

(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
2015年2月26日(26.02.2015)



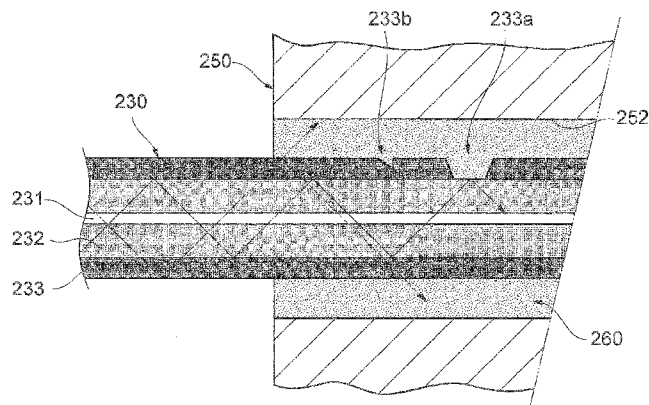
(10) 国際公開番号
WO 2015/025808 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 3/067 (2006.01) *H01S 3/00* (2006.01)
G02B 6/00 (2006.01) *H01S 3/042* (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01) *H01S 3/10* (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/071538
- (22) 国際出願日: 2014年8月18日(18.08.2014)
- (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 2013-169628 2013年8月19日(19.08.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目
1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 森尾 昌隆(MORIO, Masataka); 〒1008331
東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 株
会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 永井 冬紀, 外(NAGAI, Fuyuki et al.); 〒
1000011 東京都千代田区内幸町 2 丁目 2 番 2 号
富国生命ビル 永井特許事務所 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, 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, 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, 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: METHOD FOR SECURING FIBER, FIBER-SECURING-STRUCTURE BODY SECURED TO FIBER HOLDING MEMBER, LASER
DEVICE PROVIDED WITH SAID FIBER-SECURING-STRUCTURE BODY, EXPOSURE DEVICE, AND INSPECTION DEVICE

(54) 発明の名称: ファイバの固定方法、ファイバ保持部材に固定されたファイバ固定構造体、該ファイバ固定構造体を備
えたレーザ装置、露光装置及び検査装置

【図6】



(57) Abstract: A method for securing a double-clad fiber in which a double-clad fiber is secured using a fiber holding member, the double-clad fiber having a core doped with a laser medium, a first clad to which excitation light is introduced and which covers the outer circumference of the core, and a second clad covering the outer circumference of the first clad, wherein the double-clad fiber is secured to the fiber holding member using an adhesive having a post-curing refractive index (n_0) that is substantially equal to or greater than the refractive index (n_2) of the second clad, and smaller than the refractive index (n_1) of the first clad, the adhesive being applied to, and cured on, the double-clad fiber installed in the fiber holding member so that the adhesive covers the outer circumference of the second clad.

(57) 要約:

[続葉有]



レーザ媒質がドープされたコアと、コアの外周を覆い励起光が導入される第1クラッドと、第1クラッドの外周を覆う第2クラッドと、を有するダブルクラッドファイバをファイバ保持部材に固定するダブルクラッドファイバの固定方法であって、硬化後の屈折率 n_0 が第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一以上であり且つ第1クラッドの屈折率 n_1 よりも小さい接着剤を用い、ファイバ保持部材に配設されたダブルクラッドファイバに、第2クラッドの外周を覆うように接着剤を塗布して硬化させ、ダブルクラッドファイバをファイバ保持部材に固定するダブルクラッドファイバの固定方法。

明 細 書

発明の名称：

ファイバの固定方法、ファイバ保持部材に固定されたファイバ固定構造体、該ファイバ固定構造体を備えたレーザ装置、露光装置及び検査装置

技術分野

[0001] 本発明は、ダブルクラッドファイバの固定方法に関するものである。また、ダブルクラッドファイバがファイバ保持部材に固定されたダブルクラッドファイバ固定構造体、このダブルクラッドファイバ固定構造体を備えたレーザ装置、露光装置および検査装置に関するものである。

背景技術

[0002] 増幅用の光ファイバを備えたレーザ装置は、例えば、露光装置や検査装置等の光源として用いられている。このようなレーザ装置において、ファイバ増幅器は、一般的に、波長 $\lambda = 1.0 \sim 1.55 \mu\text{m}$ のシード光を増幅し、所定出力に増幅された増幅光を波長変換部に出力する。波長変換部では、入力された増幅光を波長変換光学素子により波長変換し、例えば、波長 $\lambda = 193 \text{ nm}$ あるいは $\lambda = 355 \text{ nm}$ 等の出力光を出力するように構成される（例えば、特許文献1、特許文献2を参照）。

[0003] 近年では、レーザ加工の適用範囲の拡大や生産性の向上要求等によって出力光の高出力化が求められており、これに伴ってファイバ増幅器が出力する増幅光もさらなる高出力化が求められている。増幅光の出力が数十～数百Wクラスのハイパワーのレーザ装置では、一般的に複数のファイバ増幅器が直列に接続され、後段のファイバ増幅器にはクラッドが2層のダブルクラッドファイバが用いられる。ダブルクラッドファイバを用いたファイバ増幅器では、高出力半導体レーザから出射されたマルチモードの励起光が第1クラッドに供給される。第1クラッドに供給された励起光は第1クラッドを出射端に向けて伝播し、伝播する過程でコアにドープされたレーザ媒質を励起する。

[0004] このようなダブルクラッドファイバを用いたファイバ増幅器では、第1クラッドに供給される励起光および増幅されて出射する増幅光が高エネルギーのレーザ光であることから、各部に内包されたわずかな損失でダブルクラッドファイバが発熱する。このダブルクラッドファイバの発熱に伴う問題を防止する手段の一つとして、放熱性あるいは冷却構造を有するファイバ保持部材にダブルクラッドファイバを固定し、ダブルクラッドファイバの過熱を抑止するようにした構成が検討されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特開2000-200747号公報

特許文献2：日本国特開2002-50815号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ダブルクラッドファイバをファイバ保持部材に固定する手段のひとつとして接着剤が考えられる。よく知られるように、接着剤には、接着しようとする対象物の材質や用途等に応じて、種々の種類（例えば、エポキシ系、アクリル系、シリコン系等）の多数の製品が存在する。例えば、上記のように発熱体を冷却構造を有するファイバ保持部材に接着固定するような用途に対して、例えば、基材となる樹脂に金属微粒子等を分散させることによって熱伝導率を高めた高熱伝導率の接着剤がある。

[0007] 一方、光コネクタ等において光ファイバを固定して光路を結合するような用途に対して、硬化後の屈折率がコアの屈折率と略同一になるように調製した接着剤がある。また、クラッドを伝播する迷光を除去するような用途に対して、硬化後の屈折率がクラッドの屈折率よりも大きい高屈折率の接着剤も販売されている。

[0008] ダブルクラッドファイバの過熱を抑止するという観点では、ダブルクラッドファイバの固定手段として高熱伝導率の接着剤を用いることが好適と考え

られる。ところが、このような接着剤を用いてダブルクラッドファイバを固定すると、以下のような要因に基づく問題が生じた。第1の要因は、第2クラッドの外周部に生じた微小な傷や剥離である。すなわち、ファイバの加工工程や組み付け工程を通して完全に無傷の状態を維持するのは難しく、第2クラッドの外周部に微小な傷や剥離が生じる場合がある。第2の要因は、高熱伝導率の接着剤は、透過率や屈折率等の光学的な特性が必ずしも明確ではないが、一般的には、硬化後の屈折率がコアやクラッドの屈折率よりも高く、且つそのばらつきが大きいことである。

[0009] そして、このような要因に基づいて発生する問題は第2クラッドの局所的過熱である。図9に、外周を高熱伝導率の接着剤290により覆われて固定されたダブルクラッドファイバ230の軸方向の模式的な断面図を示す。ダブルクラッドファイバ230は、レーザ媒質がドープされたコア231と、コア231の外周を覆う第1クラッド232と、第1クラッドの外周を覆う第2クラッド233とを有して構成される。

[0010] ここで、ダブルクラッドファイバ230におけるコア231の屈折率を n_0 、第1クラッド232の屈折率を n_1 、第2クラッド233の屈折率を n_2 とする。このとき、各部の屈折率の関係は、 $n_0 > n_1 > n_2$ である。また、接着剤290の硬化後の屈折率を n_9 とすると、 $n_9 > n_1$ である。

[0011] 屈折率がこのような関係にあるダブルクラッドファイバ固定構造体において、第1クラッド232に入射したレーザ光（励起光）は、図中に実線の矢印で示すように伝播する。すなわち、第2クラッド233に剥離がない領域では、第1クラッド232の屈折率 n_1 が第2クラッド233の屈折率 n_2 よりも高い（ $n_1 > n_2$ ）ことから、第1クラッド232を伝播するレーザ光は第1クラッド232と第2クラッド233との界面で全反射され、第1クラッド232内に閉じ込められる。

[0012] しかし、第2クラッド233が剥離した部位（剥離部）233aにおいては、第1クラッド232の外周は接着剤290に覆われており、接着剤290の屈折率 n_9 は第1クラッド232の屈折率 n_1 よりも高くなっている（ $n_9 >$

n_1)。そのため、第1クラッドを伝播して剥離部233aに入射したレーザ光は、第1クラッド232と接着剤290との界面で全反射されず、第1クラッド232から接着剤290側に漏出する。漏れ出した励起光は、剥離により生じた第2クラッド233の破断面やケバに入射して輝点となり、部分的な溶融等の局所的な過熱の問題を引き起こす。また、仮に局所過熱が生じなかったとしても、励起光の漏出は損失であり励起効率の低下を生じさせる。

[0013] また、ファイバ融着点からの漏れや、曲率半径が小さい曲げ部分からの漏れなどにより、図中に二点鎖線の矢印で示すように、第2クラッドを伝播するモードのレーザ光が生じることがある。第2クラッド233は微小な傷233bや剥離部233aを含めて、その外周が第2クラッドよりも屈折率が高い($n_3 > n_2$)接着剤290で覆われている。そのため、第2クラッド233を伝播して傷233bや剥離部233aに入射したレーザ光は、第2クラッド233と接着剤290との界面で全反射されずに接着剤290側に漏出する。接着剤側に漏出したレーザ光の一部は、第2クラッドの傷233bやケバ等に再入射し、局所的な過熱の問題を生じるおそれがある。

[0014] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、仮に第2クラッドに微小な傷や剥離等が生じていたような場合でも、局所的な過熱を抑制可能なダブルクラッドファイバの固定方法を提供することを目的とする。また、局所的な過熱が抑制されたダブルクラッドファイバ固定構造体、このようなダブルクラッドファイバ固定構造体を備えることにより長期安定性を高めたレーザ装置等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

[0015] 本発明の第1の態様によると、ダブルクラッドファイバの固定方法は、レーザ媒質がドープされたコアと、コアの外周を覆い励起光が導入される第1クラッドと、第1クラッドの外周を覆う第2クラッドと、を有するダブルクラッドファイバをファイバ保持部材に固定するダブルクラッドファイバの固定方法であって、硬化後の屈折率 n_6 が第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一以上

であり且つ第1クラッドの屈折率 n_1 よりも小さい接着剤を用い、ファイバ保持部材に配設されたダブルクラッドファイバに、第2クラッドの外周を覆うように接着剤を塗布して硬化させ、ダブルクラッドファイバをファイバ保持部材に固定する。

本発明の第2の態様によると、ダブルクラッドファイバの固定方法は、第1の態様のダブルクラッドファイバの固定方法において、接着剤は、硬化後の屈折率 n_6 が第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一であることが好ましい。

本発明の第3の態様によると、光ファイバの固定方法は、レーザ媒質がドープされたコアと、コアの外周を覆い励起光が導入される第1クラッドと、第1クラッドの外周を覆う第2クラッドと、を含む光ファイバをファイバ保持部材に固定する光ファイバの固定方法であって、硬化後の屈折率 n_6 が第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一以上であり且つ第1クラッドの屈折率 n_1 よりも小さい接着剤を用い、ファイバ保持部材に配設された光ファイバに、第2クラッドの外周を覆うように接着剤で被覆して硬化させ、光ファイバをファイバ保持部材に固定する。

本発明の第4の態様によると、光ファイバの固定方法は、第3の態様の光ファイバの固定方法において、接着剤を用いて、光ファイバをファイバ保持部材に接着させることが好ましい。

[0016] ここで、本明細書において、屈折率が「略同一」とは、屈折率が完全に同一な場合を中心として、接着剤の調製時や施工時に生じ得る一定の幅を含むものであることを意味する。また、接着剤を「塗布する」とは、液状ないしゲル状の接着剤をファイバの外周を覆うように密着して付着させることを意味し、刷毛やへら等により接着剤を塗り付ける態様のみならず、適宜、注射器やディスペンサ等を用いて接着剤を滴下し、注入し、あるいは充填するなどの態様を含むものである。

[0017] 本発明の第5の態様によると、ダブルクラッドファイバ固定構造体は、レーザ媒質がドープされたコア、コアの外周を覆い励起光が導入される第1クラッド、および第1クラッドの外周を覆う第2クラッドを有するダブルクラ

ッドファイバと、ダブルクラッドファイバが固定されるファイバ保持部材と、ダブルクラッドファイバをファイバ保持部材に接着する接着剤とを有し、接着剤は硬化後の屈折率 n_6 が第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一以上であり且つ第1クラッドの屈折率 n_1 よりも小さく、ダブルクラッドファイバは、第2クラッドの外周が接着剤により覆われた状態でファイバ保持部材に固定されている。

本発明の第6の態様によると、ダブルクラッドファイバ固定構造体は、第5の態様によるダブルクラッドファイバ固定構造体において、硬化後の屈折率 n_6 が第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一であることが好ましい。

[0018] 本発明の第7の態様によると、ダブルクラッドファイバ固定構造体は、第5または第6の態様によるダブルクラッドファイバ固定構造体において、ファイバ保持部材は、ダブルクラッドファイバを冷却する冷却機能を有して構成されることが好ましい。

本発明の第8の態様によると、ダブルクラッドファイバ固定構造体は、第5～第7のいずれか一つの態様によるダブルクラッドファイバ固定構造体において、ファイバ保持部材には、ダブルクラッドファイバを保持するための保持溝が形成されており、接着剤は、保持溝に配置されたダブルクラッドファイバを覆って配設されることが好ましい。

本発明の第9の態様によると、ダブルクラッドファイバ固定構造体は、第8の態様によるダブルクラッドファイバ固定構造体において、保持溝は、溝幅がダブルクラッドファイバの直径よりも幾分大きい凹溝状に形成されており、ダブルクラッドファイバは、接着剤により保持溝に埋設されて固定されることが好ましい。

本発明の第10の態様によると、光ファイバ固定構造体は、レーザ媒質がドープされたコア、コアの外周を覆い励起光が導入される第1クラッド、および第1クラッドの外周を覆う第2クラッドを含む光ファイバと、光ファイバが固定されるファイバ保持部材と、光ファイバを被覆する接着剤とを有し、接着剤は、硬化後の屈折率 n_6 が第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一以上であ

り且つ第1クラッドの屈折率 n_1 よりも小さく、光ファイバは、第2クラッドの外周が接着剤により覆われた状態でファイバ保持部材に固定されている。

本発明の第11の態様によると、光ファイバ固定構造体は、第10の態様による光ファイバ固定構造体において、光ファイバは、接着剤によって、ファイバ保持部材に接着されていることが好ましい。

[0019] 本発明の第12の態様によると、レーザ装置は、第5～第9のいずれか一つの態様によるダブルクラッドファイバ固定構造体と、コアにおいて増幅されるレーザ光を発生するレーザ光発生部と、第1クラッドに励起光を供給する励起光源とを備える。

本発明の第13の態様によると、レーザ装置は、第10または第11の態様の光ファイバ固定構造体と、コアにおいて増幅されるレーザ光を発生するレーザ光発生部と、第1クラッドに励起光を供給する励起光源とを備える。

本発明の第14の態様によると、レーザ装置は、第12の態様のレーザ装置において、ダブルクラッドファイバにより増幅されて出射する増幅光を波長変換して出力する波長変換部を備えることが好ましい。

本発明の第15の態様によると、レーザ装置は、第13の態様のレーザ装置において、光ファイバにより増幅されて出射する増幅光を波長変換して出力する波長変換部を備えることが好ましい。

[0020] 本発明の第16の態様によると、露光装置は、第14または第15の態様のレーザ装置と、所定の露光パターンが形成されたフォトマスクを保持するためのマスク支持部と、露光対象物を保持するための露光対象物支持部と、レーザ装置から出力されたレーザ光をマスク支持部に保持されたフォトマスクに照射するための照明光学系と、フォトマスクを透過した光を露光対象物支持部に保持された露光対象物に投影するための投影光学系とを備える。

[0021] 本発明の第17の態様によると、検査装置は、第14または第15の態様のレーザ装置と、被検物を保持するための被検物支持部と、レーザ装置から出力されたレーザ光を被検物支持部に保持された被検物に照射するための照明光学系と、被検物からの光を検出器に投影するための投影光学系とを備え

る。

発明の効果

- [0022] 第1の態様のダブルクラッドファイバの固定方法では、硬化後の屈折率 n_6 が第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一以上であり且つ第1クラッドの屈折率 n_1 よりも小さい接着剤が用いられ、ファイバ保持部材に配設されたダブルクラッドファイバに第2クラッドの外周を覆うように接着剤を塗布し硬化させることにより、ダブルクラッドファイバがファイバ保持部材に固定される。
- [0023] 第2の態様のダブルクラッドファイバ固定構造体では、ダブルクラッドファイバは、硬化後の屈折率 n_6 が第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一以上であり且つ第1クラッドの屈折率 n_1 よりも小さい接着剤により、第2クラッドの外周が接着剤により覆われた状態でファイバ保持部材に固定されている。
- [0024] このように接着固定されたダブルクラッドファイバについて、図9と同様のダブルクラッドファイバ230の軸方向の模式的な断面図を図10に示す。図10に示す本発明の態様においては、剥離部233aや微小な傷233bを含むダブルクラッドファイバ230の外周が屈折率 n_6 の接着剤260により覆われている。
- [0025] まず、第1クラッドを伝播するレーザ光（励起光）が第2クラッドの剥離部233aに入射した場合について考える。このとき、第1クラッド232の屈折率 n_1 、第2クラッド233の屈折率 n_2 、接着剤260の屈折率 n_6 の関係は、 $n_1 > n_6 \geq n_2$ である。そのため、第1クラッド232を伝播して剥離部233aに入射したレーザ光は、図中に実線の矢印で示すように、第1クラッド232と接着剤260との界面で全反射され、剥離がなかった状態と同様の光路で第1クラッド内を伝播する。接着剤260の屈折率を第2クラッドの屈折率と略同一（ $n_6 \doteq n_2$ ）とした場合、剥離部周辺の屈折率構成は無傷部分と同様になり、剥離が光学的に補修されていることになる。
- [0026] 次に、第2クラッドを伝播するレーザ光について考える。ここで、各部の屈折率の関係は上記の通り $n_1 > n_6 \geq n_2$ である。すなわち、第2クラッド233と接着剤260との屈折率差は、従来（ $n_2 > n_1 > n_6$ ）よりも小さくなって

いる。このことは、第2クラッド233を伝播するモードのレーザ光が、周囲の接着剤260の層へ逃げやすくなることを意味する。レーザ光が接着層へ逃げやすいと、第2クラッド233を伝播するレーザ光が傷233bまで伝播しにくくなる（若しくは伝播するレーザ光のパワーが低下する）ため、傷233bの部分から放出されるレーザ光のパワーが低下する。特に、接着剤260の屈折率を第2クラッドの屈折率と略同一（ $n_6 \doteq n_2$ ）にした場合、第2クラッド233とその周囲を覆う接着剤260とに屈折率差がないため光学的に界面が存在しなくなり、第2クラッド233を伝播してきたレーザ光は接着層に散逸する。さらに、仮に傷の周辺に散逸したレーザ光が入射したとしても、周囲との屈折率差がないためそのまま透過し局所過熱を生じることがない。

[0027] 従って、本発明の態様のダブルクラッドファイバの固定方法、およびダブルクラッドファイバ固定構造体によれば、仮に第2クラッドに微小な傷や剥離等が生じていたような場合でも、これらの部位の局所的な過熱を抑制することができる。

[0028] 第3の態様のレーザ装置は、第2の態様のダブルクラッドファイバ固定構造体を備えて構成される。また、第4の態様の露光装置、第5の態様の検査装置は、第3の態様のレーザ装置を備えて構成される。そのため、ダブルクラッドファイバの傷や剥離に起因した局所過熱が抑制され、長期安定性の高いレーザ装置、露光装置、検査装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]本発明の適用例として示すレーザ装置の概要構成図である。

[図2]上記レーザ装置におけるダブルクラッド構造のファイバ増幅器を主体として示す概要構成図である。

[図3]ダブルクラッドファイバの軸線に沿った断面図である。

[図4]ダブルクラッドファイバ固定構造体の模式的な外観図である。

[図5]図4中に付記したV-V矢視の断面図である。

[図6]ダブルクラッドファイバの軸線に沿ったダブルクラッドファイバ固定構

造体の断面図である。

[図7]レーザ装置を備えたシステムの第1の適用例として示す露光装置の概要構成図である。

[図8]レーザ装置を備えたシステムの第2の適用例として示す検査装置の概要構成図である。

[図9]従来の固定方法で固定されたダブルクラッドファイバを伝播するレーザ光の挙動を説明するための説明図（ダブルクラッドファイバの軸線に沿った断面図）である。

[図10]本発明の態様の固定方法で固定されたダブルクラッドファイバを伝播するレーザ光の挙動を説明するための説明図（ダブルクラッドファイバの軸線に沿った断面図）である。

発明を実施するための形態

[0030] 以下、本発明を実施するための形態について、図面を参照しながら説明する。本発明を適用したレーザ装置LS全体の概要構成を図1に示す。例示するレーザ装置LSは、シード光を出射する光源部10と、光源部10から出射されたシード光を増幅して増幅光を出力する増幅部20と、増幅部20から出力された増幅光を波長変換して出力光を出力する波長変換部30と、各部の作動を制御する制御部40とを備えて構成される。

[0031] シード光及び出力光の波長や光波形、パワー等は、このレーザ装置LSを用いて構成される装置の用途及び機能に応じて適宜に設定可能である。本実施形態では、光源部10から出射される波長 $\lambda = 1064\text{ nm}$ 、パワーが数mWレベルのシード光 L_s を、増幅部20において数十～数百Wレベルに増幅し、増幅されたシード光すなわち増幅光 L_a を波長変換部30において波長 355 nm の出力光 L_v に変換して出力する場合を例示する。

[0032] 光源部10は、波長 $\lambda = 1064\text{ nm}$ のレーザ光を発生するレーザ光源11を主体として構成される。レーザ光源11は、例えばDFB（Distributed Feedback）半導体レーザを用いることができる。DFB半導体レーザは、CW発振及びパルス発振させることができ、また温度制御することにより所

定の波長範囲で狭帯域化された単一波長のレーザ光を出力させることができる。図1に示す光源部10は、レーザ光源11からON時間が十分に長いパルス光（あるいはCW光）を出力させ、その一部を電気光学変調素子（EOM）や音響光学変調素子（AOM）等の外部変調器15により切り出して、パルス状のシード光L_sを出力するようにした構成例を示す。

[0033] 増幅部20は、光源部10から出射されたシード光L_sを数十～数百Wレベルに増幅して増幅光L_aを波長変換部30に出射する。図では3つのファイバ増幅器21, 22, 23を直列に接続し、これら3段のファイバ増幅器21, 22, 23によってシード光L_sを順次増幅する構成を示す。本構成例では、1段目及び2段目のファイバ増幅器21, 22としてシングルクラッド構造のイッテルビウム・ドープ・ファイバ増幅器（YDFA）を用い、3段目のファイバ増幅器23としてダブルクラッド構造のYDFAを用いた構成を示す。

[0034] 1段目及び2段目のファイバ増幅器21, 22は、増幅用のシングルクラッドファイバ210, 220と、イッテルビウム（Yb）を励起する励起光源215, 225とを主体として構成される。シングルクラッドファイバ210, 220は、Ybがドープされたコアと、コアの外周を覆うクラッドとからなり、コアにシード光L_s及び励起光L_pが導入される。励起光源215, 225は、例えば波長 $\lambda = 975\text{ nm}$ の半導体レーザが好適に用いられる。

[0035] 3段目のファイバ増幅器23は、このファイバ増幅器23を主体とした概要構成を図2に示すように、増幅用のダブルクラッドファイバ230と、Ybを励起する励起光源235とを主体として構成される。ダブルクラッドファイバ230は、ファイバの軸線に沿った断面図を図3に示すように、Ybがドープされたコア231と、コア231の外周を覆う第1クラッド232と、第1クラッドの外周を覆う第2クラッド233とを有して構成される。ファイバ増幅器21, 22により増幅されたシード光（便宜的に信号光という）はコア231に導入され、励起光源235から出射した励起光L_pは第1

クラッド 232 に導入される。

[0036] 具体的には、前段のファイバ増幅器 22 から出力された信号光が、WDM (Wavelength Division Multiplex) カプラ 237 を介してダブルクラッドファイバ 230 のコア 231 に入射し、励起光源 235 から出射した励起光 L_p が、WDM カプラ 237 を介してダブルクラッドファイバ 230 の第 1 クラッド 232 に入射するように構成される。第 1 クラッド (ポンピングガイドとも称される) 232 は励起光のマルチモード導波路として作用し、複数の励起光源 235 から出射された高出力のマルチモードレーザ光を軸方向に導波して、コア 231 にドープされた Yb が効率的に励起されるようになっている。

[0037] ダブルクラッドファイバ 230 は、ファイバの生産性や加工性、取り扱いの容易さなどから、一般的に、コア 231 及び第 1 クラッド 232 が石英 (シリカ) ガラス製、第 2 クラッド 233 が樹脂製の光ファイバが用いられる。3 段目のファイバ増幅器 23 により増幅された信号光すなわち増幅光 L_a は増幅部 20 から出射し、波長変換部 30 に入射する。

[0038] 波長変換部 30 は、波長変換光学素子 31, 32 を主体として構成される。増幅部 20 から波長変換部 30 に入射した波長 $\lambda_1 = 1064 \text{ nm}$ の増幅光 L_a は、集光レンズを介して波長変換光学素子 31 に集光入射する。波長変換光学素子 31 は、第 2 高調波発生 (SHG: Second Harmonic Generation) により増幅光 L_a の第 2 高調波を発生する非線形光学結晶である。波長変換光学素子 31 として、LBO (LiB_3O_5) 結晶を非臨界位相整合 (NCPM: Non Critical Phase Matching) で用いる構成が例示される。

[0039] LBO 結晶を非臨界位相整合で用いた場合には、発生する波長 532 nm の第 2 高調波にウォークオフが生じない。そのため、十分な相互作用長を確保して効率的に波長変換を行うことができる。また、出射する第 2 高調波のビーム断面が楕円化することがないため、波長変換光学素子 31 と波長変換光学素子 32 との間にシリンドリカルレンズ等の整形光学素子を設け

る必要がなく、波長変換光学素子 32 において効率的に波長変換することができる。

[0040] なお、増幅部 20 から出力される増幅光 L_a のパワーが ~ 10 W 程度の低パワーの場合には、波長変換光学素子 31 として PPLN (Periodically Poled LiNbO_3) 結晶や、PPLT (Periodically Poled LiTaO_3)、PPKTP (Periodically Poled KTiOPO_4) 結晶等の疑似位相整合 (QPM: Quasi Phase Matching) 結晶を用いても良い。QPM 結晶を用いた場合にも効率的に波長変換することができ、また波長変換光学素子 31 と波長変換光学素子 32 との間に整形光学素子を設ける必要がない。

[0041] 波長変換光学素子 31 で発生した第 2 高調波及び波長変換光学素子 31 を波長変換されずに透過した増幅光は、2 波長波長板によりいずれか一方（例えば増幅光）の偏光面を 90 度回転させ、波長変換光学素子 32 に集光入射する。

[0042] 波長変換光学素子 32 は、和周波発生 (SFG: Sum Frequency Generation) により第 2 高調波と増幅光との和周波を発生させる非線形光学結晶である。波長変換光学素子 32 として、LBO 結晶をタイプ I の臨界位相整合 (CPM) で用いる構成が例示される。なお、波長変換光学素子 32 としては、BBO ($\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$) 結晶、CLBO ($\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$) 結晶を用いることもできる。波長変換光学素子 32 に入射した波長 1064 nm の増幅光と波長 532 nm の第 2 高調波は、波長変換光学素子 32 を透過する過程で波長変換され、和周波である波長が 355 nm の第 3 高調波が発生する。

[0043] 波長変換光学素子 32 で発生した第 3 高調波は、出力光 L_v としてレーザ装置 LS から出力される。なお、波長変換光学素子 32 から出射する光には、波長変換光学素子 32 を波長変換されずに透過した残余の増幅光及び第 2 高調波が含まれるが、波長変換光学素子 32 の出射端側にダイクロイックミラーまたはプリズム等を配設してこれらを除去することにより、波長 355 nm の第 3 高調波のみをレーザ装置 LS から出力することができる。

[0044] 以上のように概要構成されるレーザ装置 LS にあって、ファイバ増幅器 2

3には、ダブルクラッドファイバ230を冷却するための冷却機構25が設けられている。すなわち、ダブルクラッドファイバ230は、冷却機能を有するファイバ保持部材に接着固定され、高エネルギーのレーザ光が伝播する際にファイバ内の僅かな損失に起因して生じる発熱を吸収して、ファイバの過熱を防止するようになっている。冷却機構25の一例として、水冷式のファイバ保持部材250にダブルクラッドファイバ230を接着固定したダブルクラッドファイバ固定構造体Aの模式図（外観図）を図4に示す。また、図4中に付記したV-V矢視の断面図を図5に示す。

[0045] 例示するファイバ保持部材250は、全体として平坦なプレート状をなし、アルミニウム合金やステンレス等の金属材料を用いて製作される。プレート内部には、ドリル加工等により冷却水を循環させるための連通した流路251が穿設されており、この流路251に不図示の冷却装置から所定温度の冷却水が供給されて、ファイバ保持部材250が略一定の温度に保持されるようになっている。

[0046] ファイバ保持部材250の一面には、ダブルクラッドファイバ230を保持するための保持溝252が形成されている。保持溝252は、溝幅および深さがダブルクラッドファイバ230の直径 d よりも幾分大きい（例えば $1.2d \sim 2d$ 程度の）、1本の連続した凹溝状に形成されている。本実施例では、プレート上面に1本の渦巻き状の保持溝252を形成した構成を例示する。そのため、ファイバの組み付け時に、ダブルクラッドファイバ230を保持溝252に容易に装着して係止可能になっている。

[0047] ファイバ保持部材250に係止されたダブルクラッドファイバ230の上方から、ファイバの外周を覆うように保持溝252に接着剤260を注入して硬化させる。本実施例において、接着剤260は、硬化後の屈折率 n_6 が第1クラッドよりも小さく第2クラッド233の屈折率 n_2 と略同一（ $n_1 > n_6 \div n_2$ ）になるように調製されたものである。これにより、ダブルクラッドファイバ230は、第2クラッド233の外周が第2クラッドとほぼ同じ屈折率の接着剤260に覆われた状態で保持溝252内に埋設され、ファイバ保持

部材 250 に固定される。

[0048] なお、本実施例において、ダブルクラッドファイバ 230 は、コア 231 および第 1 クラッド 232 が石英（シリカ）ガラス製、第 2 クラッド 233 が樹脂製の光ファイバを用いている。このとき、好適な接着剤 260 として、第 2 クラッド 233 を構成する樹脂と同系統の樹脂材料を基剤として、硬化後の屈折率が $n_6 \doteq n_2$ になるように調整した接着剤（例えば、フッ素系やシリコン系の接着剤）が例示される。なお、硬化後の屈折率が $n_6 \doteq n_2$ になるような接着剤であれば、第 2 クラッド 233 と異なる系統の樹脂材料を基剤としたものであっても良く、また、第 1、第 2 クラッドの材質に応じて適宜な種類の接着剤を用いることができる。

[0049] 以上のような固定方法により固定されたダブルクラッドファイバ固定構造体 A における、第 1 クラッド 232 および第 2 クラッド 233 を伝播するレーザ光の挙動について、図 6 を参照しながら説明する。図 6 は、ダブルクラッドファイバ 230 の軸線に沿ったダブルクラッドファイバ固定構造体 A の断面図（平断面図）である。ダブルクラッドファイバ 230 は、第 2 クラッド 233 の外周が第 2 クラッドとほぼ同じ屈折率の接着剤 260 により覆われた状態で保持溝 252 内に埋設され、ファイバ保持部材 250 に固定されている。

[0050] まず、第 1 クラッド 232 を伝播するレーザ光が第 2 クラッドの剥離部 233a に入射した場合について考える。このとき、第 1 クラッド 232 の屈折率 n_1 、第 2 クラッド 233 の屈折率 n_2 、接着剤 260 の屈折率 n_6 の関係は、 $n_1 > n_6 \doteq n_2$ である。すなわち、剥離部 233a の周辺における第 1 クラッド 232 とその周囲の部材の屈折率の関係は、剥離がない無傷部分の屈折率関係と同様になり、光学的には剥離が補修されているに等しい。そのため、第 1 クラッド 232 を伝播して剥離部 233a に入射したレーザ光は、図中に実線の矢印で示すように、第 1 クラッド 232 と接着剤 260 との界面で全反射され、剥離がなかった状態と同様の光路で第 1 クラッド 232 内を伝播する。

[0051] 次に、第2クラッドを伝播するレーザ光について考える。ここで、各部の屈折率の関係は上記の通り $n_1 > n_6 \div n_2$ であり、第2クラッド233と接着剤260の屈折率はほぼ同一になっている。すなわち、第2クラッド233とその周囲を覆う接着剤260とに屈折率差がなく、光学的に界面が存在しない状態になっている。そのため、第2クラッド233をファイバ保持部材250まで伝播してきたレーザ光は、図中に二点鎖線の矢印で示すように、第2クラッド233から接着剤260の層に出射して散逸する。僅かな屈折率差により反射される成分（微弱なレーザ光）があっても、図中に点線の矢印で示すように、反射の度に大部分が接着剤260の層に出射して大きく減衰し、第2クラッド233を伝播するレーザ光は消滅する。また、仮に、第2クラッド233を伝播したレーザ光や接着剤260の層に散逸したレーザ光が傷233bに入射したとしても、周囲との屈折率差がないためそのまま透過し、傷の部分のみが局所的に過熱されるようなことは生じない。

[0052] 従って、以上説明したようなダブルクラッドファイバ固定構造体Aによれば、たとえ第2クラッド233に微小な傷や剥離等が生じていたような場合でも、これらの部位で局所的な過熱が生じるようなことがない。また、ファイバ保持部材250に保持溝252が形成されているため、ダブルクラッドファイバ230を容易に装着することができる。また、保持溝252は、溝幅および深さがダブルクラッドファイバ230の直径よりも幾分大きい程度の凹溝状に形成されており、この保持溝252にダブルクラッドファイバ230が接着剤260により埋設されて固定されている。すなわちダブルクラッドファイバ230は、近接した保持溝252の底面と側壁面から冷却される構造になっている。そのためファイバの過熱が効果的に抑制され、ファイバ増幅器23の長期安定性を高めることができる。

[0053] なお、実施例では、冷却機能を有するファイバ保持部材として、平坦な金属プレート内部に冷却水を循環させる流路251を形成し、一面にダブルクラッドファイバを埋設する凹溝状の保持溝252を形成した水冷式のファイバ保持部材250を例示した。しかし、ファイバ保持部材の形態はこのよ

うな実施例に限られるものではない。例えば、パワートランジスタ等を冷却するヒートシンク材の部品取り付け面に、上記同様の保持溝 252 を形成して空冷式のファイバ保持部材を構成しても良い。このような形態のファイバ保持部材は、ダブルクラッドファイバの発熱量が比較的低い場合に好適であり、低コストに冷却機構を構成することができる。また、例えば、円柱状の金属ロッドまたは中空円筒状の金属パイプの外周面に、螺旋状に連続する凹溝状の保持溝 252 を形成し、水冷式または空冷式のファイバ保持部材を構成しても良い。このような形態のファイバ保持部材によれば、ファイバ保持部材を比較的 low コストに製作できることに加えて、ダブルクラッドファイバ 230 が相互に交差することがなく、またファイバの曲率を一定にすることができる。

[0054] また本実施形態では、ファイバ増幅器の一例として、コアに Yb（イットリウム）がドープされた YDFA を例示したが、コアに Er（エルビウム）がドープされた EDF や、コアに Tm（ツリウム）がドープされた TDF A についても同様に適用し、同様の効果を得ることができる。さらに、波長変換部 30 を有し、増幅部 20 から出力された増幅光 La を波長変換部 30 において波長 355 nm に波長変換して出力するレーザ装置を例示したが、レーザ装置 LS から出力する出力光 Lv の波長は任意である。すなわち、波長変換部 30 を備えることなく増幅光 La をそのまま出射するレーザ装置や、光源部 10 を備えることなく 1 段目のファイバ増幅器 21 をファイバーレーザとしたレーザ装置等についても、本発明を適用することにより既述した効果を享受することができる。

[0055] 以上説明したようなレーザ装置 LS は、小型軽量であるとともに取り扱いが容易であり、露光装置や光造形装置等の光加工装置、フォトマスクやウェハ等の検査装置、顕微鏡や望遠鏡等の観察装置、測長器や形状測定器等の測定装置、光治療装置などのシステムに好適に適用することができる。

[0056] レーザ装置 LS を備えたシステムの第 1 の適用例として、半導体製造や液晶パネル製造のフォトリソグラフィ工程で用いられる露光装置について、そ

の概要構成を示す図7を参照して説明する。露光装置500は、原理的には写真製版と同じであり、石英ガラス製のフォトマスク513に精密に描かれたデバイスパターンを、フォトレジストを塗布した半導体ウェハやガラス基板などの露光対象物515に光学的に投影して転写する。

[0057] 露光装置500は、上述したレーザ装置LSと、照明光学系502と、フォトマスク513を保持するためのマスク支持台503と、投影光学系504と、露光対象物515を保持するための露光対象物支持テーブル505と、露光対象物支持テーブル505を水平面内で移動させるための駆動機構506とを備えて構成される。照明光学系502は複数のレンズ群からなり、レーザ装置LSから出力されたレーザ光（出力光Lv）を、マスク支持台503に保持されたフォトマスク513に照射する。投影光学系504も複数のレンズ群により構成され、フォトマスク513を透過した光を露光対象物支持テーブル上の露光対象物515に投影する。

[0058] このような構成の露光装置500においては、レーザ装置LSから出力されたレーザ光が照明光学系502に入力され、所定光束に調整されたレーザ光がマスク支持台503に保持されたフォトマスク513に照射される。フォトマスク513を通過した光はフォトマスク513に描かれたデバイスパターンの像を有しており、この光が投影光学系504を介して露光対象物支持テーブル505に保持された露光対象物515の所定位置に照射される。これにより、フォトマスク513のデバイスパターンの像が、半導体ウェハや液晶パネル等の露光対象物515の上に所定倍率で結像露光される。

[0059] 次に、レーザ装置LSを備えたシステムの第2の適用例として、フォトマスクや液晶パネル、ウェハ等（被検物）の検査工程で使用する検査装置について、その概要構成を示す図8を参照して説明する。図8に例示する検査装置600は、フォトマスク等の光透過性を有する被検物613に描かれた微細なデバイスパターンの検査に好適に使用される。

[0060] 検査装置600は、前述したレーザ装置LSと、照明光学系602と、被検物613を保持するための被検物支持台603と、投影光学系604と、

被検物 6 1 3 からの光を検出するための T D I (Time Delay Integration) センサ 6 1 5 と、被検物支持台 6 0 3 を水平面内で移動させるための駆動機構 6 0 6 とを備えて構成される。照明光学系 6 0 2 は複数のレンズ群からなり、レーザ装置 L S から出力されたレーザ光を、所定光束に調整して被検物支持台 6 0 3 に保持された被検物 6 1 3 に照射する。投影光学系 6 0 4 も複数のレンズ群により構成され、被検物 6 1 3 を透過した光を T D I センサ 6 1 5 に投影する。

[0061] このような構成の検査装置 6 0 0 においては、レーザ装置 L S から出力されたレーザ光（出力光 L v）が照明光学系 6 0 2 に入力され、所定光束に調整されたレーザ光が被検物支持台 6 0 3 に保持されたフォトマスク等の被検物 6 1 3 に照射される。被検物 6 1 3 からの光（本構成例においては透過光）は、被検物 6 1 3 に描かれたデバイスパターンの像を有しており、この光が投影光学系 6 0 4 を介して T D I センサ 6 1 5 に投影され結像する。このとき、駆動機構 6 0 6 による被検物支持台 6 0 3 の水平移動速度と、T D I センサ 6 1 5 の転送クロックとは同期して制御される。

[0062] そのため、被検物 6 1 3 のデバイスパターンの像が T D I センサ 6 1 5 により検出され、このようにして検出された被検物 6 1 3 の検出画像と、予め設定された所定の参照画像とを比較することにより、被検物に描かれた微細パターンの欠陥が抽出される。なお、被検物 6 1 3 がウェハ等のように光透過性を有さない場合には、被検物からの反射光を投影光学系 6 0 4 に入射して T D I センサ 6 1 5 に導くことにより、同様に構成することができる。

[0063] 次の優先権基礎出願の開示内容は引用文としてここに組み込まれる。

日本国特許出願 2 0 1 3 年第 1 6 9 6 2 8 号（2 0 1 3 年 8 月 1 9 日出願）

符号の説明

[0064] A ダブルクラッドファイバ固定構造体
L S レーザ装置
L p 励起光

L v 出力光

1 0 光源部（レーザ光発生部）

2 0 増幅部（2 1, 2 2, 2 3 ファイバ増幅器）

2 5 冷却機構

3 0 波長変換部（3 1, 3 2 波長変換光学素子）

2 3 0 ダブルクラッドファイバ（2 3 1 コア、2 3 2 第1クラッド、

2 3 3 第2クラッド）

2 3 5 励起光源

2 5 0 ファイバ保持部材（2 5 1 流路、2 5 2 保持溝）

2 6 0 接着剤

5 0 0 露光装置

5 0 2 照明光学系

5 0 3 マスク支持台

5 0 4 投影光学系

5 0 5 露光対象物支持テーブル

5 0 6 駆動機構

5 1 3 フォトマスク

5 1 5 露光対象物

6 0 0 検査装置

6 0 2 照明光学系

6 0 3 被検物支持台

6 0 4 投影光学系

6 0 6 駆動機構

6 1 3 被検物

6 1 5 T D I センサ

請求の範囲

- [請求項1] レーザ媒質がドーブされたコアと、前記コアの外周を覆い励起光が導入される第1クラッドと、前記第1クラッドの外周を覆う第2クラッドと、を有するダブルクラッドファイバをファイバ保持部材に固定するダブルクラッドファイバの固定方法であって、
- 硬化後の屈折率 n_6 が前記第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一以上であり且つ前記第1クラッドの屈折率 n_1 よりも小さい接着剤を用い、
- 前記ファイバ保持部材に配設された前記ダブルクラッドファイバに、前記第2クラッドの外周を覆うように前記接着剤を塗布して硬化させ、
- 前記ダブルクラッドファイバを前記ファイバ保持部材に固定するダブルクラッドファイバの固定方法。
- [請求項2] 前記接着剤は、前記硬化後の屈折率 n_6 が前記第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一である請求項1に記載のダブルクラッドファイバの固定方法。
- [請求項3] レーザ媒質がドーブされたコアと、前記コアの外周を覆い励起光が導入される第1クラッドと、前記第1クラッドの外周を覆う第2クラッドと、を含む光ファイバをファイバ保持部材に固定する光ファイバの固定方法であって、
- 硬化後の屈折率 n_6 が前記第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一以上であり且つ前記第1クラッドの屈折率 n_1 よりも小さい接着剤を用い、
- 前記ファイバ保持部材に配設された前記光ファイバに、前記第2クラッドの外周を覆うように前記接着剤で被覆して硬化させ、
- 前記光ファイバを前記ファイバ保持部材に固定する光ファイバの固定方法。
- [請求項4] 前記接着剤を用いて、前記光ファイバを前記ファイバ保持部材に接着させる請求項3に記載の光ファイバの固定方法。
- [請求項5] レーザ媒質がドーブされたコア、前記コアの外周を覆い励起光が導

入される第1クラッド、および前記第1クラッドの外周を覆う第2クラッドを有するダブルクラッドファイバと、

前記ダブルクラッドファイバが固定されるファイバ保持部材と、

前記ダブルクラッドファイバを前記ファイバ保持部材に接着する接着剤とを有し、

前記接着剤は、硬化後の屈折率 n_6 が前記第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一以上であり且つ前記第1クラッドの屈折率 n_1 よりも小さく、

前記ダブルクラッドファイバは、前記第2クラッドの外周が前記接着剤により覆われた状態で前記ファイバ保持部材に固定されているダブルクラッドファイバ固定構造体。

[請求項6] 前記接着剤は、前記硬化後の屈折率 n_6 が前記第2クラッドの屈折率 n_2 と略同一である請求項5に記載のダブルクラッドファイバ固定構造体。

[請求項7] 前記ファイバ保持部材は、前記ダブルクラッドファイバを冷却する冷却機能を有して構成される請求項5または6に記載のダブルクラッドファイバ固定構造体。

[請求項8] 前記ファイバ保持部材には、前記ダブルクラッドファイバを保持するための保持溝が形成されており、

前記接着剤は、前記保持溝に配置された前記ダブルクラッドファイバを覆って配設される請求項5～7のいずれか一項に記載のダブルクラッドファイバ固定構造体。

[請求項9] 前記保持溝は、溝幅が前記ダブルクラッドファイバの直径よりも幾分大きい凹溝状に形成されており、前記ダブルクラッドファイバは、前記接着剤により前記保持溝に埋設されて固定される請求項8に記載のダブルクラッドファイバ固定構造体。

[請求項10] レーザ媒質がドーピングされたコア、前記コアの外周を覆い励起光が導入される第1クラッド、および前記第1クラッドの外周を覆う第2ク

ラッドを含む光ファイバと、

前記光ファイバが固定されるファイバ保持部材と、

前記光ファイバを被覆する接着剤とを有し、

前記接着剤は、硬化後の屈折率 n_6 が前記第 2 クラッドの屈折率 n_2 と略同一以上であり且つ前記第 1 クラッドの屈折率 n_1 よりも小さく

、

前記光ファイバは、前記第 2 クラッドの外周が前記接着剤により覆われた状態で前記ファイバ保持部材に固定されている光ファイバ固定構造体。

[請求項11] 前記光ファイバは、前記接着剤によって、前記ファイバ保持部材に接着されている請求項 10 に記載の光ファイバ固定構造体。

[請求項12] 請求項 5 ～ 9 のいずれか一項に記載のダブルクラッドファイバ固定構造体と、

前記コアにおいて増幅されるレーザ光を発生するレーザ光発生部と

、

前記第 1 クラッドに励起光を供給する励起光源とを備えたレーザ装置。

[請求項13] 請求項 10 または 11 に記載の光ファイバ固定構造体と、
前記コアにおいて増幅されるレーザ光を発生するレーザ光発生部と

、

前記第 1 クラッドに励起光を供給する励起光源とを備えたレーザ装置。

[請求項14] 前記ダブルクラッドファイバにより増幅されて出射する増幅光を波長変換して出力する波長変換部を備えた請求項 12 に記載のレーザ装置。

[請求項15] 前記光ファイバにより増幅されて出射する増幅光を波長変換して出力する波長変換部を備えた請求項 13 に記載のレーザ装置。

[請求項16] 請求項 14 または 15 に記載のレーザ装置と、

所定の露光パターンが形成されたフォトマスクを保持するためのマスク支持部と、

露光対象物を保持するための露光対象物支持部と、

前記レーザ装置から出力されたレーザ光を前記マスク支持部に保持されたフォトマスクに照射するための照明光学系と、

前記フォトマスクを透過した光を前記露光対象物支持部に保持された露光対象物に投影するための投影光学系とを備えた露光装置。

[請求項17]

請求項14または15に記載のレーザ装置と、

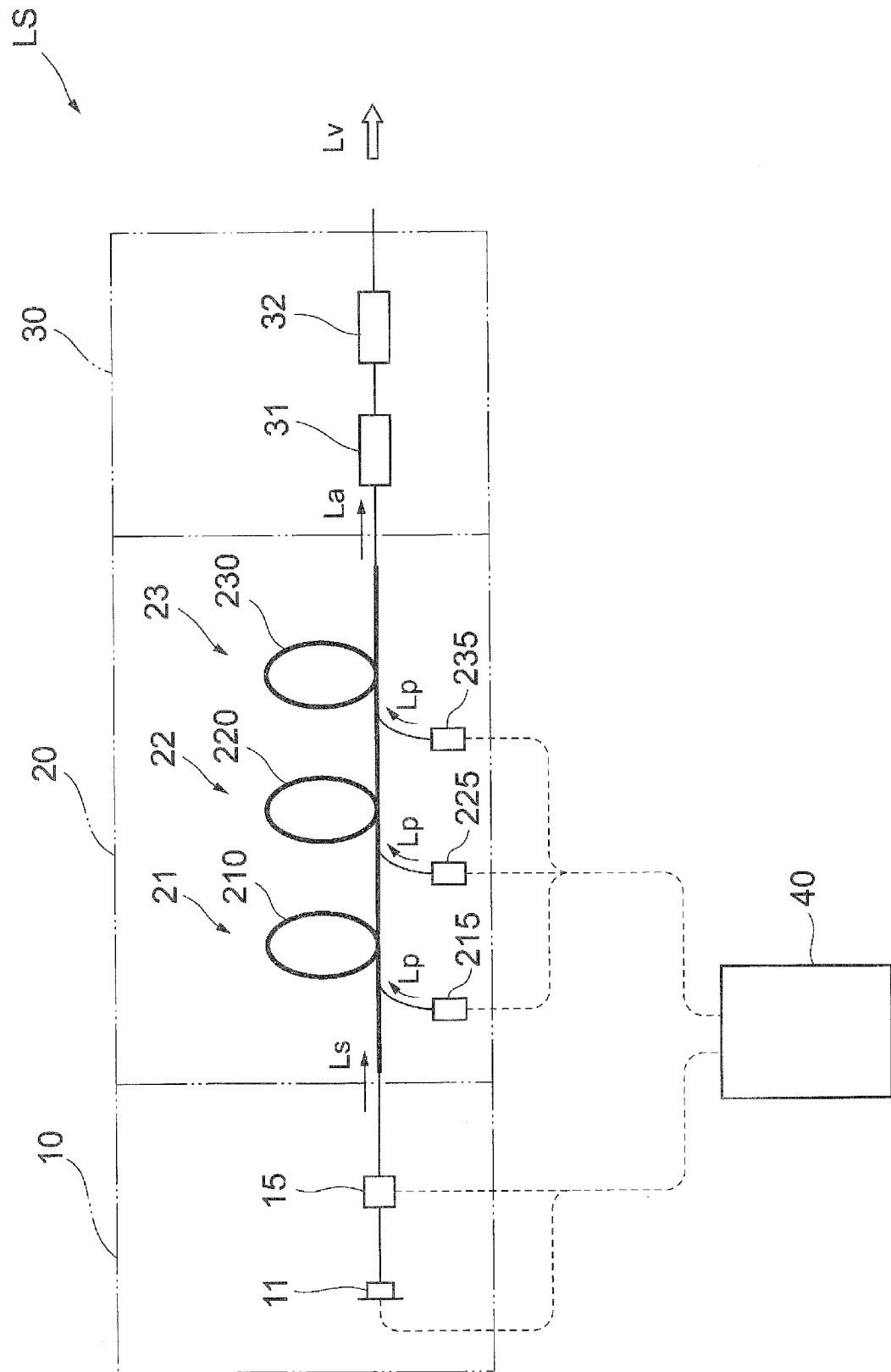
被検物を保持するための被検物支持部と、

前記レーザ装置から出力されたレーザ光を前記被検物支持部に保持された被検物に照射するための照明光学系と、

前記被検物からの光を検出器に投影するための投影光学系とを備えた検査装置。

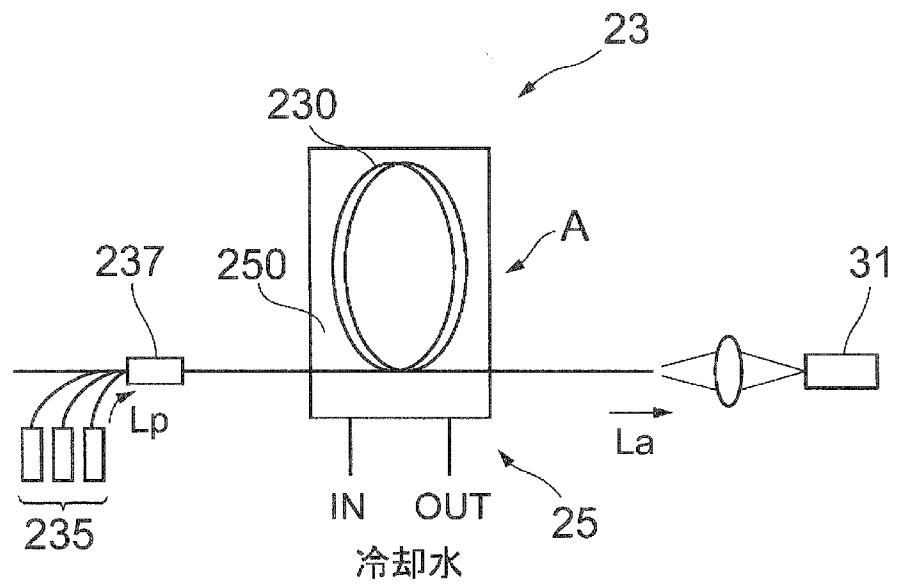
[図1]

【図1】



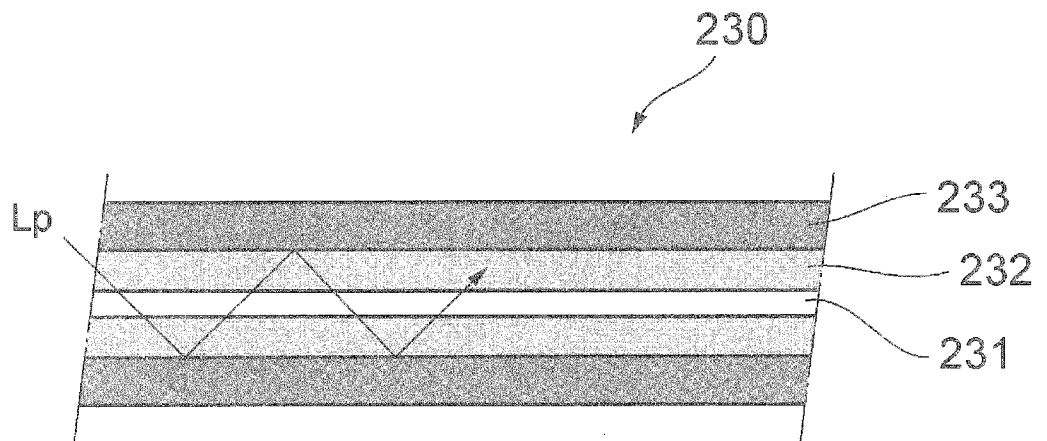
[図2]

【図2】



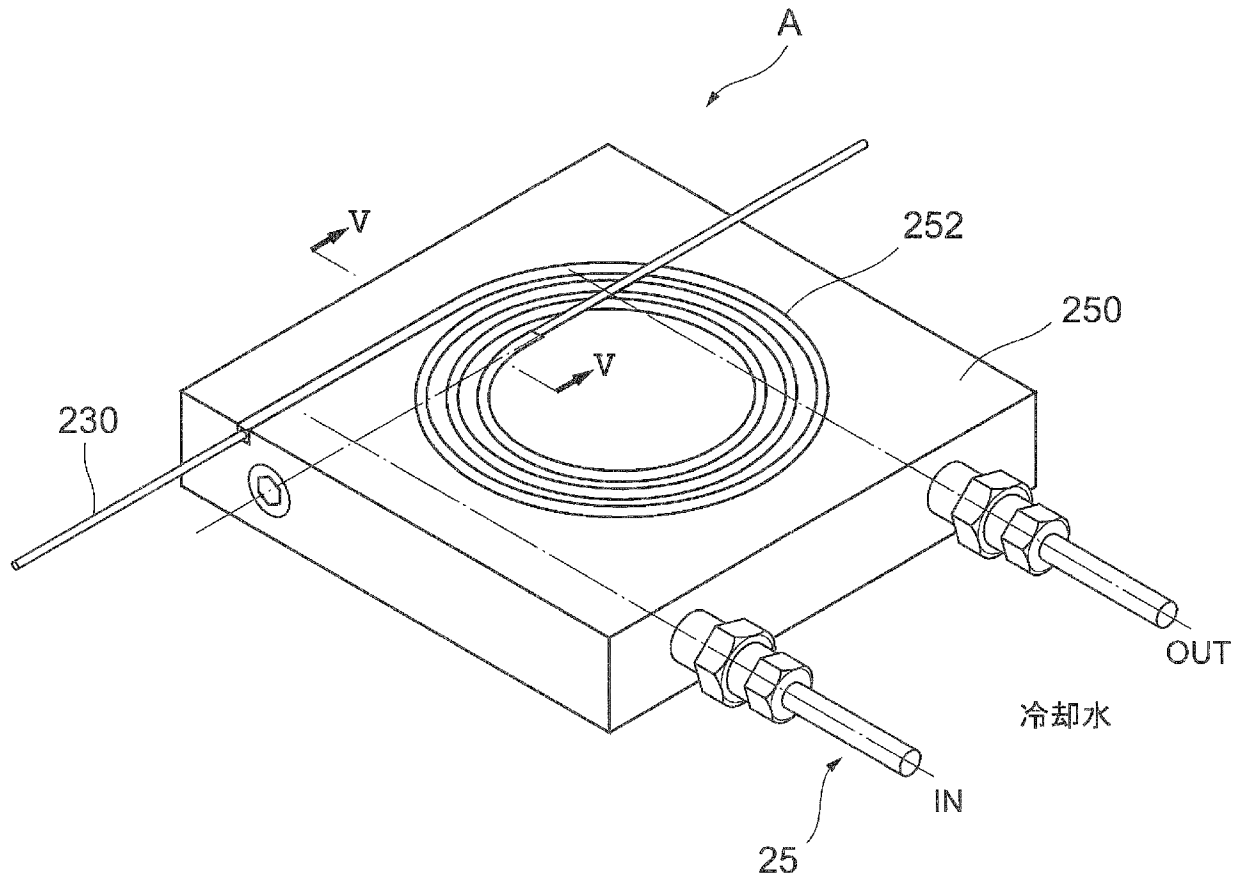
[図3]

【図 3】



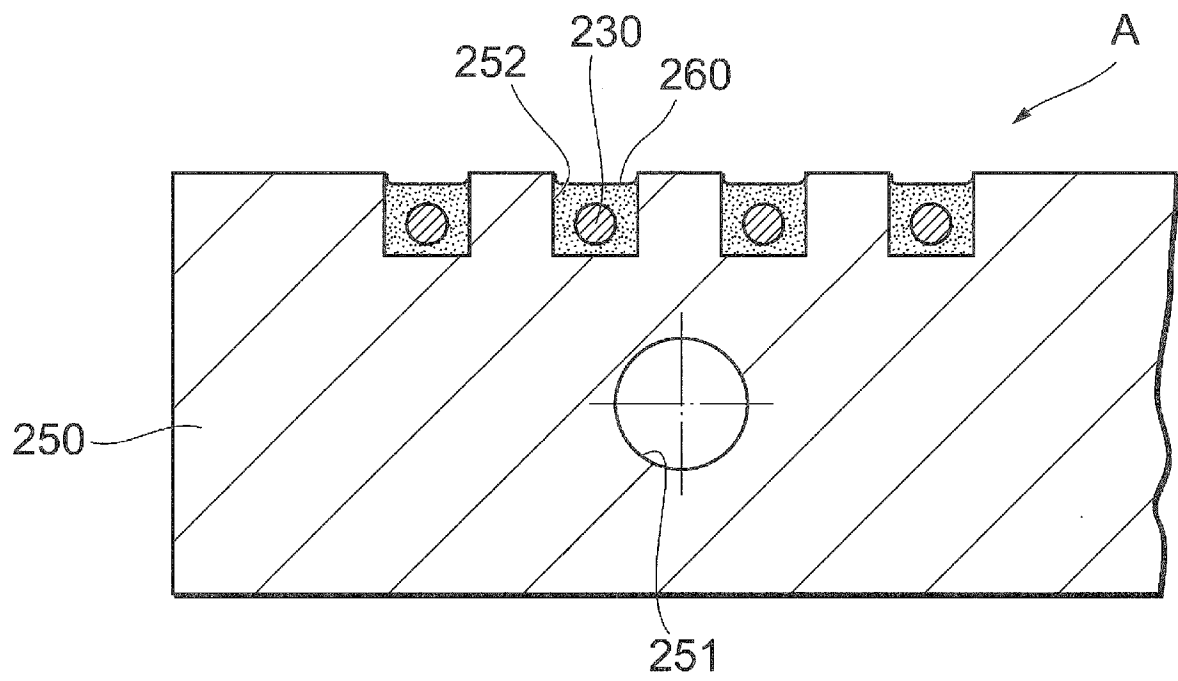
[図4]

【図4】



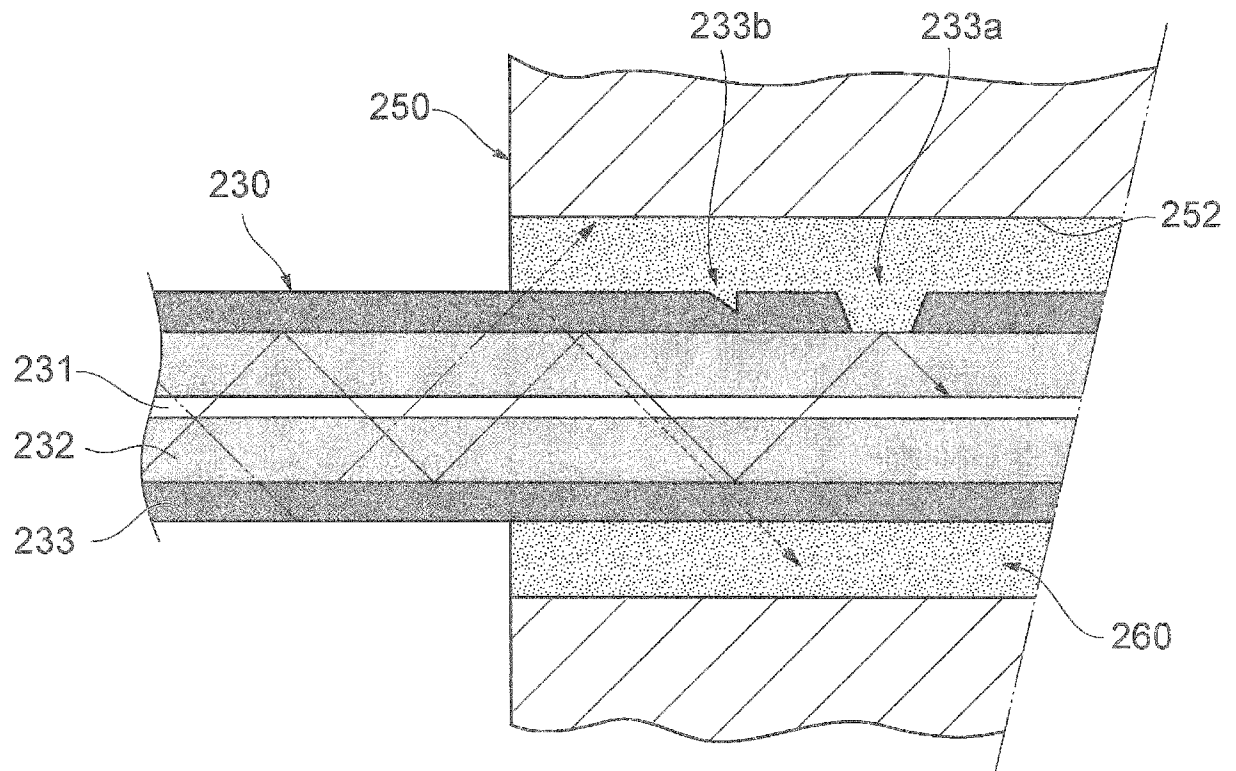
[図5]

【図5】



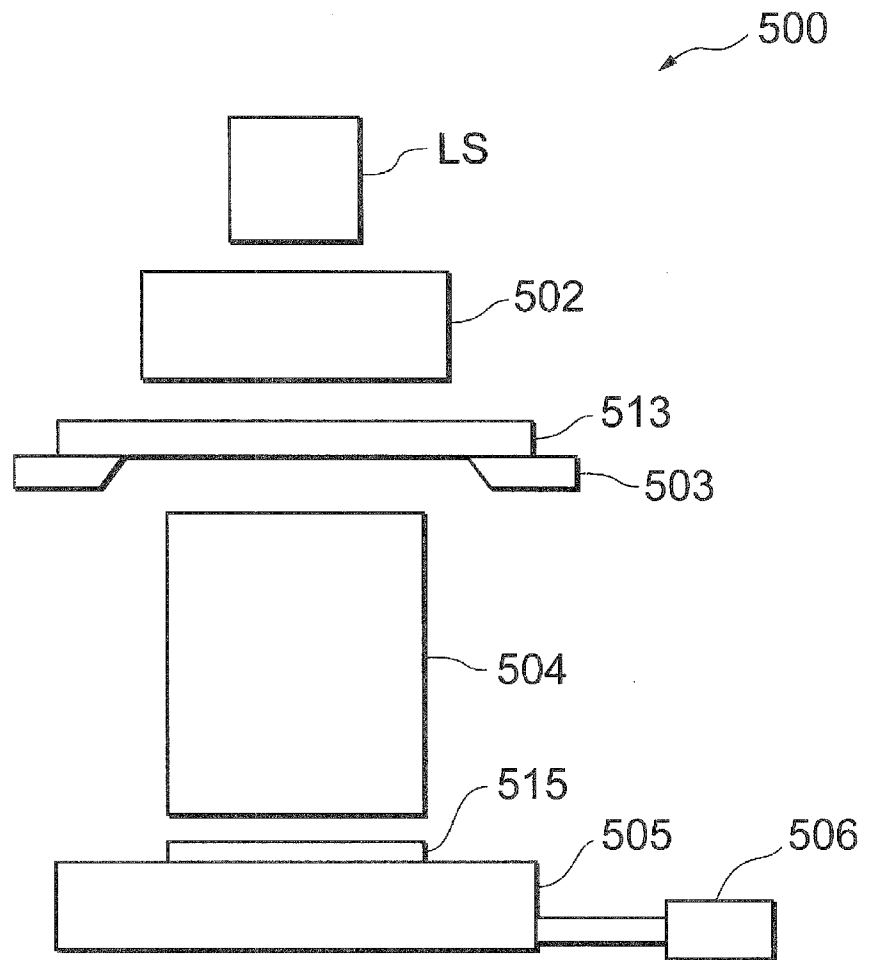
[図6]

【図 6】



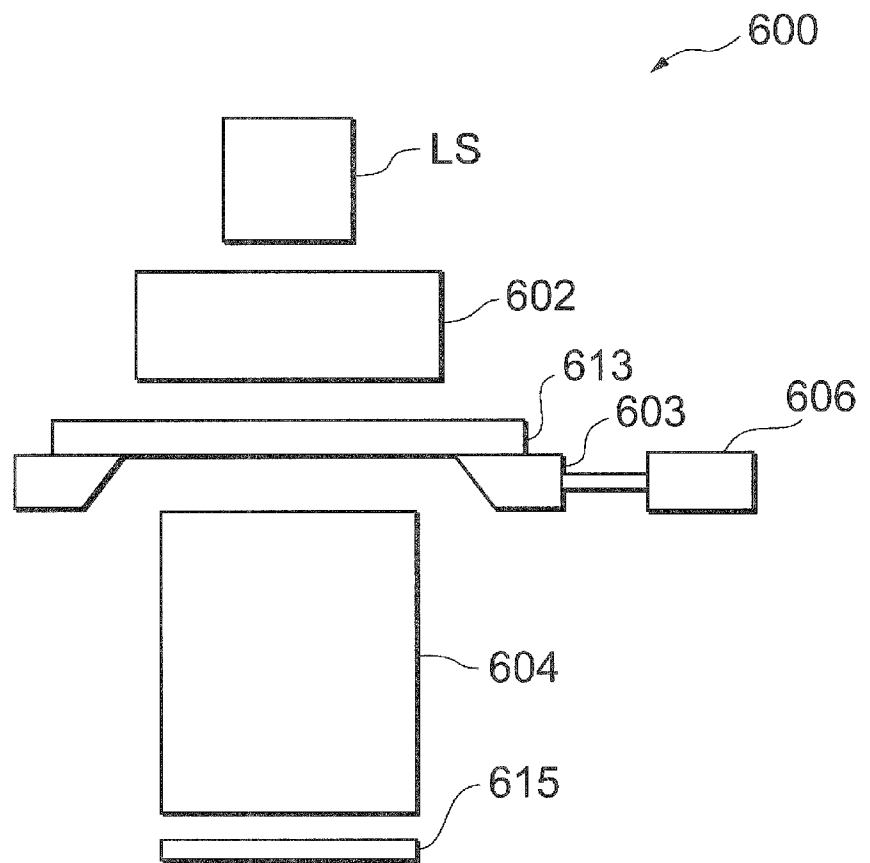
[図7]

【図 7】



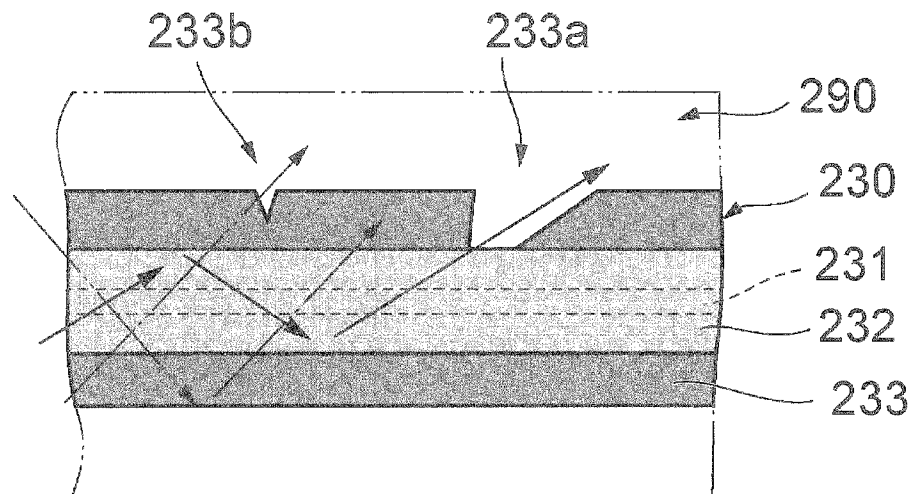
[図8]

【図8】



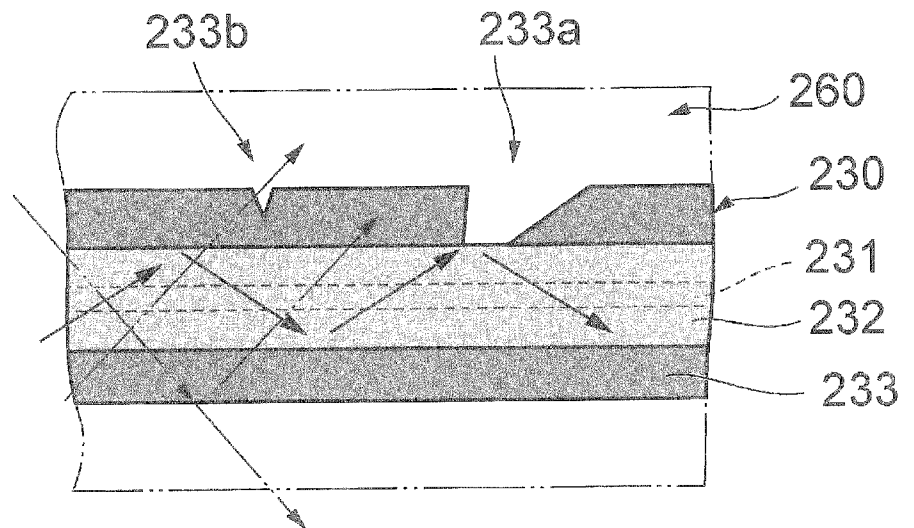
[図9]

【図9】



[図10]

【図 1 0】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/071538

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S3/067(2006.01)i, G02B6/00(2006.01)i, G03F7/20(2006.01)i, H01L21/027(2006.01)i, H01S3/00(2006.01)i, H01S3/042(2006.01)i, H01S3/10(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)

H01S3/00-3/30, G02B6/00-6/54, G03F7/20, H01L21/027

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y	WO 2012/056566 A1 (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 03 May 2012 (03.05.2012), description, paragraphs [0016] to [0028], [0047] to [0062]; fig. 1 to 5, 8, 9 & US 2013/0235449 A1	1-17
Y	JP 2006-293195 A (Autonetwoks Technologies, Ltd., Sumitomo Wiring Systems, Ltd., Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 26 October 2006 (26.10.2006), specification, paragraph [0028] (Family: none)	1-17

☒ 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
21 October, 2014 (21.10.14)

Date of mailing of the international search report
04 November, 2014 (04.11.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/071538

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-133255 A (Fujitsu Ltd.), 21 May 1999 (21.05.1999), specification, paragraph [0035] (Family: none)	1-17
Y	JP 2005-91754 A (Toshikazu KUBO, Musashi Engineering, Inc.), 07 April 2005 (07.04.2005), specification, paragraph [0012] & US 2007/0264425 A1 & EP 1669781 A1 & WO 2005/029144 A1 & KR 10-2006-0113889 A	1-17
Y	JP 2013-7931 A (Nikon Corp.), 10 January 2013 (10.01.2013), specification, paragraphs [0035] to [0042], [0100] to [0108]; fig. 1, 2, 5, 6 (Family: none)	14-17
A	US 2013/0028276 A1 (COHERENT, INC.), 31 January 2013 (31.01.2013), specification, paragraphs [0006] to [0014]; fig. 1, 2 & US 2012/0230352 A1 & WO 2012/122012 A2	1-17

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01S3/067(2006.01)i, G02B6/00(2006.01)i, G03F7/20(2006.01)i, H01L21/027(2006.01)i,
H01S3/00(2006.01)i, H01S3/042(2006.01)i, H01S3/10(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. H01S3/00-3/30, G02B6/00-6/54, G03F7/20, H01L21/027

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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
Y	WO 2012/056566 A1（古河電気工業株式会社）2012.05.03, 明細書【0016】－【0028】、【0047】－【0062】欄、 図1－5, 8, 9 & US 2013/0235449 A1	1-17
Y	JP 2006-293195 A（株式会社オートネットワーク技術研究所, 住友 電装株式会社, 住友電気工業株式会社）2006.10.26, 明細書【0028】欄 (ファミリーなし)	1-17

☒ 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

2 1 . 1 0 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 4 . 1 1 . 2 0 1 4

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）

百瀬 正之

電話番号 03-3581-1101 内線 3294

2 X

4 0 8 4

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	JP 11-133255 A (富士通株式会社) 1999.05.21, 明細書【0035】欄 (ファミリーなし)	1-17
Y	JP 2005-91754 A (久保 壽一, 武蔵エンジニアリング株式会社) 2005.04.07, 明細書【0012】欄 & US 2007/0264425 A1 & EP 1669781 A1 & WO 2005/029144 A1 & KR 10-2006-0113889 A	1-17
Y	JP 2013-7931 A (株式会社ニコン) 2013.01.10, 明細書【0035】－【0042】, 【0100】－【0108】欄, 図1, 2, 5, 6 (ファミリーなし)	14-17
A	US 2013/0028276 A1 (COHERENT, INC.) 2013.01.31, 明細書【0006】－【0014】欄, FIG. 1, FIG. 2 & US 2012/0230352 A1 & WO 2012/122012 A2	1-17