

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年8月31日(31.08.2017)

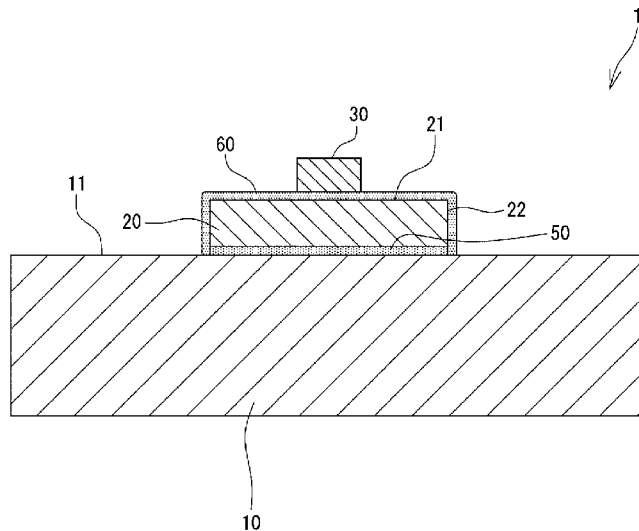


(10) 国際公開番号
WO 2017/145987 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/022 (2006.01) H01S 5/024 (2006.01)
H01L 23/40 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/006140
 - (22) 国際出願日: 2017年2月20日(20.02.2017)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (30) 優先権データ:
特願 2016-033875 2016年2月25日(25.02.2016) JP
 - (71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.)
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場一丁目5番
1号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: 貝渕 良和 (KAIFUCHI Yoshikazu); 〒
2858550 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式
会社フジクラ佐倉事業所内 Chiba (JP).
 - (74) 代理人: 森 友宏 (MORI Tomohiro); 〒1010047 東
京都千代田区内神田1-17-1 M I I I ビ
ル6階 アペリオ国際特許事務所 Tokyo (JP).
 - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC,
LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG,
PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

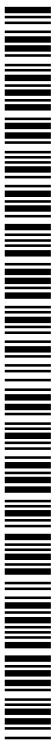
(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER MODULE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 半導体レーザモジュール及びその製造方法



(57) Abstract: A semiconductor laser module 1 is provided with: a conductive heatsink 10; a submount 20 disposed above the heat-sink 10; a semiconductor laser element 30 disposed above the submount 20; a lower-side solder layer 50 disposed between the heat-sink 10 and the submount 20; and an upper-side solder layer 60 electrically connected to the semiconductor laser element 30 and the heatsink 10. The upper-side solder layer 60 has electrical resistivity lower than that of the submount 20 and extends to the heatsink 10 along surfaces 21 and 22 of the submount 20.

(57) 要約: 半導体レーザモジュール 1 は、導電性を有するヒートシンク 10 と、ヒートシンク 10 の上方に配置されるサブマウント 20 と、サブマウント 20 の上方に配置される半導体レーザ素子 30 と、ヒートシンク 10 とサブマウント 20 との間に配置される下側はんだ層 50 と、半導体レーザ素子 30 及びヒートシンク 10 に電氣的に接続される上側はんだ層 60 とを備えている。この上側はんだ層 60 は、サブマウント 20 の電気抵抗率よりも低い電気抵抗率を有しており、サブマウント 20 の表面 21, 22 に沿ってヒートシンク 10 まで延びている。



WO 2017/145987 A1

明 細 書

発明の名称：半導体レーザモジュール及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、半導体レーザモジュール及びその製造方法に係り、特にサブマウントを有する半導体レーザモジュール及びその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、半導体レーザを励起光源とし、希土類添加ファイバを増幅媒質として用いるファイバレーザの研究開発が進んでいる。このようなファイバレーザの励起光源としては、例えばガリウムヒ素（GaAs）系の材料からなる高出力の半導体レーザダイオード（LD）が用いられる。近年では、ファイバレーザの高出力化が進んでおり、これに伴ってレーザダイオードの高出力化も強く求められている。例えば、1つのレーザダイオードチップに対して10Wを超える出力が要求されたり、場合によっては20W近い出力が要求されたりしている。

[0003] このようなレーザダイオードの高出力化に伴って、レーザダイオードからの発熱量も大きくなっており、レーザダイオード自身の発熱でレーザダイオードの特性が悪化してしまうことが問題となっている。例えば、15Wで出力しているときのレーザダイオードの電気-光変換効率が60%であると仮定すると、レーザダイオードから10Wもの熱量が発生することとなる。

[0004] 一般的に、レーザダイオードはサブマウントと呼ばれる板材の上に実装され、サブマウントと一体となったモジュールの形態で使用される。したがって、上述したレーザダイオードの高出力化に伴う発熱によってレーザダイオードの特性が悪化することを避けるためには、熱伝導率が高く放熱性の高いサブマウントが必要とされる。

[0005] また、レーザダイオードの熱膨張係数とサブマウントの熱膨張係数との差が大きいと、レーザダイオードをサブマウントに実装する際の熱履歴によっ

て応力が生じてレーザダイオードの特性が悪化するおそれがある。したがって、レーザダイオードの熱膨張係数に近い熱膨張係数を有する材料でサブマウントを構成することも求められている。

[0006] 一般的に、レーザダイオードの底面にはサブマウントに接続される電極が形成されており、レーザダイオードへの通電はサブマウントを介して行われる。したがって、より効率よく高い出力を得るためには、サブマウントの放熱性を高めるだけではなく、サブマウントの電気抵抗値を低くする必要もある。

[0007] このように、レーザダイオードの高出力化に伴い、レーザダイオードが実装されるサブマウントには、(1) 高い放熱性と、(2) レーザダイオードに近い熱膨張係数と、(3) 電気抵抗の低減とが求められている。

[0008] しかしながら、上述した3つの要求を同時に満たすことのできる材料を見つけ出すことは難しい。例えば、一般的に放熱性の高い材料であるセラミックスなどをサブマウントの材料として用いれば、高い放熱性を実現することができるが、セラミックスは絶縁体であり、サブマウントの電気抵抗が非常に高くなってしまう。

[0009] また、特許文献1には、サブマウントの材料としてシリコンを用いることが開示されている(例えば、段落[0024]参照)。このようにシリコンを用いることでサブマウントの電気抵抗を低くすることができるが、シリコンの熱伝導率は 150 W/mK とあまり高くないため、高い放熱性を実現することができない。

[0010] さらに、特許文献2には、レーザチップの直下に配置するサブマウントの材料としてCuWを用いる実施形態が開示されている(段落[0028]、[0029]、図7参照)。CuWは、電気抵抗率が $10^{-8}\Omega\text{m}$ と低く、熱伝導率が 170 W/mK とシリコンよりも高いうえに、熱膨張係数も約 6.5 ppm/K と半導体レーザダイオードの材料としても用いられるガリウムヒ素の熱膨張係数(約 5.9 ppm/K)に近いため、高出力半導体レーザ用のサブマウントの材料として広く用いられている。しかしながら、 20 W を

超える出力となると、CuWよりも高い放熱性を有する材料が求められる。

[0011] この特許文献2には、サブマウントの放熱性を向上させるために、ダイヤモンドサブマウントや炭化シリコン(SiC)サブマウントなどを積層する実施形態が開示されている。しかしながら、これらのサブマウントは、電気抵抗率が高く(例えば $10^{-4}\Omega\text{m}$)、これらのサブマウントを介してレーザダイオードに通電すると、レーザモジュール全体の電気抵抗値が高くなり、効率の良い光出力を得ることができない。

[0012] また、特許文献3には、サブマウントとして気相成長ダイヤモンドやcBN(立方晶窒化ホウ素)を用いる実施形態が開示されている(段落[0055]~[0057]、図7参照)。しかしながら、気相成長ダイヤモンドとcBNのいずれも電気抵抗率が高く、これらの材料からなるサブマウントでは、特許文献2のサブマウントと同様にレーザモジュール全体の電気抵抗値が高くなり、効率の良い光出力を得ることができない。

先行技術文献

特許文献

[0013] 特許文献1：特開2005-026333号公報

特許文献2：特開平11-307875号公報

特許文献3：特開平7-176820号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] 本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、効率の良い出力特性を維持することができる半導体レーザモジュールを提供することを第1の目的とする。

[0015] また、本発明は、効率の良い出力特性を維持することができる半導体レーザモジュールを簡単な工程で製造することができる半導体レーザモジュールの製造方法を提供することを第2の目的とする。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明の第1の態様によれば、電気抵抗値の低減と放熱性の向上とを両立することにより良好な出力特性を維持することができる半導体レーザモジュールが提供される。この半導体レーザモジュールは、導電性を有するヒートシンクと、上記ヒートシンクの上方に配置されるサブマウントと、上記サブマウントの上方に配置される半導体レーザ素子と、上記半導体レーザ素子と上記ヒートシンクとに電氣的に接続される導電部とを備えている。この導電部は、上記サブマウントの表面に沿って上記ヒートシンクまで延び、上記サブマウントの電気抵抗値よりも低い電気抵抗率を有している。

[0017] このように、導電部の電気抵抗率がサブマウントの電気抵抗率よりも低いので、半導体レーザ素子に供給される電流は、ヒートシンクから導電部を通過して半導体レーザ素子に流れる。したがって、サブマウントの電気抵抗率を低くする必要がなく、電気抵抗率の低い材料を使用しなくてもよい。このため、高い放熱性に着目してサブマウントの材料を選択することができる。このように放熱性の高い材料をサブマウントに選択することにより、半導体レーザ素子で発生した熱は、サブマウントを介してヒートシンクに伝達され、ヒートシンクにより放熱される。本発明によれば、半導体レーザ素子とヒートシンクとの間の電流の経路と熱の経路とを別々にすることができるので、半導体レーザモジュール全体としての電気抵抗値を低減することが可能となり、効率の良い出力特性を維持することができる。

[0018] また、半導体レーザ素子の放熱性を向上し、出力特性の悪化を防止するためには、上記サブマウントの熱伝導率が上記導電部の熱伝導率よりも高いことが好ましい。

[0019] 上記半導体レーザ素子から上記サブマウントの表面に沿って上記ヒートシンクまで延びる上側はんだ層により上記導電部を形成してもよい。この場合において、上記サブマウントの上面の縁部の少なくとも一部を丸めてもよく、あるいは面取りしてもよい。

[0020] 上記導電部は、上記半導体レーザ素子と電氣的に接続される上側はんだ層と、上記サブマウントと上記ヒートシンクとの間に形成された下側はんだ層

と、上記サブマウントの少なくとも側面に形成され、上記上側はんだ層と上記下側はんだ層とを電氣的に接続するめっき層とを含んでいてもよい。

[0021] あるいは、上記導電部は、上記半導体レーザ素子と電氣的に接続される上側はんだ層と、上記上側はんだ層と上記ヒートシンクとを電氣的に接続する補助導電層とを含んでいてもよい。この場合において、上記補助導電層の融点は上記上側はんだ層の融点よりも低いことが好ましい。

[0022] 本発明の第2の態様によれば、効率の良い出力特性を維持することができる半導体レーザモジュールを簡単な工程で製造することができる半導体レーザモジュールの製造方法が提供される。この方法は、導電性を有するヒートシンクと、上記ヒートシンクの上方に配置されるサブマウントと、上記サブマウントの上方に配置される半導体レーザ素子とを有する半導体レーザモジュールを製造するために用いられる。この方法では、上記サブマウントの電気抵抗率よりも低い電気抵抗率を有する導電部を、上記半導体レーザ素子から上記サブマウントの表面に沿って上記ヒートシンクまで延びるように形成して上記半導体レーザ素子と上記ヒートシンクとを電氣的に接続する。

[0023] このように、サブマウントの電気抵抗率よりも低い電気抵抗を有する導電部を、半導体レーザ素子からサブマウントの表面に沿ってヒートシンクまで延びるように形成するため、半導体レーザ素子に供給される電流は、ヒートシンクから導電部を通して半導体レーザ素子に流れることとなる。したがって、サブマウントの電気抵抗率を低くする必要がなく、電気抵抗率の低い材料を使用しなくてもよい。このため、高い放熱性に着目してサブマウントの材料を選択することができる。このように放熱性の高い材料をサブマウントに選択することにより、半導体レーザ素子で発生した熱は、サブマウントを介してヒートシンクに伝達され、ヒートシンクにより放熱される。本発明により製造された半導体レーザモジュールでは、半導体レーザ素子とヒートシンクとの間の電流の経路と熱の経路とを別々にすることができるので、半導体レーザモジュール全体としての電気抵抗値を低減することが可能となる。したがって、効率の良い出力特性を維持することができる半導体レーザモジ

ジュールを簡単な工程で製造することができる。

[0024] 上記導電部の形成は、上記半導体レーザ素子に接続される上側はんだ層を上記サブマウント上に形成し、上記上側はんだ層を加熱しつつ上記半導体レーザ素子を上記サブマウントに対して押圧して、加熱により溶融した上記上側はんだ層を上記サブマウントの下端まで流すことにより行ってもよい。この場合において、上記上側はんだ層の加熱は、上記ヒートシンクを加熱することにより行ってもよい。また、上側はんだ層をサブマウントの下端まで流れ落ちやすくするためには、上記サブマウントの上面の縁部の少なくとも一部を丸める又は面取りすることが好ましい。

[0025] 上記導電部の形成は、上記ヒートシンクと上記サブマウントとの間に下側はんだ層を形成し、上記サブマウントの少なくとも側面にめっき層を形成し、上記めっき層が上記下側はんだ層に電氣的に接続されるように上記サブマウントを上記下側はんだ層上に配置し、上記めっき層と上記半導体レーザ素子とに電氣的に接続される上側はんだ層を形成することにより行ってもよい。

[0026] あるいは、上記導電部の形成は、上記ヒートシンクと上記サブマウントとの間に下側はんだ層を形成し、上記半導体レーザ素子と電氣的に接続される上側はんだ層を上記サブマウント上に形成し、上記上側はんだ層と上記ヒートシンクとを電氣的に接続する補助導電層を形成することにより行ってもよい。この場合において、上記補助導電層の融点が上記上側はんだ層の融点よりも低いことが好ましい。

発明の効果

[0027] 本発明によれば、導電部の電気抵抗率がサブマウントの電気抵抗率よりも低いので、半導体レーザ素子に供給される電流は、ヒートシンクから導電部を通して半導体レーザ素子に流れる。したがって、サブマウントの電気抵抗率を低くする必要がなく、電気抵抗率の低い材料を使用しなくてもよい。このため、高い放熱性に着目してサブマウントの材料を選択することができる。このように放熱性の高い材料をサブマウントに選択することにより、半導

体レーザ素子で発生した熱は、サブマウントを介してヒートシンクに伝達され、ヒートシンクにより放熱される。本発明によれば、半導体レーザ素子とヒートシンクとの間の電流の経路と熱の経路とを別々にすることができるので、半導体レーザモジュール全体としての電気抵抗値を低減することが可能となり、効率の良い出力特性を維持することができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]図1は、本発明の第1の実施形態における半導体レーザモジュールを模式的に示す斜視図である。

[図2]図2は、図1の半導体レーザモジュールの断面図である。

[図3]図3は図2の半導体レーザモジュールにおける電流と熱の経路を示す模式図である。

[図4A]図4Aは、図1の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図である。

[図4B]図4Bは、図1の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図である。

[図4C]図4Cは、図1の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図である。

[図4D]図4Dは、図1の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図である。

[図4E]図4Eは、図1の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図である。

[図4F]図4Fは、図1の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図である。

[図5]図5は、本発明の第2の実施形態における半導体レーザモジュールを模式的に示す断面図である。

[図6]図6は、本発明の第3の実施形態における半導体レーザモジュールを模式的に示す断面図である。

[図7A]図7Aは、図6の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図で

ある。

[図7B]図7Bは、図6の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図である。

[図7C]図7Cは、図6の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図である。

[図7D]図7Dは、図6の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図である。

[図8]図8は、本発明の第4の実施形態における半導体レーザモジュールを模式的に示す断面図である。

[図9A]図9Aは、図8の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図である。

[図9B]図9Bは、図8の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図である。

[図9C]図9Cは、図8の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図である。

[図9D]図9Dは、図8の半導体レーザモジュールの製造工程を示す断面図である。

[図10]図10は、本発明の他の実施形態における半導体レーザモジュールを模式的に示す斜視図である。

[図11]図11は、比較例1及び比較例2に係る半導体レーザモジュールを模式的に示す断面図である。

[図12]図12は、実施例1と比較例1に係る半導体レーザモジュールに流れる電流とその光出力との関係を示すグラフである。

[図13]図13は、実施例1と比較例1に係る半導体レーザモジュールに流れる電流と動作電圧との関係を示すグラフである。

[図14]図14は、実施例1と比較例2に係る半導体レーザモジュールに流れる電流とその光出力との関係を示すグラフである。

[図15]図15は、実施例1と比較例2に係る半導体レーザモジュールに流れ

る電流と動作電圧との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0029] 以下、本発明に係る半導体レーザモジュールの実施形態について図1から図15を参照して詳細に説明する。なお、図1から図15において、同一又は相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。また、図1から図15においては、各構成要素の縮尺や寸法が誇張されて示されている場合や一部の構成要素が省略されている場合がある。

[0030] 図1は、本発明の第1の実施形態における半導体レーザモジュール1を模式的に示す斜視図である。図1に示すように、本実施形態における半導体レーザモジュール1は、例えば銅などの熱伝導率が高く導電性を有する材料からなるヒートシンク10と、ヒートシンク10上に配置されるサブマウント20と、サブマウント20上に実装される半導体レーザ素子（レーザダイオード）30と、半導体レーザ素子30とリード（図示せず）とを接続し、半導体レーザ素子30からの電流が流れるボンディングワイヤ40とを有している。半導体レーザ素子30は、例えばガリウムヒ素（GaAs）からなる高出力の半導体レーザダイオードにより構成される。サブマウント20は、例えば銅-ダイヤモンド複合材料（CuC）により構成される。この銅-ダイヤモンド複合材料は、Cuの中にダイヤモンド塊が分散したものであり、その熱膨張係数は約6.0ppm/Kである。なお、本実施形態では、ヒートシンク10は接地されている。

[0031] 図2は、図1の半導体レーザモジュール1の断面図である。図2に示すように、サブマウント20とヒートシンク10との間には、例えばAu-Snはんだからなる下側はんだ層50が形成されている。また、半導体レーザ素子30とサブマウント20との間には、例えばAu-Snはんだからなる上側はんだ層60が形成されている。この上側はんだ層60は、半導体レーザ素子30とサブマウント20との間からサブマウント20の表面に沿ってヒートシンク10の上面11まで延びている。換言すれば、上側はんだ層60は、サブマウント20の上面21と側面22を覆うように形成されている。

半導体レーザ素子30の底面には電極（図示せず）が形成されており、上側はんだ層60によって半導体レーザ素子30の電極とヒートシンク10とが互いに電氣的に接続される。このように、本実施形態における上側はんだ層60は、半導体レーザ素子30からサブマウント20の表面（上面21及び側面22）に沿ってヒートシンク10まで延びる導電部を構成している。なお、この導電部は、半導体レーザ素子30の電極と電氣的に接続されていれば、半導体レーザ素子30とサブマウント20との間に存在していなくてもよい。

[0032] ここで、サブマウント20及び上側はんだ層60の材料は、サブマウント20の熱伝導率が上側はんだ層60の熱伝導率よりも高く、上側はんだ層60の電気抵抗率がサブマウント20の電気抵抗率よりも低くなるように選択される。本実施形態では、上述したように、サブマウント20の材料として銅-ダイヤモンド複合材料を用い、上側はんだ層60の材料としてAu-Snはんだを用いる。

[0033] このように、上側はんだ層60の電気抵抗率がサブマウント20の電気抵抗率よりも低いので、図3に示すように、半導体レーザ素子30に供給される電流は、ヒートシンク10から上側はんだ層60を通して半導体レーザ素子30に流れる。このため、上述したように、サブマウント20として熱伝導率の高い材料を用いることができ、電気抵抗率の低い材料を選択する必要がない。例えば、熱伝導率が高ければ電氣的絶縁体であってもサブマウント20として用いることができる。

[0034] このように、サブマウント20の熱伝導率を上側はんだ層60の熱伝導率よりも高くすることができるので、半導体レーザ素子30で発生した熱は、サブマウント20を介してヒートシンク10に伝達され、ヒートシンク10により放熱される。このため、半導体レーザ素子30とヒートシンク10との間の電流の経路と熱の経路とを別々にすることができ、半導体レーザモジュール1全体としての電気抵抗値を低減しつつ、放熱性を向上することが可能となる。したがって、半導体レーザ素子30の出力特性の悪化を防止する

ことができ、効率の良い出力特性を維持することができる。

[0035] 次に、このような半導体レーザモジュール1の製造方法について図4Aから図4Fを参照して説明する。まず、図4Aに示すように、ヒートシンク10の上面11の所定のサブマウント領域に例えばAu-Snはんだからなる下側はんだ層50を蒸着する。そして、図4Bに示すように、ヒートシンク10上の下側はんだ層50の上にサブマウント20を配置する。

[0036] 次に、図4Cに示すように、サブマウント20の上面21の所定の素子領域に例えばAu-Snはんだからなる上側はんだ層60を蒸着する。このときの上側はんだ層60の厚さは、図2に示す完成時の厚さよりも厚くなっている。そして、図4Dに示すように、この上側はんだ層60上に半導体レーザ素子30を配置する。このとき半導体レーザ素子30の底面の電極（図示せず）が上側はんだ層60に接触するように半導体レーザ素子30を配置する。

[0037] 次に、図4Eに示すように、ヒートシンク10を加熱することによって下側はんだ層50を加熱するとともに、サブマウント20を介して上側はんだ層60を加熱する。この加熱により下側はんだ層50及び上側はんだ層60を溶融させる。このとき、半導体レーザ素子30をサブマウント20に対して押圧して、下側はんだ層50によってサブマウント20をヒートシンク10に固定し、上側はんだ層60によって半導体レーザ素子30をサブマウント20に固定する。

[0038] ここで、半導体レーザ素子30をサブマウント20に対して押圧すると、図4Fに示すように、溶融した上側はんだ層60が周囲に広がり、サブマウント20の表面（上面21及び側面22）を伝って流れ落ちる。最終的に、溶融した上側はんだ層60は、サブマウント20の下端、すなわちヒートシンク10の上面11まで流れ落ちる。この流れ落ちた上側はんだ層60によって、半導体レーザ素子30からサブマウント20の表面（上面21及び側面22）に沿ってヒートシンク10まで延びる導電部が形成されることとなる。これにより、図1に示すような半導体レーザモジュール1が完成する。

[0039] 図4Aから図4Fに示す例では、下側はんだ層50と上側はんだ層60とを同時に加熱することにより、サブマウント20に対する半導体レーザ素子30の固定と、ヒートシンク10に対するサブマウント20の固定とを同時に行っているが、サブマウント20をヒートシンク10に固定した後に、半導体レーザ素子30をサブマウント20に固定してもよい。

[0040] あるいは、半導体レーザ素子30をサブマウント20に固定した後に、これらをヒートシンク10に固定してもよい。この場合には、まず、サブマウント20上に蒸着した上側はんだ層60上に半導体レーザ素子30を配置し、上側はんだ層60を加熱して溶融する。半導体レーザ素子30をサブマウント20に対して押圧して、溶融した上側はんだ層60をサブマウント20の表面（上面21及び側面22）に沿ってサブマウント20の下端まで流し、この状態で半導体レーザ素子30とサブマウント20とを固定する。その後、ヒートシンク10上に蒸着した下側はんだ層50上にサブマウント20及び半導体レーザ素子30を配置し、下側はんだ層50を加熱することでヒートシンク10とサブマウント20とを固定する。この場合には、下側はんだ層50の融点は上側はんだ層60の融点よりも低いことが好ましい。

[0041] 図5は、本発明の第2の実施形態における半導体レーザモジュール101を模式的に示す断面図である。本実施形態では、サブマウント20の上面21の縁部23が丸められている。このように、サブマウント20の上面21の縁部23を丸めることにより、サブマウント20上で溶融したはんだ層が上面21から側面22に流れ落ちやすくなるので、上側はんだ層60により導電部を形成することがより容易になる。なお、図5では、サブマウント20の上面21の縁部23の全体が丸められているように示されているが、サブマウント20の上面21の縁部23の少なくとも一部を丸めることとしてもよい。また、サブマウント20の上面21の縁部23の少なくとも一部を面取りしても同様の効果が得られる。

[0042] 図6は、本発明の第3の実施形態における半導体レーザモジュール201を模式的に示す断面図である。図6に示すように、本実施形態における半導

体レーザモジュール201は、例えば銅-ダイヤモンド複合材料により構成されるサブマウント220を有している。このサブマウント220の上面及び側面には例えばNi/Auめっきが施され、めっき層221が形成されている。

[0043] 半導体レーザ素子30とサブマウント220の間には、例えばAu-Snはんだからなる上側はんだ層260が形成されている。第1の実施形態の上側はんだ層60とは異なり、この上側はんだ層260は、サブマウント220の上面にのみ形成されており、ヒートシンク10の上面11まで延びていない。

[0044] 上側はんだ層260はサブマウント220のめっき層221と電氣的に接続されており、サブマウント220のめっき層221はヒートシンク10上に形成された下側はんだ層50と電氣的に接続される。したがって、本実施形態における上側はんだ層260、サブマウント220のめっき層221、及び下側はんだ層50は、半導体レーザ素子30からサブマウント220の表面に沿ってヒートシンク10まで延びる導電部を構成している。サブマウント220の材料及び導電部を構成する材料は、サブマウント220の熱伝導率が導電部の熱伝導率よりも高く、導電部の電気抵抗率がサブマウント220の電気抵抗率よりも低くなるように選択される。

[0045] このような構成により、半導体レーザ素子30に供給される電流は、ヒートシンク10から下側はんだ層50、めっき層221、及び上側はんだ層260を通して半導体レーザ素子30に流れ、半導体レーザ素子30で発生した熱は、サブマウント220を介してヒートシンク10に伝達され、ヒートシンク10により放熱される。このように、半導体レーザ素子30とヒートシンク10との間の電流の経路と熱の経路とを別々にすることができるので、半導体レーザモジュール201全体としての電気抵抗値を低減しつつ、放熱性を向上することが可能となる。したがって、半導体レーザ素子30の出力特性の悪化を防止することができ、良好な出力特性を維持することができる。なお、めっき層221の厚さが5 μ m程度あれば十分な効果が期待でき

るが、めっき層 221 の厚さは 5 μ m 以下であってもよい。

[0046] 上述した実施形態では、サブマウント 220 の上面と側面にめっき層 221 を形成した例を説明したが、サブマウント 220 の底面にも同様のめっきを施してもよい。また、めっき層 221 が上側はんだ層 260 及び下側はんだ層 50 にそれぞれ電氣的に接続されているのであれば、サブマウント 220 の側面にのみめっき層 221 を形成してもよい。

[0047] このような半導体レーザモジュール 201 を製造する際には、まず、図 7A に示すように、ヒートシンク 10 の上面 11 の所定のサブマウント領域に例えば Au-Sn はんだからなる下側はんだ層 50 を蒸着する。そして、図 7B に示すように、上面及び側面にめっき層 221 が形成されたサブマウント 220 をヒートシンク 10 のサブマウント領域上の下側はんだ層 50 の上に配置する。このとき、めっき層 221 が下側はんだ層 50 に電氣的に接続されるようにサブマウント 220 を下側はんだ層 50 上に配置する。

[0048] 次に、図 7C に示すように、サブマウント 220 の上面の所定の素子領域に例えば Au-Sn はんだからなる上側はんだ層 260 を蒸着する。このとき、上側はんだ層 260 がめっき層 221 及び半導体レーザ素子 30 に電氣的に接続されるように上側はんだ層 260 を形成する。その後、図 7D に示すように、上側はんだ層 260 上に半導体レーザ素子 30 を配置する。このとき半導体レーザ素子 30 の底面の電極（図示せず）が上側はんだ層 260 に接触するように半導体レーザ素子 30 を配置する。

[0049] そして、ヒートシンク 10 を加熱することによって下側はんだ層 50 を加熱するとともに、サブマウント 220 を介して上側はんだ層 260 を加熱する。これにより、下側はんだ層 50 によってサブマウント 220 をヒートシンク 10 に固定し、上側はんだ層 260 によって半導体レーザ素子 30 をサブマウント 20 に固定する。このようにして、図 6 に示すような半導体レーザモジュール 201 が完成する。

[0050] 図 8 は、本発明の第 4 の実施形態における半導体レーザモジュール 301 を模式的に示す断面図である。図 8 に示すように、本実施形態における半導

体レーザモジュール301は、例えば銅などの熱伝導率が高く導電性を有する材料からなるヒートシンク10と、ヒートシンク10上に配置されるサブマウント320と、サブマウント320上に実装される半導体レーザ素子30とを有している。サブマウント320は、例えば銅-ダイヤモンド複合材料により構成される。

[0051] サブマウント320とヒートシンク10の間には、例えばAu-Snはんだからなる下側はんだ層50が形成されている。また、半導体レーザ素子30とサブマウント320の間には、例えばAu-Snはんだからなる上側はんだ層360が形成されている。この上側はんだ層360は、サブマウント320の上面にのみ形成されており、ヒートシンク10の上面11まで延びていない。

[0052] また、サブマウント320の側面322を覆うように、補助導電層370が形成されている。例えば、この補助導電層370は、下側はんだ層50や上側はんだ層360よりも融点の低いはんだ、例えばSn-Ag-Cuはんだにより構成することができる。なお、この補助導電層370を形成する方法は、Sn-Ag-Cuはんだに限られるものではなく、銀ペーストの塗布やIn系のはんだにより補助導電層370を形成してもよい。

[0053] 補助導電層370は、上側はんだ層360及びヒートシンク10と電氣的に接続される。したがって、本実施形態における上側はんだ層360及び補助導電層370は、半導体レーザ素子30からサブマウント320の表面に沿ってヒートシンク10まで延びる導電部を構成している。サブマウント320及び導電部を構成する材料は、サブマウント320の熱伝導率が導電部の熱伝導率よりも高く、導電部の電気抵抗率がサブマウント320の電気抵抗率よりも低くなるように選択される。

[0054] このような構成により、半導体レーザ素子30に供給される電流は、ヒートシンク10から補助導電層370及び上側はんだ層360を通して半導体レーザ素子30に流れ、半導体レーザ素子30で発生した熱は、サブマウント320を介してヒートシンク10に伝達され、ヒートシンク10により放

熱される。このように、半導体レーザ素子30とヒートシンク10との間の電流の経路と熱の経路とを別々にすることができるので、半導体レーザモジュール301全体としての電気抵抗値を低減しつつ、放熱性を向上することが可能となる。したがって、半導体レーザ素子30の出力特性の悪化を防止することができ、効率の良い出力特性を維持することができる。

[0055] このような半導体レーザモジュール301を製造する際には、まず、図9Aに示すように、ヒートシンク10の上面11の所定のサブマウント領域に例えばAu-Snはんだからなる下側はんだ層50を蒸着する。そして、図9Bに示すように、サブマウント320をヒートシンク10のサブマウント領域上の下側はんだ層50の上に配置する。

[0056] 次に、図9Cに示すように、サブマウント320の上面の所定の素子領域に例えばAu-Snはんだからなる上側はんだ層360を蒸着した後、図9Dに示すように、この上側はんだ層360上に半導体レーザ素子30を配置する。このとき半導体レーザ素子30の底面の電極（図示せず）が上側はんだ層360に接触するように半導体レーザ素子30を配置する。

[0057] そして、ヒートシンク10を加熱することによって下側はんだ層50を加熱するとともに、サブマウント320を介して上側はんだ層360を加熱する。これにより、下側はんだ層50によってサブマウント320をヒートシンク10に固定し、上側はんだ層360によって半導体レーザ素子30をサブマウント20に固定する。

[0058] その後、上側はんだ層360とヒートシンク10とを電氣的に接続するようにサブマウント320の側面322に補助導電層370を形成する。この補助導電層370は、例えば下側はんだ層50や上側はんだ層360よりも融点の低いはんだ、例えばSn-Ag-Cuはんだにより形成する。このように、下側はんだ層50や上側はんだ層360よりも融点の低いはんだを用いるのは、下側はんだ層50や上側はんだ層360が再度溶融することを避けるためである。このようにして、図8に示すような半導体レーザモジュール301が完成する。

- [0059] 上述した実施形態においては、ヒートシンク10から半導体レーザ素子30に電流が流れるものとして説明したが、電流が流れる方向が逆であってもよい。すなわち、ボンディングワイヤ40（図1参照）から半導体レーザ素子30に電流を供給し、半導体レーザ素子30から導電部を通してヒートシンク10に電流が流れるように構成することもできる。
- [0060] 上述した実施形態における半導体レーザモジュールは単一の半導体レーザ素子30を含むものであるが、本発明は、複数の半導体レーザ素子を含む半導体レーザモジュールにも適用できるものである。例えば、図10は、複数の半導体レーザ素子430を含む半導体レーザモジュール401を模式的に示す斜視図であり、本発明は図10に示すような半導体レーザモジュール401にも適用できるものである。図10に示す半導体レーザモジュール401においては、サブマウント20の上方にレーザダイオードバー432が配置されている。このレーザダイオードバー432は、水平方向に沿って一定間隔で配置された複数の半導体レーザ素子430を含んでいる。このような半導体レーザモジュール401は、複数の半導体レーザ素子430を含んでいるため、上述した第1～第4の実施形態における半導体レーザモジュールよりも高い出力を実現することができる。
- [0061] このようなレーザダイオードバー432を備えた半導体レーザモジュール401は高出力であるために、その発熱量も非常に大きい。サブマウント20が十分な放熱性を有していないとすると、サブマウント20の熱膨張係数とレーザダイオードバー432の熱膨張係数の差によって使用時にレーザダイオードバー432が撓み、複数の半導体レーザ素子430からの出射点の高さが変化してしまうこととなる。半導体レーザモジュール401をレーザ加工装置などに応用する場合には、半導体レーザ素子430から出射された光をレンズなどの光学部品で集光して使用することとなるが、出射点の高さが変化すると、集光のための光学系の調整が非常に困難になってしまう。図10に示す構成によれば、導電部（上側はんだ層60）によって半導体レーザモジュール401全体の電気抵抗を低減することができるとともに、半導

体レーザ素子430を構成するガリウムヒ素 (GaAs) と熱膨張係数の差がほとんどない銅-ダイヤモンド複合材料によってサブマウント20を構成することができるので、熱膨張による変形を小さくすることができ、複数の半導体レーザ素子430からの出射点の位置のずれを最小限にすることができる。

実施例 1

[0062] 実施例1として、図2に示す構造の半導体レーザモジュールを用意した。ヒートシンク10として銅からなるヒートシンクを用い、サブマウント20として銅-ダイヤモンド複合材料からなるサブマウントを用いた。半導体レーザ素子30としては、ガリウムヒ素 (GaAs) からなる半導体レーザダイオードを用いた。下側はんだ層50及び上側はんだ層60としてはAu-Snはんだを用いた。

[0063] 比較例1及び比較例2として、図11に示す構造の半導体レーザモジュールを用意した。いずれの比較例も、実施例1と同様に、ヒートシンク510として銅からなるヒートシンクを用い、半導体レーザ素子530としてガリウムヒ素 (GaAs) からなる半導体レーザダイオードを用いた。また、サブマウント520をヒートシンク510に固定するはんだ層550及び半導体レーザ素子530をサブマウント520に固定するはんだ層560としてはAu-Snはんだを用いた。比較例1ではサブマウント520としてCuWからなるサブマウントを用い、比較例2では実施例1と同様に銅-ダイヤモンド複合材料からなるサブマウントを用いた。比較例1及び比較例2では、図2に示すようにヒートシンク10に延びる上側はんだ層60は設けられておらず、半導体レーザ素子530に供給される電流は、ヒートシンク510からサブマウント520を通して半導体レーザ素子530に供給される。

[0064] 実施例1、比較例1、及び比較例2の半導体レーザモジュールを作動させて、半導体レーザ素子に流れる電流とその光出力及び動作電圧を測定した。図12は、実施例1と比較例1に係る半導体レーザ素子に流れる電流とその光出力との関係を示すグラフであり、図13は、実施例1と比較例1に係る

半導体レーザ素子に流れる電流と動作電圧との関係を示すグラフである。図 1 4 は、実施例 1 と比較例 2 に係る半導体レーザ素子に流れる電流とその光出力との関係を示すグラフであり、図 1 5 は、実施例 1 と比較例 2 に係る半導体レーザ素子に流れる電流と動作電圧との関係を示すグラフである。

[0065] 図 1 2 に示すように、半導体レーザ素子に流れる電流が 1 5 A を超える領域では、同一の電流を流した場合において、比較例 1 に係る半導体レーザモジュールの光出力が実施例 1 に係る半導体レーザモジュールの光出力よりも低下している。これは、比較例 1 においては、実施例 1 における上側はんだ層 6 0 よりも電気抵抗率の高い CuW からなるサブマウント 5 2 0 を電流が流れることで、サブマウント 5 2 0 が発熱し、その結果、半導体レーザ素子の温度が上昇したためと考えられる。実施例 1 に係る半導体レーザモジュールでは電流が 1 5 A を超えても光出力が低下しておらず、これは、実施例 1 に係る半導体レーザモジュールの放熱性が比較例 1 に係る半導体レーザモジュールに比べて向上していることを示している。

[0066] 実施例 1 に係る半導体レーザモジュールのサブマウントとして用いられている銅-ダイヤモンド複合材料の電気抵抗率は $10^{-4}\Omega\text{m}$ であり、比較例 1 に係る半導体レーザモジュールのサブマウントとして用いられている CuW の電気抵抗率よりも高いにもかかわらず、図 1 3 に示すように、実施例 1 に係る半導体レーザモジュール動作電圧は、比較例 1 に係る半導体レーザモジュールの動作電圧とほぼ同一となっている。すなわち、実施例 1 に係る半導体レーザモジュールは、サブマウントとして銅-ダイヤモンド複合材料を用いているにもかかわらず、モジュール全体としての電気抵抗値を比較例 1 のものと同等に維持できていると言える。これは、上側はんだ層 6 0 による導電部を介して半導体レーザ素子 3 0 への通電が効率よくできていることを示すものである。

[0067] また、比較例 2 では、サブマウントとして実施例 1 と同じ銅-ダイヤモンド複合材料を用いているが、図 1 4 に示すように、同一の電流を流した場合においては、比較例 2 に係る半導体レーザモジュールの光出力が実施例 1 に

係る半導体レーザモジュールの光出力よりも低下している。これは、比較例 2 においては、実施例 1 における上側はんだ層 60 よりも電気抵抗率の高い銅-ダイヤモンド複合材料からなるサブマウント 520 を電流が流れることで、サブマウント 520 が発熱し、その結果、半導体レーザ素子の温度が上昇したためと考えられる。また、図 15 に示すように、実施例 1 に係る半導体レーザモジュールの動作電圧は、比較例 2 に係る半導体レーザモジュールの光出力よりも低くなっており、モジュール全体としての電気抵抗値を低減できていると言える。これは、上側はんだ層 60 を含む導電部を介して半導体レーザ素子 30 への通電が効率良くできていることを示すものである。

[0068] 以上で述べたように、実施例 1 に係る半導体レーザモジュールでは、電気抵抗値の低減と放熱性の向上とを両立することができ、これにより効率の良い出力特性を維持できていることがわかる。

[0069] これまで本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことは言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0070] 本発明は、サブマウントを有する半導体レーザモジュールに好適に利用できる。

符号の説明

- [0071]
- | | |
|-----|-------------|
| 1 | 半導体レーザモジュール |
| 10 | ヒートシンク |
| 20 | サブマウント |
| 23 | 縁部 |
| 30 | 半導体レーザ素子 |
| 40 | ボンディングワイヤ |
| 50 | 下側はんだ層 |
| 60 | 上側はんだ層 |
| 101 | 半導体レーザモジュール |

- 2 0 1 半導体レーザモジュール
- 2 2 0 サブマウント
- 2 2 1 めっき層
- 2 6 0 上側はんだ層
- 3 0 1 半導体レーザモジュール
- 3 2 0 サブマウント
- 3 6 0 上側はんだ層
- 3 7 0 補助導電層
- 4 0 1 半導体レーザモジュール
- 4 3 0 半導体レーザ素子
- 4 3 2 レーザダイオードバー

請求の範囲

- [請求項1] 導電性を有するヒートシンクと、
前記ヒートシンクの上方に配置されるサブマウントと、
前記サブマウントの上方に配置される半導体レーザ素子と、
前記半導体レーザ素子と前記ヒートシンクとに電氣的に接続される導電部であって、前記サブマウントの表面に沿って前記ヒートシンクまで延び、前記サブマウントの電気抵抗率よりも低い電気抵抗率を有する導電部と
を備えた、半導体レーザモジュール。
- [請求項2] 前記サブマウントの熱伝導率は、前記導電部の熱伝導率よりも高い、請求項1に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項3] 前記導電部は、前記半導体レーザ素子から前記サブマウントの表面に沿って前記ヒートシンクまで延びる上側はんだ層により形成される、請求項1又は2に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項4] 前記サブマウントの上面の縁部の少なくとも一部は丸められている又は面取りされている、請求項3に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項5] 前記導電部は、
前記半導体レーザ素子と電氣的に接続される上側はんだ層と、
前記サブマウントと前記ヒートシンクとの間に形成された下側はんだ層と、
前記サブマウントの少なくとも側面に形成され、前記上側はんだ層と前記下側はんだ層とを電氣的に接続するめっき層と
を含む、請求項1又は2に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項6] 前記導電部は、
前記半導体レーザ素子と電氣的に接続される上側はんだ層と、
前記上側はんだ層と前記ヒートシンクとを電氣的に接続する補助導電層と
を含む、請求項1又は2に記載の半導体レーザモジュール。

- [請求項7] 前記補助導電層の融点は前記上側はんだ層の融点よりも低い、請求項6に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項8] 導電性を有するヒートシンクと、前記ヒートシンクの上方に配置されるサブマウントと、前記サブマウントの上方に配置される半導体レーザ素子とを有する半導体レーザモジュールを製造する方法であって、
- 前記サブマウントの電気抵抗率よりも低い電気抵抗率を有する導電部を、前記半導体レーザ素子から前記サブマウントの表面に沿って前記ヒートシンクまで延びるように形成して前記半導体レーザ素子と前記ヒートシンクとを電氣的に接続する、半導体レーザモジュールの製造方法。
- [請求項9] 前記導電部の形成は、
- 前記半導体レーザ素子に接続される上側はんだ層を前記サブマウント上に形成し、
- 前記上側はんだ層を加熱しつつ前記半導体レーザ素子を前記サブマウントに対して押圧して、加熱により溶融した前記上側はんだ層を前記サブマウントの下端まで流すことにより行う、
- 請求項8に記載の半導体レーザモジュールの製造方法。
- [請求項10] 前記上側はんだ層の加熱は、前記ヒートシンクを加熱することにより行う、請求項9に記載の半導体レーザモジュールの製造方法。
- [請求項11] 前記サブマウントの上面の縁部の少なくとも一部を丸める又は面取りする、請求項8又は9に記載の半導体レーザモジュールの製造方法。
- [請求項12] 前記導電部の形成は、
- 前記ヒートシンクと前記サブマウントとの間に下側はんだ層を形成し、
- 前記サブマウントの少なくとも側面にめっき層を形成し、
- 前記めっき層が前記下側はんだ層に電氣的に接続されるように前

記サブマウントを前記下側はんだ層上に配置し、

前記めっき層と前記半導体レーザ素子とに電氣的に接続される上側はんだ層を形成することにより行う、

請求項 8 に記載の半導体レーザモジュールの製造方法。

[請求項13]

前記導電部の形成は、

前記ヒートシンクと前記サブマウントとの間に下側はんだ層を形成し、

前記半導体レーザ素子と電氣的に接続される上側はんだ層を前記サブマウント上に形成し、

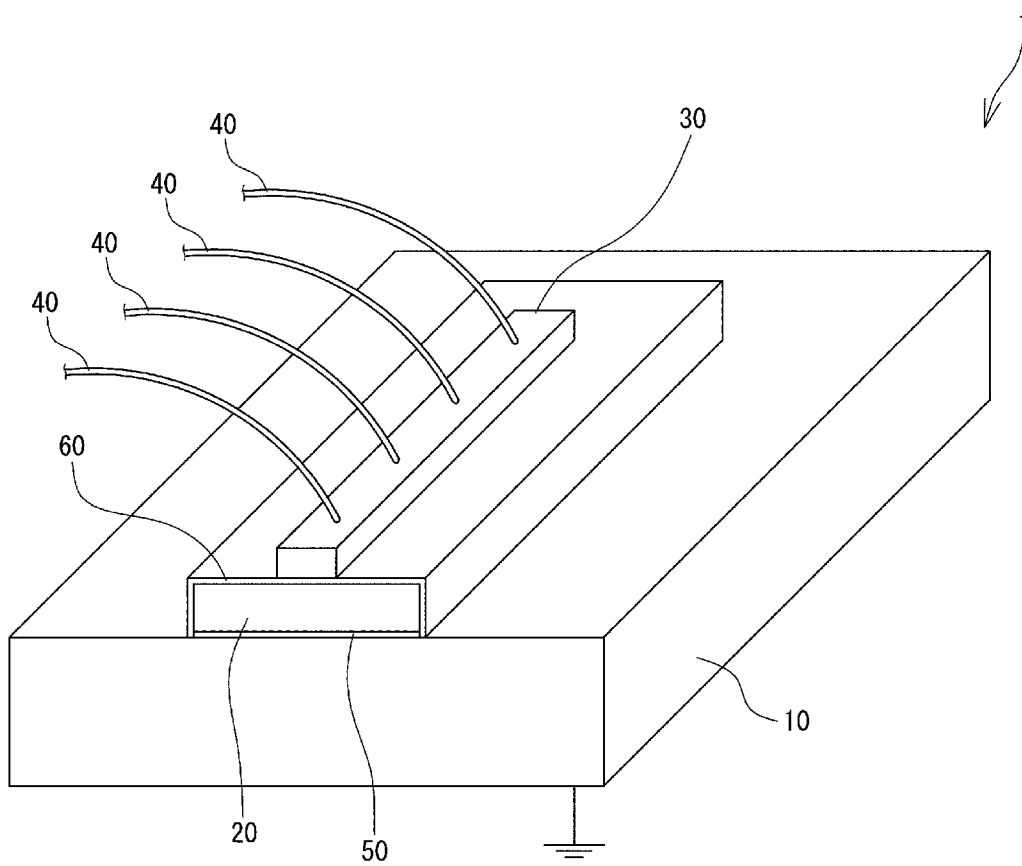
前記上側はんだ層と前記ヒートシンクとを電氣的に接続する補助導電層を形成することにより行う、

請求項 8 に記載の半導体レーザモジュールの製造方法。

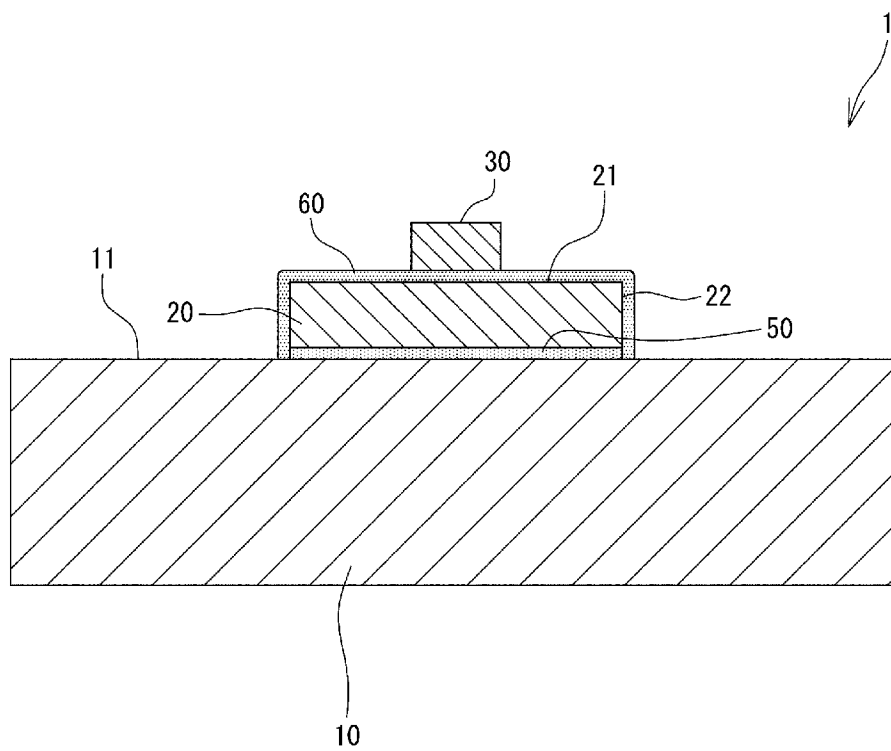
[請求項14]

前記補助導電層の融点は前記上側はんだ層の融点よりも低い、請求項 1 3 に記載の半導体レーザモジュールの製造方法。

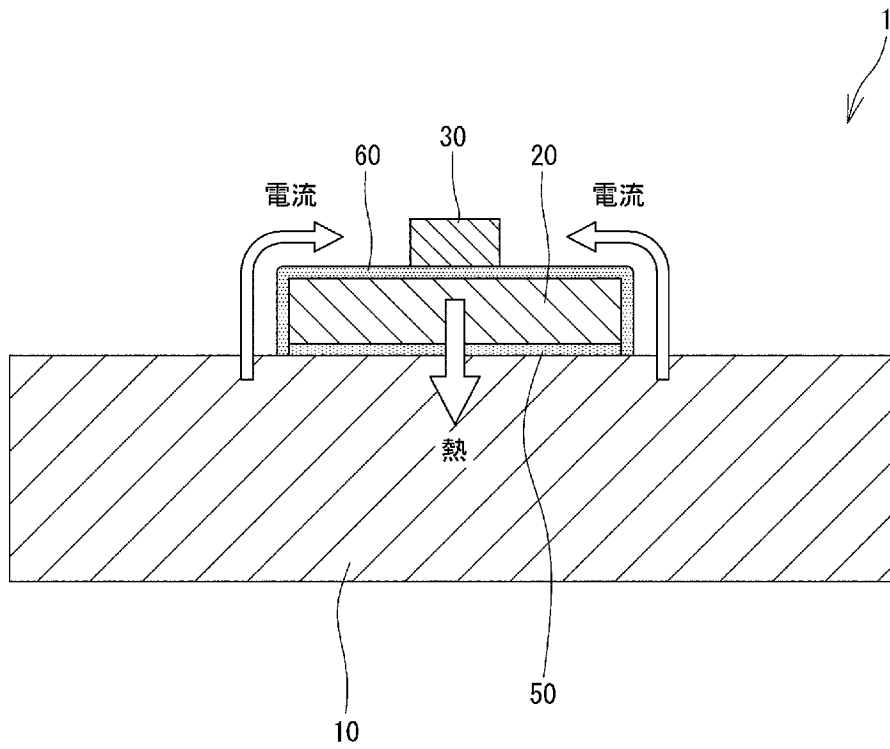
[図1]



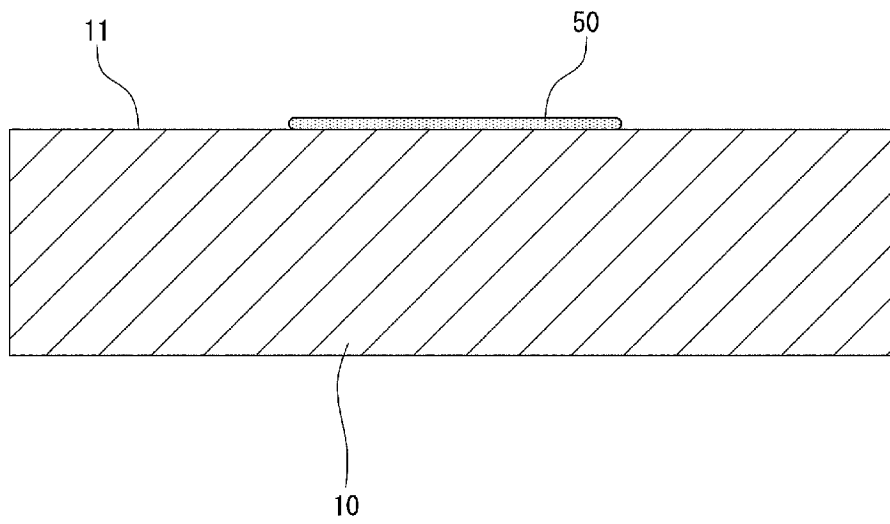
[図2]



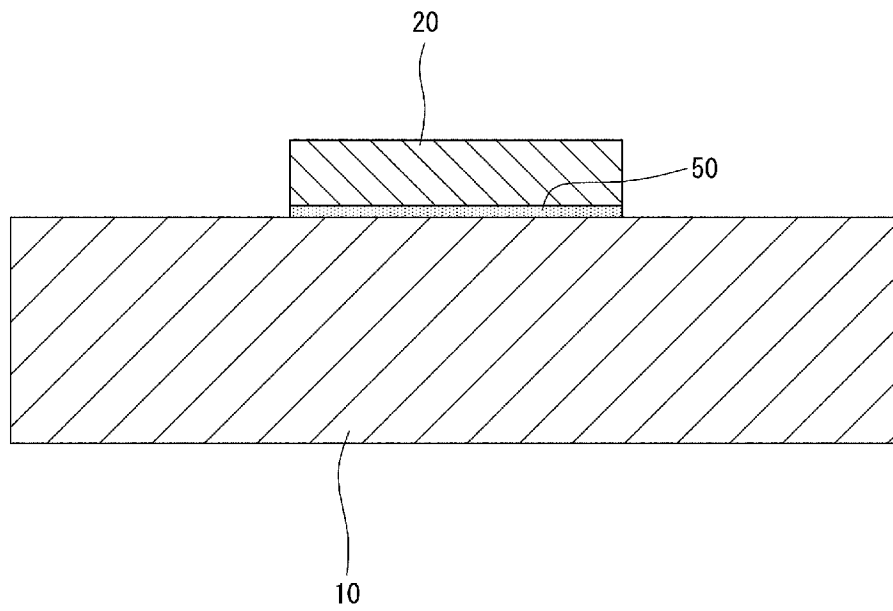
[図3]



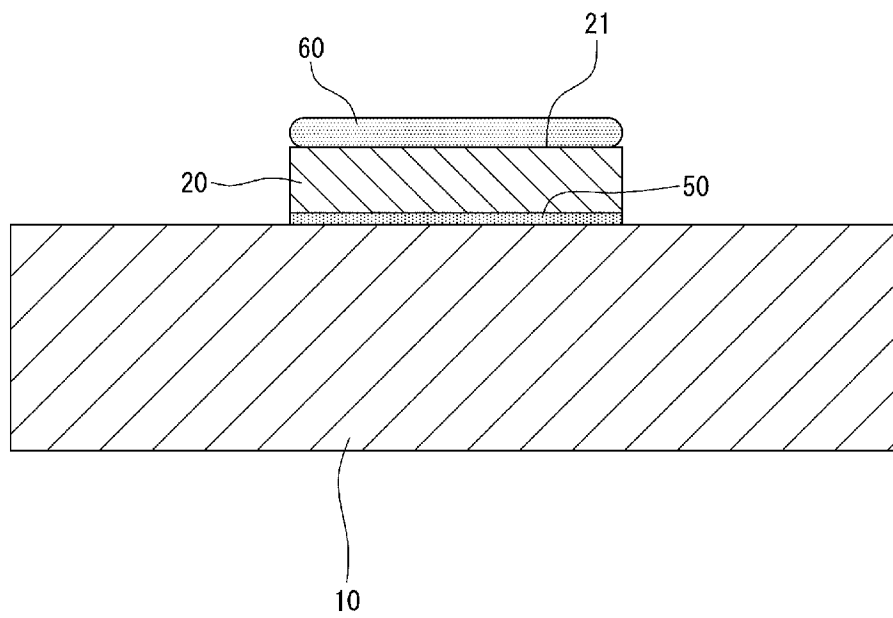
[図4A]



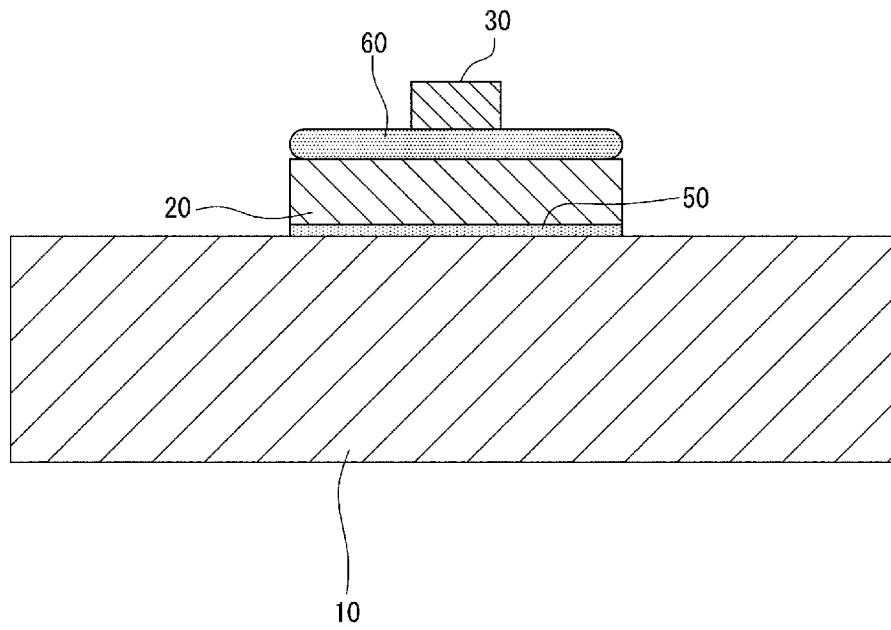
[図4B]



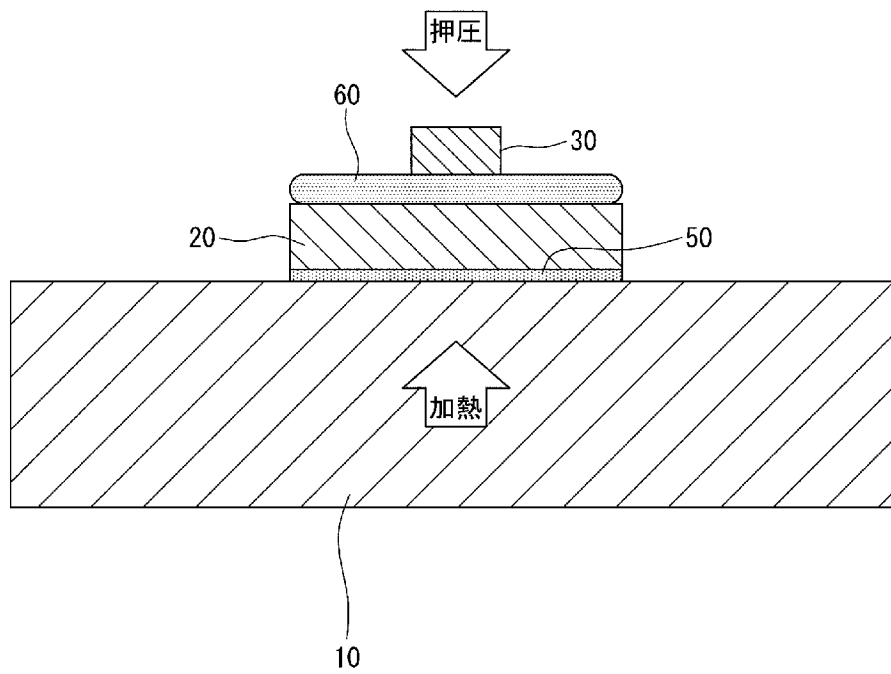
[図4C]



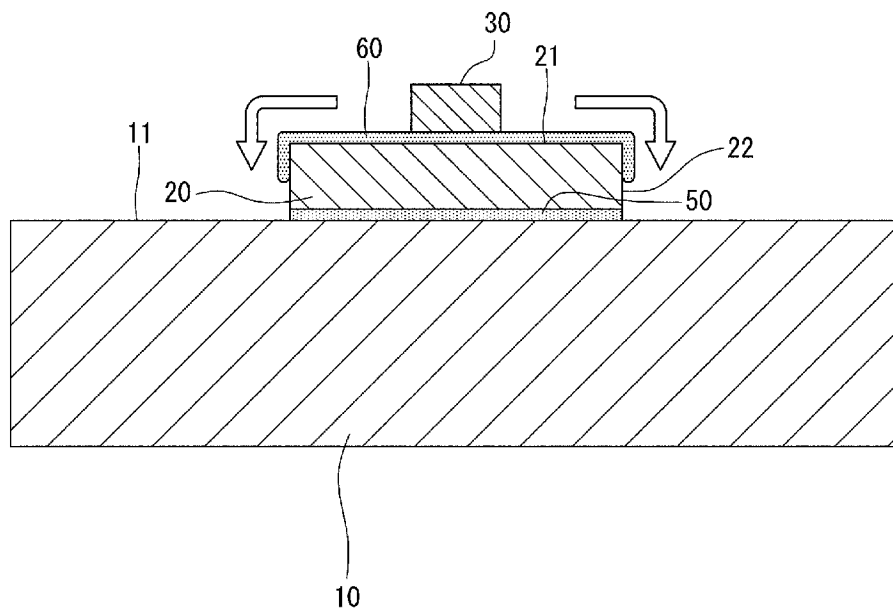
[図4D]



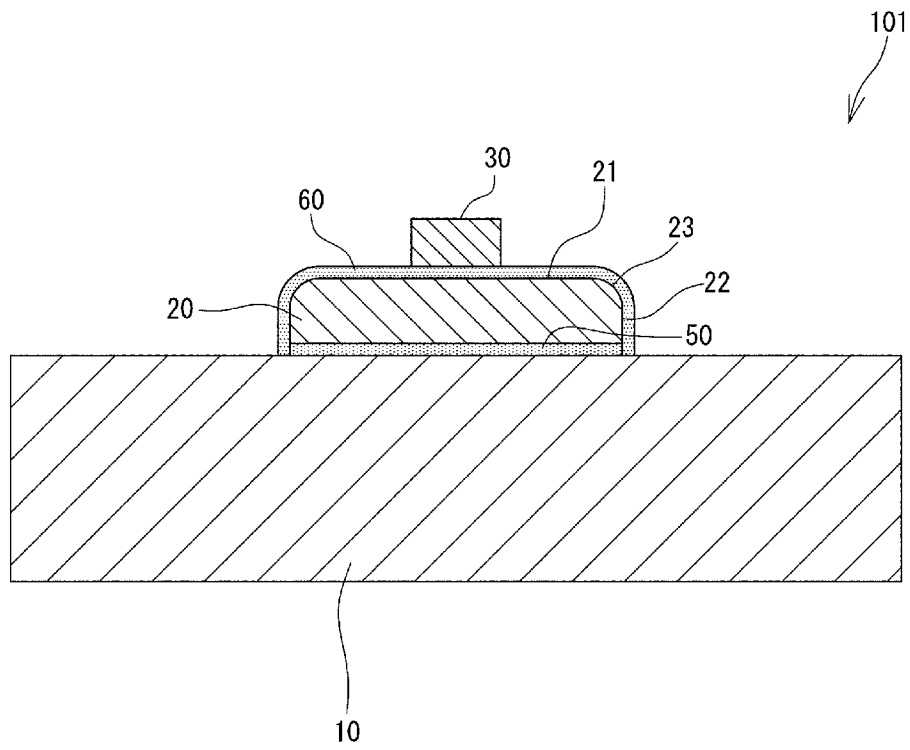
[図4E]



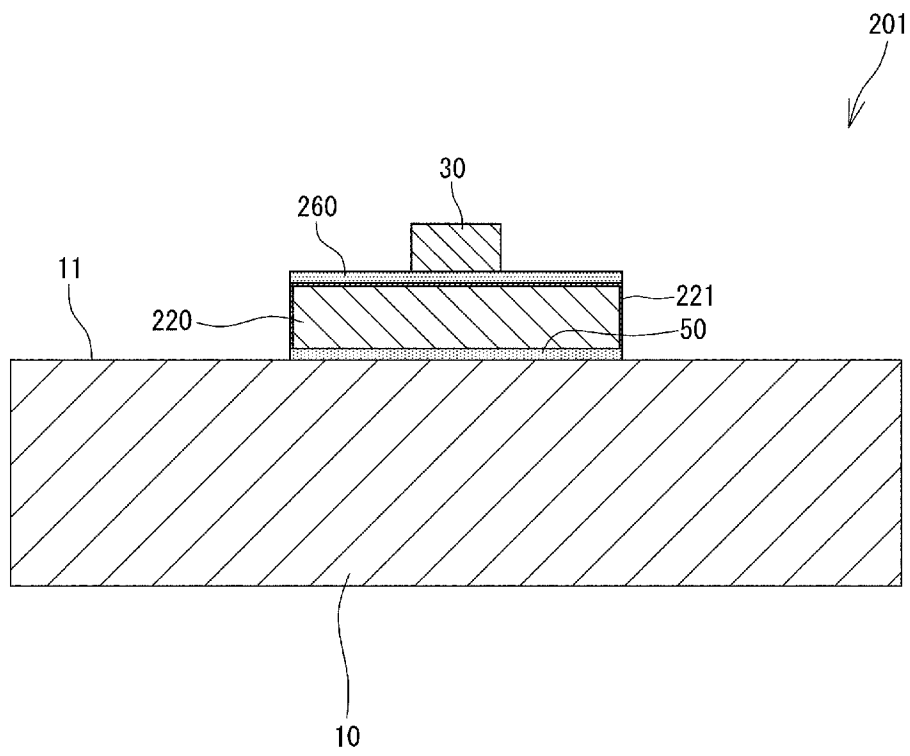
[図4F]



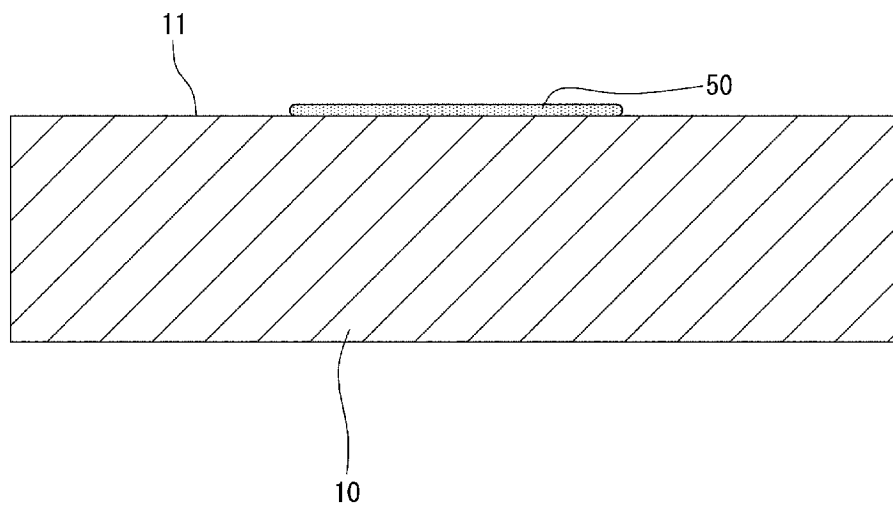
[図5]



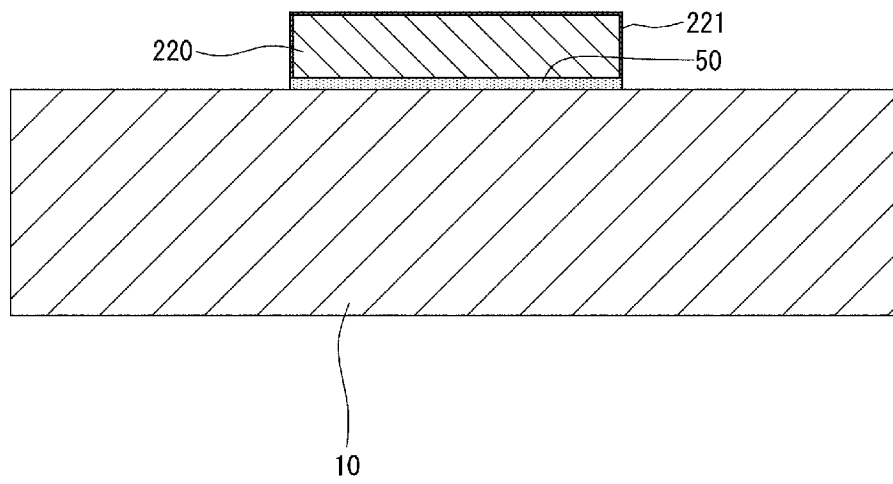
[図6]



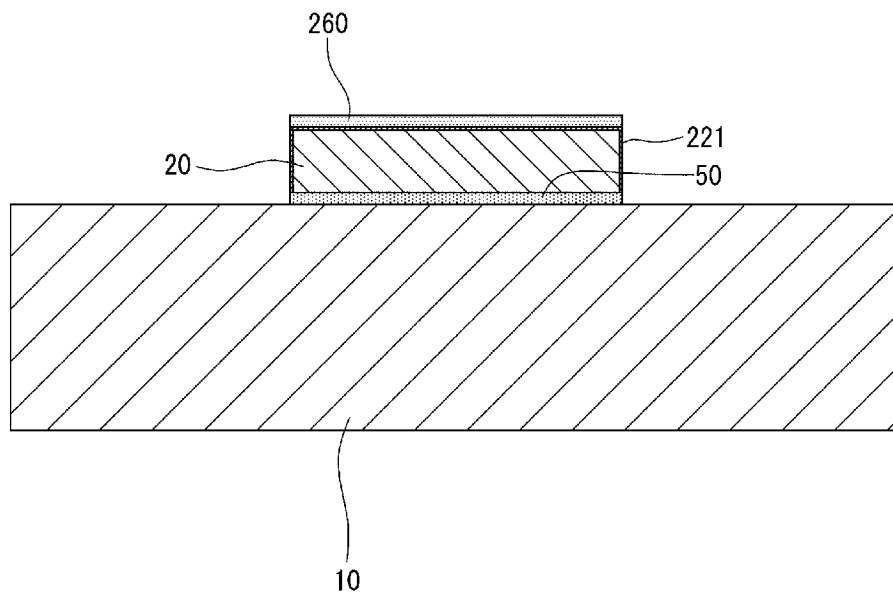
[図7A]



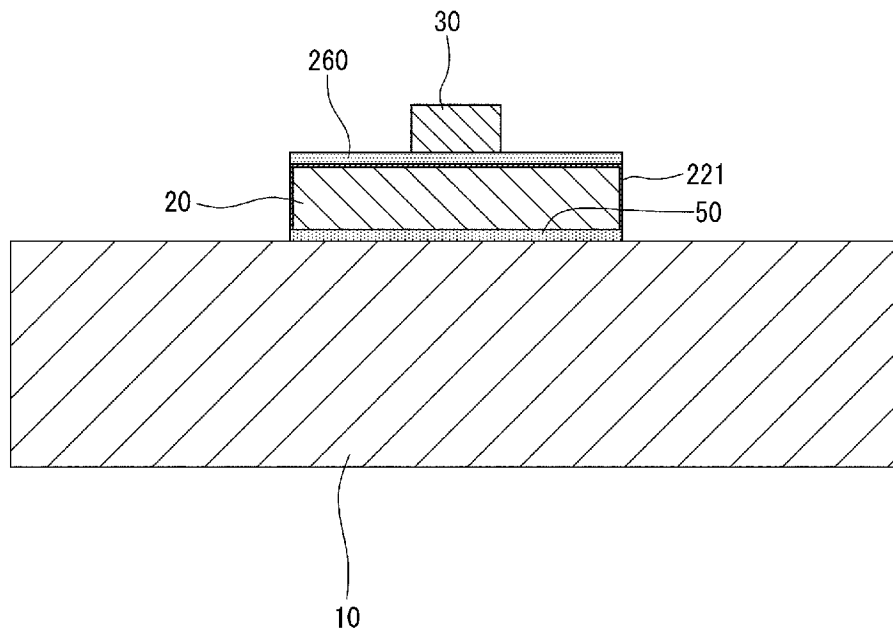
[図7B]



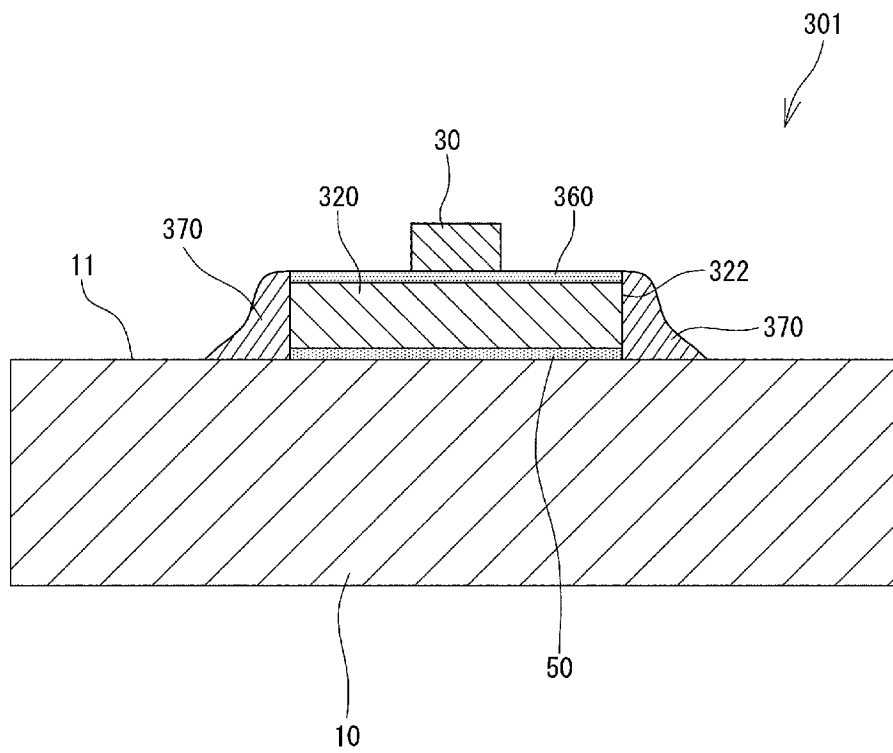
[図7C]



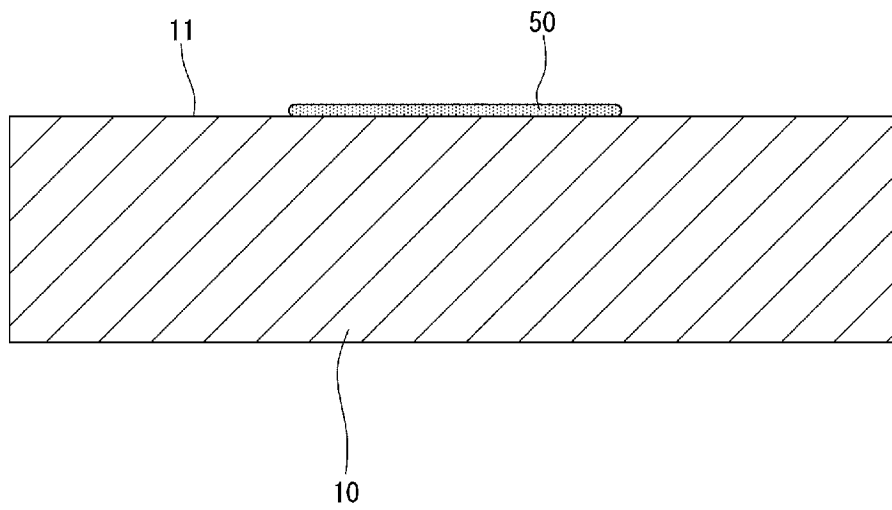
[図7D]



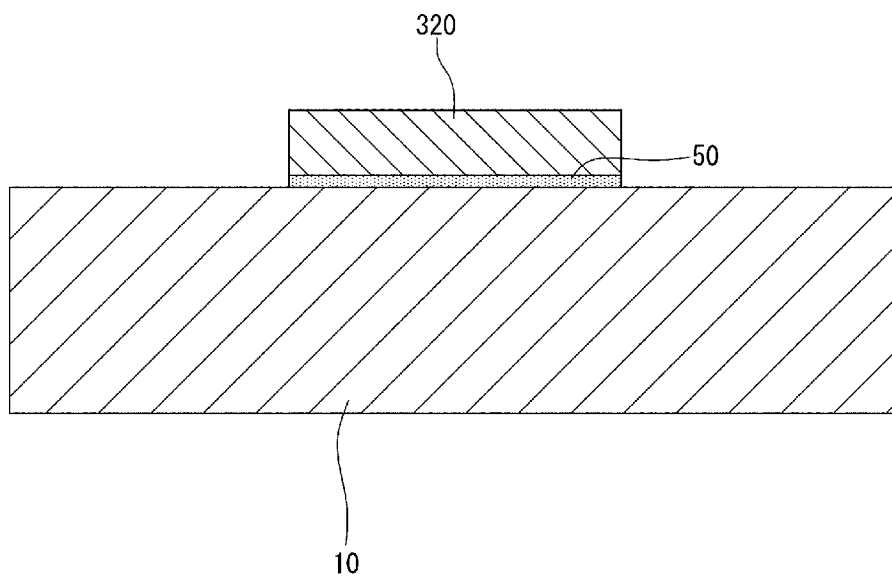
[図8]



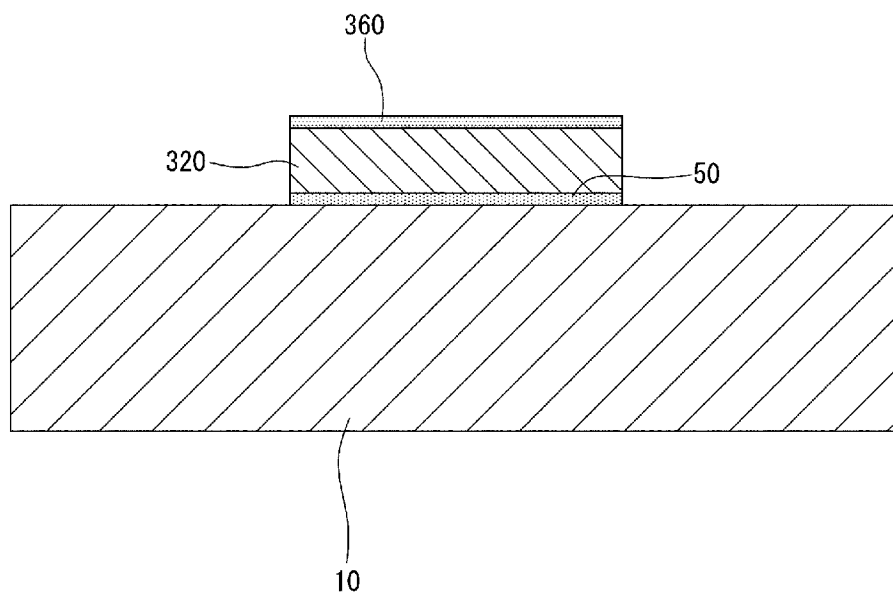
[図9A]



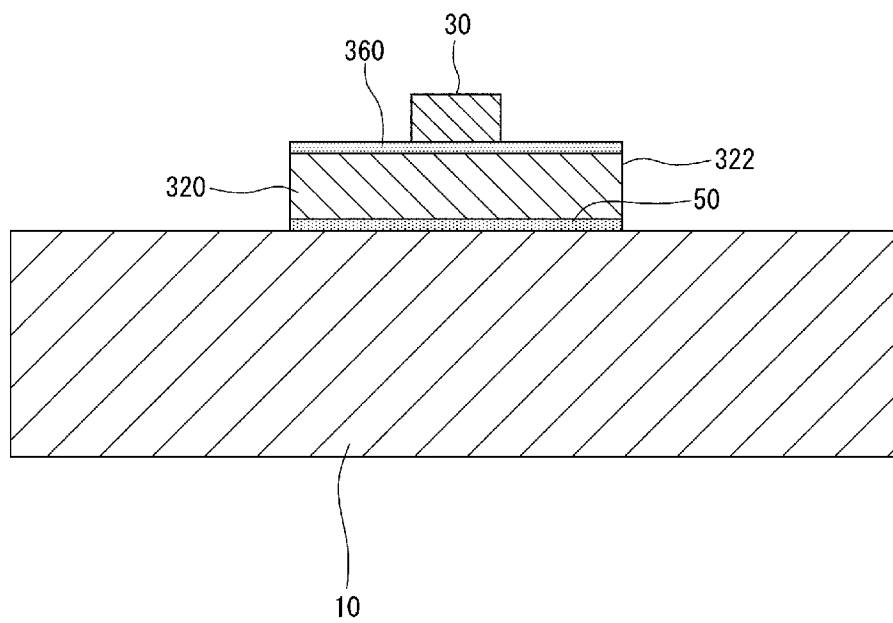
[図9B]



[図9C]

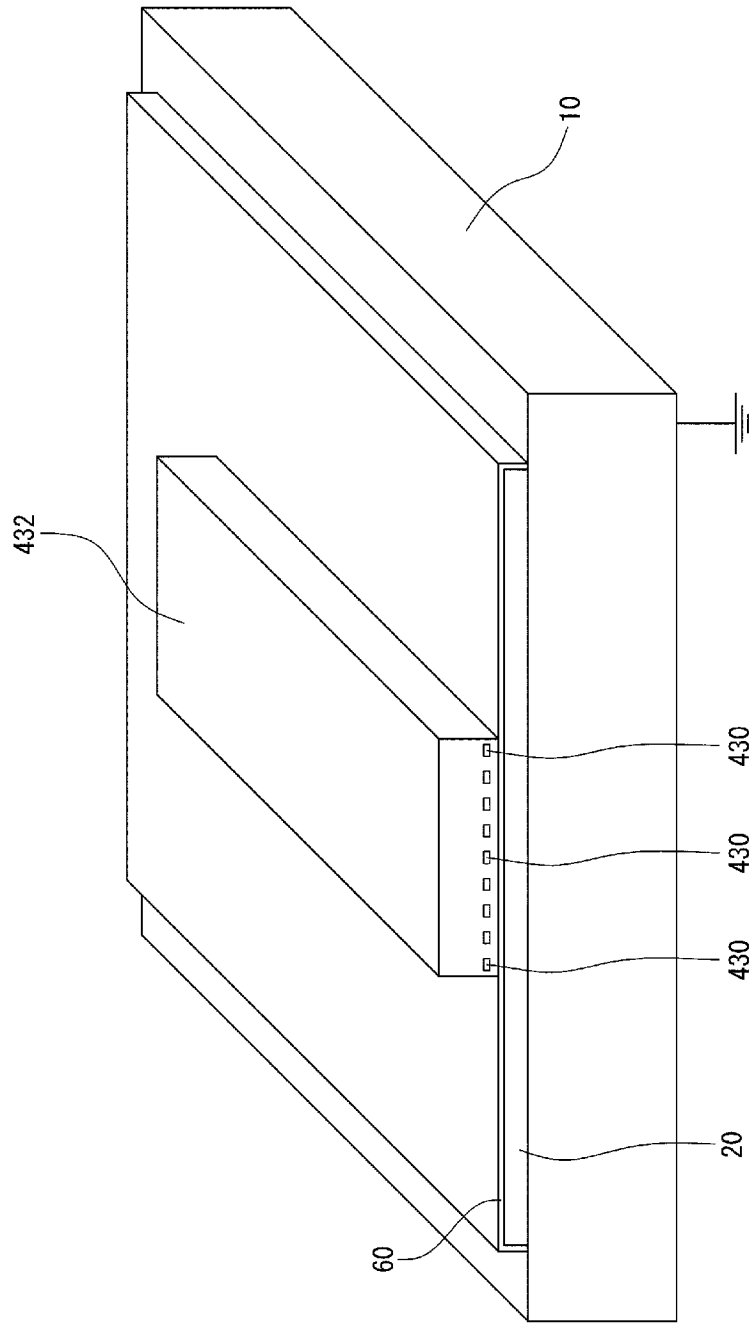


[図9D]

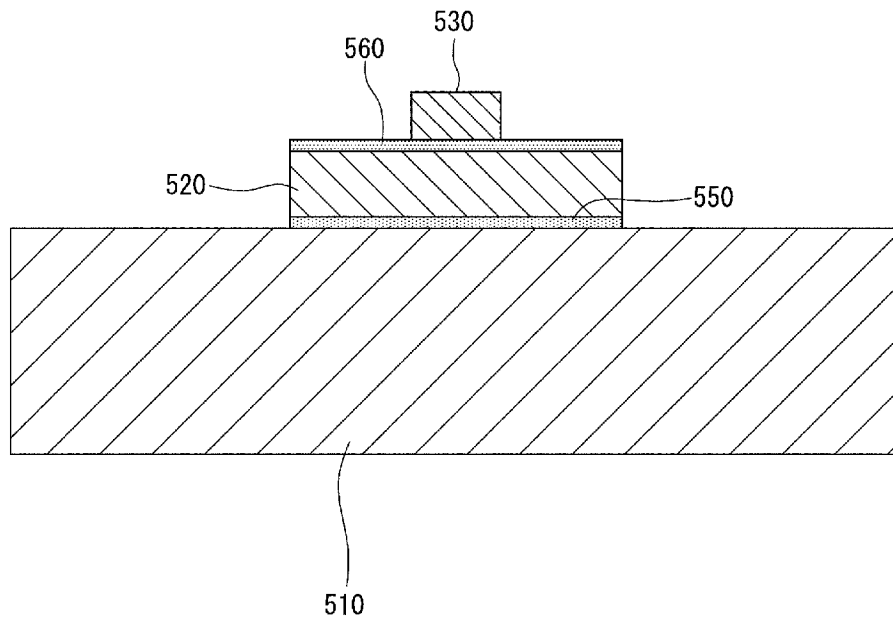


[図10]

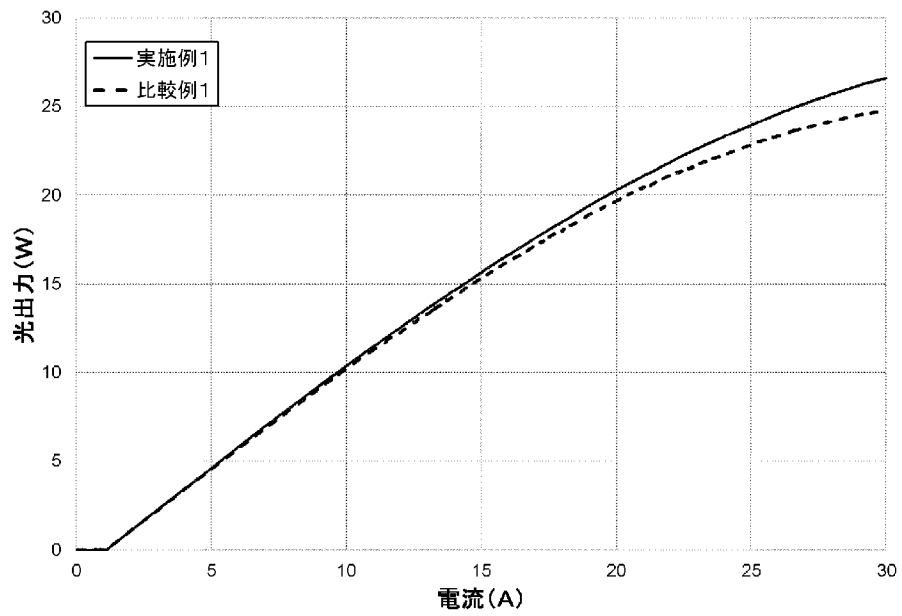
401



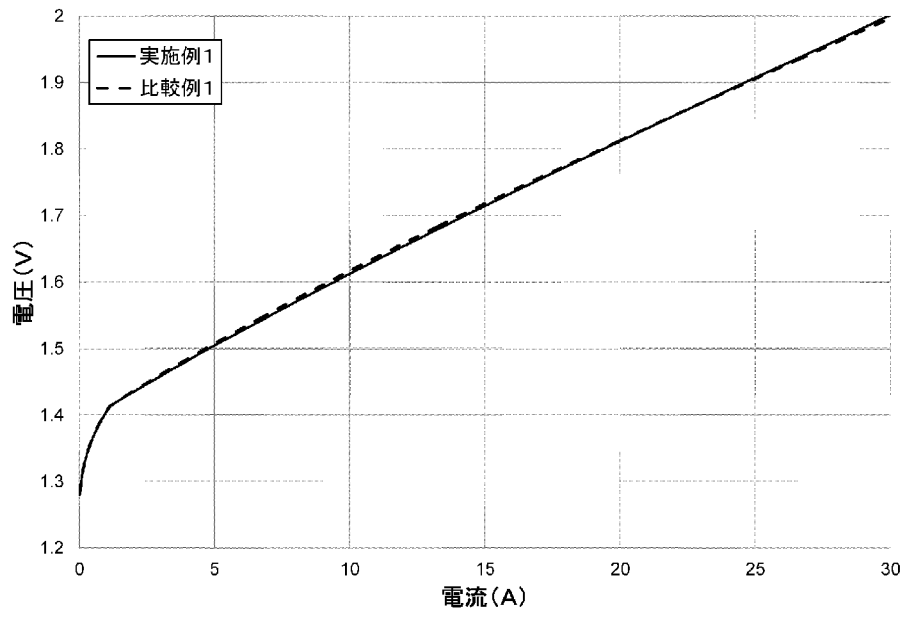
[図11]



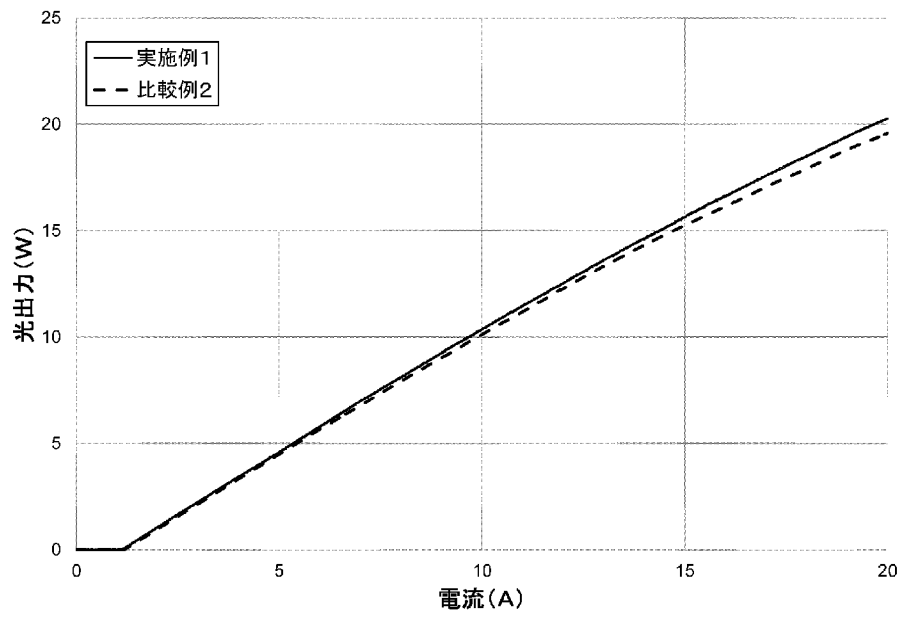
[図12]



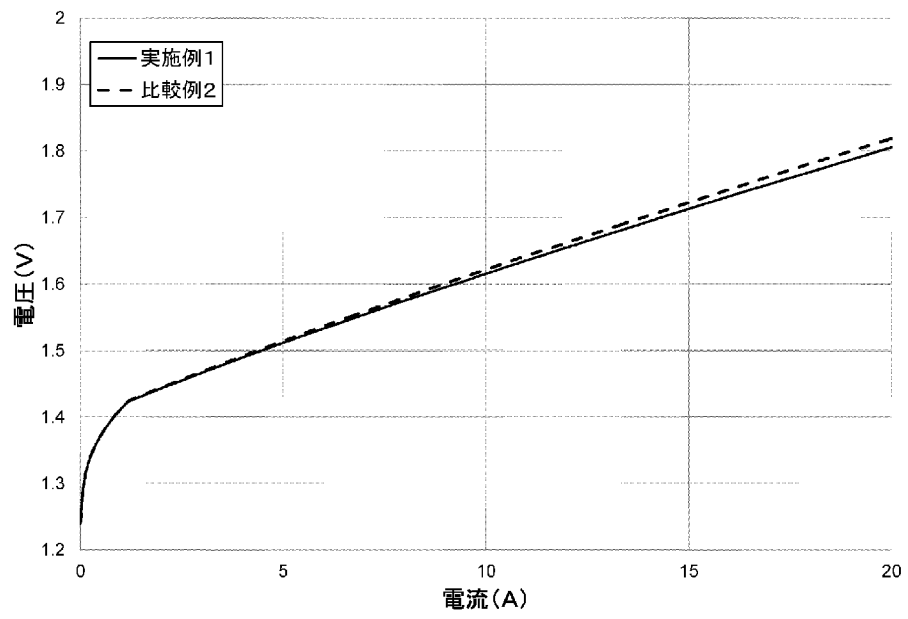
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/006140

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01S5/022(2006.01)i, H01L23/40(2006.01)i, H01S5/024(2006.01)i

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)
H01S5/022, H01L23/40, H01S5/024

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2017 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2017 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2017 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-------------|---|---|
| X Y A | Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 169102/1982 (Laid-open No. 72752/1984) (NEC Corp.), 17 May 1984 (17.05.1984), page 3, line 12 to page 4, line 19; fig. 1 to 3 (Family: none) | 1-2, 6-8, 11, 13-14 5, 12 3-4, 9-10 |
| X Y A | US 2012/0257647 A1 (Shu et al.), 11 October 2012 (11.10.2012), paragraphs [0032] to [0033]; fig. 1A & EP 2697873 A2 | 1-3, 8-10 4, 11 5-7, 12-14 |

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

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "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 |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "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 |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date | "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 |
| "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) | "&" document member of the same patent family |
| "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 | |

| | |
|---|--|
| Date of the actual completion of the international search 26 April 2017 (26.04.17) | Date of mailing of the international search report 16 May 2017 (16.05.17) |
|---|--|

| | |
|--|---|
| Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan | Authorized officer Telephone No. |
|--|---|

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006140

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------------------|
| Y A | JP 2003-152145 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 23 May 2003 (23.05.2003), paragraphs [0067] to [0080]; fig. 7, 9 & US 2004/0135247 A1 paragraphs [0080] to [0093]; fig. 7, 9 & EP 1422757 A1 & CN 1633709 A | 4-5, 11-12 1-3, 6-10, 13-14 |
| X A | WO 2013/150715 A1 (Panasonic Corp.), 10 October 2013 (10.10.2013), paragraphs [0021] to [0038], [0045] to [0062]; fig. 3, 10 & US 2014/0211819 A1 paragraphs [0035] to [0051], [0059] to [0076]; fig. 3, 10 & EP 2835882 A1 & CN 104040809 A | 1-4, 8, 11 5-7, 9-10, 12-14 |
| X A | WO 2006/061937 A1 (Allied Material Corp.), 15 June 2006 (15.06.2006), paragraphs [0060] to [0068]; fig. 3, 6 & US 2007/0215337 A1 paragraphs [0071] to [0078]; fig. 3, 6 & EP 1821342 A1 & CA 2560410 A | 1-3, 8 4-7, 9-14 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H01S5/022(2006.01)i, H01L23/40(2006.01)i, H01S5/024(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H01S5/022, H01L23/40, H01S5/024

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2017年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2017年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2017年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 |
|-----------------|---|---------------------|
| X | 日本国実用新案登録出願57-169102号(日本国実用新案登録出願公開59-72752号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (日本電気株式会社) | 1-2, 6-8, 11, 13-14 |
| Y | | 5, 12 |
| A | 1984.05.17, 第3頁第12行-第4頁第19行, 第1図-第3図 (ファミリーなし) | 3-4, 9-10 |
| X | US 2012/0257647 A1 (Shu et al.) | 1-3, 8-10 |
| Y | 2012.10.11, [0032]-[0033], FIG. 1A | 4, 11 |
| A | & EP 2697873 A2 | 5-7, 12-14 |

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

| | |
|---|--|
| * 引用文献のカテゴリー | の日の後に公表された文献 |
| 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの | 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの |
| 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの | 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの |
| 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) | 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの |
| 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 | 「&」同一パテントファミリー文献 |
| 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 | |

国際調査を完了した日
 26.04.2017

国際調査報告の発送日
 16.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

| | | |
|----------------------|------|------|
| 特許庁審査官 (権限のある職員) | 2K | 6204 |
| 小濱 健太 | | |
| 電話番号 03-3581-1101 内線 | 3255 | |

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|--|-----------------------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 |
| Y A | JP 2003-152145 A (住友電気工業株式会社) 2003.05.23, [0067]-[0080], 図7, 図9 & US 2004/0135247 A1, [0080]-[0093], FIG.7, FIG.9 & EP 1422757 A1 & CN 1633709 A | 4-5, 11-12 1-3, 6-10, 13-14 |
| X A | WO 2013/150715 A1 (パナソニック株式会社) 2013.10.10, [0021]-[0038], [0045]-[0062], 図3, 図10 & US 2014/0211819 A1, [0035]-[0051], [0059]-[0076], FIG.3, FIG.10 & EP 2835882 A1 & CN 104040809 A | 1-4, 8, 11 5-7, 9-10, 12-14 |
| X A | WO 2006/061937 A1 (株式会社アライドマテリアル) 2006.06.15, [0060]-[0068], 図3, 図6 & US 2007/0215337 A1, [0071]-[0078], FIG.3, FIG.6 & EP 1821342 A1 & CA 2560410 A | 1-3, 8 4-7, 9-14 |