

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2009年1月15日 (15.01.2009)

PCT

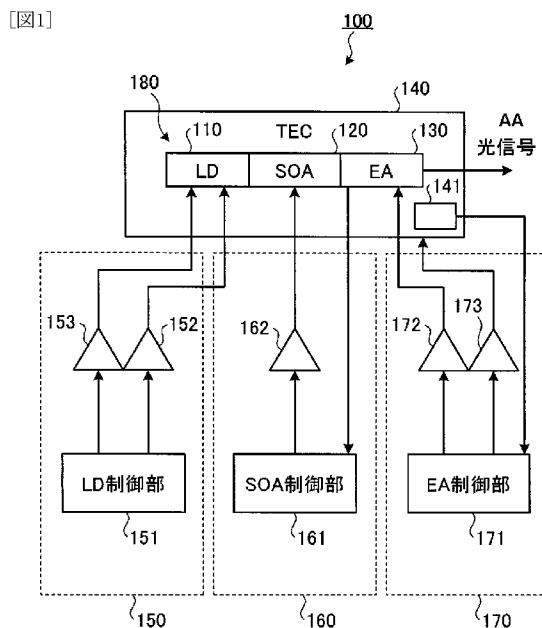
(10) 国際公開番号
WO 2009/008073 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/015 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/063840
- (22) 国際出願日: 2007年7月11日 (11.07.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 井出 聡 (IDE, Satoshi) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 中本 健一 (NAKAMOTO, Kenichi) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 酒井 昭徳 (SAKAI, Akinori); 〒1006020 東京都千代田区霞が関3丁目2番5号 霞が関ビルディング20階 酒井総合特許事務所 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, 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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL SIGNAL GENERATOR AND OPTICAL SIGNAL GENERATING METHOD

(54) 発明の名称: 光信号生成器および光信号生成方法



AA OPTICAL SIGNAL
151 LD CONTROL UNIT
161 SOA CONTROL UNIT
171 EA CONTROL UNIT

(57) Abstract: An optical signal generator (100) comprises an LD (110), an SOA (120), an EA type modulator (130), and a power control unit (160). The LD (110) generates light having a variable wavelength. The SOA (120) amplifies the light generated by the LD (110). The EA type modulator (130) modulates the light amplified by the SOA (120). The power control unit (160) controls the gain of the SOA (120) so that the photo current of the light generated in the EA type modulator (130) is set to be constant.

(57) 要約: 光信号生成器 (100) は、LD (110) と、SOA (120) と、EA型変調器 (130) と、パワー制御部 (160) と、を備えている。LD (110) は、可変波長の光を生成する。SOA (120) は、LD (110) によって生成された光を増幅する。EA型変調器 (130) は、SOA (120) によって増幅された光を変調する。パワー制御部 (160) は、EA型変調器 (130) で発生する光のフォトリントが一定となるようにSOA (120) の利得を制御する。



IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

光信号生成器および光信号生成方法

技術分野

[0001] この発明は、可変波長光源および電界吸収(EA:Electro-Absorption)型変調器が基板上に集積化された光信号生成器および光信号生成方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、インターネットに代表されるネットワークにおけるデータトラフィックの爆発的な増大に対応するために、高密度波長分割多重(DWDM:Dense Wavelength Division Multiplexing)伝送による広帯域フォトニックネットワークの構築が進んでいる。

[0003] DWDM伝送においては、伝送路の設計に応じて、高密度で複数の波長を伝送するため、精度よく設定された波長の光信号を生成する光信号生成器が必要となる。このため、DWDM伝送においては、光信号生成器の在庫および品種を削減し、あるいは光信号の波長割り当てを動的に変更するために、可変波長の光を生成可能な可変波長光源がキーデバイスとなっている。

[0004] 一方、XFP(10Gigabit Small Form Factor Pluggable)などに代表される、プラグインで簡単に着脱可能なプラグブルモジュールが急速に普及する中、プラグブルモジュールに搭載する小型の送信光サブアセンブリ(TOSA:Transmitter Optical Sub-Assembly)に適用するため、変調器集積型の可変波長光源の開発が急務となっている。

[0005] 従来の可変波長光源においては、たとえばDBR-LD(Distributed Bragg Reflector-Laser Diode)において、DBR領域と位相制御領域に電流を入力することで波長の制御を行う技術が用いられている。また、波長モニタを設け、生成した光の波長が所望の波長となるように波長制御電流を調節する技術が用いられている。

[0006] また、従来の可変波長光源においては、LD後端面へ出力される光のパワーをLD後端面に設けた光パワーモニタによってモニタし、モニタ結果が一定となるようにLDの駆動電流を調節することで光信号の自動パワー制御(APC:Automatic Power

Control)を行う技術が用いられている。

[0007] また、光パワーモニタをLD後端面に設ける構成では、LDの高出力化を図るための高反射コートをLD後端面に施すことができない問題や、装置が大型化するという問題があるため、光パワーモニタを特別に設けることなく光信号の自動パワー制御を行う技術が知られている(たとえば、下記特許文献1参照。)

[0008] 図9は、従来の光信号生成器の構成を示すブロック図である。図9に示すように、従来の光信号生成器900は、可変波長の光を生成するLD910と、光を変調するEA型変調器920と、LD910およびEA型変調器920を制御する制御回路930と、LD910に駆動電流を入力するLD駆動部940と、LD910に波長制御電流を入力するLD駆動部950と、EA型変調器920にバイアス電圧を入力するEA駆動部960と、を備えている。

[0009] 制御回路930は、LD910から出力された光をEA型変調器920によって変調する際にEA型変調器920において発生するフォトカレントをモニタし、モニタ結果をLD駆動部940へフィードバックして駆動電流を調節する。LD910から出力される光のパワーに応じてフォトカレントが変化するため、光パワーモニタを特別に設けることなく光信号が自動パワー制御される。

[0010] 特許文献1:特開平4-162481号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0011] しかしながら、図9に示した従来の自動パワー制御では、LD910から出力される光のパワーに基づいてLD910へ入力する駆動電流を調節するため、経時劣化などでLD910から出力される光のパワーが変化するとLD910へ入力される駆動電流も変化する。LD910へ入力される駆動電流が変化するとLD910が生成する光の波長が変動し、光信号の波長変動が発生するという問題がある。

[0012] たとえば、100GHz間隔で波長多重を行うDWDM伝送においては、伝送特性を維持するために許容される光信号の波長変動は高々数10pmであり、自動パワー制御に起因する光信号の波長変動が光信号の伝送特性を著しく劣化させるという問題がある。また、LD910に波長ロックを設け、LD910が生成する光の波長を独立して

ロックすることも考えられるが、TOSAなどの小型モジュールの筐体内に波長ロックを設けることは困難であるという問題がある。

[0013] 図10は、EA型変調器におけるバイアス電圧と消光比との関係を示すグラフである。図11は、EA型変調器におけるバイアス電圧と α パラメータとを示すグラフである。図10および図11に示すように、EA型変調器920によって変調された光信号の消光比(dB)および α パラメータは、EA型変調器920へ入力されるバイアス電圧(V)に対する依存性を有する。

[0014] 消光比とは、光信号の強度における最小値と最大値との比で表される光信号生成器の特性である。 α パラメータとは、屈折率および光の吸収量が変化したときのそれぞれの変化量の比で表される光信号生成器の特性である。特に長距離(たとえば80 km)の伝送においては、これらの伝送特性を向上させるために α パラメータを最適(例えば-0.7)に制御する必要がある。この光信号の消光比および α パラメータのバイアス電圧に対する特性は、EA型変調器920の温度によって変化する。

[0015] したがって、EA型変調器920によって変調された光信号の伝送特性は、EA型変調器920の温度およびバイアス電圧によって制御される。しかしながら、LD910とEA型変調器920とを同一基板上に集積化する場合は、LD910とEA型変調器920とを熱的に分離することは不可能であり、EA型変調器920の温度制御によってLD910の温度も変動してしまう。

[0016] このため、EA型変調器920の温度制御に起因して光信号の波長変動が発生するという問題がある。EA型変調器920の温度制御に起因する光信号の波長変動を、LD910へ入力する波長制御電流によって補正することも考えられるが、波長制御電流による波長の制御が複雑化するという問題がある。

[0017] また、LD910にDBR-LDを用いる場合は、モードホップ(波長とび)防止のため、DBR領域だけでなく位相制御領域への制御電流の調節も必要となるため、波長の制御がさらに複雑化するという問題がある。さらに、上述したLD910へ入力する駆動電流を調節して光信号の自動パワー制御を行う技術において、LD910の駆動電流に対する波長変動特性はLD910の温度によっても変動する。

[0018] このように、LD910へ入力する駆動電流を調節して光信号の自動パワー制御を行

う技術においては、LD910のパワー制御およびEA型変調器920の温度制御がLD910の波長制御に影響を与えるため、光信号の波長、パワーおよび伝送特性を同時に向上させることが困難であるという問題がある。また、波長モニタや波長ロッカを設ける技術においては、光信号生成器900が大型化し、TOSAなどの小型モジュールに適用することができないという問題がある。

[0019] この発明は、上述した問題点を解消するものであり、光信号生成器の小型化を図りつつ光信号の特性を向上させることができる光信号生成器および光信号生成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

[0020] この発明にかかる光信号生成器は、波長可変光源と、前記波長可変光源によって生成された光を増幅する半導体光増幅器と、前記半導体光増幅器によって増幅された光を変調する電界吸収型変調器と、前記電界吸収型変調器で発生する前記光のフォトカレントが一定となるように前記半導体光増幅器の利得を制御するパワー制御手段と、を備えることを特徴とする。

[0021] 上記構成によれば、波長可変光源の後段に設けられた半導体光増幅器およびパワー制御手段によって光の自動パワー制御を行うため、波長可変光源の入力電流に影響を与えることなく光信号の自動パワー制御を行うことができる。このため、光信号の波長を安定させつつ光信号の自動パワー制御を行うことができる。また、波長モニタや波長ロッカを設けることなく光信号の波長を安定させることができるため、光信号生成器の小型化を図ることができる。

[0022] また、この発明にかかる光信号生成器は、前記波長可変光源への入力電流を調節することで前記波長可変光源が生成する光の波長を制御する波長制御手段をさらに備えることを特徴とする。また、この発明にかかる光信号生成器は、前記電界吸収型変調器の温度およびバイアス電圧を調節することで前記電界吸収型変調器を制御する変調制御手段をさらに備えることを特徴とする。

[0023] 上記構成によれば、波長可変光源が生成する光の波長の制御を波長制御手段によって電氣的に行うため、波長可変光源の波長特性が波長可変光源の温度の影響を受けない。したがって、波長可変光源の波長特性に影響を与えることなく電界吸収

型変調器の温度制御を行うことができる。このため、光信号の波長を安定させつつ光信号の伝送特性を制御することができる。

発明の効果

[0024] この発明によれば、光信号生成器の小型化を図りつつ光信号の特性を向上させることができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]図1は、実施の形態1にかかる光信号生成器の構成を示すブロック図である。

[図2]図2は、実施の形態1にかかる光信号生成器の設定値テーブルの例を示す図である。

[図3]図3は、実施の形態1にかかる光信号生成器の設定値テーブルの他の例を示す図である。

[図4]図4は、実施の形態1にかかる光信号生成器の動作の一例を示すフローチャートである。

[図5]図5は、実施の形態2にかかる光信号生成器の構成を示すブロック図である。

[図6]図6は、実施の形態2にかかる光信号生成器の構成の変形例を示すブロック図である。

[図7]図7は、実施の形態2にかかる光信号生成器の動作の一例を示すフローチャートである。

[図8]図8は、各実施の形態にかかる光信号生成器に好適な波長可変光源の一例を示す図である。

[図9]図9は、従来の光信号生成器の構成を示すブロック図である。

[図10]図10は、EA型変調器におけるバイアス電圧と消光比との関係を示すグラフである。

[図11]図11は、EA型変調器におけるバイアス電圧と α パラメータとを示すグラフである。

符号の説明

[0026] 100 光信号生成器

110 LD

120 SOA
130 EA型変調器
140 熱電クーラ
141 温度モニタ
150 波長制御部
152, 153 LD駆動部
160 パワー制御部
162 SOA駆動部
170 変調制御部
172 EA駆動部
173 TEC駆動部
180 集積光源
800 TDA-DFB LD
810 半導体基板
820 活性層
830 チューニング層
840 回折格子層
850, 860, 870 電極

発明を実施するための最良の形態

[0027] 以下に添付図面を参照して、この発明にかかる光信号生成器および光信号生成方法の好適な実施の形態を詳細に説明する。

[0028] (実施の形態1)

図1は、実施の形態1にかかる光信号生成器の構成を示すブロック図である。図1に示すように、実施の形態1にかかる光信号生成器100は、LD110と、SOA120と、EA型変調器130(EA)と、熱電クーラ140(TEC)と、波長制御部150と、パワー制御部160と、変調制御部170と、を備えている。

[0029] LD110は、可変波長の光を生成する波長可変光源である。LD110は、生成した光をSOA120へ出力する。LD110は、LD駆動部152から入力された駆動電流によ

って駆動される。また、LD110は、波長制御電流により波長チューニングが可能な光源であり、LD駆動部153から入力された波長制御電流に応じた波長の光を生成する。なお、本実施の形態では1値制御による波長制御の例を示すが、複数值制御による波長制御でも、波長制御の方法によらず、本発明の効果を有することは言うまでもない。

[0030] SOA120(SOA:Semiconductor Optical Amplifier)は、LD110から出力された光を増幅する半導体光増幅器である。SOA120は、増幅した光をEA型変調器130へ出力する。また、SOA120は、SOA駆動部162から入力されたAPC電流に応じた量の光増幅を行う。

[0031] EA型変調器130は、SOA120から出力された光を変調する電界吸収型変調器である。EA型変調器130によって変調された光は、光信号生成器100の外部へ光信号として出力される。また、EA型変調器130は、EA駆動部172から入力されたバイアス電圧と、EA型変調器130の温度によって光信号の伝送特性を制御する。LD110、SOA120およびEA型変調器130は、同一の半導体基板(たとえばインジウム・リン)上に集積化して構成され、以下、これらを集積光源180とする。

[0032] 熱電クーラ140(TEC:ThermoElectric Cooler)は、集積光源180の温度を調節する。たとえば、熱電クーラ140は光信号生成器100に設けられたペルチェ素子であり、集積光源180は熱電クーラ140上に設けられている。この場合は、熱電クーラ140の温度を調節することで、熱電クーラ140上に設けられた集積光源180の温度を調節する。これにより、EA型変調器130の温度が調節される。

[0033] 熱電クーラ140は、TEC駆動部173から出力されたTEC電流に応じて集積光源180の温度を調節する。また、熱電クーラ140は、集積光源180の温度をモニタする温度モニタ141を有している。温度モニタ141は、モニタした温度の情報をEA制御部171へ出力する。たとえば、温度モニタ141は、熱電クーラ140の温度に基づいて集積光源180の温度をモニタする。

[0034] 波長制御部150は、LD110へ入力する波長制御電流を調節することでLD110が生成する光の波長を制御する波長制御手段である。具体的には、波長制御部150は、LD制御部151と、LD駆動部152と、LD駆動部153と、から構成されている。L

D制御部151は、LD110を駆動するための駆動信号をLD駆動部152へ出力する。

[0035] また、LD制御部151は、LD110へ入力する波長制御電流の設定値情報をLD駆動部153へ出力する。LD駆動部152は、LD制御部151から駆動信号が出力されると、LD110において固定の駆動電流をLD110へ出力する。LD駆動部153は、LD制御部151から出力された波長制御電流の設定値情報に基づく波長制御電流をLD110へ出力する。

[0036] パワー制御部160は、EA型変調器130で発生するフォトカレントが一定となるようにSOA120による光の増幅を制御するパワー制御手段である。パワー制御部160は、SOA120へ入力するAPC電流を調節することでSOA120の利得を制御する。具体的には、パワー制御部160は、SOA制御部161と、SOA駆動部162と、から構成されている。

[0037] SOA制御部161は、SOA120における光増幅を制御するためのAPC電流の設定値情報をSOA駆動部162へ出力する。また、SOA制御部161は、EA型変調器130から出力されるフォトカレントが一定になるようにSOA駆動部162へ出力するAPC電流の設定値情報を変化させる。SOA駆動部162は、SOA制御部161から出力されたAPC電流の設定値情報に基づくAPC電流をSOA120へ出力する。

[0038] 変調制御部170は、EA型変調器130の温度およびバイアス電圧を調節してEA型変調器130が光に与える伝送特性を制御する変調制御手段である。具体的には、変調制御部170は、EA制御部171と、EA駆動部172と、TEC駆動部173と、から構成されている。

[0039] EA制御部171は、EA型変調器130のバイアス電圧を制御するためのバイアス電圧の設定値情報をEA駆動部172へ出力する。EA駆動部172は、EA制御部171から出力されたバイアス電圧の設定値情報に基づくバイアス電圧をEA型変調器130へ出力する。また、EA制御部171は、EA型変調器130の温度を制御するための温度の設定値情報をTEC駆動部173へ出力する。

[0040] また、EA制御部171は、温度モニタ141から出力された集積光源180の温度の情報に基づいて、EA型変調器130、すなわち集積光源180の温度が一定となるように、TEC駆動部173へ出力する温度の設定値情報を調節する。TEC駆動部173は、

EA制御部171から出力された温度の設定値情報に基づくTEC電流を熱電クーラ140へ出力する。

[0041] なお、波長制御部150、パワー制御部160および変調制御部170のそれぞれは、図示しない制御部によって個別に制御される。この制御部は、たとえば要求される光信号の波長の情報を外部から取得し、取得した波長の情報に基づいて波長制御部150、パワー制御部160および変調制御部170を制御する。

[0042] この制御部、波長制御部150、パワー制御部160および変調制御部170は、たとえばCPU(Central Processing Unit)によって構成される。また、光信号生成器100は、波長毎に対応した波長制御電流、EA型変調器130の温度およびバイアス電圧の設定値を記憶した記憶部(不図示)をさらに備えていてもよい。つぎに、光信号生成器100の記憶部が記憶している設定値について説明する。

[0043] 図2は、実施の形態1にかかる光信号生成器の設定値テーブルの例を示す図である。実施の形態1にかかる光信号生成器100の記憶部は、図2に示すような設定値テーブルを記憶している。なお、本実施の形態では設定値テーブル格納する例を示したが、設定すべき項目に対して所定の関数を格納し、該関数に応じて設定値を計算し、出力する構成としてもよい。

[0044] 図2において、符号210は、光信号生成器100が出力する光信号の選択可能な波長($\lambda_1 \sim \lambda_n$)を示している。符号220は、波長210毎に対応した最適なEA型変調器130の温度の設定値(TLD__1~TLD__n)を示している。符号230は、波長210毎に対応した最適なEA型変調器130のバイアス電圧の設定値(Vbias__1~Vbias__n)を示している。符号240は、対応する波長210の光をLD110が生成するための波長制御電流の設定値(Itune__1~Itune__n)を示している。

[0045] 変調制御部170は、EA型変調器130の温度の設定値220のうち、要求される波長に対応する設定値を用いてEA型変調器130の温度を調節する。また、変調制御部170は、EA型変調器130のバイアス電圧の設定値230のうち、要求される波長に対応する設定値を用いてEA型変調器130のバイアス電圧を調節する。波長制御部150は、Tune電流の設定値240のうち、要求される波長に対応する設定値を用いて波長制御電流を調節する。

- [0046] たとえば要求される光信号の波長が波長 λ_1 である場合は、変調制御部170のEA制御部171は、温度の設定値情報としてTLD__1をTEC駆動部173へ出力し、バイアス電圧の設定値情報としてVbias__1をEA駆動部172へ出力する。また、この場合は、波長制御部150のLD制御部151は、波長制御電流の設定値情報としてItune__1をLD駆動部152へ出力する。
- [0047] ここで、波長制御部150および変調制御部170が波長毎に対応した設定値を用いて光信号の波長および伝送特性の制御を行う構成について説明したが、EA型変調器130から出力されるフォトカレントは波長依存性を有するため、パワー制御部160も、波長毎に対応したフォトカレント基準設定値を用いて光信号のパワーの制御を行う構成としてもよい。この場合は、上述した図示しない記憶部には、波長毎に対応したAPCのフォトカレント基準設定値を記憶させる。
- [0048] 図3は、実施の形態1にかかる光信号生成器の設定値テーブルの他の例を示す図である。図3において、図2に示した部分と同様の部分については同一の符号を付して説明を省略する。図3において、符号310は、波長210毎に対応したAPCのフォトカレント基準設定値(Iref__1~Iref__n)を示している。
- [0049] パワー制御部160は、APCのフォトカレント基準設定値310のうち、要求される波長に対応する設定値を用いてAPC電流を調節する。たとえば光信号生成器100が波長 λ_1 の光信号を出力する場合は、パワー制御部160のSOA制御部161は、APCのフォトカレント基準設定値情報としてIref__1をSOA駆動部162へ出力する。
- [0050] 図4は、実施の形態1にかかる光信号生成器の動作の一例を示すフローチャートである。ここでは、光信号生成器100の駆動処理について説明する。図4に示すように、まず、光信号生成器100が送信する光信号の波長(図2符号210参照)を選択する(ステップS401)。つぎに、波長制御部150、パワー制御部160および変調制御部170の初期設定を行う(ステップS402)。
- [0051] 具体的には、ステップS401によって選択した波長に対応するEA型変調器130の温度およびバイアス電圧の設定値(図2符号220, 230参照)を設定する。また、LD110へ入力する駆動電流および波長制御電流と、SOA120へ入力するAPC電流とをOFFに設定する。

- [0052] つぎに、EA型変調器130を駆動する(ステップS403)。具体的には、EA型変調器130の温度およびバイアス電圧の制御を開始する。つぎに、EA型変調器130の温度がステップS401によって選択された波長に対応した温度の設定値にロックされるまで待つ(ステップS404:Noのループ)。
- [0053] ステップS404において、EA型変調器130の温度がロックされると(ステップS404:Yes)、LD110を駆動する(ステップS405)。具体的には、LD110へ駆動電流を入力するとともに、LD110へ入力する波長制御電流の制御を開始する。つぎに、LD110の電流が安定するまで待つ(ステップS406:Noのループ)。
- [0054] 具体的には、LD110へ入力する波長制御電流がステップS401によって選択された波長に対応した波長制御電流の設定値にロックされるまで待つ。このとき、LD110の制御にともなうLD110の温度上昇に応じて熱電クーラ140の温度制御を行い、EA型変調器130の温度をステップS404によってロックされた温度に保つ制御を行ってもよい。
- [0055] ステップS406において、LD110が安定した後(ステップS406:Yes)、SOA120を駆動する(ステップS407)。具体的には、SOA120へ入力するAPC電流の制御を開始する。具体的には、SOA120へ入力するAPC電流がステップS401によって選択された波長に対応したAPC電流の設定値にロックされるまで待つ。
- [0056] ここで、上記記憶手段にSOA120へ入力されるAPC電流の波長毎の初期設定値を記憶しておき、SOAに初期入力する電流が、ステップS401によって選択した波長に対応する初期設定値になるようにしてもよい。つぎに、SOA120から出力されるフォトリントが安定するまで待つ(ステップS408:Noのループ)。このとき、SOA120の制御にともなうSOA120の温度上昇に応じて熱電クーラ140の温度制御を行い、EA型変調器130の温度をステップS404によってロックされた温度に保つ制御を行ってもよい。
- [0057] ステップS408において、EA型変調器130から出力されるフォトリントが安定すると(ステップS408:Yes)、ステップS403, S404と同様のEA型変調器130の温度の制御と、ステップS407, S408と同様のSOA120へ入力するAPC電流の制御と、を常時行う常時監視を開始して(ステップS409)、一連の光信号生成器100の駆動処

理を終了する。

[0058] このように、実施の形態1にかかる光信号生成器100によれば、LD110の後段に設けられたSOA120およびパワー制御部160によって光の自動パワー制御を行うため、LD110へ入力される駆動電流および波長制御電流に影響を与えることなく光信号の自動パワー制御を行うことができる。このため、光信号生成器100が出力する光信号の波長を安定させつつ光信号の自動パワー制御を行うことができる。

[0059] また、LD110が生成する光の波長の制御を波長制御部150によって電氣的に行うため、LD110の波長特性がLD110の温度の影響を受けない。したがって、LD110の波長特性に影響を与えることなくEA型変調器130の温度制御を行うことができる。このため、光信号生成器100が出力する光信号の波長を安定させつつ光信号の伝送特性を制御することができる。

[0060] (実施の形態2)

図5は、実施の形態2にかかる光信号生成器の構成を示すブロック図である。図5において、図1に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。実施の形態2にかかる光信号生成器100の波長制御部150は、SOA120へ入力されるAPC電流の変化量に応じてLD110へ入力する波長制御電流を補正する。具体的には、上記記憶手段にSOA120へ入力されるAPC電流の波長毎の初期設定値を記憶しておき、この初期値からのAPC電流の変化量に応じて波長制御電流を補正する。

[0061] 図5に示すように、SOA制御部161は、上記記憶手段に記憶された初期設定値のうちの要求される波長に対応する設定値からのAPC電流の変化量の情報を波長制御部150へ出力する。波長制御部150のLD制御部151は、SOA制御部161から出力されたAPC電流の変化量の情報に応じて、LD駆動部153へ出力する波長制御電流の設定値情報を補正する。なお、設定値情報の補正量は、駆動電流と波長制御電流も合わせた電力に基づいて算出するとよい。

[0062] 波長制御電流の設定値情報が補正されると、LD駆動部153からLD110へ入力される波長制御電流が補正され、LD110が生成する光の波長が変化する。これにより、SOA120へ入力されるAPC電流の変動に起因する、光信号の波長の微小変動を

補正することができる。このため、光信号の特性をさらに向上させることができる。

[0063] 図6は、実施の形態2にかかる光信号生成器の構成の変形例を示すブロック図である。図6において、図1に示した構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。実施の形態2にかかる光信号生成器100の変調制御部170は、SOA120へ入力されるAPC電流に応じて集積光源180の温度を補正する構成としてもよい。

[0064] 具体的には、図6に示すように、SOA制御部161は、APC電流の変化量の情報を変調制御部170へ出力する。変調制御部170のEA制御部171は、SOA制御部161から出力されたAPC電流の設定値情報に応じてTEC駆動部173へ出力する温度の設定値情報を補正する。

[0065] APC電流の設定値情報が補正されると、TEC駆動部173から熱電クーラ140へ入力されるTEC電流が補正され、集積光源180の温度が変化する。これにより、LD110の波長特性が変化し、APC電流の変動に起因する、光信号の波長の微小変動を補正することができる。このため、光信号の特性をさらに向上させることができる。

[0066] 図7は、実施の形態2にかかる光信号生成器の動作の一例を示すフローチャートである。図7において、ステップS701～S708は、図4に示したステップS401～S408と同様であるため説明を省略する。ステップS708において、フォトカレントが安定すると(ステップS708:Yes)、SOA120へ入力されるAPC電流が初期値から変更されたか否かを判断する(ステップS709)。

[0067] ステップS709において、SOA120へ入力されるAPC電流が変更されたと判断した場合(ステップS709:Yes)、SOA120へ入力されるAPC電流の変化量に応じて光信号の波長を補正する(ステップS710)。具体的には、LD110へ入力する波長制御電流(図5参照)または集積光源180の温度(図6参照)を補正することで、光信号の波長を補正する。

[0068] ステップS709において、SOA120へ入力されるAPC電流が変更されていないと判断した場合(ステップS709:No)、またはステップS710によって光信号の波長を補正した場合は、ステップS703、S704と同様のEA型変調器130の温度の制御と、ステップS707、S708と同様のSOA120へ入力するAPC電流の制御と、ステップS

710と同様の波長の補正と、を常時行う常時監視を開始して(ステップS711)、一連の光信号生成器100の駆動処理を終了する。

[0069] このように、実施の形態2にかかる光信号生成器100によれば、実施の形態1の効果を奏するとともに、SOA120へ入力されるAPC電流に応じた波長の制御を行うことで、APC電流の変動に起因する、光信号の波長の微小変動を補正することができる。このため、光信号の特性をさらに向上させることができる。

[0070] 図8は、各実施の形態にかかる光信号生成器に好適な波長可変光源の一例を示す図である。上述した各実施の形態にかかる光信号生成器100が備えるLD110は、たとえば図8に示すTDA-DFB LD800(Tunable Distributed Amplification-Distributed FeedBack LD)である。

[0071] TDA-DFB LD800は、半導体基板810上に、活性層820、チューニング層830および回折格子層840が設けられて形成されている。活性層820に対して電極850を介して駆動電流を入力すると活性層820で光が生成される。チューニング層830に対して電極860を介して入力する波長制御電流を調節すると、チューニング層830の屈折率が変化し、活性層820で生成された光の波長を制御することができる。

[0072] 電極870は接地接続(GND)されている。このTDA-DFB LD800は1つの波長制御電流の入力のみで波長チューニングが可能な光源であり、TDA-DFB LD800の波長特性は、TDA-DFB LD800の温度に対して一意に波長を制御することが可能である。このため、TDA-DFB LD800の波長特性に影響を与えることなくEA型変調器130の温度制御を行うことができる。

[0073] 以上説明したように、この発明にかかる光信号生成器および光信号生成方法によれば、光信号生成器の小型化を図りつつ光信号の特性を向上させることができる。このため、たとえばこの発明にかかる光信号生成器をTOSAなどの小型モジュールに適用し、DWDM伝送において良好な伝送特性を得ることができる。また、所望の波長に対応した波長制御電流のみで波長可変光源から出力される光の波長を制御できるため、光信号の波長の制御が単純になる。

産業上の利用可能性

[0074] 以上のように、この発明にかかる光信号生成器および光信号生成方法は、可変波

長の光信号を送信する光送信装置に有用であり、特に、DWDM方式の光通信に適用する場合に適している。

請求の範囲

- [1] 波長可変光源と、
前記波長可変光源によって生成された光を増幅する半導体光増幅器と、
前記半導体光増幅器によって増幅された光を変調する電界吸収型変調器と、
前記電界吸収型変調器で発生する前記光のフォトカレントが一定となるように前記半導体光増幅器の利得を制御するパワー制御手段と、
を備えることを特徴とする光信号生成器。
- [2] 前記波長可変光源と、前記半導体光増幅器と、前記電界吸収型変調器と、を同一半導体基板上に集積して構成することを特徴とする請求項1に記載の光信号生成器。
- [3] 前記波長可変光源への電気的入力を調節することで前記波長可変光源が生成する光の波長を制御する波長制御手段をさらに備えることを特徴とする請求項1または2に記載の光信号生成器。
- [4] 前記電界吸収型変調器の温度およびバイアス電圧を調節することで前記電界吸収型変調器を制御する変調制御手段をさらに備えることを特徴とする請求項1または2に記載の光信号生成器。
- [5] 波長毎に対応した前記波長可変光源への電気的入力の設定値を記憶した記憶手段をさらに備え、
前記波長制御手段は、前記記憶手段に記憶された前記波長可変光源への電気的入力の設定値のうちの要求される波長に対応する設定値を用いて前記入力電流を制御することを特徴とする請求項3に記載の光信号生成器。
- [6] 波長毎に対応した前記電界吸収型変調器の温度およびバイアス電圧の設定値を記憶した記憶手段をさらに備え、
前記変調制御手段は、前記記憶手段に記憶された前記電界吸収型変調器の温度およびバイアス電圧の設定値のうちの要求される波長に対応する設定値を用いて前記電界吸収型変調器の温度およびバイアス電圧を制御することを特徴とする請求項4に記載の光信号生成器。
- [7] 波長毎に対応したフォトカレント基準設定値を記憶した記憶手段をさらに備え、

前記パワー制御手段は、前記記憶手段に記憶された前記フォトカレント基準設定値のうちの要求される波長に対応するフォトカレント基準設定値を用いて、前記電界吸収型変調器で発生する前記光のフォトカレントが一定となるように前記半導体光増幅器への入力電流を制御することを特徴とする請求項1または2に記載の光信号生成器。

- [8] 波長毎に対応した前記半導体光増幅器への入力電流の初期設定値を記憶した記憶手段をさらに備え、

前記パワー制御手段は、前記記憶手段に記憶された前記半導体光増幅器への初期入力電流の設定値のうちの要求される波長に対応する設定値を用いて前記半導体光増幅器への初期入力電流を制御することを特徴とする請求項1または2に記載の光信号生成器。

- [9] 波長毎に対応した前記半導体光増幅器への入力電流の初期設定値を記憶した記憶手段をさらに備え、

前記パワー制御手段は、前記半導体光増幅器への入力電流を調節することで前記半導体光増幅器の利得を制御し、

前記波長制御手段は、前記記憶手段に記憶された前記半導体光増幅器への入力電流の初期設定値のうちの要求される波長に対応する設定値からの、前記半導体光増幅器への入力電流の変化量に応じて、前記波長可変光源への電氣的入力の設定値を補正することを特徴とする請求項1または2に記載の光信号生成器。

- [10] 波長毎に対応した前記半導体光増幅器への入力電流の初期設定値を記憶した記憶手段をさらに備え、

前記パワー制御手段は、前記半導体光増幅器への入力電流を調節することで前記半導体光増幅器の利得を制御し、

前記変調制御手段は、前記記憶手段に記憶された前記半導体光増幅器への入力電流の初期設定値のうちの要求される波長に対応する設定値からの、前記半導体光増幅器への入力電流の変化量に応じて、前記波長可変光源の温度を補正することを特徴とする請求項1または2に記載の光信号生成器。

- [11] 波長可変光源によって可変波長の光を生成する生成工程と、

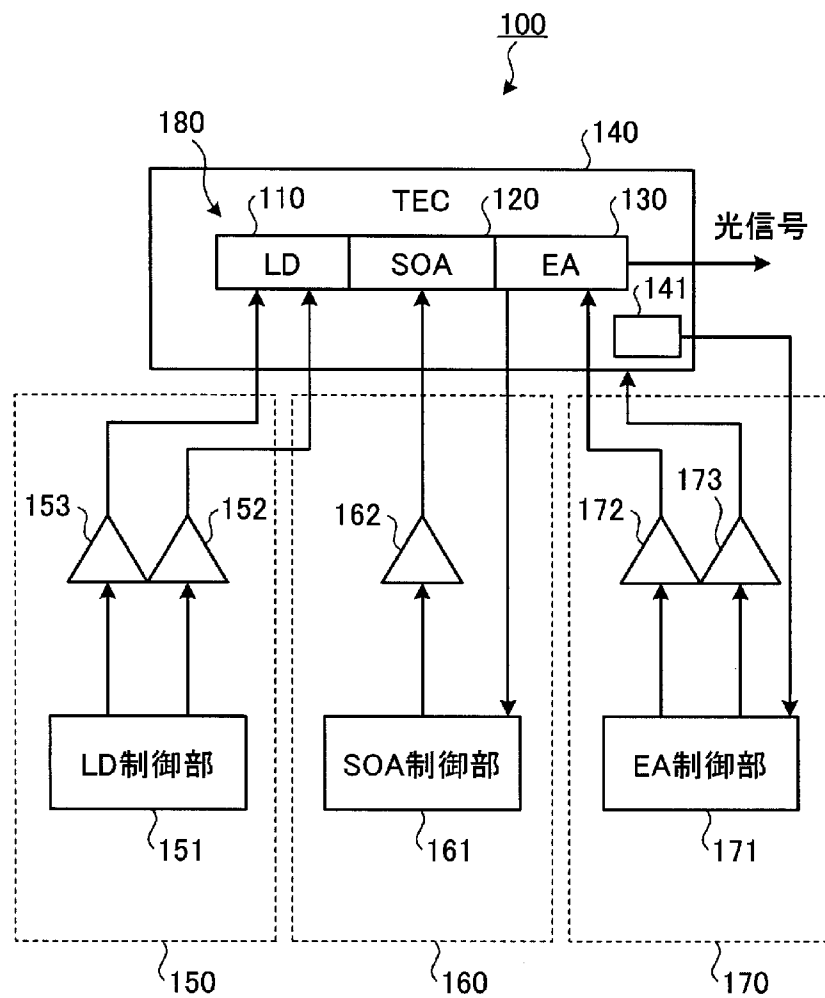
前記生成工程によって生成された光を半導体光増幅器によって増幅する増幅工程と、

前記増幅工程によって増幅された光を電界吸収型変調器によって変調する変調工程と、

前記変調工程で発生する前記光のフォトカレントが一定となるように前記半導体光増幅器の利得を制御するパワー制御工程と、

を含むことを特徴とする光信号生成方法。

[図1]



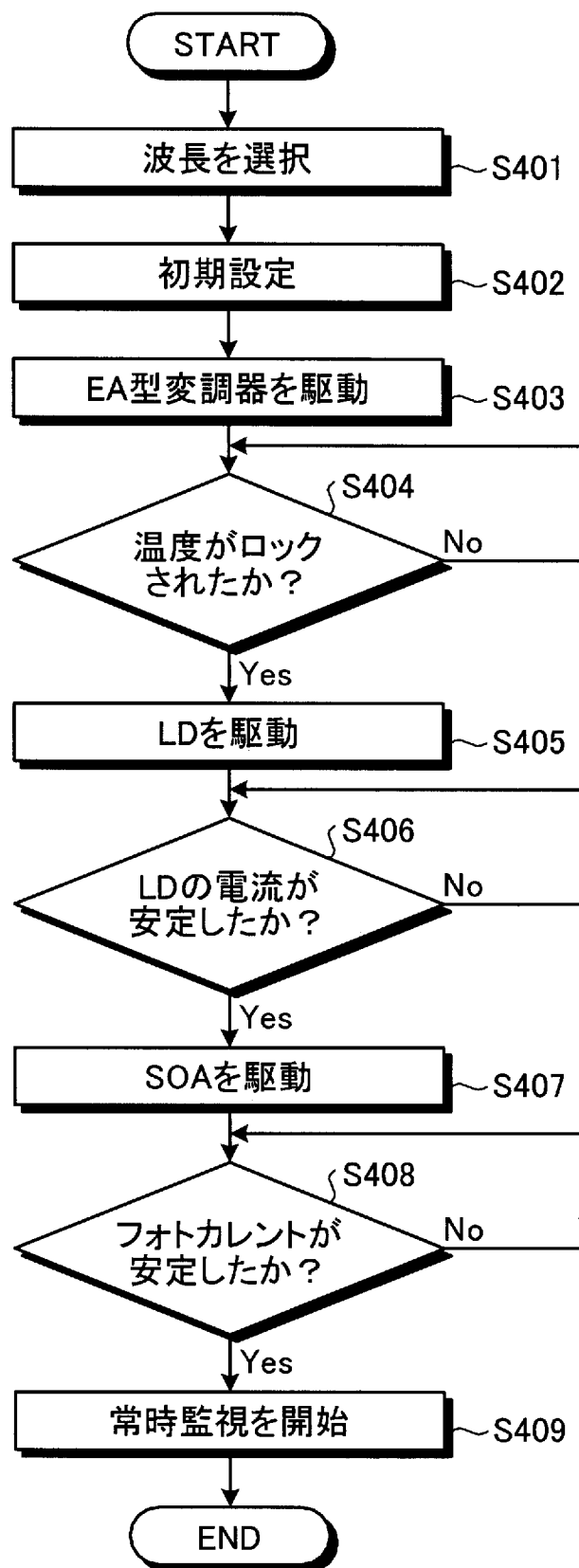
[図2]

210 波長	220 温度の 設定値	230 バイアス電圧の 設定値	240 波長制御電流の 設定値
$\lambda 1$	TLD_1	Vbias_1	Itune_1
$\lambda 2$	TLD_2	Vbias_2	Itune_2
⋮	⋮	⋮	⋮
λn	TLD_n	Vbias_n	Itune_n

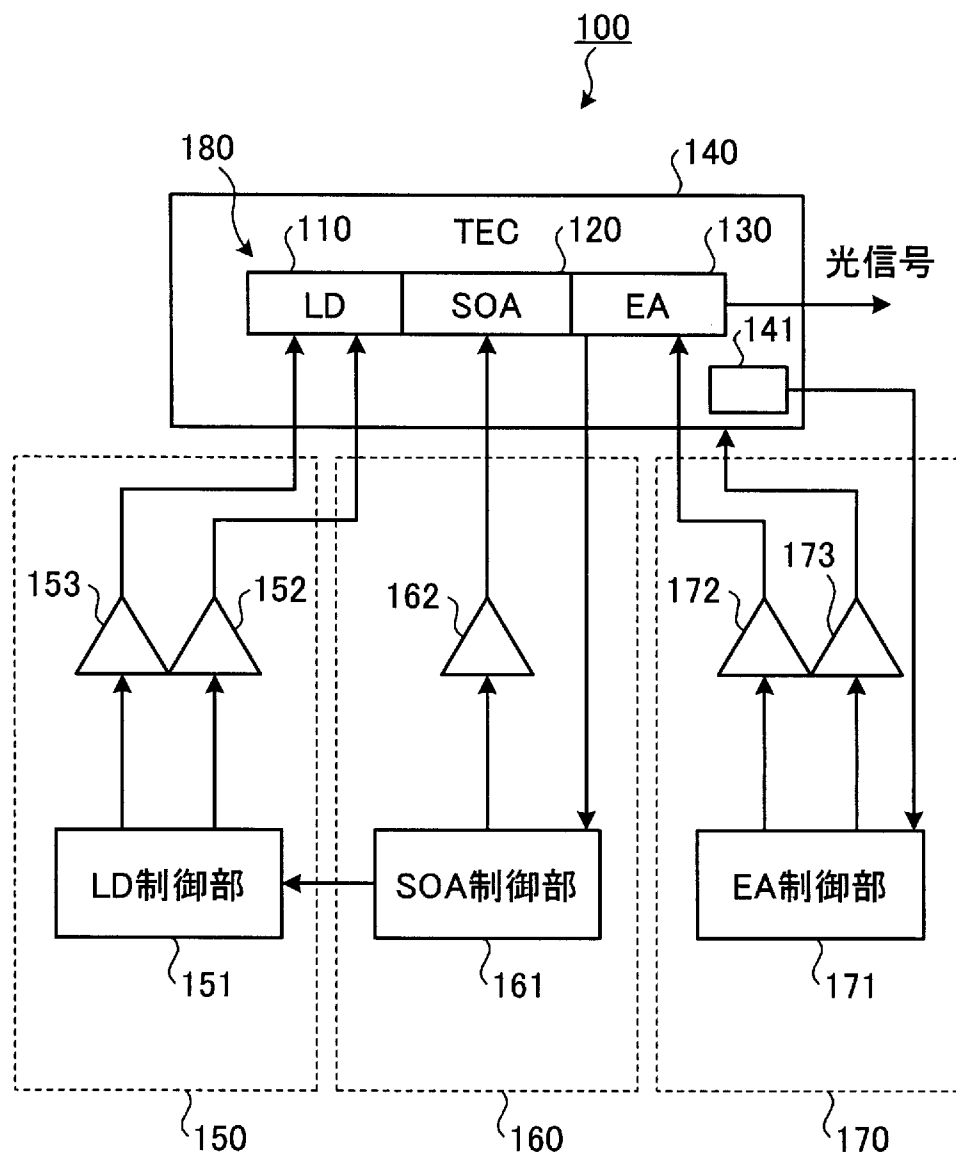
[図3]

波長	温度の 設定値	バイアス電圧の 設定値	波長制御電流の 設定値	フォトカレント 基準設定値
$\lambda 1$	TLD_1	Vbias_1	Itune_1	Iref_1
$\lambda 2$	TLD_2	Vbias_2	Itune_2	Iref_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
λn	TLD_n	Vbias_n	Itune_n	Iref_n

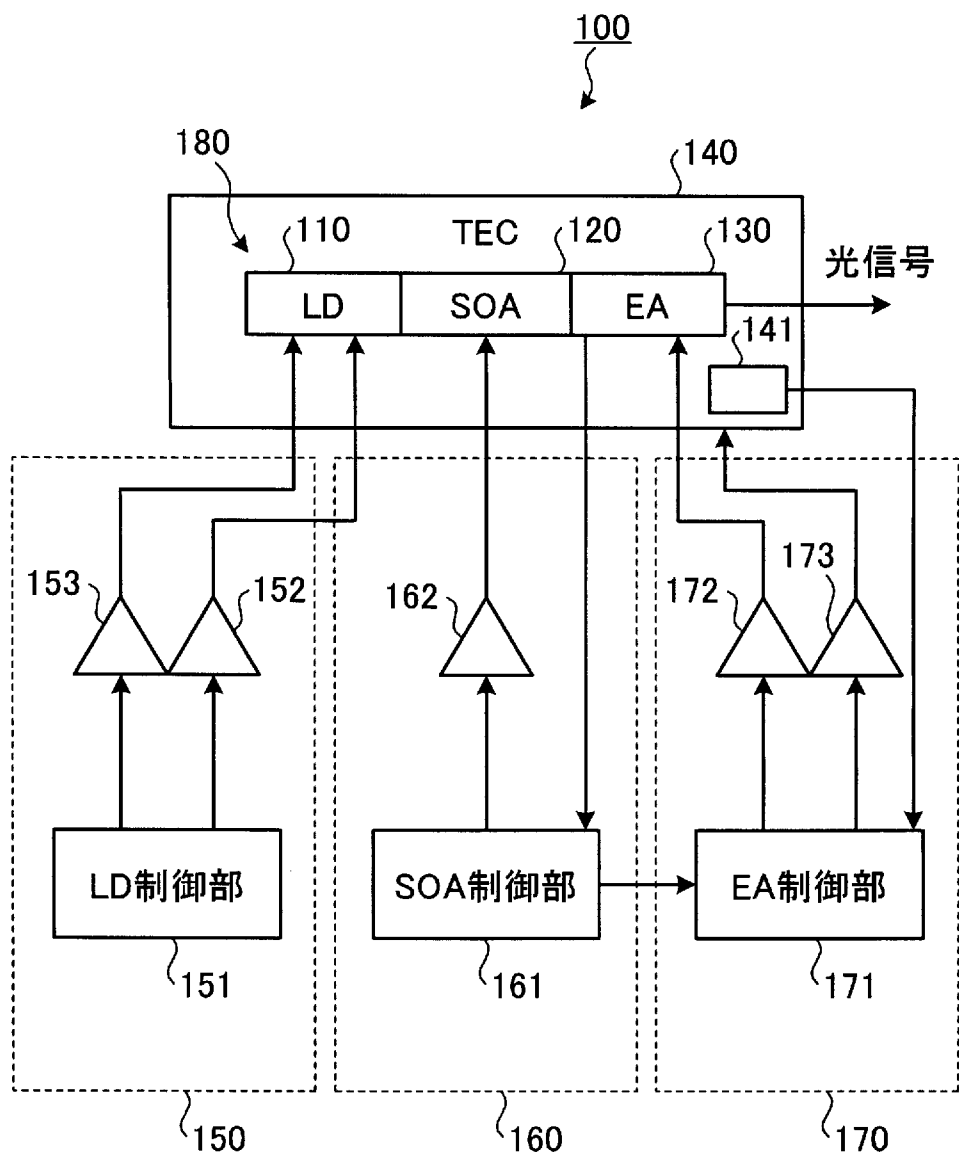
[図4]



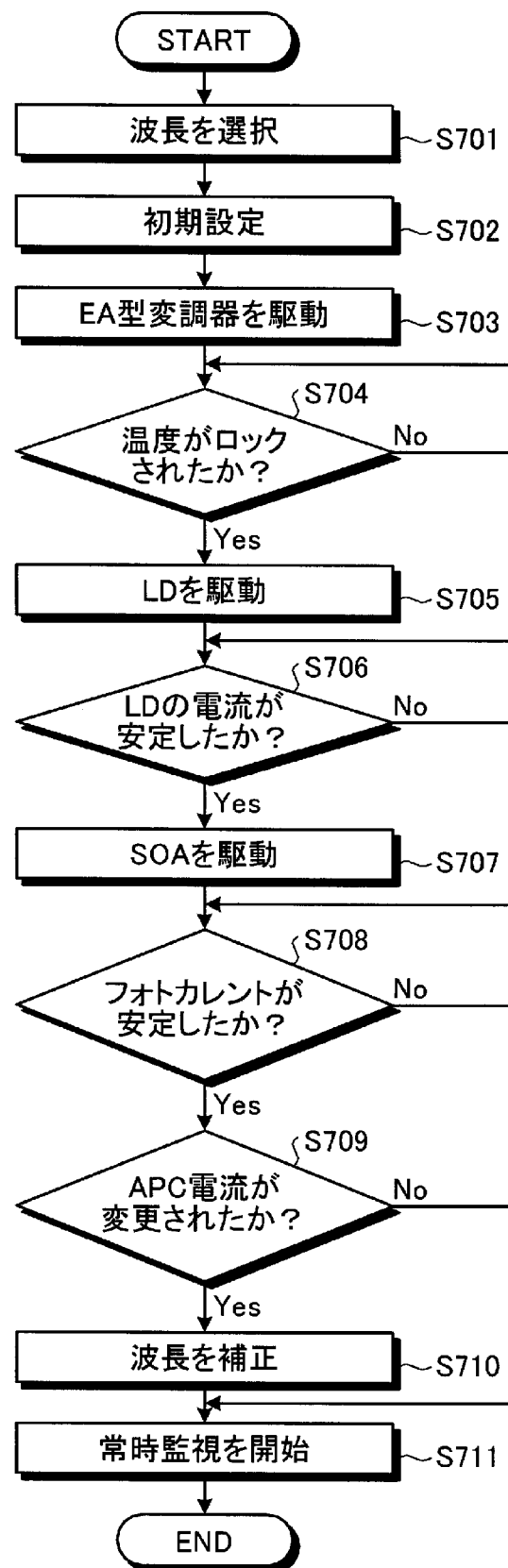
[図5]



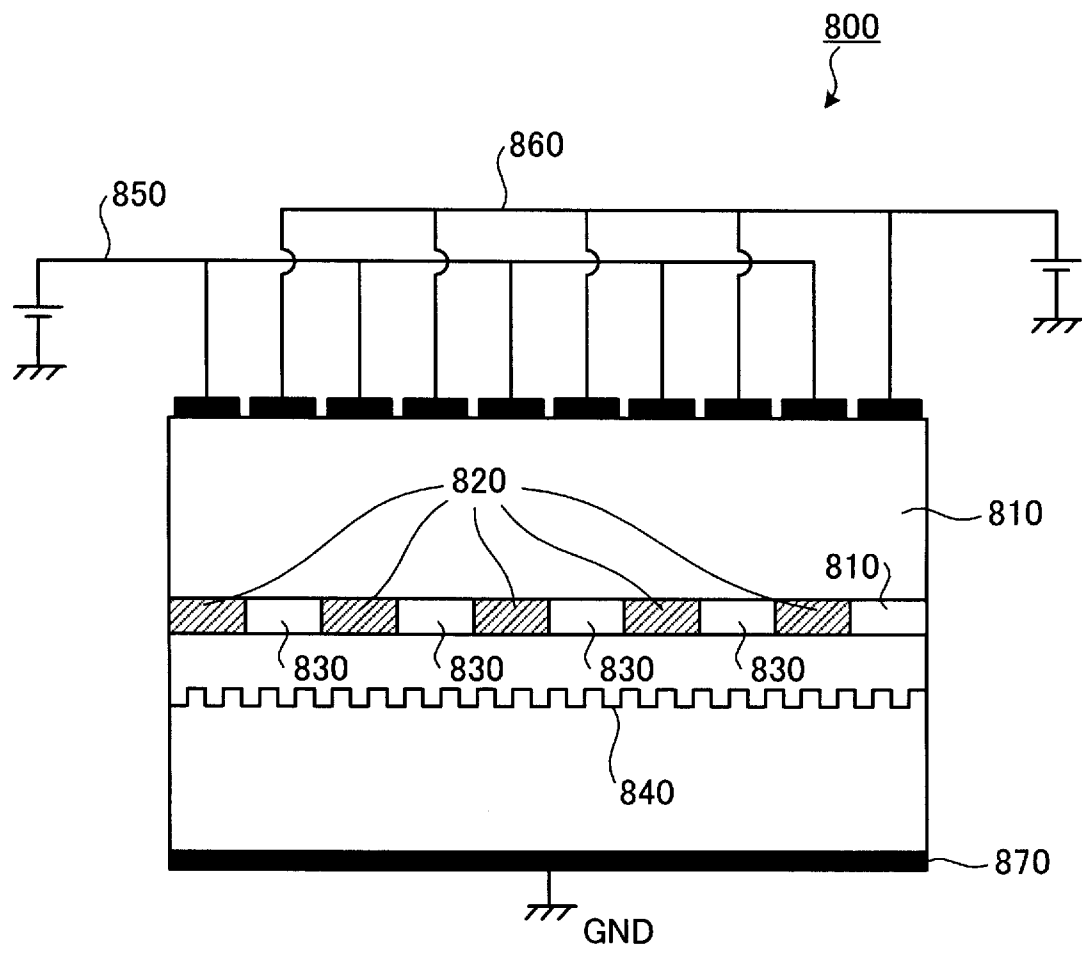
[図6]



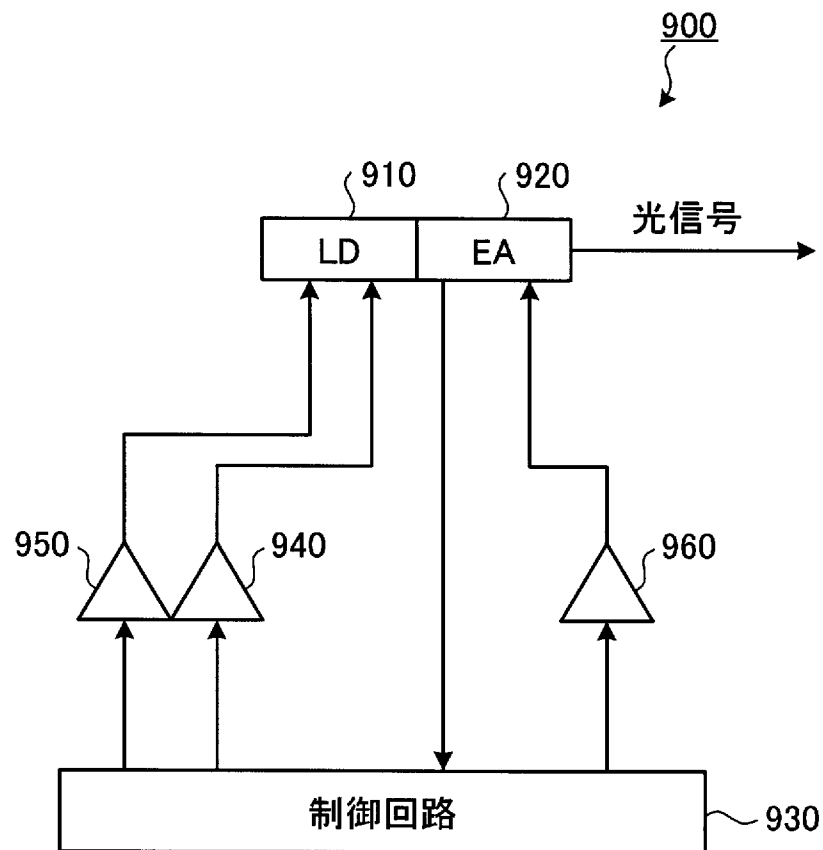
[図7]



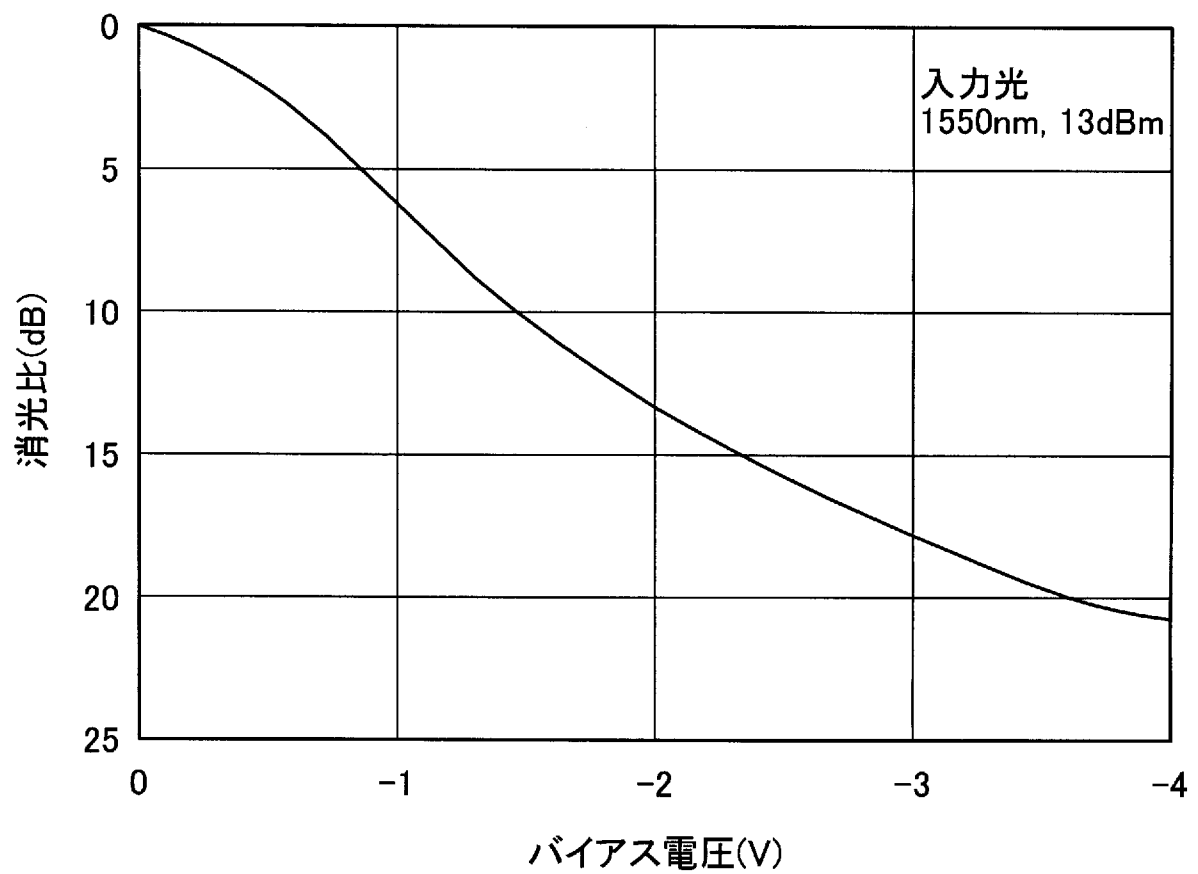
[図8]



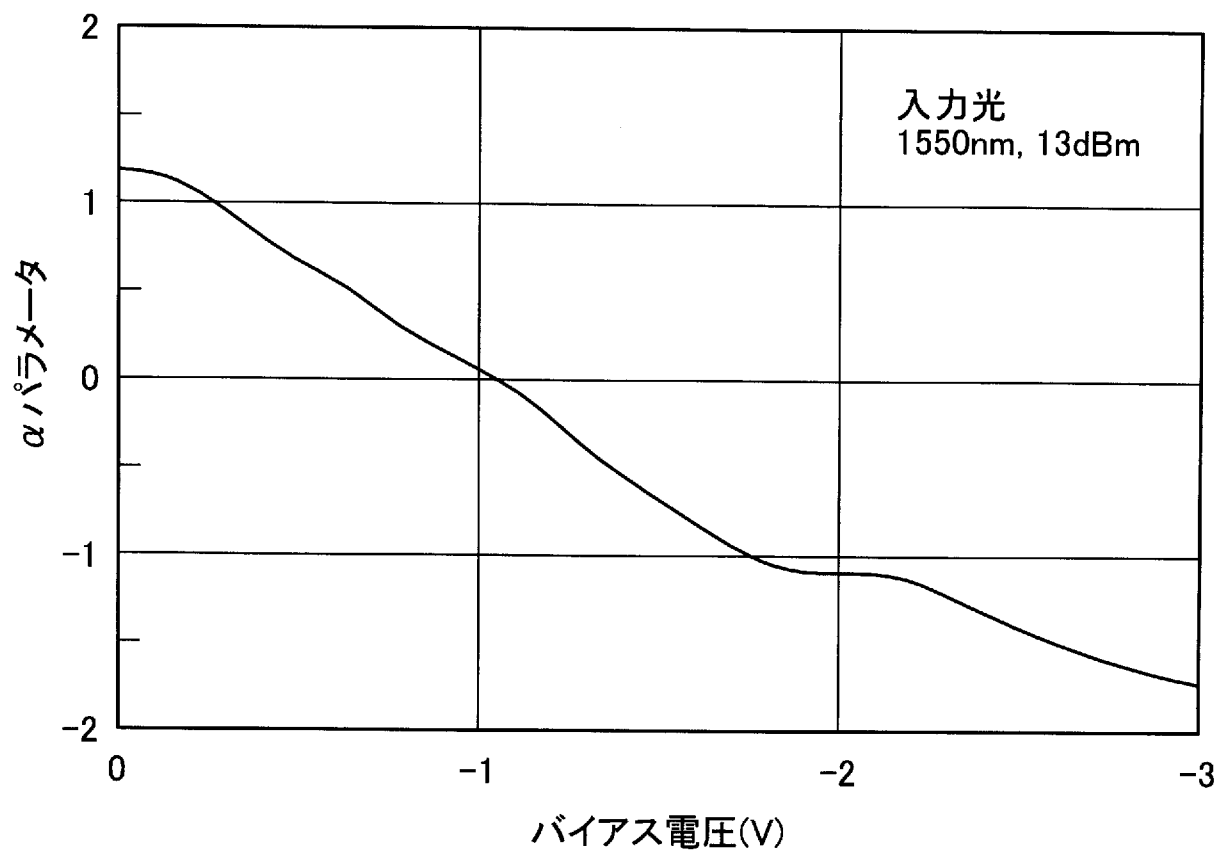
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/063840

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/015 (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)

G02F1/015

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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

IEEE, JST7580 (JDream2), JSTPlus (JDream2)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2001-144367 A (Mitsubishi Electric Corp.), 25 May, 2001 (25.05.01), Fig. 1; Par. No. [0061] & US 6516017 B	1-8, 11 9, 10
Y A	JP 2001-217502 A (Lucent Technologies Inc.), 10 August, 2001 (10.08.01), Fig. 2 & EP 1109335 A2 Fig. 2 & CN 1300144 A & CA 2327778 A	1-8, 11 9, 10
Y A	JP 4-162481 A (NEC Corp.), 05 June, 1992 (05.06.92), Page 2, upper left column, line 16 to lower left column, line 5 (Family: none)	1-8, 11 9, 10

☒ 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
18 September, 2007 (18.09.07)

Date of mailing of the international search report
25 September, 2007 (25.09.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/063840

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 7-231141 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 29 August, 1995 (29.08.95), Par. No. [0017] (Family: none)	1-8, 11 9, 10
Y A	JP 10-27931 A (Toshiba Corp.), 27 January, 1998 (27.01.98), Par. No. [0018] (Family: none)	1-8, 11 9, 10
Y A	JP 2004-20982 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 22 January, 2004 (22.01.04), Par. No. [0023] (Family: none)	5-8 9, 10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02F1/015(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. G02F1/015

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	1971-2007年
日本国実用新案登録公報	1996-2007年
日本国登録実用新案公報	1994-2007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)

IEEE, JST7580(JDream2), JSTPlus(JDream2)

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 請求の範囲の番号
Y A	JP 2001-144367 A (三菱電機株式会社) 2001.05.25, 図1、【0061】 & US 6516017 B	1-8, 11 9, 10
Y A	JP 2001-217502 A (ルーセント・テクノロジーズ・インコーポレイテッド) 2001.08.10, 図2 & EP 1109335 A2 Fig.2 & CN 1300144 A & CA 2327778 A	1-8, 11 9, 10
Y A	JP 4-162481 A (日本電気株式会社) 1992.06.05, 第2頁左上欄16行~左下欄5行 (ファミリーなし)	1-8, 11 9, 10

☒ 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

18.09.2007

国際調査報告の発送日

25.09.2007

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)

早川 貴之

2 X

3 3 1 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3294

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 請求の範囲の番号
Y A	JP 7-231141 A (日本電信電話株式会社) 1995. 08. 29, 【0 0 1 7】 (ファミリーなし)	1-8, 11 9, 10
Y A	JP 10-27931 A (株式会社東芝) 1998. 01. 27, 【0 0 1 8】 (ファ ミリーなし)	1-8, 11 9, 10
Y A	JP 2004-20982 A (日本電信電話株式会社) 2004. 01. 22, 【0 0 2 3】 (ファミリーなし)	5-8 9, 10