

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 2 月 27 日 (27.02.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/016853 A1

(51) 国際特許分類: **G01M 11/00, G02F 1/035**

(21) 国際出願番号: PCT/JP02/07784

(22) 国際出願日: 2002 年 7 月 31 日 (31.07.2002)

(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2001-243816 2001 年 8 月 10 日 (10.08.2001) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友大阪セメント株式会社 (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒102-8465 東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 宮崎 徳一 (MIYAZAKI, Norikazu) [JP/JP]; 〒102-8465 東京都千

代田区六番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内 Tokyo (JP). 清水 亮 (SHIMIZU, Ryo) [JP/JP]; 〒102-8465 東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 杉村 純子, 外 (SUGIMURA, Junko et al.); 〒107-0052 東京都港区赤坂 1 丁目 4 番 1 0 号 荒川ビル 4 階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CA, CN, US.

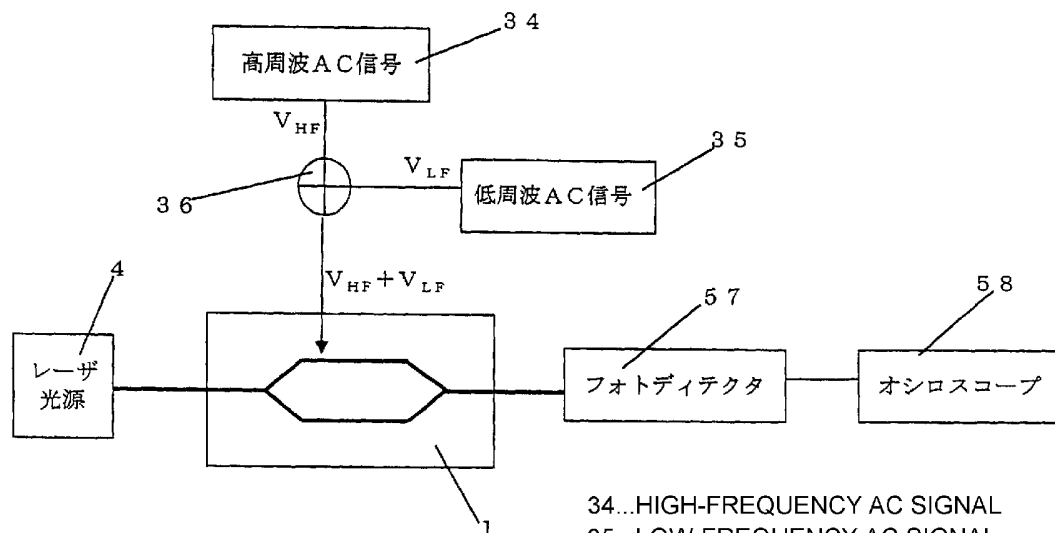
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING HALF-WAVE VOLTAGE OF MACH-ZEHNDER TYPE OPTICAL MODULATOR

(54) 発明の名称: マッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法及び装置



34...HIGH-FREQUENCY AC SIGNAL
35...LOW-FREQUENCY AC SIGNAL
4...LASER LIGHT SOURCE
57...PHOTODETECTOR
58...OSCILLOSCOPE

(57) Abstract: A method and a device for measuring the half-wave voltage of a Mach-Zehnder type optical modulator accurately and without depending on the bias variation of an optical modulator. The method of measuring the half-wave voltage of the Mach-Zehnder type optical modulator comprising the steps of applying a high-frequency AC signal (34) and a monitoring low-frequency AC signal (35) in a superimposed manner to a Mach-Zehnder type optical

[続葉有]



modulator (1), or applying the both respectively to separately constituted electrodes, and observing the low-speed response of an output light from the optical modulator (1), wherein the half-wave voltage at a frequency to be measured of the Mach-Zehnder type optical modulator (1) is measured by using the voltage amplitude of the high-frequency AC signal (34) when the intensity change of an output light by the monitoring low-frequency AC signal (35) is almost zero with the voltage amplitude of the high-frequency AC signal (34) kept variable.

(57) 要約:

マッハツェンダ型光変調器の半波長電圧を精密に、光変調器のバイアス変動に依存せず測定できる方法及び装置を提供するものである。

マッハツェンダ型光変調器 1 に、被測定周波数の高周波 AC 信号 34 とモニタ用の低周波 AC 信号 35 とを重畳して印加、又は両者を別々に構成された電極にそれぞれ印加し、該光変調器 1 からの出力光の低速応答を観測することによりマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧を測定する方法において、該高周波 AC 信号 34 の電圧振幅を変え、該モニタ用低周波 AC 信号 35 による出力光の強度変化がほぼ 0 となる時の該高周波 AC 信号 34 の電圧振幅を用いて、マッハツェンダ型光変調器 1 の被測定周波数における半波長電圧を測定する。

明 細 書

マッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法及び装置

技術分野

本発明は、マッハツェンダ型光変調器（以下、M Z 型光変調器をいう）の半波長電圧（A C 半波長電圧ともいう）の測定方法及び測定装置に関わり、特に高速、大容量光ファイバ通信に用いられる高周波変調に対応したM Z 型光変調器の高周波における半波長電圧を測定するための測定方法及び測定装置に関する。

背景技術

光変調器は、光通信における送信部などに用いられる主要な素子であり、特に、L i N b O₃（L N）を用いて製作されたM Z 型光変調器は、近年の高速大容量光通信において、高速・広波長帯域・低チャープといった特徴から非常に多く使用されている。

M Z 型光変調器 1 は、第 1 図に示すように、電気光学効果を有する基板上に、光波を導波するための光導波路 2 と、前記光波にマイクロ波帯域の高速変調信号を印加するための電極（不図示）などによって構成される。M Z 型光変調器の動作原理は、光導波路 2 の一端から入力された光が、途中で分岐されると共に信号源から印加された電気信号の電圧の大き

さに依存して屈折率が変化した基板中を通過するため相互の光に速度差を生じ、分岐した光が合流した際には、相互に位相のずれが発生し、合成された光出力は、該電気信号に応じた強度変化を示すものである。

第2図は、MZ型光変調器1に印加される信号源3の入力電圧(V)変化に対する、光出力(I)変化を示すグラフであり、一般に、入力電圧Vが増加するに従い、光出力Iは一定の範囲を正弦波的に振動する曲線を描く。第2図のように、光出力における最小点と最大点との間の入力電圧幅を半波長電圧 V_{π} と呼び、光通信における光変調器でON/OFFスイッチング制御を行う際に、光変調器に印加する電気信号の電圧値を決定する重要な数値である。

同じ光変調器であっても、半波長電圧は光変調器に印加される電気信号の周波数に応じて変化し、しかも、近年の光通信の高速・大容量化に伴い、光変調器の駆動周波数も高周波化し、10GHzやそれ以上の周波数においても正確な半波長電圧を測定することが要求されている。

半波長電圧の測定方法としては、第3図のように光出力を直接観察する測定方法(従来例1)や、米国特許第6,204,954号に示す第5図のような光出力の平均出力値を用いる測定方法(従来例2)などがある。

従来例1では、第3図に示すように、MZ型光変調器1にレーザ光源4からの光を入射すると共に、高周波AC信号31にバイアス用のDC電源32からのバイアス電圧をバイア

ス T 3 3 により重畳した電圧を M Z 型光変調器 1 に印加する。そして、M Z 型光変調器 1 から出射される光を、高速フォトディテクタ 5 1 により検出し、検出出力をサンプリングオシロスコープ 5 2 で観測することにより行われる。

従来例 1 の測定方法は、M Z 型光変調器 1 の入力電圧 V と光出力 I との関係 ($V-I$ 特性) が、第 4 図のグラフ A に示すような場合、ピークーピーク電圧振幅値 V_{P-P} を持つ高周波 A C 信号にバイアス電圧 V_B が重畳されて、グラフ B のような入力電圧が M Z 型光変調器 1 に印加されると、光出力はグラフ C のようになり、このグラフ C の波形はサンプリングオシロスコープ 5 2 で直接観察される。

そして、この直接観察を行いながら、グラフ C のピークーピークの振幅幅が最大となるように、 V_{P-P} と V_B の電圧値を調整し、最大時の V_{P-P} を測定することで、M Z 型光変調器 1 の半波長電圧 V_π が求められる ($V_\pi = V_{P-P}$)。

しかしながら、従来例 1 の測定方法では、10GHz を超える高周波では、高速フォトディテクタ 5 1 など受光系の周波数特性の問題から、正確な光波形 (第 4 図のグラフ C) を観察するのが困難である。このため、精密な半波長電圧の測定が出来ない。

他方、従来例 2 では、第 5 図に示すように、レーザ光が通過している M Z 型光変調器 1 に対して、高周波 A C 信号 3 1 に D C 電源 3 2 からのバイアス電圧をバイアス T 3 3 により重畳した電圧を印加する。そして、M Z 型光変調器 1 から出

射される光を光カプラー 53 で分岐し、一方の光を光パワーメータ 54 に、他方の光をフォトディテクタ 55 により検出し、検出出力をスペクトラムアナライザ 56 に導入するように構成される。

従来例 2 の測定方法は、M Z 型光変調器 1 の入力電圧 V と光出力 I との関係 ($V-I$ 特性) が、第 6 図のグラフ A に示すような場合、バイアス電圧 V_B を $V-I$ 特性のグラフ A のピーク値を示す入力電圧となるように調整 (バイアス点調整) し、バイアス電圧 V_B にピーク-ピーク電圧振幅値 V_{P-P} を有する高周波 AC 信号を重畳した場合 (グラフ B 1) の光出力の平均出力値 (グラフ C 1) や、高周波 AC 信号を付加しない場合 (バイアス電圧 V_B のみ。グラフ B 2) の光出力値 (グラフ C 2)、そして、高周波 AC 信号の V_{P-P} を各々測定する。そして、 $V-I$ 特性が正弦関数になることを利用して、M Z 型光変調器の半波長電圧 V_π を求めることができる。

従来例 2 の測定方法では、高周波において精密な半波長電圧が測定できるが、M Z 型光変調器のバイアス点調整が必要であり、バイアス点変動が生じて光出力に揺らぎがある場合の正確な半波長電圧の測定が難しいという問題がある。また、半波長電圧の計算に用いるパラメータが多く、計算が煩雑となっている。

本発明は、上記のような問題点を解決し、M Z 型光変調器の半波長電圧の測定において、高周波においても精密な測定が可能で、該光変調器のバイアス点変動に依存せず、しかも

計算に用いるパラメータも簡潔な測定方法及び装置を提供することである。

発明の開示

上記課題を解決するために、請求の範囲第1項に係るマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法は、マッハツェンダ型光変調器に、被測定周波数の高周波AC信号とモニタ用の低周波AC信号とを重畳して印加、又は両者を別々に構成された電極にそれぞれ印加し、該光変調器からの出力光の低速応答を観測することによりマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧を測定する方法において、該高周波AC信号の電圧振幅を可変し、該モニタ用低周波AC信号による出力光の強度変化がほぼ0となる時の該高周波AC信号の電圧振幅を用いて、マッハツェンダ型光変調器の被測定周波数における半波長電圧を測定することを特徴とする。

請求の範囲第2項に係るマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法は、請求の範囲第1項に記載のマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法において、該モニタ用低周波AC信号による出力光の強度変化がほぼ0となる時の該高周波AC信号の電圧振幅のピークーピーク電圧振幅値 V_{p-p} と、マッハツェンダ型光変調器の半波長電圧値 V_{π} との関係が、

式 $J_0(\pi V_{p-p} / (2 V_{\pi})) = 0$ (J_0 は0次のベッセル関数)

の関係を満足することを特徴とする。

請求の範囲第3項に係るマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法は、請求の範囲第1項に記載のマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法において、該モニタ用低周波AC信号による出力光の強度変化がほぼ0となる時の該高周波AC信号の電圧振幅でピーク－ピーク電圧振幅値が最小となる値を V_{P-Pmin} とした場合に、マッハツェンダ型光変調器の半波長電圧値 V_{π} が、

$$\pi V_{P-Pmin} / (2 V_{\pi}) = 2.405$$

の関係を満足することを特徴とする。

請求の範囲第4項に係るマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定装置は、請求の範囲第1項乃至第3項のいずれかに記載のマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法を用いて、マッハツェンダ型光変調器の半波長電圧を測定可能としたことを特徴とする。

図面の簡単な説明

第1図は、MZ型光変調器の概略図。

第2図は、MZ型光変調器のV－I特性を示すグラフ。

第3図は、従来例1の測定方法を示す概略図。

第4図は、従来例1の測定方法によるV－I特性等の関係を示すグラフ。

第5図は、従来例2の測定方法を示す概略図。

第6図は、従来例2の測定方法によるV－I特性等の関係

を示すグラフ。

第 7 図は、本発明の測定方法を示す概略図。

第 8 図は、本発明の測定法による光出力の低速応答の状態変化を示すグラフ。

第 9 図は、本発明の実験例を示す概略図

第 10 図は、本発明の測定結果を利用した場合の M Z 型光変調器における電気・光応答特性を示すグラフ。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を好適例を用いて詳細に説明するが、本発明の範囲は、当該好適例に限定されるものではない。

本発明では、第 7 図に示すように、M Z 型光変調器 1 に、被測定周波数の高周波 A C 信号 3 4 とモニタ用の低周波 A C 信号 3 5 を重畳して印加、又は第 9 図に示すように、両者を別々に構成された電極（具体的には、R F 用信号電極とバイアスポート用接地電極）にそれぞれ印加し、光変調器の出力光の低速応答（低周波 A C 信号 3 5 に対応した変化）を、フォトディテクタ 5 7 とオシロスコープ 5 8 により観測し、この波形の観察に合わせて、高周波 A C 信号 3 4 の電圧振幅を調整することにより、M Z 型光変調器 1 の半波長電圧の測定を可能とするものである。

本発明によれば、M Z 型光変調器に係る測定で問題となるバイアス点の調整・制御を行う必要が無く、しかも、非常に簡便に精密な半波長電圧の測定をすることが可能となる。

本発明の測定原理について説明する。

高周波 A C 信号 3 4 による位相変化を Φ_1 、低周波 A C 信号 3 5 による位相変化を Φ_2 とすると、M Z 型光変調器 1 の光出力は、式 1 で表される。ただし、 I_0 は光出力の最大値、 V_{p-p} は高周波 A C 信号 3 4 のピーク－ピーク電圧振幅値、 f は被測定周波数である高周波 A C 信号 3 4 の周波数、 V_π は被測定周波数 f での M Z 型光変調器 1 の半波長電圧を、各々意味する。

式 1

$$I = \frac{I_0}{2} [1 + \cos(\Phi_1 + \Phi_2)] \quad (1)$$

$$\Phi_1 = \frac{\pi V_{p-p}}{2V_\pi} \sin(2\pi f t)$$

次に、式 1 の光出力 I に係る低速応答 I' は、高周波 A C 信号（周波数 f ）の時間平均をとることに相当し、式 2 のように表すことができる。

式 2

$$I' = f \int_0^{1/f} \frac{I_0}{2} [1 + \cos(\Phi_1 + \Phi_2)] dt$$

$$= f \int_0^{1/f} \frac{I_0}{2} [1 + \cos \Phi_1 \cos \Phi_2 - \sin \Phi_1 \sin \Phi_2] dt \quad (2)$$

さらに、式 2 を級数展開して整理すると、式 3 のように表すことができる。

式 3

$$\begin{aligned}
I' &= f \int_0^{1/f} \frac{I_0}{2} \left[1 + \cos \left\{ \frac{\pi V_{p-p}}{2V_\pi} \sin(2\pi f t) \right\} \cos \Phi_2 - \sin \left\{ \frac{\pi V_{p-p}}{2V_\pi} \sin(2\pi f t) \right\} \sin \Phi_2 \right] dt \\
&= f \int_0^{1/f} \frac{I_0}{2} \left[1 + \sum_{n=0}^{\infty} \varepsilon_n \cos(2n \cdot 2\pi f t) J_{2n} \left\{ \frac{\pi V_{p-p}}{2V_\pi} \right\} \cos \Phi_2 \right. \\
&\quad \left. - \sum_{n=0}^{\infty} 2 \sin \{(2n+1)2\pi f t\} J_{2n+1} \left\{ \frac{\pi V_{p-p}}{2V_\pi} \right\} \sin \Phi_2 \right] dt \\
&= \frac{I_0}{2} \left[1 + J_0 \left(\frac{\pi V_{p-p}}{2V_\pi} \right) \cos \Phi_2 \right] \quad (3)
\end{aligned}$$

$$\text{ただし } \varepsilon_n = \begin{cases} 1 \cdots n = 0 \\ 2 \cdots n \neq 0 \end{cases}$$

式 3 から、M Z 型光変調器の光出力の低速応答 I' は、定数項、0 次のベッセル関数と余弦関数の積で表される。ここでベッセル関数で表される量は、高周波 A C 信号 3 4 による出力変化であり、余弦関数で表される量は、低周波 A C 信号 3 5 による出力変化である。

今、ベッセル関数の項を 0 とするような電圧 V_{p-p} の高周波 A C 信号 3 4 を入力した場合、式 3 の第 2 項は 0 となり、いかなる低周波 A C 信号 3 5 を入力しても、光出力の低速応答 I' は $I_0/2$ となり、一定の光出力となる。この様子を示したのが第 8 図 (b) である。

つまり、M Z 型光変調器 1 に加える高周波 A C 信号 3 4 の電圧振幅を連続的に変化させながら、M Z 型光変調器 1 から

の出力光の低速応答をオシロスコープ 58 により観測し、第 8 図 (a) のように低周波 AC 信号の影響で光出力が変動している状態が、第 8 図 (b) のように光出力が一定となった場合に、M Z 型光変調器 1 に入力している高周波 AC 信号 34 の電圧 V_{p-p} を測定することにより、被測定周波数 f における半波長電圧 V_{π} を算出することができる。

光出力の低速応答 I' が一定となった場合の V_{p-p} と V_{π} との関係は、式 3 のベッセル関数の項を 0 にする条件である

$J_0(\pi V_{p-p} / (2 V_{\pi})) = 0$ (J_0 は 0 次のベッセル関数)

により、導出できる。

ただし、0 次のベッセル関数が 0 となる条件は複数あるため、通常は必要な信号電圧が最小ですむ、最初に光出力が最小となるピーク－ピーク電圧振幅値 $V_{p-p\ min}$ から、 $\pi V_{p-p\ min} / (2 V_{\pi}) = 2.405$ の関係を用いて半波長電圧値 V_{π} を算出する。

本発明に係る実験の一例を第 9 図、第 10 図に示す。

M Z 型の L N 光変調器 11 には、レーザ光源から発生された $1.55\ \mu\text{m}$ のレーザ光を、偏波コントローラ 42 を通過させて偏波状態を調整して入射させる。

L N 光変調器 11 には、被測定周波数 f の高周波 AC 信号とモニタ用の低周波 AC 信号を重畳して入力する。高周波 AC 信号の入力は、高周波信号発生器 34-1 からの高周波マ

マイクロ波を高周波アンプ 34-2 により電圧振幅値を可変して、LN 光変調器 11 の高周波用 (RF) ポートに入力する。また、低周波 AC 信号の入力は、低周波信号発生器 35-1 から 1 kHz の正弦波を LN 光変調器 11 のバイアス (BIAS) ポートに入力する。低周波 AC 信号の振幅電圧は半波長電圧の 2 倍以上に設定することで、常に光出力の振幅値が最大となるため、観測が容易となり、より精度の高い測定が可能となる。

LN 光変調器 11 からの出射光は、フォトディテクタ 57 で光出力を検出し、検出信号をオシロスコープ 58 で観測する。

本実験例における測定結果は、各被測定周波数 1 GHz、5 GHz、10 GHz に対し、半波長電圧は 4.9 V、5.7 V、6.4 V となった。

第 10 図では、この測定結果である半波長電圧を利用した場合の LN 光変調器 11 の電気・光応答特性と、光コンポーネントアナライザによる LN 光変調器 11 の電気・光応答特性の測定結果を比較したものである。これによると両者は非常に良く一致しており、本発明の測定は従来のものと比較し大幅に簡素化して測定しているにも拘わらず、測定結果は LN 光変調器 11 の特性を的確に捉えていることから、本発明の測定精度は非常に優れたものと言える。

また、本発明の測定方法及び装置は自動化することも可能であり、例えば、高周波 AC 信号の電圧振幅 V_{p-p} を 0 から

自動的に増加させ、光出力の低速応答 I' の変動幅が所定値以内（所定値は 0 に近いほどより正確な測定結果が得られるが、測定誤差などの影響により完全に 0 とすることは困難なため、測定結果の用途に応じて効率的な測定が行える値を設定するのが望ましい）になった時点の値 V_{p-p} を記憶させ、該値を用いて別途設けられた演算装置により半波長電圧 V_{π} を算出するように構成することができる。そして、被測定周波数を順次変更しながら、同様な測定方法を繰り返すことで、任意の周波数帯域に渡る半波長電圧を自動的に測定することが可能となる。

産業上の利用可能性

本発明によれば、モニタ用低周波 AC 信号による出力光の強度変化がほぼ 0 となる時の高周波 AC 信号の電圧振幅値の最小値 $V_{p-p \min}$ を測定し、式 $\pi V_{p-p \min} / (2 V_{\pi}) = 2.405$ に代入するだけで、簡単にマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧 V_{π} が測定できる。

しかも、被測定周波数が高周波であっても、直接高周波波形を観測する必要がないため、精密な測定が可能であると共に、バイアス点に依存しない測定方法のため、バイアス点調整が不要な上、光変調器のバイアス点変動の影響を受けない。

さらに、半波長電圧 V_{π} の計算に用いるパラメータも $V_{p-p \min}$ のみでよいなど、極めて効果的なマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法及び装置が提供できる。

請 求 の 範 囲

1. マッハツェンダ型光変調器に、被測定周波数の高周波 A C 信号とモニタ用の低周波 A C 信号とを重畳して印加、又は両者を別々に構成された電極にそれぞれ印加し、該光変調器からの出力光の低速応答を観測することによりマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧を測定する方法において、

該高周波 A C 信号の電圧振幅を可変し、該モニタ用低周波 A C 信号による出力光の強度変化がほぼ 0 となる時の該高周波 A C 信号の電圧振幅を用いて、マッハツェンダ型光変調器の被測定周波数における半波長電圧を測定することを特徴とするマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法。

2. 請求の範囲第 1 項に記載のマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法において、

該モニタ用低周波 A C 信号による出力光の強度変化がほぼ 0 となる時の該高周波 A C 信号の電圧振幅のピーク－ピーク電圧振幅値 V_{P-P} と、マッハツェンダ型光変調器の半波長電圧値 V_{π} との関係が、

式 $J_0(\pi V_{P-P} / (2 V_{\pi})) = 0$ (J_0 は 0 次のベッセル関数)

の関係を満足することを特徴とするマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法。

3. 請求の範囲第 1 項に記載のマッハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法において、

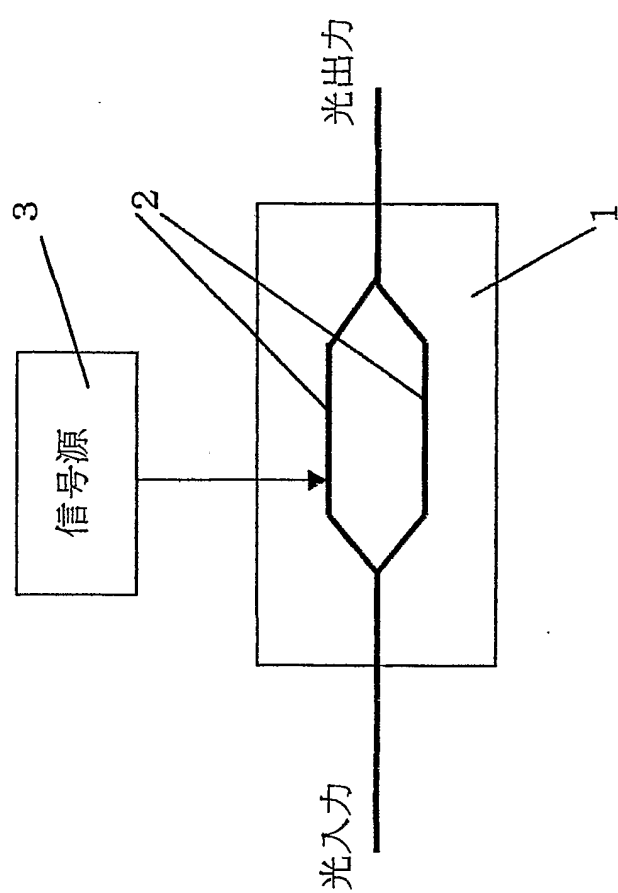
該モニタ用低周波 A C 信号による出力光の強度変化がほぼ 0 となる時の該高周波 A C 信号の電圧振幅でピーク－ピーク電圧振幅値が最小となる値を $V_{P-P_{min}}$ とした場合に、マツハツェンダ型光変調器の半波長電圧値 V_{π} が、

$$\text{式} \quad \pi V_{P-P_{min}} / (2 V_{\pi}) = 2.405$$

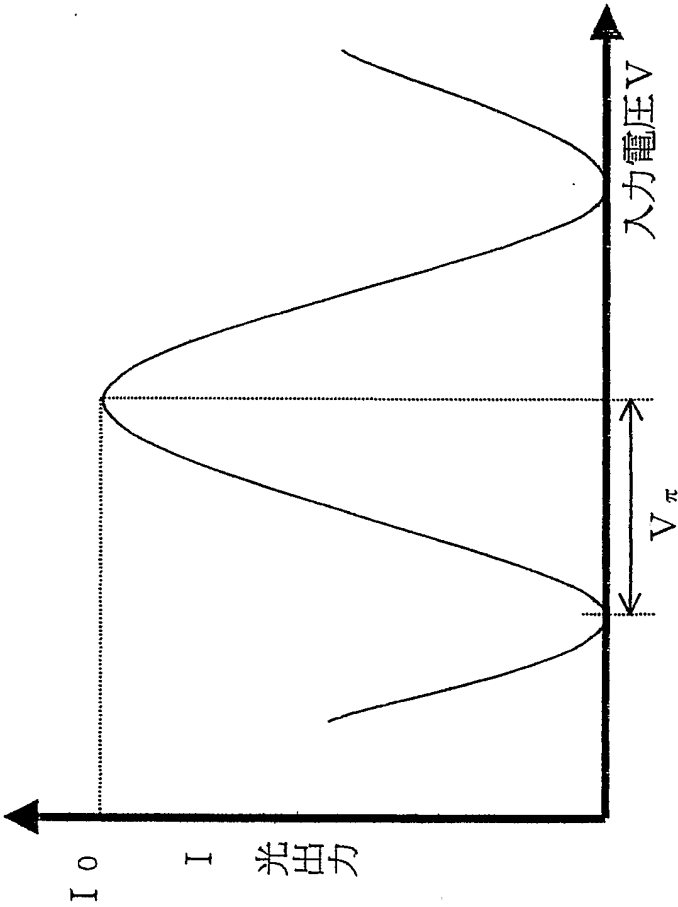
の関係を満足することを特徴とするマツハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法。

4. 請求の範囲第 1 項乃至第 3 項のいずれかに記載のマツハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定方法を用いて、マツハツェンダ型光変調器の半波長電圧を測定可能としたことを特徴とするマツハツェンダ型光変調器の半波長電圧測定装置。

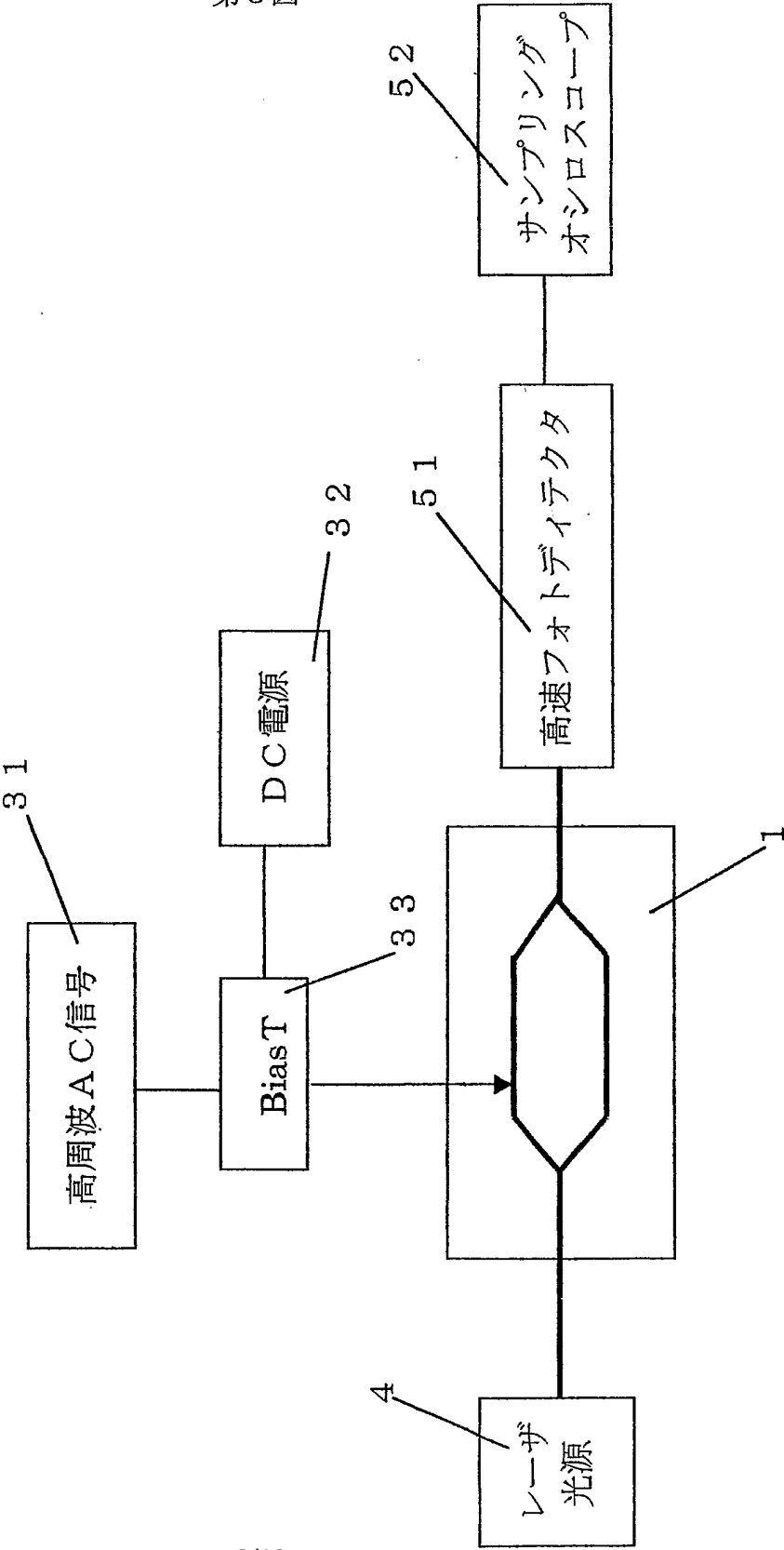
第1図



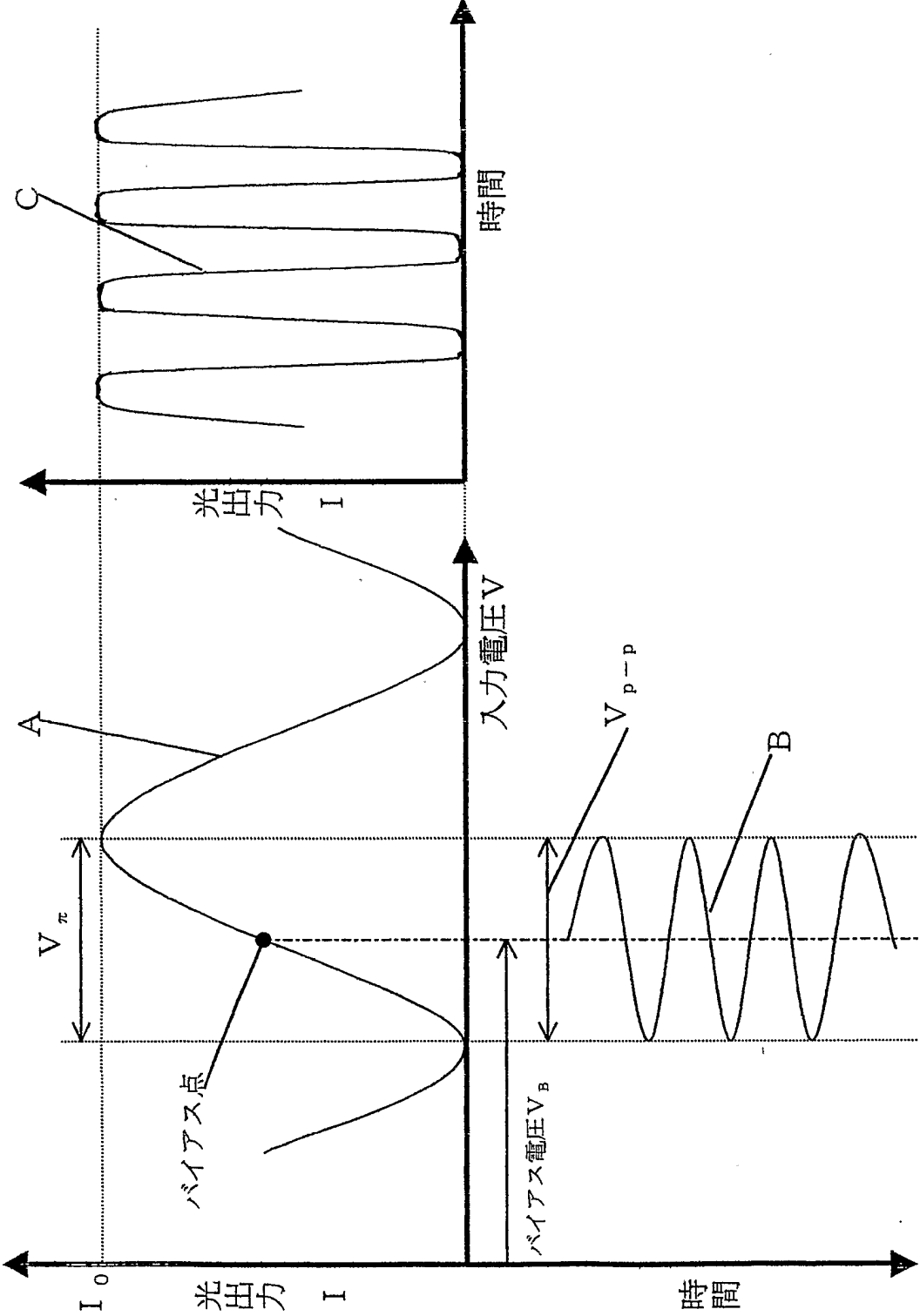
第2図



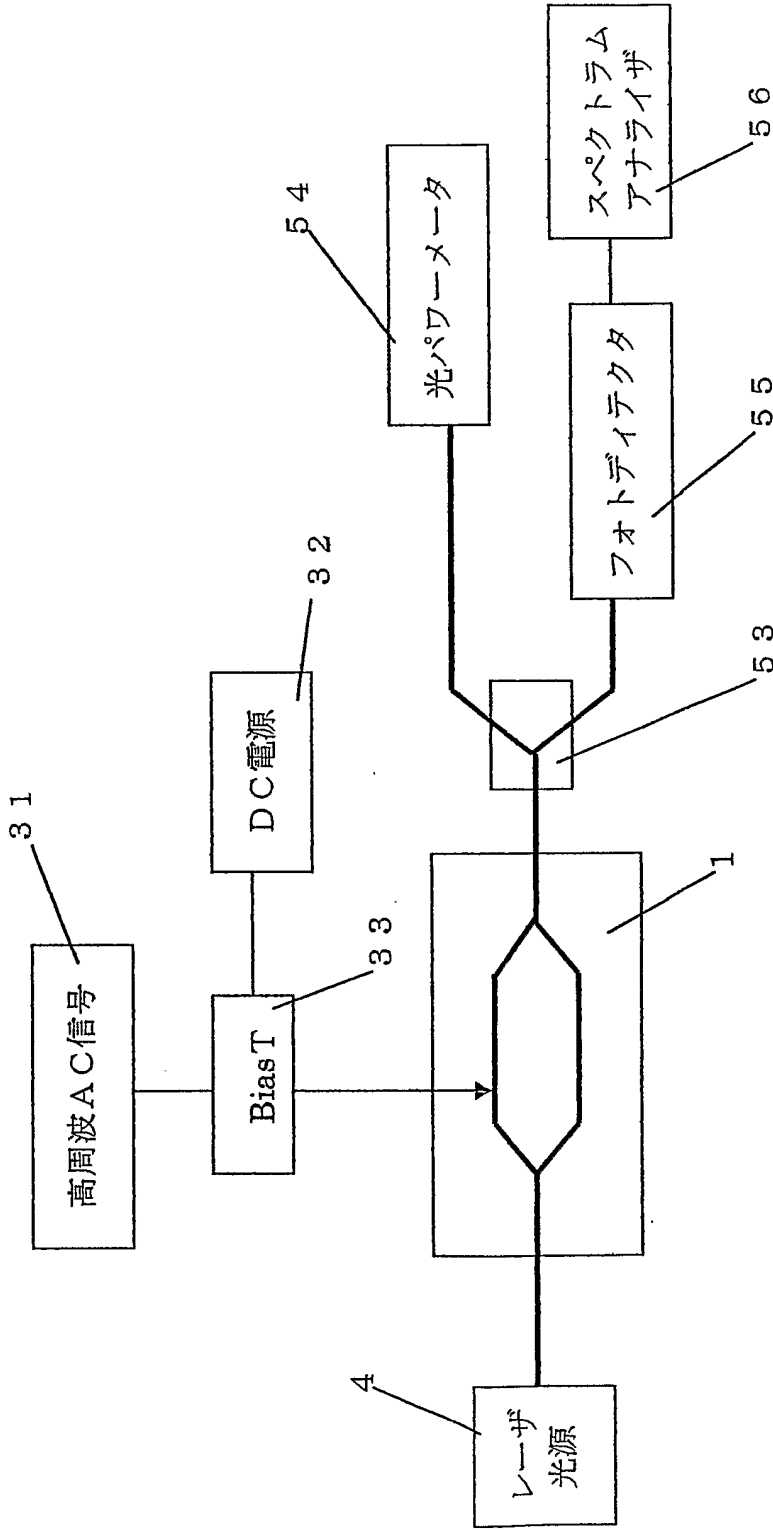
第3図



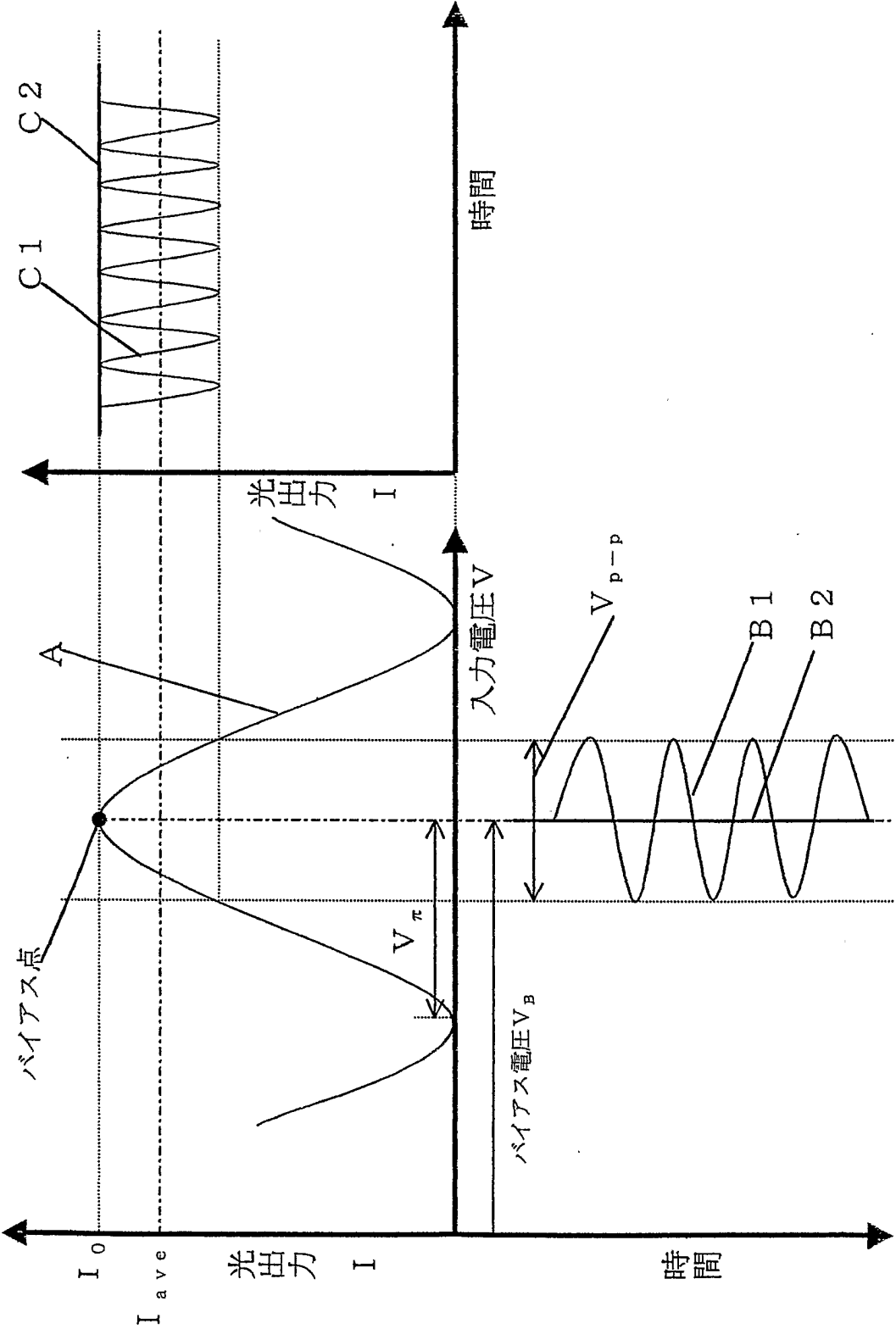
第4図



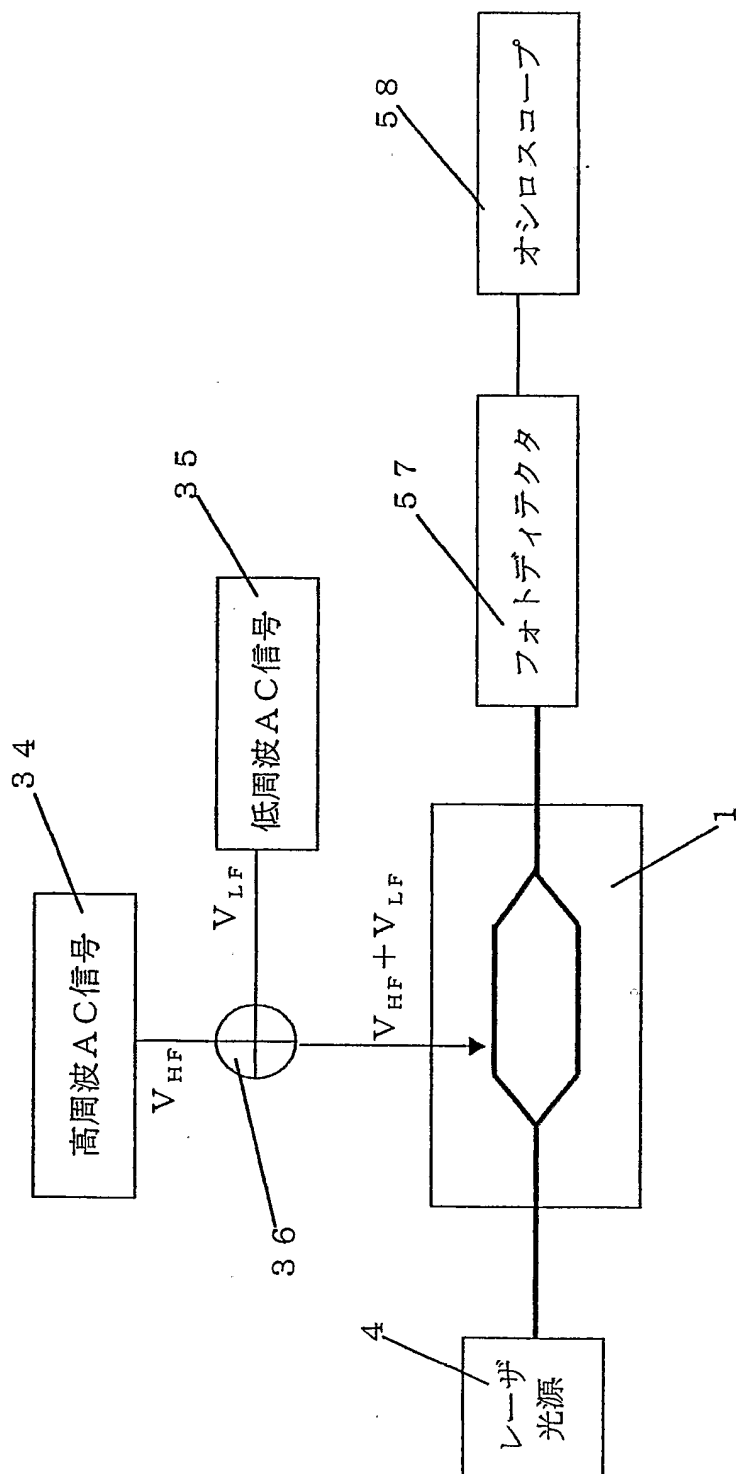
第5図



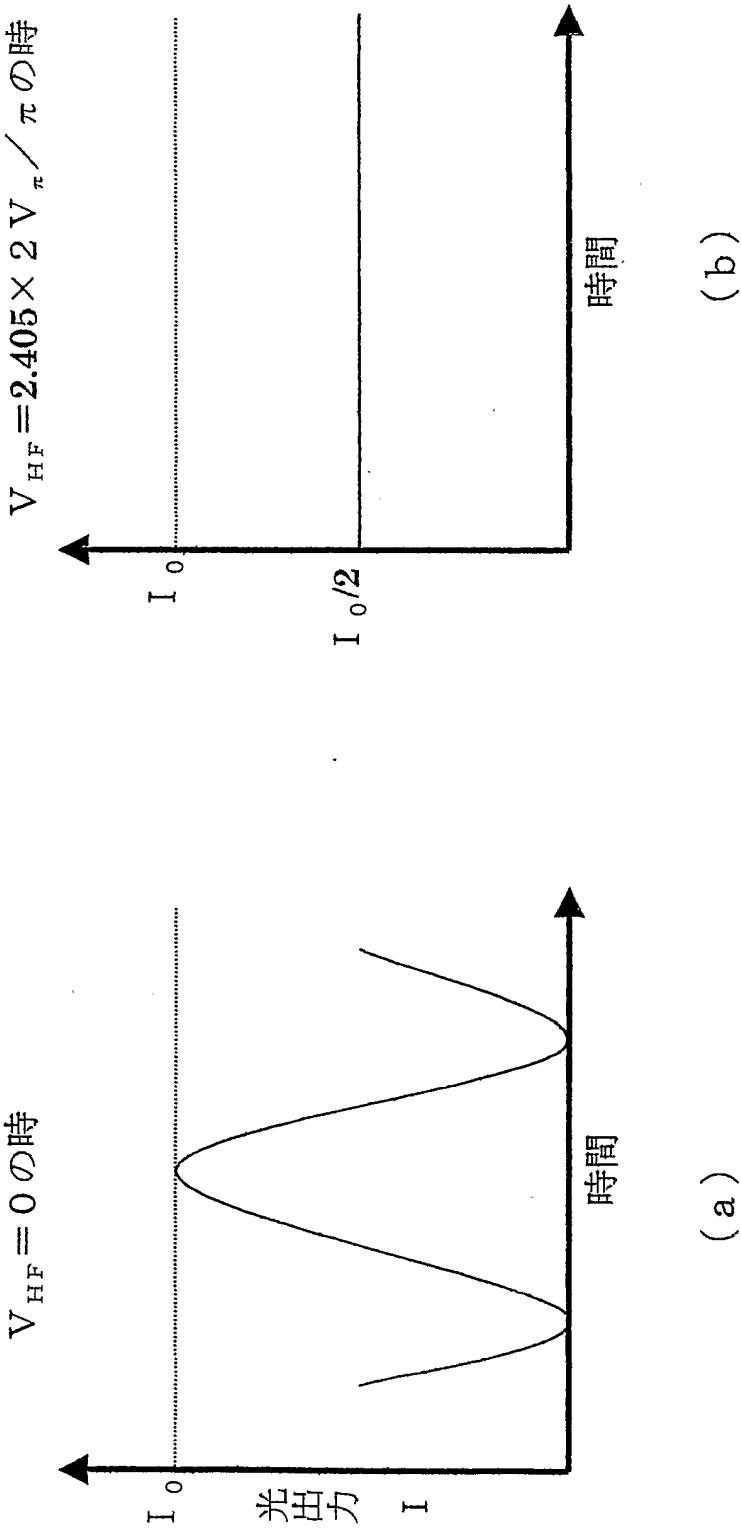
第6図



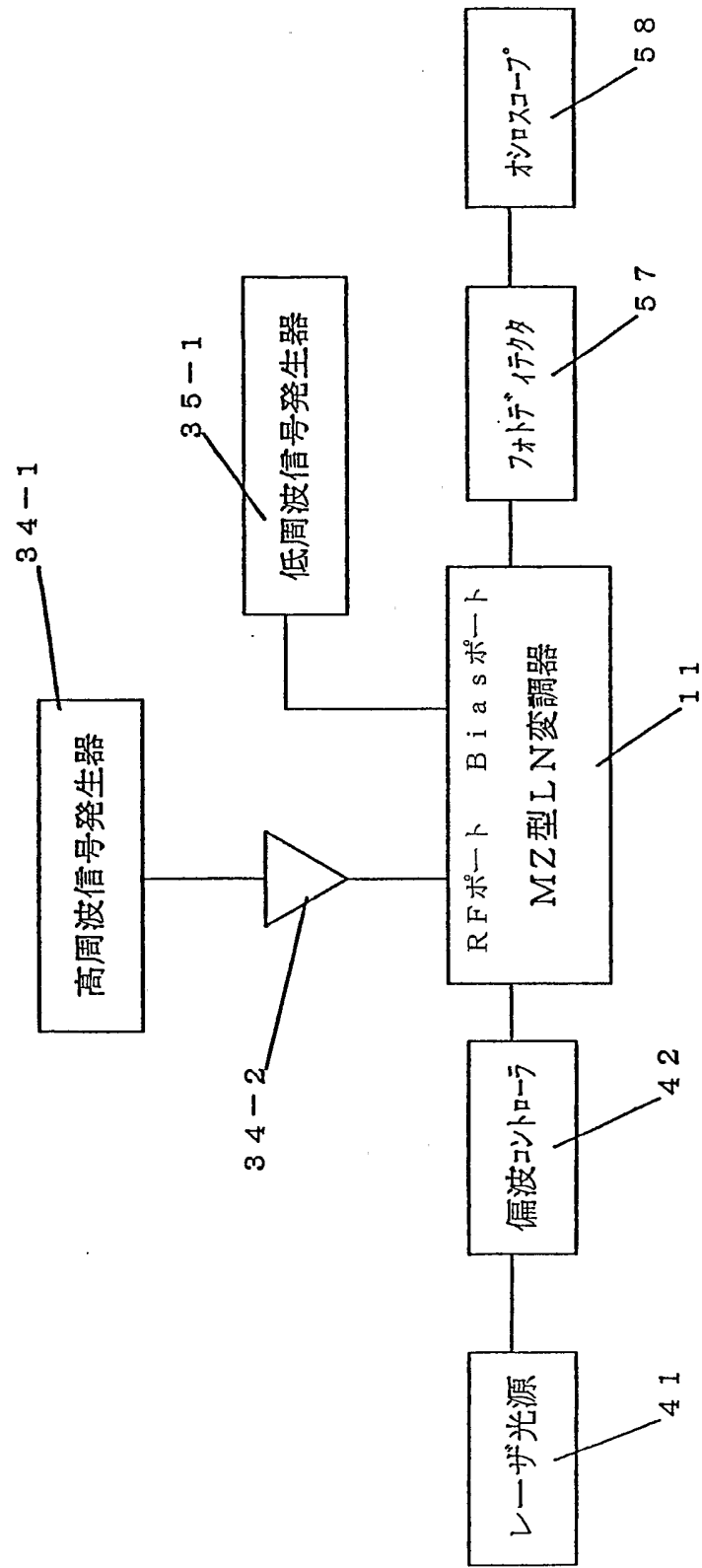
第7図



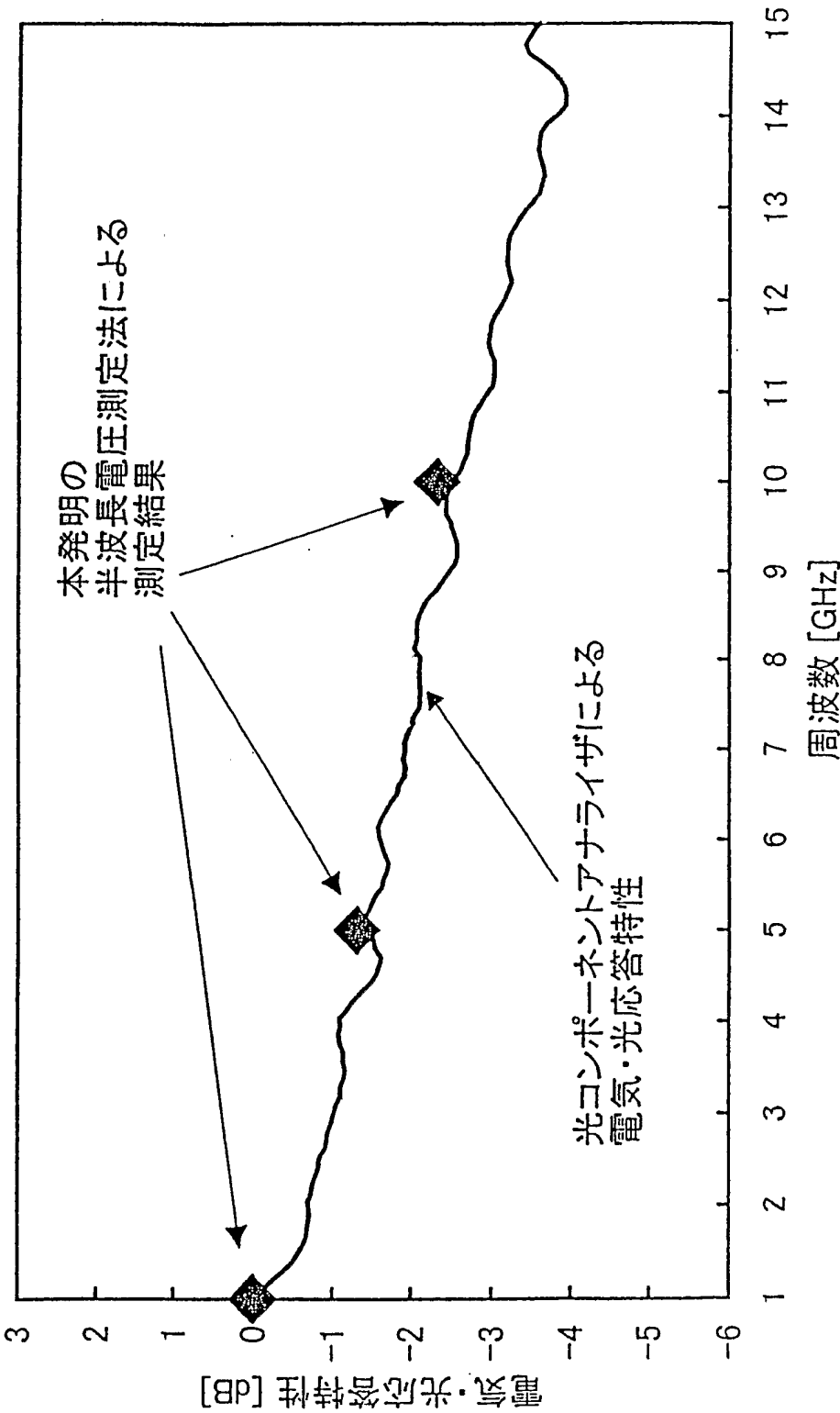
第8図



第9図



第10図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/07784

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ G01M11/00, G02F1/035

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.⁷ G01M11/00, G02F1/035

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

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.
A	JP 3-123828 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 27 May, 1991 (27.05.91), Full text; Figs. 1 to 9 (Family: none)	1-4
A	JP 10-148801 A (Toshiba Corp.), 02 June, 1998 (02.06.98), Full text; Figs. 1 to 12 (Family: none)	1-4
A	JP 2001-159749 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 12 June, 2001 (12.06.01), Full text; Figs. 1 to 11 (Family: none)	1-4

☐ 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 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
25 October, 2002 (25.10.02)

Date of mailing of the international search report
12 November, 2002 (12.11.02)

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. Cl⁷ G01M11/00, G02F1/035

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. Cl⁷ G01M11/00, G02F1/035

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	1971-2002年
日本国登録実用新案公報	1994-2002年
日本国実用新案登録公報	1996-2002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 請求の範囲の番号
A	JP 3-123828 A (日本電信電話株式会社) 1991. 05. 27, 全文, 第1-9図 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 10-148801 A (株式会社東芝) 1998. 06. 02, 全文, 第1-12図 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2001-159749 A (住友大阪セメント株式会社) 2001. 06. 12, 全文, 第1-11図 (ファミリーなし)	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
「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、展示等に関する文献
「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

25. 10. 02

国際調査報告の発送日

12.11.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JPO)
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)

菊井 広行

2W

7324

電話番号 03-3581-1101 内線 3290