(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 28 日(28.08.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/129377 A1

(51) 国際特許分類:
G01R 31/26 (2014.01) *H01L 21/66* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/053340

(22) 国際出願日: 2014 年 2 月 13 日(13.02.2014)

(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 2013-030022 2013 年 2 月 19 日(19.02.2013) 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１１２６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１１２６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 ＭＹ ＰＬＡＺＡ（明治安田生命ビル） ９階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

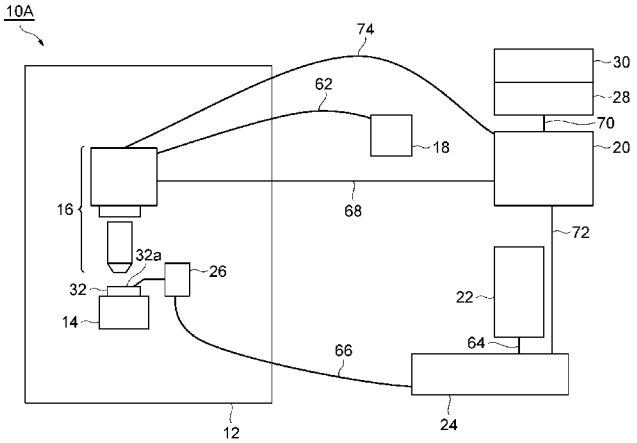
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, 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,

[続葉有]

(54) **Title**: ELECTRIC FIELD CONCENTRATION LOCATION OBSERVATION DEVICE AND ELECTRIC FIELD CONCENTRATION LOCATION OBSERVATION METHOD

(54) 発明の名称 : 電界集中位置観察装置および電界集中位置観察方法



(57) **Abstract**: An observation device (10A) comprises a laser light source (18), a scanning optical system (16) to expose a semiconductor device (32) to laser light output from the laser light source (18), a bias power supply (22) to apply a reverse bias voltage that is a prescribed voltage between electrodes of the semiconductor device (32), a sensor (24) to detect the electric properties generated in the semiconductor device (32) caused by the laser light, and a control system (28) to generate an image of electric properties of the semiconductor device (32) on the basis of a detection signal from the sensor (24). The bias power supply (22) gradually increases the magnitude of the prescribed voltage until the voltage at which the avalanche amplification effect occurs in the semiconductor device (32) is reached. In addition, when the prescribed voltage is increased, the scanning optical system (16) emits laser light, the sensor (24) detects the electric properties, and the control system (28) generates an image of the electric properties. Thus, an electric field concentration location observation device and an electric field concentration location observation method by which the electric field concentration point can be accurately identified are achieved.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/129377 A1

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)）

観察装置１０Ａは、レーザ光源１８と、レーザ光源１８から出力されたレーザ光を半導体装置３２へ照射するスキャン光学系１６と、半導体装置３２の電極間に所定電圧である逆バイアス電圧を印加するバイアス電源２２と、レーザ光に起因して半導体装置３２に生じる電気特性を検出するセンサ２４と、センサ２４からの検出信号に基づいて半導体装置３２の電気特性画像を生成する制御システム２８とを備える。バイアス電源２２は、所定電圧の大きさを、半導体装置３２にアバランシェ増幅作用が生じる電圧に達するまで段階的に増加させる。そして、所定電圧が増加すると、スキャン光学系１６がレーザ光を照射し、センサ２４が電気特性を検出し、制御システム２８が電気特性画像を生成する。これにより、電界集中箇所を正確に知ることができる電界集中位置観察装置および観察方法が実現される。

明　細　書

発明の名称 ： 電界集中位置観察装置および電界集中位置観察方法

技術分野

[0001] 本発明は、電界集中位置観察装置および電界集中位置観察方法に関するものである。

背景技術

[0002] 特許文献１には、光励起電流（Optical Beam Induced Current；ＯＢＩＣ）を用いた高密度半導体デバイスの観察方法に関する発明が開示されている。この文献に記載された方法では、波長１０６４ｎｍのＹＡＧレーザ光や波長１１５２ｎｍのＨｅＮｅレーザ光などをシリコン半導体デバイスの裏面側から照射して、ＯＢＩＣ電流を測定している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平５－１３６２４０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 例えばトランジスタといった半導体装置において、電界が集中する箇所が存在すると不都合が生じる場合がある。一例を挙げると、高い耐圧性能が要求されるパワートランジスタ等の半導体装置において、或る部分に電界が集中すると、アバランシェ崩壊現象が生じて当該部分に大電流が集中的に流れ、装置が損傷してしまうおそれがある。従って、半導体装置を設計及び製造する際には、耐圧性能を高めるために、電界の集中箇所を極力無くすことが望ましい。

[0005] 半導体装置における電界集中箇所の有無を知るために、一般的には、計算及びシミュレーションにより電界強度分布が推定される。しかしながら、このような方法では電界集中箇所を正確に知ることが難しい。また、正常に動作している半導体装置において電界強度分布を測定する方法は無く、実際に

電界集中が生じた装置を調べても、電界集中箇所及びその周辺が激しく損傷しており、当該箇所を特定することが実質的に困難である場合が多い。

[0006] 本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、電界集中箇所を正確に知ることができる電界集中位置観察装置および電界集中位置観察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

[0007] 上述した課題を解決するために、本発明による電界集中位置観察装置は、半導体装置の電界集中位置を観察する装置であって、レーザ光源と、レーザ光源から出力されたレーザ光を半導体装置へ照射する照射光学系と、半導体装置の電極間に所定電圧を印加する電圧印加部と、レーザ光に起因して半導体装置に生じる電気特性を検出する検出部と、検出部からの検出信号に基づいて半導体装置の電気特性画像を生成する画像生成部とを備え、電圧印加部は、半導体装置にアバランシェ増幅作用が生じる電圧に達するまで上記所定電圧の大きさを段階的に増加させ、所定電圧が増加する毎に、照射光学系がレーザ光を照射し、検出部が電気特性を検出し、画像生成部が電気特性画像を生成することを特徴とする。

[0008] また、本発明による電界集中位置観察方法は、半導体装置の電界集中位置を観察する方法であって、半導体装置の電極間に所定電圧を印加する電圧印加ステップと、半導体装置へレーザ光を照射し、レーザ光に起因して半導体装置に生じる電気特性を検出する照射・検出ステップと、照射・検出ステップにより得られた検出信号に基づいて半導体装置の電気特性画像を生成する画像生成ステップとを備え、半導体装置にアバランシェ増幅作用が生じる電圧に達するまで電圧印加ステップにおける所定電圧を段階的に増加させながら、電圧印加ステップ、照射・検出ステップ、及び画像生成ステップを繰り返し行うことを特徴とする。

[0009] 上記の電界集中位置観察装置及び電界集中位置観察方法では、レーザ光に起因して半導体装置に生じる電気特性（例えば光励起電流の大きさなど）を可視化することにより電界集中箇所を観察する。そして、その観察の際に半

導体装置の電極間に印加する電圧の大きさを、アバランシェ増幅作用が生じる電圧に達するまで段階的に増加させる。

[0010] 印加電圧が小さい間はアバランシェ増幅作用が生じないため上記の電気特性の変化が僅かであり、電界集中箇所を特定することはできない。しかし、アバランシェ増幅作用が生じる程度まで印加電圧が大きくなると、電界集中箇所にレーザ光が照射された際にそのアバランシェ増幅作用によって上記の電気特性が大きく変化するので、電界集中位置を特定することができる。また、アバランシェ増幅作用が過大になるとアバランシェ崩壊現象が生じて半導体装置が損傷するが、上記の観察装置及び観察方法では、半導体装置への印加電圧をアバランシェ増幅作用が生じる程度に止めるので、半導体装置の損傷を抑制することができる。したがって、上記の観察装置及び観察方法によれば、半導体装置を好適に観察し、電界集中位置を正確に知ることができる。

発明の効果

[0011] 本発明による電界集中位置観察装置および電界集中位置観察方法によれば、電界集中箇所を正確に知ることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図１は、第１実施形態による電界集中位置観察装置の構成を概略的に示すブロック図である。

[図2]図２は、スキャン光学系が半導体装置へレーザ光を照射する様子を示す概念図である。

[図3]図３は、観察装置の動作および電界集中位置観察方法を示すフローチャートである。

[図4]図４は、（ａ）～（ｆ）電気特性画像の例を示す図である。

[図5]図５は、（ａ）～（ｆ）電気特性画像の例を示す図である。

[図6]図６は、（ａ）～（ｅ）電気特性画像の例を示す図である。

[図7]図７は、第２実施形態による電界集中位置観察装置の構成を概略的に示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、添付図面を参照しながら本発明による電界集中位置観察装置および電界集中位置観察方法の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0014] （第１の実施の形態）

[0015] 図１は、本発明の第１実施形態による電界集中位置観察装置（以下、観察装置とする）１０Ａの構成を概略的に示すブロック図である。この観察装置１０Ａは、例えばパワートランジスタ等の高い耐圧性が要求される半導体装置３２における電界集中位置を特定及び観察するための装置である。図１に示されるように、本実施形態の観察装置１０Ａは、暗箱１２、ステージ１４、スキャン光学系１６、レーザ光源１８、及びレーザスキャンコントローラ２０を備えている。

[0016] 暗箱１２は、外部からの光を遮蔽するための容器であって、観察対象物（サンプル）である半導体装置３２を内部に収容する。ステージ１４は、暗箱１２の内部に配置され、半導体装置３２を支持する。半導体装置３２は、その裏面がスキャン光学系１６と対向するようにステージ１４上に載置される。

[0017] レーザ光源１８は、半導体装置３２の内部に単一光子吸収による光励起電流（ＯＢＩＣ）を生じさせるために好適な波長のレーザ光を出力する。スキャン光学系１６は、本実施形態における照射光学系であって、レーザ光源１８から出力されたレーザ光を半導体装置３２の裏面側へ照射する。レーザ光は、スキャン光学系１６によってコリメートされたのち、半導体装置３２の内部に焦点を結ぶ。レーザ光源１８及びスキャン光学系１６は、入射用光ファイバ６２を介して互いに光学的に結合されている。

[0018] レーザ光の好適な波長は、半導体装置３２における観察対象部位のバンドギャップエネルギーにより異なる。具体的には、レーザ光の光子エネルギーが観察対象部位のバンドギャップエネルギーよりもやや大きいことが好ましい。一例としては、観察対象部位がＳｉから成る場合、そのバンドギャップ

エネルギーは１．１２電子ボルト（波長に換算すると１．１μｍ）であるが、その場合のレーザ光の好適な波長範囲は０．９μｍ以上１．１μｍ以下である。

[0019] なお、レーザ光源１８は、パルス幅が１ピコ秒よりも短いパルス状のレーザ光を出力する、いわゆるフェムト秒レーザ光源であってもよい。また、レーザ光源１８は、連続的にレーザ光を出力する、いわゆるＣＷ（Continuous Wave）レーザ光源であってもよい。

[0020] レーザスキャンコントローラ２０は、スキャン光学系１６によるレーザ光の照射位置を制御する。レーザスキャンコントローラ２０は、スキャナ制御ケーブル６８を介してスキャン光学系１６と電気的に接続されており、また、戻り用光ファイバ７４を介してスキャン光学系１６と光学的に結合されている。

[0021] ここで、図２は、スキャン光学系１６が半導体装置３２へレーザ光Ｌａを照射する様子を示す概念図である。図２では、レーザ光Ｌａの照射方向から見た半導体装置３２のレーザ照射面３２ａが示されており、レーザ照射面３２ａ上におけるレーザ光Ｌａの移動経路が矢印Ａ１，Ａ２として示されている。図２に示されるように、レーザスキャンコントローラ２０は、スキャン光学系１６を制御することにより、或る方向（矢印Ａ１）に沿ってレーザ光Ｌａの照射点をレーザ照射面３２ａの一端側から他端側まで移動させたのち、照射点を再びレーザ照射面３２ａの一端側に戻し（矢印Ａ２）、再び上記方向（矢印Ａ１）に沿って照射点を移動させる。

[0022] レーザスキャンコントローラ２０は、スキャン光学系１６におけるこのような動作を繰り返させることにより、レーザ照射面３２ａに対してレーザ光Ｌａの走査（スキャン）を行う。ただし、レーザ照射面３２ａ上におけるレーザ光Ｌａの移動経路は、図２のような一方向スキャンに限らず、照射点を移動させる方向を交互に変更する双方向スキャンなど様々な移動経路をとることができる。

[0023] 再び図１を参照する。本実施形態の観察装置１０Ａは、バイアス電源２２

、センサ２４、プロービングシステム２６、及び制御システム２８を更に備えている。バイアス電源２２及びプロービングシステム２６は、本実施形態における電圧印加部であって、半導体装置３２の電極端子間に所定の逆バイアス電圧を印加する。このとき、バイアス電源２２及びプロービングシステム２６は、半導体装置３２に一定の電圧値（定電圧）が印加されるように制御される。

[0024] バイアス電源２２は、逆バイアス電圧を発生する電源であって、電源ケーブル６４及びケーブル６６を介してプロービングシステム２６と電気的に接続されている。プロービングシステム２６は、半導体装置３２の電極端子に対してプローブを接触させることにより、上記逆バイアス電圧（所定電圧）を半導体装置３２の電極端子に印加する。例えば半導体装置３２がトランジスタである場合、プロービングシステム２６は、エミッタ、コレクタ及びベースのうち２つの電極端子間に逆バイアス電圧を印加する。逆バイアス電圧の大きさは、半導体装置３２がアバランシェ崩壊現象を生じない大きさである。

[0025] センサ２４は、本実施形態における検出部であって、レーザ光に起因して半導体装置３２に生じる電気特性を検出する。このような電気特性としては、例えばＯＢＩＣ現象に伴うＯＢＩＣ電流値、ＯＢＩＣ電流に伴う電流変化量、及びＯＢＩＣ電流に伴う電流変化によって生じる磁束密度（もしくはその変化）や磁場の強さ（もしくはその変化）等が挙げられる。なお、センサ２４は、ＯＢＩＣ電流に伴う電圧値や電圧値変化を検出できるように構成されてもよい。センサ２４は、ケーブル６６を介してプロービングシステム２６と電気的に接続されており、ケーブル６６を通じて上記の電気特性を検出する。

[0026] 制御システム２８は、制御信号ケーブル７０を介してレーザスキャンコントローラ２０と電気的に接続されており、更に、制御信号ケーブル７２を介してセンサ２４と電気的に接続されている。制御システム２８は、レーザスキャンコントローラ２０及びセンサ２４の動作を統合的に制御する。また、

制御システム２８は、プロービングシステム２６から半導体装置３２に印加される逆バイアス電圧の大きさを制御する。また、制御システム２８は、本実施形態における画像生成部であって、センサ２４からの検出信号に基づいて半導体装置３２の電気特性画像を生成する。生成された電気特性画像はモニタ装置３０に送られ、表示される。

[0027] 以上の構成を備える観察装置１０Ａの動作について、本実施形態による電界集中位置観察方法（以下、観察方法とする）とともに説明する。図３は、観察装置１０Ａの動作および電界集中位置観察方法を示すフローチャートである。

[0028] 図３に示されるように、まず、バイアス電源２２及びプロービングシステム２６を用いて半導体装置３２の電極端子間に逆バイアス電圧を印加する（電圧印加ステップ、図３のステップＳ１１）。最初に印加される逆バイアス電圧の大きさは、アバランシェ崩壊現象が生じる電圧の最小値（以下、最大許容電圧値という）よりも十分に小さい。例えば、最初に印加される逆バイアス電圧を予め０Ｖに設定してもよい。或いは、逆バイアス電圧の大きさに関する指示を、制御システム２８が行ってもよく、観察装置１０Ａを操作する者が入力してもよい。又は、最大許容電圧値を入力し、観察装置１０Ａに予め記憶されている所定値をその最大許容電圧値から差し引いた値を、最初の逆バイアス電圧の大きさとしてもよい。

[0029] 次に、上記の逆バイアス電圧が印加された状態で、レーザ光源１８及びスキャン光学系１６を用いて、半導体装置３２へレーザ光を照射する（照射・検出ステップ、図３のステップＳ１２）。本実施形態では、図２に示されたように、半導体装置３２のレーザ照射面３２ａ上においてレーザ光Ｌａのスキャンを行う。このとき、レーザ光の焦点位置を中心とする半導体装置３２内部の領域において光子吸収が生じ、電子及びホールから成るキャリア対が生成される。

[0030] なお、本実施形態では、レーザ光の波長として単一光子吸収を生じさせるような波長を選択しているが、該レーザ光がフェムト秒レーザ光である場合

には、多光子吸収に伴う非線形効果により空間解像度の向上が見込まれ、後の画像生成ステップＳ１３において光軸方向の解像度を高めることができる。こうして生成されたキャリア対は、電界すなわち空乏層が無い部位では再結合により消滅するが、電界が印加されている部位では電極端子に導かれ、ＯＢＩＣ電流として取り出される。

[0031] このとき、半導体内部の電界が局所的に大きくなっていることによりアバランシェ増幅作用が生じる部位があれば、ＯＢＩＣ電流が数倍～数十倍に増倍され、より大きな電流となる。このため、その部位をレーザ光Ｌａが通過した瞬間に、電気特性値（前述したように、例えばＯＢＩＣの電流値や電流変化量、ＯＢＩＣ電流により生じる電流変化に伴う磁束密度（もしくはその変化）や磁場の強さ（もしくはその変化）、電圧値および電圧変化等）が急激に増大することとなる。

[0032] なお、何れの部位においてもアバランシェ増幅作用が生じなければ、スキャンの全行程においてそのような電気特性値の大きな変化は生じない。この照射・検出ステップＳ１２では、センサ２４を用いて、レーザ光に起因して半導体装置３２に生じる電気特性値を検出し、その検出結果を示す検出信号を制御システム２８へ送る。

[0033] 制御システム２８は、照射・検出ステップＳ１２により得られた検出信号と、その検出信号が得られたときのスキャン位置情報とに基づいてマッピングを行うことにより、半導体装置３２の電気特性画像を生成する（画像生成ステップ、図３のステップＳ１３）。この画像生成ステップＳ１３では、例えば半導体装置３２を想定した領域内において、上述した電気特性値に応じたデータ値の分布画像が生成される。データ値の大小は、例えば画素の濃淡によって表現される。

[0034] 続いて、画像生成ステップＳ１３により生成された電気特性画像をモニタ装置３０に表示する（表示ステップ、図３のステップＳ１４）。その後、モニタ装置３０に表示された電気特性画像を観察しながらアバランシェ増幅作用が生じたか否かを確認しつつ、半導体装置３２にアバランシェ増幅作用が

生じる電圧に達するまで電圧印加ステップＳ１１における逆バイアス電圧を段階的に増加させながら、上述した各ステップ、すなわち電圧印加ステップＳ１１、照射・検出ステップＳ１２、画像生成ステップＳ１３、及び表示ステップＳ１４を繰り返し行う（判断ステップ、図３のステップＳ１５）。換言すれば、逆バイアス電圧が増加する毎に、スキャン光学系１６がレーザ光を照射し、センサ２４が電気特性値を検出し、制御システム２８が電気特性画像を生成し、モニタ装置３０が電気特性画像を表示する。

[0035] なお、逆バイアス電圧が増加する毎に、照射・検出ステップＳ１２を行うことに限らず、逆バイアス電圧を段階的に複数回増加させた後に、照射・検出ステップＳ１２を行ってもよい。また、照射・検出ステップＳ１２を常に行い、電圧印加ステップＳ１１が行われた際に、画像生成ステップＳ１３、及び表示ステップＳ１４を行ってもよい。

[0036] アバランシェ増幅作用が生じると、電界集中位置において電気特性値に顕著な変化が生じる。そして、この変化は、電気特性画像において例えば濃淡（コントラスト）の変化として観察される。従って、このステップＳ１５では、電気特性画像に基づいてアバランシェ増幅作用が生じたか否かを的確に判断することができる。

[0037] なお、電圧印加ステップＳ１１では、例えば各段階毎に操作者が任意の逆バイアス電圧値を入力してもよく、或いは、例えばモニタ装置３０に表示された電圧上昇ボタンを操作者が押すことによって逆バイアス電圧値を増加させてもよい。又は、制御システム２８が最大許容電圧値に基づいて各段での逆バイアス電圧の増加量を算出し、操作者からの指示入力により、制御システム２８が自動的に逆バイアス電圧を増加させてもよい。

[0038] また、表示ステップＳ１４では、アバランシェ増幅作用が生じたか否かの確認を容易にするため、電圧印加ステップＳ１１において順次印加された複数の逆バイアス電圧値のそれぞれに対応する複数の電気特性画像をモニタ装置３０が同時に表示することが好ましい。また、制御システム２８が、半導体装置３２に順次印加された複数の逆バイアス電圧値のそれぞれに対応する

複数の電気特性画像に基づいて、アバランシェ増幅作用が生じたか否かを判断する判断部を兼ねてもよい。

[0039] 具体的には、例えば制御システム２８が複数の電気特性画像間の差分を演算し、コントラスト差が所定の閾値よりも大きい場合に、判断ステップＳ１５において、アバランシェ増幅作用が生じたと判断することができる。この場合、確実にアバランシェ増幅作用が生じていない印加電圧（例えば、０Ｖ）での電気特性画像との差分をとっても良いが、印加電圧を上げる前に取得した電気特性画像との差分をとることが好ましい。或いは、コントラスト差が所定の閾値よりも大きい部分の面積が所定の面積よりも大きい場合に、アバランシェ増幅作用が生じたと判断してもよい。このような方式によってアバランシェ増幅作用の有無を判断することにより、ノイズ等による誤判断を効果的に防ぐことができる。

[0040] また、判断ステップＳ１５において、判断部は、或る印加電圧における一つの電気特性画像からアバランシェ増幅が生じているかどうかを判断してもよい。例えば、判断ステップＳ１５において、判断部は、或る印加電圧における一つの電気特性画像のコントラスト値が所定の閾値以上である領域の面積を求め、その面積が所定の面積よりも大きい場合に、アバランシェ増幅作用が生じたと判断してもよい。

[0041] その後、モニタ装置３０に表示された電気特性画像から、半導体装置３２にアバランシェ増幅作用が生じたと判断されるときは（図３のステップＳ１５；Ｙｅｓ）、最後に取得された電気特性画像に基づいて、電気特性値が局所的に大きい位置、すなわち電界集中位置を特定する（図３のステップＳ１６）。

[0042] なお、電気特性値が局所的に大きい位置が複数存在する場合、より電界が集中しやすい位置を特定する必要がある。そこで、これまでの電圧印加ステップＳ１１における電圧の増加値よりも低い増加値で印加電圧を増加させ、電気特性画像を取得する。そして、この電気特性画像とこれまでに取得した電気特性画像とを比較し、電圧の増加値に対する電気特性値の変化が大きい

位置を電界集中位置として特定する。これにより、より電界の集中しやすい位置を特定することができる。なお、電圧の増加値に対する電気特性値の変化が大きい位置から順に、電界が集中しやすい位置として、ランク付けしてもよい。

[0043] ここで、図４～図６は、一実施例としての電気特性画像の例を示す図である。図４（ａ）～図４（ｆ）は逆バイアス電圧をそれぞれ０Ｖ、５Ｖ、１０Ｖ、１５Ｖ、２０Ｖ、及び２５Ｖに設定したときの電気特性画像を示している。図５（ａ）～図５（ｆ）は逆バイアス電圧をそれぞれ３０Ｖ、３５Ｖ、４０Ｖ、４５Ｖ、５０Ｖ、及び５５Ｖに設定したときの電気特性画像を示している。図６（ａ）～図６（ｅ）は逆バイアス電圧をそれぞれ６０Ｖ、６５Ｖ、７０Ｖ、７５Ｖ、及び８０Ｖに設定したときの電気特性画像を示している。

[0044] 図４～図６を参照すると、逆バイアス電圧を６５Ｖ～８０Ｖに設定したとき（図６（ｂ）～図６（ｅ））に、それまでの画像（図４、図５及び図６（ａ））と比較して、画像の左下の部分Ａが明るくなっており、当該部分においてアバランシェ増幅作用が生じたことがわかる。なお、この実施例では、最大許容電圧値が８０Ｖである半導体装置３２を用いて観察を行ったので、最大逆バイアス電圧（８０Ｖ）においてもアバランシェ崩壊現象は生じなかった。

[0045] なお、本実施形態による観察装置１０Ａ及び観察方法の適用例としては、耐圧性能が規定値よりも低く且つリーク電流が大きい半導体装置３２のサンプルにおいて、不良箇所を特定することが挙げられる。具体的には、逆バイアス電圧を徐々に大きくしたときに、良品と比較して過大に電流が流れるようなサンプルに対し、ＯＢＩＣ電流が増え始める逆バイアス電圧値から、アバランシェ崩壊現象が生じる手前の最大許容電圧値付近まで段階的に逆バイアス電圧を増加させつつ、逆バイアス電圧が増加する毎に電気特性画像を取得するとよい。こうして得られた複数の電気特性画像を相互に比較し、ＯＢＩＣ電流に起因する電気特性が急激に変化している電気特性画像を特定する

ことにより、不良箇所を特定することができる。

[0046] 以上に説明した、本実施形態による観察装置１０Ａ及び観察方法によって得られる効果について説明する。

[0047] 本実施形態の観察装置１０Ａ及び観察方法によれば、レーザ光に起因して半導体装置３２に生じる、ＯＢＩＣ電流に基づく電気特性を可視化することによって、電界集中箇所を観察する。従って、高い解像度でもって電界集中位置を特定することができる。また、半導体装置３２へ印加する逆バイアス電圧の大きさを、アバランシェ崩壊現象が生じる手前のアバランシェ増幅作用が生じる程度に止めるので、半導体装置３２の損傷を抑制することができる。したがって、本実施形態の観察装置１０Ａ及び観察方法によれば、半導体装置３２が損傷する確率を低減しつつ、半導体装置３２を好適に観察し、電界集中箇所を正確に知ることができる。また、損傷を免れた半導体装置３２を電子顕微鏡などにより観察することで、電界集中が生じた原因を解析することが可能となる。

[0048] また、本実施形態の観察装置１０Ａ及び観察方法によれば、十分に低い電圧値から段階的に逆バイアス電圧を上げつつ電気特性画像を取得し、アバランシェ増幅作用による電気特性の大きな変化を検出後に逆バイアス電圧の増加を停止することができる。従って、半導体装置３２の最大許容電圧値が不明な場合であっても、半導体装置３２の損傷を回避することができる。

[0049] （第２の実施の形態）

[0050] 続いて、本発明の第２実施形態による電界集中位置観察装置および電界集中位置観察方法について説明する。図７は、本実施形態の観察装置１０Ｂの構成を概略的に示すブロック図である。本実施形態の観察装置１０Ｂ及び観察方法と、第１実施形態の観察装置１０Ａ及び観察方法とが相違する点は、以下のとおりである。

[0051] すなわち、本実施形態の観察装置１０Ｂでは、レーザ光源１８が、半導体装置３２の内部に二光子吸収若しくは三光子吸収といった多光子吸収を発生させるために好適な波長のレーザ光を出力する。具体的には、二光子吸収の

場合、レーザ光の光子エネルギーが、観察対象部位のバンドギャップエネルギーよりも小さく、且つ該バンドギャップエネルギーの１／２よりも大きいことが好ましい。また、三光子吸収以上の多光子吸収を十分に発生させる場合には、レーザ光の光子エネルギーが、観察対象部位のバンドギャップエネルギーの１／３程度でもよい。従って、観察対象部位がＳｉから成る場合、レーザ光の波長は１．２μｍ以上であることが好ましく、１．６以下μｍ以下であることが尚好ましい。

[0052] また、レーザ光源１８は、パルス幅が１ピコ秒よりも短いパルス状のレーザ光を出力する、いわゆるフェムト秒レーザ光源であることが好ましい。短い時間で高いパワーを有するレーザ光を照射することにより、半導体装置３２の内部において多光子吸収が発生し易くなるからである。なお、レーザ光源１８が半導体装置３２の内部において多光子吸収が発生するレーザ光の強度を有している場合、連続的にレーザ光を出力するＣＷ（Continuous Wave）レーザ光源をレーザ光源１８としてもよい。

[0053] また、本実施形態の観察装置１０Ｂは、ＡＯモジュール３４、パルスジェネレータ３６、ＡＯモジュール用アンプ３８、及びロックインアンプ４０を更に備えている。ＡＯモジュール３４は、図３に示された照射・検出ステップＳ１２において、レーザ光源１８から出力されたパルス状のレーザ光を更に低い周波数に変調して、変調後のレーザ光をスキャン光学系１６に提供する。ＡＯモジュール３４は制御ケーブル７６を介してＡＯモジュール用アンプ３８と電気的に接続されており、ＡＯモジュール用アンプ３８は制御ケーブル７８を介してパルスジェネレータ３６と電気的に接続されている。パルスジェネレータ３６は、ＡＯモジュール用アンプ３８を制御するための制御信号を、制御ケーブル７８を通じてＡＯモジュール用アンプ３８に与える。ＡＯモジュール用アンプ３８は、その制御信号に基づいて、レーザ光を変調するための変調信号を生成し、ＡＯモジュール３４へ出力する。

[0054] ロックインアンプ４０は、ケーブル８０を介してパルスジェネレータ３６と電気的に接続されており、また、ケーブル８２を介してセンサ２４と電気

的に接続されている。ロックインアンプ４０は、図３に示された照射・検出ステップＳ１２において、ＡＯモジュール用アンプ３８を制御するための制御信号をパルスジェネレータ３６から受け取り、この制御信号に基づいて検出周波数を設定し、センサ２４からの出力信号のうち検出周波数に該当する信号成分を抽出する（ロックイン検出）。こうして抽出された信号成分は、ケーブル７２，７０を介して制御システム２８へ送られる。制御システム２８は、図３に示された画像生成ステップＳ１３において、この信号成分とスキャン位置情報とに基づいてマッピングを行うことにより、半導体装置３２の電気特性画像を生成する。

[0055] なお、本実施形態の観察装置１０Ｂは、ＡＯモジュール３４、パルスジェネレータ３６、ＡＯモジュール用アンプ３８、及びロックインアンプ４０を備えているが、レーザ光源としてＣＷレーザ光源を用いる場合、これらが不要であることは言うまでもない。この場合、センサ２４の構成ならびに動作については、第１実施形態に記載された通りとなる。また、第１実施形態において、レーザ光源としてパルスレーザ光源を用いる場合、本実施形態の観察装置１０Ｂ同様、ＡＯモジュール３４、パルスジェネレータ３６、ＡＯモジュール用アンプ３８、及びロックインアンプ４０を備えてもよい。その場合、構成および動作については、上述した通りである。

[0056] 以上に説明した本実施形態の観察装置１０Ｂ及び観察方法によれば、第１実施形態と同様に、半導体装置３２が損傷する確率を低減しつつ、半導体装置３２を好適に観察し、高い解像度でもって電界集中位置を正確に知ることができる。なお、本実施形態ではロックインアンプ４０においてロックイン検出を行うことによりＳ／Ｎ比を向上させているが、ロックイン検出を行うための構成は省略されてもよい。

[0057] また、アバランシェ増幅作用が生じたか否かを判断する判断部（判断ステップ）は、印加電圧の異なる複数の電気特性画像間を比較してもよい。この場合、アバランシェ増幅作用の有無を相対的に判断できる。具体的には、印加電圧を上げる前に取得した電気特性画像との比較を行うことが好ましい。

電圧を印加すると、ノイズなどの影響により全体的にコントラスト値が高くなる場合がある。従って、電気特性画像と、印加電圧を上げる前に取得した電気特性画像との比較を行うことにより、ノイズの影響を受けにくくすることができる。さらに、判断部は、印加電圧の異なる複数の電気特性画像間の差分を演算し、コントラスト差が所定の閾値よりも大きい場合に、アバランシェ増幅作用が生じたと判断してもよい。この場合、アバランシェ増幅作用の有無の判断を確実に行うことができる。

[0058] また、判断部（判断ステップ）は、印加電圧の異なる複数の電気特性画像間のコントラスト差が所定の閾値よりも大きい部分の面積が所定の面積よりも大きい場合に、アバランシェ増幅作用が生じたと判断してもよい。このような方式によってアバランシェ増幅作用の有無を判断することにより、ノイズ等による誤判断を効果的に防ぐことができる。

[0059] また、第１実施形態と同様に、電気特性値が局所的に大きい位置が複数存在する場合、これまでの電圧印加ステップＳ１１における電圧の増加値よりも低い増加値で印加電圧を増加させ、電気特性画像を取得し、この電気特性画像とこれまでに取得した電気特性画像とを比較し、電圧の増加値に対する電気特性値の変化が大きい位置を電界集中位置として特定してもよい。これにより、より電界の集中しやすい位置を特定することができる。また、電圧の増加値に対する電気特性値の変化が大きい位置から順に、電界が集中しやすい位置として、ランク付けしてもよい。

[0060] 本発明による電界集中位置観察装置および電界集中位置観察方法は、上述した実施形態に限られるものではなく、他に様々な変形が可能である。例えば、上記各実施形態では半導体装置の例としてパワートランジスタを挙げているが、本発明によって観察可能な半導体装置はこれに限られず、例えば、他のパワーデバイスやアバランシェフォトダイオードなどのアバランシェ増幅作用が生じ得る種々の半導体装置を観察することができる。

[0061] 上記実施形態による電界集中位置観察装置では、半導体装置の電界集中位置を観察する装置であって、レーザ光源と、レーザ光源から出力されたレー

ザ光を半導体装置へ照射する照射光学系と、半導体装置の電極間に所定電圧を印加する電圧印加部と、レーザ光に起因して半導体装置に生じる電気特性を検出する検出部と、検出部からの検出信号に基づいて半導体装置の電気特性画像を生成する画像生成部とを備え、電圧印加部は、上記所定電圧の大きさを、半導体装置にアバランシェ増幅作用が生じる電圧に達するまで段階的に増加させ、所定電圧が増加すると、照射光学系がレーザ光を照射し、検出部が電気特性を検出し、画像生成部が電気特性画像を生成する構成としている。

[0062] また、上記実施形態による電界集中位置観察方法では、半導体装置の電界集中位置を観察する方法であって、半導体装置の電極間に所定電圧を印加する電圧印加ステップと、半導体装置へレーザ光を照射し、レーザ光に起因して半導体装置に生じる電気特性を検出する照射・検出ステップと、照射・検出ステップにより得られた検出信号に基づいて半導体装置の電気特性画像を生成する画像生成ステップとを備え、半導体装置にアバランシェ増幅作用が生じる電圧に達するまで電圧印加ステップにおける所定電圧を段階的に増加させながら、電圧印加ステップ、照射・検出ステップ、及び画像生成ステップを繰り返し行う構成としている。

[0063] また、電界集中位置観察装置は、レーザ光源が、パルス幅が１ピコ秒よりも短く、波長が１２００ｎｍ以上であるパルス状のレーザ光を出力する構成としてもよい。同様に、電界集中位置観察方法は、照射・検出ステップにおいて、パルス幅が１ピコ秒よりも短く、波長が１２００ｎｍ以上であるパルス状のレーザ光を半導体装置へ照射する構成としてもよい。

[0064] また、電界集中位置観察装置は、電圧印加部から順次印加された複数の所定電圧のそれぞれに対応する複数の電気特性画像に基づいて、アバランシェ増幅作用が生じたか否かを判断する判断部を更に備える構成としてもよい。同様に、電界集中位置観察方法は、電圧印加ステップにおいて順次印加された複数の所定電圧のそれぞれに対応する複数の電気特性画像に基づいて、アバランシェ増幅作用が生じたか否かを判断する判断ステップを更に備える構

成としてもよい。

[0065] 或いは、電界集中位置観察装置は、電圧印加部から印加された所定電圧に対応する電気特性画像に基づいて、アバランシェ増幅作用が生じたか否かを判断する判断部を更に備える構成としてもよい。同様に、電界集中位置観察方法は、電圧印加ステップにおいて印加された所定電圧に対応する電気特性画像に基づいて、アバランシェ増幅作用が生じたか否かを判断する判断ステップを更に備える構成としてもよい。

[0066] また、電界集中位置観察装置は、電圧印加部から順次印加された複数の所定電圧のそれぞれに対応する複数の電気特性画像を同時に表示する表示部を更に備える構成としてもよい。同様に、電界集中位置観察方法は、電圧印加ステップにおいて順次印加された複数の所定電圧のそれぞれに対応する複数の電気特性画像を同時に表示する表示ステップを更に備える構成としてもよい。

[0067] また、電界集中位置観察装置は、電圧印加部が、半導体装置に定められている最大許容電圧値から所定値を差し引いた値を最初の所定電圧の大きさとする構成としてもよい。同様に、電界集中位置観察方法は、電圧印加ステップにおいて、半導体装置に定められている最大許容電圧値から所定値を差し引いた値を最初の所定電圧の大きさとする構成としてもよい。

産業上の利用可能性

[0068] 本発明は、電界集中位置を正確に知ることができる電界集中位置観察装置および電界集中位置観察方法として利用可能である。

符号の説明

[0069] １０Ａ，１０Ｂ…観察装置、１２…暗箱、１４…ステージ、１６…スキャン光学系、１８…レーザ光源、２０…レーザスキャンコントローラ、２２…バイアス電源、２４…センサ、２６…プロービングシステム、２８…制御システム、３０…モニタ装置、３２…半導体装置、３２ａ…レーザ照射面、３４…ＡＯモジュール、３６…パルスジェネレータ、３８…ＡＯモジュール用アンプ、４０…ロックインアンプ、Ｌａ…レーザ光。

請求の範囲

[請求項1] 半導体装置の電界集中位置を観察する装置であって、

レーザ光源と、

前記レーザ光源から出力されたレーザ光を前記半導体装置へ照射する照射光学系と、

前記半導体装置の電極間に所定電圧を印加する電圧印加部と、

前記レーザ光に起因して前記半導体装置に生じる電気特性を検出する検出部と、

前記検出部からの検出信号に基づいて前記半導体装置の電気特性画像を生成する画像生成部と

を備え、

前記電圧印加部は、前記所定電圧の大きさを、前記半導体装置にアバランシェ増幅作用が生じる電圧に達するまで段階的に増加させ、

前記所定電圧が増加すると、前記照射光学系が前記レーザ光を照射し、前記検出部が前記電気特性を検出し、前記画像生成部が前記電気特性画像を生成することを特徴とする、電界集中位置観察装置。

[請求項2] 前記レーザ光源は、パルス幅が１ピコ秒よりも短く、波長が１２００ｎｍ以上であるパルス状の前記レーザ光を出力することを特徴とする、請求項１に記載の電界集中位置観察装置。

[請求項3] 前記電圧印加部から順次印加された複数の前記所定電圧のそれぞれに対応する複数の前記電気特性画像に基づいて、アバランシェ増幅作用が生じたか否かを判断する判断部を更に備えることを特徴とする、請求項１または２に記載の電界集中位置観察装置。

[請求項4] 前記電圧印加部から印加された前記所定電圧に対応する前記電気特性画像に基づいて、アバランシェ増幅作用が生じたか否かを判断する判断部を更に備えることを特徴とする、請求項１または２に記載の電界集中位置観察装置。

[請求項5] 前記電圧印加部から順次印加された複数の前記所定電圧のそれぞれ

に対応する複数の前記電気特性画像を同時に表示する表示部を更に備えることを特徴とする、請求項１～４のいずれか一項に記載の電界集中位置観察装置。

[請求項6] 前記電圧印加部は、前記半導体装置に定められている最大許容電圧値から所定値を差し引いた値を最初の前記所定電圧の大きさとすることを特徴とする、請求項１～５のいずれか一項に記載の電界集中位置観察装置。

[請求項7] 半導体装置の電界集中位置を観察する方法であって、

前記半導体装置の電極間に所定電圧を印加する電圧印加ステップと、

前記半導体装置へレーザ光を照射し、前記レーザ光に起因して前記半導体装置に生じる電気特性を検出する照射・検出ステップと、

前記照射・検出ステップにより得られた検出信号に基づいて前記半導体装置の電気特性画像を生成する画像生成ステップと

を備え、

前記半導体装置にアバランシェ増幅作用が生じる電圧に達するまで前記電圧印加ステップにおける前記所定電圧を段階的に増加させながら、前記電圧印加ステップ、前記照射・検出ステップ、及び前記画像生成ステップを繰り返し行うことを特徴とする、電界集中位置観察方法。

[請求項8] 前記照射・検出ステップにおいて、パルス幅が１ピコ秒よりも短く、波長が１２００ｎｍ以上であるパルス状の前記レーザ光を前記半導体装置へ照射することを特徴とする、請求項７に記載の電界集中位置観察方法。

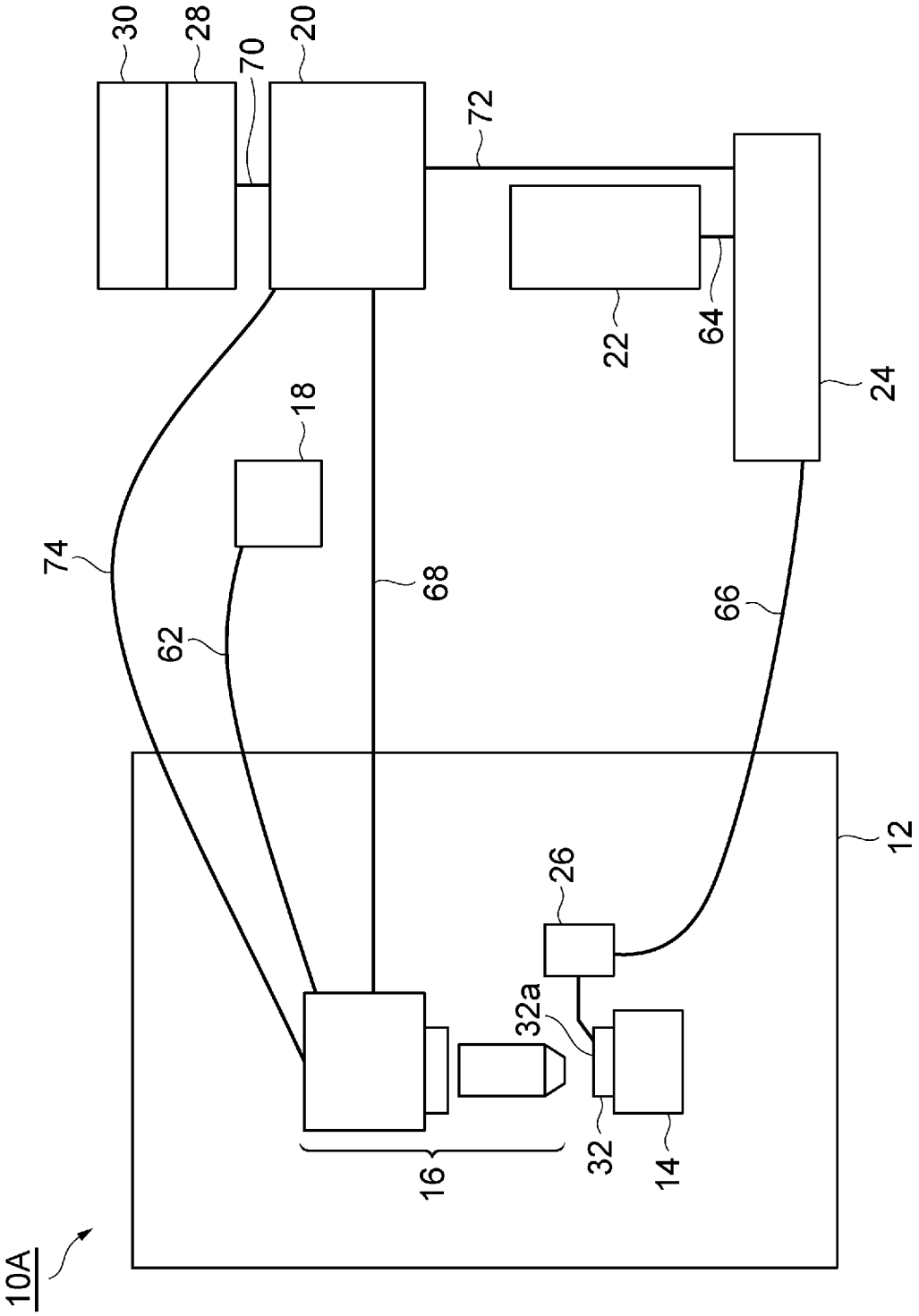
[請求項9] 前記電圧印加ステップにおいて順次印加された複数の前記所定電圧のそれぞれに対応する複数の前記電気特性画像に基づいて、アバランシェ増幅作用が生じたか否かを判断する判断ステップを更に備えることを特徴とする、請求項７または８に記載の電界集中位置観察方法。

[請求項10] 前記電圧印加ステップにおいて印加された前記所定電圧に対応する前記電気特性画像に基づいて、アバランシェ増幅作用が生じたか否かを判断する判断ステップを更に備えることを特徴とする、請求項７または８に記載の電界集中位置観察方法。

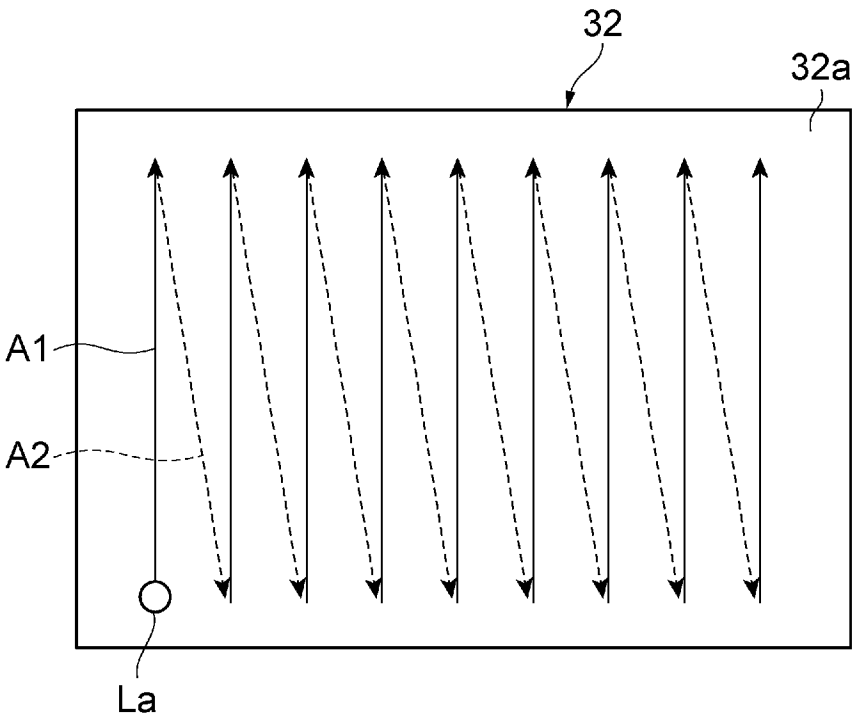
[請求項11] 前記電圧印加ステップにおいて順次印加された複数の前記所定電圧のそれぞれに対応する複数の前記電気特性画像を同時に表示する表示ステップを更に備えることを特徴とする、請求項７～１０のいずれか一項に記載の電界集中位置観察方法。

[請求項12] 前記電圧印加ステップにおいて、前記半導体装置に定められている最大許容電圧値から所定値を差し引いた値を最初の前記所定電圧の大きさとすることを特徴とする、請求項７～１１のいずれか一項に記載の電界集中位置観察方法。

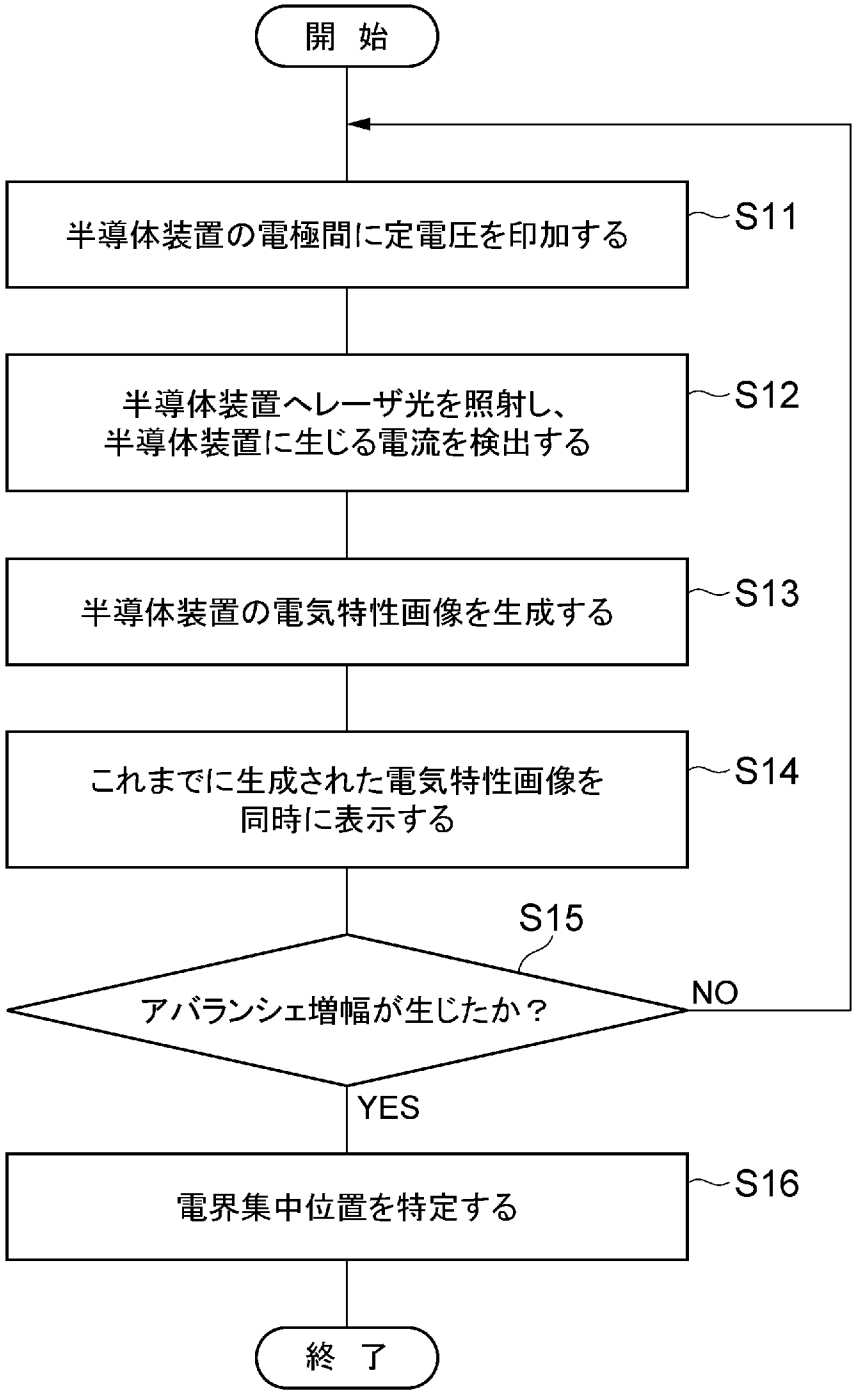
[図1]



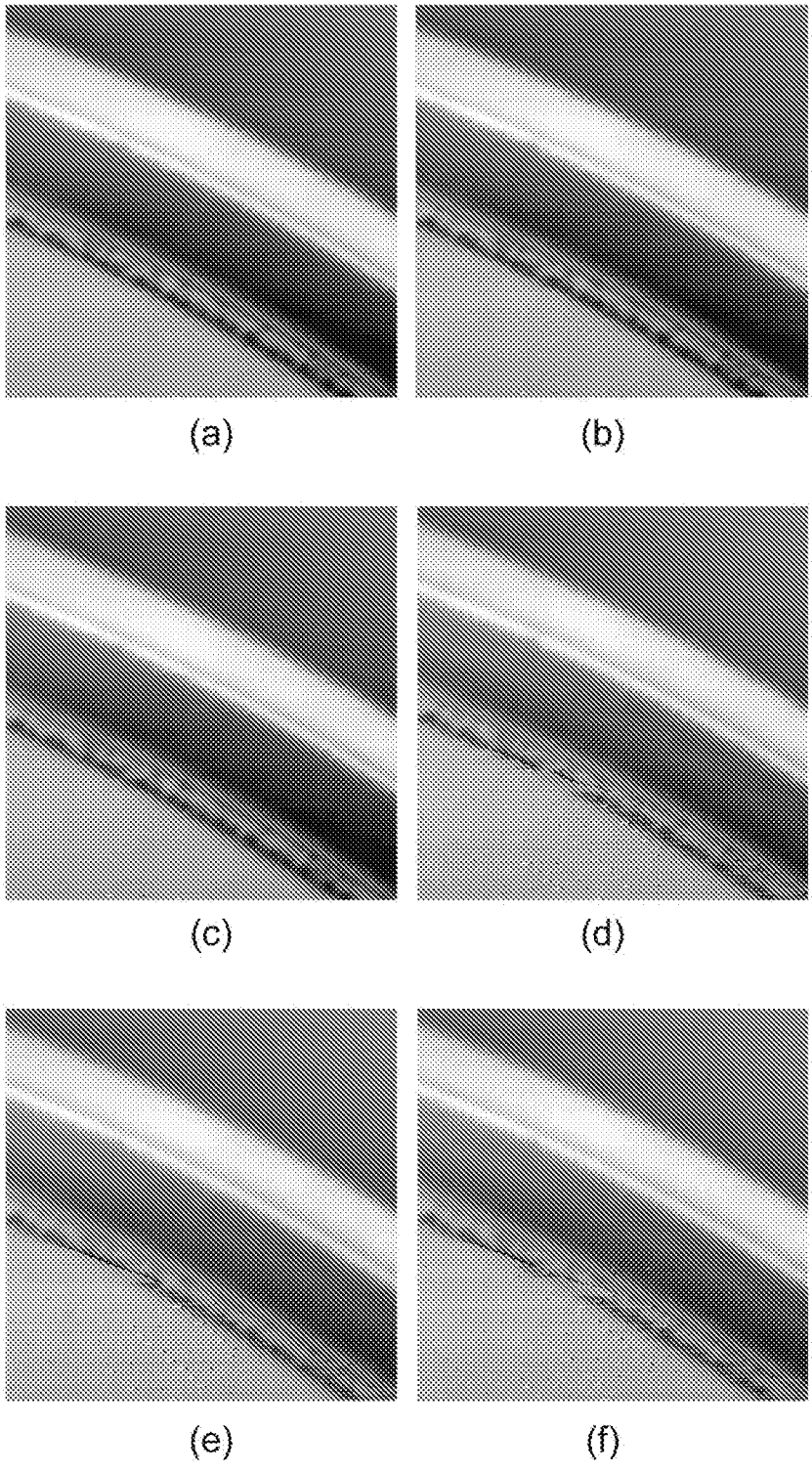
[図2]



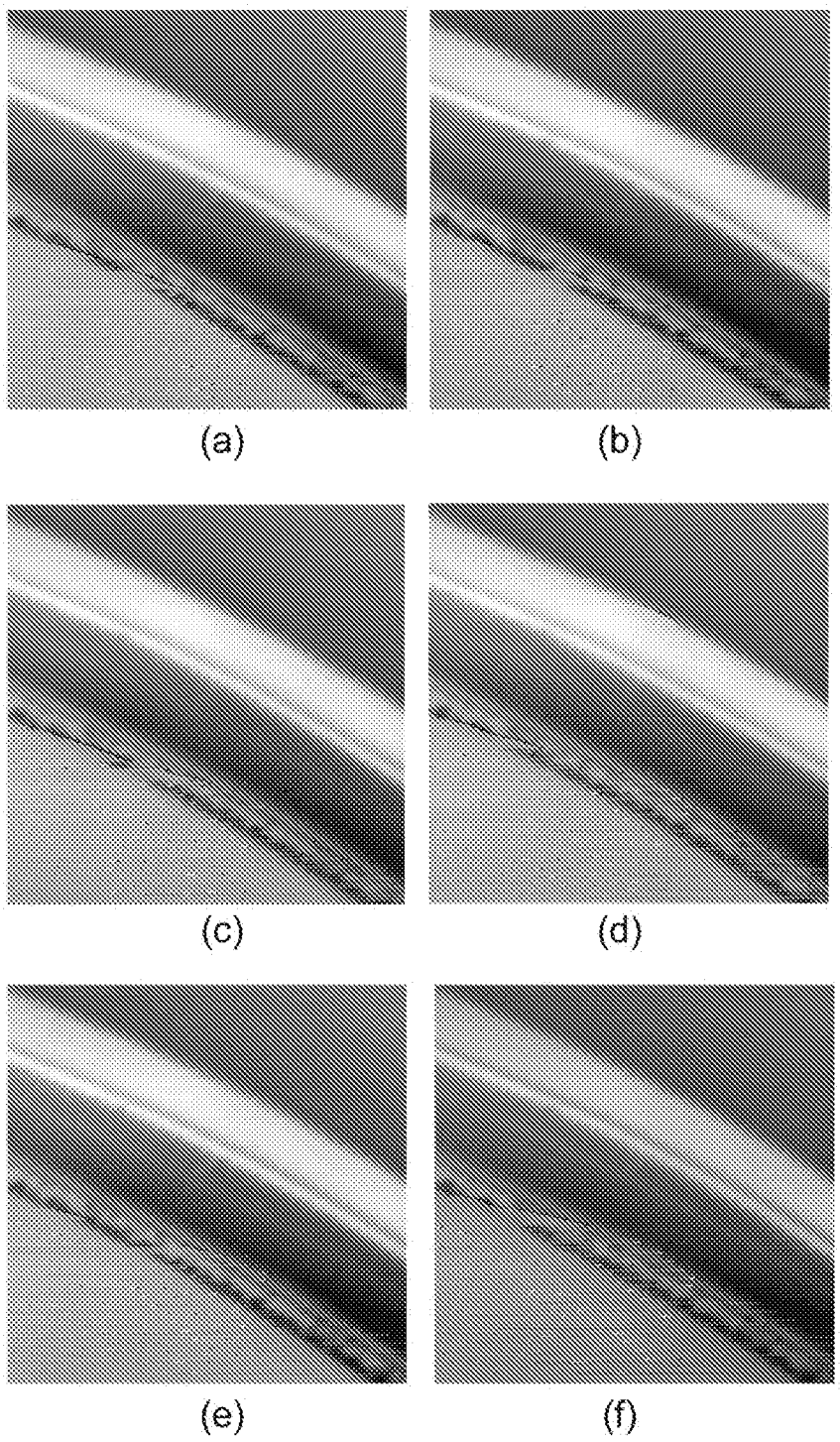
[図3]


開 始
半導体装置の電極間に定電圧を印加する
S11
半導体装置へレーザ光を照射し、
半導体装置に生じる電流を検出する
S12
半導体装置の電気特性画像を生成する
S13
これまでに生成された電気特性画像を
同時に表示する
S14
S15
アバランシェ増幅が生じたか？
NO
YES
電界集中位置を特定する
S16
終 了

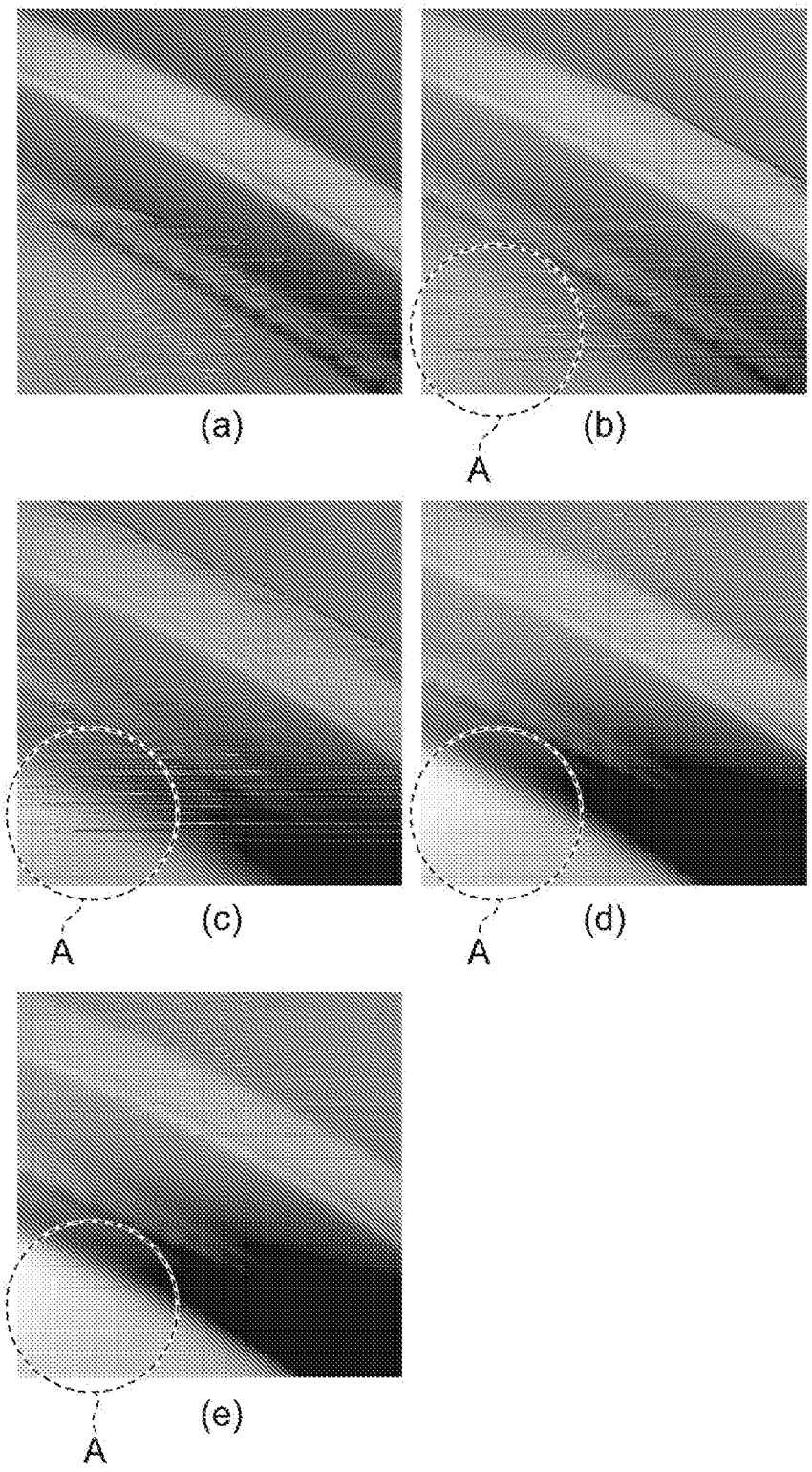
[図4]



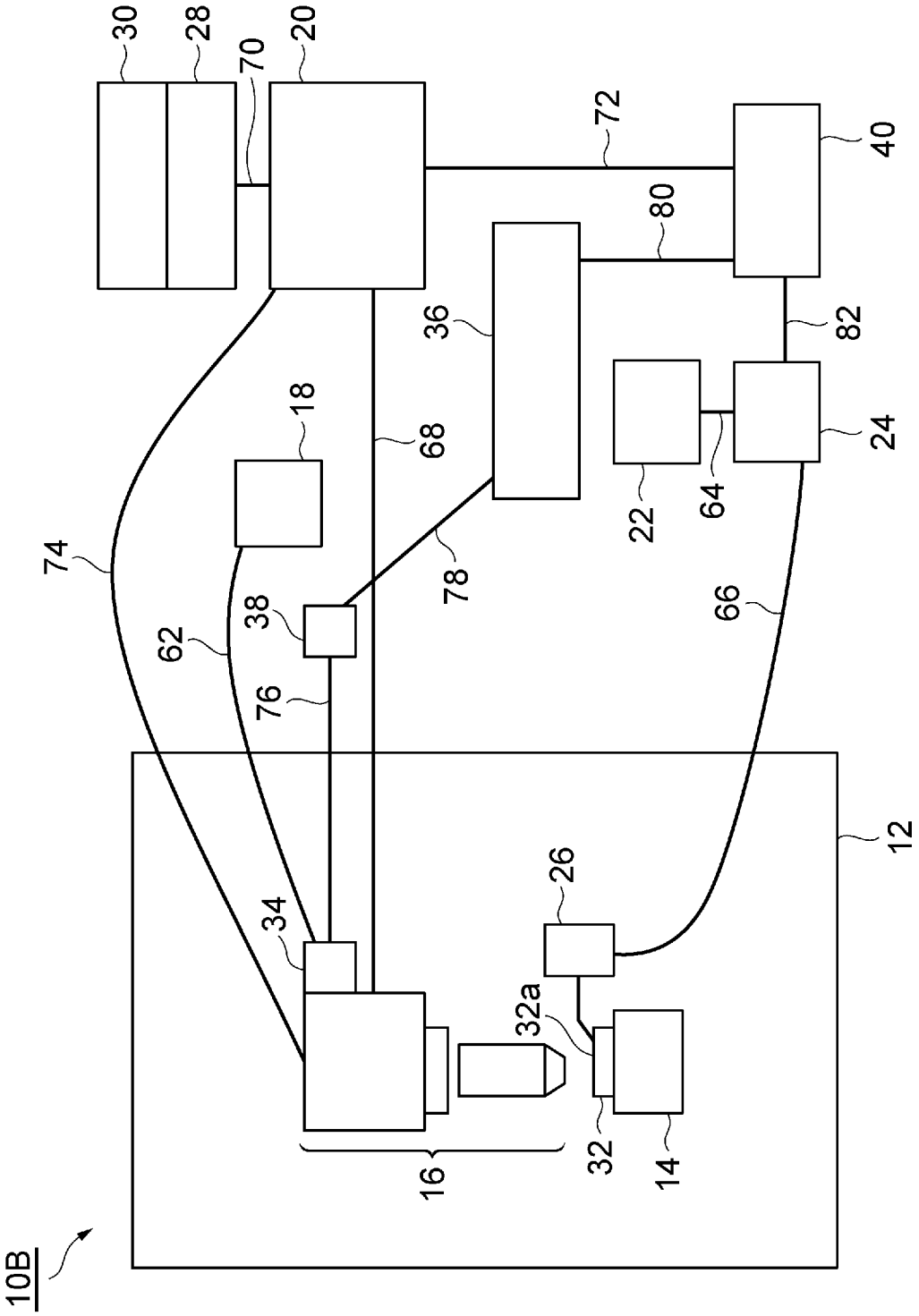
[図5]



[図6]



[図7]


30
28
70
20
72
40
80
36
82
18
68
24
22
64
74
78
66
62
38
76
12
26
34
32a
16
32
14
10B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/053340

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01R31/26(2014.01)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)
G01R31/26, 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.
Y A	JP 11-340293 A (Siemens AG.), 10 December 1999 (10.12.1999), paragraphs [0012] to [0015] & US 6294919 B1 & EP 945734 A2 & TW 429321 B & CN 1243948 A	1-2,6-8,12 3-5,9-11
Y	JP 2006-234789 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 07 September 2006 (07.09.2006), paragraph [0067] & US 2009/0166557 A1	1-2,6-8,12

☒ 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	Date of mailing of the international search report
08 May, 2014 (08.05.14)	20 May, 2014 (20.05.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/053340

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-58247 A (DCG Systems, Inc.), 22 March 2012 (22.03.2012), paragraphs [0010], [0018] & US 2012/0056626 A1 & EP 2428807 A2 & CN 102401632 A & SG 179362 A & TW 201211561 A	2,6,8,12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０５３３４０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01R31/26(2014.01)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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01R31/26, 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
Y	JP 11-340293 A（シーメンス　アクチエンゲゼルシヤフト）1999.12.10, 【００１２】－【００１５】	1-2, 6-8, 12
A	& US 6294919 B1 & EP 945734 A2 & TW 429321 B & CN 1243948 A	3-5, 9-11
Y	JP 2006-234789 A（株式会社日立ハイテクノロジーズ）2006.09.07, 【００６７】 & US 2009/0166557 A1	1-2, 6-8, 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	国際調査報告の発送日
０８．０５．２０１４	２０．０５．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｓ　９３０５
菅藤　政明
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５８

Ｃ（続き）．　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
Ｙ	JP 2012-58247 A（ディーシージー　システムズ　インコーポレーテッド）2012.03.22,　【００１０】,【００１８】 & US 2012/0056626 A1 & EP 2428807 A2 & CN 102401632 A & SG 179362 A & TW 201211561 A	2, 6, 8, 12