(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3860898号
(P3860898)
(45)発行日　平成18年12月20日(2006.12.20)　(24)登録日　平成18年9月29日(2006.9.29)

(51)Int.Cl.		F I		
G01J 1/42	(2006.01)	G01J	1/42	D
H04B 10/00	(2006.01)	H04B	9/00	A
H04B 10/22	(2006.01)	G02B	6/00	A
G02B 6/00	(2006.01)			

請求項の数 1　(全 24 頁)

(21)出願番号　特願平9-368220
(22)出願日　平成9年12月29日(1997.12.29)
(62)分割の表示　特願平8-534109の分割
原出願日　平成8年4月30日(1996.4.30)
(65)公開番号　特開平11-83625
(43)公開日　平成11年3月26日(1999.3.26)
審査請求日　平成15年4月17日(2003.4.17)

(73)特許権者　598009452
クレイグ　ディー　プール
アメリカ合衆国、０３８２４　ニュー・ジャージー州、ダラム、サリー・レーン、２４
(74)代理人　100064746
弁理士　深見　久郎
(74)代理人　100085132
弁理士　森田　俊雄
(74)代理人　100083703
弁理士　仲村　義平
(74)代理人　100096781
弁理士　堀井　豊
(74)代理人　100098316
弁理士　野田　久登

最終頁に続く

(54)【発明の名称】低電流測定回路を使用した光パワーメータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

光ファイバによって運ばれる光パワーをインラインで測定するための装置であって、

ハウジングと、

前記ハウジングに内蔵される電源と、

前記ハウジングに内蔵され、かつ前記光ファイバと光学的に繋がる光タップとを備え、前記光ファイバを伝わる光パワーが前記光タップで取り出され、

前記装置は、さらに、

前記ハウジングに内蔵され、かつ前記光タップと光学的に繋がる光検出器を備え、前記光タップで取り出された光エネルギーがその後に、前記光検出器で検出され、前記光検出器は、前記検出された光パワーに応答して第１の電流を発生し、

前記装置は、さらに、

前記ハウジングに内蔵され、かつ前記光検出器と電気的に繋がる電流／電圧変換器を有する測定回路を備え、前記電流／電圧変換器は前記検出された光パワーに関連する第１の電圧を発生し、

前記装置は、さらに、

前記ハウジングに内蔵され、かつ前記測定回路と電気的に繋がり、装置の電力消費を最小化するための制御回路を備え、

前記制御回路は、

ｉ）　周期的電圧信号を発生するタイミング回路と、

ii） 前記電源に接続され、電気的に制御されるスイッチとを含み、
前記スイッチは、前記周期的電圧信号に応答して、前記電源が発生した電力の前記測定回路への供給をスイッチングする、装置。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバによって運ばれる光学的パワーを測定および表示するための装置、特に、低電力測定回路を使用した光パワーメータに関するものである。

【０００１】

【従来の技術】

光ファイバ伝送システムでは、グラスファイバを介して光エネルギーを送ることによって一つの場所から他の場所へ情報を伝送する。光エネルギーのパワーまたはスペクトルを変調することによって情報が光エネルギーに符号化される。これらのシステムでは、伝送ファイバによって運ばれている平均的な光パワーを監視することが必要となることがよくある。平均的な光パワーは、システムの性能を示す有用な指標であり、保守及び管理の目的で頻繁に使用される。

【０００２】

ファイバ中の光パワーを測定する公知の手段は、下記の２つの方法の内の何れかを使用している。最も簡単な方法は、使用中のファイバの一端をシステムから外して光の経路を遮断することである。この作業は、ファイバがコネクタ接続され、簡単に取り外せる場所で行うことが好ましい。取り外したファイバの端を光パワーメータ内に挿入する。試験中のファイバ中の光エネルギーはファイバの端を通り、測定のためにパワーメータに入る。測定完了後、ファイバをシステムに再び接続する。

【０００３】

この方法は簡単ではあるが、光の経路を遮断しなければならないため、測定中はシステムの動作を中断する必要があり、これは行き来する情報を運ぶ商用システムでは重大な制限となる。さらに、測定を行う度に試験対象のファイバを外し、その後に再接続しなければならないため、試験対象のファイバとシステムとの間の光学的接続が悪化し、システムからの光エネルギーに損失が生じる可能性がある。

【０００４】

ファイバによって運ばれる光パワーを測定するための公知の第２の方法は、光の経路中に光ファイバのタップを挿入することによって、測定中にシステムの動作を中断しなければならないという問題を回避したものである。この光ファイバのタップは、光の経路から光パワーの僅かな部分を抽出し、それを測定のためにパワーメータに供給する。光エネルギーの殆どは、妨げられることなしにタップを通過するため、測定が行われている間も、試験中の伝送システムは正常に動作を継続する。タップによって取り出される光パワーの、試験対象のファイバ中に残存する光パワーに対する割合は、タップ率として定義される。このタップ率は固定的であるため、タップによって取り出された光パワーを、試験対象のファイバによって運ばれている光パワーの測定値として使用できる。

【０００５】

上記の測定方法での使用に適した既知の光ファイバのタップとしては、溶融ファイバカップラー（例えば、ディー・ヤング（D. Young）に対して１９９３年１０月５日付けで発行された米国特許第５，２５１，２７７号参照）等の複数ポートの装置、および光エネルギーを分散させるために伝送ファイバを曲げて形成した一時的タップが挙げられる。後者の形式のタップの例は、エス・ジェームズ（S. James）、ディー・ファーガソン（D. Ferguson）、ディー・ドラウエット（D. Drouet）およびエス・ホーナング（S. Hornung）に対して１９９２年７月７日に発行された米国特許第５，１２７，７２４号に記載されている。

【０００６】

上記の光タップを使用して光パワーの測定を行う場合、幾つかの重大な制限がある。例えば、タップとして機能する光ファイバ装置は、３ポートの装置を必要とする（例えば、ア

イ・ピー・カミノウ（I. P. Kaminow）のオプティカル・ファイバ・テレコミュニケーションＩＩ、第２６章「フォトニック・ローカル・ネットワーク」（エス・イー・ミラー（S. E. Miller）およびアイ・ピー・カミノウ（I. P. Kaminow）編、Ａｃａｄｅｍｉｃ Ｐｒｅｓｓ，Ｉｎｃ．、マサチューセッツ州、ボストン、１９８８年、９４０～９４３頁）参照）。光エネルギーは入力ポートを介して装置内に入り、また２個の出力ポートを介して出なければならない。したがって、パワー測定を一回行うために、オペレータは光学的接続を３回行わなければならず、各接続において特殊な工具が必要となり、オペレータも熟練していなければならない。各測定を行うのに必要となる時間は、多数のファイバの測定が必要な場合には望ましくないものとなる。

【０００７】

ファイバの湾曲などの一時的タップは、導入／除去が簡単であるため、このような一時的タップを使用することにより上記の問題を解決できる。しかし、一時的タップは精度が低いという問題がある。何故なら、タップ率がファイバウエーブガイドの設計とコーティングのパラメータに依存するからである。さらに、一時的タップはケーブル化されたファイバには適用できない。何故なら、ファイバから分散した光はケーブルの被覆を貫通できないからである。

【０００８】

上記した制限に加え、ファイバ中の光パワーを測定するための現在知られている手段には更に別の制限がある。伝送ファイバは、野外に位置している、即ち、所定の地域に亘って広く分散していることが多いため、商用電力の利用が困難な場合が多い。その結果、光パワーを測定するために携帯形の電池駆動式メータを使用しなければならない場合が多い。しかし、既知の携帯形メータの電池の寿命は、連続的に動作させた場合、典型的には１００時間未満である。このため、これらのメータでは、電池を頻繁に交換する必要があり、光ファイバ伝送ラインの長期間の監視には実用的でなかった。

【０００９】

既知の携帯形メータの電池寿命は、使用する電池のサイズを大きくすることによって延ばすことができるが、このようにするとメータの携帯性を制限する。既知の携帯形メータでは携帯性と電池寿命の両立は困難で、このために適用範囲が制限されていた。例えば、パワーメータを光ファイバのケーブルと一体化できるか否かは、光学的損失に影響を与えることなしにケーブルと光ファイバコネクタが支持できる最大重量によって決定される。商業的に利用可能な多くの光ファイバコネクタでは、この最大重量が１２０グラム程度と低い。既知の携帯形メータはこの重量制限を越えており、したがって上記のようなアプリケーションには適さない。

【００１０】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、光ファイバによって運ばれている光パワーの測定と表示を、精度が高く、実施が容易で、かつ長期間の監視を行うアプリケーションに適した方法で行うことにある。

【００１１】

【課題を解決するための手段】

本発明は、測定装置をファイバケーブルに組み込むことにより、光ファイバシステム中に容易に設置できる直列型のパワーメータを創作し、これによって上記の目的を達成するものである。必要とされる測定装置の軽量化と小型化を達成するために、画期的な低電力測定回路を使用し、これにより、メータを駆動するのに必要な電池の重量と寸法を大幅に減少させる。さらに、電力消費の低減により、本発明による測定回路は、携帯形光パワーメータの電池寿命を電池の棚持ち寿命に近づけることを可能にする。このようにして、既知の携帯形メータに比べて電池の保守を大幅に減少させた。

【００１２】

低電力測定回路の更なる利点は、例えば、太陽電池の使用によって電力を提供するための代替手段を実現し、場合によっては電池の必要性をなくせることである。

【００１３】
特に、本発明の教示によれば、本発明は、ファイバによって運ばれる光パワーを測定するための装置を提供するものであり、その好適な実施の形態は、光ファイバから光エネルギーを取り出す手段と、その取り出した光エネルギーを信号電圧に変換する低電力測定回路と、光パワーをデジタル表示器上に表示するために信号電圧をデジタルコードに変換するＡ／Ｄ回路とを含む。本発明による革新的な技術によれば、光タップ、電気回路および表示器はファイバケーブルに永久的に取り付けられる。ファイバケーブルの一端から入る光エネルギーは、光タップまで伝搬し、そこで光エネルギーのごく一部が外部に放射され、測定回路に送られる。光エネルギーの大部分はタップを通過し、ファイバケーブルの他端に達し、ファイバシステムへ進む。

【００１４】
本発明による技術によれば、光タップは、グラスファイバを湾曲した形に保持しながらグラスファイバの露出部を融点まで局部的に加熱し、これによってファイバ中に永久的な微小曲がりを生じさせることで作られる。このようにして形成された光タップは、光エネルギーの一定の部分をファイバから放出させ、この一部の光エネルギーが測定回路によって検出される。

【００１５】
本発明による測定回路は、ファイバから取り出した光エネルギーを、この取り出した光エネルギーの対数に比例した信号電圧に変換するため、光ダイオードと電流／電圧変換器とを含んでいる。アナログ・デジタル（Ａ／Ｄ）変換器は、光パワーをｄＢｍの単位で視覚的に表示する液晶表示器（ＬＣＤ）を駆動する信号電圧のデジタル表示を発生する。

【００１６】
本発明の技術によれば、測定回路の低電力動作は、Ａ／Ｄ変換とＡ／Ｄ変換の間、電流／電圧変換器への電力供給を自動的に停止することによって達成される。これは、測定感度を維持しながら、測定回路によって消費される平均電力を１／１００にする革新的なスイッチング回路を使用して行われる。

【００１７】
本発明の好適な実施の形態では、ファイバ中の光パワーが所定のレベル以下となった時に表示器とＡ／Ｄ回路への電力の供給を停止し、これによってメータが使用されていない時に電気エネルギーを節約するスリープモードがさらに組み込まれている。本発明の教示によれば、パワーメータは、電池または太陽電池によって駆動できる。

【００１８】
本発明の教示を利用する更なる実施の形態は、太陽電池によって駆動される手持ち形の光パワーメータである。

【００１９】
本発明の測定回路によって消費される電力は、既知の測定回路に比べて無視できるほどに小さくできるため、本発明によって製作された電池駆動形メータは、数年に亘って測定が行える電池寿命を有するであろう。装置保守の必要性の減少、および測定装置をファイバケーブル中に組み込むことによって達成される使用簡便性により、光ファイバシステム中への直列形パワーメータの永久設置等の新しいアプリケーションが可能となる。

【００２０】
【発明の実施の形態】
以下に本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。なお以下の実施の形態においては読者の理解を容易にするため、図面全体を通して同一または類似の要素は同一の参照番号を使用して示している。また図面は必ずしも実寸で描かれていない。
添付図面を参照すると、図１～図６は光ファイバ用パワーメータ１００を示す。このパワーメータ１００は、剛性のメータハウジング１０２、可撓性のファイバケーブルリード１０４、１０６、およびそれらに取り付けられた光学的コネクタ１０８、１１０を含んでいる。ファイバケーブルリード１０４、１０６は、保護被覆および強化部材を含んでおり、中央光ファイバ６０１（図６）を取り囲んでいる。この光ファイバ６０１はコネクタ１０

８と１１０を光学的に結合している。メータハウジング１０２に取り付けられたデジタル表示器１１２および３１２は、ファイバ６０１中において測定され、コネクタ１１０から出ていく光パワーのデジタル測定値を提供する。メータハウジング１０２上の矢印１１８、１２０、３１８、３２０は、光エネルギーの正しい伝搬方向を示す。

【００２１】

当技術分野で良く知られているファイバケーブルリード１０４、１０６、および光学的コネクタ１０８、１１０は、種々の供給業者から商業的に入手可能である。そのような供給業者の一つは、ノースカロライナ州ヒッコリーのＳｉｅｃｏｒ　Ｃｏｒｐｏｒａｔｉｏｎである。

【００２２】

メータハウジング１０２上のスイッチ１１４と１１６は、メータ１００の動作を制御する。押しボタンスイッチ１１４を手動操作することにより、パワーの測定をｄＢｍとｄＢの単位で交互に開始する。後者は、オペレータが選択した基準に対する相対的な光パワーの測定値を提供する。スライドスイッチ１１６を手動操作することにより、２つの波長の内の一方において較正された測定を行うためにメータを較正する。

【００２３】

図２および図３は、それぞれデジタル表示器１１２と３１２を詳細に示し、図２は図１のパワーメータの正面図、図３は図１のパワーメータの背面図である。また図４は図１のパワーメータの平面図である。好適な実施の形態においては、メータハウジング１０２の両側面に位置決めされた２個の同一の表示器を使用しており、これにより、パワーの測定値を見るためにメータハウジング１０２を回転させる必要がなくなる。好ましくは、表示器１１２、３１２は液晶表示器であり、光パワーを表示するために、各々の表示器は３桁の表示２０２、３０２と符号表示２０４、３０４を含んでいる。さらに、表示器は、スイッチ１１４によって選択された測定モードを示すための記号２０６、２０８、３０６、３０８を含んでいる。表示器１１２、３１２上の記号２１０、２１１、３１０、３１１は、スライドスイッチ１１６で選択された較正波長を示す。記号２１３、３１３は、それらが駆動された時に電池電圧の低下を示す。

【００２４】

図２を参照すると、小型のフォーンジャック２１４がメータハウジング１０２上に設けられており、このフォーンジャック２１４は、デジタル表示器１１２、３１２上に表示された光パワーに比例したアナログ出力電圧を提供する。それに替え、フォーンジャック２１４は、デジタル表示器１１２、３１２上に表示された光パワーを表す、デジタル的に符号化されたデータを提供することもできる。

【００２５】

図５は、メータハウジング１０２の内部へ接近できるようにする底板５２２を示す。電池交換のためにネジ５２４、５２５、５２６、５２７が外される。

【００２６】

図６は、メータ１００の組立を示す分解図である。上記した要素に加え、メータ１００は、タップモジュール６００、タップ／検出器組立体６０２、ボタン形電池６０４、６０６、および回路基板６０８、６１０、６１２、６１４として形成された必要な電気的手段とを含んでいる。この電気的手段は、タップ／検出器組立体６０２によって取り出された光エネルギーを、表示器１１２、３１２上で表示する光パワーのデジタル測定値に変換するものである。タップモジュール６００は、タップ／検出器組立体６０２を支持し、クランプ板６１６、６１８と固定ネジ６２０ａ～６２０ｄによってファイバケーブルリード１０４、１０６およびファイバ６０１を所定位置に保持する。

【００２７】

アルミニウム製のシールド板６２８、６２９、６３０、６３１は、回路基板６０８、６１０、６１２、６１４上の部品を周囲の電気ノイズから遮蔽する。メータハウジング１０２を構成する要素を包囲し支持する剛体のハウジングカバー６３４ａ、６３４ｂが、ネジ６３５ａ～６３５ｄによって相互に固定されている。好ましくは、剛体のハウジングカバー

６３４ａ、６３４ｂは軽量のプラスチックによって作られている。

【００２８】

図７は、パワーメータ１００の動作を示すブロック図である。パワーメータ１００は、光ファイバ６０１、タップ／検出器組立体６０２、電流／電圧変換器７０４、Ａ／Ｄ回路７０６、および制御信号発生器７０２を含んでいる。光信号７００は、光ファイバ６０１を介してタップ／検出器組立体６０２に入る。タップ／検出器組立体６０２は、光信号７００の一部を取り出し、光信号７００のパワーに比例する電流７１０を発生する。タップ組立体６０２によって除去されなかった信号７００からの光エネルギーを表す伝達光信号７０８は、タップ／検出器組立体６０２から出力され、光ファイバ６０１によって伝達される。光信号７０８中のパワーは信号７００中のパワーに比例するため、電流７１０も信号７０８中の光パワーに比例する。

【００２９】

電流／電圧変換器７０４は、電流７１０と制御信号発生器７０２からの制御信号７１６とに応答し、信号電圧７１２とアナログ電圧７１４を発生する。信号電圧７１２とアナログ電圧７１４は何れも電流７１０の対数に比例しており、従って光信号７００、７０８の対数にも比例している。ミリボルトの単位で表したアナログ電圧７１４の数値が、ｄＢｍの単位で表した信号７０８中の光パワーの数値と正確に等しいことが好ましい。

【００３０】

信号電圧７１２と制御信号７１８とに応答してＡ／Ｄ回路７０６は、信号電圧７１２のアナログからデジタルへの変換（Ａ／Ｄ変換）を行う。得られた信号電圧７１２のデジタル表示は、図２と図３にそれぞれ示すデジタル表示器１１２、３１２によって表示され、光信号７０８の光パワーを視覚的に表示する。

【００３１】

制御信号発生器７０２は、制御信号７１６、７１８によってメータの動作を制御する。これらの信号は、電力消費を減少させるために、種々の回路要素に対する電力の供給をＡ／Ｄ変換とＡ／Ｄ変換の間は停止し、また信号電圧７１２をＡ／Ｄ変換するためにＡ／Ｄ回路７０６にタイミング信号を提供する。

【００３２】

次ぎにタップ／検出器組立体に関して説明する。

図８はタップ／検出器組立体６０２を示す。このタップ／検出器組立体６０２は、光ファイバ６０１、光タップ８１４、傾斜インデックスレンズ８０２、レンズマウント８０４、光学フィルタ８０６、光検出器ハウジング８０８、光検出器８００、および電気配線８１０、８１２を含む。ファイバ６０１を通って伝搬する光信号７００は、ファイバ６０１中に永久的な微小曲がりを生じさせることによって形成した光タップ８１４によって部分的に外部に分散される。エポキシ８１６により、傾斜インデックスレンズ８０２の光軸（図略）上の所定位置に光タップ８１４を固定する。エポキシ８１６は、ファイバ６０１を構成する材料と等しい屈折率を有し、ファイバとエポキシ間の界面における反射が最小になるのが好ましい。

【００３３】

傾斜インデックスレンズ８０２は、光タップ８１４によってファイバ６０１から分散された光エネルギー８１８を回収して収束させ、それを光学フィルタ８０６を通して光検出器８００の表面上に向ける。光検出器８００は、光信号８１８に応答して光信号８１８の大きさに比例した電流７１０を発生する。

【００３４】

本出願の好適な実施の形態においては、光タップ８１４の波長依存性を補償するために干渉フィルタが光学フィルタ８０６として使用されている。フィルタ８０６は、光タップ８１４の波長依存性と相補的な透過対波長反応を有することが好ましい。本発明の別の実施の形態においては、他のフィルタ特性を使用してメータのスペクトル反応を設定するためにフィルタ８０６を使用できる。例えば、必要でない波長が光検出器８００によって検出されるのを阻止するために、フィルタ８０６を帯域通過フィルタとして設計することがで

きる。

【００３５】

傾斜インデックスレンズ８０２、レンズマウント８０４、光学フィルタ８０６、および光検出器ハウジング８０８は、強固な組立体を形成するためにエポキシ接着剤のような好適な手段によって一体的に結合され、これによって要素間の光学的アライメントを維持する。傾斜インデックスレンズ８０２、レンズマウント８０４、および光検出器ハウジング８０８の間のシールを気密的に行い、フィルタ８０６が周囲の水分に晒されないようにすることが好ましい。

【００３６】

傾斜インデックスレンズ８０２は、レンズ上面の入力端に研磨によって形成された角度を持った斜面８２２を有する。斜面８２２により、レンズ８０２の端面からの距離を固定した状態で、光タップ８１４をレンズ８０２の光軸と整合せさせることができる。斜面の角度を光タップ８１４の曲げ角度８２０と等しくしてファイバ６０１とタップ８１４に作用する機械的応力を最小にすることが好ましい。

【００３７】

図９は、図８の光タップ８１４を形成するための好適な手段を示す。光タップを形成する前に、ファイバ６０１の短い部分９０８からエポキシの被覆を剥がして内側のグラスファイバを露出させる。ファイバの露出部分９０８の何れかの側でファイバを複数箇所で保持し、湾曲した軌跡９０２に沿うようにファイバを曲げる。マイクロトーチ９０６からの炎９０４によってファイバの露出部の中間点近傍においてガラスを瞬間的に加熱し、これによってガラスの温度を局部的に融点まで上昇させ、湾曲したガラス内の応力を取り除く。ガラスが溶けた箇所において応力が除去されることにより、ファイバ６０１は図９に示すようにＶ字形となる。ファイバが融点まで加熱された場所においては、小径の曲がりが形成され、この曲がりがファイバから光を分散させる。曲がりの半径は、トーチの炎の大きさと温度によって決定される。曲げ半径は出来るだけ小さくするのが好ましく、タップから放射される光の回収を容易にし、かつタップ率の波長依存性を最小にするためには、２ｍｍ以下とするのが好ましい。

【００３８】

ファイバを加熱するプロセスの間、ファイバ６０１での光学的損失を監視する。必要とするタップ率が得られたときに炎を取り除く。炎の大きさ、加熱時間、初期曲がり９０２の曲率半径を変化させることによって、任意の要求タップ率が得られるであろう。例えば、標準的な１２５ミクロンの溶融シリカファイバを半径８ｃｍの湾曲状態に維持し、１ｍｍのアセチレン／酸素炎に約０．２５秒晒すことにより、１ｄＢのタップ率（２５％の光が分散する）が得られるであろう。

【００３９】

成形後、光タップ８１４を図８に示すようにエポキシを用いてタップ／検出器組立体６０２に固定する。ファイバ９０８の露出部を完全にエポキシ内に包み込み、ガラスが周囲の汚染物質に晒されることを最小にすることが望ましい。

【００４０】

図９に示すトーチの炎は、空間的に閉じ込められた方法で熱を加えるための手段を例示することを意図するものであることに注意されたい。ファイバを加熱するための代替手段には、レーザ光線による照射、および小型の高周波コイルを用いた加熱がある。

【００４１】

図１０、図１１及び図１２は、制御信号発生器７０２、電流／電圧変換器７０４およびＡ／Ｄ回路７０６の動作をそれぞれ示す概略図である。これらの回路についての下記の詳細な記載を考える場合、制御信号の相対的なタイミングを示す図である図１３を参照されたい。

【００４２】

図１０は、図７の制御信号発生器７０２の概略図である。既に述べたように、制御信号発生器７０６の目的は、タイミングと、電流／電圧変換器７０４およびＡ／Ｄ回路７０６へ

の電力供給を制御することである。タイミング機能はクロック１００２、１０３８によって達成され、前者がマスタークロックで、後者がスレーブである。

【００４３】

クロック１００２の出力がＨｉｇｈとなり、フリップフロップ１００４をＨｉｇｈ出力状態にすると、測定サイクルが始まる。フリップフロップ１００４の出力によりアナログスイッチ１００６が閉じられると、制御信号Ｃａ、Ｃｂが、正および負の電源電圧＋Ｖｃｃおよび－Ｖｃｃにそれぞれ等しい電圧レベルとなる。

【００４４】

スイッチ１００６の駆動と同時に、フリップフロップ１００４の出力は抵抗１０１０を介してコンデンサ１０１４を充電する。コンデンサ１０１４と抵抗１０１０のＲＣ時定数によって決まる遅延時間の後、シュミットトリガ１０１６の出力がＨｉｇｈとなり、アナログスイッチ１００８を閉じる。これにより、制御信号Ｃｄ、Ｃｄが、電源電圧＋Ｖｃｃおよび－Ｖｃｃにそれぞれ等しい電圧レベルとなる。制御信号Ｃａ、Ｃｂは、それらを遅延させた対応する信号Ｃｃ、Ｃｄと共に、以下により詳しく記載するように、電流／電圧変換器７０４に対して電力を供給する。

【００４５】

制御信号Ｃａ、Ｃｂ、Ｃｃ、Ｃｄによって電力供給が開始されると、電流／電圧変換器７０４は比較器１０２６の入力に信号電圧７１２を供給する。比較器１０２６は信号電圧７１２を基準電圧Ｖｒと比較し、光パワーが検出器に存在しているか否かを判断する。もし信号電圧７１２が基準電圧Ｖｒを上回っている場合、比較器１０２６の出力がＨｉｇｈとなる。その後、抵抗１０１８とコンデンサ１０２２のＲＣ時定数によって決まる遅延時間の後シュミットトリガ１０２４の出力がＨｉｇｈになった時、比較器の出力はフリップフロップ１０３０にクロック移送される。

【００４６】

フリップフロップ１０３０の出力がゲート１０３４をＨｉｇｈ状態にし、これによりクロック信号がフリップフロップ１０３６に送られる。これがフリップフロップ１０３６の出力をＨｉｇｈにし、クロック１０３８をオンにする。クロック１００２よりも高い周波数で発振しているクロック１０３８の出力はカウンタ１０４０を歩進させる。この歩進は、所定数のクロックサイクルの後、カウンタ１０４０のキャリー出力がＨｉｇｈとなってゲート１０４２を介してフリップフロップ１００４がリセットされるまで行われる。これと同時に、インバータ１０４４の出力はＬｏｗとなり、カウンタの計数を停止させる。フリップフロップ１００４がリセットされると、ダイオード１０１２を介してコンデンサ１０１４が放電するため、スイッチ１００６、１００８が順番にすばやく開かれる。スイッチ１００６、１００８が開くと、電流／電圧変換器７０４への電力供給が停止される。これと同時に、ダイオード１０２０を介してのコンデンサ１０２２の放電によりシュミットトリガ１０２４の出力がＬｏｗになる。

【００４７】

カウンタ１０４０が歩進している間、電流／電圧変換器７０４によって発生される信号電圧７１２がＡ／Ｄ回路７０６によってサンプリングされ、Ａ／Ｄ変換が開始される。後でより詳細に述べるように、カウンタ１０４０が計数を停止したとき、Ａ／Ｄ回路７０６は信号電圧７１２のサンプリングを完了している。カウンタ１０４０が計数を停止した後で電流／電圧変換器７０４への電力供給を停止することにより、測定に影響を与えることなく電力を節約できる。

【００４８】

Ａ／Ｄ回路７０６によってＡ／Ｄ変換が完了するまでクロック１０３８は発振を継続する。Ａ／Ｄ変換が完了した時点で、制御信号ＣｌがＡ／Ｄ回路から受信され、フリップフロップ１０３６をリセットするとともに、クロック１０３８をオフにする。クロック１００２の出力がＬｏｗとなってカウンタ１０４０をリセットした時、測定サイクルが完了する。クロック１００２の出力が再びＨｉｇｈになったときに新しい測定サイクルが始まる。

【００４９】

上記の記載は、信号電圧７１２が基準電圧Ｖｒを上回り、その結果、比較器１０２６がオンにされる場合についてのものである。測定中の光パワーが所定のレベル以下である場合、この条件は満たされず、比較器１０２６の出力はＬｏｗのままとなる。この場合、クロック１０３８がオンにされることはなくまたＡ／Ｄ変換も開始されないため、測定サイクルは中断される。比較器１０２６は、抵抗１０２８、フリップフロップ１０３０およびゲート１０３２、１０３４とともに、メータが使用中でない時に選択された回路要素の電源を自動的に遮断して電気エネルギーを節約するスリープ回路を構成する。

【００５０】

信号電圧７１２がＡ／Ｄ変換器の範囲外である場合、フリップフロップ１０５４の出力から得た制御信号Ｃｅによってデジタル表示器は無表示の状態（ブランク状態）にされる。ＣｅがＬｏｗのとき表示器はオフにされる。この状態は、Ａ／Ｄ回路７０６からの制御信号Ｃｍがフリップフロップ１０５４をＨｉｇｈ状態にできなかったときに生じる。信号ＣｍはＡ／Ｄ変換器のデータ出力から取り出されるもので、Ａ／Ｄ変換器の受入れ可能な測定範囲内に信号電圧が入る場合のみＬｏｗからＨｉｇｈへ変化する。それ以外の場合、この信号はＬｏｗ状態を維持し、フリップフロップ１０５４をＬｏｗ状態のままとし、表示器をオフにする。この状態で表示器をブランクにすることにより、光信号がメータの測定範囲外であることをオペレータに対して示す。

【００５１】

電圧検出器１０５８、１０６０は、図６の電源電池６０４、６０６の状態を監視する。電源電圧＋Ｖｃｃまたは－Ｖｃｃの大きさが所定のレベル以下となったとき、対応する電圧検出器の出力がＨｉｇｈとなり、ゲート１０６２をＨｉｇｈ状態にする。このＨｉｇｈ状態は、シュミットトリガ１０２４がＨｉｇｈとなる次の時点でフリップフロップ１０６４に移される。フリップフロップ１０６４の出力から取り出される制御信号Ｃｋは、デジタル表示器上に電池電圧低下（ローバッテリー）を示す記号を点灯するためにＡ／Ｄ回路７０６に送られる。

【００５２】

上記した制御信号とは別に、制御信号発生器７０２は追加の制御信号Ｃｆ、Ｃｇ、Ｃｈ、Ｃｉ、Ｃｊを発生する。これらの信号は、下記のＡ／Ｄ回路７０６の議論の中で述べられている信号電圧７１２のＡ／Ｄ変換を制御するために使用される。

【００５３】

図１１は電流／電圧変換器７０４の概略図を示す。電流／電圧変換器７０４の目的は、図７に示す信号電圧７１２とアナログ出力電圧７１４を発生することである。これらの両電圧は光電流７１０の対数に比例しており、演算増幅器１１０２、１１０４、１１０６、１１１０、および適合されたトランジスタ１１１２、１１１４を含む４段の増幅回路によって発生される。

【００５４】

詳しくは、増幅器１１０２は帰還トランジスタ１１１２と共に、電流７１０の対数に比例した出力電圧を発生する。基準電流１１５２と帰還トランジスタ１１１４とにより第２の基準電圧が増幅器１１０４の出力に発生される。トランジスタ１１１２と１１１４は同一の電気的および熱的特性を有していることが好ましい。基準電流１１５２の大きさは基準ダイオード１１１８と抵抗１１６６、および抵抗１１２４と１１２６の内の何れかによって制御される。後に記載の二つの抵抗の内の一つがスライドスイッチ１１６によって手動的に選択される。メータ１００の波長較正は可変抵抗１１２４、１１２６によって調整され、２つの予め選択された波長において正確な測定を行うためにこれらの可変抵抗１１２４、１１２６がプリセットされる。

【００５５】

増幅器１１０２、１１０４からの出力電圧は、演算増幅器１１０６、サーミスタ１１１６、および抵抗１１２８、１１３０、１１３２、１１３４、１１３６を含む差動増幅器段を駆動する。サーミスタ１１１６は、トランジスタ１１１２、１１１４の温度依存性を補償するのに適した温度係数を有する。信号電圧７１２は増幅器１１０６の出力から得られ、

電流７１０に比例している。
【００５６】
本発明の技術によれば、Ａ／Ｄ回路７０６による出力電圧７１２のサンプリングの前に増幅器１１０２、１１０４、１１０６の出力電圧が安定するのに充分な期間、増幅器１１０２、１１０４、１１０６に対する電力供給を行うことによって電力消費が最小にされる。信号電圧７１２のサンプリングが完了すると、増幅器は直ちにオフにされる。増幅器は測定サイクルの間の短い期間だけオンにされるため、電気エネルギーがかなり節約される。
【００５７】
本発明によるスイッチング技術は、信号電圧７１２の安定化期間は、増幅器１１０２の安定化期間によって制限されるという事実を利用している。特に、トランジスタ１１１２のインピーダンスが１００メグオームを越えることがある、低レベルの光信号については真実である。このインピーダンスは寄生容量とともに増幅器１１０２の応答時間を制限する。さらに、増幅器が最初にオンされるとき、トランジスタ１１１２はオフにされ、より大きな初期帰還抵抗を発生し、これにより増幅器１１０２を飽和状態にする。さらに、これは増幅器１１０２の安定化時間を長くする。
【００５８】
増幅器１１０２の安定化時間は、コンデンサ１１２０と抵抗１１２２とを含む本発明による安定化回路を使用することによって短縮される。電源電圧Ｃａ、Ｃｂがオンにされると、電流１１７０がコンデンサ１１２０、抵抗１１２２およびトランジスタ１１１２を通って一時的に流れる。電流１１７０は、トランジスタ１１１２を急速にオンさせることによって、増幅器１１０２が飽和状態になることを阻止する。電流１１７０が流れる総時間は、増幅器１１０２がオンされる時間間隔に比べて短く、コンデンサ１１２０と抵抗１１２２のＲＣ時定数によって決定される。電流７１０の大きさに依存し、一時的電流１１７０の導入により増幅器１１０２の安定化期間を１／１０に短縮できる。その結果、増幅器１１０２によって消費される電力を同じ割合で減少できる。
【００５９】
増幅器１１０４、１１０６への電力供給は制御信号Ｃｃ、Ｃｄによって行われる。これらの増幅器の安定化時間は増幅器１１０２よりも短いため、制御信号Ｃｃ、Ｃｄで制御される増幅器１１０４、１１０６への電力供給は、制御信号Ｃａ、Ｃｂによる増幅器１１０２への電力供給に対して時間的に遅延される。増幅器１１０４、１１０６への電源供給の開始と増幅器１１０２への電源供給の開始との間の時間遅れΔｔは図１３に示されている。全ての増幅器の出力が同時に安定になるように上記の遅延時間を調整するのが好ましい。このようにして、増幅器１１０４、１１０６がオンとされる総時間、したがって電力消費が最小にされる。
【００６０】
アナログ出力電圧７１４は、増幅器１１１０、アナログスイッチ１１５６、コンデンサ１１５０および抵抗１１４６、１１４８から成るサンプル／ホールド回路によって発生される。通常、スイッチ１１５６は開いている。しかし、増幅器１１０６の出力が安定になった直後に制御信号ＣｊがＨｉｇｈになると、スイッチ１１５６が閉じ、コンデンサ１１５０上の電圧が信号電圧７１２と等しくされる。短い間だけスイッチ１１５６は閉じた状態を維持し、増幅器１１０２、１１０４、１１０６がオフにされる直前に再び開かれる。その後、測定サイクルの残りの期間は開いた状態を維持する。コンデンサ１１５０は、当技術分野で知られている低リーク形のコンデンサであることが好ましく、これによりスイッチ１１５６が開いている間その電荷を保持できる。このようにして、アナログ電圧７１４は他の回路要素がオフにされている間も維持される。
【００６１】
増幅器１１１０に対する電力はスイッチ１１６０と小型のフォーンジャック２１４によって供給される。フォーンプラグ１１６４がフォーンジャック２１４に挿入されると、正の電圧がスイッチ１１６０の制御ピンに印加される。これによりスイッチ１１６０が閉じられ、電源電圧＋Ｖｃｃおよび－Ｖｃｃが増幅器１１１０に供給される。フォーンプラグ１

１６４が抜かれると、スイッチ１１６０が開き、これにより増幅器１１１０への電力供給が停止される。このようにして増幅器１１１０への電力の供給を制御することにより、アナログ出力が使用されていない時は電力を節約する。

【００６２】

本開示におけるダイオード接続のトランジスタ１１１２、１１１４の使用は、電流７１０の対数に比例した電圧を発生する手段の例示である。電気設計に携わる当業者は、上記のような対数依存性を得るために他の種々の回路構成を使用することができ、トランジスタの替わりにダイオードを使用することもできる。したがって、ダイオード接続のトランジスタ１１１２、１１１４の使用は本発明の範囲を限定するものとして解釈してはならない。

【００６３】

図１２はＡ／Ｄ回路７０６の概略図である。この回路の目的は、信号電圧７１２をデジタル形式に変換し、その結果を光パワーとしてデジタル表示器１１２、３１２上に視覚的に表示することである。電力を節約するため、Ａ／Ｄ変換器１２０２はＡ／Ｄ変換の間だけオンにされる。データ変換は測定サイクル期間の僅かな部分しか使用しないので、変換と変換の間はＡ／Ｄ変換器１２０２をオフすることによって電気エネルギーをかなり節約できる。

【００６４】

制御信号ＣｈとＣｉに応答してＡ／Ｄ変換器１２０２は信号電圧７１２をサンプリングし、それを基準ダイオード１２０４と抵抗１２０３から供給される基準電圧＋Ｖｒと比較する。その後、Ａ／Ｄ変換器１２０２は、信号電圧７１２と基準電圧＋Ｖｒとの間の電圧差を表す２進値を発生し、それをレジスタ１２０６に送って記憶させる。データレジスタ１２０６は“現在データ”レジスタであり、各測定サイクルの間に更新される。

【００６５】

制御信号ＣｉがＬｏｗの時、変換器１２０２はオンにされる。制御信号Ｃｈはデータ変換と移送のプロセスのタイミングを提供するクロック信号である。既に述べたように、Ａ／Ｄ変換器１２０２に対する電力の供給は、データ変換とレジスタ１２０６への移送の間だけ行われる。

【００６６】

Ａ／Ｄ回路７０６の他の回路要素の目的は、Ａ／Ｄ変換器１２０２によって発生された２進データを、デジタル表示器１１２、３１２によって光パワーを適切な単位で表示させるための形式に変換することである。これは２ステップのプロセスで行われる。メモリ１２０８内に記憶された第２の基準データからレジスタ１２０６内の２進データが最初に減算され、表示ドライバ１２４０へ入力するためにデコーダ１２３８によってＢＣＤコードに変換される。

【００６７】

このデータ変換プロセスは、データをメモリ１２０８にロードすることから始まる。メモリ１２０８は、レジスタ１２０６内の現在データから減算すべき基準データを提供する。この基準データの出所は、押しボタンスイッチ１１４とフリップフロップ１２２６によって選択されたｄＢｍモードまたはｄＢモードの何れでメータが動作しているかによって変わる。

【００６８】

ｄＢｍモードで動作している場合、スイッチ１１４とフリップフロップ１２２６の出力はＨｉｇｈである。各測定サイクルの間、Ａ／Ｄ変換器１２０２からのデータは、ゲート１２２８、１２３０を介して転送されるクロック信号Ｃｈに応答してメモリ１２０８内にシリアルでロードされる。これは、同じデータがレジスタ１２０６がロードされる間に行われる。

【００６９】

データ転送の完了後、クロック信号Ｃｈはオフにされ、制御信号ＣｉがＨｉｇｈ状態になってＡ／Ｄ変換器１２０２への電力供給を停止する。しかし、クロック信号Ｃｇはフリッ

プフロップ１２１４をクロック動作させ続け、このフリップフロップ１２１４の出力も、ゲート１２４２がＨｉｇｈにされることに応答して、信号Ｃｇの次のＬｏｗからＨｉｇｈへの変化時にＨｉｇｈに駆動される。これと同時に、フリップフロップ１２１６の出力はＨｉｇｈになる。フリップフロップ１２１４の出力はメモリ１２０８のロードピンをＨｉｇｈにする。制御信号Ｃｇの次のＬｏｗからＨｉｇｈへの変化の後、フリップフロップ１２１８の出力はＨｉｇｈとなり、ゲート１２２８、１２３０を介してメモリ１２０８に一つのクロック信号を分配する。

【００７０】

この時、基準データがメモリ１２０８にロードされ、シリアルデータとしてロードされたデータに対して上書きされる。ロードされる基準データは、メモリ１２０８のパラレル入力ピンに印加されるＨｉｇｈとＬｏｗの電圧のパターンによって永久的に設定されている。基準データの数値は、メータの測定範囲内の最低光パワーの大きさと等しく、メータがｄＢｍモードで動作している限り、各測定サイクルでパラレルロードされる。

【００７１】

ｄＢモードの動作を開始するためにオペレータがスイッチ１１４を操作した場合、スイッチ１１４の出力は直ぐにＬｏｗになる。しかし、フリップフロップ１２２６の出力は、制御信号ＣｉのＬｏｗからＨｉｇｈへの変化が起きるまで、Ｈｉｇｈを維持する。この状態が起きたとき、フリップフロップ１２２６の出力はＬｏｗとなり、ゲート１２３０をＬｏｗにする。メモリ１２０８はもはやゲート１２３０を介してクロック信号を受信しないため、メモリ１２０８への基準データのロードは阻止される。その替わり、オペレータによってスイッチ１１４が再び操作されてメータがｄＢｍモードの動作に戻されるまではメモリ１２０８内のデータが固定される。

【００７２】

ｄＢモードの時にメモリ１２０８に記憶されたデータは、ｄＢ動作を開始する前にＡ／Ｄ変換器１２０２から送られた最後のデータである。したがって、相対的光パワーの測定値は、ｄＢ動作を開始するためにスイッチ１１４が押された時に存在していた光パワーを基準としている。

【００７３】

適切な基準データをメモリ１２０８にロードした後、引算器１２１２は、レジスタ１２０６内のデータとメモリ１２０８内のデータとの間の数値差に等しい２進データを出力する。デコーダ１２３８は引算器１２１２の２進出力を表示ドライバ１２４０を駆動するのに適したＢＣＤコードに変換する。デコーダ１２３８から入力されたデータに応答して、表示ドライバ１２４０は、デジタル表示器１１２、３１２に光パワーを適切な単位で表示させる。

【００７４】

表示ドライバ１２４０へ入力される他の信号には、デジタル表示器上のｄＢｍ／ｄＢの記号を制御するためのフリップフロップ１２２６からの出力、および電池電圧低下を示す記号および表示のブランクをそれぞれ制御する制御信号Ｃｋ、Ｃｅである。

【００７５】

図１０～図１２に示す回路の要素は全て商業的に入手可能であり、電気設計の分野の当業者には馴染みの深いものである。特に、デジタル論理の構成部品は全て４０００ＣＭＯＳシリーズの素子を使用して構成できる。図１０のクロック１００２と１０３８は、４０００シリーズのナンドゲートを使用した慣用の手段によって構築できる（例えば、直ぐに入手できるＩＣを使用した電子設計の第４章「発振器および波形発生器」（ゼット・マイクシン（Z. Meiksin）とピー・タックレイ（P. Thackray）著、」 １９８０年、Ｐａｒｋｅｒ Ｐｕｂｌｉｓｈｉｎｇ Ｃｏｍｐａｎｙ，Ｉｎｃ．、ニューヨーク州ウエストナイアック、第１７０頁）参照）。

【００７６】

図１２に開示したＡ／Ｄ変換器１２０２は、カリフォルニア州ミルピタスのＬｉｎｅａｒ Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙ Ｃｏｒｐｏｒａｔｉｏｎによって製造されているサンプリング

１２ビットコンバータＬＴＣ１２８５である。図１０と図１１に示すアナログスイッチは、カリフォルニア州サニーベールのＭａｘｉｍ　Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ　Ｐｒｏｄｕｃｔｓによって製造されているクワッドスイッチＭＡＸ３９２である。

【００７７】

図１１の演算増幅器１１０２、１１０４、１１０６として使用するのに好適な増幅器の一例は、カリフォルニア州サンタクレアのＮａｔｉｏｎａｌ　Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒによって製造されている演算増幅器ＬＭＣ６０８１である。比較器１０２６および電圧検出器１０５８、１０６０として使用するのに適した素子は、同じくＮａｔｉｏｎａｌ　Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒによって製造されているクワッドコンパレータＬＰ３３９である。図１１の増幅器１１１０は、カリフォルニア州サニーベールのＭａｘｉｍ　Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ　Ｐｒｏｄｕｃｔｓによって製造されているＭＡＸ４０６のような微小電力演算増幅器であることが好ましい。他の受動回路素子の数値例は以下の表１に示す通りである。

【００７８】

【表１】

コンデンサ	値	コンデンサ	値
１０１４	４７００ｐｆ	１１２０	２５ｐｆ
１０２２	５０ｐｆ	１１５０	０．０１ｍｍｆ
抵　抗	値	抵　抗	値
１０１０	２．２Ｍオーム	１１３２	３０Ｋオーム
１０１８	１Ｍオーム	１１３４	３０Ｋオーム
１０２８	１００Ｋオーム	１１３６	～１７Ｋオーム
１１１６	１Ｋオーム	１１４６	２．２Ｍオーム
１１２２	２．２Ｍオーム	１１４８	～９０Ｋオーム
１１２８	１００Ｋオーム	１１６６	２Ｋオーム
１１３０	１００Ｋオーム	１２０３	２Ｋオーム

【００７９】

本明細書で開示した本発明による直列形パワーメータの好適な実施の形態は、２個の３Ｖリチウムボタン電池によって駆動され、（図１０のクロック１００２によって設定されたように）１秒の測定サクイルタイムで、（図１０のクロック１０３８によって設定されたように）４０ＫＨｚのＡ／Ｄクロック周波数で動作する。メータによる平均電力消費は、３０マイクロワット未満である。電池、電気回路およびハウジングを含むメータの総重量は１２０グラム未満である。

【００８０】

本明細書に記載した好適な実施の形態は、外部の電圧計による測定のために、光パワーを表すアナログ出力電圧をフォーンジャック２１４に提供する。それに代え、外部のデジタル受信機がシリアル信号として読み出せるようにデジタルコードを同ジャックに出力することもできる。これは、ジャック２１４をＡ／ＤコンバータＬＴＣ１２８５の出力に接続することで容易に達成できる。

【００８１】

本開示における具体的な構成部品の使用は、本発明の原理の例示であり、本発明の範囲を図示の実施の形態に限定することを意図するものでないことに注意されたい。

【００８２】

以下に本願発明の他の実施の形態につき説明する。ファイバ中の光パワーを間欠的に監視することのみが必要とされるアプリケーションにおいては、Ａ／Ｄ回路７０６とデジタル表示器１１２、３１２を除去してパワーメータ１００の好適な実施の形態の物理的寸法と電力消費を最小にするのが有利である。

【００８３】

図１４は直列形パワーメータ１４００を示し、剛性のメータハウジング１４０２、可撓性のファイバケーブルリード１４０４、１４０６、このリードに取り付けられた光学的コネ

クタ１４０８、１４１０、スライド形の波長選択スイッチ１４１６、矢印１４１８、１４２０、およびフォーンジャック１４１４を含んでいる。メータ１４００の動作は図１に開示したメータ１００と同様であるが、デジタル表示器１１２、３１２とスイッチ１１４が除去されている点が相違する。デジタル電圧計１４２４は、フォーンジャック１４１４に出力されるアナログ電圧によってコネクタ１４１０から出ていく光のパワーを測定する。この電圧は、フォーンプラグ１４１５によって取り出される。

【００８４】

図１５はメータ１４００の動作を示すブロック図である。パワーメータ１４００は、光ファイバ１５０１、タップ／検出器組立体１５２２、電流／電圧変換器１５０４、および制御信号発生器１５０２を含んでいる。光信号１５００は、光ファイバ１５０１を介してタップ／検出器組立体１５２２に入る。タップ／検出器組立体１５２２は、光信号１５００の一部を取り出し、光信号１５００のパワーに比例する電流１５１０を発生する。タップ／検出器組立体１５２２によって除去されなかった信号１５００からの光エネルギーを表す伝達光信号１５０８は、タップ／検出器組立体１５２２から出力され、光ファイバ１５０１によって伝達される。

【００８５】

タップ／検出器組立体１５２２は、図８に開示したタップ／検出器組立体６０２とその構成および動作が同一である。

電流／電圧変換器１５０４は、電流１５１０と制御信号発生器１５０２からの制御信号１５１２とに応答してアナログ電圧１５１４を発生する。アナログ電圧１５１４は電流１５１０の対数に比例しており、従って光信号１５００、１５０８の対数にも比例している。アナログ電圧１５１４の大きさを電流／電圧変換器１５０４によって調整し、ミリボルトの単位で表したアナログ電圧１５１４の数値が、ｄＢｍの単位で表した信号１５０８中の光パワーの数値と正確に一致するようにすることが好ましい。

【００８６】

図１６は、図１５の制御信号発生器１５０２の概略図である。この制御信号発生器１５０２は、マスタークロック１６０２、スレーブクロック１６３８およびカウンタ１６４０を含んでいる。クロック１６０２の出力がＨｉｇｈとなり、フリップフロップ１６０４をＨｉｇｈ出力状態にすると、測定サイクルが始まる。フリップフロップ１６０４の出力によりアナログスイッチ１６０６が閉じられると、制御信号Ｓａ、Ｓｂが、電圧ＳｈおよびＳｉにそれぞれ等しい電圧レベルとなる。

【００８７】

スイッチ１６０６の駆動と同時に、フリップフロップ１６０４の出力は抵抗１６１０を介してコンデンサ１６１４を充電する。コンデンサ１６１４と抵抗１６１０のＲＣ時定数によって決まる遅延時間の後、シュミットトリガ１６１６の出力がＨｉｇｈとなり、アナログスイッチ１６０８を閉じる。これにより、制御信号Ｓｄ、Ｓｄが、電圧ＳｈおよびＳｉにそれぞれ等しい電圧レベルとなる。制御信号Ｓａ、Ｓｂは、それらを遅延させた対応する信号Ｓｃ、Ｓｄと共に、電流／電圧変換器１５０４に対して電力を供給する。

【００８８】

制御信号Ｓａ、Ｓｂ、Ｓｃ、Ｓｄによって電力供給が開始されると、電流／電圧変換器１５０４は比較器１６２６の入力に信号電圧１５１６を供給する。比較器１６２６は信号電圧１５１６を基準電圧Ｖｒと比較し、光パワーが検出器に存在しているか否かを判断する。もし信号電圧１５１６が基準電圧Ｖｒを上回っている場合、比較器１６２６の出力がＨｉｇｈとなる。その後、抵抗１６１８とコンデンサ１６２２のＲＣ時定数によって決まる遅延時間の後シュミットトリガ１６２４の出力がＨｉｇｈになった時、比較器の出力はフリップフロップ１６３０にクロック移送される。

【００８９】

フリップフロップ１６３０の出力がゲート１６３４をＨｉｇｈ状態にし、これによりクロック信号をフリップフロップ１６３６に送る。これがフリップフロップ１６３６の出力をＨｉｇｈにし、クロック１６３８をオンにする。これと同時に制御信号ＳｅはＨｉｇｈに

なる。
【００９０】
クロック１６３８の出力はカウンタ１６４０を歩進させる。この歩進は、所定数のクロックサイクルの後、カウンタ１６４０のキャリー出力がＨｉｇｈとなってフリップフロップ１６０４、１６３６がリセットされるまで行われる。これにより、クロック１６３８がオフされ計数動作が停止させる。これと同時に、制御信号ＳｅがＬｏｗになり、ダイオード１６１２を通してのコンデンサ１６１４の放電により、スイッチ１６０６、１６０８が開く。
【００９１】
スイッチ１６０６、１６０８が開くと、電流／電圧変換器１５０２への電力供給が停止される。これと同時に、ダイオード１６２０を介してのコンデンサ１６２２の放電によりトリガ１６２４の出力がＬｏｗになる。クロック１６０２の出力がＬｏｗとなってカウンタ１６４０をリセットした時、測定サイクルが完了する。クロック１６０２の出力が再びＨｉｇｈになったときに新しい測定サイクルが始まる。
【００９２】
上記の記載は、信号電圧１５１６が基準電圧Ｖｒを上回り、その結果、比較器１６２６がオンにされる場合に当てはまる。測定中の光パワーが所定のレベル以下である場合、この条件は満たされず、比較器１６２６の出力はＬｏｗのままとなる。この場合、クロック１６３８がオンにされることはなく、測定サイクルは中断され、電力が節減される。
【００９３】
電圧検出器１６５８、１６６０は、電池電圧が低下した状態を表示するために使用される。何れかの電池電圧が所定のレベル以下となったとき、対応する電圧検出器の出力がＨｉｇｈとなり、ゲート１６６２をＨｉｇｈ状態にする。このＨｉｇｈ状態は、シュミットトリガ１６２４がＨｉｇｈとなった時にフリップフロップ１６６４に移される。この時、制御信号ＳｆがＨｉｇｈになる。
【００９４】
図１７は電流／電圧変換器１５０４の概略図を示す。この電流／電圧変換器１５０４は、演算増幅器１７０２、１７０４、１７０６、１７１０、および適合されたトランジスタ１７１２、１７１４を含む。増幅器１７０２は帰還トランジスタ１７１２と共に、電流１５１０の対数に比例した出力電圧を発生する。基準電流１７５２と帰還トランジスタ１７１４とにより第２の基準電圧が増幅器１７０４の出力に発生される。トランジスタ１７１２と１７１４は同一の電気的および熱的特性を有していることが好ましい。基準電流１７５２の大きさは基準電圧ダイオード１７１８と抵抗１７６６、および抵抗１７２４と１７２６の内の何れかによって制御される。後に記載の二つの抵抗の内の一つがスライドスイッチ１４１６によって手動的に選択される。２つの予め選択された波長において較正された測定を行うためにこれらの抵抗が調整される。
【００９５】
増幅器１７０２、１７０４からの出力電圧は、演算増幅器１７０６、サーミスタ１７１６、および抵抗１７２８、１７３０、１７３２、１７３４、１７３６を含む差動増幅器を駆動する。サーミスタ１７１６は、トランジスタ１７１２、１７１４の温度依存性を補償する。
【００９６】
増幅器１７０６の出力に現れる信号電圧１５１６は、オペアンプ１７１０、アナログスイッチ１７５６、コンデンサ１７５０および抵抗１７４６、１７４８から成るサンプル／ホールド回路に送られる。通常、スイッチ１７５６は開いている。しかし、増幅器１７０６の出力が安定になった直後に制御信号ＳｅがＨｉｇｈになると、スイッチ１７５６が閉じ、コンデンサ１７５０上の電圧が信号電圧１５１６と等しくされる。短い間だけスイッチ１７５６は閉じた状態を維持し、増幅器１７０２、１７０４、１７０６がオフにされる直前に再び開かれる。その後、測定サイクルの残りの期間は開いた状態を維持する。コンデンサ１７５０は、当技術分野で知られている低リーク形のコンデンサであることが好まし

く、これによりスイッチ１７５６が開いている間その電荷を保持できる。このようにして、アナログ電圧１５１４は他の回路要素がオフにされている間も維持される。

【００９７】

増幅器１７１０は抵抗１７４６、１７４８を介してフォーンジャック１４１４にアナログ電圧１５１４を供給する。通常の動作では、制御信号ＳｆとＳｇはＨｉｇｈで、スイッチ１７７２、１７７４は閉じられ、アナログ信号１５１４がジャック１４１４に供給されている。

【００９８】

信号電圧１５１６がメータの感度以下になると、制御信号ＳｇがＬｏｗとなり、スイッチ１７７２を開く。その結果、負の電源電圧－Ｖｃｃがフォーンジャクの出力に供給される。この電圧はアナログ電圧１５１４の通常の範囲から大きく外れているため、そのような電圧の発生により、信号レベルが低い状態にあることをオペレータに知らせる。したがって、スイッチ１７７２、比較器１６２６およびフリップフロップ１６３０は光パワーが低いことを示す回路を構成する。

【００９９】

電源電圧＋Ｖｃｃまたは－Ｖｃｃが所定のレベル以下になると、制御信号ＳｆがＬｏｗとなり、スイッチ１７７４を開く。その結果、正の電源電圧＋Ｖｃｃがフォーンジャク１４１４に現れる。この電圧はアナログ電圧１５１４の範囲から大きく外れているため、そのような電圧の出現により、電池を交換しなければならないことをオペレータに知らせる。したがって、スイッチ１７７４、電圧検出器１６５８、１６６０、およびフリップフロップ１６６４は電池電圧が低いことを示す回路を構成する。

【０１００】

メータ１４００に対する電力はスイッチ１７６０とフォーンジャック１４１４によって供給される。フォーンプラグ１７６４がフォーンジャック１４１４に挿入されると、正の電圧がスイッチ１７６０の制御ピンに印加される。これによりスイッチ１７６０が閉じられ、制御電圧ＳｈおよびＳｉがそれぞれ電源電圧＋Ｖｃｃと－Ｖｃｃになる。電力を増幅器回路に供給するのに加え、制御電圧ＳｈとＳｉは、図１６に示すデジタル回路の全てに電力を供給する。そして、フォーンプラグ１７６４が抜かれると、スイッチ１７６０が開き、これによりメータへの全ての電力供給が停止される。したがって、メータが使用されていない時は電力を消費しない。

【０１０１】

制御電圧Ｓｅによってスイッチ１７５６が閉じられる前に、図１７の増幅回路の出力電圧が安定するのに充分な期間だけ、増幅回路に対する電力供給を行う。コンデンサ１７５０が充電された後、制御信号Ｓｅによってスイッチ１７５６が開かれ、測定サイクルの残りの期間は開いた状態が維持される。

【０１０２】

本発明によるスイッチング技術によれば、図１１の議論において前に述べたような、コンデンサ１７２０と抵抗１７２２を含む安定化回路によって一時的電流１７７０を導入することによって増幅器の安定化時間と電力消費を最小にしている。

【０１０３】

保守の必要性が低いことが主要な関心事であるような特定の測定アプリケーションにおいては、携帯形パワーメータ内で電池を使用すると電池の定期的な交換が必要となり、実用的でなくなる。これらのアプリケーションにおいては、太陽電池を使用して電力を供給するようにすれば、本発明による測定回路を使用して電池を無くすことができる。

【０１０４】

図１８と図１９は、光ファイバパワーメータ１８００の正面図と背面図をそれぞれ示す。このパワーメータ１８００は、剛性のメータハウジング１８０２、可撓性のファイバケーブルリード１８０４、１８０６、このリードに取り付けられた光学的コネクタ１８０８、１８１０、モード選択スイッチ１８１４、波長選択スイッチ１８１６、フォーンジャック１８１５、デジタル表示器１８１３、１９１２、矢印１８１８、１８２０、１９１８、１

９２０、および太陽電池１８２２、１９２２を含んでいる。
【０１０５】
メータ１８００の物理的設計および動作は図１に開示したメータ１００と同様であるが、電力が太陽電池１８２２、１９２２によって供給される点が相違する。周囲の光に応答して、これらの電池は、図６に示す電池６０４、６０６の代わって、正および負の電源電圧＋Ｖｃｃと－Ｖｃｃを供給する。さらに、図２と図３に示す電池電圧低下記号２１３と３１３が低電圧記号１８１３、１９１３に置き換えられている。太陽電池からの電圧か所定のレベル以下になると、低電圧記号１８１３、１９１３が点灯され、周囲の光が弱いことをオペレータに知らせる。
【０１０６】
図２０と図２１は、太陽光駆動のメータ２０００を示し、このメータ２０００は、剛性のメータハウジング２００２、可撓性のファイバケーブルリード２００４、２００６、このリードに取り付けられた光学的コネクタ２００８、２０１０、スライド式波長選択スイッチ２０１６、フォーンジャック２０１４、矢印２０１８、２０２０、２１１８、２１２０、および太陽電池２０２２、２１２２を含んでいる。メータ２０００の物理的設計および動作は図１４に開示したメータ１４００と同様であるが、内部電池にかえて太陽電池２０２２、２１２２によって正および負の電源電圧が供給される点が相違する。
【０１０７】
直列形の光ファイバ用パワーメータに加え、本発明による測定回路の低電力動作およびコンパクトな設計は、携帯用の手持ち形パワーメータへ適用することも有利である。
【０１０８】
図２２は手持ち形のパワーメータ２２２０を示し、このパワーメータ２２２０は、剛性のメータハウジング２２０２、デジタル表示器２２１２、太陽電池２２１８、２２２０、押しボタン式波長選択スイッチ２２１６、押しボタン式モード選択スイッチ２２１４、および光コネクタ２２０８を含んでいる。メータ２２００の内部動作は図１８に示すメータ１８００と類似している。ケーブルコネクタ２２１０をメータコネクタ２２０８内に挿入することによって試験用ファイバケーブル２２１４から現れる光信号２２２２が測定される。光信号２２２２に応答して、内部の光検出器（図略）は光信号２２２２内のパワーに比例した電流を発生する。この電流は、図７の電流７１０を測定するために使用したものと同じ測定回路で測定される。測定結果はデジタル表示器２２１２上で光パワーの単位で表示される。太陽電池２２１８、２２２０によってメータ２２００へ電力が供給される。
【０１０９】
本発明は、光ファイバによって運ばれる光のパワーを測定して表示するための手段であって、小型で、簡単に使用でき、光ファイバシステムにおいて長期にわたって監視を行うアプリケーションに適した手段を提供する。本発明による測定回路の低電力動作は、公知の携帯用メータに比べて電池寿命を　著しく増加させることができ、電源用電池の物理的サイズと大きさを減少できる。これらの改良によって、直列形光ファイバパワーメータ、太陽光駆動光パワーメータ、携帯形手持ちパワーメータ等の種々の新しいアプリケーションを可能とし、電池寿命を電池の棚持ち寿命に近づけることができる。
【０１１０】
上記の記載は多くの詳細な項目を含んでいるが、これらは本発明の範囲を限定するものとして解釈してはならず、現時点での好適な実施の形態を示す例示に過ぎない。例えば、代替の実施の形態では、ファイバによって運ばれる光のパワーを、本明細書に記載したようなデジタル測定やアナログ電圧以外の手段を用いて表示することができる。例えば、パワーメータによって送信されパワーメータから離れた位置で受信される無線周波数信号を、遠隔位置で光パワーを表示するために使用できる。また、他の実施の形態では、図８と図９に示した湾曲したファイバによる光タップに替え、溶融ファイバカップラを使用できる。追加の実施の形態には、図１０～図１２に示した個別部品からなる電子部品の幾つかまたは全てを一つの半導体チップ上に集積化した測定回路が含まれる。したがって、本発明の範囲を決定するためには、上記の実施の形態ではなく、本出願の特許請求の範囲を使用

しなければならない。

【図面の簡単な説明】

本発明の教示は、添付の図面に関連する下記の詳細な説明を考えることによって容易に理解できるであろう。添付図面において、

【図１】　本発明による直列形光ファイバパワーメータの好適な実施の形態の斜視図。

【図２】　図１のパワーメータの正面図。

【図３】　図１のパワーメータの背面図。

【図４】　図１のパワーメータの平面図。

【図５】　図１のパワーメータの底面図。

【図６】　図１のパワーメータの組立を示す分解図。

【図７】　本発明による光パワー測定装置のブロック図。

【図８】　図７の装置のタップ／検出器組立体の説明図。

【図９】　図８の光タップを作るための手段の説明図。

【図１０】図７の制御信号発生器の概略図。

【図１１】図７の電流／電圧変換器の概略図。

【図１２】図７のＡ／Ｄ回路の概略図。

【図１３】図１１と図１２に示す制御信号発生器とＡ／Ｄ回路によって発生される制御信号を示すタイミングチャート

【図１４】本発明による教示を具体化した直列形光ファイバパワーメータの代替実施の形態の説明図

【図１５】図１４のパワーメータにおいて使用される光パワー測定装置のブロック図。

【図１６】図１５の制御信号発生器の概略図。

【図１７】図１５の電流／電圧変換器の概略図。

【図１８】本発明による教示を具体化した太陽光駆動式直列形光ファイバパワーメータの正面図。

【図１９】図１８のパワーメータの背面図。

【図２０】本発明による教示を具体化した別の太陽光駆動式直列形パワーメータの正面図。

【図２１】図２０のパワーメータの背面図であり；

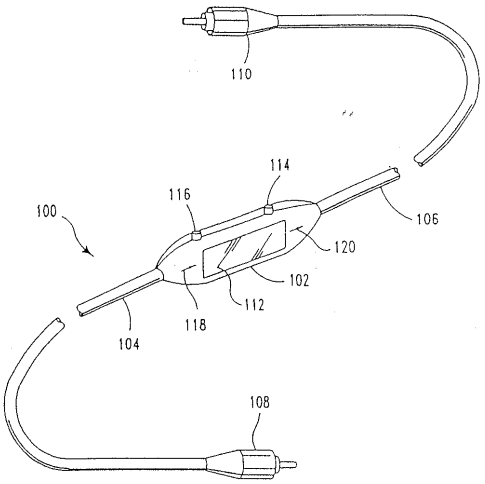
【図２２】本発明による教示を具体化した更に別の太陽光駆動式手持ち形光パワーメータの説明図。

【符号の説明】

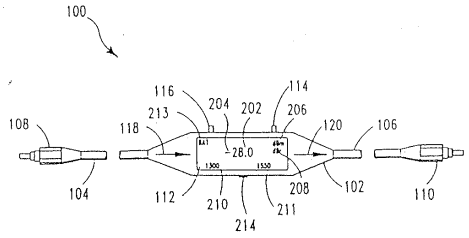
１００・・・光ファイバ用パワーメータ、１０２・・・メータハウジング、１０４，１０６・・・ファイバケーブルリード、１０８，１１０・・・光学的コネクタ、６０１・・・中央光ファイバ、１１２，３１２・・・デジタル表示器、１１４，１１６・・・スイッチ、２１４・・・フォーンジャック、５２２・・・底板、５２４，５２５，５２６，５２７・・・ネジ、６００・・・タップモジュール、６０２・・・タップ／検出器組立体、６０４，６０６・・・ボタン形電池、６０８，６１０，６１２，６１４・・・回路基板、６１６，６１８・・・クランプ板、６２０ａ～６２０ｄ・・・固定ネジ、１０４，１０６・・・ファイバ、６０１・・・ファイバケーブルリード、６２８，６２９，６３０，６３１・・・シールド板、６３４ａ，６３４ｂ・・・ハウジングカバー、６３５ａ～６３５ｄ・・・ネジ、７０４・・・電流／電圧変換器、７０６・・・Ａ／Ｄ回路、７０２・・・制御信号発生器、８１４・・・光タップ、８０２・・・傾斜インデックスレンズ、８０４・・・レンズマウント、８０６・・・光学フィルタ、８０８・・・光検出器ハウジング、８００・・・光検出器、８１０，８１２・・・電気配線、８１４・・・光タップ、８１６・・・エポキシ、９０６・・・マイクロトーチ、９０８・・・ファイバ、１００２，１０３８・・・クロック、１００４・・・フリップフロップ、１００６・・・アナログスイッチ、１０１０・・・抵抗、１０１４・・・コンデンサ、１０１６・・・シュミットトリガ、１００８・・・アナログスイッチ、１０２６・・・比較器、１０２２・・・コンデンサ、１０２４・・・シュミットトリガ、１０３０・・・フリップフロップ、１０３４・・・ゲート

、１０３６・・・フリップフロップ、１０３８・・・クロック、１０４０・・・カウンタ、１０４２・・・ゲート、１０５４・・・フリップフロップ、１０５８，１０６０・・・電圧検出器、１０６２・・・ゲート、１０６４・・・フリップフロップ、１１０２，１１０４，１１０６，１１１０・・・演算増幅器、１１１２，１１１４・・・トランジスタ、１１１８・・・基準ダイオード、１１６６・・・抵抗、１１２４，１１２６，１１２８，１１３０，１１３２，１１３４，１１３６・・・抵抗、１１６０・・・スイッチ、１１６４・・・フォーンプラグ、１２０２・・・Ａ／Ｄ変換器、１２０４・・・基準ダイオード、１２０３・・・抵抗、１２０６・・・レジスタ、１２０８・・・メモリ、１２４０・・・表示ドライバ、１２３８・・・デコーダ、１２４２・・・ゲート、１４００・・・直列形パワーメータ、１４０２・・・メータハウジング、１４０４，１４０６・・・ファイバケーブルリード、１４０８，１４１０・・・光学的コネクタ１４０８、１４１０、１４１６・・・波長選択スイッチ、１４１４・・・フォーンジャック、１４１５・・・フォーンプラグ、１５０１・・・光ファイバ、１５２２・・・タップ／検出器組立体、１６０２・・・マスタークロック、１６３８・・・スレーブクロック、１６４０・・・カウンタ、１６５８，１６６０・・・電圧検出器、１６６２・・・ゲート、１６６４・・・フリップフロップ、１７０２，１７０４，１７０６，１７１０・・・演算増幅器、１７１２，１７１４・・・トランジスタ、１７１８・・・基準電圧ダイオード、１７６６・・・抵抗、１７７４・・・スイッチ、１８００・・・光ファイバパワーメータ、１８０２・・・メータハウジング、１８０４，１８０６・・・ファイバケーブルリード、１８０８，１８１０・・・光学的コネクタ、１８１４・・・モード選択スイッチ、１８１６・・・波長選択スイッチ、１８１５・・・フォーンジャック、１８１３，１９１２・・・デジタル表示器、１８２２，１９２２・・・太陽電池、２０００・・・メータ、２００２・・・メータハウジング、２００４，２００６・・・ファイバケーブルリード、２００８、２０１０・・・光学的コネクタ、２０１６・・・スライド式波長選択スイッチ、２０１４・・・フォーンジャック、２０２２，２１２２・・・太陽電池、２２２０・・・パワーメータ２２２０、２２０２・・・メータハウジング、２２１２・・・デジタル表示器、２２１８，２２２０・・・太陽電池、２２１６・・・押しボタン式波長選択スイッチ、２２１４・・・押しボタン式モード選択スイッチ、２２０８・・・光コネクタ２２０８。

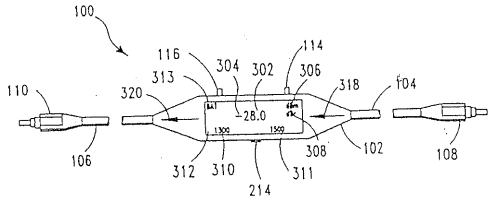
【図１】



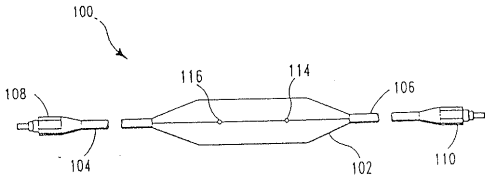
【図２】



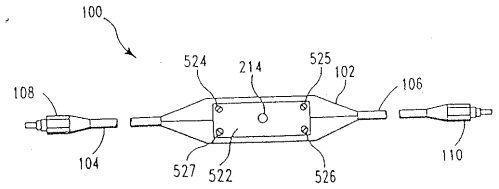
【図３】



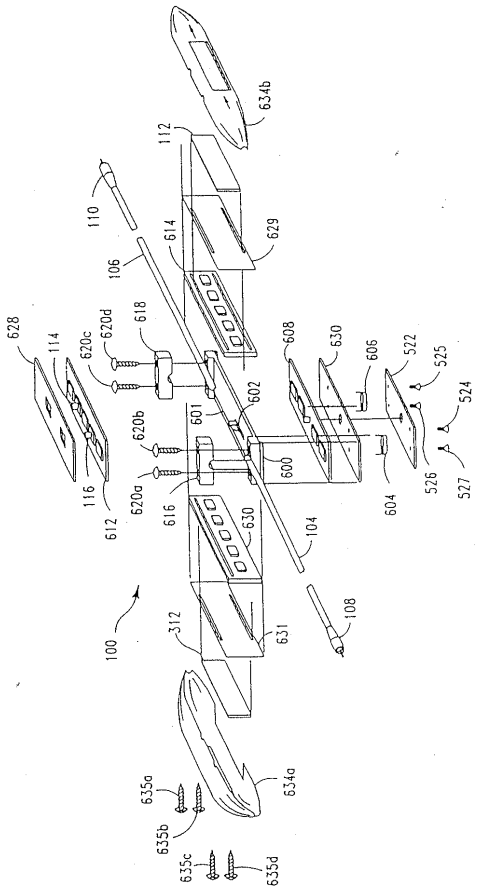
【図４】



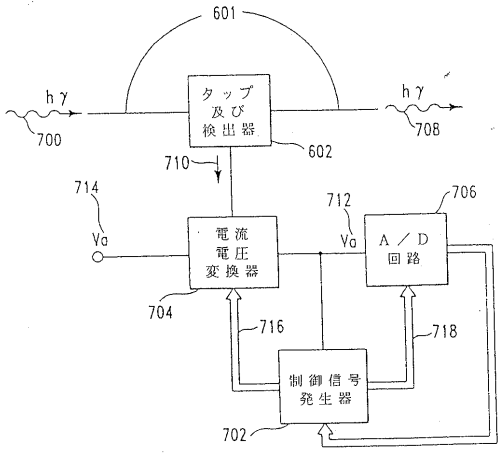
【図５】



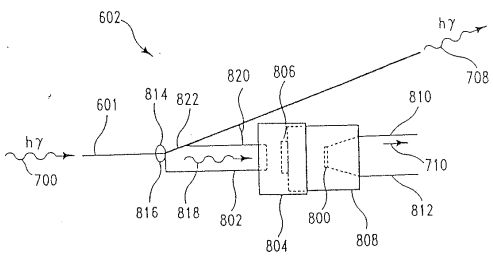
【図６】



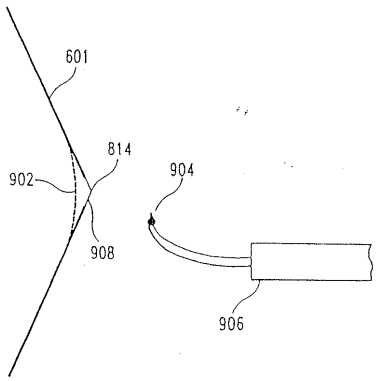
【図７】



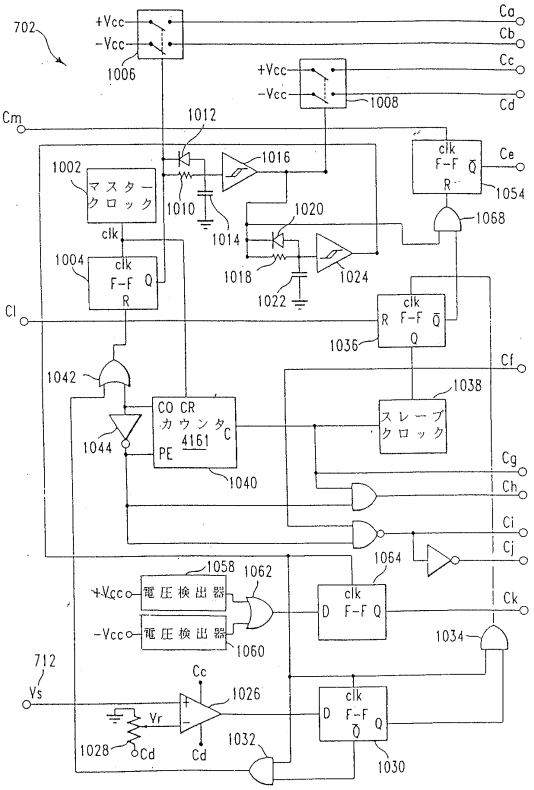
【図８】



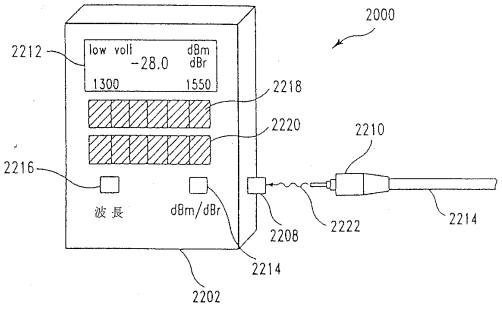
【図９】



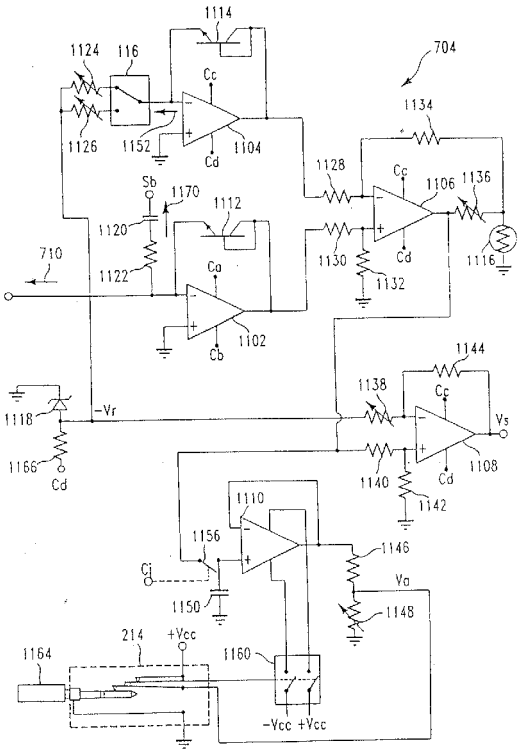
【図１０】



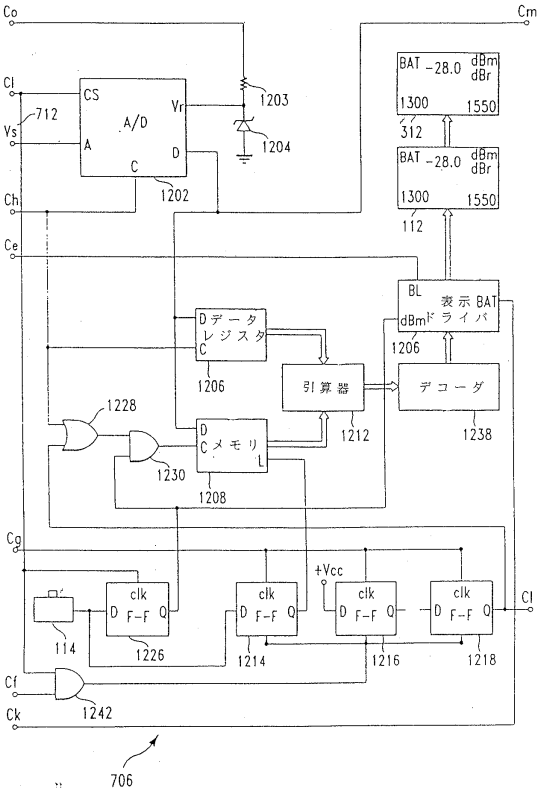
【図２２】



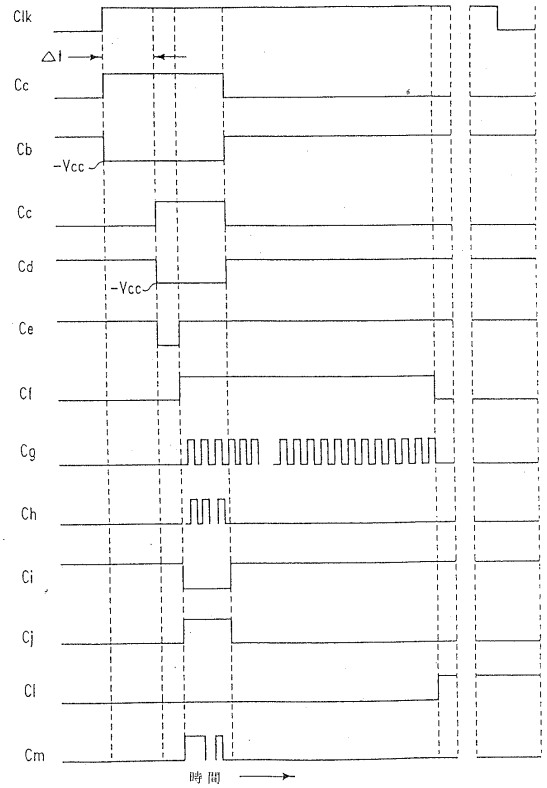
【図１１】



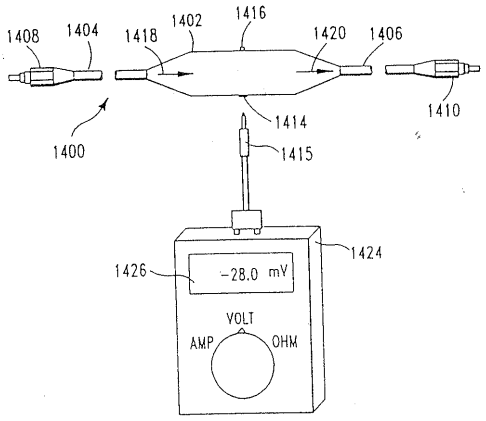
【図１２】



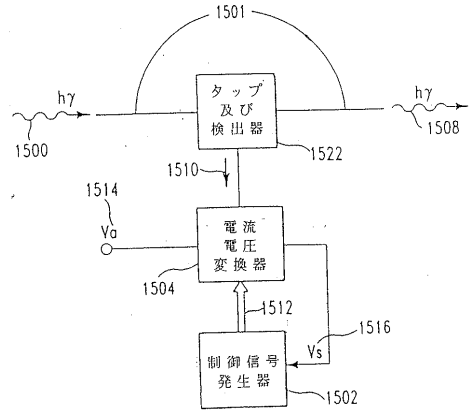
【図１３】



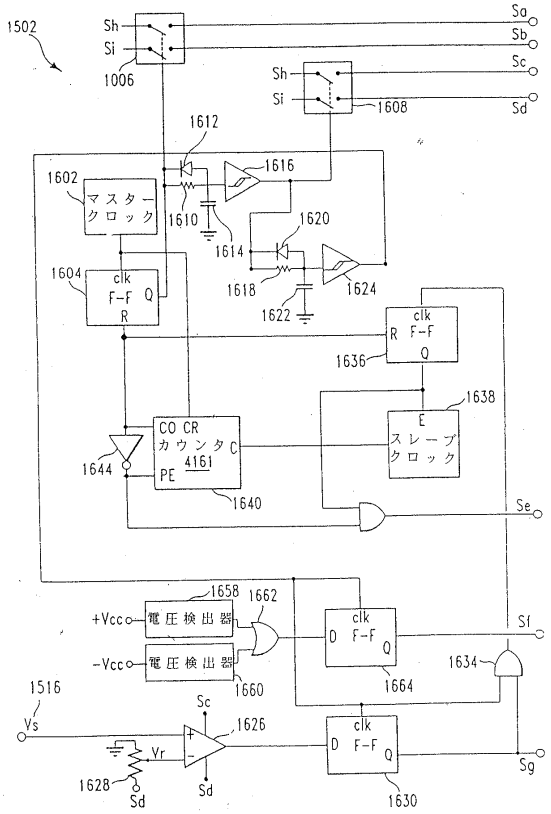
【図１４】



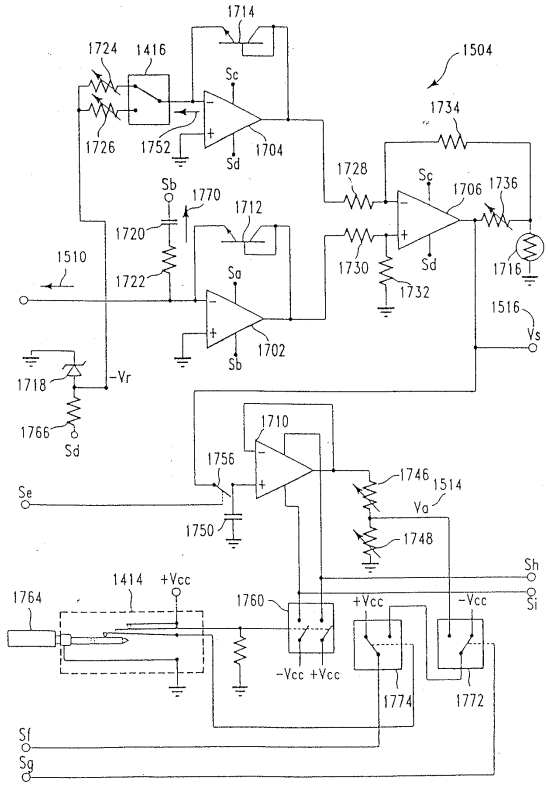
【図１５】



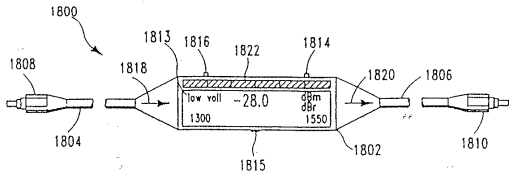
【図１６】



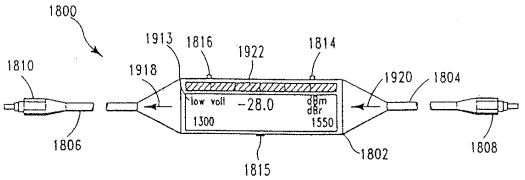
【図１７】



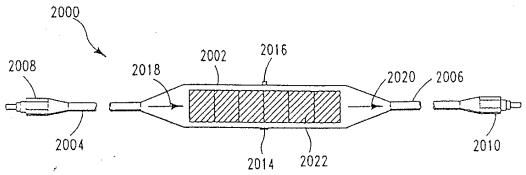
【図１８】



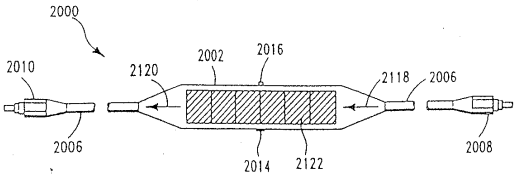
【図１９】



【図２０】



【図２１】



フロントページの続き

(74)代理人 100109162
弁理士 酒井 將行
(72)発明者 クレイグ ディー プール
アメリカ合衆国 ニュージャージー州 ０７７１２ オーシャン ウェム
ロック ドライブ ８

審査官 小原 博生

(56)参考文献 実開昭５２－０７９９４２（ＪＰ，Ｕ）
特開平０５－０９３６５２（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－０７１２２７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G01J 1/00-1/60
H04B 10/00-10/30
G02B 6/00-6/54