

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6484247号
(P6484247)

(45) 発行日 平成31年3月13日 (2019. 3. 13)

(24) 登録日 平成31年2月22日 (2019. 2. 22)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 J 37/317 (2006. 01)	HO 1 J 37/317	A
HO 1 J 37/244 (2006. 01)	HO 1 J 37/317	C
HO 1 L 21/265 (2006. 01)	HO 1 J 37/244	
	HO 1 L 21/265	6 O 3 B
	HO 1 L 21/265	T

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-549304 (P2016-549304)	(73) 特許権者	505413587
(86) (22) 出願日	平成27年1月29日 (2015. 1. 29)		アクセリス テクノロジーズ, インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2017-510025 (P2017-510025A)		アメリカ合衆国 01915 マサチューセッツ州 ビバリー チェリー ヒル ドライブ 108
(43) 公表日	平成29年4月6日 (2017. 4. 6)	(74) 代理人	110000338
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/013456		特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK
(87) 国際公開番号	W02015/116784	(72) 発明者	佐藤 修
(87) 国際公開日	平成27年8月6日 (2015. 8. 6)		アメリカ合衆国, 01922 マサチューセッツ州, バイフィールド, ラーキン ストリート 11
審査請求日	平成29年12月19日 (2017. 12. 19)		
(31) 優先権主張番号	14/168, 770		
(32) 優先日	平成26年1月30日 (2014. 1. 30)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 走査されたビームイオン注入におけるビームの利用を向上させるための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イオンビームの利用を増大させるための方法であって、
 被加工物を被加工物支持台上に提供する工程と、
 上記被加工物の直径と関連付けられた距離にて上記被加工物から離間された一対の側方のファラデーカップをイオンビームのパスに沿って提供し、上記イオンビームの電流を感知する工程と、
 上記被加工物の面を横断して上記イオンビームを反復走査する工程であって、上記被加工物の端部と関連付けられた位置で上記イオンビームの走査の方向を逆進させることによって規定される上記イオンビームの1つ以上のナロースキャンと、上記側方のファラデーカップの外部領域と関連付けられた位置で上記イオンビームの走査の方向を逆進させることによって規定される上記イオンビームの1つ以上のワイドスキャンとをインターレースする工程と、
 上記イオンビームの上記反復走査と同時に、上記側方のファラデーカップを介して上記イオンビームの電流を感知する工程と、
 上記イオンビームの上記ワイドスキャンと同時に、上記側方のファラデーカップを、線量計に電氣的に接続する工程と、
 上記イオンビームの上記ナロースキャンと同時に、上記側方のファラデーカップを、電氣的グラウンドに電氣的に接続する工程と
 を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

上記側方のファラデーカップを、線量計に電氣的に接続する工程は、上記側方のファラデーカップを電氣的グラウンドから電氣的に遮断することをさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

上記側方のファラデーカップを、電氣的グラウンドに電氣的に接続する工程は、上記線量計から上記側方のファラデーカップを電氣的に遮断することをさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

上記側方のファラデーカップを、上記線量計に電氣的に接続する工程は、上記イオンビームの上記ワイドスキャンと同時に行われることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 5】

上記側方のファラデーカップを、電氣的グラウンドに電氣的に接続する工程は、上記イオンビームの上記ナロースキャンと同時に行われることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

上記イオンビームのスキャンと関連付けられたゲート信号を提供する工程をさらに含み、

上記ゲート信号は、上記イオンビームの上記ワイドスキャンと同時のゲート開信号、および上記イオンビームの上記ナロースキャンと同時のゲート閉信号を含み、

20

上記ゲート信号は、上記イオンビームの上記ワイドスキャンと同時に、上記側方のファラデーカップを上記線量計に電氣的に接続し、上記イオンビームの上記ナロースキャンと同時に、上記側方のファラデーカップを電氣的グラウンドに電氣的に接続することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

上記線量計は、上記イオンビームの上記ワイドスキャンと同時にのみ、上記イオンビームの電流を決定する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

30

イオンビームの利用を増大させるための方法であって、

被加工物を被加工物支持台上に提供する工程と、

上記被加工物の直径と関連付けられた距離にて上記被加工物から離間された一対の側方のファラデーカップをイオンビームのパスに沿って提供し、上記イオンビームの電流を感知する工程と、

上記被加工物の面を横断して上記イオンビームを反復走査し、上記被加工物の端部と関連付けられた位置で上記イオンビームの走査の方向を逆進させることによって規定される上記イオンビームの 1 つ以上のナロースキャンと、上記側方のファラデーカップの外部領域と関連付けられた位置で上記イオンビームの走査の方向を逆進させることによって規定される上記イオンビームの 1 つ以上のワイドスキャンとをインターレースする工程と、

40

上記イオンビームの上記ワイドスキャンと同時にのみ、線量計を介して、上記側方のファラデーカップにより感知された上記イオンビームの上記電流を計測する工程と

を含み、

上記側方のファラデーカップは、上記イオンビームの上記 1 つ以上のナロースキャンと同時にグラウンドに接続され、

上記方法は、上記イオンビームの上記 1 以上のナロースキャンの間に、上記側方のファラデーカップから上記線量計への上記電流を遮断する工程を更に含むことを特徴とする方法。

【請求項 9】

上記イオンビームのスキャンと関連付けられたゲート信号を提供する工程をさらに含み

50

上記ゲート信号は、上記イオンビームの上記ワイドスキャンと同時に得るゲート開信号、および上記イオンビームの上記ナロースキャンと同時に得るゲート閉信号を含み、

上記ゲート信号は、上記イオンビームの上記ワイドスキャンと同時に、上記側方のファラデーカップを上記線量計に電氣的に接続し、上記イオンビームの上記ナロースキャンと同時に、上記側方のファラデーカップを電氣的グラウンドに電氣的に接続することを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

上記 1 つ以上のナロースキャンの走査幅は、ほぼ均一であり、上記被加工物の直径と関連付けられている

ことを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

上記 1 つ以上のナロースキャンの走査幅は、低速走査軸に沿った上記被加工物の位置に基づき、少なくとも一部において、変動する

ことを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 12】

走査されたビームイオン注入システムのための線量計切換え装置であって、

走査されたイオンビームに対して被加工物を支持する被加工物支持台と、

上記イオンビームの電流を感知し、上記被加工物の直径と関連付けられた距離にて上記被加工物から離間された一对の側方のファラデーカップであって、上記走査されたイオンビームのパスに沿って位置づけられた上記側方のファラデーカップと、

上記側方のファラデーカップにより感知された電流に基づいて上記走査されたイオンビームの電流を決定する線量計と、

上記側方のファラデーカップを、走査されたイオンビームのワイドスキャンと同時に上記線量計へ電氣的に接続し、上記側方のファラデーカップを、走査されたイオンビームのナロースキャンと同時にグラウンドへ電氣的に接続するコントローラと

を備え、

上記走査されたイオンビームの上記ナロースキャンは、上記被加工物の端部と関連付けられた位置で上記走査されたイオンビームの走査の方向を逆進させることによって規定され、

上記走査されたイオンビームの上記ワイドスキャンは、上記側方のファラデーカップの外部領域と関連付けられた位置で上記走査されたイオンビームの走査の方向を逆進させることによって規定され、

上記コントローラは、上記側方のファラデーカップを、それぞれの上記線量計およびグラウンドへと選択的に電氣的に接続する一对の半導体スイッチを含むことを特徴とする線量計切換え装置。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

〔技術分野〕

本発明は、概して、イオン注入システム、および特に走査されたビームイオン注入装置におけるイオンビームの利用の改良するためのシステム、方法に関する。

【0002】

〔背景技術〕

半導体デバイスの製造において、イオン注入は、半導体に不純物をドーピングすることに用いられる。イオン注入システムは、たいてい、ドーピングされた n 型物質またはドーピングされた p 型物質の製造、または集積回路の製造間の不活性化膜の形成、のいずれにおいても、イオンビームからのイオンを、半導体ウェハのような被加工物にドーピングするために利用される。半導体ウェハにドーピングするために用いられる場合、イオン注入システムは、所望の外因性物質 (extrinsic material) を製造するために、選択されたイ

10

20

30

40

50

オン種を被加工物に注入する。例えばアンチモン、ヒ素、またはリンのような原料物質から生成されたイオンの注入は、例えば“n型”の外因性物質のウェハをもたらす。一方で、“p型”の外因性物質のウェハは、だいたい、例えばホウ素、ガリウム、またはインジウムのような原料物質で生成されたイオンの結果として生じる。

【0003】

典型的なイオン注入システムは、イオン化可能な原料物質から、荷電イオンを生成するためのイオン源を含んでいる。生成されたイオンは、強い電場の助けにより高スピードのビームへと形成され、予め定められた注入エンドステーションへのビームパスに沿って導かれる。イオン注入は、ビーム形成、およびイオン源とエンドステーションとの間に亘って、ビーム形成およびビーム整形のための構造を含んでもよい。ビーム形成およびビーム整形のための構造は、イオンビームを維持し、イオンビームがエンドステーションへと向かうルートの中で通過する引き伸ばされた内部の空洞または通路を境界付ける。動作中、この通路は典型的に、ガス分子の衝突により予め定められたビームパスからイオンが欠落する確率を減少させるために、内部が真空にされる。

10

【0004】

イオン注入において、注入される被加工物がイオンビームのサイズよりも非常に大きなサイズの半導体ウェハであることが通常である。ほとんどのイオン注入アプリケーションにおいて、注入の目標は、正確にコントロールされた量の、被加工物またはウェハの面の全体の領域に均一に渡るドーパントを届けることである。被加工物領域よりも十分に小さいサイズを有するイオンビームを利用するドーピングが均一になるように、広く用いられている技術は、いわゆるハイブリッドスキャンシステムである。ハイブリッドスキャンシステムにおいて、小さいサイズのイオンビームは、一方向において前後に素早く動かされるか、または走査される。そして、被加工物は、イオンビームの走査の直交方向に沿って機械的に移動される。

20

【0005】

1つの広く用いられている技術は、連続的(serial)な注入である。ここで、個々の被加工物は、走査されたイオンビームの注入を受ける。注入の均一性を維持するために、イオンビーム電流は、だいたい、注入工程中に計測される。ビームサンプリングカップ(例えば、ファラデーカップ)が、端部、または走査されるイオンビームの逆進点の近くに配置される。ビーム走査幅は、通常、被加工物のサイズではなく、サンプリングカップの位置により決定される。そして、イオンビームは、確実な計測をもたらすために十分な量のオーバースキャンを伴って、サンプリングカップを過ぎて完全に走査される。サンプリングカップは、だいたい被加工物の端部から十分に離れた場所にあるので、そのような端部のサンプリングカップを利用する注入での走査幅は、典型的に、注入される被加工物のサイズよりもはるかに大きいことが要求される。イオンビームが被加工物と衝突していないときにおいて、イオンビームは、被加工物上に追加の線量を与えない。イオンビームの利用は、このような注入において弱点を有する。

30

【0006】

〔発明の概要〕

本開示は、イオンビームの利用、および線量コントロールのために行われる精密なイオンビーム電流の計測の双方が、イオン注入の重要な側面であることを考慮している。したがって、本開示は、走査されたイオンビーム注入システムにおけるイオンビームの利用を向上させるためのシステム、装置、および方法を提供することにより、従来技術の限界を克服する。したがって、下記は、発明のいくつかの側面の基本的な理解を提供するために、発明の概要を提示する。この概要は、本発明の拡張した概観ではない。本発明の鍵または重大な要素との同一視、または本発明の範囲の正確な表現の何れも意図しない。目的は、後述のより詳細な記載の導入としての、平易にした外観における本発明のいくつかの概念を提示することである。

40

【0007】

本発明は、概して、イオンビームの利用の増大させるための方法およびシステムについ

50

てである。1つの側面にしたがって、方法は、被加工物を被加工物支持台上に提供する工程、および、1つ以上の側方のファラデーカップをイオンビームのパスに沿って提供する工程をさらに含む。例えば、1つ以上の側方のファラデーカップは、走査されたイオンビームの走査パスに沿って位置していてもよい。1つ以上の側方のファラデーカップは、例えば、走査されたイオンビームの幅の端部付近のイオンビームの電流を感知する。1以上の側方のファラデーカップは、被加工物の直径と関連付けられた距離にて、離間されている。

【0008】

一例において、イオンビームは、被加工物の面を横断して（静電的に、または磁氣的に）走査される。イオンビームのナロースキャンは、加工物の端部と関連付けられた位置で上記イオンビームの走査の方向を逆進させることによって、通常、規定される。ナロースキャンは、例えば、少なくとも、イオンビームからのイオンによって被加工物を均一に照射するのに十分な大きさである。イオンビームのワイドスキャンは、さらに、1つ以上の側方のファラデーカップの外部領域と関連付けられた位置でイオンビームの走査の方向を逆進させることによって、通常、規定される。したがって、イオンビームの電流は、イオンビームの反復走査と同時に、1つ以上の側方のファラデーカップを介して感知される。

10

【0009】

一例に従って、イオンビームの利用を増大させるために、本開示は、ナロースキャンをワイドスキャンと組み合わせ、それによって、いくつかのナロースキャンをワイドスキャンとインターレースする。ワイドスキャン毎のナロースキャンの数は、例えば、調整でき、例えば1つのワイドスキャン毎に3つのナロースキャンがあってもよい。したがって、イオンビームの利用におけるゲインとビーム電流モニタリングの頻度の減少とを好適に両立させることができる。

20

【0010】

イオンビームのナロースキャンで、例えば、イオンビームの走査幅は、イオンビームに側方のファラデーをイオンビームに、完全に、または十分に曝さなくてもよい。したがって、側方のファラデーカップと関連付けられたイオンビームの十分な電流モニタリングは、上記ナロースキャンでは保証されない。したがって、本開示の他の例において、提供されるシステムおよび方法は、不正確な測定を有効に除外することができる。例えば、本開示は、同期がとられたビーム電流をゲートするシステムおよび装置を利用する。1つ以上の側方のファラデーカップにて提示されたビーム電流は、イオンビームのワイドスキャンとナロースキャンとのそれぞれのインターレースと同期して、線量計システムへと通過するか、または線量計システムから遮断される。

30

【0011】

例えば、1つ以上の側方のファラデーカップは、イオンビームのワイドスキャンの間、線量計へ電氣的に接続されている。イオンビームのナロースキャンの間、1つ以上の側方のファラデーカップは、グラウンドへ電氣的に接続されている。したがって、1つ以上の側方のファラデーカップで感知された何れの電流も、線量計への到達から遮断される。したがって、従来技術の方法よりもイオンビームの利用を増大させつつ、イオンビーム電流の正確な計測が達成される。

40

【0012】

したがって、上述およびそれに関連する目的を達成するため、発明は、以下に完全に記載され、かつ特に請求項中に示した特徴を含んでいる。詳細な特定の説明を目的とした発明の実施形態において、以下の記述、および添付の図面は説明される。しかしながら、これらの実施形態は、利用され得る発明の原理の少数の種々の方法が示されている。他の目的、発明の有利な点、および新規な特徴は、図面と伴に考慮されたとき、以下の発明の詳細な説明から明確になるだろう。

【0013】

〔発明の詳細な説明〕

50

本発明は、イオン注入システムにおける走査されたイオンビームの利用を向上させるための、システム、装置および方法を、概して対象としている。従って、本発明は、図面を参照して記載されるであろう。図面中では、類似の参照番号は、全体を通して類似の要素を指すために使用され得る。これらの態様の記載は、単に例示的であり、そして、これらは、限定の意味に解釈されるべきではないことが理解されるべきである。以下の記載において、説明を目的として、多くの具体的詳細が、本発明の完全な理解を提供するために説明されている。しかしながら、本発明がこれらの具体的詳細無く実施されてもよいことは、当業者にとって明らかである。

【0014】

図をこれから参照すると、本開示の一態様に従って、図1は、例示的なイオン注入システム100を示し、当該イオン注入システムは、例えば、ターミナル102、ビームラインアセンブリ104、およびエンドステーション106を備えている。概して言えば、ターミナル102、ビームラインアセンブリ104およびエンドステーション106は、イオン注入装置107を規定しており、ここでは、ターミナル102におけるイオン源108は、ドーパントガスを複数のイオンにイオン化し且つイオンビーム112を形成するように、電源110に連結されている。この例におけるイオンビーム112は、ビームステアリング装置114を通り、エンドステーション106に向かってアパチャー116から出るように導かれる。エンドステーション106において、イオンビーム112は、被加工物118（例えば、シリコンウェハ、表示パネル等の半導体）に衝突する。被加工物118は、支持体120上に存在している（例えば、静電チャックまたはESCに選択的に固定されるかまたは取り付けられている）。被加工物118の格子に埋め込まれると、注入されたイオンは、当該被加工物の物理的および/または化学的な特性を変化させる。このため、イオン注入は、材料科学研究における種々の適用だけでなく、半導体デバイスの製造および金属表面処理において使用される。

【0015】

イオンビーム112は、例えば、イオンビームの進行方向（例えば、z方向）に沿って見たとき、円形の断面および略楕円形の断面のうちの1つを有している。したがって、本開示のイオンビーム112は、ペンシル型もしくはスポット型のビーム121、または走査されたペンシル型もしくはスポット型のビーム（例えば、x方向およびy方向の1つ以上において走査されたスポットイオンビーム）を包含しており、イオンビーム112において、イオンは、エンドステーション106に向けられている。そして、全てのそのような形態は、本開示の範囲に含まれるように意図され、且つ「イオンビーム」と総称的に呼ばれる。

【0016】

1つの例示的な態様によると、エンドステーション106は、真空チャンバー124等の処理チャンバー122を備えており、ここでは、処理環境126は、上記処理チャンバーと関連付けられている。処理環境126は、一般的に、処理チャンバー122内に存在し、そして、一例において、真空源128（例えば、真空ポンプ）によって生成された真空を含んでいる。真空源128は、上記処理チャンバーに連結され、且つ当該処理チャンバーを実質的に排気するように構成されている。

【0017】

本開示によると、イオン注入装置107は、それと関連付けられたビーム密度を有しているスポットイオンビーム121を、被加工物118に提供するように構成されている。他の例によると、走査システム140が提供され、ここでは、走査システム140は、スポットイオンビーム121および被加工物118を、1つ以上の軸に沿って、互いに反復して走査するように構成されている（例えば、x軸方向およびy軸方向のような、2つの相互に直交する方向における同時走査）。例えば、走査システム140は、（例えば、x軸と関連付けられた「高速走査」軸に沿って）スポットイオンビーム121を走査するように構成されたビーム走査システム142を含んでおり、その結果、走査されたイオンビーム144を規定する。ビーム走査システム142は、例えば、走査されたイオンビーム

10

20

30

40

50

144を規定するために、高速走査軸に沿って、スポットイオンビーム121を静電的にまたは磁氣的に走査するように構成されている。走査システム140は、例えば、スポットイオンビーム121に対して、(例えば、y軸と関連付けられた「低速走査」軸に沿って)被加工物118を走査するように構成された被加工物走査システム146を任意にさらに含んでいる。さらなる他の例において、被加工物走査システム146は、高速走査軸および低速走査軸に沿って、スポットイオンビーム121に対して被加工物118を走査するように構成されており、その結果、2次元の機械的な走査アーキテクチャを規定する。

【0018】

本開示の一態様によると、図2において説明するように、コントローラ148は、被加工物118上に、予め定められた走査パターン150を構築するように提供されて構成される。ここでは、上記被加工物は、走査システム140の制御を用いて、スポットイオンビーム121に曝される。図1のコントローラ148は、イオン注入システム100と関連付けられた他の特性と同様に、例えば、イオンビーム112(例えば、スポットイオンビーム121のビーム密度およびビーム電流等)を制御するように構成される。さらに、コントローラ148は、走査システム140の制御によって、高速走査軸154に沿ってスポットイオンビーム121の走査と関連付けられた走査幅152(例えば、その結果、図1の走査されたイオンビーム144を規定している)を制御するだけでなく、図2において説明された低速走査軸151に沿って被加工物118の走査のスピードを制御するように構成される。従って、この例において、図2の低速走査軸151に沿って被加工物118の走査を制御することおよび高速走査軸154においてスポットイオンビーム121の走査スピードおよび走査幅152を制御することによって、被加工物118は、所定の方法(例えば、予め定められた走査パターン150)で、スポットイオンビーム(例えば、走査されたイオンビーム144)に曝される。

【0019】

図2において説明された予め定められた走査パターン150は、ほぼ一定の走査幅152を有している例であり、そして種々の他の走査パターンは、本開示の範囲内に含まれるように熟考されることに留意すべきである。例えば、走査されたイオンビーム144の走査幅152は、被加工物118が低速走査軸151に沿って移動するにつれて変動させることができる。その結果、当該走査されたイオンビームは、上記被加工物の外周156から所定の距離にて逆進する(例えば、上記走査されたイオンビームは、上記被加工物の形状に従う)。さらには、走査されたイオンビーム144の走査幅152は、本明細書においてさらに後述されるように、上記イオンビームの種々の特性の計測を実現する等の他の目的のために変動させることができる。

【0020】

図1の被加工物118へのイオン注入の間に、プロセス制御および他の理由のために、当該被加工物に注入されたイオンの線量を決定することが望ましい。従って、1つ以上の側方のファラデーカップ158(サンプリングカップとも称される)が、走査されたイオンビーム144のパス160に沿って(例えば、図2の高速走査軸154に沿って)提供される。ここでは、スポットイオンビーム121が上記1つ以上の側方のファラデーカップを通過すると、スポットイオンビーム121の1つ以上の特性(例えば、電流)が、上記1つ以上の側方のファラデーカップによって感知され且つ計測される。例えば、図1の線量計162は、1つ以上の側方のファラデーカップ158から信号164を受け付け、そしてイオンビーム121の1つ以上の特性の計測値を、通常、コントローラ148へと出力する。この例において、1つ以上の側方のファラデーカップ158は、通常、走査されたイオンビーム144のパス160に沿って、被加工物118の外部に(例えば、図2の被加工物118の外周156の外側に)位置付けられる。ここでは、上記1つ以上の側方のファラデーカップは、図3A~図3Bにおいて説明するように、上記被加工物の直径と関連付けられた距離165にて離間している。

【0021】

この例における1つ以上の側方のファラデーカップ158は、被加工物118の外部に位置付けられる。ここでは、走査されたイオンビーム144の全部を上記1つ以上の側方のファラデーカップを通過させるために、走査幅152は、図3Aにおいて説明されたナロースキャン166から図3Bにおいて説明されたワイドスキャン167まで増加する。それゆえ、1つ以上の側方のファラデーカップ158を実装することにおいて、走査幅152は、図2および図3Aにおいて説明するように、被加工物118をちょうど覆うような幅(例えば、ナロースキャン166)から図3Bのワイドスキャン167まで増加する。しかしながら、走査幅152におけるそのような増加は、被加工物118上にドーブすることに寄与しないので、イオンビーム121の全体的な使用量(ビーム利用率と呼ばれることもある)は、著しく低下する。

10

【0022】

例えば、例示的な被加工物118の半分が、図4において説明され、そして300mmの直径を有していることが示されている。図4のイオンビーム121が、例えば、均一に丸く且つ40mmの断面直径168を有していると仮定すると、被加工物118を均一に覆うために、上記イオンビームの2分の1断面直径(すなわち、20mm)に基づくオーバースキャン170が、全ての方向において、上記被加工物の外周156を越えて提供される。それゆえ、この例において、(図4は、被加工物118の半分を説明しているだけであることに改めて留意すると)イオンビーム121によって走査される全ての走査された領域174は、およそ340mm×340mmの矩形であろう。従って、ビーム利用率、すなわち、全ての走査された領域174と関連付けられた全ての線量に対する被加工物118上に受け付けたイオンの線量の比は、それゆえ、およそ61%である。

20

【0023】

本開示は、図3Bにおいて説明するように、イオンビームを上記した側方のファラデーカップ158を通過させるときのような、イオンビーム121の走査幅152が増加したときに、ビーム利用率がさらに低下することを理解している。例えば、図5A～図5Bにおいてさらに説明するように、2つのサンプリングカップ158は、被加工物118に対して取り付けられる(例えば、上記被加工物に対して+/-170mmにおいて取り付けられる。その結果、340mmのサンプリングカップ間の隔たりをもたらす)。そして、2つのサンプリングカップ158は、これらと関連した幅176(例えば、10mm)を有している。図4に類似する方法において、被加工物118を均一に注入し且つ図5A～図5Bの2つのサンプリングカップ158を覆うために(例えば、走査の間に、イオンビーム121の適切なサンプリングを達成するために)、イオンビーム121の半分の大きさのオーバースキャン170(すなわち、20mm)が、高速走査軸154に沿って、上記サンプリングカップを越えて再び実施される。

30

【0024】

従って、上記の例において、イオンビーム121を、高速走査軸154に沿って、サンプリングカップ158を適切に通過させるために、走査幅152は400mmまで拡大される(例えば、 $2 * (340 \text{ mmの間の隔} + \text{上記サンプリングカップの} 10 \text{ mmの幅}) + 2 * (\text{イオンビーム直径} / 2)$)。一方で、340mmの低速走査軸151に沿った走査幅が維持される(例えば、300mmの被加工物の直径+イオンビーム直径)。図5Bは、図5Aの走査パス160の一部分178の例示的な拡大図を説明するためにさらに提供される。ここでは、図5Aのイオンビーム121の走査幅152は、ほぼ均一である。従って、図5A～図5Bにおいて説明するように、ビーム利用率は、全てのワイドスキャン167を含んでいるパス160に関して、およそ52%までさらに低下する。

40

【0025】

本開示の例示的な態様に従って、図6A～6Bにおいて説明するように、サンプリングカップ158を使用するとき、ワイドスキャン167をナロースキャン166と織り交ぜる(インターレースする)ことによって、上記ビーム利用率は、図5A～5Bにおいて見られるビーム利用率を超えて有利に増大され得る。図6Aの走査パス160の一部分180の例示的な拡大図において見られるのと同様に、図6Aにおいて見られるように、ワ

50

イドスキャン 167 は、サンプリングカップ 158 を通り越して適切なオーバースキャンを提供し、一方で、ナロースキャン 166 は、上記サンプリングカップを覆うのに十分な幅ではないが、被加工物 118 上にイオンビーム 121 の均一な分布を提供する。ワイドスキャン 167 に対するナロースキャン 166 の比を変化させることによって、ビーム利用率は、同様に変化し、且つ図 5A ~ 5B において見られたビーム利用率を超えて増大され得る。

【0026】

本開示のより明確な理解を得るために、注入の間のスポットイオンビーム 121 の 1 つ以上の特性を正確に計測することに対する 1 つの関心は、イオンビームの 1 つ以上の特性の内の正確な電流計測を達成するためには、イオンビームの全体が、1 つ以上の側方のファラデーカップ 158 を通り越すべきであることであることが、ここに認識される。これに関する 1 つの理由が、図 3A および図 3B において再び説明される。ここでは、イオンビーム 121 の内、図 3A のナロースキャン 166 および図 3B のワイドスキャン 167 に関連付けられたビーム電流計測 182 (ビーム電流分布とも称される) は、被加工物 118 および側方のファラデーカップ 158 の相対位置の上に重ね合わせられる。図 3A のナロースキャン 166 において、例えば、図 2 の高速走査軸 154 に沿ったイオンビーム 121 の走査は、当該イオンビームのスループットおよび利用を増加させるために、(例えば、低速走査軸 151 に沿った上記被加工物の位置に基づき) 被加工物 118 の外周 156 または端部の近傍にて方向を逆転させる。イオンビーム 121 の利用は、イオンビーム 121 が形成される総時間に対するイオンビーム 121 が被加工物 118 に衝突する時間の比に、概して関連付けられる。そして、イオンビーム利用は、エネルギー保存、被加工物スループット、および種々の他の要因(例えば、上記イオンビームを形成することに関わる、材料の費用、エネルギー等)のために、最大限に高められることが望まれる。

【0027】

しかしながら、イオンビーム 121 の利用を最大限に高めることにおける 1 つの難しさは、「端部サンプリング」システムと称されるシステムにおいて、図 3A のナロースキャン 166 の間のイオンビームの種々の特性(例えば、電流)を正確に計測する試みが、ファラデーカップの固定された位置によって妨げられることである。これは、イオンビームがファラデーカップを完全に通り越さないことに起因して(例えば、走査の方向の反転に起因して)、イオンビームの計測された電流が減少するためである。ナロースキャン 166 において、例えば、図 2 の走査幅 152 は、ビーム利用が最少化されるように選択される。例えば、図 2 の走査幅 152 は、イオンビーム 121 が上記被加工物を均一に丁度覆うように最小化され、そして、イオンビームが上記被加工物に衝突しなくなると、図 2 の走査幅 152 は逆進する(例えば、イオンビームは、上記被加工物の外周 156 に関連付けられた位置で、逆進する)。この条件下において、側方のファラデーカップ 158 は、電流分布 182 の急勾配領域 184 でビーム電流を受ける可能性が最も高い。側方のファラデーカップ 158 が急勾配領域 184 に存在するとき、イオンビーム 121 の小さな変動(例えば、ビームサイズにおける変動、またはイオンビームの位置の小さなシフトでさえ)は、計測されたビーム電流に影響を及ぼすであろう。

【0028】

また、高速走査軸 154 に沿った上記イオンビームの走査の間に、上記イオンビームが側方のファラデーカップ 158 を完全に通り越す(例えば、上記側方のファラデーカップの外部領域 186 を通過する)ように、図 2 のイオンビーム 121 の走査幅 152 が、図 3B において説明されたワイドスキャン 167 を規定するとき、上記イオンビームの電流の正確な計測が達成され得る。しかしながら、被加工物 118 全体に渡って実施されたときに、そのようなワイドスキャン 167 は、ビーム利用に悪影響を及ぼし得る。これは、図 2 のイオンビーム 121 が上記被加工物に衝突しないときに、より多くの時間が費やされるためである。

【0029】

上述したような端部サンプリングドーズシステムのために、側方のファラデーカップ 1

10

20

30

40

50

5 8 上で計測された図 1 のイオンビーム 1 2 1 の電流は、注入の間の被加工物 1 1 8 上におけるビームドーズの主要な基準である。サンプリングされたビーム電流と被加工物 1 1 8 上のドーズとの間の適切な釣り合いを維持することが望まれる。そして、本開示は、反復可能な注入のために、ビームサイズ、ビームシフト等における変化に起因する、側方のファラデーカップ 1 5 8 で見られる電流における変動を回避することが望まれることが、ここに認識される。図 3 A のナロースキャン 1 6 6 の持続時間の間に、図 1 および図 7 の上記側方のファラデーカップから線量計 1 6 2 への信号 1 6 4 の送信を遮断することによって、側方のファラデーカップ 1 5 8 を図 3 A のナロースキャン 1 6 6 の急勾配領域 1 8 4 に曝すことの 1 つの困難さが解決され得る。これは、図 3 B のワイドスキャン 1 6 7 の間に上記信号が上記線量計へと処理されることを可能にしつつ行われる。

10

【 0 0 3 0 】

図 1 の側方のファラデーカップ 1 5 8 において見られる電流における上述した変動を回避するために、例えば、切換え装置 1 8 8 が、図 7 において提供される。ここでは、上記切換え装置は、図 6 A ~ 図 6 B のワイドスキャン 1 6 7 の間にのみ、1 つ以上の側方のファラデーカップを、線量計 1 6 2 に電氣的に接続するように構成され（ワイドスキャンモードとも称される）、一方で、上記切換え装置は、ナロースキャン 1 6 6 の間に、上記 1 つ以上の側方のファラデーカップを、上記線量計から電氣的に切断する（ナロースキャンモードとも称される）。例えば、図 3 A のナロースキャンの急勾配領域 1 8 4 でのイオンビーム電流を、図 7 の線量計 1 6 2 に到達させないように、図 7 の切換え装置 1 8 8 は、図 6 B のナロースキャン 1 6 6 の間に、1 つ以上の側方のファラデーカップ 1 5 8 からの出力をグラウンドへと電氣的に接続する。

20

【 0 0 3 1 】

図 7 の切換え装置 1 8 8 は、例えば、一对のスイッチ 1 9 0 A およびスイッチ 1 9 0 B（例えば、半導体スイッチ）を含んでおり、一对のスイッチ 1 9 0 A およびスイッチ 1 9 0 B は、1 つ以上の側方のファラデーカップ 1 5 8 を、それぞれの線量計 1 6 2 および電氣的グラウンド 1 9 2 へと選択的に電氣的に接続するように構成されている。一例において、コントローラ 1 4 8 は、図 1 の走査システム 1 4 0 がナロースキャンモードにあるときに、1 つ以上の側方のファラデーカップ 1 5 8 を、電氣的グラウンド 1 9 2 へと電氣的に接続するようにさらに構成されている。そして、コントローラ 1 4 8 は、ビーム走査がワイドスキャンモードにあるときに、上記 1 つ以上の側方のファラデーカップを線量計 1 6 2 へと電氣的に接続するようにさらに構成されている。

30

【 0 0 3 2 】

本開示の他の例示的な態様に従って、図 8 は、走査サイクル 1 9 6 の例示的な走査波形 1 9 4 を説明しており、走査サイクル 1 9 6 は、2 つのナロースキャン 1 6 6 および 1 つのワイドスキャン 1 6 7 の組合せを有している。走査サイクル 1 9 6 は、ナロースキャン 1 6 6 およびワイドスキャン 1 6 7 の任意の組合せを有し得ることに留意すべきである。ワイドスキャン 1 6 7 に対するナロースキャン 1 6 6 の比がより大きくなると、イオンビーム 1 2 1 の利用を増大させるであろう。しかしながら、ワイドスキャン 1 6 7 に対するナロースキャン 1 6 6 の比が高いと、1 つ以上の側方のファラデーカップ 1 5 8 へのビーム曝露は、上記比に従って減少する。そして、信号対ノイズ比は、極めて低いビーム電流適用において悪化し得る可能性がある。それゆえ、ビーム電流の高度に正確な計測が、図 1 のイオン注入システム 1 0 0 の低ドーズオペレーションにおいて望まれる場合は、図 6 A ~ 図 6 B のワイドスキャン 1 6 7 に対するナロースキャン 1 6 6 の比は、プロセス要求に基づき最小限に抑えられるべきである。

40

【 0 0 3 3 】

図 8 の走査波形 1 9 4 の下に、例えば、電流計測を遮断するためのゲート信号 1 9 8 が示される。ここでは、上記ゲート信号は、図 7 の一对のスイッチ 1 9 0 A およびスイッチ 1 9 0 B を制御する。この例において、ゲート信号 1 9 8 は低いですが、図 7 の線量計 1 6 2 は、持続時間の間に、スイッチ 1 9 0 A を開けてスイッチ 1 9 0 B を閉じることによって遮断（例えば、ゲート）される。線量計 1 6 2 のゲイティングのそのような同期によって

50

、1つ以上の側方のファラデー158由来の上記線量計において計測された電流は、ワイドスキャン167からのみ生じるであろう。

【0034】

従って、本開示は、図9におけるイオンビーム利用を向上させるための方法200をさらに提供する。ここでは、当該方法は、注入の間のイオンビームの1つ以上の特性（例えば、電流、線量）の正確な計測をさらに提供する。例示的な方法が、一連の工程または事象として本明細書に説明され記載されていることに留意すべきであり、いくつかのステップは、本発明に従って、異なる順序でおよび/または本明細書に示されかつ記載されたステップ以外の他のステップと同時に起こり得るので、本発明は、そのような工程または事象の説明された順序によって限定されないことが正しく理解されるであろう。さらに、説明されたステップの全てが、本発明による方法を実施するために必要とされ得るわけではない。さらに、上記方法は、説明されていない他のシステムと関連付けられるのと同様に、本明細書中に説明され且つ記載されたシステムと関連付けて実施されてもよいことが理解されるであろう。

10

【0035】

図9の方法200は、工程202から始まる。ここでは、図1の被加工物118および支持体120の様に、被加工物が、被加工物支持体上に提供される。図9の工程204において、1つ以上の側方のファラデーカップが、イオンビームのパスに沿って提供される。ここでは、図3Aおよび図3Bにおいて説明するように、上記1つ以上の側方のファラデーカップは、上記被加工物の直径に関連付けられた距離にて離間している。図9の工程206において、上記イオンビームは、上記被加工物の面を横断して反復走査される。ここでは、イオンビームのナロースキャンは、上記被加工物の端部と関連付けられた位置でイオンビームの走査の方向を逆進させることによって、通常、規定され、そして、イオンビームワイドスキャンは、上記1つ以上の側方のファラデーカップの外部領域と関連付けられた位置でイオンビームの走査の方向を逆進させることによって、通常、規定される。例えば、それぞれ、図3A～図3Bおよび図6A～図6Bのナロースキャン166およびワイドスキャン167は、工程206において規定される。さらに、図9の工程208において、イオンビームの電流または他の特性は、工程206のイオンビームを反復走査することと同時に、上記1つ以上の側方のファラデーカップを介して感知される。

20

【0036】

工程210において、イオンビームがワイドスキャンモードにおいて走査されているときに、上記1つ以上の側方のファラデーカップは、線量計に電氣的に接続されている。例えば、上記1つ以上の側方のファラデーカップは、図3Bおよび図6A～図6Bのイオンビームのワイドスキャン167と同時に、上記線量計に電氣的に接続される。他の例において、図9の工程210において、上記線量計に上記1つ以上の側方のファラデーカップを電氣的に接続することは、当該1つ以上の側方のファラデーカップを電氣的グラウンドから電氣的に遮断することをさらに含んでいる。

30

【0037】

従って、上記線量計は、イオンビームの電流を、概して、決定する。工程212において、イオンビームがナロースキャンモードにおいて走査されているときに、上記1つ以上の側方のファラデーカップは、グラウンドに電氣的に接続されている。例えば、工程212において、グラウンドに上記1つ以上の側方のファラデーカップを電氣的に接続することは、図3Aおよび図6A～図6Bにおけるイオンビーム121のナロースキャン166と同時に起こる。他の例において、図9の工程212において、上記1つ以上の側方のファラデーカップを地面に電氣的に接続することは、上記線量計から上記1つ以上の側方のファラデーカップを電氣的に遮断することをさらに含んでいる。

40

【0038】

本発明は、特定の好ましい実施形態または特定の複数の好ましい実施形態に関して示され且つ記載されているが、この明細書および添付の図面を読みそして理解した他の当業者は、同等の変更および改変を思い付くであろうことは明らかである。特に、上記のコンボ

50

ーネット（アセンブリ、デバイス、回路等）によって実行される種々の機能に関して、そのようなコンポーネントを記載するために使用された用語（「手段」の参照を含む）は、別段の指示がない限り、本明細書において説明された本発明の例示的な実施形態における機能を実行する開示された構造と構造的に同等ではないが、記載されたコンポーネントの特定の機能を実行する（すなわち、機能的に同等である）任意のコンポーネントに相当することが意図される。加えて、本発明の特有の特徴は、いくつかの実施形態の内の1つのみに関して開示されていてもよいが、そのような特徴は、任意の所定のまたは特定の適用のために望まれ且つ有益であるように、他の実施形態の1つ以上の他の特徴と組み合わせられてもよい。

【図面の簡単な説明】

10

【0039】

【図1】図1は、本開示のいくつかの態様にしたがった例示的なイオン注入システムのブロック図である。

【図2】図2は、開示の一例に従った被加工物に対するイオンビームの繰り返しの走査の平面図である。

【図3A】図3Aは、開示の他の態様にしたがったイオンビームへの、側方のファラデーカップの部分的な被爆を説明する図であって、イオンビームの例示的なナロースキャンに関連付けられた、計測されたビーム電流分布を説明する図である。

【図3B】図3Bは、開示の他の態様にしたがったイオンビームへの、側方のファラデーカップの実質的に十分に均一な被爆を説明する図であって、イオンビームの例示的なワイドスキャンに関連付けられた計測されたビーム電流分布を示す。

20

【図4】図4は、開示の他の態様にしたがった被加工物に関するイオンビームの例示的な繰り返しのナロースキャンの平面図である。

【図5A】図5Aは、被加工物と2つの側方のファラデーカップに関するイオンビームの例示的な繰り返しのワイドスキャンの平面図である。

【図5B】図5Bは、図5Aに説明される走査された領域の一部分の分解立体図である。

【図6A】図6Aは、他の例示的な態様にしたがった増大したビームの利用のための、繰り返しインターレースされたナロースキャンとワイドスキャンとの例示的な平面図である。

。

【図6B】図6Bは、図6Aに説明される走査された領域の一部分の分解立体図である。

30

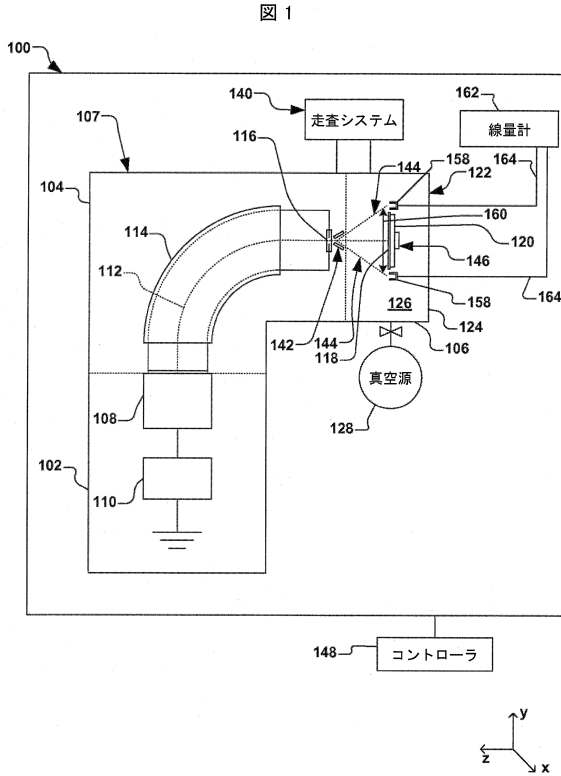
【図7】図7は、開示の他の態様にしたがった例示的なビーム電流切換え装置を説明する。

。

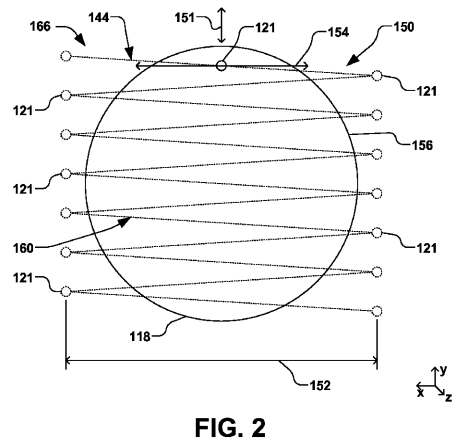
【図8】図8は、開示のまた他の態様にしたがった、1つのワイドスキャンとインターレースされた2つのナロースキャンを有する例示的な走査サイクルに関連付けられた、電子ゲートのための、走査波形例および同期したタイミング図を示す。

【図9】図9は、さらに他の態様にしたがった走査されたイオンビーム注入におけるイオンビームの利用を増大させるための方法論を示す。

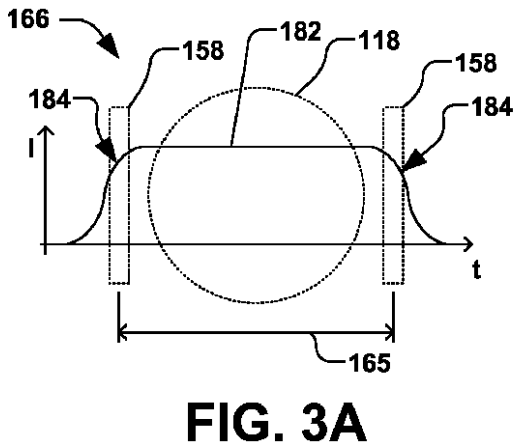
【 図 1 】



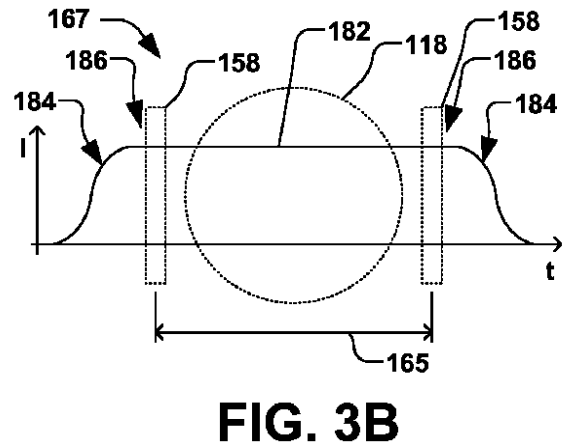
【 図 2 】



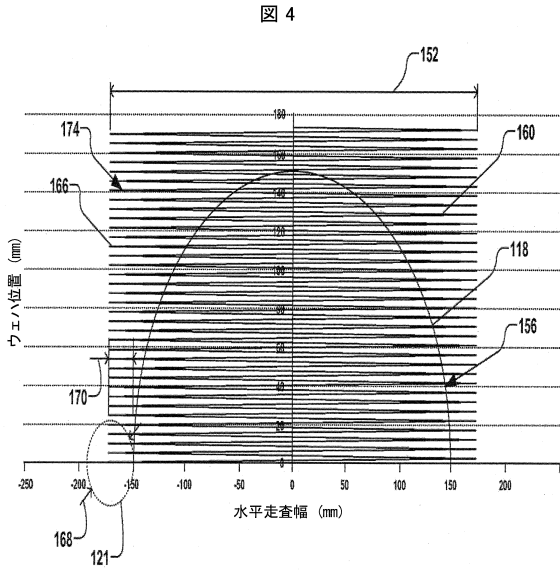
【 図 3 A 】



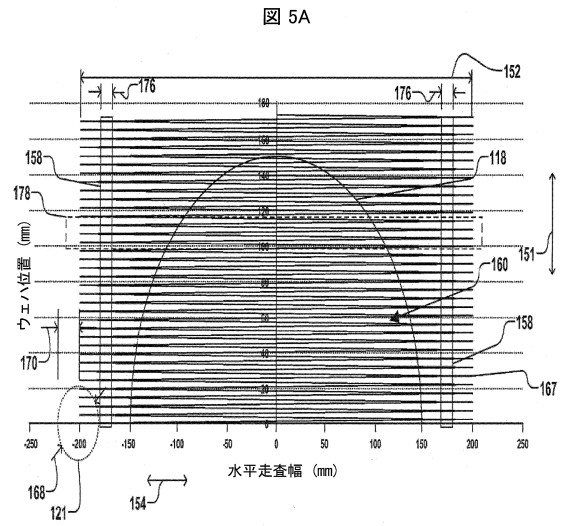
【 図 3 B 】



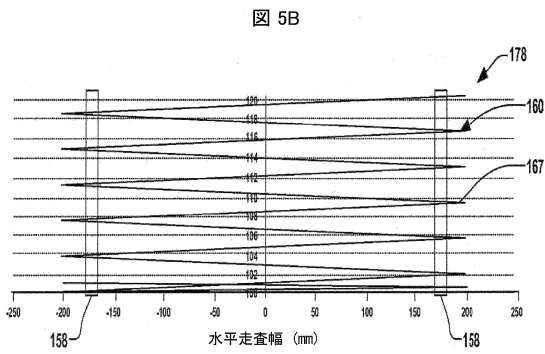
【 図 4 】



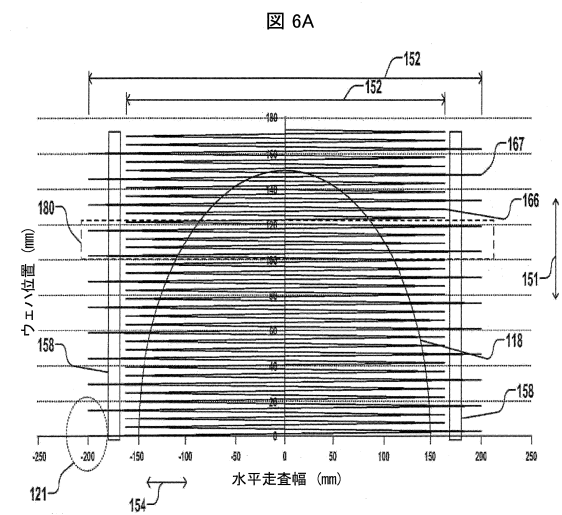
【 図 5 A 】



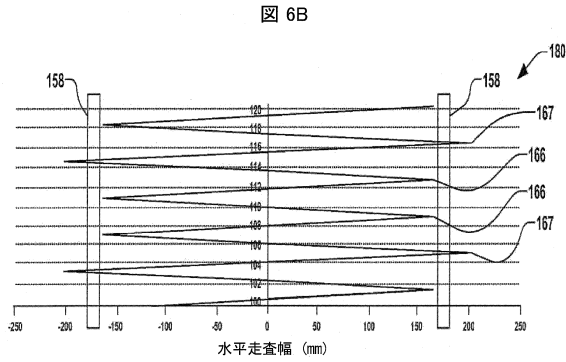
【 図 5 B 】



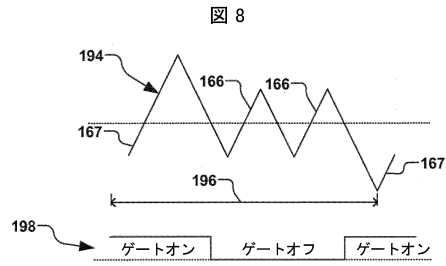
【 図 6 A 】



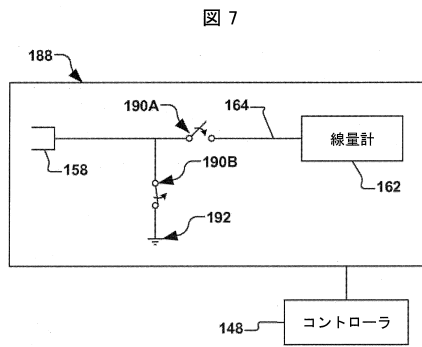
【図6B】



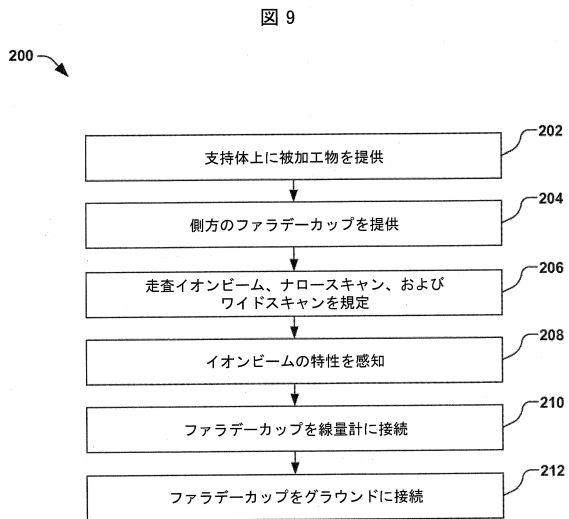
【図8】



【図7】



【図9】



フロントページの続き

審査官 右 高 孝幸

(56)参考文献 特開平03 - 241651 (JP, A)
特開平05 - 047341 (JP, A)
特開2013 - 127940 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01J 37/317
H01J 37/244
H01L 21/265