

明 細 書

発明の名称：

シリコンウェーハのD I C欠陥の形状測定方法及び研磨方法

技術分野

[0001] 本発明は、シリコンウェーハに発生するD I C欠陥の形状測定方法及び研磨方法に関する。

背景技術

[0002] シリコンウェーハの表面でD I C欠陥が発生すると、デバイス作製においてCMPでの不良やデフォーカスの発生に影響を及ぼす。そこで特許文献1から3では、D I C欠陥低減や抑制のために、それぞれ、研磨剤、研磨ヘッド、研磨布の改良を行うことが記載されている。また、特許文献4及び5では、D I C欠陥の測定法について紹介している。

[0003] ここで、D I C欠陥について説明する。D I Cとは、D i f f e r e n t i a l I n t e r f e r e n c e C o n t r a s tの頭文字で、微分干渉コントラストや差分干渉コントラストと表される。D I C欠陥とは、特許文献3から5でも述べられているが、主に、K L A - T e n c o r社製のパーティクルカウンターであるS u r f S c a nシリーズの、例えば、S P 2やS P 3といった評価装置を用い、さらに明視野観察を使用したD I Cモードで検出された欠陥である。D I C欠陥は、浅くなだらかな欠陥であることが特徴で、シリコンウェーハ表面で盛り上がった凸型形状もしくは凹んだ凹型形状の両方が存在する。具体的に多くみられる形状としては、高さもしくは深さが数ナノメートルから数十ナノメートルで、幅が数十マイクロメートルから数百マイクロメートルであり、高さもしくは深さと幅の比（縦横比）が数千倍となることが特徴である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2019-021719号公報

特許文献2：特開2019-058955号公報

特許文献3：特開2019-125722号公報

特許文献4：特開2018-101698号公報

特許文献5：特開2010-021242号公報

特許文献6：特開2016-027407号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] D I C欠陥の検出方法は、上記のようなパーティクルカウンターで検出することが一般的である。ただし、この検出方法ではシリコンウェーハ表面に存在するD I C欠陥の位置座標の特定しかできず、D I C欠陥のサイズを含む形状を求めることはできないという問題があった。特許文献5では、一般的な干渉を利用した顕微鏡によるD I C欠陥の測定方法が述べられているが、具体的な数値については開示されていない。このように、これまでD I C欠陥の高さや幅を正確に言及した文献はなかった。

[0006] 本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、シリコンウェーハの主面に発生するD I C欠陥のサイズを含む形状を、容易に精度良く測定する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] 本発明は、上記目的を達成するためになされたものであり、シリコンウェーハのD I C欠陥の形状測定方法であって、パーティクルカウンターを用いて、前記シリコンウェーハの主面におけるD I C欠陥を検出する工程と、前記検出したD I C欠陥の位置座標を特定する工程と、前記特定した位置座標を用いて、位相シフト干渉法により、前記検出したD I C欠陥の少なくとも高さ又は深さを含む形状を測定する工程とを有するD I C欠陥の形状測定方法を提供する。

[0008] このようなD I C欠陥の形状測定方法によれば、シリコンウェーハの主面に発生するD I C欠陥の高さ方向のサイズを含む形状を、容易に精度良く測定することができる。

- [0009] このとき、前記シリコンウェーハの主面がデバイス作製面であるD I C欠陥の形状測定方法とすることができる。
- [0010] これにより、デバイス作製工程に影響を及ぼすD I C欠陥を、正確かつ容易に評価することができる。
- [0011] このとき、上記D I C欠陥の形状測定方法により測定した前記D I C欠陥の形状に基づいて研磨取り代を設定し、前記シリコンウェーハの研磨を行うシリコンウェーハの研磨方法とすることができる。
- [0012] これにより、D I C欠陥レベルが低減されたシリコンウェーハを、効率よく低コストで生産性高く作製することができる。

発明の効果

- [0013] 以上のように、本発明のD I C欠陥の形状測定方法によれば、シリコンウェーハの主面に発生するD I C欠陥の高さ方向のサイズを含む形状を精度良く容易に測定することが可能となる。また、測定したD I C欠陥の高さ方向のサイズを含む形状を用いることで、D I C欠陥を減少させるための研磨の取り代設定が正確にできるようになり、研磨の短時間化及び研磨にかかるコストが削減可能である。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]本発明に係るD I C欠陥の形状測定方法を示すフロー図である。
- [図2]本発明に係る実施例において、パーティクルカウンターで評価したD I C欠陥マップの一例を示す。
- [図3]本発明に係る実施例において取得した位相シフト干渉像の一例を示す。
- [図4]本実施例で示すD I C欠陥の位相解析を行ったプロファイルの一例を示す。

発明を実施するための形態

- [0015] 以下、本発明を詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。
- [0016] 上述のように、シリコンウェーハの主面に発生するD I C欠陥のサイズを含む形状を、精度良く容易に測定するD I C欠陥の形状測定方法が求められ

ていた。

[0017] 本発明者らは、上記課題について鋭意検討を重ねた結果、シリコンウェーハのD I C欠陥の形状測定方法であって、パーティクルカウンターを用いて、前記シリコンウェーハの主面におけるD I C欠陥を検出する工程と、前記検出したD I C欠陥の位置座標を特定する工程と、前記特定した位置座標を用いて、位相シフト干渉法により、前記検出したD I C欠陥の少なくとも高さ又は深さを含む形状を測定する工程とを有するD I C欠陥の形状測定方法により、シリコンウェーハの主面に発生するD I C欠陥の高さ方向のサイズを含む形状を精度良く容易に測定することができることを見出し、本発明を完成した。

[0018] 以下、本発明の一実施形態に係る形状測定方法及びシリコンウェーハの研磨方法について、図面を参照しながら説明する。

[0019] 図1は、本発明に係るD I C欠陥の形状測定方法及びシリコンウェーハの研磨方法を示すフロー図である。図1に記載のフローより前段（S1より前）では、例えば、シリコン単結晶インゴットの作製やインゴットスライス、エッチング、研磨、熱処理などの工程が行われていてもよい。ここで、D I C欠陥を発生させる工程として最も代表的といわれているのは研磨工程である。この研磨工程では、スラリーと呼ばれる懸濁液を使用する。D I C欠陥は、研磨後に、このスラリーの処理が適切に行われなかったことで発生すると考えられている。ただし、D I C欠陥の発生については不明な点が多く、上述のような研磨工程だけが発生工程であると、特定できていないのが現状である。

[0020] 本発明に係るD I C欠陥の形状測定方法は、図1のS1に示す、パーティクルカウンターを用いてシリコンウェーハの主面におけるD I C欠陥を検出する工程、及び、S2に示す、検出したD I C欠陥の位置座標を特定する工程を行い、さらにその座標について、S3に記載した形状測定を行う。D I C欠陥の検出に使用するパーティクルカウンターとしては、前述のようにK L A - T e n c o r社製のS u r f S c a nシリーズが一般的であるが、そ

の他の装置であってもD I C欠陥が検出できるものであればよい。さらに、検出したD I C欠陥の位置座標を出力できる装置であれば、好ましい。この場合、S 1の工程と、S 2に示す検出したD I C欠陥の位置座標を特定する工程とを、略同時に行うことができ、後述のように手作業で座標位置の特定を行う場合と比べて、座標位置を迅速かつ高精度で特定することができる。このように、本発明に係るD I C欠陥の形状測定方法では、S 1とS 2の工程が略同時に実施される場合を含む。

[0021] ここで座標の特定方法について説明する。前記S u r f S c a nシリーズであれば、座標が出力可能だが、それ以外のパーティクルカウンターで座標が出力できない評価装置、方法の場合でも、検出したD I C欠陥が示されたシリコンウェーハ全面のマップや観察像を出力して、手作業にて座標を特定、取得することが可能である。この時の座標系は限定されず、X-Y座標でも、極座標と言われる $r-\theta$ 座標でも、D I C欠陥の場所が特定できれば、どのような座標系でも良い。

[0022] 次に、図1のS 3に示すように、特定したD I C欠陥の位置座標を用いて、位相シフト干渉法により、検出したD I C欠陥の少なくとも高さ又は深さを含む形状を測定する工程を行う。なお、位相シフト干渉法とは、特許文献6に記載されているが、簡単に説明すると、単色光の干渉縞を、観察高さを変化させながら観察し位相解析を行うことで、ナノメートルオーダーの高さ分解能が得られる測定方法である。この位相シフト干渉法は、干渉法を用いた観察としては、一般化しつつある観察方法である。このように、位相シフト干渉法を用いることで、浅くなだらかな欠陥であるD I C欠陥の形状、特に、高さ方向のサイズを含む形状を、簡便かつ高精度に測定することが可能となる。

[0023] 本発明に係るD I C欠陥の形状測定方法では、D I C欠陥の形状測定を行うシリコンウェーハの主面として、デバイス作製面（ウェーハの表裏を区別して、「主表面」ということもある）を採用することが好ましい。通常、デバイス作製工程で問題となるのは、デバイス作製面のD I C欠陥である。デ

バイス作製面の評価を行えば、デバイス作製工程に影響を及ぼすD I C欠陥について、正確かつ容易に評価することができる。

[0024] また、本発明者は、上述のようにして求めたD I C欠陥の形状、特に、高さや深さのデータを用いると、D I C欠陥を有するシリコンウェーハを研磨してD I C欠陥を減少させる場合に、効率を著しく向上させることができることを見出した。

[0025] D I C欠陥が検出されたシリコンウェーハは、適切に研磨を行うことでD I C欠陥を減少させることができる。従来は、個々のウェーハで検出されたD I C欠陥の、特に高さ方向のサイズを含む形状は測定できなかったため、一般的なD I C欠陥の形状に応じた取り代を一律に設定していた。

[0026] しかしながら、図1のS4に示すように、D I C欠陥の形状測定方法により測定したD I C欠陥の形状に基づいて研磨取り代を設定し、シリコンウェーハの研磨を行うこととすると、シリコンウェーハ毎に適切な研磨取り代を設定できるため、必要以上に研磨を行わなくてもよい。このため、生産性が向上しコストを低減することができた。なお、設定する研磨取り代は、測定したD I C欠陥の高さや深さの5倍以上の範囲で設定することが好ましく、例えば、5倍～50倍、好ましくは10倍～20倍とすると、より確実かつ効率よくD I C欠陥を低減することができる。

実施例

[0027] 以下、実施例を挙げて本発明について具体的に説明するが、これは本発明を限定するものではない。

[0028] (実施例)

本実施例では、直径が300mmで、主面が(100)面であるシリコンウェーハを使用した。なお、使用したシリコンウェーハは、概略、順に、シリコン単結晶インゴット作製、インゴットスライス、面取り、ラッピング、エッチング、研磨、洗浄の、各作製フローが行われたものである。

[0029] 図2は、上記の洗浄後のシリコンウェーハのサンプルを、パーティクルカウンターを用いて評価したマップの一例である。パーティクルカウンターは

、K L A - T e n c o r 社製の S u r f S c a n S P 3 を使用し、明視野観察の D I C モードによる測定を行った。図 2 から、使用したサンプルには 4 ヶ所の D I C 欠陥（黒点で示す）が検出されたことがわかる。なお、この 4 ヶ所の各位置座標も座標データとして出力されている。この D I C 欠陥の検出と位置座標の出力までが、図 1 の S 1、S 2 の工程に相当する。

[0030] 次に、図 1 の S 3 の工程を行った。前記 S 2 の工程において出力された D I C 欠陥の位置座標について、位相シフト干渉法を用いた観察を行った。この観察では、10 倍の二光束干渉用対物レンズを装着した、レーザーテック社製 O P T E L I C S ハイブリッド顕微鏡を使用した。また、前記ハイブリッド顕微鏡には、パーティクルカウンターが出力した位置座標が直ちに観察できるよう、マイクロメートルオーダーの位置座標精度を有した可動式のステージを作製し、設置している。

[0031] 図 3 は、上記 S 1 にて出力した D I C 欠陥の位置座標について観察を行った、位相シフト干渉像の一例である。なお、この図 3 は、凸型形状の D I C 欠陥を観察した例を示している。図の白黒の濃淡は D I C 欠陥の高さを示しており、図の中央にある最も白い部分が D I C 欠陥の高さの頂点を意味している。

[0032] 図 4 に、上記ハイブリッド顕微鏡を用いて図 3 で示した D I C 欠陥の一つについて位相解析を行ったプロファイルを示す。この例では、D I C 欠陥高さが 30 nm、D I C 欠陥幅が 190 μ m と測定できた。なお、図 2 に示すように、使用したシリコンウェーハには 4 ヶ所の D I C 欠陥があったが、本発明者が調査を行ったところ、同一のウェーハ内で検出された複数の D I C 欠陥は、略同程度の高さ又は深さであることがわかった。本実施例で測定した図 3、4 の D I C 欠陥以外の他の 3 ヶ所においても近い値を示すとしても差支えないため、図 3 や図 4 に示すように D I C 欠陥を 1 ヶ所測定した結果を、そのサンプル（シリコンウェーハ）の D I C 欠陥のサイズの代表値とすることができる。ここまでの工程である。このようにして、サンプル（シリコンウェーハ）の D I C 欠陥の高さ方向のサイズを含む形状

の測定を行った。

[0033] 次に、測定して取得したD I C欠陥の高さ又は深さを含む形状に基づいて、研磨の取り代を設定し、リワークを行った。なお、リワークとは、D I C欠陥が発生した製品に対して再度研磨及び洗浄工程を通すことで、その目的は、D I C欠陥の消滅及びD I C欠陥数やD I C欠陥高さ、深さの低減である。

[0034] ここで用いたサンプルは10枚で、その全数が前記パーティクルカウンターSP3にてD I C欠陥が検出されたサンプルである。10枚のサンプルについて、各サンプル1ヶ所のD I C欠陥の高さ測定を実施し、各サンプルに見合ったリワーク取り代を設定して研磨し、リワーク時間を計測した。なお、リワークは、D I C欠陥高さ及び深さの10～20倍の取り代を設定して研磨することにより、D I C欠陥消滅もしくは、D I C欠陥数やD I C欠陥高さ、深さを低減させた。表1に各サンプルの、D I C欠陥高さ、リワーク時間を示す。なお、ここでいう「リワーク時間」とは、リワークのうちの研磨に要する時間である（洗浄工程等は含まない）。

[0035] （比較例）

比較例では、従来通り、パーティクルカウンターでD I C欠陥の発生が検出された場合に、一律のリワーク取り代でリワークを行う条件を示した。具体的には、取り代を2 μ mに設定し、リワーク時間にすると5分である（表1）。

[0036] [表1]

サンプル番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計
位相シフト干渉法によるD I C欠陥高さ (nm)		29.5	42.2	25.2	11.6	35.4	81.9	22.6	56.7	79.3	54.3	—
リワーク時間 (分)	実施例	1.1	1.6	1.3	1.0	1.3	3.1	1.0	2.1	3.0	2.0	17.5
	比較例	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	50.0

[0037] 本発明に係るD I C欠陥の形状測定方法によれば、D I C欠陥の高さ（又は深さ）が正確かつ容易に測定できることがわかる。また、実施例のようにして求めたD I C欠陥高さを用いてリワークの研磨取り代を設定すると、表1に示したように、リワーク時間が、比較例に比べて最大で80%減、10

枚の合計でも65%減となり、比較例よりも大幅に削減できる結果が得られた。なお、リワーク後のD I C欠陥に関する品質は、実施例は比較例と同等であることも確認できている。このように、本発明に係るD I C欠陥の形状測定方法によれば、リワーク時間の短縮だけでなく、コスト削減や生産性の向上など、様々な効果が得られることわかった。

[0038] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

請求の範囲

- [請求項1] シリコンウェーハのD I C欠陥の形状測定方法であって、
 パーティクルカウンターを用いて、前記シリコンウェーハの主面におけるD I C欠陥を検出する工程と、
 前記検出したD I C欠陥の位置座標を特定する工程と、
 前記特定した位置座標を用いて、位相シフト干渉法により、前記検出したD I C欠陥の少なくとも高さ又は深さを含む形状を測定する工程とを有することを特徴とするD I C欠陥の形状測定方法。
- [請求項2] 前記シリコンウェーハの主面がデバイス作製面であることを特徴とする請求項1に記載のD I C欠陥の形状測定方法。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載のD I C欠陥の形状測定方法により測定した前記D I C欠陥の形状に基づいて研磨取り代を設定し、前記シリコンウェーハの研磨を行うことを特徴とするシリコンウェーハの研磨方法。
- 。