

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6290371号  
(P6290371)

(45) 発行日 平成30年3月7日(2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日(2018.2.16)

(51) Int.Cl.	F 1		
GO 1 B 11/00	(2006.01)	GO 1 B	11/00
GO 6 T 7/60	(2017.01)	GO 6 T	7/60
GO 1 N 27/62	(2006.01)	GO 1 N	27/62
GO 1 N 27/68	(2006.01)	GO 1 N	27/68
GO 1 N 21/73	(2006.01)	GO 1 N	21/73

請求項の数 7 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2016-502744 (P2016-502744)
(86) (22) 出願日	平成26年3月14日 (2014.3.14)
(65) 公表番号	特表2016-519289 (P2016-519289A)
(43) 公表日	平成28年6月30日 (2016.6.30)
(86) 國際出願番号	PCT/US2014/028241
(87) 國際公開番号	W02014/144012
(87) 國際公開日	平成26年9月18日 (2014.9.18)
審査請求日	平成29年2月14日 (2017.2.14)
(31) 優先権主張番号	61/792,016
(32) 優先日	平成25年3月15日 (2013.3.15)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	14/211,976
(32) 優先日	平成26年3月14日 (2014.3.14)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	593141632 エレクトロ サイエンティフィック イン ダストリーズ インコーポレーテッド アメリカ合衆国 97229 オレゴン州 ポートランド エヌ ダブリュ サイエ ンス パーク ドライブ 13900
(74) 代理人	100109896 弁理士 森 友宏
(74) 代理人	100192809 弁理士 桑原 宏光
(72) 発明者	サマーフィールド, リーフ, クリストチャン アメリカ合衆国, 59718 モンタナ州 , ボーズマン, ボサル・ストリート 38 79

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像認識に基づくアブレーションパターン位置の再現

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

レーザアブレーション手順中に支持面上の試料上の結晶粒上でレーザを位置決めするための方法であって、

スキャン配置プロセス中に試料に対して複数のレーザ予定位置を含むアブレーションパターンを設定し、

前記スキャン配置プロセスでは、

運動制御システムを用いてレーザスポットに対して前記試料を前記試料上の複数のレーザ予定位置に位置決めし、

前記複数のレーザ予定位置のそれぞれに対して位置座標を保存し、

前記複数のレーザ予定位置のそれぞれに対するカーネル画像を保存し、

実験を開始し、

前記実験を開始する際に、

前記複数のレーザ予定位置のうち選択されたものの前記保存された座標に基づいて保存されたカーネル画像を用いて前記試料に対して前記レーザスポットを現在の位置に位置決めし、

前記現在の位置の現在の画像を前記選択されたレーザ予定位置に対する前記保存されたカーネル画像と比較し、

前記比較に基づいて位置誤差を決定し、

前記位置誤差が許容範囲内にない場合に、前記運動制御システムを用いて前記位置誤

10

20

差に基づいて前記試料に対して前記レーザスポットのオフセット移動を行って、前記位置誤差を補正し、前記比較と決定のステップを繰り返し、

前記位置誤差が前記許容範囲内にある場合に、前記選択されたレーザ予定位置上にレーザビームを照射する

方法。

【請求項 2】

前記運動制御システムは開ループシステムであり、

前記現在の位置は開ループを仮定した補正位置である、  
請求項 1 の方法。

【請求項 3】

前記カーネル画像及び前記現在の画像を前記レーザに対して固定されたカメラにより撮影する、請求項 1 の方法。

【請求項 4】

前記試料に対して前記レーザスポットを現在の位置に位置決めするステップは、基準ブランクをサンプリングした後に行われる、請求項 1 の方法。

【請求項 5】

前記複数のレーザ予定位置のそれぞれに対するカーネル画像を保存するステップでは、さらに、前記カーネル画像をキャプチャする際に使用される照明レベル、ズームレベル、又はカメラ特性のうち少なくとも 1 つを保存する、請求項 1 の方法。

【請求項 6】

前記試料上にキャリアガスを流し、

前記レーザビームの照射により前記試料の材料を前記キャリアガス中に浮遊させ、

前記キャリアガス中に浮遊した前記材料を分析する、

請求項 1 の方法。

【請求項 7】

前記試料はジルコン結晶を含む、請求項 6 の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願】

【0001】

本出願は、2013年3月15日に提出された米国仮特許出願第61/792,016号の利益を主張し、その開示は参照により組み込まれる。

【発明の背景】

【0002】

例えば固体結晶のようなターゲット材料の組成を分析するために、質量分光(MS)システム、発光分光(OES)システムなどの分析システムを用いることができる。ターゲットの試料は、エアロゾルの形態でこの種の分析システムに提供されることが多い。エアロゾルは、典型的に、試料チャンバ内にターゲット材料を配置し、この試料チャンバ内にキャリアガスの流れを導入し、ターゲットの一部を粒子の形で放出することによって作り出される。この放出は、例えば、ターゲットの一部をレーザからの 1 以上のレーザパルスでレーザアブレートし、キャリアガス内に浮遊したターゲットから放出又は生成される粒子を含むブルーム又は蒸気を生成することにより行うことができる。その後、放出された粒子は、典型的には、流れるキャリアガスに乗り、試料移送管を介して分析システムに移送される。これらの分析システムは、レーザアブレーション誘導結合プラズマ分光技術(LA-ICP-MS)やレーザアブレーション誘導結合プラズマ発光分光技術(LA-ICP-OES)をはじめとする応用技術を実現する。

【0003】

分析レーザアブレーション用途では、実験運転中に繰り返されるべき移動が設定されるスキャン配置プロセスに統いて、実験運転中に X Y 又は X Y Z 位置決めシステムによる移動を繰り返す必要がある。分析レーザアブレーションシステムの利用方法の一例は、ジルコン結晶粒年代測定である。ジルコン結晶は、ウラン原子とトリウム原子を結晶構造にし

10

20

30

40

50

たものであり、結晶の形成の過程で鉛を強く拒絶する。したがって、ジルコン結晶中に鉛が存在しているとすればそれは放射性崩壊によるものと推定される。このため、ジルコン結晶の組成が決まれば、放射性崩壊を介して結晶内でそのような鉛に対するウランの比になるのにかかる時間を計算することにより結晶の年齢を決定することができる。

#### 【0004】

年代測定に使用されるジルコン結晶粒はその寸法が非常に小さいことが多く、例えば、1つの粒子のサイズは、結晶粒の輪郭における点の間が $20\text{ }\mu\text{m}$ から $200\text{ }\mu\text{m}$ の範囲にあり得る。結晶内には、SEMやXRF又は他の同様のツールを用いて描くことができる可視構造が存在し得る。一定の分析レーザアブレーション用途においては、これらの可視構造によって結晶粒の領域が理想的なものでなくなることがある。このような理由により、ジルコン結晶年代測定や同様の用途のためのジルコン結晶粒上の望ましいターゲットが非常に小さくなることがあります。このため、これらの用途では、結晶粒の表面をアブレートする際に非常に高い精度が必要となり、したがって、非常に高い精度のステージ移動が必要とされる。

10

#### 【0005】

典型的なジルコン結晶粒の年代測定の用途においては、およそ $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ の領域におよそ $20 \sim 200$ 以上の粒子を含む模範的な試料スライドが用意されることがある。これらの粒子は自動的にあるいは使用者によりスライド上に置かれる場合がある。粒子は、ランダムな配置で、あるいは行と列に沿ったような規則的なパターンで配置され得る。さらに、粒子は、一緒に分析しようとする結晶粒の組によって配置され得る。配置後、試料スライド上の他の粒子と実質的に同じ平面上に位置する平坦面を有するように粒子が加工され得る。

20

#### 【0006】

試料スライドが準備された後、試料スライドは分析レーザアブレーション装置の試料チャンバにロードされ、スキャン配置プロセスが行われる。オペレータが、試料スライド上に、オーバーレイとも呼ばれるパターンスキャンを配置する。これは、パターン形状の仮想オーバーレイを行うソフトウェアを使うことによりなされる場合がある。このプロセス中、レーザにより照射される一連のスキャン又は孔の位置が、例えば個々の結晶粒の加工面上の特定の位置に正確に設定される。これらの設定位置はレーザ予定位と呼ばれる。スキャン配置プロセスが完了すると、運動制御システムが、スキャン配置プロセスにより決定された一連の移動を実行して、所望の時点及びシーケンスでレーザ予定位のそれぞれの結晶粒をアブレートする実験運転が行われる。

30

#### 【0007】

実験の設定の一部として、レーザアブレーション装置の試料チャンバ内には、通常、基準材料ブランクが例えば主たる実験領域の一方の側から離されて配置される。この基準ブランクは既知の組成を有している。システムは、一連のジルコン結晶粒を分析するよう設定され得る。ジルコン結晶粒のセットとセットの間で、システムは基準ブランク材料をサンプリングするようにプログラムされる。このように、所定の基準における材料の既知で再現可能な濃度に対して、例えばICP-MSで測定される分析動向を補正することができる。

40

#### 【0008】

スキャン配置プロセス中、レーザ予定位のリストがXYステージ座標又はXYZステージ座標として保存される。実験運転中、それぞれのレーザ予定位に対して、保存された座標位置に従って運動制御システムにより試料がレーザに対して移動される。

#### 【0009】

実験運転中、運動制御システムは、試料中のセットにおけるジルコン結晶粒上のそれぞれ漸増的に設定されたレーザ予定位について試料スライドをレーザに対して移動させ、その後、基準ブランクに対して移動させ、次の結晶粒のセットに対して移動させる。結晶粒間のレーザ予定位によるそれぞれの大きな移動又は基準ブランクに対するそれぞれの大きな移動によって、双方向の繰り返し性誤差が生じてレーザビームの位置に対して試料

50

スライドがずれてしまう場合がある。大きな30mmの移動は、結晶粒上のレーザ予定位置からレーザ焦点位置をずらしてしまう双方向の繰り返し性誤差や正確性の誤差を大きくする可能性がある。繰り返し性誤差が蓄積すると、レーザが出射されるときまでに試料に対してアブレーションパターンが配置される正確性が下がってしまう。場合によっては、レーザ予定位置の結晶粒を完全に外してしまい、予定していない位置にレーザが出射される。予定していない位置へのレーザの出射は実験パスに対するデータを歪曲又は破壊してしまうことになるので、これは好ましくない。

#### 【0010】

20個から200個以上の結晶粒といった、同一の実験運転中にサンプリングされるジルコン結晶の数が多いことがしばしばあるので、実験運転中にオペレータが装置を監視し、試料上へのレーザビームのシステムレベルでの正確性が低いことを修正することに時間を費やすことは好ましくない。10

#### 【0011】

X Y Z 位置決めシステムについての従来技術は、開ループ及び閉ループのような運動制御トポロジを含んでいる。開ループの設計は、ステップモータをベースにすることがあり、リニア型モータ又はリードスクリュードライブ型の機構を介してステージを正確な量だけ、例えば、実際のフルステップ範囲の一部だけ移動させることがある。それぞれのステップは、X Y 移動が 1 ~ 2 μm のオーダーであり、フルステップごとに 2 個、4 個、8 個、16 個、又は 32 個のマイクロステップによる分割を追加するマイクロステッピングを行う。このように、ステージ機構の機械的結合により制限はされるが、非常に高い分解能で位置決めを行うことができる。閉ループは、これにフィードバック機構と、要求された位置と実際の位置との間の誤差がゼロになるか非常に小さくなるまでその誤差を小さくしようとするコントローラトポロジとを加えるものである。これらの解決方法には、より高価なステージ及びコントローラを必要とし、実現するのが複雑であるという欠点がある。20

#### 【発明の簡単な概要】

#### 【0012】

本明細書において例示的に述べられる本発明の実施形態は、概して、スキャン配置プロセス中に配置されたアブレーションパターンのカーネル画像だけでなく、レーザ予定位置に対する X Y Z ステージ座標を保存し、カーネル画像をレーザが照射されるであろう位置を含むカメラ / 顕微鏡の現在の視野の現在の画像と比較することに関するものである。この比較は、大きな誤差を修正するために実験運転中に使用される。より詳しくは、本発明の実施形態は、ジルコン結晶粒年代測定用の分析システムにおけるレーザに対して試料を位置決めするための開ループシステムにおいて誤差を補正するためのソフトウェアベースの画像認識のための装置及び方法に関するものである。30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0013】

【図 1】図 1 は、レーザアブレーション装置の断面図である。

【図 2】図 2 は、ジルコン結晶粒を含む試料スライドを示している。

【図 3】図 3 は、フローチャート図である。

【図 4 A】図 4 A ~ 図 4 C は、スキャン配置ステップ及び実験運転ステップ中のカメラ / 顕微鏡の視野を示すものである。40

【図 4 B】図 4 A ~ 図 4 C は、スキャン配置ステップ及び実験運転ステップ中のカメラ / 顕微鏡の視野を示すものである。

【図 4 C】図 4 A ~ 図 4 C は、スキャン配置ステップ及び実験運転ステップ中のカメラ / 顕微鏡の視野を示すものである。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0014】

本発明についての以下の説明は、典型的には、特定の構造的な実施形態及び方法を参照するものである。本発明を特に開示された実施形態や方法に限定する意図はなく、他の特徴、要素、方法、及び実施形態を用いて本発明を実施できることは理解できよう。本発明50

を示すために好ましい実施形態が述べられるが、これは本発明の範囲を限定するものではなく、本発明の範囲は特許請求の範囲によって画定されるものである。当業者であれば、以下の説明について種々の等価な変形例を把握するであろう。様々な実施形態における同様の要素は、ともに同様の参照番号を用いて参照される。

【0015】

図1は、レーザアブレーション装置100の断面図を示している。レーザアブレーション装置100は、レーザ101と、レーザ101に対して固定されたカメラ／顕微鏡102と、試料チャンバ103と、レーザ101及びカメラ／顕微鏡102に対して試料チャンバ103の移動を制御する運動制御システム104とを含んでいる。分析を始めるために、試料スライド105が試料チャンバ103内に置かれる。試料チャンバは、キャリアガスの流入を許容する入口管106と、キャリアガスの流出を許容する試料移送管107とを含んでいる。試料チャンバ103内には、試料スライド105と別体又は一体であり得る基準ブランク108が置かれている。  
10

【0016】

図2は、試料スライド105とスライドの表面の一部の拡大図210を示すものである。試料スライド105の表面には複数のジルコン結晶粒202がある。実施形態においては、それぞれの結晶が平坦面204を有するように加工される。

【0017】

本発明の実施形態は、実験運転中にレーザビームに対して試料をずらす傾向にある誤差を補正するためのソフトウェアベースの画像認識を含んでいる。実施形態においては、これは、スキャン配置プロセス中に運動制御システムのステージをアブレーションパターンセットのレーザ予定位置に正確に移動することによりなされる。この正確な移動は、スキャン配置プロセス中にカーネル画像(kernel image)として保存された画像を、カメラ／顕微鏡の視野の現在位置の画像と比較し、補正のための移動を計算することにより実現される。  
20

【0018】

実施形態においては、カーネル画像と組み合わされたXYZ位置は、スキャン配置プロセス中に設定されたレーザ予定位置に戻る際に生じる移動誤差を補正することにより、スキャン配置プロセス中に設定されたレーザ予定位置で正確にレーザを照射することを保証する。実施形態においては、移動誤差は、カメラ／顕微鏡の視野の半分未満、例えば350 μmであり、これにより、実験運転中にレーザ予定位置がカメラ／顕微鏡の視野に表れる程度に近づくことが保証される。この現在のカメラ／顕微鏡の視野は、次に、保存されたカーネル画像位置と比較するために用いられ、XYZオフセット移動又はXYZオフセット移動を適用して誤差を補正することができる。  
30

【0019】

図3は、実施形態のフローチャート図である。実施形態では、プロセスが開始し(301)、第1のステップ302では、例えば、パターン形状の仮想オーバーレイを行うソフトウェアを用いて試料上にアブレーションパターンが置かれる。カメラ／顕微鏡102の視野を用いた仮想オーバーレイソフトウェアによって、ユーザは、結晶粒202を含む試料スライドの一部を見ることが可能となり、結晶粒上の位置に対してレーザ予定位置を設定することが可能となる。さらに、仮想オーバーレイソフトウェアによって、ユーザは、アブレーションパターンを形成する試料スライド105上の複数の結晶粒202上でレーザ予定位置を設定することが可能となる。結晶粒上のレーザ予定位置を設定する実施形態が、カメラ／顕微鏡102の視野を示す図4Aに示されており、十字線及びスポットが視野内に位置したジルコン結晶粒202上で照射されるレーザに対するレーザ予定位置401を表している。この配置ステップ中に、アブレーションパターンに関するアブレーションパターン情報が保存される。実施形態では、この情報はXY位置又はXYZ位置を含んでいる。実施形態においては、照射情報及び移動特性が保存される。実施形態では、アブレーションパターンのレーザ予定位置が配置されるか移動された時点のカメラ／顕微鏡の視野の画像が、実験運転中にレーザをレーザ予定位置に位置決めするために使用される「カーネル」画像として保存される。実施形態では、さらに保存される情報に、画像をキャプチャする際に使用され  
40  
50

る照明レベル、ズームレベル、及び／又はカメラ特性が含まれ、これらによって、再び中心を合わせるステップの間にビデオ状態を完全に再現することができる。

#### 【0020】

実施形態では、カーネル画像が保存された後、ユーザは、複数の移動及び／又は配置パターンの実験スキャンの開始を含む残りの実験の設定を続ける(303)。実験運転が開始されると、次のステップ304では、ソフトウェア又はユーザが試料の第1のレーザ予定位置への移動を開始する。開ループを仮定したレーザ予定位置の補正位置に到達すると、カメラに対する試料の現在の位置に対応するカメラ／顕微鏡の視野のスナップショットが撮影される(305)。このステップの実施形態が、レーザ予定位置に対応する結晶粒の破線の輪郭により表されるカーネル画像403と、カメラ／顕微鏡の現在の視野の現在の画像404とを示した図4Bに示されている。図4Bに示されるように、位置決め繰り返し性誤差によって、カーネル画像403は、カーネル画像403に存在する同じ結晶粒の実線の輪郭により表される現在の画像404に揃っていない。10

#### 【0021】

比較ステップ306では、カーネル画像とカメラ／顕微鏡の現在の視野の現在の画像とを比較することにより、レーザ予定位置と現在のレーザ位置との差が決定される。差が許容範囲内にあると決定された場合には、補正運動スキームが完了し(310)、差が許容範囲内にないと決定された場合には、位置誤差が計算され、カメラ／顕微鏡及びレーザに対して試料を移動する運動制御システム104に対して1組の補正のための移動が発され、これが運動制御システム104により実行される計算ステップ307が実行される。実施形態では、このステップは、カーネル画像とカメラ／顕微鏡の現在の視野の現在の画像との間の差を計算するための画像認識アルゴリズムによってなされる。実施形態では、許容範囲を予め定義してもよく、あるいはソフトウェアにより計算してもよく、あるいはオペレータにより設定してもよい。実施形態では、補正のための移動は、位置誤差が許容範囲に入るまでの一連の移動であってもよい。20

#### 【0022】

補正のための移動によりステージが位置決めし直されると、現在の位置のスナップショットを撮影するステップ305が繰り返され、カーネル画像からの元々の位置と新しい現在の位置との間の差が比較される比較ステップ306も繰り返される。

#### 【0023】

比較ステップ306において、カーネル画像403とカメラ／顕微鏡の現在の視野の現在の画像404との間の差が許容範囲内にあるときのプロセス中の任意の時点において、図4Cに示されるように、補正のための運動スキームが完了し(310)、結晶粒上のレーザ予定位置にレーザが照射される。これにより、結晶粒の試料がキャリアガス中に浮遊することとなり、ジルコン結晶粒年代測定のような用途のために結晶粒の組成を決定することができる分光測定機器において分析される。30

#### 【0024】

本発明の主な利点は、補正のための運動スキームを適用して、レーザ配置において非常に高い精度を得ることができ、システムレベルでハードウェアやコストを追加することなく、同一の開ループXYZステージ制御及び運動システムの仕様を著しく改善することができることである。40

#### 【0025】

実施形態では、実験が行われている間、XYZ運動制御システム104は、カメラ／顕微鏡102及びレーザ101に対して試料スライド105を移動し、1組のジルコン結晶粒内のジルコン結晶粒202上のレーザ予定位置401をそれぞれ漸増的に設定し、その後、基準ブランク108に対してを行い、次の組のジルコン結晶粒に戻ってこれをを行う。1組のジルコン結晶粒が1粒子だけを含む例もあれば、1組が2以上の粒子を含む例もある。ジルコン結晶粒上の予定ターゲット間の移動又は基準ブランクへの移動により、双方向の繰り返し性誤差が生じてレーザビーム109の位置に対して試料がずれてしまう場合がある。この双方向の繰り返し性誤差を補正するために、上記で開示された補正のための運動スキームを使用して、レ50

ーザをスキャン配置プロセス中に設定された予定レーザ位置に確実に照射することができる。

【0026】

以下の項は、試料上の結晶粒に対してレーザを位置決めすることに関する方法の様々な例についての態様を述べている。

【0027】

1. レーザアブレーション手順中に支持面上の試料上の結晶粒上でレーザを位置決めするための方法であって、運動制御システムを用いてレーザに対して前記試料を前記試料上の複数のレーザ予定位置に位置決めし、それぞれのレーザ予定位置に対して位置座標を保存し、前記レーザ予定位置のうち少なくとも1つに対するカーネル画像を保存することにより、スキャン配置プロセス中に試料用のアブレーションパターンを設定し、前記レーザ予定位置のうち選択されたものの前記保存された座標に基づいて保存されたカーネル画像を用いて前記試料に対して前記レーザを現在の位置に位置決めし、前記現在の位置の現在の画像を前記レーザ予定に対する前記保存されたカーネル画像と比較し、前記比較に基づいて位置誤差を決定し、前記位置誤差が許容範囲内にない場合に、前記運動制御システムを用いて前記位置誤差に基づいて前記試料に対して前記レーザのオフセット移動を行って、前記位置誤差を補正し、前記比較と決定のステップを繰り返し、前記位置誤差が前記許容範囲内にある場合に、前記レーザ予定位置上にレーザビームを照射することにより、実験を開始する方法。10

【0028】

2. 前記運動制御システムは開ループシステムであり、前記現在の位置は開ループを仮定した補正位置である、第1項の方法。20

【0029】

3. 前記カーネル画像及び前記現在の画像を前記レーザに対して固定されたカメラにより撮影する、第1項又は第2項の方法。

【0030】

4. 前記試料に対して前記レーザを現在の位置に位置決めするステップは、基準プランクをサンプリングした後に行われる、第1項、第2項、又は第3項の方法。

【0031】

5. 前記レーザ予定位置のうち少なくとも1つに対するカーネル画像を保存するステップでは、さらに、前記カーネル画像をキャプチャする際に使用される照明レベル、ズームレベル、又はカメラ特性のうち少なくとも1つを保存する、第1項、第2項、第3項、又は第4項の方法。30

【0032】

例示によって、また特定の実施形態との関係で本発明を説明したが、本発明は開示された実施形態に限定されてないことは理解されよう。それとは反対に、本発明は、当業者にとって明らかな様々な改良及び同様の構成をカバーすることを意図している。したがって、添付した特許請求の範囲は、そのような改良及び同様の構成のすべてを包含するように最も広く解釈されるべきである。

【図1】

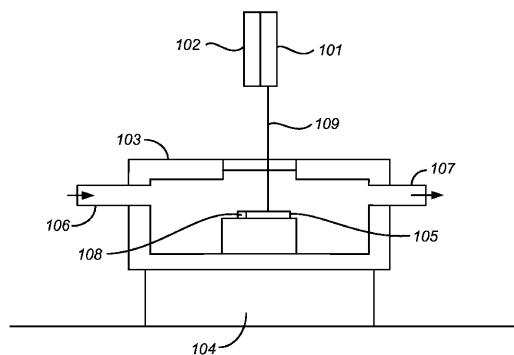


FIG. 1

【図2】

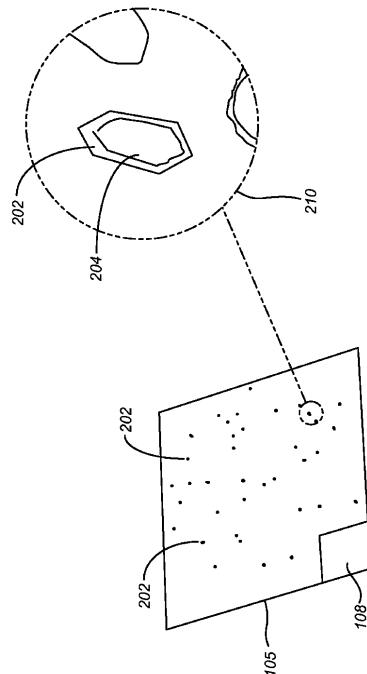
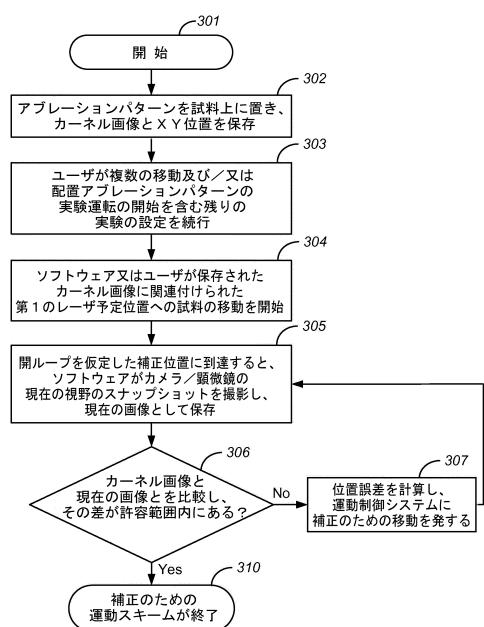


FIG. 2

【図3】



【図4A】

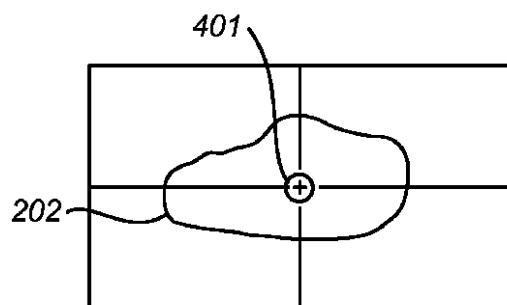
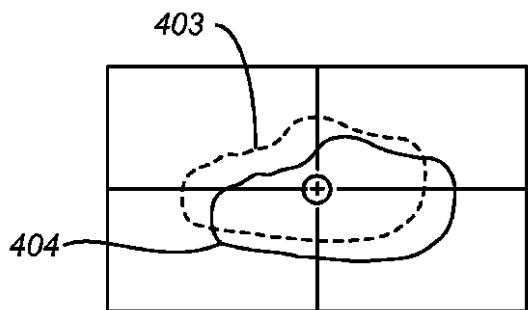
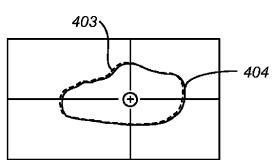


FIG. 4A

【図 4 B】

**FIG. 4B**

【図 4 C】

**FIG. 4C**

---

フロントページの続き

審査官 三好 貴大

- (56)参考文献 特開2011-102778(JP,A)  
特開2011-169740(JP,A)  
特開平11-201944(JP,A)  
米国特許出願公開第2009/0273782(US,A1)  
特開平9-133617(JP,A)  
特開平11-295032(JP,A)  
特開2000-321024(JP,A)  
特開2003-270208(JP,A)  
特表2004-513355(JP,A)  
特開2007-102462(JP,A)  
特開2009-266221(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 B	11/00 - 11/30
G 01 N	21/62 - 21/74 27/60 - 27/70 27/92
G 06 T	1/00 7/00 - 7/90 11/60 - 13/80 17/05 19/00 - 19/20