

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I	
G01B 21/30		G01B 21/30	Z
B60M 1/28		B60M 1/28	R
G01B 11/30		G01B 11/30	F

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全6頁)

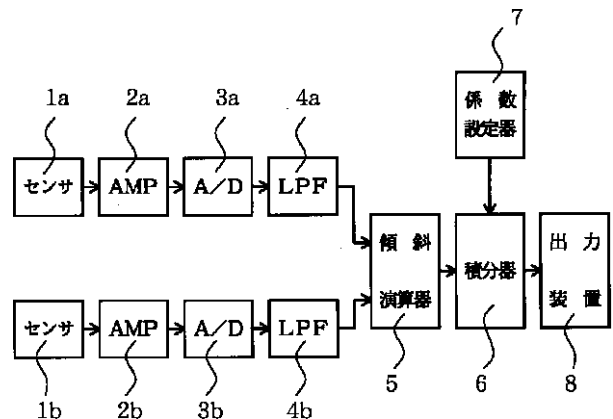
(21)出願番号	特願平9 - 351959	(71)出願人	000173784 財団法人鉄道総合技術研究所 東京都国分寺市光町2丁目8番地38
(22)出願日	平成9年(1997)12月8日	(72)発明者	網干 光雄 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団 法人鉄道総合技術研究所内
		(72)発明者	真鍋 克士 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団 法人鉄道総合技術研究所内
		(74)代理人	弁理士 松下 義治

(54) 【発明の名称】 長尺体の凹凸を連続的に測定する装置

(57) 【要約】

【目的】 測定台の上下振動の影響を受けないで、長尺体の凹凸を精度良く連続的に測定すること。

【構成】 非接触変位センサ1 aは測定地点xにおけるトロリ線変位を検出し第1変位信号を出力する。第2非接触変位センサ1 bは測定地点(x + x)におけるトロリ線変位を検出し第2変位信号を出力する。これらの変位信号は増幅器2 a, 2 b、A/D変換器3 a, 3 b、ローパスフィルタ4 a, 4 bをそれぞれ経て傾斜演算器5に入力される。傾斜演算器5は第2変位信号と第1変位センサから変位差 y を求め、更にこれとセンサヘッド取付間隔 x とから傾斜信号 y / x を算出する。積分器6は傾斜信号 y / x に長尺体の凹凸波長による補正を施して積分し、長尺体の凹凸信号を出力装置8に出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 長尺体の測定位置 x における垂直方向の変位を測定し第 1 変位信号 $y_1(x)$ を出力する第 1 変位センサ、前記測定位置 x から微小間隔 Δx 離れた測定位置における前記長尺体の垂直方向の変位を測定し第 2 変位信号 $y_2(x + \Delta x)$ を出力する第 2 変位センサ、前記第 1 及び第 2 変位信号から傾斜信号 $\{ y_2(x + \Delta x) - y_1(x) \} / \Delta x$ を算出する傾斜信号算出手段、及び前記傾斜信号を積分する傾斜信号積分手段とからなる長尺体の凹凸を連続的に測定する装置。

【請求項 2】 前記傾斜信号積分手段が、測定しようとする長尺体の凹凸波長 λ を λ として表される傾斜測定値の真値に対する比 $\{ \sin(\Delta x / \lambda) \} / (\Delta x / \lambda)$ の逆数の周波数特性を有するインパルス応答関数を前記傾斜信号 $\{ y_2(x + \Delta x) - y_1(x) \} / \Delta x$ に重畳し積分することによって傾斜補正と積分を行うものであることを特徴とする請求項 1 の長尺体の凹凸を連続的に測定する装置。

【請求項 3】 水平方向に架設されたトロリ線の測定位置 x における垂直方向の変位を測定し第 1 変位信号 $y_1(x)$ を出力する第 1 非接触変位センサ、前記測定位置 x から微小間隔 Δx 離れた測定位置における前記トロリ線の垂直方向の変位を測定し第 2 変位信号 $y_2(x + \Delta x)$ を出力する第 2 非接触変位センサ、前記第 1 及び第 2 変位信号から傾斜信号 $\{ y_2(x + \Delta x) - y_1(x) \} / \Delta x$ を算出する手段、測定しようとするトロリ線の凹凸波長 λ を λ として表される傾斜測定値の真値に対する比 $\{ \sin(\Delta x / \lambda) \} / (\Delta x / \lambda)$ の逆数の周波数特性を有するインパルス応答関数を前記傾斜信号に重畳し積分することによって傾斜補正と積分を行う傾斜信号積分手段とからなる水平方向に架設されたトロリ線の凹凸を連続的に測定する装置。

【請求項 4】 前記第 1 及び第 2 非接触変位センサがレーザー変位センサであることを特徴とする請求項 3 の水平方向に架設されたトロリ線の凹凸を連続的に測定する装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、カテナリ吊架式電車線や剛体電車線のトロリ線、第三軌条などの長尺体の凹凸を連続的に測定する装置に関し、特に水平方向に架設されたトロリ線の凹凸を連続的に測定する装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】電気鉄道のトロリ線はできるだけ水平に架設されることが望ましい。しかし実際には支持点高さの施工誤差、張力変化、ハンガ長の不整、ハンガ間弛度、ドラムくせや工事の際の張りくせ等のくせ凹凸、波状磨耗等による凹凸や架線金具の取付によりトロリ線高さ、即ちレール面からの距離に変化が生じる。これらの

トロリ線凹凸はパンタグラフの接触力変動や離線の発生に大きな影響を与え、集電性能を左右する大きな要因の一つとなっている。しかし、波長の短いトロリ線の凹凸の振幅は通常 1 mm 以下の非常に小さいものであり、目視でも確認することは難しく、これまで集電性能との関連を定量的に評価することができなかった。また、電気鉄道的高速化対応設備の研究やパンタグラフ異常離線、トロリ線局部磨耗の原因調査等において使用できるトロリ線凹凸の測定装置も未だ実現されていない。

10 【 0 0 0 3 】トロリ線の高さ測定装置は、例えば特開平 6 - 9 9 7 6 5 に開示されている。この装置は軌条上を走行する軌陸車上に樹立したフレームに水平方向のガイドレールを備え、このガイドレールに台車をそれぞれ移動自在にして支持し、この台車に常に上昇力を受け、トロリ線の下面に押圧接されるローラを備えた支持杆を昇降自在に設け、この支持杆の押上手段に変位計を備え且つローラにロータリエンコーダを備え、軌陸車の走行により吊架されたトロリ線の高さを測定するものである。この測定装置は、軌条からトロリ線までの距離であるト

20 20 トロリ線高さを簡易かつ連続的に測定できるものであるが、トロリ線の凹凸を精度よく連続的に測定することはできない。何故なら、支持杆の押圧力は弱いものの、押上量は 0 . 1 mm 程度となることや軌陸車、即ち測定台の上下振動が測定値に影響を及ぼすので、トロリ線の凹凸の測定としては十分な精度が得られないからである。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】解決しようとする第 1 の課題は、測定装置を据えつけた測定台の上下振動の影響を受けずに、長尺体の凹凸を精度良く連続的に測定する装置を提供することである。また、解決しようとする第 2 の課題は、長尺体の凹凸波長が 0 . 1 m 程度までの短い波長まで測定可能な長尺体の凹凸を精度良く連続的に測定する装置を提供することである。更に解決しようとする第 3 の課題は、トロリ線の凹凸を測定台の上下振動の影響を受けずに、且つトロリ線の凹凸波長が 0 . 1 m 程度まで凹凸振幅が 1 mm 程度まで精度よく連続的に測定する装置を提供することである。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明は長尺体の変位を測定して変位信号を求め、この変位信号から長尺体の傾斜を表す傾斜信号を算出し、この傾斜信号を積分することによって長尺体の凹凸を連続的に測定するようにした。また、長尺体の凹凸波長に応じた補正を施して傾斜信号を積分することによって長尺体の凹凸を連続的に測定するようにした。

【 0 0 0 6 】上記課題を解決するための本発明の測定装置を、長尺体の測定位置 x における垂直方向の変位を測定し第 1 変位信号 $y_1(x)$ を出力する第 1 変位センサ、前記測定位置 x から微小間隔 Δx 離れた測定位置における前記長尺体の垂直方向の変位を測定し第 2 変位信号 y

$y_2(x + \Delta x)$ を出力する第 2 変位センサ、前記第 1 及び第 2 変位信号から傾斜信号 $\{y_2(x + \Delta x) - y_1(x)\} / \Delta x$ を算出する傾斜信号算出手段、及び前記傾斜信号を積分する傾斜信号積分手段とで構成した。また、前記傾斜信号積分手段を、長尺体の凹凸波長に応じた補正を施して前記傾斜信号を積分するようにした。より具体的には、前記傾斜信号積分手段を、測定しようとする長尺体の凹凸波長を λ として表される傾斜測定値の真値に対する比 $\{\sin(\Delta x / \lambda)\} / (\Delta x / \lambda)$ の逆数の周波数特性を有するインパルス応答関数を前記傾斜信号 $\{y_2(x + \Delta x) - y_1(x)\} / \Delta x$ に重畳し積分するようにした。

【0007】更に上記課題を解決する本発明の装置を、水平方向に架設されたトロリ線の測定位置 x における垂直方向の変位を測定し第 1 変位信号 $y_1(x)$ を出力する第 1 非接触変位センサ、前記測定位置 x から微小間隔 Δx 離れた測定位置における前記トロリ線の垂直方向の変位を測定し第 2 変位信号 $y_2(x + \Delta x)$ を出力する第 2 非接触変位センサ、前記第 1 及び第 2 変位信号から傾斜信号 $\{y_2(x + \Delta x) - y_1(x)\} / \Delta x$ を算出する傾斜信号算出手段、測定しようとするトロリ線の凹凸波長を λ として表される傾斜測定値の真値に対する比 $\{\sin(\Delta x / \lambda)\} / (\Delta x / \lambda)$ の逆数の周波数特性を有するインパルス応答関数を前記傾斜信号に重畳し積分する傾斜信号積分手段とで構成した。更にまた、前記第 1 及び第 2 非接触変位センサにはレーザー変位センサを採用した。

【0008】

【発明の実施の形態】本発明に係る長尺体の凹凸を連続的に測定する装置の実施においては、変位センサ、演算装置、レコーダ等が用いられる。測定基準位置からの被測定物である長尺体の変位を測定して変位信号を出力する変位センサは、接触型変位センサ又は非接触型変位センサのいずれも利用可能である。変位センサは 2 個用いるのが最も望ましいが、3 個又はその他の個数でも実現できる。変位信号から傾斜信号を算出すること、長尺体の凹凸波長に応じた補正を施すこと、この補正を施された傾斜信号を積分することを、別個の専用の演算装置で実施してもよいが、汎用のパーソナルコンピュータを用いてこれらの演算処理を行わせるのが最も实际的である。測定結果はパーソナルコンピュータのメモリに記憶され、利用目的に応じてレコーダ、プリンタ又は CRT の出力装置により記録或いは表示される。勿論、専用の演算装置を用いた場合、測定結果は直接に出力装置に与えられる。

【0009】本発明は、以下の実施例に詳細に示す如く、集電装置としてパンタグラフを用いる電車に給電するトロリ線の凹凸を連続的に測定するのに適用される。他、第三軌条などの長尺体の凹凸を連続的に測定する場合にも適用できる。

【0010】

【実施例】図 1 は本発明の一実施例装置の回路図、図 2 は本発明の測定原理を説明するための図である。これら図 1 と図 2 において、測定台 1 3 上に取り付けられている第 1 非接触変位センサ 1 a は、水平方向に架設されたトロリ線 9 の測定位置 x における垂直方向の変位を測定しアナログの第 1 変位信号 $y_1(x)$ を出力する。また第 1 非接触変位センサ 1 a と Δx 離れて測定台 1 3 上に取り付けられている第 2 非接触変位センサ 1 b は、前記測定位置 x から微小間隔 Δx 離れた測定位置における前記トロリ線 9 の垂直方向の変位を測定しアナログの第 2 変位信号 $y_2(x + \Delta x)$ を出力する。第 1 変位信号 $y_1(x)$ は第 1 増幅器 2 a で増幅された後に第 1 アナログ / デジタル変換器 3 a でデジタル信号に変換され、更に第 1 ローパスフィルタ 4 a を経て傾斜演算器 5 の一方の入力端子に加えられる。同様に、第 2 変位信号 $y_2(x + \Delta x)$ は第 2 増幅器 2 b で増幅された後に第 2 アナログ / デジタル変換器 3 b でデジタル信号に変換され、更に第 2 ローパスフィルタ 4 b を経て傾斜演算器 5 の他方の入力端子に加えられる。

【0011】傾斜演算器 5 は第 2 変位信号と第 1 変位信号の変位差 Δy を算出し、更に傾斜信号 $\Delta y / \Delta x$ を算出する。この傾斜信号 $\Delta y / \Delta x$ は積分器 6 で積分され、これによってトロリ線 9 の凹凸 $y(x)$ が求められる。積分器 6 の出力、即ち測定結果はレコーダ、プリンタ或いは CRT 等の出力装置 8 により記録或いは表示される。なお、係数設定器 7 は傾斜補正のための装置であるが、その機能については後述する。

【0012】図 3 は本発明の一実施例のトロリ線凹凸の測定装置の構成を示す正面図、図 4 は 2 個のレーザー変位計からなる変位センサの斜視図である。図 3 並びに図 4 に示すトロリ線凹凸の測定装置の変位センサは第 1 変位センサ 1 a である第 1 レーザー変位計と、第 2 変位センサ 1 b である第 2 レーザー変位計とを含む。第 1 レーザー変位計のセンサヘッドは第 1 投光器 1 0 a と第 1 受光器 1 1 a であり、また第 2 レーザー変位計のセンサヘッドは第 2 投光器 1 0 b と第 2 受光器 1 1 b である。実施例装置に採用したレーザー変位計は、1 2 0 0 回 / 秒の高速サンプリングで $0.05 \mu\text{m}$ の高分解能の市販の透過型レーザー寸法測定装置である。

【0013】第 1 投光器 1 0 a と第 1 受光器 1 1 a は第 1 センサ取付部材 1 2 a 上に、また第 2 投光器 1 0 b と第 2 受光器 1 1 b は第 2 センサ取付部材 1 2 b 上に距離 L だけ隔ててそれぞれ取り付けられている。これら第 1 変位センサ 1 a のセンサヘッドと変位センサ 1 b のセンサヘッドとの取り付け間隔 Δx は、測定されるトロリ線凹凸の波長を考慮して適当な値に選定される。図 4 においては、第 1 投光器 1 0 a と第 2 投光器 1 0 b との間隔は Δx であり、また第 1 受光器 1 1 a と第 2 受光器 1 1 b との間隔も当然に Δx である。要するに、第 1 センサ

取付部材 1 2 a と第 2 センサ取付部材 1 2 b は、測定台 1 3 上にセンサヘッド取付間隔 x 隔てて固定されている。測定台 1 3 は、架台 1 5 と高さ調整用ジャッキ 1 4 を介して作業台 1 7 に設置される。架台 1 5 と作業台 1 7 との間に設けられている可変伸長脚 1 6 は、測定台を水平にするための傾斜調整用部材である。作業台 1 7 は、レール上を走行する保守用車の一部を構成してもよい。

【 0 0 1 4 】本発明の測定方法、図 2 を参照して更に詳細に説明すると以下の通りである。トロリ線 9 の位置 x におけるトロリ線凹凸（測定の基準点からのトロリ線高さ）を $y(x)$ 、測定台 1 3 の上下振動を $n(x)$ 、センサ 1 a とセンサ 1 b の取り付け間隔を x とすれば、第 1 変位信号 $y_1(x)$ と第 2 変位信号 $y_2(x+x)$ は数式 1 及び 2 の如くに表される。

【 0 0 1 5 】

$$\text{【数 1】 } y_1(x) = y(x) - n(x)$$

$$\text{【数 2】 } y_2(x+x) = y(x+x) - n(x)$$

これらの関係から、トロリ線凹凸 $y(x)$ は下式により近似的に求めることができる。

$$\text{【数 3】 } y(x) = (1/x) \{ y_2(x+x) - y_1(x) \} dx$$

数式 3 から明らかのように、本発明に係る測定装置はトロリ線の変位を検出し、変位信号からトロリ線傾斜信号を算出し、このトロリ線傾斜信号を積分することによってトロリ線凹凸を測定するものであり、そして、数式 3 には測定台の上下振動 $n(x)$ は含まれない。従って、本発明に係るトロリ線凹凸の測定装置、即ち長尺体の凹凸の測定装置は、測定台の上下振動の影響を受けないという優れた特長を有する。

【 0 0 1 6 】ところで、上述の如く本発明に係るトロリ線凹凸の測定装置は、2 点間の変位差から傾斜を近似的に求めるため、凹凸波長 λ により誤差が生じる。そこで、この凹凸波長 λ による誤差を、本発明では以下に述べる手段により補正した。本発明の測定装置において、傾斜演算器 5 で算出され積分器 6 に入力される傾斜信号即ち傾斜測定値 g_m の傾斜真値 g_t に対する比は数式 4 で表される。

【数 4】

$$g_m / g_t = \sin(x/\lambda) / (x/\lambda)$$

センサヘッド取付間隔 x とトロリ線凹凸波長 λ の比 x/λ を横軸に傾斜測定値 g_m の傾斜真値 g_t に対する比 g_m / g_t を縦軸とした図 5 の傾斜測定誤差のグラフに示す如く、 g_m / g_t は x/λ が 0 のときに 1 で、1 のときに 0 である。そして、この間は二次曲線に近い曲線でゆるやかに減少している。即ち、トロリ線凹凸の波長 λ がセンサヘッド取付間隔 x より大きければ大きいほど傾斜測定誤差は少なくなり、逆に λ が x に近づけば近づくほど傾斜測定誤差は大きくなる。図 5 から、 x/λ が 0.25 であれば傾斜誤差は 10% 程度であ

りることが分かる。

【 0 0 1 7 】実施例の測定装置においてセンサヘッド取付間隔 x は 100 mm とした。トロリ線に現れる凹凸の波長は様々であるが、例えば λ が 10 m であれば x/λ は 0.01 となり、これに対応する図 5 のグラフ上の g_m / g_t の値は殆ど 1 である。この程度の凹凸波長であれば傾斜補正の必要はない。しかしながら、10 m 以下であって、かなりセンサヘッド取付間隔 x に近い凹凸波長の測定には、傾斜補正が必要である。傾斜補正は、数式 4 の逆数の周波数特性を有するインパルス応答関数を用いて行う。本発明の実施例装置では図 1 に示す如く、係数設定器 7 で $\sin(x/\lambda) / (x/\lambda)$ の逆数の周波数特性を有するインパルス応答関数に対応する係数を積分器 6 に設定し、積分器 6 で傾斜信号 $\{ y_2(x+x) - y_1(x) \} / x$ に前記インパルス応答関数を重畳し積分することによって、傾斜補正を施されたトロリ線凹凸信号を得るようにしている。勿論、傾斜補正器、例えば前記インパルス応答関数のフィルタを傾斜演算器 5 の後段に設け、前記傾斜信号に所定の傾斜補正を施した後に積分するような回路構成にしてもよい。

【 0 0 1 8 】図 6 は上述の本発明の一実施例の測定装置によって測定されたトロリ線凹凸の測定例を示す。図 6 において、下から 2 段目のゆるやかな波形がトロリ線凹凸を表す出力信号波形であり、凹凸振幅は ± 10 mm 前後である。また測定されたトロリ線は長さは 100 m である。最下段の波形は、測定凹凸のうち波長 10 m 以下の成分のみを選択して拡大して示したものである。なお、測定は測定装置を保守用車に載せてレール上を走行しながら行ったが、走行速度は 1 m/s であった。

【 0 0 1 9 】

【発明の効果】本発明は長尺体の変位を測定して変位信号を求め、この変位信号から長尺体の傾斜を表す傾斜信号を算出し、この傾斜信号を積分することによって長尺体の凹凸を連続的に測定する装置であるので、測定装置を据えつけた測定台の上下振動の影響を受けないで長尺体の凹凸を精度良く連続的に測定することができるようになった。また、傾斜信号に長尺体の凹凸波長に応じた補正を施して積分することにしたので、センサヘッドの取付間隔に近い波長の凹凸まで精度良く測定できるようになった。更に、本発明に係る測定装置は信号処理が複雑でなく、従って市販の機器・装置を構成要素として利用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る測定装置の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図 2】本発明に係る測定装置の測定原理を説明する図である。

【図 3】本発明に係る測定装置の一実施例の構成を示す正面図である。

【図4】本発明に係る測定装置に用いられるセンサの一例を示す斜視図である。

【図5】トリリ線傾斜の真値に対する測定値の比を示す図である。

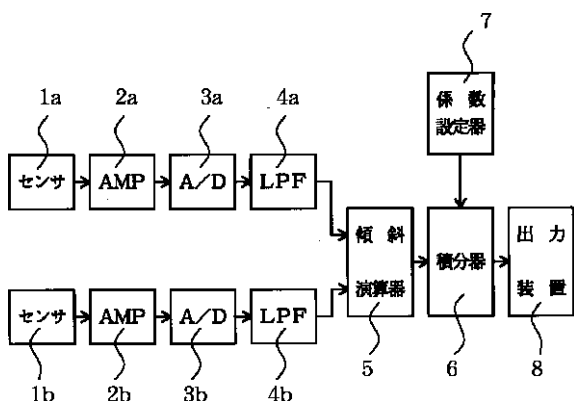
【図6】本発明の一実施例の測定装置で測定したトリリ線凹凸の測定例を示す。

【符号の説明】

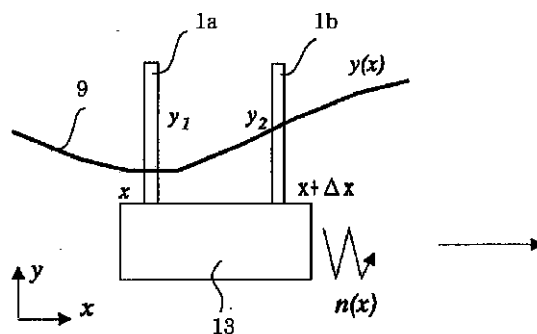
- 1 a 第1センサ
- 1 b 第2センサ
- 2 a 第1増幅器
- 2 b 第2増幅器
- 3 a 第1 A / D変換器
- 3 b 第2 A / D変換器
- 4 a 第1ローパスフィルタ
- 4 b 第2ローパスフィルタ
- 5 傾斜演算器

- 6 積分器
- 7 係数設定器
- 8 出力装置
- 9 トリリ線
- 10 a 第1投光器
- 10 b 第2投光器
- 11 a 第1受光器
- 11 b 第2受光器
- 12 a 第1センサ取付部材
- 12 b 第2センサ取付部材
- 10 12 b 第2センサ取付部材
- 13 測定台
- 14 ジャッキ
- 15 架台
- 16 傾斜調整手段
- 17 作業台

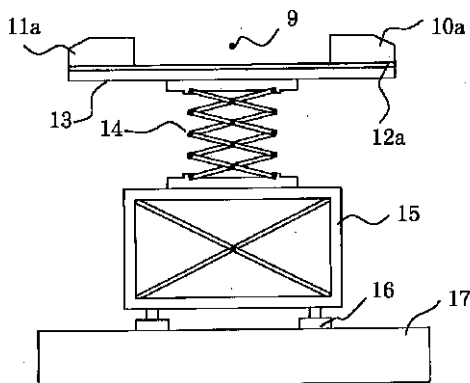
【図1】



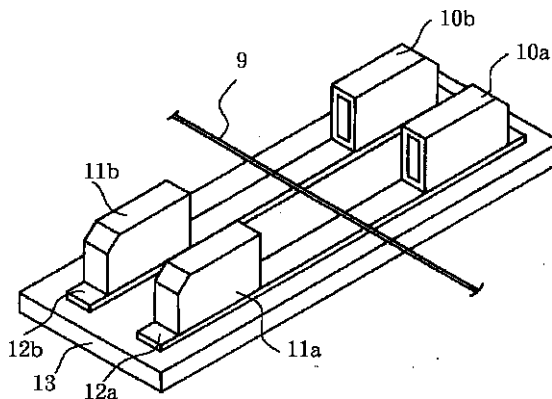
【図2】



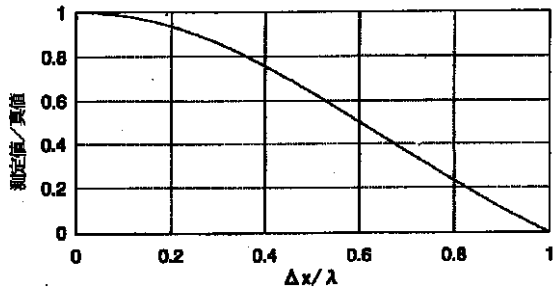
【図3】



【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】

