

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6418376号
(P6418376)

(45) 発行日 平成30年11月7日(2018.11.7)

(24) 登録日 平成30年10月19日(2018.10.19)

(51) Int. Cl.		F I			
GO 1 R	31/02	(2006.01)	GO 1 R	31/02	
HO 5 K	3/00	(2006.01)	HO 5 K	3/00	T

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2014-114958 (P2014-114958)	(73) 特許権者	392019709 日本電産リード株式会社 京都府京都市右京区西京極堤外町10番地
(22) 出願日	平成26年6月3日(2014.6.3)	(74) 代理人	100118784 弁理士 桂川 直己
(65) 公開番号	特開2015-230179 (P2015-230179A)	(72) 発明者	笠井 淳 京都府京都市右京区西京極堤外町10番地 日本電産リード株式会社内
(43) 公開日	平成27年12月21日(2015.12.21)	(72) 発明者	山下 宗寛 京都府京都市右京区西京極堤外町10番地 日本電産リード株式会社内
審査請求日	平成29年5月24日(2017.5.24)	審査官	深田 高義

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回路基板の導体パターンに電気信号を印加し、当該回路基板の電気特性を検査する基板検査装置であって、

前記導体パターンと接触する電圧測定端子及び電流供給端子と、

電圧補正部と、

を備え、

前記電圧補正部は、前記電圧測定端子と、前記電流供給端子と、前記導体パターンと、から構成される回路内のノイズを除去可能なインスツルメンテーションアンプを備え、

前記電圧補正部は、前記インスツルメンテーションアンプを含んだ制御ループを通じて、前記電圧測定端子と前記電流供給端子との間の電位差がゼロになるように補正することを特徴とする基板検査装置。

【請求項2】

請求項1に記載の基板検査装置であって、

前記インスツルメンテーションアンプは、互いに対称である2つの差動増幅回路を有することを特徴とする基板検査装置。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の基板検査装置であって、

前記インスツルメンテーションアンプの増幅率が1倍に設定されていることを特徴とする基板検査装置。

10

20

【請求項 4】

請求項 1 から 3 までの何れか一項に記載の基板検査装置であって、
増幅率が - 1 倍であるオペアンプを更に備えることを特徴とする基板検査装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 3 までの何れか一項に記載の基板検査装置であって、
前記制御ループに含まれるアンプの数が、前記インスツルメンテーションアンプを含めて 1 個又は 2 個であることを特徴とする基板検査装置。

【請求項 6】

請求項 4 に記載の基板検査装置であって、
 前記インスツルメンテーションアンプは、
 非反転入力端子と、
 反転入力端子と、
 出力端子と、
 を備え、
 前記オペアンプは、
 非反転インプット端子と、
 反転インプット端子と、
 アウトプット端子と、
 を備え、
 前記非反転入力端子と、前記電圧測定端子と、が電氣的に接続され、
 前記反転入力端子と、前記アウトプット端子と、前記電流供給端子と、が電氣的に接続され、
 前記出力端子と、前記反転インプット端子と、が電氣的に接続され、
 前記非反転インプット端子がグランドと電氣的に接続されることを特徴とする基板検査装置。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 までの何れか一項に記載の基板検査装置であって、
2 つの電圧測定端子を備え、
2 つの電流供給端子を備え、
 前記 2 つの電流供給端子を介して前記導体パターンに電流を印加し、前記 2 つの電圧測定端子から前記導体パターンの電圧を検出する 4 端子法を用いて基板を検査することを特徴とする基板検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、低電流や低電圧の電気信号を用いて回路基板を検査するのに好適な基板検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、回路基板の導体パターンに電気信号を印加して、導体パターンの電気信号を検出することにより、当該回路基板の良否を検査する基板検査装置が知られている。特許文献 1 は、この種の基板検査装置としての抵抗測定装置を開示する。

【0003】

特許文献 1 の抵抗測定装置は、高電圧を出力できる電圧源と、高電流を出力できる電流源と、を備え、プローブを介して被測定物に検査電流を印加することにより、被測定物に発生する電圧を測定する構成となっており、前記検査電流及び測定された電圧に基づいて、被測定物の抵抗値を算出する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開2006-30131号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

近年の電子製品において益々高まっている高性能化、小型化、軽量化の要望に応えるため、回路基板における導体パターンの小型化及び高密度化、電子部品の内蔵化が進んでいる。このような状況下で、例えば半導体の製造プロセスを基板の製造に应用することで、半導体に近い高密度の導体パターン（以下、高密度微細導体パターンと呼ぶことがある）を有する回路基板の実現も現実味を帯びつつある。

【0006】

ここで一般的に、回路基板における導体パターンの許容電流及び耐電圧は、導体パターンの幅及び導体パターン同士の間隔によって定まる。具体的には、導体パターンが細ければ細いほど、許容電流が小さくなる。また、導体パターン同士の間隔が狭ければ狭いほど、耐電圧が低くなる。

【0007】

従って、上記の高密度微細導体パターンを有する回路基板を検査しようとした場合、測定信号の電流及び電圧は、従来の回路基板に印加する測定信号の電流及び電圧よりも大幅に低くしなければならぬと考えられる。ところが、測定信号の電流や電圧が低ければ低いほど、測定端子と基板との接触抵抗等からのノイズの影響が相対的に大きくなってしま

う。

【0008】

この点、上記特許文献1の構成は、前記電流源又は電圧源によって高電流又は高電圧を出力することで、測定端子としてのプローブの接触個所に存在する不純物を破壊し、接触状態を改善することにより、被測定物の抵抗値を正確に測定できるとする。

【0009】

しかし、特許文献1の構成は、高電流又は高電圧を基板の導体パターンに印加する必要があるため、許容電流や耐電圧が小さい高密度微細導体パターンを検査しようとしても、当該導体パターンを破壊してしまう可能性が極めて高い。従って、特許文献1の抵抗測定装置は、上記の導体パターンを小型化及び高密度化した回路基板の検査に対応できない。

【0010】

本発明は以上の事情に鑑みてされたものであり、その目的は、接触抵抗等によるノイズの影響をリアルタイムで吸収し、低電流や低電圧の電気信号を用いた検査に好適な基板検査装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段及び効果】

【0011】

本発明の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段とその効果を説明する。

【0012】

本発明の観点によれば、以下の構成の基板検査装置が提供される。即ち、この基板検査装置は、回路基板の導体パターンに電気信号を印加し、当該回路基板の電気特性を検査する。この基板検査装置は、電圧測定端子及び電流供給端子と、電圧補正部と、を備える。前記電圧測定端子及び前記電流供給端子は、前記導体パターンと接触する。前記電圧補正部は、前記電圧測定端子と、前記電流供給端子と、前記導体パターンと、から構成される回路内のノイズを除去可能なインスツルメンテーションアンプを備える。前記電圧補正部は、前記インスツルメンテーションアンプを含んだ制御ループを通じて、前記電圧測定端子と前記電流供給端子との間の電位差がゼロになるように補正する。

【0013】

即ち、第1測定端子及び第2測定端子と、導体パターンと、の接触抵抗による電圧降下によって、理想的には同電位であるべき2つの測定端子の間に電位差が発生してしまう。また、前記接触抵抗による電圧降下を第1測定端子や第2測定端子によって検出すること

10

20

30

40

50

で、検出電圧が大きくなり、検査精度を低下させてしまう。この点、上記の構成によれば、当該接触抵抗による電圧降下を補正することができるので、第1測定端子と第2測定端子との間の電位差をゼロになるように保持することができる。これにより、回路基板を検査するとき、2つの測定端子と導体パターンとの接触抵抗の影響を受けずに、検査の精度を一層高めることができる。特に、同相信号除去比(CRMM)の高いインスツルメンテーションアンプを使用することにより、2つの測定端子と導体パターンとの接触抵抗による電圧降下を確実に補正することができる。

【0014】

前記の基板検査装置においては、前記インスツルメンテーションアンプは、互いに対称である2つの差動増幅回路を有することが好ましい。

10

【0015】

これにより、2つの測定端子と導体パターンとの間で生じる接触抵抗によるノイズ等の共通入力信号を除去でき、回路基板の検査精度をより一層高めることができる。

【0016】

前記の基板検査装置においては、前記インスツルメンテーションアンプの増幅率が1倍に設定されていることが好ましい。

【0017】

これにより、インスツルメンテーションアンプが1倍の増幅率で安定して動作することができるので、2つの測定端子と導体パターンとの間で生じる接触抵抗等の影響を確実に除去することができる。

20

【0018】

前記の基板検査装置においては、増幅率が-1倍であるオペアンプを更に備えることが好ましい。

【0019】

このように、オープン状態であるオペアンプを利用せず、-1倍の増幅率のオペアンプの安定増幅状態を利用することにより、精度の高い電圧補正部を有する基板検査装置を実現することができる。

【0020】

前記の基板検査装置においては、前記制御ループに含まれるアンプの数が、前記インスツルメンテーションアンプを含めて1個又は2個であることが好ましい。

30

【0021】

即ち、一般的に、電圧降下を補正する制御ループが短ければ短いほど、電圧を速く安定させることができる。この点、上記の構成では、制御ループに含まれるアンプが、インスツルメンテーションアンプだけであるか、インスツルメンテーションアンプと1個のアンプだけであるので、制御ループを物理的に極めて短くでき、電圧降下が発生した瞬間に補正することができる。これにより、電圧補正部において高速かつ確実に電圧降下を補正することができる。

【0022】

前記の基板検査装置においては、以下の構成とすることが好ましい。即ち、前記インスツルメンテーションアンプは、非反転入力端子と、反転入力端子と、出力端子と、を備える。前記オペアンプは、非反転インプット端子と、反転インプット端子と、アウトプット端子と、を備える。前記非反転入力端子と、前記電圧測定端子と、が電氣的に接続される。前記反転入力端子と、前記アウトプット端子と、前記電流供給端子と、が電氣的に接続される。前記出力端子と、前記反転インプット端子と、が電氣的に接続される。前記非反転インプット端子がグランドと電氣的に接続される。

40

【0023】

これにより、簡素な構成で、2つの測定端子の間の電位差をゼロになるように補正することができる。

【0024】

前記の基板検査装置は、2つの電圧測定端子と、2つの電流供給端子と、を備え、前記

50

2つの電流供給端子を介して前記導体パターンに電流を印加し、前記2つの電圧測定端子から前記導体パターンの電圧を検出する4端子法を用いて基板を検査することが好ましい。

【0025】

これにより、4端子法を用いる基板検査装置において、測定端子と導体パターンとの接触抵抗による電圧降下をリアルタイムで補正することができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の一実施形態に係る基板検査装置の全体的な構成を示す概略側面図。

【図2】基板の検査の原理を示す図。

10

【図3】基板の検査の等価回路図。

【図4】4端子法の構成を示す図。

【図5】電圧補正部によるノイズを除去する制御ループを示す図。

【図6】電圧補正部の構成を示す図。

【図7】インスツルメンテーションアンプの内部回路を示す図。

【図8】アンプの作動領域を示す図。

【図9】本発明の電圧補正部の一変形例の構成を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0027】

次に、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は本発明の一実施形態に係る基板検査装置10の全体的な構成を示す概略側面図である。図2は、基板の検査の原理を示す図である。図3は、基板の検査の等価回路図である。

20

【0028】

図1に示すように、基板検査装置10は、筐体28を有している。筐体28の内部空間には、検査対象の回路基板11を載置するための基板載置台20と、第1検査部21と、第2検査部22と、が設けられている。

【0029】

基板載置台20は、検査対象の回路基板11を載置可能に構成されている。第1検査部21は、基板載置台20に載置された回路基板11の上方に位置する。第2検査部22は、基板載置台20に載置された回路基板11の下方に位置する。検査部21、22は、それぞれ、多数のプローブ（測定端子）15を有する検査治具23と、前記検査治具23を保持する保持体24を有している。

30

【0030】

また、基板検査装置10は、治具移動機構25を備えている。治具移動機構25は、筐体28の内部空間において、第1検査部21及び第2検査部22を適宜移動させることができるように構成されている。

【0031】

以上のように構成された基板検査装置10は、基板載置台20に載置された回路基板11に対して検査部21、22を移動させることにより、当該回路基板11が有する導体パターン110上に形成されたテストポイントに対して、プローブ15を接触させることができる。

40

【0032】

図1に示すように、上下の検査部21、22は、それぞれ、保持体24内に、電流供給部17、電流測定部18、及び電圧測定部19を有している。また、上下の検査部21、22の保持体24内には、信号切換部26が配置されている。基板検査装置10は、信号切換部26を制御可能な制御部27を備えている。この制御部27は、CPU、ROM、RAM等からなるコンピュータとして構成されている。制御部27は、回路基板11に形成された導体パターン等に関するデータを保持している。

【0033】

以下、基板検査装置10を用いた具体的な検査について説明する。図2に示すように、

50

基板検査装置 10 において、回路基板 11 を構成する 1 つの導体パターン 110 の両端にプローブ（端子）151, 152 をそれぞれ接触させる。電流供給部 17 が、プローブ 151 を介して、検査対象の導体パターン 110 に一定の大きさの検査電流 i を流す（定電流制御）。図 2 に示すように、一方のプローブ 151 から導体パターン 110 に流れた検査電流 i は、他方のプローブ 152 から電流測定部 18 を経由して、電流供給部 17 に戻る。このように、検査電流 i は、プローブ 151, 152 と、電流供給部 17 と、電流測定部 18 と、導体パターン 110 とから構成された回路内で流れる。

【0034】

このときのプローブ 151, 152 の間の電位差（電圧降下）を電圧測定部 19 によって取得することで、オームの法則に基づいて、当該導体パターン 110 の抵抗値 R を計算することができる。こうして得られた抵抗値 R に基づいて、当該導体パターン 110 の良否（短路や断線の有無、抵抗値の適否等）が判定される。この検査を複数の導体パターン 110 のそれぞれについて行うことで、回路基板 11 の良否が判定される。

10

【0035】

しかし、このような検査回路においては、プローブ 151, 152 と導体パターン 110 とを接触させる部分において接触抵抗が発生することが避けられず、これが上記の抵抗値 R の測定精度に影響を与える。

【0036】

導体パターン 110 を検査する回路の、接触抵抗による電圧降下を考慮した等価回路を図 3 に示す。この等価回路において、 R は導体パターン 110 の抵抗であり、 R_{C1} はプローブ 151 と導体パターン 110 との間の接触抵抗であり、 R_{C2} はプローブ 152 と導体パターン 110 との間の接触抵抗である。導体パターン 110 に印加する検査電流の大きさを i とすると、上記の接触抵抗 R_{C1} , R_{C2} を用いて、電圧測定部 19 にて検出した電位差（電圧降下） V_O は、 $V_O = i R_{C1} + i R + i R_{C2}$ で表される。

20

【0037】

即ち、電圧測定部 19 で検出される電圧降下 V_O は、測定対象の導体パターン 110 による電圧降下 $V (= i R)$ より、 $i R_{C1} + i R_{C2}$ だけ大きくなる。これにより、電圧測定部 19 が測定した電位差 V_O に基づく抵抗値は $R + R_{C1} + R_{C2}$ となり、測定したい導体パターン 110 の抵抗値 R より $R_{C1} + R_{C2}$ だけ大きくなって、検査に誤差が発生してしまう。

30

【0038】

ところで、 R_{C1} , R_{C2} は接触抵抗であるため、プローブ 151, 152 の先端の摩損状態や、プローブ 151, 152 と導体パターン 110 との接触の具合により変化し、特にプローブ 151, 152 の先端が摩耗してくると、大幅に変動する傾向がある。言い換えれば、接触抵抗 R_{C1} , R_{C2} は一定の値をとることがなく、事前に予測することが難しい。

【0039】

また、常に一定の電流を回路負荷に流す定電流制御の特性上、図 2 の回路においてプローブ 151, 152 と導体パターン 110 との接触抵抗 R_{C1} , R_{C2} により発生した電圧降下の分だけ、プローブ 151, 152 間に印加される電圧が大きくなる。導体パターン 110 に加わる電圧が耐電圧より大きくなると、導体パターン 110 において絶縁破壊が生じ、回路基板 11 を破損してしまう可能性もある。

40

【0040】

この点、本実施形態の基板検査装置 10 は、以上に示した課題を解決するために、以下のような構成とされている。以下、図 4 以降を参照して詳細に説明する。図 4 は、4 端子法の構成を示す図である。図 5 は、電圧補正部 3 によるノイズを除去する制御ループを示す図である。図 6 は、電圧補正部 3 の構成を示す図である。

【0041】

この基板検査装置 10 は、図 4 に示すように、電流供給部 17 と、電流測定部 18 と、電圧測定部 19 と、を備えている。電流供給部 17 は、定電流源であって、設定された大きさの電流を、2 つの電流供給端子（電流測定端子）153, 154 を介して、検査対象

50

である導体パターン110に流す。電流測定部18は、当該2つの電流供給端子153, 154を介して、導体パターン110に流れている電流を検出する。電圧測定部19は、電圧測定端子155, 156を介して、導体パターン110の電圧を測定する。

【0042】

図4に示すように、本実施形態の基板検査装置10は、電流供給端子153, 154を介して、検査対象である回路基板11の導体パターン110に対して電流供給部17により定電流を流し、電圧測定端子155, 156の間の電圧降下を電圧測定部19によって測定する、いわゆる4端子法を用いている。

【0043】

4端子法においては、電圧測定部19が大きな内部抵抗を有するため、電圧測定部19が設けられている回路は実質的にオープンになっていると考えて差し支えない。従って、電流供給部17が設けられている側の回路に比べて、電圧測定部19が設けられている側の回路には電流があまり流れないので、電流供給端子153, 154と導体パターン110との間の接触抵抗からの影響をある程度抑制することができる。

【0044】

ところで、近年、半導体の製造プロセスを基板製造に応用することで、半導体に近い高密度配線を有する基板が実現しつつあるのは上述したとおりである。この種の回路基板11の導体パターン(高密度微細導体パターン)は、距離が短くなっているため、電気抵抗値が相当に小さくなっている。従って、この種の回路基板11を検査するとき、測定端子と導体パターン110との間の接触抵抗による影響(ノイズ)が相対的に大きくなる。

【0045】

例えば、従来の構成の基板の導体パターンの抵抗が10Ωで、接触抵抗が1Ωの場合、接触抵抗の影響は10%程度と比較的小さい。一方で、高密度微細導体パターンを形成した回路基板11においては、導体パターン110の抵抗が例えば3Ω程度になると考えられるから、接触抵抗が1Ωの場合、その影響は3割を上回るようになって、検査精度の観点から現実的でない。

【0046】

本実施形態の基板検査装置10が採用する4端子法においても事情は同じであり、電圧測定端子156と導体パターン110との間で生じる接触抵抗を無視することができない。即ち、ノイズ等が存在していない理想状態においては、電流供給端子154の電位と電圧測定端子156の電位が同じになるが、実際は、電圧測定端子156を導体パターン110に接触させた部分で生じる接触抵抗により電圧降下が発生し、電流供給端子154と電圧測定端子156との間に電位差が生じてしまう。

【0047】

また、電圧測定端子156と導体パターン110との間で生じる接触抵抗は1回1回の接触毎に異なり、予測が難しいため、端子と導体パターン110との接触抵抗を予め測定して電圧降下を補正しておくこともできない。

【0048】

なお、制御部27の制御により、電圧降下を検出したら、当該電圧降下分の電圧を補正するような構成も考えられる。しかし、制御部27は回路基板11と物理的に離れた場所に設けられることが多いため、制御ループも相当に長くなる結果、電圧降下が検出されたタイミングから電圧が実際に補正されるまで長時間を要することになり、基板検査の効率を大幅に低下させてしまう。また、制御ループが長くなると、その分だけノイズが生じて、検査の精度を大幅に低下させてしまう。

【0049】

この点、本実施形態の基板検査装置10は、図5に示すように、電圧補正部3を備えている。この電圧補正部3は、電流供給端子154と電圧測定端子156の間に配置されており、電圧測定端子156と導体パターン110との間の接触抵抗による電圧降下を補正する。なお、本実施形態において、電圧測定端子156が第1測定端子に相当し、電流供給端子154が第2測定端子に相当する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

当該電圧補正部 3 の構成を詳細に説明すると、図 6 に示すように、電流供給端子 1 5 4 と電圧測定端子 1 5 6 との間に、インスツルメンテーションアンプ 3 0 と、オペアンプ 4 0 と、が設置されている。

【 0 0 5 1 】

インスツルメンテーションアンプ 3 0 は、非反転入力端子 3 1 と、反転入力端子 3 2 と、出力端子 3 3 と、を備え、非反転入力端子 3 1 からの入力と、反転入力端子 3 2 からの入力と、の差を増幅する。本実施形態のインスツルメンテーションアンプ 3 0 は、1 倍の増幅率 (利得 $G a i n = 1$) のものを用いる。

【 0 0 5 2 】

インスツルメンテーションアンプ 3 0 は、広く知られているように、高い同相信号除去比 ($C M R R$) と、高入力インピーダンスと、高精度と、を有する。また、インスツルメンテーションアンプ 3 0 及びオペアンプ 4 0 として例えば半導体チップ化されたものを用いることで、電気信号を制御するループを物理的に極めて短くできる。これにより、インスツルメンテーションアンプ 3 0 から構成された電気信号の制御ループの制御速度を大幅に高速化することができ、接触抵抗による電圧降下を例えば 1 ミリ秒以下の応答速度で補正することも可能になる。

【 0 0 5 3 】

本実施形態のインスツルメンテーションアンプ 3 0 は、図 7 に示すように、同じ性能を有する 2 つの差動増幅器を備えている。これにより、2 つの入力端子からの共通入力信号 (本説明の基板の検査においては、上記接触抵抗によるノイズ等) を除去することができ、高い同相信号除去比 ($C M R R$) を得ることができる。

【 0 0 5 4 】

同相信号除去比 ($C M R R$) は、差動増幅回路等での 2 つの入力に共通する入力信号 (例えば、ノイズ等) を除去する傾向の強さを表す。即ち、アンプの $C M R R$ が大きければ大きいほど、当該アンプはノイズ等の共通入力信号を除去する傾向が強くなる。

【 0 0 5 5 】

高入力インピーダンスを有するインスツルメンテーションアンプ 3 0 は、微小な電気信号も検出することができる。何故なら、高入力インピーダンスを有することで、入力信号が小さくても、インスツルメンテーションアンプ 3 0 を駆動できるからである。ジュールの法則とオームの法則から $P = I^2 R$ の公式が得られ、この公式から考えると、インスツルメンテーションアンプ 3 0 の駆動電力 P が一定であって、 R が大きければ大きいほど、駆動電流 I が小さくなる。従って、インスツルメンテーションアンプ 3 0 は高入力インピーダンスを有するため、微小な電気信号でもインスツルメンテーションアンプ 3 0 を駆動することができる。言い換えれば、インスツルメンテーションアンプ 3 0 は、微小な電気信号でも検出することができる。

【 0 0 5 6 】

上記で説明したように、導体パターン (高密度微細導体パターン) 1 1 0 を有する回路基板 1 1 は、許容電流及び耐電圧が小さい。従って、この種の回路基板 1 1 を検査するときは、回路基板 1 1 に供給する信号の電流や電圧も小さくせざるを得ないので、導体パターン 1 1 0 から検出する電流又は電圧も小さくなる。この点、本実施形態の基板検査装置 1 0 においては、微小な電気信号も検出できるインスツルメンテーションアンプ 3 0 が設けられているため、この種の高密度微細導体パターンを有する回路基板 1 1 の検査を問題なく行うことができる。

【 0 0 5 7 】

また、上記で説明したように、導体パターン 1 1 0 の許容電流が小さいため、検査のために導体パターン 1 1 0 に供給する電流も小さくする必要がある。従って、電圧測定端子 1 5 6 と導体パターン 1 1 0 との間で生じる接触抵抗の影響が相対的に大きくなる。

【 0 0 5 8 】

この点、本実施形態のインスツルメンテーションアンプ 3 0 は、互いに対称である 2 つ

10

20

30

40

50

の差動増幅回路を有するため、電圧測定端子156と導体パターン110との間の接触抵抗による電圧降下等のノイズを除去することができる。

【0059】

次に、図6に示すオペアンプ40を説明する。このオペアンプ40は、非反転インプット端子41と、反転インプット端子42と、アウトプット端子43と、を備え、-1倍の増幅率(利得Gain)を有する。当該オペアンプ40の非反転インプット端子41がグランドと電氣的に接続し、反転インプット端子42がインスツルメンテーションアンプ30の出力端子33と電氣的に接続し、アウトプット端子43がインスツルメンテーションアンプ30の反転入力端子32と電氣的に接続している。

【0060】

本実施形態の電圧補正部3を介して、電圧測定端子156と導体パターン110との接触抵抗による電圧降下等のノイズを除去することで、電流供給端子154と電圧測定端子156との間の電位差がゼロになるように補正することができる。

【0061】

本実施形態の基板検査装置10は、図5に示すように、電圧補正部3を電流供給端子154と電圧測定端子156との間に設けることで、電流供給端子154及び電圧測定端子156と導体パターン110との接触抵抗による電圧降下等のノイズに素早く応答して除去することで、導体パターン110の電圧降下の測定を安定して行うことができ、回路基板11の検査の効率も良好である。

【0062】

続いて、インスツルメンテーションアンプ30の具体的な構成について、図7のインスツルメンテーションアンプ30の内部回路を参照して説明する。

【0063】

本実施形態の基板検査装置10の電圧補正部3は、図6の回路構成によって、アンプを線形領域動作状態で動作させる。線形領域動作状態のアンプは、図8のグラフに示すように、差動入力を一定の増幅率で増幅して出力する。言い換えれば、当該動作状態のアンプの入力と出力が比例している。

【0064】

線形領域動作状態のアンプは、バーチャル・ショートという特性を有している。バーチャル・ショートとは、アンプの2つの入力間の電位差がゼロに近い状態で、仮想的に短絡している状態である。このバーチャル・ショートにより、図7のアンプA1においては2つの入力電圧 V_1 、 V_{10} が等しくなり、アンプA2においては2つの入力電圧 V_2 、 V_{20} が等しくなる。従って、以下の関係式が得られる。

$$V_1 = V_{10}$$

$$V_2 = V_{20}$$

【0065】

仮に、ノイズ等の共通入力信号を V_{IC} とし、当該共通入力信号がアンプによって増幅された出力を V_{OC} とする。図7に示す回路において、アンプA1の出力電圧を V_A 、アンプA2の出力電圧を V_B 、インスツルメンテーションアンプ30の前半部の各所に配置された抵抗を R_g 、 R_1 、 R_2 とすると、上記の関係式に基づいて、以下の関係式が得られる。即ち、

$$V_2 - V_1 = V_{20} - V_{10} = (V_B - V_A) R_g / (R_2 + R_g + R_1) \cdots (1)$$

$$V_{OC} = V_B - V_A = (R_2 + R_g + R_1) (V_2 - V_1) / R_g \cdots (2)$$

なお、 R_g は、インスツルメンテーションアンプ30のゲインを決定する抵抗値である。

【0066】

V_{IC} は共通入力信号であるため、インスツルメンテーションアンプ30の各入力端子に対して、同じ入力になる。即ち、

$$V_{IC} = V_1 = V_2 \cdots (3)$$

(2)及び(3)の関係式から、 $V_{OC} = 0$ が得られる。以上のように、図7に示す回路

10

20

30

40

50

は、共通入力信号を除去することができる。

【0067】

本実施形態の電圧補正部3を構成する回路においては、制御ループにインスツルメンテーションアンプ30とオペアンプ40が含まれ、インスツルメンテーションアンプ30を1倍の増幅率に設定し、オペアンプ40を-1倍の増幅率に設定することにより、接触抵抗による影響を確実に取り除くことができる。

【0068】

なお、接触抵抗による電圧降下を除去する方法の1つとして、コンパレータから構成されたオープンループを利用することも考えられる。しかしながら、ゲインが無限大のコンパレータであれば、接触抵抗からの影響を確実に消去することができるものの、そのようなコンパレータは理想的なものにすぎず、現実の回路で実現することは難しい。

【0069】

一方、本実施形態の基板検査装置10の電圧補正部3は、インスツルメンテーションアンプ30及びオペアンプ40の安定的な増幅率を利用して、電圧の補正回路を構成している。従って、接触抵抗による電圧降下等のノイズを確実に除去することができる。

【0070】

以上に説明したように、本実施形態の基板検査装置10は、回路基板11の導体パターン110に電気信号を印加し、当該回路基板11の電気特性を検査する。この基板検査装置は、電圧測定端子156及び電流供給端子154と、電圧補正部と、を備える。電圧測定端子156及び電流供給端子154は、導体パターン110と接触する。電圧補正部3は、電圧測定端子156と、電流供給端子154と、導体パターン110と、から構成される回路内のノイズを除去可能なインスツルメンテーションアンプ30を備える。電圧補正部3は、インスツルメンテーションアンプ30を含んだ制御ループを通じて、電圧測定端子156と電流供給端子154との間の電位差を補正する。

【0071】

即ち、電圧測定端子156及び電流供給端子154と、導体パターン110と、の接触抵抗による電圧降下によって、理想的には同電位であるべき電圧測定端子156及び電流供給端子154の間に電位差が発生してしまう。また、前記接触抵抗による電圧降下を当該電圧測定端子156を介して検出することで、検出電圧が大きくなり、検査精度を低下させてしまう。この点、上記の構成によれば、当該接触抵抗による電圧降下を補正することができるので、電圧測定端子156と電流供給端子154との間の電位差をゼロになるように保持することができる。これにより、回路基板11を検査するとき、電圧測定端子156及び電流供給端子154と導体パターン110との接触抵抗の影響を受けずに、検査の精度を一層高めることができる。特に、同相信号除去比(CRMM)の高いインスツルメンテーションアンプ30を使用することにより、電圧測定端子156及び電流供給端子154と導体パターン110との間の接触抵抗による電圧降下を確実に補正することができる。

【0072】

また、本実施形態の基板検査装置10においては、インスツルメンテーションアンプ30は、図7に示すように、互いに対称である2つの差動増幅回路を有している。

【0073】

これにより、電圧測定端子156及び電流供給端子154と導体パターン110との間で生じる接触抵抗によるノイズ等の共通入力信号を除去でき、回路基板11の検査精度をより一層高めることができる。

【0074】

また、本実施形態の基板検査装置10においては、前記制御ループに含まれるアンプの数が、インスツルメンテーションアンプ30を含めて、当該インスツルメンテーションアンプ30とオペアンプ40の2個になっている。

【0075】

即ち、一般的に、電圧降下を補正する制御ループが短ければ短いほど、電圧を速く安定

10

20

30

40

50

させることができる。この点、本実施形態では、制御ループが、インスツルメンテーションアンプ30と、1個のオペアンプ40と、から構成されているので、制御ループを物理的に極めて短くでき、電圧降下が発生した瞬間に補正することができる。これにより、電圧補正部3において高速かつ確実に電圧降下を補正することができる。

【0076】

また、本実施形態の基板検査装置10において、インスツルメンテーションアンプ30の増幅率が1倍に設定されている。

【0077】

これにより、インスツルメンテーションアンプ30が1倍の増幅率で安定して動作することができるので、電圧測定端子156及び電流供給端子154と導体パターン110との間で生じる接触抵抗等の影響を確実に除去することができる。

10

【0078】

また、本実施形態の基板検査装置10は、増幅率が-1倍であるオペアンプ40を更に備える。

【0079】

このように、オープン状態であるオペアンプを利用せず、-1倍の増幅率のオペアンプ40の安定増幅状態を利用することにより、精度の高い電圧補正部3を有する基板検査装置10を実現することができる。

【0080】

また、本実施形態の基板検査装置10において、インスツルメンテーションアンプ30は、非反転入力端子31と、反転入力端子32と、出力端子33と、を備える。オペアンプ40は、非反転インプット端子41と、反転インプット端子42と、アウトプット端子43と、を備える。非反転入力端子31と、電圧測定端子156と、が電氣的に接続される。反転入力端子32と、アウトプット端子43と、電流供給端子154と、が電氣的に接続される。出力端子33と、反転インプット端子42と、が電氣的に接続される。非反転インプット端子41がグランドと電氣的に接続される。

20

【0081】

これにより、簡素な構成で、電圧測定端子156と電流供給端子154との間の電位差をゼロになるように補正することができる。

【0082】

また、本実施形態の基板検査装置10は、2つの電圧測定端子155, 156と、2つの電流供給端子153, 154と、を備える。2つの電流供給端子153, 154を介して導体パターン110に電流を印加し、電圧測定端子155, 156から導体パターン110の電圧を検出する4端子法を用いて基板を検査する。

30

【0083】

これにより、4端子法を用いる基板検査装置10において、電圧測定端子155, 156及び電流供給端子153, 154と導体パターン110との接触抵抗による電圧降下をリアルタイムで補正することができる。

【0084】

以上に本発明の好適な実施の形態を説明したが、上記の構成は例えば以下のように変更することができる。

40

【0085】

電圧補正部3は、インスツルメンテーションアンプ30と、オペアンプ40と、を備えることに限らず、図9に示すようにインスツルメンテーションアンプ30のみを設けて、電流供給端子154と電圧測定端子156との間の電位差を補正することも可能である。この場合、回路を一層簡素化することができる。

【0086】

また、本実施形態の基板検査装置10は、4端子法に限定せず、2端子法にも適用することができる。

【符号の説明】

50

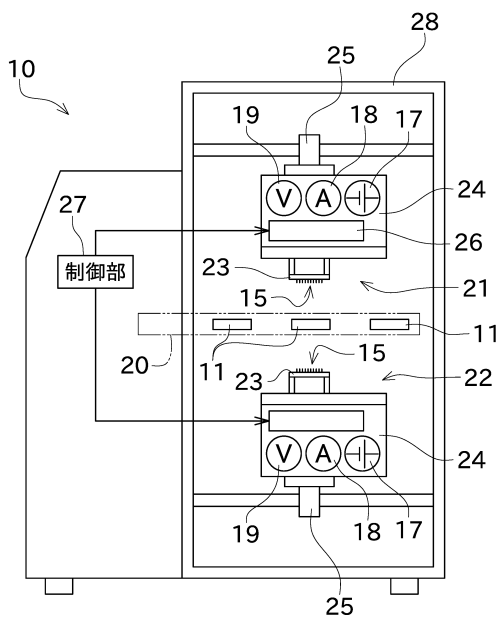
【 0 0 8 7 】

- 3 電圧補正部
- 10 基板検査装置
- 11 回路基板
- 15 プローブ（端子）
- 17 電流供給部
- 18 電流測定部
- 19 電圧測定部
- 30 インストルメンテーションアンプ
- 31 非反転入力端子
- 32 反転入力端子
- 33 出力端子
- 40 オペアンプ
- 41 非反転インプット端子
- 42 反転インプット端子
- 43 アウトプット端子
- 151 プローブ
- 152 プローブ
- 153 電流供給端子
- 154 電流供給端子（第2測定端子）
- 155 電圧測定端子
- 156 電圧測定端子（第1測定端子）

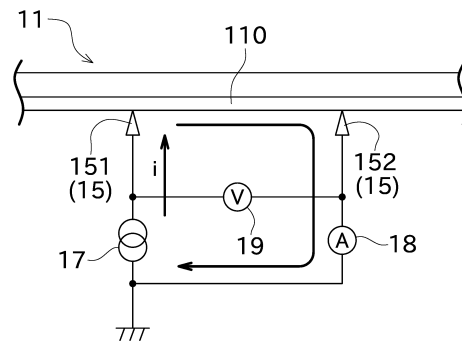
10

20

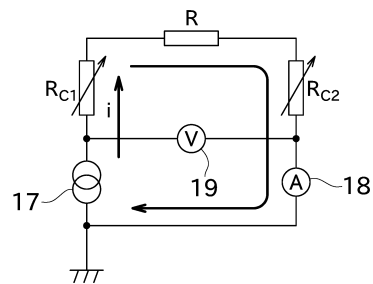
【 図 1 】



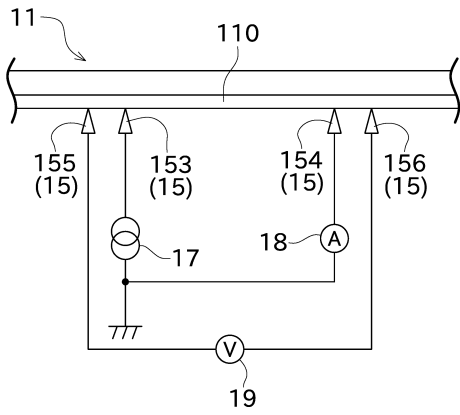
【 図 2 】



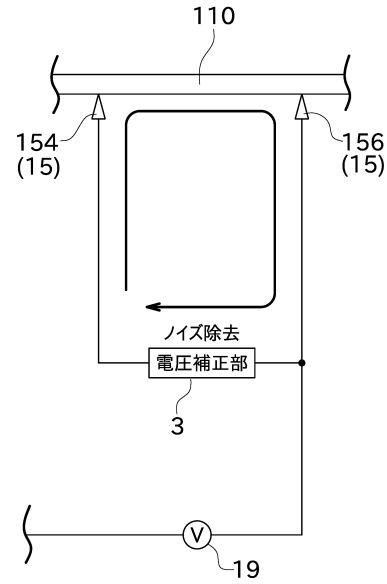
【 図 3 】



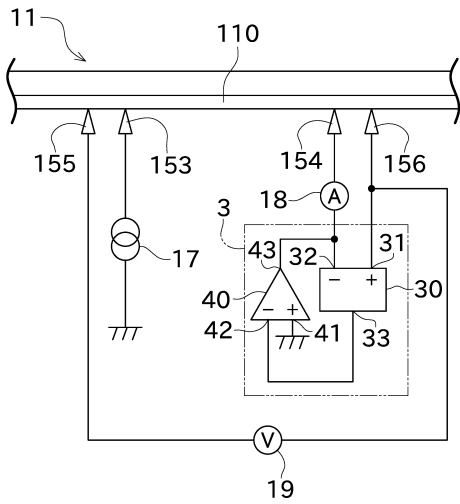
【図4】



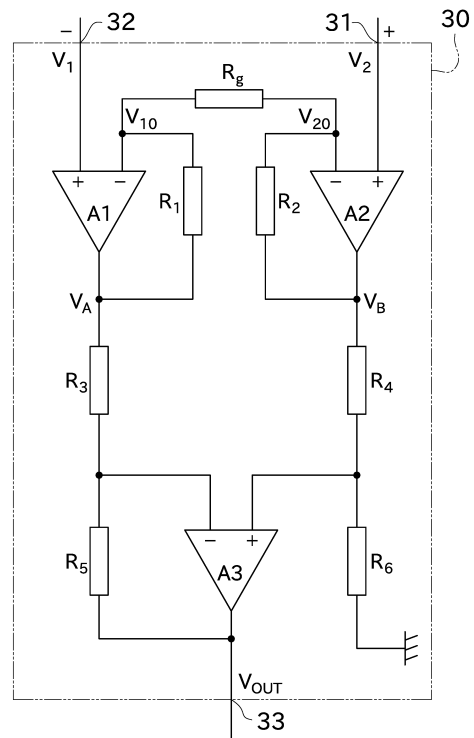
【図5】



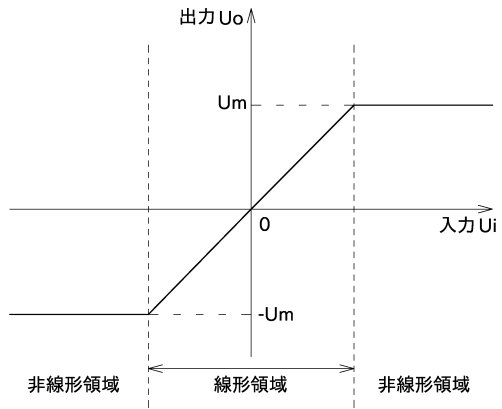
【図6】



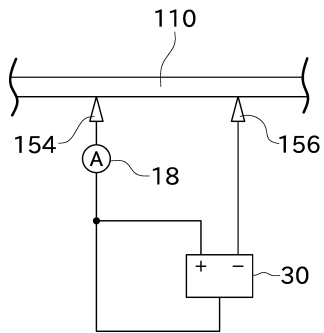
【図7】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-333598(JP,A)
特開平11-038053(JP,A)
特開2012-013588(JP,A)
実開平04-032081(JP,U)
特開2001-235389(JP,A)
特開昭60-071964(JP,A)
特開2014-044102(JP,A)
特開2004-045349(JP,A)
特開平10-293146(JP,A)
特開2007-132806(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 31/02
H05K 3/00