

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4786541号

(P4786541)

(45) 発行日 平成23年10月5日(2011.10.5)

(24) 登録日 平成23年7月22日(2011.7.22)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 J 37/30 (2006.01)	H O 1 J 37/30 Z
B 8 2 B 3/00 (2006.01)	B 8 2 B 3/00
B 2 3 K 15/00 (2006.01)	B 2 3 K 15/00 5 0 8

請求項の数 4 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2006-537057 (P2006-537057)	(73) 特許権者	510153803
(86) (22) 出願日	平成16年10月29日(2004.10.29)		ロート・ウント・ラウーマイクロ・システムズ・ゲゼルシャフト・ミト・ベシュレンクテル・ハフツング
(65) 公表番号	特表2007-513465 (P2007-513465A)		ドイツ連邦共和国、09337 ホーエンシュタイン-エルンストタール、ゲヴェルベリング、3
(43) 公表日	平成19年5月24日(2007.5.24)		
(86) 国際出願番号	PCT/DE2004/002436	(74) 代理人	100069556
(87) 国際公開番号	W02005/042141		弁理士 江崎 光史
(87) 国際公開日	平成17年5月12日(2005.5.12)	(74) 代理人	100111486
審査請求日	平成19年3月29日(2007.3.29)		弁理士 鍛冶澤 實
(31) 優先権主張番号	10351059.1	(74) 代理人	100157440
(32) 優先日	平成15年10月31日(2003.10.31)		弁理士 今村 良太
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)	(74) 代理人	100153419
			弁理士 清田 栄章

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面をイオンビーム加工するための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イオンビーム源(1)が、イオンビームのイオン加速度、イオンエネルギー分布、イオン流密度及びイオン密度分布に関する所定の幾何学的なビーム特性を持つイオンビームを生成するのに必要な電気部品から構成され、そのイオンビーム源(1)のイオン放出開口部(10)から放出されるイオンビームに対向して基板を配置するとともに、イオンビームにより、基板表面の既知の特性パターンを部分的に加工して、新たな技術的に規定される特性パターンを形成する、基板表面のイオンビーム加工方法において、

これらの既知の特性パターンと新たな技術的に規定される特性パターンに応じて、並びに加工の進捗に応じて、幾何学的なビーム特性を変化させるか、イオンビームをパルス化するか、或いはその両方を実施することによって、その時々々の基板(8)の表面(15)上におけるイオンビームの幾何学的な作用パターンを調節することとして、このイオンビームを少なくとも二つの個別のイオンビームから構成して、それらのビーム特性を同期して、又は互いに独立に制御するか、同時に、又は時間をずらしてパルス化するか、或いはその両方を実施することと、

加工が進捗する前と進捗している間の両方又は一方において、その時々々の基板(8)の表面(15)上における幾何学的な作用パターンを、基板(8)の加工する表面(15)のレベルに配置したイオンビームセンサーアレイ(9)を用いて測定することと、
を特徴とする方法。

【請求項 2】

基板（８）とイオンビーム源（１）を互いに回転させるか、定形又は非定形の動きとして直線的、円形或いは技術的に所定の方に動かすか、或いはその両方を実施することを特徴とする請求項１に記載のイオンビーム加工方法。

【請求項３】

基板の加工する表面の面に対する垂線と表面に当たるイオンビームの軸との間の角度を変化させることを特徴とする請求項１又は２に記載のイオンビーム加工方法。

【請求項４】

請求項１から３までのいずれか一つに記載の方法による基板表面のイオンビーム加工装置において、

イオンビーム源（１）が、イオンビームのイオン加速度、イオンエネルギー分布、イオン流密度及びイオン密度分布に関する所定の幾何学的なビーム特性を持つイオンビームを生成するのに必要な電気部品から構成されており、このイオンビーム源（１）が、少なくとも二つの個別のイオンビーム源から構成されて、これらの個別のイオンビームが、共同して、基板の表面上において、その時々のイオンビームの幾何学な作用パターンを形成することと、

10

少なくとも一つの基板（８）を保持するための基板支持体が、真空室内に有って、Ｙ軸（４）とＺ軸（６）に関して動かすことができることと、

イオンビーム源（１）からのイオンビームの軸が、基板（８）の加工する表面（１５）に対して垂直なＺ軸（１１）内に有るか、或いはＺ軸に対して傾いた軸内に配置することができる形で、イオンビーム源（１）が真空室の壁面に保持されており、その場合に、イオンビーム源（１）と基板（８）の加工する表面（１５）との間隔を固定とするか、或いは可変とすることが可能であることと、

20

加工が進捗する前と進捗している間の両方又は一方において、その時々の基板（８）の表面（１５）上における幾何学的な作用パターンを測定するためのイオンビームセンサーアレイ（９）が、基板（８）の加工する表面（１５）のレベルに配置されていることと、

を特徴とする装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

この発明は、イオンビーム源により生成されるイオンビームに対向して基板を配置し、所定の作用パターンを持つイオンビームによって、基板表面の周知の特性パターンを部分的に加工して、表面の新たな技術的に規定される特性パターンを形成する、基板の表面をイオンビーム加工するための方法に関する。更に、この発明は、請求項２による方法を実施するための装置に関する。

30

【０００２】

この場合、基板表面の特性パターンとは、基板表面の所定の面領域に関する物理的及び化学的な特性、並びに表面の幾何学パターンであると理解する。イオンビームの作用パターンは、イオンビームのイオンが影響を与える基板の所定の面領域に関する、相応のイオンエネルギー分布を持つ場所によるイオン流密度分布を意味するものとする。

【背景技術】

40

【０００３】

従来技術では、ビーム特性が一定であるイオンビームを、加工する基板表面に対向して可変速度で動かす方法及び装置が知られている。このビーム特性では、イオンビーム及びイオンビーム源のイオン加速度、イオンエネルギー分布、イオン流密度及びイオン密度分布を規定している。イオンビーム源と基板の間にブラインドを挿入することも知られている。

【０００４】

特に、様々な分野のマイクロ及びナノテクノロジーでは、基板表面の幾何学パターンの加工が、決定的に重要である。薄膜技術において、目標とする数個の原子レベルにアブレーションするまで層を薄くすることによって目的通りに調節することが可能な層厚の製造

50

も、「高度な」表面のナノレベルでの輪郭付けも、そのためには作業工具としてのイオンビームの使用を益々必要としている。

【0005】

アブトレーション又はコーティングという意味での表面の幾何学パターンを幾何学的に変更すること以外に、マイクロ及びナノテクノロジーに関しては、表面の特性の局所的な変化も重要である。そのようなものとして、イオンビーム支援による析出法において、基板上でのコーティングの間にイオンを同時に照射することによって、析出する層の特性が影響を受けることが知られている。それによって、例えば、析出する層の密度を変えたり、層の成長を非結晶性から結晶性に変化させたり、或いは層の化学量論に影響を与えることも可能である。

10

【0006】

表面の目的通りの修正も、表面のイオン衝撃によって可能である。この場合、例えば、付着する特性を変えるための、プラスチック材料の表面上での活性基の開放と、例えば、表面を硬くするための、異原子の組入れだけが挙げられている。

【0007】

特許文献1は、例えば、長方形のビーム横断面により、固体表面をイオンビーム加工するための方法を記載している。この場合、イオンビーム源を、コンピュータ制御により、位置、イオンビームパラメータ及び材料特性に応じて、加工物表面に対して許容される開始角と速度を変えた並進運動によって、所定の固定又は可変の間隔で加工物上に渡って制御

20

【特許文献1】ドイツ特許出願公開明細書第19814760-A1号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

この発明の課題は、大きな効果を達成するとともに、技術的な負担が小さい、最初に述べた種類の表面をイオンビーム加工するための方法を提示することである。更に、この発明の課題は、請求項2による方法を実施するための装置を提示することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明は、請求項1に挙げた特徴によって、方法に関する課題を解決する。装置に関する課題は、請求項6に挙げた特徴によって解決される。この発明の有利な改善構成は、各従属請求項に特徴を示すとともに、以下において、図面を含むこの発明の有利な実施形態の記述と共に詳しく説明する。

30

【0010】

この発明の中核は、表面の周知の特性パターン及び製作する表面の新たな技術的に定義される特性パターンに応じて、ビーム特性を変化させるか、イオンビームをパルス化するか、或いはその両方を実施することによって、基板表面上におけるイオンビームの技術的に必要な作用を加工の進捗に応じて調節する形態の新形式のイオンビームを採用していることに有る。この場合、その時々々の基板表面上におけるイオンビームの幾何学的な作用パターンは、それぞれその時々々の表面の周知の特性パターンに適合している。そのため、イオンビームによって規定される特性が変化する表面領域は、時間的に制御されるビーム特性によって決まる。

40

【0011】

この発明では、イオンビーム源とそのためイオンビームが、基板の加工する表面に対向して固定することができ、或いは請求項2による改善構成では、動かすこともできる。

【0012】

加工が進捗している間に、基板表面の特性パターンを検出するとともに、その時々々のイオンビームの作用パターンをその状態で検出して、イオンビーム特性を変更するのに好適な方法及び装置は、従来技術により周知である。

【0013】

50

特に、より大きな基板又は基板構造を加工するためには、請求項 3 にもとづき、少なくとも二つの個別のイオンビーム源を組み合わせ配置して、これらの個別のイオンビームが、共同して、この発明によるイオンビームの幾何学的な作用パターンを形成するようにするのが有利である。

【0014】

請求項 3 にもとづき、イオンビーム又は個別のイオンビームを、同時に、或いは時間をずらしてパルス化することができる。この場合、パルス周波数、パルスの高さ及びパルス継続時間は、技術的な実情に対応して、自由にプログラミングすることができる。

【0015】

特定の課題に関して、請求項 4 にもとづき、基板の加工する表面の面に対する垂線と表面に当たるイオンビームの軸との間の角度を変更することもできる。

10

【0016】

イオンビーム源の所定の制御パラメータに応じたビーム特性の知識及びビーム特性の時間的な安定性は、所定の再現可能なイオンビーム加工に関して決定的に重要である。

【0017】

加工が進捗する前とその間の両方又は一方において、基板表面上におけるイオンビームを検出するために、請求項 5 にもとづき、基板の加工する表面のレベルに、イオンビームの幾何学的な作用を測定するためのイオンゾンデアレイを配置するのが有利である。

【0018】

それによって、瞬間的なビーム特性を、常時測定して、それに続き、必要な場合、必要な範囲で補正することができる。この場合、ビーム特性を補正するための自動的な制御又は目標とするパターンを実現するための基板の加工条件の付帯的な計算も可能である。

20

【0019】

この発明による方法の中の一つにもとづき、基板とイオンビーム源を互いに動かして、基板表面のイオンビーム加工を実施するために、請求項 6 による装置を提示する。この装置は、真空室内に配置され、少なくとも一つの基板を保持するための基板支持体を有し、この支持体は、Y 軸と X 軸に対して動かすことができる。イオンビーム源は、真空室の壁面に保持されており、イオンビーム源からのイオンビームの軸が、基板の加工する表面に対して垂直な Z 軸内に有るか、或いは Z 軸に対して傾斜した軸内に配置することができる。イオンビーム源と基板の加工する表面との間隔は、固定とするか、或いは可変とすることができる。

30

【0020】

この装置の改善構成では、イオンビーム源は、少なくとも二つの個別のイオンビーム源から構成することができ、これらの個別のイオンビームは、基板表面上において、その時々

【0021】

この発明による方法及びそれに対応する装置では、従来技術と比べて、重要な利点を達成することができる。多くの、特に、小さい基板又は基板構造において、負担のかかる移動用機器又はブラインドが、全く不要である。技術的な制約から、基板とイオンビーム源の間の動きが必要な場合、大抵は、同じく速度を変えた並進運動よりも遥かに簡単に実現することができる同じ形の動きを規定すれば十分である。

40

【0022】

基板とイオンビーム源の相互の配置は、格子形状で実現することもできる。例えば、多数の基板を連続した方法で加工する必要がある場合、このことは、イオンビームのパルス化と組み合わせても、非常に有利である。

【0023】

例えば、時間的に安定したビーム特性において、電気制御パラメータにより、時間的に変化するタイムスロットパターンで、イオンビームをオン・オフさせる場合、同時に同じ形の基板の動きにより、イオンビームの場所により有効な作用時間に応じた表面加工を達成することができる。同じ形で基板が動く間に、イオンビーム源が時間的に変化するビー

50

ム特性においても、時間的に変化するタイムスロットパターンで、イオンビームをオン・オフすることができる。ビーム特性の変化及びイオンビーム源の制御量のパルス化と同時に、イオンビームの中和の可能性が生じる。この場合、イオンビームを遮断している間、電子の抽出が行われる。

【0024】

このような方法の実施において、例えば、基板表面内部に、大きく異なる寸法で異なる特性領域を生成する必要がある場合、様々な基板材料に対しても、特に柔軟なイオンビーム加工を達成することができる。有利には、時間的に変化するビーム特性によって、加工の精度と加工速度も、達成すべき場所による特性パターンに適合させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0025】

以下において、実施例により、この発明を詳しく説明する。

【実施例1】

【0026】

基礎部分17とその上に有る図1aに対応した表面15を持つ層18とから成る基板8を出発点として、この発明による方法とこの発明による図2の装置を用いて、表面15を加工し、図1bに対応した新たな層19の滑らかな表面16を生成することとする。

【0027】

この発明による図2の装置は、基本的に、図示されていない真空室内の基板支持体と、真空室の壁面の真空フランジを用いて保持されたイオンビーム源1とから構成されており、所要の制御部品は、ほとんど真空室の外に有る。

20

【0028】

基板支持体は、Y軸4に対応したガイドレール3を上保持した取付板2と、ガイドレール3上をY軸4に関してシフト可能な、X軸6に対応したガイドレール5と、X軸6上をシフトするとともに、その独自の中心軸（Z軸11）の周りを回転することができる基板支持体7とから構成される。基板支持体7の上に、基板8を保持する。

【0029】

基板支持体7上の基板8のレベルには、2列でそれぞれ8個のイオンゾンデから構成され、基板支持体7と共に動くイオンゾンデアレイ9が配備されている。このイオンゾンデアレイ9により、真空を妨げること無く、イオンビーム源1の制御パラメータに応じたビーム特性の速く確実な制御と測定が可能となる。

30

【0030】

イオンビーム源1は、周知の手法により、イオン放出開口部10においてイオンビーム源1から出て行く所定の幾何学的なビーム特性を持つイオンビームを生成するのに必要な電気部品から構成される。Z軸11に関してイオンビーム源1をシフトするために、Z軸11は、真空室の外に相応の伝動装置を備えたモーター12を有する。付属する制御ユニットは、図面には図示されていない。

【0031】

図2による装置では、任意の手法によりプログラミングして、イオンビーム源1に対向して、基板8を動かすことができる。

40

【0032】

イオンビーム源1のすべての重要な格子電圧を、技術的な手段に対応してパルス化することもできる。そうすることによって、イオンビーム加工の間にイオンビームを時間的に完全に遮断することも、時間的に同調して変化させることも可能となり、その場合サイクル時間もパルス継続時間も、広範囲に自由に変更可能である。

【0033】

真空システム、反応ガスの供給を含むガス供給、及び個々の構成部品又は基板8の温度制御或いは冷却用機器によって、この装置は完全なものとなる。

【0034】

以下では、この装置の使用法について、詳しく述べる。図1aの層18の表面15を、

50

所定の技術的なパラメータに応じて平坦にし、その結果図1bの新たな層19の表面16に構成することとする。

【0035】

基板8の基礎部分17は、例えば、シリコンウェーハであり、アルミニウム層が、層18として有るものとする。基板8の直径は、150mmである。コーティングしたアルミニウム層の平均的な層厚の均質性は、約500nmの平均的な層厚に対して、約+/-10%である。表面の元の粗さ13（図1a）を、所定の粗さ14（図1b）に低減することとする。

【0036】

この場合、まずは表面抵抗の測定により、局所的な層厚のプロフィールを測定して、測定行列に保存する。この場合、この測定行列の格子は、2x2mmである。

10

【0037】

基板8を、規定することとし、基板支持体7上にセットして固定し、これによって、X軸6とY軸4（座標）に関する測定行列の各測定点の直接的な割付を与える。

【0038】

イオンビーム源1のイオン放出開口部10は、40mmの直径を持つ。イオン放出開口部10と基板8の表面15との間の間隔は、約85mmである。

【0039】

真空室の排気とイオンビーム源1の動作準備完了後、イオンゾンデアレイ9を基板支持体7上のイオンビーム内に持って行き、イオンビームのビーム特性を測定し、場合によっては、技術的な必要性に応じて再調整する。この場合、ビーム特性を調節して、例えば、約800eVのイオンエネルギーで、12mmの半値幅と約2.5mA/cm²の最大イオン流密度を持つガウス分布のイオン流密度を実現する。

20

【0040】

表面15上におけるイオンビームの局所的に必要なアブレーション率を実現するために、計算プログラムを用いて、500Hz~20kHzのパルス周波数と0.2~0.98のパルス長比率の値を持つ制御行列を制御ユニットに保存する。更に、加工精度に関して必要な同じ形の加工速度及び間隔幅を制御行列に書き込む。

【0041】

ここで、表面加工の間に、その時々加工速度に応じた時間行列によって、イオンビームを完全に遮断又はパルス化する。この手法により、加工の進捗につれて、約10分の基板8の加工時間に対して、+/-1%より小さい均質性を持つ表面16の平坦化（図1b）が達成される。

30

【0042】

この場合、表面16の目標とするプロフィールが、+/-5nmより小さい偏差を持つように調節するのが典型的である。効果の高い計算プログラムとイオンビームの所定のビーム特性の最適化によって、イオンビーム加工の精度を明らかに更に一層向上するか、或いは加工時間を更に一層低減することができる。

【0043】

この発明は、請求項をベースとして、特に広範囲に及ぶ手法により変更することができる。即ち、従属請求項3と7によるイオンビームを、その時々基板構成に適合させることは、難なく可能であり、例えば、連続設備用の比較的幅の広いイオンビームをイオンビーム加工に使用することもできる。

40

【図面の簡単な説明】

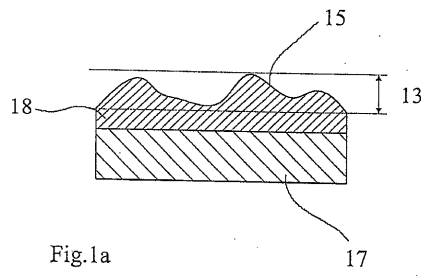
【0044】

【図1a】イオンビーム加工前のコーティング層を持つ基板

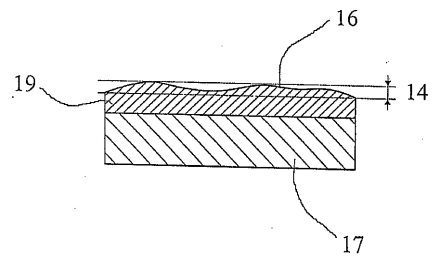
【図1b】イオンビーム加工後のコーティング層を持つ基板

【図2】図1a及び1bによる基板をイオンビーム加工するための装置

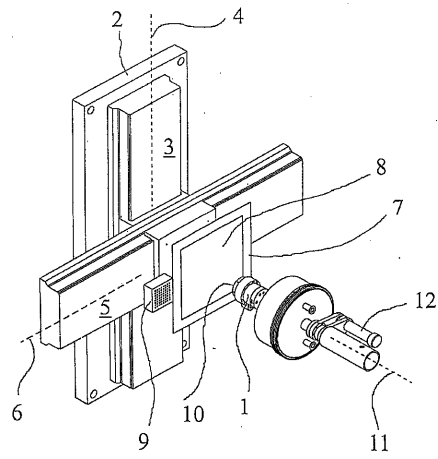
【図 1 a】



【図 1 b】



【図 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 マイ・ヨーアヒム
ドイツ連邦共和国、04603 ノービッツ、ヴァルデンプルガー・ストラーセ、58
- (72)発明者 ロート・ディートマル
ドイツ連邦共和国、09353 オーバーリングヴィッツ、シュトルベルガー・ストラーセ、5
- (72)発明者 ラウ・ベルント
ドイツ連邦共和国、09224 ケムニッツ、グリューナ、ツァウバーヴェーク、15
- (72)発明者 ディットリヒ・カールーハインツ
ドイツ連邦共和国、09125 ケムニッツ、ライヒェンハイナー・ミュールベルク、70

審査官 遠藤 直恵

- (56)参考文献 国際公開第02/005315 (WO, A1)
特開平08-206866 (JP, A)
特開平05-287531 (JP, A)
特開昭63-279552 (JP, A)
特開2001-077058 (JP, A)
実開平04-136857 (JP, U)
特開平08-241841 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01J 37/30-37/36
H01L 21/302
B23K 15/00
C23C 14/00-14/58