

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6931084号
(P6931084)

(45) 発行日 令和3年9月1日 (2021.9.1)

(24) 登録日 令和3年8月16日 (2021.8.16)

(51) Int.Cl.

H01L 21/66 (2006.01)
G01N 23/2251 (2018.01)

F 1

H01L 21/66
G01N 23/2251

J

請求項の数 16 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2019-559038 (P2019-559038)	(73) 特許権者	500049141 ケーレルエー コーポレイション アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピ タス ワン テクノロジー ドライブ
(86) (22) 出願日	平成30年5月4日 (2018.5.4)	(74) 代理人	110001210 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
(65) 公表番号	特表2020-519017 (P2020-519017A)	(72) 発明者	サー カウシク ベルギー ケッセル ロー ワーテルレリ ープレイン 5 ビー-301
(43) 公表日	令和2年6月25日 (2020.6.25)	(72) 発明者	クロス アンドリュー ジェイムズ イギリス チェシャー オルトリナム ヘ イル ブルームフィールド レーン 35
(86) 國際出願番号	PCT/US2018/031002	(72) 発明者	マーニ アントニオ ベルギー ルーパン ケッセルダラン 3 6 アパートメント 0402
(87) 國際公開番号	W02018/204731		最終頁に続く
(87) 國際公開日	平成30年11月8日 (2018.11.8)		
審査請求日	令和3年4月20日 (2021.4.20)		
(31) 優先権主張番号	62/502,459		
(32) 優先日	平成29年5月5日 (2017.5.5)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	15/671,230		
(32) 優先日	平成29年8月8日 (2017.8.8)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】光学検査結果に発する計量案内型検査サンプルシェイピング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コントローラにて、1つまたは複数のウェハについての計量計測結果及び検査計測結果を受け取るステップと、

上記コントローラを用いウェハのフィールド上で上記計量計測結果を補間及び/又は外挿することで修正計量データを生成するステップであって、上記フィールドが上記ウェハの表面を横断するデバイスを包含し、上記修正計量データが上記ウェハの上記表面を横断する均一なグリッドである、ステップと、

上記コントローラを用い上記検査計測結果由来の欠陥属性を、オーバレイベクトルを含む上記修正計量データと関連付けるステップと、

上記コントローラを用い、上記欠陥属性における最大のばらつき及び上記修正計量データに基づき重みづけされたウェハレビューサンプリングプランを生成するステップと、
を有する方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、更に、上記ウェハレビューサンプリングプランに基づき走査型電子顕微鏡で以て上記ウェハの検査を実行するステップを有する方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の方法であって、更に、上記ウェハに係る上記ウェハレビューサンプリングプランに基づき走査型電子顕微鏡で以て別のウェハの検査を実行するステップを有する方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の方法であり、上記補間が生じる方法であって、その補間に局所線形補間が含まれる方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法であり、上記補間が生じる方法であって、上記計量計測結果が上記ウェハの全表面に関するものであり、その補間がそのウェハの全表面を横断するものである方法。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法であって、上記計量計測結果にオーバレイ、照射量、焦点、限界寸法及びトポグラフィのうち少なくとも一つが含まれる方法。

10

【請求項 7】

請求項 1 に記載の方法であり、上記補間が生じる方法であって、その補間にモデル依拠手法が含まれる方法。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法であって、上記フィールドが上記ウェハの全表面である方法。

【請求項 9】

走査型電子顕微鏡及び計量ツールと電子通信するコントローラを備え、そのコントローラが、プロセッサと、そのプロセッサと電子通信する電子データ格納ユニットと、を有し、そのコントローラが、

1 枚又は複数枚のウェハについての計量計測結果及び検査計測結果を受け取り、

20

ウェハのフィールド上で上記計量計測結果を補間及び／又は外挿することで修正計量データを生成し、前記フィールドが前記ウェハの表面を横断するデバイスを包含し、上記修正計量データが上記ウェハの上記表面を横断する均一なグリッドであり、

上記検査計測結果由来の欠陥属性を、オーバレイベクトルを含む上記修正計量データと関連付け、且つ

上記欠陥属性における最大のばらつき及び上記修正計量データに基づき重みづけされたウェハレビューサンプリングプランを生成するよう、

構成されているシステム。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のシステムであって、上記コントローラが、更に、上記ウェハレビューサンプリングプランを上記走査型電子顕微鏡に送信するよう構成されているシステム。

30

【請求項 11】

請求項 9 に記載のシステムであって、上記計量計測結果にオーバレイ、照射量、焦点、限界寸法及びトポグラフィのうち少なくとも一つが含まれるシステム。

【請求項 12】

プログラムが格納された非一時的コンピュータ可読媒体であり、そのプログラムが、プロセッサに指令して、

ウェハのフィールド上で 1 枚又は複数枚のウェハについての計量計測結果を補間及び／又は外挿することで修正計量データを生成させ、前記フィールドが前記ウェハの表面を横断するデバイスを包含し、上記修正計量データが上記ウェハの上記表面を横断する均一なグリッドであり、

40

上記ウェハの検査計測結果に由来する欠陥属性を、オーバレイベクトルを含む上記修正計量データと関連付けさせ、且つ

上記欠陥属性における最大のばらつき及び上記修正計量データに基づき重みづけされたウェハレビューサンプリングプランを生成させるよう、

構成されている非一時的コンピュータ可読媒体。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の非一時的コンピュータ可読媒体であり、上記補間が生じる非一時的コンピュータ可読媒体であって、その補間に局所線形補間が含まれる非一時的コンピュータ可読媒体。

50

【請求項 1 4】

請求項 1 2 に記載の非一時的コンピュータ可読媒体であり、上記補間が生じる非一時的コンピュータ可読媒体であって、上記計量計測結果が上記ウェハの全表面に関するものであり、その補間がそのウェハの全表面を横断するものである非一時的コンピュータ可読媒体。

【請求項 1 5】

請求項 1 2 に記載の非一時的コンピュータ可読媒体であって、上記計量計測結果にオーバレイ、照射量、焦点、限界寸法及びトポグラフィのうち少なくとも一つが含まれる非一時的コンピュータ可読媒体。

【請求項 1 6】

請求項 1 2 に記載の非一時的コンピュータ可読媒体であり、上記補間が生じる非一時的コンピュータ可読媒体であって、その補間にモデル依拠手法が含まれる非一時的コンピュータ可読媒体。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本件開示はウェハ検査に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

(関連出願への相互参照)

20

本願では、2017年5月5日付米国仮特許出願第62/502459号に基づき優先権を主張するので、参照を以てここにその開示内容を繰り入れることにする。

【0 0 0 3】

半導体製造業の発展のため歩留まり管理、とりわけ計量及び検査システムについてのそれにかつてなく大きな要請が課せられている。限界寸法(クリティカルディメンション)が縮む一方でウェハサイズが増している。経済的に業界が駆り立てられ、高歩留まり高附加值生産を達成するための時間が減らされている。即ち、歩留まり問題を察知してからその是正までの総時間を短縮することが、半導体製造業者にとり投資収益率の決め手となっている。

【0 0 0 4】

30

ウェハは様々な技術を用いて検査することができ、それら技術は、通常は光学的方法や走査型電子顕微鏡(SEM)に依拠している。以前は広帯域プラズマ(BBP)属性がSEM検査サンプリングの判別に用いられていた。計量入力は用いられていなかった。

【0 0 0 5】

デザインノードが縮み続けているため、ホットスポットの僅かな不具合に関わる光学的信号対雑音比がより面倒な問題になってきている。ホット検査(例.潜在的欠陥の存在を判別するためのしきい値がその検査のノイズフロアにかなり近い検査)を実行した上で、捉えた欠陥の様々な属性を用い精巧なサンプリングを実行してSEM確認に供することができる。とはいえる、これは非常に高価な技術となりうる。ホット検査によって、注目欠陥が検出される蓋然性を高めうるものの、かなり高いヌーサンス率がその代償となる。光学検査で検出された百万個超の欠陥のなかから欠陥が5000個未満しかサンプリングされないこともあります。これらプロセスばらつきは、通常、ウェハレベル又は露出フィールドレベル搖らぎの関数として発生する。また、光学検査抜き案内型SEMレビュー又はSEM検査は見込みが限定的であり、なぜかと言えばどのウェハ/フィールドエリアを探求すべきかについての情報が限られるからである。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 6】

【特許文献 1】米国特許出願公開第2011/0170091号

【特許文献 2】米国特許出願公開第2015/0029499号

50

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

従って、改善されたSEM検査及びレビュー技術及びシステムが必要とされている。

【課題を解決するための手段】**【0008】**

第1実施形態では方法が提供される。計量計測結果及び検査計測結果がコントローラにて受け取られる。それら計量計測結果及び検査計測結果は1枚又は複数枚のウェハについてのものである。そのコントローラを用いウェハのフィールド上で計量計測結果を補間及び/又は外挿することで修正計量データが生成される。そのコントローラを用い検査計測結果由来の欠陥属性がその修正計量データに関連付けされる。そのコントローラを用いそれら欠陥属性及び修正計量データに基づきウェハレビューサンプリングプランが生成される。

【0009】

上記ウェハレビューサンプリングプランに基づき、上記ウェハ又は別のウェハについて走査型電子顕微鏡での検査を実行することができる。

【0010】

上記修正計量データを、上記ウェハを横断する均一なグリッドとすることができる。

【0011】

上記補間に局所線形補間又はモデル依拠手法を含めることができる。

20

【0012】

上記計量計測結果を上記ウェハの全表面に係るものとすることができ、また上記補間を、そのウェハの全表面を横断するものとすることができる。

【0013】

上記計量計測結果にはオーバレイ、照射量、焦点、限界寸法及びトポグラフィのうち少なくとも一つを含めることができる。

【0014】

上記フィールドを上記ウェハの全表面とすることができる。

【0015】

第2実施形態ではシステムが提供される。本システムは、走査型電子顕微鏡及び計量ツールと電子通信するコントローラを備える。そのコントローラは、プロセッサと、そのプロセッサと電子通信する電子データ格納ユニットと、を有する。そのコントローラは、計量計測結果及び検査計測結果を受け取り、ウェハのフィールド上でその計量計測結果を補間及び/又は外挿することで修正計量データを生成し、その検査計測結果由来の欠陥属性をその修正計量データと関連付け、そしてそれら欠陥属性及び修正計量データに基づきウェハレビューサンプリングプランを生成するよう、構成及び/又はプログラミングされる。それら計量計測結果及び検査計測結果は1枚又は複数枚のウェハについてのものである。

【0016】

上記ウェハレビューサンプリングプランを上記走査型電子顕微鏡に送信するよう上記コントローラを構成及び/又はプログラミングすることができる。

30

【0017】

上記計量計測結果にはオーバレイ、照射量、焦点、限界寸法及びトポグラフィのうち少なくとも一つを含めることができる。

【0018】

第3実施形態では非一時的コンピュータ可読媒体が提供される。本非一時的コンピュータ可読媒体にはプログラムが格納され、そのプログラムが、ウェハのフィールド上で計量計測結果を補間及び/又は外挿することで修正計量データを生成し、そのウェハについての検査計測結果に由来する欠陥属性をその修正計量データと関連付け、そしてそれら欠陥属性及び修正計量データに基づきウェハレビューサンプリングプランを生成せよと、プロ

40

50

セッサに指令するよう構成される。それら計量計測結果及び検査計測結果は1枚又は複数枚のウェハについてのものである。

【0019】

上記修正計量データを、上記ウェハを横断する均一なグリッドとすることができます。

【0020】

上記補間に局所線形補間又はモデル依拠手法を含めることができます。

【0021】

上記計量計測結果を上記ウェハの全表面に関するものにすることができます、また上記補間を、そのウェハの全表面を横断するものとすることができます。

【0022】

上記計量計測結果にはオーバレイ、照射量、焦点、限界寸法及びトポグラフィのうち少なくとも一つを含めることができます。

【0023】

本件開示の性質及び諸目的についてのより遺漏なき理解のためには、以下の添付図面と併せ後掲の詳細記述を参照すべきである。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本件開示に係る方法の実施形態のフローチャートである。

【図2】ウェハレベルフィンガプリントを示す限界寸法(CD)データ例の図である。

【図3】イントラフィールド及びウェハレベルシグネチャを示すオーバレイデータ例の図である。

【図4】高い欠陥カウントを示すホットスポットに関するホット光学検査ウェハマップ例の図である。

【図5】既存技術を用いた欠陥5000個のSEMサンプリング例(左図)並びにその結果たるキラー欠陥シグネチャでありSEMレビュー及び分類後のキラー欠陥が100個未満のもの(右図)を示す図である。

【図6】デザインクリップ(左図)及びホットスポット例のSEM像(右図)を示す図である。

【図7】一例フィールドに係るポストSEMレビューキラーシグネチャ(左図)並びにそれと同じフィールドについての密オーバレイ計測結果であり高い相関度を示すもの(右図)を示す図である。

【図8】本件開示に係るシステムのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

特許請求の範囲記載の主題を特定の諸実施形態により記述するけれども、本願中で説明されている全ての長所及び特徴を提供しない諸実施形態を含め、他の諸実施形態もまた本件開示の技術的範囲内となる。様々な構造的、論理的、処理ステップ的及び電子的改変を、本件開示の技術範囲から離隔せずになすことができる。このように、本件開示の技術的範囲は添付する特許請求の範囲への参照によってのみ定義される。

【0026】

計量ツールは、微妙な不具合につながりうるプロセスばらつきについての情報を運んでくる。計量ツールからのこの情報を用いることで、SEMレビューを改善し誤り率(フォールスレート)を下げることができる。この手法によれば、また、(例、オーバレイドリフト、CDドリフト又はその双方にリンクされたホットスポットである)欠陥形成に関し根本原因に光を当てて根本原因徹底分析メソッドに集中することができる。また、計量入力その他の入力の使用により、光学検査結果欠如時でさえも案内型SEMレビュー又は検査を行うことができる。

【0027】

本願開示の諸実施形態に係る技術及びシステムによれば、オーバレイツール及び光学的限界寸法(OCID)ツールからの入力を採取しそれぞれオーバレイ、CD、照射量及び焦

10

20

30

40

50

点計量データにアクセスすることで、光学的欠陥検査結果からのより包括的で好代表的な SEMサンプリングが可能となる。これにより、デザインホットスポットを狙うこと又はその他の諸機能を実行することができる。計量ツールから得た高空間密度サンプリング計測結果により、ウェハ横断的（アクロスウェハ）なデザインホットスポットサンプリングだけでなくフィールド内（イントラフィールド）レベルのそれに関しても、付加的な諸属性を提供することができる。これにより、通常プロセスで希望又は期待されるそれより大きなばらつきを呈する諸エリアにフラグ付することができる。既存の光学属性を用いることで、それらアクロスウェハ又はイントラフィールド効果を、新種注目パターン探索並びにプロセス窓に対するそれらの効果の双方に組み込むことにより、ホットスポット探索に關し SEMサンプリングを改善することができる。また、このサンプリング手法を用い既知ホットスポットをより効果的に監視することができる。

10

【0028】

図1は方法100のフローチャートである。101では、1枚又は複数枚のウェハについての計量計測結果及び検査計測結果がコントローラにて受信される。それら計量及び検査計測結果は、同じウェハについてのものでも別々のウェハについてのものでもかまわない。その計測データは計測座標及び計測値のリストなる形態を採りうる。その計量計測結果にはオーバレイ、照射量、焦点、CD及びトポグラフィ（例、ナントポグラフィ、ウェハ表面平坦度等々）のうち少なくとも一つを含めうる。また、本技術によれば、他計量ツールからの計測結果を、リストにあるものとは異なる種類の欠陥形成関連計量結果と併用することもできる。

20

【0029】

計測データの一例としては、ツールの機器出力を処理することで画像が得られる。このツール出力は、通常、計測（例、物理寸法例えはCD、オーバレイ、局所的面内変位等々の計量）又は検査属性（例、欠陥の検出）がウェハ上におけるその在処（例、座標）と共に通知されるリスト、なる形態を探る。

【0030】

即ち、到来する計量データは1個又は複数個の値（例、X, Y）なる態を採りうる。データ収集にはサンプリングの関数たるグリッドが利用される。均一又はスパースなサンプリングプランを用いればよい。補間が必要になりうるのは、初期的に規則的なグリッドが与えられている下で、2個の相異なる既存サンプリング個所間にて計量属性を推定する必要がある場合である。外挿が必要になりうるのは、初期サンプリンググリッドが不規則、スパース及び/又は非対称なときである。

30

【0031】

一例としては密なオーバレイ及び OCD 計測結果がウェハに關し得られる。それら計測結果の諸例を、図2のCDデータ例及び図3のオーバレイデータ例に見いだすことができる。

【0032】

翻って、図1の102では計量計測結果がコントローラを用い補間及び/又は外挿される。それら計量計測結果をウェハのフィールド上で補間及び/又は外挿することで、修正計量データを生成することができる。計量計測結果の補間及び/又は外挿は、それら計量計測結果を発生させたのと同じウェハ上で行っても別のウェハ上で行ってもよい。補間や外挿は相応な分解能を用い行わせることができる。一例としては補間がウェハ全体を横断するものとされる。それぞれCD、オーバレイに関する図2、図3に見られる通り、アクロスウェハばらつき、イントラフィールドばらつきが存在しうる。

40

【0033】

外挿は計測範囲外にある諸点に關しても実行することができる。外挿を用いることで、見かけ上、計量値を諸計測個所の外側（計測範囲外）に拡大することができる。計量値の具体的分布はリソグラフィプロセスの性質、即ちフィールドの全ウェハ横断的印刷、ウェハ全体が一度にエッチングされるエッチング、並びにそれらの相互作用が繰り返され、それが最終観測計量属性分布に寄与する、という性質による、ウェハ規模現象及びフィール

50

ド規模現象に左右されうる。例えば、諸サンプリング点のフィールドレベル分布が左に偏った初期スクリーニングサンプリング（例・スペース又は非対称なもの）の下では、フィールドレベルでの外挿によって、そのフィールドの右側（サンプリングされていない側）に関するデータを得ることが、必要となろう。上掲の諸点と隣のフィールドに係る他の何らかの点との間の補間を用いて、その計量データのウェハレベル分布を推定することも可能ではあるが、フィールドレベル分布の推定に関するほどには有用でなかろう。従って、フィールドレベル外挿が必要となりうる。

【0034】

計量データを所定の分解能を有するグリッドに分割してもよい。これは補間／外挿ステップ中に実行することができる。モデル依拠手法を用いることができ、その場合、ひとたび実計測を踏まえモデルが推論されたあつきには補間を連続的に行って光学検査座標に直接変換することができるので、明示的なグリッドが必要とされない。

10

【0035】

計量計測結果の推定には局所線形補間、モデル依拠手法、確率分布その他の諸技術を取り入れてもよい。局所線形補間では三角法に線形補間が後続する。モデル依拠手法では並進項、回動項又はスキューワ（捩れ）項が現れうる。モデル依拠手法の例は物理モデルの線形回帰であり、所望個所にてコンパクトなモデル形態に戻すことができる。統計的方法は、確率分布を空間座標の関数として求め、それに係る密度関数に関し解くのに、用いることができる。諸モデルパラメタは、計測データについての損失関数（例・最小二乗誤差）を最適化することで、求めることができる。目標は、実計測が不可能であった個所のうち、そのウェハ上のデバイスのデバイス歩留まり決定エリア内にある個所での、計量値の推定に置くことができる。

20

【0036】

修正計量データはそのウェハを横断する均一なグリッドとすればよい。例えば、そのグリッドを $1\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ としるけれども、他の値にしてもよい。小さめのグリッドを用いた方がよいが、場合によってはそれらが補間に影響しかねない。モデル依拠手法の場合、グリッドサイズを明示的に定める必要がなく、入力たる注目座標で以てそのモデル式を解くことで、そのモデルを用い光学検査（又は他の何らかの所定セットの）座標を直に踏まえて、諸計量値の計算を直に実行することができる。

30

【0037】

ある例によれば、それら計量計測結果をそのウェハの全表面に関するものとすること、並びにその補間をそのウェハの全表面を横断するものとすることができます。

【0038】

また、適用可能な場合には例えばオーバレイ計測とCD計測の組合せ等、様々な計量計測結果を用い明示的指標を定めるステップを、補間／外挿に含めることもできる。

【0039】

個別欠陥に係る計量データ属性をレビューサンプリングに用いることができる。103では、コントローラを用い、検査計測結果由来の欠陥属性が修正計量データと関連付けされる。それら検査計測結果は修正計量データに整列させる方がよい。これは、検査・計量計測結果間でウェハ中心・フィールド隅部間オフセットを補正することで、達成することができる。

40

【0040】

欠陥属性は場所その他のデータとすることができる。欠陥の在処により座標を補間及び／又は外挿向け、ひいては計量関連付け向けに提供することができる。とはいって、欠陥属性は、検査ツールその他の半導体処理ツールにより通知される欠陥に備わるいずれの特性であってもかまわず、欠陥信号、ノイズ、エネルギー、極性、形状、粗さ、輝度、背景デザイン情報その他の情報がそれに含まれうる。

【0041】

局所線形法その他の諸技術（グリッド依拠補間の場合）及び直接計算（モデル依拠手法の場合）を、諸欠陥を修正計量データと関連付けるのに用いることができる。図6に、デ

50

ザインクリップ（左図）及びホットスポット例のSEM像（右図）であり、レイアウト全体に亘り全デザインインスタンスが光学的に検査されたそれを示す。図4中の光学検査結果はこのホットスポットに属している。とはいえ、何個のホットスポットが含まれていてもかまわない。従来のホットスポット情報は不要となりうる。検査はフィールド全体（レイアウト）について実行することができる。

【0042】

図7に、あるフィールド例に関するポストSEMレビュークリーシグネチャ（左図）並びにそれと同じフィールドについての密オーバレイ計測結果であり高い相関度を示しているもの（右図）を示す。左図上の各欠陥は右図上の読み取値と関連付けられている。即ち、各欠陥属性が計量データと関連付けられている。オーバレイベクトルの絶対値（この場合そのベクトルの成分のうち一つ）が大きい諸個所は、そのオーバレイ絶対値に対し密接（コヒーレント）な欠陥形成傾向を呈しうる。ある例では、諸欠陥属性を計量データと関連付けるため、オーバレイ誤差が大きい諸個所を、SEMにより確認された通り欠陥形成に帰着させる。

10

【0043】

104では、コントローラを用いウェハレビューサンプリングプランが生成される。このウェハレビューサンプリングプランは諸欠陥属性及び修正計量データに基づくものとされうる。ウェハレビューサンプリングプランは、複数通りの欠陥属性に基づき諸アルゴリズムを用い生成することができる。欠陥属性空間が、諸計量値を包含しうるほど拡がっていなくてもよい。寧ろその点は柔軟たりうる。制約条件、例えばサンプル1個当たりの最大欠陥個数は前もって定めておくことができる。即ち、ウェハレビューサンプリングプランをカスタマイズすることができる。

20

【0044】

ウェハレビューサンプリングプランを、不具合の更なる探索、根本原因究明及び分類のため今後画像を捉えるべき個所のリストにするとよい。そのウェハレビューサンプリングプランを生成するためのコントローラ向け入力を、そのウェハのエリアのうち、その計量入力、諸欠陥光学属性及び/又はデザインの諸幾何特性に基づき諸高リスク個所を抽出する諸アルゴリズムに依拠して諸優先個所を抽出することができるエリアとしてもよい。

【0045】

そのレビューサンプリングプランによりウェハ上の特定諸エリア、例えば最高のばらつきを有するそれらに加重することができる。諸計量属性によりそのレビューサンプリングプランを整えることができ、それによりそのレビューをよりランダムでないものにすること及び偽インスタンスを減らすことができる。ダイ内の又はウェハ横断的な諸関係を勘案することができる。

30

【0046】

ある例によれば、サンプリングによって、極端なCD及び/又はオーバレイ誤差値を有する諸欠陥にバイアスすることができる。CD、オーバレイ、ウェハ形状及び表面ナノトポグラフィ属性を結び付けて單一定式（指標）にする属性を定め、その属性をそのサンプリング中に用いることもできる。

【0047】

40

別の例ではウェハエッジが大きなCDばらつきを呈することがある。ウェハレビューサンプリングプランによりそうしたウェハエッジ寄りにバイアスしてもよい。

【0048】

別の例では、そのウェハを横断する強いイントラフィールド効果が存することがある。ウェハレビューサンプリングプランの的をそのフィールドの特定諸エリアに絞ってもよい。

【0049】

更なる別例では、大きなダイ対ダイ計量データ内ばらつきが存することがある。ウェハレビューサンプリングプランの的をそのダイの特定諸エリアに絞ってもよい。

【0050】

50

加えて、そうした効果の組合せにより、特定諸エリアに係りフィールドで以て且つウェハ横断的に加重されたサンプルがもたらされることもありうる。

【0051】

更なる別例によれば、計量データのフィールド又はウェハレベル分布を用い信頼水準を得ること及び外れ値を特定することができる。

【0052】

更なる別例によれば、サンプリングされた個所を用い諸光学検査ツールを案内し、更に狙いとする検査に供することができる。それらサンプリング個所を、それらの背景デザインと、集まっていれば諸SEM像とに基づき、更に分析することで、そのデバイスの諸肝要領域をハイライトすることができる。そして、それらの領域を、ウェハ横断的な効率的欠陥監視のため、或いは新規な諸ホットスポットを見つけるため、光学的に検査することができる。事前光学検査抜きの場合、計量計測結果のグリッド依拠推定を用い諸サンプル個所を特定することができる。

10

【0053】

104にて、ウェハレビューサンプリングプランを、機械学習技術により生成することもできる。この手法では、類似するウェハ上の諸欠陥を履歴分類したものが訓練セットとして利用され、それにより一組のニューラルネットワークが訓練される。このデータセットは諸検査属性と併せ諸計量値をも有しているため、それら訓練されたモデルには欠陥形成に対する計量ばらつきの寄与分が入っている。そして、その訓練済モデルを他の諸ウェハについて用いることで、レビューサンプルプランを生成することができる。

20

【0054】

走査型電子顕微鏡によるウェハの検査を、そのウェハレビューサンプリングプランに基づき実行することができる。2枚目のウェハ（計量及び検査計測の基礎となったウェハとは別のもの）の検査も、そのウェハレビューサンプリングプランに基づき実行することができる。即ち、そのウェハレビューサンプリングプランを他の諸ウェハ、例えば同ロット内のもの、類似した製造工程が実行されたもの又は類似したデバイスを含むものに、適用することができる。

【0055】

本願開示の諸実施形態によれば、さもなければ見逃されかねないユニークなシグネチャを捉えることができる。図4は、高い欠陥カウントを示す光学検査ウェハマップの例である。そのカウントは例えば欠陥約60000個となりうる。図5に、既存技術を用いた欠陥5000個のSEMサンプリング例（左図）並びにキラー欠陥シグネチャでありSEMレビュー及び分類後のキラー欠陥が100個未満のもの（右図）を示す。ランダムなサンプルではキラー欠陥全ては検出されそうにない。とはいっても、計量データによりそのウェハレビューサンプリングプランの目的がウェハの中央ではなくエッジに絞られる（又はそれ向けに同プランが整えられる）ので、本願開示の実施形態を用いることでその欠陥分布を捉えられそうである。即ち、それらキラー欠陥その他の致命的欠陥がより捉えられやすい。更に、本願開示の諸実施形態のうち一つを用いると、例えばほんの500個の欠陥のサンプルによって、SEMで以て5000個の欠陥がサンプリングされたかのように、同じ結果を提供することができる。即ち、これは製造者にとりコスト節約となり且つ製造スループットが向上する。

30

【0056】

諸計量ツール由来の非欠陥属性を、光学的に検出された諸欠陥に適用することで、SEMに係るサンプリングを改善することができる。SEMサンプリングの増強により系統的パターニング欠陥の発見機会を増やすこと及び誤り率を下げることができる。ホットスポット探索時には、通常、大きな検査サンプルがSEMレビュー向けに選択される。これを、最大でも例えば10000個の欠陥とすることができる。これにより、歩留まりに影響しやすい多様な種類のホットスポットにフラグ付することができる。即ち、重要たりうることに、誤り率を制限することができ、且つスキヤナ、プロセス及び／又は入来ウェハ品質ばらつきに由来しうる諸欠陥への荷重を増やすことができる。それらのばらつきは様々

40

50

な計量、例えばオーバレイ、CD、焦点、照射量又はトポグラフィのそれにより捉えられる。

【0057】

定められたプロセス窓の正確性を改善することができる。小さなスキャナ及びプロセスばらつきにリンクする系統欠陥にフラグ付けされているのであれば、それによって、より正確なプロセスマージンひいてはプロセス窓を提供することができる。

【0058】

諸系統欠陥が計量データにリンクされているのならプロセス窓も拡張されうる。計量サンプリングへのフィードバックによる監視の有効性の改善を実現することができる。付加的な諸計量属性を欠陥検査結果に対しました光学欠陥サンプリングにて適用することができる。

10

【0059】

光学検査結果抜き案内型SEMレビュー又はSEM検査が可能となりうる。光学検査抜きで案内型SEMレビューにより諸欠陥にフラグ付するには、見る個所を知らないでウェハ上をナビゲートすることが必要となりうるし、相応なウェハエリア覆域でもそれは時間浪費的で非現実的なものとなりうる。計量データを用いることでこのサーチエリアを劇的に減らすことができる。デザインの複雑性と注目デバイスとを組み合わせることで、SEM検査又はレビューをウェハレベルに局所化してホットスポットを効率的にサーチすることができる。

【0060】

別の実施形態、特に光学検査が実行されないものでも、案内型SEMレビュー検査を実行することができる。ある実施形態によれば、ホットスポットや欠陥種別について前もって何も分かっていない場合でも、計量データのみに基づき欠陥探索をなおも実行することができる。補間された計測結果を用いることで、SEM検査又はレビューに係る配慮エリア内で極端なばらつきを呈する諸エリアに狙いを付けることができる。別の実施形態によれば、(例.ホットスポットライラリ、第1回光学検査実行等々)ホットスポット構造が判明している場合に、プレ光近接効果補正(OPC)グラフィックデータベースシステム(GDS)(例.ウェハについてのデザイン意図)についてのパターンサーチによって、そのホットスポットに関する全てのデザイン発生にフラグ付することができる。通常は、これらはフィールド1個当たり数千回の発生となりうる。それらの個所を、SEMレビュー又は検査に係る計量データ毎にサブサンプリングすることができる。

20

【0061】

本願記載の諸実施形態をシステム、例えば図8のシステム200を有し又はそこで実行されるものとしてもよい。本システム200は、少なくともエネルギー源及び検出器を有する出力獲得サブシステムを有している。その出力獲得サブシステムの例は電子ビーム式出力獲得サブシステムである。例えばある実施形態では、ウェハ204に向かうエネルギーに電子が含まれ、そのウェハ204から検出されるエネルギーに電子が含まれる。この形態におけるエネルギー源の例は電子ビーム源202である。図8に示すその種の実施形態では、出力獲得サブシステムが電子光学カラム201を有し、それがコントローラ207に結合されている。コントローラ207は、1個又は複数個のプロセッサ208と、1個又は複数個のメモリ209とを、有するものとすることができます。各プロセッサ208はメモリ209のうち1個又は複数個と電子通信することができます。ある実施形態では、当該1個又は複数個のプロセッサ208が可通信結合される。この構成によれば、当該1個又は複数個のプロセッサ208がウェハ204の像を受け取り、その像をコントローラ207のメモリ209内に格納することができます。コントローラ207は、少なくとも1個のプロセッサ208と電子通信する通信ポート210をも有するものとすることができます。コントローラ207を本システム200の一部分としてもよいし、本システム200から分離させてもよい。

30

【0062】

これも図8に示す通り、電子光学カラム201は、電子を生成するよう構成された電子

40

50

ビーム源 202 を有しており、それら電子が 1 個又は複数個の要素 203 によりウェハ 204 の方へと集束されている。電子ビーム源 202 にはエミッタを設けることができ、1 個又は複数個の要素 203 には、例えばガソレンズ、アノード、ビーム制限アーチャ、ゲートバルブ、ビーム流選択アーチャ、対物レンズ及び / 又は走査サブシステムを含めることができる。電子カラム 201 には、本件技術分野で既知で好適な他のあらゆる要素を設けることができる。電子ビーム源 202 が 1 個しか描かれていないが、本システム 200 に複数個の電子ビーム源 202 を設けてもよい。

【 0063 】

ウェハ 204 から返戻された電子（例、二次電子）は、1 個又は複数個の要素 205 により検出器 206 の方へと集束させることができる。1 個又は複数個の要素 205 には例えば走査サブシステムを含めることができ、またそれは、要素 203 に含まれるものと同じ走査サブシステムとすることができる。電子カラム 201 には、本件技術分野で既知で好適な他のあらゆる要素を設けることができる。

【 0064 】

図 8 に示した電子カラム 201 は、電子がある斜め入射角にてウェハ 204 に差し向けられ別の斜め角にてウェハから散乱されるよう構成されているが、ご理解頂けるように、電子ビームをどのような好適角度でウェハに差し向かせてもよい。加えて、その電子ビーム式出力獲得サブシステムを、複数個のモードを用い（例、相異なる照明角、収集角等々で以て）ウェハ 204 の像を生成するよう、構成することができる。それら、電子ビーム式出力獲得サブシステムの複数個のモードは、その出力獲得サブシステムのいずれの画像生成パラメタが異なるものとされうる。

【 0065 】

コントローラ 207 は、検出器 206 その他、本システム 200 の諸部材と電子通信することができる。ウェハ 204 の表面から返戻された電子をその検出器 206 により検出してそのウェハ 204 の電子ビーム像を形成することができる。それら電子ビーム像にはあらゆる好適な電子ビーム像が含まれうる。コントローラ 207 は、本願記載の諸実施形態のいずれに従い構成してもよい。また、コントローラ 207 を、検出器 206 の出力及び / 又はそれら電子ビーム像を用い他の諸機能又は付加的な諸ステップを実行するよう構成してもよい。例えば、図 1 の諸ステップのうち一部又は全てを実行するようコントローラ 207 にプログラミングしてもよい。例えば、コントローラ 207 がウェハについての計量計測結果及び検査計測結果を受け取ってもよく、また、そのウェハのフィールド上で計量計測結果を補間及び / 又は外挿することで修正計量データを生成し、それら検査計測結果由来の諸欠陥属性をその修正計量データと関連付け、それら欠陥属性及び修正計量データに基づきウェハレビューサンプリングプランを生成するよう、そのコントローラ 207 にプログラミングすることができる。また、コントローラ 207 から命令を送りウェハレビューサンプリングプランを実行させることができる。例えば、コントローラ 207 から本システム 200、例えば走査型電子顕微鏡へとウェハレビューサンプリングプランを送信することができる。

【 0066 】

お察しの通り、実際のところ、コントローラ 207 をハードウェア、ソフトウェア及びファームウェアのどのような組合せで実現してもよい。また、その機能であり本願記載のものを単一のユニットによって実行しても複数個の部材間で分かれてもよく、更にはその部材それぞれをハードウェア、ソフトウェア及びファームウェアのどのような組合せで実現してもよい。コントローラ 207 に様々な方法及び機能を実行・実現させるためのプログラムコード又は命令は、コントローラ可読格納媒体内、例えばメモリ 209 内、コントローラ 207 内、コントローラ 207 外、或いはそれらの組合せに格納すればよい。

【 0067 】

注記されることに、本願に図 8 を設けたのは、電子ビーム式出力獲得サブシステムの構成を概略描写するためである。本願記載の電子ビーム式出力獲得サブシステムの構成は、商用の出力獲得システムを設計する際通常行われている通り、その出力獲得サブシステム

10

20

30

40

50

の性能を最適化すべく改変することができる。加えて、本願記載の諸システム又はその構成諸部材を、既存システムを用いて（例・既存システムに本願記載の機能を付加することで）実現してもよい。その種のシステムのうちあるものでは、本願記載の諸方法をそのシステムの付随的機能として（例・そのシステムの他機能に加え）提供することができる。

【0068】

欠陥レビューシステムの一部分として開示したが、本願記載のコントローラ207又は諸方法を検査システムとの併用向けに構成してもよい。別の実施形態に従い、本願記載のコントローラ207又は諸方法を計量システムとの併用向けに構成してもよい。即ち、本願開示の諸実施形態はある種の分類向け構成を述べるものであり、相異なる用途に多少とも適した相異なるイメージング能力を有する諸システム向けに、多々ある要領に従い仕立て上げることができる。

【0069】

とりわけ、欠陥レビューツール、マスクインスペクタ、仮想インスペクタその他の諸装置に備わる検出器206その他の部材にコンピュータノード又はコンピュータクラスタを結合させ、その上に本願記載の諸実施形態を実装・インストールしてもよい。こうすることで、本願記載の諸実施形態によれば、これに限られるものではないがウェハ検査、マスク検査、電子ビーム式検査及びレビュー、計量又はその他の諸用途を初め、様々な用途にて用いうる出力を生成することができる。図8に示したシステム200の特性は、出力を生成するであろう試料を踏まえ上述の如く修正することができる。

【0070】

コントローラ207その他、本願記載のシステム（群）及びサブシステム（群）は、パーソナルコンピュータシステム、ワークステーション、イメージコンピュータ、メインフレームコンピュータシステム、ネットワーク機器、インターネット機器、並列プロセッサその他の装置を含め、様々な形態を採りうる。一般に、語「コントローラ」は、記憶媒体から得た命令を実行するプロセッサを1個又は複数個有する装置全てが包括されるよう、広義に定義することができる。また、そのサブシステム（群）又はシステム（群）には、本件技術分野で既知で好適なあらゆるプロセッサ、例えば並列プロセッサを具備させることができる。加えて、そのサブシステム（群）又はシステム（群）に、スタンドアロンツール又はネットワーク化ツールとして、高速処理プラットフォーム及びソフトウェアを具備させてもよい。

【0071】

本システムに複数個のサブシステムを具備させる場合、画像、データ、情報、命令等々をそれらサブシステム間で送れるよう、それら異種サブシステムを互いに結合させるとよい。例えば、あるサブシステムを更なるサブシステム（群）に結合させてもよく、それをどのような好適伝送媒体で行ってもよく、それに本件技術分野で既知で好適ないずれの有線及び/又は無線伝送媒体が含まれていてもよい。そうしたサブシステムのうち2個以上を共有コンピュータ可読格納媒体（図示せず）によって実質的に結合させてもよい。

【0072】

別の実施形態によれば、コントローラ207を、システム200の諸構成部材又はサブシステムのいずれに可通信結合させてもよく、またそれを本件技術分野で既知ないずれの要領で行ってもよい。更に、そのコントローラ207を、伝送媒体例えば有線及び/又は無線区間を有するそれにより他システムからデータ又は情報（例・検査システム例えばBBPツール、デザインデータが収まるリモートデータベース等からの検査結果）を受信及び/又は獲得するよう、構成してもよい。こうして、その伝送媒体を、そのコントローラ207と本システム200の他サブシステム又はシステム200外のシステムとの間のデータリンクとして、働かせてもよい。

【0073】

コントローラ207を、本システム200により生成された出力をそのコントローラ207にて受け取れるよう、本システム200の構成諸部材に何らかの好適な要領で（例・1個又は複数個の伝送媒体例えば有線及び/又は無線伝送媒体を含むそれを介し）結合さ

10

20

30

40

50

せてもよい。そのコントローラ 207 を、その出力を用い多数の機能を実行するよう構成してもよい。また例えば、そのコントローラ 207 を、その出力についての欠陥レビューを実行することなくメモリ 209 その他の格納媒体へとその出力を送るように、構成してもよい。そのコントローラ 207 は更に本願記載の如く構成されうる。

【 0074 】

更なる実施形態は、コントローラ上で実行可能なプログラムが格納された非一時的コンピュータ可読媒体、特に本願開示の如く S E M システムを整列させるコンピュータ実施方法を実行するためのそれに関する。とりわけ、図 8 に示すように、そのコントローラ 207 に、メモリ 209 その他の電子データ格納媒体と併せ、そのコントローラ 207 上で実行可能なプログラム命令群が組み込まれた非一時的コンピュータ可読媒体を具備させることができる。そのコンピュータ実施方法には、本願記載のあらゆる方法(群)のあらゆるステップ(群)を含めうる。メモリ 209 その他の電子データ格納媒体は格納媒体、例えば磁気又は光ディスク、磁気テープその他、本件技術分野で既知で好適なあらゆる非一時的コンピュータ可読媒体とすることができる。

10

【 0075 】

それらプログラム命令は、就中、手続きベース技術、要素ベース技術、及び/又はオブジェクト指向技術等を初め、諸種あるやり方のいずれに従い実現してもよい。例えば、Active X (登録商標) コントロール、C++ オブジェクト、Java Beans (登録商標)、Microsoft Foundation Classes (MFC)、SSE (ストリーミング SIMD エクステンション) その他のテクノロジ又は方法論を随意に用い、それらプログラム命令を実現すればよい。

20

【 0076 】

実施形態によっては、本願開示のシステム 200 並びに諸方法の様々なステップ、機能及び/又は動作が、電子回路、論理ゲート、マルチプレクサ、プログラマブル論理デバイス、ASIC、アナログ又はデジタルコントローラ/スイッチ、マイクロコントローラ及び情報処理システムのうち 1 個又は複数個により実行される。プログラム命令であり方法例えは本願記載のそれらを実現するそれを、キャリア媒体上で伝送させ又はその上に格納してもよい。そのキャリア媒体には格納媒体、例えばリードオンリメモリ、ランダムアクセスメモリ、磁気又は光ディスク、不揮発性メモリ、固体メモリ、磁気テープ等が含まれうる。キャリア媒体には伝送媒体、例えばワイヤ、ケーブル又は無線伝送リンクが含まれうる。例えば、本件開示の随所に記載の様々なステップを、単一のコントローラ 207 (又はコンピュータシステム) により実行しても、それに代え複数個のコントローラ 207 (又は複数個のコンピュータシステム) により実行してもよい。更に、本システム 200 の諸サブシステムが 1 個又は複数個の情報処理又は論理システムを有していてもよい。従って、上掲の記述は本発明についての限定としてではなく単なる例証として解されるべきである。

30

【 0077 】

本件開示の随所で用いられている「ウェハ」は、半導体又は非半導体素材で形成された基板等のことを指している。そうした半導体又は非半導体素材の例としては、これに限られるものではないが、単結晶シリコン、ヒ化ガリウム又は燐化インジウムがある。ウェハが 1 個又は複数個の層を有していてもよい。そうした層の例としては、これに限られるものではないがレジスト、誘電素材、導電素材又は半導体素材がある。そうした層については、これに限られるものではないが分離層、インプランテーション層等、多様な種類が本件技術分野で知られている。本願中の用語「ウェハ」は、その上にそうした層のいずれかが形成されうる基板を包括する意図のものである。

40

【 0078 】

本方法の各ステップは本願記載の如く実行されうる。また、本方法には、本願記載のコントローラ及び/又はコンピュータサブシステム(群)又はシステム(群)により実行可能なあらゆる他ステップ(群)を含めうる。それらのステップは 1 個又は複数個のコンピュータシステムにより実行することができ、またその又はそれらのコンピュータシステム

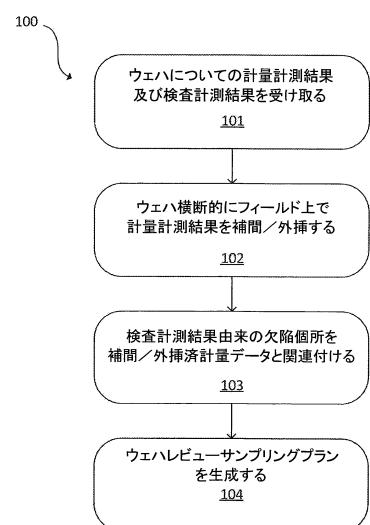
50

は本願記載の諸実施形態のいずれによっても構成することができる。加えて、上述の諸方法を本願記載のシステム実施形態のうちいずれにより実行してもよい。

【 0 0 7 9 】

本件開示について、1個又は複数個の具体的実施形態を基準にして記述してきたが、理解し得るように、本件開示の技術的範囲から離隔することなく、本件開示の他の諸実施形態をなすことができる。従って、本件開示は、添付する諸請求項及びその合理的解釈によってのみ限定されるものと認められる。

【図1】



【図2】

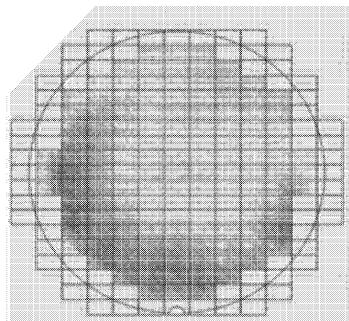


FIG. 2

【図3】

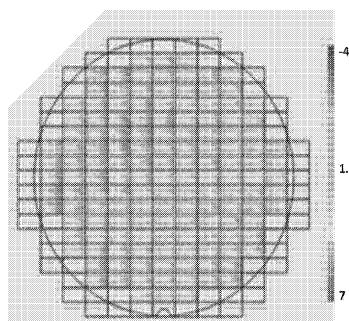


FIG. 3

【図4】

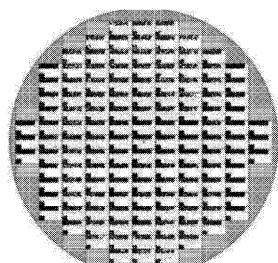


FIG. 4

【図6】

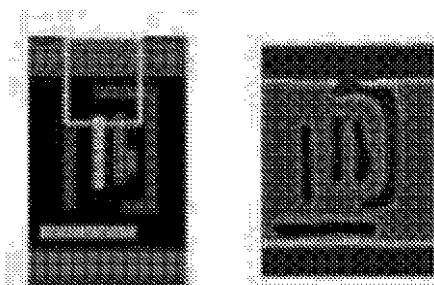


FIG. 6

【図5】

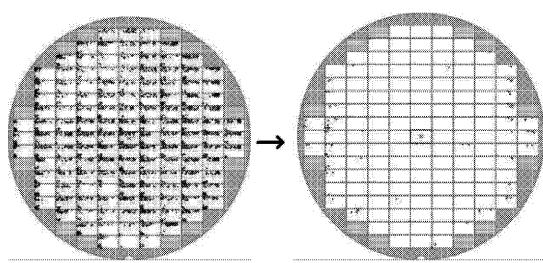


FIG. 5

【図7】

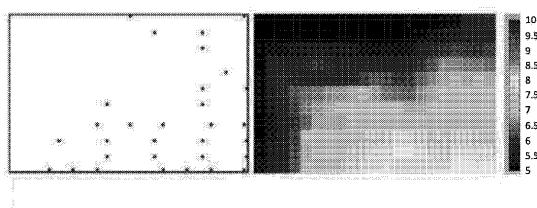


FIG. 7

【図8】

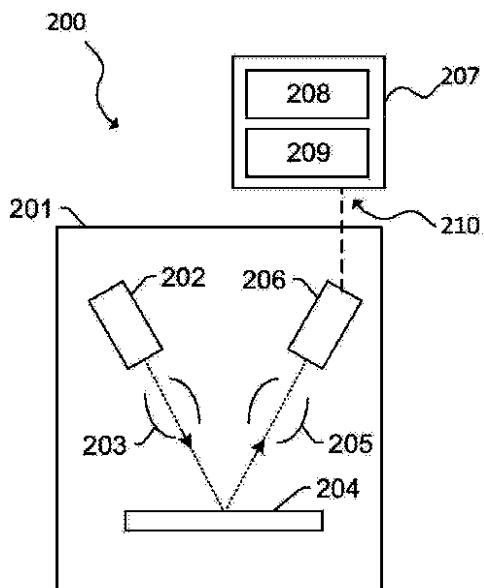


FIG. 8

フロントページの続き

早期審査対象出願

審査官 堀江 義隆

(56)参考文献 国際公開第2017/053581 (WO, A1)
国際公開第2017/040219 (WO, A1)
国際公開第2016/164372 (WO, A1)
特開2016-136151 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 L 21/66
G 01 N 23/2251
G 01 N 21/956