

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-516307

(P2016-516307A)

(43) 公表日 平成28年6月2日(2016.6.2)

(51) Int.Cl.

H01L 21/66 (2006.01)
GO1N 21/956 (2006.01)

F 1

H01L 21/66
H01L 21/66
GO1N 21/956

J

テーマコード(参考)

2G051
4M106

A

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2016-506620 (P2016-506620)
 (86) (22) 出願日 平成26年4月3日 (2014.4.3)
 (85) 翻訳文提出日 平成27年12月1日 (2015.12.1)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2014/032842
 (87) 國際公開番号 WO2014/165680
 (87) 國際公開日 平成26年10月9日 (2014.10.9)
 (31) 優先権主張番号 61/807,753
 (32) 優先日 平成25年4月3日 (2013.4.3)
 (33) 優先権主張国 米国(US)
 (31) 優先権主張番号 14/226,745
 (32) 優先日 平成26年3月26日 (2014.3.26)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 500049141
 ケーレルエーテンカー コーポレイション
 アメリカ合衆国、95035、カリフォルニア州、ミルピタス、ワン テクノロジードライブ
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人 YK1 国際特許事務所
 (72) 発明者 ランゲ スティーブン アール
 アメリカ合衆国 カリフォルニア アラモインクライン グリーン レーン 51
 (72) 発明者 ダネン ロバート エム
 アメリカ合衆国 カリフォルニア プレザントン シルバニア ドライブ 787

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】垂直 STACK メモリにおいて欠陥深さを決定するための装置および方法

(57) 【要約】

複数の層の垂直半導体 STACK を検査するための方法および装置が開示される。該方法は、(a) 共焦点ツールにおいて、第1垂直STACKの複数の異なる深さにおける複数の焦点面において照明ビームを繰り返し焦合することにおいて、欠陥が、上記異なる深さの未知の1つに位置し、照明ビームが、約700 nmと約950 nmとの間の波長範囲を有していることと、(b) 上記異なる深さにおいて第1垂直STACKから検出された焦点内出力光に基づいて上記異なる深さについて複数の焦点内画像を生成することにおいて、焦点外出力光が、共焦点システムの検出器に到達することが抑制され、かつ、焦点内画像の生成に寄与することが抑制されていることと、(c) 焦点内画像に基づいて、上記異なる深さのうち欠陥が第1垂直STACKに位置するものを決定することとを含む。

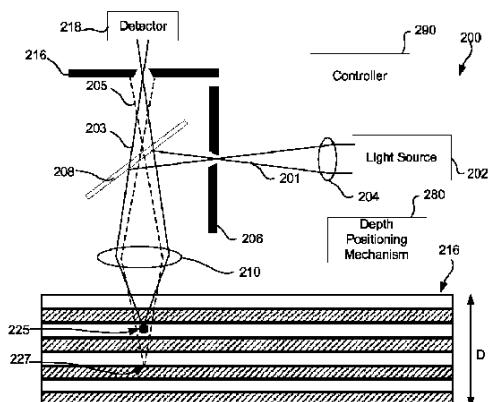


Figure 2

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の層の垂直スタックを検査するための方法であって、

(a) 共焦点ツールにおいて、第1垂直スタックの複数の異なる深さにおける複数の焦点面において照明ビームを繰り返し焦合することにおいて、欠陥が、前記異なる深さの未知の1つに位置し、前記照明ビームが、約700nmと約950nmとの間の波長範囲を有していること、

(b) 前記異なる深さにおいて前記第1垂直スタックから検出された焦点内出力光に基づいて前記異なる深さについて複数の焦点内画像を生成することにおいて、焦点外出力光が、共焦点システムの検出器に到達することが抑制され、かつ、前記焦点内画像の生成に寄与することが抑制されていること、

(c) 前記焦点内画像に基づいて前記異なる深さのうち欠陥が前記第1垂直スタックに位置するものを決定することと
を含む方法。

【請求項 2】

前記波長範囲が、赤外および／または近赤外範囲である、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記焦点外光は、前記共焦点ツールの前記検出器に到達することが、約700nmと約950nmとの間の前記波長範囲で前記焦点外出力光が前記検出器に到達することを阻止するように位置付けられかつ寸法付けられた出力アパーチャモジュールによって抑制される、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

前記欠陥が、前記共焦点ツールとは異なる別の検査ツールを用いて前記垂直スタックにおいて検出され、かかる欠陥は、前記垂直スタックに関するかかる欠陥の深さを決定することなく検出される、請求項1に記載の方法。

【請求項 5】

前記焦点内画像に基づいて前記異なる深さのうち欠陥が前記第1垂直スタックに位置するものを決定する前に、前記焦点内画像に基づいて前記欠陥を検出することをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

前記異なる深さのうち前記欠陥が前記第1垂直スタックに位置するものを決定することが、前記焦点内画像のうち特定の1つが最も明確なコントラストを有していることを決定し、前記特定の焦点内画像の対応する深さを前記欠陥の深さと定義することを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 7】

前記焦点内画像に基づいて前記欠陥の分類を決定するまたは前記欠陥の材料を判別することをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 8】

前記共焦点ツールにおいて、第2の複数の垂直スタックの各々の第2の複数の異なる深さにおける第2の複数の焦点面において1つ以上の照明ビームを繰り返し焦合すること、

前記第2の異なる深さにおいて前記第2垂直スタックから検出される焦点内出力光に基づいて、前記第2の異なる深さの第2の複数の焦点内画像を生成することにおいて、焦点外出力光が、前記共焦点システムの検出器に到達することを抑制され、かつ前記第2焦点内画像の生成に寄与することを抑制されていること、

前記第2垂直スタックにおいて1つ以上の第2欠陥を検出すること、

検出された各第2欠陥について、前記第2焦点内画像に基づいて前記異なる深さのうち前記第2欠陥が位置しているものを決定することと
を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 9】

10

20

30

40

50

複数の照明ビームが、前記第2垂直スタックの前記第2焦点面において同時に焦点される、請求項8に記載の方法。

【請求項10】

垂直半導体構造において欠陥を検出するまたは欠陥をレビューするためのシステムであって、

第1垂直スタックの複数の異なる深さにおける複数の焦点面において照明ビームを繰り返し焦点されるための照明光学モジュールにおいて、欠陥が、前記異なる深さの未知の1つに位置し、前記照明ビームが、約700nmと約950nmとの間の波長範囲を有する、前記照明光学モジュールと、

前記複数の異なる深さからの焦点内出力光を、異なる深さで焦点された照明ビームに応答して収集するための収集光学モジュールと、

前記複数の異なる深さから収集された前記焦点内出力光を検出するための検出器であり、前記収集光学モジュールが、焦点外出力光が前記検出器に到達することを抑制して、かかる焦点外出力光が前記焦点内画像の生成に寄与することを抑制するようにするためにさらに配置されている、検出器と、

前記異なる深さにおいて前記第1垂直スタックから検出された焦点内出力光に基づいて前記異なる深さに関して複数の焦点内画像を生成する操作、および前記焦点内画像に基づいて前記異なる深さのうち欠陥が第1垂直スタックに位置するものを決定する操作を実施するのに操作可能なコントローラと
を含む、システム。

【請求項11】

前記照明光学モジュールが、照明アパーチャモジュールを含み、前記収集光学モジュールが、出力アパーチャモジュールを含む、請求項10に記載のシステム。

【請求項12】

前記照明および出力アパーチャモジュールが、それぞれ、固定されたピンホールまたはスリットアレイの形態である、請求項11に記載のシステム。

【請求項13】

前記照明および出力アパーチャモジュールが、それぞれ、前記焦点された照明ビームをサンプルの焦点面領域を横切って走査するための回転ニポウディスクの形態である、請求項11に記載のシステム。

【請求項14】

前記照明および出力アパーチャモジュールが、それぞれ、前記焦点された照明ビームをサンプルの焦点面領域を横切って走査するための、プログラム可能な空間変調器の形態である、請求項11に記載のシステム。

【請求項15】

前記照明アパーチャモジュールが、約700nmと約950nmとの間の前記波長範囲で前記焦点外出力光が前記検出器に到達することを阻止するように位置付けられかつ寸法付けられている、請求項11に記載のシステム。

【請求項16】

前記照明光学モジュールが、前記焦点された照明ビームをサンプルの焦点面領域を横切って走査するための1つ以上のガルバニックミラーを含む、請求項10に記載のシステム。

【請求項17】

前記波長範囲が、赤外および/または近赤外範囲である、請求項10に記載のシステム。

【請求項18】

前記欠陥が、前記共焦点ツールとは異なる別の検査ツールを用いて前記垂直スタックにおいて検出され、かかる欠陥は、前記垂直スタックに関するかかる欠陥の深さを決定することなく検出される、請求項10に記載のシステム。

【請求項19】

10

20

30

40

50

前記コントローラが、前記焦点内画像に基づいて前記異なる深さのうち前記欠陥が前記第1垂直スタックに位置するものを決定する前に、前記焦点内画像に基づいて前記欠陥を検出するようにさらに操作可能である、請求項10に記載のシステム。

【請求項20】

前記異なる深さのうち前記欠陥が前記第1垂直スタックに位置するものを決定することが、前記焦点内画像のうち特定の1つが最も明確なコントラストを有していることを決定し、前記特定の焦点内画像の対応する深さを前記欠陥の深さと定義することを含む、請求項10に記載のシステム。

【請求項21】

前記コントローラが、前記焦点内画像に基づいて、前記欠陥の分類を決定し、または前記欠陥の材料を判別するようにさらに操作可能である、請求項10に記載のシステム。 10

【請求項22】

前記システムが、欠陥をレビューするための共焦点レビュー モジュールの形態であり、前記システムが、非共焦点検査モードを用いて欠陥を検出するためのインスペクタモジュールをさらに含む、請求項10に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願のクロスリファレンス

本出願は、全ての目的で全体が参照により本明細書に組み込まれる、2013年4月3日に提出された米国仮特許出願第61/807,753号に対する優先権を主張する。 20

【0002】

本発明は、一般に、ウェハおよびレチカル検査システムの分野に関する。より詳細には、本発明は、垂直メモリデバイス構造の検査およびレビューに関する。

【背景技術】

【0003】

かつてないほどに小型化している半導体デバイスへの需要が増加し続けるに従い、リソグラフィに関連したコストおよびピッチ分割に関連した複数のプロセス工程の急速な増加に起因して、半導体デバイス、例えばメモリを小型化し続けることが特に困難になっている。 30

【0004】

垂直メモリ、例えば3Dまたは垂直NAND(VNAND)メモリは、メモリ密度を増加させるための有望な方向であると思われる。3DまたはVNANDの実装は、メモリ構造を平面状に配向させることよりもむしろ、トランジスタ(ビット)を垂直に構築することを含む。初期のVNANDデバイスは、16~24の垂直ビットを有し、48および64ビット以上に垂直に拡大する将来計画がある。これらの変化は、平面のアプローチと比較して、より少ないプロセス工程、ゆったりしたリソグラフィサイズ、およびより低い製造コストによって達成される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第7659975号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

半導体レチカルまたはウェハ上の欠陥を検出するために、種々の検査システムが半導体業界内で用いられている。しかし、垂直半導体デバイス、例えば3DもしくはVNANDメモリ、または他の垂直スタックを用いた実装のための改善された半導体ウェハ検査システムへの需要がある。 50

【課題を解決するための手段】**【0007】**

以下は、本発明のある特定の実施形態の基本的な理解を付与するために、開示の簡素化された概要を提示している。この概要是、開示の広範な概説ではなく、また、本発明の主要／重要な要素を特定するものでも、本発明の範囲を詳述するものでもない。その唯一の目的は、後に提示されているさらに詳細な説明の前置きとして簡素化された形態で、本明細書に開示のいくつかの概念を提示することである。

【0008】

一実施形態において、複数の層の垂直スタックを検査するための方法が開示される。該方法は、(a) 共焦点ツールにおいて、第1垂直スタックの複数の異なる深さにおける複数の焦点面において照明ビームを繰り返し焦合することにおいて、欠陥が、上記異なる深さの未知の1つに位置し、照明ビームが、約700nmと約950nmとの間の波長範囲を有していることと、(b) 上記異なる深さにおいて第1垂直スタックから検出された焦点内出力光に基づいて上記異なる深さについて複数の焦点内画像を生成することにおいて、焦点外出力光が、共焦点システムの検出器に到達することが抑制され、かつ、焦点内画像の生成に寄与することが抑制されていることと、(c) 焦点内画像に基づいて上記異なる深さのうち欠陥が第1垂直スタックに位置するものを決定することとを含む。

10

【0009】

特定の実施において、波長範囲は、赤外および／または近赤外範囲である。一例において、焦点外光は、共焦点ツールの検出器に到達することが、約700nmと約950nmとの間の波長範囲で焦点外出力光が検出器に到達することを阻止するように位置付けられかつ寸法付けられた出力アーバーチャモジュールによって抑制される。別の態様において、欠陥は、共焦点ツールとは異なる別の検査ツールを用いて垂直スタックにおいて検出され、かかる欠陥は、垂直スタックに関するかかるスタックの深さを決定することなく検出される。

20

【0010】

さらなる態様において、上記方法は、焦点内画像に基づいて上記異なる深さのうち欠陥が第1垂直スタックに位置するものを決定する前に、焦点内画像に基づいて欠陥を検出することを含む。別の態様において、上記異なる深さのうち欠陥が第1垂直スタックに位置するものを決定することは、焦点内画像のうち特定の1つが最も明確なコントラストを有していることを決定し、特定の焦点内画像の対応する深さを欠陥の深さと定義することを含む。別の実施形態において、上記方法は、焦点内画像に基づいて欠陥の分類を決定するまたは欠陥の材料を判別することを含む。

30

【0011】

別の実施形態において、本発明は、垂直半導体構造において欠陥を検出するまたは欠陥をレビューするための装置を対象とする。システムは、第1垂直スタックの複数の異なる深さにおける複数の焦点面において照明ビームを繰り返し焦合するための照明光学モジュールを含む。照明ビームは、約700nmと約950nmとの間の波長範囲を有する。欠陥は、異なる深さの1つにおける未知の面に位置する。システムはまた、複数の異なる深さからの焦点内出力光を、かかる異なる深さで焦合される照明ビームに応答して収集するための収集光学モジュールと、上記複数の異なる深さから収集された焦点内出力光を検出するための検出器と含む。収集光学モジュールは、焦点外出力光が検出器に到達することを抑制して、かかる焦点外出力光が焦点内画像の生成に寄与することを抑制するようるためにさらに配置されている。システムは、以下の操作：(i)異なる深さにおいて第1垂直スタックから検出された焦点内出力光に基づいて異なる深さに関して複数の焦点内画像を生成する操作、および(ii)焦点内画像に基づいて上記異なる深さのうち欠陥が第1垂直スタックに位置するものを決定する操作；を実施するのに操作可能なコントローラをさらに含む。特定の実施において、システムは、欠陥をレビューするための共焦点レビュー モジュールの形態であり、システムは、非共焦点検査モードを用いて欠陥を検出するためのインスペクタモジュールをさらに含む。

40

50

【0012】

特定の実施において、照明光学モジュールは、照明アパーチャモジュールを含み、収集光学モジュールは、出力アパーチャモジュールを含む。別の実施において、照明および出力アパーチャモジュールは、それぞれ、固定されたピンホールまたはスリットアレイの形態である。さらなる態様において、照明および出力アパーチャモジュールは、それぞれ、焦合された照明ビームをサンプルの焦点面領域を横切って走査するための回転ニポウディスクの形態である。一実施形態において、照明および出力アパーチャモジュールは、それぞれ、焦合された照明ビームをサンプルの焦点面領域を横切って走査するための、プログラム可能な空間変調器の形態である。一実施形態において、出力アパーチャモジュールは、約700nmと約950nmとの間の波長範囲で焦点外出力光が検出器に到達することを阻止するように位置付けられかつ寸法付けられている。

10

【0013】

一態様において、入力および出力アパーチャモジュールは、例えば、入力光が一方向からアパーチャ、スリットまたはSLMを通って伝わり、他方向から戻った後、光学要素が、戻り光を検出器に再び方向付けるように、物理的に同じである。別の実施形態において、照明光学モジュールは、焦合された照明ビームをサンプルの焦点面領域を横切って走査するための、1つ以上のガルバニックミラーを含む。具体例において、波長範囲は、赤外および/または近赤外範囲である。さらなる態様において、欠陥は、共焦点ツールとは異なる別の検査ツールを用いて垂直スタックにおいて検出され、かかる欠陥は、垂直スタックに対する該欠陥の深さを決定することなく検出される。この実施形態において、同じまたは別の、1つ以上のガルバニックミラーのセットが、検出器上で焦点内出力光を走査する。

20

【0014】

具体的な実施形態において、コントローラは、焦点内画像に基づいて上記異なる深さのうち欠陥が第1垂直スタックに位置するものを決定する前に、焦点内画像に基づいて欠陥を検出するようにさらに操作可能である。一態様において、上記異なる深さのうち欠陥が第1垂直スタックに位置するものを決定することは、焦点内画像のうち特定の1つが最も明確なコントラストを有していることを決定し、特定の焦点内画像の対応する深さを欠陥の深さと定義することを含む。別の態様において、コントローラは、焦点内画像に基づいて、欠陥の分類を決定し、欠陥の材料を判別するようにさらに操作可能である。

30

【0015】

本発明のこれらおよび他の態様は、図を参照して以下にさらに記載される。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1A】「ゲートラスト」タイプの垂直NAND(VNAND)メモリデバイスを製造するためのプロセスを示す。

40

【図1B】「ゲートラスト」タイプの垂直NAND(VNAND)メモリデバイスを製造するためのプロセスを示す。

【図1C】「ゲートラスト」タイプの垂直NAND(VNAND)メモリデバイスを製造するためのプロセスを示す。

【図1D】「ゲートラスト」タイプの垂直NAND(VNAND)メモリデバイスを製造するためのプロセスを示す。

【図1E】図1DのVNAND構造部を、そのスタックに存在する欠陥と共に示す。

【図1F】ゲートファーストタイプのVNAND構造の側面図である。

【図1G】非ドープトポリSiに関する侵入深さを、波長の関数として示す。

【図2】本発明の具体的な実施による、例としての検査またはレビュー装置の図表示である。

【図3A】本発明の実施形態による検査プロセスを示すフローチャートである。

50

【図3B】欠陥のx,y位置に関してのスタック深さの関数としての強度のプロットを示す。

【図4】代替の実施形態による、サブバンドフィルタを含む共焦点検査システムの図表示である。

【図5】本発明の具体的な実施による組み合わせ検査システムの図表示である。

【図6】本発明の実施形態による、欠陥を検査およびレビューするためのシステムの図表示である。

【図7】本発明の代替の実施形態による検査およびレビュープロセスを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下の詳細な説明において、本発明の全体の理解を提供するために、多くの具体的な詳細が記載されている。本発明は、これらの具体的な詳細のいくつかまたは全てを用いることなく実施されてもよい。他の例において、本発明を必要に曖昧にしないように、周知の構成要素またはプロセス操作を詳細には記載していない。本発明を具体的な実施形態と併せて記載しているが、本発明をこれらの実施形態に限定することは意図されていないことが理解されよう。

【0018】

本明細書において、検査システムおよび技術が、ある特定のタイプの垂直NAND (VNAND) メモリ構造に適用されるとして記載されているが、本発明の実施形態は、テラビットセルアレイトランジスタ (TCA T)、垂直スタックアレイトランジスタ (VSA T)、ビットコストスケーラブル技術 (BiCST)、パイプ形状 BiCS 技術 (P-BiCS)などを用いて形成されるいずれの好適な 3D または垂直半導体構造、例えば NAND または NOR メモリデバイスに適用されてもよいことが理解される。垂直方向は、一般に、基板表面に垂直である方向である。加えて、かかる 3D 構造を形成するための特定の製造工程、プロセスおよび材料が記載されているが、検査の実施形態は、基板上に形成される複数の層を結果として生じる製造フローにおいて、いずれのポイントで適用されてもよく、かかる層は、いずれの数およびタイプの材料を含んでいてもよい。

【0019】

垂直構造、例えば VNAND を形成するための一般的な製造技術を、本発明の種々の検査システムおよび技術の実施形態を記載する前に記載する。具体的な製造の詳細ならびに材料のタイプおよび特性は、明確さの目的で省略する。

【0020】

図1A～Dは、「ゲートラスト」タイプの垂直NAND (VNAND) メモリデバイスを製造するためのプロセスを示す。このゲートラストアーキテクチャは、酸化物およびSiN または窒化物材料の交互の層を一般に含むことができ、これらは、酸化物 - 窒化物 - 酸化物 - 亜硝酸塩 (ONON) 構造と総称される。図1Aは、ゲートラスト VNAND メモリ部 100 のパターン化された ONON 層の側面図である。示すように、酸化物 (O) および窒化物 (N) 材料の交互の層は、ONON スタック 102a、102b、102c、および 102d にパターン化される。例えば、スタック 102b は、酸化物 (O) 層部 110 および窒化物 (N) 層部 108 を含む。ONON スタックは、ONON スタック、ならびに W/L (ワードライン) カット (例えば、106) およびビア (例えば、104a および 104b) を形成するようにいずれの好適な堆積およびエッチングプロセスによって形成されていてもよい。ビアは、ポリシリコン (PolySi) 材料で充填されていてよい。示すように、ポリシリコン (PolySi) は、ビアまたは ONON スタックのセット間のチャネル 104a および 104b を充填するように堆積およびエッチングされていてもよい。

【0021】

図1Bは、例えば、領域 112a および 112b からの窒化物材料の除去後のゲートラスト VNAND 部 100 を示す。例えば、窒化物材料は、ウェットエッチングプロセスを用いて除去されてよい。図1Cは、ゲート材料、例えば、タングステン (W) 114 が堆積された後の VNAND 部 100 を示す。誘電体層 116 も堆積されている。W および誘

10

20

30

40

50

電体材料は、窒化物が先にエッティングされているスペース内に形成されている。すなわち、窒化物材料は、W材料によって置き換えられる。図1Dは、W材料が、単離されたゲート部、例えば116a、116b、116c、116d、および116eを形成するようエッチバックされた後のVNAND部100を示す。W/Lカットは、いずれの好適な導電材料によって充填されていてもよい(図示せず)。

【0022】

垂直メモリデバイスは、平面メモリデバイスと比較して、材料および構造のスタックがより厚い傾向にある。例えば、初期のVNANDデバイスは、2~3μm厚のスタックを有し、未来のスタックは、6~8μmの範囲にあると予測されている。いくつかのスタックは、変動する厚さで60~90層を容易に含むことができる。比較して、典型的な平面メモリの厚さは、プロセス工程に依るが、約0.1~1μmである。

10

【0023】

欠陥は、これらのスタックの層全体にわたって生じる可能性があり、高い歩留まりを確保するために検出される必要がある。図1Eは、図1DのVNAND構造部100を、そのスタックに存在する欠陥と共に示す。示すように、欠陥120が、Wゲート部116cとO部110aとの間の界面に存在する一方で、別の欠陥122が、ゲート部116eに存在する。パーティクルまたはボイドを含めた欠陥は、任意のWゲート部、O部、またはこれらの界面に存在する場合もある。

【0024】

図1Fは、ゲートファーストタイプのVNAND構造の側面図である。示すように、ゲートファーストVNAND部は、スタック152a、152b、152c、および152dにパターン化されている、交互の酸化物(O)およびポリシリコン(PolySi)層を堆積することによって形成されていてよい。例えば、スタック152bは、ポリシリコン(ポリ)ゲート部158および酸化物(O)部160を含む。このタイプのVNANDは、OPOP VNANDメモリデバイスと称される。VNAND部150は、PolySiチャネル(または他のチャネル材料)154aおよび154b、ならびにW/Lカット領域156を含んでいてもよい。欠陥は、OPOP構造のいずれのレベルで存在してもよい。例えば、パーティクルまたはボイドは、OPOP構造のいずれの層に存在してもよい。

20

【0025】

特定のタイプの製造プロセスに係わらず、欠陥は、多層スタックの全てのレベルにおいて、また、特定のプロセスにおいては可能な限り早く検出される必要がある。ある特定の検査の実施形態は、スタック表面を含めたスタックにわたっての、かつ種々の深さのスタックにわたっての欠陥の検出を好ましくは含む。例えば、ある特定の実施形態は、欠陥が、最大で約3μmの深さで見出されることを可能にする。別の実施形態において、欠陥は、約8μmの大きさのスタック深さで検出され得る。ONONまたはOPOPスタックを通しての透過は、より長波長での吸収によっては制限されないため、理論上検査され得る垂直ONONまたはOPOPスタックの厚さについての実際の制限は何もない。

30

【0026】

図1Gは、波長の関数としての非ドープトポリSiの侵入深さを示す。本発明のある特定の実施形態は、PolySiの(例えば、OPOP構造の)、ならびに他のタイプのスタックの深さの増加を見るために、より高い波長帯を用いることができる。OPOP層は、VNANDデバイスの他の構造、例えばW/Lトレンチの形成の前に、ならびに他の構造、例えばW/Lトレンチの形成の後に検査され得る。

40

【0027】

OPOP構造は、検査プロセスの際に、より短波長が透過することが困難である場合がある。PolySiは、450nm未満の波長ではかなり不透明であり、より長波長では、徐々にさらに透明になる。検査の際、光は、理想的には、PolySiのスタックを透過して特定の欠陥位置に到達するのに、かつ、検出対象のPolySiのスタックを避けて透過することができる欠陥からの反射または散乱光を結果として生じるのに、十分に長

50

波長を有する必要がある。つまり、O P O P スタック内で深く位置する欠陥に到達してこれら欠陥を検出するために、より長波長が用いられ得る。他方、O N O N スタックでは、材料の全てが、約 240 nm 超で透明である。

【0028】

明視野 (B F) ツールは、典型的には、表面上にあるか、非常に薄い膜によって覆われているかのいずれかである 3 D スタックの欠陥を検出することができる。B F ツールは、表面下の欠陥を、これらの欠陥が、表面に近いとき、または、表面に伝播して、それゆえ検出可能な表面欠陥を作り出すことができるバンプをスタックにおいて生じさせるとみ検出され得る。これらのツールは、特定の焦点面の局在化を防止する、試料からの焦点光および非焦点光の全てを検出する。後者は、共焦点機能の不在、および材料内に容易に透過しない非常に短波長の光の使用に起因する。

10

【0029】

本発明のある実施形態は、多層半導体スタック、例えば V N A N D 構造において種々の深さの欠陥を検出するための共焦点顕微鏡システムまたはモジュールの使用を含む。例えば、3 D スタックの検査のために、いずれの好適な共焦点システムが構成されてもよい。一般に、共焦点システムは、長波長範囲、例えば可視から近赤外 (N I R) または約 700 nm ~ 約 950 nm において動作するように構成されている。別の実施形態において、共焦点システムは、例えば O N O N スタックに限定されないが、220 nm 超のより短波長で動作するように構成されている。他の実施形態において、他の検査モードにおいてウェハなどを検査するための検査システムは、3 D スタックにおいて欠陥を検出および / またはレビューするための共焦点モジュールを含むことができる。

20

【0030】

一般に、共焦点検査ツールは、本明細書においてさらに記載されているように、より長波長の照明光線を発生させて垂直半導体スタックの種々の深さで欠陥を検出するための少なくとも 1 つの光源と、照明ビームをスタックに方向付けるための照明光学モジュールと、照明ビームに応じてスタックから放出される焦点外出力光を抑制またはロックしながら、焦点内出力光を方向付けるための収集光学モジュールと、出力ビームを検出し、出力ビームのための画像または信号を発生させるための検出器またはセンサと、検査 / レビューツールの構成要素を制御し、スタックにおいて種々の深さについて発生させた画像に基づいて欠陥の検出および / またはレビューを促進させるためのコントローラとを含んでいてよい。

30

【0031】

図 2 は、本発明の具体的な実施による例としての検査またはレビュー装置 200 の図表示である。示すように、システム 200 は、可視、I R、および / または N I R 波長範囲において光を発生させるための 1 つ以上の光源、例えば波長可変レーザー 202 を含んでいてよい。例えば、光源は、3 D スタックを透過するように約 700 nm と 950 nm との間の範囲で照明光を出力する。光源の例として、レーザー駆動光源、高強度プラズマ光源、透照光源（例えば、ハロゲンまたは X e ランプ）、フィルターランプ、L E D 光源などが挙げられる。複数の L E D またはスペックル防止レーザーダイオードも、可能な光源である。

40

【0032】

システムは、光源 202 によって発生した照明光をサンプル 216 に方向付ける照明光学系を含む。例えば、光源からの照明は、サンプル 216 に向けてビームを中継する（例えば、形作る、フォーカスするまたはフォーカスオフセットを調整する、波長をフィルタリング / 選択する、偏光状態をフィルタリング / 選択する、サイズ変更する、拡大する、歪みを低減するなど）働きをする多数のレンズを通過することもできる。示すように、照明光 201 は、スタック内の特定の深さに位置付けられたサンプル 216 の焦点または焦点スポット、例えば、225 上でアバーチャモジュール 206 からの照明光 201 を焦点するように構成された光学レンズシステム 210 を介してサンプル 216 に向けて照明光 201 を反射させるダイクロイックミラーなどのビームスプリッタ 208 上で、照明アバ

50

ーチャモジュール 206 を通してレンズ 204 によって焦点される。

【0033】

焦点 225 からの焦点出力光 203 は、レンズ 210 およびビームスプリッタ 208 を通して戻って方向付けられる。加えて、焦点スポットよりもスタック内の異なる深さに位置付けられた、非焦点点、例えば 227 からの非焦点光 205 もまた、レンズ 210 およびビームスプリッタ 208 を通って戻って方向付けられる。出力アーチャモジュール 216 は、焦点光 203 を通過させ、かつ非焦点光 205 をブロックするように位置付けられかつ寸法付けられている。したがって、焦点光 203 が、検出器 218 に到達することができる一方で、非焦点光 205 は、検出器 218 に到達することを大幅にブロックされる。

10

【0034】

一般に、共焦点システムまたはモジュールの各光学要素は、3D スタックにおいて種々の深さで欠陥を検出するための、より長波長範囲の光について最適化され得る。最適化は、対応する波長範囲について収差を最小にするための、例えば、ガラスの種類の選択、配置、形状、およびコーティング（例えば、反射防止コーティング、高反射性コーティング）によって、波長依存性収差を最小にすることを含むことができる。例えば、レンズは、より長波長範囲（可視～NIR）での分散によって引き起こされる影響を最小にするように配置される。

【0035】

ビームスプリッタ 208 は、3D スタック構造を透過するためのより長波長を反射および通過させるためのいずれの好適な材料によってコーティングされていても、形成されてもよい。NIR 範囲の光による作業のための材料の例として、最も一般的な光学ガラス材料、例えば、BK7 または溶融シリカなどが挙げられる。対物レンズ 210 は、欠陥検出に用いられる全波長について好ましくは最適化される。例えば、対物 210 は、レンズコーティング、および色収差の補正のための配置を含めた構成を有する。代替の実施形態において、対物レンズ 210 は、全ての反射対物もしくは屈折、または組み合わせ（反射屈折）構成であつてよい。

20

【0036】

照明アーチャモジュール 206 および出力アーチャモジュール 216 は、議論を容易にするために、それぞれ、単一のアーチャとして示されている。しかし、各アーチチャモジュールは、単一のピンホール／スリット、ピンホールアレイ、スリットアレイなどであつてよい。例としてのアーチチャモジュールとして、固定されたピンホール／スリットアレイ、回転ニポウディスク、プログラム可能な空間光変調器（SLM）などが挙げられる。種々のタイプの共焦点システムが、本明細書において企図されている。例としての共焦点システムとして、顕微鏡共焦点レーザー走査顕微鏡、スピニングディスク（ニポウディスク）共焦点顕微鏡、およびプログラム可能なアレイ顕微鏡（PAM）が挙げられる。

30

【0037】

各アーチチャまたはスリットは、より長波長に透明であるホール／スリット成形材料、または不透明なマスク材料におけるホール／スリット開口部から形成され得る。マルチホール／スリットアーチチャモジュールは、複数のスポットをサンプルに方向付けると同時にサンプルの異なる領域および／または深さの複数のスポット画像を検出するのに用いられ得る。

40

【0038】

アーチチャモジュール 206 および 216 のアーチチャ／スリットは、各々が放射線の回折限界以下であるサイズを有するように寸法付けられる。アーチチャは、回折限界の少なくとも数倍だけ互いから離されて、迷放射線の発生およびスポット間のクロストークを最小にできる。一例において、開口数（NA）が 0.90 の照明レンズについての約 700 nm の波長の光の回折限界は約 0.80 μm であり、その結果、直径が 0.60 μm の丸いピンホールが、（対物レンズ 210 の倍率について調整されている）かか

50

るレンズに、適当に小さなアーチャを付与するようになる。検出器はまた、それぞれが、ピンホール面積以下の面積において光を検出するようなサイズにされたセンサを好みくは含む。ピンホールおよびセンサは、クロストークを最小にするように、 $5 \mu m$ の距離だけ離れることもできる。

【0039】

図2に戻り、検査システム200は、例えば方向Dの、サンプル216に対する焦点スポットの深さ位置を動かすための位置調整機構280を含むこともできる。すなわち、位置調整機構280は、サンプルの多層型スタック内で焦点スポットの焦点深さを制御することができる。例えば、位置調整機構は、焦点スポットがサンプルスタック216の異なる深さを貫通するようにサンプル216を動かすステージ(標識せず)に連結されていてよい。代替的または付加的には、光学系が、サンプルに対して焦点スポットを動かすように位置調整機構によって動かされてよい。それぞれ同時に発生する焦点スポットについての異なる深さは、サンプルに対してアーチャアレイ(および対応する出力アーチャアレイ)を傾斜させることによって、またはアーチャモジュールに対してサンプルを傾斜させることによって達成されてもよい。

10

【0040】

いくつかのアーチャモジュール配置および構成、ならびに共焦点システム構成は、Kerstensらに1993年9月28日に発行された米国特許第5,248,876号にさらに記載されており、この特許は、本発明の技術を実施するように構成され得る種々の異なる共焦点システムの目的で参照により本明細書に組み込まれる。

20

【0041】

共焦点検査システム200は、サンプルの表面に平行な焦点面を横切って焦点スポットを走査するための1つ以上の走査機構を含んでいてもよい。単一のアーチャの実施において、走査モジュール(例えば、ガルバニックミラーのセット)が、焦点面において焦点スポットを走査および検出するように用いられてよい。別の実施形態において、各アーチャモジュールは、焦点面を横切って走査および検出される焦点スポットを生ずる移動アーチャを付与するようにプログラムされたSLMの形態である。SLMは、例えばラスター、スパイラルなどのいずれの走査パターンを付与するようにプログラムされていてよい。代替の実施形態において、各アーチャモジュールは、焦点面において焦点スポットを回転および検出するための移動アーチャを付与するようにプログラムされた回転アーチャディスクの形態である。

30

【0042】

1つ以上の位置調整機構は、検査システムの他の構成要素、例えば、アーチャモジュール、照明または集光ミラー、波長フィルタ、偏光子などを動かすように構成されていてよい。具体的な例によると、1つ以上のモータ機構は、それぞれ、スクリュードライブおよびステッパモータ、フィードバック位置を有するリニアドライブ、またはバンドアクチュエータおよびステッパモータから形成されていてよい。

【0043】

1つ以上の焦点スポットから出力光を受信し、受信した出力光の特性(例えば、強度)に基づいて画像または信号を付与するために、いずれの好適な検出器タイプまたは数の検出素子を用いてもよい。例によると、検出器218は、CCD(電荷結合デバイス)もしくはTDI(時間遅延積分)検出器、光電子増倍管(PMT)、または他のセンサ(またはセンサアレイ)の形態であってよい。一実施形態において、検出器は、非焦合光の検出を最小にしながら、ほぼ放射線の回折限界のサイズでもあるまたは該回折限界よりも小さくもある領域で放射線を検知して、焦合された放射線を効率的に検知する、孤立点検出器のアレイである。

40

【0044】

システムはまた、システムの種々の構成要素を制御し、検出器218からの検出された信号または画像を受信および分析するための1つ以上のコントローラまたはコンピュータシステムモジュール、例えば、290も含む。例えば、コントローラは、照明源の選択的

50

活性化、照明または出力アーチャの設定、波長帯、フォーカスオフセットの設定、偏光の設定などを制御することができる。

【0045】

加えて、検出器によって捕捉される信号は、各センサからのアナログ信号をデジタル信号に変換して処理するように構成されたアナログデジタル変換器を有する信号処理デバイスを含んでいてよいコントローラ290によって処理され得る。コントローラ290は、検知された光線の強度、位相、および／または他の特性を分析するように構成されていてよい。

【0046】

このまたはいずれの他の共焦点システムが、3Dスタック、例えば3DまたはVNANDメモリ構造に埋め込まれた検出された欠陥を見出すまたはレビューするために用いられてもよい。本発明の検査装置を用いて検査または画像化され得る他のタイプのスタック構造として、ソーラーパネル構造、光学ディスクなどが挙げられる。

10

【0047】

図3Aは、本発明の実施形態による検査プロセス300を示すフローチャートである。最初に、操作301において、可視およびNIRの間の波長範囲を有する照明光を生成することができる。次いで、操作302において、照明光を、3Dスタック内の第1深さで焦点スポットを走査するように方向付けてよい。例えば、焦点スポットを、特定の焦点深さでサンプルの一部を横切って走査する。代替的には、複数のスポットを、同じまたは異なる深さで同時に走査することができる。

20

【0048】

次いで、操作304において、走査された焦点スポットに応答して3Dスタックから反射または散乱された焦点内出力光を検出することができる。代替的には、複数の焦合されたスポットからの出力光を、サンプルにおいて複数のスポットに方向付けるとき検出することができる。操作306において、検出された焦点内出力光に基づいて、この焦点深さにおけるサンプルの画像を生成することもできる。複数のスポットを、サンプルを横切って走査するとき、これらの複数のスポットから検出された出力光を用いて、走査されたサンプル深さの画像を生成することができる。複数のスポットを、サンプルの異なる深さにおいて同時に走査するとき、異なる深さに対応した異なる画像を、異なるスポットについて個々に生成することができる。

30

【0049】

次いで、操作308において、これが、走査される最終深さであるか否かを判断することができる。例えば、走査される3Dスタックの深さが既知であり、焦点深さを、3Dスタックの上面から3Dスタックの底面まで増分することができる。底面に到達したら、走査が完了する。加えて、複数の3Dスタック構造を、それぞれ、複数の焦点深さで走査してよく、3Dスタック構造の各々の深さを漸増的に走査したら、走査が完了する。走査が完了しないときには、次の焦点深さにおいて1つ以上の焦点スポットを走査および検出して、操作302、304、および306を繰り返すことによって種々の深さで対応する検出画像を生成することができる。

【0050】

全ての所望の深さにおける走査が完了したら、操作310において、1つ以上の欠陥の位置決めをすることができ、各欠陥の深さを、異なる焦点深さで得た画像に基づいて決定することができる。一実施形態において、最初に欠陥を見出すために、いずれの好適な検査分析プロセスを実施してもよい。別の非共焦点検査ツールを用いて欠陥を検出してもよい。代替的には、共焦点ツールを用いて、各焦点深さからの画像に基づいて欠陥を見出すことができる。例えば、セル対セル、ダイ対ダイ、またはダイ対データベースの比較を、各試験および参照画像間で行うことができる。例えば、欠陥は、特定の深さにおいて、別のダイ、セルから得られる、または設計データベースからシミュレーションされる、同じ深さの別の参照画像領域とは異なる画像化領域で検出されてもよい。

40

【0051】

50

欠陥を見出したら、欠陥の深さを、かかる欠陥について最も明確なコントラストを有する画像と相關させることができる。例えば、欠陥は、サンプル内のかかる欠陥の深さに対応する焦点深さから生成された画像における周囲背景と比較して、最大の輝度（または暗さ）を有する傾向がある。したがって、欠陥について最高輝度レベルを有する画像を生成するのに用いた焦点深さの中心を、欠陥の深さと定義することができる。加えて、欠陥の深さを、欠陥の分類を決定するまたは材料の種類を判別するための参照欠陥のセットからの既知の信号と相關させることができる。例えば、既知の分類および構成を有する参照表面欠陥を用いて、欠陥を分類または材料を判別することができる。

【0052】

特定のスタック領域の共焦点画像を走査して、欠陥が最も強いピークを有する画像を見出すことができる。画像におけるx y位置を欠陥の画素位置として定義することができる。欠陥の深さを共焦点照明システムの対応するz位置によって決定することができる。共焦点照明システムまたはステージに対するサンプルの表面を、zまたは焦点位置を通って動いて、より低い強度のピークの表面を見出すことによって、見出すことができる。

10

【0053】

図3Bは、スタックにおいて特定の深さで埋め込まれた特定の欠陥のスタック深さの関数としての強度のプロットを示す。強度点352は、表面の下に約-1.3μmの深さを与える、共焦点画像内の最高強度ピークに相当する。なお、表面深さ0は、小さな強度ピーク354に相当するが、他の深さの殆どが、焦点外であり、比較的低い強度値を有する。このグラフにおいて、強度値は、0~1.0のスケールであるが、グレースケールレベル（例えば、0~255）などのいずれの好適な測定基準でもプロットされ得る。表面を除いて、複数の深さで繰り返される規則的なウェハパターンからの信号は、欠陥はないがウェハ上の他の同様の領域からの、特定の深さにおける共焦点画像を用いることによって、図3Bのグラフから除去されている。

20

【0054】

図3Aに戻って参考すると、次いで、各欠陥をその対応する深さでレビューした後、操作312において、サンプルが検査をパスしたか否かを決定することができる。例えば、欠陥が、歩留まり制限欠陥であるのか、または単に邪魔なタイプの欠陥であるのかを決定することができる。また、欠陥が修復可能であるか否かを決定することもできる。サンプルがパスしていないとき、操作314において、プロセスまたはサンプルを変更することができる。プロセスを変更することに加えて、サンプルを廃棄してもよい。

30

【0055】

図4は、代替の実施形態による、サブバンドフィルタを含む共焦点検査システム400の図表示である。このシステムは、特定の材料およびスタックのタイプについて感度を増加させるように構成することができる調節可能または選択可能な分光フィルタ404を加えた、図2のシステムと類似するものである。分光フィルタを用いることで、照明ビームのスペクトルをさらに動的に定義することができる。

【0056】

1つ以上の分光サブバンドフィルタを照明ビームの照明瞳に置いて、異なるサブバンドの波長範囲を達成することができる。示すように、分光サブバンドフィルタ404が、対物レンズ406とコリメータレンズ402との間に置かれている。しかし、システムは、分光サブバンドフィルタが位置付けられていてよい照明瞳を形成するためのいずれの数およびタイプのレンズを含んでいてもよい。

40

【0057】

本明細書に記載の共焦点技術は、埋没した欠陥から検出された光が、試料が異なる短波長または長波長で照射されたときにそれぞれ長波長または短波長にある、他の技術、例えば蛍光および多光子検出と組み合わされてよい。

【0058】

図5は、本発明の具体的な実施による組み合わせ検査システム500の図表示である。示すように、システム500は、照明光503を生成する広帯域光源（例えば、Xeアー

50

クランプ 502) を含む。検査システムは、広帯域光源の他に、いずれの好適な数およびタイプの追加の光源を含んでいてもよい。

【0059】

照明光 503 は、次いで、レンズ 504 によってコリメートされてよい。コリメートされた光は、次いで、最大範囲を超えてもしくは最小範囲下で波長を取り除くおよび／または照明を偏光させるように構成されていてよい 1つ以上の場合によるフィルタまたは偏光子（例えば、505a および 505b）によって受信されてよい。照明光は、欠陥検査／レビュー プロセスにおける使用のための異なる波長帯を通過する波長バイパスフィルタ 506a および 506b によって受信されてよい。システム 500 は、2つの異なる経路に沿って 2つ以上の異なる波長帯を通過する（または反射する）ためのいずれの好適な光学要素を含んでいてもよい。図示したシステムにおいて、第 1 分光フィルタ 506a は、第 1 波長帯で第 1 照明ビーム 503a を反射し、他の波長の光を第 2 フィルタ 506b に通すように配置されている。同様に、第 2 フィルタ 506b は、第 2 波長帯で第 2 照明ビーム 503b を反射するように配置されている。異なる分光帯を得るために、透過フィルタを含めた、いずれの好適な数の分光フィルタが用いられてもよい。

10

【0060】

バイパスフィルタは、示されているダイクロイックビームスプリッタ 506a および 506b などいずれの好適な形態で実施されてもよい。例えば、光の波長に応じて光を選択的に反射または透過する、ダイクロイック光学コーティングを有するダイクロイックプリズムが、照明ビームを 2つの別個の波長経路に分けるためにシステム 500 において利用されてよい。

20

【0061】

次いで、異なる二波長の 2つの照明ビーム 503a および 503b が、それぞれのビームスプリッタ 516a および 516b を通過し、それぞれのアパーチャモジュール 510a および 510b を通ってレンズ 508a および 508b を介して焦合され、次いで、レンズ 512a および 512b によってコリメートされる。次いで 2つの照明ビームがミラー 514a および 514b によって再び合わされて、レンズ 210 を介して多層サンプル 216 の特定の深さで焦合される。

【0062】

次いで、合わされた出力ビームが、ダイクロイックミラー 514a および 514b によって、それぞれの波長帯に分割される。次いで、2つの異なる波長帯における各出力ビームが、出力ビーム光学システム（例えば、レンズ 512a および 512b、508a および 508b を通って方向付けられ、ビームスプリッタ 516a および 516b から検出器 516a および 516b 上に反射される。

30

【0063】

追加の分光フィルタは、2つのスペクトル経路の各々に置かれ、各ビームのスペクトルをさらに定義するのに用いられ得る。例えば、1つ以上の追加の分光フィルタが、捕捉されることが意図される欠陥の各経路の感度を最適化するのにさらに用いられ得る。別個の偏光フィルタが、各波長範囲の検査感度をさらに最適化するために各分光経路において位置調整されてもよい。複数の波長帯を得るためのさらなる実施形態は、Steven R. Lange によって 2013 年 11 月 12 日に提出された米国出願第 14/078,271 号にさらに記載されており、この出願は、本発明のある特定の実施形態の共焦点特徴および技術と組み合わされ得る検査ツールの特徴および技術を記載する目的で参照により本明細書に組み込まれる。

40

【0064】

一般に、各検査波長範囲は、そのサブバンド、照明および収集瞳のアパーチャ形状、照明および収集経路の偏光、倍率、画素サイズまたはこれらの任意の組み合わせの最適化に基づいて選択されてよい。

【0065】

3D スタックの検査で、異なる波長帯の通過範囲は、埋没した 3D 欠陥タイプおよび／

50

または 3 D 構造の材料についての検査感度を最適化するように約 7 0 0 n m と 9 5 0 n m との間で選択されてよい。例えば、2 つの長波長範囲は、各々 5 0 n m 以下の幅を有する 2 つの狭いサブバンドの形態をとることができる。より短波長範囲、例えば 4 0 0 n m 未満が、より長波長範囲と併せて、表面欠陥を検査するのに用いられてもよい。一実施形態において、いずれの好適な数の波長範囲が、N I R 範囲を通って深紫外 (D U V) または U V 範囲間で選択されてもよい。

【 0 0 6 6 】

偏光設定が、各波長範囲（またはサブバンド）に適用されてもよい。例えば、水平偏光が、選択された、より長波長のサブバンドについて選択されてもよい。偏光設定は、いずれの好適な検査パラメータ、例えば欠陥タイプ、サンプル構成、波長範囲またはサブバンド選択などに基づいて適用されてもよい。

10

【 0 0 6 7 】

図 6 は、本発明の実施形態による、欠陥を検査およびレビューするためのシステム 6 0 0 の図表示である。示すように、システムは、任意のタイプの検査モードを用いて欠陥を見出すためのインスペクタシステム 6 0 4 を含んでいてよく、共焦点モードを含む必要はない。システム 6 0 0 は、インスペクタ 6 0 4 によって 3 D スタック構造において見出される欠陥をレビューするための共焦点レビューシステム 6 0 2 を含んでいてもよい。システム 6 0 0 は、サンプル、例えばウェハをインスペクタ 6 0 4 からレビューステーション 6 0 2 に動かすためのサンプルハンドリングシステム 6 0 6 を含んでいてもよい。

【 0 0 6 8 】

図 7 は、本発明の代替の実施形態による検査およびレビュープロセス 7 0 0 を示すフローチャートである。この組み合わせプロセス 7 0 0 は、別個の検査およびレビューツールまたは組み合わせシステム、例えば図 6 のシステムを用いて実施され得る。最初に、操作 7 0 1 において、検査ツール（またはモジュール）を用いて、多層内にあり深さが未知である欠陥を含めた欠陥についてサンプルを検査することができる。例えば、非共焦点検査ツールを用いて、欠陥と、深さ位置ではないがその全体の X Y 位置とを見出すことができる。

20

【 0 0 6 9 】

欠陥を見出した後、次いで、操作 7 0 2 において、サンプルを共焦点レビューステーション（またはモジュール）にロードすることができる。次いで、操作 7 0 4 において、レビュー用に最初の欠陥を選択することができる。例えば、既知の 3 D スタック領域における欠陥を、レビュー用に選択することができる。

30

【 0 0 7 0 】

次いで、操作 7 0 6 において、共焦点ステーションを用いて、画像からの焦点外光を抑制しながら複数の焦点深さにおける現欠陥の複数の画像を得ることができる。すなわち、欠陥領域の焦点内画像を得る。欠陥深さに相当する一画像は、他の画像よりも明確なコントラストを有する。したがって、操作 7 0 8 において、レビューステーションの共焦点画像に基づいて現欠陥の深さを得ることができる。

【 0 0 7 1 】

次いで、操作 7 1 0 において、これがレビューする最後の欠陥であるか否かを決定することができる。例えば、3 D スタックにおける全ての欠陥をレビューすることができる。当然ながら、インスペクタツールによって付与される画像に基づいて、他のタイプの欠陥をレビューすることもできる。最後の欠陥をレビューした後、次いで、操作 7 1 2 において、サンプルが検査をパスしたか否かを決定することができる。例えば、欠陥が、歩留まり制限欠陥であるのか、または単に邪魔なタイプの欠陥であるのかを決定する。また、欠陥が修復可能であるか否かを決定することもできる。サンプルがパスしていないとき、操作 7 1 4 において、プロセスまたはサンプルを変更することができる。プロセスを変更することに加えて、サンプルを廃棄してもよい。

40

【 0 0 7 2 】

本発明のある特定の実施形態は、3 D スタック構造に埋め込まれた欠陥の位置を見出す

50

ための高い精度を可能にする。加えて、他の高解像度の検査方法ではさもなければ見ることができないいくつかの埋め込まれた欠陥も、本発明のある特定の技術を用いて見出すことができる。いくつかの実施形態は、感度の改善を可能にすることができる。

【0073】

欠陥の深さを得たら、この情報を用いて、例えば、偏光または多波長の選択（例えば、レシピのセットアップおよび後の VENN 分析）を通して、ある特定の深さまたは深さ範囲で欠陥に多かれ少なかれ感受性である非共焦点検査ツールの構成を特定することができる。かかる有用な適用の例は、上記で参照した米国出願第 14 / 078, 271 号にさらに記載されている。

【0074】

上記システムのいずれもが、本明細書にさらに記載されているように、得られる試験画像および他の検査特性を表示するためのユーザーインターフェース（例えば、コンピュータ画面上）を付与するように（例えば、プログラミング命令によって）構成されているコントローラを含んでいてもよい。コントローラはまた、各検出器によって生成された画像または信号を受信し、得られた画像または信号を分析して、欠陥がサンプル上に存在するか否かを決定し、サンプルに存在する欠陥を特徴付け、またはさもなければサンプルを特徴付けるように構成されていてもよい。

【0075】

コントローラは、ソフトウェアおよびハードウェアのいずれの好適な組み合わせであってもよい。例えば、コントローラは、入力 / 出力ポートに接続されたプロセッサと、適切なバスまたは他の通信機構を介した 1 つ以上のメモリとを含んでいてよい。プロセッサおよびメモリは、本発明の方法の実施形態の命令を実施するようにプログラムされていてよい。コントローラは、ユーザー入力を付与するための、例えば焦点深さを変更するための、検出結果データまたは画像を見るための、検査ツールレシピをセットアップするための 1 つ以上の入力デバイス（例えば、キーボード、マウス、ジョイスティック）を含んでいてもよい。

【0076】

かかる情報およびプログラム命令は、特別に構成されたコンピュータシステムにおいて実行され得るため、かかるシステムは、コンピュータ読み取り可能媒体に格納され得る本明細書に記載の種々の操作を実施するためのプログラム命令 / コンピュータコードを含む。機械読み取り可能媒体の例として、限定されないが、磁気媒体、例えば、ハードディスク、フロッピー（登録商標）ディスク、および磁気テープ；光学媒体、例えば、CD - ROM ディスク；磁気光学媒体、例えば、光学ディスク；ならびにプログラム命令を格納および実施するように特別に構成されているハードウェアデバイス、例えば読み取り専用メモリデバイス（ROM）およびランダムアクセスメモリ（RAM）が挙げられる。プログラム命令の例として、例えばコンパイラによって作成される機械コード、およびインタープリタを用いてコンピュータによって実行され得る、より高レベルのコードを含むファイルの両方が挙げられる。

【0077】

共焦点検査 / レビューツールの光学レイアウトは、上記のものと異なっていてよい。例えば、対物レンズは、伝送コーティングが特定の選択された波長帯またはサブバンドについて最適化され、かつ各波長帯にわたる収差が最小化されている限り、多くの可能性のあるレイアウトの 1 つであり得る。

【0078】

本発明のある特定の実施形態は、可視 ~ NIR の波長で少なくとも 1 つの光路を発生させる検査システムを提供する。システムは、各照明および収集経路における場合による偏光のための構成要素、場合による分光サブバンドフィルタ、ならびに 3D ウェハ構造の検査のための照明および収集経路における場合によるアパーチャ形を含むこともできる。

【0079】

サンプルに照明ビームを方向付け、サンプルから生じる出力ビームを検出器に方向付け

10

20

30

40

50

るのに、いずれの好適なレンズ配置を用いてもよい。システムの照明および収集光学要素は、反射性であっても透過性であってもよい。出力ビームは、サンプルから反射または散乱されても、サンプルを通って透過されてもよい。

【0080】

検査システムの上記詳細な説明および図が、システムの具体的な構成要素を限定すると解釈されはならないこと、ならびにシステムが多くの他の形態に具現化され得ることが理解されるべきである。例えば、検査または測定ツールは、欠陥を検出するためにおよび／またはレチクルもしくはウェハの特徴の厳密な局面を決定するために配置されたいずれの数の公知の画像または計測ツールからのいずれの好適な特徴を有していてもよいことが企図される。例によると、検査または測定ツールは、明視野画像化顕微鏡、暗視野画像化顕微鏡、全天画像化顕微鏡、位相差顕微鏡、偏光差顕微鏡、およびコヒーレンスプローブ顕微鏡に適合され得る。また、対象の画像を取り込むために単一および複数の画像法が用いられてよいことも企図される。これらのこととして、例えば、シングルグラブ、ダブルグラブ、シングルグラブコヒーレンスプローブ顕微鏡（CPM）およびダブルグラブCPM法が挙げられる。非限定的な光学的方法、例えば散乱計測法は、検査または計測装置の一部を形成するとも企図され得る。

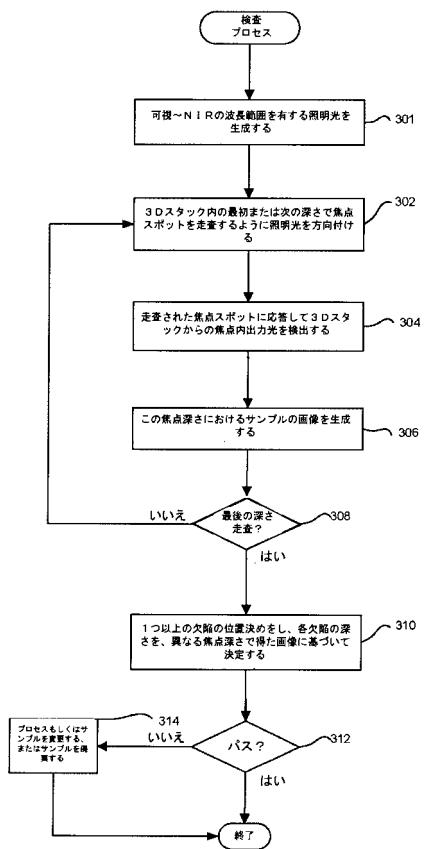
10

【0081】

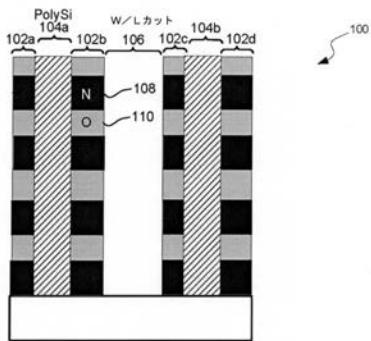
以上の発明は、理解の明確さの目的でいくぶん詳細に記載されているが、添付の特許請求の範囲内である特定の変更および修飾が実施され得ることが明らかである。本発明のプロセス、システム、および装置を実施する多くの代替の方法が存在することに注意されるべきである。例えば、欠陥検出特性データは、透過された、反射された、または組み合わせの出力ビームから得られ得る。加えて、共焦点システムは、欠陥の深さを決定するために、他の波長範囲で、可視からNIRの他に、例えば可視、紫外または深紫外波長範囲で用いられ得る。したがって、本実施形態は、例示的であって制限的ではないとみなされるべきであり、本発明は、本明細書に与えられている詳細に限定されるものではない。

20

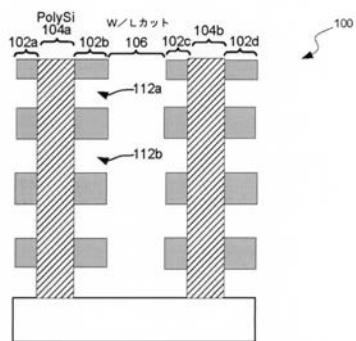
【図 3 A】



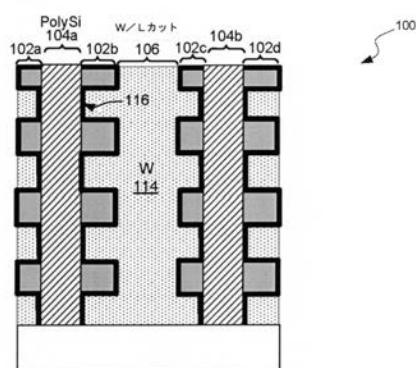
【図 1 A】



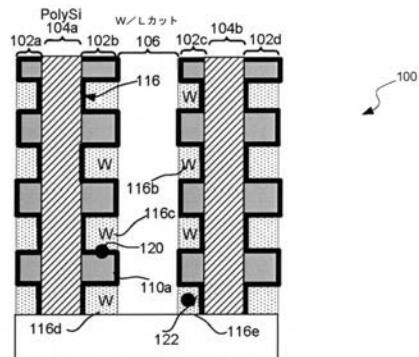
【図 1 B】



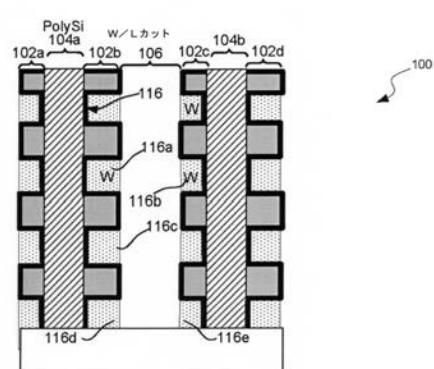
【図 1 C】



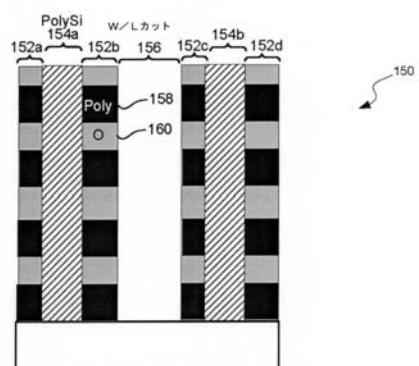
【図 1 E】



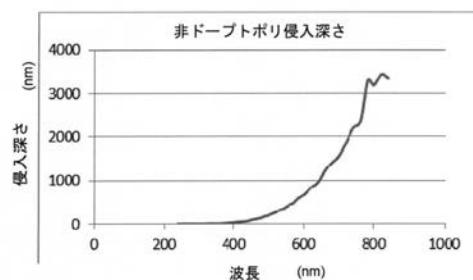
【図 1 D】



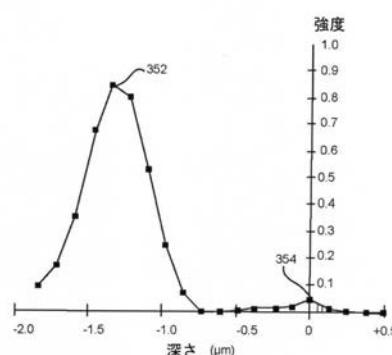
【図 1 F】



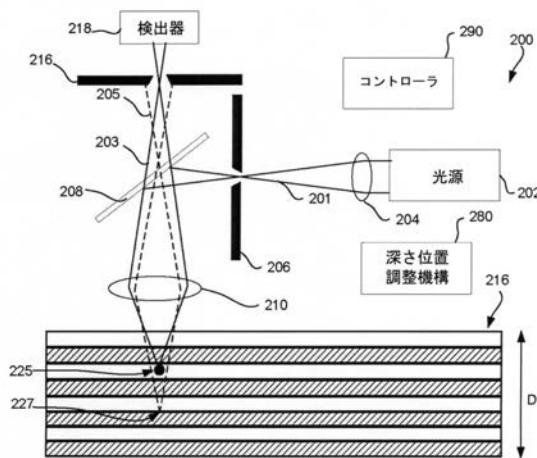
【図1G】



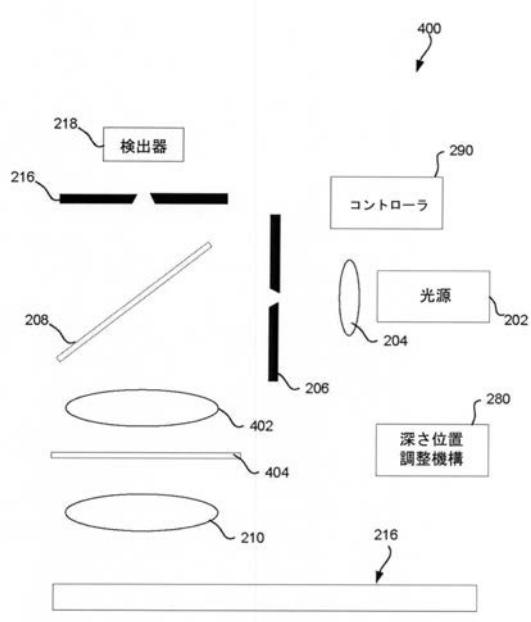
【図3B】



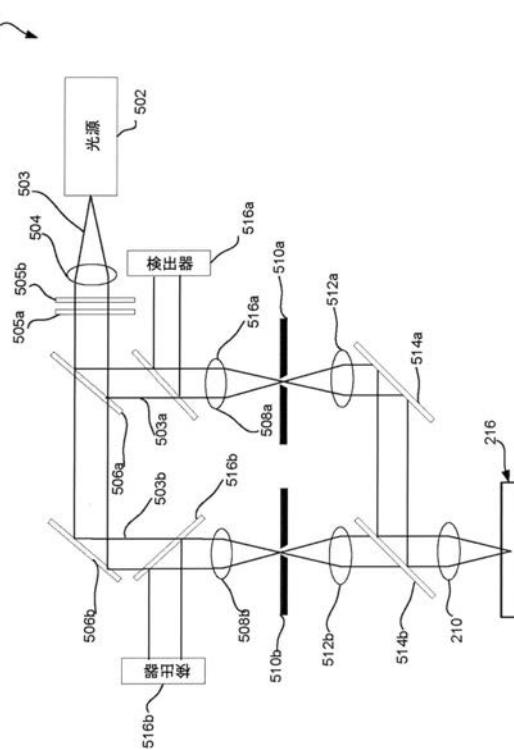
【図2】



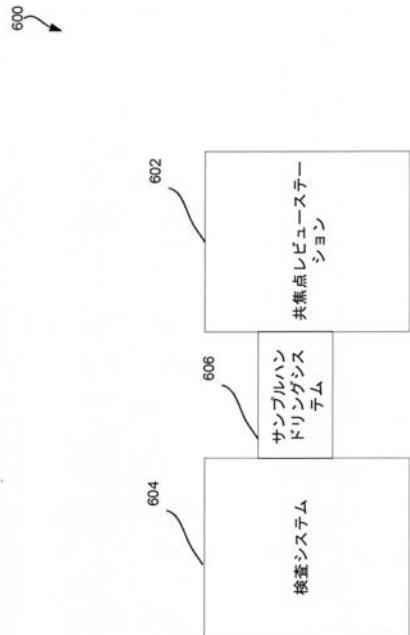
【図4】



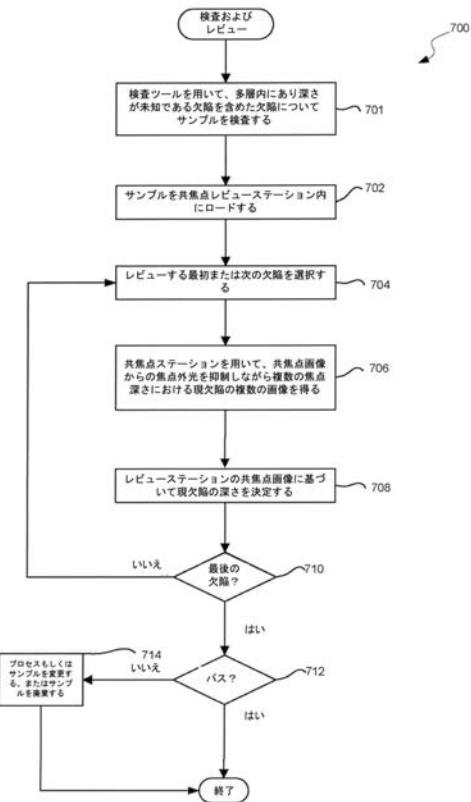
【図5】



【図6】



【図7】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2014/032842
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01L 21/66(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) H01L 21/66; G01N 21/00; G01N 21/88; G01B 9/02		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & keywords: inspection, defect, depth, focus, image		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US 7659975 B1 (VIJAY RAMANI et al.) 09 February 2010 See column 6, line 5 – column 16, line 24, claims 1-27 and figures 2-4.	1-2, 4-10, 16-22 3, 11-15
Y A	US 2012-0044486 A1 (LU CHEN et al.) 23 February 2012 See abstract, paragraphs [0032]-[0077] and claims 1-6, 21.	1-2, 4-10, 16-22 3, 11-15
A	US 2007-0081151 A1 (DAVID SHORTT et al.) 12 April 2007 See abstract, paragraphs [0038]-[0106] and claim 1.	1-22
A	US 2002-0080344 A1 (KUJI TOMITA et al.) 27 June 2002 See abstract, paragraphs [0027]-[0034] and claim 1.	1-22
A	KR 10-2002-0034988 A (ZETETIC INSTITUTE) 09 May 2002 See abstract, pages 32-39 and claim 1.	1-22
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
<p>* 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</p> <p>"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</p>		
Date of the actual completion of the international search 28 July 2014 (28.07.2014)	Date of mailing of the international search report 29 July 2014 (29.07.2014)	
Name and mailing address of the ISA/KR International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon Metropolitan City, 302-701, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-472-7140	Authorized officer CHOI, Sang Won Telephone No. +82-42-481-8291	
		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/US2014/032842

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 7659975 B1	09/02/2010	None	
US 2012-0044486 A1	23/02/2012	IL 230700 D0 KR 10-2014-0054134 A TW 201319554 A US 8605275 B2 WO 2013-016526 A1	31/03/2014 08/05/2014 16/05/2013 10/12/2013 31/01/2013
US 2007-0081151 A1	12/04/2007	JP 2009-511878 A JP 5161094 B2 US 7554656 B2 WO 2007-044320 A2 WO 2007-044320 A3	19/03/2009 13/03/2013 30/06/2009 19/04/2007 06/12/2007
US 2002-0080344 A1	27/06/2002	JP 11-237225 A US 2001-0015802 A1 US 6256092 B1 US 6384909 B2 US 6683683 B2	31/08/1999 23/08/2001 03/07/2001 07/05/2002 27/01/2004
KR 10-2002-0034988 A	09/05/2002	CN 1146717 C0 CN 1249810 A0 CN 1309759 A0 CN 1351705 A0 EP 1012535 A1 EP 1084378 A1 EP 1161654 A1 JP 2001-513191 A JP 2002-517710 A JP 2002-539494 A JP 4229472 B2 KR 10-2001-0083041 A US 5760901 A US 6091496 A WO 00-55572 A1 WO 98-35204 A1 WO 99-63300 A1	21/04/2004 05/04/2000 22/08/2001 29/05/2002 28/06/2000 21/03/2001 12/12/2001 28/08/2001 18/06/2002 19/11/2002 25/02/2009 31/08/2001 02/06/1998 18/07/2000 21/09/2000 13/08/1998 09/12/1999

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(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,R,S,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),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,H,R,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

(72)発明者 パロンバ ステファノ

アメリカ合衆国 カリフォルニア サン ノゼ ブッシュ ストリート 88 ユニット 212
8

F ターム(参考) 2G051 AA51 AA56 AA71 AB06 BA06 BA08 BA10 BA11 BB07 BB11
BC06 BC07 CA02 CA03 CB01 CC07 CC09 CC15 CD04 CD05
DA06 EA03 EA11 EA16 EB09 EC01 ED03 ED08 ED11
4M106 AA01 AA09 BA05 BA08 CA39 DB02 DB04 DB16 DJ07 DJ18