカスタムＶＬＳ１（超大規模集積回路）回路又はゲートアレイ、ＡＳ１Ｃ（特定用途向け集積回路）、ロジックチップ、トランジスタ、及び／又はその他のディスクリートコンポーネントなどの市販の半導体からなるハードウェア回路として実装することができる。モジュールは、フィールド・プログラマブル・ゲートアレイ、プログラマブル・アレイ・ロジック、プログラマブル・ロジック・デバイスなどのプログラマブルなハードウェアデバイスに実装することもできる。

【０２１７】

上記の開示において、特に断りのない限り、「実質的に」、「約」、「概ね」などの用語は、発明の実施形態の特徴又は特徴群を特徴付ける条件又は関係を特定するものであるが、その条件又は特徴は、意図された用途における実施形態の動作に許容される許容範囲内で定義されることを意味すると理解される。

【０２１８】

重要なのは、上記明細書で開示されている方法／プロセス及び／又はシステム／デバイス／サブシステム／装置などは、図面に記載されているフローチャート及び／又は図に厳密に限定されるものではないということである。例えば、図に記載されているものに比べ

て、方法には追加のプロセス又はステップが含まれていたり、少ないプロセス又はステップしか含まれていなかったりする場合がある。さらに、方法の実施形態は、本明細書で説明されているように、必ずしも時系列順に限定されるものではない。

【０２１９】

「処理」、「計算」、「算出」、「決定」、「確立」、「分析」、「確認」、「推定」、「導出」、「選択」、「推論」、「識別」、「検出」などの用語は、コンピュータ、コンピューティングプラットフォーム、コンピューティングシステム、又はその他の電子計算装置（複数可）の操作及び／又は変換を指し、コンピュータのレジスタ及び／又はメモリ内の物理量（例えば、電子信号又は光信号）として表されたデータを、同様に物理量として表された他のデータに変換する操作及び／又はプロセスを指す。

【０２２０】

単数形で使用される用語は、別途明示的に記載されている場合、又は文脈上別途要求される場合を除き、複数形も含むものとする。

【０２２１】

本願の説明及び請求の範囲において、動詞「備える」、「含む」、「有する」及びそれらの活用形は、動詞の目的語が、動詞の主語の構成要素、要素又は部分の完全なリストであるとは限らないことを示すために使用される。

【０２２２】

特に記載のない限り、「及び／又は」という表現が選択肢のリストの最後の２つの項目間に使用されている場合は、リストされた選択肢のうちの１つ以上を選択することが適切であり、選択可能であることを意味する。すなわち、指定された選択肢のうちの１つ以上のすべての可能な組み合わせが可能であることを意味する。さらに、「及び／又は」という表現は、「以下のうち少なくとも１つ」、「以下のうちいずれか１つ」、又は「以下のうち１つ以上」という表現と交換可能に使用され、それに続いてさまざまなオプションのリストが続く場合がある。

【０２２３】

明確にするために、個別の実施形態又は例の文脈で説明されている、本願発明の特定の特徴は、単一の実施形態で組み合わせて提供することもできる。逆に、簡潔にするために単一の実施形態、例及び／又はオプションの文脈で説明されている本願発明の様々な特徴は、別個に、又は本願発明の他の説明された実施形態、例又はオプションにおいて適切な任意のサブ組み合わせ又は適切な任意の組み合わせで提供される場合もある。様々な実施形態、実施例及び／又は任意の実施の文脈で説明されている特定の機能は、その要素がなければその実施形態、実施例及び／又は任意の実施が機能しない場合を除き、それらの実施形態の必須の機能とはみなされない。

【０２２４】

本明細書では、「いくつかの実施形態において」、「いくつかの実施形態による」、「本発明のいくつかの実施形態による」、「例えば」、及び「任意に」という用語が互換的に使用される場合があることに留意されたい。

【０２２５】

図に示される要素の数は、決して限定的に解釈されるべきではなく、例示目的のみである。

【０２２６】

「動作可能」という用語は、「改変された又は構成された」という用語の意味を包含し得ることに留意されたい。言い換えれば、ある実施形態では、タスクを実行する「動作可能」な機械は、その機能を実行する単なる能力（例えば、「改変された」）を包含し得、また別の実施形態では、実際にその機能を実行するように作られた（例えば、「構成された」）機械を包含し得る。

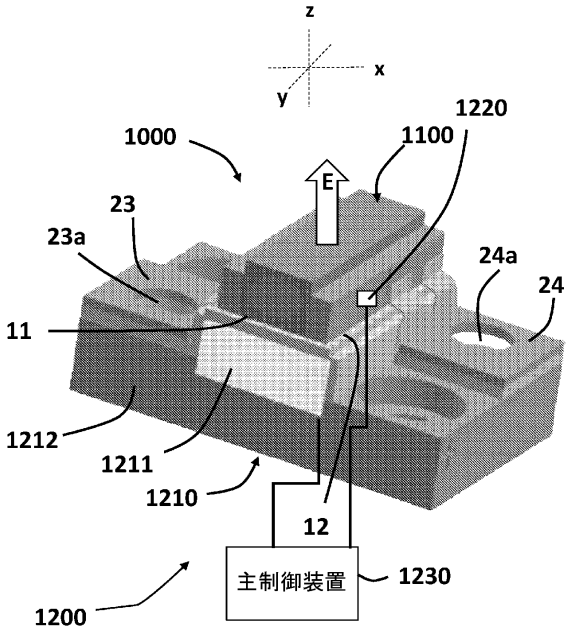
【０２２７】

本明細書では、「～の範囲内／～の範囲」という表現と、「～から～の範囲内／～から～の範囲」という表現が、第１の指示数字と第２の指示数字を意味するものとして互換的

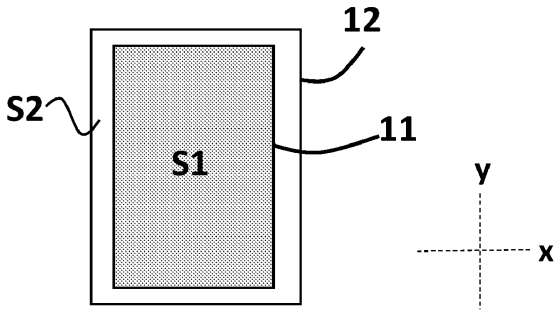
に使用され、第１の指示数字と第２の指示数字、及びその間のすべての分数及び整数数字を含むことを意味する。

【図面】

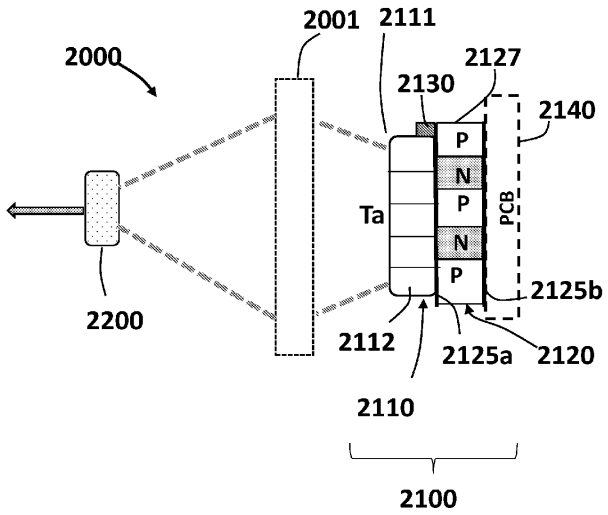
【図１Ａ】



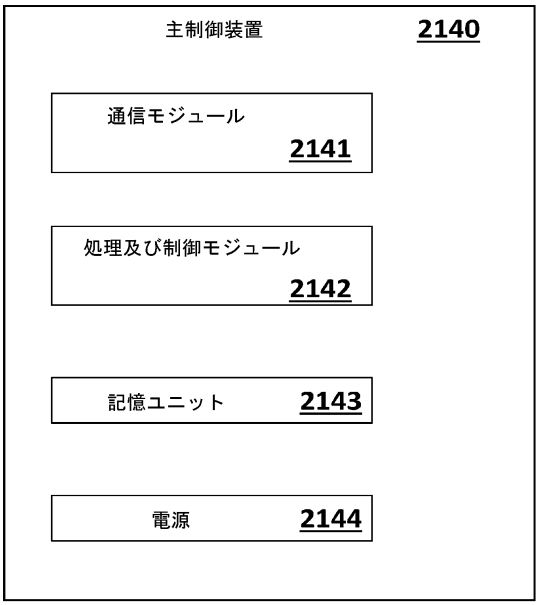
【図１Ｂ】



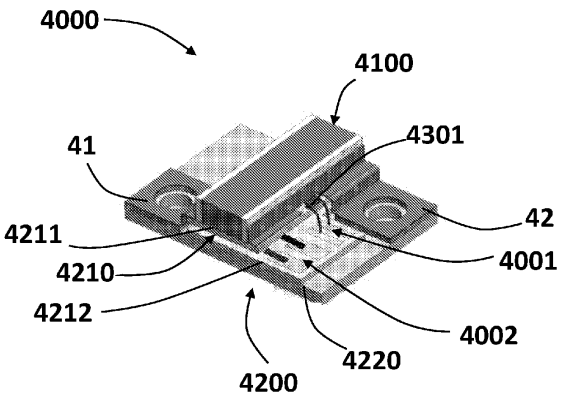
【図２】



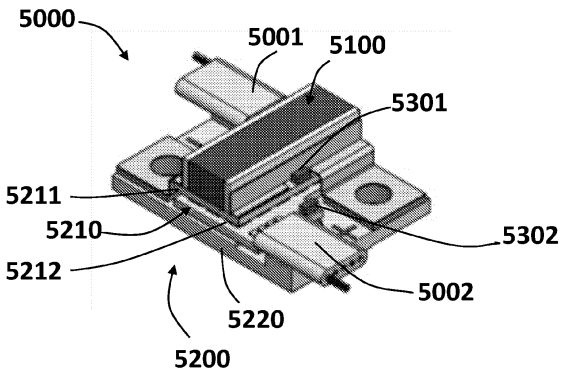
【図３】



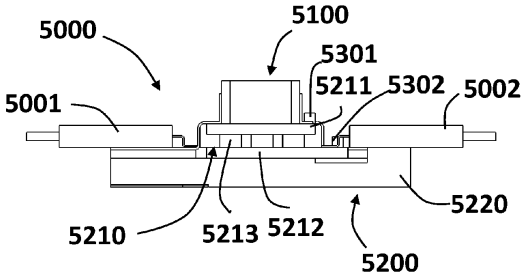
【図４】


4000
4100
41
4301
42
4211
4001
4210
4212
4002
4220
4200

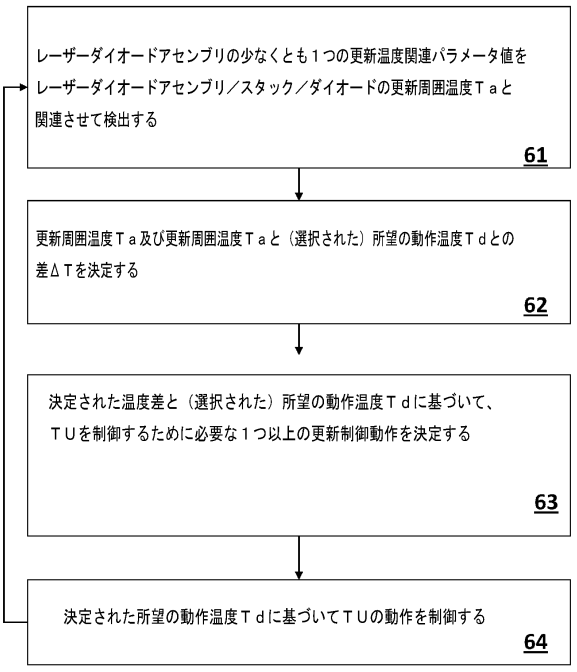
【図５Ａ】


5000
5001
5100
5301
5211
5210
5302
5212
5002
5220
5200

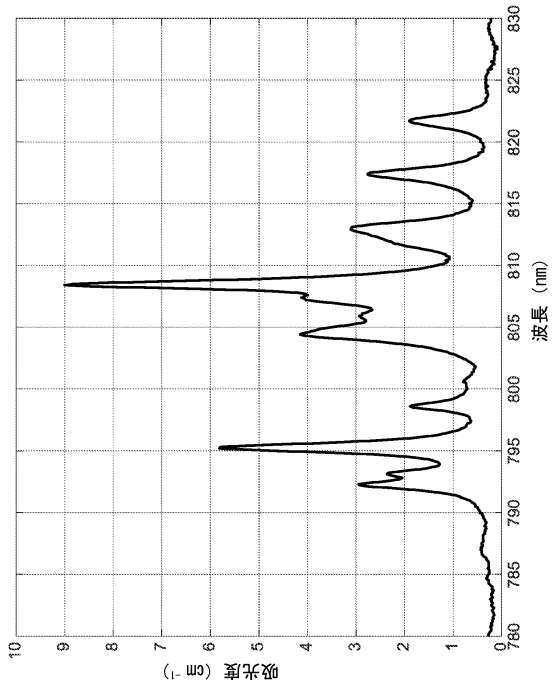
【図５Ｂ】


5000
5100
5301
5001
5211
5302
5002
5220
5210
5213
5212
5200

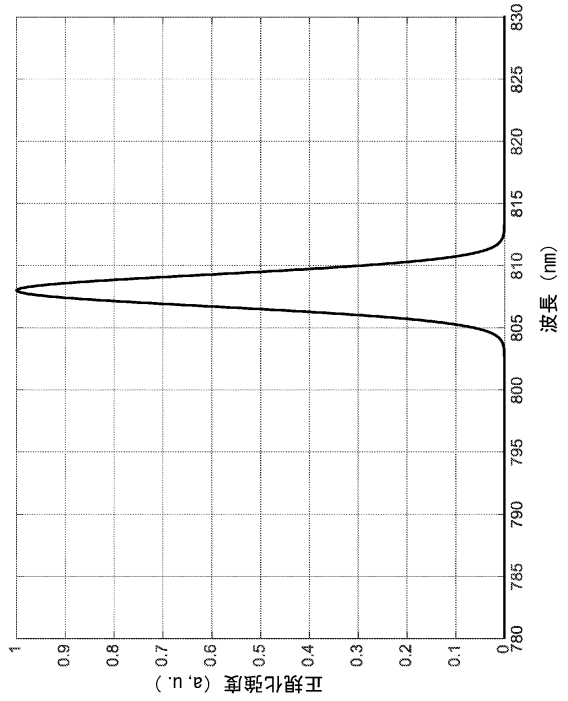
【図６】


レーザーダイオードアセンブリの少なくとも１つの更新温度関連パラメータ値を
レーザーダイオードアセンブリ／スタック／ダイオードの更新周囲温度Ｔａと
関連させて検出する
61
更新周囲温度Ｔａ及び更新周囲温度Ｔａと（選択された）所望の動作温度Ｔｄとの
差ΔＴを決定する
62
決定された温度差と（選択された）所望の動作温度Ｔｄに基づいて、
ＴＵを制御するために必要な１つ以上の更新制御動作を決定する
63
決定された所望の動作温度Ｔｄに基づいてＴＵの動作を制御する
64

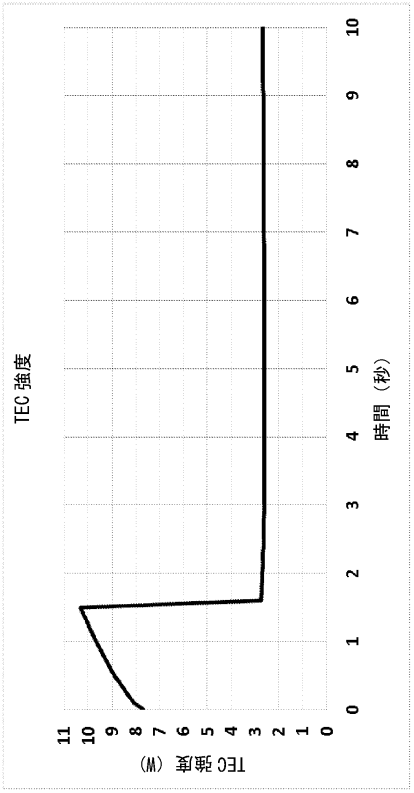
【図７Ａ】



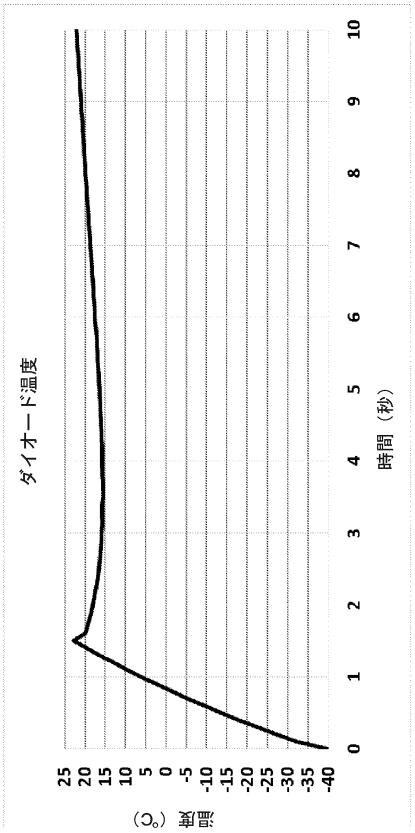
【図７Ｂ】



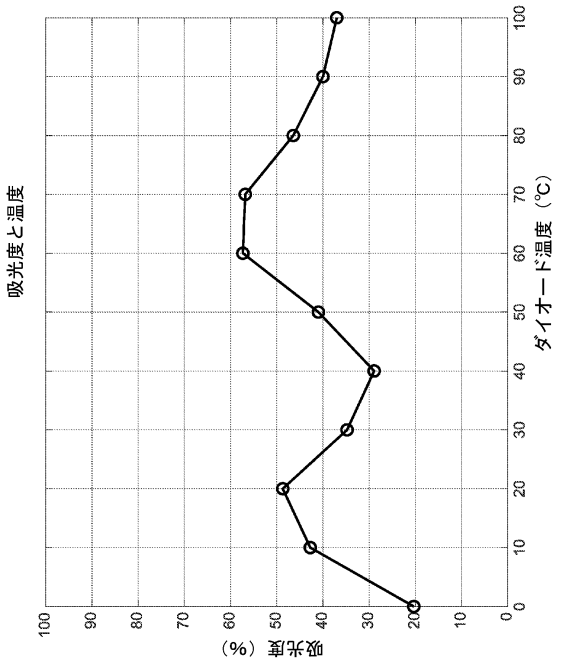
【図８Ａ】



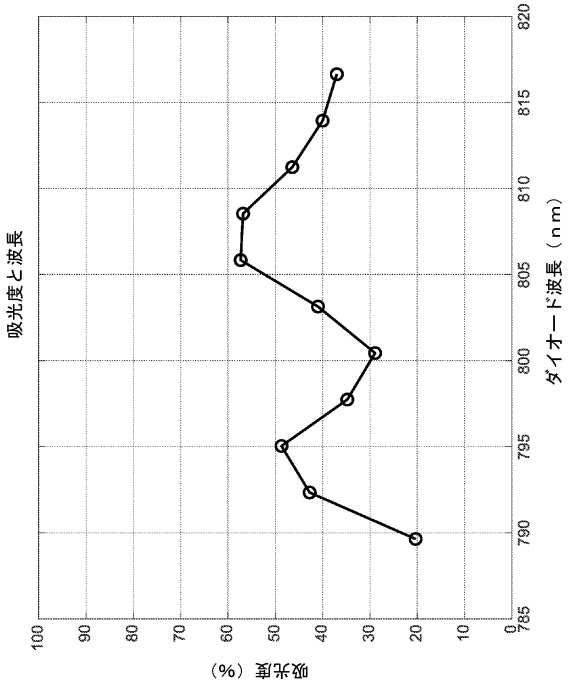
【図８Ｂ】



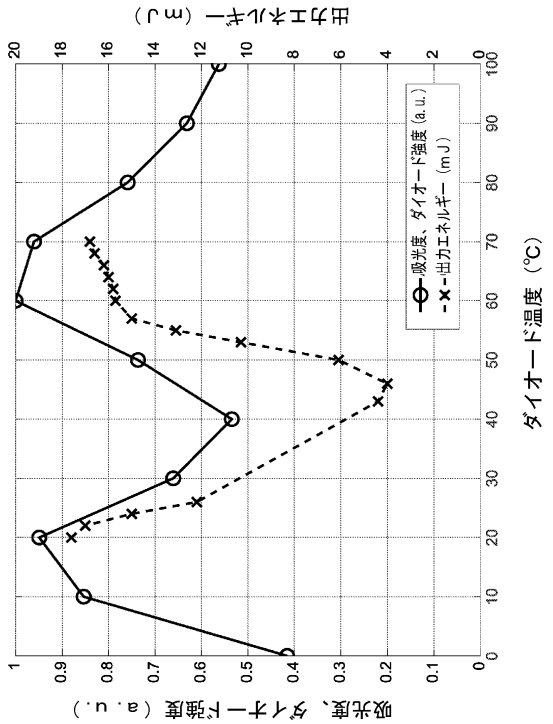
【図９Ａ】


吸光度と温度
吸光度（%）
ダイオード温度（℃）

【図９Ｂ】


吸光度と波長
吸光度（%）
ダイオード波長（ｎｍ）

【図９Ｃ】


吸光度、ダイオード強度（ａ．ｕ．）
出力エネルギー（ｍＪ）
ダイオード温度（℃）
吸光度、ダイオード強度(a.u.)
出力エネルギー（mJ）

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IL2023/050314

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S 5/024(2023.01)i; ***H01S 3/04***(2023.01)i
CPC:H01S 5/02415; H01S 3/0405

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)

H01S 5/024; H01S 3/04
CPC:H01S 5/02415; H01S 3/0405

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 practicable, search terms used)

Databases consulted: Esp@cenet, Orbit, Similari (AI-based) Search terms used: contact surface, dimensions, thermoelectric, temperature sensor, solid/diode laser, stack/bar/array, plates

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2020052461 A1 (BAE SYS. INF. & ELECT. SYS. INTEG. [US]) 13 February 2020 (2020-02-13) The whole document	1-39
A	US 6055815 A (LITTON SYSTEMS INC. [US]) 02 May 2000 (2000-05-02) The whole document	1-39
A	US 6292498 B1 (COHERENT INC. [US]) 18 September 2001 (2001-09-18) The whole document	1-39
A	US 5084886 A (LASER DIODE INC. [US]) 28 January 1992 (1992-01-28) The whole document	1-39

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent 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	Date of mailing of the international search report
11 June 2023	**11 June 2023**
Name and mailing address of the ISA/IL **Israel Patent Office** **Technology Park, Bldg.5, Malcha, Jerusalem, 9695101,** **Israel** **Israel** Telephone No. **972-73-3927235** Email: **petoffice@justice.gov.il**	Authorized officer **Kimchi Barry** Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/IL2023/050314

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2020052461	A1	13 February 2020	US	2020052461	A1	13 February 2020
				US	10720753	B2	21 July 2020
US	6055815	A	02 May 2000	US	6055815	A	02 May 2000
				AT	211314	T	15 January 2002
				AU	5714099	A	04 May 2000
				AU	758016	B2	13 March 2003
				CA	2287945	A1	30 April 2000
				DE	69900629	D1	31 January 2002
				DE	69900629	T2	13 June 2002
				EP	0997991	A2	03 May 2000
				EP	0997991	A3	22 November 2000
				EP	0997991	B1	19 December 2001
				IL	132626	A	10 November 2002
				JP	2000156538	A	06 June 2000
US	6292498	B1	18 September 2001	US	6292498	B1	18 September 2001
				WO	0072415	A1	30 November 2000
US	5084886	A	28 January 1992	US	5084886	A	28 January 1992

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2022)

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MU,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

エルビット システムズ エレクトロ－オプティクス エロップ リミテッド

(72)発明者 シチェランスキ，ナフタリ

イスラエル国 ７６７０３０５ レホヴォット，ハマダ ストリート ５ シーオー エルビット システムズ エレクトロ－オプティクス エロップ リミテッド

(72)発明者 バウム，オハッド

イスラエル国 ７６７０３０５ レホヴォット，ハマダ ストリート ５ シーオー エルビット システムズ エレクトロ－オプティクス エロップ リミテッド

(72)発明者 マスコウィッツ，モーシェ

イスラエル国 ７６７０３０５ レホヴォット，ハマダ ストリート ５ シーオー エルビット システムズ エレクトロ－オプティクス エロップ リミテッド

Ｆターム（参考） 5F173 AR71 MC13 MD02 MD09 MD64 ME53 ME55 ME63