



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

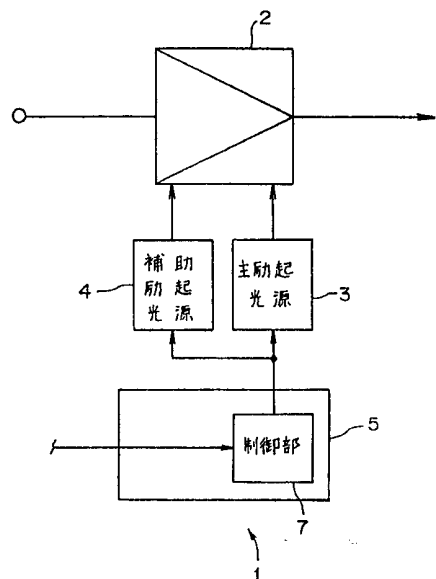
<p>(51) 国際特許分類6 <b>H04B 10/12, 10/16</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) 国際公開番号 <b>WO99/40695</b></p> <p>(43) 国際公開日 1999年8月12日(12.08.99)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP98/02515</p> <p>(22) 国際出願日 1998年6月5日(05.06.98)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平10/26249 1998年2月6日(06.02.98) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 富士通株式会社(FUJITSU LIMITED)[JP/JP] 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中四丁目1番1号 Kanagawa, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および</p> <p>(75) 発明者 / 出願人 (米国についてののみ) 木下 進(KINOSHITA, Susumu)[JP/JP] 近間輝美(CHIKAMA, Terumi)[JP/JP] 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中四丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 真田 有(SANADA, Tamotsu) 〒180-0004 東京都武蔵野市吉祥寺本町一丁目10番31号 吉祥寺広瀬ビル8階 Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 CN, JP, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>

(54) Title: **OPTICAL AMPLIFIER, METHOD FOR CONTROLLING EXCITATION LIGHT SOURCE IN OPTICAL AMPLIFIER, AND METHOD FOR CONTROLLING THE OPTICAL AMPLIFIER**

(54) 発明の名称 光増幅器及び光増幅器における励起光源制御方法並びに光増幅器の制御方法

(57) Abstract

An optical amplifier to be used in a multiplexed wavelength optical communication system, for example, comprising, in order to add/remove an excitation light source stably according to the increase/decrease in the number of channels of a signal light even during the operation of the optical communication system; an optical amplifier (2) for amplifying and outputting an input signal light; a plurality of excitation light sources (3, 4); and an excitation light source control unit (5) for controlling the operations of said excitation light sources (3, 4), wherein said excitation light sources include a main excitation light source (3) and an auxiliary excitation light source (4), and wherein the excitation light source control unit (5) includes a control unit (7) for controlling the main excitation light source (3) to feed the excitation light, when the number of channels of the input signal light is no more than a predetermined number of channels and for controlling said main excitation light source (3) and said auxiliary excitation light source (4) to cooperate with each other to feed the excitation light, when the number of channels of said signal light is larger than a predetermined number of channels.



- 3 ... Main excitation light source
- 4 ... Auxiliary excitation light source
- 7 ... Control unit

(57)要約

例えば波長多重光通信システムにおいて用いられる光増幅器において、光通信システムの運用中においても、信号光のチャンネル数の増減に応じて安定に励起光源を増設又は撤去できるようにするために、入力信号光を増幅して出力する光増幅部（２）と、複数の励起光源（３，４）と、上記励起光源（３，４）の動作を制御する励起光源制御部（５）とをそなえ、上記励起光源が主励起光源（３）と補助励起光源（４）とから構成され、励起光源制御部（５）が、入力信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数以下であるときには主励起光源（３）が励起光を供給するように制御する一方、当該信号光のチャンネル数が所定のチャンネル数より大きいときには上記主励起光源（３）及び補助励起光源（４）が協働して励起光を供給するように制御する制御部（７）をそなえるように構成する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE アラブ首長国連邦	ES スペイン	LI リヒテンシュタイン	SG シンガポール
AL アルバニア	FI フィンランド	LK スリ・ランカ	SI スロヴェニア
AM アルメニア	FR フランス	LR リベリア	SK スロヴァキア
AT オーストリア	GA ガボン	LS レソト	SL シエラ・レオネ
AU オーストラリア	GB 英国	LT リトアニア	SN セネガル
AZ アゼルバイジャン	GD グレナダ	LU ルクセンブルグ	SZ スワジランド
BA ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE グルジア	LV ラトヴィア	TD チャード
BB バルバドス	GH ガーナ	MC モナコ	TG トーゴ
BE ベルギー	GM ガンビア	MD モルドヴァ	TJ タジキスタン
BF ブルキナ・ファソ	GN ギニア	MG マダガスカル	TM トルクメニスタン
BG ブルガリア	GW ギニア・ビサオ	MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR トルコ
BJ ベナン	GR ギリシャ	ML 共和国	TT トリニダッド・トバゴ
BR ブラジル	HR クロアチア	MN モンゴル	UA ウクライナ
BY ベラルーシ	HU ハンガリー	MR モーリタニア	UG ウガンダ
CA カナダ	ID インドネシア	MW マラウイ	US 米国
CF 中央アフリカ	IE アイルランド	MX メキシコ	UZ ウズベキスタン
CG コンゴ	IL イスラエル	NE ニジェール	VN ヴィエトナム
CH スイス	IN インド	NL オランダ	YU ニューゴスラビア
CI コートジボアール	IS アイスランド	NO ノールウェー	ZA 南アフリカ共和国
CM カメルーン	IT イタリア	NZ ニュー・ジーランド	ZW ジンバブエ
CN 中国	JP 日本	PL ポーランド	
CU キューバ	KE ケニア	PT ポルトガル	
CY キプロス	KG キルギスタン	RO ルーマニア	
CZ チェッコ	KP 北朝鮮	RU ロシア	
DE ドイツ	KR 韓国	SD スーダン	
DK デンマーク	KZ カザフスタン	SE スウェーデン	
EE エストニア	LC セントルシア		

## 明 細 書

光増幅器及び光増幅器における励起光源制御方法  
並びに光増幅器の制御方法

5

## 技術分野

本発明は、例えば波長多重光通信システムにおいて、システム運用中に信号光のチャンネル数（信号光に多重する波長数）を増減する際に用いて好適な、光増幅器，光増幅器における励起光源制御方法及び光増幅器の制御方法に関する。

10

## 背景技術

近年、波長多重光通信システムの研究開発が精力的に進められており、通信の需要に応じて信号光のチャンネル数を増加できるようなシステムを開発することが検討されている。

15

そして、この波長多重光通信システムの重要な構成要素である光増幅器についても、チャンネル数の増加に応じた増幅規模のアップグレードが望まれている。なお、光波ネットワーク等を構成する光増幅器についても同様の要請がある。

このような要請に対しては、多波長（例えば32チャンネル程度）多重信号光を増幅できる光増幅器を、光通信システムの運用当初から導入することにより、チャンネル数の増加に対応することも考えられる。

20

ここで、光増幅器は励起光源をそなえて構成されているが、多波長多重信号光に対応するためには、大量の励起光を供給しうる励起光源をそなえる必要がある。

25

しかしながら、通常、励起光源は高価なものである上、システム運用

当初は使用されるチャンネル数は少ないことが多いため（例えば4チャンネル程度）、システム運用当初から多波長多重信号光に対応した光増幅器を導入したのでは、設備の初期投資が大きく投資効率が悪いという課題がある。

- 5       そこで、設備投資を効率的に行なうためには、信号光のチャンネル数の増加に応じて、光通信システムを運用しながら既存の光増幅器に励起光源を増設することが考えられる。

10       しかし、増設される励起光源を当初からある励起光源の制御ループに取り込むと、励起光源の制御が不安定になることが多い。つまり、光増幅器が所定の利得を得るために必要な励起光量（励起光パワー）をPとすると、2つの励起光源の励起光パワーの和がPとなる組み合わせは唯一に決まらないため、動作の安定点が複数存在することになり、励起光源の制御が不安定になる。

15       一方、励起光源を増設して信号光のチャンネル数を増加した後に、通信の需要によっては光通信システムを運用しながらチャンネル数を減少し、更には増設した励起光源を撤去する必要性が生じることも考えられる。

従って、運用中の光通信システムにおいて、チャンネル数の増加／減少に対応するためには、運用中のチャンネルに障害を与えることなく、励起光源の増設又は撤去を行なえるようにする必要がある。

- 20       本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、光通信システムの運用中においても、信号光のチャンネル数の増減に応じて安定に励起光源を増設又は撤去できるようにした、光増幅器及び光増幅器における励起光源制御方法並びに光増幅器の制御方法を提供することを目的とする。

## 25       発明の開示

このため本発明の光増幅器は、入力信号光を増幅して出力する光増幅

部と、該光増幅部に励起光を供給する複数の励起光源と、上記励起光源の動作を制御する励起光源制御部とをそなえ、上記励起光源が、該励起光源制御部により該光増幅部に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源と、該光増幅部に入力される信号光のチャンネル数の増減に応じて該励起光源制御部により該光増幅部に供給する励起光の出力の有無が制御される補助励起光源とから構成され、該励起光源制御部が、該光増幅部に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数以下であるときには該主励起光源が励起光を該光増幅部に供給するように制御する一方、当該信号光のチャンネル数が該所定のチャンネル数より大きいときには上記主励起光源及び補助励起光源が協働して励起光を該光増幅部に供給するように制御する制御部をそなえて構成されたことを特徴としている。

また、本発明の光増幅器は、入力信号光を増幅して出力する光増幅部と、該光増幅部に励起光を供給する複数の励起光源と、上記励起光源の動作を制御する励起光源制御部とをそなえ、上記励起光源が、該励起光源制御部により該光増幅部に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源及び補助励起光源から構成され、該励起光源制御部が、該光増幅部に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数以下であるときには該主励起光源が励起光を該光増幅部に供給するように制御する一方、当該信号光のチャンネル数が該所定のチャンネル数より大きいときには上記主励起光源及び補助励起光源が協働して励起光を該光増幅部に供給するように制御する制御部をそなえて構成されたことを特徴としている。

ところで、本発明の光増幅器における励起光源制御方法は、入力信号光を増幅して出力する光増幅部と、該光増幅部に励起光を供給する複数の励起光源と、上記励起光源の動作を制御する励起光源制御部とをそな

え、上記励起光源が、該励起光源制御部により該光増幅部に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源と該励起光源制御部により該光増幅部に供給する励起光の出力の有無が制御される補助励起光源とから構成されてなる光増幅器において、該光増幅部に入力される信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を該主励起光源が出力している状態のときに、  
5 該光増幅部に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数より大きくなったときに、当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力するように該主励起光源を制御し、その後、該補助励起光源が励起光を出力するように制御して該補助励起光源から出力される  
10 励起光量を増加させるとともに、該主励起光源と該補助励起光源とから出力される励起光量を当該チャンネル数に応じた量となるように制御することを特徴としている。

また、本発明の光増幅器における励起光源制御方法は、入力信号光を増幅して出力する光増幅部と、該光増幅部に励起光を供給する複数の励起光源と、上記励起光源の動作を制御する励起光源制御部とをそなえ、  
15 上記励起光源が、該励起光源制御部により該光増幅部に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源及び補助励起光源から構成されてなる光増幅器において、該光増幅部に入力される信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を該主励起光源が出力している状態のときに、該光増幅部  
20 に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数より大きくなったときに、当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力するように該主励起光源を制御し、その後、該補助励起光源が励起光を出力するように制御するとともに、該主励起光源と該補助励起光源  
25 とから出力される励起光量を当該チャンネル数に応じた量になるように制御することを特徴としている。

さらに、本発明の光増幅器における励起光源制御方法は、入力信号光

を増幅して出力する光増幅部と、該光増幅部に励起光を供給する複数の励起光源と、上記励起光源の動作を制御する励起光源制御部とをそなえ、上記励起光源が、該励起光源制御部により該光増幅部に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源と該励起光源制御部により該光増幅部に供給する励起光の出力の有無が制御される補助励起光源とから構成されてなる光増幅器において、上記主励起光源及び補助励起光源が協働して該光増幅部に入力される信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力している状態のときに、該光増幅部に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数以下となったときに、該補助励起光源からの励起光の出力を停止させ、その後、該主励起光源が減少後の当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力するように制御することを特徴としている。

また、本発明の光増幅器における励起光源制御方法は、入力信号光を増幅して出力する光増幅部と、該光増幅部に励起光を供給する複数の励起光源と、上記励起光源の動作を制御する励起光源制御部とをそなえ、上記励起光源が、該励起光源制御部により該光増幅部に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源及び補助励起光源から構成されてなる光増幅器において、上記主励起光源及び補助励起光源が協働して該光増幅部に入力される信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力している状態のときに、該光増幅部に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数以下となったときに、該補助励起光源の励起光の出力を停止させ、その後、該主励起光源が減少後の当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力するように制御することを特徴としている。

ところで、本発明の光増幅器は、波長の異なる複数の光信号が入力される希土類元素が添加された増幅用光ファイバをそなえ、入力される光

信号の数に応じて、該増幅用光ファイバに励起光を供給する励起光源の数が増減可能に構成されたことを特徴としている。

また、本発明の光増幅器の制御方法は、波長の異なる複数の光信号の数を識別し、識別した光信号の数に応じて、複数の光信号が入力される増幅用光ファイバに励起光を供給する励起光源の数を変化させることを特徴としている。

従って、本発明によれば、入力信号光のチャンネル数が増減して補助励起光源からの励起光の出力を制御する場合でも、運用中のチャンネルに悪影響を与えることなく、増減後のチャンネル数に応じた量の励起光を光増幅部に供給することができる利点がある。従って、光通信システムの運用中においても、信号光のチャンネル数の増減に応じて、安定に補助励起光源を増設又は撤去することができる。

#### 図面の簡単な説明

15 図 1 は、本発明の光増幅器の構成を示す原理ブロック図である。

図 2 は、本発明の第 1 実施形態にかかる光増幅器の構成を示すブロック図である。

図 3 は、本発明の第 1 実施形態にかかる光増幅器が適用される波長多重光通信システムの要部構成を模式的に示すブロック図である。

20 図 4 は、本発明の第 1 実施形態にかかる光増幅器が適用される波長多重光通信システムの構成を模式的に示すブロック図である。

図 5 は、本発明の第 1 実施形態にかかる光増幅器の要部構成を模式的に示すブロック図である。

25 図 6 ～図 12 は、本発明の第 1 実施形態にかかる光増幅器の動作を説明するための図である。

図 13 は、本発明の第 1 実施形態の変形例にかかる光増幅器の構成を



説明するための図である。

図 1 4 は、本発明の第 1 実施形態の変形例にかかる光増幅器の動作を説明するための図である。

5 図 1 5, 図 1 6 は、本発明の第 2 実施形態にかかる光増幅器の構成の変形例を説明するための図である。

図 1 7 は、本発明の第 2 実施形態にかかる光増幅器の構成を示すブロック図である。

図 1 8 ~ 図 2 6 は、本発明の第 1, 第 2 実施形態にかかる光増幅器の動作の変形例について説明するための図である。

10 図 2 7 は、本発明の第 2 実施形態にかかる光増幅器の構成の変形例を説明するための図である。

発明を実施するための最良の形態

(a) 本発明の原理説明

15 まず、本発明の原理について説明する。

図 1 は本発明の光増幅器の構成を示す原理ブロック図であり、この図 1 に示す光増幅器 1 は、入力信号光を増幅して出力する光増幅部 2 と、光増幅部 2 に励起光を供給する複数の励起光源（主励起光源 3 及び補助励起光源 4）と、励起光源制御部 5 とをそなえて構成されている。

20 ここで、主励起光源 3 は、励起光源制御部 5 により光増幅部 2 に供給する励起光の出力量が制御されるようになっている。

また、補助励起光源 4 は、光増幅部 2 に入力される信号光のチャンネル数の増減に応じて、励起光源制御部 5 により光増幅部 2 に供給する励起光の出力の有無が制御されるようになっている。

25 さらに、励起光源制御部 5 は、上記励起光源 3, 4 の動作を制御するものであり、光増幅部 2 に入力される信号光のチャンネル数が予め設定さ

れた所定のチャンネル数以下であるときには主励起光源 3 が励起光を光増幅部 2 に供給するように制御する一方、当該信号光のチャンネル数が所定のチャンネル数より大きいときには上記主励起光源 3 及び補助励起光源 4 が協働して励起光を光増幅部 2 に供給するように制御する制御部 7 をそ  
5

なお、図 1 に示す光増幅器 1 においては、上記励起光源 3, 4 を、励起光源制御部 5 により光増幅部 2 に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源 3 及び補助励起光源 4 から構成し、励起光源制御部 5 が、光増幅部 2 に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチ  
10

ャネル数以下であるときには主励起光源 3 が励起光を光増幅部 2 に供給するように制御する一方、当該信号光のチャンネル数が所定のチャンネル数より大きいときには上記主励起光源 3 及び補助励起光源 4 が協働して励起光を光増幅部 2 に供給するように制御する制御部 7 をそなえて構成することもできる。

15

このときは、主励起光源 3 が、励起光源制御部 5 により光増幅部 2 に供給する励起光の出力量がアナログ制御される一方、補助励起光源 4 が、主励起光源 3 についての制御利得と制御時定数との比より一桁以上小さい制御利得と制御時定数との比を有し励起光源制御部 5 により光増幅部 2 に供給する励起光の出力量がアナログ制御されるように構成すればよ  
20

い。

そして、このときは、励起光源制御部 5 が、一次の低周波通過特性を有することが好ましい。

また、図 1 に示す光増幅器 1 は、補助励起光源 4 の配設位置近傍の温度を制御する温度制御部をそなえることが好ましい。

25

ここで、上記所定のチャンネル数は、主励起光源 3 が供給を予定する最大励起光量に応じたチャンネル数である。

また、上記励起光源制御部 5 は、信号光の入力側から通知されるチャンネル数情報に基づいて、光増幅部 2 に入力される信号光のチャンネル数を認識するように構成することができる。

さらに、上記励起光源制御部 5 は、主励起光源 3 の動作状態に関する情報に基づいて、光増幅部 2 に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数より大きいか否かを判定するように構成することもできる。なお、主励起光源 3 の動作状態に関する情報としては、主励起光源 3 を動作させるための駆動電流に関する情報を用いてもよく、主励起光源 3 からのもれ光量に関する情報を用いてもよく、主励起光源 3 から分岐された励起光量に関する情報を用いてもよい。

そして、上記励起光源制御部 5 を、入力信号光のパワーのモニタ結果に基づいて、光増幅部 2 に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数より大きいか否かを判定するように構成することもできる。

また、図 1 に示す光増幅器 1 は、光増幅部 2 に入力される信号光のチャンネル数が増減したときに、光増幅部 2 に施される制御をレベル一定制御と利得一定制御との間で切り換える切換部をそなえて構成されてもよい。

そして、励起光源制御部 5 により補助励起光源 4 の励起光の出力が制御されるときに、切換部が、光増幅部 2 に施される制御を利得一定制御からレベル一定制御に切り換えてもよい。

さらに、制御部 7 は、光増幅器 2 の出力側端部が開放されたことを認識したときには、光増幅部 2 の出力信号光のレベルを所定値以下に低減すべく、上記主励起光源 3 及び補助励起光源 4 から供給される励起光量を調節するとともに、出力側端部が接続されたことを認識したときには、光増幅部 2 の出力信号光のレベルを正常値に設定すべく、判定部 6 での

判定結果に応じた補助励起光源 4 の励起光出力状態を維持したまま、主励起光源 3 から供給される励起光量を調整するように構成することもできる。

ところで、本発明の光増幅器における励起光源制御方法は、入力信号光を増幅して出力する光増幅部と、光増幅部に励起光を供給する複数の励起光源と、上記励起光源の動作を制御する励起光源制御部とをそなえ、上記励起光源が、励起光源制御部により光増幅部に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源と励起光源制御部により光増幅部に供給する励起光の出力の有無が制御される補助励起光源とから構成され、光増幅部に入力される信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を主励起光源が出力している状態のときに、光増幅部に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数より大きくなったときに、当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力するように主励起光源を制御し、その後、補助励起光源が励起光を出力するように制御して補助励起光源から出力される励起光量を増加させるとともに、主励起光源と補助励起光源とから出力される励起光量を当該チャンネル数に応じた量となるように制御することを特徴としている。

また、本発明の光増幅器における励起光源制御方法は、入力信号光を増幅して出力する光増幅部と、光増幅部に励起光を供給する複数の励起光源と、上記励起光源の動作を制御する励起光源制御部とをそなえ、上記励起光源が、励起光源制御部により光増幅部に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源及び補助励起光源から構成され、光増幅部に入力される信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を主励起光源が出力している状態のときに、光増幅部に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数より大きくなったときに、当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力するように主励起光源を制御し、

その後、補助励起光源が励起光を出力するように制御するとともに、主励起光源と補助励起光源とから出力される励起光量を当該チャンネル数に応じた量になるように制御することを特徴としている。

さらに、本発明の光増幅器における励起光源制御方法は、入力信号光を増幅して出力する光増幅部と、光増幅部に励起光を供給する複数の励起光源と、上記励起光源の動作を制御する励起光源制御部とをそなえ、上記励起光源が、励起光源制御部により光増幅部に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源と励起光源制御部により光増幅部に供給する励起光の出力の有無が制御される補助励起光源とから構成され、上記主励起光源及び補助励起光源が協働して光増幅部に入力される信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力している状態のときに、光増幅部に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数以下となったときに、補助励起光源からの励起光の出力を停止させ、その後、主励起光源が減少後の当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力するように制御することを特徴としている。

また、本発明の光増幅器における励起光源制御方法は、入力信号光を増幅して出力する光増幅部と、光増幅部に励起光を供給する複数の励起光源と、上記励起光源の動作を制御する励起光源制御部とをそなえ、上記励起光源が、励起光源制御部により光増幅部に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源及び補助励起光源から構成されてなる光増幅器において、上記主励起光源及び補助励起光源が協働して光増幅部に入力される信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力している状態のときに、光増幅部に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数以下となったときに、補助励起光源の励起光の出力を停止させ、その後、主励起光源が減少後の当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力するように制御することを特徴としている。

ここで、上述した光増幅器における励起光源制御方法においては、所定のチャンネル数が、主励起光源が供給を予定する最大励起光量に応じたチャンネル数であることを特徴としている。

5 また、上述した光増幅器における励起光源制御方法においては、光増幅部に施す制御をレベル一定制御と利得一定制御との間で切り換えるための待ち時間であって、当該信号光のチャンネル数の切り換えを受け付けないガードタイムが設けられたことを特徴としている。

10 ところで、本発明の光増幅器は、波長の異なる複数の光信号が入力される希土類元素が添加された増幅用光ファイバをそなえ、入力される光信号の数に応じて、増幅用光ファイバに励起光を供給する励起光源の数が増減可能に構成されたことを特徴としている。

15 また、本発明の光増幅器の制御方法は、波長の異なる複数の光信号の数を識別し、識別した光信号の数に応じて、複数の光信号が入力される増幅用光ファイバに励起光を供給する励起光源の数を変化させることを特徴としている。

20 従って、本発明によれば、入力信号光のチャンネル数が増減して補助励起光源からの励起光の出力を制御する場合でも、運用中のチャンネルに悪影響を与えることなく、増減後のチャンネル数に応じた量の励起光を光増幅部に供給することができる利点がある。従って、光通信システムの運用中においても、信号光のチャンネル数の増減に応じて、安定に補助励起光源を増設又は撤去することができる。

#### (b) 第1実施形態の説明

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

##### (b 1) 第1実施形態にかかる光増幅器の構成

25 図2は本発明の第1実施形態にかかる光増幅器の構成を示すブロック図であるが、この図2に示す光増幅器10は、例えば図4に示す波長多

重光通信システム 100 において、信号光を中継増幅する光インラインアンプとして用いられるものである。

ここで、図 4 に示す光通信システム 100 は、システム全体を描いたものであり、信号光の上り側及び下り側にそれぞれ、信号光を送信する信号送信部 (Tx) 101, 複数の光増幅器 10 及び信号光を受信する信号受信部 (Rx) 104 をそなえとともに、監視信号を送信・転送する複数の監視信号送信部 [SV (Tx)] 105 及び監視信号送信部 105 からの監視信号を受信する複数の監視信号受信部 [SV (Rx)] 106 からなる監視信号転送系をそなえて構成されている。

そして、光増幅器 10 は、信号光出力一定制御方式が適用される光増幅器であり、図 2 に示すように、信号光の入力側から順に、コネクタ 11a, 信号光に含まれる監視信号を取り出すための分岐用カプラ 12a, 増幅前の信号光の一部を取り出すための分岐用カプラ 12b, 信号光を所定の利得で増幅する光増幅部 (例えば、Erbium-Doped Fiber; EDF) 13, 利得等化器 (GEQ) 14a, 増幅後の信号光の一部を取り出すための分岐用カプラ 12c, 分岐用カプラ 12c を介して入力された信号光の出力量を調整する可変減衰器 (Att) 15, コネクタ 11b, 11c, 伝送中に信号光に生じた分散を補償する分散補償ファイバ (DCF) 16, コネクタ 11d, 11e, 分散補償された信号光の一部を取り出すための分岐用カプラ 12d, 利得等化器 (GEQ) 14b, 信号光を所定の利得で増幅する光増幅部 (EDF) 17, 増幅後の信号光の一部を取り出すための分岐用カプラ 12e, 後述する監視信号処理部 (SV 処理部) 26 からの監視信号を合波するための合波用カプラ 12f 及びコネクタ 11f をそなえている。

なお、コネクタ 11a, 11f は、光通信システム 100 の信号光伝送ラインに光増幅器 10 を接続するためのものであり、コネクタ 11b

～11eは、光増幅器10内にDCF16を介装するためのものである。

また、図2では、光増幅器10に入力される信号光を $\lambda_{\text{sig. N}}$  (N: 多重波長数,  $N \leq 32$ ) で示している。

そして、光増幅部13には、光増幅部13に励起光を供給するための  
5 励起光源18と、分岐用カップラ12b及び分岐用カップラ12cにてそれぞれ分岐された増幅前後の信号光に基づいて励起光源18を制御する自動利得制御部(AGC)23とが接続されている。

また、光増幅部17には、光増幅部17に励起光を供給するための主  
励起光源20及び補助励起光源21が接続されるとともに、分岐用カップ  
10 ラ12eにて分岐された信号光を受光するモニタ用フォトダイオード22と、フォトダイオード22からの出力信号及び分岐用カップラ12dにて分岐された信号光に基づいて主励起光源20を制御する自動利得制御部(AGC)25と、補助励起光源21からの励起光の出力の有無の制御(補助励起光源21のON/OFF制御)を行なうマイクロコントロー  
15 ルユニット(MCU)19と、フォトダイオード22からの出力信号及びMCU19に基づいて可変減衰器(Att)15を制御する自動レベル制御部(ALC)24とが接続されている。その他、光増幅部17には、出力側コネクタ11fから再入力される信号光(反射光)を受光する反射光モニタ用フォトダイオード22Aが接続されている。

20 なお、AGC23は、増幅前後の信号光のレベルを参照して励起光源18を制御することにより、増幅前後の信号光のレベル比(ゲイン)が一定となるように光増幅部13を制御するものであり、AGC25は、増幅前後の信号光のレベルを参照して主励起光源20及び補助励起光源21を制御することにより、増幅前後の信号光のレベル比(ゲイン)が  
25 一定となるように光増幅部17を制御するものである。

また、ALC24は、増幅後の信号光のレベルを参照して可変減衰器



15を制御することにより、増幅後の信号光のレベルが一定となるように光増幅部17を制御するものである。

さらに、図2に示す光増幅器10には、監視信号処理部（SV処理部）26が設けられている。

- 5 SV処理部26は、分岐用カップラ12aにて分岐された監視信号に基づいてMCU19及びAGC25を制御するとともに、この監視信号を再生し合波用カップラ12fを介して光増幅器10の出力側へ出力するものである。

ここで、監視信号は、前述したように光増幅器10に入力される信号光に含まれており、信号光の波長とは異なる波長が割り当てられている。10  
なお、図2では監視信号を $\lambda_{sv}$ で示している。そして、監視信号には、光通信システム100の状態に応じて、信号光のチャンネル数情報を含むチャンネル数変動予告信号や、後述する光増幅部17に施されているフリーズ処理を解除するフリーズ解除信号が含まれている。

- 15 詳細には、このSV処理部26は、図5に示すように、分岐用カップラ12aにて分岐された監視信号を受光するフォトダイオード（PD）26Aと、フォトダイオード26Aにて受光された信号から、上記チャンネル数変動予告信号に含まれるチャンネル数情報やフリーズ解除信号を抽出する監視信号処理部26Bと、監視信号を再生するためのレーザダイオード（LD）26Cとをそなえて構成されている。

20 なお、このSV処理部26は、図4を用いて前述した、光通信システム100における監視信号送信部105及び監視信号受信部106としての機能を有するものである。

- 25 また、図2に示すように、分岐用カップラ12a、SV処理部26及び合波用カップラ12fによりOSCセクション28が形成される。そして、その他の各部材により増幅セクション27が形成される。

ところで、図2に示す光増幅器10は、光通信システム100を運用しながら（動作させながら）信号光のチャンネル数が増減された場合に対応して信号光を増幅できるものであるが、このためには、主として、光増幅部17、主励起光源20、補助励起光源21、MCU19、モニタ用フォトダイオード22、AGC25、ALC24、可変減衰器15及びSV処理部26が機能している。

ここで、光増幅部17は、主励起光源20及び補助励起光源21から供給される励起光の励起エネルギーにより、入力側の各部材を介して入力された信号光を所定の利得で増幅して出力するものであり、希土類ドープファイバ〔具体的にはエルビウムドープファイバ(EDF)〕により構成されている。

また、主励起光源20は、光増幅部17に励起光を供給する光源であり、AGC25により、励起光の出力量がアナログ制御されるようになっている。なお、この主励起光源20は、光通信システム100の運用当初から設けられている。

ここで、主励起光源20は、8チャンネル分の励起光（8チャンネル分の信号光を増幅するために必要な量の励起光）を予定最大出力として出力するものであるが、1チャンネル分の制御ダイナミックレンジ（図10の符号D参照）を確保するために、2チャンネル分の励起光を余分に出力するものが用いられている。つまり、この主励起光源20としては、合計10チャンネル分の励起光を最大出力として出力するものが用いられる。

さらに、補助励起光源21は、光増幅部17に励起光を供給する光源であり、MCU19により、励起光の出力の有無が制御（ON/OFF制御）されるようになっている。なお、補助励起光源21は、例えば図示しないバックパワー（BP）用モニタを用いて、励起光出力が一定となるように制御されている。

ここで、この補助励起光源 2 1 は、主励起光源 2 0 とは異なり、光増幅部 1 7 に入力される信号光のチャンネル数の増減に応じて、増設又は撤去することが可能なものである。従って、図 2 では、補助励起光源 2 1 を仮想線で示している。

- 5       なお、補助励起光源 2 1 としては、8 チャンネル分の励起光を最大出力として出力しうるものが用いられる。

そして、主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1 は、それぞれ光増幅部 1 7 の後段及び前段に配設してもよい。

- 10       ここで、例えば図 5 に示すように、主励起光源 2 0 を光増幅部 1 7 の後段に配設するとともに、補助励起光源 2 1 を光増幅部 1 7 の前段に配設することにより光増幅器 1 0 を構成すれば、光増幅器 1 0 に入力する信号光のチャンネル数が所定のチャンネル数以下であるときには、後方励起用の主励起光源 2 0 のみ動作させて低消費電力化を図り、所定のチャンネル数より大きいときには、前方励起用の補助励起光源 2 1 も動作させて  
15       高い出力を得ることができる。

- また、図 5 に示す場合とは異なり、主励起光源 2 0 を光増幅部 1 7 の前段に配設するとともに、補助励起光源 2 1 を光増幅部 1 7 の後段に配設することにより光増幅器 1 0 を構成してもよく、このようにすれば、光増幅器 1 0 に入力する信号光のチャンネル数が所定のチャンネル数以下で  
20       あるときには、前方励起用の主励起光源 2 0 のみ動作させて低雑音化を図り、所定のチャンネル数より大きいときには、後方励起用の補助励起光源 2 1 も動作させて高い出力を得ることができる。

- また、MCU 1 9 は、補助励起光源 2 1 の ON/OFF 制御を行なうために、判定部 1 9 A 及び ON/OFF 制御部 1 9 B をそなえている。  
25       なお、判定部 1 9 A 及び ON/OFF 制御部 1 9 B に相当する機能は、ソフトウェアを用いた処理により実現している。

ここで、判定部 19 A は、S V 処理部 26 にて抽出された信号光のチャンネル数情報に基づいて光増幅部 17 に入力される信号光のチャンネル数を認識して、認識された信号光のチャンネル数が、判定部 19 A 内のメモリ等（図示せず）に予め設定された所定のチャンネル数より大きいかなかを判定するものである。なお、予め設定された所定のチャンネル数とは、主励起光源 20 が供給を予定する最大励起光量に応じたチャンネル数のことであり、主励起光源 20 が 8 チャンネル分の励起光を予定最大出力として出力する場合には、所定のチャンネル数として「8」が設定される。

また、ON/OFF 制御部 19 B は、判定部 19 A により光増幅部 17 に入力される信号光のチャンネル数が所定のチャンネル数以下であると判定された場合には、補助励起光源 21 を OFF 制御する（補助励起光源 21 が励起光を出力しないように制御する）一方、判定部 19 A により当該信号光のチャンネル数が所定のチャンネル数より大きいと判定された場合には、補助励起光源 21 を ON 制御する（補助励起光源 21 が励起光を出力するように制御する）ものである。

即ち、ON/OFF 制御部 19 B は、光増幅部 17 に入力される信号光のチャンネル数が 8 チャンネル以下である場合には、主励起光源 20 のみに励起光を出力させるように制御すべく、補助励起光源 21 を OFF にする一方、当該信号光のチャンネル数が 8 チャンネルより大きい場合には、主励起光源 20 及び補助励起光源 21 に協働して励起光を出力させるように制御すべく、補助励起光源 21 を ON にするものである。

このとき、主励起光源 20 の制御は前述した AGC 25 により行なわれるため、AGC 25 及び ON/OFF 制御部 19 B が、判定部 19 A による判定の結果、光増幅部 17 に入力される信号光のチャンネル数が所定のチャンネル数以下であるときには主励起光源 20 のみが励起光を出力するように制御する一方、当該信号光のチャンネル数が所定のチャンネル数

より大きいときには主励起光源 20 及び補助励起光源 21 が協働して励起光を出力するように制御する制御部として機能することになる。

ところで、ON/OFF 制御部 19B は、反射光モニタ用フォトダイオード 22A からの出力信号に基づいて、光増幅器 17 の出力側端部  
5 (具体的にはコネクタ 11f) の接続状態について認識する機能も有している。

そして、上記制御部として機能する AGC 25 及び ON/OFF 制御部 19B は、安全対策のために、光増幅器 17 の出力側端部が開放されたことを認識したときには、光増幅部 17 の出力信号光のレベルを所定  
10 値以下に低減すべく、主励起光源 20 及び補助励起光源 21 から供給される励起光量を調節する一方、出力側端部が接続されたことを認識したときには、光増幅部 17 の出力信号光のレベルを正常値に設定すべく、判定部 19A での判定結果に応じた補助励起光源 21 の励起光出力状態を維持したまま、主励起光源 20 から供給される励起光量を調整するよ  
15 うになっている。なお、この安全対策にかかる動作については、「(b2) 第 1 実施形態にかかる光増幅器の動作」にて詳述する。

ここで、前述した AGC 25 及び MCU 19 は、主励起光源 20 及び補助励起光源 21 の動作を制御する励起光源制御部として機能している。  
20 なお、図 3, 図 5 においては、この励起光源制御部を符号 124 で示している。

また、前述した ALC 24 及び可変減衰器 15 は、光増幅部 17 に入力される信号光のチャンネル数が増減したときに、光増幅部 17 に施される制御をレベル一定制御と利得一定制御との間で切り換える切換部として機能している。

25 具体的には、MCU 19 の判定部 19A により、光増幅部 17 に入力される信号光のチャンネル数が増減したと判定された場合には、ALC 2

4 が可変減衰器 15 の減衰率を固定することにより、光増幅部 17 に全体として施される制御をレベル一定制御から利得一定制御に切り換える  
フリーズ処理を行なうとともに、MCU 19 の ON/OFF 制御部 19  
B により補助励起光源 21 の励起光の出力の有無が制御されるときに、  
5 ALC 24 が可変減衰器 15 の減衰率を可変にすることにより、光増幅  
部 10 に全体として施される制御を利得一定制御からレベル一定制御に  
切り換えるフリーズ解除処理を行なうことにより、ALC 24 及び可変  
減衰器 15 は上記切換部としての機能を発揮している。なお、フリーズ  
処理及びフリーズ解除処理については、「(b2) 第 1 実施形態にかか  
10 る光増幅器の動作」にて詳述する。

なお、前述にて用いた図 5 は光増幅器 10 の要部構成を示す図である。  
そして、図 2 に示す光増幅器 10 においては図示を省略しているが、光  
増幅部 17 の前後段には、この図 5 に示すように、反射光が入力されるの  
を防ぐためのアイソレータ 123a, 123b が配設されている。また、  
15 符号 124 は、前述した励起光源制御部を示し、符号 125 は、分岐用  
カプラ 12d (図 2 参照) にて取り出された信号光を受光するフォトダ  
イオードである (このフォトダイオード 125 も、図 2 に示す光増幅器  
10 においては図示を省略している)。

また、上述した光増幅器 10 を、図 4 に示す光通信システム 100 に  
20 適用した場合の要部構成を図 3 に示す。なお、図 3 において、符号 10  
3 は、図 2 に示す光増幅器 10 の AGC 25, MCU 19 及び SV 処理  
部 26 以外の部材を含む光増幅部を示している。

#### (b2) 第 1 実施形態にかかる光増幅器の動作

上述の構成により、本発明の第 1 実施形態にかかる光増幅器 10 が適  
25 用される光通信システム 100 においては、信号光の上り側 (又は下り  
側) の信号送信部 101 から送信された信号光は、複数の光増幅器 10

により多中継増幅されながら光伝送路内を伝送し、信号光の上り側（又は下り側）の信号受信部 1 0 4 により受信される。

このとき、光増幅器 1 0 においては、入力された信号光の増幅が行なわれるが、入力信号光のチャンネル数が増減した場合には、増減後のチャンネル数に応じた量の励起光を光増幅部 1 7 に供給すべく、主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1 が制御される。

以下では、（１）光増幅器 1 0 に入力される信号光のチャンネル数が増加する場合と、（２）光増幅器 1 0 に入力される信号光のチャンネル数が減少する場合に大別して説明する。

10 （１）光増幅器 1 0 に入力される信号光のチャンネル数が増加する場合

この場合には、前提として、光増幅器 1 0 に入力される信号光が 8 チャンネル以下であり、光増幅器 1 0 においては、主励起光源 2 0 のみが当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力しているものとする。なお、主励起光源 2 0 の励起光の最大出力（パワーリミット）は 1 0 チャンネル分である。

そして、以下では、当該信号光のチャンネル数が「8」から「9」に増加した場合について説明する。

まず、光増幅器 1 0 にコネクタ 1 1 a を介して監視信号を含む信号光が入力されると、信号光は分岐用カプラ 1 2 a, 1 2 b を透過して光増幅部 1 3 に入力される一方、監視信号は分岐用カプラ 1 2 a により取り出されて S V 処理部 2 6 に入力される。

そして、上記信号光は、光増幅部 1 3 にて増幅された後、G E Q 1 4 a, 分岐用カプラ 1 2 c を介して可変減衰器 1 5 に入力され、この可変減衰器 1 5 により出力量が調整された後に、分散補償ファイバ 1 6, 分岐用カプラ 1 2 d, G E Q 1 4 b を介して光増幅部 1 7 に入力される。

また、信号光のチャンネル数が増加する場合には、上記監視信号にはチ

チャンネル数変動予告信号が含まれており、S V 処理部 2 6 においては、このチャンネル数変動予告信号から入力信号光のチャンネル数情報が抽出され、このチャンネル数情報がMCU 1 9 及びAGC 2 5 に入力される。

5 そして、MCU 1 9 の判定部 1 9 A により、上記チャンネル数情報に基づいて入力信号光のチャンネル数が認識され、この入力信号光のチャンネル数が判定部 1 9 A 内に予め設定された所定のチャンネル数「8」より大きい  
10 いか否かが判定される。

ここで、判定部 1 9 A において、光増幅部 1 7 に入力される信号光のチャンネル数が所定のチャンネル数「8」より大きいと判定された場合（即  
10 ち、当該信号光のチャンネル数が増加して「9」になった場合）には、MCU 1 9 及びAGC 2 5 は、以下のようにして光増幅部 1 7 に供給する  
15 励起光量を制御する（図 6，図 7 参照）。

まず、信号光のチャンネル数が増加する場合に監視信号に含まれるチャンネル数変動予告信号（ch 数変動予告信号）及びフリーズ解除信号（FRZ  
15 解除信号）の受信タイミングと、その信号により起こったイベントとの関係について図 9 に示す。この図 9 に示すガードタイムとは、光増幅部 1 7 に施す制御をレベル一定制御と利得一定制御との間で切り換える  
20 ための待ち時間であって、信号光のチャンネル数の切り換えを受け付けない時間のことであり、図 9 に示すように 2 種類〔ガードタイム S（sec），ガードタイム E（sec）がある。そして、このガードタイム  
25 を設けることも重要となる。

また、信号光のチャンネル数が増加したときの主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1 からの励起光量（励起光パワー）の変化を図 1 0 に示す。

光増幅部 1 7 に入力される信号光のチャンネル数が増加する場合には、  
25 ALC 2 4 が可変減衰器 1 5 の減衰率を固定することにより、光増幅部 1 7 に前述したフリーズ処理が施される。このとき、レベル一定制御を



行なうための参照値（増加後のチャンネル数に応じた信号光の出力レベルの値）が更新される。

ここで、チャンネル数が「8」から「9」に増加した場合には、AGC 25により、主励起光源20が供給を予定する最大励起光量（8チャンネル分の励起光量）を超えて、増加後の当該信号光のチャンネル数に応じた量（9チャンネル分の励起光量）の励起光を出力するように、主励起光源20が制御される。即ち、AGC 25により、主励起光源20のみが9チャンネル分の励起光を出力するように制御される（図10の符号A参照）。

10 続いて、OS（光通信システム100の信号送信部101）側からフリーズ解除信号を受けると、ALC 24が可変減衰器15の減衰率を可変に戻すことにより、光増幅部10に前述したフリーズ解除処理が施される。そして、ON/OFF制御部19Bにより補助励起光源21がONにされ、補助励起光源21が励起光を出力するように制御される。

15 このようにすると、図10の符号Bに示すように、ON/OFFのみ制御される補助励起光源21からは、励起光がゆるやかに出力されるとともに、レベル一定制御される主励起光源20からは、補助励起光源21から出力される励起光量を考慮した量の励起光が出力される。

そして、最終的には、主励起光源20からは1チャンネル分の励起光が出力され、補助励起光源21からは8チャンネル分の励起光が出力されることにより、合計9チャンネル分の励起光が出力される。なお、図10に示すように、補助励起光源21は、ガードタイムE内に完全に立ち上がる。

25 このように、第1実施形態においては、チャンネル数を「8」から「9」に増加した後に、補助励起光源21をONにしているので、主励起光源20からの出力励起光量が0になることにより生じる制御ダイナミ

ックレンズ（図10の符号D参照）の欠如を防ぐことができ、励起光の出力制御を確実に行なうことができる。従って、光増幅器10により増幅される信号光の出力制御をより確実に行なうことができる。

5 また、補助励起光源21の励起光をゆるやかに立ち上げているので、主励起光源20の制御を追従させることができ、増加前の他のチャンネルに悪影響を与えることなく信号光の増幅を行なうことができる。

なお、信号光のチャンネル数が増加した場合であっても、8チャンネル以下で増加した場合には、補助励起光源21からの励起光は不要である。

10 (2) 光増幅器10に入力される信号光のチャンネル数が減少する場合  
この場合には、前提として、光増幅器10に入力される信号光が9チャンネル以上であり、光増幅器10においては、主励起光源20及び補助励起光源21が協働して当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力しているものとする。

15 そして、以下では、当該信号光のチャンネル数が「9」から「8」に減少した場合について説明する。なお、このときは、主励起光源20からは1チャンネル分の励起光が出力され、補助励起光源21からは8チャンネル分の励起光が出力されている。

20 ここで、上述した(1)の場合と同様にして、分岐用カプラ12aにより入力信号光から上記監視信号が取り出され、SV処理部26によりこの監視信号に含まれるチャンネル数変動予告信号から入力信号光のチャンネル数情報が抽出され、このチャンネル数情報がMCU19及びAGC25に入力される。

25 そして、MCU19においては、判定部19Aにより、上記チャンネル数情報に基づいて入力信号光のチャンネル数が認識され、入力信号光のチャンネル数が判定部19A内に予め設定された所定のチャンネル数「8」より大きいか否か判定される。

ここで、光増幅部 17 に入力される信号光のチャンネル数が所定のチャンネル数「8」以下であると判定部 19 A により判定された場合（即ち、当該信号光のチャンネル数が減少して「8」になった場合）には、以下のようにして光増幅部 17 に供給する励起光量が制御される（図 6～図 8 参照）。

まず、信号光のチャンネル数が減少したときの主励起光源 20 及び補助励起光源 21 からの励起光量（励起光パワー）の変化を図 11 に示す。

光増幅部 17 に入力される信号光のチャンネル数が「9」から「8」に減少した場合には、まず、ON/OFF 制御部 19 B により、補助励起光源 21 が OFF にされ、補助励起光源 21 が励起光を出力しないように制御される。

このようにすると、図 11 の符号 C に示すように、ON/OFF のみ制御される補助励起光源 21 からの励起光量はゆるやかに減少するとともに、レベル一定制御される主励起光源 20 からは、補助励起光源 21 から出力される励起光量を考慮した量の励起光が出力される。その結果、補助励起光源 21 からの励起光量は 0 となり、主励起光源 20 からは 9 チャンネル分の励起光が出力される。

続いて、上述した（1）の場合と同様に、ALC 24 が可変減衰器 15 の減衰率を固定することにより、光増幅部 17 に前述したフリーズ処理が施される。このとき、レベル一定制御を行なうための参照値（減少後のチャンネル数に応じた信号光の出力レベルの値）も更新される。

その後、AGC 25 により、主励起光源 20 が減少後の当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光（8 チャンネル分の励起光）を出力するように制御される。

なお、信号光のチャンネル数の減少が終了して、OS 側からフリーズ解除信号を受けると、ALC 24 が可変減衰器 15 の減衰率を可変に戻す

ことにより、光増幅部 10 に前述したフリーズ解除処理が施される。

また、図 11 に示すように、補助励起光源 21 は、ガードタイム S 内に完全に停止する。

このように、第 1 実施形態においては、チャンネル数を「9」から「  
5 8」に減少する前に、補助励起光源 21 を OFF にしているの  
で、主励起光源 20 からの出力励起光量が 0 になることにより生じる制御ダイナ  
ミックレンジ（図 11 の符号 D 参照）の欠如を防ぐことができ、励起光  
の出力制御（ひいては信号光の出力制御）を確実に行なうことができる。


また、補助励起光源 21 からの励起光をゆるやかに減少させているの  
10 で、主励起光源 20 の制御を追従させることができ、減少前の他のチャ  
ネルに悪影響を与えることなく信号光の増幅を行なうことができる。


なお、信号光のチャンネル数が減少した場合であっても、9 チャンネル以  
上で減少した場合や、8 チャンネル以下で減少した場合には、補助励起光  
源 21 の ON/OFF 制御は不要である。

15 さらに、前述したフリーズ処理及びフリーズ解除処理について説明す  
る。ここで、前述したフリーズ処理及びフリーズ解除処理における信号  
の授受について、図 8 に示す。図 8 において、①～④はフリーズ処理に  
おける信号の授受を示し、①'～④' はフリーズ解除処理における信号  
の授受を示す。

20 まず、フリーズ処理を行なう際には、SV 処理部 26 からのチャンネル  
数変動予告信号が MCU 19 にて受信されると（①参照）、MCU 19  
では前述したように光増幅部 17 に入力される信号光のチャンネル数を増  
減する処理が行なわれると判断され、その後（X1 ms 後）、MCU 1  
9 から ALC 24 に対してフリーズ ON 信号が出力される（②参照）。  
25 ALC 24 がこのフリーズ ON 信号を受信すると、ALC 24 が可変減  
衰器 15 の減衰率を固定することにより、光増幅器 17 にフリーズ処理

が施される。そして、A L C 2 4 から M C U 1 9 にフリーズ動作フラグ「ON」が出力される（③参照）。なお、フリーズ動作フラグ「ON」を出力できない場合はアラームが出力される。最後に、M C U 1 9 から、光増幅器 1 7 がフリーズ処理が施された状態にあることを知らせるためのフリーズ状態フラグ「ON」が出力され、S V 処理部 2 6 を介して外部（光通信システム 1 0 0 における他の光増幅器など）に送信される（④参照）。

なお、信号光のチャンネル数が「9」から「8」に減少する場合には、 1 1 に示すように、M C U 1 9 がチャンネル数変動予告信号をトリガとして受信すると、補助励起光源 2 1 を O F F にする。

また、待ち時間（X1 m s）は、多段接続された光増幅器 1 0（ 4 参照）を一斉にフリーズさせるのではなく、信号光の入力側から順にフリーズさせるためのものであり、各光増幅 1 0 毎に異なる時間が設定されている。

一方、フリーズ解除処理を行なう際には、S V 処理部 2 6 からのフリーズ解除信号が M C U 1 9 にて受信されると（①' 参照）、M C U 1 9 では補助励起光源 2 1 の出力の有無を制御すると判定され、その後（X 2 m s 後）、M C U 1 9 から A L C 2 4 に対してフリーズ O F F 信号が出力される（②' 参照）。A L C 2 4 がこのフリーズ O F F 信号を受信すると、A L C 2 4 が可変減衰器 1 5 の減衰率を可変に戻すことにより、光増幅器 1 7 に施されたフリーズ処理が解除される。そして、A L C 2 4 から M C U 1 9 にフリーズ動作フラグ「O F F」が出力される（③' 参照）。なお、フリーズ動作フラグ「O F F」を出力できない場合はアラームが出力される。最後に、M C U 1 9 からは、光増幅器 1 7 が正常状態にある（即ち、フリーズが解除された）ことを知らせるためのフリーズ状態フラグ「O F F」が出力され、S V 処理部 2 6 を介して外部

(光通信システム 100 における他の光増幅器など) に送信される (④参照)。

5 なお、信号光のチャンネル数が「8」から「9」に増加する場合には、  
図 10 に示すように、MCU 19 がフリーズ解除信号をトリガとして受信すると、補助励起光源 21 を ON にする。

また、待ち時間 (X 2 m s) は、信号光の入力側から順にフリーズを解除するためのものであり、各光増幅 10 毎に異なる時間が設定されている。

10 なお、フリーズ状態フラグ「ON」, 「OFF」を外部に送信するのは、光通信システム 100 においては、信号光のチャンネル数の増減に伴うフリーズ処理及びフリーズ解除処理を、光通信システム 100 を構成する複数の光増幅器 10 にて同時に行なう必要があるからである。

15 また、光増幅器 10 においては、安全対策として、AGC 25 及び ON/OFF 制御部 19 B により、光増幅器 17 の出力側端部の接続状態に応じて、光増幅部 17 の出力信号光のレベルが調整される。

ここで、図 12 は光増幅器 10 の状態遷移図である。この図 12 に示すように、光増幅器 10 が停止状態にあるときには、主励起光源 20 からは励起光がまだ出力されていないが、信号光の入力回復 (具体的には、  
20 図 2 に示す入力「1」の回復) が起こると (①参照)、光増幅部 17 からは低レベルの信号光が出力される (前段安全光状態)。なお、このときに、信号光の入力断 (入力「1」の断) が起こると (②参照)、光増幅器 10 が停止状態に戻る。

25 そして、図 2 に示す入力「2」の回復が起こると (③参照)、光増幅部 17 からは前段安全光状態のときよりも高いレベルの信号光が出力される (安全光状態)。なお、このときに、入力「2」の断が起こると (④参照)、光増幅器 10 は前段安全光状態に戻る。

さらに、ON/OFF制御部19Bにより、反射光モニタ用フォトダイオード22Aからの出力信号に基づいて、光増幅器17の出力側端部（具体的にはコネクタ11f）の接続状態が認識される。

ここで、コネクタ11fが接続されたと認識されたときは（⑤参照）、  
5 判定部19Aでの判定結果に応じた補助励起光源21の励起光出力状態を維持したまま（即ち、入力信号光のチャンネル数が「9」以上であれば補助励起光源21をONにし、入力信号光のチャンネル数が「8」以下であれば補助励起光源21はOFFにしたまま）、AGC25により主励起光源20から供給される励起光量が調整されて、光増幅部17の出力  
10 信号光のレベルを正常値に設定される（正常光状態）。なお、このときに、コネクタ11fが開放されたと認識されると（⑥参照）、AGC25及びON/OFF制御部19Bにより、主励起光源20及び補助励起光源21から供給される励起光量が調節されて（より具体的には、補助励起光源21はOFFの状態にされる）、光増幅部17の出力信号光の  
15 レベルが所定値以下に低減して、前述した安全光状態に戻る。

また、前述した正常光状態のときに入力“2”の断が起こると（⑦参照）、光増幅器10は前段安全光状態に戻り、正常光状態のときに信号光の入力断（入力“1”の断）が起こると（⑧参照）、光増幅器10が停止状態に戻る。

20 さらに、前述した安全光状態のときに信号光の入力断（入力“1”の断）が起こると（⑨参照）、光増幅器10が停止状態に戻る。

このようにすれば、光増幅器17の出力側端部の接続状態に応じて、光増幅部17の出力信号光のレベルを調整することができるので、光増幅器10の状態に応じて適切な安全対策を施すことができる。

25 このように、本発明の第1実施形態にかかる光増幅器10によれば、AGC25及びMCU19（即ち、励起光源制御部124）により、主

励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1 の動作を制御しているので、入力信号光のチャンネル数が増減して補助励起光源 2 1 を ON / OFF する場合でも、運用中のチャンネルに悪影響を与えることなく、増減後のチャンネル数に応じた量の励起光を光増幅部 1 7 に供給することができる。従って、  
5 光通信システム 1 0 0 の運用中においても、信号光のチャンネル数の増減に応じて、安定に補助励起光源 2 1 を増設又は撤去することができる。

また、補助励起光源 2 1 を A G C 2 5 の制御ループに組み込んでいないので、A G C 2 5 を高速且つ安定にできるとともに、補助励起光源 2 1 を任意の位置（例えば他の部材に熱の影響を与えない離隔した位置）  
10 に配設することができる。

#### (c) 第 1 実施形態の変形例の説明

上述した第 1 実施形態においては、M C U 1 9 の判定部 1 9 A が、監視信号に含まれるチャンネル数変動予告信号から抽出されたチャンネル数情報に基づいて入力信号光のチャンネル数を認識し、入力信号光のチャンネル  
15 数が予め設定された所定のチャンネル数「8」より大きいか否かを判定する場合について説明したが、M C U の判定部が、主励起光源 2 0 の動作状態に関する情報に基づいて、入力信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数「8」より大きいか否かを判定するようにしてもよい。なお、それ以外の点では、第 1 実施形態におけるものと同様である。

20 具体的に、主励起光源 2 0 の動作状態に関する情報としては、主励起光源 2 0 を動作させるための駆動電流を用いることができる。また、M C U 1 9 ' を図 1 3 に示すようにハードウェアにて構成するとともに、A G C 2 5 からの制御信号が、M C U 1 9 ' を介して主励起光源 2 0 に入力されるようにすることもできる。

25 この場合には、M C U 1 9 ' は、図 1 3 に示すように、複数の抵抗 3 2 , 複数のオペアンプ ( O P アンプ ) 3 3 ~ 3 6 , スイッチ ( S W ) 3



7, 双方向ツェナーダイオード38, 電源40及び電圧クランプ用のダイオード42をそなえて構成されている。

なお、主励起光源20及び補助励起光源21には、それぞれトランジスタ39, 41が接続されている。

5       ここで、オペアンプ34は、主励起光源20に接続された抵抗32に流れる駆動電流から発生する電圧 $V_{bias}$ を受けるバッファアンプであり、オペアンプ35は、ヒステリシス付きの反転コンパレータであり、判定部として機能するものである。また、オペアンプ36は、オペアンプ33と同様の働きをするパワートランジスタ駆動用のオペアンプである。

10       このときの主励起光源20及び補助励起光源21の制御について説明すると、AGC25からの制御信号が、MCU19'のオペアンプ33を介して主励起光源20に入力されると、主励起光源20に駆動電流が流れるため、主励起光源20から励起光が出力された状態になる。

15       主励起光源20の駆動電流が低い時には、駆動電流により発生する電圧 $V_{high}$ はオペアンプ35のしきい値 $V_{th,h}$ (このしきい値は、チャンネル数「8」のときの主励起光源20の駆動電流により発生する電圧の値に相当する)以下であるため、オペアンプ35の出力電圧は $V_{high}$ になる(図14参照)。従って、スイッチ37はONとなり、オペアンプ36の入力電圧が0Vであるので、補助励起光源21には駆動電流は流れ  
20       ない。

      ここで、光増幅部17はAGC25により利得一定制御が施されているので、入力される信号光のチャンネル数が増加すると、主励起光源20からの励起光の出力量を増やすために、主励起光源20の駆動電流が増加する。

25       このように駆動電流が増加して、駆動電流により発生する電圧 $V_{high}$ がオペアンプ35のしきい値 $V_{th,h}$ を超えると、オペアンプ35の出力

電圧は  $V_{low}$  になる（図 1 4 参照）。従って、スイッチ 3 7 は OFF となり、補助励起光源 2 1 に駆動電流が流れるようになる。

このように主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1 を制御しても、上述した第 1 実施形態の場合と同様の利点を得ることができる。

5 (d) 第 2 実施形態の説明

上述した第 1 実施形態においては、補助励起光源 2 1 を AGC 2 5 の制御ループに組み込まない場合について説明したが、光増幅器を図 1 7 に示すように構成すれば、補助励起光源 2 1' を AGC 2 5' の制御ループに安定に組み込むこともできる。

10 ここで、図 1 7 は本発明の第 2 実施形態にかかる光増幅器の構成を示すブロック図であるが、この図 1 7 に示す光増幅器 5 0 も、第 1 実施形態にかかる光増幅器 1 0 と同様に、例えば図 4 に示す波長多重光通信システム 1 0 0 において、信号光を増幅する光増幅器として用いられるものである。

15 この光増幅器 5 0 は、補助励起光源 2 1 の代わりに補助励起光源 2 1' をそなえた点、MCU 1 9 の代わりに MCU 5 1 をそなえた点、AGC 2 5 の代わりに AGC 2 5' をそなえた点、前述したように補助励起光源 2 1 が AGC 2 5' の制御ループに組み込まれた点、補助励起光源 2 1 に温度制御部 5 3 が付設される点及び反射光モニタ用フォトダイオード 2 2 A からの出力信号が上記制御部 5 2 に入力される点を除いては、  
20 上述した第 1 実施形態におけるものと同様のものである。

ここで、MCU 5 1 は判定部 5 1 A をそなえており、AGC 2 5' は制御部 5 2 をそなえている。なお、この制御部 5 2 は、第 1 実施形態における ON/OFF 制御部 1 9 B とほぼ同様の機能を有するものである。  
25 そして、第 2 実施形態においては、AGC 2 5' は、一次の低周波通過特性を有している。なお、これは、最も一般的且つ基本的な制御系であ

る。

また、補助励起光源 2 1' は、主励起光源 2 0 についての制御利得  $G_1$  と制御時定数  $\tau_1$  との比 ( $G_1 / \tau_1$ ) より一桁以上小さい制御利得  $G_2$  と制御時定数  $\tau_2$  との比 ( $G_2 / \tau_2$ ) を有し、AGC 2 5' により励起光の出力量がアナログ制御されるものである。

なお、この補助励起光源 2 1' も、光増幅部 1 7 に入力される信号光のチャンネル数の増減に応じて増設又は撤去することが可能なものであるため、図 1 7 では、補助励起光源 2 1' を仮想線で示している。また、補助励起光源 2 1' は、AGC 2 5' の制御ループに組み込まれるため、AGC 2 5' の近傍に配設されている。

前述したように、増設される補助励起光源を当初からある主励起光源 2 0 の制御ループに取り込むと、動作の安定点が複数存在することになるため制御が不安定になるが、補助励起光源 2 1' の制御特性を上述のように定めれば制御を安定化することができる。ここで、制御利得が同じであれば ( $G_1 = G_2$ )、制御時定数 ( $\tau_1, \tau_2$ ) を 1 桁以上変化させれば安定な制御系が構築できる。なお、補助励起光源の制御時定数を無限大にしたものが、前述した第 1 実施形態における補助励起光源 2 1 に相当する。

さらに、温度制御部 5 3 は、補助励起光源 2 1' の配設位置近傍の温度を制御するものであり、例えばサーミスタ及びペルチエ素子にて構成されている。

ここで、通常、励起光源である励起 LD チップでの発熱が大きいこと、及び、高い励起光出力を得るには動作温度が室温 (常温) 付近にある必要があることから、補助励起光源 2 1' を発光させる前に、温度制御部 5 3 を駆動させて温度制御が行なわれる。なお、このとき、温度制御が安定するまでの保護時間が必要になる。

そして、補助励起光源 2 1' の配設位置近傍の温度が安定化して室温付近になった後に、補助励起光源 2 1' に駆動電流を通电して、A G C 2 5' の制御ループに組み込んで動作させると安定な制御系が構築できる。

5 上述の構成により、本発明の第 2 実施形態にかかる光増幅器 5 0 においても、第 1 実施形態にかかる光増幅器 1 0 と同様に、入力された信号光の増幅が行なわれるが、入力信号光のチャンネル数が増減した場合には、増減後のチャンネル数に応じた量の励起光を光増幅部 1 7 に供給すべく、主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1' が制御される。

10 この光増幅器 5 0 においては、第 1 実施形態にかかる光増幅器 1 0 と同様にして、分岐用カップラ 1 2 a により入力信号光から監視信号が取り出され、S V 処理部 2 6 によりこの監視信号に含まれるチャンネル数変動予告信号から入力信号光のチャンネル数情報が抽出され、このチャンネル数情報が M C U 5 1 の判定部 5 1 A に入力される。

15 そして、判定部 5 1 A により、上記チャンネル数情報に基づいて入力信号光のチャンネル数が認識され、入力信号光のチャンネル数が判定部 5 1 A 内に予め設定された所定のチャンネル数「8」より大きいか否か判定される。

20 さらに、判定部 5 1 A による判定結果は、A G C 2 5' の制御部 5 2 に入力され、この判定結果に応じて、A G C 2 5' により主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1' からの励起光の出力量が制御される。ここで、主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1' からの励起光の出力量の制御は、前述した第 1 実施形態の場合と同様に行なわれる。

25 なお、この光増幅器 5 0 においては、それ以外の点では、第 1 実施形態におけるものと同様に動作する。

このように本発明の第 2 実施形態にかかる光増幅器 5 0 によれば、補

助励起光源 2 1' を安定に A G C 2 5' の制御ループに組み込むことができるので、前述した第 1 実施形態にかかる光増幅器 1 0 と同様に、入力信号光のチャンネル数が増減して補助励起光源 2 1' からの励起光の出力量を制御する場合でも、運用中のチャンネルに悪影響を与えることなく、  
5 増減後のチャンネル数に応じた量の励起光を光増幅部 1 7 に供給することができる。従って、光通信システム 1 0 0 の運用中においても、信号光のチャンネル数の増減に応じて、安定に補助励起光源 2 1' を増設又は撤去することができる。

また、この光増幅器 5 0 によれば、補助励起光源 2 1' を A G C 2 5  
10 ' の制御ループに組み込んでいるので、前述したガードタイムを短くすることができる。

なお、第 2 実施形態にかかる光増幅器 5 0 においても、第 1 実施形態の変形例と同様に、M C U の判定部が、主励起光源 2 0 の動作状態に関する情報（具体的には、主励起光源 2 0 を動作させるための駆動電流）  
15 に基づいて、入力信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数「8」より大きいか否かを判定するようにしてもよい。

この場合には、図 2 7 に示すように、M C U 1 9' ' ' を構成すればよい。この図 2 7 に示す M C U 1 9' ' ' は、図 1 3 に示す M C U 1 9'  
20 ' とほぼ同様の構成を有している。そして、A G C 2 5 からの制御信号がオペアンプ 3 6 を介して補助励起光源 2 1' にも入力されるようになっているが、主励起光源 2 0 と比して補助励起光源 2 1' の応答を遅くするために、補助励起光源 2 1' への制御線に抵抗 3 2 とコンデンサ 4 3 からなるローパスフィルタが設けられている。

また、主励起光源 2 0 の動作状態に関する情報としては、主励起光源  
25 2 0 からのもれ光量に関する情報や、主励起光源 2 0 から分岐された励起光量に関する情報を用いることもできる。

この場合には、図15に示すように、主励起光源20及び補助励起光源21'からのもれ光(バックパワー)をそれぞれモニタするためのバックパワーモニタ用フォトダイオード29a, 29bや、主励起光源20及び補助励起光源21'から分岐された励起光をそれぞれモニタするための励起光モニタ用フォトダイオード31a, 31bを、光増幅器10に設ける必要がある。ここで、バックパワーモニタ用フォトダイオード29a, 29bは、それぞれ主励起光源20及び補助励起光源21'の出射端の反対位置に設けられている。

なお、図15において、符号20Aは、主励起光源20とバックパワーモニタ用フォトダイオード29aとにより形成された主励起光源モジュールを示し、符号21Aは、補助励起光源21'とバックパワーモニタ用フォトダイオード29bとにより形成された補助励起光源モジュールを示している。また、符号30a, 30bは、信号光と励起光を合波するためのWDMカプラを示し、符号32a, 32bは、励起光を分岐するための分岐カプラである。

この場合には、図16に示すようにハードウェアにてMCU19''を構成するとともに、AGC25からの制御信号が、MCU19''を介して主励起光源20及び補助励起光源21'に入力されるようにする。

ここで、MCU19''は、図13に示すMCU19'とほぼ同様の構成を有しているが、オペアンプ34には、図13に示すMCU19'のように主励起光源20の駆動電流により発生する電圧ではなく、バックパワーモニタ用フォトダイオード29a, 29b又は励起光モニタ用フォトダイオード31a, 31bにて生じた電流(フォトカレント)により発生する電圧が入力されるようになっている。

また、このMCU19''も、図27に示すMCU19'''と同様に、主励起光源20と比して補助励起光源21'の応答を遅くするため

に、補助励起光源 2 1' への制御線に抵抗 3 2 とコンデンサ 4 3 からなるローパスフィルタが設けられている。

そして、このときの主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1' の制御も、図 1 3, 図 1 4 を用いて前述したものとほぼ同様である。

- 5       なお、同様に、第 1 の変形例においても、主励起光源 2 0 の動作状態に関する情報として、主励起光源 2 0 からのもれ光量に関する情報や、主励起光源 2 0 から分岐された励起光量に関する情報を用いることができるのも言うまでもない。

(e) その他

- 10       上述した第 1, 第 2 実施形態にかかる光増幅器 1 0, 5 0 の動作の変形例について説明する。

(1) 2 チャンネル分の制御ダイナミックレンジを確保する場合。

- 15       この場合には、主励起光源 2 0 としては、9 チャンネル分の励起光を予定最大出力として出力するとともに、3 チャンネル分の励起光を余分に出力するものを用いる必要がある。つまり、この場合には、主励起光源 2 0 としては、合計 1 2 チャンネル分の励起光を最大出力として出力しうるものが用いられる。

- 20       ここで、このような主励起光源 2 0 を用いたときに、信号光のチャンネル数が増減したときの主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1 からの励起光量（励起光パワー）の変化を図 1 8, 図 1 9 に示す。なお、図 1 8, 図 1 9 では、2 チャンネル分の制御ダイナミックレンジが符号 D で示されている。

- 25       信号光のチャンネル数が増加する場合には、信号光のチャンネル数が「9」から「10」に増えるときに、主励起光源 2 0 のみが 1 0 チャンネル分の励起光を出力するように制御された後に（図 1 8 の符号 A 参照）、補助励起光源 2 1 が ON にされる。

このようにすると、図 18 の符号 B に示すように、補助励起光源 21 (又は励起光源 21' : 以下同じ) からは励起光がゆるやかに出力されるとともに、主励起光源 20 からは補助励起光源 21 から出力される励起光量を考慮した量の励起光が出力される。

- 5       そして、最終的には、主励起光源 20 からは 2 チャンネル分の励起光が出力され、補助励起光源 21 からは 8 チャンネル分の励起光が出力されることにより、10 チャンネル分の励起光が出力される。

一方、信号光のチャンネル数が減少する場合には、信号光のチャンネル数が「10」から「9」に減るときに、信号光のチャンネル数を減少させる  
10       前の状態で、まず、補助励起光源 21 が OFF にされる。

このようにすると、図 19 の符号 C に示すように、補助励起光源 21 からの励起光量はゆるやかに減少するとともに、主励起光源 20 からは補助励起光源 21 から出力される励起光量を考慮した量の励起光が出力される。その結果、補助励起光源 21 からの励起光量は 0 となり、主  
15       励起光源 20 からは 10 チャンネル分の励起光が出力される。

その後、主励起光源 20 が減少後の当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光 (9 チャンネル分の励起光) を出力するように制御される。

なお、上述した信号光のチャンネル数の増減の前後においては、第 1 実施形態におけるものと同様に、フリーズ処理及びフリーズ解除処理が行  
20       なわれる。

(2) 主励起光源 20 が定常状態で 9 チャンネル分の励起光を出力する場合。

上述した第 1, 第 2 実施形態では、定常状態で 9 チャンネル分の励起光を出力する場合には、主励起光源 20 が 1 チャンネル分の励起光を出力す  
25       るとともに、補助励起光源 21 が 8 チャンネル分の励起光を出力していたが、図 20, 図 21 に示すように、主励起光源 20 が定常状態で 9 チャン



ネル分の励起光を出力するようにしてもよい。

(3) 補助励起光源 21 が 4 チャンネル分の励起光を出力する励起光源 2 つから構成された場合。

この場合は、励起光源の ON/OFF 制御を 2 段階で行なえばよい。

5     そして、この場合には、MCU 19 (又は MCU 51) の判定部 19 A (又は判定部 51 A) 内のメモリ等には、上記所定のチャンネル数として「4」、「8」が設定される。

10     ここで、このような補助励起光源 21 を用いたときに、信号光のチャンネル数が増加したときの主励起光源 20 及び補助励起光源 21 からの励起光量 (励起光パワー) の変化を図 22, 図 23 に示し、信号光のチャンネル数が減少したときの主励起光源 20 及び補助励起光源 21 からの励起光量 (励起光パワー) の変化を図 24, 図 25 に示す。

15     信号光のチャンネル数が増加する場合には、信号光のチャンネル数が「4」から「5」に増えるときに、主励起光源 20 が 5 チャンネル分の励起光を出力するように制御された後に (図 22 の符号 A' 参照)、補助励起光源 21 を構成する一の励起光源が ON にされる。

   このようにすると、図 22 の符号 B' に示すように、当該励起光源からは励起光がゆるやかに出力されるとともに、主励起光源 20 からは当該励起光源から出力される励起光量を考慮した量の励起光が出力される。

20     そして、最終的には、主励起光源 20 からは 1 チャンネル分の励起光が出力され、補助励起光源 21 からは 4 チャンネル分の励起光が出力されることにより、5 チャンネル分の励起光が出力される。

25     さらに、信号光のチャンネル数が「8」から「9」に増えるときに、主励起光源 20 が 9 チャンネル分の励起光を出力するように制御された後に (図 23 の符号 A'' 参照)、補助励起光源 21 を構成する他の励起光源が ON にされる。

このようにすると、図 2 3 の符号 B'' に示すように、当該励起光源からは励起光がゆるやかに出力されるとともに、主励起光源 2 0 からは当該励起光源から出力される励起光量を考慮した量の励起光が出力される。

そして、最終的には、主励起光源 2 0 からは 1 チャネル分の励起光が出力され、補助励起光源 2 1 からは 8 チャネル分の励起光が出力されることにより、9 チャネル分の励起光が出力される。

一方、信号光のチャネル数が減少する場合には、信号光のチャネル数が「9」から「8」に減るときに、信号光のチャネル数を減少させる前の状態で、まず、補助励起光源 2 1 を構成する一の励起光源が OFF にされる。

このようにすると、図 2 4 の符号 C' に示すように、当該励起光源からの励起光量はゆるやかに減少するとともに、主励起光源 2 0 からは当該励起光源から出力される励起光量を考慮した量の励起光が出力される。その結果、補助励起光源 2 1 からは 4 チャネル分の励起光が出力され、主励起光源 2 0 からは 5 チャネル分の励起光が出力される。

その後、減少後の当該信号光のチャネル数に応じた量の励起光（8 チャネル分の励起光）を出力すべく、主励起光源 2 0 から出力される励起光量が 1 チャネル分減るように制御される。従って、補助励起光源 2 1 からは 4 チャネル分の励起光が出力され、主励起光源 2 0 からは 4 チャネル分の励起光が出力される。

さらに、信号光のチャネル数が「5」から「4」に減るときに、信号光のチャネル数を減少させる前の状態で、まず、補助励起光源 2 1 を構成する他の励起光源が OFF にされる。

このようにすると、図 2 5 の符号 C'' に示すように、当該励起光源からの励起光量はゆるやかに減少するとともに、主励起光源 2 0 からは当該励起光源から出力される励起光量を考慮した量の励起光が出力される。

その結果、補助励起光源 2 1 からの励起光量は 0 となり、主励起光源 2 0 からは 5 チャンネル分の励起光が出力される。

その後、減少後の当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光（4 チャンネル分の励起光）を出力すべく、主励起光源 2 0 から出力される励起光量が 1 チャンネル分減るように制御される。従って、補助励起光源 2 1 からは 4 チャンネル分の励起光が出力される。

なお、上述した信号光のチャンネル数の増減の前後においては、第 1 実施形態におけるものと同様に、フリーズ処理及びフリーズ解除処理が行なわれる。

10 さらに、前述したものと同様にして、2 波分の制御ダイナミックレンジを確保することができるのは言うまでもない。

その他、上述した主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1（又は補助励起光源 2 1'）としては、例えば 4 チャンネル分の励起光を出力するものや 1 2 チャンネル分の励起光を出力するものなど、8 チャンネル分以外の励起光を出力するものを用いることもできる。このときの主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1（又は補助励起光源 2 1'）からの励起光の出力量の制御も、上述した第 1，第 2 実施形態にて説明したものと同様に行なえばよい。

20 また、第 2 実施形態において説明した温度制御部 5 3 を、第 1 実施形態にかかる光増幅器 1 0 の補助励起光源 2 1 に付設してもよく、第 1，第 2 実施形態にかかる光増幅器 1 0，5 0 の主励起光源 2 0 に付設してもよい。

さらに、上述した補助励起光源を複数設けて、2 つめの補助励起光源からの励起光の出力を制御する際に本発明を用いることもできる。

25 また、上述した各実施形態においては、フリーズ解除処理が施された後（即ち、光増幅部 1 7 の制御がレベル一定制御に戻された後）に、補

励起光源 21, 21' が励起光を出力するように制御する場合について説明したが、フリーズ解除処理が施される前（即ち、光増幅部 17 が利得一定制御されている状態のとき）に、補助励起光源 21, 21' が励起光を出力するように制御してもよい。

- 5        さらに、MCU 19 の機能は、信号送信部 101 や送信側にある光増幅器がそなえても構わない。特に、MCU 19 の機能を信号送信部 101 がそなえた場合には、フリーズ解除信号を補助励起光源 21, 21' を ON/OFF するときのタイミング信号として用いることができる。

10        ところで、上述した各実施形態にかかる光増幅器 10, 50 は、波長の異なる複数の光信号が入力される希土類元素が添加された増幅用光ファイバ（光増幅部 17 の構成要素）をそなえ、入力される光信号の数に応じて、増幅用光ファイバに励起光を供給する励起光源の数（補助励起光源 21, 21' の数）が増減可能に構成されることになる。

15        そして、上述した各実施形態にかかる光増幅器 10, 50 は、波長の異なる複数の光信号の数を識別し、識別した光信号の数に応じて、上記増幅用光ファイバに励起光を供給する励起光源の数（補助励起光源 21, 21' の数）を変化させることにより制御することができる。

（４）入力信号光のパワーのモニタ結果に基づいて、入力信号光のチャンネル数が所定のチャンネル数より大きいか否かを判定する場合。

20        上述した第 1 実施形態においては、MCU 19 の判定部 19A が、監視信号に含まれるチャンネル数変動予告信号から抽出されたチャンネル数情報に基づいて入力信号光のチャンネル数を認識し、入力信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数「8」より大きいか否かを判定する場合について説明したが、MCU の判定部 19A が、入力信号光のパ  
25        ワーのモニタ結果に基づいて、入力信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数「8」より大きいか否かを判定するようにしてもよ

い。ここで、図 2 に示す光増幅器 10 では、入力信号光のパワーのモニタ（即ち、入力“2”のパワーのモニタ）は、図示は省略しているが、AGC 25 内に設けられた PD 等の入力モニタにより行なうことができる。

- 5 図 2 に示す光増幅器 10 においては、初期立ち上げ時に、後段増幅部である光増幅部 17 への入力信号光のパワーは一定（例えば、 $-12 \text{ dBm/ch}$  等）に制御されている。例えば、この光増幅器 10 では、光増幅部 17 への入力信号光のパワーが  $-12 \text{ dBm/ch}$  となるように、即ち、入力信号光が 8 チャンネルである場合には、光増幅部 17 への入力
- 10 信号光のパワーが  $-3 \text{ dBm}$  [ $-12 + 9 = -3 \text{ (dBm)}$ ] となるように、可変減衰器 15 の減衰率が制御されている。なお、図 2 では、制御線が輻輳するため、制御線の図示を省略している。

- 上記  $-12 \text{ dBm/ch}$  という値は、レベル一定制御（ALC 制御）を行なう場合でも、利得一定制御（AGC 制御）を行なう場合でも、更
- 15 には、入力信号光のチャンネル数が増減した場合でも変わらないものである。従って、光増幅部 17 への入力信号光のパワーの大小を、所定のしきい値と比較して、補助励起光源 21 の ON/OFF 制御を行なうことも可能である。

- つまり、入力信号光が 8 チャンネルである場合のしきい値を、 $-3 \text{ dBm}$
- 20  $\text{m}$ （実際には、チャンネル数「8」のときの入力信号光のパワーと、チャンネル数「9」のときの入力信号光のパワーとの間の値となればよい）に設定し、光増幅部 17 への入力信号光のパワーが  $-3 \text{ dBm}$  より大きいときに、入力信号光のチャンネル数が「8」より大きいと判定し、補助励起光源 21 を発光させればよい。

- 25 そして、この場合には、チャンネル数を増減する速さを、主励起光源 20 及び補助励起光源 21 の動作が十分に追従できる程度の速さにする。

換言すれば、補助励起光源 2 1 の ON / OFF 制御の速さは、チャンネル数を増減する速さ（チャンネル数を切り換える速さ）より速くする。

チャンネル数を所定のチャンネル数「8」をまたいで増加する場合（例えば、チャンネル数を「4」から「12」にする場合等）に、補助励起光源 2 1 を ON にする速さがチャンネル数を切り換える速さより遅いときには、  
5 チャンネル数を「4」から「8」、「8」から「9」、「9」から「12」の3段階で増やす必要があるのに対して、このようにすれば、補助励起光源 2 1 を ON にする速さがチャンネル数を切り換える際の入力信号光のパワーの変化より速ければ、チャンネル数を「4」から「12」と一度に増やすことができる利点がある。  
10

なお、この場合に、信号光のチャンネル数が増加したときの主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1 からの励起光量（励起光パワー）の変化を図 2 6 に示す。

また、それ以外の点では、第 1 実施形態におけるものと同様である。

15 (5) 信号光のチャンネル数を監視信号に含まれるチャンネル数変動予告信号に基づいて認識するとともに、チャンネル数を増減する速さを、主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1 の動作が十分に追従できる程度の速さにする場合。

即ち、上述した第 1 実施形態におけるように、MCU 1 9 の判定部 1 9 A が、監視信号に含まれるチャンネル数変動予告信号から抽出されたチャンネル数情報に基づいて入力信号光のチャンネル数を認識し、入力信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数「8」より大きいかなかを判定するとともに、(4) にて述べたように、チャンネル数を増減する速さを、主励起光源 2 0 及び補助励起光源 2 1 の動作が十分に追従できる程度の速さにする（補助励起光源 2 1 の ON / OFF 制御の速さを、  
25 チャンネル数を増減する速さより速くする）ようにしても、第 1 実施形態

及び（４）にて述べたものと同様の利点を得ることができる。

#### 産業上の利用可能性

- 5 以上のように、本発明にかかる光増幅器によれば、励起光源制御部により主励起光源及び補助励起光源の動作を制御しているので、入力信号光のチャンネル数が増減して補助励起光源からの励起光の出力を制御する場合でも、運用中のチャンネルに悪影響を与えることなく、増減後のチャンネル数に応じた量の励起光を光増幅部に供給することができるようになる。これにより、光通信システムの運用中においても、信号光のチャンネル
- 10 数の増減に応じて、安定に補助励起光源を増設又は撤去することができるようになる。

従って、本発明は、光通信システム運用中に信号光のチャンネル数を増減する際に用いて好適であり、その有用性は極めて高いものと考えられる。

## 請 求 の 範 囲

1. 入力信号光を増幅して出力する光増幅部（2）と、該光増幅部（  
2）に励起光を供給する複数の励起光源（3，4）と、上記励起光源  
5 （3，4）の動作を制御する励起光源制御部（5）とをそなえ、

上記励起光源（3，4）が、該励起光源制御部（5）により該光増幅  
部（2）に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源（3）と、  
該光増幅部（2）に入力される信号光のチャンネル数の増減に応じて該励  
起光源制御部（5）により該光増幅部（2）に供給する励起光の出力の  
10 有無が制御される補助励起光源（4）とから構成され、

該励起光源制御部（5）が、該光増幅部（2）に入力される信号光の  
チャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数以下であるときには該主  
励起光源（3）が励起光を該光増幅部（2）に供給するように制御する  
一方、当該信号光のチャンネル数が該所定のチャンネル数より大きいとき  
15 は上記主励起光源（3）及び補助励起光源（4）が協働して励起光を該  
光増幅部（2）に供給するように制御する制御部（7）をそなえて構成  
されたことを  
特徴とする、光増幅器。

2. 入力信号光を増幅して出力する光増幅部（2）と、該光増幅部（  
20 2）に励起光を供給する複数の励起光源（3，4）と、上記励起光源  
（3，4）の動作を制御する励起光源制御部（5）とをそなえ、

上記励起光源（3，4）が、該励起光源制御部（5）により該光増幅  
部（2）に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源（3）及び  
補助励起光源（4）から構成され、

25 該励起光源制御部（5）が、該光増幅部（2）に入力される信号光の  
チャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数以下であるときには該主



励起光源（３）が励起光を該光増幅部（２）に供給するように制御する一方、当該信号光のチャンネル数が該所定のチャンネル数より大きいときには上記主励起光源（３）及び補助励起光源（４）が協働して励起光を該光増幅部（２）に供給するように制御する制御部（７）をそなえて構成

5 されたことを

特徴とする、光増幅器。

3. 該主励起光源（３）が、該励起光源制御部（５）により該光増幅部（２）に供給する励起光の出力量をアナログ制御される一方、該補助励起光源（４）が、該主励起光源（３）についての制御利得と制御時定数

10 との比より一桁以上小さい制御利得と制御時定数との比を有し該励起光源制御部（５）により該光増幅部（２）に供給する励起光の出力量をアナログ制御されるように構成されたことを特徴とする、請求の範囲第２項記載の光増幅器。

4. 該励起光源制御部（５）が、一次の低周波通過特性を有することを特徴とする、請求の範囲第２項記載の光増幅器。

15

5. 該補助励起光源（４）の配設位置近傍の温度を制御する温度制御部（５３）をそなえたことを特徴とする、請求の範囲第１項又は第２項に記載の光増幅器。

6. 該所定のチャンネル数が、該主励起光源（３）が供給を予定する最大励起光量に応じたチャンネル数であることを特徴とする、請求の範囲第１項又は第２項に記載の光増幅器。

20

7. 該励起光源制御部（５）が、信号光の入力側から通知されるチャンネル数情報に基づいて、該光増幅部（２）に入力される信号光のチャンネル数を認識するように構成されたことを特徴とする、請求の範囲第１項又は第２項に記載の光増幅器。

25

8. 該励起光源制御部（５）が、該主励起光源（３）の動作状態に関する

る情報に基づいて、該光増幅部（２）に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数より大きいか否かを判定するように構成されたことを特徴とする、請求の範囲第１項又は第２項に記載の光増幅器。

5 9. 該主励起光源（３）の動作状態に関する情報として、該主励起光源（３）を動作させるための駆動電流に関する情報が用いられることを特徴とする、請求の範囲第８項記載の光増幅器。

10 10. 該主励起光源（３）の動作状態に関する情報として、該主励起光源（３）からのもれ光量に関する情報が用いられることを特徴とする、請求の範囲第８項記載の光増幅器。

11. 該主励起光源（３）の動作状態に関する情報として、該主励起光源（３）から分岐された励起光量に関する情報が用いられることを特徴とする、請求の範囲第８項記載の光増幅器。

15 12. 該光増幅部（２）に入力される信号光のチャンネル数が増減したときに、該光増幅部（２）に施される制御をレベル一定制御と利得一定制御との間で切り換える切換部（２４，１５）をそなえて構成されたことを特徴とする、請求の範囲第１項又は第２項に記載の光増幅器。

20 13. 該励起光源制御部（５）により該補助励起光源（４）の励起光の出力が制御されるときに、該切換部（２４，１５）が、該光増幅部（２）に施される制御を利得一定制御からレベル一定制御に切り換えることを特徴とする、請求の範囲第１２項記載の光増幅器。

14. 該制御部（７）が、

25 該光増幅器の出力側端部（１１f）が開放されたことを認識したときには、該光増幅部（２）の出力信号光のレベルを所定値以下に低減すべく、上記主励起光源（３）及び補助励起光源（４）から供給される励起光量を調節するとともに、

該出力側端部（11f）が接続されたことを認識したときには、該光増幅部（2）の出力信号光のレベルを正常値に設定すべく、上記補助励起光源（4）の励起光出力状態を維持したまま、該主励起光源（3）から供給される励起光量を調整するように構成されたことを特徴とする、

5 請求の範囲第1項又は第2項に記載の光増幅器。

15 15. 入力信号光を増幅して出力する光増幅部（2）と、該光増幅部（2）に励起光を供給する複数の励起光源（3, 4）と、上記励起光源（3, 4）の動作を制御する励起光源制御部（5）とをそなえ、上記励起光源（3, 4）が、該励起光源制御部（5）により該光増幅部（2）

10 に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源（3）と該励起光源制御部（5）により該光増幅部（2）に供給する励起光の出力の有無が制御される補助励起光源（4）とから構成されてなる光増幅器において、該光増幅部（2）に入力される信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を該主励起光源（3）が出力している状態のときに、

15 該光増幅部（2）に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数より大きくなったときに、当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力するように該主励起光源（3）を制御し、

その後、該補助励起光源（4）が励起光を出力するように制御して該補助励起光源（4）から出力される励起光量を増加させるとともに、該

20 主励起光源（3）と該補助励起光源（4）とから出力される励起光量を当該チャンネル数に応じた量となるように制御することを特徴とする、光増幅器における励起光源制御方法。

16. 入力信号光を増幅して出力する光増幅部（2）と、該光増幅部（2）に励起光を供給する複数の励起光源（3, 4）と、上記励起光源（3, 4）の動作を制御する励起光源制御部（5）とをそなえ、上記励起光源（3, 4）が、該励起光源制御部（5）により該光増幅部（2）

25

に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源（３）及び補助励起光源（４）から構成されてなる光増幅器において、該光増幅部（２）に入力される信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を該主励起光源（３）が出力している状態のときに、

- 5       該光増幅部（２）に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数より大きくなったときに、当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力するように該主励起光源（３）を制御し、

          その後、該補助励起光源（４）が励起光を出力するように制御するとともに、該主励起光源（３）と該補助励起光源（４）とから出力される  
10       励起光量を当該チャンネル数に応じた量になるように制御することを特徴とする、光増幅器における励起光源制御方法。

17. 入力信号光を増幅して出力する光増幅部（２）と、該光増幅部（２）に励起光を供給する複数の励起光源（３，４）と、上記励起光源（３，４）の動作を制御する励起光源制御部（５）とをそなえ、上記励  
15       起光源（３，４）が、該励起光源制御部（５）により該光増幅部（２）に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源（３）と該励起光源制御部（５）により該光増幅部（２）に供給する励起光の出力の有無が制御される補助励起光源（４）とから構成されてなる光増幅器において、  
20       上記主励起光源（３）及び補助励起光源（４）が協働して該光増幅部（２）に入力される信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力している状態のときに、

          該光増幅部（２）に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数以下となったときに、該補助励起光源（４）からの励起光の出力を停止させ、

- 25       その後、該主励起光源（３）が減少後の当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力するように制御することを

特徴とする、光増幅器における励起光源制御方法。

- 1 8. 入力信号光を増幅して出力する光増幅部（2）と、該光増幅部（2）に励起光を供給する複数の励起光源（3，4）と、上記励起光源（3，4）の動作を制御する励起光源制御部（5）とをそなえ、上記励起光源（3，4）が、該励起光源制御部（5）により該光増幅部（2）に供給する励起光の出力量が制御される主励起光源（3）及び補助励起光源（4）から構成されてなる光増幅器において、上記主励起光源（3）及び補助励起光源（4）が協働して該光増幅部（2）に入力される信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力している状態のときに、
- 5 該光増幅部（2）に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数以下となったときに、該補助励起光源（4）の励起光の出力を停止させ、
- 10

その後、該主励起光源（3）が減少後の当該信号光のチャンネル数に応じた量の励起光を出力するように制御することを

- 15 特徴とする、光増幅器における励起光源制御方法。

1 9. 該所定のチャンネル数が、該主励起光源（3）が供給を予定する最大励起光量に応じたチャンネル数であることを特徴とする、請求の範囲第15項～第18項のいずれか1項に記載の光増幅器における励起光源制御方法。

- 20 2 0. 該光増幅部（2）に施す制御をレベル一定制御と利得一定制御との間で切り換えるための待ち時間であって、当該信号光のチャンネル数の切り換えを受け付けないガードタイムが設けられたことを特徴とする、請求の範囲第15項～第18項のいずれか1項に記載の光増幅器における励起光源制御方法。

- 25 2 1. 波長の異なる複数の光信号が入力される希土類元素が添加された増幅用光ファイバ（17）をそなえ、

入力される光信号の数に応じて、該増幅用光ファイバ（17）に励起光を供給する励起光源（20，21）の数が増減可能に構成されたことを特徴とする、光増幅器。

22. 波長の異なる複数の光信号の数を識別し、

5 識別した光信号の数に応じて、複数の光信号が入力される増幅用光ファイバ（17）に励起光を供給する励起光源（20，21）の数を変化させることを特徴とする、光増幅器の制御方法。

23. 該励起光源制御部（5）が、入力信号光のパワーのモニタ結果に基づいて、該光増幅部（2）に入力される信号光のチャンネル数が予め設定された所定のチャンネル数より大きいか否かを判定するように構成されたことを特徴とする、請求の範囲第1項又は第2項に記載の光増幅器。

10

図 1

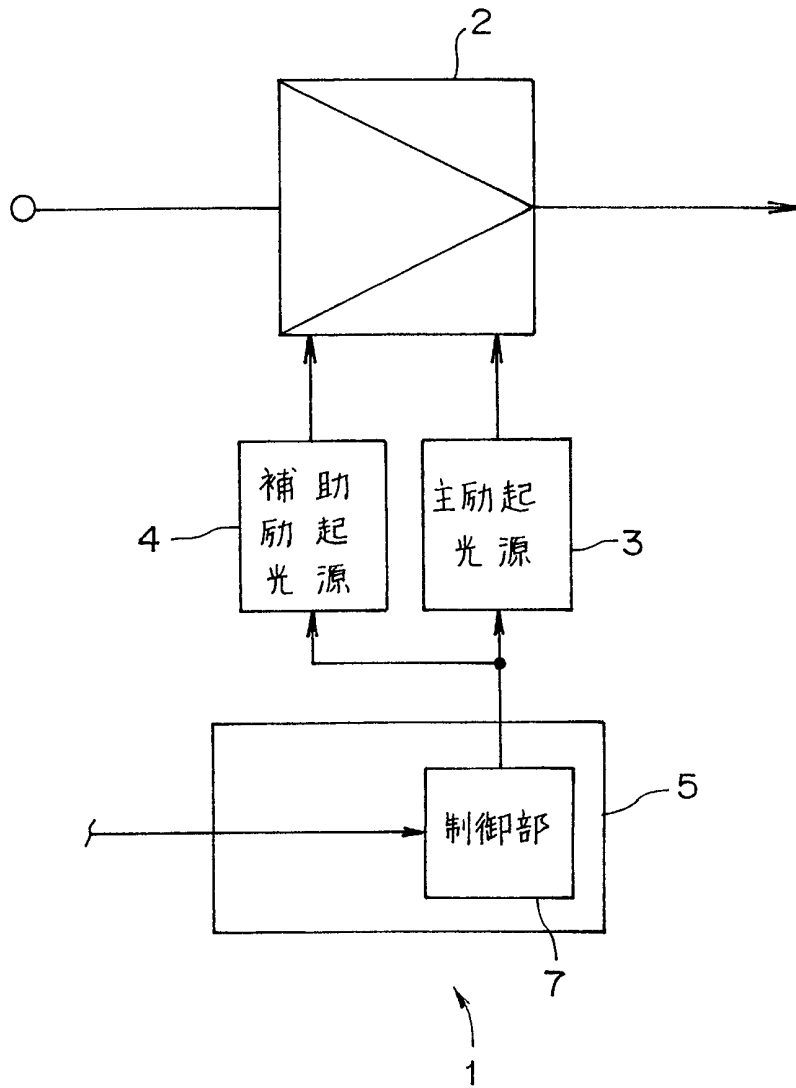


図 2

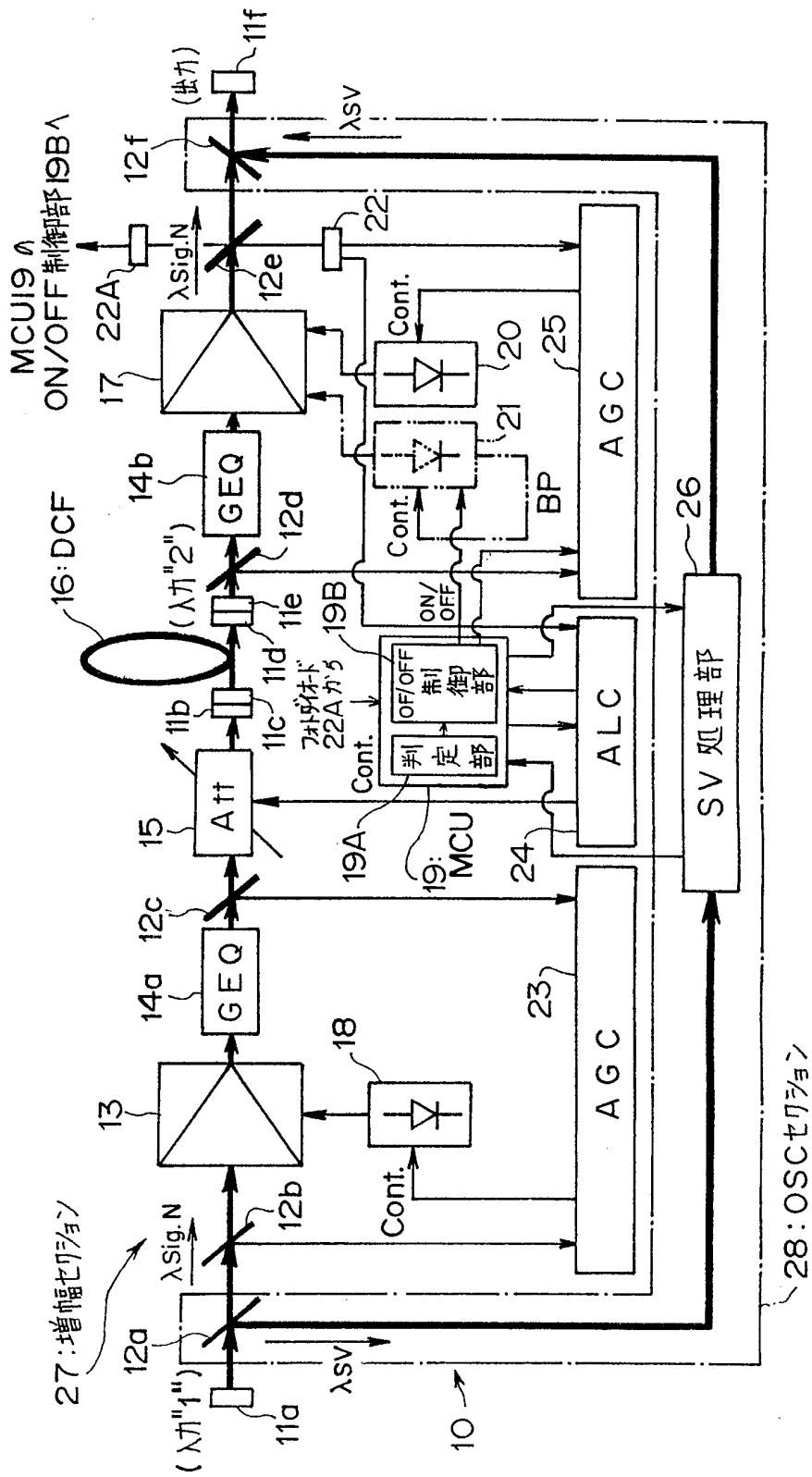
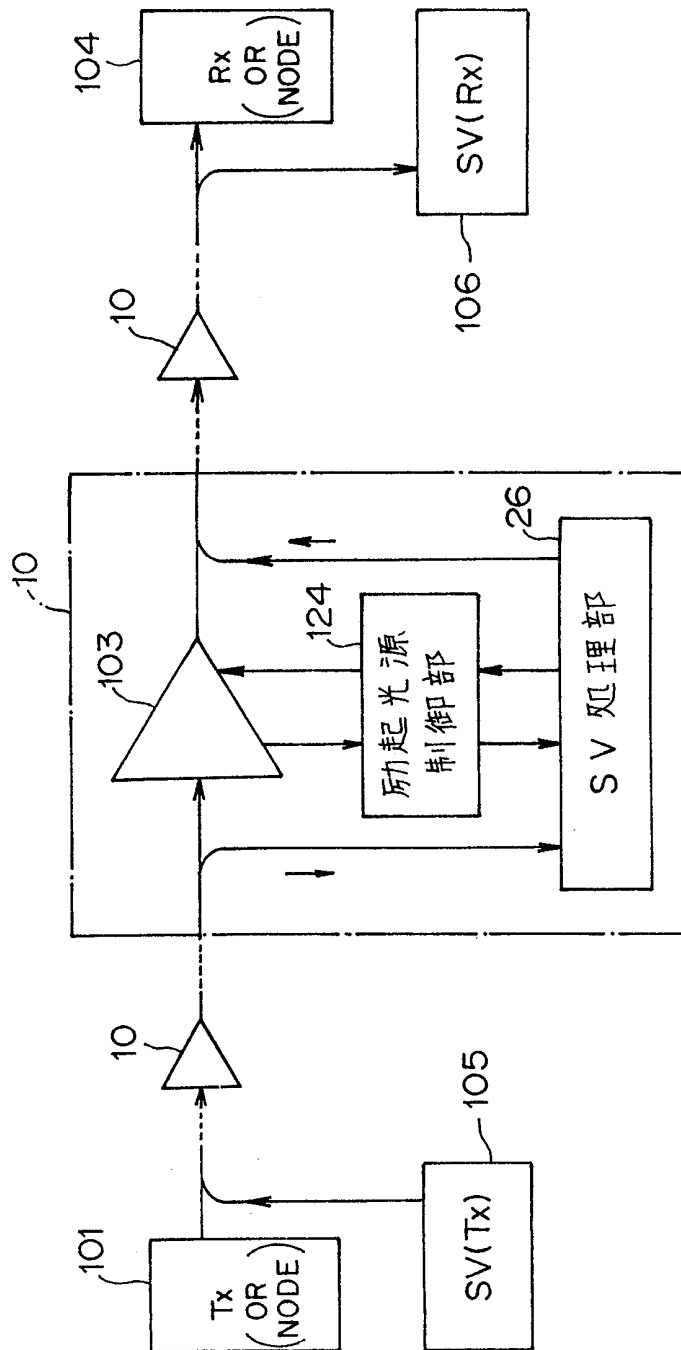




図 3



4

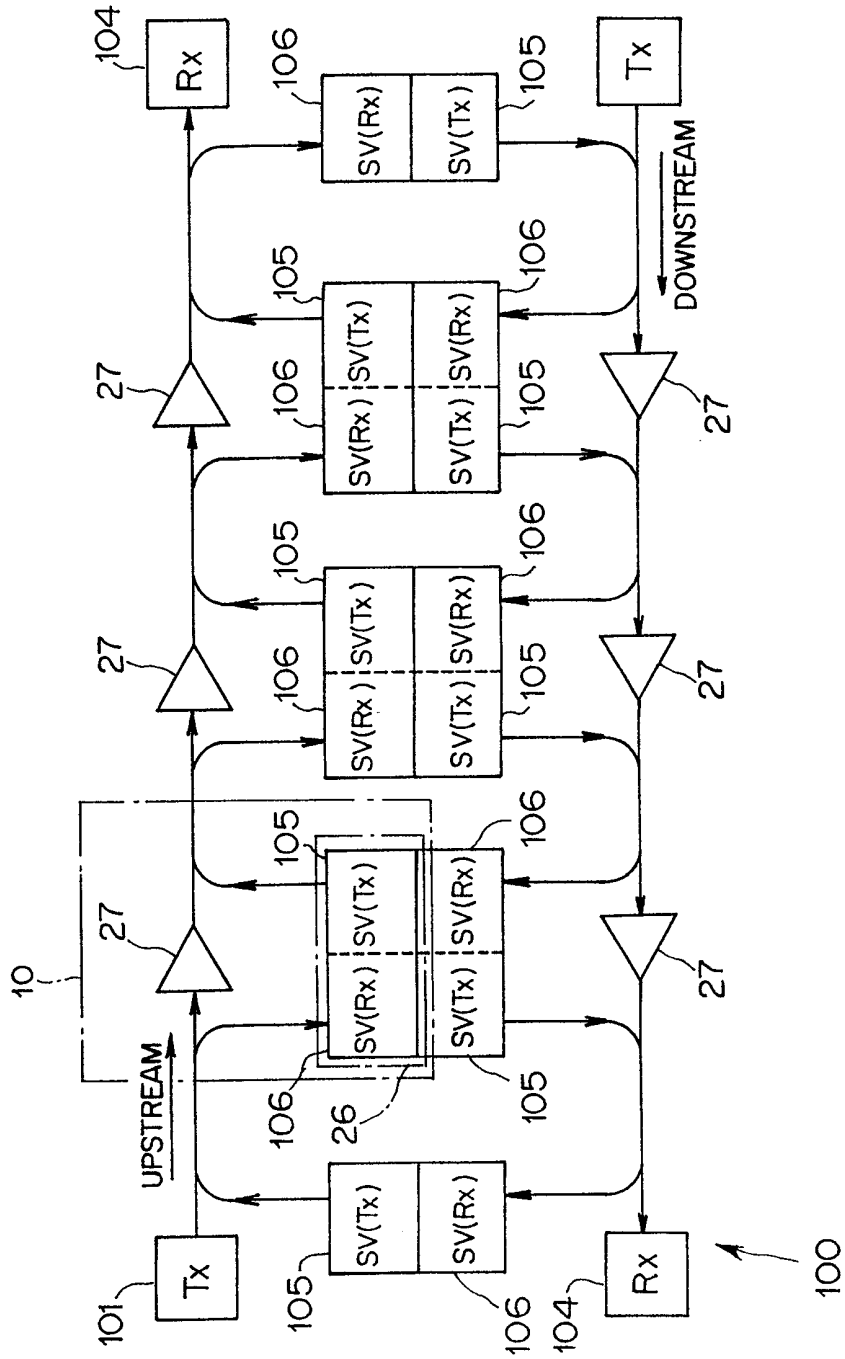


図 5

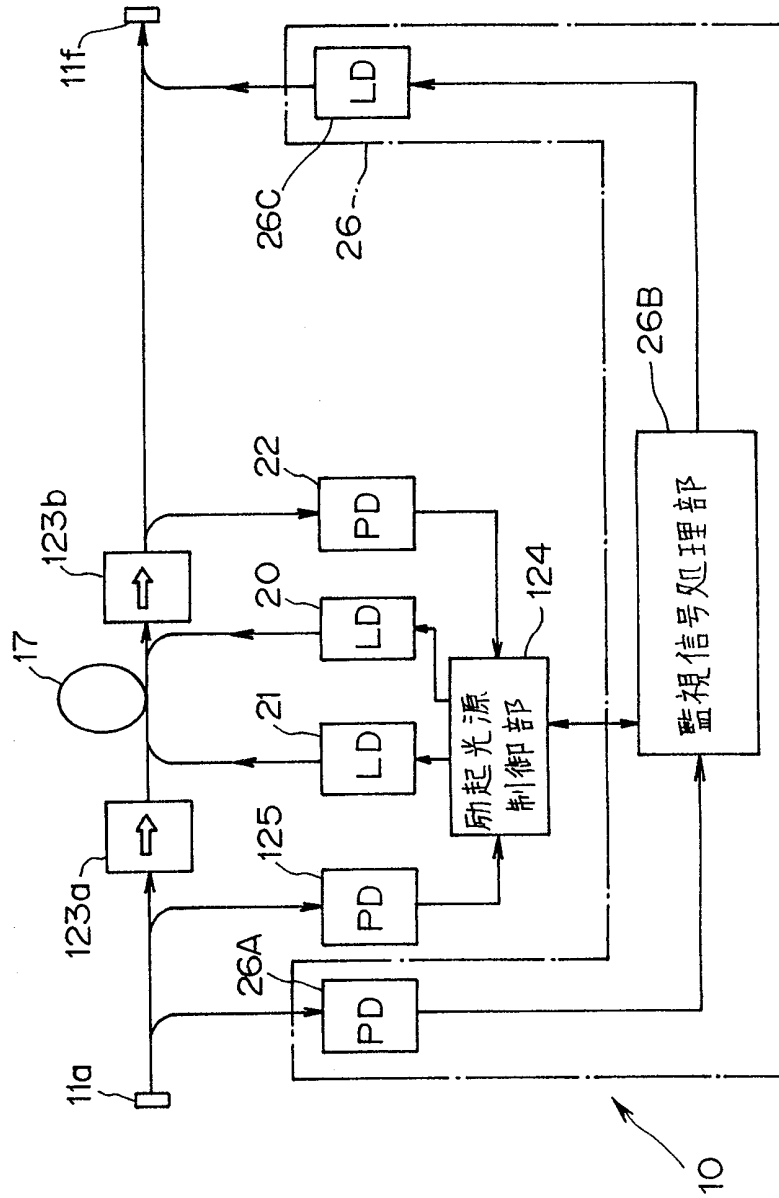


図 6

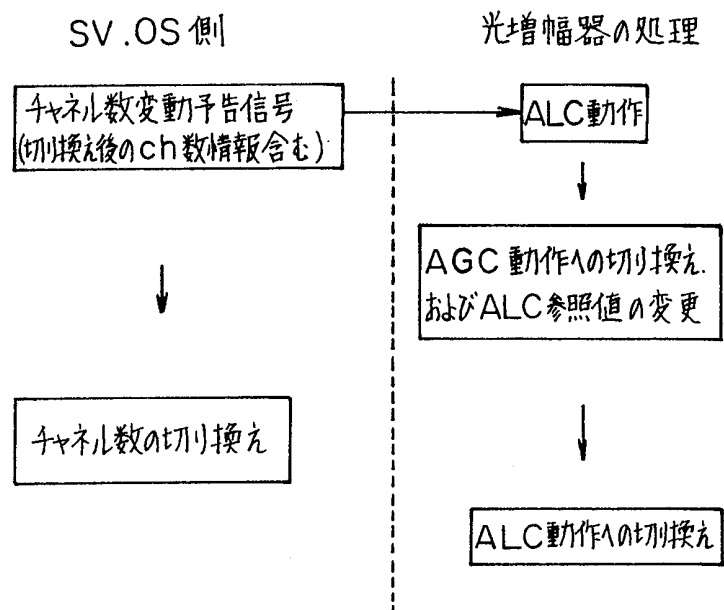


図 7

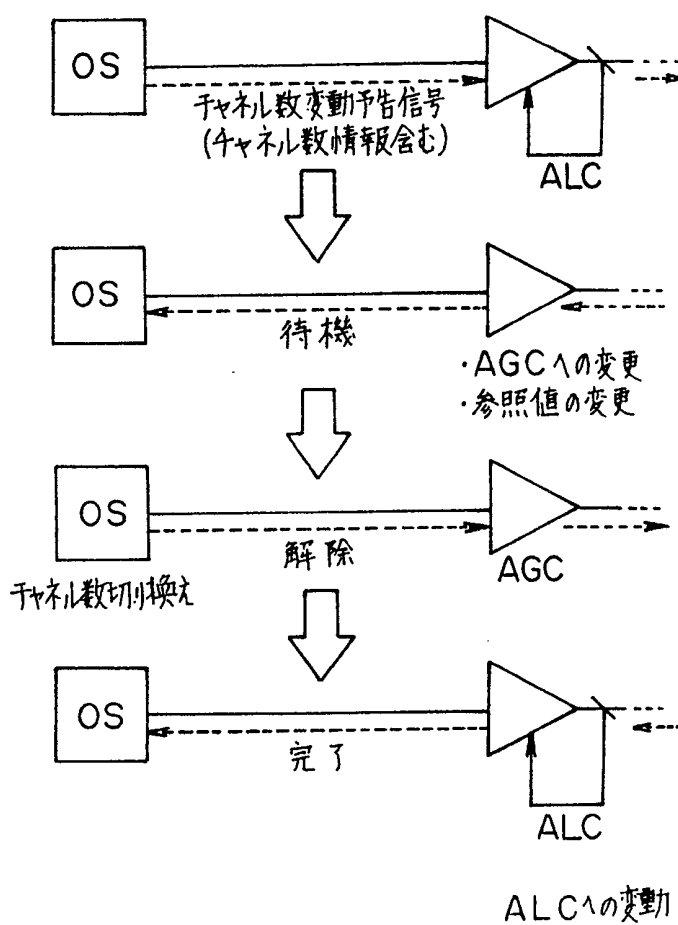


図 8

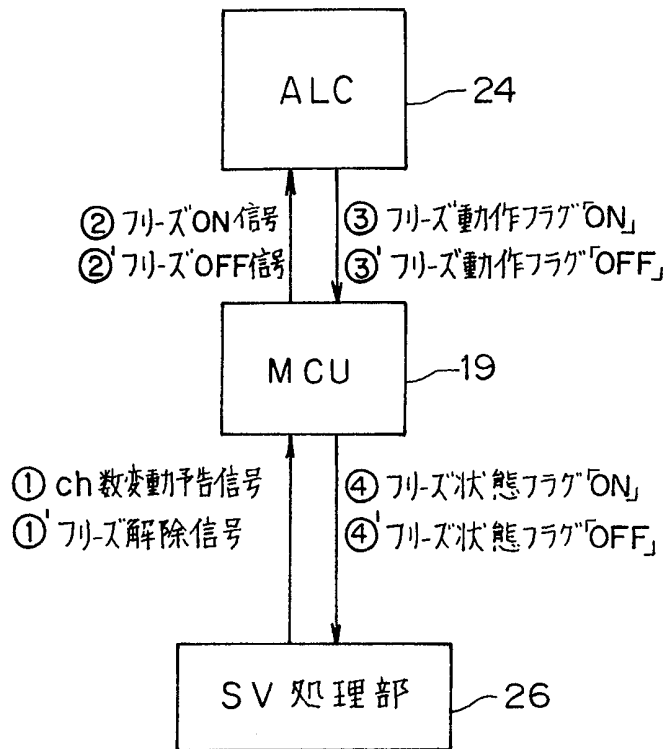


図 9

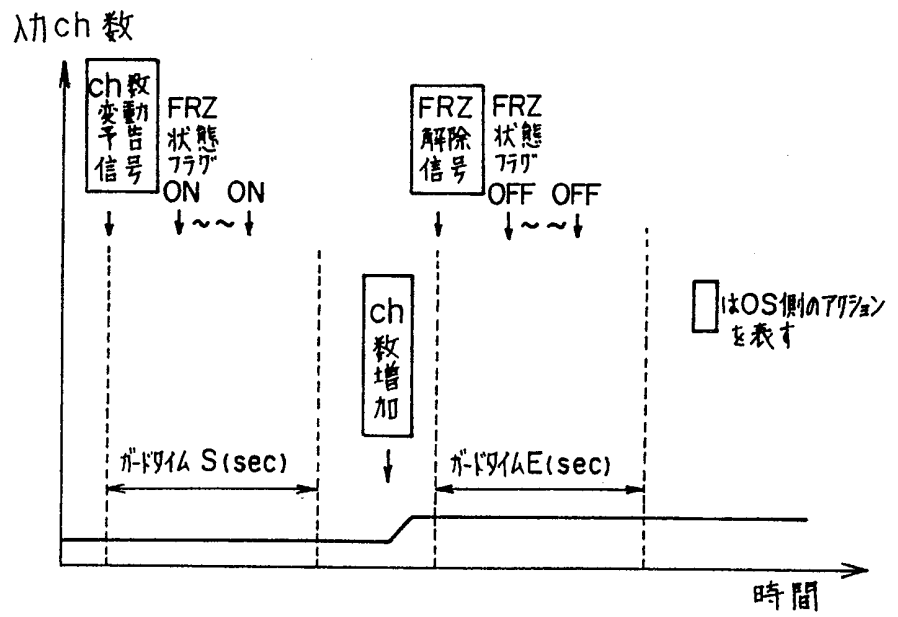


図 10

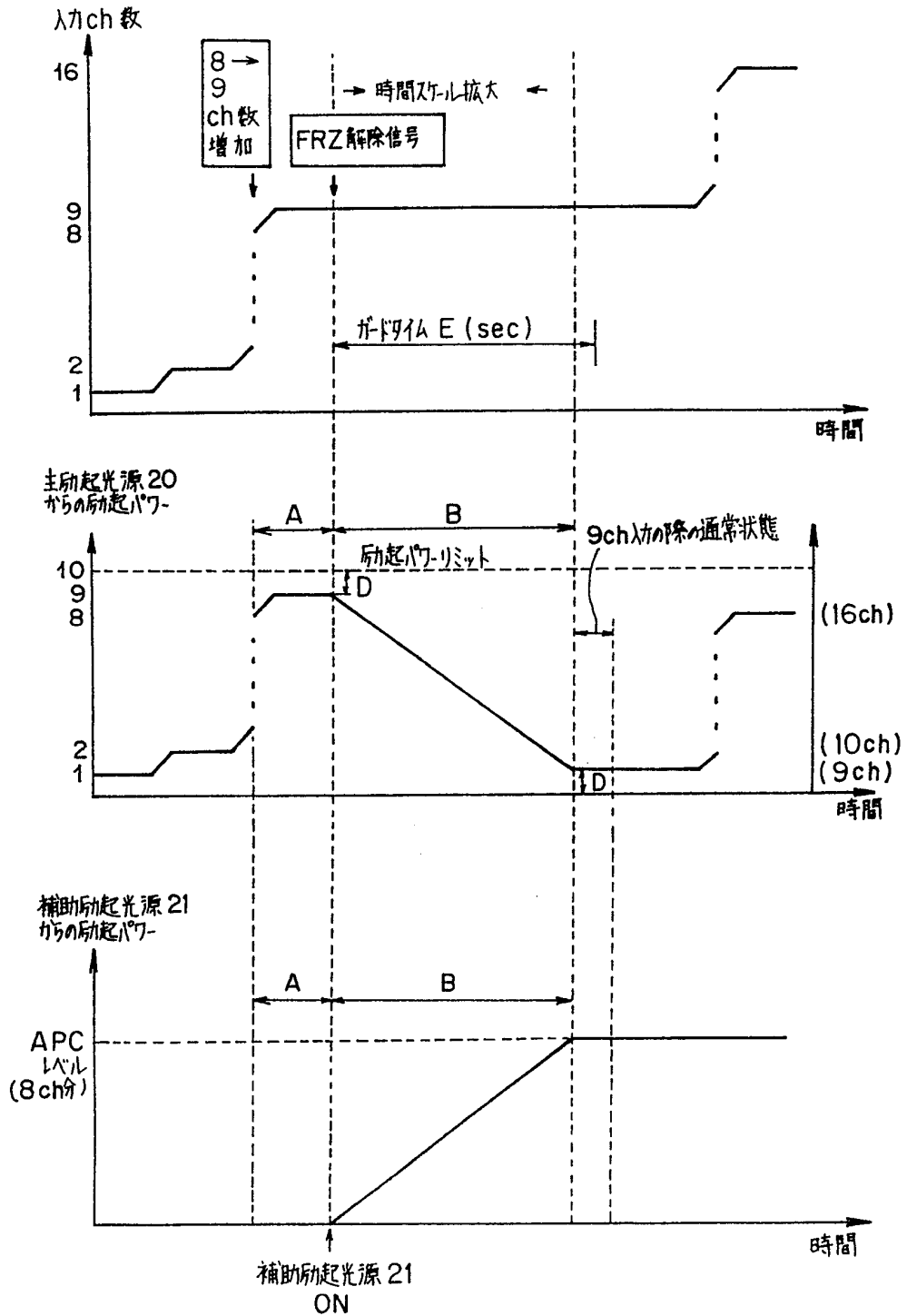




図 11

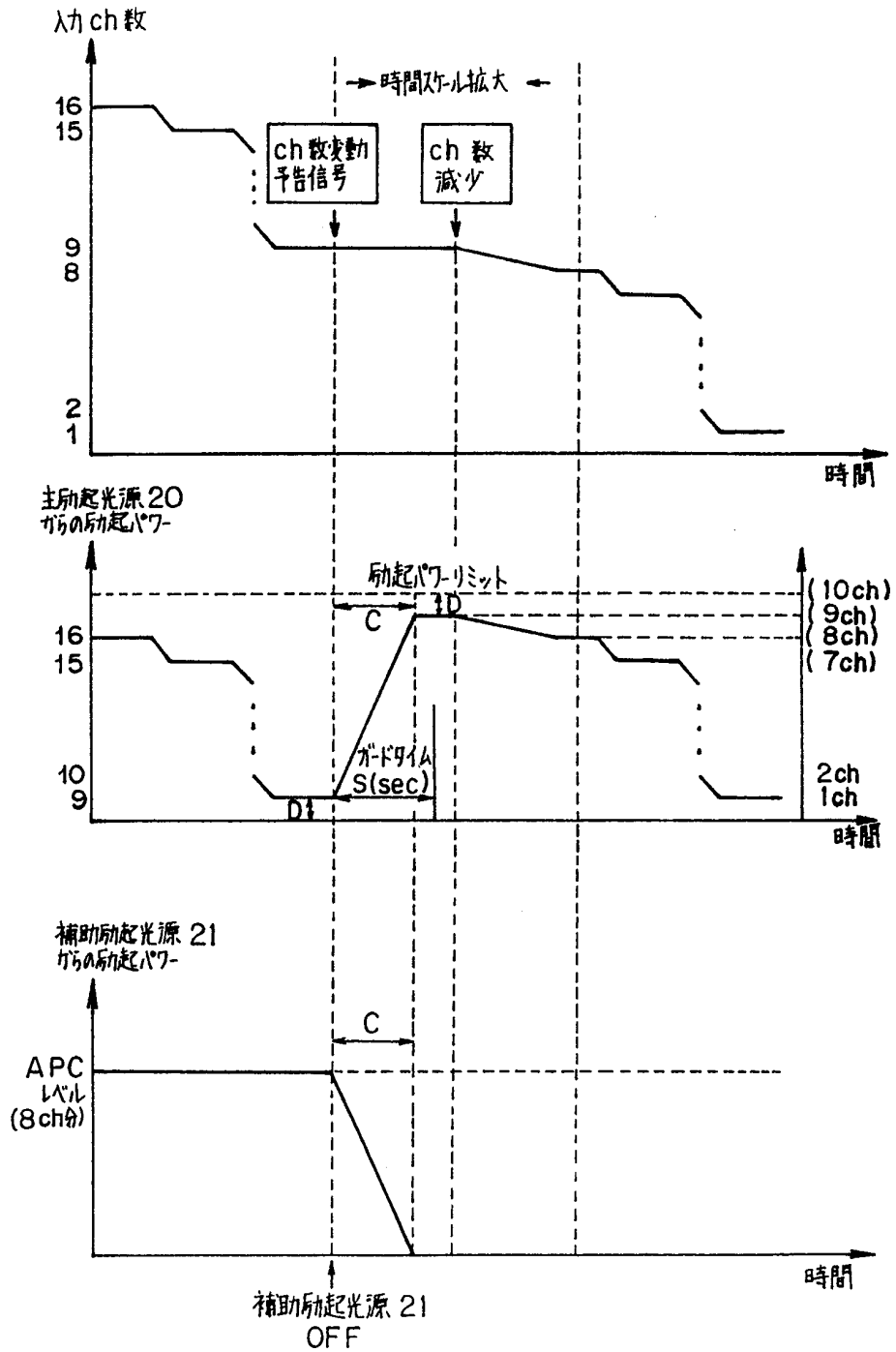


図 12

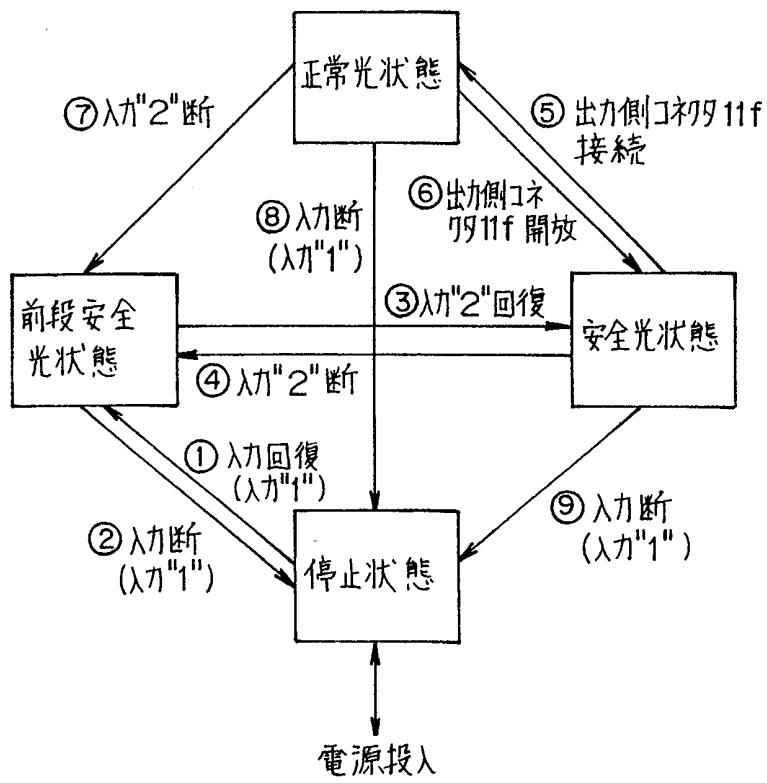


図 13

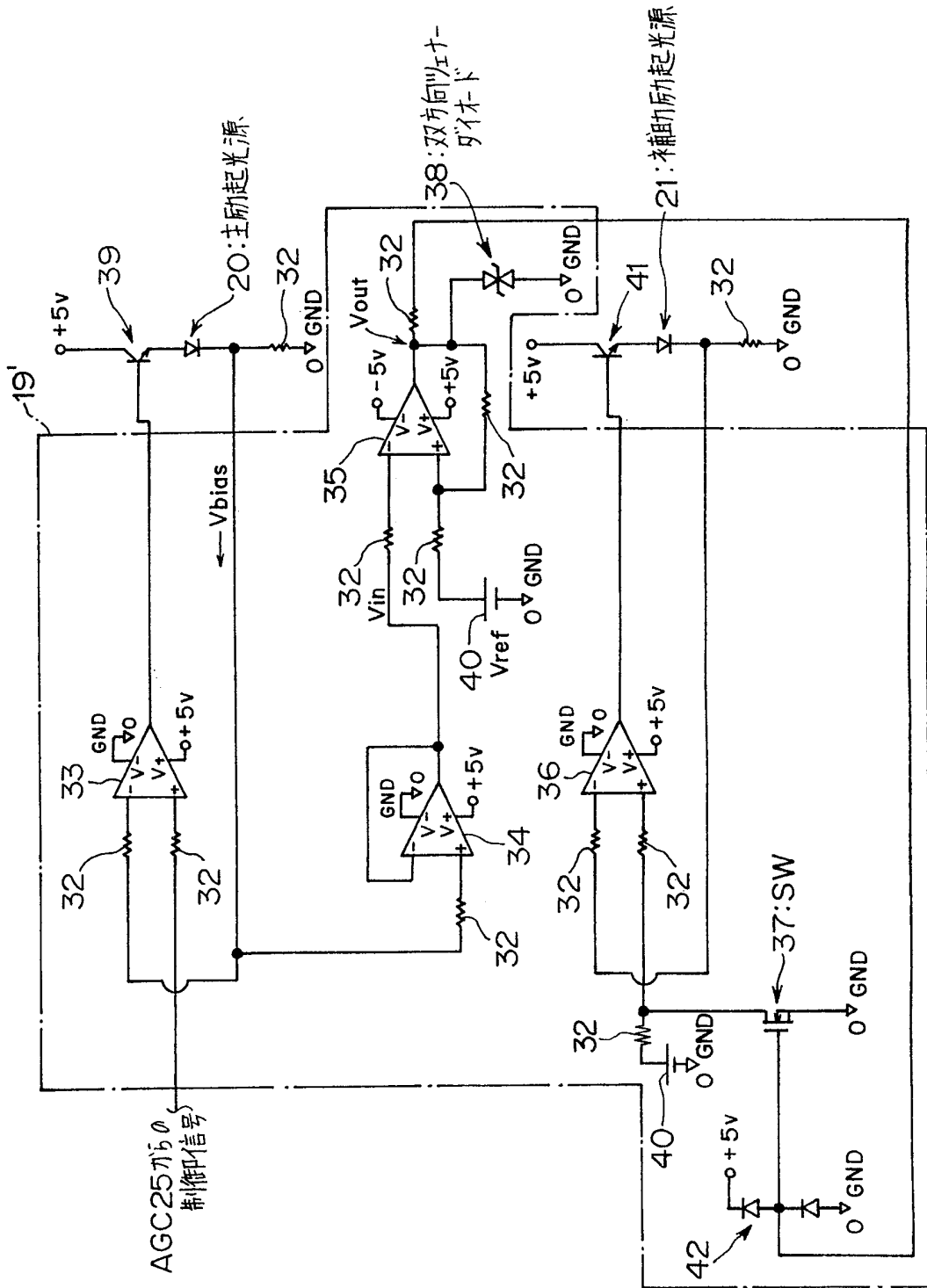
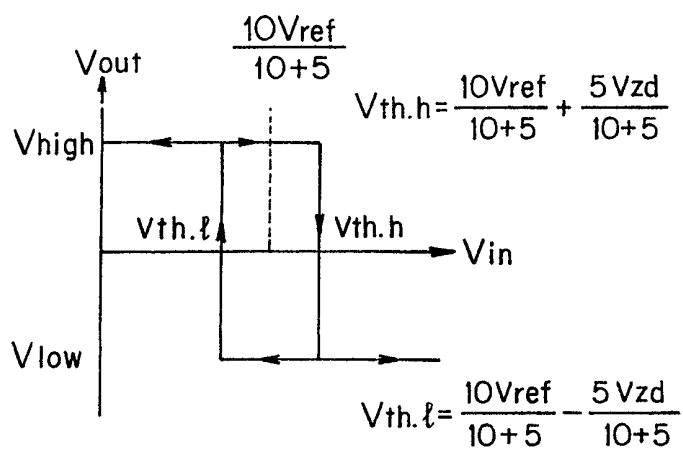


図 14



※  $V_{zd}$  は双方向ツェナダイオードで規定される電圧  $\pm V_{zd}$  の絶対値

図 15

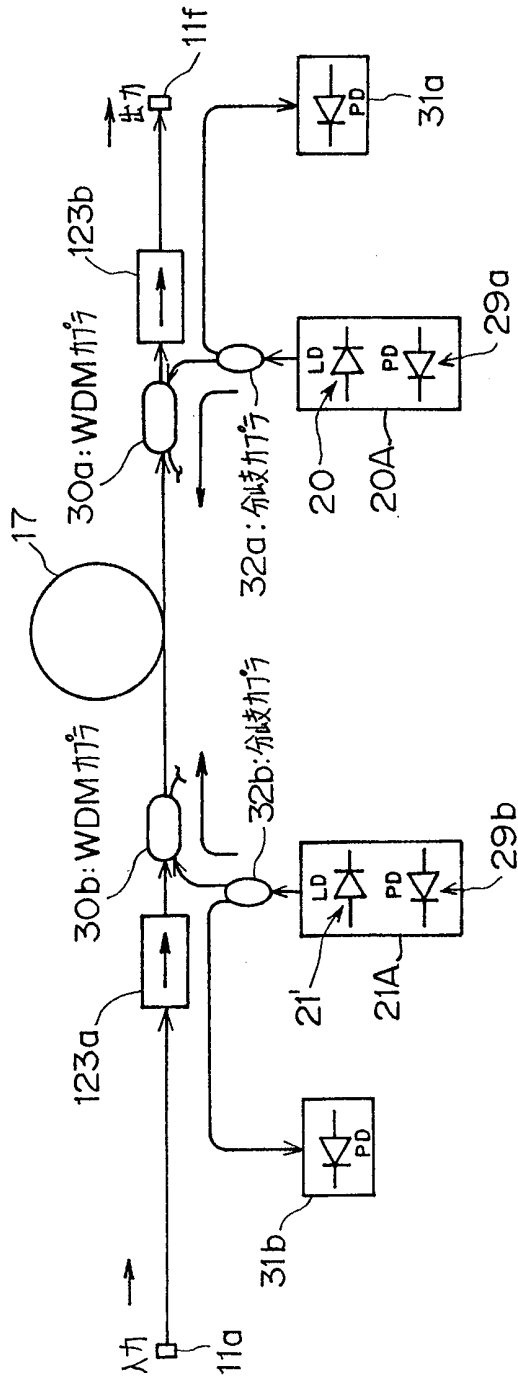






図 18

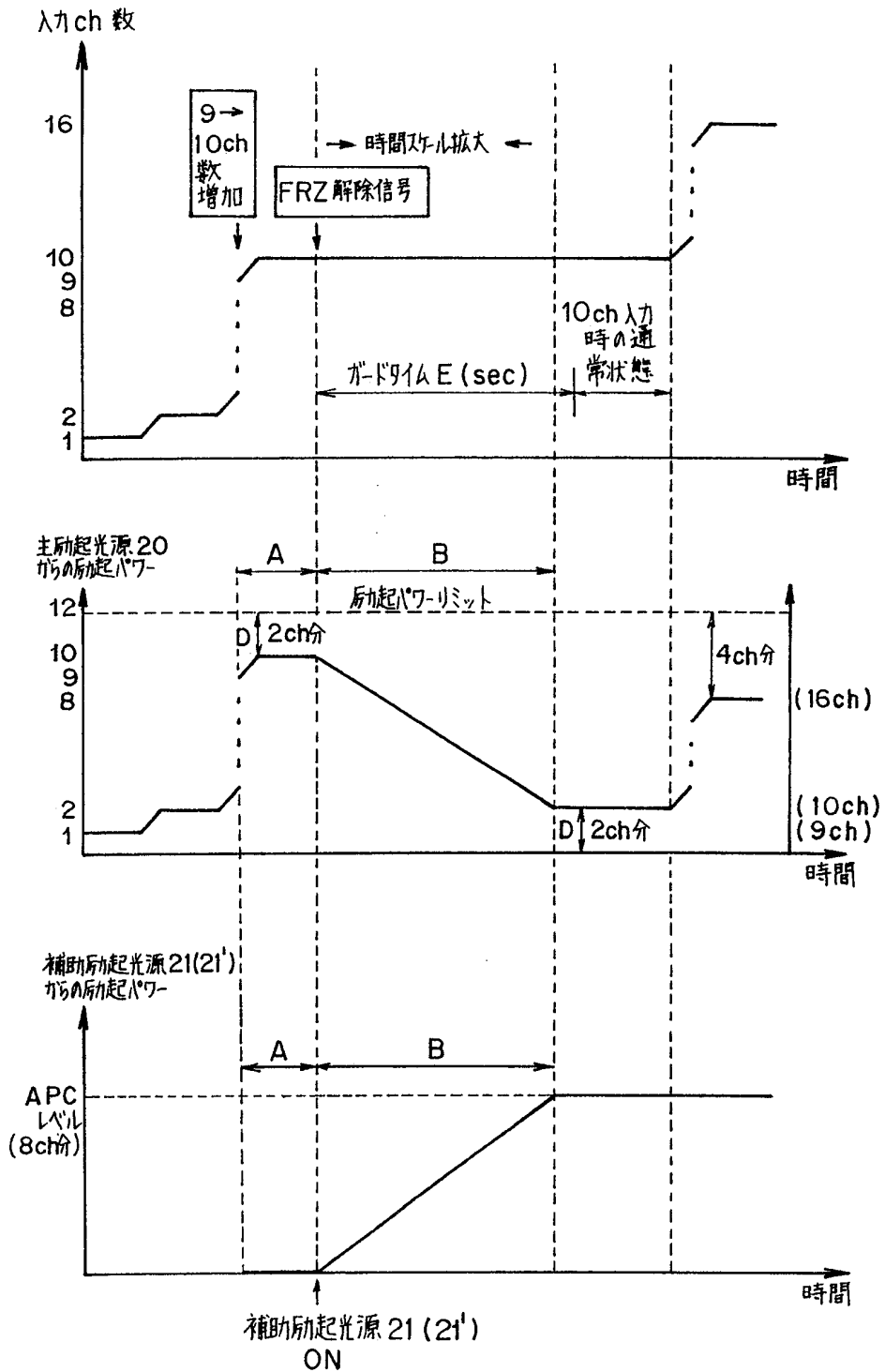




図 19

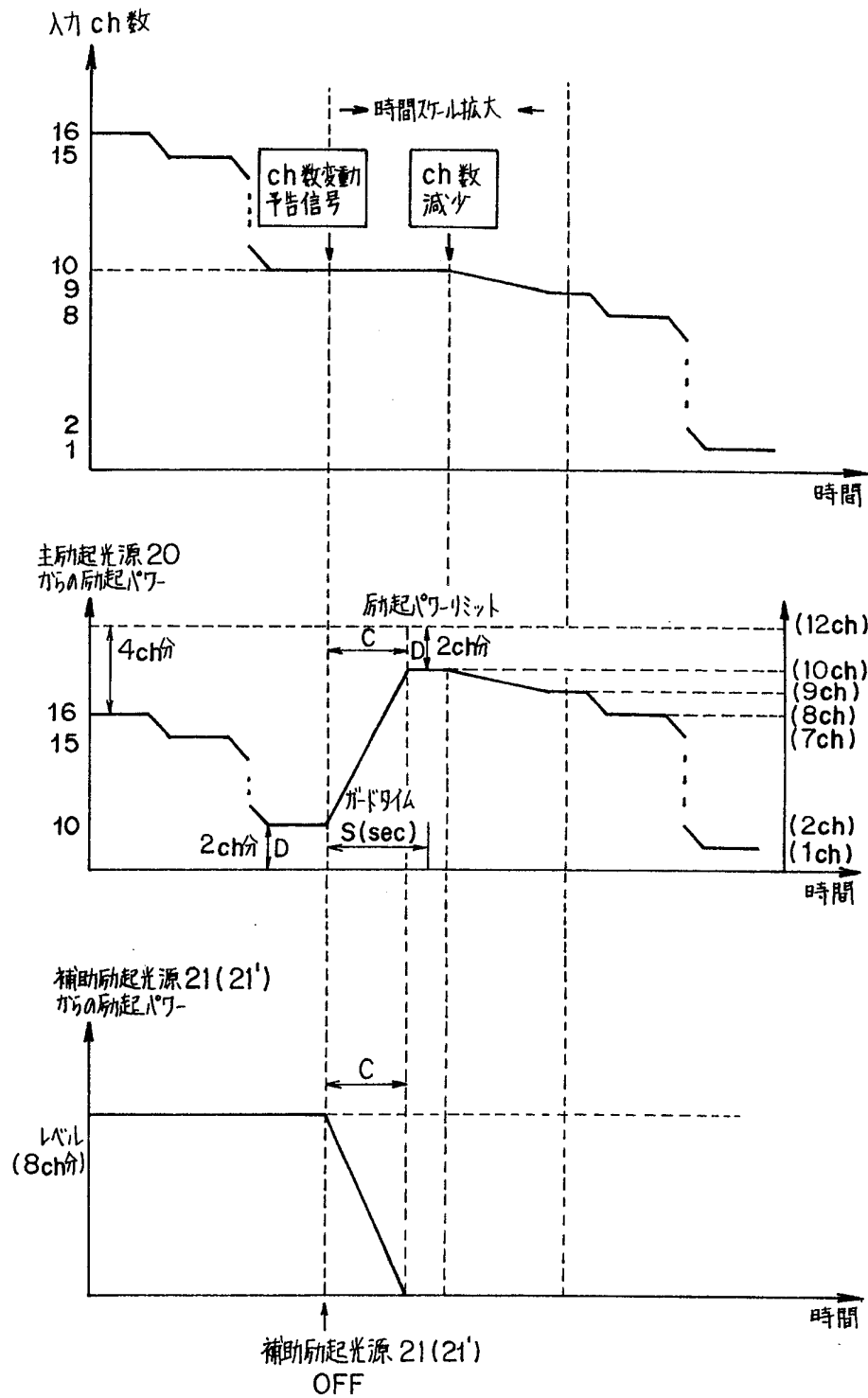


図 20

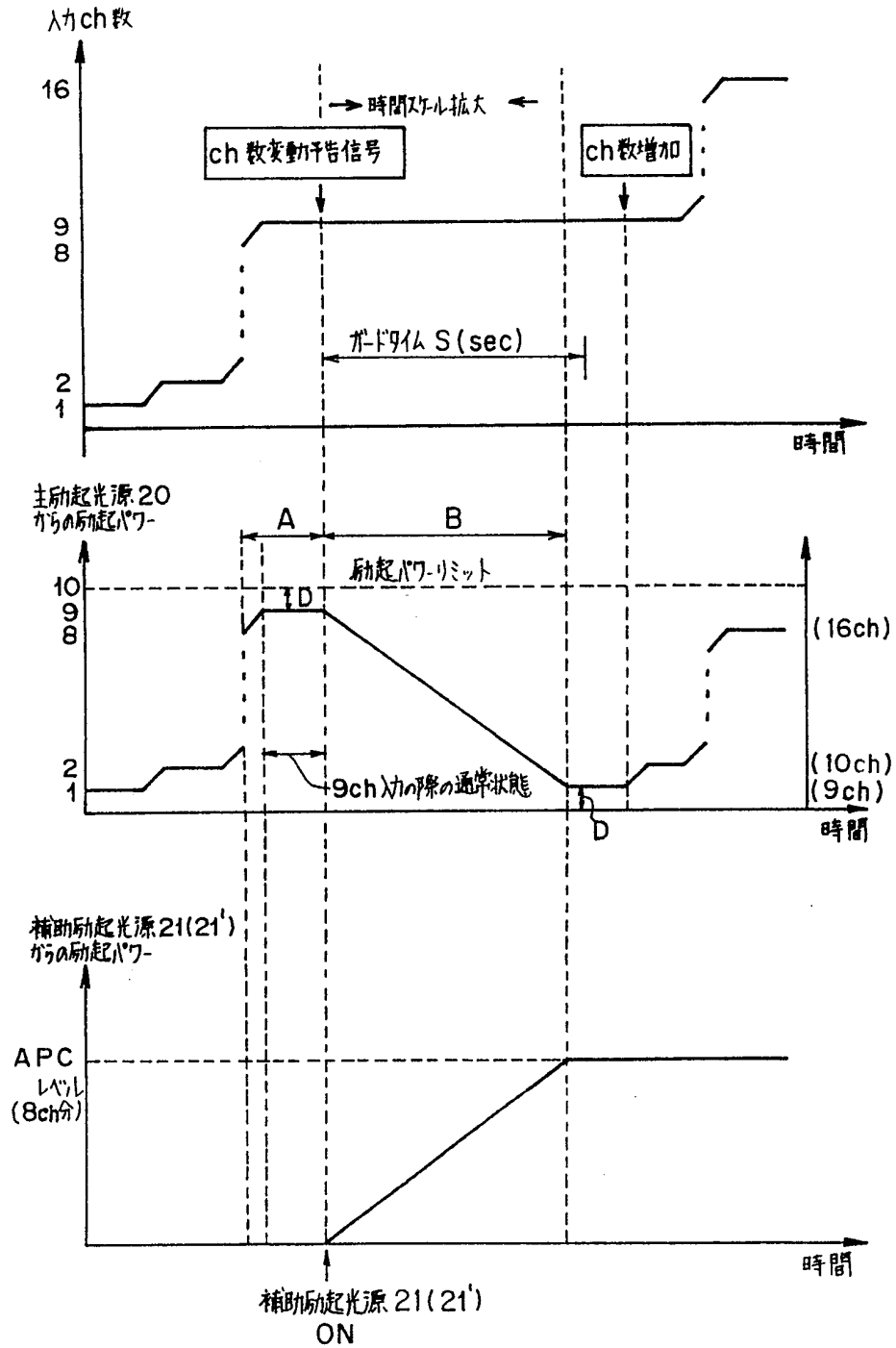


図 21

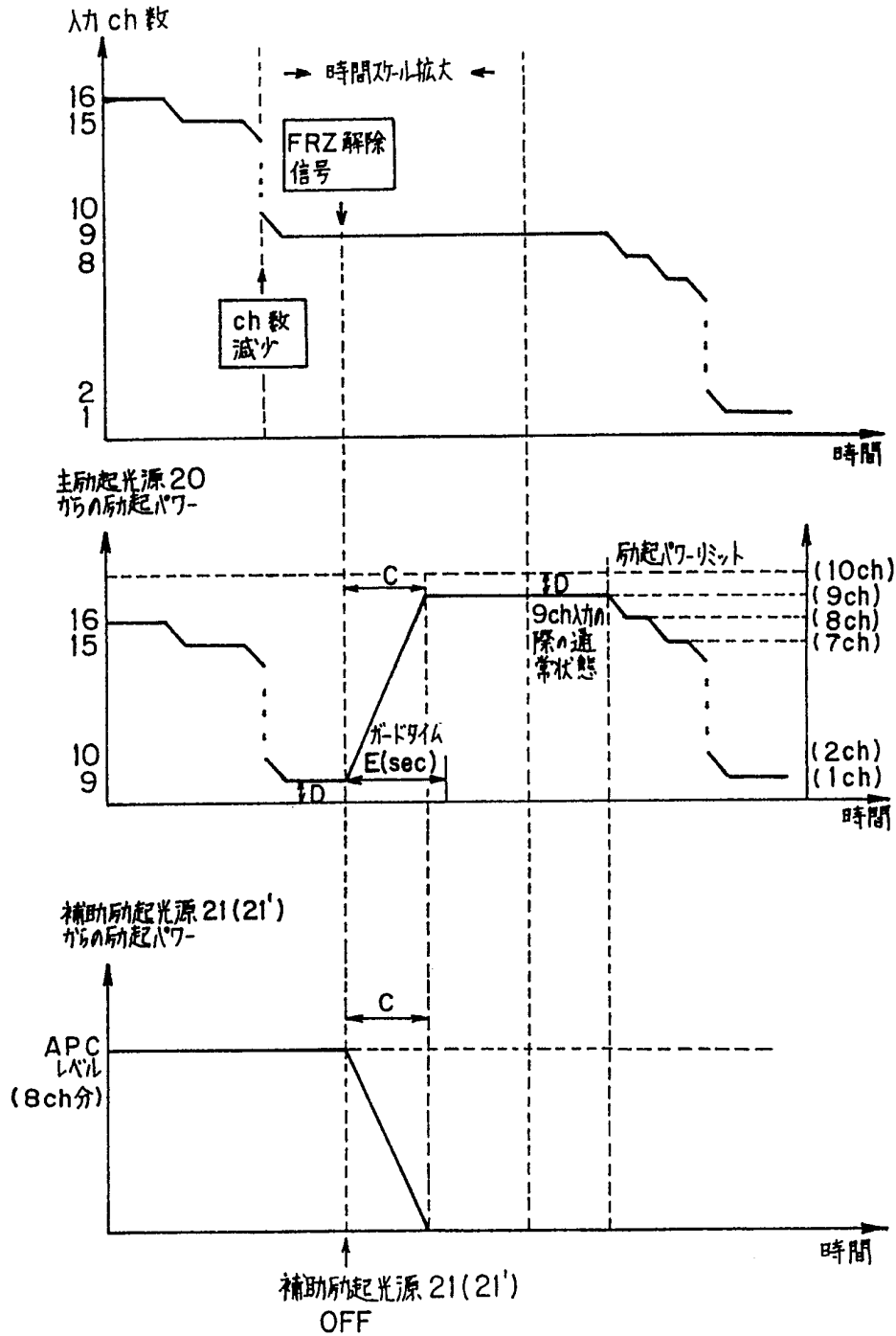


図 22

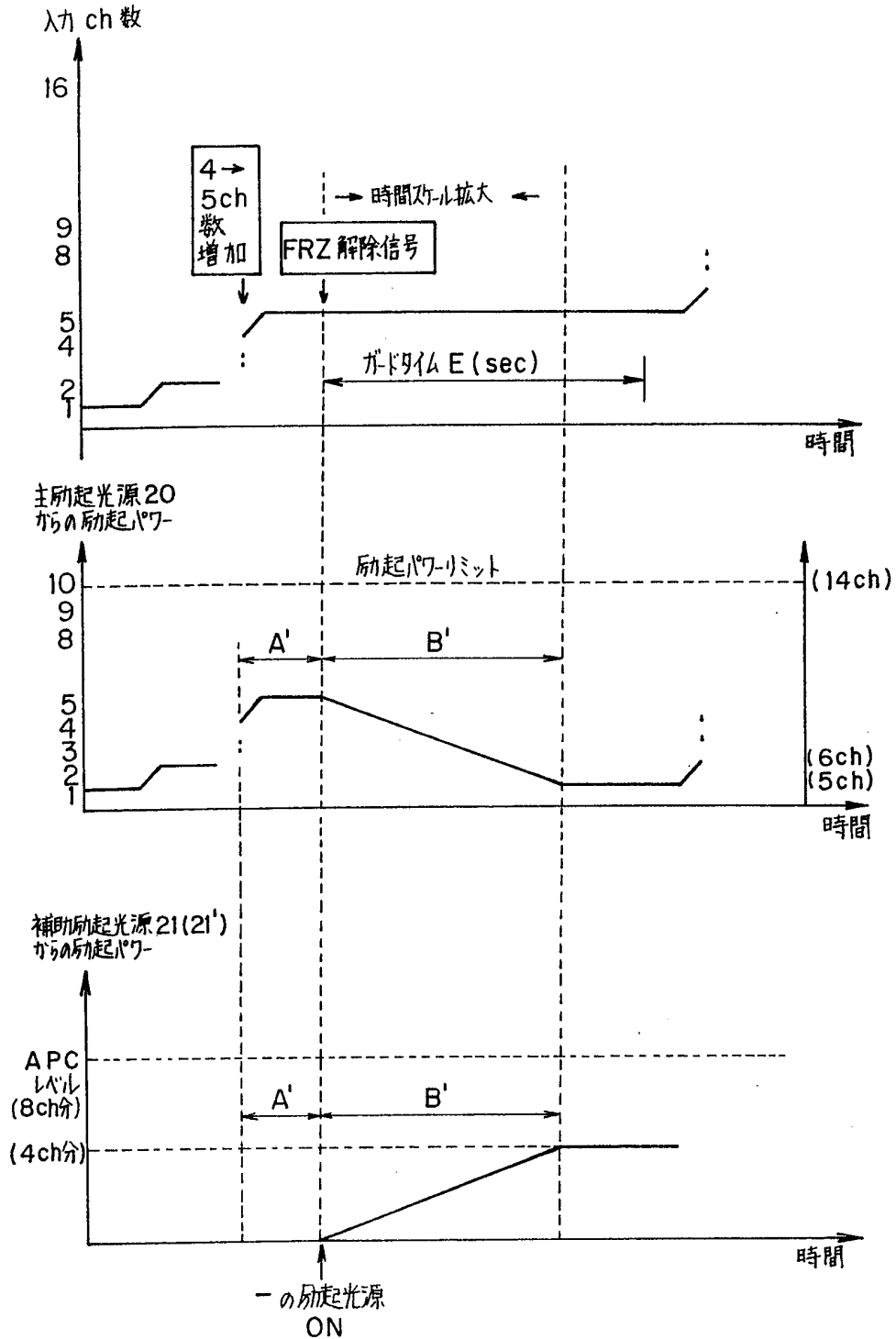


図 23

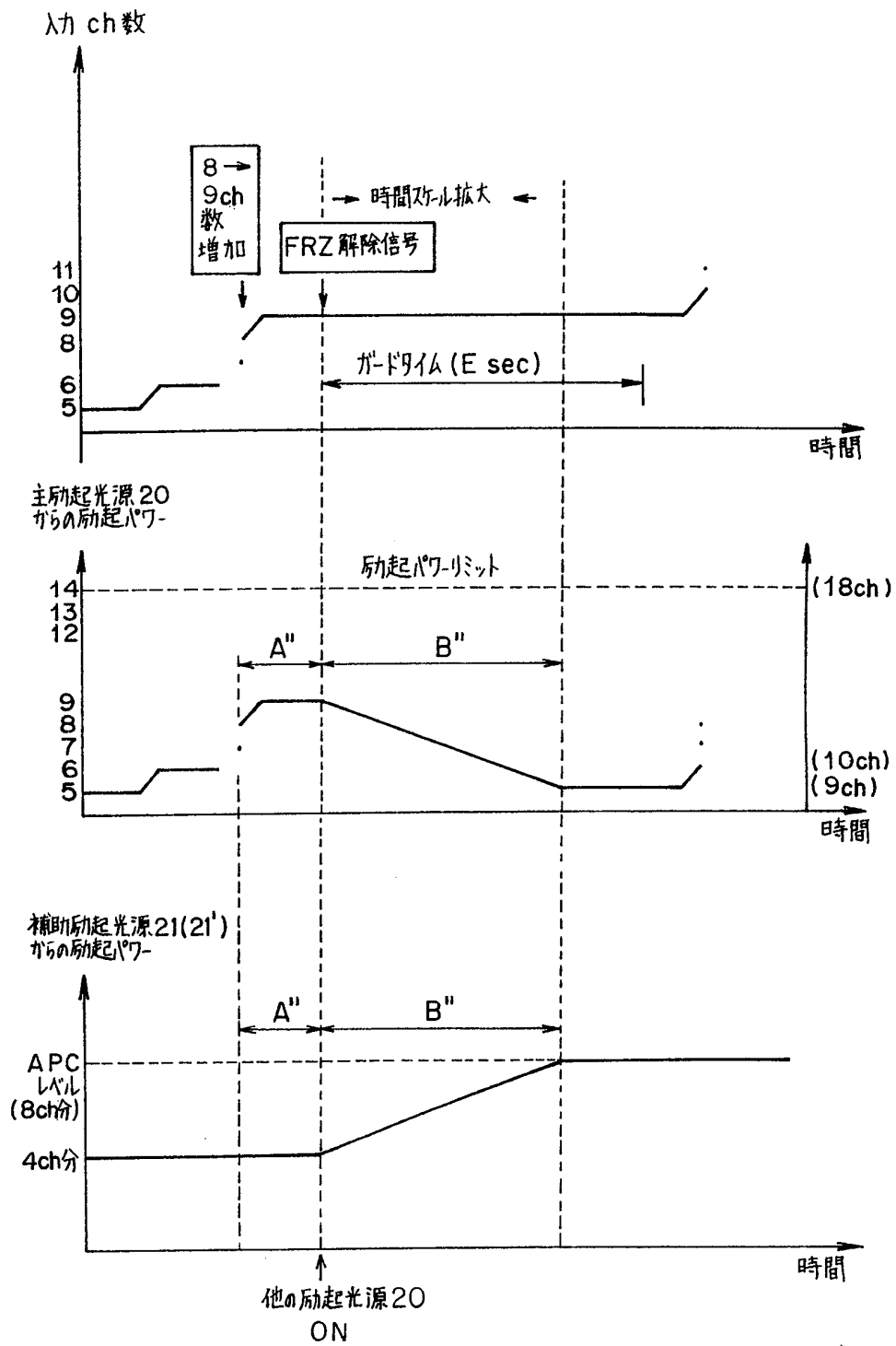


図 24

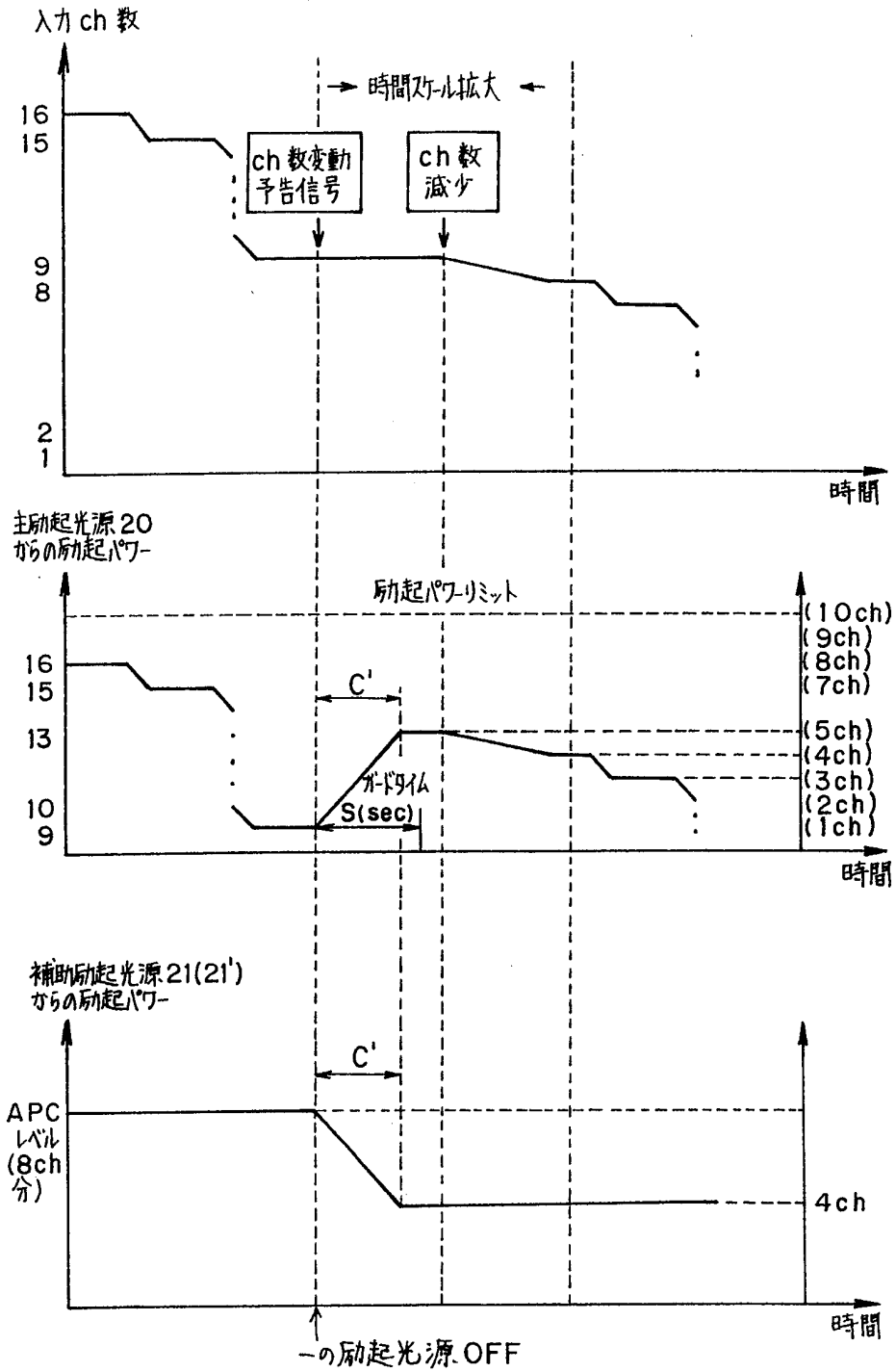


図 25

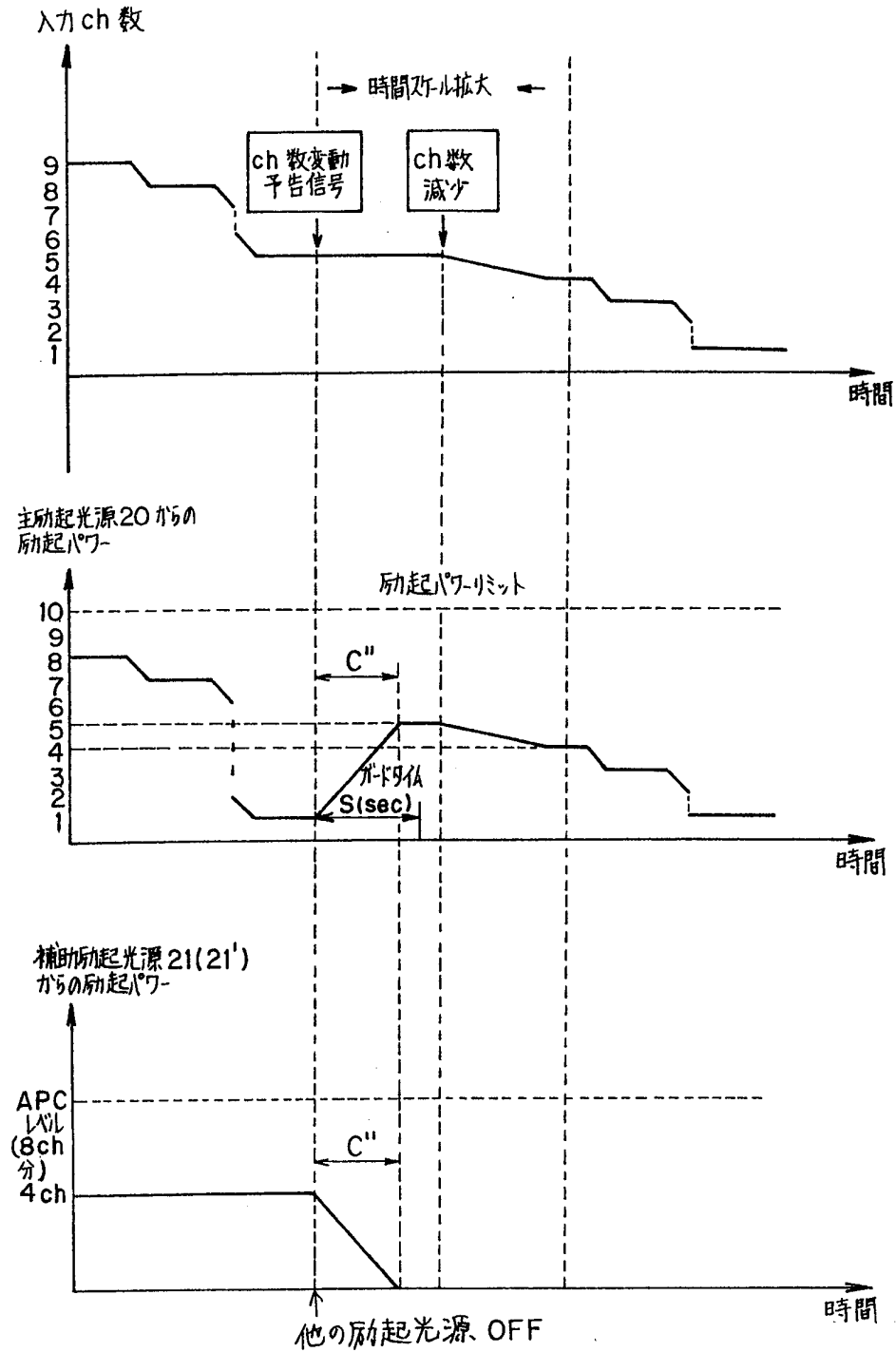
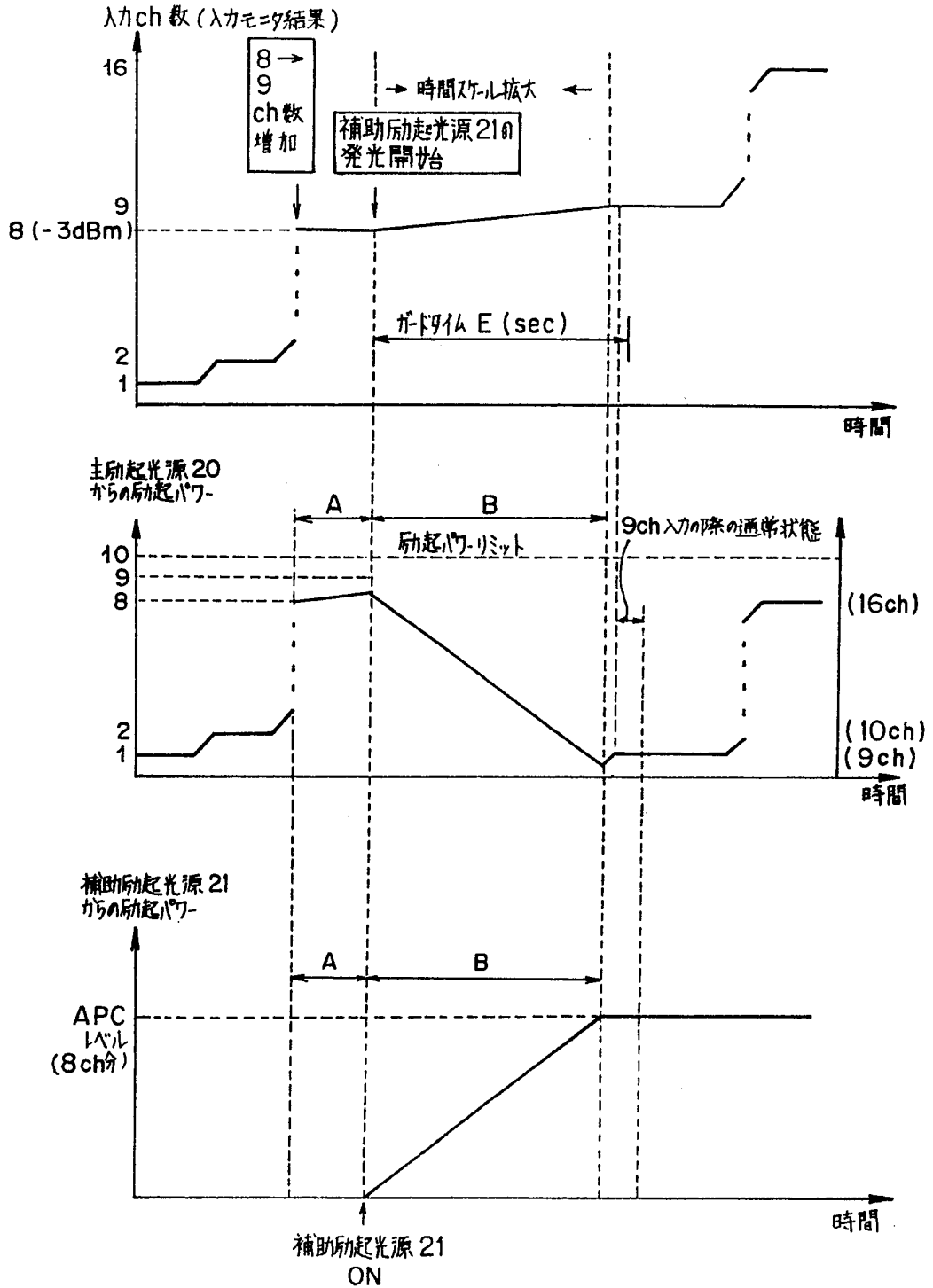


図 26







## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/02515

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl <sup>6</sup> H04B10/12, H04B10/16		
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 <sup>6</sup> H04B10/02-10/24, H01S3/07-3/10, G01F1/35		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1926-1998 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1998		
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	JP, 6-97883, A (NEC Corp.), 8 April, 1994 (08. 04. 94), Pages 2 to 4 (Family: none)	1-23
Y	JP, 4-165334, A (Fujitsu Ltd.), 11 June, 1992 (11. 06. 92), Pages 2 to 4 (Family: none)	1-23
Y	JP, 10-22979, A (NEC Corp.), 23 January, 1998 (23. 01. 98), Pages 2 to 8 (Family: none)	1-23
Y	JP, 10-12951, A (Nippon Telegraph & Telephone Corp.), 16 January, 1998 (16. 01. 98), Pages 2 to 9 (Family: none)	1-23
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 document 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 4 September, 1998 (04. 09. 98)		Date of mailing of the international search report 16 September, 1998 (16. 09. 98)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>o</sup> H04B 10/12 Int. Cl <sup>o</sup> H04B 10/16		
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 <sup>o</sup> H04B 10/02-10/24 Int. Cl <sup>o</sup> H01S 3/07-3/10 Int. Cl <sup>o</sup> G01F 1/35		
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 1926-1998 日本国公開実用新案公報 1971-1998 日本国登録実用新案公報 1994-1998 日本国実用新案登録公報 1996-1998		
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 請求の範囲の番号
Y	J P, 6-97883, A (日本電気株式会社) 8. 4月. 1994 (08. 04. 94), 第2-4頁 (ファミリーなし)	1-23
Y	J P, 4-165334, A (富士通株式会社) 11. 6月. 1992 (11. 06. 92), 第2-4頁 (ファミリーなし)	1-23
Y	J P, 10-22979, A (日本電気株式会社) 23. 1月. 1998 (23. 01. 98), 第2-8頁 (ファミリーなし)	1-23
Y	J P, 10-12951, A (日本電信電話株式会社) 16. 1月. 1998 (16. 01. 98), 第2-9頁 (ファミリーなし)	1-23
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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」 先行文献ではあるが、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	04. 09. 98	国際調査報告の発送日
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) 和田 志郎 5 J 8119 電話番号 03-3581-1101 内線 3536