

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6301578号  
(P6301578)

(45) 発行日 平成30年3月28日(2018.3.28)

(24) 登録日 平成30年3月9日(2018.3.9)

(51) Int.Cl.

F 1

HO1L 21/3065 (2006.01)  
 HO1L 21/3205 (2006.01)  
 HO1L 21/768 (2006.01)  
 HO1L 23/522 (2006.01)

HO1L 21/302 103  
 HO1L 21/88 J

請求項の数 9 外国語出願 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2012-250063 (P2012-250063)  
 (22) 出願日 平成24年11月14日 (2012.11.14)  
 (65) 公開番号 特開2013-106050 (P2013-106050A)  
 (43) 公開日 平成25年5月30日 (2013.5.30)  
 審査請求日 平成27年11月11日 (2015.11.11)  
 (31) 優先権主張番号 1119598.9  
 (32) 優先日 平成23年11月14日 (2011.11.14)  
 (33) 優先権主張国 英国(GB)

前置審査

(73) 特許権者 512221197  
 エスピーティーエス テクノロジーズ リ  
 ミティド  
 イギリス国, グウェント エヌビー 18  
 2ティーエー, ニューポート, リングラン  
 ド ウェイ, コーエド レディン  
 (74) 代理人 100099759  
 弁理士 青木 篤  
 (74) 代理人 100123582  
 弁理士 三橋 真二  
 (74) 代理人 100173107  
 弁理士 胡田 尚則  
 (74) 代理人 100128495  
 弁理士 出野 知

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】エッチング装置及び方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基材の幅全体をエッチングして、充填されたビアを露出させる方法であって、  
 (a) 基材の表面をその幅の全体にわたりエッチングして材料を実質的に均一に除去すること、  
 (b) 当該エッチング処理の間エッチングされる面に光を当てること、  
 (c) 当該面から反射又は散乱した光に端部検出技術を適用して、充填されたビアの出現を検出すること、  
 (d) 当該充填されたビアの検出に応じエッチングを修正すること、  
 を含むエッチング方法。

## 【請求項 2】

前記エッチングされる面に光を鋭角に当てる、請求項 1 記載の方法。

## 【請求項 3】

工程(c)が、出力信号を生じさせるため前記反射又は散乱した光を捕らえるためのカメラと、当該カメラの出力信号から端部の出現を検出するための端部検出フィルタを用いることを含む、請求項 1 又は 2 記載の方法。

## 【請求項 4】

前記カメラを鋭角に反射又は散乱した光を受けるための位置に配置する、請求項 3 記載の方法。

## 【請求項 5】

10

20

前記端部検出フィルタがソーベルフィルタである、請求項 3 又は 4 記載の方法。

【請求項 6】

エッチングを修正する前記工程がエッチングを停止させる工程である、請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の方法。

【請求項 7】

基材をその幅の全体にわたりエッチングして、充填されたビアを露出させるためのエッチング装置であって、

( a ) 基材をエッチングするためのエッチング室、  
( b ) エッチングしようとする面を露出させて前記基材を概して水平な位置に保持するための基材の支持体、

( c ) 当該面に光を当てるため前記支持体に関して鋭角に取り付けた照射源、  
( d ) 当該面から鋭角で反射又は散乱された光を捕らえるためのカメラ、  
( e ) 当該面における少なくとも 1 つの端部の出現を検出するため前記カメラに連結された端部検出器、及び  
( f ) 前記エッチング室のエッチング作業を制御し且つ端部の検出に応じエッチングを停止させるための制御装置、  
を含むエッチング装置。

【請求項 8】

前記端部検出器がソーベルフィルタを含む、請求項 7 記載の装置。

【請求項 9】

基材の幅全体をエッチングして、充填されたビアの端部を露出させる方法であって、

( a ) 基材の表面をその幅の全体にわたりエッチングして材料を実質的に均一に除去すること、

( b ) 前記エッチング処理の間エッチングされる面に光を当てるここと、  
( c ) 当該面から反射又は散乱した光により示される当該面の画像の不均一性を検出して、前記充填されたビアの露出を検出すること、  
( d ) 前記充填されたビアの検出に応じエッチングを修正すること、  
を含むエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマエッチングにより基材の幅全体にわたり材料を均一に除去して、埋め込まれ充填ビア又はその他の埋め込まれた表面構造の端部を露出させるための装置と方法に関する。

【背景技術】

【0002】

終点を検出するという課題はプラズマエッチング産業において周知のものであり、基材が所望の深さまでエッチングされた点を検出して、その結果エッチング処理を停止することができるようになるため様々な技術が開発されている。典型的な応用例においては、表面構造をマスク層を介して 1 又は複数の下層へとエッチングする。終点の検出（所望のエッチング深さへの到達）は、どちらかと言えば二つの別個の技術を基礎とする。一つは、装置又はオペレータが、一つの層から別の層へとエッチングが通り抜ける点における化学的な変化を探すものである。これは、デバイス内において積層している実際の層の化学的な変化から生じるものでもよく、あるいは、化学的な変化を誘起するよう二層の間に薄いエッチング停止層を故意に被着させてもよい。以前は、エッチングは一定の時間単純に行われた。長年にわたり、もっと高度で且つもっと速い技術が開発してきた。その第二の技術は、エッチングした構造の深さをそれと対照して判定することができる基準面を形成する基材（例えば硬質マスク）の上面に依存する反射光測定又は干渉法を基にするものである。

【0003】

10

20

30

40

50

最近になり、処理設備について新たな課題を生じさせる 3D デバイス集積スキームが開始された。可能性のあるプロセス及び設備フローを、 ITRS ( International Technology Roadmap for Semiconductors (国際半導体技術ロードマップ) ) 2009 年度版のアセンブリ & パッケージング部の図 E P 17 である図 1 に示す。これは、デバイスの進歩してゆく開発を説明しており、そして一連の工程の強調表示された部分において、逐次的な薄化 (sequential thinning) を要請している。この工程においては、充填したビアの形成されているデバイスを、基材の裏側を当該充填したビア又は他の埋め込まれた表面構造の上端のレベルに至るまで除去できるよう反転させる。

## 【0004】

10

従来、これは全て化学機械研磨によりなされてきたが、プラズマエッチングプロセスを使用する工程のもっと遅い段階で実施するのが有益である。米国特許第 7416648 号明細書は、そのようなプロセスの一例である。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

## 【特許文献 1】米国特許第 7416648 号明細書

## 【非特許文献】

## 【0006】

## 【非特許文献 1】国際半導体技術ロードマップ 2009 年度版

20

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

ところが、基材はその幅全体にわたりエッチングされるので、反射光測定又は干渉法をそれを用いて利用することができる基準面がない。同様に、埋め込まれた表面構造はとても小さく ( 一般に直径 10 μm ) 、エッチング面の全面積のうちのそのような小さな部分を形成しているので、化学的な変化はどれも小さすぎて検出できない。全面エッチングプロセスの概要を図 2 で説明する。埋め込まれた表面構造より上の材料の厚さがかなりの場合、埋め込まれた表面構造の先端の予期された位置のすぐ近く、例えば 10 μm 以内、に至るまで、化学機械研磨を使用してからエッチングするのが都合よからう。図 1 ( a ) は、エッチング前の状況を例示している。

30

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

一つの面から言って、本発明は、基材の幅全体を、一般にはマスキング層なしに、エッチングして、埋め込まれた表面構造、例えば埋め込まれたビア、の端部を露出させる方法であって、

( a ) 基材の表面をその幅の全体にわたりエッチングして材料を実質的に均一に除去すること、

( b ) エッチング処理の間エッチングされる面に光を当てること、

( c ) 当該面から反射又は散乱した光により示される当該面の画像の不均一性を検出して、埋め込まれた表面構造の露出を検出すること、

40

( d ) 当該埋め込まれた表面構造の検出に応じエッチングを修正すること、  
を含む方法にある。

## 【0009】

第二の側面からは、本発明は、基材の幅全体をエッチングして、埋め込まれた表面構造 ( 例えば埋め込まれたビア ) を露出させる方法であって、

( a ) 基材の表面をその幅の全体にわたりエッチングして材料を実質的に均一に除去すること、

( b ) エッチング処理の間エッチングされる面に光を当てること、

( c ) 当該面から反射又は散乱した光に端部の検出技術を適用して、埋め込まれた表面

50

構造の出現を検出すること、

(d) 当該埋め込まれた表面構造の検出に応じエッティングを修正すること、  
を含む方法にある。

【0010】

エッティングを修正する工程は、処理条件を変更することあるいはエッティングを停止することを含む。

【0011】

エッティング面には光を鋭角で当てることが特に好ましく、そしていずれにしても工程(c)は出力信号を生じさせるために反射又は散乱光を捕らえるためのカメラと、カメラの出力信号から端部の出現を検出するための端部検出フィルタを使用することを含むことができる。

10

【0012】

カメラは、鋭角で反射又は散乱された光を受け取るための位置に置くことができる。

【0013】

端部検出フィルタはソーベルフィルタであることができる。

【0014】

更に別の側面から言うと、本発明は、基材をその幅全体にわたりエッティングして、埋め込まれた表面構造(例えば埋め込まれたビア)を露出させるためのエッティング装置であつて、

20

- (a) 基材をエッティングするためのエッティング室、
  - (b) エッティングしようとする面を露出させて基材を概して水平な位置に保持するための基材の支持体、
  - (c) 当該面に光を当たるため支持体に関して鋭角に取り付けた照射源、
  - (d) 当該面から鋭角で反射又は散乱された光を捕らえるためのカメラ、
  - (e) 当該面における少なくとも1つの端部の出現を検出するためカメラに連結された端部検出器、及び
  - (f) エッティング室のエッティング作業を制御し且つ端部の検出に応じエッティングを停止させるための制御装置、
- を含むエッティング装置にある。

【0015】

30

端部検出器はソーベルフィルタを利用することができる。

【0016】

端部検出器に代わり、面の外観の不均一性を検出するための任意の適当な不均一性検出器を用いることができる事が理解されよう。とは言え、ウェハにビアを配置するのに用いられる直交配列のために、端部の検出のためにはソーベルフィルタを用いるのが特に有効である。

【0017】

本発明は上記に明らかにされてはいるが、それは上に記載されたあるいは以下の説明における構成要件の任意の独創的組み合わせを含むものと理解されるべきである。

【0018】

40

本発明は様々なやり方で実施することができ、そして次に一例として具体的な実施形態を添付の図面を参照して説明することにする。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】先に説明したプロセス及び設備のフローである。

【図2】行おうとするエッティングプロセスの概要を示す図である。

【図3(a)】埋め込まれた表面構造が露出された表面を示している発明者らの装置のカメラからのオリジナルの画像を示す図である。

【図3(b)】エッティング後の表面画像を示す図である。

【図3(c)】ソーベル端部フィルタを適用後の画像を示す図である。

50

【図3(d)】端部検出の垂直方向の強度信号の変化をエッチング時間の関数として示す図である。

【図4】実行できる照射位置とカメラ位置を説明する図であって、(a)は装置の模式平面図であり、(b)は装置の模式側面図である。

【図5(a)】反射光からの処理画像を示す図である。

【図5(b)】散乱光からの処理画像を示す図である。

【図6】発明者らの方法の一実施形態の概略フローチャートである。

【図7】ソーベルフィルタの出力のための処理中の面における注目する領域の平均強度を示す図である。

【図8(a)】終点に達する前の処理画像を示す図である。

10

【図8(b)】終点に達した後の処理画像を示す図である。

【図8(c)】終点に達した後の未加工の画像を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

図4(a)と(b)は、エッチング室10の、基材の支持体11を取り囲む部分を模式的に示している。このようなエッチング室の構成と操作は当業者によく知られており、ここでは本発明の理解のために必要であるもの以外は説明しないこととする。

【0021】

エッチング室10の相対するそれぞれの壁11に窓12、13が形成されている。照射源14が、基材16の露出面15の表面の一部に光を当てる。散乱光線17が窓13を通り抜けカメラ18へと進み、カメラ18により検出される。

20

【0022】

均一面から不均一面への面15の変化を、埋め込まれた表面構造の上面の出現の結果として測定するためカメラにより検出された一連の画像を識別するためには、使用することができる多数の画像検出技術がある。簡単にするために、以下の説明ではこれらの表面構造は充填されたビアであるとして扱うこととする。これらは、例えば図2(a)と(b)に図示されている。とは言え、多数のそのような検出技術において、カメラのピクセルサイズは露出された埋め込み表面構造の表面積より小さいことが必要である。埋め込まれた表面構造は一般に直径が10 μmであるから、これは技術的に要求が厳しく、非常に高価なカメラを必要とする。結果的に、特定の実施形態において、発明者らはソーベルフィルタなどの端部検出技術を利用することによりこのピクセルサイズの制限の必要を回避できることを認識した。

30

【0023】

このことの利点は、図3(a)～(d)で理解することができる。図3(a)は、面15の照射された部分の基本的な画像が示している。図3(b)は、エッチングした表面構造の拡大しコントラストを強めた画像を示している。図3(c)は、ソーベル端部フィルタによって処理後の画像を示している。ここでは検出されたビアがかなりはっきりと見えること、そしてそれに伴うソーベルフィルタの強度の変化が埋め込まれた表面構造が整列しているために増強されていることが明らかである。

【0024】

40

ソーベルフィルタは当該技術分野でよく知られているが、本発明の理解を容易にするために、別個の差分オペレータであり、画像強度関数の勾配の近似値を計算するソーベルオペレータを利用する。具体的に言うと、それらを利用して画像に対し垂直及び水平フィルタを配列する。その後画像の強度を処理して、画像の表面構造の端部の出現をはっきりさせる。好ましくは、この一連の工程をエッチングプロセスの全体を通して実施する。これは、図3(a)～3(c)の画像を取得したウエハの領域について、図3(d)に示したグラフにより例示される。エッチングの最初の6分間の部分は、表面が均一であるため垂直の端部の検出信号に強度の有意の変化がないことを示しており、そしてその次の6分たった後の時点で、埋め込まれた表面構造の出現が画像に強度勾配の変化を生じさせることによってグラフが上昇している。この勾配の変化を、エッチング終点の信号として利用す

50

ることができる。

【0025】

図5(a)と(b)は、光が散乱された(すなわち光源がカメラに向かい合っている)処理画像、又は反射された(すなわち光源がカメラと同じ側から送られる)処理画像を示している。光が反射される場合は、図5(a)におけるように表面構造は背景より明るく見え、それに対し散乱される場合は、図5(b)におけるようにそれらは背景よりも暗くなっている。

【0026】

カメラをウエハに対して浅い角度で配置することは、画像においてウエハのトポグラフィーが上方から直接見るように比べて増強されることを意味する。単純化したやり方でもって、充填したビア19のわずかに露出した先端20を個々の暗影を投影するということで確認することができる。照射がより傾くにつれて、暗影の長さが長くなり、そして強度勾配の変化が増大する。

【0027】

図6は、処理の概要を示している。上述のように、処理を開始してカメラを時間の関数として監視する。カメラへの入射光はソーベルフィルタ21を通過して増強した画像を生じさせる。ソーベルフィルタ24の出力信号を比較器22へ供給する。フィルタ出力が事前に設定した境界値よりも大きい場合、比較器は遅延回路23に信号を供給し、次いでそれが処理を停止させるか又は修正する。

【0028】

構成要素の22と23は、通常、エッティング装置のための制御装置の一部を構成する。

【0029】

この方法を図7でもって更に説明するが、この図は処理中における着目領域内のカメラ出力の平均強度を示している。この平均強度のほぼ500秒後の鋭い上昇は、露出されたビアが現れたことを示している。

【0030】

更に別の画像を図8に提示する。図8(a)は終点に達する前の処理画像を示しており、図8(b)は、水平からおよそ30°の、一連の整列した表面構造を容易に検出することができる、終点に達した後の処理画像を示しており、そして図8(c)は図8(b)の処理画像を作成した対応する未加工の画像を示している。

【0031】

発明者らのアプローチは、基準面の喪失とプラズマ化学処理において有意の変化がないことを打開するものであり、端部の検出器を用いることでもって、特に経済的な終点検出法と装置を達成するのを可能にする、ということが理解されよう。

【符号の説明】

【0032】

- 10 エッティング室
- 11 支持体
- 12、13 窓
- 14 照射源
- 15 基材の露出面
- 16 基材
- 17 散乱光線
- 18 カメラ
- 19 充填したビア
- 20 露出ビアの先端

10

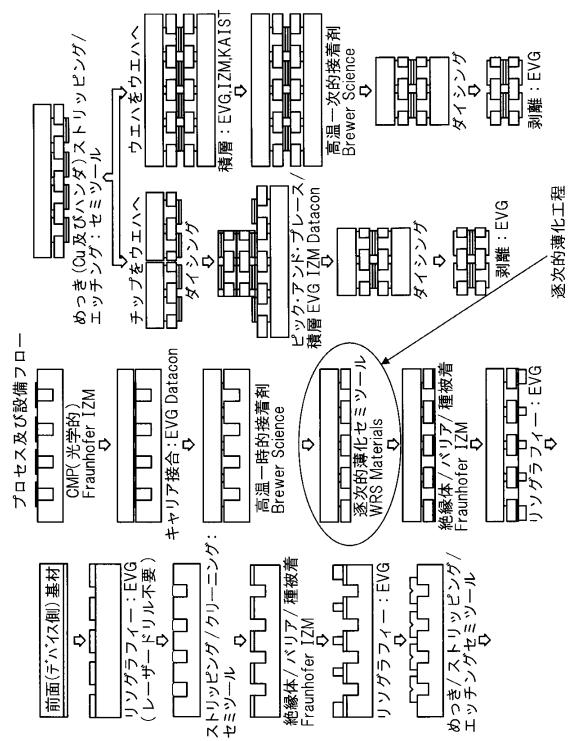
20

30

40

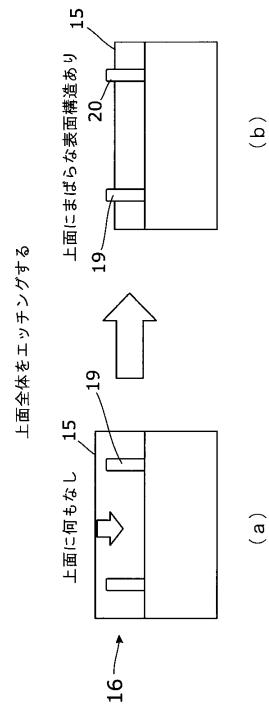
【図1】

図1



【図2】

図2



(b)

(a)

【図3(a)】

図3(a)

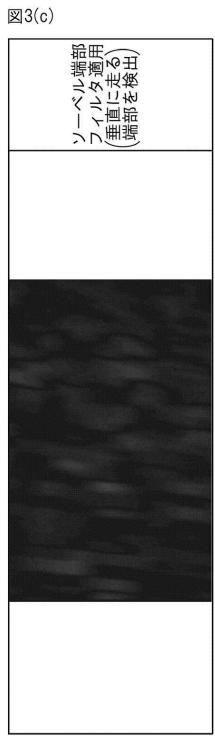


【図3(b)】

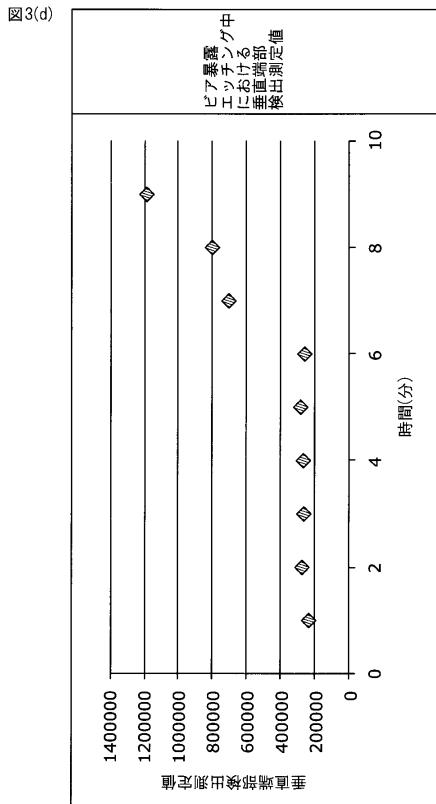
図3(b)



【図3(c)】

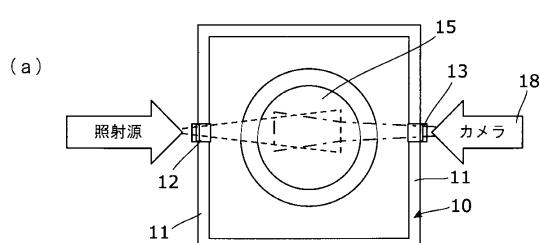


【図3(d)】

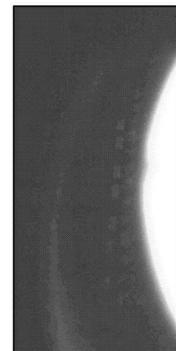


【図4】

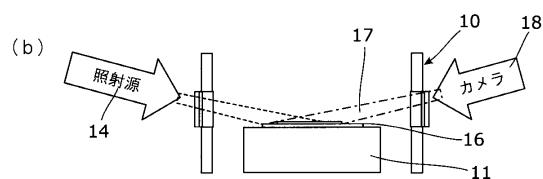
図4



【図5(a)】



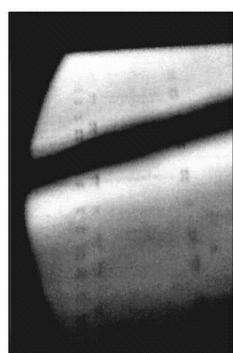
終点への到達後に表面構造が見えてくる



カメラ及び照射位置の例

【図5(b)】

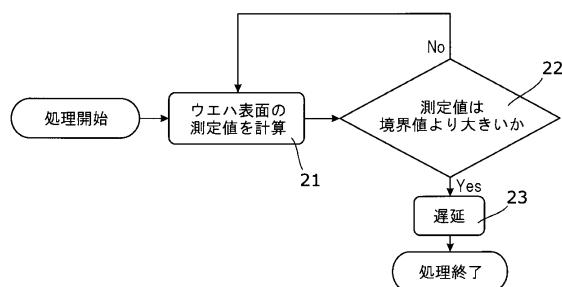
図5(b)



終点への到達後に表面構造が見えてくる

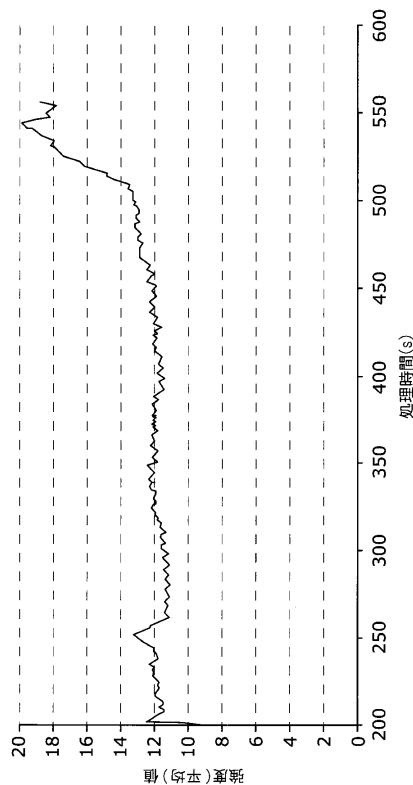
【図6】

図6



【図7】

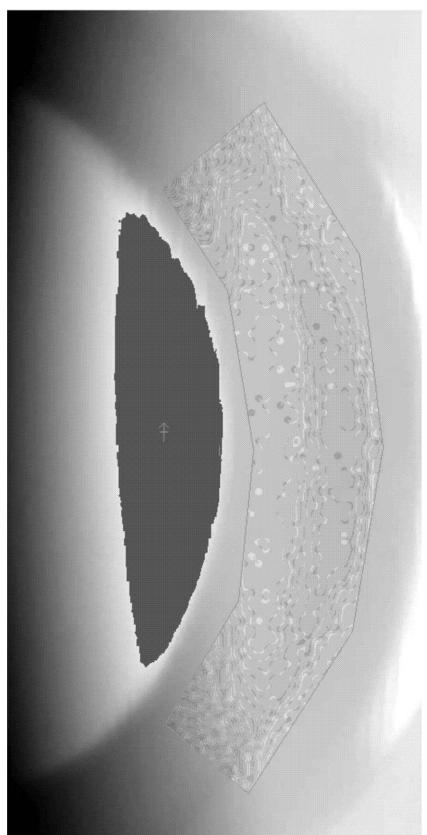
図7



グラフは処理中における着目領域内の平均強度の測定値を示している。このデータは直径200mmのウエハの中央のおよそ3cm×2cmの着目領域から取得した。代表的画像を以下に示す。

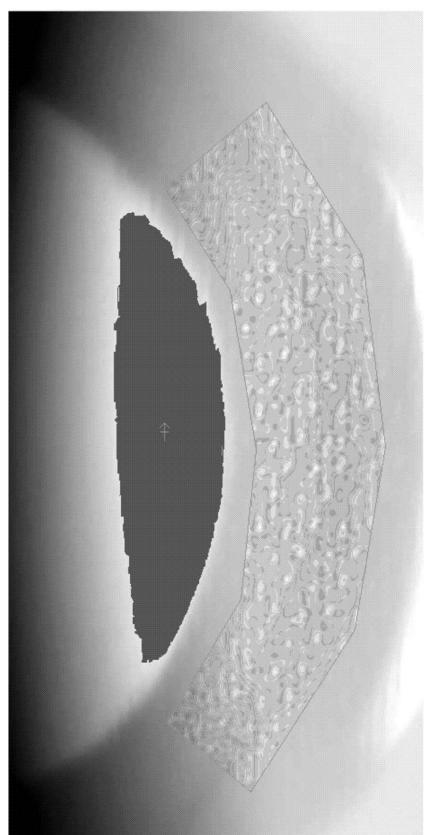
【図8(a)】

図8(a)



【図8(b)】

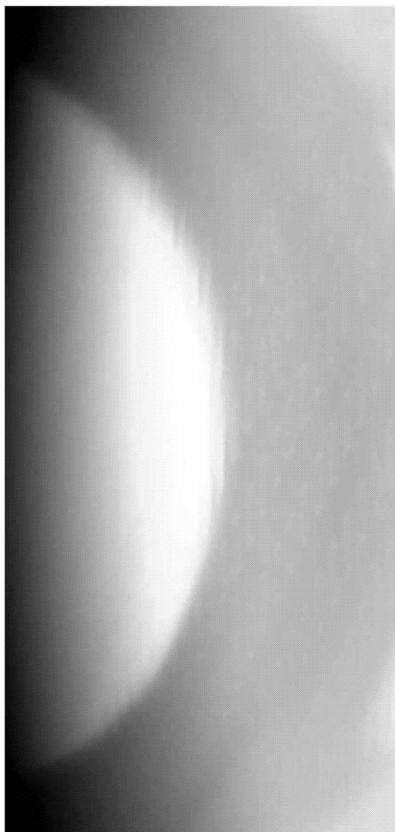
図8(b)



終点に達した後の処理画像

【図 8 ( c )】

図8(c)



終点に達した後の未加工画像

---

フロントページの続き

(74)代理人 100146466

弁理士 高橋 正俊

(72)発明者 オリバー ジェイ アンセル

イギリス国, ジーエル13 9エーエックス, グロスタシャー, バークレー, フィッシャーズ ロード 26

審査官 鈴木 聰一郎

(56)参考文献 特開2003-004644 (JP, A)

特開2010-010242 (JP, A)

特開平03-196625 (JP, A)

特開2005-159008 (JP, A)

特開2001-332534 (JP, A)

特開2001-319922 (JP, A)

特表2010-519772 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/302

H01L 21/306 - 21/308

H01L 21/3205

H01L 21/461

H01L 21/768

H01L 21/465 - 21/467

H01L 23/522