

(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
2019年12月5日(05.12.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/230372 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 6/12 (2006.01) *G02B 6/34* (2006.01)
G02B 6/122 (2006.01) *G02B 6/42* (2006.01)
G02B 6/124 (2006.01) *H01L 31/10* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/019129

(22) 国際出願日: 2019年5月14日(14.05.2019)

(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 2018-102097 2018年5月29日(29.05.2018) JP

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE

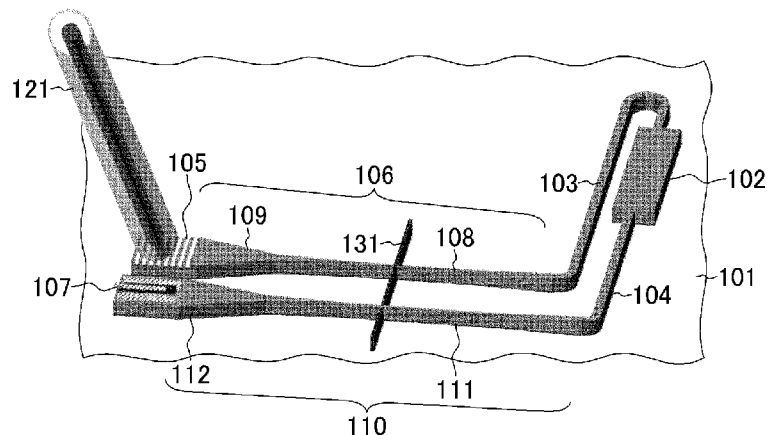
CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 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). 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). 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).

(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).

(54) Title: OPTICAL INSPECTION CIRCUIT

(54) 発明の名称: 光検査回路



(57) Abstract: This optical inspection circuit is provided with: an optical circuit (102) to be inspected, which is formed on a substrate (101); an input optical waveguide (103) that is optically connected to the optical circuit (102); and an output optical waveguide (104) that is optically connected to the optical circuit (102). An input grating coupler (105) is connected to the input optical waveguide (103). The grating coupler (105) is connected to the input optical waveguide (103) via a spot size conversion unit (106). A photodiode (107) is optically connected to the output optical waveguide (104).

(57) 要約: 基板(101)の上に形成された検査対象の光回路(102)と、光回路(102)に光学的接続する入力光導波路(103)と、光回路(102)に光学的接続する出力光導波路(104)とを備える。入力光導波路(103)には、入力用のグレーティングカップラ(105)が接続している。グレーティングカップラ(105)は、スポットサイズ変換部(106)を介して入力光導波路(103)に接続している。出力光導波路(104)には、フォトダイオード(107)が光学的に接続されている。

(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, 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, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：光検査回路

技術分野

[0001] 本発明は、光回路の検査を行うための光検査回路に関する。

背景技術

[0002] 光回路の検査では、光を入力し、入力した光に対する応答を測定する。通信容量の増大に対応するためには、波長多重は必須であり、この場合、広範囲な光波長領域で精緻な検査が必要となる。デバイスの経済化のために、シリコンフォトリソデバイスが注目されている。シリコンフォトリソの導入により製造コストは低減できるが、抜本的にコストを下げるためには、検査コストの低減が必要であり、ウエハレベル検査の高度化が求められている。

[0003] ウエハレベル検査の場合、光の入力にはグレーティングカプラが用いられる。しかしながら、グレーティングカプラは、図9に示すような光の透過強度特性の波長特性（波長依存性）があるため、広範囲な光波長領域での評価（検査）には適用が困難である。

[0004] ウエハレベル検査でも、エッジカプラからの入出力を模擬するために、エッジカプラとグレーティングカプラを組み合わせた構成が提案されている（特許文献1参照）。この高技術について、図10を参照して説明する。この構成では、まず、半導体からなるコアによる光導波路から構成された検査対象の光回路202と、半導体からなるコアによる光導波路から構成されて光回路202に光学的接続する入力光導波路203と、半導体からなるコアによる光導波路から構成されて光回路202に光学的接続する出力光導波路204とを備える。

[0005] 入力光導波路203には、入力用グレーティングカプラ205が接続している。入力用グレーティングカプラ205は、スポットサイズ変換部206を介して入力光導波路203に接続している。スポットサイズ変換部206

は、入力光導波路 203 に連続して配置されて入力光導波路 203 のコアとの接続部では入力光導波路 203 のコアと同じ断面寸法の第 1 光導波路部 211 と、第 1 光導波路部 211 に連続して配置されてコアの断面寸法が第 1 光導波路部 211 から離れるほど大きくなる第 2 光導波路部 212 とから構成されている。

[0006] また、出力光導波路 204 にも出力用グレーティングカップラ 207 が接続している。出力用グレーティングカップラ 207 も、スポットサイズ変換部 208 を介して出力光導波路 204 に接続している。スポットサイズ変換部 208 は、出力光導波路 204 に連続して配置されて出力光導波路 204 のコアとの接続部では出力光導波路 204 のコアと同じ断面寸法の第 1 光導波路部 213 と、第 1 光導波路部 213 に連続して配置されてコアの断面寸法が第 1 光導波路部 213 から離れるほど大きくなる第 2 光導波路部 214 とから構成されている。

[0007] 上述した光検査回路において、入力用光ファイバ 221 からの光は、入力用グレーティングカップラ 205 に入力され、スポットサイズ変換部 206 に至る。この後、入力された光は、入力光導波路 203 を介し、光回路 202 に入力される。光回路 202 から出力した光は、出力光導波路 204 を介し、スポットサイズ変換部 208 に至る。この後、出力された光は、出力用グレーティングカップラ 207 により、出力用光ファイバ 222 に向けて光が出力される。入力用光ファイバ 221 に入力した光と、出力用光ファイバ 222 から出力される光とを比較分析することで、光回路 202 の特性を検査することができる。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：米国特許出願公開第 2015/0214122 号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、前述した従来の技術では、入出力の双方にグレーティングカプラを用いるため、グレーティングカプラの波長特性がより強調され、デバイス特性が検査しにくくなるという問題がある。また、上述した技術では、入力と出力との2つの光ファイバを、それぞれ2つのグレーティングカプラに対して位置決めする必要がある、検査に時間を要するという問題もある。

[0010] 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、より広範囲な光波長領域による光回路の検査が、より短い時間で実施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

[0011] 本発明に係る光検査回路は、基板の上に形成された半導体からなるコアによる光導波路から構成された光回路と、半導体からなるコアによる光導波路から構成されて光回路に光学的接続する入力光導波路と、半導体からなるコアによる光導波路から構成されて光回路に光学的接続する出力光導波路と、入力光導波路にスポットサイズ変換部を介して形成されたグレーティングカプラと、出力光導波路に光学的に接続されたフォトダイオードとを備える。

[0012] 上記光検査回路において、スポットサイズ変換部は、入力光導波路に連続して配置されて入力光導波路のコアと同じ断面寸法の第1光導波路部と、第1光導波路部に連続して配置されてコアの断面寸法が第1光導波路部から離れるほど大きくなる第2光導波路部とから構成され、第1光導波路部は、基板より光回路をチップに切り出すための断裁領域をまたいで形成されている。例えば、断裁領域の幅は、 $10\mu\text{m}$ 以上とされている。

[0013] 上記光検査回路において、半導体は、シリコンであり、フォトダイオードは、ゲルマニウムフォトダイオードである。

発明の効果

[0014] 以上説明したように、本発明によれば、光回路の出力光導波路にフォトダイオードを接続したので、より広範囲な光波長領域による光回路の検査が、より短い時間で実施できるという優れた効果が得られる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図 1 は、本発明の実施の形態 1 における光検査回路の構成を示す斜視図である。

[図2]図 2 は、ゲルマニウムフォトダイオードの感度の波長特性を示す特性図である。

[図3]図 3 は、直列に接続した 2 つのグレーティングカプラを光が通過するときの透過スペクトルを示す特性図である。

[図4]図 4 は、1 つのグレーティングカプラと 1 つのゲルマニウムフォトダイオードを直列に接続した構成において、光が通過したときの光電流スペクトルを示す特性図である。

[図5]図 5 は、本発明の実施の形態 2 における光検査回路の構成を示す斜視図である。

[図6]図 6 は、本発明の実施の形態 3 における光検査回路の構成を示す斜視図である。

[図7]図 7 は、本発明の実施の形態 4 における光検査回路の構成を示す斜視図である。

[図8]図 8 は、本発明の実施の形態 5 における光検査回路の構成を示す斜視図である。

[図9]図 9 は、グレーティングカプラにおける光の透過強度特性の波長特性を示す特性図である。

[図10]図 10 は、従来の光検査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

[0016] 以下、本発明の実施の形態における光検査回路について説明する。

[0017] [実施の形態 1]

はじめに、本発明の実施の形態 1 における光検査回路について図 1 を参照して説明する。この光検査回路は、まず、基板 101 の上に形成された検査対象の光回路 102 と、光回路 102 に光学的接続する入力光導波路 103 と、光回路 102 に光学的接続する出力光導波路 104 とを備える。

[0018] 基板101は、例えば、よく知られたSOI（Silicon on Insulator）基板である。また、光回路102、入力光導波路103、出力光導波路104は、SOI基板の表面シリコン層（半導体）をパターニングすることで形成したコアと、埋め込み絶縁層をクラッドとした光導波路から構成されている。このように、シリコンからなるコアによる光導波路から構成された光回路102は、よく知られたシリコンフォトニクス技術により作製できる。

[0019] 入力光導波路103には、入力用のグレーティングカップラ105が接続している。グレーティングカップラ105は、スポットサイズ変換部106を介して入力光導波路103に接続している。スポットサイズ変換部106は、入力光導波路103に連続して配置されて入力光導波路103のコアと同じ断面寸法の第1光導波路部108と、第1光導波路部108に連続して配置されてコアの断面寸法が第1光導波路部108から離れるほど大きくなる第2光導波路部109とから構成されている。この例では、第1光導波路部108のコアは、入力光導波路103との接続部では入力光導波路103のコアと同じ断面寸法とされている。また、この例では、第1光導波路部108のコアは、第2光導波路部109により近い領域において、入力光導波路103のコアより細くなる領域を備えている。

[0020] 一方、出力光導波路104には、フォトダイオード107が光学的に接続されている。実施の形態1において、フォトダイオード107は、スポットサイズ変換部110を介して出力光導波路104に接続している。フォトダイオード107は、例えば、よく知られたゲルマニウムフォトダイオードである。

[0021] スポットサイズ変換部110は、出力光導波路104に連続して配置されて出力光導波路104のコアと同じ断面寸法の第1光導波路部111と、第1光導波路部111に連続して配置されてコアの断面寸法が第1光導波路部111から離れるほど大きくなる第2光導波路部112とから構成されている。この例では、第1光導波路部111のコアは、出力光導波路104との接続部では出力光導波路104のコアと同じ断面寸法とされている。また、

この例では、第1光導波路部111のコアは、第2光導波路部112により近い領域において、出力光導波路104のコアより細くなる領域を備えている。

[0022] 実施の形態1における光検査回路では、入力用光ファイバ121からの光がグレーティングカップラ105に入力され、スポットサイズ変換部106に至る。この後、入力された光は、入力光導波路103を介し、光回路102に入力される。光回路102から出力した光は、出力光導波路104を導波し、実施の形態1では、スポットサイズ変換部110を経由してフォトダイオード107に入力される。

[0023] フォトダイオード107では、入力した光を電流に変換する。フォトダイオード107に、電圧源・電流計を接続し、例えば-2Vといった適切な逆電圧を印加すれば、光電流を測定できる。入力した光の波長と同期して光電流を測定すれば、フォトダイオード107を用いることで、光電流スペクトルを得ることができる。グレーティングカップラ105を介して入力した光と、フォトダイオード107から出力される光電流を比較分析することで、光回路102の特性を検査することができる。

[0024] 上述したように、本発明では、光回路102より出力される光を、同一の基板101の上に形成されているフォトダイオード107で検出す構成としたところに特長がある。シリコンフォトリソで用いられる代表的なフォトダイオードであるゲルマニウムフォトダイオードの感度の波長特性（依存性）を図2に示す。図9を用いて説明したグレーティングカップラの特性に比較して波長依存性が小さく、光回路102の特性把握に好適であることがわかる。また、本発明では、入力側にのみグレーティングカップラ105を用いており、出力側においては、光ファイバとの位置合わせが必要ない。

[0025] 図3に、直列に接続した2つのグレーティングカップラを光が通過するときの透過スペクトルを示す。この場合、ピーク強度と比して光強度が1/10になる波長域は、およそ50nmである。次に、図4に、1つのグレーティングカップラと1つのゲルマニウムフォトダイオードを直列に接続した構成

において、光が通過したときの光電流スペクトルを示す。この場合、ピーク電流と比して電流値が $1/10$ になる波長域は、およそ 75 nm である。

[0026] 上述した、2つの比較から明らかなように、本発明によれば、シリコンフォトニクスのような光回路のウエハレベル検査において、光回路の波長特性を 1.5 倍程度、広範囲に検査できるという優れた効果を得ることができる。また、本発明によれば、出力側においては、光ファイバとの位置決めが省略できるため、光ファイバの位置合わせに要する時間を、おおよそ $1/2$ にすることができ、より短い時間で光回路の検査が実施できるという優れた効果が得られる。

[0027] ところで、上述したようにウエハレベルで検査した後、基板 101 より光回路 102 をチップに切り出すための断裁線 131 で切断（ダイシング）することで、光回路 102 の領域のチップを切り出すことになる。スポットサイズ変換部 106 の第1光導波路部 111 を、断裁線 131 をまたいで形成しておけば、スポットサイズ変換部 106 は、切り出したチップの端面からの光入力機能を備える状態となる。実施の形態1では、スポットサイズ変換部 110 においても同様である。

[0028] このようなチップの切り出しには、一般に、ブレードダイシングが用いられるが、この場合、切断端面のピッチングなどが問題になる場合がある。このピッチングは、切断した端面を光学研磨することで解消することができる。光学研磨することで、切断端面において、安定した光入力機能が得られるようになる。従って、第1光導波路部 111 は、断裁線 131 をまたぐとともに、上述した研磨の領域を含めた断裁領域をまたぐ長さに形成されているとよい。光学研磨は、 $10\text{ }\mu\text{ m}$ 程度とすればよく、断裁領域の幅は、 $10\text{ }\mu\text{ m}$ 以上となる。なお、チップの切り出しをステルスダイシングにより実施すれば、光学研磨を用いることなく安定した光入力機能が得られる。

[0029] [実施の形態2]

次に、本発明の実施の形態2における光検査回路について図5を参照して説明する。この光検査回路は、まず、基板（不図示）の上に形成された検査

対象の光回路 102 と、光回路 102 に光学的接続する入力光導波路 103 と、光回路 102 に光学的接続する出力光導波路 104 とを備える。

[0030] 基板は、例えば、よく知られた SOI 基板である。また、光回路 102、入力光導波路 103、出力光導波路 104 は、SOI 基板の表面シリコン層をパターンニングすることで形成したコアと、埋め込み絶縁層をクラッドとした光導波路から構成されている。

[0031] 入力光導波路 103 には、入力用のグレーティングカップラ 105 が接続している。グレーティングカップラ 105 は、スポットサイズ変換部 106 を介して入力光導波路 103 に接続している。スポットサイズ変換部 106 の第 1 光導波路部 111 は、断裁線 131 をまたいで形成されている。これらの構成は、前述した実施の形態 1 と同様である。

[0032] また、実施の形態 2 においても、出力光導波路 104 には、フォトダイオード 107 が光学的に接続されている。また、フォトダイオード 107 は、チップとなるチップ領域 115 に形成されている。なお、フォトダイオード 107 は、例えば、よく知られたゲルマニウムフォトダイオードである。実施の形態 2 では、断裁線 131 でダイシングすることで、チップ領域 115 を切り出すと、チップ領域 115 には、フォトダイオード 107 も備えた状態となる。

[0033] 実施の形態 2 における光検査回路でも、入力用光ファイバ 121 からの光がグレーティングカップラ 105 に入力され、スポットサイズ変換部 106 に至る。この後、入力された光は、入力光導波路 103 を介し、光回路 102 に入力される。実施の形態 2 では、光回路 102 から出力した光は、出力光導波路 104 を導波してフォトダイオード 107 に入力される。

[0034] フォトダイオード 107 では、入力した光を電流に変換する。フォトダイオード 107 に、電圧源・電流計を接続し、例えば -2 V といった適切な逆電圧を印加すれば、光電流を測定できる。入力した光の波長と同期して光電流を測定すれば、フォトダイオード 107 を用いることで、光電流スペクトルを得ることができる。グレーティングカップラ 105 を介して入力した光と

、フォトダイオード１０７から出力される光電流を比較分析することで、光回路１０２の特性を検査することができる。

[0035] また、実施の形態２においても、上述したようにウエハレベルで検査した後、断裁線１３１で切断（ダイシング）することで、基板より光回路１０２が配置されているチップ領域１１５を切り出すことになる。スポットサイズ変換部１０６の第１光導波路部１１１を、断裁線１３１をまたいで形成しておけば、スポットサイズ変換部１０６は、切り出したチップの端面からの光入力機能を備える状態となる。光回路１０２が、例えば、光受信回路である場合、上述した切り出しにより、光受信回路のチップとして用いることができる。

[0036] [実施の形態３]

次に、本発明の実施の形態３における光検査回路について図６を参照して説明する。この光検査回路は、まず、基板（不図示）の上に形成された検査対象の光回路１０２と、光回路１０２に光学的接続する入力光導波路１０３と、光回路１０２に光学的接続する出力光導波路１０４とを備える。

[0037] 基板は、例えば、よく知られたＳＯＩ基板である。また、光回路１０２、入力光導波路１０３、出力光導波路１０４は、ＳＯＩ基板の表面シリコン層をパターンニングすることで形成したコアと、埋め込み絶縁層をクラッドとした光導波路から構成されている。

[0038] 入力光導波路１０３には、入力用のグレーティングカップラ１０５が接続している。実施の形態３において、グレーティングカップラ１０５は、スポットサイズ変換部１０６および合分波部１１６を介して入力光導波路１０３に接続している。合分波部１１６には、グレーティングカップラ１０５が接続するスポットサイズ変換部１０６と、これとは別のスポットサイズ変換部１１７とが接続している。実施の形態３では、スポットサイズ変換部１１７が、断裁線１３２をまたいで形成されている。

[0039] また、実施の形態３では、出力光導波路１０４には、フォトダイオード１０７がスポットサイズ変換部１１０を介して光学的に接続されている。また

、スポットサイズ変換部１１０は、断裁線１３１をまたいで形成され、チップ領域１１５の外にフォトダイオード１０７が形成されている。

[0040] 実施の形態３では、断裁線１３１，断裁線１３２でダイシングすることで、スポットサイズ変換部１１０，スポットサイズ変換部１１７の、ダイシングにより形成される端面が、光入出力部となる。

[0041] 実施の形態３における光検査回路でも、入力用光ファイバ１２１からの光がグレーティングカップラ１０５に入力され、スポットサイズ変換部１０６に至る。この後、入力された光は、合分波部１１６，入力光導波路１０３を介し、光回路１０２に入力される。実施の形態３では、光回路１０２から出力した光は、出力光導波路１０４，スポットサイズ変換部１１０を導波してフォトダイオード１０７に入力される。

[0042] フォトダイオード１０７では、入力した光を電流に変換する。フォトダイオード１０７に、電圧源・電流計を接続し、例えば－２Ｖといった適切な逆電圧を印加すれば、光電流を測定できる。入力した光の波長と同期して光電流を測定すれば、フォトダイオード１０７を用いることで、光電流スペクトルを得ることができる。グレーティングカップラ１０５を介して入力した光と、フォトダイオード１０７から出力される光電流を比較分析することで、光回路１０２の特性を検査することができる。

[0043] また、実施の形態３においても、上述したようにウエハレベルで検査した後、断裁線１３１，断裁線１３２でダイシングすることで、基板より光回路１０２が配置されているチップ領域１１５を切り出すことになる。スポットサイズ変換部１１０を、断裁線１３１をまたいで形成しておけば、スポットサイズ変換部１１０は、切り出したチップの端面からの光入力機能を備える状態となる。同様に、スポットサイズ変換部１１７を、断裁線１３２をまたいで形成しておけば、スポットサイズ変換部１１７は、切り出したチップの端面からの光入力機能を備える状態となる。光回路１０２が、例えば、光受信回路である場合、上述した切り出しにより、光受信回路のチップとして用いることができる。

[0044] [実施の形態4]

次に、本発明の実施の形態4における光検査回路について図7を参照して説明する。この光検査回路は、まず、基板（不図示）の上に形成された検査対象の光回路102a、102bと、光回路102a、102bに光学的接続する入力光導波路103a、103bと、光回路102a、102bに光学的接続する出力光導波路104a、104bとを備える。実施の形態4では、基板の上に、2組の光検査回路が形成されている。

[0045] 入力光導波路103a、103bには、入力用のグレーティングカップラ105a、105bが接続している。グレーティングカップラ105a、105bは、スポットサイズ変換部106a、106bを介して入力光導波路103a、103bに接続している。

[0046] 一方、出力光導波路104a、104bには、1つのフォトダイオード107が光学的に接続されている。実施の形態4において、フォトダイオード107は、スポットサイズ変換部110a、110bを介して出力光導波路104a、104bに接続している。実施の形態4では、基板の上に形成された2組の光検査回路に、1つのフォトダイオード107が共通して用いられている。

[0047] 実施の形態4における光検査回路では、入力用光ファイバ121aからの光がグレーティングカップラ105aに入力され、スポットサイズ変換部106aに至る。この後、入力された光は、入力光導波路103aを介し、光回路102aに入力される。光回路102aから出力した光は、出力光導波路104aを導波し、スポットサイズ変換部110aを経由してフォトダイオード107に入力される。

[0048] また、入力用光ファイバ121bからの光は、グレーティングカップラ105bに入力され、スポットサイズ変換部106bに至る。この後、入力された光は、入力光導波路103bを介し、光回路102bに入力される。光回路102bから出力した光は、出力光導波路104bを導波し、スポットサイズ変換部110bを経由してフォトダイオード107に入力される。

[0049] フォトダイオード107では、入力した光を電流に変換する。フォトダイオード107に、電圧源・電流計を接続し、例えば−2Vといった適切な逆電圧を印加すれば、光電流を測定できる。入力した光の波長と同期して光電流を測定すれば、フォトダイオード107を用いることで、光電流スペクトルを得ることができる。グレーティングカプラ105aを介して入力した光と、フォトダイオード107から出力される光電流を比較分析することで、光回路102aの特性を検査することができる。また、グレーティングカプラ105bを介して入力した光と、フォトダイオード107から出力される光電流を比較分析することで、光回路102bの特性を検査することができる。

[0050] 上述したように、実施の形態4によれば、2つの光回路102a、102bを1つのフォトダイオード107で検査する。このことにより、フォトダイオードの数を減らすことができる。なお、ウエハレベルで検査した後、断裁線131、132、133、134でダイシングすれば、スポットサイズ変換部106a、106b、110a、110bは、それぞれ端面からの光入力機能を持つことができる。ブレードダイシングによるチップング（欠け）が問題になる場合は、断裁線131、132、133、134でダイシングされたことにより形成された各断面を光学研磨すれば、安定した光入力機能を得ることができる。また、ステルスダイシングによれば、光学研磨によらなくても安定した光入力機能を得ることができる。

[0051] [実施の形態5]

次に、本発明の実施の形態5における光検査回路について図7を参照して説明する。この光検査回路は、まず、基板（不図示）の上に形成された検査対象の光回路102a、102b、102c、102dと、光回路102a、102b、102c、102dに光学的接続する入力光導波路103a、103b、103c、103dと、光回路102a、102b、102c、102dに光学的接続する出力光導波路104a、104b、104c、104dとを備える。実施の形態5では、基板の上に、4組の光検査回路が形

成されている。

[0052] 入力光導波路103a, 103b, 103c, 103dには、入力用のグレーティングカップラ105a, 105b, 105c, 105dが接続している。グレーティングカップラ105a, 105b, 105c, 105dは、スポットサイズ変換部106a, 106bを介して入力光導波路103a, 103b, 103c, 103dに接続している。

[0053] 一方、出力光導波路104a, 104b, 104c, 104dには、1つのフォトダイオード107が光学的に接続されている。実施の形態5において、フォトダイオード107は、スポットサイズ変換部110a, 110b, 110c, 110dを介して出力光導波路104a, 104b, 104c, 104dに接続している。スポットサイズ変換部110aおよびスポットサイズ変換部110cは、合分波部141を介してフォトダイオード107に接続し、スポットサイズ変換部110bおよびスポットサイズ変換部110dは、合分波部142を介してフォトダイオード107に接続している、実施の形態5では、基板の上に形成された4組の光検査回路に、1つのフォトダイオード107が共通して用いられている。

[0054] 実施の形態5における光検査回路では、入力用光ファイバ121aからの光がグレーティングカップラ105aに入力され、スポットサイズ変換部106aに至る。この後、入力された光は、入力光導波路103aを介し、光回路102aに入力される。光回路102aから出力した光は、出力光導波路104aを導波し、スポットサイズ変換部110aを経由してフォトダイオード107に入力される。

[0055] また、入力用光ファイバ121bからの光は、グレーティングカップラ105bに入力され、スポットサイズ変換部106bに至る。この後、入力された光は、入力光導波路103bを介し、光回路102bに入力される。光回路102bから出力した光は、出力光導波路104bを導波し、スポットサイズ変換部110bを経由してフォトダイオード107に入力される。

[0056] また、入力用光ファイバ121cからの光は、グレーティングカップラ10

5 cに入力され、スポットサイズ変換部106 cに至る。その後、入力された光は、入力光導波路103 cを介し、光回路102 cに入力される。光回路102 cから出力した光は、出力光導波路104 cを導波し、スポットサイズ変換部110 cを経由してフォトダイオード107に入力される。

[0057] また、入力用光ファイバ121 dからの光は、グレーティングカップラ105 dに入力され、スポットサイズ変換部106 dに至る。その後、入力された光は、入力光導波路103 dを介し、光回路102 dに入力される。光回路102 dから出力した光は、出力光導波路104 dを導波し、スポットサイズ変換部110 dを経由してフォトダイオード107に入力される。

[0058] フォトダイオード107では、入力した光を電流に変換する。フォトダイオード107に、電圧源・電流計を接続し、例えば−2 Vといった適切な逆電圧を印加すれば、光電流を測定できる。入力した光の波長と同期して光電流を測定すれば、フォトダイオード107を用いることで、光電流スペクトルを得ることができる。

[0059] グレーティングカップラ105 aを介して入力した光と、フォトダイオード107から出力される光電流を比較分析することで、光回路102 aの特性を検査することができる。また、グレーティングカップラ105 bを介して入力した光と、フォトダイオード107から出力される光電流を比較分析することで、光回路102 bの特性を検査することができる。

[0060] また、グレーティングカップラ105 cを介して入力した光と、フォトダイオード107から出力される光電流を比較分析することで、光回路102 cの特性を検査することができる。また、グレーティングカップラ105 dを介して入力した光と、フォトダイオード107から出力される光電流を比較分析することで、光回路102 dの特性を検査することができる。

[0061] 上述したように、実施の形態5によれば、4つの光回路102 a, 102 b, 102 c, 102 dを1つのフォトダイオード107で検査する。このことにより、フォトダイオードの数を減らすことができる。なお、ウエハレベルで検査した後、断裁線131、132、133、134でダイシングす

れば、スポットサイズ変換部106a、106b、106c、106d、110a、110b、110c、110dは、それぞれ端面からの光入力機能を持つことができる。

[0062] ブレードダイシングによるチップングが問題になる場合は、断裁線131、132、133、134でダイシングされたことにより形成された各断面を光学研磨すれば、安定した光入力機能を得ることができる。また、ステルスダイシングによれば、光学研磨によらなくても安定した光入力機能を得ることができる。

[0063] 以上に説明したように、本発明によれば、光回路の出力光導波路にフォトダイオードを接続したので、より広範囲な光波長領域による光回路の検査が、より短い時間で実施できるようになる。

[0064] 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。例えば、上述では、コアをシリコンから構成した光導波路を例に説明したが、これに限るものではない、例えば、III-V族化合物半導体などの他の半導体から構成したコアによる光導波路からなる光回路であっても同様である。この場合、コアを構成する化合物半導体と同系の化合物半導体により、フォトダイオードを構成すればよい。

符号の説明

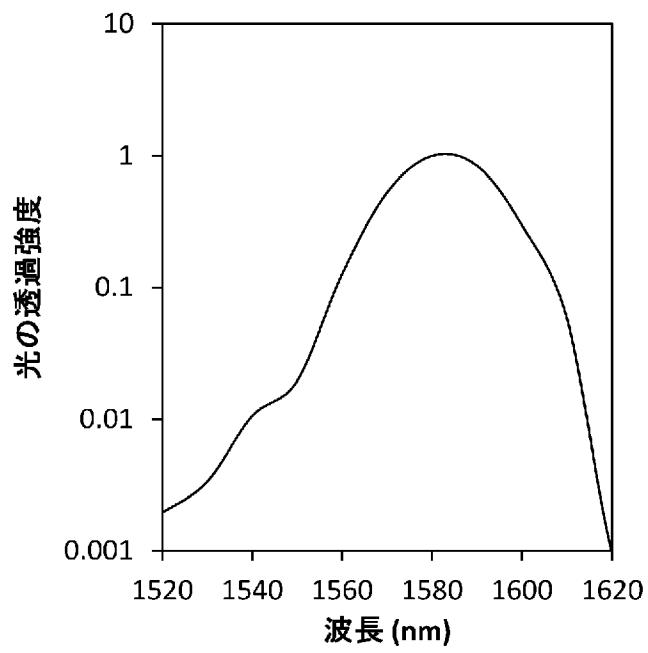
[0065] 101…基板、102…光回路、103…入力光導波路、104…出力光導波路、105…グレーティングカップラ、106…スポットサイズ変換部、107…フォトダイオード、108…第1光導波路部、109…第2光導波路部、110…スポットサイズ変換部、111…第1光導波路部、112…第2光導波路部、121…入力用光ファイバ。

請求の範囲

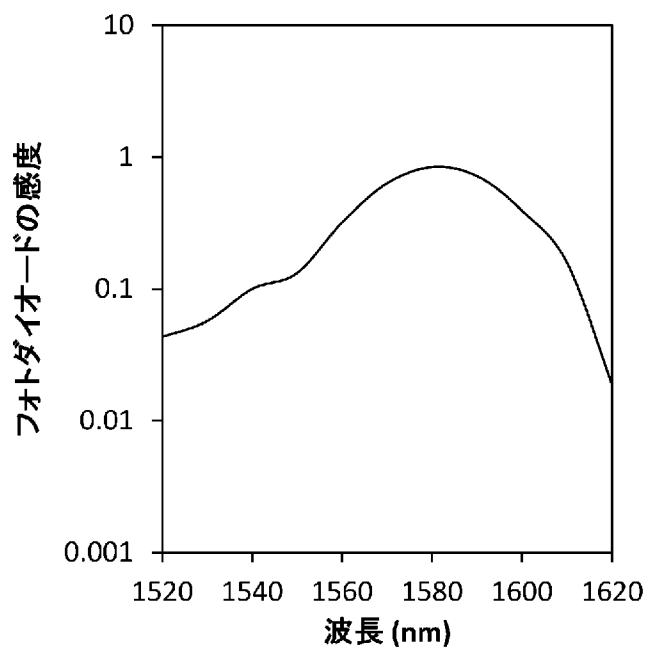
- [請求項1] 基板の上に形成された半導体からなるコアによる光導波路から構成された光回路と、
- 前記半導体からなるコアによる光導波路から構成されて前記光回路に光学的接続する入力光導波路と、
- 前記半導体からなるコアによる光導波路から構成されて前記光回路に光学的接続する出力光導波路と、
- 前記入力光導波路にスポットサイズ変換部を介して形成されたグレーティングカップラと、
- 前記出力光導波路に光学的に接続されたフォトダイオードと
- を備えることを特徴とする光検査回路。
- [請求項2] 請求項1記載の光検査回路において、
- 前記スポットサイズ変換部は、
- 前記入力光導波路に連続して配置されて前記入力光導波路のコアと同じ断面寸法の第1光導波路部と、
- 前記第1光導波路部に連続して配置されてコアの断面寸法が前記第1光導波路部から離れるほど大きくなる第2光導波路部と
- から構成され、
- 前記第1光導波路部は、前記基板より前記光回路をチップに切り出すための断裁領域をまたいで形成されている
- ことを特徴とする光検査回路。
- [請求項3] 請求項2記載の光検査回路において、
- 前記断裁領域の幅は、 $10\mu\text{m}$ 以上とされていることを特徴とする光検査回路。
- [請求項4] 請求項1～3のいずれか1項に記載の光検査回路において、
- 前記半導体は、シリコンであり、
- 前記フォトダイオードは、ゲルマニウムフォトダイオードであることを特徴とする光検査回路。

波長 (nm)	フォトダイオードの感度
1520	1.0
1540	0.95
1560	0.9
1580	0.85
1600	0.75
1620	0.6

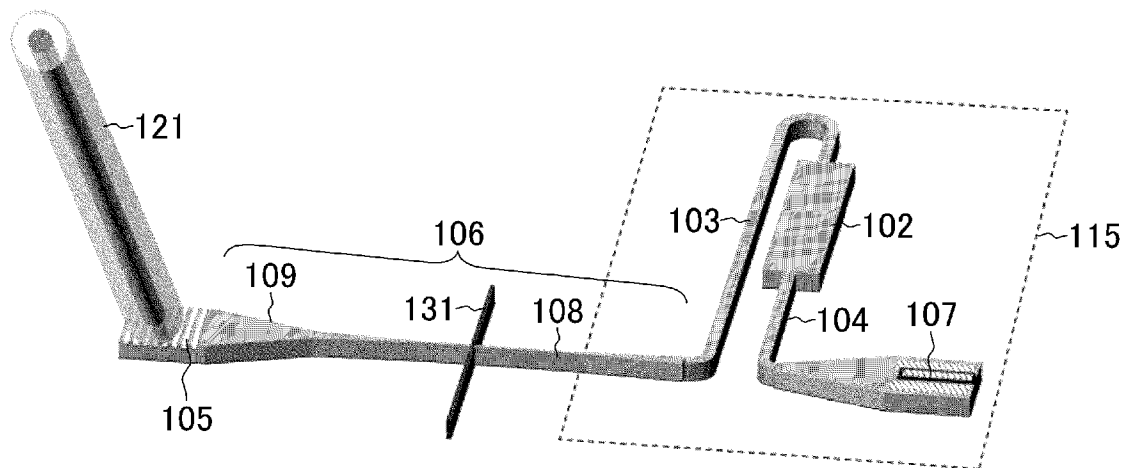
[図3]



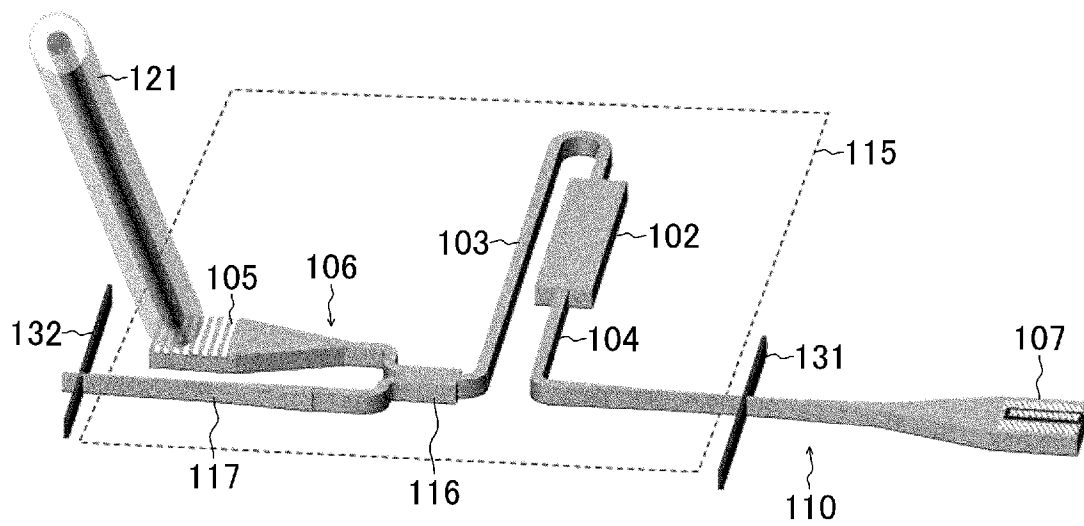
[図4]



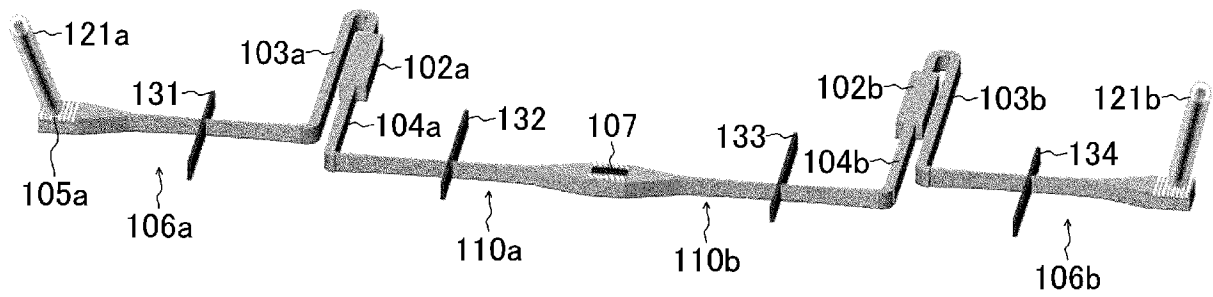
[図5]



[図6]



[図7]



[図8]

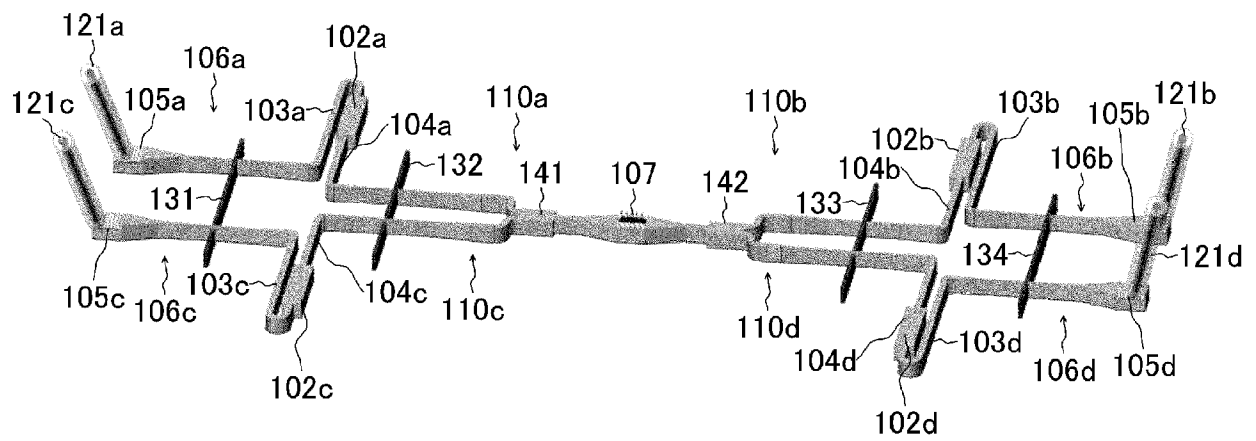


Figure 1 is a line graph showing the transmission intensity of light (光の透過強度) versus wavelength (波長 (nm)). The y-axis is logarithmic, ranging from 0.001 to 10. The x-axis ranges from 1520 to 1620 nm. The curve shows a broad peak around 1580 nm, reaching a maximum intensity of 1.0.

A perspective view of a mechanical assembly 200. The assembly includes two vertical support structures, 202 and 203, which are connected by a horizontal member 206. A central bracket or frame 208 supports the horizontal member 206. On the left side, there are two rollers or wheels, 221 and 222, mounted on a vertical shaft. Other components are labeled with reference numerals: 201, 204, 205, 207, 211, 212, 213, 214, and 220.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/019129

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B6/12(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i, G02B6/124(2006.01)i, G02B6/34(2006.01)i, G02B6/42(2006.01)i, H01L31/10(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)

Int.Cl. G02B6/12, G02B6/122, G02B6/124, G02B6/34, G02B6/42, H01L31/10

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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	WO 2016/194349 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 08 December 2016, paragraphs [0106]-[0112], fig. 26 & US 2018/0143376 A1, paragraphs [0158]-[0164], fig. 26 & EP 3306386 A1 & CA 2983691 A1 & CN 107533271 A	1-4
X	WO 2014/034238 A1 (NEC CORPORATION) 06 March 2014, paragraphs [0032]-[0039], fig. 6 & US 2015/0247779 A1, paragraphs [0055]-[0065], fig. 6	1-4

☒ 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 30.05.2019	Date of mailing of the international search report 11.06.2019
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/JP2019/019129

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2014/034655 A1 (NEC CORPORATION) 06 March 2014, paragraphs [0015]-[0020], [0038], fig. 3 & US 2015/0211960 A1, paragraphs [0032]-[0040], [0072]-[0075], fig. 3	1-4
A	JP 2015-533259 A (SKORPIOS TECHNOLOGIES, INC.) 19 November 2015, entire text, all drawings & US 2014/0043050 A1 & WO 2014/025824 A2 & EP 2883093 A2	1-4
A	JP 2016-170025 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 23 September 2016, entire text, all drawings (Family: none)	1-4
A	US 2017/0082799 A1 (CORIANT ADVANCED TECHNOLOGY, LLC) 23 March 2017, entire text, all drawings & WO 2017/053308 A1	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B6/12(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i, G02B6/124(2006.01)i, G02B6/34(2006.01)i, G02B6/42(2006.01)i, H01L31/10(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（IPC））

Int.Cl. G02B6/12, G02B6/122, G02B6/124, G02B6/34, G02B6/42, H01L31/10

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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	WO 2016/194349 A1（日本電信電話株式会社）2016.12.08, 段落[0106]-[0112], 図 26 & US 2018/0143376 A1, [0158]-[0164], Fig. 26 & EP 3306386 A1 & CA 2983691 A1 & CN 107533271 A	1-4
X	WO 2014/034238 A1（日本電気株式会社）2014.03.06, 段落[0032]-[0039], 図 6 & US 2015/0247779 A1, [0055]-[0065], Fig. 6	1-4

☒ 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	「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

30.05.2019

国際調査報告の発送日

11.06.2019

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）

岸 智史

2 L

3603

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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
X	WO 2014/034655 A1 (日本電気株式会社) 2014. 03. 06, 段落[0015]-[0020], [0038], 図 3 & US 2015/0211960 A1, [0032]-[0040], [0072]-[0075], Fig. 3	1-4
A	JP 2015-533259 A (スコーピオズ テクノロジーズ インコーポレ イテッド) 2015. 11. 19, 全文, 全図 & US 2014/0043050 A1 & WO 2014/025824 A2 & EP 2883093 A2	1-4
A	JP 2016-170025 A (日本電信電話株式会社) 2016. 09. 23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4
A	US 2017/0082799 A1 (CORIANT ADVANCED TECHNOLOGY, LLC) 2017. 03. 23, 全文, 全図 & WO 2017/053308 A1	1-4