

(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
2020年10月29日(29.10.2020)



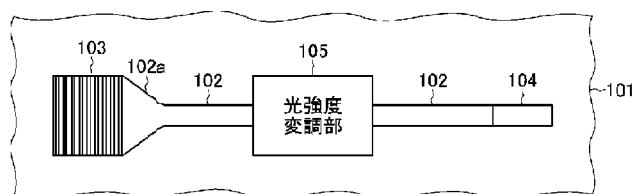
(10) 国際公開番号

WO 2020/218005 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/025 (2006.01) *G02B 6/30* (2006.01)
G02B 6/12 (2006.01) *G02B 6/34* (2006.01)
G02B 6/124 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/015941
- (22) 国際出願日: 2020年4月9日(09.04.2020)
- (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 2019-083814 2019年4月25日(25.04.2019) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 前田 圭穂 (MAEDA, Yoshiho); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 三浦 達(MIURA, Toru); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 福田 浩(FUKUDA, Hiroshi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 山川 茂樹, 外(YAMAKAWA, Shigeki et al.); 〒1006104 東京都千代田区永田町2丁目11番1号 山王パークタワー4階 山川国際特許事務所内 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,

(54) Title: OPTICAL CIRCUIT FOR ALIGNMENT AND LIGHT ALIGNMENT METHOD

(54) 発明の名称: 調芯用光回路および光調芯方法



105 Light intensity modulation unit

(57) Abstract: This optical circuit for alignment is provided with an optical waveguide that is configured from a core (102) comprising a semiconductor and formed on a substrate (101). At one end of the optical waveguide, a grating coupler (103) is provided. At the other end of the optical waveguide, a reflection part (104) formed by being optically connected to the optical waveguide is provided. In the optical waveguide configured from the core (102), a light intensity modulation unit (105) that modulates the intensity of guided light of the optical waveguide is provided. The light intensity modulation unit (105) is configured from a variable optical attenuator.

(57) 要約: 半導体からなるコア(102)から構成されて基板(101)の上に形成された光導波路を備える。この光導波路の一端には、グレーティングカップラ(103)が設けられている。また、上記光導波路の他端には、光導波路に光学的に結合して形成された反射部(104)を備える。コア(102)による光導波路に、光導波路の導波光の強度を変調する光強度変調部(105)を備える。光強度変調部(105)は、可変光減衰器から構成されている。

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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))

明 細 書

発明の名称：調芯用光回路および光調芯方法

技術分野

[0001] 本発明は、グレーティングカプラと光ファイバとの光接続に用いる調芯用光回路および光調芯方法に関する。

背景技術

[0002] 光通信のトラフィック増大に伴って、光送受信器の高速化・小型化と共に低コスト化が求められている。光送受信器の小型・低コスト化には、構成部品である光フィルターや光変調器等を含む光回路についても、低コストに製造可能でありより小型なものが求められる。

[0003] 小型な光回路を低コストに実現する技術として、近年シリコンフォトニクス（Silicon photonics：S i P h）が注目を集めており、S i P h光回路の研究開発が盛んに行われている。このS i P h光回路を用いた光送受信器の製造コストのうち、実装・検査工程が占める割合は大きく、光送受信器の低コスト化を進めることが重要となっている。このためには、S i P h光回路をチップに切り出す前のウエハ（基板）上で検査して良品選別し、この後でチップに切り出して選別した良品のチップをモジュール実装することが望ましい。

[0004] S i P h光回路の検査としては、外部光源からS i P h光回路に光を入射し、挿入損失（insertion loss：I L）や動作特性を評価する方法が一般的である。このため、外部からS i P hの光導波路に光を結合することが可能なグレーティングカプラ（Grating Coupler）が、ウエハ上での検査には重要となる。

[0005] グレーティングカプラを用いた検査では、従来、光ファイバからの入射光の角度・波長・偏波を設計値に設定したうえで、光ファイバを走査し、グレーティングカプラとの光結合効率が最大になる点を探索することで調芯を行っていた。

[0006] グレーティングカプラを用いた調芯用光回路について、図7を参照して説明する。例えば、半導体からなるコア301から構成された光導波路の一端に形成されたグレーティングカプラ302と、コア301から構成された光導波路の他端に形成された反射部303とを備える調芯用光回路がある。この調芯用光回路では、グレーティングカプラ302と結合した光のみが光導波路中を伝搬し、反射部303で反射した調芯用光回路からの戻り光が信号として得られる。

[0007] シリコンから構成した光導波路の場合、光導波路を導波する信号光を、調芯対象の光ファイバ304に導波させて出射端より調芯用光として出射させる。この状態で、光ファイバ304を走査する。光ファイバ304を出射した光源光が、グレーティングカプラ302に結合すれば、光源光の中の信号光が、コア301による光導波路を伝搬する。この光導波路の他端の反射部303で反射した戻り光は、再び光ファイバ304で受光される。光ファイバ304で受光される信号光の強度最大となるように、光ファイバを広範囲に走査し（粗調芯）、光ファイバ304とグレーティングカプラ302とを調芯する。

[0008] 非特許文献1に示されているように、グレーティングカプラの光結合効率は、平面座標のみならず、入射光の角度・偏波・波長に敏感である。従って、高効率な光結合のためには、光ファイバとグレーティングカプラとの間のX軸、Y軸、Z軸と各軸に対する角度をあわせた6軸の調芯に加えて、偏波・波長を合わせることが重要となる。光ファイバの位置を掃引することでグレーティングカプラとの光結合がとれる位置に移動し（粗調芯）、さらにグレーティングカプラと光ファイバが結合している状態で精密な位置合わせ（微調芯）、角度・波長・偏波合わせを行っていた。

先行技術文献

非特許文献

[0009] 非特許文献1: D. Taillaert et al., "An Out-of-Plane Grating Coupler for Efficient Butt-Coupling Between Compact Planar Waveguides and Single-Mode Optical Fibers," *Optics Express*, vol. 15, no. 18, pp. 10881-10891, 2007.

e-Mode Fibers”, IEEE Journal of Quantum Electronics, vol. 38, no. 7, pp. 949-955, 2002.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0010] 前述したように、S i P h光回路へ光を入射するためには、光回路の光入出力部となるグレーティングカップラと光ファイバとの間で、精密な調芯および、偏波・波長合わせが必要となる、しかしながら、一般的にグレーティングカップラは、原理的に3 d B以上の挿入損失を有しており、前述した調芯のように、信号光グレーティングカップラを2回通る場合に信号光は6 d B以上の損失を受けてしまう。
- [0011] さらに、グレーティングカップラは、他の光回路と比較して製造ばらつきが大きく、最適な結合位置や角度・波長には設計からのずれや個体差がでやすく、設計波長・偏波からのずれによって挿入損失が大きくなり、信号レベルの低下を招きやすい。
- [0012] ところで、S i P h光回路が形成される一般的なS i P hウエハでは、S i P h光回路の製造プロセス中に、化学機械研磨（Chemical Mechanical Polishing : C M P）による平坦化工程を含むことが多い。このC M Pによる平坦化工程において、ウエハ面内の平坦性を確保するために、ダミーパターンと呼ばれる幾何学構造を、S i P h光回路のデバイスの周囲に敷き詰めている。このダミーパターンは凹凸を有しており、前述した粗調芯、微調芯のときに光ファイバからの光を反射・散乱し、戻り光として雑音となり、調芯時の信号対雑音比（Signal-to-Noise ratio : S / N）の低下を引き起こす。
- [0013] 従って、S i P h光回路のグレーティングカップラと光ファイバとの調芯においては、グレーティングカップラの挿入損失や製造誤差による信号の低下と、ダミーパターンなどの周辺構造物による雑音によって、デバイスからの応答信号が雑音に埋もれてしまい、調芯が困難となり、場合によっては誤った位置に調芯してしまうという課題があった。
- [0014] 本発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、調

芯用光回路を用いた光調芯における S / N 比が改善できるようにすることを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0015] 本発明に係る調芯用光回路は、半導体からなるコアから構成されて基板の上に形成された光導波路と、光導波路の一端のコアに形成されたグレーティングによるグレーティングカップラと、光導波路の他端に光導波路に光学的に結合して形成された反射部と、光導波路に設けられ、光導波路の導波光の強度を変調する光強度変調部とを備える。
- [0016] 上記調芯用光回路の一構成例において、光強度変調部は、可変光減衰器から構成されている。
- [0017] 上記調芯用光回路の一構成例において、可変光減衰器は、グレーティングカップラと反射部との間の光導波路に形成されたマッハツェンダー干渉構造から構成されている。
- [0018] 上記調芯用光回路の一構成例において、可変光減衰器は、グレーティングカップラと反射部との間の光導波路のコアに形成された p n 接合から構成されている。
- [0019] 上記調芯用光回路の一構成例において、可変光減衰器は、グレーティングカップラのコアに形成された p n 接合から構成されている。
- [0020] 上記調芯用光回路の一構成例において、半導体は、シリコンである。
- [0021] 本発明に係る光調芯方法は、上記調芯用光回路を用いた光調芯方法であって、調芯対象の光ファイバより出射した調芯用光がグレーティングカップラに光結合可能な状態とする粗調芯をする第 1 工程と、粗調芯の後で調芯用光のグレーティングカップラへの光結合が最大となる状態にする微調芯をする第 2 工程とを備え、第 2 工程では、グレーティングカップラに光結合して光導波路を導波する調芯用光を、光強度変調部で強度変調してグレーティングカップラより出射させ、光強度変調部で強度変調されてグレーティングカップラより出射した強度変調光を同期検波し、同期検波した強度変調光を用いて調芯用光のグレーティングカップラへの光結合が最大となる状態にする微調芯をする。

発明の効果

[0022] 以上説明したように、本発明によれば、グレーティングカプラが設けられている、半導体からなるコアから構成された光導波路に、光強度変調部を備えるようにしたので、調芯用光回路を用いた光調芯におけるS/N比が改善できる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]図1は、本発明の実施の形態に係る調芯用光回路の構成を示す構成図である。

[図2]図2は、本発明の実施の形態に係る光調芯方法を実施する調芯システムの構成を示す構成図である。

[図3]図3は、実施例1に係る光強度変調部105を構成する可変光減衰器の構成を示す構成図である。

[図4A]図4Aは、実施例2に係る光強度変調部105を構成する可変光減衰器の構成を示す構成図である。

[図4B]図4Bは、実施例2に係る光強度変調部105を構成する可変光減衰器の一部構成を示す断面図である。

[図5A]図5Aは、実施例3に係る光強度変調部105を構成する可変光減衰器の構成を示す構成図である。

[図5B]図5Bは、実施例3に係る光強度変調部105を構成する可変光減衰器の一部構成を示す断面図である。

[図6]図6は、実施例4に係る光強度変調部105を構成する可変光減衰器の構成を示す構成図である。

[図7]図7は、グレーティングカプラを用いた調芯用光回路の構成を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の実施の形態に係る調芯用光回路について図1を参照して説明する。この調芯用光回路は、半導体からなるコア102から構成されて基板101の上に形成された光導波路を備える。この光導波路の一端には、グ

レーティングカプラ 103 が設けられている。また、上記光導波路の他端には、光導波路に光学的に結合して形成された反射部 104 を備える。

[0025] グレーティングカプラ 103 は、光導波路の一端におけるコア 102 の上面に形成された複数の溝によるグレーティングから構成されている。光導波路の一端にかけて、コア 102 はコア幅が徐々に拡大するテーパ部 102a を備える。テーパ部 102a によりテーパ光導波路が構成されている。グレーティングカプラ 103 は、コア 102 により光導波路と、テーパ部 102a によるテーパ光導波路を介し、断熱的に接続されている。なお、グレーティングカプラ 103 は、平面視の形状が扇形などの構造とすることもできる。

[0026] 半導体は、例えば、シリコンである。基板 101 は、例えば、よく知られた SOI (Silicon on Insulator) 基板であり、この埋め込み絶縁層が下部クラッドとなり、表面シリコン層をパターニングすることでコア 102、グレーティングカプラ 103 におけるグレーティングなどが形成されている。このように構成された下部クラッド、コア 102、およびコア 102 の上部の空気層を上部クラッドとして光導波路が構成されている。上部クラッドは、 SiO_2 および SiN の 2 層構造とすることもできる。

[0027] 例えば、コア 102 は、断面視で幅 $0.44\ \mu\text{m}$ 、高さ $0.22\ \mu\text{m}$ とされている。また、グレーティングカプラ 103 は、幅が $20\ \mu\text{m}$ 、長さ $30\ \mu\text{m}$ の領域に形成されたグレーティングから構成されている。また、グレーティングは、例えば、溝ピッチを $0.635\ \mu\text{m}$ 、デューティー比を 0.5、深さを $0.07\ \mu\text{m}$ とされている。

[0028] 上述した構成のよく知られた調芯用光回路に、実施の形態では、光導波路に、光導波路の導波光の強度を変調する光強度変調部 105 を備える。光強度変調部 105 は、可変光減衰器から構成されている。可変光減衰器は、グレーティングカプラ 103 と反射部 104 との間の光導波路に形成されたマッハツェンダー干渉構造から構成するとができる。また、可変光減衰器は、グレーティングカプラ 103 と反射部 104 との間の光導波路のコア 102

に形成された p n 接合から構成することもできる。また、光強度変調部（可変光減衰器）は、グレーティングカップラ 103 に設けることも可能であり、この場合、可変光減衰器は、グレーティングカップラ 103 のコア 102 に形成された p n 接合から構成することもできる。可変光減衰器の詳細については、後述する。

[0029] 次に、実施の形態に係る調芯用光回路を用いた光調芯について図 2 を参照して説明する。まず、半導体レーザなどから構成された光源 111 から出射した光を、光ファイバ 112 の先端に設けてある光入出射部 113 より、調芯用光 121 として出射させ、グレーティングカップラ 103 に入射させる。光ファイバ 112 は、例えば、シングルモード光ファイバである。光入出射部 113 は、例えば、光サーキュレータである。

[0030] グレーティングカップラ 103 に入射して光結合した調芯用光 121 は、コア 102 からなる光導波路を導波して光強度変調部 105 で強度変調され、反射部 104 で反射し、光強度変調部 105 を通過してグレーティングカップラ 103 より出射する。

[0031] グレーティングカップラ 103 より出射した強度変調光 122 は、光入出射部 113 に入射し、光電変換部 114 で光電変換され、同期検波部 115 で同期検波され、同期検波された信号は、情報処理装置 117 で強度が測定される。光電変換部 114 は、例えば、パワーメータであり、同期検波部 115 は、例えば、ロックインアンプである。光ファイバ 112 を移動させることで、調芯用光 121 をグレーティングカップラ 103 が形成されている領域内で走査し、情報処理装置 117 で測定される強度が最大となる位置を求めることで、光ファイバ 112 とグレーティングカップラ 103 との調芯を実施する。

[0032] ここで、強度変調光 122 は、交流信号生成部 116 が生成する周波数 f_m （例えば数 100 kHz）の交流信号で駆動されている光強度変調部 105 により強度変調されている。交流信号生成部 116 は、例えば、ファンクションジェネレータ（Function Generator）である。また、同期検波部 11

5では、交流信号生成部116が生成する周波数 f_m の交流信号を参照信号とし、入力される信号を同期検波している。

[0033] グレーティングカップラ103より出射される調芯用光回路からの戻り光である強度変調光122は、前述したように、光強度変調部105により周波数 f_m で変調されている。一方、グレーティングカップラ103の周囲のダミーパターンなどから反射して戻ってくる光や、背景雑音である散乱光などは、光強度変調部105を通らず、変調されていない。

[0034] 情報処理装置117で強度が測定される信号は、周波数 f_m で強度変調された強度変調光122のみが対象となるため、上述した強度変調光122以外の戻り光は強度測定対象外となる。この結果、実施の形態によれば、調芯用光回路を用いた光調芯におけるS/N比を、従来の方法よりも高くすることができる。

[0035] 以上に説明したように、実施の形態に係る光調芯方法は、まず、調芯対象の光ファイバより出射した調芯用光がグレーティングカップラに光結合可能な状態とする粗調芯をする（第1工程）。次に、粗調芯の後で調芯用光のグレーティングカップラへの光結合が最大となる状態にする微調芯をするときに（第2工程）グレーティングカップラに光結合して光導波路を導波する調芯用光を、光強度変調部で強度変調してグレーティングカップラより出射させ、光強度変調部で強度変調されてグレーティングカップラより出射した強度変調光を同期検波し、同期検波した強度変調光を用いて調芯用光のグレーティングカップラへの光結合が最大となる状態にする微調芯をする。

[0036] 次に、光強度変調部105について、実施例を用いてより詳細に説明する。

[0037] [実施例1]

はじめに、実施例1に係る光強度変調部105を構成する可変光減衰器について、図3を参照して説明する。可変光減衰器からなる光強度変調部105は、第1合分波部151、第2合分波部152、第1アーム102b、第2アーム102cからなるマッハツェンダー干渉構造から構成されている。

第1合分波部151は、例えば、入出力が 1×2 のマルチモード干渉計から構成することができる。また、第2合分波部152は、例えば、入出力が 2×2 のマルチモード干渉計から構成することができる。また、第1アーム102bには、第1アーム102bの光導波路を伝搬する光に位相差を与えるために、加熱部153が設けられている。加熱部153は、例えば、金属あるいは半導体の抵抗体からなるヒータから構成することができる。

[0038] 加熱部153に第1電極パッド154、第2電極パッド155を用いて電圧を印加し、ジュール熱を発生させることで、第1アーム102bの光導波路に熱光学効果を誘起させ、屈折率変化に伴う伝搬時間の変化によって導波する光に位相差を与えることができる。

[0039] 第1アーム102bを導波する光と、第2アーム102cを導波する光とに位相差がない場合、第2合分波部152のコア102からなる光導波路の側に、合波された光が出力される。これに対し、第1アーム102bを導波する光と、第2アーム102cを導波する光とに位相差があると、第2合分波部152の開放側の光導波路152aに、合波された光が出力される。

[0040] 従って、加熱部153に印加する電圧を周波数 f_m で変調すれば、第2合分波部152からコア102からなる光導波路の側への出力と、第2合分波部152から光導波路152aの側への出力とが、周波数 f_m で切り替えられる。コア102からなる光導波路の側への出力された光は、反射部104で反射して戻り光となるので、加熱部153に印加する電圧を周波数 f_m で変調すれば、戻り光としてグレーティングカップラ103より出射される光信号に、周波数 f_m の強度変調（オン・オフ）を与えることができる。

[0041] [実施例2]

次に、実施例2に係る光強度変調部105について、図4A、図4Bを参照して説明する。実施例2に係る可変光減衰器からなる光強度変調部105は、第1合分波部151、第2合分波部152、第1アーム102b、第2アーム102cからなるマッハツェンダー干渉構造から構成されている。これらは、前述した実施例1と同様である。

- [0042] また、実施例2では、第1アーム102bには、第1アーム102bの光導波路を伝搬する光に位相差を与えるために、第1アーム102bのコアにpn接合による変調部156が形成されている。変調部156は、例えば、リブ型の光導波路構造とされ、SiO₂から構成されたクラッド層157の上に形成されている。
- [0043] 変調部156では、導波方向に平行でクラッド層157の平面に対して垂直であり、コアの中心を通る接合面で、p型不純物導入領域156aと、n型不純物導入領域156bとが接合している。また、p型不純物導入領域156aのスラブ部には、p電極154aがオーミック接続し、n型不純物導入領域156bのスラブ部には、n電極155aがオーミック接続している。
- [0044] pn接合による変調部156に、逆方向電圧を印加することで、キャリアをpn接合から引き抜くことができ、変調部156に自由キャリアプラズマ効果を誘起し、屈折率変化に伴う伝搬時間の変化によって導波する光に位相差を与えることができる。
- [0045] 第1アーム102bを導波する光と、第2アーム102cを導波する光とに位相差がない場合、第2合分波部152のコア102からなる光導波路の側に、合波された光が出力される。これに対し、第1アーム102bを導波する光と、第2アーム102cを導波する光とに位相差があると、第2合分波部152の開放側の光導波路152aに、合波された光が出力される。
- [0046] 従って、変調部156に印加する逆方向電圧を周波数f_mで変調すれば、第2合分波部152からコア102からなる光導波路の側への出力と、第2合分波部152から光導波路152aの側への出力とが、周波数f_mで切り替えられる。コア102からなる光導波路の側への出力された光は、反射部104で反射して戻り光となるので、変調部156に印加する電圧を周波数f_mで変調すれば、戻り光としてグレーティングカップラ103より出射される光信号に、周波数f_mの強度変調（オン・オフ）を与えることができる。
- [0047] [実施例3]

次に、実施例3に係る光強度変調部105について、図5A、図5Bを参照して説明する。実施例3に係る可変光減衰器からなる光強度変調部105は、pn接合による変調部158から構成されている。変調部158は、グレーティングカプラ103と反射部104との間の光導波路のコア102に形成されている。

[0048] 変調部158は、例えば、リブ型の光導波路構造とされ、SiO₂から構成されたクラッド層157の上に形成されている。変調部158は、導波方向に平行でクラッド層157の平面に対して垂直であり、コアの中心を通る接合面で、p型不純物導入領域158aと、n型不純物導入領域158bとが接合している。また、p型不純物導入領域158aのスラブ部には、p電極154aがオーミック接続し、n型不純物導入領域158bのスラブ部には、n電極155aがオーミック接続している。

[0049] pn接合による変調部158に、順方向電圧を印加することで、キャリアを変調部158に注入することができる。注入キャリアの増加に伴って、変調部158では、自由キャリア吸収が起こり、ここを透過する光の強度が低下する。これらのことにより、変調部158を、可変光減衰器として動作させることができる。

[0050] [実施例4]

次に、実施例4に係る光強度変調部について、図6を参照して説明する。この光強度変調部は、グレーティングカプラ103のコア102に形成されたpn接合による変調部130を備える。変調部130は、p型領域131およびn型領域132から構成されている。この例では、p型領域131およびn型領域132の各々は、グレーティングの配列方向に延在する平面視矩形の領域に形成され、p型領域131およびn型領域132は、グレーティングの配列方向に直交して基板の平面に平行な方向に配列されている。

[0051] また、この例では、p型領域131およびn型領域132の各々は、複数形成されて交互に配列されている。なお、複数のp型領域131は、p型引き出し部131aに接続している。p型引き出し部131aには、第1電極

パッド 154 が接続している。また、複数の n 型領域 132 は、n 型引き出し部 132a に接続している。n 型引き出し部 132a には、第 2 電極パッド 155 が接続している。複数の p 型領域 131 および複数の n 型領域 132 は、各々櫛歯状に形成され、各櫛歯が、交互に入り込んで配置されている。隣り合う p 型領域 131 と n 型領域 132 とにより p n 接合が形成されている。

[0052] p n 接合による変調部 130 に、順方向電圧を印加することで、キャリアを変調部 130 に注入することができる。注入キャリアの増加に伴って、変調部 130 では、自由キャリア吸収が起こり、ここを透過する光の強度が低下する。これらのことにより、変調部 130 を、可変光減衰器として動作させることができる。

[0053] 以上に説明したように、本発明によれば、グレーティングカプラが設けられている、半導体からなるコアから構成された光導波路に、光強度変調部を備えるようにしたので、調芯用光回路を用いた光調芯における S/N 比が改善できるようになる。

[0054] なお、本発明は以上に説明した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想内で、当分野において通常の知識を有する者により、多くの変形および組み合わせが実施可能であることは明白である。

符号の説明

[0055] 101…基板、102…コア、102a…テーパ部、103…グレーティングカプラ、104…反射部、105…光強度変調部。

請求の範囲

- [請求項1] 半導体からなるコアから構成されて基板の上に形成された光導波路と、
- 前記光導波路の一端の前記コアに形成されたグレーティングによるグレーティングカップラと、
- 前記光導波路の他端に前記光導波路に光学的に結合して形成された反射部と、
- 前記光導波路に設けられ、前記光導波路の導波光の強度を変調する光強度変調部と
- を備えることを特徴とする調芯用光回路。
- [請求項2] 請求項1記載の調芯用光回路において、
- 前記光強度変調部は、可変光減衰器から構成されていることを特徴とする調芯用光回路。
- [請求項3] 請求項2記載の調芯用光回路において、
- 前記可変光減衰器は、前記グレーティングカップラと前記反射部との間の前記光導波路に形成されたマッハツェンダー干渉構造から構成されていることを特徴とする調芯用光回路。
- [請求項4] 請求項2記載の調芯用光回路において、
- 前記可変光減衰器は、前記グレーティングカップラと前記反射部との間の前記光導波路の前記コアに形成されたp n接合から構成されていることを特徴とする調芯用光回路。
- [請求項5] 請求項2記載の調芯用光回路において、
- 前記可変光減衰器は、前記グレーティングカップラの前記コアに形成されたp n接合から構成されていることを特徴とする調芯用光回路。
- [請求項6] 請求項1～5のいずれか1項に記載の調芯用光回路において、
- 前記半導体は、シリコンであることを特徴とする調芯用光回路。
- [請求項7] 請求項1～6のいずれか1項に記載された調芯用光回路を用いた光調芯方法であって、

調芯対象の光ファイバより出射した調芯用光が前記グレーティングカプラに光結合可能な状態とする粗調芯をする第1工程と、

粗調芯の後で前記調芯用光の前記グレーティングカプラへの光結合が最大となる状態にする微調芯をする第2工程と

を備え、

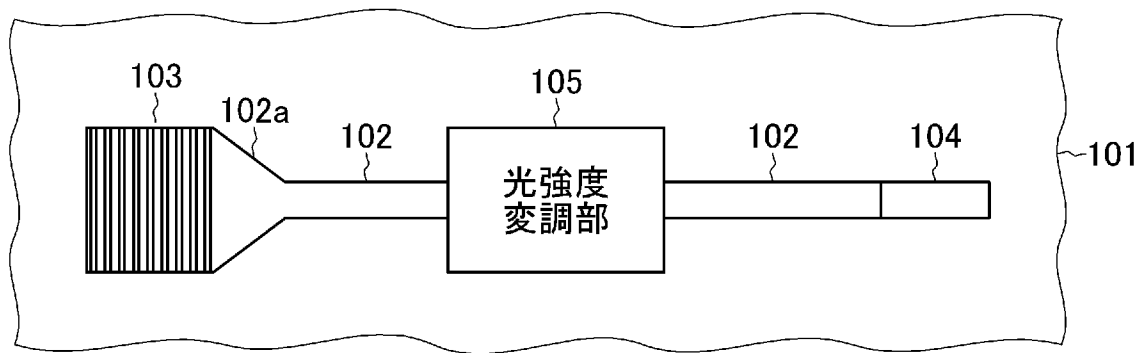
前記第2工程では、前記グレーティングカプラに光結合して前記光導波路を導波する前記調芯用光を、前記光強度変調部で強度変調して前記グレーティングカプラより出射させ、

前記光強度変調部で強度変調されて前記グレーティングカプラより出射した強度変調光を同期検波し、

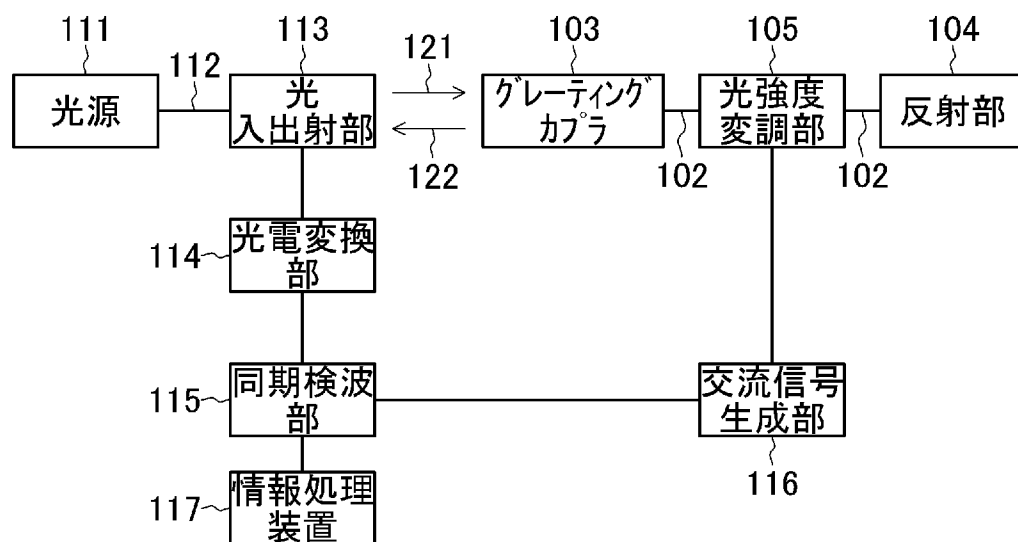
同期検波した強度変調光を用いて前記調芯用光の前記グレーティングカプラへの光結合が最大となる状態にする微調芯をする

ことを特徴とする光調芯方法。

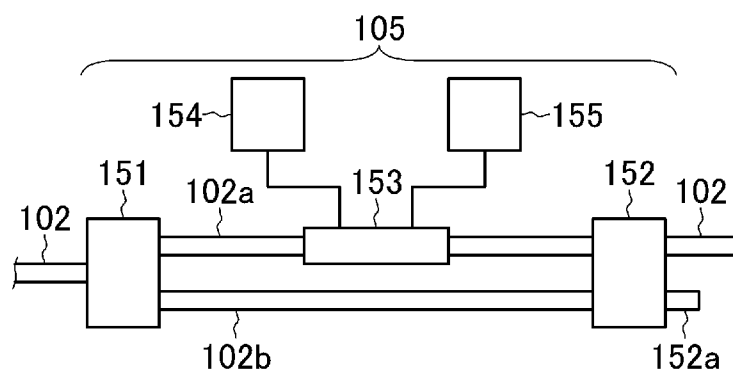
[図1]



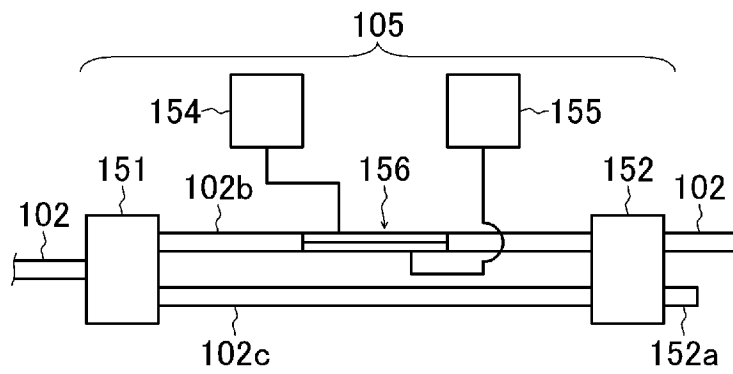
[図2]



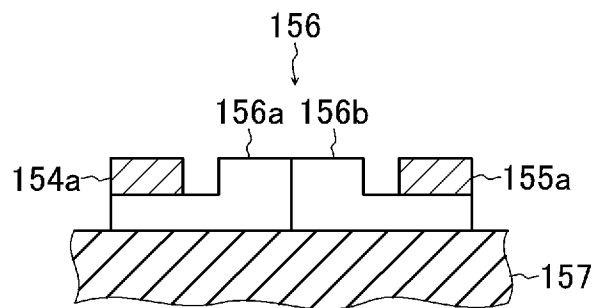
[図3]



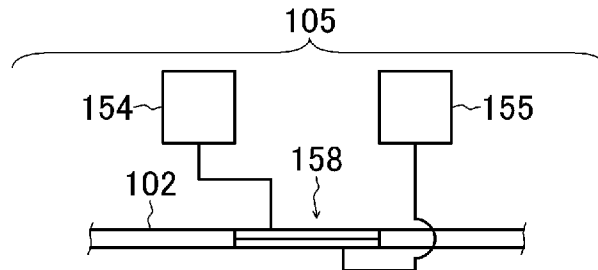
[図4A]



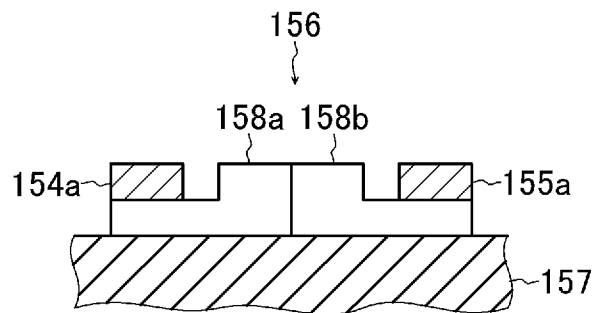
[図4B]



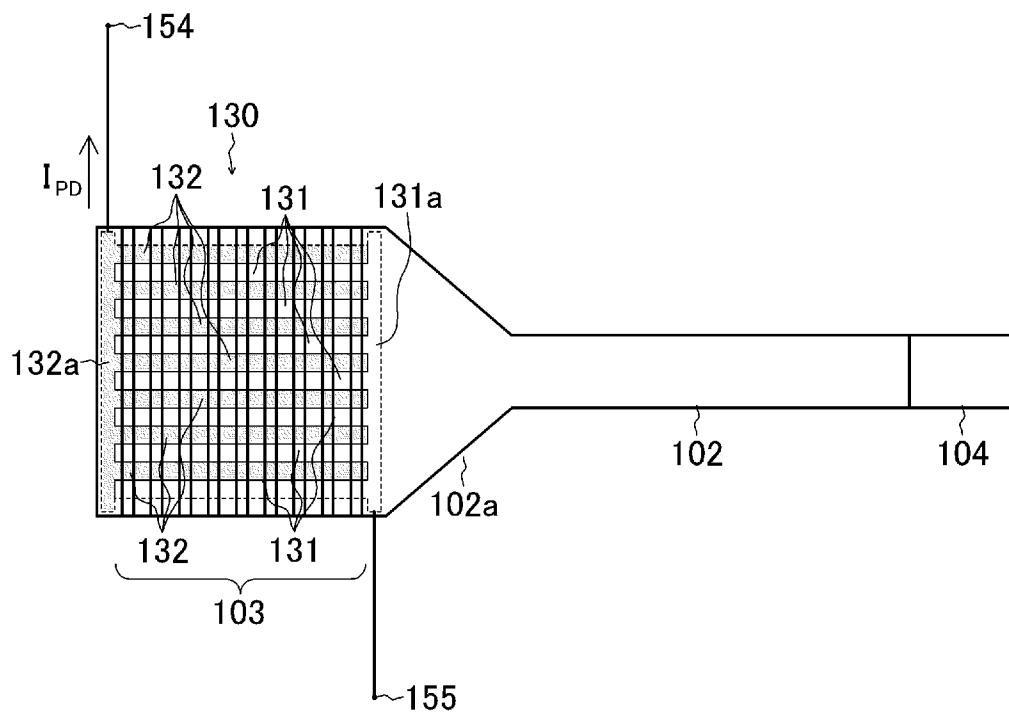
[図5A]



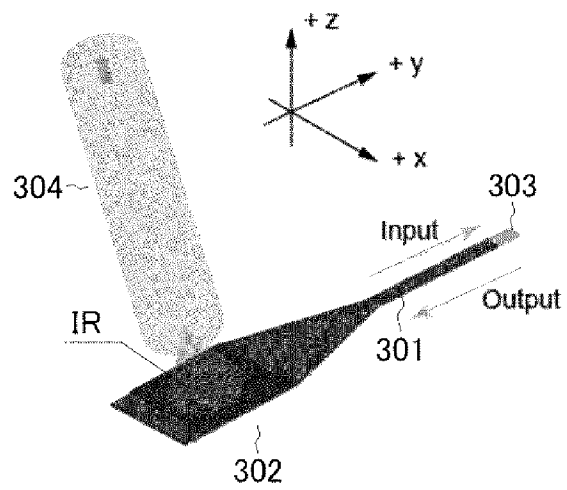
[図5B]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/015941

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F 1/025(2006.01)i; G02B 6/12(2006.01)i; G02B 6/124(2006.01)i; G02B 6/30(2006.01)i; G02B 6/34(2006.01)i
FI: G02B6/30; G02B6/12 361; G02B6/12 371; G02B6/34; G02F1/025; G02B6/124
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)

G02F1/025; G02B6/12-6/14; G02B6/30; G02B6/34

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 2008/117713 A1 (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) 02.10.2008 (2008-10-02) paragraphs [0049]-[0057], fig. 2-4	1-7
Y	JP 2012-133363 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 12.07.2012 (2012-07-12) paragraphs [0020]-[0026], [0043]-[0055], fig. 3A-3D, 5A-5F	1-7
Y	JP 2018-5067 A (NEC CORP.) 11.01.2018 (2018-01-11) paragraphs [0026]-[0033], fig. 2-4	1-7
Y	JP 2014-26108 A (NEC CORP.) 06.02.2014 (2014-02-06) paragraphs [0018]-[0032], fig. 1-4	1-7
Y	JP 2015-206977 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 19.11.2015 (2015-11-19) paragraph [0041], fig. 4	4
Y	US 2015/0086149 A1 (ORACLE INTERNATIONAL CORPORATION) 26.03.2015 (2015-03-26) paragraphs [0029]-[0034], fig. 2	5



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
03 July 2020 (03.07.2020)

Date of mailing of the international search report
14 July 2020 (14.07.2020)

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/JP2020/015941

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 2004-77985 A (JAPAN AVIATION ELECTRONICS INDUSTRY LTD.) 11.03.2004 (2004-03-11) entire text, all drawings	1-7
A	US 7224174 B1 (LUXTERA, INC.) 29.05.2007 (2007-05-29) entire text, all drawings	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/015941

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2008/117713 A1	02 Oct. 2008	US 2010/0104241 A1 paragraphs [0071]- [0083], fig. 2-4 EP 2131220 A1 CN 101646963 A	
JP 2012-133363 A	12 Jul. 2012	US 2012/0155888 A1 paragraphs [0049]- [0056], [0085]- [0109], fig. 3A-3D, 5A-5F DE 102011088358 A1 KR 10-2012-0089895 A CN 102546027 A	
JP 2018-5067 A	11 Jan. 2018	US 2018/0010906 A1 paragraphs [0034]- [0041], fig. 2-4 (Family: none)	
JP 2014-26108 A	06 Feb. 2014	(Family: none)	
JP 2015-206977 A	19 Nov. 2015	(Family: none)	
US 2015/0086149 A1	26 Mar. 2015	(Family: none)	
JP 2004-77985 A	11 Mar. 2004	(Family: none)	
US 7224174 B1	29 May 2007	CN 1834206 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02F 1/025(2006.01)i; G02B 6/12(2006.01)i; G02B 6/124(2006.01)i; G02B 6/30(2006.01)i; G02B 6/34(2006.01)i FI: G02B6/30; G02B6/12 361; G02B6/12 371; G02B6/34; G02F1/025; G02B6/124		
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）） G02F1/025; G02B6/12-6/14; G02B6/30; G02B6/34		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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 2008/117713 A1（住友大阪セメント株式会社）02.10.2008（2008-10-02） 段落 [0049] - [0057]，第2-4図	1-7
Y	JP 2012-133363 A（三星電子株式会社）12.07.2012（2012-07-12） 段落 [0020] - [0026]，[0043] - [0055]，第3A-3D，5A-5F図	1-7
Y	JP 2018-5067 A（日本電気株式会社）11.01.2018（2018-01-11） 段落 [0026] - [0033]，第2-4図	1-7
Y	JP 2014-26108 A（日本電気株式会社）06.02.2014（2014-02-06） 段落 [0018] - [0032]，第1-4図	1-7
Y	JP 2015-206977 A（日本電信電話株式会社）19.11.2015（2015-11-19） 段落 [0041]，第4図	4
Y	US 2015/0086149 A1（ORACLE INTERNATIONAL CORPORATION）26.03.2015（2015-03-26） 段落 [0029] - [0034]，第2図	5
☒ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 03.07.2020		国際調査報告の発送日 14.07.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 山本 元彦 2L 3914 電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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
A	JP 2004-77985 A (日本航空電子工業株式会社) 11.03.2004 (2004 - 03 - 11) 全文, 全図	1-7
A	US 7224174 B1 (LUXTERA, INC.) 29.05.2007 (2007 - 05 - 29) 全文, 全図	1-7

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/015941

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2008/117713	A1	02.10.2008	US 2010/0104241 A1 段落 [0071] - [0083] , 第 2-4図 EP 2131220 A1 CN 101646963 A	
JP	2012-133363	A	12.07.2012	US 2012/0155888 A1 段落 [0049] - [0056] , [0085] - [0109] , 第 3A-3D, 5A-5F図 DE 102011088358 A1 KR 10-2012-0089895 A CN 102546027 A	
JP	2018-5067	A	11.01.2018	US 2018/0010906 A1 段落 [0034] - [0041] , 第 2-4図	
JP	2014-26108	A	06.02.2014	(ファミリーなし)	
JP	2015-206977	A	19.11.2015	(ファミリーなし)	
US	2015/0086149	A1	26.03.2015	(ファミリーなし)	
JP	2004-77985	A	11.03.2004	(ファミリーなし)	
US	7224174	B1	29.05.2007	CN 1834206 A	