

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 2 区分

【発行日】平成 18 年 6 月 22 日 (2006.6.22)

【公表番号】特表 2001-522541 (P2001-522541A)

【公表日】平成 13 年 11 月 13 日 (2001.11.13)

【出願番号】特願平 11-541245

【国際特許分類】

H 0 1 L 21/66 (2006.01)

H 0 1 L 21/02 (2006.01)

G 0 1 N 21/956 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 21/66 J

H 0 1 L 21/02 Z

G 0 1 N 21/956 Z

【手続補正書】

【提出日】平成 18 年 1 月 25 日 (2006.1.25)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】補正の内容のとおり

【補正方法】変更

【補正の内容】

手 続 補 正 書

平成18年 1月25日

特許庁長官 中嶋 誠 殿

1 事件の表示

平成11年 特許願 第541245号

2 補正をする者

名 称 コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ
ヴィ

3 代 理 人

住 所 東京都千代田区霞が関3丁目2番4号

霞山ビルディング7階 電話(3581)2241 番(代表)

氏 名 (7205) 弁理士 杉 村 興 作



- 4 補正対象書類名 明細書、請求の範囲
5 補正対象項目名 明細書、請求の範囲
6 補正の内容 別紙のとおり



明 細 書

1. 発明の名称 集積回路の製造方法

2. 特許請求の範囲

1. 装置でウェハを処理するステップ、

装置でウェハを処理した後、ウェハ上の可視欠陥の数をカウントするステップ、
その数が制御限界を超える場合に、その装置を機能不良として識別するステップ

を具える集積回路の製造方法において、

外観に関する欠陥の種類のクラスを規定し、各クラスについてそれぞれ制御限界を規定するステップ、

処理するステップで用いられる装置の種類とクラスとを関連づける関連性を保持するステップ、

ウェハに対して処理ステップを実行するステップ、

前記処理ステップを実行した後、ウェハ上の種々のクラスの欠陥のそれぞれの数を決定するステップ、

各クラスについての前記欠陥のそれぞれの数をそのクラスの制御限界と比較するステップ、

特定のクラスの欠陥のそれぞれの数がその特定のクラスの制御限界を超えた場合に、前記関連性を用いて、その特定のクラスに関連する特定の処理ステップ及び特定の装置の種類を検出し、前記特定の装置の種類であり且つその特定の処理ステップで使用した特定の装置をオフラインにするステップ
を具えることを特徴とする集積回路の製造方法。

2. 前記決定するステップをウェハの処理の間の第1段で実行する請求項1に記載の方法において、

第2段でウェハ上の他の欠陥の位置を検出し、少なくとも1回の前記処理ステップを第2段の前で且つ第1段の後に実行するステップと、

第1段の可視欠陥の数のカウントを含む前記それぞれの数を決定するステップであって、第2段において他の欠陥が検出されたウェハ上の位置以外にある可視欠陥のみをカウントする当該ステップと

を有することを特徴とする方法。

3. 前記決定するステップをウェハの処理の間の第1段で実行する請求項1に記載の方法において、

第1段で可視欠陥をカウントし、

第2段でウェハ上の欠陥の他の数を更に決定し、前記処理ステップを第2段の次で且つ第1段の前に実行し、

欠陥のカウントから、前記他の数から得られる、以前の予想欠陥数を減算することによって欠陥の数を決定する

ことを特徴とする方法。

4. 請求項1に記載の方法において、少なくとも一つのクラスの欠陥を空間的に局在化した欠陥のクラスタにクラスタ化し、前記少なくとも一つのクラス中の欠陥の前記それぞれの数が、個々の欠陥のカウントではなく、クラスタのカウント以下であることを特徴とする方法。

5. 請求項1に記載の方法において、前記カウントするステップを、ウェハの1又は複数のサブエリアについてのみ実行することを特徴とする方法。

6. 請求項1に記載の方法において、ウェハ上のパターンと基準パターンとの間の差を検出することにより欠陥を検出し、続いて検出された欠陥を外観によって分類するステップを含むことを特徴とする方法。

7. 請求項1乃至6のいずれか1項に記載の方法において、少なくとも前記決定するステップ、前記保持するステップ、前記カウントするステップ、前記比較するステップ、及び前記オフラインにするステップを工場制御コンピュータシステムを用いて自動的に実行することを特徴とする方法。

8. 請求項1乃至6のいずれか1項に記載の方法を実現する集積回路工場制御システム。

3. 発明の詳細な説明

本発明は請求項1の前段に記載されたような集積回路の製造方法に関する。本発明は更に前記方法を実現するシステムに関する。

このような方法は、特開平5-259015号(1993)に記載された日本特許出願のアブストラクトから既知である。

集積回路は、ウェハに対して一連の処理ステップを実行することによって製造される。処理の間にウェハ上に欠陥を生じることがある。欠陥は、ウェハ上において適正に機能する集積回路の歩留りを低下させる。機能不良装置は、欠陥の数を増加させる可能性がある。特開平5-259015号(1993)に記載された日本特許出願のアブストラクトは、処理ステップの後で、ウェハ上の微粒子又はパターンニングエラーのような欠陥の数をカウントすることを提案している。欠陥の数が多い場合は、欠陥を除去するために処理ステップをやり直すことを企図する。それが不可能な場合は、ウェハを廃棄し、他のウェハを処理する前に処理条件を是正する。

このような方法を使用して、工場管理システムにおいて、歩留りを向上させ機能不良装置の修正を制御することができる。しかしながら、各処理ステップに対し、その処理ステップを実行している装置の機能不良をチェックするためにこの方法を適用すると、たとえそれが処理ステップを妨害せずに実行することができるにしても、工場管理システムは極めて不経済なものになる。更に一般的には、処理ステップの後で検出された欠陥が、実際にその処理ステップを実行した装置によるものであることが確実とはいえない。欠陥は以前の処理ステップを実行した装置によるものである可能性もある。

本発明の目的は、とりわけ、処理ステップ毎に欠陥を検出することなしに、満足に動作しない処理装置を検出することができる集積回路の製造方法を提供することにある。

本発明による集積回路の製造方法は請求項1の特徴部分によって特徴付けられる。ここで「装置」は、一般的に、或る段において集積回路ウェハに個々の効果を与えるデバイスを意味する。従って、装置は、複数のコンポーネントを含むシステムの中の一つのコンポーネントであり得る。「処理ステップ」は、一般的に装置によって実行されるタスクを意味する。

欠陥の種々のクラスの例は、傷、粒子汚染、格子積層欠損、滴下液体、合焦エラー、パターン中のピンホール、パターン間のブリッジ、現像の不十分なパターン、線幅のずれ、破片の存在、タングステン粒子、Ti/TiN粒子、不完全エッチング、腐食、接点欠損等である。

複数の処理ステップの後で種々のクラスの欠陥を個別にカウントすることにより、及び、種々のクラスの欠陥を自動的に処理ステップにリンクさせる関連性を与えることにより、完全な試験を行うことなく、満足に動作していないと疑われる装置を自動的に検出することが可能になる。一つの装置がラインから外される場合は、プロセスオペレータに通知され、プロセスオペレータが装置を是正又は修理してラインに戻す。

時には、少なくとも一つの処理ステップを実行することができる一組の装置のうちの複数の同等の装置を、その少なくとも一つの処理ステップを実行するために用いる場合がある。この場合、ウェハ上でその少なくとも一つの処理ステップを実行した装置を示す記録を保持し、少なくとも一つの処理ステップが特定のクラスに関連している場合に、その記録を用いてラインから外す装置を選び出し、その装置を前記の組からオフラインとする。それにより、少なくともその装置の是正が完了するまでは、その装置が、その少なくとも一つの処理ステップを実行するために選択されないようにする。このようにして、過剰数の欠陥を特定の装置にリンクさせることができる。

本発明による方法の他の実施例が請求項2に記載されている。この実施例においては、第1段の欠陥のカウントと第2段の欠陥のカウントとの間の複数の処理ステップによって欠陥の数の増加を示す、カウントの差を用いる。カウントの差は、第2段と第1段との間で処理ステップを実行する装置に起因する欠陥に対して極めて敏感である。従って、高い信頼性をもって装置をラインから外すことができる。

本発明による方法の更に他の実施例が請求項3に記載されている。第2段で検出された欠陥部分を用いることにより、プロセスに対する重大な干渉なしに、以前の欠陥の数を合理的に予想することができる。

本発明による方法の更に他の実施例が請求項4に記載されている。欠陥を個々にカウントする代わりに、クラスタ中の全ての欠陥をただ一つの欠陥とカウントする。これは、全体の歩留りに殆ど影響しないような分りにくい部分的欠陥に基づく不必要な停止を防ぐ。クラスタが小部分の欠陥に過ぎない場合は、全体のカウントからクラスタ中の欠陥を除外してもよい。

本発明による方法の更に他の実施例が請求項 5 に記載されている。基本的に、装置をラインから外すことを決定するためには、欠陥の密度即ちウェハ上の単位エリア当たりの欠陥の数のみを知ればよい。ウェハの一部分の欠陥のみをカウントすることにより、カウントするために必要な合計時間を減らすことができる。

本発明による方法の更に他の実施例が請求項 6 に記載されている。この実施例によれば、最初に、ウェハ中の異常からクラスに無関係に可視欠陥を検出する。それらは、例えば、ウェハ上の一つのチップの画像位置と、隣接チップ又は既知の「良品」チップの対応する画像位置とを比較することによって検出する。次に、見出された欠陥を分類する。分類するための時間を減らすために、分類する前に欠陥をクラス化してもよい。原理的には、一部分のランダムに選択された異常を分類する必要があるに過ぎないが、この場合、各クラスの欠陥の全数は前記一部分により分離された部分の分類された異常の全数に比例するとの仮定を用いることになる。

次に、添付図面を用いて、本発明のこれら及び他の利点を、限定的ではない方法によって説明する。

図 1 は自動集積回路製造システムの例を示す図である。このシステムは、メモリーユニット 101、102 を具える中央コンピュータ 10、操作ステーション 14a-i、及び、中央コンピュータ 10 と操作ステーション 14a-i とを接続するネットワーク 12 を含む。操作ステーション 14a-i で処理されるために待機しているウェハのバッチ 16a-n は象徴的に図示されている。

集積回路製造システムを動作させることにより、ウェハが一連の処理ステップを経て、所望の集積回路が製造される。

図 2 は集積回路製造プロセスを示すフローチャートの一部分の例を示す。このフローチャートは、ウェハに対して順次実行される多数の処理ステップ 20a-i を含む。これら処理ステップの例としては、ホトレジストの塗布、ホトマスクを用いるレジストの露光、レジストの現像、エッチング、インプランテーション、液体や蒸気や気体からの材料堆積並びにその他を含む。このフローチャートには更に、異なる処理ステップ間で実行される二つの目視検査ステップ 22, 24 が示されている。

異なる処理ステップは、一般的に、異なる操作ステーション 14a-i で実行され、これらのステーションは特定の種類の処理ステップを実行するための装置を有している。そのような装置は、例えば、ウェハステッパ、エッチング手段、現像手段、インプランテーション手段、蒸着手段、及びその他を含む。装置の種類に応じて、同じ処理ステップを実行するために使用できる 1 つ以上の同等の装置を存在させてもよい。図 1 は、同等の装置に対しては異なる操作ステーション 14a-i を互いに縦方向に図示することによってこれを説明している。

各ウェハ又はウェハのバッチ 16a-n は、中央コンピュータ 10 中で用いられる固有名を持つ。中央コンピュータ 10 は、ウェハ又はウェハのバッチ 16a-n が処理される処理フローチャートについての情報を格納している。この情報は、実行されるべき処理ステップ 20a-i 及びそれらのシーケンスを決定する。中央コンピュータは更に、ウェハ又はウェハのバッチ 16a-n に対してどの処理ステップ 20a-i が実行されたかを記録し、ウェハ又はウェハのバッチ 16a-n に対して次に実行されるべき処理ステップ 20a-i を決定する。中央コンピュータ 10 は、ネットワーク 12 を介して操作ステーション 14a-i 又は移送システムに信号を送る。これにより、バッチ又はウェハが、確実に、その次の処理ステップ 20a-i を実行できる操作ステーション 14a-i に移送される。移送は、移送システム又はオペレータが行うことができる。

ウェハ又はウェハのバッチ 16a-n が操作ステーション 14a-i で処理される場合は、操作ステーション 14a-i により、ウェハ又はウェハのバッチ 16a-n の固有名の信号が中央コンピュータ 10 に送られる。中央コンピュータにより、フローチャートが、その固有名のウェハ又はウェハのバッチ 16a-n がその操作ステーション 14a-i が使用される特定の処理ステップの処理を受けるべきものであると規定しているか否かをチェックする。その結果が否の場合、中央コンピュータ 10 は操作ステーション 14a-i にエラー信号を送り、そのウェハ又はウェハのバッチ 16a-n がその操作ステーション 14a-i で処理されるのを防ぐ。操作ステーション 14a-i はこの信号に応答し、例えば、そのウェハ又はウェハのバッチ 16a-n をロードすることを拒否するか、又はオペレータに対し、そのウェハ又はウェハのバッチ 16a-n がその操作ステーション 14a-i で処理されようとしてい

ることを示すエラーレポートを表示する。処理の後、中央コンピュータ 10 は、ウェハ又はウェハのバッチ 16a-n が移送されるべき次の操作ステーション 14a-i 又は同等の操作ステーション 14a-i のグループを示す。

欠陥を検出するために、複数の種類の欠陥検出システムを用いることができる。例えば、多数の処理ステップ 20a-i を経たウェハの目視検査ステップ 22, 24 を実行する目視検査ステーションを具える。検出された欠陥を利用して、その操作ステーション 14a-i の使用を制御する。この目的のため、異なる種類の外観を持つ欠陥の複数のクラスを決定する。クラスの例としては、傷、汚染粒子の存在、格子積層欠損、滴下液体、合焦エラー、パターン中のピンホール、パターン間のブリッジ、現像の不十分なパターン、線幅のずれ、破片の存在、タングステン粒子、Ti/TiN 粒子、不完全エッチング、腐食の兆候、接点欠損等である。これらの欠陥は人間により分類することもできるし、又は例えば可視パターン認識システムを用いて自動的に分類することもできる。

図 3 a - b は種々のクラスの欠陥の例を示す図である。図 3 a は、正常な場合には集積回路の画像中に存在しない画像特徴 40 を含む集積回路の画像を示す。この画像特徴 40 は、鋭い角を持つ異常な形状によって特徴付けられる外観を含む欠陥のクラスに分類される。このクラスは、エッチング手段に関連する（不完全エッチング欠陥とラベル付けされている）。このクラスに属する欠陥の密度がその制御限界を超える場合には、関連する層を形成するためのエッチング手段をラインから外す。

図 3 b は、接点（ドットで図示されている）42a, 44a が、正常な回路では存在する筈の画像の右側の位置 42b, 44b に存在しない集積回路の画像を示す。この画像は、接点欠損によって特徴付けられる欠陥のクラスに分類される。このクラスは、例えば酸化物エッチング手段に関連する。このクラスに属する欠陥の密度がその制御限界を超える場合には、その集積回路を処理するために用いる酸化物エッチング手段をラインから外す。

また一般的には、それぞれのクラスを、特定の処理ステップ 20a-i で用いられる 1 又は複数の種類の装置と関連させる。或るクラスを或る処理ステップと関連させた場合、このことは、処理ステップ 20a-i を実行する装置が正常に機能

しない場合、そのクラスに関連する処理ステップ 20a-i で用いられる装置が当該クラスの欠陥の原因となっている可能性があることを意味する。

このような関連性の例をあげると、

傷－全てのステップにおける全ての装置、

多くの異なる種類の粒子の存在－全てのステップにおける全ての装置、

欠陥の繰り返し－露光ステップにおけるレチクル、

合焦不良－リソグラフィステップにおけるリソグラフ露光システム、

ピンホール欠陥－レジスト被着ステップに用いる装置、

ブリッジ欠陥－レジスト被着ステップに用いる装置、

現像不良－現像ステップで用いる装置、

線幅のずれ－リソステップで用いる装置、

破片の存在－エッチング、CVD（化学気相堆積）SOG、

不完全エッチング－エッチング手段、リソ装置、

腐食－エッチング、レジスト剥離、

ポリマー破片－ポリマー形成エッチング装置

のようになる。

欠陥の数をカウントして、装置の使用を制御するために用いる。この機能は例えば中央コンピュータ 10 が実行する。この目的のために、中央コンピュータ 10 は、関連性についての情報を、例えば、リレーション R1 = (欠陥クラス、処理ステップ、装置の種類) を有するデータベースの形態でメモリー 101 に保持する。中央コンピュータは更に、各ウェハ又はウェハのバッチ 16a-n に対する処理ステップを実行するために用いられる装置についての情報を、例えば、リレーション R2 = (ウェハ、処理ステップ、装置) を有するデータベースの形態でメモリー 102 に保持する。更に、各クラスについて、欠陥が検出されたプロセスのその段で許容できるその欠陥クラスの欠陥の数を表す、制御限界を定める。

図 4 は、検出された欠陥によって操作ステーション 14a-i を制御するフローチャートである。最初のステップ 30 においては、外観上の欠陥を検出し、それらの位置を記録する。第 2 ステップ 32 においては、検出された欠陥を外観により欠陥の種類のクラスに分類する。各クラスにおける欠陥の数のカウントを保持

する。続くステップ 34, 36, 37, 38, 39 は、各クラスについて実行する。このため、実際のクラスは第 2 ステップ 32 で初期クラスに初期化されている。

第 3 ステップ 34 においては、実際のクラスにおける欠陥の数のカウントをそのクラスについて定められた制御限界と比較する。そのクラスの欠陥の数が制御限界を超えている場合は、実際のクラスに関連する処理ステップ 20a-i を決定する第 4 ステップ 36 を実行する。第 5 ステップ 37 においては、検査されたウェハに対してそれらの処理ステップを実行した、その欠陥クラスに関連する種類の装置を決定する。これらの装置を、次の第 6 ステップ 38 でラインから外す。第 7 ステップ 39 においては、全てのクラスについて検討したか否かを決定する。実際のクラスの欠陥のカウントが制御限界以下の場合には、第 3 ステップからこの第 7 ステップに入る。まだ検討していないクラスが残っている場合は、残りのクラス毎にこのフローチャートの第 3 ステップ以降を繰り返す。

装置がラインから外された場合は、処理ステップ 20a-i を実行するためにそれらを使用することはできない。このことは、例えば、その装置に関して操作ステーション 14a-i でオフラインの状態であることをリポートするか、オペレータが操作ステーションで新しいウェハ又はウェハのバッチ 16a-n をロードしようとした時にエラーをリポートするか、操作ステーション 14a-h でロード操作の実行を不可能にすることによりなされる。その結果として次のバッチの処理は、他の同等の操作ステーション 14a-h で操作するか、又は、その装置が再びオンラインになるまで待たなければならない。

装置がラインから外されることは報告されるので、それにより、オペレータがその装置をチェックし、再調整、修理又は交換することができる。これが完了すると、装置は再びラインに戻され、対応する操作ステーション 14a-i で正常な処理を再開することができる。

本発明によれば、外観検査を用いて、操作ステーション 14a-i に含まれる処理装置の動作を評価し、個々の欠陥を含むチップ全てを検出することはない。従って、全てのウェハ又は全ての欠陥を検査するのではなく、サンプルを取出せば充分である。例えば、一部のウェハのみを検査してもよいし、ウェハ上の一部のエリアのみを検査してもよい。同様に、全ての欠陥のサンプルのみを分類しても

よい。そのようなサンプリングされた全ての検査を、全てのウェハの単位エリア当たりの予想欠陥の密度に変換することができる。

一つの実施例においては、二つのステップで外観検査によりウェハ上の欠陥を検出し、種々のクラスに分類する。これは、例えば、ウェハ上の一つのチップの画像をウェハ上の他のチップと比較することによって実行される。チップ上の或る位置で相違が非常に大きい場合、欠陥及び対応する位置を報告する。続いて、欠陥が報告された位置を更に詳細に分析してその欠陥を分類する。この分類は、そのチップのその位置を取り囲むエリアの画像をオペレータに示し、オペレータからオペレータが認定したクラスの分類コードを受信することによって行う。これに代わり、自動可視分類装置を用いてもよい。

一つの実施例においては、個々の欠陥位置をカウントせず、空間的に近い位置にある欠陥群のみをカウントする。これにより、僅かな局部的欠陥が多く欠陥位置にあることにより装置がラインから外されるのを防ぐことができる。

外観検査ステップは、処理の間の1つ以上の異なる段で行うことができる。例えば図2においては、ステップ20bと20cとの間の段及びその後のステップ20fと20gとの間の段で外観検査を行う。一般的に、異なる欠陥クラスに関連する処理ステップは、外観検査が行われる段に依存する。通常、ずっと以前の処理ステップ20a-iではなく、外観検査ステップ22, 24の段の前の複数の最新処理ステップ20a-iのみが全ての欠陥クラスに関連する。中央コンピュータは、このことを、例えば、リレーション $R1a = (\text{段}, \text{欠陥クラス}, \text{処理ステップ})$ 、 $R3 = (\text{段}, \text{欠陥クラス}, \text{制御限界})$ を含むデータベースを保持し、クラスの欠陥のカウントがそのクラスに対してその段について定められた制御限界を超える場合に、検査が行われる段についての欠陥クラスと関連する装置のみをラインから外すことにより、実行することができる。

時には、ずっと以前の処理ステップ20a-iに起因する欠陥が、検査ステップ22, 24が行われる段でなお検出される場合がある。これは、クラスの欠陥の数のカウントにより装置をラインから外すことについての信頼性に影響を及ぼすおそれがある。この問題を少なくするため、そのようなずっと以前の処理ステップに起因する欠陥はカウントしないようにしうる。

これを実行する望ましい方法は、以前の段で欠陥が検出されたウェハ上の位置の記録を保持し、後の段では、そのウェハ上の欠陥について、以前の段で欠陥が検出された位置又はそれに近い位置（又は少なくとも以前の段で関係あるクラスの欠陥が検出された位置：第1ステップの後に発生する第1クラスの欠陥がしばしば後のステップで発生する第2クラスの欠陥に先立って発生することが知られている場合に、第1クラスと第2クラスとが関係あるという）にその欠陥が位置していない場合のみカウントすることである。従って、例えば、以前の段において、クラスC1の欠陥が位置(R1,...)で及びクラスC2の欠陥が位置(R2,...)で検出され、続いて、クラスCの欠陥が複数の位置(R0, R1, R2, Ra, Rb)で検出された場合、これらの位置と、以前の段における関係あるクラスC1、C2の欠陥の位置とを比較し、以前の段における関係ある欠陥が検出されていない位置(R0, Ra, Rb)で発生した欠陥のみをカウントする。或る環境の下においては、以前の欠陥が検出された位置における欠陥の一部のみを除外するようにしてもよい。この場合、そのような部分は、以前の欠陥が同一の位置において後に欠陥として検出される場合があることの原因になる。

しかしながら、このことにより、同一のウェハについて検査を行い、欠陥位置についての情報を保持することが必要になる。ずっと以前の処理ステップによって発生した欠陥をカウントしないようにする他の方法は、後の段で現れる種々のクラスの欠陥のカウントの予測値として、以前の段で検出された種々のクラスの欠陥のカウントを用いることである。この予測は例えば次のような線形予測でもよい。

$$\text{pred}(Nb_i) = c Na_i$$

ここで、 Na_i は段「a」におけるi番目のクラスの欠陥のカウントであり、 $\text{pred}(Nb_i)$ は後の段「b」におけるi番目のクラスの欠陥のカウント Nb_i の予測値である。同一のウェハについて、又は同一のバッチ又はロットからのウェハについてのカウント Nb_i を用いることができる。「c」は良好な予測を与えるために選択されるファクタである。勿論、この予測はまた、異なるクラスのカウントの線形結合又は異なる段におけるカウントの線形結合であってもよい。ファクタ「c」又は他のファクタを、例えば、装置が正常に機能している時

の検査統計から決定してもよい。

次に、このような予測を、後の段におけるそれらのクラスの実際の欠陥のカウントから差し引く。

$$DNb_i = Nb_i - pred(Nb_i)$$

得られた DNb_i を後の段について定められた制御限界と比較し、この DNb_i がその制御限界を超えている場合は、装置をラインから外す。

4. 図面の簡単な説明

図1は自動集積回路製造システムを示す線図である。

図2は集積回路製造プロセスを示すフローチャートである。

図3 a-bは種々の欠陥クラスの欠陥の例を示す線図である。

図4は本発明による方法を示すフローチャートである。