

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6152087号  
(P6152087)

(45) 発行日 平成29年6月21日(2017.6.21)

(24) 登録日 平成29年6月2日(2017.6.2)

(51) Int.Cl.

HO 1 J 37/317 (2006.01)

F 1

HO 1 J 37/317  
HO 1 J 37/317A  
Z

請求項の数 20 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2014-502556 (P2014-502556)  
 (86) (22) 出願日 平成24年3月29日 (2012.3.29)  
 (65) 公表番号 特表2014-509778 (P2014-509778A)  
 (43) 公表日 平成26年4月21日 (2014.4.21)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2012/000178  
 (87) 國際公開番号 WO2012/134600  
 (87) 國際公開日 平成24年10月4日 (2012.10.4)  
 審査請求日 平成27年3月4日 (2015.3.4)  
 (31) 優先権主張番号 13/077,112  
 (32) 優先日 平成23年3月31日 (2011.3.31)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 505413587  
 アクセリス テクノロジーズ, インコ  
ポレイテッド  
 アメリカ合衆国 O 1 9 1 5 マサチュー  
セツツ州 ビバリー チェリー ヒル ド  
ライブ 108  
 (74) 代理人 110000338  
 特許業務法人HARAKENZO WOR  
LD P A T E N T & T R A D E M A  
R K  
 (72) 発明者 アイスナー, エドワード  
 アメリカ合衆国, O 2 4 2 0 マサチュー  
セツツ州, レキシントン, ドゥーラン フ  
ーム レーン 13

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】走査されたイオンビームの均一性改善

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

イオンビームを生成するイオン源と、  
 ワークピースの表面に亘って、上記イオンビームを、第1の軸に沿って往復して走査することにより、走査されたイオンビームを供給するスキャナと、  
 上記スキャナの下流部に、上記第1の軸を横切る第2の軸に沿って、上記走査されたイオンビームに対してディザリングを導入する偏向フィルタと、  
 上記スキャナと上記偏向フィルタとの間に配置されているパラレライザと、を備え、  
 上記パラレライザは、順次、複数の異なる衝突角度で上記走査されたイオンビームを受け取り、かつ、順次、平行化されたイオンビームを出力するために、上記走査されたイオンビームの上記異なる衝突角度を変更することを特徴とするイオン注入装置。

## 【請求項 2】

上記偏向フィルタは、上記走査されたイオンビームに対して上記ディザリングを導入するだけでなく、上記走査されたイオンビームの時間非依存の偏向を提供するように構成されていることを特徴とする請求項1に記載のイオン注入装置。

## 【請求項 3】

上記イオンビームは、走査周波数に従って上記第1の軸に沿って走査され、かつ、ディザリング周波数に従って上記第2の軸に沿ってディザリングされ、

上記ディザリング周波数は、上記走査周波数よりも大きいことを特徴とする請求項1に記載のイオン注入装置。

10

20

**【請求項 4】**

上記第2の軸に沿って、上記ワークピースを移動させる機械アセンブリをさらに備えていることにより、上記スキャナ、偏向フィルタおよび機械アセンブリは、上記ワークピースにイオンを注入するように、連携して動作することを特徴とする請求項1に記載のイオン注入装置。

**【請求項 5】**

上記イオンビームは、間欠的にピーク走査速度に到達するように、上記第1の軸に沿って走査され、かつ、上記ワークピースは、上記ピーク走査速度より小さい移動速度で上記第2の軸に沿って移動することを特徴とする請求項4に記載のイオン注入装置。

**【請求項 6】**

上記偏向フィルタは、上記パラレライザの下流部にあることを特徴とする請求項1に記載のイオン注入装置。

**【請求項 7】**

上記スキャナは、第1の時変波長が供給される第1の電極セットを備え、

上記第1の時変波長は、上記第1の軸に沿って、上記ワークピースの上記表面に亘って走査するために、上記イオンビームを誘導することを特徴とする請求項1に記載のイオン注入装置。

**【請求項 8】**

上記偏向フィルタは、第2の電極セットを備え、

第2の時変波長は、上記走査されたイオンビームに対して上記ディザリングを導入するために、上記第2の電極セットに供給されることを特徴とする請求項7に記載のイオン注入装置。

**【請求項 9】**

上記スキャナは、上記スキャナ内に第1の時変磁界を供給する1つ以上の磁石を備え、上記第1の時変磁界は、上記第1の軸に沿って、上記ワークピースの上記表面に亘って走査するために、上記イオンビームを誘導することを特徴とする請求項1に記載のイオン注入装置。

**【請求項 10】**

上記偏向フィルタは、上記スキャナの下流部に、第2の時変磁界を供給する1つ以上の磁石を備え、

上記第2の時変磁界は、上記走査されたイオンビームに対してディザリングを誘導することを特徴とする請求項1に記載のイオン注入装置。

**【請求項 11】**

ワークピースにイオンを注入するための方法であって、

イオン源が、イオンビームを生成する工程と、

スキャナが、第1の走査レートで、上記イオンビームを、第1の軸に沿って往復して走査することにより、走査されたイオンビームを供給する工程と、

パラレライザが、上記走査されたイオンビームを平行化することにより、平行化され、かつ走査されたイオンビームを供給する工程と、

偏向フィルタが、上記平行化され、かつ走査されたイオンビームに対して、ディザリングを導入する工程と、を含むことを特徴とする方法。

**【請求項 12】**

上記イオンビームは、走査周波数に従って上記第1の軸に沿って走査され、かつ、ディザリング周波数に従って第2の軸に沿ってディザリングされ、

上記ディザリング周波数は、上記走査周波数よりも大きいことを特徴とする請求項11に記載の方法。

**【請求項 13】**

上記ワークピースにイオンを注入するため、上記ワークピースが、ディザリングを示している上記平行化され、かつ走査されたイオンビームと連携して移動するように、上記第1の軸を横切る第2の軸に沿って、上記ワークピースを移動させる工程をさらに含むこ

10

20

30

40

50

とを特徴とする請求項1\_1に記載の方法。

**【請求項 1 4】**

上記イオンビームは、間欠的にピーク走査速度に到達するように、上記第1の軸に沿って走査され、かつ、上記ワークピースは、上記ピーク走査速度より小さい移動速度で上記第2の軸に沿って移動することを特徴とする請求項1\_3に記載の方法。

**【請求項 1 5】**

上記第1の軸は、少なくとも実質的に、上記第2の軸に垂直であることを特徴とする請求項1\_3に記載の方法。

**【請求項 1 6】**

上記第1の軸に沿って走査する工程は、上記イオンビームに時変電界を印加することによって実現されることを特徴とする請求項1\_1に記載の方法。 10

**【請求項 1 7】**

上記第1の軸に沿って走査する工程は、上記イオンビームに時変磁界を印加することによって実現されることを特徴とする請求項1\_1に記載の方法。

**【請求項 1 8】**

ディザリングを導入する工程は、上記平行化され、かつ走査されたイオンビームに時変磁界を印加することによって実現されることを特徴とする請求項1\_1に記載の方法。

**【請求項 1 9】**

ディザリングを導入する工程は、上記平行化され、かつ走査されたイオンビームに時変電界を印加することによって実現されることを特徴とする請求項1\_1に記載の方法。 20

**【請求項 2 0】**

イオンビームを生成する手段と、

第1の軸に沿って往復して上記イオンビームを走査することにより、走査されたイオンビームを供給する手段と、

上記イオンビームを走査する手段の下流部に、走査された上記イオンビームにディザリングを導入する手段と、

上記イオンビームを平行化する手段と、を備え、

上記イオンビームを平行化する手段は、上記イオンビームを走査する手段と上記ディザリングを導入する手段との間に配置されていることを特徴とするイオン注入装置。

**【発明の詳細な説明】**

30

**【発明の詳細な説明】**

**【0 0 0 1】**

**[発明の背景]**

イオン注入システムでは、ワークピースの結晶格子にイオンを注入するために、イオンビームはワークピース（例えば、半導体ウエハ、またはディスプレイパネル）に対して向かられる。ワークピースの結晶格子に一度組み込まれると、注入されたイオンは、ワークピースにおける注入された領域の物理的および／または化学的な特性を変える。このため、イオン注入は、半導体デバイス製造、金属加工、および物質科学の研究における様々な応用品に対して使用することができる。

**【0 0 0 2】**

40

イオンビームは、多くの場合、注入されるべきワークピースの表面積より十分に小さい断面積を有している。このため、典型的なイオンビームは、ワークピースにおいて、所望のドーピング分布 (profile) が得られるまで、ワークピースの表面に亘って走査される。例えば、図1Aは、従来のイオン注入システム100の断面図を示している。図1Aでは、ワークピース106の結晶格子にイオンを注入するために、イオンビーム102が走査経路104上に軌跡を描いている。走査経路104上にイオンビームが走査される間、上記イオン注入装置は、上記ワークピースの表面に亘っての2次元的な走査を全体的に容易にする第1軸108および第2軸110を使用する。このシステム100においては、第2軸110（例えば、遅軸）上の小さい特性（例えば、図1Bに記載の小さい特性150）が、上記ワークピース全体に亘って適切に読み取られることを確実にするため、単位

50

時間ごとに第1軸108（例えば速軸）に亘って十分な走査がなされる。しかしながら、上記遅い走査速度に近づけるために、上記速い走査速度を遅くする場合、非常に鋭い特性（例えば、小さい特性150）がビーム分布に存在する時に、線量均一性を確保するのは困難である。

#### 【0003】

したがって、本発明の態様は、走査されたイオンビームを使って、ビームの均一性を改善するための技術に関する。

#### 【0004】

##### [概要]

以下は、本発明のいくつかの態様の基本的な理解を助けるために、本発明の簡単な概要を示している。この概要は、本発明の広範囲の概説ではなく、また、本発明の主要な要素または重要な要素に特定しようとするものでもなければ、本発明の範囲を詳しく説明するものでもない。より正確に言えば、本概要の目的は、後述されている発明の詳細な説明への準備として、簡単な形式でいくつかの概念を示すことである。10

#### 【0005】

1つの形態は、イオン注入装置に関するものである。イオン注入装置は、イオンビームを生成するイオン源だけではなく、第1軸に沿ってワークピースの表面に亘ってイオンビームを走査するスキャナも含んでいる。上記イオン注入装置は、エネルギーの悪影響(energy contamination)を減らし、かつ、第2軸に沿ってワークピースの表面に亘ってイオンビームをディザリングするために、スキャナの下流部に位置する偏向フィルタも含んでいる。20

#### 【0006】

以下の説明および添付の図面は、ある実例となる本発明の態様および実施例を詳細に説明している。これらは、本発明の原理が採用される様々な方法の一部を示しているにすぎない。

#### 【0007】

##### [図面の簡単な説明]

図1Aは、従来のイオン走査技術を示している。

#### 【0008】

図1Bは、従来のイオン走査技術によって得られたドーピング分布を示している。30

#### 【0009】

図2は、いくつかの実施形態に係るイオン走査技術を示している。

#### 【0010】

図3は、いくつかの実施形態に係るイオン注入システムを示している。

#### 【0011】

図4Aは、図4Cの上記走査技術と一致する電圧の波形を示している。

#### 【0012】

図4Bは、図4Cの上記走査技術と一致する電圧の波形を示している。

#### 【0013】

図4Cは、いくつかの実施形態に係る電界を使用するイオン走査技術を示している。40

#### 【0014】

図4Dは、いくつかの実施形態において、図4Cのイオン走査技術が、ワークピースにイオンを注入するために、ワークピースの移動に連携してどのように動作するかを示している。

#### 【0015】

図5は、走査され、かつディザリングされた、別のイオンビームの側面を示している。

#### 【0016】

##### [発明の詳細な説明]

本稿では、本発明は、図面を参照して説明される。全体を通して、同様の部材を参照するために、同様の部材番号が使用されている。また、図示された構造は、必ずしも原寸に50

比例して描かれている必要はない。

#### 【0017】

図2は、本発明の各態様に対応する改善された走査経路を利用している走査技術を示している。図2に示す様に、ワークピースの表面206上に走査経路204を描き、それによってワークピース206にイオンを注入するために、イオンビーム202は、第1の軸208に亘って往復して走査されるとともに、第2の軸210に亘ってディザリングして走査される。この様に、イオンビーム202は、(図1Aに示された従来の走査技術で実施されている様に)固定された一方向の速度で、第2の軸210に亘って走査されるのではなく、一定の速度、小さい振幅および速い振動が重なった状態で、第2の軸に亘って走査される。最も典型的な例では、上記ワークピースが機械的に第2の軸210に沿って移動する間、第1の軸208に沿って行われる上記ビームの走査は、電気または磁気スキャナにて実施される。しかしながら、上記ビームの速い振動(ディザリング)が電気または磁気ビームスキャナにて得られている間は、軸208および210の両方に沿って上記ワークピースを動かすこと也可能である。この様に、この文脈内の“ディザリング”は、上記の手法に言及することができる。上記の手法では、既定された振動、ランダムな振動、または見かけ上の振動は、ドーピング分布における「バンディング」、「ストライピング」の様な、好ましくないと考えられる大規模なパターンを抑制するために使用される。鋭い特性(例えば、図1Bの鋭い特性150)は、ストライピングの原因となる可能性があるが、ディザリングは、これらの特性を効果的にぼやかし、それらを鋭くしない。それゆえ、注入されたドーピング分布の均一性に弊害をもたらさない。

#### 【0018】

図3は、本発明の各態様に対応する走査技術を実行することができるイオン注入システム300の1つの態様を示している。イオン注入システム300は、ソースターミナル302、ビームラインアセンブリ304、走査システム306およびエンドステーション308を備えている。イオン注入システム300が備えている上記各部材は、所望の線量分布に従って、ワークピース310の結晶格子にイオン(ドーパント)を注入するように、一体となって配置されている。

#### 【0019】

より具体的には、動作中、ドーパント分子(例えば、気体のドーパント分子)をイオン化することによりベンシリイオンビームを形成するために、ソースターミナル302内のイオン源316は、高電圧電力供給源318へ連結されている。

#### 【0020】

ソースターミナル302からワークピース310に対してベンシリビーム320を誘導するために、ビームラインアセンブリ304は質量分析器322を有している。質量分析器322には、分解口径324を通じて適切な電荷質量比のイオンだけを通過させるために、双極子磁界が形成されている。適切でない電荷質量比を有するイオンは側壁326a、326bに衝突する。その結果、分解口径324を通過するイオンとしては、適切な電荷質量比を有するイオンのみが残る。ビームラインアセンブリ304は、イオン源316およびエンドステーション308の間に延伸する、様々なビームを形成する構造を含んでいても構わない。その構造は、ベンシリビーム320がワークピース310へ移動するときに通る細長い空洞または通路内部に、ベンシリビーム320を維持する。真空ポンプシステム328は、一般に、空気分子との衝突を通じて、上記ビーム経路から偏向されるイオンの確率を減らすために、真空状態の通路をイオンビームが輸送する状態を維持する。

#### 【0021】

上記ベンシリビームを受け取ると、上記走査システム306内のスキャナ330は、走査されたイオンビーム332を供給するために、順次、(例えば、水平方向に)往復して、上記ベンシリビームを横に向けるか「走査」する。いくつかの文脈においては、このタイプの走査されたベンシリビームは、リボンビームとして言及されていても構わない。図示された形態では、スキャナ330は、走査されたビーム332を挟んで、対向する両側に配置されている1組の電極334aおよび334bを含んでいる電気スキャナである。

制御システム 336 は、電極 334a および 334b 上の時変電流または時変電圧を供給するために、可変電力源 338 における変更を含んでいる。その結果、上記ビーム経路の領域で振動する時変電界を誘発し、順次、上記イオンビームを往復して走査する。他の実施形態では、スキャナ 330 は、上記ビーム経路の領域に時変磁界を供給し、順次上記イオンビームを走査する磁力スキャナでも構わない。いくつかの実施形態では、(1組の電極ではなく) 1つの電極のみが使用されていても構わない。

#### 【0022】

上記走査システムに備わっているパラレライザ 340 は、上記ワークピースの全表面に亘って、同じ入射角度で、上記イオンビームをワークピース 310 の表面に衝突させるために、走査されたイオンビーム 332 の進行方向を変えることができる。

10

#### 【0023】

制御システム 336 に制御され、かつ可変電力源 344 によって電力が供給されている偏向フィルタ 342 は、例えば第1の軸に対して垂直である第2の軸に沿って、平行化され、走査されたイオンビームの方向を転換する。例えば、図3において、第2の軸は、図3の紙面内へ、または紙面外へ延伸してもよい。偏向フィルタ 342 は、時間非依存の偏向、および時間依存の「ディザリングされた」偏向を分け与えることができる。なぜなら、偏向フィルタ 342 は、パラレライザ 340 の下流部にあり、ワーキングギャップを有するコレクタであるからである。また、偏向フィルタ 342 は、スキャナが、コレクタの前で、上記イオンビームを2次元に走査するために用いられる手法と比較して、制限されているからである。このため、パラレライザ 340 および偏向フィルタ 342 を簡略化することにより、上記ビームラインのコストを減らすことができる。また、この手法は、真空引きされる量をも制限するために、いくつかの例においては、真空度を改善することができる。この改善がイオンと空気分子との間の衝突を制限することにより、ビームの分解能および精度を改善することができる。

20

#### 【0024】

図5は、他の形態を示すものである。この形態では、スキャナ電極 502A および 502B が、イオンビームを往復して走査し、偏向フィルタ電極 504A および 504B が、上記ビームを偏向し、上記走査されたイオンビームにディザリングを導入する。電極 502A、502B、504A および 504B に発生する電圧は、上記走査されたイオンビームが、上記スキャナの下流部にあるビーム分解スリット 506 の中心を通過するように、上記ビームの軌道を変える。

30

#### 【0025】

図4Aは、上記スキャナ電極(例えば、図3の334a、334b)に印加される第1の走査電圧402の例を示している。一方、図4Bは、上記偏向フィルタ電極に印加される第2の走査電圧404を示している。いくつかのシステムでは、遅い走査方向262における安定した相対的な動きは、上記ワークピースを機械的に動かすことに起因する。一方、他のシステムでは、これらの走査電圧は、全体的に、図4Cに示されている走査経路上にイオンビームの軌跡を描く。いくつかのシステムでは、第1の走査電圧402は、第1の軸上において、順次(例えば、図4Cの点Aおよび点Gの間)、イオンビーム202を往復して走査する。一方、第2の走査電圧404は、ディザリング(例えば、図4Cの縦方向の変位)を導入することができる。図4Dに示すように、ワークピース310が、第2の軸に沿って500に移動し(例えば、図4Dでは、ワークピース310の上端が点から点へ動き)、第1および第2の走査電圧が同時に上記ビームに印加される時、上記イオンビームは、効果的に、上記ワークピースの表面を覆う2次元の走査経路上に軌跡を描く。

40

#### 【0026】

図4A～図4Bは、上記ビームを走査するための時変電界を形成する電圧を表現しているが、時変磁界が他の形態で使用できることも認識されるだろう。いくつかの形態では、上記スキャナは時変電界を使用することができ、さらに上記偏向フィルタは、時変磁界を使用することができ、逆もまた同様である。

50

## 【0027】

本発明は、1つ以上の実施例に関して図示され、かつ説明されてきたが、添付されている請求項の精神および範囲から逸脱していなければ、図示されている例に変更及び／または修正が施されても構わない。例えば、異なるタイプのエンドステーション108が、イオン注入システム300において用いられる。いくつかの形態では、「バッチ」タイプのエンドステーションは、複数のワークピースを、回転する支持構造上に同時に支持してもよい。上記ワークピースは、全てのワークピースに完全に注入されるまで、上記イオンビームの経路を介して回転する。一方、「シリアル」タイプのエンドステーションは、他の形態において使用されてもよい。シリアルタイプのエンドステーションは、単一のワークピースを、注入のためのビーム経路に沿って支持する。シリアル方式では、複数のワークピースは、次のワークピースの注入が始まる前に各ワークピースに完全に注入されている様に、一つずつ注入される。さらに、図3には、次のようなイオン注入システムが図示されている。すなわち、このイオン注入システムでは、上記ビームが電気的または磁気的に第1(Xまたは速い走査)の方向に走査される一方で、上記ワークピースが、上記走査されたイオンビームを分け与えるために、ワークピース全体に亘って、機械的に第2(Yまたは遅い走査)の方向に走査される。一方、他のシステムにおいては、電気的または磁気的な移動を用いるのではなく、2つの異なる軸に沿って、機械的に上記イオンビームを走査してもよい。

## 【0028】

特に、上記に記載された部材または構造(ブロック、ユニット、エンジン、アセンブリ、デバイス、回路、システム等)によって実行される様々な機能に関し、その様な部材を記載するために使用される上記用語(“手段”への言及を含む)は、他で示されていない限り、ここで図示されている本発明の模範的な実施例において機能を実行する、上記開示されている構造と構造的に同等でなくとも、記載されている部材(例えば、機能的に同等のもの)の特定の機能を実行するあらゆる部材または構造に対応させることを意図している。加えて、本発明特有の特徴は、いくつかの実施例のうちの1つのみに関して開示されてもよいが、そのような特徴は、既知または特定のあらゆる製品に対して望まれ、かつ有利であれば、他の実施例の、1つ以上の他の特徴と結び付けられてもよい。ここで使用される“模範的な”という用語は、最良の、またはより優れたという意味とは対照的に、例えば、という意味を暗示している。さらに、“含んでいる”、“含む”、“有している”、“有する”、“有し”、またはその変形が、上記詳細な説明および請求項のいずれかで使用されている範囲においては、その様な用語は、ある意味では、“備えている、含む(comprising)”という用語と同様の意味を含んでいることを意図している。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0029】

図1Aは、従来のイオン走査技術を示している。

## 【0030】

図1Bは、従来のイオン走査技術によって得られたドーピング分布を示している。

## 【0031】

図2は、いくつかの実施形態に係るイオン走査技術を示している。

## 【0032】

図3は、いくつかの実施形態に係るイオン注入システムを示している。

## 【0033】

図4Aは、図4Cの上記走査技術と一致する電圧の波形を示している。

## 【0034】

図4Bは、図4Cの上記走査技術と一致する電圧の波形を示している。

## 【0035】

図4Cは、いくつかの実施形態に係る電界を使用するイオン走査技術を示している。

## 【0036】

図4Dは、いくつかの実施形態において、図4Cのイオン走査技術が、ワークピースに

10

20

30

40

50

イオンを注入するために、ワークピースの移動に連携してどのように動作するかを示している。

【0037】

図5は、走査され、かつディザリングされた、別のイオンビームの側面を示している。

【図1A】

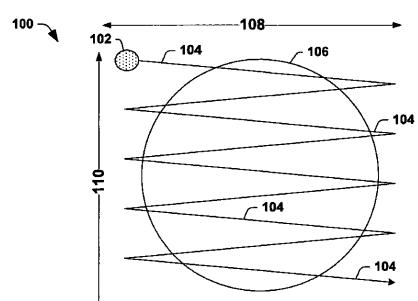


FIG. 1A

【図2】

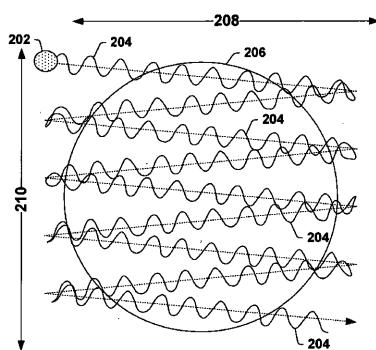


FIG. 2

【図1B】

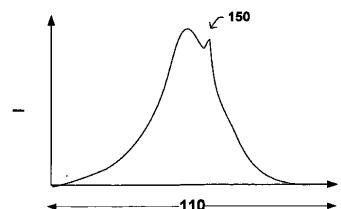
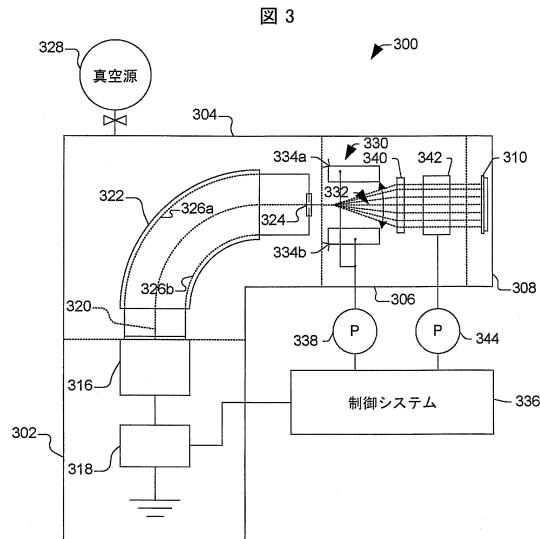


FIG. 1B

【図3】



【図4B】

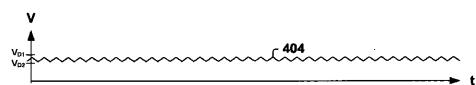
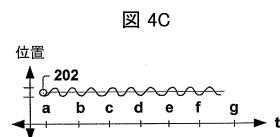


FIG. 4B

【図4C】



【図4A】

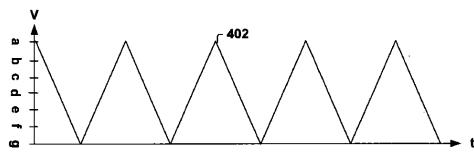


FIG. 4A

【図4D】

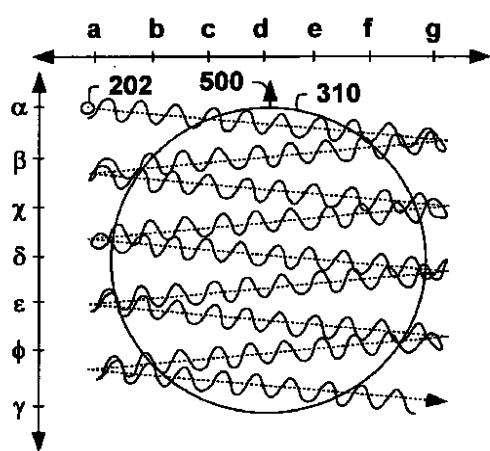


FIG. 4D

【図5】

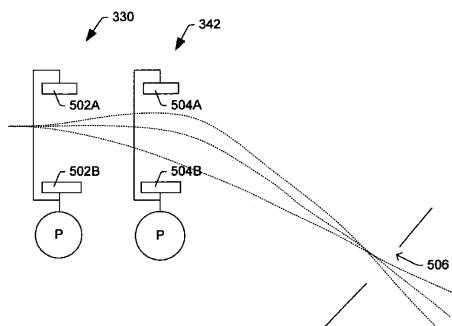


FIG. 5

---

フロントページの続き

(72)発明者 レイ , アンディー

アメリカ合衆国 , 01950 マサチューセッツ州 , ニューベリーポート , ノーザン ブルバード  
155

(72)発明者 バンダーバーグ , ブー

アメリカ合衆国 , 01930 マサチューセッツ州 , グロースター , ウッドベリー ストリート  
36

審査官 佐藤 仁美

(56)参考文献 特開2006-019048 (JP, A)

特表2009-541935 (JP, A)

特開平06-188215 (JP, A)

特開昭63-088744 (JP, A)

特開昭56-145646 (JP, A)

特開2003-132835 (JP, A)

国際公開第02/052609 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H01J 37/30 - 37/36