

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-533719

(P2008-533719A)

(43) 公表日 平成20年8月21日(2008.8.21)

(51) Int.Cl.

H01S 5/024 (2006.01)

F I

H01S 5/024

テーマコード (参考)

5F173

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2008-500769 (P2008-500769)
 (86) (22) 出願日 平成18年3月1日 (2006.3.1)
 (85) 翻訳文提出日 平成19年11月1日 (2007.11.1)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2006/007567
 (87) 国際公開番号 W02006/098897
 (87) 国際公開日 平成18年9月21日 (2006.9.21)
 (31) 優先権主張番号 11/077, 466
 (32) 優先日 平成17年3月10日 (2005.3.10)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 591169755
 ノースロップ・グラマン・スペース・アンド・ミッション・システムズ・コーポレーション
 Northrop Grumman Space & Mission Systems Corp.
 アメリカ合衆国カリフォルニア州90067-2199, ロサンゼルス, センチュリー・パーク・イースト 1840
 1840 Century Park East, Los Angeles, California 90067-2199, United States of America

最終頁に続く

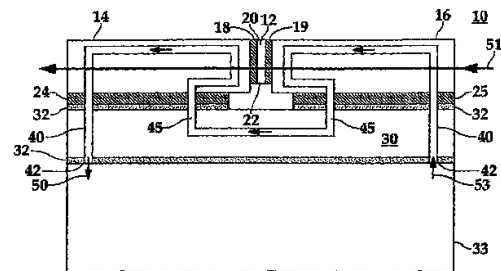
(54) 【発明の名称】 両側冷却型レーザーダイオード

(57) 【要約】

【課題】

【解決手段】 レーザーダイオード組立体は、放射面(20)と該放射面と対向する反射面(22)とを有するレーザーダイオード(12)を有する。第1の電気伝導性ヒートシンク(16)が第1の半田接合部(19)を介してレーザーダイオードの1つの面に取付けられ、該ヒートシンクは第1の冷却流路(40)を有する。第2の電気伝導性ヒートシンク(14)が第2の半田接合部(18)を介してレーザーダイオードの別の面に取付けられ、該ヒートシンクは第2の冷却流路を有する。基板(30)の頂部側は第1及び第2の電気伝導性ヒートシンクの底部側と連通する。基板(30)は電気絶縁性であり、かつ第1の冷却流路及び第2の冷却流路(40)に冷却剤(53)を送る流れ流路システム(45)を有する。冷却剤から分離された金属化層(32)が第1のヒートシンク(16)及び第2のヒートシンク(14)に取付けられ、かつレーザーダイオードに電氣的に連結されてレーザーダイオードに電流を伝導する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

レーザーダイオード組立体であって、

放射面及び該放射面と対向する反射面を有するレーザーダイオードにして、前記放射面及び反射面間に第 1 及び第 2 の側面を有する前記レーザーダイオードと、

前記レーザーダイオードの前記第 1 の側面に第 1 の半田接合部を介して取付けられた第 1 の電気絶縁性ヒートシンクにして、第 1 の冷却流路を有する前記第 1 の電気絶縁性ヒートシンクと、

前記レーザーダイオードの前記第 2 の側面に第 2 の半田接合部を介して取付けられた第 2 の電気絶縁性ヒートシンクにして、第 2 の冷却流路を有する前記第 2 の電気絶縁性ヒートシンクと、

10

頂部側及び底部側を有する基板にして、前記頂部側は前記第 1 の電気絶縁性ヒートシンクの第 1 の底部側及び前記第 2 の電気絶縁性ヒートシンクの第 2 の底部側と連通し、かつ前記第 1 の冷却流路及び前記第 2 の冷却流路に冷却剤 (coolant) を送る流れ流路システムを有する、前記基板と、

前記第 1 の電気絶縁性ヒートシンク及び前記第 2 の電気絶縁性ヒートシンクに取付けられた金属化層にして、前記レーザーダイオードに電氣的に連結されて該レーザーダイオードに電流を伝導し、かつ前記冷却剤から分離される前記金属化層とを備える、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 2】

20

請求項 1 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記基板と連通する流体マニホールドをさらに含み、該流体マニホールドは前記基板に前記冷却剤を分配する、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記第 1 の電気絶縁性ヒートシンク及び前記第 2 の電気絶縁性ヒートシンクは電気絶縁性シリコンブロックから形成される、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記電気絶縁性シリコンブロックは、接合されたシリコン層から形成される、前記レーザーダイオード組立体。

30

【請求項 5】

請求項 1 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記冷却剤は水である、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記流れ流路システムは、入口と、出口と、バイパス領域とを有し、前記入口は前記第 1 の電気絶縁性ヒートシンクに前記冷却剤を提供し、前記バイパス領域は前記第 1 の電気絶縁性ヒートシンクから前記第 2 の電気絶縁性ヒートシンクに前記冷却剤を送り、かつ前記出口は前記第 2 の電気絶縁性ヒートシンクから前記冷却剤を受取る、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 7】

40

請求項 6 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記基板は、共に溶着されて前記バイパス領域を作り出す複数の層から製作される、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 8】

請求項 1 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記第 1 及び第 2 の電気絶縁性ヒートシンクの少なくとも一方は、前記レーザーダイオードの前記 2 つの側面の一方の近くにある壁部に前記冷却剤を衝突させる衝突領域を含む、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記衝突領域は前記壁部に複数の冷却剤流を提供する衝突ノズルを含んでおり、前記第 1 及び第 2 の電気絶縁性ヒートシ

50

ンクの前記少なくとも一方は所定の材料から製作され、前記衝突ノズルは該所定の材料に包み込まれた金属から製作される、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記壁部は、前記所定の材料に少なくとも部分的に包み込まれた熱伝導性構造体の側面であり、前記所定の材料は高分子 (polymeric) である、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 11】

請求項 1 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記金属化層は前記第 1 及び第 2 の電気絶縁性ヒートシンクの外面に位置する、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 12】

レーザーダイオード組立体であって、
放射面及び該放射面と対向する反射面を有するレーザーダイオードにして、前記放射面及び反射面間に第 1 及び第 2 の側面を有する前記レーザーダイオードと、

前記レーザーダイオードの前記第 1 の側面に取付けられた第 1 のヒートシンクにして、第 1 の冷却流路を作り出す第 1 の組の多数の構成部品を有する前記第 1 のヒートシンクと、

前記レーザーダイオードの前記第 2 の側面に取付けられた第 2 のヒートシンクにして、第 2 の冷却流路を作り出す第 2 の組の多数の構成部品を有する前記第 2 のヒートシンクと、

前記第 1 のヒートシンク及び前記第 2 のヒートシンクと連通する少なくとも 1 つの基板にして、前記第 1 の冷却流路及び前記第 2 の冷却流路に冷却剤を送る流れ流路システムを有する前記少なくとも 1 つの基板と、

前記レーザーダイオードに電氣的に連結されて該レーザーダイオードに電流を伝導する金属通路とを備える、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 13】

請求項 12 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記少なくとも 1 つの基板は 1 つの基板を含み、かつ前記流れ流路システムは、バイパス領域と、入口と、出口とを含み、前記入口は前記第 1 のヒートシンクに前記冷却剤を提供し、前記バイパス領域は前記第 1 のヒートシンクから前記第 2 のヒートシンクに前記冷却剤を送り、前記出口は前記第 2 のヒートシンクから前記冷却剤を受取る、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 14】

請求項 12 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記第 1 のヒートシンクは第 1 の複数の材料層を接合することにより作り出され、該第 1 の複数の層は前記第 1 の組の多数の構成部品であり、かつ前記第 2 のヒートシンクは第 2 の複数の材料層を接合することにより作り出され、該第 2 の複数の層は前記第 2 の組の多数の構成部品である、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 15】

請求項 14 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記第 1 及び前記第 2 の複数の層は銅板であり、かつ前記金属通路は該銅板により提供される、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 16】

請求項 15 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記冷却剤は脱イオン水である、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 17】

請求項 14 に記載のレーザーダイオード組立体において、前記複数の層はシリコン層であり、前記金属通路は前記第 1 及び第 2 のヒートシンク上の金属化層により提供される、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 18】

請求項 12 に記載のレーザーダイオード組立体において、少なくとも前記第 1 のヒートシンクは、前記レーザーダイオードの前記第 1 の側面の近くにある壁部に前記冷却剤を衝

10

20

30

40

50

突させる衝突領域を含み、前記第 1 の組の多数の構成部品は、基礎構造体と、該基礎構造体内に包み込まれた衝突ノズルとを含む、前記レーザーダイオード組立体。

【請求項 19】

放射面及び該放射面と対向する反射面を備えるレーザーダイオードにして前記放射面及び反射面間に第 1 及び第 2 の側面を有する前記レーザーダイオード、を有するレーザーダイオード組立体の製造方法であって、

第 1 の電気絶縁性ヒートシンクにして第 1 の冷却流路を有する前記第 1 の電気絶縁性ヒートシンクを、前記レーザーダイオードの前記第 1 の側面に第 1 の半田層を介して連結する工程と、

第 2 の電気絶縁性ヒートシンクにして第 2 の冷却流路を有する前記第 2 の電気絶縁性ヒートシンクを、前記レーザーダイオードの前記第 2 の側面に第 2 の半田層を介して連結する工程と、

少なくとも 1 つの基板にして前記第 1 の冷却流路及び前記第 2 の冷却流路に冷却剤を送る流れ流路システムを有する前記少なくとも 1 つの基板を、前記第 1 の電気絶縁性ヒートシンク及び前記第 2 の電気絶縁性ヒートシンクに連結する工程と、

前記第 1 の電気絶縁性ヒートシンク及び前記第 2 の電気絶縁性ヒートシンクに取付けられる電流通路にして、前記冷却剤から電氣的に分離されかつ前記レーザーダイオードに電流を提供する前記電流通路を作り出す工程とを備える、前記方法。

【請求項 20】

請求項 19 に記載の方法において、前記作り出す工程は、前記第 1 の電気絶縁性ヒートシンク及び前記第 2 の電気絶縁性ヒートシンクに金属化層を適用する工程を含む、前記方法。

【請求項 21】

請求項 19 に記載の方法において、複数の接合層から前記第 1 の電気絶縁性ヒートシンク及び前記第 2 の電気絶縁性ヒートシンクを形成する工程をさらに含む、前記方法。

【請求項 22】

請求項 19 に記載の方法において、前記第 1 及び第 2 の電気絶縁性ヒートシンクの少なくとも一方は、前記レーザーダイオードの前記 2 つの側面の一方の近くにある壁部に前記冷却剤を衝突させる衝突領域を含む、前記方法。

【請求項 23】

請求項 22 に記載の方法において、前記衝突領域は前記壁部に複数の冷却剤流を提供する衝突ノズルを含んでおり、前記第 1 及び第 2 の電気絶縁性ヒートシンクの前記少なくとも一方は高分子材料から製作され、前記衝突ノズルは該高分子材料に包み込まれた金属から製作される、前記方法。

【請求項 24】

請求項 19 に記載の方法において、前記第 1 及び第 2 の半田層は同じ材料である、前記方法。

【請求項 25】

請求項 19 に記載の方法において、前記第 1 及び前記第 2 の電気絶縁性ヒートシンクに前記少なくとも 1 つの基板を連結する工程は、第 3 の半田層を伴う半田付け工程を含み、該第 3 の半田層は前記第 1 及び第 2 の半田層とは異なった材料である、前記方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の分野】

【0001】

本発明は一般にレーザーダイオードに関し、特に、レーザーダイオードパッケージの端部ブロック内に収容されたマクロチャネル冷却流路の使用を通じて改良された熱放散を提供するレーザーダイオードパッケージ用の冷却機構に関する。

【発明の背景】

【0002】

半導体レーザーダイオードは数多くの利点を有する。半導体レーザーダイオードは小型

10

20

30

40

50

であり、それらの活性領域の幅は概して1ミクロン未満から数ミクロンであり、それらの高さは通常1ミリメートルの数分の1以下である。それらの活性領域の長さは概して約1ミリメートル未満である。1つの方向に放射を生じさせる内部反射面は、レーザーダイオードが生産される基板を劈開することにより形成され、従って高い機械的安定性を有する。

【0003】

高い効率は半導体レーザーダイオードを用いて可能であり、いくつかのパルス接合型のレーザーダイオードは50%近い外部量子効率を有する。半導体レーザーダイオードは、使用される半導体合金により約20から約0.7ミクロンの波長で放射を生じさせる。例えば、アルミニウムをドーブしたガリウム砒素 (AlGaAs) で製作されたレーザーダイオードは、おおよそ0.8ミクロン ($\sim 800\text{nm}$) で放射を発するが、これはネオジムドーブのイットリウム-アルミニウムガーネット (Nd;YAG)、並びに他の結晶及びガラスから製作された普通の固体レーザーロッド及びスラブの吸収スペクトルに近い。従って、半導体レーザーダイオードは、より大きな固体レーザーシステムの光学励起源として使用することができる。

10

【0004】

半導体レーザーダイオードの一般的な利用は、熱に関連する問題により制限されている。これらの問題は、レーザーダイオードの単位面積当りの熱放散が大きく、結果として、熱サイクルにより誘発されて接合部の温度と応力が高められることに関連づけられる。レーザーダイオードの効率とレーザーダイオードの実用寿命は、接合部における動作温度が増加するにつれて減少する。

20

【0005】

さらに、レーザーダイオードの発出波長はその接合部温度の関数である。従って、特定の出力波長が求められるときには、一定の接合部温度を維持することは必須である。例えば、 Nd;YAG ロッド又はスラブを励起するのに使用される AlGaAs レーザーダイオードは、約808nmで放射を発するべきであり、それはこれが Nd;YAG に最適のエネルギー吸収が存在する波長だからである。しかしながら、 AlGaAs レーザーダイオードの接合部温度が3.5 から4.0 ずれるたびに、波長は1nmシフトする。よって、接合部温度を制御すること、従って適切に熱を放散することは極めて重要である。

【0006】

固体レーザーロッド又はスラブをレーザーダイオードにより励起する時には、熱の放散はより問題となる。それは、より大型の固体レーザーロッド又はスラブが要求する量の入力パワーを生成するアレイ中に複数の個々のダイオードを高密度に詰込むことが必要となるからである。しかしながら、個々のレーザーダイオードの詰込み密度が増加する時には、個々のレーザーダイオードから熱を抜取るのに利用できる空間は減少する。これは、個々のダイオードのアレイからの熱抜取りの問題をさらに悪化させる。

30

【0007】

レーザーダイオードシステムは、それ故、できるだけ効率的に動作するために効果的な熱伝達機構を利用しなければならない。1つの現在のレーザーダイオードシステムは、その中を冷却水が流れて熱を吸収するピンフィン型熱交換器を利用する。具体的に言うと、レーザーダイオードシステムは、2つの金属端部ブロック間に半田付けされたレーザーダイオードバーを有する。端部ブロックはそれら自体が部分的に金属化された基板に半田付けされる。このパッケージはアレイサブモジュールとして知られている。このパッケージの機能は、レーザーダイオードバーから熱を抜取り、電気フックアップの接続を許容することである。使用前に、パッケージは水冷式の熱交換器に半田付けされる。パッケージは一般にレーザーダイオードバーの両側から端部ブロックを介して熱を引離し、そして熱は熱が冷却水により運び去られるピンフィン型熱交換器へと下って行く。

40

【0008】

しかしながら、この配列の不利点は、レーザーの熱源と冷却水との間の距離である。この距離は、例えばレーザーダイオードバーが20を上回るワットで動作される時に、パッ

50

ケージを高温で作動させる原因となりうる。この距離はまた、オン/オフサイクルモードで動作される時に貧弱な性能の一因となる。

【 0 0 0 9 】

レーザーダイオードパッケージ用の別の型式の冷却システムは、マクロチャネル冷却器を利用する。これらのレーザーダイオードパッケージは小型であり、例えば 1 mm の厚さであり、それらの中に延びる小型の水流路を有する。水流路は熱源（すなわち、レーザーダイオードバー）の底部側の近くを通過し、効率的な熱伝達を可能にする。しかしながら、マクロチャネル冷却器は概してレーザーダイオードバーの一方の側のみから熱を除去する。

【 0 0 1 0 】

マクロチャネル冷却器が使用される時は、電流と冷却水とは同じ物理的空間に存在する。その結果、冷却水は脱イオン化されなければならない。しかしながら、脱イオン水の使用は、給水に曝されるすべての部分がガラス、プラスチック、ステンレス鋼又は金めっきされるかのいずれかであることを要求する。これらの材料で製作されていない部分は通常急速に劣化し、深刻な腐蝕問題の原因となりうる。

【 0 0 1 1 】

マクロチャネル冷却器は、共に多層に拡散接合された薄い銅板のスタックから製作される。各々の層は、他の層と拡散接合された後に、レーザーダイオードの下の領域を冷却剤が通過するのを許容する小型の流路が形成されるようにフォトリソグラフィされる。しかしながら、マクロチャネル冷却器は比較的大型であり、またそれらが形成される材料の制限のため製作費用が高い。本発明は、この、及び他の必要性を満たすことを対象とする。

【 発明の概要 】

【 0 0 1 2 】

本発明は、レーザーダイオードを有するレーザーダイオード組立体を対象とする。レーザーダイオードは、放射面及び該放射面と対向する反射面を有する。レーザーダイオードは、放射及び反射面間に第 1 及び第 2 の側面を有する。レーザーダイオードの第 1 の側面に第 1 の半田接合部を介して第 1 の電気絶縁性ヒートシンクが取付けられ、該第 1 のヒートシンクは第 1 の冷却流路を有する。レーザーダイオードの第 2 の側面に第 2 の半田接合部を介して第 2 の電気絶縁性ヒートシンクが取付けられ、該第 2 の電気絶縁性ヒートシンクは第 2 の冷却流路を有する。基板は頂部側及び底部側を有し、頂部側は第 1 の電気絶縁性ヒートシンクの第 1 の底部側及び第 2 の電気絶縁性ヒートシンクの第 2 の底部側と連通する。基板は第 1 の冷却流路及び第 2 の冷却流路に冷却剤を送る流れ流路システムを有する。金属化層が第 1 の電気絶縁性ヒートシンク及び第 2 の電気絶縁性ヒートシンクに取付けられる。金属化層は、レーザーダイオードに電氣的に連結されてレーザーダイオードに電流を伝導する。金属化層は冷却剤から分離される。

【 0 0 1 3 】

本発明の別の態様は、放射面及び該放射面と対向する反射面を備えたレーザーダイオードを有するレーザーダイオード組立体を対象とする。レーザーダイオードは、放射及び反射面間に第 1 及び第 2 の側面を有する。レーザーダイオードの第 1 の側面に第 1 のヒートシンクが取付けられ、該第 1 のヒートシンクは第 1 の冷却流路を作り出す第 1 の多数の構成部品を有する。レーザーダイオードの第 2 の側面に第 2 のヒートシンク取付けられ、該第 2 のヒートシンクは第 2 の冷却流路を作り出す第 2 の多数の構成部品を有する。少なくとも 1 つの基板が第 1 のヒートシンク及び第 2 のヒートシンクと連通する。前記少なくとも 1 つの基板は、第 1 の冷却流路及び第 2 の冷却流路に冷却剤を送る流れ流路システムを有する。金属通路がレーザーダイオードに電氣的に連結されてレーザーダイオードに電流を伝導する。

【 0 0 1 4 】

本発明の追加の態様は、放射面及び該放射面と対向する反射面を備えたレーザーダイオードを有するレーザーダイオード組立体の製造方法を対象とする。レーザーダイオードは、放射及び反射面間に第 1 及び第 2 の側面を有する。第 1 の電気絶縁性ヒートシンクがレ

10

20

30

40

50

ーザーダイオードの第 1 の側面に第 1 の半田層を介して連結される。第 1 のヒートシンクは第 1 の冷却流路を有する。第 2 の電気絶縁性ヒートシンクがレーザーダイオードの第 2 の側面に第 2 の半田層を介して連結される。第 2 のヒートシンクは第 2 の冷却流路を有する。少なくとも 1 つの基板が第 1 の電気絶縁性ヒートシンク及び第 2 の電気絶縁性ヒートシンクに連結される。前記基板は、第 1 の冷却流路及び第 2 の冷却流路に冷却剤を送る流れ流路システムを有する。第 1 の電気絶縁性ヒートシンク及び第 2 の電気絶縁性ヒートシンクに取付けられる電流通路が作り出され、該電流通路は冷却剤から電氣的に分離される。

【 0 0 1 5 】

上述の本発明の概要は、本発明の各々の実施の形態又はすべての態様を表すことを意図しない。詳細な説明及び図面は本発明の実施の形態及び態様の多くを説明するであろう。

【 発明の実施の形態 】

【 0 0 1 6 】

本発明の先の及び他の利点は以下の詳細な説明を読み、図面を参照することによって明らかとなる。

本発明は様々な改変や代替的な形態を受けやすいが、具体的な実施の形態を例として図面に示し、また本書にて詳細に説明する。しかしながら、本発明を開示された特定の形態に制限する意図のないことは理解されるべきである。むしろ、本発明は、添付の特許請求の範囲により規定される本発明の精神及び範囲内に入るすべての改変例、均等例及び代替例を含むべきものである。

【 0 0 1 7 】

図 1 は、本発明の実施の形態によるレーザーダイオード組立体 10 を端面図で示す。レーザーダイオード組立体 10 は、左側のヒートシンク 14 と右側のヒートシンク 16 との間に挟まれたレーザーダイオード 12 (時には“レーザーダイオードバー”と呼ぶ)を含む。ヒートシンク 14 及び 16 は銅等の電気的かつ熱的に伝導性の材料から製作される。電気伝導性はレーザーダイオード 12 を通じて電流を伝導するのに必要とされる。熱伝導性はレーザーダイオード 12 から高熱を奪い去り、レーザーダイオード 12 を合理的な温度に維持するのに必要とされる。左側のヒートシンク 14 は半田層 18 によりレーザーダイオード 12 に連結される。右側のヒートシンク 16 は別の半田層 19 によりレーザーダイオード 12 に連結される。半田層 18 及び 19 はインジウムを基材とする半田から形成できる。

【 0 0 1 8 】

レーザーダイオード 12 は一端に放射面 20 を、及び放射面 20 と対向する反射面 22 を有する。レーザーダイオード 12 の高さは、放射面 20 と反射面 22 との間の距離として規定される。光子が生じるレーザーダイオード 12 の接合部は、レーザーダイオード組立体 10 の右側のヒートシンク 16 に最も近いところにある。電力は接合部の画定された領域に、レーザーダイオード 12 のこれらの領域に隣接して電気伝導性材料を、かつこれらの領域の外側に電気伝導性のより少ない材料を提供することにより、案内される。その結果、レーザーダイオード 12 は、電気エネルギーが光エネルギーに変換されるこれらの領域に対応して放射面 20 上に複数の放射点を有する。電力が印加された時に、光子は接合部中を伝播し、そして放射が放射面 20 でのみ発生するように反射面 22 で反射される。

【 0 0 1 9 】

基板 30 は左側及び右側のヒートシンク 14 及び 16 の下方に位置決めされ、それぞれ半田層 24 及び 25 により左側及び右側のヒートシンク 14 及び 16 に保持される。半田層 18 及び 19 と同様に、半田層 24 及び 25 はインジウムを基材とする半田から形成できる。

【 0 0 2 0 】

基板 30 は概して、高い熱伝導率を有するが低い電気伝導率を有する、酸化ベリリウム (BeO) 等の材料から製作される。基板 30 は、その頂部及び底部面の両方に金属化層 32 を含む。基板 30 の下面の金属化層 32 は、流体マニホールド 33 (図 5 参照)又は

10

20

30

40

50

熱交換器等の熱溜めにレーザーダイオード組立体 10 の全体が半田付けされるのを許容するため存在する。基板 30 の上面の金属化層 32 は、左側及び右側のヒートシンク 14 及び 16 の半田層 24 及び 25 がそれぞれ基板 30 に取付けられるのを許容する。基板 30 の上面に沿った金属化層 32 はレーザーダイオード 12 の直下の領域には存在せず、ヒートシンク 14 と 16 とを互いに電氣的に分離して電流がレーザーダイオード 12 を通じてのみ伝導されるようにする。基板 30 の金属化層 32 はチタン (Ti)、白金 (Pt) 又は金 (Au) 等の材料から形成できる。底部金属化層 32 は流体マニホールド 33 に装着される。

【0021】

光学エネルギーを作り出すために、電流はレーザーダイオード 12 中を伝導されなければならない。レーザーダイオード組立体 10 を右側から左側に見る時に、図 1 にて参照番号 51 を備えた矢印により図示されるように、電流は右側のヒートシンク 16 からレーザーダイオード 12 に、そして左側のヒートシンク 14 に流れ込む。レーザーダイオード 12 の下方には、上述のように、レーザーダイオード 12 の直下の金属化層 32 の破断のため、電気通路がない。レーザーダイオード 12 中を通過する電流は、レーザーダイオード組立体 10 のための光学エネルギーを生じさせる。

10

【0022】

レーザーダイオード組立体 10 ができるだけ効率的に動作するのを確実にするため、効果的な熱伝達機構が用いられる。レーザーダイオード組立体 10 はその中に配置された、レーザーダイオード 12 の両側に冷却を提供する冷却剤流路 40 を含む。より具体的には、レーザーダイオード組立体 10 は、基板 30 の両側の一方の底部に入口 42、及び基板 30 中にかつ左側及び右側のヒートシンク 14 及び 16 間に延在するバイパス領域 45 を有する冷却剤流路 40 を含む。

20

【0023】

冷却剤流路 40 はまた基板 30 の底部の反対側に出口 50 を有する。冷却剤流路 40 は、参照番号 53 を備えた矢印により示す方向に冷却剤が流れるのを許容するのに役立つ。冷却剤は、流体マニホールド 33 から入口 42 に上って入り、基板 30 を通って右側のヒートシンク 16 に入り、レーザーダイオード 12 の右側の近くの右側のヒートシンク 16 の領域を通り、バイパス領域 45 を介して基板 30 に下って戻り、レーザーダイオード 12 の左側の近くの領域を通して左側のヒートシンク 14 に上って入り、それから基板 30 の左側を通して下って戻り、出口 50 を出て、流体マニホールド 33 に戻るように流れる。冷却剤流路 40 内の冷却剤はレーザーダイオード 12 から熱を吸収し、同時にレーザーダイオード組立体 10 がコンパクトな設計を保つのを許容する。単一の冷却剤流路 40 のみを図示するが、レーザーダイオード組立体 10 は複数の異なった冷却剤流路 40 を含むことができる。冷却剤の流れの方向はまた、反対方向 (すなわち、基板 30 の左側から入り、右側から出る) に発生することもできる。冷却剤流路 40 中を流れる冷却剤は脱イオン水又はフルロイナート (fluoriner) 等の別の非電気伝導性冷却剤であることができる。

30

【0024】

レーザーダイオード組立体 10 から、冷却剤流路 40 中を移動する冷却剤へのこの熱の伝達は、過熱による破損なしにレーザーダイオード 12 が効率的に動作するのを許容する。右側及び左側の流路付きヒートシンク 16 及び 14 を利用することにより、冷却剤は標準的なマクロチャネル冷却器におけると同じ程度に熱源 (すなわち、レーザーダイオード 12) に近づくことができる。しかしながら、標準的なマクロチャネル冷却器と違って、本発明のレーザーダイオード 12 の両側が冷却される。この両側冷却により、レーザーダイオード 12 の熱的性能は標準的なマクロチャネル冷却器の熱的性能より優れ、同時にコンパクト性を保つ。

40

【0025】

図 2 は、本発明の実施の形態による拡散接合された銅板を使用して製作された右側の流路付きヒートシンク 16 の分解図を示す。図示のように、右側のヒートシンク 16 は、共

50

に多層に拡散接合された薄い銅板 202、205、210、215、220、225 及び 230 のスタックから形成される。左側のヒートシンク 14 も同様の仕方で形成できる。各々の層は、他の層との拡散接合後に、レーザーダイオード組立体 10 中を冷却剤が通過するのを許容する冷却剤流路 40 が形成されるようにフォトリソグラフィされる。よって、冷却剤流路 40 を利用することにより、冷却剤はレーザーダイオード 12 (すなわち、熱源) と近接近し、より効果的な熱伝達を可能にする。図 2 の矢印で示すように、冷却剤は、冷却剤流路 40 を形成する銅板の開口部を通じて右側のヒートシンク 16 中を上って通り、それからより効率的な熱伝達のためにフィン状の構造体を含む対向開口部を下って戻るように移動する。

【0026】

10

図 3 は本発明の実施の形態による基板 30 の層の分解図を示す。図示のように、2 つの銅板 315 及び 320 がセラミック層 310 の下に置かれ、該セラミック層は頂部の銅層 305 の下に置かれる。これらの銅層は互いに拡散接合され、所定の場所にある時に冷却剤流路 40 が形成される。より具体的には、所定の場所にある時に、冷却剤は基板 30 の流路 40 中を上り、それから直上に位置する右側のヒートシンク 16 に上って入るように流れることができる。4 つの層のみが示されているが、他の実施の形態では 4 つより多くの又は少ない材料層を利用することができる。入口 42 と出口 50 とは底部の銅層 320 の両側に配置されている。基板 30 中の冷却剤の流れは図 3 に示す矢印を介して図示されている。冷却剤は、層 315、310 及び 305 中を上り、そして図 2 に関して上述したように右側のヒートシンク 16 に入るように流れる。冷却剤はそれからバイパス領域 45

20

【0027】

図 4 は、組立てられたレーザーダイオード組立体 10 の分解斜視図を示す。図示のように、基板 30 は流れ流路システム 400 を有する。流れ流路システム 400 はその中に配置された冷却流路 40 の部分を含む。より具体的には、流れ流路システム 400 は、入口 42 と、バイパス領域 45 と、出口 50 とを含み、対向する左側 14 及び右側 16 のヒートシンクの直下に位置する。

30

【0028】

図 5 は、この実施の形態において、一組の 3 つのレーザーダイオード組立体 10a、10b 及び 10c に冷却剤を分配する流体マニホールド 33 を示す。図示のように、流体マニホールド 33 は、ダイオード組立体 10a、10b 及び 10c の下に位置するいくつかの出口開口部 500a、500b 及び 500c を含む。これらの出口開口部 500a、500b 及び 500c はそれぞれのレーザーダイオード組立体 10a、10b 及び 10c の冷却剤流路 40 の入口 42 と整列して、冷却剤が流体マニホールド 33 から上って直接ダイオード組立体 10a、10b 及び 10c に入るように流れる通路を有するようにする。冷却剤がそれぞれのレーザーダイオード組立体 10a、10b 及び 10c 中を流れた後、冷却剤はそれぞれの冷却剤流路 40 の出口 50 から出、入口開口部 502a、502b 及び 502c を介して流体マニホールド 33 に戻るように流れる。

40

【0029】

ダイオード組立体 10a、10b 及び 10c の各々の基板 30 は、流体マニホールド 33 の頂部に半田付けされることができる。各々の基板 30 の底部に位置する金属化層 32 (図 1 参照) は半田付けに適した表面を提供する。なお、流体マニホールド 33 の頂部は非伝導性基板 30 のように構成して、左側及び右側のヒートシンク 14 及び 16 をそれぞれ前記頂部に取付け、基板 30 の必要性をなくすことができることに注意するべきである。

【0030】

図 1 ~ 5 の実施の形態において、左側及び右側のヒートシンク 14 及び 16 の冷却剤流

50

路 40 は、冷却剤がレーザーダイオード 12 の両側に非常に近づくのを許容し、これによって効率的な熱伝達を提供する。この両側冷却により、このレーザーダイオード組立体 10 の熱的性能は標準的なマクロチャネル冷却器の熱的性能より優れ、同時にコンパクト性を保つ。しかしながら、冷却剤流れ通路 53 と電流の流れ通路 51 とが重なるので、冷却剤は非電気伝導性でなければならない（例えば、脱イオン水又はフルオイナートが利用できる）。

【0031】

図 6 は、レーザーダイオード組立体 610 の電流通路 651 と冷却剤流れ通路 653 とが切離された本発明の代替的な実施の形態を示す。図示のように、電流通路 651 と冷却剤流れ通路 653 とは分離されている（すなわち、それらは重ならない）。レーザーダイオード 612 はそれぞれ半田層 618 及び 619 により左側のヒートシンク 614 と右側のヒートシンク 616 との間に位置決めされる。半田層 618 及び 619 はインジウムを基材とする半田から形成できる。レーザーダイオード 612 は反射面 622 と放射面 620 とを有する。ヒートシンク 614 及び 616 は、シリコン、PEEK（登録商標）（ポリエーテルエーテルケトン）、ダイヤモンド、BeO、又は射出成形セラミック又はプラスチック等の熱伝導性の、しかし電気絶縁性の材料から形成される。左側のヒートシンク 614 及び右側のヒートシンク 616 は、図 3 の拡散接合された銅板に関して上述したのと同様な仕方で拡散接合されたシリコン板から形成できる。

10

【0032】

基板 630 は、左側及び右側のヒートシンク 614 及び 616 の下方に位置決めされ、それぞれ半田層 624 及び 625 により左側及び右側のヒートシンク 614 及び 616 に保持される。半田層 618 及び 619 と同様に、半田層 624 及び 625 はインジウムを基材とする半田から形成できる。図示のように、半田層 618 と 624 のどちらも、左側のヒートシンク 614 の右手下方の角部の周囲の領域には位置しない。この領域における半田の欠如は半田層 624 から半田層 618 を電氣的に分離するのに役立つ。同様に、半田層 619 と 625 とは、半田層 619 と 625 のどちらも右側のヒートシンク 616 の左手下方の角部の周囲の領域に位置しないので互いに電氣的に分離される。

20

【0033】

図 1 ~ 5 に関して上述した実施の形態の基板 30 と同様に、基板 630 は、高い熱伝導率を有するが低い導電率を有する、BeO 等の材料から製作することができる。基板 630 はその頂部及び底部面の両方に金属化層 632 を含む。基板 630 の下面の金属化層 632 は、流体マニホールド 633 又は熱交換器等の熱溜めにレーザーダイオード組立体 610 の全体が半田付けされるのを許容するため存在する。基板 630 の上面の金属化層 632 は、それぞれ左側及び右側のヒートシンク 614 及び 616 の半田層 624 及び 625 が基板 630 に取付けられるのを許容する。基板 630 の上面に沿った金属化層 632 はレーザーダイオード 612 の直下の領域には存在せず、ヒートシンク 614 と 616 とを互いに電氣的に分離して、電流がレーザーダイオード 612 を通じてのみ伝導されるようにする。基板 630 の金属化層 632 はチタン (Ti)、白金 (Pt) 又は金 (Au) 等の材料から形成できる。底部金属化層 632 は流体マニホールド 633 に装着される。

30

【0034】

冷却剤流路 640 はレーザーダイオード組立体 610 中に延在する。この冷却剤流路 640 は図 1 に示す実施の形態の冷却剤流路 40 と同様である。この冷却剤流路 640 は、基板 630 中に冷却剤を受取るための入口 642 を有し、右側のヒートシンク 616 中へと上って延在する。冷却剤流路 640 は、右側のヒートシンク 616 から下ってバイパス領域 645 にて基板に戻り、それから左側のヒートシンク 614 に渡り、最後に下って基板 630 に戻り、出口 650 を介して流体マニホールド 633 へと出るように延在する。

40

【0035】

図示のように、レーザーダイオード組立体 610 は、左側及び右側のヒートシンク 614 及び 616 に取付けられた金属化層 660 を有する。金属化層 660 は、左側及び右側のヒートシンク 614 及び 616 の頂部に配置することができ、あるいは左側及び右側の

50

ヒートシンク 6 1 4 及び 6 1 6 に埋め込むように取付けることもできよう。この金属化層 6 6 0 はレーザーダイオード 6 1 2 に電流を供給するために利用される。左側及び右側のヒートシンクは電気絶縁性のシリコンから形成されるので、金属化層 6 6 0 はレーザーダイオード 6 1 2 を動作させるのに必要な電流を供給するのに必要である。また、左側及び右側のヒートシンク 6 1 4 及び 6 1 6 は絶縁性のシリコンから形成されるので、冷却剤と電流の流れ通路 6 5 3 と 6 5 1 とはそれぞれ交差せず又は重ならない。その結果、電流通路 6 5 1 と冷却剤流れ通路 6 5 2 との重なりはない。それ故、冷却剤流路 6 4 0 中を流れる冷却剤として非電気伝導性冷却剤（脱イオン水又はフルロイナート等）が利用されなければならないという要求はない。基板 6 3 0 は、この実施の形態の改変例において金属（例えば、銅）であることもでき、それは左側及び右側のシリコン製ヒートシンク 6 1 4 及び 6 1 6 が電流を絶縁するからである。また、もし基板 6 3 0 が銅から製作されれば、金属化層 6 3 2 は要求されず、省略することができる。

10

【0036】

図 7 は、冷却流路 7 4 0 が衝突冷却器 7 3 7 及び 7 4 3 に連結されて、レーザーダイオード組立体 7 1 0 のダイヤモンド層 7 3 5 及び 7 4 1 から熱を除去する冷却剤を循環させる本発明の追加の実施の形態を示す。図示のように、レーザーダイオード組立体 7 1 0 は右側のヒートシンク 7 1 6 と左側のヒートシンク 7 1 4 とを含む。これらのヒートシンク 7 1 6 及び 7 1 4 は各々が P E E K（登録商標）、シリコン、ダイヤモンド、B e O 又は他の射出成形プラスチック又はセラミックから形成できる。レーザーダイオード 7 1 2 は半田層 7 1 8 により左側のヒートシンク 7 1 4 に、また半田層 7 1 9 により右側のヒートシンク 7 1 6 に連結される。基板 7 3 0 は、レーザーダイオード組立体 7 1 0 の底部に位置決めされ、そして接着剤又は半田 / 金属化層 7 3 2 により左側及び右側のヒートシンク 7 1 4 及び 7 1 6 に連結される。ダイヤモンド層 7 3 5 は、左側のヒートシンク 7 1 4 内に位置し、かつレーザーダイオード 7 1 2 に近接近して位置決めされる。ダイヤモンド層 7 3 5 はこの実施の形態のいくらかの変形例において半田層 7 1 8 と同一平面であることができる。ダイヤモンド層 7 3 5 が利用されるのは、ダイヤモンドは高い伝導率を有するが、電気伝導率は低く、それ故、レーザーダイオード 7 1 2 の性能に悪影響を及ぼすことなく、レーザーダイオードから衝突冷却領域に熱を伝達するからである。

20

【0037】

左側のヒートシンク 7 1 4 はまた、冷却剤流路 7 4 0 から、熱が吸収されるダイヤモンド層 7 3 5 に冷却剤を循環させる衝突冷却器 7 3 7 を含む。衝突冷却器 7 3 7 は、冷却剤流路 7 4 0 から冷却剤を受取り、該冷却剤を流路付き構造体 7 3 9 に向ける。流路付き構造体 7 3 9 はニッケルから形成できる。流路付き構造体 7 3 9 はノズルに類似し、冷却剤がダイヤモンド層 7 3 5 の露出された面に到達するまでその中を流れることができるハネカム状の複数の孔の配列を有する。流路付き構造体 7 3 9 はまた復帰孔を有し、冷却剤は該復帰孔中を衝突冷却器 7 3 7 に向かってダイヤモンド層 7 3 5 から離れる方向に復帰する。復帰するとすぐに、冷却剤は、衝突冷却器 7 3 7 から下方に下り、基板 7 3 0 に下って戻り、そして冷却剤マニホールド又はこれに接続された熱交換器に出るように流れる。右側のヒートシンク 7 1 6 はレーザーダイオード 7 1 2 と近接近したダイヤモンド層 7 4 1 を有する。右側のヒートシンク 7 1 6 はそれ自体の衝突冷却器 7 4 3 及び流路付き構造体 7 4 4 を有する。金属化層 7 6 0 が右側及び左側のヒートシンク 7 1 6 及び 7 1 4 の外面に位置する。電流は矢印 7 5 1 の方向に金属化層 7 6 0 を通じてレーザーダイオード 7 1 2 に流れる。

30

40

【0038】

冷却工程時、冷却剤は、参照番号 7 5 3 で示す矢印により表示された冷却剤流れ方向を入口 7 4 2 から冷却剤流路 7 4 0 に上って入るように流れる。冷却剤は、右側のヒートシンク 7 1 6 中に上って入り、それから衝突冷却器 7 4 3 及び流路付き構造体 7 4 4 を通り、そしてダイヤモンド層 7 4 1 にぶつかるように流れる。冷却剤はそれから、流路付き構造体 7 4 4 を通り、衝突冷却器 7 4 3 から下り、バイパス領域 7 4 5 にて基板 7 3 0 に戻るように復帰する。次に、冷却剤は、左側のヒートシンク 7 1 4 中を上り、衝突冷却器 7

50

37と流路付き構造体739とを通り、ダイヤモンド層735にぶつかるように流れる。最後に、冷却剤は、流路付き構造体739中を復帰し、それから基板中を下り、出口750を出て、冷却剤マニホールド又はこれに接続された熱交換器に流れ込む。冷却剤は水であることができる。金属化層760中を流れる電流は冷却剤流路740から電氣的に分離される。

【0039】

図7に示す実施の形態はダイヤモンド層735及び741を有するが、BeO等の他の好適な材料をダイヤモンドの代わりに使用することができる。また、基板730は銅又はBeO等のいくつかの好適な材料から形成することができる。米国ロサンゼルスのパトンルージュに位置するInternational Mezzo Technologies社は、図7に示す実施の形態の衝突冷却器737及び743に好適と思われる衝突冷却器を製造する。

【0040】

熱を運び去る上述の衝突領域に加えて、熱伝達はRini Technologies（登録商標）社により製造されるもの等の蒸発型噴霧冷却器により行うこともできよう。

上述の様々な実施の形態はすべて、冷却剤マニホールド又は熱交換器から基板に上り、右側のヒートシンク中を上り、バイパス領域を介して再び基板に下って戻り、それから左側のヒートシンクを通り、基板中を下って戻り、冷却剤マニホールド又は熱交換器に至る通路により冷却剤を移動させる冷却剤流路を説明する。これは連続通路として知られる、すなわち冷却剤がレーザーダイオード組立体の全体を通じて流れる1つの通路がある。しかしながら、平行の冷却剤通路を利用することもできることは認識されるべきである。別言すれば、左側と右側のシンクのために別個の冷却剤流路があることができる。例えば、第1の冷却剤流路は、冷却剤マニホールドから基板中を上り、右側のヒートシンクの全体を通り、それから基板中を下って戻って、加熱された冷却剤が冷却剤マニホールド又は熱交換器に復帰できるように延在する。第2の冷却剤流路は、冷却剤マニホールドから基板中を上り、左側のヒートシンクを通り、それから再び基板中を下って戻って、加熱された冷却剤が冷却剤マニホールド又は熱交換器に復帰できるように延在することになる。この配列は平行通路として知られるが、それは各々のヒートシンクに移動する冷却剤が異なった通路中を進まなければならないからである。

【0041】

本発明を1つ又は複数の特定の実施の形態を参照して説明したが、当業者は本発明の精神及び範囲から逸脱することなくこれらに多くの変更を加えることができることを認めるであろう。これらの実施の形態及びそれらの明白な変形の各々は、添付の特許請求の範囲に明らかにされるクレームされた発明の精神及び範囲内に含まれると考えられる。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】本発明の実施の形態によるレーザーダイオード組立体を端面図で示す。

【図2】本発明の実施の形態による拡散接合された銅の技術を使用して製作された右側の流路付きヒートシンクの分解図を示す。

【図3】本発明の実施の形態による基板層の分解図を示す。

【図4】組立てられたレーザーダイオード組立体の分解斜視図を示す。

【図5】この実施の形態において、一組の3つのレーザーダイオード組立体に冷却剤を分配する流体マニホールドを図示する。

【図6】レーザーダイオード組立体の電流通路と冷却剤流れ流路とが切離された本発明の代替的な実施の形態を図示する。

【図7】冷却流路が衝突冷却器に連結され、かつレーザーダイオード組立体のダイヤモンド層から熱を除去する冷却剤を循環させる本発明の追加の実施の形態を図示する。

【符号の説明】

【0043】

10・・・レーザーダイオード組立体

10

20

30

40

50

- 1 2 レーザーダイオード
 1 4 左側のヒートシンク
 1 6 右側のヒートシンク
 1 8 半田層
 1 9 半田層
 2 0 放射面
 2 2 反射面
 2 4 半田層
 2 5 半田層
 3 0 基板
 3 2 金属化層
 3 3 流体マニホールド
 4 0 冷却剤流路
 4 2 入口
 4 5 バイパス領域
 5 0 出口
 5 1 電流通路
 5 3 冷却剤通路
 6 1 0 レーザーダイオード組立体
 6 5 1 電流通路
 7 1 0 レーザーダイオード組立体
 7 3 5 ダイヤモンド層
 7 3 7 衝突冷却器
 7 3 9 流路付き構造体

10

20

【図 1】

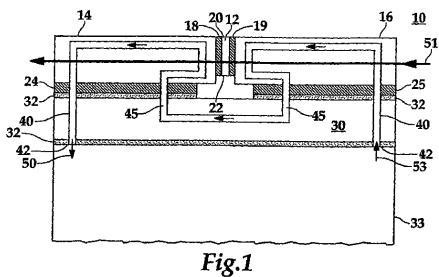


Fig.1

【図 2】

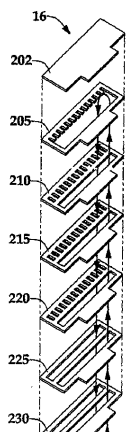


Fig.2

【図 3】

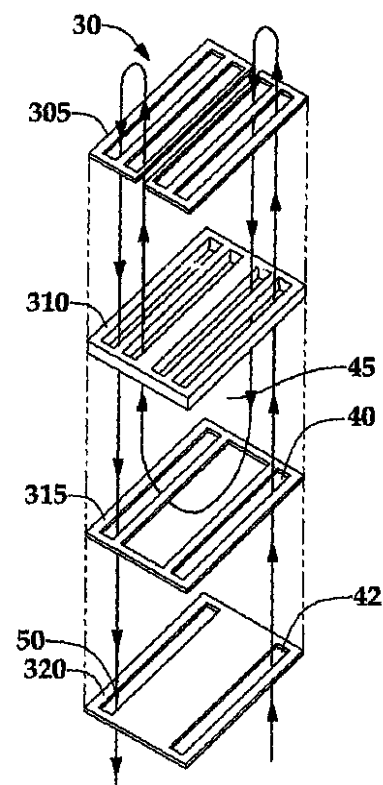
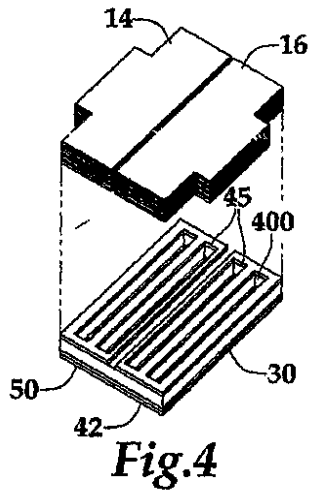
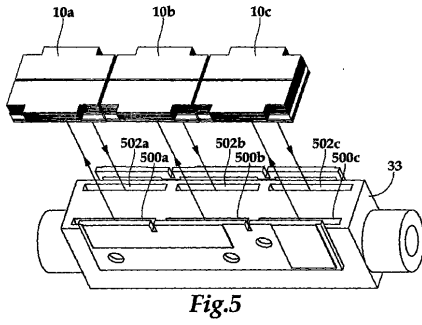


Fig.3

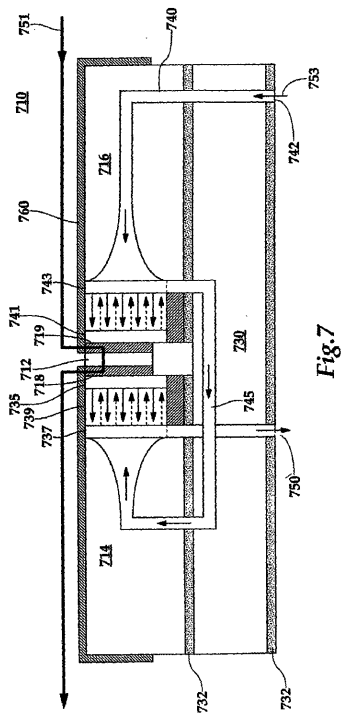
【 図 4 】



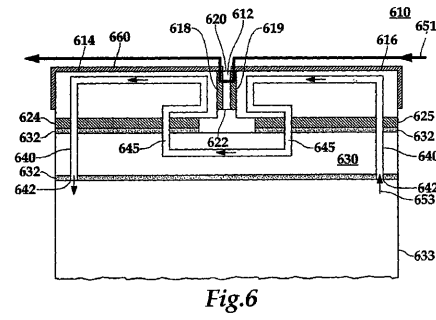
【 図 5 】



【 図 7 】



【 図 6 】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2006/007567															
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01S5/024 F28F3/08 H01L23/473 ADD. H01S5/02																	
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 F28F H01L																	
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 practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX																	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>WO 03/075421 A (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.; HONMA, TAKAYOSHI; TSUCHIYA, HIROSHI; KAN, HIR) 12 September 2003 (2003-09-12) for an English translation see family member US-A-2005/151140 and paragraphs [0019], [0025] - [0032]; figures 3,4</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6 091 746 A (LE GARREC ET AL) 18 July 2000 (2000-07-18) column 3, line 49 - column 4, line 56; figure 1</td> <td>1,2,11, 12,16, 19,20, 24,25</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>EP 1 513 194 A (FANUC LTD) 9 March 2005 (2005-03-09) paragraphs [0077] - [0080]; figures 1-3</td> <td>6,7, 12-15,21</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">-/-</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	WO 03/075421 A (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.; HONMA, TAKAYOSHI; TSUCHIYA, HIROSHI; KAN, HIR) 12 September 2003 (2003-09-12) for an English translation see family member US-A-2005/151140 and paragraphs [0019], [0025] - [0032]; figures 3,4	12	A	US 6 091 746 A (LE GARREC ET AL) 18 July 2000 (2000-07-18) column 3, line 49 - column 4, line 56; figure 1	1,2,11, 12,16, 19,20, 24,25	A	EP 1 513 194 A (FANUC LTD) 9 March 2005 (2005-03-09) paragraphs [0077] - [0080]; figures 1-3	6,7, 12-15,21	-/-		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.															
X	WO 03/075421 A (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.; HONMA, TAKAYOSHI; TSUCHIYA, HIROSHI; KAN, HIR) 12 September 2003 (2003-09-12) for an English translation see family member US-A-2005/151140 and paragraphs [0019], [0025] - [0032]; figures 3,4	12															
A	US 6 091 746 A (LE GARREC ET AL) 18 July 2000 (2000-07-18) column 3, line 49 - column 4, line 56; figure 1	1,2,11, 12,16, 19,20, 24,25															
A	EP 1 513 194 A (FANUC LTD) 9 March 2005 (2005-03-09) paragraphs [0077] - [0080]; figures 1-3	6,7, 12-15,21															
-/-																	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 *E* earlier document 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 26 May 2006		Date of mailing of the international search report 07/06/2006															
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Laenen, R															

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2006/007567

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2002/110165 A1 (FILGAS DAVID M) 15 August 2002 (2002-08-15) paragraphs [0049] - [0058]; figures 3-6	1,19
A	US 5 548 605 A (BENETT ET AL) 20 August 1996 (1996-08-20) column 4, line 58 - column 5, line 45; figures 3,4	3-5, 8-10,17, 18,22,23
A	US 2004/182548 A1 (LOVETTE JAMES ET AL) 23 September 2004 (2004-09-23) paragraphs [0027] - [0032]; figure 1	6,13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2006/007567

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 03075421	A	12-09-2003	AU 2003211761 A1 CN 1639933 A JP 2003258366 A US 2005151140 A1	16-09-2003 13-07-2005 12-09-2003 14-07-2005
US 6091746	A	18-07-2000	DE 69604082 D1 DE 69604082 T2 EP 0861511 A1 FR 2741208 A1 WO 9718606 A1 JP 2000500291 T	07-10-1999 31-05-2000 02-09-1998 16-05-1997 22-05-1997 11-01-2000
EP 1513194	A	09-03-2005	CN 1592010 A JP 2005085824 A US 2005141574 A1	09-03-2005 31-03-2005 30-06-2005
US 2002110165	A1	15-08-2002	WO 02065595 A2	22-08-2002
US 5548605	A	20-08-1996	NONE	
US 2004182548	A1	23-09-2004	WO 2004083760 A2	30-09-2004

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100089705

弁理士 社本 一夫

(74)代理人 100140109

弁理士 小野 新次郎

(74)代理人 100075270

弁理士 小林 泰

(74)代理人 100080137

弁理士 千葉 昭男

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100087424

弁理士 大塚 就彦

(72)発明者 ステイブンス, エドワード・フランクリン, ザ・フォース

アメリカ合衆国イリノイ州 6 2 0 3 6, ゴールデン・イーグル, アールアール 1 ボックス 1 エイ

F ターム(参考) 5F173 MC12 MD04 MD07 MD16 MD58 MD85 ME14 ME15 ME47 ME54
ME63