

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4302933号
(P4302933)

(45) 発行日 平成21年7月29日 (2009. 7. 29)

(24) 登録日 平成21年5月1日 (2009. 5. 1)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 3 K 15/00 (2006. 01)**H O 1 J 37/26 (2006. 01)****H O 1 J 37/305 (2006. 01)****H O 1 L 21/66 (2006. 01)**

B 2 3 K 15/00 5 O 8

B 2 3 K 15/00 5 O 4 D

H O 1 J 37/26

H O 1 J 37/305 A

H O 1 L 21/66 N

請求項の数 13 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2002-118797 (P2002-118797)
 (22) 出願日 平成14年4月22日 (2002. 4. 22)
 (65) 公開番号 特開2003-311435 (P2003-311435A)
 (43) 公開日 平成15年11月5日 (2003. 11. 5)
 審査請求日 平成17年2月17日 (2005. 2. 17)

(73) 特許権者 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
 (74) 代理人 110000350
 ポレール特許業務法人
 (74) 代理人 100068504
 弁理士 小川 勝男
 (74) 代理人 100086656
 弁理士 田中 恭助
 (72) 発明者 志知 広康
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目2 8 0 番地
 株式会社日立製作所 中央研究所内
 (72) 発明者 福田 宗行
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目2 8 0 番地
 株式会社日立製作所 中央研究所内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イオンビームによる穴埋め方法及びイオンビーム装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イオンビームを照射して試料面の一部を加工する工程を有し、前記加工により前記試料面に形成された穴部に前記イオンビームを照射し走査して、イオンビームガスアシストデポジション膜を形成するイオンビームによる穴埋め方法において、

前記試料面の穴部の開口領域内の第 1 の走査領域と、前記第 1 の走査領域を縮小させた領域の形状を有し、かつ、前記第 1 の走査領域と一部重複する前記開口領域内の第 2 の走査領域とに前記イオンビームが走査され、前記第 1 の走査領域に前記イオンビームを照射し走査した後に、前記第 2 の走査領域に前記イオンビームを照射し走査するように制御することで、前記穴部の中に前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載のイオンビームによる穴埋め方法において、前記試料の穴部に 1 n A 以上の電流のイオンビームを照射することで、前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

【請求項 3】

請求項 1 記載のイオンビームによる穴埋め方法において、前記穴部に前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成した後、前記イオンビームガスアシストデポジション膜上に液体材料を塗布して保護膜を形成する工程を含むことを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

20

【請求項 4】

イオンビームを照射して試料面の一部を加工する工程を有し、前記加工により前記試料面に形成された穴部に前記イオンビームを照射し走査して、イオンビームガスアシストデポジション膜を形成するイオンビームによる穴埋め方法において、

前記イオンビームが前記穴部の側壁の一部に照射されるように制御して、前記穴部の中に前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成する工程と、

前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成した後、気体元素種イオンビームガスアシストデポジション膜を形成する工程を含むことを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

【請求項 5】

10

イオンビームを照射して試料面の一部を加工する工程を有し、前記加工により前記試料面に形成された穴部に前記イオンビームを照射し走査して、イオンビームガスアシストデポジション膜を形成するイオンビームによる穴埋め方法において、

前記イオンビームが前記穴部の側壁の一部に照射されるように制御して、前記穴部の中に前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成する工程と、

前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成した後、レーザビームガスアシストデポジション膜を形成する工程を有することを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

【請求項 6】

請求項 4 又は 5 記載のイオンビームによる穴埋め方法において、前記気体元素種イオンビームガスアシストデポジション膜又は前記レーザビームガスアシストデポジション膜は、酸化膜であることを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

20

【請求項 7】

請求項 1 記載のイオンビームによる穴埋め方法において、前記穴部の側壁の一部が前記第 1 の走査領域および前記第 2 の走査領域と重なるように、前記イオンビームを照射し走査することを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

【請求項 8】

請求項 7 記載のイオンビームによる穴埋め方法において、前記穴部の側壁の一部とは異なる前記穴部の側壁の一部が、前記第 1 の走査領域および前記第 2 の走査領域と重ならなくなるように、前記イオンビームを照射し走査することを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

30

【請求項 9】

イオン銃から放出されるイオンビームを試料に照射する照射光学系と、
前記試料を載置する試料ステージと、
試料面に形成された穴部にイオンビームを走査してイオンビームガスアシストデポジション膜を形成するための堆積ガス供給手段と、
前記試料面の穴部の開口領域内の第 1 の走査領域と、前記第 1 の走査領域を縮小させた領域の形状を有し、かつ、前記第 1 の走査領域と一部重複する前記開口領域内の第 2 の走査領域とに前記イオンビームが走査され、前記第 1 の走査領域に前記イオンビームを照射し走査した後に、前記第 2 の走査領域に前記イオンビームを照射し走査するように制御する手段とを有することを特徴とするイオンビーム装置。

40

【請求項 10】

請求項 9 記載のイオンビーム装置において、前記制御手段は、前記穴部の側壁の一部が第 1 の走査領域および前記第 2 の走査領域と重なるように、前記イオンビームを照射し走査する制御を行なうことを特徴とするイオンビーム装置。

【請求項 11】

請求項 10 記載のイオンビーム装置において、前記制御手段は、前記穴部の側壁の一部とは異なる前記穴部の側壁の一部が前記第 1 の走査領域および前記第 2 の走査領域と重ならなくなるように、前記イオンビームを照射し走査する制御を行なうことを特徴とするイオンビーム装置。

50

【請求項 1 2】

請求項 9 記載のイオンビーム装置において、さらに気体元素種イオンビームガスアシストデポジション膜を形成する手段を含むことを特徴とするイオンビーム装置。

【請求項 1 3】

請求項 9 記載のイオンビーム装置において、さらにレーザビームガスアシストデポジション膜を形成する手段を含むことを特徴とするイオンビーム装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子部品の検査技術に係り、特に、イオンビームを用いて、半導体デバイスなどの電子部品を加工、観察する技術に関する。 10

【0002】

【従来の技術】

ダイナミックランダムアクセスメモリ（DRAM）に代表される半導体メモリやマイクロプロセッサ、半導体レーザなど半導体デバイス、および磁気ヘッドなど電子部品の製造においては、高歩留まり製造が求められる。

【0003】

すなわち、不良発生による製品歩留りの低下は、採算の悪化を招く。このため、不良の原因となる欠陥や異物、加工不良の早期発見および早期対策が大きな課題となる。例えば、半導体デバイスの製造現場では、入念な検査による不良発見、およびその発生原因の解析に注力されている。基板を用いた実際の電子部品製造工程では、完成後の基板を検査して、回路パターンの欠陥や異物など異常箇所の原因を追及して対策方法が検討される。 20

【0004】

通常、試料の微細構造観察には高分解能の走査型電子顕微鏡（以下、SEMと略記）が用いられるが、半導体の高集積化に伴い、対象物がSEMの分解能では観察できなくなっており、SEMに代って観察分解能が高い透過型電子顕微鏡（以下、TEMと略記）が用いられる。

【0005】

従来のTEM用試料の作製には、劈開や切断などで試料を小片にする作業が伴い、試料が基板の場合は、ほとんどの場合には基板を割断せざるを得なかった。 30

【0006】

最近では、イオンビームを試料に照射し、スパッタ作用によって試料を構成する粒子が、試料から放出される作用を応用した加工方法、すなわち集束イオンビーム（以下、FIBと略す。）加工を利用する例がある。

【0007】

これは、まずダイシング装置等を用いて基板等の試料から観察すべき領域を含むサブミリメートルの短冊状ペレットを切り出す。次に、この短冊状ペレットの一部を薄壁状にFIB加工してTEM試料とする。ここでFIB加工されたTEM観察用の試料の特徴は、試験片の一部がTEM観察用に、厚さが約100nmの薄膜に加工してあることにある。この方法によって、所望の観察部をマイクロメートルレベルの精度で位置出しして観察することが可能になったが、やはり基板を割断しなければならない。 40

【0008】

このように、半導体デバイス等の製造途中で、ある工程の結果を監視することは、歩留まり管理上、その利点は大きい。既に述べたような試料作製では基板は割断され、基板の破片は次のプロセスに進むことなく廃棄される。特に近年では、基板は半導体デバイスの製造単価を下げるため大口径化が進んでいる。すなわち、1枚の基板で製造できる半導体デバイスの個数を増やして、単価を低減する。しかし、逆にウェーハは高価となり、さらにウェーハの廃棄によって失われる半導体デバイスの個数も増大する。したがって、従来のウェーハの分断を含むような検査方法は非常に不経済であった。

【0009】

これに対して、ウェーハを分断することなく試料作製できる方法がある。この方法は、特開平05-52721号公報に開示されている。この方法は、図2の(a)に示すように、まず、試料2の表面に対しFIB1が直角に照射するように試料2の姿勢を保ち、試料上でFIB1を矩形に走査させ、試料表面に所要の深さの角穴101を形成する。次に、図2(b)に示すように、試料2を傾斜させ、底穴102を形成する。試料2の傾斜角の変更は、試料ステージ(図示せず)によって行われる。次に、試料2の姿勢を変更し、図2(c)に示すように、試料2の表面がFIB1に対して再び垂直になるように試料2を設置し、切り欠き溝103を形成する。マニピュレータ(図示せず)を駆動し、図2(d)に示すように、マニピュレータ先端のプロープ3の先端を、試料2を分離する部分に接触させる。

10

【0010】

次に、図2(e)に示すように、ガスノズル104から堆積性ガス5を供給し、FIB1をプロープ3の先端部を含む領域に局所的に照射し、イオンビームガスアシストデポジション膜(以下、デポ膜4と略す。)を形成する。接触状態にある試料2の分離部分とプロープ3の先端はデポ膜4で接続される。図2(f)に示すように、FIB1で残りの部分を切り欠き加工し、試料2から分離試料であるマイクロサンプル6を切り出す。切り出された分離試料6は、図2(g)に示すように、接続されたプロープ3で支持された状態になる。このマイクロサンプル6を、FIB1で加工し、観察しようとする領域をウォール加工するとTEM試料(図示せず)となる。

20

【0011】

以上のように、本方法はウェーハなどの試料から所望の解析領域を含む微小試料片を、FIB加工と微小試料の搬送手段を駆使して分離する方法である。この方法で分離した微小試料を各種解析装置に導入することで解析することができる。

【0012】

この試料の分離方法を用いてウェーハを分断することなく、試料から検査用の微小試料を取り出し、ウェーハは次のプロセスに戻す手法については、特開2000-156393号公報に開示されている。この手法によれば、ウェーハの分断によって失われる半導体デバイスはなくなり、トータルの半導体デバイスの製造コストを低減することができる。

【0013】

上述のような電子部品の製造に関しては、ウェーハを次のプロセスに戻す場合に、マイクロサンプルを取り出した後の加工穴の処理が必要となる。すなわち、加工穴を処理しなかった場合には、以下のような問題が生じる。

30

【0014】

(1)加工穴の端が欠けて汚染源になる。(2)スピンコート、研磨時等にウェーハ不均一形状を誘発する。(3)穴がゴミの溜まり場となる。例えば、マイクロサンプルを取り出した後にCMP(Chemical & Mechanical Polishing)プロセスを行う場合、CMP砥粒が加工穴に入り洗浄しても取りきれず、CMP以降の工程のプロセスでCMP砥粒が穴から飛び出して異物になったり、デバイス特性を変動させるような不純物汚染となったりする。

【0015】

FIB加工した後でウェーハをプロセスラインに戻すという技術の関連では、特開平6-260129号公報に開示されている。この方法では、イオン源としてガリウムを用いた集束イオンビームを照射した試料をプロセスに戻すために、試料の特性に顕著な影響を及ぼさない気体元素のイオンビームを用いて、ガリウムの打ち込まれた部分を除去するか、前記気体イオンビーム、もしくはエネルギービームを用いてガリウムの打ち込まれた部分を被覆するように有機金属膜を析出する方法が開示されている。すなわち、アルゴン、酸素イオン、酸素ラジカルのいずれかを用いて加工観察領域をクリーン化し化合物を堆積させた後再び製造工程に戻すことが開示されている。

40

【0016】

しかし、この装置では、Ga汚染に関しては考慮されているものの、加工後の穴の処理に

50

については考慮されていなかった。

【0017】

また、断面検査後にウェーハをプロセスラインに戻すという技術の関連では、特開平10-116872号公報に開示されている。この方法では、半導体デバイスのプロセス途中で、ウェーハを断面検査した後に、断面加工穴をエネルギービーム誘起CVD (Chemical Vapour Deposition、なお、従来例ではCVDという技術語を用いているが、ここでは、ガスアシストデポジションを同義語として用いる。)により絶縁体や導電膜を埋めこんだり、あるいは液体材料を塗布し、エネルギービームを照射することによって所望の膜質で穴埋めして、再び製造プロセスラインにウェーハを戻して製造を続行する方法が開示されている。特に、ウェーハを抜き取って断面検査を行い、ウェーハの検査部分をイオンビームで平坦化することが開示されている。

10

【0018】

また、国際公表特許WO99/17103号公報には、FIB加工後の穴の処理として、イオンビームで開口部を誘電体で覆うことのみが開示されている。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、FIB加工後の従来の穴埋め方法では、次のような課題が残されていた。

【0020】

まず、エネルギービーム誘起ガスアシストデポジションにより穴埋めを実施する場合には、ビーム種により各々次のような問題があった。

20

【0021】

すなわち、(1)液体材料を塗布し、エネルギービームを照射することによって膜を形成する場合には、膜が厚くなるとエネルギービームを照射する工程で膜にクラックが生じ、ウェーハを次のプロセスに戻すと、プロセス中にクラックのかけらが飛散し、不良原因となる懸念があった。これは、一般にマイクロサンプルを取り出した加工穴の深さは、浅くとも3から5マイクロメートルあり、一方、液体材料で一般に用いられる酸化膜材料がクラックなしで形成できる膜厚はせいぜい1から2マイクロメートルまでで、それ以上に厚く塗布された酸化膜は加熱の過程でクラックが生じるからである。(2)レーザビーム誘起ガスアシストデポジションでは、等方的に膜成長するため平坦に穴埋めすることが困難である。(3)アルゴンイオンビーム誘起ガスアシストデポジションでは、廉価なイオン照射系では、ビームサイズは50から500マイクロメートルが一般的であり、一方、加工穴の大きさは大きくとも20マイクロメートル程度であるため、加工穴のみに膜形成することが難しく加工穴周辺にも膜を形成し平坦な穴埋めが困難である。(4)電子ビーム誘起ガスアシストデポジションでは、一般にデポ速度が遅いため、実用的な時間、例えば10分以内に穴埋めすることが困難である。

30

【0022】

次に、(5)ガリウムFIB誘起ガスアシストデポジションでは、加工穴を狙ってデポ膜形成が可能であるが、デポ膜中にガリウムが取り込まれるという問題がある。さらに、FIB照射によるスパッタ作用によりFIB加工領域以外にも、ガリウムや試料の一部の破片が飛散する。これらのガリウム汚染が半導体デバイス製造にとっては不良発生原因となる可能性が高い。すなわち、これらの汚染をそのままにして、ウェーハを次のプロセスに戻すと、ガリウムが拡散し、正常に製造プロセスを経ていた半導体素子に侵入し、電気的特性不良やコンタクト不良を発生させるという問題がある。また、高速に穴を埋めるという観点では、電子ビーム誘起ガスアシストデポジションに比較すれば早いものの、やはり実用的な時間、例えば10分以内に穴埋めすることが困難である。これは、デポ膜の絶対量はFIB電流に比例して大きくすることができるため、穴埋め速度をより大きくするためには、FIB電流を大きくする。しかし、FIB電流を大きくすると、すなわち約1nA以上の高電流にすると、デポ膜形成効率が低下して、デポ量とスパッタ量が同程度になり、デポ膜の成長が止まってしまい高速の穴埋めはできなかった。

40

【0023】

50

このようなことから、半導体デバイス等の歩留向上のために、ウェーハを割断することなく途中の検査を実施するために、次のような技術が望まれていた。すなわち、マイクロサンプルを取り出した加工穴、あるいは、断面検査した後の加工穴を、平坦性良く、高速に埋め戻す技術。また、後のプロセスで問題が生じないように、異物が発生せず、またガリウム汚染が半導体デバイスの不良発生原因とならないような埋め戻し手法の確立や、それを、実現できる装置の開発が望まれていた。

【0024】

特に、検査後のウェーハを製造ラインに戻すという観点では、製造ラインに戻すまでの時間短縮が重要であり、すなわち穴埋めの高速化技術が望まれており、従来の方法はこの課題を解決できていなかった。例えば、FIB電流を大きくしても、すなわち約1 nA以上の高電流にしても、デポ膜形成効率が低下することなく、デポ量が増大し高速の穴埋めが可能な技術が望まれていた。

10

【0025】

そこで、本発明の目的は、上述の問題点に鑑み、FIBを使ったサンプリング後の加工穴を高速に埋める技術を提供し、上記ウェーハを評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法や電子部品製造方法、また、そのための加工・観察装置を提供することにある。

【0026】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明では、以下のようにすることによって達成される。

20

【0027】

(1) イオン銃と、前記イオン銃から放出するイオンビームを集束するレンズと、イオンビームを走査する偏向器と、該偏向器の制御装置と、該イオンビームを試料に照射して該試料からの2次粒子を検出するための検出器と、イオンビームガスアシストデポジション用ガスを試料近傍に供給するガス銃と、該試料を保持する試料台と、該試料台の位置を制御する試料位置制御装置を備える荷電粒子線装置によって、試料表面に存在する穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成して前記穴を埋める方法において、荷電粒子を走査する領域を、穴の側壁の一部にイオンビームが照射され、一部には照射されないように制御して穴の中に荷電粒子ガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とする穴埋め方法とする。

30

【0028】

本手法によると、FIBを使ったサンプリング後の加工穴を高速に埋める方法が提供される。

【0029】

(2) イオン銃と、前記イオン銃から放出するイオンビームを集束するレンズと、イオンビームを走査する偏向器と、該偏向器の制御装置と、該イオンビームを試料に照射して該試料からの2次粒子を検出するための検出器と、イオンビームガスアシストデポジション用ガスを試料近傍に供給するガス銃と、該試料を保持する試料台と、該試料台の位置を制御する試料位置制御装置を備えるイオンビーム装置によって、試料表面に存在する穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成して前記穴を埋める方法において、イオンビームを走査する領域を、穴の開口領域と概略同じく設定して、穴の位置に対して移動を伴うように走査領域を制御して穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とする穴埋め方法とする。

40

【0030】

本手法によると、FIBを使ったサンプリング後の加工穴を高速に埋める方法が提供され、特に、イオンビーム走査領域の設定が容易な穴埋め方法が提供される。

【0031】

(3) イオン銃と、前記イオン銃から放出するイオンビームを集束するレンズと、イオンビームを走査する偏向器と、該偏向器の制御装置と、該イオンビームを試料に照射して該試料からの2次粒子を検出するための検出器と、イオンビームガスアシストデポジション

50

用ガスを試料近傍に供給するガス銃と、該試料を保持する試料台と、該試料台の位置を制御する試料位置制御装置を備えるイオンビーム装置によって、試料表面に存在する穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成して前記穴を埋める方法において、イオンビームを走査する領域を、少なくとも穴の側壁の一部から遠ざかるように移動させるように制御して穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とする穴埋め方法とする。

【 0 0 3 2 】

本手法によると、FIBを使ったサンプリング後の加工穴を高速に埋める方法が提供される。

【 0 0 3 3 】

(4) イオン銃と、前記イオン銃から放出するイオンビームを集束するレンズと、イオンビームを走査する偏向器と、該偏向器の制御装置と、該イオンビームを試料に照射して該試料からの2次粒子を検出するための検出器と、イオンビームガスアシストデポジション用ガスを試料近傍に供給するガス銃と、該試料を保持する試料台と、該試料台の位置を制御する試料位置制御装置を備えるイオンビーム装置によって、試料表面に存在する穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成して前記穴を埋める方法において、イオンビームを走査する領域を、穴の側壁の一部にイオンビームが照射され、一部には照射されないように制御し、かつ穴埋め時間経過と共に走査する領域を継続的に縮小するように制御して穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とする穴埋め方法。

【 0 0 3 4 】

本手法によると、FIBを使ったサンプリング後の加工穴を高速に埋める方法が提供され、特に、イオンビームが穴以外の領域を照射することがないため平坦性が良い穴埋め方法が提供される。

【 0 0 3 5 】

(5) イオン銃と、前記イオン銃から放出するイオンビームを集束するレンズと、イオンビームを走査する偏向器と、該偏向器の制御装置と、該イオンビームを試料に照射して該試料からの2次粒子を検出するための検出器と、イオンビームガスアシストデポジション用ガスを試料近傍に供給するガス銃と、該試料を保持する試料台と、該試料台の位置を制御する試料位置制御装置を備えるイオンビーム装置によって、試料表面に存在する穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成して前記穴を埋める方法において、穴の開口部の径もしくは長辺に対して穴の深さが深い穴の中に、イオンビーム電流を1 nA以上照射して、イオンビームを走査する領域を、穴の開口領域と概略同じく設定して、穴の位置に対して移動を伴うように走査領域を制御して穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とする穴埋め方法。

【 0 0 3 6 】

本手法によると、FIBを使ったサンプリング後の加工穴を高速に埋める方法が提供され、特に、イオンビーム電流が多いことから高速で、かつイオンビーム走査領域の設定が容易な穴埋め方法が提供される。

【 0 0 3 7 】

(6) イオン銃と、前記イオン銃から放出するイオンビームを集束するレンズと、イオンビームを走査する偏向器と、該偏向器の制御装置と、該イオンビームを試料に照射して該試料からの2次粒子を検出するための検出器と、イオンビームガスアシストデポジション用ガスを試料近傍に供給するガス銃と、該試料を保持する試料台と、該試料台の位置を制御する試料位置制御装置を備えるイオンビーム装置によって、試料表面に存在する穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成して前記穴を埋める方法において、イオンビーム照射による二次電子像の輝度変化をモニタして走査領域を移動量および移動時間を管理して、穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とする穴埋め方法とする。

【 0 0 3 8 】

本手法によると、FIBを使ったサンプリング後の加工穴を高速に埋める方法が提供され、特に、イオンビーム走査領域の移動が効率的な穴埋め方法が提供される。

【0039】

(7) 基板に、イオンビームを照射して、基板表面を加工し、加工部を検査あるいは解析する、もしくはイオンビーム照射を用いる加工方法により基板の一部を分離して、分離したマイクロサンプルを検査・解析する基板の検査・解析方法において、基板上でイオンビーム照射によって形成された加工穴をエネルギー誘起ガスアシストデポジション膜により埋めこみ、次にガスアシストデポジション膜上に液体材料を塗布することを特徴とする基板の検査・解析方法とする。

【0040】

本手法によると、基板を評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法が提供され、特に、加工穴を、平坦性良く埋め戻すことができ、かつ異物が発生しにくく、イオン種による汚染の影響も低減できる。

【0041】

(8) 基板に、ガリウム集束イオンビームを照射して、基板表面を加工し、加工部を検査あるいは解析する、もしくはガリウム集束イオンビーム照射を用いる加工方法により基板の一部を分離して、分離したマイクロサンプルを検査・解析する基板の検査・解析方法において、基板上でガリウム集束イオンビーム照射によって形成された加工穴にガリウム集束イオンビーム誘起ガスアシストデポジションにより埋めこみ、次にガスアシストデポジション膜上に液体材料を塗布し、次に液体材料を個化した後、基板表面をガリウム除去洗浄することを特徴とする基板の検査・解析方法とする。

【0042】

本手法によると、基板を評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法が提供され、特に、加工穴を、平坦性良く埋め戻すことができ、かつ異物が発生しにくく、加工穴周辺も含めて、イオン種による汚染の影響が低減できる。

【0043】

(9) 基板に、イオンビームを照射して、基板表面を加工し、加工部を検査あるいは解析する、もしくはイオンビーム照射を用いる加工方法により基板の一部を分離して、分離したマイクロサンプルを検査・解析する基板の検査・解析方法において、基板上でイオンビーム照射によって形成された加工穴にブロック状の部材を挿入することを特徴とする基板の検査・解析方法とする。

【0044】

本手法によると、基板を評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法が提供され、特に、加工穴を、スルーブット高く埋め戻すことができる。

【0045】

(10) 基板に、集束イオンビームを照射して、基板表面を加工し、加工部を検査あるいは解析する、もしくは集束イオンビーム照射を用いる加工方法により基板の一部を分離して、分離したマイクロサンプルを検査・解析する基板の検査・解析方法において、基板上でイオンビーム照射によって形成された加工穴を集束イオンビーム誘起ガスアシストデポジション膜により埋めこみ、次に該ガスアシストデポジション膜上を気体元素種イオンビーム誘起ガスアシストデポジション膜で覆うことを特徴とする基板の検査・解析方法とする。

【0046】

本手法によると、基板を評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法が提供され、特に、加工穴を、平坦性良く埋め戻すことができ、かつ異物が発生しにくく、イオン種による汚染の影響も低減できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 7 】

(1 1) 基板に、集束イオンビームを照射して、基板表面を加工し、加工部を検査あるいは解析する、もしくは集束イオンビーム照射を用いる加工方法により基板の一部を分離して、分離したマイクロサンプルを検査・解析する基板の検査・解析方法において、基板上でイオンビーム照射によって形成された加工穴を集束イオンビーム誘起ガスアシストデポジション膜により埋めこみ、次に該ガスアシストデポジション膜上をレーザビーム誘起ガスアシストデポジション膜で覆うことを特徴とする基板の検査・解析方法とする。

【 0 0 4 8 】

本手法によると、基板を評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法が提供され、特に、加工穴を、平坦性良く、スループット高く埋め戻すことができ、かつ異物が発生しにくく、イオン種による汚染の影響も低減できる。

10

【 0 0 4 9 】

(1 2) 基板に回路パターンを製造するプロセスの任意の加工工程後に、前記基板にイオンビームを照射して、基板表面を加工し、加工部を検査あるいは解析する工程、もしくは前記加工工程の後に、少なくともイオンビーム照射を用いて前記基板の一部を分離する工程を有し、その後、基板上でイオンビーム照射によって形成された加工穴をエネルギー誘起ガスアシストデポジションにより埋めこみ、次にガスアシストデポジション膜上に液体材料を塗布する工程を経た後、回路パターンを製造する前記プロセスに前記基板を戻して第二の加工をすることを特徴とする電子部品製造方法とする。

20

【 0 0 5 0 】

本手法によると、基板を評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな電子部品製造方法が提供される。

【 0 0 5 1 】

(1 3) 基板に回路パターンを製造するプロセスの任意の加工工程後に、前記基板にイオンビームを照射して、基板表面を加工し、加工部を検査あるいは解析する工程、もしくは前記加工工程の後に、少なくともイオンビーム照射を用いて前記基板の一部を分離する工程を有し、その後、基板上でイオンビーム照射によって形成された加工穴をエネルギー誘起ガスアシストデポジションにより埋めこみ、次に該ガスアシストデポジション膜上を気体元素種イオンビームもしくはレーザビーム誘起ガスアシストデポジション膜で覆う工程を経た後、回路パターンを製造する前記プロセスに前記基板を戻して第二の加工をすることを特徴とする電子部品製造方法とする。

30

【 0 0 5 2 】

本手法によると、基板を評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな電子部品製造方法が提供される。

【 0 0 5 3 】

(1 4) 基板に、集束イオンビームを照射して、基板表面を加工し、加工部を観察する、もしくは集束イオンビーム照射を用いる加工方法により基板の一部を分離して検査・解析用のマイクロサンプルを作製する基板の加工・観察装置において、基板上でイオンビーム照射によって形成された加工穴を集束イオンビーム誘起ガスアシストデポジション膜により埋めこみ、次に該ガスアシストデポジション膜上を気体元素種イオンビームもしくはレーザビーム誘起ガスアシストデポジション膜で覆う機能を有することを特徴とする基板の加工・観察装置とする。

40

【 0 0 5 4 】

本装置によると、基板を評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法のための試料作製が可能な基板の加工・観察装置が提供され、特に、加工穴を、平坦性良く、スループット高く埋め戻すことができ、かつ異物が発生しにくく、イオン種による汚染の影響も低

50

減できる基板の加工・観察装置が提供される。

【 0 0 5 5 】

(1 5) 基板に、集束イオンビームを照射して、基板表面を加工し、加工部を観察する、もしくは集束イオンビーム照射を用いる加工方法により基板の一部を分離して検査・解析用のマイクロサンプルを作製する基板の加工・観察装置において、基板上でイオンビーム照射によって形成された加工穴を集束イオンビーム誘起ガスアシストデポジション膜により埋めこみ、次に該ガスアシストデポジション膜上を気体元素種イオンビームもしくはレーザービーム誘起ガスアシストデポジション膜で覆う機能を有し、集束イオンビーム照射軸と、気体元素種イオンビーム照射軸もしくはレーザービーム照射軸がオフセットされていることを特徴とする基板の加工・観察装置とする。

10

【 0 0 5 6 】

本装置によると、基板を評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法のための試料作製が可能な基板の加工・観察装置が提供され、特に、加工穴を、平坦性良く、スループット高く埋め戻すことができ、かつ異物が発生しにくく、イオン種による汚染の影響も低減できる基板の加工・観察装置が提供される。

【 0 0 5 7 】

また、上記(1)から(1 5)のいずれかにおいて、上記試料はシリコン半導体ウェーハ、エピタキシャル成長シリコンウェーハ、基板に形成されたシリコン薄膜を有するウェーハ、化合物半導体ウェーハ、磁気ヘッド集積ウェーハのうちのいずれかである。また、上記電子部品は、シリコン半導体デバイス、化合物半導体デバイス、磁気記録再生用ヘッド、光磁気記録再生用ヘッドのうちのいずれかである。また、上記検査は、透過型電子顕微鏡、走査型透過電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡もしくは走査型プローブ顕微鏡のうちの少なくともいずれかを用いる。また、上記解析は、電子ビーム、イオンビーム、X線の少なくともいずれかを用いて元素分析し、予め定めた基準の元素分布または元素濃度、不純物分布、不純物濃度のうち少なくともいずれと比較して良不良を判断する。また、上記解析は、予め定めた箇所について予め定めた基準の形状、寸法、元素分布、元素濃度、不純物分布、不純物濃度のうち少なくともいずれかを外れた原因を解明する。また、上記モニタまたは検査または解析のうちの少なくともいずれかを行なう工程において得たデータは、少なくとも計算処理機に保存する。

20

30

【 0 0 5 8 】

【発明の実施の形態】

本発明によるFIBを使ったサンプリング後の加工穴を高速に埋める方法の実施例は、ある加工プロセス後において試料の基板表面を含む一部をFIBにより摘出し、または断面を形成し、上記基板表面を含む一部または断面に対して上記加工プロセスでの加工の進捗を検査または解析のうちの少なくともいずれかの方法、および上記摘出もしくは断面形成後の加工穴を高速に埋め戻す方法にある。

【 0 0 5 9 】

また、さらに本発明による電子部品製造方法の実施例は、試料に複数の加工プロセスを施して電子部品を形成する電子部品製造方法において、上記基板表面を含む一部または断面に対して上記加工プロセスでの加工の進捗を検査または解析のうちの少なくともいずれかを行なう工程と、上記摘出または断面形成後の加工穴を埋め戻す工程とを含み、基板を更に加工プロセスへ戻し回路パターンを製造する方法にある。

40

【 0 0 6 0 】

(実施例 1)

本発明による検査・解析方法を含む電子部品製造方法の基本的な流れをウェーハの流れを、図1を用いて説明する。

【 0 0 6 1 】

まず複数のウェーハからなるロット13が任意のN番目のプロセス11に投入される。次に、複数のウェーハのうち検査用ウェーハ14を選別し、残されたウェーハは待機する。

50

選別した検査用ウェーハ 14 は、まず検査電子顕微鏡 15 に導入される。ここで異常が発見された場合には、その位置がアドレスとして記録され、その情報が試料加工・観察装置 17 に送られる。この試料加工・観察装置 17 で検査用ウェーハ 14 から検査すべき箇所を含むマイクロサンプル 6 を、ガリウム FIB 1 とマニピュレータ先端に取り付けたプローブ 3、およびデポガス W (CO) 6 によって作製したデポ膜等を用いて摘出する。

【0062】

マイクロサンプル 6 を摘出された検査用ウェーハ 14 は、再び上記残されたロット 13 に組み込まれ、次の N + 1 番目のプロセス 12 に投入される。ここで、マイクロサンプル 6 は解析装置 18 に送り、予め定められた検査項目について解析する。このように、N 番目のプロセスから N + 1 番目プロセスに至る間に、解析用のマイクロサンプル 6 が摘出されることが大きな特徴である。

10

【0063】

また、検査によってマイクロサンプル 6 を摘出した加工領域を含む半導体デバイスは、N + 1 番目以降のプロセスは無効となり製品となることはないが、ウェーハ枚数は減少することはない。すなわち、N 番目のプロセスに投入するウェーハと N + 1 番目のプロセスに投入するウェーハ数は同じであり、マイクロサンプル 6 が取り出された領域以外で製造された半導体デバイスは良品であれば製品として製造数に貢献する。

【0064】

しかし、これだけでは、マイクロサンプルを取り出した後の加工穴がウェーハを次のプロセスに戻す場合の問題となる。そこで、上記マイクロサンプルを取り出した後の加工穴を埋め戻す。

20

【0065】

まず、加工・観察装置 17 で、ウェーハ上でイオンビーム照射によって形成された加工穴を FIB 誘起ガスアシストデポジション膜により埋めこみ、次にガスアシストデポジション膜上に液体材料を塗布する方法について説明する。

【0066】

本手法のフローを図 3 に示す。図 3 (a) に示すように、ガリウム FIB 1 を用いたマイクロサンプル 6 作製のための加工動作については従来の方法と同じであるが後で詳しく説明する。次に、図 3 (b) に示すように、試料ウェーハ 38 は、次のプロセスに投入されるが、ウェーハ上で FIB 照射によって形成された加工穴を FIB ガスアシストデポジションで埋める。この詳しい動作についても、図 6 を用いて後述する。

30

【0067】

次に、図 3 (c) に示すように、かかるウェーハは加工・観察装置 17 から取りだされ、液体材料塗布装置 19 に導入され、FIB 照射加工領域を覆うように、例えば直径 1 mm 領域に液体材料 302 をピペット 301 から射出して塗布する。次に塗布した液体材料からの保護膜形成は、加熱手段により焼成される。この方法についても後で詳しく説明する。次に、図 3 (d) に示すように、洗浄装置 20 により、例えばブラシ 304 と薬液を用いたいわゆるブラシ洗浄により、ウェーハを洗浄し液体塗布領域外のガリウム汚染を除去する。

【0068】

次に、本発明による一実施例である手法に使用する加工・観察装置の概略構成図を、図 4 に示す。

40

【0069】

加工・観察装置 17 は、真空容器 41 を有しており、真空容器内には、ガリウムを放出する液体金属イオン源 32、ビーム制限アパーチャ 33、イオンビーム走査電極 34、およびイオンビームレンズ 31 などから構成される FIB 照射光学系 35、FIB 照射によって試料から放出する二次電子や二次イオンを検出する二次粒子検出器 36、イオンビーム照射領域にデポ膜を形成するための元材料ガスを供給するデポガス源 37、マニピュレータ 43 先端に取り付けたプローブ 3、半導体ウェーハや半導体チップなどの試料ウェーハ 38 を載置する試料ステージ 39、試料ウェーハの一部を摘出した微小な摘出試料を固定

50

する試料ホルダ 40 などが配置されている。そして、主に電気回路や演算装置からなるステージ制御装置 61、マニピュレータ制御装置 62、二次電子検出器の増幅器 63、デボガス源制御装置 64、FIB 制御装置 65、および計算処理装置 74、などが配置される。

【0070】

次に、本加工・観察装置の動作について説明する。まず、液体金属イオン源 32 から放出したイオンをビーム制限アパーチャ 33、イオンビームレンズ 31 を通して試料ウェーハ 38 に照射する。FIB 1 は試料上で直径数ナノメートルから 1 マイクロメートル程度に細束化される。FIB 1 を試料ウェーハ 38 に照射するとスパッタリング現象により試料表面の構成原子が真空中に放出される。したがってイオンビーム走査電極 34 を用いて FIB 1 を走査させることで、マイクロメートルからサブマイクロメートルレベルの加工ができることになる。

10

【0071】

また、デポジションガスを試料室中に導入しながら FIB 1 を試料ウェーハ 38 に照射することによって、デボ膜を形成することができる。このように、FIB 1 によるスパッタリングあるいはデポジションを巧みにつかって試料ウェーハ 38 を加工することができる。FIB 1 照射によって形成するデボ膜は、プローブ 3 の先端にある接触部と試料を接続したり、摘出試料を試料ホルダ 40 に固定するために使用する。また、FIB 1 を走査して、試料から放出される二次電子や二次イオンを二次粒子検出器 36 で検出して、その強度を画像の輝度に変換することによって試料ウェーハ 38 やプローブ 3 などを観察することができる。

20

【0072】

次に、ガリウム FIB 1 を用いたマイクロサンプル 6 作製のための加工動作については従来の方法と同じであるが、図 5 を用いて説明する。

【0073】

この方法は、図 5 の (a) ~ (j) に示すように、まず始めに、FIB 1 を照射し目標位置識別のためのマーク 403、404 を形成し、その後その両外側に矩形穴 401、402 を試料 2 に形成する (図 5 (a))。次に、FIB 1 により矩形溝 406 を形成する (図 5 (b))。次に、試料ステージを傾けて FIB 1 を試料表面に斜めから照射することにより、斜溝 408 を形成し、試料 4 と一部の支持部 405 のみで接続された摘出試料 407 を形成する (図 5 (c))。試料台傾斜を戻し、プローブ 3 を、プローブ制御装置により制御し、摘出試料 407 の一部に接触させる。この摘出試料の支持部 405 は、後程、FIB により切断するわけであるが、プローブドリフト等を考慮した場合、短時間で切断することが望ましいため、支持部体積は小さくする必要がある。このため、プローブ 3 の接触により支持部 405 が破壊される恐れがあるため、上記プローブ制御法を使用して損傷をできるだけ抑えて接触させる。接触させたプローブ 7 と摘出試料 407 を、デボ膜 409 を用いて固定する (図 5 (d))。

30

【0074】

次に、支持部 405 を FIB 1 で切断する (図 5 (e))。こうして、摘出試料 407 を切り出し、プローブ 3 をプローブ駆動装置によって上昇させ摘出する (図 5 (f))。次に、この切り出された摘出試料 407 を摘出試料ホルダに形成された溝 411 への接触を行う (図 5 (g))。このときの接触は摘出試料 407 が破壊されたりデボ膜 409 部で摘出試料 407 が外れて消滅してしまわないように充分小さな速度で接触させる必要がある。こうして接触させた後、デボ膜 412 を用いて両者を固定する (図 5 (h))。固定後、プローブ 3 接続部に FIB を照射し、スパッタ加工を行い、プローブを摘出試料 407 から分離する (図 5 (i))。TEM 試料とする場合には最後に、再度、FIB 1 を照射して、最終的に観察領域 410 を厚さ 100 nm 以下程度に薄く仕上げ加工を施す (図 5 (j))。

40

【0075】

次に、マイクロサンプル 6 摘出によって形成された加工穴を FIB ガスアシストデポジショ

50

ンで埋める動作について、図6を用いて説明する。

【0076】

まず、ガスノズル104から堆積性ガス5を供給し、FIB1の走査領域1002を、穴の開口領域と同じく設定して、FIB1を加工穴1001内のみに照射する。すると加工穴1001内の側壁、底面にはデポ膜が形成される。次に、走査領域1002は、図6(a)の矢印が示すように、4つの壁の内、2つの壁から遠ざかる方向にFIBを移動させて、走査領域の一部が加工穴と重なるようにする。すなわち、穴の側壁の一部にFIBが照射され、一部には照射されない状態にする。具体的には、4つの側壁の内、2つの壁にはFIBが照射され、他の2つの壁に形成された側壁すなわちデポ膜にはFIBが照射されなくなる。ここではFIBが照射されている側壁から放出されるスパッタ粒子が、FIBが照射されなくなった2つの側壁に再付着して、側壁方向のデポジションが加速されることになる。

10

【0077】

次に、走査領域1002は順次移動させて、最後には走査領域が加工穴と重ならない状態で終了する。すなわち、穴埋めは、図6(b)に模式的に示したように、主に穴の側壁方向からのデポ膜成長によって行われる。ここで、実際には底面にもデポ膜は形成されるが、わかりやすくするため、図6(b)では省略した。なお、デポ膜4が堆積してほぼ加工穴が満たされたら堆積性ガス5供給を停止する。

【0078】

従来は、FIB1の走査領域は、穴の開口領域と同じく設定して、移動させることなくFIB1は加工穴1001内を照射し続け、デポ膜の成長は、図7(b)に模式的に示したように、主に底面からのデポ膜成長によって行われた。ここで、高速に穴を埋めるためには、デポ膜の絶対量がFIB電流に比例して大きくなるため、穴埋め速度をより大きくするためには、FIB電流を大きくする方が有利である。しかし、従来の方法ではFIB電流を大きくすると、すなわち約1nA以上の高電流にすると、デポ効率が低下しデポ量とスパッタ量が同程度になり、デポ膜の成長が止まってしまう高速の穴埋めはできなかった。しかし本願の手法では、イオンビーム電流を1nA以上照射しても、一旦成長した側壁にはFIBが照射されず、反対側壁からのスパッタ粒子の再付着により、高速の穴埋めが実現する。

20

【0079】

また、本実施例では、走査領域1002は穴を横切るように移動させたが、走査領域を図8に示すような方法で移動する方法も良い。図8では、印がFIBの照射点を示しており、図8の(a)から(b)、(c)、(d)にしたがって、走査領域を1003から、1004、1005、1006に順次示したように、4つの壁の内2つの壁から遠ざけるように移動させる。このようにすると、走査領域1003の時に壁に成長したデポ膜に、走査領域を1004にした時にはFIBが照射されず、反対側壁からのスパッタ粒子の再付着が加わり、2つの壁からのデポ膜成長が継続することになり、高速の穴埋めが実現する。

30

【0080】

また、図9に示すような、次のような方法も良い。すなわち、FIBを走査する領域を、FIB照射密度を概略一定にして、穴の位置に対して継続的に縮小するように制御して穴の中にデポ膜を形成する。図9では、印がFIBの照射点を示しており、図9の(a)に示す1003が最初の走査領域を示し、(b)に示す1004は縮小された走査領域を示しているが、1004に示す照射領域は、仮想の照射領域を1003として他の条件は概略一定にする。そして1004の外側にFIBが走査される時間にはFIBは試料に照射されないようにする。次に、(c)に示す走査領域が1005、および(d)に示す1006と縮小された場合にも同様である。こうすれば、デポ膜の成長は2つの壁から進み、より効率的に、すなわち高速に穴埋めができる。

40

【0081】

ただし、単純に走査領域を縮小すると、FIBの照射電流密度が実行的に増大し、穴埋め

50

条件が変化するため、穴埋め制御が困難になる。したがって、走査領域を縮小するときには、設定する仮想の走査領域は一定にして、縮小で照射しない領域ではFIBが試料に照射されないように制御すれば、実効的な照射電流密度は一定にして走査領域を縮小でき穴埋め制御が可能になる。このようにすると、各々の走査領域で実行されるFIB照射時間を同じくすることができる。

【0082】

以上のような穴埋め方法が、特に活用できるのは、穴の開口部の径もしくは長辺に対して穴の深さが深い穴、いわゆる深い穴である。これは穴の底面に比較して、側面の面積が大きくなり、主に側壁からデポ膜を成長させる本手法がより効率的になるためである。

【0083】

また、この穴埋め方法では、FIB1の走査によって発生した二次電子の強度によって形成される二次電子像において、穴埋め開始後に壁周辺にデポ膜の成長に合わせて二次電子像の輝度変化していく。この変化は側壁からのデポ膜の成長が平衡状態になった時点でほぼ停止する。したがって、効率良く走査領域を移動させるためには、この輝度変化が終了するタイミングで、かつ輝度変化する領域分を走査領域の移動させれば、ロスが無く効率良く穴埋めができることになる。このような設定を予めプログラミングしておけば、自動的に穴埋めが終了する。これはイオンビーム照射密度を概略一定にして、穴の位置に対して継続的に縮小するように制御する手法についても有効である。

【0084】

次に、ウェーハを加工・観察装置17から取りだし、液体材料塗布装置19に導入してFIB照射加工領域を覆うように液体材料を塗布する手法について述べる。

【0085】

液体材料としては、各種錯体溶液（例えば、スピンオングラス（略してSOG）と称される酸化ケイ素系被膜形成用塗布液、エポキシ系樹脂溶液、あるいはポリイミド前駆体溶液等が適用可能である。塗布は、微細ピペットを用いて行うことができる。塗布した液体材料から固体の保護膜への形成は、各種雰囲気炉、ホットプレート、レーザ、等の加熱手段を用いた焼成、紫外線ランプや紫外線レーザを照射する紫外線照射手段を用いた光硬化などで行う。焼成後は、洗浄装置20により、ウェーハを洗浄し液体塗布領域外のガリウム汚染を除去する。

【0086】

なお、本実施例では、加熱して形成した膜厚は約0.5マイクロメートル以下とした。これにより、従来、少なくとも数マイクロメートルの深さである穴の埋めもどしを液体材料のみで行っていたときに生じていたクラックの発生は大幅に低減できる。また、穴埋めのは大半はFIBによって悪くても1μm以下の位置精度で行っているため、従来のアルゴンイオンビーム照射デポによる穴埋めのように加工穴から少なくとも数マイクロメートル周辺まで盛りあがるという問題も生じない。

【0087】

また、FIB照射した領域が酸化膜で覆われているので、ガリウムが後のプロセスで真空中に蒸発し、これが他の半導体素子に侵入し、電気的特性不良やコンタクト不良を発生させるという可能性も大幅に下がる。また、FIB照射のみによる穴埋めでは、ウェーハ表面と同じ高さに平坦に埋めることが難しく、約1マイクロメートル以下で凹凸が生じる場合が多い。しかし、この方法ではさらに液体材料を塗布するため凹凸が緩和され、より平坦な穴埋めが達成される。

【0088】

以上の本実施例によると、FIBを使ったサンプリング後の加工穴を高速に埋める方法が提供され、さらに、ウェーハを評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法のための試料作製が可能なウェーハの加工・観察装置が提供され、かつ異物が発生しにくく、イオン種による汚染の影響も低減できるウェーハの加工・観察装置が提供される。

【0089】

(実施例2)

本発明の他の実施例に用いる、第2のイオンビーム照射装置を備えた加工・観察装置の概略構成を、図10に示す。

【0090】

本加工・観察装置17は、真空容器41を有しており、真空容器内には、FIB照射光学系35、二次粒子検出器36、デポガス源37、プローブ3、試料ステージ39等の構成は、実施例1の加工・観察装置と同様である。本装置では、アルゴン、酸素、窒素等の気体元素種のガスイオンを放出するデュオプラズマトロン81、イオンビームレンズ82、ビーム制限アパーチャ83、イオンビーム走査電極84などから構成される第二のイオンビーム照射系を設置している。

10

【0091】

また、本装置を制御する装置として、ステージ制御装置61、マニピュレータ制御装置62、二次電子検出器の増幅器63、デポガス源制御装置64、FIB制御装置65の他にデュオプラズマトロン制御装置91、光学系制御装置92、イオン走査制御装置93、および計算処理装置74、などが配置される。なお、本装置では、FIB照射軸とアルゴンイオンビーム照射軸は、図10に示すようにオフセットされている。これにより、FIB照射系の付近の装置設計が容易になるという特長を持つ。

【0092】

FIB照射光学系35の動作は実施例1と同様で、ガリウムFIB1を用いたマイクロサンプル作製のための加工動作についても従来の方

20

【0093】

法と同じである。そして、本装置から摘出したマイクロサンプル6は検査装置によって解析される。

【0094】

しかし、これだけでは、マイクロサンプル6を取り出した後の加工穴がウェーハを次のプロセスに戻す場合の問題となる。そこで、上記マイクロサンプルを取り出した後の加工穴を埋め戻す。

30

【0095】

本実施例では、ウェーハ上でガリウムFIB1照射によって形成された加工穴をガリウムFIB1誘起ガスアシストデポジション膜により埋めこみ、次に、ビーム径が1ミリメートルオーダのブロードなアルゴンイオンビーム照射によるデポ膜により前記ガリウムFIB1誘起ガスアシストデポジション膜を覆う方法について説明する。

【0096】

本手法のフローを、図11(a)~(d)に示す。(a)に示すように、ガリウムFIB1を用いたマイクロサンプル6作製のための加工動作については従来の方

40

法と同じである。次に、(b)に示すように、試料ウェーハ38は、次のプロセスに投入されるが、ウェーハ上でイオンビーム照射によって形成された加工穴をガリウムFIB1誘起ガスアシストデポジション膜により埋めこむ。この動作については、実施例1で説明した方法と同じである。

【0097】

次に、(c)に示すように、かかるウェーハは加工・観察装置17から取りだされる。本装置では、FIB照射軸とアルゴンイオンビーム照射軸はオフセットされているため、FIB誘起ガスアシストデポジション領域をアルゴンイオンビーム照射軸の直下にするように、試料台を移動する。ここで、別のガスノズル105からシリコン酸化膜用の堆積性ガス106を供給し、FIB穴埋め領域をほぼ中心に含むように、ビーム径が1ミリメートルオーダのブロードなアルゴンイオンビーム85を照射し、厚さ約0.5マイクロメートルの膜を形成する。また、ここでは、FIB照射軸とアルゴンイオンビーム照射軸はオフセットされているため、シリコン酸化膜用の堆積性ガス106を供給動作で、堆積性ガス5が混入する危険性が少ないという特長をもつ。

50

ここで、FIBデポ膜形成後のアルゴンイオンビーム照射誘起デポ膜形成動作を説明する。アルゴンイオンビーム照射装置のイオン源はデュオプラズマトロン81で、ここではアルゴンイオンを照射する。イオンビーム85の加速電圧は5kVで、イオン電流は2マイクロアンペア、ビーム径は約1ミリメートルに調整した。またビーム偏向電極84によってウェーハ試料38の任意の場所を狙うことが可能で、ガリウムが照射されたFIB穴埋め領域を狙って照射することも可能となる。

【0098】

このためには、あらかじめ次の準備しておく。まず、アルゴンイオンビーム85をスポット状に集束して試料に照射する。次に、試料台移動の後、そのスポット状の照射痕をFIB1で走査して、二次電子を検出して、スポット状の照射痕を観察することで、アルゴンイオンビーム照射位置とFIB1照射位置関係を明らかにしておく。そして、この装置のイオンビーム走査制御装置93にはマイクロサンプル6の加工位置とガリウムFIB照射条件情報を記憶しており、この記憶情報から加工位置を呼び出し、アルゴンイオンビーム照射系を制御し、加工位置にアルゴンイオンビーム85を自動照射する。なお、これらの制御は、計算処理装置74によって統一して行われる。

10

【0099】

なお、本実施例では、アルゴンイオンビームを用いたが酸素や窒素でも良い。また、イオンビームの替わりにレーザービームを照射しても良い。レーザービームでは短時間にデポ膜を形成できるため、スループットを上げたり、広領域を一度に処理するのに適している。一方、イオンビームはレーザー装置に比べて、目標位置に精度よく照射することができる。

20

【0100】

なお、本装置では、アルゴンイオンビーム装置をFIBイオンビーム装置に組み込んでいるが上記のアルゴンイオンビーム照射装置と同等の性能を持つ第二のイオンビーム照射装置で除去作業を行ってもよい。この場合には、加工位置情報を、FIBイオンビーム装置からアルゴンイオンビーム照射装置に転送し、加工位置を自動的にアルゴンイオンビーム照射できるようにする。ただしこの場合には2台の装置のコストが必要であり、作業時間も長くなり、結果的にはデバイス製造にかかる経済的なコストが高くなる。

【0101】

以上に述べた手法では、穴埋めの大半はFIBによって位置精度良く行っているので、従来のアルゴンイオンビーム照射デポのみによる穴埋めのように加工穴周辺が盛りあがるとい問題が生じない。また、FIB照射した領域が広く酸化膜で覆われているので、ガリウムが後のプロセスで拡散し、半導体素子に侵入し、電気的特性不良やコンタクト不良を発生させるという可能性も大幅に下がる。また、FIB照射のみによる穴埋めでは、ウェーハ表面と同じ高さに平坦に埋めることが難しく、約1マイクロメートル以下で凹凸が生じる場合が多い。しかし、この方法ではさらにデポ膜を広く薄く形成するため、局所的な凹凸が緩和され、より平坦な穴埋めが達成される。

30

【0102】

本実施例によると、ウェーハを評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法のための試料作製が可能なウェーハの加工・観察装置が提供され、特に、加工穴を、平坦性良く、スループット高く埋め戻すことができ、かつ異物が発生しにくく、イオン種による汚染の影響も低減できるウェーハの加工・観察装置が提供される。

40

【0103】

(実施例3)

本発明の更に他の実施例に用いる加工・観察装置の概略構成図を、図12に示す。

【0104】

加工・観察装置17は、真空容器41を有しており、真空容器内には、ガリウムを放出する液体金属イオン源32、ビーム制限アパーチャ33、イオンビーム走査電極34、およびイオンビームレンズ31などから構成されるFIB照射光学系35、FIB照射によって試料から放出する二次電子や二次イオンを検出する二次粒子検出器36、イオンビーム

50

照射領域にデポ膜を形成するための元材料ガスを供給するデポガス源 37、マニピュレータ 42 先端に取り付けたプローブ 3、半導体ウェーハや半導体チップなどの試料ウェーハ 38 を載置する試料ステージ 39、試料ウェーハの一部を摘出した微小な摘出試料を固定する試料ホルダ 40 などが配置されている。

【0105】

また、レーザ発生オシレータ 51 等から構成されるレーザ装置 56、また、レーザ用光学レンズ 55 等が装着されている。これらのレーザ装置 56、レーザ用光学レンズ 55 等は一つのコンポーネントとしてまとめられ真空容器に固定されている。

【0106】

その他に本装置を制御する装置として、主に電気回路や演算装置からなるステージ制御装置 61、マニピュレータ制御装置 62、二次電子検出器の増幅器 63、デポガス源制御装置 64、FIB 制御装置 65、レーザ反射鏡位置制御装置 71、レーザ用光学レンズ制御装置 72、レーザ制御装置 73、および計算処理装置 74、などが配置される。なお、本装置では、FIB 照射軸とレーザビーム照射軸は、図 12 に示すようにオフセットされている。FIB 照射位置からレーザビーム照射位置へはステージ移動により数マイクロメートルの精度で移動可能である。このオフセット機能により、FIB 照射系の付近の装置設計が容易になるという特長を持つ。

10

【0107】

FIB 照射光学系 35 の動作は、実施例 1 と同様で、ガリウム FIB 1 を用いたマイクロサンプル作製のための加工動作についても従来の方法と同じである。そして、本装置から摘出したマイクロサンプル 6 は検査装置によって解析される。

20

【0108】

次に、試料ウェーハ 38 は、次のプロセスに投入されるが、ウェーハ上でイオンビーム照射によって形成された加工穴をガリウム FIB 1 誘起ガスアシストデポジション膜により埋めこみ動作についても実施例 1 と同様である。

【0109】

次に、本実施例では、レーザビーム照射によるデポ膜により前記ガリウム FIB 1 誘起ガスアシストデポジション膜を覆う。まず、本装置では、FIB 照射軸とレーザビーム照射軸はオフセットされているため、FIB 誘起ガスアシストデポジション領域をレーザビーム照射軸の直下にするように、試料台を移動する。

30

【0110】

ここで、FIB デポ膜形成後のレーザビーム照射誘起デポ膜形成動作を説明する。ここではレーザ発生装置として YAG レーザを用いる。まず、レーザ発生装置 56 から放出されたレーザ光 57 は、レーザ用光学レンズ 55 を通してガリウム FIB 1 誘起ガスアシストデポジション膜にむけて、真空容器内に導かれる。ここで、別のガスノズル 105 からシリコン酸化膜用の堆積性ガス 106 を供給し、FIB 穴埋め領域をほぼ中心に含むように、レーザビームを照射し、厚さ約 0.2 マイクロメートルの膜を形成する。

【0111】

また、あらかじめレーザビーム照射痕を FIB 1 で走査して、試料から放出される二次電子を二次粒子検出器 36 で検出して、レーザビーム照射痕を観察することで、レーザビーム照射領域とイオンビーム照射領域の位置関係を明らかにしておく、例えば、シリコンウェーハに製造している微細半導体デバイスに対し、加工位置情報を元に、FIB 穴埋め領域 42 にレーザ光 57 を自動照射することができる。なお、これらの制御は計算処理装置 74 によって統一して行われる。また、ここでは、FIB 照射軸とレーザビーム照射軸はオフセットされているため、シリコン酸化膜用の堆積性ガス 106 を供給動作で、堆積性ガス 5 が混入する危険性が少ないという特長をもつ。

40

【0112】

本実施例によると、ウェーハを評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法のための試料作製が可能なウェーハの加工・観察装置が提供され、特に、加工穴を、平坦性良く

50

、スルーブット高く埋め戻すことができ、かつ異物が発生しにくく、イオン種による汚染の影響も低減できるウェーハの加工・観察装置が提供される。

【0113】

本発明による他の実施例として、イオンビーム照射によって形成された加工穴にブロック状の部材を挿入して穴埋めする手法について説明する。なお、本実施例で用いる装置は、図4に示す加工・観察装置17と同じである。

【0114】

FIB照射光学系35の動作は実施例1と同様で、ガリウムFIB1を用いたマイクロサンプル作製のための加工動作についても従来の方法と同じである。そして、本装置から摘出したマイクロサンプル6は検査装置によって解析される。

10

【0115】

次に、マイクロサンプル作製後のウェーハ上でイオンビーム照射によって形成された加工穴にブロック状の部材を挿入する方法について説明する。

【0116】

まず、加工穴を埋めるのに好適な寸法に加工されたブロックの部材を真空容器41内に予め導入しておき、マニピュレータ先端のプロープ3の稼動範囲内に設置しておく。このブロックの部材としては、シリコンあるいは、シリコン酸化物などを微細に加工したものあるいは、アルミニウムあるいは銅などの金属を微細に加工したものでも良い。

【0117】

次に、マニピュレータを駆動し、マニピュレータ先端のプロープ3の先端を、ブロック状の部材の表面部分に接触させる。ガスノズル104から堆積性ガス5を供給し、FIB1をプロープ3の先端部を含む領域に局所的に照射し、デポ膜4を形成する。接触状態にあるブロック状の部材とプロープ3の先端はデポ膜4で接続される。ブロック状の部材が設置台などに固定されている場合にはFIB1で接続部分を切り欠き加工し、ブロック状の部材を切り出す。切り出されたブロック状の部材は、接続されたプロープ3で支持された状態になる。次に、マニピュレータを駆動しブロック状の部材を加工穴上方に移動させ、さらに下降移動させてブロック状の部材を加工穴に挿入する。

20

【0118】

次に、ガスノズル104から堆積性ガス5を供給し、FIB1をブロック状の部材と加工穴との隙間を含む領域に局所的に照射し、デポ膜4を形成する。ブロック状の部材と加工穴との隙間の全てもしくはその一部はデポ膜4で埋められる。次に、プロープ3にFIBを照射することによってプロープ3を切断する。ブロック状の部材接続されるウェーハなど試料から所望の解析領域を含む微小試料片を、FIB加工と微小試料の搬送手段を駆使して分離する方法である。この方法で分離した微小試料を各種解析装置に導入することで解析することができる。

30

【0119】

以上、本手法によると、ウェーハを評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法が提供され、特に、加工穴を、スルーブット高く埋め戻すことができる。

【0120】

以上に述べた実施例では、加工・観察装置でマイクロサンプルを取り出す方法を採用した例を述べたが、加工・観察装置で、マイクロサンプルの形状を加工し、加工・観察装置からウェーハを取り出して、別の機構でマイクロサンプルを取り出してもよい。

40

【0121】

例えば、図13(a)に示すように、ウェーハ上に薄膜207を形成し目標位置の両側を階段状にFIB1で加工して断面試料薄膜207を作製し、図13(b)に示すようにFIB1で試料薄膜周辺を切り取り、試料薄膜207をウェーハから切断する。そして、加工・観察装置からウェーハを取りだし、大気中でガラス棒の静電気を利用して、試料薄膜207をウェーハからTEM試料ホルダ209に移動させる。

【0122】

50

このように、マイクロサンプルを装置内で取り出さなくとも、マイクロサンプルの外形のほとんどをイオンビームによって加工する装置も、本発明に示す加工・観察装置に含む。また、以上のようにウェーハから解析用のマイクロサンプルを取り出す加工・観察装置ばかりでなく、ウェーハにFIBにより穴加工して、FIBもしくは同装置に取りつられた電子ビーム照射装置から放出された電子ビームにより断面部などデバイス内部を観察して、デバイス解析をする加工・観察装置も、本発明に示す加工・観察装置に含む。

【0123】

以上詳述したように、本発明によれば、FIBを使ったサンプリング後の加工穴を高速に埋める方法が実現でき、さらに、ウェーハを評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法が実現され、特に、加工穴を、平坦性良く、スループット高く埋め戻すことができ、かつ異物が発生しにくく、イオン種による汚染の影響も低減できる。

10

【0124】

また、本発明による電子部品製造方法を用いることで、ウェーハを割断することなく評価でき、新たな不良を発生させず、高価なウェーハを無駄にすることはない。ひいては、電子部品の製造歩留りが向上する。さらに、これらの検査・解析方法や電子部品製造方法を実現できる加工・観察装置が実現される。

【0125】

以下、本発明を代表的な構成例として整理すると、次のようになる。

【0126】

20

(1) 試料面に形成された穴部にイオンビームを照射し走査して、前記穴部の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成する工程を有し、かつ、前記イオンビームを走査する領域で、前記イオンビームが前記穴部の側壁の一部に照射され、他一部には照射されないように制御して、前記穴部の中に前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成するよう構成したことを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

【0127】

(2) イオンビームを照射して試料面の一部を加工する工程と、前記加工により前記試料面に形成された穴部に前記イオンビームを照射し走査して、イオンビームガスアシストデポジション膜を形成する工程とを有し、かつ、前記イオンビームを走査する領域の範囲を、前記試料面の穴部の開口領域と略同じく設定して、前記穴部の位置に対して移動を伴うように前記走査領域を制御し、前記穴部の中に前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成するよう構成したことを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

30

【0128】

(3) イオンビームを照射して試料面の一部を加工する工程と、前記加工により前記試料面に形成された穴部に前記イオンビームを照射し走査して、イオンビームガスアシストデポジション膜を形成する工程とを有し、前記イオンビームが、前記イオンビームを走査する領域で、前記穴部の側壁の一部に照射され、一部には照射されないように制御し、かつ、穴埋め時間経過と共に前記走査する領域を継続的に縮小するように制御して、前記穴部の中に前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

40

【0129】

(4) 前記構成において、前記穴部が、その底面に比較して側面の面積が大きい構造を有し、かつ、前記構造の穴部に1nA以上のイオンビーム電流を照射し、前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

【0130】

(5) 前記構成において、前記試料面に形成された穴部に前記イオンビームを照射して検出される二次電子像の輝度変化をモニタして、前記走査領域の移動量および移動時間を管理し、前記穴部の中に前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

50

【 0 1 3 1 】

(6) 前記構成において、前記穴部に前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成した後、前記イオンビームガスアシストデポジション膜上に液体材料を塗布して保護膜を形成する工程を有してなることを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

【 0 1 3 2 】

(7) 前記構成において、前記穴部に前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成した後、前記イオンビームガスアシストデポジション膜上を気体元素種イオンビームガスアシストデポジション膜で覆う工程を有してなることを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

【 0 1 3 3 】

(8) 前記構成において、前記穴部に前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成した後、前記イオンビームガスアシストデポジション膜上をレーザビームガスアシストデポジション膜で覆う工程を有してなることを特徴とするイオンビームによる穴埋め方法。

【 0 1 3 4 】

(9) イオン銃と、前記イオン銃から放出されるイオンビームを集束し偏向するための光学系と、前記イオンビームを照射し走査して試料を加工する手段と、前記イオンビームの照射によって前記試料から放出される 2 次粒子を検出するための検出器と、前記検出された 2 次粒子による像を形成するため手段と、前記試料面に形成された穴部に前記イオンビームを照射し走査して、前記穴部の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成する手段とを有し、前記イオンビームガスアシストデポジション膜を、前記イオンビームを走査する領域で、前記イオンビームが前記穴部の側壁の一部に照射され他一部には照射されないように制御して形成するよう構成したことを特徴とするイオンビーム加工・観察装置。

【 0 1 3 5 】

(1 0) 試料を加工して電子部品を形成する製造プロセスにおける任意の工程後に、前記試料の検査のため、イオンビームを照射して前記試料面の一部を加工する工程と、前記加工により前記試料面に形成された穴部に前記イオンビームを走査する領域を、前記試料面の穴部の開口領域と略同じく設定して、前記穴部の位置に対して移動を伴うように制御して、前記穴部の中に前記イオンビームガスアシストデポジション膜を形成する工程とを有し、前記試料を検査した後、前記試料を前記任意の工程の次の工程に戻して前記製造プロセスを継続するよう構成したことを特徴とする電子部品の製造方法。

【 0 1 3 6 】

(1 1) イオン銃と、前記イオン銃から放出するイオンビームを集束するレンズと、イオンビームを走査する偏向器と、該偏向器の制御装置と、該イオンビームを試料に照射して該試料からの 2 次粒子を検出するための検出器と、イオンビームガスアシストデポジション用ガスを試料近傍に供給するガス銃と、該試料を保持する試料台と、該試料台の位置を制御する試料位置制御装置を備える荷電粒子線装置によって、試料表面に存在する穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成して前記穴を埋める方法において、荷電粒子を走査する領域を、穴の側壁の一部にイオンビームが照射され、一部には照射されないように制御して穴の中に荷電粒子ガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とする穴埋め方法。

【 0 1 3 7 】

(1 2) イオン銃と、前記イオン銃から放出するイオンビームを集束するレンズと、イオンビームを走査する偏向器と、該偏向器の制御装置と、該イオンビームを試料に照射して該試料からの 2 次粒子を検出するための検出器と、イオンビームガスアシストデポジション用ガスを試料近傍に供給するガス銃と、該試料を保持する試料台と、該試料台の位置を制御する試料位置制御装置を備えるイオンビーム装置によって、試料表面に存在する穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成して前記穴を埋める方法において、イオンビームを走査する領域を、穴の開口領域と概略同じく設定して、穴の位置に対して

10

20

30

40

50

移動を伴うように走査領域を制御して穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とする穴埋め方法。

【0138】

(13) イオン銃と、前記イオン銃から放出するイオンビームを集束するレンズと、イオンビームを走査する偏向器と、該偏向器の制御装置と、該イオンビームを試料に照射して該試料からの2次粒子を検出するための検出器と、イオンビームガスアシストデポジション用ガスを試料近傍に供給するガス銃と、該試料を保持する試料台と、該試料台の位置を制御する試料位置制御装置を備えるイオンビーム装置によって、試料表面に存在する穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成して前記穴を埋める方法において、イオンビームを走査する領域を、少なくとも穴の側壁の一部から遠ざかるように移動させるように制御して穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とする穴埋め方法。

10

【0139】

(14) イオン銃と、前記イオン銃から放出するイオンビームを集束するレンズと、イオンビームを走査する偏向器と、該偏向器の制御装置と、該イオンビームを試料に照射して該試料からの2次粒子を検出するための検出器と、イオンビームガスアシストデポジション用ガスを試料近傍に供給するガス銃と、該試料を保持する試料台と、該試料台の位置を制御する試料位置制御装置を備えるイオンビーム装置によって、試料表面に存在する穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成して前記穴を埋める方法において、イオンビームを走査する領域を、穴の側壁の一部にイオンビームが照射され、一部には照射されないように制御し、かつ穴埋め時間経過と共に走査する領域を継続的に縮小するように制御して穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とする穴埋め方法。

20

【0140】

(15) イオン銃と、前記イオン銃から放出するイオンビームを集束するレンズと、イオンビームを走査する偏向器と、該偏向器の制御装置と、該イオンビームを試料に照射して該試料からの2次粒子を検出するための検出器と、イオンビームガスアシストデポジション用ガスを試料近傍に供給するガス銃と、該試料を保持する試料台と、該試料台の位置を制御する試料位置制御装置を備えるイオンビーム装置によって、試料表面に存在する穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成して前記穴を埋める方法において、穴の開口部の径もしくは長辺に対して穴の深さが深い穴の中に、イオンビーム電流を1 nA以上照射して、イオンビームを走査する領域を、穴の開口領域と概略同じく設定して、穴の位置に対して移動を伴うように走査領域を制御して穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とする穴埋め方法。

30

【0141】

(16) イオン銃と、前記イオン銃から放出するイオンビームを集束するレンズと、イオンビームを走査する偏向器と、該偏向器の制御装置と、該イオンビームを試料に照射して該試料からの2次粒子を検出するための検出器と、イオンビームガスアシストデポジション用ガスを試料近傍に供給するガス銃と、該試料を保持する試料台と、該試料台の位置を制御する試料位置制御装置を備えるイオンビーム装置によって、試料表面に存在する穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成して前記穴を埋める方法において、イオンビーム照射による二次電子像の輝度変化をモニタして走査領域を移動量および移動時間を管理して、穴の中にイオンビームガスアシストデポジション膜を形成することを特徴とする穴埋め方法。

40

【0142】

(17) 基板に、イオンビームを照射して、基板表面を加工し、加工部を検査あるいは解析する、もしくはイオンビーム照射を用いる加工方法により基板の一部を分離して、分離したマイクロサンプルを検査・解析する基板の検査・解析方法において、基板上でイオンビーム照射によって形成された加工穴をイオンビームガスアシストデポジション膜により埋めこみ、次にイオンビームガスアシストデポジション膜上に液体材料を塗布することを

50

特徴とする基板の検査・解析方法。

【 0 1 4 3 】

(1 8) 基板に、イオンビームを照射して、基板表面を加工し、加工部を検査あるいは解析する、もしくはイオンビーム照射を用いる加工方法により基板の一部を分離して、分離したマイクロサンプルを検査・解析する基板の検査・解析方法において、基板上でイオンビーム照射によって形成された加工穴にブロック状の部材を挿入することを特徴とする基板の検査・解析方法。

【 0 1 4 4 】

(1 9) 基板に、集束イオンビームを照射して、基板表面を加工し、加工部を検査あるいは解析する、もしくは集束イオンビーム照射を用いる加工方法により基板の一部を分離して、分離したマイクロサンプルを検査・解析する基板の検査・解析方法において、基板上でイオンビーム照射によって形成された加工穴を集束イオンビームガスアシストデポジション膜により埋めこみ、次に該イオンビームガスアシストデポジション膜上を気体元素種イオンビームガスアシストデポジション膜で覆うことを特徴とする基板の検査・解析方法。

10

【 0 1 4 5 】

(2 0) 基板に、集束イオンビームを照射して、基板表面を加工し、加工部を検査あるいは解析する、もしくは集束イオンビーム照射を用いる加工方法により基板の一部を分離して、分離したマイクロサンプルを検査・解析する基板の検査・解析方法において、基板上でイオンビーム照射によって形成された加工穴を集束イオンビームガスアシストデポジション膜により埋めこみ、次に該イオンビームガスアシストデポジション膜上をレーザビームガスアシストデポジション膜で覆うことを特徴とする基板の検査・解析方法。

20

【 0 1 4 6 】

【発明の効果】

本発明によれば、FIBを使ったサンプリング後の加工穴を高速に埋める技術実現し、ウェーハ等の試料の評価のために無駄に廃棄せず、かつ検査のための試料を取り出したウェーハをプロセスに戻しても不良を発生させない新たな検査・解析方法や電子部品製造方法、また、そのための加工・観察装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による電子部品製造方法にかかわるプロセスにおけるウェーハの流れの一例を説明する図。

30

【図 2】従来の試料から微小試料を分離するフローを説明する図。

【図 3】本発明の一実施例のフローを示す図。

【図 4】本発明の一実施例に用いる加工・観察装置を示す図。

【図 5】試料から微小試料を分離するフローを説明する図。

【図 6】本発明の一実施例による、加工穴を高速に埋める方法の基本的構成を説明する模式図。

【図 7】従来の加工穴を埋める方法を示す模式図。

【図 8】本発明による、加工穴を高速に埋める方法の他の例を示す模式図。

【図 9】本発明による、加工穴を高速に埋める方法のさらに他の例を示す模式図。

40

【図 10】本発明に用いる加工・観察装置の他の実施例を説明する図。

【図 11】図 10 に示す本発明の実施例のフローを示す図。

【図 12】本発明に用いる加工・観察装置の更に他の実施例を説明する図。

【図 13】本発明による電子部品製造方法に係る試料作製方法の他の例を説明する図。

【符号の説明】

1 ... FIB、2 ... 試料、3 ... プローブ、4 ... デポ膜、5 ... マデポガス、6 ... マイクロサンプル、11 ... N 番目のプロセス、12 ... N + 1 番目のプロセス、13 ... ロット、14 ... 検査用ウェーハ、15 ... 検査電子顕微鏡、17 ... 加工・観察装置、18 ... 解析装置、19 ... 液体材料塗布装置、20 ... 洗浄装置、31 ... イオンビームレンズ、32 ... 液体金属イオン源、33 ... ビーム制限アパーチャ、34 ... イオンビーム走査電極、35 ... FIB照射光学

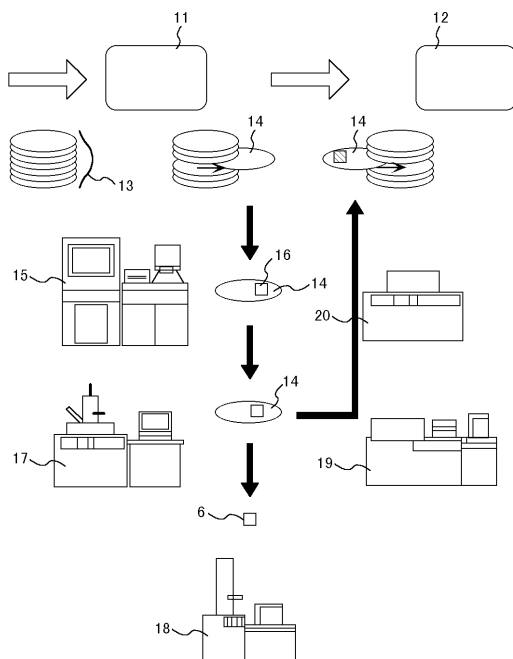
50

系、36...二次粒子検出器、37...デポ源、38...試料ウェーハ、39...試料ステージ、40...試料ホルダ、41...真空容器、42...加工穴、43...マニピュレータ、51...レーザ発生オシレータ、55...レーザ光学レンズ、56...レーザ発生装置、61...ステージ制御装置、62...マニピュレータ制御装置、63...増幅器、64...デポガス源制御装置、65...FIB制御装置、71...レーザ反射鏡制御装置、72...レーザ光学源制御装置、73...レーザ装置制御装置、74...計算処理装置、81...デュオプラズマトロン、82...イオンビームレンズ、83...ビーム制限アパーチャ、84...イオンビーム走査電極、85...アルゴンイオンビーム、91...デュオプラズマトロン制御装置、92...イオンビームレンズ制御装置、93...イオンビーム走査制御装置、101...角穴、102...底穴、103...切り欠き溝、104...ガスノズル、105...ガスノズル、106...シリコン酸化膜用堆積ガス、201...シリコンウェーハ、202...薄膜、76...試料ホルダ、77...ホルダカセット、78...移送手段、80...ステージ制御装置、203...シリコン酸化膜、204...Cuの配線、205...円、206...堆積物、207...試料薄膜、208...薄膜、209...TEM試料ホルダ、301...ピペット、302...SOG、303...シリコン酸化膜、304...ブラシ。1001...加工穴、1002...走査領域、1003...走査領域、1004...走査領域、1005...走査領域、1006...走査領域。

10

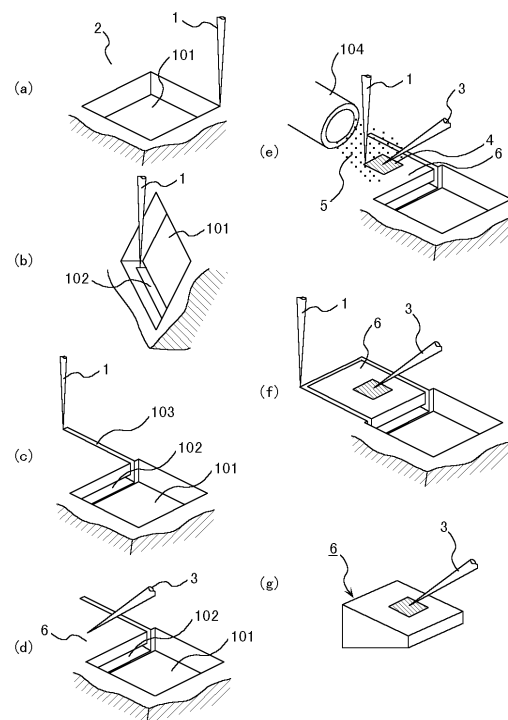
【図1】

図 1



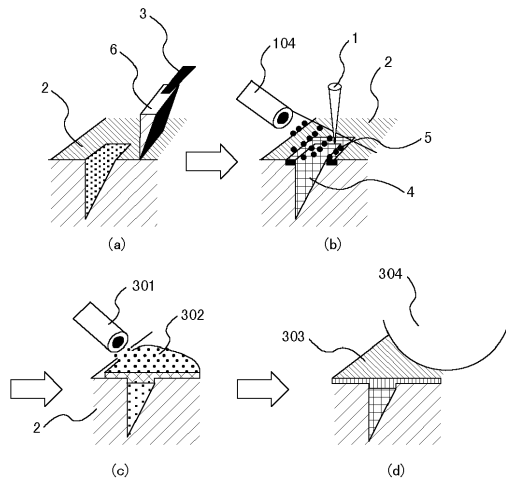
【図2】

図 2



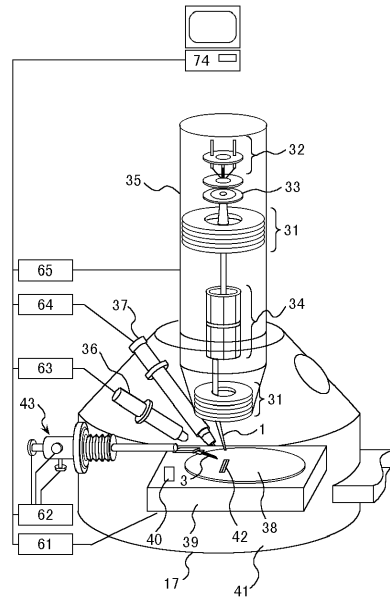
【図 3】

図 3



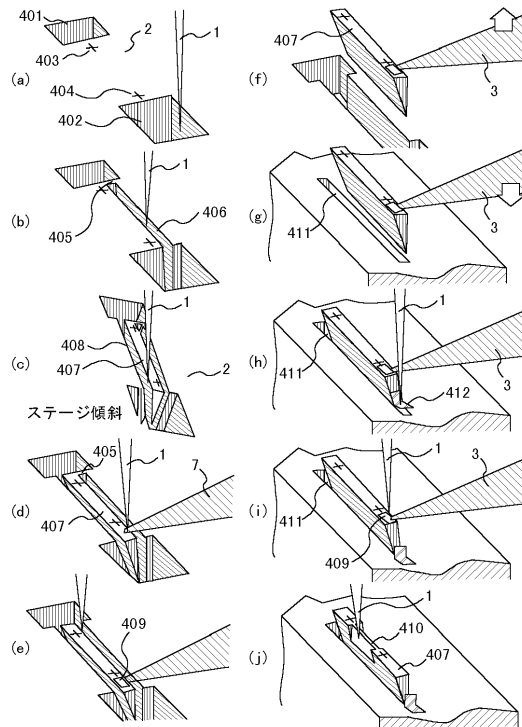
【図 4】

図 4



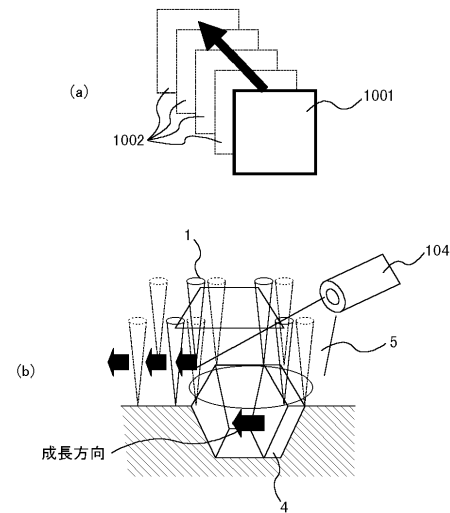
【図 5】

図 5

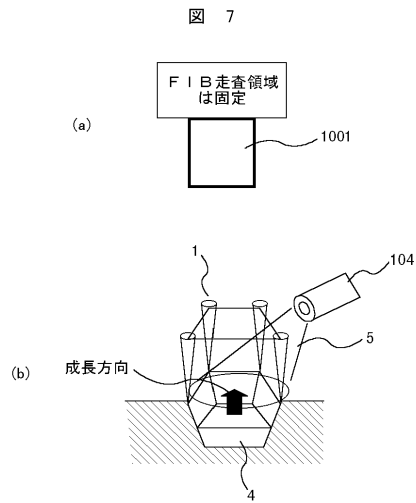


【図 6】

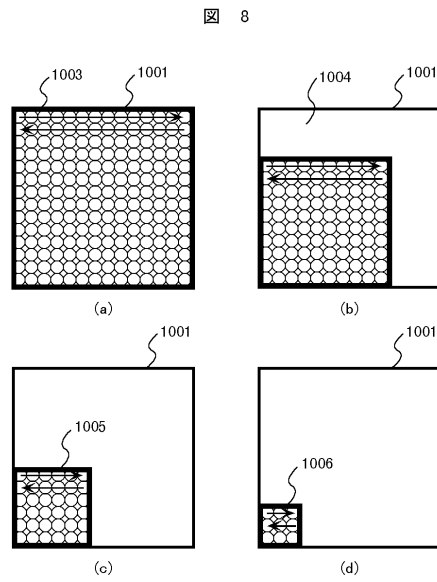
図 6



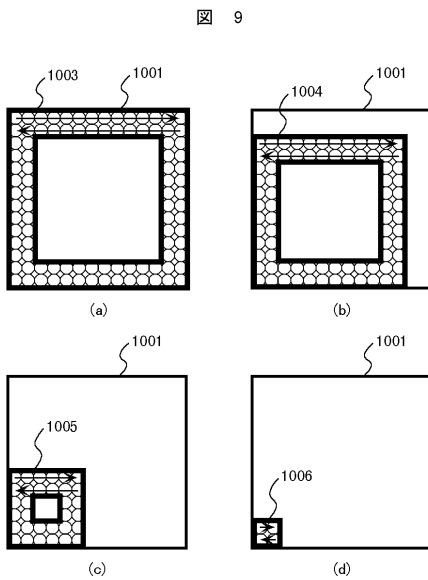
【図 7】



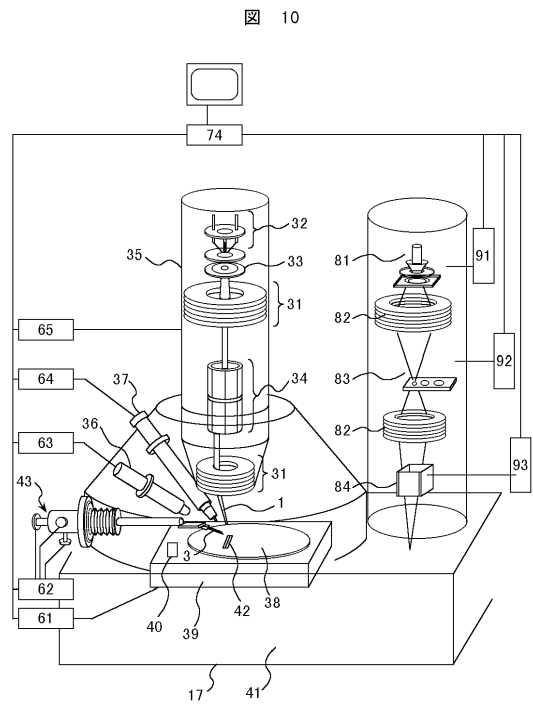
【図 8】



【図 9】

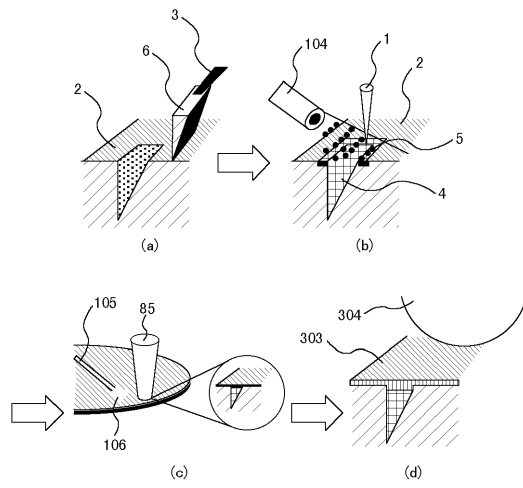


【図 10】



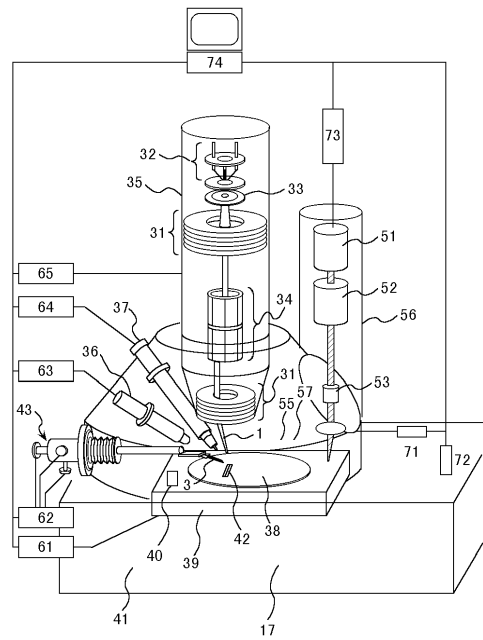
【図 1 1】

図 11



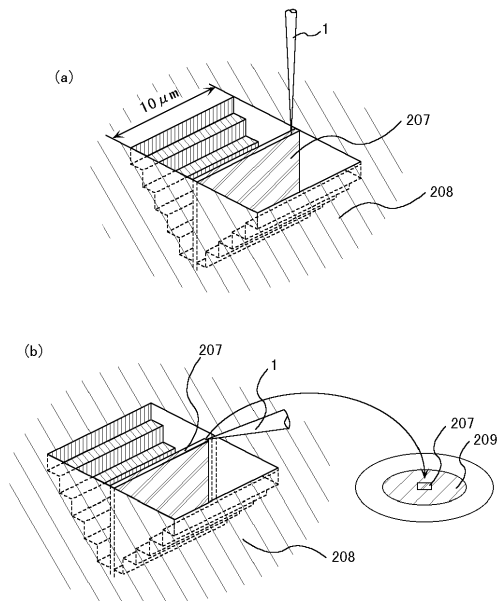
【図 1 2】

図 12



【図 1 3】

図 13



フロントページの続き

- (72)発明者 関原 雄
東京都小平市上水本町5丁目2番1号 株式会社日立超エル・エス・アイ・システムズ内
- (72)発明者 富松 聡
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内
- (72)発明者 梅村 馨
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

審査官 松本 公一

- (56)参考文献 特開平06-252233(JP,A)
特開平10-116872(JP,A)
特開平04-075246(JP,A)
特開平03-077255(JP,A)
特開平05-052721(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23K 15/00- 15/10
H01L 21/66