

(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
2012 年 10 月 18 日(18.10.2012)



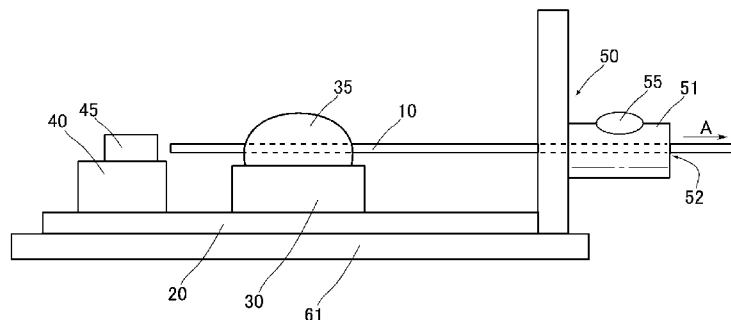
(10) 国際公開番号
WO 2012/140958 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/42 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/054623
- (22) 国際出願日: 2012 年 2 月 24 日(24.02.2012)
- (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 2011-089363 2011 年 4 月 13 日(13.04.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 阪本 真一 (SAKAMOTO Shinichi) [JP/JP]; 〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 森村靖男, 外 (MORIMURA Yasuo et al.); 〒1010031 東京都千代田区東神田一丁目 5 番 6 号 東神田MK第5ビル6F 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, 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: MANUFACTURING METHOD FOR OPTICAL MODULE

(54) 発明の名称: 光モジュールの製造方法

[図6]



(57) Abstract: Provided is a manufacturing method for an optical module by which it is possible to manufacture a highly reliable optical module. By the manufacturing method for an optical module (1), an optical module having optical fibers (10) fixed at two fixing sections (a fiber mount (30) and a pipe part (51)) is manufactured. This method includes: a first fixation step (P3) for fixing one part of the optical fiber (10) onto the fiber mount (30); and a second fixation step (P4) for pulling, in a state where a base (20) connected to each fixing section is heated to above the upper limit of the guaranteed temperature of the optical module (1), the optical fiber (10) while applying tension thereto, and fixing the other part of the optical fiber (10) onto the pipe part (51).

(57) 要約: 優れた信頼性を有する光モジュールを製造することができる光モジュールの製造方法を提供する。光モジュール 1 の製造方法は、光ファイバ 10 が 2 ヶ所の固定部 (ファイバマウント 30、パイプ部 51) に固定された光モジュールの製造方法であって、光ファイバ 10 の一部をファイバマウント 30 に固定する第 1 固定工程 P3 と、それぞれの固定部と接続されている基台 20 を光モジュール 1 の保証温度の上限以上に加熱した状態で、光ファイバ 10 を引っ張ってテンションを与えると共に、光ファイバ 10 の他の一部をパイプ部 51 に固定する第 2 固定工程 P4 とを備える。



WO 2012/140958 A1

明 細 書

発明の名称：光モジュールの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光モジュールの製造方法に関し、特に、優れた信頼性を有する光モジュールを製造することができる光モジュールの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体レーザ素子から出力されたレーザ光を光ファイバのコアに入力する光モジュールが知られている。この光モジュールにおいては、一般的に、封止された筐体内において、半導体レーザ素子が配置されており、半導体レーザ素子と光ファイバの端部との相対的位置が正確に合わされて、光ファイバが筐体内のファイバマウント上に固定されている。この光ファイバは、筐体の外部に導出されているため、通常、光ファイバは、上記のファイバマウント以外に、筐体にも固定されている。

[0003] 下記特許文献1には、このような光モジュールが記載されている。この光モジュールにおいては、筐体内において光ファイバの先端がファイバマウント上に固定され、さらに筐体の一部であるパイプ部の貫通孔内に光ファイバの一部が固定されて、光ファイバは、筐体内から筐体外に導出されている。この光モジュールにおいては、パイプ部の中心軸とファイバマウントの上面とが、同一平面上に配置されていない。このため、光ファイバのパイプ部に固定された部分と、光ファイバの先端との間において、光ファイバが撓むように構成されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第00／10045号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に記載の光モジュールにおいては、パイプ部の中心軸とファイ

バマウントの上面との段差に応じて、光ファイバの撓み量が定められている。しかし、この光モジュールにおいては、筐体内において必要以上に光ファイバが撓んでしまう可能性がある。このように必要以上に光ファイバが撓んでしまうと、長期間の使用により、光ファイバに小さなクラック等が入り、光モジュールの信頼性を低下させる事がある。また、筐体内における光ファイバの撓み量が少なすぎると、光モジュールの温度が高くなったときに、ファイバマウントが配置されている基台が熱膨張して、ファイバマウントとパイプ部との距離が大きくなり、光ファイバに対して引っ張り応力が与えられ、光ファイバが断線してしまう虞がある。

[0006] そこで、本発明は、優れた信頼性を有する光モジュールを製造することができる光モジュールの製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、光ファイバが2ヶ所の固定部に固定された光モジュールの製造方法であって、前記光ファイバの一部を一方の固定部に固定する第1固定工程と、それぞれの固定部と接続されている基台を光モジュールの保証温度の上限以上に加熱した状態で、前記光ファイバを引っ張ってテンションを与えると共に、前記光ファイバの他の一部を他方の固定部に固定する第2固定工程と、を備え、前記保証温度の上限を $t_{\max}$ とし、前記第2固定工程において加熱される前記基台の温度を t_{base} とし、前記基台の等価的な線膨張係数を k_1 とし、前記光ファイバの線膨張係数を k_2 とし、前記光ファイバの断面積を A とし、前記光ファイバのヤング率を E とし、前記テンションを F とするときに、

[数1]

$$0 < F < A \times E \times (k_1 - k_2) \times (t_{\text{base}} - t_{\max})$$

を満たすことを特徴とするものである。

[0008] 光モジュールにおいては、保管時における環境温度や、動作時における発熱により、光モジュールの保証温度範囲内で基台の温度が変動し、基台が熱

膨張・伸縮する場合がある。光ファイバを用いる光モジュールにおいては、基台の熱膨張係数は、光ファイバの熱膨張係数よりも大きい。しかし、本発明による光モジュールの製造方法においては、光ファイバの一部を一方の固定部に固定し、光ファイバに上記条件を満たす正のテンションを与えてファイバを直線的にすることにより、予期せぬファイバのたわみによる過大な曲げ応力がかかることを防止し、さらに光モジュールの保証温度の上限以上に基台を加熱することで、基台を熱膨張させた状態で、他方の固定部に光ファイバの他の一部を固定するため、製造された光モジュールは、保証温度の範囲内において、光ファイバには常に圧縮応力が掛かり、断線してしまうような引っ張り応力が掛かることを防止することができる。この圧縮応力により、光ファイバが撓むことがあるが、撓み量は、基台の熱収縮に基づいた量でしかなく、撓み量を小さくすることができるので、必要以上に光ファイバが撓むことを防止できる。このように本発明の光モジュールの製造方法により製造された光モジュールは、光ファイバが断線することや、光ファイバにクラックが入ることを防止でき、優れた信頼性を有することができる。

[0009] なお、本明細書において、「保証温度」とは、光モジュールが保管や使用されるときに、光モジュールの動作が保証される温度を意味し、「テンションを与える」とは、光ファイバを直線状に張ることを意味する。

[0010] また、この光モジュールの製造方法においては、第1固定工程と、第2固定工程の少なくとも一部を同時に行っても良い。

[0011] また、上記光モジュールの製造方法において、前記一方の固定部がファイバマウントであり、前記他方の固定部が筐体の一部であることとしても良い。

[0012] このような光モジュールの製造方法によれば、光ファイバの一端側が筐体内のファイバマウントに固定され、光ファイバが筐体内から筐体外に導出された光モジュールを製造することができる。

[0013] また、上記光モジュールの製造方法の前記第2固定工程において、前記基台を前記保証温度の上限よりも高い温度に加熱して、前記基台が前記保証温

度の上限と同じ温度となったときに前記光ファイバにテンションが与えられないように、前記光ファイバを引張ることが好ましい。

[0014] このような光ファイバの製造方法によれば、光モジュールの保証温度内において、光ファイバにテンションがかかることを防止することができ、より優れた信頼性とすることができる。

発明の効果

[0015] 以上のように、本発明によれば、優れた信頼性を有する光モジュールを製造することができる光モジュールの製造方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の第1実施形態に係る光モジュールを示す図である。

[図2]光モジュールにおける光ファイバの長手方向に垂直な断面の構造を示す図である。

[図3]図1のIII-III線における断面の構造を示す図である。

[図4]図1の光モジュールの製造方法の工程を示すフローチャートである。

[図5]第1固定工程後の様子を示す図である。

[図6]第2固定工程の様子を示す図である。

[図7]基台の温度と光ファイバに与えられるテンションとの関係を示す図である。

[図8]本発明の第2実施形態に係る光モジュールを示す図である。

[図9]本発明の第3実施形態に係る光モジュールを示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明に係る光モジュールの製造方法の好適な実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

[0018] (第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係る光モジュールを示す図である。

[0019] 図1に示すように光モジュール1は、基台20と、基台20上に配置されているファイバマウント30、及び、レーザマウント40と、レーザマウント40上に配置されている半導体レーザ素子45と、ファイバマウント30

上に一部が固定されている光ファイバ10と、基台20と接続され、光ファイバの他の一部を固定している筐体50と、を主な構成として備える。このように本実施形態の光モジュール1は、光ファイバ10が、2ヶ所の固定部（ファイバマウント30及び筐体50の一部）に固定された光モジュールであり、半導体レーザ素子45から出力されるレーザ光を光ファイバ10により筐体50の外部に出力する光モジュールである。なお、図1において、筐体50は、一部のみ記載している。

[0020] 筐体50は、略直方体の外枠にパイプ部51が接続された構造をしており、基台20は、筐体50の一部（底部）を構成している。パイプ部51に設けられた貫通孔52は、筐体50内と筐体50外とを空間的に接続している。また、筐体50は、図示しない機構により、外枠が開いて内部が露出するように構成されている。この筐体50のパイプ部51に接続された部分は、特に制限されないが、例えば、ステンレスやアルミ合金等の板材が加工されることで、形成されている。

[0021] 基台20は、例えば、金属やセラミック製の板状の部材から構成されている。基台20を構成する材料が金属である場合、この金属としては、特に制限されないが、例えば、銅、銅タングステンを挙げることができ、基台20を構成する材料がセラミックである場合、このセラミックとしては、特に制限されないが、例えば、窒化アルミ（AlN）やアルミナ（Al₂O₃）等を挙げることができる。なお、光ファイバ10を構成する石英の線膨張係数は、 0.51×10^{-6} （1/°C）程度であるが、基台20の材料の線膨張係数は、これより大きい。具体的には、銅は、 16.8×10^{-6} （1/°C）、銅タングステン（W90%）は、 6.5×10^{-6} （1/°C）、AlNは、 4.5×10^{-6} （1/°C）、Al₂O₃は、 7.0×10^{-6} （1/°C）である。

[0022] 基台20上に配置されているレーザマウント40は、略直方体の形状をしており、図示しないはんだ材料により基台20上に固定されている。このレーザマウント40を構成する材料としては、特に制限されないが、例えば、AlNやAl₂O₃等のセラミックを挙げることができ、中でも、熱伝導性に

優れる観点からA I Nが好ましい。また、基台20とレーザマウント40とが同様のセラミックから成る場合には、基台20とレーザマウント40とが一体成型により形成されても良い。

[0023] 半導体レーザ素子45は、レーザマウント40上に図示しないはんだ材料により固定されている。この半導体レーザ素子45においては、複数の半導体層が積層されており、これらの半導体層により共振器構造が形成されている。そして、半導体レーザ素子45の光ファイバ側の面から、例えば、波長が900nm帯のレーザ光を出力する。

[0024] 基台20上に配置されているファイバマウント30は、略直方体の形状をしており、レーザマウントと同様に、基台20上に固定されている。このファイバマウント30を構成する材料としては、特に制限されないが、例えば、レーザマウント40を構成する材料と同様の材料を挙げることができ、中でも、熱伝導性に優れる観点からA I Nが好ましい。また、基台20とファイバマウント30とが同様のセラミックから成る場合には、基台20とファイバマウント30とが一体成型により形成されても良い。また、ファイバマウント30の基台20側と反対側の面には、固定部材としての紫外線硬化樹脂35が固定されている。

[0025] 図2は、光モジュール1における光ファイバ10の長手方向に垂直な断面の構造を示す図である。図2に示すように、光ファイバ10は、コア11と、コア11の外周面を囲むクラッド12とから構成されている。クラッド12の屈折率はコア11の屈折率よりも低くされており、コア11は、例えば、ゲルマニウム等の屈折率を上げるドーパントが添加されたガラスから成り、クラッド12は、例えば、何らドーパントが添加されない純粋な石英から構成される。また、特に図示しないが、クラッド12は、光モジュール1の外部においては、紫外線硬化樹脂等から成る被覆層で被覆されている。

[0026] この光ファイバ10は、紫外線硬化樹脂35を貫通しており、先端付近の一部が紫外線硬化樹脂35に固定されている。そして、光ファイバ10の端面は、半導体レーザ素子45の出射面に対向しており、半導体レーザ素子4

5から出力されるレーザ光がコア11に入力するように配置されている。

[0027] 図3は、図1にIII-III線における断面の構造を示す図である。図1、図3に示すように、光ファイバ10は、筐体50のパイプ部51の貫通孔52内を貫通して、筐体50内から筐体50外に導出されている。また、パイプ部51には、貫通孔52と垂直な方向に穴53が設けられており、この穴53から紫外線硬化樹脂55が充てんされている。そして、光ファイバ10は、貫通孔52内において、この紫外線硬化樹脂55により、覆われており、貫通孔52内に固定されている。

[0028] こうして、光ファイバ10は、ファイバマウント30、及び、筐体50の一部であるパイプ部51に固定されている。

[0029] このような光モジュール1は、図示しない外部からの電力の供給により、半導体レーザ素子45からレーザ光が出力される。出力されたレーザ光は、光ファイバ10のコア11に入力して、コア11を伝播して、光モジュール1の外部に出力される。

[0030] また、光モジュール1は、所定の保証温度範囲が設定されており、この保証温度の上限以下の環境温度で保管され、この保証温度の上限より高い温度にならないように使用される。このような光モジュール1の保証温度の上限は、レーザ出力の温度依存性が大きい半導体レーザ素子45の特性に応じて、例えば、85℃とされる。一方、光モジュール1の保証温度の下限は、例えば、-20℃とされる。

[0031] 次に、光モジュール1の製造方法について説明する。

[0032] 図4は、図1の光モジュール1の製造方法の工程を示すフローチャートである。図4に示すように、光モジュール1の製造方法は、光ファイバ10及び光ファイバ10が接続されていない光モジュール半製体を準備する準備工程P1と、光ファイバ10の端部をパイプ部51の貫通孔52を通じて筐体50内に配置する配置工程P2と、光ファイバ10の先端付近の一部をファイバマウント30上に固定する第1固定工程P3と、光ファイバ10の他の一部をパイプ部51の貫通孔52内に固定する第2固定工程P4とを備える

。

[0033] (準備工程 P 1)

まず、光ファイバ 10 を準備する。この光ファイバのクラッド径は 125 μm である。光ファイバ 10 が被覆層により被覆されている場合は、少なくとも筐体 50 内に挿入される部分の被覆層を剥離する。さらに光ファイバ 10 が接続されていない光モジュール半製体を準備する。この光モジュール半製体において、筐体 50 の内部が露出していない場合は、以降の工程を行うために筐体 50 を開いて、筐体 50 内のファイバマウント 30 等が露出するようにしておく。この筐体 50 の基台 20 は例えば銅で形成されている。

[0034] (配置工程 P 2)

次に、光ファイバ 10 の先端をパイプ部 51 の貫通孔 52 から筐体 50 内に挿入する。そして、光ファイバ 10 の端面と半導体レーザ素子 45 の出射面とが対向し、半導体レーザ素子 45 から出力されるレーザ光が光ファイバ 10 のコア 11 に入力するように正確に位置合わせをして、光ファイバ 10 を配置する。このとき光ファイバ 10 の一部は、ファイバマウント 30 上に配置され、光ファイバ 10 の他の一部は、パイプ部 51 の貫通孔 52 内に配置される。

[0035] (第 1 固定工程 P 3)

次に、ファイバマウント 30 上に配置された光ファイバ 10 の一部をファイバマウント 30 上に固定する。具体的には、配置工程 P 2 において、ファイバマウント 30 上に光ファイバ 10 の一部が配置された状態で、紫外線硬化樹脂 35 の前駆体である紫外線硬化性樹脂を光ファイバ 10 とファイバマウント 30 の上面とを接続するように塗布する。

[0036] その後、紫外線硬化性樹脂に紫外線を照射して、紫外線硬化性樹脂を硬化させる。こうして、図 5 に示すように、光ファイバ 10 の一部が、ファイバマウント 30 に紫外線硬化樹脂 35 により固定された状態となる。

[0037] (第 2 固定工程 P 4)

図 6 は、第 2 固定工程 P 4 の様子を示す図である。図 6 に示すように、第

2 固定工程 P 4 においては、基台 2 0 をヒーター 6 1 により加熱する。このとき基台 2 0 の温度が、光モジュール 1 の保証温度の上限以上である t_{base} となるようにする。こうして、基台 2 0 は、ヒーター 6 1 による熱により保証温度の上限における大きさ以上に膨張する。このときのヒーター 6 1 による基台 2 0 の温度は、光モジュール 1 の保証温度の上限以上であって、半導体レーザ素子 4 5 を固定するためのはんだ材料等に影響を与えない温度であれば、特に限定されないが、例えば、上記の様に保証温度の上限が 85°C とされる場合に、 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ とされる。このようにヒーター 6 1 により基台 2 0 を加熱することにより、ヒーター 6 1 の設定温度をコントロールして、自由に基台 2 0 の温度をコントロールすることができる。

[0038] そして、熱により基台 2 0 が膨張している状態で、光ファイバ 1 0 を図 6 の矢印 A で示す方向に引っ張って、光ファイバ 1 0 にテンション F をかける。このように光ファイバ 1 0 にテンションをかけることにより、光ファイバ 1 0 は撓まずに直線状に張られた状態となる。このように光ファイバ 1 0 を撓まずに直線状に張られた状態にすることにより、光ファイバ 1 0 に予期せぬたわみによる過大な曲げ応力がかかることを防止できる。

[0039] この基台 2 0 の温度が t_{base} である状態から保証温度の上限 t_{max} となった時に光ファイバ 1 0 のテンションが 0 以下となるようなテンション T_0 を、当該基台 2 0 の線膨張係数及び光ファイバ 1 0 の線膨張係数から求め、そのテンション T_0 で光ファイバ 1 0 を引っ張ったまま、後述の様に光ファイバ 1 0 をパイプ部 5 1 の貫通孔 5 2 内に固定する。このように光ファイバ 1 0 を固定した場合の基台 2 0 の温度と光ファイバ 1 0 のテンションとの関係は、図 7 に示すようになる。図 7 において、温度 t_{max} 以下では、テンション 0 と示されているが、これは、光ファイバ 1 0 に圧縮応力が掛かっている、若しくは光ファイバ 1 0 が圧縮応力により撓んでいる状態である。すなわち、上述の条件で第 2 固定工程を行うことにより、保証温度範囲全域で、光ファイバ 1 0 に圧縮応力が掛かり、引っ張り応力が掛かることを防止されていることがわかる。

[0040] 光ファイバ10の線膨張係数と基台20の線膨張係数はそれぞれ予め分かっているため、保証温度下限において許容される光ファイバ10の撓み量と、第2固定工程の温度 t_{base} と、この温度の時に許容される光ファイバ10のテンションとから、温度 t_{base} とこの固定時のテンション F とを設定する。このように設定された条件で、第2固定工程を行うことにより、保証温度の範囲全域において、光モジュール1の温度、すなわち、基台20の温度が変動しても、光ファイバ10が断線してしまうような引っ張り応力が光ファイバ10にかかることを防止することができる。また、ファイバが撓む場合でも撓み量は、予め分かっている基台の熱収縮に基づいた量でしかなく、ファイバにクラック等が入るような撓みが発生することを防止できる。例えば、本実施形態において、光ファイバに与えるテンション F は、例えば、100g重～200g重とされる。

[0041] 例えば、基台20の等価的な線膨張係数を k_1 、光ファイバ10の線膨張係数を k_2 、固定温度を t_{base} 、保証温度の上限を t_{max} とした場合、ファイバに与えるテンション F が、

[数2]

$$0 < F < A \times E \times (k_1 - k_2) \times (t_{base} - t_{max})$$

(但し、 A はファイバの断面積、 E はファイバのヤング率を表す。)

を満たすように設定すれば、保証温度範囲全域において、光ファイバ10に引っ張りテンションが掛かることを防止でき、かつ、圧縮応力による撓み量も予め算出することができるので、保証温度範囲全域において、撓みが許容限度を越えることを防止することができる。なお、図7に示すような基台20の温度と光ファイバ10のテンションとの関係は、

[数3]

$$F = T_0 = A \times E \times (k_1 - k_2) \times (t_{base} - t_{max})$$

と設定することにより実現することができる。なお、筐体50の構造によっては、基台20以外の筐体50から光ファイバ10のテンションに作用を及

ばす場合もある。この意味で、基台 20 以外の筐体 50 からの寄与も含めて、 k_1 を基台 20 の等価的な線膨張係数と表している。

[0042] 第 2 固定工程においては、光ファイバ 10 を上記所定のテンションに引っ張って、固定作業を行うため、ファイバマウントもしくは筐体の一部に光ファイバ 10 を単に置き、何もテンションを掛け無い場合と比較して、精度の高いテンション管理を行うことができる。このように光ファイバ 10 の固定時に正確にテンションを設定できるので、光モジュール 1 の保証温度範囲内において、光ファイバ 10 に掛かる応力を所定の範囲にばらつき無く納めることができるため、光モジュール 1 の信頼性を向上させることができる。

[0043] 次に光ファイバ 10 にテンション F を与えている状態で、光ファイバ 10 をパイプ部 51 の貫通孔 52 内に固定する。具体的には、パイプ部 51 に形成された穴 53 から、紫外線硬化樹脂 55 の前駆体である紫外線硬化性樹脂を貫通孔 52 内に充填する。この時点で、貫通孔 52 内には、既に光ファイバ 10 が挿入されているため、貫通孔 52 内における光ファイバ 10 は、充填された紫外線硬化性樹脂で覆われる。そして、パイプ部 51 の貫通孔内に紫外線が照射されて、紫外線硬化性樹脂が硬化して、図 3 に示すように光ファイバ 10 がパイプ部 51 の貫通孔 52 内に固定される。紫外線の照射は、パイプと平行な方向からコリメートされた UV 光を入射すれば良い。なお、パイプ部 51 の貫通孔 52 内に紫外線硬化性樹脂を充填してから、光ファイバ 10 にテンションを与えても良い。

[0044] そして、紫外線硬化樹脂 55 を硬化させ、その後、ヒーターから光モジュール 1 を離し、徐々に光モジュール 1 の温度を低下させる。また、必要に応じて筐体 50 を閉じ、筐体 50 内を気密封止する。なお、筐体 50 を閉じるのは、第 1 固定工程 P3 と第 2 固定工程 P4 の間であっても良い。

[0045] こうして、図 1 に示す光モジュール 1 を得る。

[0046] 以上説明したように、光モジュールにおいては、保管時における環境温度や、動作時における発熱により、光モジュール 1 の保証温度範囲内で基台 20 の温度が変動し、基台 20 が熱膨張する場合がある。しかし、本発明によ

る光モジュール１の製造方法においては、ファイバマウント３０に光ファイバ１０の一部を固定し、光モジュール１の保証温度の上限以上に基台２０を加熱することで、基台２０を熱膨張させて、さらに、光ファイバ１０にテンションを与えた状態で、パイプ部５１の貫通孔５２内に光ファイバ１０を固定するため、製造された光モジュール１は、保証温度の範囲内において、基台２０の温度が変動しても、光ファイバ１０が断線してしまうようなテンションが、光ファイバ１０にかかることを防止することができる。また、光モジュール１の温度が低い状態においては、光ファイバ１０が撓むことがあるが、撓み量は、基台２０の熱収縮に基づいた量でしかなく、撓み量を小さくすることができるので、必要以上に光ファイバ１０が撓むことを防止できる。このように本実施形態の光モジュール１の製造方法により製造された光モジュール１は、光ファイバ１０が断線することや、光ファイバ１０にクラックが入ることを防止でき、優れた信頼性を有することができる。

[0047] なお、上記実施形態においては、第１固定工程Ｐ３の後に、第２固定工程Ｐ４を行っているが、第１固定工程Ｐ３と第２固定工程Ｐ４の少なくとも一部を同時に行っても良い。

[0048] （第２実施形態）

次に、本発明の第２実施形態について図８を参照して詳細に説明する。なお、第１実施形態と同一又は同等の構成要素については、特に説明する場合を除き、同一の参照符号を付して重複する説明は省略する。図８は、本発明の第２実施形態に係る光モジュール２を示す平面図である。

[0049] 図８に示すように、本実施形態の光モジュール２においては、光ファイバ１の一部が、はんだ３６によりファイバマウント３０上に固定されると共に、他の一部が、はんだ５６によりパイプ部５１の貫通孔５２内に固定されている点において、第１実施形態の光モジュール１と異なる。

[0050] このため、ファイバマウント３０の基台２０側と反対側の面には、ボンディングパッド３１が形成されている。ボンディングパッド３１は、はんだ３６が固定可能な材料であれば特に限定されないが、本実施形態においては、

ファイバマウント30側にチタン（Ti）層が積層されており、Ti層上に白金（Pt）層が積層されており、Pt層上に金（Au）層が積層されており、このAu層の表面が、ボンディングパッド31のファイバマウント30側と反対側の表面とされている。そして、はんだ36は、ボンディングパッド31上に固定されると共に、ボンディングパッド31上の光ファイバ10を覆っている。こうして光ファイバ10は、はんだ36によりファイバマウント上に固定されている。

[0051] また、光ファイバ10が挿入されているパイプ部51の貫通孔52内には、パイプ部51の穴53からはんだ56が充填されており、貫通孔52内において、光ファイバ10は、はんだ56により覆われて、貫通孔52内に固定されている。

[0052] このはんだ36、56としては、例えば、金錫系の共晶はんだを挙げることができ、Auと錫（Sn）の比としては、Au80%—Sn20%や、Au10%—Sn90%を挙げることができる。はんだ36がAu80%—Sn20%である場合、はんだ36の融点は約280度とされる。

[0053] なお、光ファイバ10は、ボンディングパッド31上、及び、貫通孔52内において、図示しないメタライズ層により被覆されており、このメタライズ層がはんだ36、56に固定されている。このメタライズ層は、はんだ36、56に濡れやすく、固定され易い構成とされており、特に限定されないが、例えば、Ni層とAu層の積層体から成り、Ni層がクラッド12の外周面を被覆しており、Au層がNi層の外周面を被覆している。また、Ni層、Au層の厚さは、特に限定されないが、例えば、Ni層が2 μ m～3 μ mであり、Au層が0.1 μ m～0.2 μ mとされる。このようにメタライズ層の表面がAu層により構成されることにより、フラックスが無くとも、メタライズ層のはんだ濡れ性が高くなるため好ましい。

[0054] このような光モジュール2の製造は次の様に行う。

[0055] （準備工程P1）

まず、第1実施形態と同様に準備工程P1を行う。ただし、光ファイバが

接続されていない光モジュール半製体を準備するときに、ファイバマウント 30 上にボンディングパッド 31 を設ける。ボンディングパッド 31 の形成は、蒸着法、スパッタ法、めっき法等の成膜加工により設ければ良い。また、後の配置工程 P 2 を行った際に、光ファイバ 10 におけるボンディングパッド 31 上に位置する部分、及び、パイプ部 51 の貫通孔 52 内に位置する部分にメタライズ層を形成する。メタライズ層の形成は、めっき法により設けられることが好ましい。めっき法によれば、側面の形状が円筒状である光ファイバ 10 の側面に対して、より均一な厚さでメタライズ層を設けることができるためである。

[0056] (配置工程 P 2)

次に配置工程 P 2 を行う。このとき、準備工程 P 1 において形成した光ファイバ 10 のそれぞれのメタライズ層が、ボンディングパッド 31 上、及び、パイプ部 51 の貫通孔 52 内に位置するようにして、光ファイバ 10 を配置する。

[0057] (第 1 固定工程 P 3)

次に第 1 固定工程 P 3 を行う。第 1 固定工程 P 3 においては、まず、光ファイバ 10 と隣り合うようにして、ボンディングパッド 31 上にはんだ 36 の塊を配置する。その後、レーザ光をファイバマウント 30 に照射して、ファイバマウント 30 を加熱する。このファイバマウント 30 の熱により、ボンディングパッド 31 上のはんだ 36 が融解して、ボンディングパッド 31 全体に広がると共に、光ファイバ 10 のメタライズ層を被覆する。そして、レーザ光の照射を止めることにより、ファイバマウント 30 の温度が低下して、光ファイバ 10 の一部が、ファイバマウント 30 上に固定される。

[0058] (第 2 固定工程 P 4)

次に第 2 固定工程 P 4 を行う。第 2 固定工程 P 4 においては、パイプ部 51 の穴 53 上にはんだ 56 の塊を配置する。その後、高周波誘導加熱によりパイプ部 51 を加熱する。そして、本実施形態においては、この高周波誘導加熱により、基台 20 を同時に加熱する。そして、基台 20 の温度が光モジ

ジュール2の保証温度の上限以上となった状態において、第1実施形態と同様にして、光ファイバ10にテンションFを与える。そして、この高周波誘導加熱により、穴53上のはんだ56を融解させて、はんだ56をパイプ部51の貫通孔52内に充填する。その後、加熱を停止して、はんだ56が固化することにより、光ファイバ10は、パイプ部51に固定される。

[0059] こうして、図8に示す光モジュール2を得る。

[0060] 本実施形態のように、第2固定工程P4において、はんだ56を融解する熱により基台20を加熱することにより、他の手段で基台20を加熱する必要が無く、製造工程を簡易にすることができる。

[0061] なお、本実施形態においては、高周波誘導加熱により第2固定工程P4を行ったが、抵抗加熱やレーザ光による加熱で、第2固定工程P4の加熱を行っても良い。また、本実施形態においては、はんだ56を融解する熱により基台20を加熱するものとしたが、第1実施形態と同様にして、ヒーターにより、基台20を加熱しても良い。又、基台20の熱とはんだ56を融解する熱による組み合わせによる加熱であっても良い。

[0062] また、第1固定工程P3において、レーザ光をファイバマウント30に照射して、ファイバマウント30の熱によりはんだ36を融解したが、第1固定工程P3においても、抵抗加熱ではんだ36を融解しても良く、また、高周波誘導加熱によりはんだ36を融解しても良い。

[0063] また、第2固定工程P4において光ファイバに与えられるテンションFは、加熱前から与えられても良い。

[0064] (第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態について図9を参照して詳細に説明する。なお、第1実施形態と同一又は同等の構成要素については、特に説明する場合を除き、同一の参照符号を付して重複する説明は省略する。図9は、本発明の第3実施形態に係る光モジュール3を示す平面図である。

[0065] 図8に示すように、本実施形態の光モジュール3においては、光ファイバ1の一部が、熱硬化性樹脂37によりファイバマウント30上に固定される

と共に、他の一部が、熱硬化性樹脂 57 によりパイプ部 51 の貫通孔 52 内に固定されている点において、第 1 実施形態の光モジュール 1 と異なる。

[0066] このような光モジュール 3 の製造は次の様に行う。

[0067] (準備工程 P 1、配置工程 P 2)

まず、第 1 実施形態と同様に準備工程 P 1 を行う。そして、第 1 実施形態と同様にして配置工程 P 2 を行う。

[0068] (第 1 固定工程 P 3)

次に、ファイバマウント 30 上に配置された光ファイバ 10 の一部をファイバマウント上に固定する。具体的には、配置工程 P 2 において、ファイバマウント 30 上に光ファイバ 10 が配置された状態で、未硬化状態の熱硬化性樹脂を光ファイバ 10 とファイバマウント 30 の上面とを接続するように塗布する。

[0069] その後、未硬化状態の熱硬化性樹脂をヒーターにより加熱して、熱硬化性樹脂を硬化させる。こうして、光ファイバ 10 の一部が、ファイバマウント 30 に熱硬化性樹脂 37 により固定された状態となる。

[0070] (第 2 固定工程 P 4)

次に未硬化状態の熱硬化性樹脂をパイプ部 51 に形成された穴 53 から、貫通孔 52 内に充填し、貫通孔 52 内における光ファイバ 10 を、熱硬化性樹脂で覆う。そして、ヒーターにより、パイプ部 51 を加熱すると共に、基台 20 を加熱し、基台 20 の温度が光モジュール 2 の保証温度の上限以上となった状態において、第 1 実施形態と同様にして、光ファイバ 10 にテンション F を与える。

[0071] なお、本実施形態のように、熱硬化性樹脂を硬化させるための熱により基台 20 を光モジュールの保証温度の上限以上にする場合、熱硬化性樹脂 57 の硬化温度は、光モジュール 2 の保証温度の上限より高い温度とされる。そして、このテンションは、未硬化状態の熱硬化性樹脂が硬化する前に与えられる必要があるため、テンションは、加熱前から与えられることが好ましい。

[0072] こうして硬化した熱硬化性樹脂 57 により光ファイバ 10 がパイプ部 51 の貫通孔 52 内に固定され、図 9 に示す光モジュールを得る。

[0073] 本実施形態のように、第 2 固定工程 P4 において、未硬化状態の熱硬化樹脂を硬化させる熱により基台 20 を加熱することにより、他の手段で基台 20 を加熱する必要が無く、製造工程を簡易にすることができる。

[0074] なお、本実施形態においては、ヒーターにより第 2 固定工程 P4 を行ったが、他の手段により熱硬化性樹脂を加熱しても良い。さらに、熱硬化性樹脂を硬化させるヒーターとは別のヒーターを用いて、基台 20 を加熱しても良い。

[0075] また、第 1 固定工程 P3 においても、他の手段により熱硬化性樹脂を硬化させても良い。

[0076] 以上、本発明について、第 1、第 2 実施形態を例に説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0077] 上記実施形態においては、半導体レーザ素子から出力されるレーザ光を光ファイバにより出力する光モジュールを例に説明したが、本発明は、これに限らず、2ヶ所の固定部に光ファイバが固定される光モジュールの製造方法であれば、他の光モジュールにも適用可能である。例えば、2ヶ所の固定部に光ファイバが固定されるタイプの LiNbO₃ 変調器等の光モジュールにも用いることができる。

[0078] また、第 1 固定工程 P3 や、第 2 固定工程 P4 において、光ファイバ 10 を固定する部材は、上記実施形態における部材以外であっても良く、例えば、ガラスフリットや熱可塑性樹脂を用いても良い。

産業上の利用可能性

[0079] 以上説明したように、本発明によれば、優れた信頼性を有する光モジュールを製造することができる光モジュールの製造方法が提供される。

符号の説明

[0080] 1、2、3・・・光モジュール
10・・・光ファイバ

1 1 . . . コア
1 2 . . . クラッド
1 5 . . . メタライズ層
2 0 . . . 基台
3 0 . . . ファイバマウント
3 1 . . . ボンディングパッド
3 5 . . . 紫外線硬化樹脂
3 6, 5 6 . . . はんだ
3 7 . . . 熱硬化性樹脂
4 0 . . . レーザマウント
4 5 . . . 半導体レーザ素子
5 0 . . . 筐体
5 1 . . . パイプ部
5 2 . . . 貫通孔
5 3 . . . 穴
5 5 . . . 紫外線硬化樹脂
5 7 . . . 熱硬化性樹脂
6 1 . . . ヒーター
P 1 . . . 準備工程
P 2 . . . 配置工程
P 3 . . . 第 1 固定工程
P 4 . . . 第 2 固定工程

請求の範囲

[請求項1] 光ファイバが2ヶ所の固定部に固定された光モジュールの製造方法であって、

前記光ファイバの一部を一方の固定部に固定する第1固定工程と、
それぞれの固定部と接続されている基台を光モジュールの保証温度の上限以上に加熱した状態で、前記光ファイバを引っ張ってテンションFを与えると共に、前記光ファイバの他の一部を他方の固定部に固定する第2固定工程と、
を備え、

前記保証温度の上限を $t_{\max}$ とし、前記第2固定工程において加熱される前記基台の温度を t_{base} とし、前記基台の等価的な線膨張係数を k_1 とし、前記光ファイバの線膨張係数を k_2 とし、前記光ファイバの断面積を A とし、前記光ファイバのヤング率を E とし、前記テンションを F とするときに、

[数1]

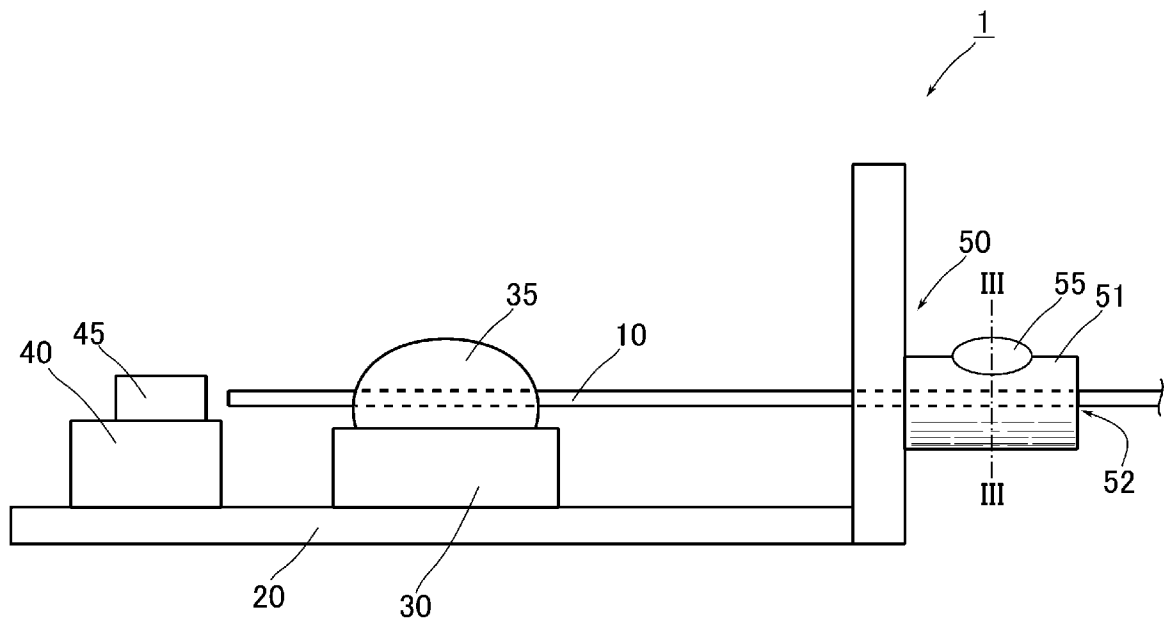
$$0 < F < A \times E \times (k_1 - k_2) \times (t_{\text{base}} - t_{\max})$$

を満たすことを特徴とする光モジュールの製造方法。

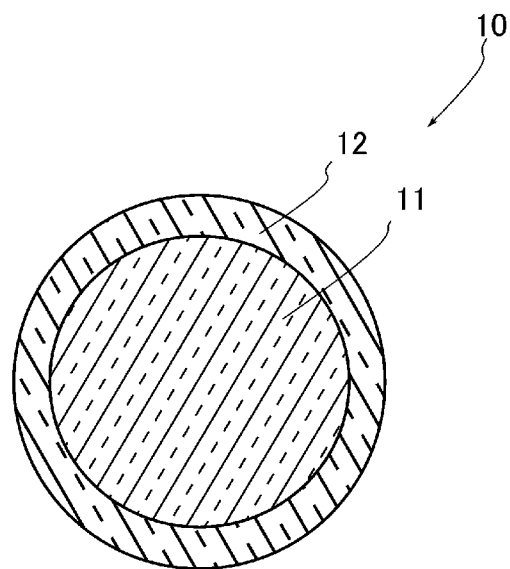
[請求項2] 前記一方の固定部がファイバマウントであり、前記他方の固定部が筐体の一部であることを特徴とする請求項1に記載の光モジュールの製造方法。

[請求項3] 前記第2固定工程において、前記基台を前記保証温度の上限よりも高い温度に加熱して、前記基台が前記保証温度の上限と同じ温度となったときに前記光ファイバにテンションが与えられないように前記光ファイバを引張ることを特徴とする請求項1または2に記載の光モジュールの製造方法。

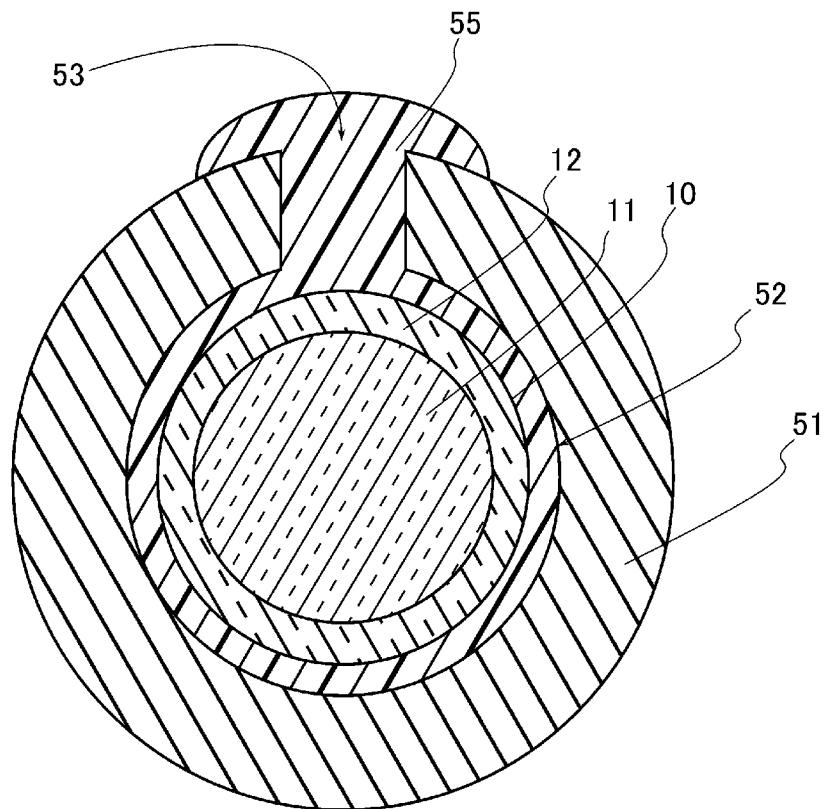
[図1]



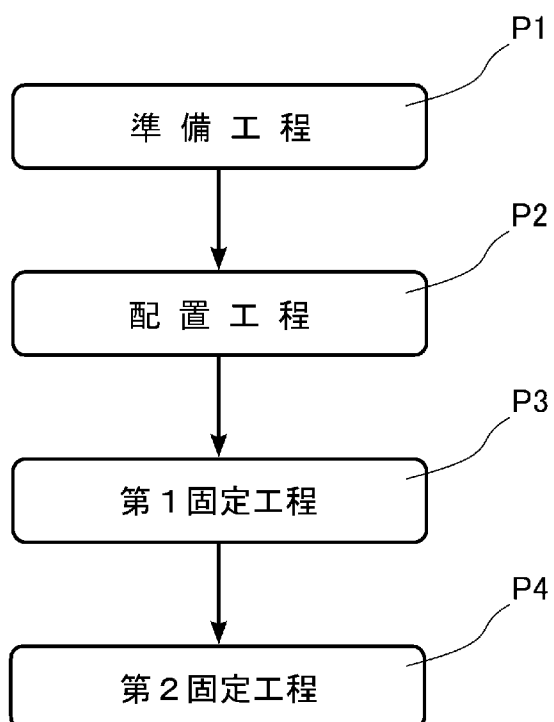
[図2]



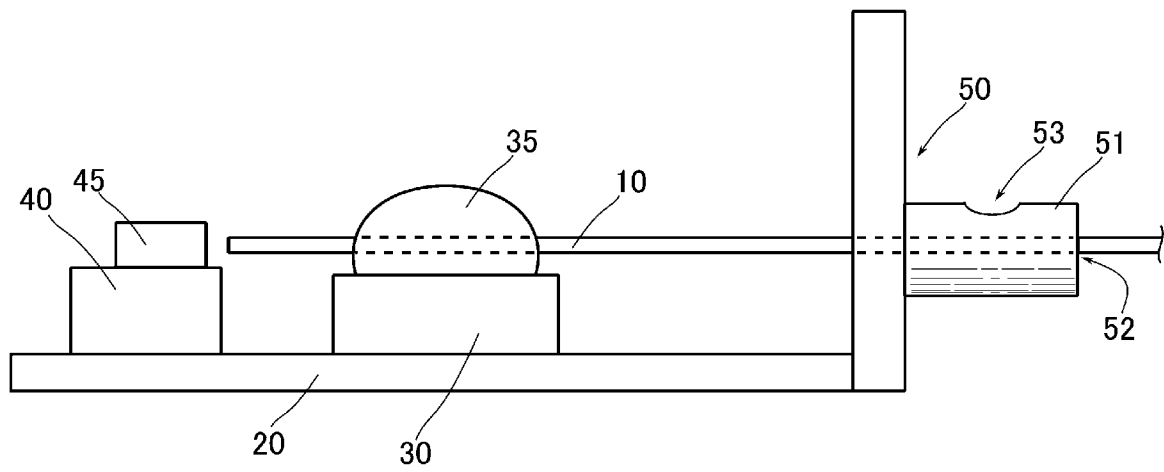
[図3]



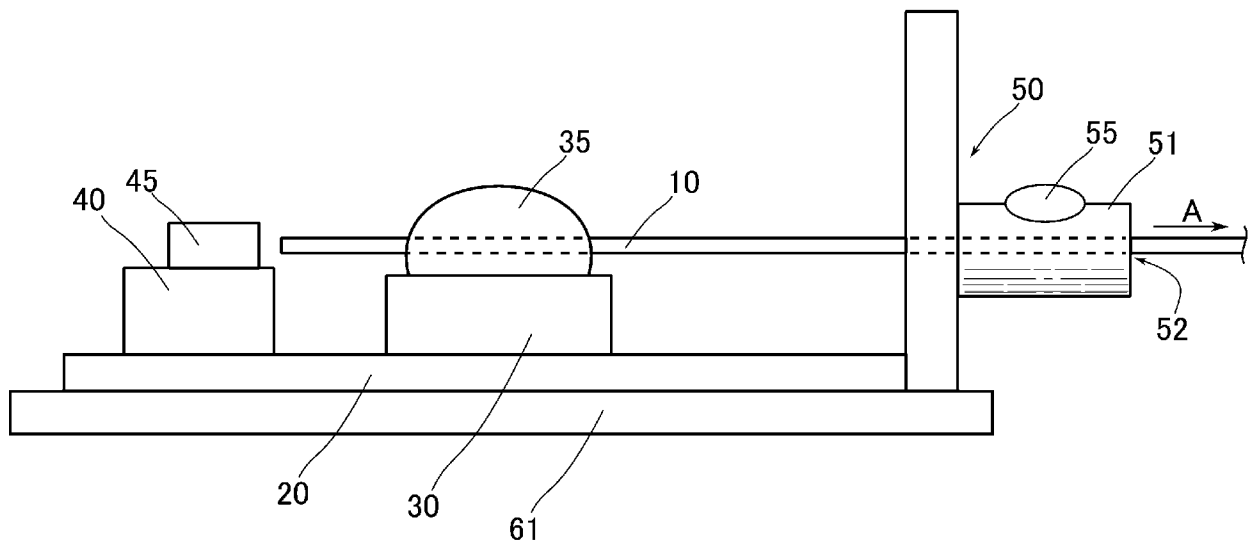
[図4]



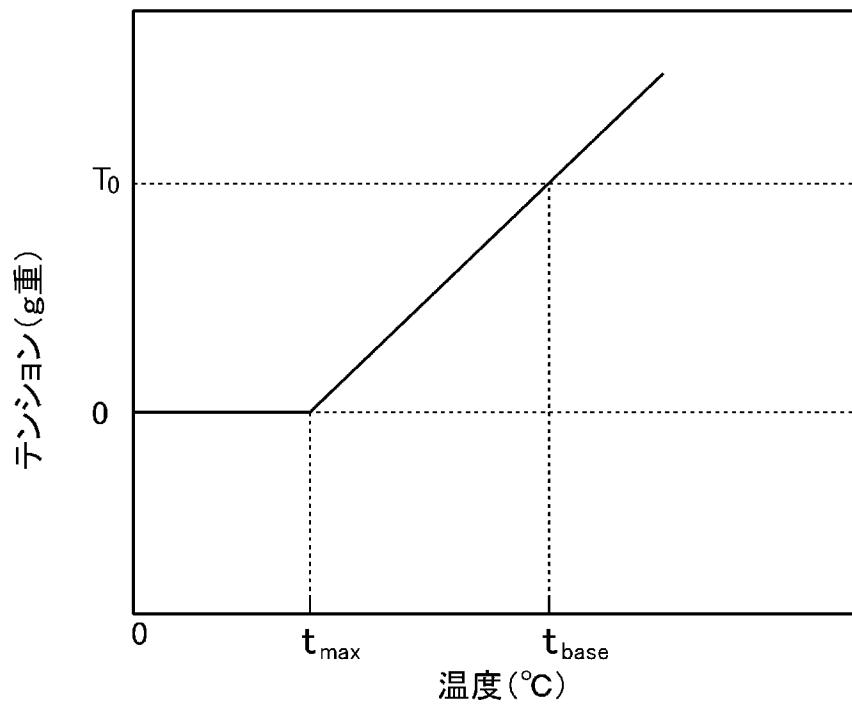
[図5]



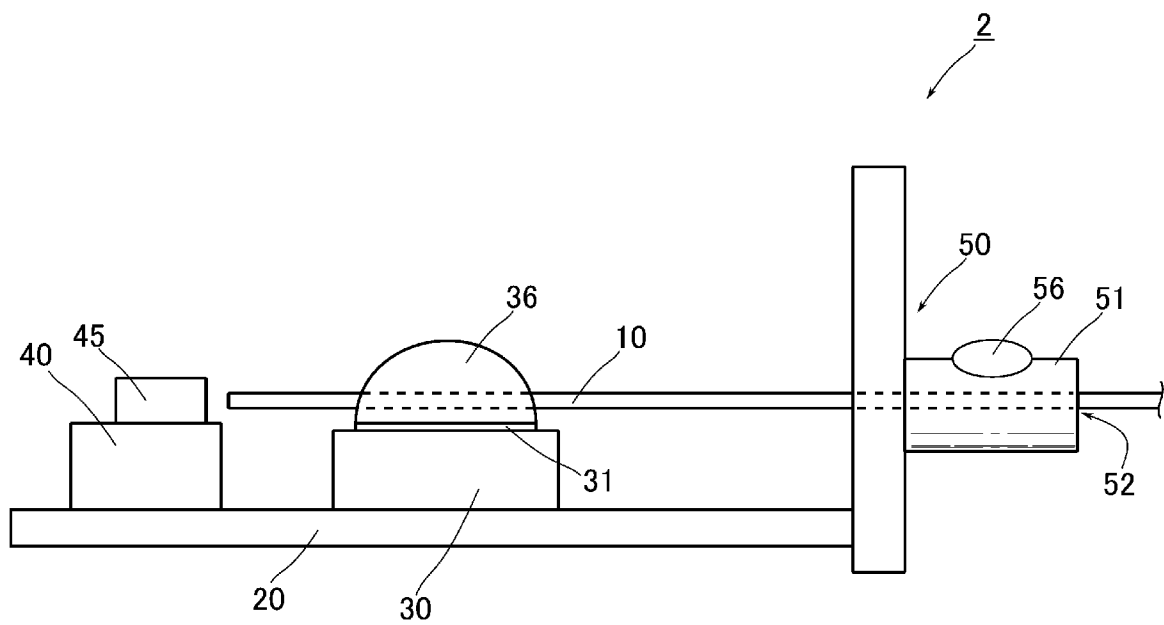
[図6]



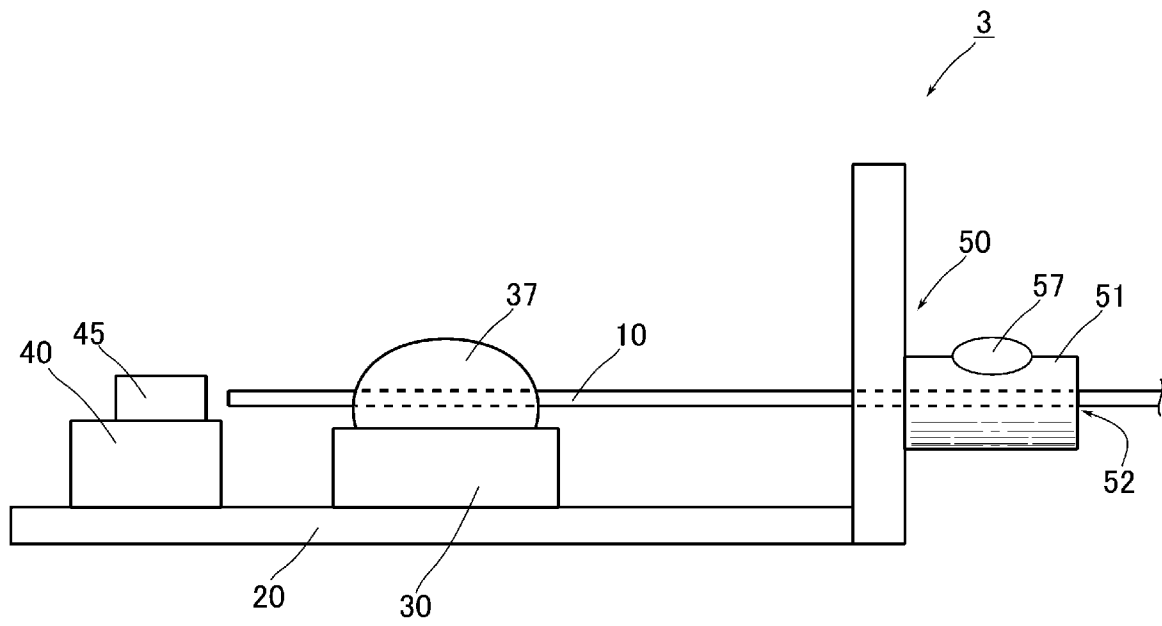
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/054623

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/42 (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)

G02B6/42

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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	JP 11-174261 A (The Furukawa Electric Co.,	1
Y	Ltd.),	2
A	02 July 1999 (02.07.1999), paragraphs [0002], [0007] to [0017]; fig. 1 to 2 (Family: none)	3
Y	JP 4-152308 A (Anritsu Corp.), 26 May 1992 (26.05.1992), page 3, lower left column to page 4, upper left column; fig. 1, 3 (Family: none)	2

☒ 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

"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
07 March, 2012 (07.03.12)Date of mailing of the international search report
19 March, 2012 (19.03.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/054623

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2-73207 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 13 March 1990 (13.03.1990), page 3, lower left column to page 5, upper right column; fig. 1, 4 to 7 (Family: none)	1-3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B6/42(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（I P C））

Int.Cl. G02B6/42

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	JP 11-174261 A（古河電気工業株式会社）1999.07.02, 段落 0002, 0007-0017, 図 1-2（ファミリーなし）	1
Y		2
A		3
Y	JP 4-152308 A（アンリツ株式会社）1992.05.26, 第 3 頁左下欄-第 4 頁左上欄, 第 1, 3 図（ファミリーなし）	2
A	JP 2-73207 A（日本電信電話株式会社）1990.03.13, 第 3 頁左下欄-第 5 頁右上欄, 第 1, 4-7 図（ファミリーなし）	1-3

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

「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
「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
「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）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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

「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

「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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 7 . 0 3 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 3 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

石原 徹弥

2 X

3 1 0 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4