(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3731902号
(P3731902)
(45)発行日　平成18年1月5日(2006.1.5)　(24)登録日　平成17年10月21日(2005.10.21)

(51)Int.Cl.　　F I
*G01J 3/32 (2006.01)*　G01J 3/32
*G01J 3/18 (2006.01)*　G01J 3/18

請求項の数 10　(全 19 頁)

(21)出願番号　特願平4-322744
(22)出願日　平成4年11月6日(1992.11.6)
(65)公開番号　特開平6-58811
(43)公開日　平成6年3月4日(1994.3.4)
審査請求日　平成11年9月21日(1999.9.21)
(31)優先権主張番号　788,571
(32)優先日　平成3年11月6日(1991.11.6)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　399117121
アジレント・テクノロジーズ・インク
ＡＧＩＬＥＮＴ　ＴＥＣＨＮＯＬＯＧＩＥＳ，　ＩＮＣ．
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト　ページ・ミル・ロード　３９５
３９５　Ｐａｇｅ　Ｍｉｌｌ　Ｒｏａｄ　Ｐａｌｏ　Ａｌｔｏ，Ｃａｌｉｆｏｒｎｉａ　Ｕ．Ｓ．Ａ．
(74)代理人　100105913
弁理士　加藤　公久
(72)発明者　ジェイムズ・ロイ・スチンプル
アメリカ合衆国カリフォルニア州サンタ・ローザ，サニー・ビュー・ウエイ，１５９２

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光スペクトル分析のための方法及び装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

所定の分解能と感度を備える光スペクトル分析のための方法であって、

ユーザによって又は自動的に感度を選択可能な光スペクトル分析装置を用意して、該光スペクトル分析装置が最小入力信号レベルで定義される前記感度の感度値指定による選択に応じて、前記選択された感度において入力光ビームの測定を行うようビデオ帯域幅及び測定波長を走査する掃引速度を含む必要な動作パラメータを設定するステップと、

前記選択された感度において前記入力光ビームの光スペクトラムを前記光スペクトル分析装置で表示するステップとを含むことを特徴とする光スペクトル分析のための方法。

【請求項２】

前記光スペクトル分析装置は、前記入力光ビームの強さを波長の関数として表す電気信号を発生するビデオチャンネルを備え、且つ前記必要な動作パラメータを設定するステップでは、前記ユーザの感度選択と該ユーザの最大入力信号仕様とに応じて、前記選択された感度で前記最大入力信号の測定を行うために、前記ビデオチャンネルの所要ゲインを設定することを特徴とする、請求項１に記載の光スペクトル分析のための方法。

【請求項３】

前記必要な動作パラメータを設定するステップは、更に前記所要ゲインで前記選択された感度に設定するため前記ビデオチャンネルの所要ビデオ帯域幅を設定し、前記光スペクトル分析器が前記入力光ビームの波長走査を行い前記所要ビデオ帯域幅で前記選択された感度を与えるように前記入力光ビームの波長を走査する掃引速度を設定することを含むこ

とを特徴とする、請求項２に記載の光スペクトル分析のための方法。
【請求項４】
前記所要ビデオ帯域幅を設定することには、前記電気信号がディジタルフィルタを通過させ、該ディジタルフィルタのフィルタ係数を前記所要ビデオ帯域幅が得られるように設定することを含むことを特徴とする、請求項３に記載の光スペクトル分析のための方法。
【請求項５】
掃引信号に応じて入力光ビームの波長走査を行い該入力光ビームの強度を波長の関数として表わす電気信号を与える光スペクトル分析器を用いて所定の分解能と感度で該入力光ビームのスペクトル分析を行うための光スペクトル分析のための方法であって、
前記電気信号を処理するためのビデオチャンネルを備え、ユーザによって又は自動的に感度を選択可能な光スペクトル分析装置を用意して、該光スペクトル分析器が最小入力信号レベルで定義される前記感度の前記ユーザの感度値指定による選択と該ユーザの最大入力信号仕様とに応じて、前記選択された感度で前記最大入力信号の測定を行うために、前記ビデオチャンネルの所要ゲインを設定するステップと、
前記所要ゲインを設定するステップに続き、前記光スペクトル分析器が前記ビデオチャンネルの前記所要ゲインで前記選択された感度に設定するため前記ビデオチャンネルの所要ビデオ帯域幅を設定するステップと、
前記光スペクトル分析器が前記所要ビデオ帯域幅で前記選択された感度を得るように前記掃引信号により測定波長を走査する掃引速度を設定するステップと、
前記光スペクトル分器が前記入力光ビームの波長走査を行い、前記選択された感度において前記入力光ビームの光スペクトルを与えるために前記電気信号を波長の関数として表示するステップとを有することを特徴とする、光スペクトル分析のための方法。
【請求項６】
前記所要ゲインを設定するステップにおいて、前記選択された感度を与え、実質的な圧縮を与えずに最大入力信号を測定することができる単一ゲイン値を設定することを特徴とする、請求項５に記載の光スペクトル分析のための方法。
【請求項７】
前記所要ゲインを設定するステップにおいて、圧縮を生じさせずに前記最大入力信号の測定を行うために低ゲイン値に設定し、前記選択した感度を与えるために高ゲイン値に設定するとともに、前記電気信号を波長の関数として表示するステップでは、前記波長走査中に前記入力光ビームのレベルに応じて、前記高ゲイン値と前記低ゲイン値との間で自動レンジ調節をすることを特徴とする、請求項５に記載の光スペクトル分析のための方法。
【請求項８】
前記所要ビデオ帯域幅を設定するステップのステップにおいて、前記電気信号にディジタルフィルタを通過させ、該ディジタルフィルタのフィルタ係数を前記所要ビデオ帯域幅が得られるように設定することを含むことを特徴とする、請求項５に記載の光スペクトル分析のための方法。
【請求項９】
前記所要ビデオ帯域幅を設定するステップにおいて、前記所要ゲインの前記ビデオチャンネルのアナログ帯域幅を前記所要ビデオ帯域幅として用い、付加的なフィルタを用いないようにしたことを特徴とする、請求項５に記載の光スペクトル分析のための方法。
【請求項１０】
所定の分解能と感度で入力光ビームのスペクトル分析を行う光スペクトル分析のための装置であって、
掃引信号に応じて前記入力光ビームの波長走査を行い、前記入力光ビームの強度を波長の関数として表わす電気信号を与える手段と、
前記電気信号を処理するビデオチャネルと、
目盛を備え、前記入力光ビームの光スペクトルを与えるため波長の関数として前記電気信号を表示する手段と、
最小入力信号レベルを確定して決定される感度にしてユーザが感度値指定により選択し

た感度、及び基準レベルあるいは目盛当たりの値に応じて、該感度での前記入力光ビームのスペクトル分析を行うために、必要な動作パラメータを設定する手段であって、前記基準レベルと前記目盛当たりの値とに応じて前記ビデオチャネルの前記所要ゲインにおいて前記感度を得るための前記ビデオチャネルの所要ビデオ帯域幅を定める手段と前記所要ビデオ帯域幅において前記感度を達成するため前記掃引信号による掃引速度を設定する手段とを備える手段とを有することを特徴とする装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の技術分野】

本発明は、光ビームのスペクトルを分析する装置に関し、更に詳細には、掃引時間およびダイナミックレンジを最適にするようにユーザが感度を調節し得る光スペクトル分析器に関する。

なお、本明細書でいう感度とは、後述するように、光スペクトル分析装置が入力光ビームのどのレベルまで感じるかを量的に示すもので、感度限界とも呼称されるものである。したがって、通常感度と呼称される比率である感度係数や振れ係数とは異なる。

【０００２】

【従来技術と問題点】

光スペクトル分析器は、レーザ、発光ダイオード、およびその他の光源からの出力光ビームを分析するのに使用される。光スペクトル分析器は、光キャリアがスペクトル的に純粋な単一波長だけを備えるのが望ましい光通信用光源を分析するのに特に有用である。光スペクトル分析器では、光ビームの光強度を所定の波長範囲にわたり波長の関数として表示する。光スペクトル分析器で重要なパラメータには波長の範囲、波長および振幅の正確度、感度、分解能、測定速度、偏り不感性、およびダイナミックレンジがある。

【０００３】

光スペクトル分析器は、分析すべき光ビームをその成分波長に分解するのに回折格子を使用することが多い。分析すべき入力光ビームは平行光線にされて回折格子に導かれる。波長が異なれば回折される角度が異なるから、光ビームは格子により部分的に分散される。格子を、分散された光ビームがスリットを走査するように回転させる。スリットを通過する光を検出して振幅を波長の関数として表す出力信号を発生させる。スリットの幅はモノクロメータの分解能を確定する。従来技術の光スペクトル分析器は上述のような単一段のモノクロメータ、および２段のモノクロメータを使用しており、この場合直列に動作する２個のモノクロメータにより性能が向上する。出力電気信号は回折格子の位置の関数として表示され、入力光ビームの光スペクトルを示す。

【０００４】

光スペクトル分析器は、融通性を可能な限り大きくするにはパラメータ値の広い範囲にわたって動作すべきである。例えば、所定の波長の間隔は数ナノメートルから数百ナノメートルの範囲にわたることがある。或る場合には、ユーザは低振幅の信号を正確に測定したいことがあり、これにより長い掃引時間が必要になる。他の場合には、小振幅信号を正確に測定することはユーザにとって重要ではなく、掃引速度を速くすることができることがある。従来技術の光スペクトル分析器は広範多様なユーザの要求を適切に処理してはいなかった。

【０００５】

光ファイバ入力のある光スペクトル分析器は長い掃引時間を必要とする低パワーレベルの信号を受取ることがある。長い掃引時間が必要なのは信号対雑音比を平均化して大きくする必要があるためである。頻繁に、ユーザは信号のピークを捕らえるのに基準レベルを選択し、光スペクトル分析器の表示上に垂直振幅尺度を指定する。しかし、他に情報が無ければ、計器は、表示画面の下部に表示されるパワーレベルの信号を正確に表示するために非常にゆっくり掃引しなければならない。表示の下部に表示される信号レベルがユーザにとって興味ないものであるとき長い掃引時間はユーザにとって受入れることはできない。

【０００６】

従来技術の光スペクトル分析器では通常ユーザが検出方法または平均化方法、または計器が高感度であるか低感度であるかのモードを選択する必要がある。従来技術のシステムには幾つかの短所がある。計器により正確に表示される最小信号に関する情報がユーザに提供されない。更に二つまたは三つの計器モードを示すだけで、計器はほとんどの場合表示すべき検出可能最小信号に必要なよりのろく掃引している。その他に、従来技術のシステムは一般的に測定を行う仕方に関する情報を供給しない。このような情報が無ければ、誤った測定が行われる可能性がある。

【０００７】

【発明の目的】

本発明の一般的目的は光スペクトル分析のための方法および装置を改良することである。

【０００８】

本発明の他の目的は光スペクトル分析器について感度をユーザが調節できる方法および装置を提供することである。

【０００９】

本発明の他の目的は光スペクトル分析器について、ピーク検出器をビデオチャンネルに組込んで信号振幅を高速走査状態で正確に測定する方法および装置を提供することである。

【００１０】

本発明の別の目的は光スペクトル分析器について、掃引時間を所定の組合わせの測定パラメータに対して最適にする方法および装置を提供することである。本発明の更に他の目的は光スペクトル分析器について、掃引時間およびビデオ帯域幅をユーザの選択した感度に応じて自動的に調節する方法および装置を提供することである。

【００１１】

本発明のなお他の目的は光スペクトル分析器について感度をユーザに表示する方法および装置を提供することである。

【００１２】

【発明の概要】

前記のおよび他の目的および長所は、光スペクトル分析器を使用して入力光ビームをスペクトル分析する本発明の方法および装置により達成される。本発明の方法は、感度をユーザが選択し得る光スペクトル分析器を準備する階程、ユーザが選択した感度に応じて必要な動作パラメータを設定し所定の感度で入力光ビームの測定を行う階程、および入力光ビームの光スペクトルを所定の感度で提示する階程から構成されている。ユーザに感度を選択させることにより、掃引の速さが所定の測定パラメータに対して最適化され、ユーザは正確に測定することができる最小入力信号を知る。

【００１３】

光スペクトル分析器は、入力光ビームの強さを波長の関数として表す電気信号を処理するビデオチャンネルを備えている。必要な動作パラメータを測定する階程（ステップ）は典型的に、ビデオチャンネルの所要ゲインを設定して最大入力信号の測定を行い、所定の感度を発生することを含んでいる。所定動作パラメータを設定する階程には典型的には更に、ビデオチャンネルの所要ゲインで所定の感度を発生するようビデオチャンネルのビデオ帯域幅を設定すること、および光スペクトル分析器が入力光ビームの波長走査を行い、所要ビデオ帯域幅で所定感度を示す掃引速度を設定することを含んでいる。

【００１４】

所定感度がビデオチャンネルで通常利用できる感度より低いときは、電気信号をディジタルフィルタを通過させ、ディジタルフィルタのフィルタ係数を所要ビデオ帯域幅が得られるように設定する。ビデオチャンネルのアナログ帯域幅が所要感度を得るのに適切なときはディジタルフィルタを使用しない。

【００１５】

ビデオチャンネルの所要ゲインを設定する階程は、実質的に圧縮せずに最大入力信号を測定することができて所定感度が得られる単一ゲイン値を選択することにより行うことができる。最大入力信号の測定および所定の感度を単一ゲイン設定値で得ることができないと

きは、低いゲイン値を設定して圧縮せずに最大入力信号の測定を行い、高ゲイン値を設定して所定感度を得る。この場合には、入力光ビームの波長走査を行う階程には、波長走査中、入力光ビームのレベルに応じて、高ゲイン値と低ゲイン値との間で自動レンジ調節することが含まれる。

【００１６】

本発明の他の局面によれば、光スペクトル分析器を使用して入力光ビームのスペクトル分析を行う方法が提供される。この方法はユーザが指定する最大入力信号を処理する光分析器を準備する階程、ユーザが指定する最大入力信号の測定を可能とする所要動作パレメータを設定する階程、所要動作パラメータに対応する感度を表示する階程、および入力光ビームの光スペクトルを提示する階程から構成されている。感度をユーザが選択しないときは、光スペクトル分析器は、所要パラメータに対応する感度を自動的に決定してその感度をユーザに表示する。

【００１７】

本発明の更に他の局面によれば、高速走査中に信号振幅を正確に測定するピーク検出器を使用して光スペクトル分析を行う方法および装置が提供される。入力光ビームをスペクトル分析する光スペクトル分析器は、入力光ビームの波長走査を行って入力光ビームの強さを波長の関数として表す電気信号を発生する手段、複数の所定の各時間間隔中に電気信号のピーク値を検出する手段、所定の各時間間隔中にピーク値を測定する手段、およびピーク値を波長の関数として表示し、入力光ビームの光スペクトルを発生する手段から構成されている。

【００１８】

【発明の実施例の詳細な説明】

光スペクトル分析器の重要な構成要素は、分析すべき入力光ビームをその波長成分に分解するモノクロメータである。複光路走査モノクロメータ８を図１に絵画風に示してある。入力光ファイバ10は入力光ビーム12をレンズ14を通して回折格子16に導く。入力光ファイバ10はシステムの入力スリットまたはアパーチャとして作用する。入力光ビーム12は回折格子16に入射する前にレンズ14により平行光線にされる。回折格子16は入力光ビーム12を回折して部分分散光ビーム20を発生する。回折格子16は、周知のとおり、異なる波長を異なる角度で回折するから、入力光ビーム12は部分的にその成分波長に分解される。

【００１９】

空間的に分散した光ビーム20はレンズ14を通過し、ミラー22により、モノクロメータの分解能を決定するスリット24を備えているアパーチャ板23に反射される。分散光ビーム20はレンズ14によりスリット24の平面に焦点を結ぶ。スリット24は分散光ビーム20の所定部分を通す。幅が異なるスリット24を使用して異なる分解能を得る。スリット24は分散光ビーム20の空間フィルタとして作用し、ろ波された光ビーム30を発生する。

【００２０】

ろ波光ビーム３０はミラー２６により半波長板３２およびレンズ１４を通して回折格子１６に反射される。ろ波光ビーム３０は格子１６に入射する前にレンズ１４により平行光線にされる。ろ波光ビーム３０は回折格子１６に導かれて時間および波長の分散が共に回折格子１６により崩壊して出力光ビーム３６を形成する。出力光ビーム３６はミラー４０により出力光ファイバ４２の入力端に反射される。出力光ビーム３６はレンズ１４により光ファイバ４２の入力端に焦点を結ぶ。出力光ビーム３６は光ファイバ４２により、出力光ビーム３６を出力電気信号に変換する光検出器４６に運ばれる。出力電気信号は増幅器４８により増幅される。

の所定の波長範囲を横断する走査を表す。スリット２４の幅によりシステムの分解能が決まる。

【００２１】

回折格子16は回折格子モータ52により回転軸50の周りを回転して空間分散光ビーム20をスリット24に対して走査する。回転軸50は走査の方向が分散の軸と同じになるように選定される。スリット24を通過する光は入力光ビーム12の所定の波長範囲を横断する走査を表す

。スリット24の幅によりシステムの分解能が決まる。

【００２２】

回折格子16の位置をサーボループで制御して非常に正確な走査および非常に正確な回折格子位置情報を得る。掃引信号を加算装置54およびモータインターフェース56を通して格子回折モータ52に入力する。軸50の周りの回折格子16の回転位置を高分解能の光式位置エンコーダ58で検出する。位置情報の分解能を回折格子位置情報を出力するインターポレータ60により更に大きくする。回折格子位置情報を加算装置54に入力する。所要の回折格子位置を表す掃引信号と検出した格子位置との間の差は回折格子モータ52を駆動するのに使用される誤差信号である。モノクロメータ８に関するこれ以上の詳細はKenneth R. Wildnauer等による米国出願第７８８，４４４号：「 Optical Spectrum Analyzer Having Double-Pass Monochromator」の明細書に開示されており、これを参照する。

【００２３】

光スペクトル分析器のブロック図を図２に示す。光検出器46は光ファイバ42の出力光ビームを電気信号に変換する。光検出器46は典型的にはフォトダイオードである。増幅器48は低ノイズ伝達インピーダンス(transimpedance)増幅器70を備えている。フィードバック抵抗器72、74、...76 は、ゲイン制御信号に応じて、それぞれ、スイッチ82、84、...86 により増幅器70の出力と反転入力との間に選択可能に接続されている。ゲイン設定値により下に説明するように異なる感度レベルを選択することができる。

【００２４】

伝達インピーダンス増幅器48の出力はピーク検出器90およびサンプルホールド装置92に入力される。下に説明するように、サンプルホールド装置92は、ディジタルろ波が必要なとき増幅器の出力信号をサンプルするのに使用され、ピーク検出器はディジタルろ波が必要でないときに使用される。電気的に制御されるスイッチ94はピーク検出器90またはサンプルホールド装置92の出力をアナログ・ディジタル変換器(ADC)96 の入力に接続する。ADC96 からの信号サンプルはディジタル信号プロセッサ106 に入力されるが、このプロセッサはADC データをディジタルろ波手段100 またはディジタルピーク検出手段102 により処理する手段となる。ディジタルろ波が必要なときは、サンプルホールド装置92の出力をスイッチ94によりADC96 に接続する。ディジタルろ波を必要としないときは、ピーク検出器90の出力をADC96 に接続し、ディジタルピーク検出を行う。光検出器46とディジタル信号プロセッサ106 との間の素子はビデオチャンネルを構成する。

【００２５】

ピーク検出器90は、モノクロメータの高速走査中信号振幅を正確に測定することができるように設けられており、この場合信号の振幅の変化の速さはADC96 のサンプル速さより大きい。この場合には、ピーク検出器の出力はADC 変換の間の期間中信号の最大値を保持している。各ADC 値は前のADC 値以来発生した最大信号振幅を表す。ADC サンプル間隔は約40マイクロ秒である。

【００２６】

好適実施例では、二つの入力チャンネルがあるADC96 を使用している。第２のチャンネルは別のピーク検出器90、サンプルホールド92、およびこの回路に先行するゲインを有するスイッチ94を備えている。この追加チャンネルはADC96 の測定範囲を広げるのに使用される。ADC の範囲内に最高信号レベルを有するチャンネルは各ADC 変換より前に選択される。

【００２７】

ディジタル信号プロセッサ106 は適切な信号を表示装置およびユーザインターフェース装置108 に供給して下に説明するように光スペクトル表示を発生する。ディジタル信号プロセッサ106 はまた、掃引信号をモノクロメータ８に供給し、フィルタ係数をディジタルフィルタ100 に供給してフィルタ帯域幅を決定する。回折格子位置情報はモノクロメータ８からディジタル信号プロセッサ106 に接続され光スペクトル表示のための波長情報を発生する。トレースプロセッサ107 は回折格子位置情報と信号データとを組合わせて表示データを表示装置およびユーザインターフェース装置108 に供給する。ディジタル信号プロセ

ッサ106 は、たとえば、モトローラ56001 ディジタル信号プロセッサを備えることができる。

【００２８】

光スペクトル分析器の表示画面およびユーザインターフェースを図３に示す。入力光ビームの振幅は表示画面118 に波長の関数として表示される。典型的なスペクトル120 を図示してある。計器はメニュー基準ユーザ入力を供給する。画面の左縁に沿うセレクタキー122 、124 、126 などは波長、振幅、マーカ、などのようなパラメータ部類の選択ができるようにしている。パラメータ部類の一つを選択すると、メニューが画面の右側に現れて、セレクタキー130 、132 、134 、136 などを使用して各種サブパラメータを選択することが可能になる。サブパラメータの値を数値キーパッド140 を用いて入れることができる。たとえば、波長をセレクタキー122 で選択すると、画面の右側のメニューにより中心波長、波長間隔、開始波長、終端波長、などを選択することができる。振幅を選択すると（図５を参照）、メニューにより基準レベル、感度、目盛あたりのdB(dB/Div)などを選択することができる。図３に示した形式のユーザインターフェースはヒューレット・パッカード社が製造し販売しているHP 71450A 型およびHP 71451A 型で実現される。

【００２９】

本発明の一特徴によれば、ユーザは、図５～図８に示すように、振幅パラメータの一部として感度、基準レベル、およびｄＢ／Ｄｉｖを選択することができる。基準レベルは表示画面上の所定の垂直位置に対するｄＢｍで表した入力光信号レベルを確定する。基準レベルの垂直位置は表示画面の対向する矢印１５０および１５２で示してあり、基準レベルに対応する入力信号は１５４で数値により示してある。基準レベルは典型的には画面の上から１目盛のところにあるが、ユーザによっては表示画面上の他のレベルに置くことができる。第２の入力パラメータは表示画面上の垂直尺度であり、典型的にはｄＢ／Ｄｉｖで指定される。基準レベルおよびｄＢ／Ｄｉｖ設定値から、画面の頂部に対応する入力信号レベルが決まる。図５の例では、基準レベルは０ｄＢであり、尺度は１０ｄＢ／Ｄｉｖであり、画面の頂部のレベルは＋１０ｄＢｍである。画面の頂部のレベルはパラメータの所定の組合わせに対して正確に表示することができる最大入力光信号レベルを確定する。

【００３０】

感度は計器によって正確に測定することができる最小入力信号レベルを確定するものでdBm で指定される。光スペクトル分析器では、感度は計器のRMS ノイズレベルの６倍と規定されている。感度は表示画面上156 で数値で示されている。下で説明するように、感度はユーザにより設定されることができ、または計器により自動的に決定されることもできる。いずれの場合でも、感度は画面上に表示される。ユーザは感度を0.1dBm刻みで選択することができる。図７の例では、感度は－60dBm に設定されている。感度を設定することにより、ユーザは関心を持っている最小入力信号レベルを指定する。これにより以下に説明するように掃引時間を最適にすることができる。計器がユーザが必要とするより敏感なときは、掃引時間は必要より長い。

【００３１】

ユーザが選択したパラメータ、基準レベル、ｄＢ／Ｄｉｖ、および感度は、（基準レベルおよびｄＢ／Ｄｉｖから）正確に測定することができる最高信号レベル、および正確に測定することができる最低信号レベルが確定し、これにより計器の測定レベルが規定される。これらの値から、計器はユーザが選択した性能を発揮するように設定される。一般に、設定すべき計器の内部パラメータは（１）伝達インピーダンス増幅器４８のゲインにより確定されるビデオチャンネルのゲイン、（２）ビデオチャンネルの帯域幅、および（３）掃引速度である。伝達インピーダンス増幅器４８のゲインは最大入力信号レベルで、本質的な圧縮、またはクリッピングを回避するよう選択しなければならない。

【００３２】

その他、伝達インピーダンス増幅器のゲインが所定の感度を確実に示すようになっていなければならない。ユーザが大きな測定レンジを選択したときは、伝達インピーダンス増幅器のゲインの一つの値が、低レベル信号について、所要感度を得るのに必要となり、伝達

インピーダンスゲインの他の値が最大測定可能信号に近い入力信号の圧縮を防止するのに必要なことがある。この場合には、掃引中にシステムが自動的に停止し、ゲインを必要に応じて大振幅信号または小振幅信号を処理するよう切替える自動レンジ調節モードが使用される。

【００３３】

ユーザが選択した感度レベルが下がるにつれて（計器が一層敏感になる）、所定の感度を達成するためにビデオ帯域幅を小さくする。ビデオ帯域幅が小さくなると、掃引時間がそれに従って増加しなければならない。掃引時間はビデオ帯域幅に反比例するからである。感度およびビデオ帯域幅は共に小さな刻みで調節することができるから、掃引時間を所定パラメータに対して最適化することができる。これにより感度が少量増加し掃引時間が大幅に増加するという問題が回避される。

【００３４】

ディジタル信号プロセッサ106 により行われる基本感度設定アルゴリズムの流れ図を図４に示してある。ユーザは階程160 で基準レベルおよびdB/Div尺度を選択する。感度は自動的にまたは人手で決定することができる。階程162 は感度レベルがユーザにより選択されたか否かを判定する。

【００３５】

感度がユーザによって選定されないときは、感度を自動的に決定する。階程164 で画面信号レベルの頂部を選択した基準レベルおよびdB/Divから決定し、画面信号レベルの頂部で信号の実質的圧縮を防止するようビデオゲインを設定する。伝達インピーダンス増幅器48の各ゲイン設定値について、対応するアナログビデオ帯域幅および感度が存在する。伝達インピーダンス増幅器ゲインの値、アナログビデオ帯域幅、および感度はテーブルに格納される。伝達インピーダンス増幅器は、たとえば、六つのゲイン設定値を備えることができる。所要のゲイン設定値に対応する感度が階程164 で画面に表示される。自動モードでは、ビデオ帯域幅は所要ゲイン設定値に対する最大値であり、図２に示したディジタルフィルタ100 は使用されない。掃引速度は階程166 でアナログビデオ帯域幅に基づいて所要ゲイン設定値に設定され、階程170 で入力光ビームの所要分析が行われる。

【００３６】

基準レベルをユーザが下げると、画面の頂部に対応する入力信号が減り、それによりビデオゲインが高くなり、信号対ノイズ比が改善される。その結果、感度が下がる。したがって、感度は所定の基準レベルを自動的に追跡し、ユーザに所定パラメータに対する最良の感度および掃引時間が提供されるようになる。感度は画面上に表示されるので、ユーザは正確に測定することができる最小入力信号を知る。

【００３７】

階程162 で、ユーザが感度値を手動で選択したことが判定されると、伝達インピーダンス増幅器、またはビデオ、ゲインが階程172 で決定され、設定される。この場合には、画面信号レベルの頂部から決定された最大測定可能信号レベル、および選択された感度によって指定される最小測定可能信号レベルが共にユーザにより入力される。最大入力信号レベルで圧縮されないようにする通過増幅器ゲインが決定される。また、所定の感度を達成するに必要な伝達インピーダンス増幅器ゲインが決定される。最大測定可能信号レベルと最小測定可能信号レベルとの間の差が比較的小さいと、単一ゲイン設定値を使用することができる。ユーザが大きな測定レンジを必要とするときは、所定の感度を達成するのに、基準レベルに近い入力信号に対して低ゲイン設定値が必要であり、ノイズレベルに近い入力信号に対して高ゲイン設定値が必要である。この場合には、自動レンジ調節モードが必要である。

【００３８】

自動レンジ調節モードでは、入力信号レベルに応じて、高いまたは低いゲイン設定値が選択される。信号レベルが高ゲイン設定値で掃引中に所定のレベルを超えると、掃引を停止し、わずかに後退させ、ゲイン設定値を低ゲイン値に切替える。こうして信号レベルが所定レベルより下に下がるまで掃引を低ゲイン設定値で続ける。所定レベルより下に下がっ

た時点で、掃引を停止し、わずかに後退し、ゲイン設定値を高ゲイン値に切替える。計器は、入力信号レベルに応じて、高ゲイン値と低ゲイン値との間で自動レンジ調節を続ける。

【００３９】

伝達インピーダンス増幅器ゲイン値を設定してから、階程174 でビデオ帯域幅を決定し設定する。所定ビデオ帯域幅は所定感度および階程172 で決定されたゲイン設定値に基づいている。上に示したように、伝達インピーダンス増幅器48の各ゲイン設定値は異なるアナログビデオ帯域幅を備えている。所定感度を更に別のビデオろ波を行わずに達成することができる場合には、有効ビデオ帯域幅は伝達インピーダンス増幅器48の所定ゲイン設定値でのアナログ帯域幅に対応する。

【００４０】

ユーザが伝達インピーダンス増幅器48の最大感度設定値に対するものより低い感度を選択する場合には、ディジタルフィルタ100 を使用して更に感度を大きくする。検出モードを、サンプルホールド装置92をスイッチ94を介してアナログ・ディジタル変換器96に接続することにより、ピーク検出モードからサンプリングモードに切替える。所要ビデオ帯域幅を決定し、ディジタルフィルタ100 のフィルタ係数を計算して所要ビデオ帯域幅を達成する。

【００４１】

次に、階程176 で掃引速度を決定し設定する。ディジタルフィルタ100 を必要とせず、システムがピーク検出モードで動作しているときは、掃引速度を伝達インピーダンス増幅器48の所定ゲイン設定値に対するアナログ帯域幅から決定する。サンプリングモードでは、ディジタルフィルタ100 を使用してビデオ帯域幅を小さくすると、掃引速度は伝達インピーダンス増幅器48のアナログ帯域幅およびディジタルフィルタ100 のビデオ帯域幅の組合わせにより決まる。各場合に、掃引速度を調節してモノクロメータ８に使用されているスリット24の幅を補償する。狭いスリット幅に対しては掃引速度が小さくなるが、広いスリットに対しては掃引速度が大きくなる。階程126 で掃引速度を決定してから、階程170 で入力光ビームの必要な分析を行う。

【００４２】

伝達インピーダンス増幅器ゲイン、ビデオ帯域幅、および掃引速度の計算の詳細を下に示す。最初に、検出回路の所要電気的ダイナミックレンジを決定することが必要である。電気的ダイナミックレンジを決定する際の一つの因子は光入力から光検出器46までのモノクロメータを通過する光損失である。光損失はモノクロメータの最も広い分解能帯域幅において波長の関数として測定される。狭いスリットを使用するときは、光検出器46はどんなときでも光源から利用可能な全部の光を受取ることはなく、光損失に対して補正を行わなければならない。必要な電気的ダイナミックレンジに関する別の因子には所定光感度、光検出器の波長の関数としての光感度、および所定基準レベルがある。電気的感度(elect__sens) は

【００４３】

【数１】

$$elect\_sens(dBm) = 2 \times opt\_sens - 2 \times (\text{スパン内 } opt\_loss(\lambda) \text{の最大}) + 20\,Log(\text{スパン内 } det\_sens(\lambda) \text{の最小}) - 30 \quad (1)$$

【００４４】

で与えられ、最大電気信号(elect__max __signal) は

【００４５】

【数２】

elect_max_signal = pow((ref_level −
(スパン内 opt_loss(λ)の最小)/10), 10)×
(スパン内 det_sens(λ)の最大)/1000 (A)

(２)

【００４６】

で与えられる。ここでopt __loss( λ) はプログラムされた波長間隔にわたる入力から光検出器までの波長の関数としての光損失であり、det __sen(λ) は光検出器46の波長の関数としての光的感度であり、ref __level は所定基準レベル設定値であり、opt __sensは所定の光感度である。

【００４７】

伝達インピーダンス増幅器ゲイン設定値は上に説明したように計算した電気的感度および最大電気信号から決まる。他に、伝達インピーダンスゲインテーブルは伝達インピーダンス増幅器48の各ゲイン設定値に関する情報を備えている。伝達インピーダンス増幅器の各ゲイン（フィードバック抵抗器）の値について、テーブルには対応する感度（アンペアおよびdBm で表す）およびアナログ帯域幅が入っている。上に説明したように、伝達インピーダンスの低いゲインは基準レベルに近い信号に対して決められ、伝達インピーダンスの高いゲインはノイズレベルに近い信号について決められる。伝達インピーダンスのゲインは次のように決定される。伝達インピーダンスの低いゲイン設定値(ti __low __gain) は次式に与えられる。

【００４８】

【数３】

r_max = 10 / elect_max_signal

ti_low_gain = r_maxより低いti_gain_table
からの次に低いTIステージの値 (3)

【００４９】

例、elect __max __singal＝1.5 ミリアンペア、r __max ＝6.66 kオーム、およびti__low __gain＝１Ｋオーム。

伝達インピーダンスの高いゲイン設定値(ti __high__gain) は次式で与えられる。

【００５０】

【数４】

ti_high-gain = elect_sensが感度設定
以上でのTIゲインの最小値。
(所要のelect_sens)<(最高ゲインでの
最小感度)のときは,
ti_high-gain= 最大値(100MΩ)。

(4)

【００５１】
上述のように、伝達インピーダンスの高いゲインが伝達インピーダンスの低いゲインに等しいときは、自動レンジ調節は不要である。
【００５２】
ビデオ帯域幅およびディジタルフィルタ係数は先に計算した伝達インピーダンスの高ゲイン、最も敏感なゲイン設定値での伝達インピーダンス増幅器の感度、および所要電気的感度の値によって決まる。所要の感度をディジタルフィルタ無しで達成し得る場合には、有効ビデオ帯域幅は伝達インピーダンスのゲイン設定値の上記テーブルから直接得られる。ユーザが伝達インピーダンス増幅器の最も敏感な設定値より小さい（一層敏感な）感度を選択する場合には、伝達インピーダンス増幅器の最も敏感なゲイン設定値を選択し、ディジタルフィルタ100 を使用して感度を上げる。この場合所要感度を与えるディジタルフィルタ帯域幅を決定することが必要である。
【００５３】
ディジタルフィルタを使用するときは、検出モードはピークモードからサンプリングモードに切替わる。ディジタルフィルタの正しい設定値を決定するには、所要感度の達成可能な感度に対する比を求める。感度比(sens _ratio)はパワー比であり、次のように計算される。
【００５４】
【数５】

$$sens\_ratio = 10^{(elect\_sens - min\_sens)/10}$$

sens_ratioは0.0から0.8の間で定義される。計算値が0.8から1.0の間になったときは0.8とする。

(5)

【００５５】
ディジタルフィルタは次の方程式を使用してモデル化される。
【００５６】

【数６】

$$y(z)=\frac{1-filt\_coeff}{2}\times\frac{1+z^{-1}}{1-(filt\_coeff)z^{-1}} \quad (6)$$

【００５７】
ここでfilt＿coeff はディジタルフィルタの係数であり、Ｚは周波数の複素変数表現である。ディジタルフィルタに関連する有効ビデオ帯域幅（effective ＿vbw ）は次式で与えられる。

【００５８】
【数７】

$$effective\_vbw=\frac{1}{2\pi\cdot 40\mu s}ArcCos\left[\frac{2\times filt\_coeff}{\left[1-filt\_coeff^{2}\right]}\right]=\frac{2}{2\pi\cdot 40\mu s}\times ArcTan\left[\frac{1+filt\_coeff}{1-filt\_coeff}\right] \quad (7)$$

【００５９】
所要ビデオ帯域幅が与えられてフィルタ係数(filt ＿coeff) を見出す逆公式は次のようになる。

【００６０】
【数８】

$$filt\_coeff=\frac{Cos(2\pi\cdot 40\mu s\cdot effective\_Vbw)}{1+Sin(2\pi\cdot 40\mu s\cdot effective\_vbw)} \quad (8)$$

【００６１】
回折格子16がその軸の周りを回転する速さを毎秒ラジアンで表したものである掃引速度がビデオ帯域幅から決定される。掃引速度は、伝達インピーダンスのゲイン設定値の関数で

あるビデオチャンネルの帯域幅、ピーク検出器90の回転速さ、およびディジタルフィルタの帯域幅によって制限される。掃引速度ｄ θ/dT は格子モータ52の毎秒回転あたりラジアンで表して計算される。画面上に表示される掃引時間は掃引速度および開始波長λ1 および停止波長λ2 から決定される。掃引時間Ｔは

【００６２】

【数９】

$$T = \frac{\mathrm{ArcSin}\left[\frac{n\lambda_1}{2d}\right] - \mathrm{ArcSin}\left[\frac{n\lambda_2}{2d}\right]}{d\theta/dt} \qquad (9)$$

【００６３】

により与えられる。ここでｄは常数であり、ｎは回折格子の次数である。ディジタルフィルタ100 を使用しないピーク検出モードでは掃引速度は次のように決定される。

【００６４】

【数１０】

$$\frac{d\theta}{dt} = \min\left[1.67, \frac{f_{3dB}(TI)}{\alpha(X_S)}\right] \qquad (10)$$

【００６５】

ただしf3dB(TI)は上述のようなテーブルから得た伝達インピーダンス増幅器のアナログ帯域幅であり、α(Xs)はモノクロメータ８の所定スリットと共に変わる掃引係数である。掃引係数は選択し得る各スリットに対する掃引係数をリストしているテーブルから得られる。掃引係数は狭いスリットに対しては比較的大きく、広いスリットに対しては比較的小さい。掃引係数の効果は狭いスリットに対する掃引速度を下げることである。ディジタルフィルタを使用しているサンプルモードでは、掃引速度は次のように計算される。

【００６６】

【数１１】

$$\frac{d\theta_{wide}}{dt} = \min\left[1.67,\ f_{3dB}\cdot(3.87\cdot10^{-5}+0.35X_s),\ \frac{f_{3dB(TI)}}{\alpha(X_s)}\right],$$

$X_s < 30\mu m$ のばあいは次式を使う,

$$\frac{d\theta_{narrow}}{dt} = \frac{1}{2}\times\frac{d\theta_{wide}}{dt}$$

(11)

【００６７】
ここでfvbwはディジタルフィルタの帯域幅と伝達インピーダンス増幅器のアナログ帯域幅とを組合わせることにより近似されるシステムの有効ビデオ帯域幅であり、f3dBは伝達インピーダンス増幅器のアナログ帯域幅であり、Xsはスリット幅であり、α(Xs)は上に説明した掃引係数である。30マイクロメートル未満のXsの値については、掃引速度は典型的には半分だけ小さくなる。

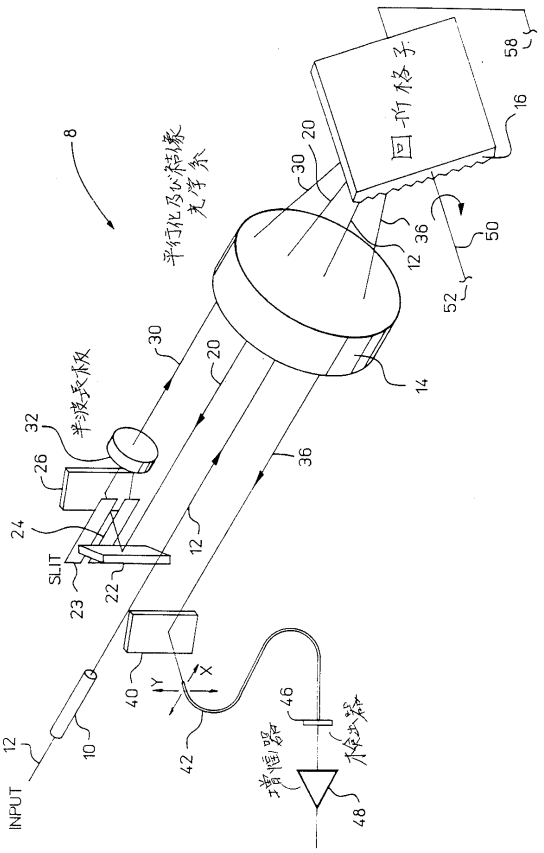
【００６８】
光スペクトル分析器の上述の構成は、一層使用し易い計器を提供すると共に更に多くの情報をユーザに提供する。感度をユーザが選択できるようにすることにより、掃引速度はユーザが選択した測定条件に対して最適化される。更に、正確に測定し得る最小信号のような別の情報がユーザに明白になる。
又、本発明の好適実施例と考えられているものについて図示し説明したが、当業者には、特許請求の範囲に規定した本発明の範囲から逸脱することなくこれに種々な変更および修正を行うことができることが明らかであろう。

【００６９】
【発明の効果】
以上説明したとうり、本発明の実施により、前記「発明の目的」の項に記載の各目的が達成されるという効果が奏せられる。

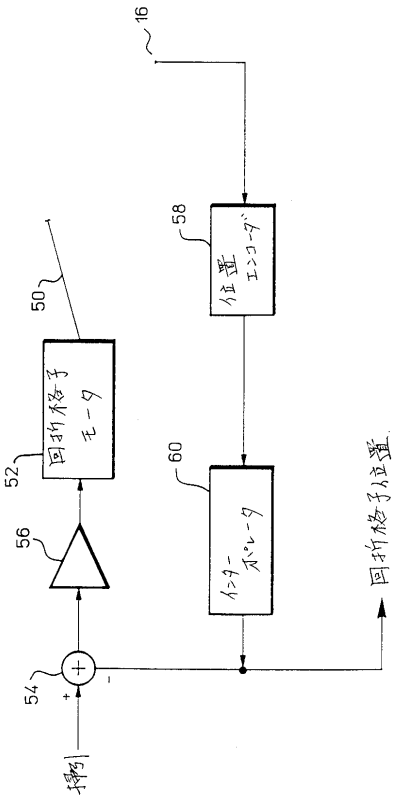
【図面の簡単な説明】
【図１Ａ】光スペクトル分析器に用いる複光路走査モノクロメータの絵画風ブロック図である。
【図１Ｂ】光スペクトル分析器に用いる複光路走査モノクロメータの動作を説明するためのブロック図である。
【図２】本発明を実施した光スペクトル分析器のブロック図である。
【図３】本発明を実施した光スペクトル分析器の制御パネルと表示スクリーンの配置を示す図である。

【図３Ａ】本発明を実施した光スペクトル分析器の表示スクリーンの構成を示す図である。
【図３Ｂ】本発明を実施した光スペクトル分析器の制御パネルの構成を示す図である。
【図３Ｃ】本発明を実施した光スペクトル分析器の制御パネルの構成を示す図である。
【図３Ｄ】本発明を実施した光スペクトル分析器の制御パネルの構成を示す図である。
【図４】本発明を実施した光スペクトル分析器の表示スクリーンの表示例を示す図である。
【図５】本発明を実施した光スペクトル分析器の表示スクリーンの表示例を示す図である。
【図６】本発明を実施した光スペクトル分析器の表示スクリーンの表示例を示す図である。
【図７】本発明を実施した光スペクトル分析器の表示スクリーンの表示例を示す図である。
【図８】本発明を実施した光スペクトル分析器の表示スクリーンの表示例を示す図である。
【符号の説明】

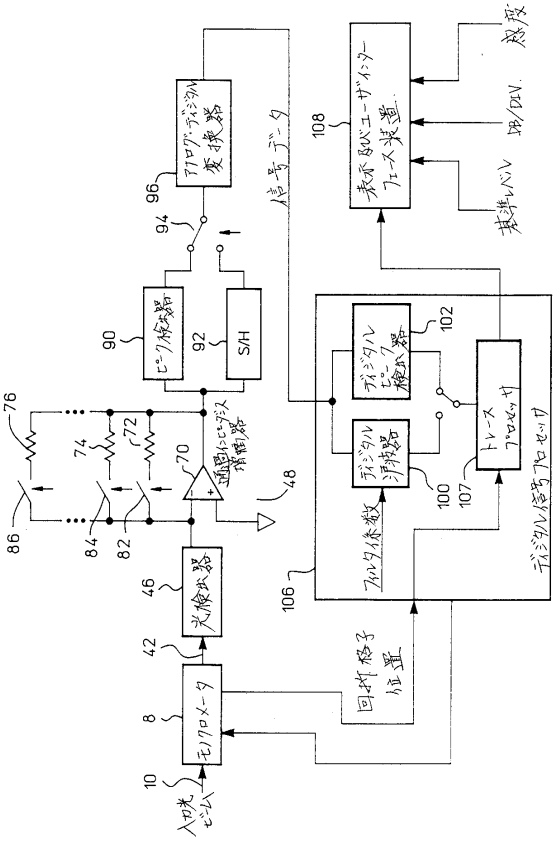
【図１Ａ】



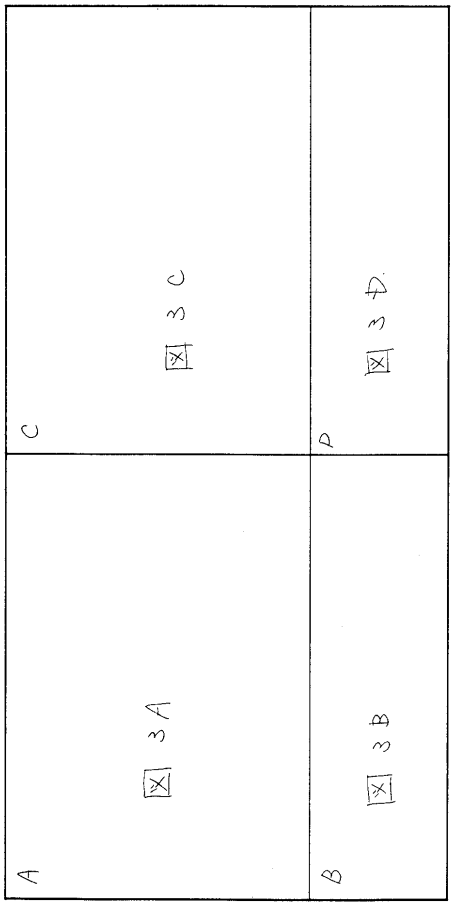

【図１Ｂ】



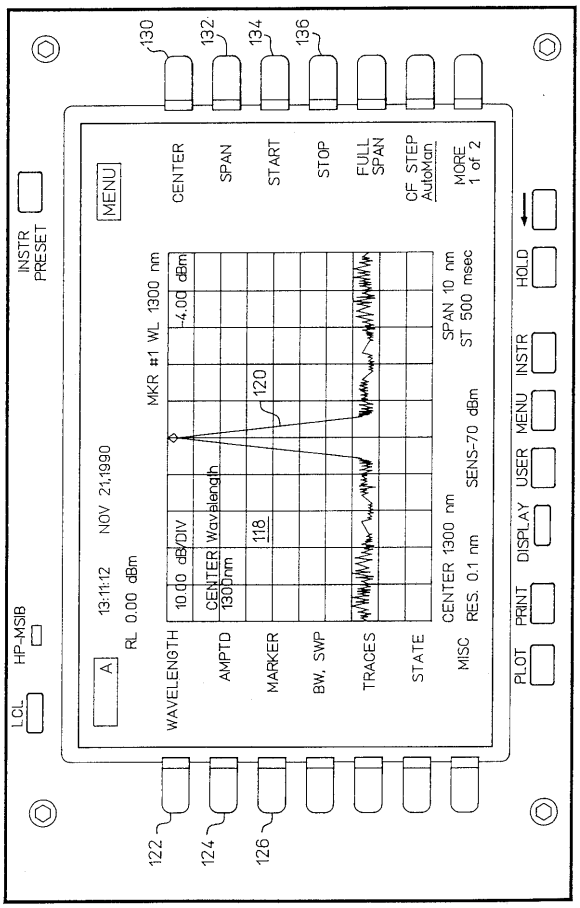
【図２】


入力光ビーム
モノクロメータ
光検出器
通過インピーダンス増幅器
ピーク検出器
S/H
アナログ・デジタル変換器
表示及びユーザインターフェース装置
フィルタ係数
デジタルピーク検出器
トレースプロセッサ
デジタル信号プロセッサ
回折格子位置
信号データ
基準レベル
DB/DIV.
感度
10
8
42
46
48
70
72
74
76
82
84
86
90
92
94
96
100
102
106
107
108

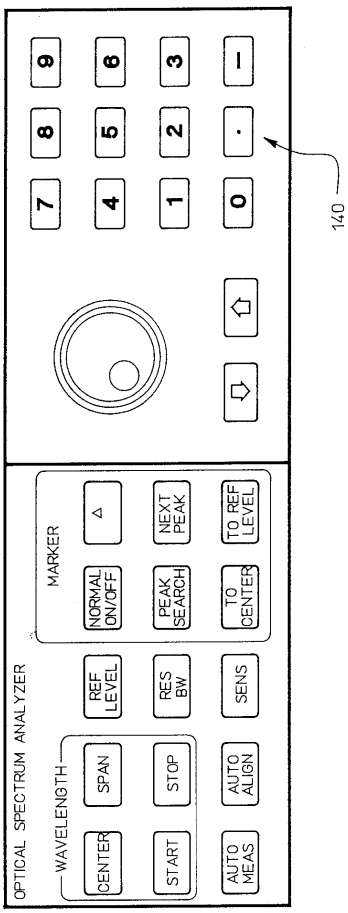
【図３】


A
B
C
D
図３A
図３B
図３C
図３D

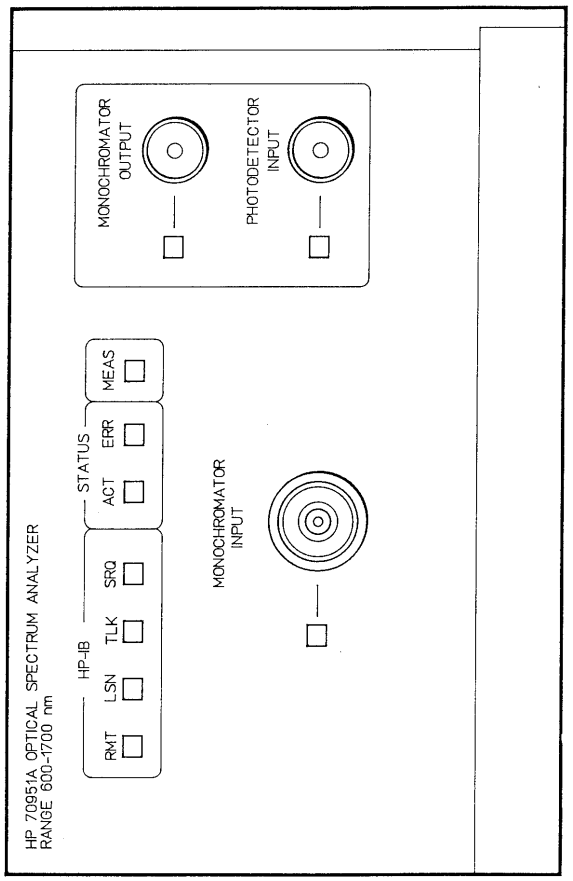
【図３Ａ】


LCL
HP-MSIB
INSTR PRESET
A
13:11:12 NOV 21,1990
RL 0.00 dBm
WAVELENGTH
AMPTD
MARKER
BW, SWP
TRACES
STATE
MISC
10.00 dB/DIV
CENTER 1300nm
Wavelength
118
MKR #1 WL 1300 nm
-4.00 dBm
120
CENTER 1300 nm
RES. 0.1 nm
SENS-70 dBm
SPAN 10 nm
ST 500 msec
MENU
CENTER
SPAN
START
STOP
FULL SPAN
CF STEP AutoMan
MORE 1 of 2
PLOT
PRINT
DISPLAY
USER
MENU
INSTR
HOLD
122
124
126
130
132
134
136

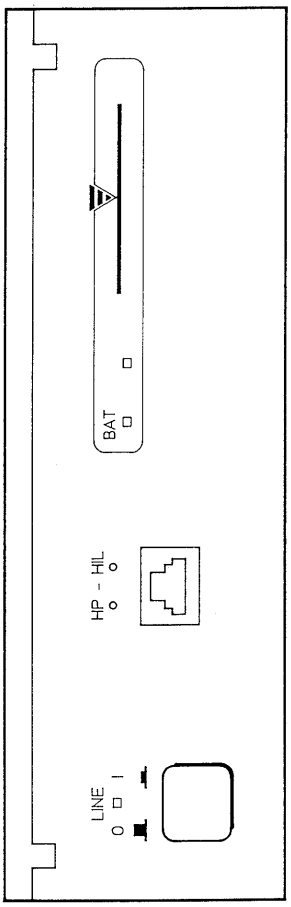
【図３Ｂ】


OPTICAL SPECTRUM ANALYZER
WAVELENGTH
CENTER
SPAN
START
STOP
AUTO MEAS
AUTO ALIGN
REF LEVEL
RES BW
SENS
MARKER
NORMAL ON/OFF
PEAK SEARCH
TO CENTER
NEXT PEAK
TO REF LEVEL
7
8
9
4
5
6
1
2
3
0
.
−
140

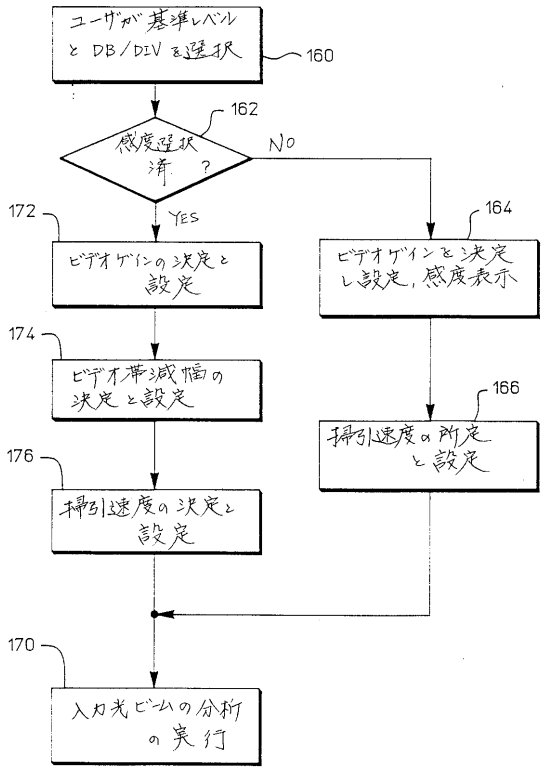
【図３Ｃ】


HP 70951A OPTICAL SPECTRUM ANALYZER
RANGE 600-1700 nm
HP-IB
RMT
LSN
TLK
SRQ
STATUS
ACT
ERR
MEAS
MONOCHROMATOR INPUT
MONOCHROMATOR OUTPUT
PHOTODETECTOR INPUT

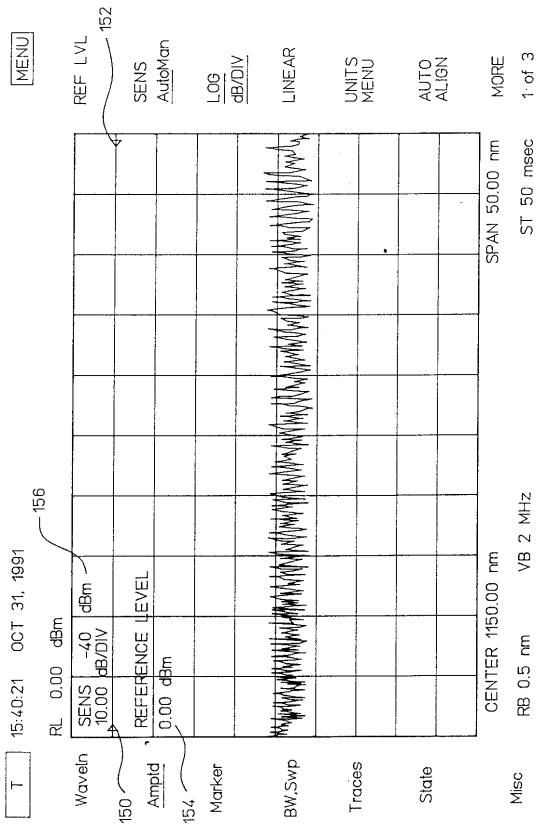
【図３Ｄ】


BAT
HP - HIL
LINE

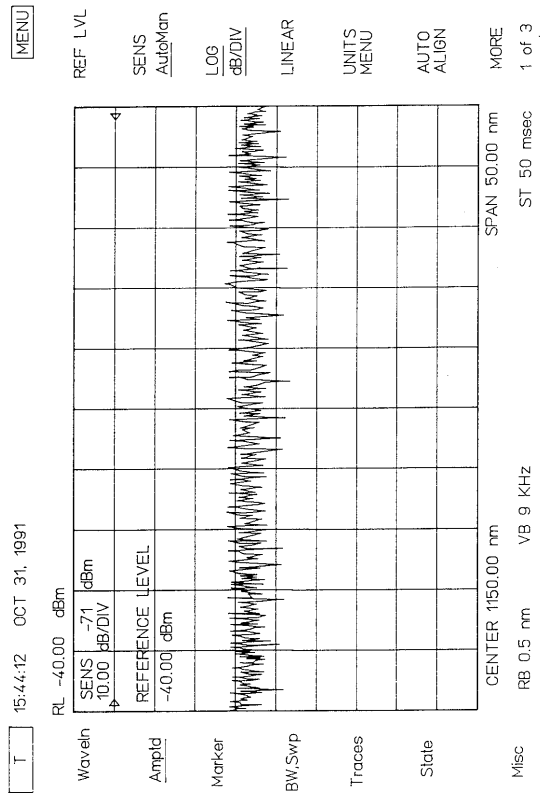
【図４】


ユーザが基準レベルと DB/DIV を選択
160
感度選択済 ?
162
NO
YES
172
ビデオゲインの決定と設定
164
ビデオゲインを決定し設定，感度表示
174
ビデオ帯域幅の決定と設定
166
掃引速度の所定と設定
176
掃引速度の決定と設定
170
入力光ビームの分析の実行

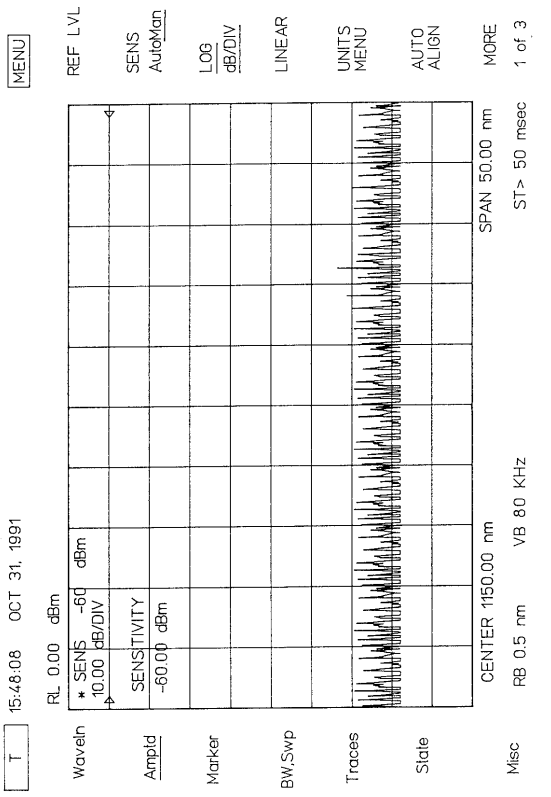
【図５】


MENU
REF LVL
152
SENS AutoMan
LOG dB/DIV
LINEAR
UNITS MENU
AUTO ALIGN
MORE 1 of 3
SPAN 50.00 nm
ST 50 msec
15:40:21 OCT 31, 1991
RL 0.00 dBm
SENS 10.00
-40 dB/DIV
dBm
REFERENCE LEVEL
0.00 dBm
156
CENTER 1150.00 nm
VB 2 MHz
RB 0.5 nm
T
Wavelh
Ampld
Marker
BW.Swp
Traces
State
Misc
150
154

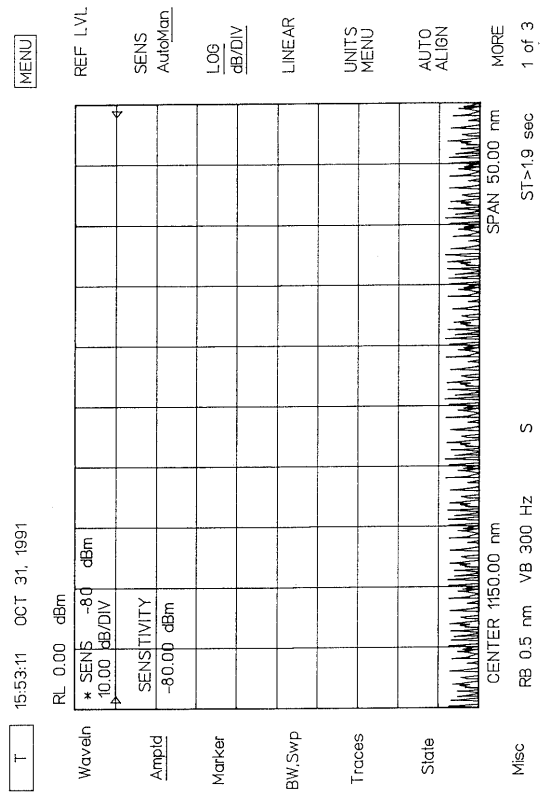
【図６】


MENU
REF LVL
SENS AutoMan
LOG dB/DIV
LINEAR
UNITS MENU
AUTO ALIGN
MORE 1 of 3
T
15:44:12 OCT 31, 1991
RL -40.00 dBm
SENS 10.00 -71 dB/DIV dBm
REFERENCE LEVEL
-40.00 dBm
SPAN 50.00 nm
CENTER 1150.00 nm
RB 0.5 nm VB 9 KHz ST 50 msec
Waveln
Ampld
Marker
BW,Swp
Traces
State
Misc

【図７】


MENU
REF LVL
SENS AutoMan
LOG dB/DIV
LINEAR
UNITS MENU
AUTO ALIGN
MORE 1 of 3
T
15:48:08 OCT 31, 1991
RL 0.00 dBm
* SENS 10.00 -60 dB/DIV dBm
SENSITIVITY
-60.00 dBm
SPAN 50.00 nm
CENTER 1150.00 nm
RB 0.5 nm VB 80 KHz ST> 50 msec
Waveln
Ampld
Marker
BW,Swp
Traces
State
Misc

【図８】


MENU
REF LVL
SENS AutoMan
LOG dB/DIV
LINEAR
UNITS MENU
AUTO ALIGN
MORE 1 of 3
T
15:53:11 OCT 31, 1991
RL 0.00 dBm
* SENS 10.00 -80 dB/DIV dBm
SENSITIVITY
-80.00 dBm
SPAN 50.00 nm
CENTER 1150.00 nm
RB 0.5 nm VB 300 Hz S ST>1.9 sec
Waveln
Ampld
Marker
BW,Swp
Traces
State
Misc

フロントページの続き

(72)発明者 ゾルタン・デー・アザリ
アメリカ合衆国カリフォルニア州セバストポル，ミル・ステーション・ロード１０３５２
(72)発明者 ケネス・リチャーズ・ウイルドナウア
アメリカ合衆国カリフォルニア州サンタ・ローザ，マードック・ドライブ２４７８
(72)発明者 スチーブン・デービット・ワーウイック
アメリカ合衆国カリフォルニア州サンタ・ローザ，エム・ティー・テイラー・ドライブ４４７１

審査官 平田 佳規

(56)参考文献 特開平０４－０６０４２９（ＪＰ，Ａ）
実開平０４－１０６７７０（ＪＰ，Ｕ）
特開昭５５－０１５０３０（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－０４５５１４（ＪＰ，Ａ）
特開昭５９－０００６１１（ＪＰ，Ａ）
実開平０１－１０７９５８（ＪＰ，Ｕ）
特開昭５５－０３０６３３（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－０９３９１８（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－１１３３１８（ＪＰ，Ａ）
特開昭６０－１３５８２９（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－０２７６２９（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－２８４２２８（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－１２８１２３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G01J 3/00- 3/51
G01J 1/02
G01J 1/42- 1/44
G01D 3/00- 3/04
G01D 7/00- 7/12
G01N 21/00- 21/01
G01N 21/07- 21/74
G01R 13/00- 13/42
G01R 23/16- 23/20
H04B 10/06
H04J 14/00- 14/02