

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7264320号
(P7264320)

(45)発行日 令和5年4月25日(2023.4.25)

(24)登録日 令和5年4月17日(2023.4.17)

(51)国際特許分類

F I

H O 1 S 5/02212(2021.01) H O 1 S 5/02212

H O 1 S 5/024(2006.01) H O 1 S 5/024

請求項の数 12 (全21頁)

(21)出願番号	特願2022-567050(P2022-567050)	(73)特許権者	000006013
(86)(22)出願日	令和4年7月19日(2022.7.19)		三菱電機株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/027979		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
審査請求日	令和4年11月2日(2022.11.2)	(74)代理人	110003199
早期審査対象出願			弁理士法人高田・高橋国際特許事務所
		(72)発明者	福島 颯太
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
			三菱電機株式会社内
		審査官	浅見 一喜

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザ光源装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

金属ステムと、
前記金属ステムの主面に設けられた導電性の第1支持ブロックと、
上面と、前記上面と反対側の裏面と、を有し、前記裏面が前記金属ステムの前記主面に設けられた温度制御モジュールと、
前記温度制御モジュールの前記上面に設けられた導電性の第2支持ブロックと、
前記第1支持ブロックの第1側面に設けられ、信号線路が形成された第1基板と、
前記第2支持ブロックの第2側面に設けられ、信号線路が形成された第2基板と、
前記第2基板に設けられた光半導体チップと、
前記金属ステムの前記主面に設けられ、前記第1支持ブロックと前記温度制御モジュールと前記第2支持ブロックと前記第1基板と前記第2基板と前記光半導体チップとを覆う導電性のキャップと、
前記第2支持ブロックと前記キャップとの間に設けられた金属ブロックと、
を備え、
前記金属ブロックは、前記第1支持ブロックに設けられ、前記第2支持ブロックの前記第2側面と反対側の第2背面の少なくとも一部を覆うことを特徴とする半導体レーザ光源装置。

【請求項2】

前記金属ブロックと前記第2支持ブロックは離れていることを特徴とする請求項1に記載

載の半導体レーザ光源装置。

【請求項 3】

前記第 2 支持ブロックの前記第 2 側面と垂直な方向から視て、前記金属ブロックは、前記第 2 支持ブロックのうち前記第 1 支持ブロックと反対側から突出していることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ光源装置。

【請求項 4】

前記第 2 支持ブロックは、前記温度制御モジュールの前記上面に設けられた台座部と、前記台座部から上方に延び前記第 2 側面と前記第 2 背面を含む側壁部と、を有し、

前記金属ブロックは、前記第 2 支持ブロックの前記第 2 背面の少なくとも一部を覆う第 1 部分と、前記第 1 部分から屈曲し前記台座部の少なくとも一部を覆う第 2 部分と、を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ光源装置。

【請求項 5】

前記金属ブロックは、厚さが 0.2 mm 以下の金属板であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ光源装置。

【請求項 6】

金属ステムと、

前記金属ステムの主面に設けられた導電性の第 1 支持ブロックと、

上面と、前記上面と反対側の裏面と、を有し、前記裏面が前記金属ステムの前記主面に設けられた温度制御モジュールと、

前記温度制御モジュールの前記上面に設けられた導電性の第 2 支持ブロックと、

前記第 1 支持ブロックの第 1 側面に設けられ、信号線路が形成された第 1 基板と、

前記第 2 支持ブロックの第 2 側面に設けられ、信号線路が形成された第 2 基板と、

前記第 2 基板に設けられた光半導体チップと、

前記金属ステムの前記主面に設けられ、前記第 1 支持ブロックと前記温度制御モジュールと前記第 2 支持ブロックと前記第 1 基板と前記第 2 基板と前記光半導体チップとを覆う導電性のキャップと、

前記第 2 支持ブロックと前記キャップとの間に設けられた金属ブロックと、

を備え、

前記金属ブロックは、前記第 1 支持ブロックに設けられ、前記第 1 支持ブロックから、前記第 2 支持ブロックの直上に延びることを特徴とする半導体レーザ光源装置。

【請求項 7】

金属ステムと、

前記金属ステムの主面に設けられた導電性の第 1 支持ブロックと、

上面と、前記上面と反対側の裏面と、を有し、前記裏面が前記金属ステムの前記主面に設けられた温度制御モジュールと、

前記温度制御モジュールの前記上面に設けられた導電性の第 2 支持ブロックと、

前記第 1 支持ブロックの第 1 側面に設けられ、信号線路が形成された第 1 基板と、

前記第 2 支持ブロックの第 2 側面に設けられ、信号線路が形成された第 2 基板と、

前記第 2 基板に設けられた光半導体チップと、

前記金属ステムの前記主面に設けられ、前記第 1 支持ブロックと前記温度制御モジュールと前記第 2 支持ブロックと前記第 1 基板と前記第 2 基板と前記光半導体チップとを覆う導電性のキャップと、

前記第 2 支持ブロックと前記キャップとの間に設けられた金属ブロックと、

を備え、

前記金属ブロックは、前記第 2 支持ブロックの前記第 2 側面と反対側の第 2 背面に設けられ、前記第 1 支持ブロックの前記第 1 側面と反対側の第 1 背面の少なくとも一部を覆うことを特徴とする半導体レーザ光源装置。

【請求項 8】

前記金属ブロックと前記第 1 支持ブロックは離れていることを特徴とする請求項 7 に記載の半導体レーザ光源装置。

【請求項 9】

金属ステムと、

前記金属ステムの主面に設けられた導電性の第 1 支持ブロックと、

上面と、前記上面と反対側の裏面と、を有し、前記裏面が前記金属ステムの前記主面に設けられた温度制御モジュールと、

前記温度制御モジュールの前記上面に設けられた導電性の第 2 支持ブロックと、

前記第 1 支持ブロックの第 1 側面に設けられ、信号線路が形成された第 1 基板と、

前記第 2 支持ブロックの第 2 側面に設けられ、信号線路が形成された第 2 基板と、

前記第 2 基板に設けられた光半導体チップと、

前記金属ステムの前記主面に設けられ、前記第 1 支持ブロックと前記温度制御モジュールと前記第 2 支持ブロックと前記第 1 基板と前記第 2 基板と前記光半導体チップとを覆う導電性のキャップと、

前記第 2 支持ブロックと前記キャップとの間に設けられた金属ブロックと、

を備え、

前記金属ブロックは、前記金属ステムの前記主面に設けられ、前記第 2 支持ブロックに対して前記第 1 支持ブロックと反対側に設けられることを特徴とする半導体レーザ光源装置。

【請求項 10】

前記金属ブロックは、前記第 2 支持ブロックと離れていることを特徴とする請求項 9 に記載の半導体レーザ光源装置。

【請求項 11】

前記第 1 基板には前記第 1 支持ブロックと電氣的に接続されたグランド導体が設けられ、前記第 2 基板には前記第 2 支持ブロックと電氣的に接続されたグランド導体が設けられることを特徴とする請求項 1、2、6、7、8、9、10 の何れか 1 項に記載の半導体レーザ光源装置。

【請求項 12】

前記金属ステムを前記主面から前記主面と反対側の面まで貫通するリードピンと、

前記第 2 支持ブロックに設けられ、導体膜を有するセラミックブロックと、

前記第 2 支持ブロックに設けられ、前記セラミックブロックを介して前記リードピンと電氣的に接続される温度センサと、

を備えることを特徴とする請求項 1、2、6、7、8、9、10 の何れか 1 項に記載の半導体レーザ光源装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、半導体レーザ光源装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、金属ステムを有する半導体光変調器が開示されている。金属ステム上には、第 1 の支持ブロックと温度制御モジュールが実装される。第 1 の支持ブロックの側面には第 1 の誘電体基板が実装される。温度制御モジュール上には、第 2 の支持ブロックが実装される。第 2 の誘電体基板上には、半導体光変調装置が実装される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特許第 5 1 8 8 6 2 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

SNS (Social Networking Service)、動画共有サービス等

10

20

30

40

50

の普及が世界的規模で進んでおり、データ伝送の大容量化が加速している。限られた実装スペースで信号の高速大容量化に対応するために、光トランシーバーの高速化、小型化、低コスト化が求められている。半導体光変調装置を搭載した半導体レーザ光源装置の構造として、安価に製品化できるT O - C A N (T r a n s i s t o r - O u t l i n e d C A N) 型が一般に適用されている。T O - C A N型では一般に、リードピンを金属ステムにガラスを用いて封着固定する。この封着固定は、各部材の熱膨張係数差による圧力を利用している。このため、高い気密性を確保するためには、リードピンの配置とリードピン同士の間隔が重要となる。また、半導体レーザ光源装置を構成する部材は、基本的に金属ステム上にしか実装できない。このようにT O - C A N型の半導体レーザ光源装置では、構造上の制限が多い中で、高速化と低コスト化を実現する必要がある。

10

【0005】

半導体光変調装置として、例えばE A M - L D (E l e c t r o a b s o r p t i o n M o d u l a t o r - L a s e r D i o d e) を用いる場合、周波数応答特性の劣化を抑制するために、信号線路に対して安定した基準電位を与えると良い。これにより、帯域内での共振を抑制することができる。ここで、半導体光変調装置は発熱することによって発振波長または光出力が変化する。特許文献1のレーザ光源装置では、半導体光変調装置の温度を一定に保つために温度制御モジュールが用いられている。このような構造では、例えば温度制御モジュール上に実装された支持ブロック等の部材の電位が、基準電位に対して高くなることがある。このとき、特に20Gbps以上の信号を送信する場合に、基準電位よりも電位が高い構造体から電位の低い構造体へとC A N内部の空間を伝播して信号が放出されることがある。これにより、共振による周波数応答特性の劣化が生じる可能性がある。

20

【0006】

本開示は、高周波特性を向上させることができる半導体レーザ光源装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

第1の開示に係る半導体レーザ光源装置は、金属ステムと、前記金属ステムの主面に設けられた導電性の第1支持ブロックと、上面と、前記上面と反対側の裏面と、を有し、前記裏面が前記金属ステムの前記主面に設けられた温度制御モジュールと、前記温度制御モジュールの前記上面に設けられた導電性の第2支持ブロックと、前記第1支持ブロックの第1側面に設けられ、信号線路が形成された第1基板と、前記第2支持ブロックの第2側面に設けられ、信号線路が形成された第2基板と、前記第2基板に設けられた光半導体チップと、前記金属ステムの前記主面に設けられ、前記第1支持ブロックと前記温度制御モジュールと前記第2支持ブロックと前記第1基板と前記第2基板と前記光半導体チップとを覆う導電性のキャップと、前記第2支持ブロックと前記キャップとの間に設けられた金属ブロックと、を備え、前記金属ブロックは、前記第1支持ブロックに設けられ、前記第2支持ブロックの前記第2側面と反対側の第2背面の少なくとも一部を覆う。

30

第2の開示に係る半導体レーザ光源装置は、金属ステムと、前記金属ステムの主面に設けられた導電性の第1支持ブロックと、上面と、前記上面と反対側の裏面と、を有し、前記裏面が前記金属ステムの前記主面に設けられた温度制御モジュールと、前記温度制御モジュールの前記上面に設けられた導電性の第2支持ブロックと、前記第1支持ブロックの第1側面に設けられ、信号線路が形成された第1基板と、前記第2支持ブロックの第2側面に設けられ、信号線路が形成された第2基板と、前記第2基板に設けられた光半導体チップと、前記金属ステムの前記主面に設けられ、前記第1支持ブロックと前記温度制御モジュールと前記第2支持ブロックと前記第1基板と前記第2基板と前記光半導体チップとを覆う導電性のキャップと、前記第2支持ブロックと前記キャップとの間に設けられた金属ブロックと、を備え、前記金属ブロックは、前記第1支持ブロックに設けられ、前記第1支持ブロックから、前記第2支持ブロックの直上に延びる。

40

第3の開示に係る半導体レーザ光源装置は、金属ステムと、前記金属ステムの主面に設

50

けられた導電性の第1支持ブロックと、上面と、前記上面と反対側の裏面と、を有し、前記裏面が前記金属ステムの前記主面に設けられた温度制御モジュールと、前記温度制御モジュールの前記上面に設けられた導電性の第2支持ブロックと、前記第1支持ブロックの第1側面に設けられ、信号線路が形成された第1基板と、前記第2支持ブロックの第2側面に設けられ、信号線路が形成された第2基板と、前記第2基板に設けられた光半導体チップと、前記金属ステムの前記主面に設けられ、前記第1支持ブロックと前記温度制御モジュールと前記第2支持ブロックと前記第1基板と前記第2基板と前記光半導体チップとを覆う導電性のキャップと、前記第2支持ブロックと前記キャップとの間に設けられた金属ブロックと、を備え、前記金属ブロックは、前記第2支持ブロックの前記第2側面と反対側の第2背面に設けられ、前記第1支持ブロックの前記第1側面と反対側の第1背面の少なくとも一部を覆う。

10

第4の開示に係る半導体レーザ光源装置は、金属ステムと、前記金属ステムの主面に設けられた導電性の第1支持ブロックと、上面と、前記上面と反対側の裏面と、を有し、前記裏面が前記金属ステムの前記主面に設けられた温度制御モジュールと、前記温度制御モジュールの前記上面に設けられた導電性の第2支持ブロックと、前記第1支持ブロックの第1側面に設けられ、信号線路が形成された第1基板と、前記第2支持ブロックの第2側面に設けられ、信号線路が形成された第2基板と、前記第2基板に設けられた光半導体チップと、前記金属ステムの前記主面に設けられ、前記第1支持ブロックと前記温度制御モジュールと前記第2支持ブロックと前記第1基板と前記第2基板と前記光半導体チップとを覆う導電性のキャップと、前記第2支持ブロックと前記キャップとの間に設けられた金属ブロックと、を備え、前記金属ブロックは、前記金属ステムの前記主面に設けられ、前記第2支持ブロックに対して前記第1支持ブロックと反対側に設けられる。

20

【発明の効果】

【0008】

本開示に係る半導体レーザ光源装置では、第2支持ブロックまたは温度制御モジュールから空間に放出される信号を、金属ブロックにより吸収することができる。これにより、共振を抑制することができ、高周波特性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施の形態1に係る半導体レーザ光源装置の正面斜視図である。

30

【図2】実施の形態1に係る半導体レーザ光源装置の平面図である。

【図3】実施の形態1に係る半導体レーザ光源装置の側面図である。

【図4】実施の形態1に係る半導体レーザ光源装置の背面斜視図である。

【図5】実施の形態1に係る半導体レーザ光源装置の概略図である。

【図6】比較例に係る半導体レーザ光源装置においてキャップがある場合とない場合の周波数応答特性を示す図である。

【図7】実施の形態1に係る半導体レーザ光源装置と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。

【図8】実施の形態1の変形例に係る半導体レーザ光源装置と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。

40

【図9】実施の形態1の変形例に係る半導体レーザ光源装置と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。

【図10】実施の形態2に係る半導体レーザ光源装置の背面斜視図である。

【図11】実施の形態2に係る半導体レーザ光源装置の平面図である。

【図12】実施の形態2に係る半導体レーザ光源装置の側面図である。

【図13】実施の形態2に係る半導体レーザ光源装置と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。

【図14】実施の形態3に係る半導体レーザ光源装置の背面斜視図である。

【図15】実施の形態3に係る半導体レーザ光源装置の平面図である。

【図16】実施の形態3に係る半導体レーザ光源装置の側面図である。

50

【図 17】実施の形態 3 に係る半導体レーザ光源装置と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。

【図 18】実施の形態 4 に係る半導体レーザ光源装置の背面斜視図である。

【図 19】実施の形態 4 に係る半導体レーザ光源装置の平面図である。

【図 20】実施の形態 4 に係る半導体レーザ光源装置の側面図である。

【図 21】実施の形態 4 に係る半導体レーザ光源装置と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。

【図 22】実施の形態 5 に係る半導体レーザ光源装置の背面斜視図である。

【図 23】実施の形態 5 に係る半導体レーザ光源装置の平面図である。

【図 24】実施の形態 5 に係る半導体レーザ光源装置の側面図である。

【図 25】実施の形態 5 に係る半導体レーザ光源装置と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。

【図 26】実施の形態 6 に係る半導体レーザ光源装置の背面斜視図である。

【図 27】実施の形態 6 に係る半導体レーザ光源装置と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

各実施の形態に係る半導体レーザ光源装置について図面を参照して説明する。同じ又は対応する構成要素には同じ符号を付し、説明の繰り返しを省略する場合がある。以下の説明では、「上」、「下」、「おもて」、「裏」、「左」、「右」、「側」などの特定の位置および方向を意味する用語が用いられる場合がある。これらの用語は、実施の形態の内容を理解することを容易にするために便宜上用いられているものであり、実施される際の位置および方向を限定するものではない。

【0011】

実施の形態 1.

図 1 は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ光源装置 100 の正面斜視図である。図 2 は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ光源装置 100 の平面図である。図 3 は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ光源装置 100 の側面図である。図 4 は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ光源装置 100 の背面斜視図である。図 5 は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ光源装置 100 の概略図である。なお、図 1～4 ではキャップ 20 が省略されている。

【0012】

半導体レーザ光源装置 100 は金属ステム 1 を備える。金属ステム 1 は板状であり、平面視で円形である。複数のリードピン 2a～2e は、金属ステム 1 を主面 1a から主面 1a と反対側の面まで貫通する。金属ステム 1 およびリードピン 2 の材料として、例えば銅、鉄、またはステンレスなどの金属を用いることができる。金属ステム 1 およびリードピン 2 の表面には、金メッキまたはニッケルメッキが施されても良い。

【0013】

金属ステム 1 とリードピン 2a～2e との間には、例えばガラス 3 が充填されている。ガラス 3 により、リードピン 2a～2e は金属ステム 1 に固定されている。インピーダンス不整合になると、信号の多重反射によって周波数応答特性が劣化し、高速変調が困難となることがある。従って、ガラス 3 は信号発生器と同じインピーダンスとなるように、低誘電率の材質で形成されると良い。

【0014】

金属ステム 1 の主面 1a には、温度制御モジュール 5 と導電性の第 1 支持ブロック 4 が実装されている。第 1 支持ブロック 4 には、例えば銅、鉄、またはステンレスなどの金属を用いることができる。第 1 支持ブロック 4 の表面には、金メッキまたはニッケルメッキが施されていても良い。また、第 1 支持ブロック 4 は金属ステム 1 と一体成型されても良い。第 1 支持ブロック 4 は例えば直方体である。第 1 支持ブロック 4 のうち上面 4c と反対側の裏面が、金属ステム 1 の主面 1a に設けられる。第 1 支持ブロック 4 の上面 4c と裏面と繋ぐ側面のうち、Y 軸正方向を向く面が側面 4a であり、Y 軸負方向を向く面が背

10

20

30

40

50

面 4 b である。

【 0 0 1 5 】

温度制御モジュール 5 は、上面と、上面と反対側の裏面とを有し、裏面が金属ステム 1 の主面に 1 a に設けられている。温度制御モジュール 5 は、例えば、A l N 等で形成された下側基板 5 b および上側基板 5 c と、下側基板 5 b と上側基板 5 c に挟まれ B i T e 等から形成された複数の熱電素子 5 a を備える。温度制御モジュール 5 の上面は上側基板 5 c の上面に該当し、温度制御モジュール 5 の裏面は下側基板 5 b の裏面に該当する。例えば S n A g C u はんだ又は A u S n はんだ等の接合材により、金属ステム 1 の主面 1 a と下側基板 5 b が接合される。下側基板 5 b は上側基板 5 c よりも前方に突出した突出部を有する。この突出部に、熱電素子 5 a に電力供給するためのメタライズ 5 d が設けられている。なお、前方は図 1 における Y 軸正方向である。

10

【 0 0 1 6 】

温度制御モジュール 5 の上面には、導電性の第 2 支持ブロック 6 が設けられる。第 2 支持ブロック 6 は、例えば銅、鉄、またはステンレスなどの金属の表面に A u メッキ等が施された金属材料から形成される。第 2 支持ブロック 6 は、セラミックまたは樹脂などの絶縁体に金属が被覆されて形成されても良い。第 2 支持ブロック 6 は、例えば、温度制御モジュール 5 の上面に設けられた台座部 6 a と、台座部 6 a から上方に延びる側壁部 6 b を有する。側壁部 6 b のうち Y 軸正方向を向く面が側面 6 c であり、Y 軸負方向を向く面が背面 6 d である。なお、上方は図 1 における Z 軸正方向である。

【 0 0 1 7 】

20

第 1 支持ブロック 4 の側面 4 a に誘電体基板 7 が実装される。第 2 支持ブロック 6 の側面 6 c に誘電体基板 8 が実装される。誘電体基板 7、8 は、例えば窒化アルミなどのセラミック材料から形成される。誘電体基板 7、8 は、電気絶縁機能と熱伝達機能を有する。

【 0 0 1 8 】

誘電体基板 7 には信号線路 9 およびグランド導体 1 0 が形成されている。信号線路 9 は、例えば誘電体基板 7 の前面のうち互いに直交する辺にわたって配置される。また、グランド導体 1 0 は、例えば信号線路 9 との間隔を一定に保った状態で誘電体基板 7 の前面に形成される。これにより、コブレナ線路を構成することができる。グランド導体 1 0 は、誘電体基板 7 の前面から裏面にわたって形成され、裏面において第 1 支持ブロック 4 と電氣的に接続される。誘電体基板 7 の前面と裏面のグランド導体 1 0 は例えばキャストレーションを介して電氣的に接続されている。

30

【 0 0 1 9 】

誘電体基板 8 には信号線路 1 1 およびグランド導体 1 2 が形成されている。グランド導体 1 2 は、例えば信号線路 1 1 との間隔を一定に保った状態で、誘電体基板 8 の前面に形成される。グランド導体 1 2 は、誘電体基板 8 の前面から側面、裏面にかけて設けられる。裏面側のグランド導体 1 2 が第 2 支持ブロック 6 に接合され、第 2 支持ブロック 6 と電氣的に接続されている。

【 0 0 2 0 】

第 1 支持ブロック 4 の背面 4 b には、金属ブロック 1 3 が設けられている。金属ブロック 1 3 は、第 2 支持ブロック 6 の側面 6 c と反対側の背面 6 d の少なくとも一部を覆う。金属ブロック 1 3 と第 2 支持ブロック 6 は離れている。金属ブロック 1 3 は第 1 支持ブロック 4 と接続され、かつ、第 2 支持ブロック 6 と接触しないことが可能な形状を有する。金属ブロック 1 3 は、例えば平面視で L 字型もしくは J 字型である。金属ブロック 1 3 は、例えば銅、鉄、またはステンレスなどの金属材料で形成される。金属ブロック 1 3 の表面に A u メッキなどを施しても良い。また金属ブロック 1 3 は、セラミックまたは樹脂などの絶縁体に金属を被覆して形成されても良い。金属ブロック 1 3 のうち第 2 支持ブロック 6 と対向する部分の厚さは例えば 0 . 6 mm である。

40

【 0 0 2 1 】

誘電体基板 8 の前面には、光半導体チップ 1 4 が設けられる。光半導体チップ 1 4 は例えば半導体光変調装置である。光半導体チップ 1 4 の変調器部は複数の電界吸収型光変調

50

器で構成されている。光半導体チップ14は、例えばInGaAsP系量子井戸吸収層を用いた電界吸収型光変調器と、分布帰還型レーザダイオードとをモノリシックに集積した変調器集積型レーザダイオードである。光半導体チップ14の発光点から、チップ端面に対して垂直かつチップ主面に対して平行な光軸に沿ってレーザ光が放射される。

【0022】

第2支持ブロック6の台座部6aには、受光素子15、温度センサ16およびセラミックブロック17が実装されている。第2支持ブロック6に温度センサ16およびセラミックブロック17を接合するための接合材として、例えばSnAgCuはんだ又はAuSnはんだ等が用いられる。温度センサ16は例えばサーミスタである。セラミックブロック17は、例えば上面に導体膜が設けられたAlN基板である。受光素子15は、光半導体チップ14のZ軸負方向側に配置されている。

10

【0023】

導電性接合材18は、リードピン2aと信号線路9の一端を接続する。導電性接合材18は、例えばSnAgCuはんだ又はAuSnはんだである。導電性接合材18は、導電性ワイヤであっても良い。導電性ワイヤ19aは、信号線路9の他端と信号線路11の一端を接続する。導電性ワイヤ19bが信号線路11の他端と光半導体チップ14のEAM電極を接続する。導電性ワイヤ19cはグランド導体10とグランド導体12を接続する。導電性ワイヤ19dは温度センサ16とセラミックブロック17の導体膜を接続する。導電性ワイヤ19eはセラミックブロック17の導体膜とリードピン2bを接続する。導電性ワイヤ19fは温度制御モジュール5のメタライズ5dとリードピン2c、2dを接続する。導電性ワイヤ19gは受光素子15とリードピン2eを接続する。

20

【0024】

気密封止用のキャップ20は金属ステム1に接合される。キャップ20は導電性であり、レンズ21を有する。キャップ20は、金属ステム1の主面1aに設けられ、第1支持ブロック4、温度制御モジュール5、第2支持ブロック6、誘電体基板7、8、光半導体チップ14、温度センサ16等を覆い、気密封止する。これにより半導体レーザ光源装置100の耐湿性および外乱耐性を向上させることができる。レンズ21は、例えばSiO₂等のガラスから形成される。レンズ21は、光半導体チップ14から出射されたレーザ光を集光し、ファイバに入射させる。

【0025】

30

光半導体チップ14の温度が変化すると発振波長が変化する。このため、光半導体チップ14の温度を一定に保つ必要がある。そこで、光半導体チップ14の温度が上昇した場合は温度制御モジュール5が冷却を行い、光半導体チップ14の温度が低下した場合は温度制御モジュール5が発熱する。これにより、光半導体チップ14の温度を一定にすることができる。光半導体チップ14において発生した熱は誘電体基板8、第2支持ブロック6を介して温度制御モジュール5の上側基板5cに伝わる。温度制御モジュール5は、光半導体チップ14からの熱を吸熱する。温度制御モジュール5が吸熱した熱は、温度制御モジュール5の下側基板5bから金属ステム1を介してZ軸負方向に伝搬され、金属ステム1の下面側に放熱される。

【0026】

40

温度センサ16は光半導体チップ14の温度を間接的に測定する。温度センサ16は測定した温度を温度制御モジュール5にフィードバックする。温度制御モジュール5は、光半導体チップ14の温度が狙い値に対して高い場合は冷却を行い、低い場合は発熱を行う。これにより、光半導体チップ14の温度を安定化させることができる。

【0027】

温度センサ16は、セラミックブロック17の導体膜を介してリードピン2bと電氣的に接続される。温度センサ16とリードピン2bを直接ワイヤ接続すると、外界から金属ステム1に伝わってきた雰囲気温度がワイヤを通して温度センサ16に流入する可能性がある。このため、温度センサ16が正確な温度を測定できないおそれがある。そこで、温度センサ16とリードピン2bの間にセラミックブロック17を配置することで、温度セ

50

ンサ 16 に流入する熱量が低減され、温度センサ 16 によって正確な温度を測定することができる。

【0028】

受光素子 15 は光信号を電気信号へ O/E (Optical/Electronic) 変換する。電気信号は接続された導電性ワイヤ 19g を介してリードピン 2e へと伝送される。受光素子 15 を設けることで、金属ステム 1 を貫通するリードピン 2e の数が 1 本増えることになるが、光半導体チップ 14 の背面光の強度をモニタすることができる。このモニタ結果をフィードバックすることで、光出力が一定になるように光半導体チップ 14 の駆動電流を制御することができる。

【0029】

リードピン 2a に入力された電気信号は、導電性接合材 18、信号線路 9、導電性ワイヤ 19a、信号線路 11、導電性ワイヤ 19b を介して、光半導体チップ 14 の変調器に印加される。リードピン 2a に入力された電気信号は金属ステム 1 と電磁的に結合するため、金属ステム 1 は AC グランドとして作用する。金属ステム 1 が AC グランドとして作用するとき、金属ステム 1 に接続された第 1 支持ブロック 4 およびキャップ 20 も AC グランドとなる。同様に、第 1 支持ブロック 4 に接続されたグランド導体 10 および金属ブロック 13 も AC グランドとなる。さらに、グランド導体 10 は導電性ワイヤ 19c を介してグランド導体 12 に接続され、グランド導体 12 が第 2 支持ブロック 6 を介して温度制御モジュール 5 の上側基板 5c に接続される。このため、グランド導体 12、第 2 支持ブロック 6 および温度制御モジュール 5 も AC グランドとして作用する。

【0030】

一般に、金属ステム 1 から温度制御モジュール 5 の上側基板 5c にわたって基準電位を与えることで、帯域内での共振を抑制して周波数応答特性の劣化を抑制する。しかし、実際には基準電位を与える金属ステム 1 から、第 2 支持ブロック 6 および温度制御モジュール 5 の上側基板 5c に到達するまでに、いくつかの構造体および導電性ワイヤを経由する。このため、第 2 支持ブロック 6 および温度制御モジュール 5 の上側基板 5c の電位は、基準電位に対して高くなっていることがある。このとき、特に 20GHz を超える高周波領域において、電位の高い部材から低い部材にパッケージ内の空間を伝播する信号が放出されることがある。具体的には、第 2 支持ブロック 6 または温度制御モジュール 5 の上側基板 5c から、金属ステム 1、金属ステム 1 に直接接合された第 1 支持ブロック 4 またはキャップ 20 に向かって、信号が放出される可能性がある。これにより、共振が生じ、広帯域化が制限されるおそれがある。

【0031】

これに対し本実施の形態 1 では、第 2 支持ブロック 6 とキャップ 20 との間に金属ブロック 13 が設けられる。金属ブロック 13 により、第 2 支持ブロック 6 および温度制御モジュール 5 の上側基板 5c から空間に放出される信号を遮蔽、吸収することができる。従って、共振を抑制し、または、共振が発生する周波数を変化させることができる。従って、高周波特性を向上させることができる。

【0032】

特に本実施の形態では、金属ブロック 13 は、第 2 支持ブロック 6 および温度制御モジュール 5 の上側基板 5c の近傍に配置され、電位が基準電位に限りなく近い第 1 支持ブロック 4 に接続されている。これにより、金属ブロック 13 によって第 2 支持ブロック 6 および温度制御モジュール 5 の上側基板 5c から空間に放出される信号を、有効に遮蔽、吸収することができる。

【0033】

また、第 2 支持ブロック 6 の側面 6c と垂直な方向から見て、金属ブロック 13 は、第 2 支持ブロック 6 のうち第 1 支持ブロック 4 と反対側から突出している。これにより、金属ブロック 13 は、第 2 支持ブロック 6 の背面 6d の広い範囲を覆うことができ、信号を吸収可能な面積を大きく確保できる。従って、共振抑制の効果を高めることができる。なお、金属ブロック 13 が X 軸正方向において、第 2 支持ブロック 6 に対して突出しない配

10

20

30

40

50

置であっても、共振抑制の効果をすることができる。

【0034】

図6は、比較例に係る半導体レーザ光源装置においてキャップ20がある場合とない場合の周波数応答特性を示す図である。ここで、比較例に係る半導体レーザ光源装置は、金属ブロック13が設けられない点で、本実施の形態の半導体レーザ光源装置100と異なる。また図6のデータは、3次元電磁界シミュレーションによるものである。実線81に示されるキャップ20を除外した場合には、破線80に示されるキャップ20を実装した場合と比較して、大きな利得の落ち込みが消失していることが分かる。つまり、利得の落ち込みは、キャップ20との共振によるものであることが分かる。

【0035】

図7は、実施の形態1に係る半導体レーザ光源装置100と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。図8、9は、実施の形態1の変形例に係る半導体レーザ光源装置と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。図7～図9のデータも、3次元電磁界シミュレーションによるものである。図7では、実線82により本実施の形態の特性が示され、破線80により比較例の特性が示されている。図7には、金属ブロック13のX軸方向の長さを第2支持ブロック6のX軸方向の長さより長くして、金属ブロック13が第2支持ブロック6の背面6dを覆う面積を可能な限り大きくした場合のシミュレーション結果が示されている。本実施の形態では、比較例における24GHzおよび37GHzでの大きな利得の落ち込みが消失していることが確認できる。

【0036】

図8の実線83は、本実施の形態よりも金属ブロック13をX軸方向に短尺化した場合のシミュレーション結果を示している。具体的には、第2支持ブロック6の背面6dのうち金属ブロック13に覆われる面積を本実施の形態の50%とした。図9の実線84は、第2支持ブロック6の背面6dのうち金属ブロック13に覆われる面積を本実施の形態の10%とした場合のシミュレーション結果を示している。図8、9に示される変形例のいずれにおいても、37GHzでの大きな利得の落ち込みが消失している。つまり、第2支持ブロック6の背面6dの一部が金属ブロック13から露出する場合も、共振抑制の効果が得られることが分かる。

【0037】

なお、金属ブロック13と第2支持ブロック6は接触していても良い。この場合も、周波数応答特性の改善が可能である。この場合、金属ステム1に流入した外界からの熱が第1支持ブロック4、金属ブロック13を介して、第2支持ブロック6に流入する可能性がある。このため、光半導体チップ14および温度センサ16にも熱が伝わり、温度制御モジュール5による温度制御が困難になる可能性がある。このため、金属ブロック13と第2支持ブロック6は、接触させないことが望ましい。

【0038】

また、信号線路9と接続されるリードピン2aは、金属ステム1の上面からの飛び出したインナーリード部を有する。インナーリード部の長さを短くするほどインダクタンス成分が低減し、インナーリード部における信号の反射による損失を低減できる。このため、通過帯域を広く確保できる。また、信号発生器からの最大電圧振幅を得るために、誘電体基板8の前面に整合抵抗を設けて、光半導体チップ14に並列接続しても良い。また、金属ブロック13は第1支持ブロック4と一体成型されていても良い。

【0039】

上述した変形は、以下の実施の形態に係る半導体レーザ光源装置について適宜応用することができる。なお、以下の実施の形態に係る半導体レーザ光源装置については実施の形態1との共通点が多いので、実施の形態1との相違点を中心に説明する。

【0040】

実施の形態2.

図10は、実施の形態2に係る半導体レーザ光源装置200の背面斜視図である。図1

10

20

30

40

50

1は、実施の形態2に係る半導体レーザ光源装置200の平面図である。図12は、実施の形態2に係る半導体レーザ光源装置200の側面図である。本実施の形態では金属ブロック13に代えて金属板213が設けられている点の実施の形態1と異なる。他の構造は実施の形態1の構造と同様である。

【0041】

金属板213は、第2支持ブロック6の背面6dの少なくとも一部を覆う第1部分213aと、第1部分213aから屈曲し台座部6aの少なくとも一部を覆う第2部分213bを有する。金属板213は、X軸方向から見た断面が例えばL字型である。金属板213は金属ブロック13と比較して薄い。金属板213の第1部分213aと第2部分213bの厚さは例えば0.05mmである。金属板213の第1部分213aと第2部分213bの厚さは0.2mm以下であると良い。実施の形態1と同様に、金属板213は第1支持ブロック4の背面4bに設けられ、第2支持ブロック6と離れている。

10

【0042】

図13は、実施の形態2に係る半導体レーザ光源装置200と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。比較例に係る半導体レーザ光源装置は、金属板213が設けられない点、本実施の形態の半導体レーザ光源装置200と異なる。図13に示されるシミュレーション結果において、実線85で示される本実施の形態の特性では、破線80で示される比較例の特性における24GHzおよび37GHzでの大きな利得の落ち込みが消失していることが確認できる。このように、本実施の形態においても高周波特性を向上させることができる。

20

【0043】

また本実施の形態の金属板213は実施の形態1における金属ブロック13よりも小型である。このため、コストを抑えることができる。

【0044】

実施の形態3.

図14は、実施の形態3に係る半導体レーザ光源装置300の背面斜視図である。図15は、実施の形態3に係る半導体レーザ光源装置300の平面図である。図16は、実施の形態3に係る半導体レーザ光源装置300の側面図である。本実施の形態では金属ブロック13に代えて金属板313が設けられている点の実施の形態1と異なる。他の構造は実施の形態1の構造と同様である。

30

【0045】

金属板313は、X軸方向から見た断面が例えばI字型である。金属板313は金属ブロック13と比較して薄い。金属板313のうち第2支持ブロック6と対向する部分の厚さは例えば0.05mmである。実施の形態1と同様に、金属板313は第1支持ブロック4の背面4bに設けられ、第2支持ブロック6と離れている。

【0046】

図17は、実施の形態3に係る半導体レーザ光源装置300と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。比較例に係る半導体レーザ光源装置は、金属板313が設けられない点、本実施の形態の半導体レーザ光源装置300と異なる。図17に示されるシミュレーション結果において、実線86で示される本実施の形態の特性では、破線80で示される比較例の特性における24GHzおよび37GHzでの大きな利得の落ち込みが消失していることが確認できる。このように、本実施の形態においても高周波特性を向上させることができる。

40

【0047】

また、金属板313は実施の形態2における金属板213よりもさらに小型である。このため、コストをさらに抑えることができる。また、金属板313は、金属ブロック13および金属板213と比較して、半導体レーザ光源装置300内部における空間の占有率が小さい。このため、金属板313が他の部材と干渉しづらく、組立性を向上させることができる。金属板313のうち第2支持ブロック6と対向する部分の厚さが0.2mm以下のとき、特に部材同士の干渉を生じにくくすることができる。

50

【0048】

なお、実施の形態2、3においても実施の形態1と同様に、金属板213、313が、X軸正方向において第2支持ブロック6に対して突出しない配置であっても、共振抑制の効果を得ることができる。また、第2支持ブロック6と金属板313との距離が大きくなるほど、第2支持ブロック6と金属板313との位置関係は、比較例に係る第2支持ブロック6とキャップ20の位置関係に近づく。このため、金属板313は第2支持ブロック6に可能な限り近い方が良い。

【0049】

実施の形態4.

図18は、実施の形態4に係る半導体レーザ光源装置400の背面斜視図である。図19は、実施の形態4に係る半導体レーザ光源装置400の平面図である。図20は、実施の形態4に係る半導体レーザ光源装置400の側面図である。本実施の形態では金属ブロック13に代えて金属ブロック413が設けられている点の実施の形態1と異なる。他の構造は実施の形態1の構造と同様である。

【0050】

金属ブロック413は第1支持ブロック4の上面4cに接続される。金属ブロック413は第1支持ブロック4から第2支持ブロック6の直上に延びる。図19に示されるように、金属ブロック413は、光半導体チップ14からのレーザ光を遮らないように配置される。つまり金属ブロック413は、光半導体チップ14の直上を避けて配置される。また、第2支持ブロック6から放出される信号をより多く吸収するために、金属ブロック413はレーザ光を遮らない範囲で可能な限り大きい方が望ましい。

【0051】

図21は、実施の形態4に係る半導体レーザ光源装置400と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。比較例に係る半導体レーザ光源装置は、金属ブロック413が設けられない点、本実施の形態の半導体レーザ光源装置400と異なる。図21に示されるシミュレーション結果において、実線87で示される本実施の形態の特性では、破線80で示される比較例の特性における24GHzでの大きな利得の落ち込みが消失していることが確認できる。また、本実施の形態では比較例の特性における37GHzの利得落ち込みは消失していないが、落ち込みが軽減されていることが確認できる。このように、本実施の形態においても共振を抑制して、高周波特性を向上させることができる。

【0052】

実施の形態5.

図22は、実施の形態5に係る半導体レーザ光源装置500の背面斜視図である。図23は、実施の形態5に係る半導体レーザ光源装置500の平面図である。図24は、実施の形態5に係る半導体レーザ光源装置500の側面図である。本実施の形態では金属ブロック13に代えて金属ブロック513が設けられている点の実施の形態1と異なる。他の構造は実施の形態1の構造と同様である。金属ブロック513は、第2支持ブロック6の背面6dに設けられている。金属ブロック513は、第1支持ブロック4の背面4bの少なくとも一部を覆う。金属ブロック513と第1支持ブロック4は離れている。

【0053】

図25は、実施の形態5に係る半導体レーザ光源装置500と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。比較例に係る半導体レーザ光源装置は、金属ブロック513が設けられない点、本実施の形態の半導体レーザ光源装置500と異なる。図25に示されるシミュレーション結果において、実線88で示される本実施の形態の特性では、破線80で示される比較例の特性における37GHzでの大きな利得の落ち込みが消失していることが確認できる。このように、本実施の形態においても高周波特性を向上させることができる。

【0054】

本実施の形態では、共振の原因となっている第2支持ブロック6とキャップ20との距

10

20

30

40

50

離が、金属ブロック 5 1 3 によって変化しているとみなすことができる。このため、実施の形態 1 と同様に、共振抑制の効果を得ることができる。

【0055】

また、金属ブロック 5 1 3 は、第 1 支持ブロック 4 の背面 4 b と対向する。これにより第 2 支持ブロック 6 および金属ブロック 5 1 3 と、基準電位に近い第 1 支持ブロック 4 との距離を近づけることができる。第 2 支持ブロック 6 から空間に放出される信号は基準電位に引き寄せられる。このため、本実施の形態の配置によれば、第 2 支持ブロック 6 から放出される信号を第 1 支持ブロック 4 に吸収させやすくすることができる。つまり、第 2 支持ブロック 6 からキャップ 2 0 に放出される信号を低減でき、共振を抑制できる。

【0056】

また、信号の放出源である金属ブロック 5 1 3 または第 2 支持ブロックと、グランドとなる第 1 支持ブロック 4 と、両者の間の空気とは、コンデンサを構成するとみなすことができる。このため、金属ブロック 5 1 3 と第 1 支持ブロック 4 とを可能な限り近づけることで、共振の原因となる容量成分を小さくすることができる。

【0057】

実施の形態 6 .

図 2 6 は、実施の形態 6 に係る半導体レーザ光源装置 6 0 0 の背面斜視図である。本実施の形態では金属ブロック 1 3 に代えて金属ブロック 6 1 3 が設けられている点が実施の形態 1 と異なる。他の構造は実施の形態 1 の構造と同様である。金属ブロック 6 1 3 は金属ステム 1 の主面 1 a に設けられている。金属ブロック 6 1 3 は、第 2 支持ブロック 6 に対して第 1 支持ブロック 4 と反対側に設けられる。金属ブロック 6 1 3 は、第 2 支持ブロック 6 と離れている。

【0058】

図 2 7 は、実施の形態 6 に係る半導体レーザ光源装置 6 0 0 と比較例に係る半導体レーザ光源装置の周波数応答特性を示す図である。比較例に係る半導体レーザ光源装置は、金属ブロック 6 1 3 が設けられない点で、本実施の形態の半導体レーザ光源装置 6 0 0 と異なる。図 2 7 に示されるシミュレーション結果において、実線 8 9 で示される本実施の形態の特性では、破線 8 0 で示される比較例の特性における 2 4 G H z および 3 7 G H z での利得の落ち込みが高帯域側に移動している。つまり、本実施の形態では周波数応答特性が広帯域化していることが確認できる。このように、本実施の形態においても共振を抑制して高周波特性を向上させることができる。

【0059】

実施の形態 1 ～ 6 で示した金属ブロックの配置および形状は一例であり限定されない。第 2 支持ブロック 6 からは全方向に信号が放出されている。このため、第 2 支持ブロック 6 に対して、何れの方向に金属ブロックを設置しても、共振を抑制する効果を得ることができる。

【0060】

各実施の形態で説明した技術的特徴は適宜に組み合わせて用いても良い。

【符号の説明】

【0061】

1 金属ステム、1 a 主面、2 リードピン、2 a ～ 2 e リードピン、3 ガラス、4 第 1 支持ブロック、4 a 側面、4 b 背面、4 c 上面、5 温度制御モジュール、5 a 熱電素子、5 b 下側基板、5 c 上側基板、5 d メタライズ、6 第 2 支持ブロック、6 a 台座部、6 b 側壁部、6 c 側面、6 d 背面、7 誘電体基板、8 誘電体基板、9 信号線路、1 0 グランド導体、1 1 信号線路、1 2 グランド導体、1 3 金属ブロック、1 4 光半導体チップ、1 5 受光素子、1 6 温度センサ、1 7 セラミックブロック、1 8 導電性接合材、1 9 a ～ 1 9 g 導電性ワイヤ、2 0 キャップ、2 1 レンズ、1 0 0 半導体レーザ光源装置、2 0 0 半導体レーザ光源装置、2 1 3 金属板、2 1 3 a 第 1 部分、2 1 3 b 第 2 部分、3 0 0 半導体レーザ光源装置、3 1 3 金属板、4 0 0 半導体レーザ光源装置、4 1 3 金属ブロック、5 0 0 半導体レーザ光源装

10

20

30

40

50

置、513 金属ブロック、600 半導体レーザ光源装置、613 金属ブロック

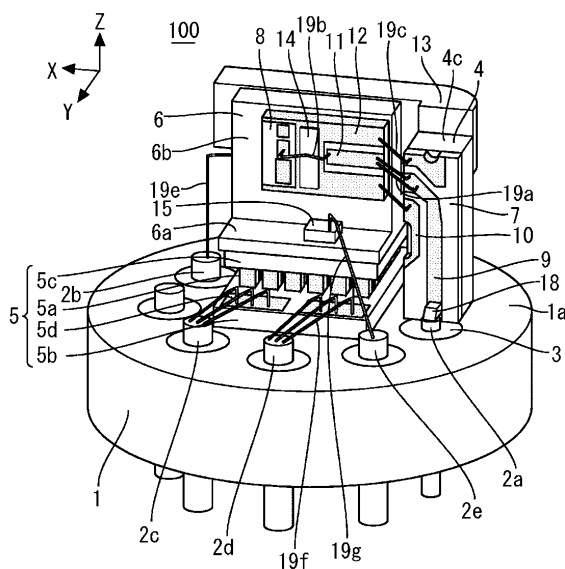
【要約】

本開示に係る半導体レーザ光源装置は、金属ステムと、前記金属ステムの主面に設けられた導電性の第1支持ブロックと、上面と、前記上面と反対側の裏面と、を有し、前記裏面が前記金属ステムの前記主面に設けられた温度制御モジュールと、前記温度制御モジュールの前記上面に設けられた導電性の第2支持ブロックと、前記第1支持ブロックの第1側面に設けられ、信号線路が形成された第1基板と、前記第2支持ブロックの第2側面に設けられ、信号線路が形成された第2基板と、前記第2基板に設けられた光半導体チップと、前記金属ステムの前記主面に設けられ、前記第1支持ブロックと前記温度制御モジュールと前記第2支持ブロックと前記第1基板と前記第2基板と前記光半導体チップとを覆う導電性のキャップと、前記第2支持ブロックと前記キャップとの間に設けられた金属ブロックと、を備える。

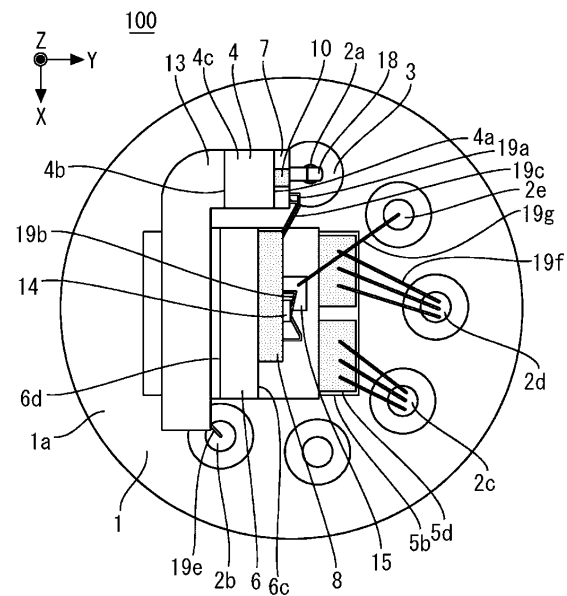
10

【図面】

【図1】



【図2】



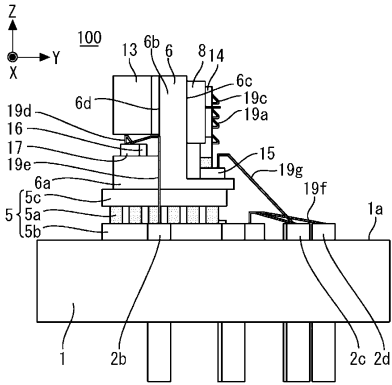
20

30

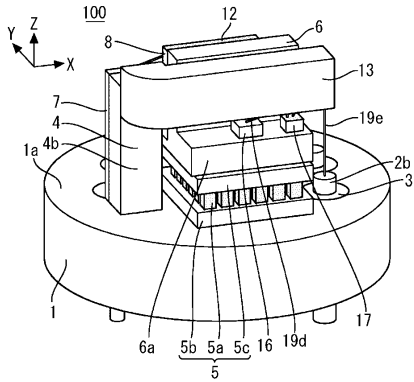
40

50

【図 3】

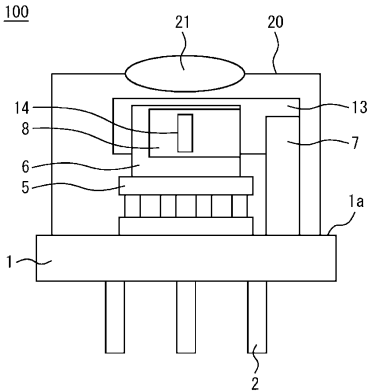


【図 4】

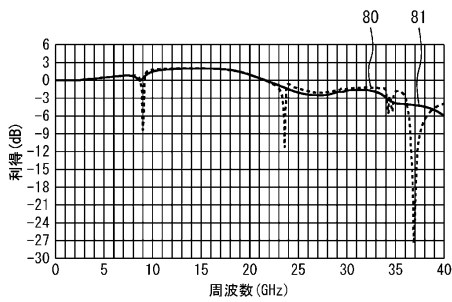


10

【図 5】

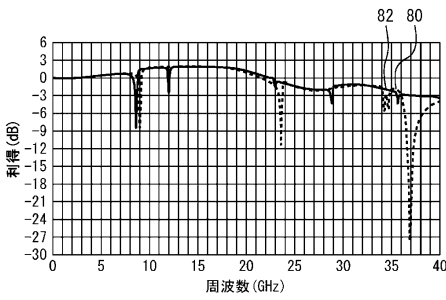


【図 6】

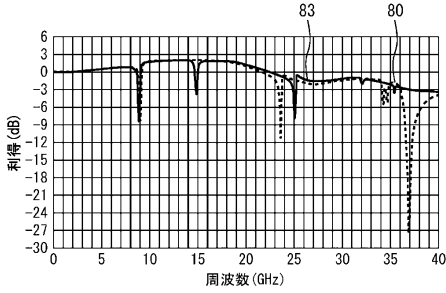


20

【図 7】



【図 8】

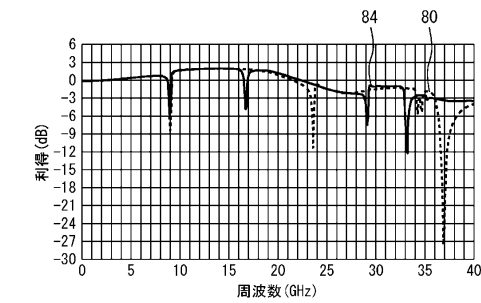


30

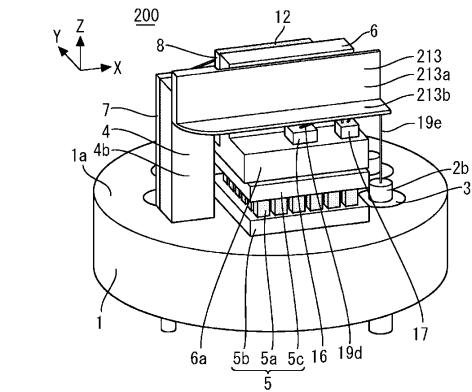
40

50

【図 9】

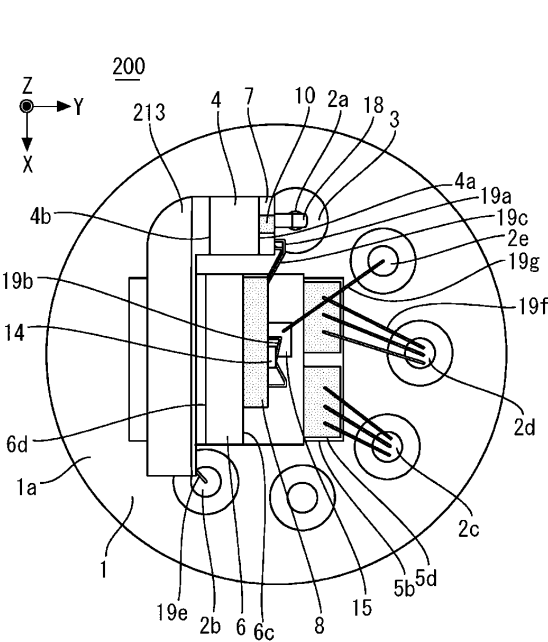


【図 10】

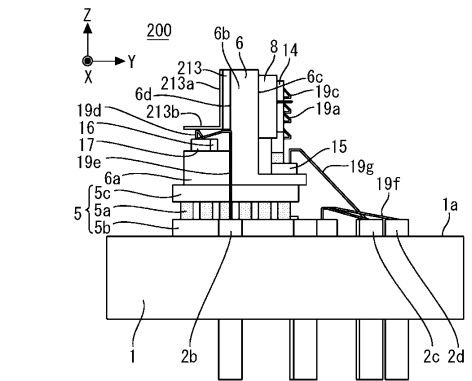


10

【図 11】



【図 12】



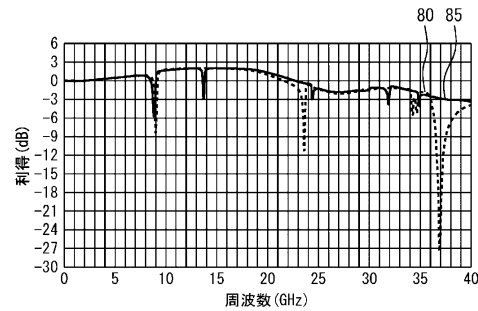
20

30

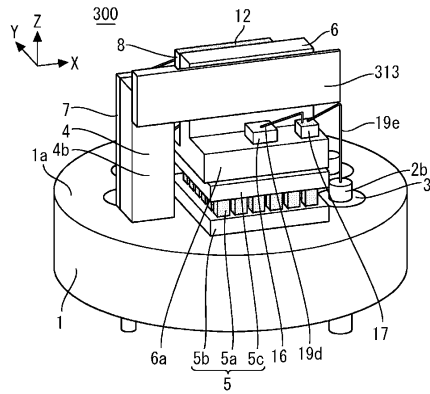
40

50

【図 13】

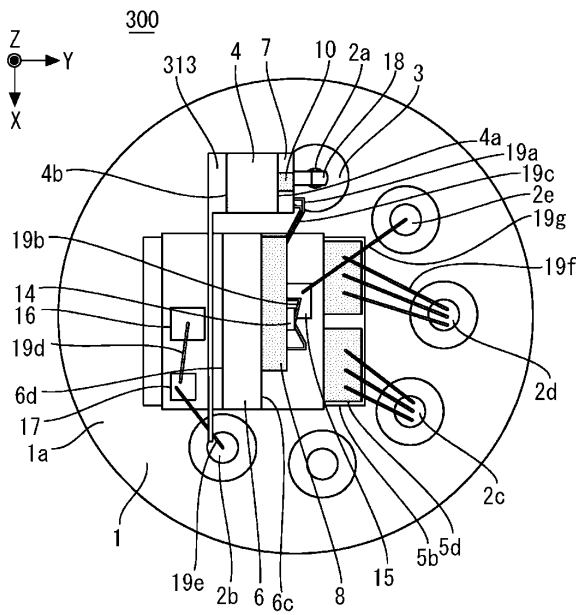


【図 14】

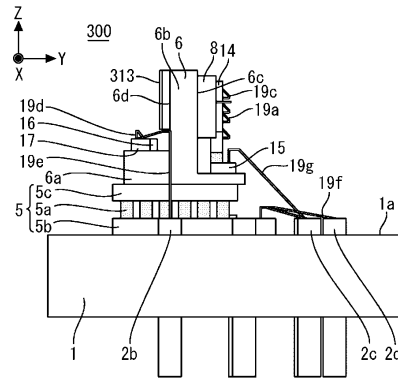


10

【図 15】



【図 16】



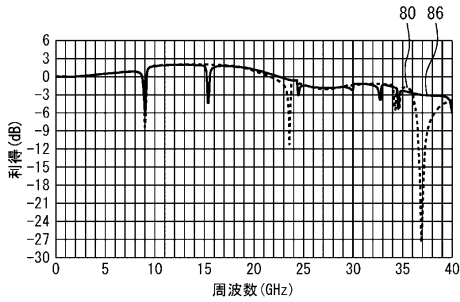
20

30

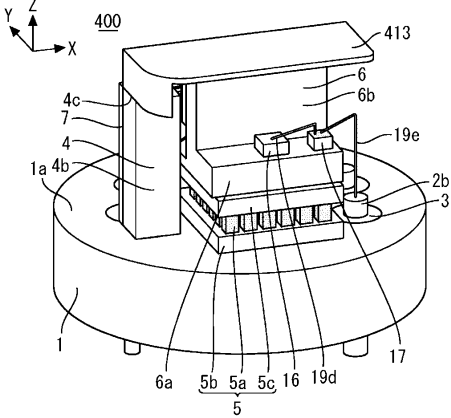
40

50

【図 17】

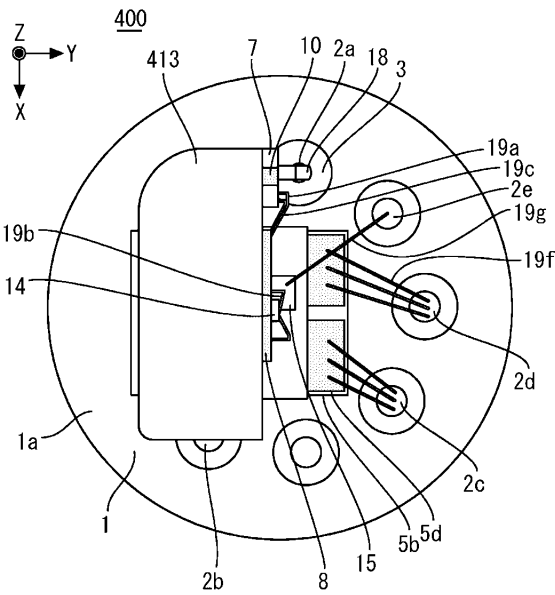


【図 18】

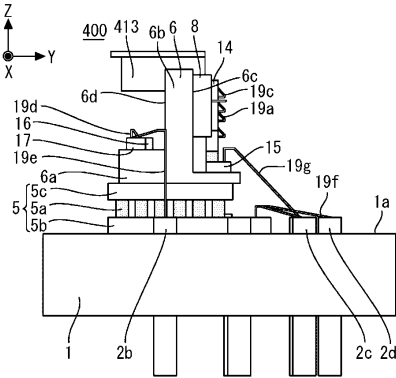


10

【図 19】



【図 20】



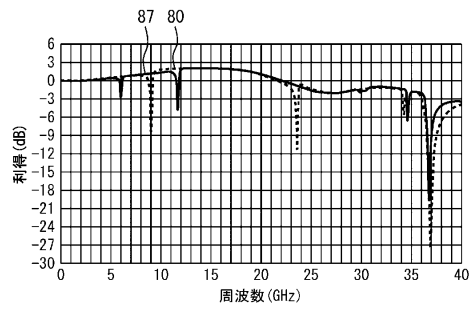
20

30

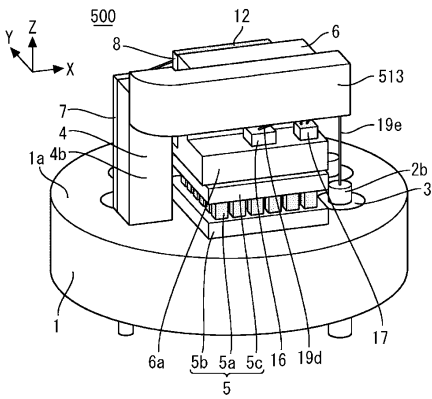
40

50

【図 2 1】

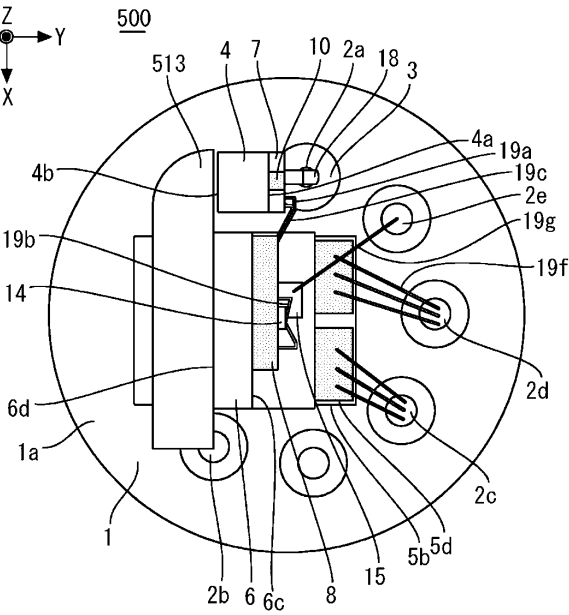


【図 2 2】

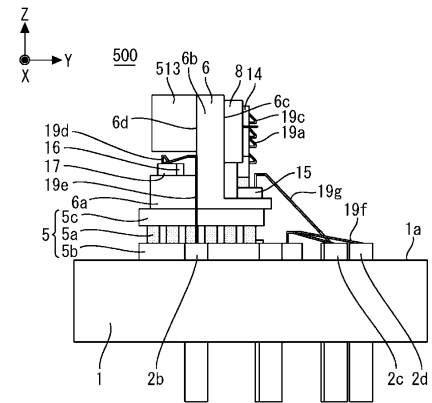


10

【図 2 3】



【図 2 4】



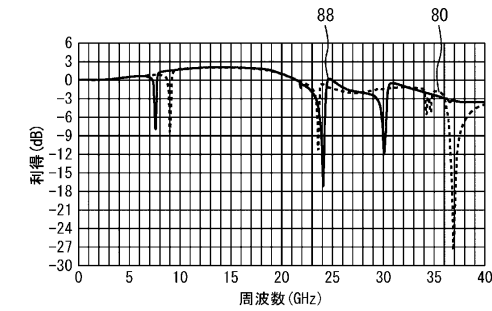
20

30

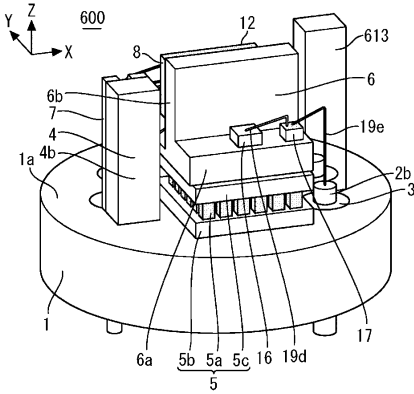
40

50

【図 2 5】

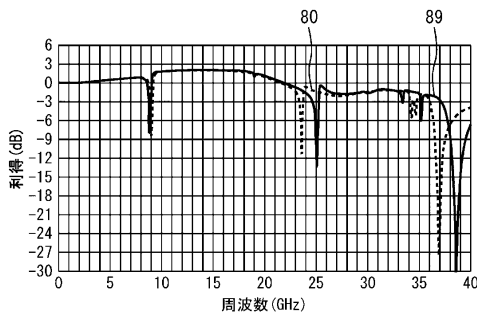


【図 2 6】



10

【図 2 7】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2021-044331 (JP, A)
米国特許出願公開第 2020/0301083 (US, A1)
特許第 6984801 (JP, B1)
特開 2004-095736 (JP, A)
特開 2011-197360 (JP, A)
国際公開第 2017/188269 (WO, A1)
米国特許出願公開第 2020/0295528 (US, A1)
特開 2001-015793 (JP, A)
特開 2003-198036 (JP, A)
特開 2011-108938 (JP, A)
国際公開第 2010/140473 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01S 5/00-5/50
G02B 6/42
H04B 10/40