

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 8 月 7 日(07.08.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/119675 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 31/302 (2006.01) *H01L 21/66* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/052145
- (22) 国際出願日: 2014 年 1 月 30 日(30.01.2014)
- (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 2013-018683 2013 年 2 月 1 日(01.02.2013) JP
- (71) 出願人: 浜松ホトニクス株式会社(HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者: 中村 共則(NAKAMURA Tomonori); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).
西沢 充哲(NISHIZAWA Mitsunori); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9 階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

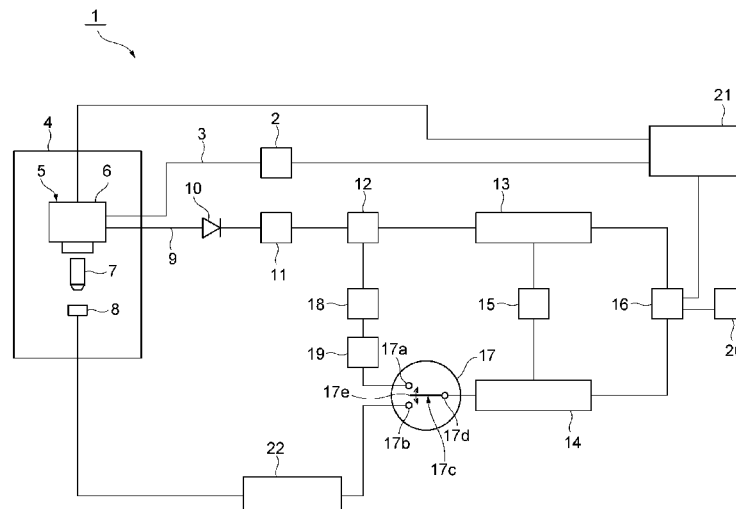
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE INSPECTION DEVICE AND SEMICONDUCTOR DEVICE INSPECTION METHOD

(54) 発明の名称: 半導体デバイス検査装置及び半導体デバイス検査方法



(57) Abstract: This semiconductor device inspection device is provided with a laser light source which generates a light irradiated onto the semiconductor device, an optical sensor which detects light reflected on the semiconductor device and outputs a detection signal, a tester unit for applying a drive signal to a semiconductor device, an electric measurement unit into which the detection signal is inputted, an electric measurement unit into which the detection signal and the drive signal are selectively inputted, and a switching unit having a detection signal terminal and a drive signal terminal. The switching unit inputs the detection signal to the electric measurement unit by connecting a connection unit to the detection signal terminal, and inputs the drive signal by connecting the connection unit to the drive signal terminal.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/119675 A1



半導体デバイス検査装置は、半導体デバイスに照射される光を発生するレーザ光源と、半導体デバイスで反射された反射光を検出し、検出信号を出力する光センサと、駆動信号を半導体デバイスに印加するテストユニットと、検出信号が入力される電気計測部と、検出信号及び駆動信号が選択的に入力される電気計測部と、検出信号端子及び駆動信号端子を有する切替部と、を備える。切替部は、接続部を検出信号端子に接続することで電気計測部に検出信号を入力させ、駆動信号端子に接続することで駆動信号を入力させる。

明 細 書

発明の名称：

半導体デバイス検査装置及び半導体デバイス検査方法

技術分野

[0001] 本発明は、半導体デバイス検査装置及び半導体デバイス検査方法に関する。

背景技術

[0002] 集積回路を検査する技術として、E O P (Electro Optical Probing) や E O F M (Electro-Optical Frequency Mapping) と称される光プロービング技術が知られている。光プロービング技術では、光源から出射された光を集積回路に照射し、集積回路で反射された反射光を光センサで検出して、検出信号を取得する。そして、取得した検出信号において、目的とする周波数を選び出し、その振幅エネルギーを時間的な経過として表示したり、2次元のマッピングとして表示したりする。これにより、目的とした周波数で動作している回路の位置を特定することができる。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：特開2007-64975号公報
特許文献2：特開2001-255354号公報
特許文献3：特開2010-271307号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述したような光プロービング技術は、集積回路等の半導体デバイスにおける故障箇所及び故障原因などを特定し得ることから、極めて有効な技術である。

[0005] そこで、本発明は、半導体デバイスの検査を効率良く且つ精度良く実施することができる半導体デバイス検査装置及び半導体デバイス検査方法を提供

することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0006] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査装置は、被検査デバイスである半導体デバイスに照射される光を発生する光発生部と、光発生部が発生した光が半導体デバイスに照射されたときに半導体デバイスで反射された反射光を検出し、検出信号を出力する光検出部と、半導体デバイスを駆動させる駆動信号を半導体デバイスに印加する駆動信号印加部と、検出信号が入力される第1の電気計測部と、検出信号及び駆動信号が選択的に入力される第2の電気計測部と、光検出部と電氣的に接続された第1の信号端子、駆動信号印加部と電氣的に接続された第2の信号端子、及び、一端が第2のスペクトラムアナライザと電氣的に接続された接続部を有する切替部と、を備え、切替部は、接続部の他端を第1の信号端子に接続することで第2の電気計測部に検出信号を入力させ、接続部の他端を第2の信号端子に接続することで第2の電気計測部に駆動信号を入力させる。
- [0007] この半導体デバイス検査装置では、切替部が接続部の接続先を第1の信号端子とした場合には、第1及び第2の電気計測部で2つの周波数における検出信号の同時計測が可能である。すなわち半導体デバイスの検査を効率的に行える。また、切替部が接続部の接続先を第2の信号端子として場合には、第1の電気計測部には検出信号が入力され第2の電気計測部には駆動信号が入力されることとなるため、検出信号の位相と駆動信号の位相とから位相差が算出でき、該位相差より故障箇所及び故障原因を特定できる。すなわち、半導体デバイスの検査を精度良く行うことができる。以上より、この半導体デバイス装置によれば、半導体デバイスの検査を効率良く且つ精度良く実施することができる。
- [0008] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査装置では、第1の電気計測部と第1の信号端子との間に設けられ、切替部が第1の信号端子に接続していた他端を第2の信号端子に接続する場合に、第1の信号端子から第1の電気計測部へ向かう方向に流れる電気信号を減衰する信号減衰部を更に備えてもよ

い。この構成によれば、切替部が他端の接続を第1の信号端子から第2の信号端子に切り替えた際に、第1の信号端子から第1の電気計測部に向かって逆流する検出信号、及び、第1の信号端子から第1の電気計測部に向かって流れる駆動信号を適切に減衰できる。これにより、ノイズ信号が第1の電気計測部に入力されることを防止でき、検出信号と駆動信号との位相差をより精度良く算出できる。

[0009] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査装置では、信号減衰部は、光検出部から第1の信号端子へ向かう電気信号を増幅し、第1の信号端子から第1の電気計測部へ向かう電気信号を減衰させる増幅器を有してもよい。また、信号減衰部は、光検出部から第1の信号端子へ向かう電気信号を増幅する増幅器と、光検出部から第1の信号端子へ向かう電気信号、及び、第1の信号端子から第1の電気計測部へ向かう電気信号を減衰する減衰器と、を有してもよい。また、信号減衰部は、グラウンドに電氣的に接続された電気抵抗を有し、切替部は、電気抵抗と電氣的に接続された減衰切替部を有し、切替部は、接続部の他端を第2の信号端子に接続する場合に、減衰切替部を第1の信号端子に電氣的に接続してもよい。また、信号減衰部は、グラウンドに電氣的に接続された電気抵抗を有し、切替部は、電気抵抗と電氣的に接続された第3の信号端子、光検出部と電氣的に接続された第4の信号端子、及び、一端が第1の信号端子と電氣的に接続された中間接続部を更に有し、切替部は、接続部の他端を第1の信号端子に接続する場合に、中間接続部を第4の信号端子に接続し、接続部の他端を第2の信号端子に接続する場合に、中間接続部を第3の信号端子に接続してもよい。このような構成とすることで、ノイズ信号が第1の電気計測部に入力されることを防止でき、検出信号と駆動信号との位相差をより精度良く算出できる。

[0010] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査装置では、第1の電気計測部および第2の電気計測部は、複合波の各成分の振幅を測定する、第1のスペクトル分析部および第2のスペクトル分析部であってもよい。

[0011] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査装置では、切替部が他端を第2

の信号端子に接続する場合に、第1のスペクトル分析部を動作させる基準信号の周波数及び位相と、第2のスペクトル分析部を動作させる基準信号の周波数及び位相とを同期させる信号同期部を更に備えてもよい。各スペクトラム分析部間で基準信号の周波数及び位相を同期することで、各スペクトラム分析部の動作に起因する位相差が重畳されることが防止されるため、検出信号と駆動信号との位相差をより精度良く算出できる。

[0012] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査装置では、第1の電気計測部は、複合波の各成分の振幅を測定するスペクトル分析部であり、第2の電気計測部はロックイン増幅部であってもよい。

[0013] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査方法は、被検査デバイスである半導体デバイスに照射される光を発生する光発生工程と、光発生工程において発生した光が半導体デバイスに照射されたときに、半導体デバイスで反射された反射光を検出し、検出信号を出力する光検出工程と、半導体デバイスを駆動させる駆動信号を半導体デバイスに印加する駆動信号印加工程と、検出信号を第1の電気計測部に入力する第1の測定工程と、検出信号及び駆動信号を第2の電気計測部に選択的に入力する第2の測定工程と、を含む。この半導体デバイス検査方法によっても、上述した半導体デバイス検査装置と同様の理由により、半導体デバイスの検査を効率良く且つ精度良く実施することができる。

[0014] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査方法では、第2の測定工程において、検出信号を第2の電気計測部に入力した後に、駆動信号を第2の電気計測部に入力することとしてもよい。第1及び第2の電気計測部で2つの周波数における検出信号を計測し効率的に異常周波数を特定するとともに、その後検出信号と駆動信号の位相差から故障箇所及び故障原因などを精度良く特定できる。

[0015] 本発明の一側面に係る半導体デバイス検査方法では、第2の測定工程において、駆動信号を第2の電気計測部に入力した後に、検出信号を第2の電気計測部に入力することとしてもよい。検出信号と駆動信号の位相差から故障

個所と故障原因を特定するとともに、その後にノイズ除去等の処理を施すことができる。

発明の効果

[0016] 本発明の一側面によれば、半導体デバイスの検査を効率良く且つ精度良く実施することができる半導体デバイス検査装置及び半導体デバイス検査方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の一実施形態の半導体デバイス検査装置の構成図である。

[図2]図1の半導体デバイス検査装置における周波数帯域の設定例を示すグラフである。

[図3]図1の半導体デバイス検査装置における周波数帯域の設定例を示すグラフである。

[図4]本発明の他の実施形態の半導体デバイス検査装置の構成図である。

[図5]本発明の他の実施形態の半導体デバイス検査装置の構成図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の一実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

[0019] 図1に示されるように、半導体デバイス検査装置1は、被検査デバイス（DUT : Device Under Test）である半導体デバイス8において異常発生箇所を特定するなど、半導体デバイス8を検査するための装置である。半導体デバイス8としては、トランジスタ等のPNジャンクションを有する集積回路（例えば、小規模集積回路（SSI : Small Scale Integration）、中規模集積回路（MSI : Medium Scale Integration）、大規模集積回路（LSI : Large Scale Integration）、超大規模集積回路（VLSI : Very Large Scale Integration）、超々大規模集積回路（ULSI : Ultra Large Scale Integration）、ギガ・スケール集積回路（GSI : Giga Scale Integration））、大電流用／高圧用MOSトランジスタ及びバイポーラト

ランジスタ等がある。また、半導体デバイス 8 は、熱による変調を基板にかけられる半導体デバイスであってもよい。

[0020] 半導体デバイス検査装置 1 は、レーザ光源（光発生部） 2 を備えている。レーザ光源 2 は、第 1 電源（図示せず）によって動作させられ、半導体デバイス 8 に照射される光を出射する。レーザ光源 2 から出射された光は、プローブ光用の偏光保存シングルモード光ファイバ 3 を介して、スキャン光学系 5 に導光される。スキャン光学系 5 は、スキャンヘッド 6 及びレンズ系 7 を有している。これにより、スキャン光学系 5 に導光された光は、半導体デバイス 8 の所定位置に結像され、当該光の照射領域は、半導体デバイス 8 に対して 2 次元的に走査される。なお、スキャン光学系 5 及び半導体デバイス 8 は、暗箱 4 内に配置されている。

[0021] レーザ光源 2 から出射された光が半導体デバイス 8 に照射されたときに半導体デバイス 8 で反射された反射光は、戻り光用の光ファイバ 9 を介して、光センサ（光検出部） 10 に導光される。光センサ 10 は、第 1 電源（図示せず）と別体で設けられた第 2 電源（図示せず）によって動作させられ、反射光を検出して検出信号を出力する。光センサ 10 から出力された検出信号は、アンプ 11 を介して、分岐回路 12 に入力される。分岐回路 12 は検出信号を分岐して出力する。分岐された検出信号の一方はスペクトラムアナライザ（第 1 の電気計測部／第 1 のスペクトル分析部／第 1 のスペクトラムアナライザ） 13 に入力され、分岐された検出信号の他方は、アテネータ 18、アンプ 19、及び切替部 17 を介してスペクトラムアナライザ（第 2 の電気計測部／第 2 のスペクトル分析部／第 2 のスペクトラムアナライザ） 14 に入力される。なお、スペクトル分析部は、スペクトラムアナライザなどの複合波の信号の各成分の振幅を測定する電気計測手段である。

[0022] スペクトラムアナライザ 13、14 は、信号同期部 15 を介して互いに電氣的に接続されている。また、スペクトラムアナライザ 13、14 は、出力信号処理部 16 と電氣的に接続されている。スペクトラムアナライザ 13、14 は、入力された電気信号（詳細は後述）に基づき信号を生成し、該信号

を出力信号処理部 16 に入力する。出力信号処理部 16 は、スペクトラムアナライザ 13, 14 により入力された信号に基づいて解析信号を生成し、該解析信号に基づく半導体デバイス像を形成し、当該半導体デバイス像を表示部 20 に表示させる。

[0023] 出力信号処理部 16 には、レーザスキャンコントローラ 21 が電氣的に接続されている。レーザスキャンコントローラ 21 は、レーザ光源 2 及びスキャン光学系 5 を制御する。スペクトラムアナライザ 13, 14 には、テスト、パルスジェネレータ及び電源を含むテストユニット（駆動信号印加部）22 が電氣的に接続されている。テストユニット 22 は、所定の変調周波数を有する駆動信号（テストパターン）を半導体デバイス 8 に印加する。これにより、半導体デバイス 8 は、検査時に駆動させられる。

[0024] 次に、切替部 17、アテネータ 18、アンプ 19 について、より詳細に説明する。切替部 17 は、スペクトラムアナライザ 14 に入力される信号を切り替える機能を有する。切替部 17 は、光センサ 10 と電氣的に接続された検出信号端子（第 1 の信号端子）17a と、テストユニット 22 と電氣的に接続された駆動信号端子（第 2 の信号端子）17b と、一端 17d がスペクトラムアナライザ 14 と電氣的に接続された接続部 17c と、を有している。切替部 17 によるスペクトラムアナライザ 14 に入力される信号の切り替えは、接続部 17c の他端 17e を検出信号端子 17a 又は駆動信号端子 17b のいずれかに接続することにより行われる。すなわち、他端 17e が検出信号端子 17a に接続されている場合にはスペクトラムアナライザ 14 には分岐回路 12 により分岐された検出信号が入力され、他端 17e が駆動信号端子 17b に接続されている場合にはスペクトラムアナライザ 14 にはテストユニット 22 から出力された駆動信号が入力される。なお、分岐回路 12 にアンプ 19 を接続し、切替部 17 の検出信号端子 17a にアテネータ 18 を接続しても良い。

[0025] アテネータ 18 及びアンプ 19 は、スペクトラムアナライザ 13 と検出信号端子 17a との間に設けられている。アテネータ 18 は、信号減衰部とし

ての機能を有している。アテネータ 18 は、光センサ 10 から検出信号端子 17 a へ向かって流れる検出信号、検出信号端子 17 a からスペクトラムアナライザ 13 へ向かって逆流する反射信号、及び、検出信号端子 17 a からスペクトラムアナライザ 13 へ向かって流れるクロストーク信号、の各電気信号を減衰する。ここで、検出信号端子 17 a からスペクトラムアナライザ 13 に向かって逆流する反射信号とは、切替部 17 の他端 17 e が駆動信号端子 17 b に接続されている際に、分岐回路 12 から検出信号端子 17 a に向かって流れていた検出信号のうち、例えば、切替部 17 の検出信号端子 17 a で反射しスペクトラムアナライザ 13 に向かって逆流する信号をいう。また、検出信号端子 17 a からスペクトラムアナライザ 13 に向かって流れるクロストーク信号とは、切替部 17 の他端 17 e が駆動信号端子 17 b に接続されている状態において、駆動信号端子 17 b からスペクトラムアナライザ 14 に向かって流れる駆動信号が、接続されていない検出信号端子 17 a（もしくは配線）に、電気的作用によって漏れる（まわり込む）ことによって発生するスペクトラムアナライザ 13 に向かって流れる信号をいう。

[0026] アンプ 19 は、光検出部 10 から検出信号端子 17 a へ向かって流れる電気信号を所定の増幅率で増幅し、また、検出信号端子 17 a からスペクトラムアナライザ 13 へ向かって流れる電気信号を減衰する。したがって、アンプ 19 は、信号増幅部としての機能と信号減衰部としての機能を両方とも有している。これにより、アンプ 19 は、光センサ 10 からアテネータ 18 を介して検出信号端子 17 a に向かって流れる検出信号を増幅するように設定されている。すなわち、光センサ 10 から出力された検出信号は、アテネータ 18 で一度減衰された後、アンプ 19 によって減衰前の強度と同等になるように増幅される。また、アンプ 19 は、検出信号端子 17 a からスペクトラムアナライザ 13 に向かって流れる反射信号及びクロストーク信号については、増幅せず、減衰させるように設定されている。このようなアンプ 19 としては、アイソレーションアンプやバッファアンプなどを用いることができる。また、アンプ 19 は、信号の増幅率を切り替える構成としても良い。

この場合、アンプ 19 の増幅率を制御するアンプ制御部（不図示）をさらに備え、アンプ制御部（不図示）によって、入力された信号に対する増幅率を切り替える。これにより、アンプ 19 は、光検出部 10 から検出信号端子 17 a に向かって流れる電気信号を所定の増幅率で増幅し、また、検出信号端子 17 a からスペクトラムアナライザ 13 へ向かって流れる電気信号を、増幅しない、もしくは、低い増幅率で増幅する。

[0027] 次に、スペクトラムアナライザ 13, 14、信号同期部 15、出力信号処理部 16 について、より詳細に説明する。スペクトラムアナライザ 13 には検出信号が入力される。また、スペクトラムアナライザ 14 には検出信号及び駆動信号が選択的に入力される。具体的に、他端 17 e が検出信号端子 17 a に接続されている場合には、スペクトラムアナライザ 13, 14 には、光センサ 10 で検出された検出信号が入力される。この場合、出力信号処理部 16 は、スペクトラムアナライザ 13 に入力された検出信号に対して測定周波数帯域 F R 1 を、スペクトラムアナライザ 14 に入力された検出信号に対して測定周波数帯域 F R 2 を、それぞれ設定する。スペクトラムアナライザ 13 は測定周波数帯域 F R 1 における検出信号から生成した信号を出力信号処理部 16 に入力する。また、スペクトラムアナライザ 14 は測定周波数帯域 F R 2 における検出信号から生成した信号を出力信号処理部 16 に入力する。そして、出力信号処理部 16 は、スペクトラムアナライザ 13, 14 から入力された信号の差分を算出することにより、解析信号を取得する。

[0028] また、切替部 17 の他端 17 e が駆動信号端子 17 b に接続されている場合には、スペクトラムアナライザ 13 には光センサ 10 で検出された検出信号が入力され、スペクトラムアナライザ 14 にはテストユニット 22 により半導体デバイス 8 に印加される駆動信号もしくは駆動信号の繰り返し周波数の整数倍の信号がリファレンス信号として入力される。スペクトラムアナライザ 13 は検出信号から所定の周波数の信号を抽出し出力信号処理部 16 に入力する。スペクトラムアナライザ 14 はリファレンス信号の周波数の信号を抽出し出力信号処理部 16 に入力する。そして、出力信号処理部 16 は、

スペクトラムアナライザ 13 により入力された信号と、スペクトラムアナライザ 14 により入力された信号との位相差を算出し、該位相差に基づいた位相画像を作成する。このような位相差を算出する前提として、信号同期部 15 により、スペクトラムアナライザ 13 を動作させる基準信号の周波数及び位相と、スペクトラムアナライザ 14 を動作させる基準信号の周波数及び位相とが同期するように制御される。

[0029] 次に、半導体デバイス検査装置 1 を用いた 2 つの計測手法（第 1 及び第 2 の計測手法）について説明する。第 1 の計測手法は、検出信号端子 17 a に他端 17 e を接続して異常周波数を特定した後に、駆動信号端子 17 b に他端 17 e を接続し故障箇所及び故障原因を特定する手法である。

[0030] 第 1 の計測手法では、まず、切替部 17 の他端 17 e を検出信号端子 17 a に接続する。このとき、スペクトラムアナライザ 13, 14 には、それぞれ光センサ 10 において検出された検出信号が入力される。なお、スペクトラムアナライザ 13, 14 それぞれに入力される検出信号は、複数の周波数の信号からなる。そして、出力信号処理部 16 に対して、スペクトラムアナライザ 13 が測定周波数帯域 F R 1 の信号を抽出し出力するように、スペクトラムアナライザ 14 が測定周波数帯域 F R 2 の信号を抽出し出力するように、それぞれ設定する。なお、測定周波数帯域 F R 1 と測定周波数帯域 F R 2 とは異なる周波数帯域である。

[0031] 上述した、出力信号処理部 16 の設定について説明する。例えば、テストユニット 22 が、第 1 変調周波数を有する第 1 駆動信号、及び第 1 変調周波数と異なる第 2 変調周波数を有する第 2 駆動信号を半導体デバイス 8 に印加する場合において、それらの信号による変調を同時に観察するために、出力信号処理部 16 は、第 1 駆動信号の第 1 変調周波数及び第 2 駆動信号の第 2 変調周波数に基づいて、測定周波数帯域 F R 1 及び測定周波数帯域 F R 2 を設定する。すなわち、測定周波数帯域 F R 1 は、第 1 駆動信号の第 1 変調周波数の N 倍（N は自然数）の周波数を含むように設定され、測定周波数帯域 F R 2 は、第 2 駆動信号の第 2 変調周波数の N 倍（N は自然数）の周波数を

含むように設定される。これによれば、図2に示されるように、スペクトラムアナライザ13で生成された測定周波数帯域FR1に基づく測定信号S1と、スペクトラムアナライザ14で生成された測定周波数帯域FR2に基づく測定信号S2との差分から、測定周波数帯域FR1, FR2において、それぞれ、半導体デバイス検査装置のもつ固有の雑音等が除去された解析信号が取得できる。当該解析信号は、出力信号処理部16によって、表示部20に振幅像が表示される。

[0032] そして、表示部20に表示された解析信号の振幅像を確認し、通常の振幅像と異なる像となっている周波数を、故障に起因する信号を含む周波数（異常周波数）として特定する。なお、解析信号の振幅像確認は、異常周波数が取得されるまで、測定周波数帯域FR1, FR2の設定を変更し繰り返し行われる。

[0033] そして、異常周波数が特定された場合には、切替部17の他端17eを、検出信号端子17aに接続された状態から駆動信号端子17bに接続された状態に切り替える。このとき、スペクトラムアナライザ13には光センサ10において検出された検出信号が、スペクトラムアナライザ14にはテストユニット22により半導体デバイス8に印加される駆動信号が、それぞれ入力される。スペクトラムアナライザ13には、上述した異常周波数の検出信号が入力される。なお、信号同期部15の設定により、スペクトラムアナライザ13を動作させる基準信号の周波数及び位相と、スペクトラムアナライザ14を動作させる基準信号の周波数及び位相とを同期するように制御する。

[0034] スペクトラムアナライザ13, 14から出力された信号は、出力信号処理部16に入力される。そして、出力信号処理部16により、スペクトラムアナライザ13, 14から出力された信号の位相差が算出され、該位相差に基づく位相画像が表示部20に表示される。このような位相画像は、スキャン光学系5に導光される半導体デバイス8における光の照射領域を変更し、各照射領域について作成される。位相画像は、位相差に基づいた色で表示され

る。照射領域毎のスペクトラムアナライザ 13, 14 から出力される信号の位相差として適正な色を把握しておくことで、該適正な色と乖離した色となっている（あるべき位相差となっていない）箇所を、半導体デバイス 8 の故障箇所として特定できる。また、適正な色との乖離度合や、特定の色であるか否かなどによって、故障原因を特定できる。なお、故障原因とは、例えば半導体デバイス 8 の素子間の配線が切れている、高抵抗の部分がある、などである。

[0035] つづいて、第 2 の計測手法について説明する。第 2 の計測手法は、駆動信号端子 17 b に他端 17 e を接続して位相差から故障箇所及び故障原因を特定した後に、検出信号端子 17 a に他端 17 e を接続し半導体デバイス検査装置のもつ固有の雑音が除去された信号を取得する手法である。

[0036] 第 2 の計測手法では、まず、切替部 17 の他端 17 e を駆動信号端子 17 b に接続する。このとき、スペクトラムアナライザ 13 には光センサ 10 において検出された検出信号が、スペクトラムアナライザ 14 にはテストユニット 22 により半導体デバイス 8 に印加される駆動信号が、それぞれ入力される。出力信号処理部 16 に対しては、スペクトラムアナライザ 13 が検出信号の中から所定の周波数の信号を抽出し出力するように設定し、スペクトラムアナライザ 14 が駆動信号の周波数の信号を抽出し出力するように設定する。

[0037] スペクトラムアナライザ 13, 14 から出力された信号は、出力信号処理部 16 に入力される。そして、出力信号処理部 16 により、スペクトラムアナライザ 13, 14 から出力された信号の位相差が算出され、該位相差に基づく位相画像が表示部 20 に表示される。このような位相画像は、スキャン光学系 5 に導光される半導体デバイス 8 における光の照射領域を変更し、各照射領域について作成される。位相画像は、位相差に基づいた色で表示される。位相画像から故障箇所を特定すると、該故障箇所が光の照射領域となるようにスキャン光学系 5 を調整する。

[0038] そして、切替部 17 の他端 17 e を、駆動信号端子 17 b に接続された状

態から検出信号端子 17 a に接続された状態に切り替える。このとき、スペクトラムアナライザ 13, 14 には、それぞれ光センサ 10 において検出された検出信号が入力される。なお、光センサ 10 からの信号は、複数の周波数の信号からなる。そして、出力信号処理部 16 に対して、図 3 に示すように、スペクトラムアナライザ 13 が所定の周波数帯域（測定用周波数帯域）FR1 の信号を抽出し出力するように設定し、スペクトラムアナライザ 14 が半導体デバイス検査装置のもつ固有の雑音のうち周波数依存のない周波数帯域を加算したレベル以下となる周波数帯域（参照用周波数帯域）FR2 の信号を抽出し出力するように設定する。

[0039] そして、出力信号処理部 16 がスペクトラムアナライザ 13 及びスペクトラムアナライザ 14 から入力された信号の差分をとることで、ホワイトノイズが除去された信号（解析信号）を取得することができる。解析信号を用いることで、計測結果の高精度化が図られる。

[0040] 以上説明したように、半導体デバイス検査装置 1 では、半導体デバイス 8 に照射される光を発生する光発生工程と、光発生工程において発生した光が半導体デバイス 8 に照射されたときに半導体デバイス 8 で反射された反射光を検出し検出信号を出力する光検出工程と、半導体デバイス 8 を駆動させる駆動信号を半導体デバイス 8 に印加する駆動信号印加工程と、検出信号をスペクトラムアナライザ 13 に入力する第 1 の測定工程と、検出信号及び駆動信号をスペクトラムアナライザ 14 に選択的に入力する第 2 の測定工程と、を含む半導体デバイス検査方法が実施される。

[0041] また、第 2 の測定工程は、上述したように、検出信号をスペクトラムアナライザ 14 に入力した後に駆動信号をスペクトラムアナライザ 14 に入力する手法と、駆動信号をスペクトラムアナライザ 14 に入力した後に検出信号をスペクトラムアナライザ 14 に入力する手法とがある。

[0042] このように、半導体デバイス検査装置 1 では、切替部 17 が他端 17 e の接続先を検出信号端子 17 a とした場合には、スペクトラムアナライザ 13, 14 で 2 つの周波数の振幅同時計測が可能である。すなわち、半導体デバ

イス 8 の検査を効率的に行える。また、切替部 17 が他端 17 e の接続先を駆動信号端子 17 b として場合には、スペクトラムアナライザ 13 には検出信号が入力されスペクトラムアナライザ 14 には駆動信号が入力されることとなるため、検出信号の位相と駆動信号の位相とから位相差が算出でき、該位相差より故障箇所及び故障原因を特定できる。すなわち、半導体デバイス 8 の検査を精度良く行うことができる。以上より、この半導体デバイス検査装置 1 によれば、半導体デバイス 8 の検査を効率良く且つ精度良く実施することができる。

[0043] また、切替部 17 が他端 17 e を駆動信号端子 17 b に接続する場合に、スペクトラムアナライザ 13 を動作させる基準信号の周波数及び位相と、スペクトラムアナライザ 14 を動作させる基準信号の周波数及び位相とを同期させる信号同期部 15 を備えることで、各スペクトラムアナライザ 13, 14 間の基準周波数の誤差に起因する位相差が重畳されることが防止されるため、検出信号と駆動信号との位相差をより精度良く算出できる。

[0044] また、スペクトラムアナライザ 13 と検出信号端子との間に設けられ、切替部 17 が検出信号端子に接続していた他端 17 e を駆動信号端子 17 b に接続する場合に、検出信号端子からスペクトラムアナライザ 13 へ向かう方向に流れる電気信号を減衰する信号減衰部を更に備えることで、切替部 17 が他端 17 e の接続を検出信号端子 17 a から駆動信号端子 17 b に切り替えた際に、検出信号端子 17 a からスペクトラムアナライザ 13 に向かって逆流する検出信号、及び、検出信号端子 17 a からスペクトラムアナライザ 13 に向かって流れる駆動信号を適切に減衰できる。これにより、ノイズ信号がスペクトラムアナライザ 13 に入力されることを防止でき、検出信号と駆動信号との位相差をより精度良く算出できる。

[0045] 以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。例えば、半導体デバイス 8 に照射される光を発生する光発生部は、レーザ光源 2 に限定されず、スーパーluminescentダイオード等の他の光源であってもよい。また、半導体デバイス 8 に対し、電気

信号に代えて、熱を印加してもよい。また、第１の電気計測部および第２の電気計測部としては、スペクトラムアナライザなどのスペクトル分析器に限らず、ロックインアンプやオシロスコープなどさまざまな電気計測機器（またはそれらの機能を有する装置）でもよい。また、それらの電気計測機器を組み合わせてもよく、例えば、第１の電気計測部としてスペクトラムアナライザを、第２の電気計測部としてロックインアンプを採用してもよい。さらに、複数のスペクトル分析部を備えるスペクトラムアナライザを用いても良い。このようなスペクトラムアナライザは、スペクトラムアナライザ１３に相当する第１の電気計測部に信号を入力する第１のチャンネルとスペクトラムアナライザ１４に相当する第２の電気計測部に信号を入力する第２のチャンネルを備えており、第１のチャンネルは、分岐回路１２に電氣的に接続され、第２のチャンネルは切替部１７の他端１７ｄに電氣的に接続される。

[0046] また、図４に示される半導体デバイス検査装置１ｘのように、信号減衰部として、グランド端子２３ｂに接続された電気抵抗２３ａを有する信号減衰機構２３を備えるとともに、一端が該電気抵抗２３ａと接続された減衰切替部１７ｆを備え、切替部１７が検出信号端子１７ａに接続していた他端１７ｅを駆動信号端子１７ｂに接続する場合に、減衰切替部１７ｆの電気抵抗２３ａと接続されていない側の端部が検出信号端子１７ａに接続される構成であってもよい。この構成によれば、切替部１７が他端１７ｅの接続を検出信号端子１７ａから駆動信号端子１７ｂに切り替えた場合に、減衰切替部１７ｆが検出信号端子１７ａに接続されるため、検出信号端子１７ａからスペクトラムアナライザ１３に向かって流れる電気信号はグランドに出力されることとなる。よって、検出信号端子１７ａからスペクトラムアナライザ１３に向かって流れる電気信号を適切に減衰できる。なお、検出信号端子１７ａと分岐回路１２との間にアテネータ１８とアンプ１９から構成される信号減衰部を更に備えても良い。

[0047] また、図５に示される半導体デバイス検査装置１ｙのように、信号減衰部として、グランド端子２５ｂに接続された電気抵抗２５ａを有する信号減衰

機構 2 5 を備えるとともに、分岐回路 1 2 と電氣的に接続された分岐回路端子（第 4 の信号端子）2 4 a と、電気抵抗 2 5 a と電氣的に接続された減衰端子（第 3 の信号端子）2 4 b と、一端が検出信号端子 1 7 a と電氣的に接続され他端と、分岐回路端子 2 4 a が減衰端子 2 4 b 又は一端が検出信号端子 1 7 a と電氣的に接続され他端のいずれかと電氣的に接続可能とされた中間接続部 2 4 c と、から構成された中間切替部 2 4 を有してもよい。この構成によれば、切替部 1 7 が他端 1 7 e を検出信号端子 1 7 a に接続している場合には中間接続部 2 4 c を一端が検出信号端子 1 7 a と電氣的に接続され他端に接続し、切替部 1 7 が他端 1 7 e の接続を検出信号端子 1 7 a から駆動信号端子 1 7 b に切り替えた場合には中間接続部 2 4 c を減衰端子 2 4 b に接続することで、分岐回路端子 2 4 a からスペクトラムアナライザ 1 3 に向かって流れる電気信号はグラウンドに出力されることとなる。よって、検出信号端子 1 7 a からスペクトラムアナライザ 1 3 に向かって流れる電気信号を適切に減衰できる。なお、分岐回路端子 2 4 a と分岐回路 1 2 との間にアテネータ 1 8 とアンプ 1 9 から構成される信号減衰部を更に備えても良い。

符号の説明

- [0048] 1, 1 x, 1 y…半導体デバイス検査装置、2…レーザ光源（光発生部）、8…半導体デバイス、10…光センサ（光検出部）、12…分岐回路、13…スペクトラムアナライザ（第1の電気計測部、第1のスペクトル分析部、第1のスペクトラムアナライザ）、14…スペクトラムアナライザ（第2の電気計測部、第2のスペクトル分析部、第2のスペクトラムアナライザ）、15…信号同期部、16…出力信号処理部、17…切替部、17 a…検出信号端子（第1の信号端子）、17 b…駆動信号端子（第2の信号端子）、17 c…接続部、17 d…一端、17 e…他端、17 f…減衰切替部、18…アテネータ（信号減衰部/減衰器）、19…アンプ（信号減衰部/増幅器）、20…表示部、22…テストユニット（駆動信号印加部）、23 a, 25 a…電気抵抗、23 b, 25 b…グラウンド、24 a…分岐回路端子（第4の信号端子）、24 b…減衰端子（第3の信号端子）、24 c…中間接続部。

請求の範囲

- [請求項1] 被検査デバイスである半導体デバイスに照射される光を発生する光発生部と、
- 前記光発生部が発生した前記光が前記半導体デバイスに照射されたときに前記半導体デバイスで反射された反射光を検出し、検出信号を出力する光検出部と、
- 前記半導体デバイスを駆動させる駆動信号を前記半導体デバイスに印加する駆動信号印加部と、
- 前記検出信号が入力される第1の電気計測部と、
- 前記検出信号及び前記駆動信号が選択的に入力される第2の電気計測部と、
- 前記光検出部と電氣的に接続された第1の信号端子、前記駆動信号印加部と電氣的に接続された第2の信号端子、及び、一端が前記第2の電気計測部と電氣的に接続された接続部を有する切替部と、を備え、
- 前記切替部は、前記接続部の他端を前記第1の信号端子に接続することで前記第2の電気計測部に前記検出信号を入力させ、前記接続部の前記他端を前記第2の信号端子に接続することで前記第2の電気計測部に前記駆動信号を入力させる、半導体デバイス検査装置。
- [請求項2] 前記第1の電気計測部と前記第1の信号端子との間に設けられ、前記第1の信号端子から前記第1の電気計測部へ向かう方向に流れる電気信号を減衰する信号減衰部を更に備える、請求項1記載の半導体デバイス検査装置。
- [請求項3] 前記信号減衰部は、前記光検出部から前記第1の信号端子へ向かう電気信号を増幅し、前記第1の信号端子から前記第1の電気計測部へ向かう電気信号を減衰させる増幅器を有する、請求項2記載の半導体デバイス検査装置。
- [請求項4] 前記信号減衰部は、前記光検出部から前記第1の信号端子へ向かう

電気信号を増幅する増幅器と、前記光検出部から前記第 1 の信号端子へ向かう電気信号、及び、前記第 1 の信号端子から前記第 1 の電気計測部へ向かう電気信号を減衰する減衰器と、を有する、請求項 2 記載の半導体デバイス検査装置。

[請求項5] 前記信号減衰部は、グラウンドに電氣的に接続された電気抵抗を有し、

前記切替部は、前記電気抵抗と電氣的に接続された減衰切替部を有し、

前記切替部は、前記接続部の前記他端を前記第 2 の信号端子に接続する場合に、前記減衰切替部を前記第 1 の信号端子に電氣的に接続する、請求項 2 記載の半導体デバイス検査装置。

[請求項6] 前記信号減衰部は、グラウンドに電氣的に接続された電気抵抗を有し、

前記切替部は、前記電気抵抗と電氣的に接続された第 3 の信号端子、前記光検出部と電氣的に接続された第 4 の信号端子、及び、一端が前記第 1 の信号端子と電氣的に接続された中間接続部を更に有し、

前記切替部は、前記接続部の前記他端を前記第 1 の信号端子に接続する場合に、前記中間接続部を前記第 4 の信号端子に接続し、前記接続部の前記他端を前記第 2 の信号端子に接続する場合に、前記中間接続部を前記第 3 の信号端子に接続する、請求項 2 記載の半導体デバイス検査装置。

[請求項7] 第 1 の電気計測部および第 2 の電気計測部は、複合波の各成分の振幅を測定する、第 1 のスペクトル分析部および第 2 のスペクトル分析部である、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項記載の半導体デバイス検査装置。

[請求項8] 前記切替部が前記他端を前記第 2 の信号端子に接続する場合に、前記第 1 のスペクトル分析部を動作させる基準信号の周波数及び位相と、前記第 2 のスペクトル分析部を動作させる基準信号の周波数及び位

相とを同期させる信号同期部を更に備える、請求項 7 記載の半導体デバイス検査装置。

[請求項9] 第 1 の電気計測部は、複合波の各成分の振幅を測定するスペクトル分析部であり、第 2 の電気計測部はロックイン増幅部である、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項記載の半導体デバイス検査装置。

[請求項10] 被検査デバイスである半導体デバイスに照射される光を発生する光発生工程と、

前記光発生工程において発生した前記光が前記半導体デバイスに照射されたときに、前記半導体デバイスで反射された反射光を検出し、検出信号を出力する光検出工程と、

前記半導体デバイスを駆動させる駆動信号を前記半導体デバイスに印加する駆動信号印加工程と、

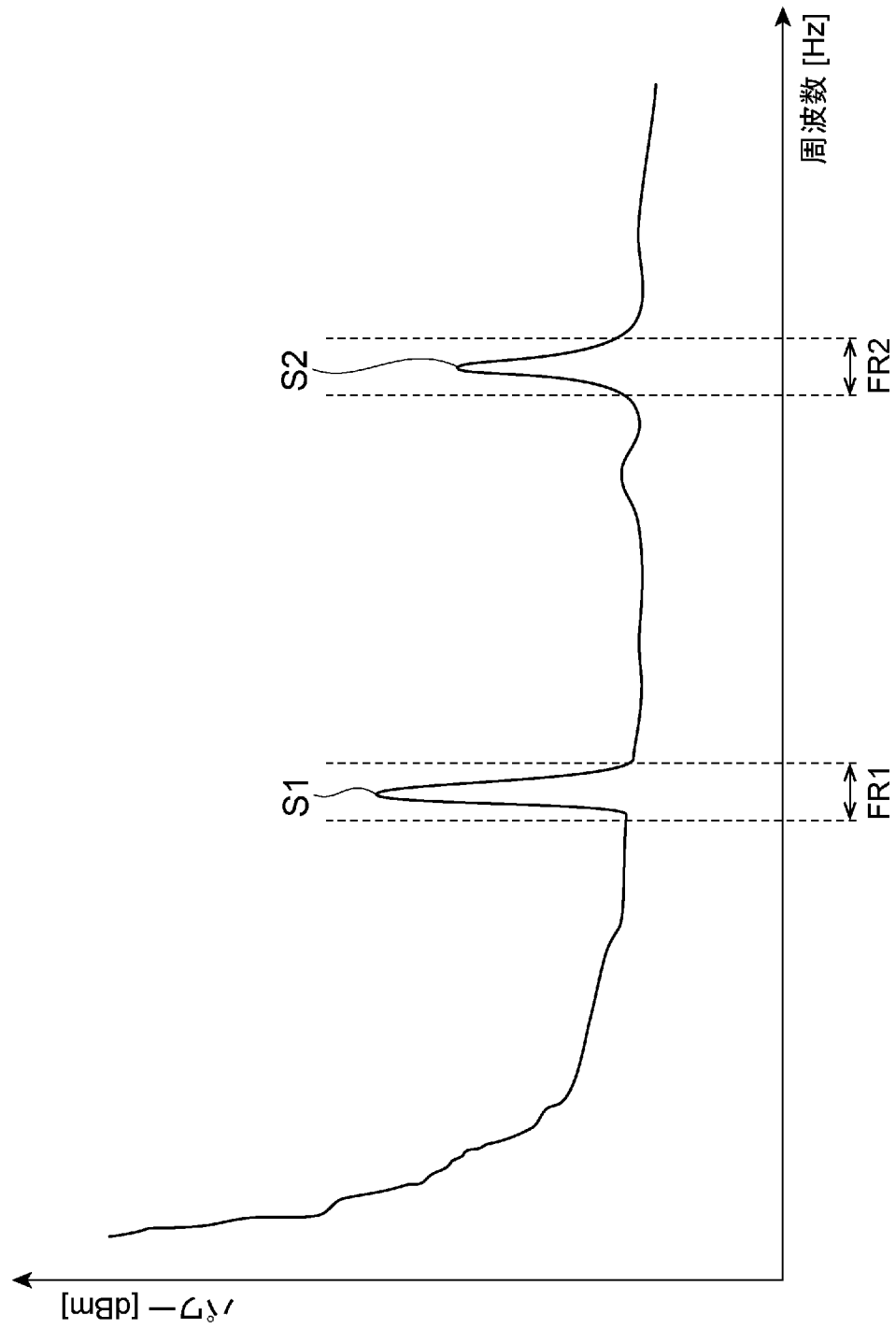
前記検出信号を第 1 の電気計測部に入力する第 1 の測定工程と、

前記検出信号及び前記駆動信号を第 2 の電気計測部に選択的に入力する第 2 の測定工程と、を含む、半導体デバイス検査方法。

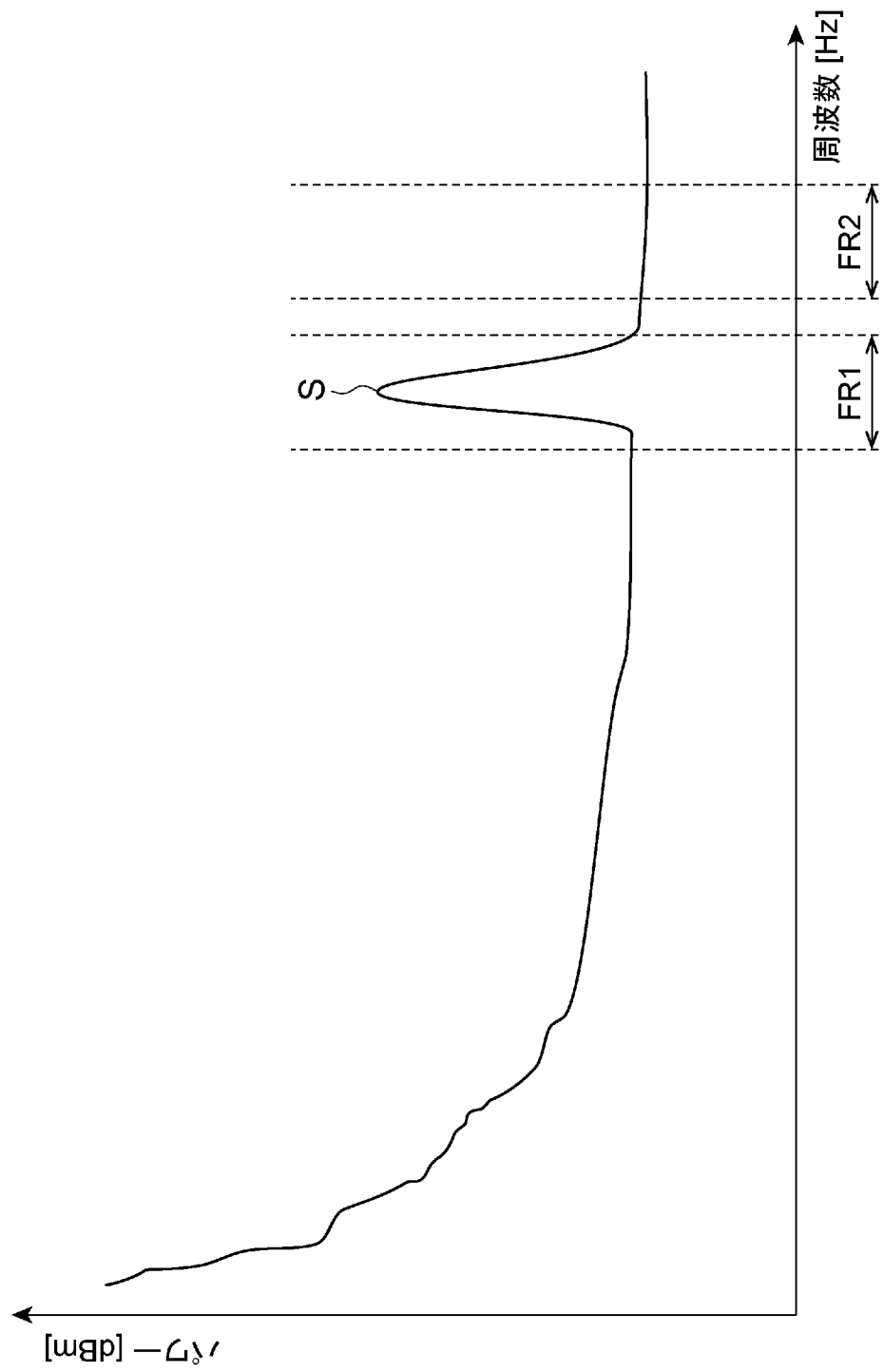
[請求項11] 前記第 2 の測定工程において、前記検出信号を前記第 2 の電気計測部に入力した後に、前記駆動信号を前記第 2 の電気計測部に入力する、請求項 10 記載の半導体デバイス検査方法。

[請求項12] 前記第 2 の測定工程において、前記駆動信号を前記第 2 の電気計測部に入力した後に、前記検出信号を前記第 2 の電気計測部に入力する、請求項 10 記載の半導体デバイス検査方法。

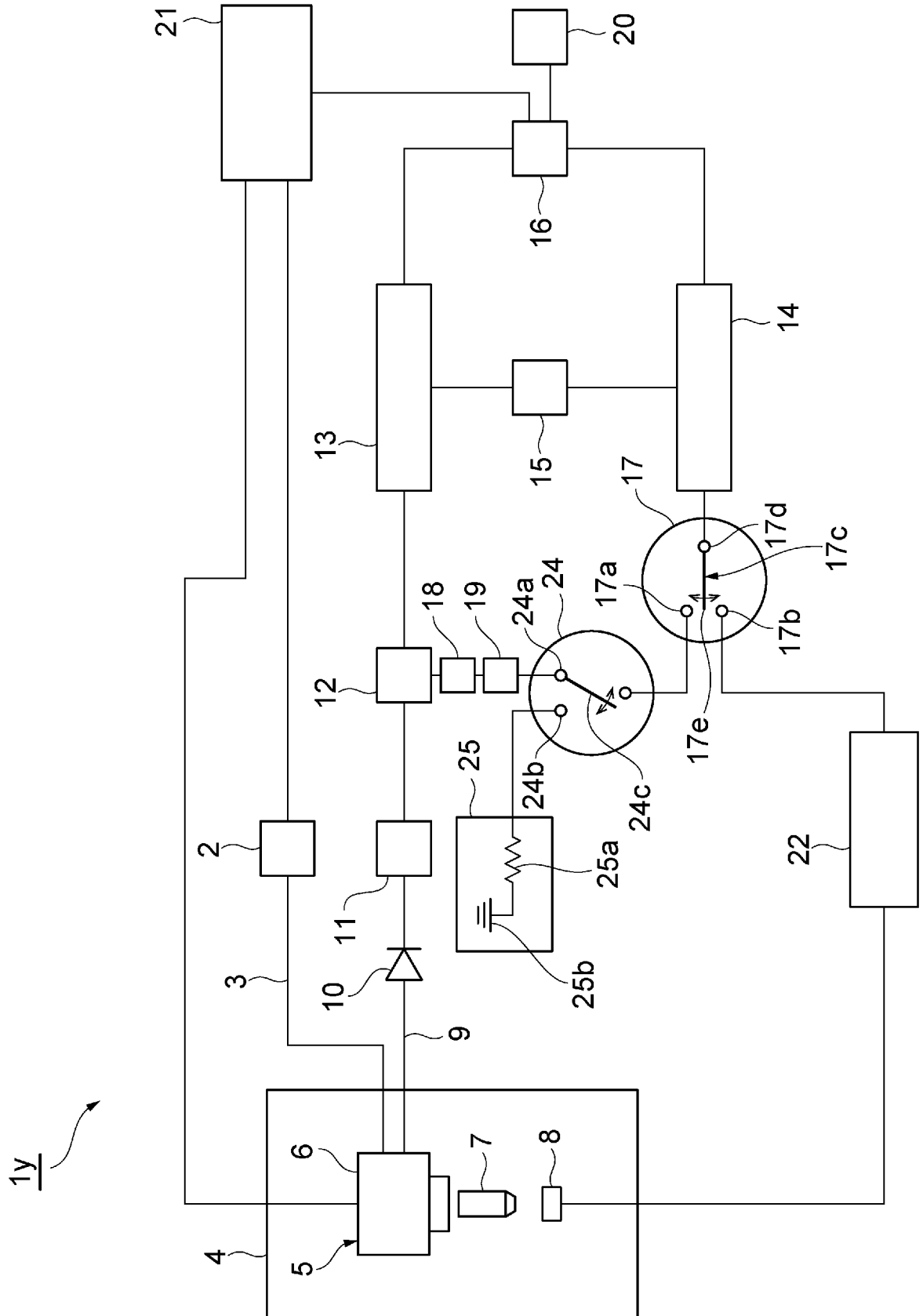
[図2]



[図3]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/052145

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R31/302(2006.01)i, H01L21/66(2006.01)i

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)

G01R31/302, H01L21/66

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 1-169862 A (Hitachi, Ltd.), 05 July 1989 (05.07.1989), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 5-47883 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 26 February 1993 (26.02.1993), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 7-134147 A (Fujitsu Ltd.), 23 May 1995 (23.05.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-12

☐ 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 application or patent 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 April, 2014 (25.04.14)

Date of mailing of the international search report
13 May, 2014 (13.05.14)

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（I P C））

Int.Cl. G01R31/302(2006.01)i, H01L21/66(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. G01R31/302, H01L21/66

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	1971-2014年
日本国実用新案登録公報	1996-2014年
日本国登録実用新案公報	1994-2014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 請求項の番号
A	JP 1-169862 A（株式会社日立製作所）1989.07.05, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-12
A	JP 5-47883 A（日本電信電話株式会社）1993.02.26, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-12
A	JP 7-134147 A（富士通株式会社）1995.05.23, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-12

☐ 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、展示等に言及する文献
「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

25.04.2014

国際調査報告の発送日

13.05.2014

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）
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）

柳 重幸

2 S

4840

電話番号 03-3581-1101 内線 3258