

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4093950号
(P4093950)

(45) 発行日 平成20年6月4日(2008.6.4)

(24) 登録日 平成20年3月14日(2008.3.14)

(51) Int.CI.

H01L 21/027 (2006.01)

F 1

H01L 21/30 516B

請求項の数 28 (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2003-391069 (P2003-391069)
 (22) 出願日 平成15年11月20日 (2003.11.20)
 (65) 公開番号 特開2004-172625 (P2004-172625A)
 (43) 公開日 平成16年6月17日 (2004.6.17)
 審査請求日 平成16年6月24日 (2004.6.24)
 (31) 優先権主張番号 10/299855
 (32) 優先日 平成14年11月20日 (2002.11.20)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 503195263
 エーエスエムエル ホールディング エヌ
 ブイ.
 オランダ国 ヴェルトホーフェン 550
 4 ディー アール, デ ラン 6501
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100093861
 弁理士 大賀 真司
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (72) 発明者 ダニエル ガルバート
 アメリカ合衆国 コネチカット ウィルトン ベルドン ヒル ロード 520

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改善されたトラジェクトリープランニングと実行のための方法、システム、およびコンピュータプログラム製品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

サーボ駆動式光リソグラフィツールの構成要素の運動を制御するための方法において、
 a) 所要のスキャンの開始および終了時の距離、速度に関する初期制御データを受け取り、
 b) 前記初期制御データに基づいて、前記構成要素の無限ジャーカとマルチアクシストラジェクトリーをプランニングし、
 c) プランニングされたトラジェクトリーに基づいてリアルタイムで、プロファイル実行を行い、その際トラジェクトリーはデジタルフィルタリングを用いて整形され、
 d) 構成要素の位置と加速度からなる実行データを制御システムに出力するステップを含み、

前記ステップ b) は、

- i) 各アクシス毎に予備モーショントラジェクトリーを計算するステップと、
- ii) アクシスに亘る動きの同期化のために必要に応じて予備モーショントラジェクトリーにおけるゼロ速度時間間隔を調整するステップと、
- iii) フィルタ遅延の補償のために、各アクシス毎に予備モーショントラジェクトリーの開始時点での遅延を挿入するステップを含んでいる方法。

【請求項 2】

前記構成要素は、ウエハステージである、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

10

前記構成要素は、レチクルステージである、請求項1記載の方法。

【請求項4】

前記ステップb) i)は、以下のステップ、すなわち

- A) フィルタ幅、整定時間、量子化に関する定速度スキャンの長さを調整するステップと、
- B) 連続する定速度スキャンの間の加速度間隔をコンピュータ処理するステップと、
- C) 連続する定速度スキャンの間のゼロ速度ポイントを作成するステップと、
- D) 加速度間隔を量子化するステップを含んでいる、請求項1記載の方法。

【請求項5】

前記ステップb) i) B)は、

10

最大速度限界または最大加速度限界を超えた場合に、各アクシス毎に最適な速度プロファイルを計算するステップと、

限界に従って最適な速度プロファイルを抑制するステップと、

連続する定速度スキャンの間の以降時間を計算するステップを含んでいる、請求項4記載の方法。

【請求項6】

前記ステップb) i) C)は、以下のようなステップ、すなわち

スキャンの間のトラジェクトリーがゼロ速度で開始または終了するか、反転ポイントを有さない場合には、トラジェクトリーを2つの最適化サブセグメントに区切り、この場合第1の最適化サブセグメントはゼロ速度で終了し、第2の最適化セグメントはゼロ速度で開始され、

20

その他の場合には、反転ポイントを計算し、トラジェクトリーが反転ポイントにおいて2つのセグメントに分割され、この場合速度は反転ポイントでゼロとなる、
ようなステップを含んでいる、請求項4記載の方法。

【請求項7】

前記ステップb) ii)は、以下のステップ、すなわち

A) 非臨界的アクシストラジェクトリーを識別するステップと、

B) 臨界的アクシストラジェクトリーと非臨界的アクシストラジェクトリーの間の時間差を計算するステップと、

C) 前記時間差に等しい遅延を非臨界的アクシストラジェクトリーのゼロ速度ポイントで導入するステップを含んでいる、請求項1記載の方法。

30

【請求項8】

前記ステップb)はさらに、前記ステップii)の後に実行される以下のようなステップ、すなわち

iv) フィルタ遅延に対する補償のためにアクシストラジェクトリーの開始時点で遅延を導入するステップを含んでいる、請求項1記載の方法。

【請求項9】

前記ステップb) iv)は、さらに以下のステップ、すなわち

A) 最長の実行フィルタ遅延を伴うアクシストラジェクトリーを識別するステップと、

B) 短い実行フィルタ遅延を伴うアクシストラジェクトリーを識別するステップと、

40

C) 実行フィルタ遅延の間の差分を計算するステップと、

D) 実行フィルタ遅延間の差分に等しい整合遅延を、短い実行フィルタ遅延を伴うアクシストラジェクトリーに導入するステップを含んでいる、請求項8記載の方法。

【請求項10】

前記ステップc)は、さらに以下のステップ、すなわち

i) トラジェクトリーデータを受け取るステップと、

ii) トラジェクトリーデータに基づいて統合的な位置信号を作成するステップと、

iii) フィルタリングされた位置信号を作成するために、トラジェクトリーデータからの初期位置信号を用いて統合的位置信号をフィルタリングするステップと、

iv) 補間された位置信号を作成するために、初期位置信号を用いて、フィルタリングされ

50

た位置信号を補間するステップと、

v) 伝播遅延と位相シフトに対する補償のために、補間された位置信号を遅延させるステップと、

vi) 補間された加速度信号を作成するために、トラジェクトリーデータからの加速状態信号を補間するステップと、

vii) 伝播遅延と位相シフトに対する補償のために、補間された加速度信号を遅延させるステップを含んでいる、請求項1記載の方法。

【請求項11】

前記ステップc)iii)は、以下のステップ、すなわち

A) パラレル信号セットを作成するために、初期位置信号に対する第1の絶対位置アレイを供給するステップと、

10

B) デルタパラレル位置信号セットを作成するために、パラレル位置信号セットの各パラレル位置信号から初期位置信号を減算するステップと、

C) パラレル積信号セットを作成するために、デルタパラレル位置信号セットに第1のフィルタ計数を掛けるステップと

D) スカラーデルタフィルタリング信号を作成するために、パラレル積信号セットの全てのパラレル積信号の総和を求めるステップと、

E) フィルタリングされた位置信号を作成するために、デルタフィルタリング信号に第1の遅延された初期位置信号を加算するステップを含んでいる、請求項10記載の方法。

20

【請求項12】

前記ステップc)iv)は、以下のステップ、すなわち

A) フィルタリングされた位置信号をアップサンプリングするステップと、

B) 補間された信号を作成するために、前記アップサンプリングされたフィルタリングされた位置信号をフィルタリングするステップを含んでいる、請求項10記載の方法。

【請求項13】

前記ステップc)iv)B)は、以下のステップ、すなわち

アップサンプリングされたパラレル位置信号セットを作成するために、アップサンプリングされたフィルタリングされた位置信号に対する第2の絶対位置アレイを供給するステップと、

30

アップサンプリングされたデルタパラレル位置信号セットを作成するために、アップサンプリングされたパラレル位置信号セットの各アップサンプリングされたパラレル位置信号から初期位置信号を減算するステップと、

アップサンプリングされたパラレル積信号セットを作成するために、アップサンプリングされたデルタパラレル位置信号セットに第2のフィルタ計数を掛けるステップと

アップサンプリングされたスカラーデルタフィルタリング信号を作成するために、アップサンプリングされたパラレル積信号セットの全ての信号の総和を求めるステップと、

補間された信号を作成するために、アップサンプリングされたデルタフィルタリング信号に第2の遅延された初期位置信号を加算するステップを含んでいる、請求項12記載の方法。

40

【請求項14】

前記ステップc)vi)は、以下のステップ、すなわち

A) 加速状態信号をアップサンプリングするステップと、

B) アップサンプリングされた加速信号をフィルタリングするステップを含んでいる、請求項10記載の方法。

【請求項15】

内部に制御ロジックが記憶された、コンピュータで使用可能な媒体からなるコンピュータプログラム製品であって、コンピュータにサーボ駆動式光リソグラフィーツールの構成要素の運動を制御させる形式のコンピュータプログラム製品において、

コンピュータ制御ロジックは、

50

a) コンピュータに、所要のスキャンの開始及び終了時の距離及び速度に関する初期制御データを受け取らせる、コンピュータで読み取り可能な第1のプログラムコード手段と、
 b) コンピュータに、前記初期制御データに基づいて前記構成要素の無限ジャーカとマルチアクシストラジェクトリーをプランニングさせる、コンピュータで読み取り可能な第2のプログラムコード手段と

c) コンピュータに、プランニングされたトラジェクトリーに基づいてリアルタイムで、プロファイル実行を行なわせる、コンピュータで読み取り可能な第3のプログラムコード手段と、；この場合前記トラジェクトリーはデジタルフィルタリングを用いて整形されており、

d) コンピュータに、構成要素の位置と加速度からなる実行データを制御システムに出力させる、コンピュータで読み取り可能な第4のプログラムコード手段とを含み、

コンピュータで読み取り可能な前記第2のプログラムコード手段は、

i) コンピュータに、各アクシス毎に予備モーショントラジェクトリーを計算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

ii) コンピュータに、アクシスに亘る動きの同期化のために必要に応じて予備モーショントラジェクトリーにおいてゼロ速度時間間隔を調整させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

iii) コンピュータに、フィルタ遅延の補償のために、各アクシス毎に予備モーショントラジェクトリーの開始時点で遅延を導入させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段とを含んでいるコンピュータプログラム製品。

10

20

【請求項16】

前記構成要素は、ウエハステージである、請求項15記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項17】

前記構成要素は、レチクルステージである、請求項15記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項18】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段i)に、以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

A) フィルタ幅、整定時間、量子化に関するコンピュータに定速度スキャンの長さを調整させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

B) コンピュータに、連続する定速度スキャンの間の加速度間隔をコンピュータ処理させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

C) コンピュータに、連続する定速度スキャンの間のゼロ速度ポイントを作成させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

D) コンピュータに、加速度間隔を量子化させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段とを含んでいる、請求項15記載のコンピュータプログラム製品。

30

【請求項19】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段i)B)に、以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

コンピュータに、各アクシス毎に最適な速度プロファイルを計算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

コンピュータに、最大速度限界または最大加速度限界を超えた場合に、限界に従って最適な速度プロファイルを抑制させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

コンピュータに、連続する定速度スキャンの間の以降時間を計算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項18記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項20】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段i)C)に、以下のプログラ

40

50

ムコード手段が含まれている、すなわち

コンピュータに、スキャンの間のトラジェクトリーがゼロ速度で開始または終了するか、反転ポイントを有さない場合に、トラジェクトリーを2つの最適化サブセグメントに区切らせ、この場合第1の最適化サブセグメントはゼロ速度で終了し、第2の最適化サブセグメントはゼロ速度で開始されるような、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

コンピュータに、その他の場合に、反転ポイントを計算させ、トラジェクトリーが反転ポイントにおいて2つのセグメントに分割され、この場合速度は反転ポイントでゼロとなるような、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項18記載のコンピュータプログラム製品。

10

【請求項21】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段ii)に、以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

A) コンピュータに、非臨界的アクシストラジェクトリーを識別させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

B) コンピュータに、臨界的アクシストラジェクトリーと非臨界的アクシストラジェクトリーの間の時間差を計算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

C) コンピュータに、前記時間差に等しい遅延を非臨界的アクシストラジェクトリーのゼロ速度ポイントで導入させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項15記載のコンピュータプログラム製品。

20

【請求項22】

コンピュータで読み取り可能な前記第2のプログラムコード手段に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

iv) コンピュータに、フィルタ遅延に対する補償のためにアクシストラジェクトリーの開始時点での遅延を導入させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項15記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項23】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段iv)に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

30

A) コンピュータに、最長の実行フィルタ遅延を伴うアクシストラジェクトリーを識別させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

B) コンピュータに、短い実行フィルタ遅延を伴うアクシストラジェクトリーを識別させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

C) コンピュータに、実行フィルタ遅延の間の差分を計算させるコンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

D) コンピュータに、実行フィルタ遅延間の差分に等しい整合遅延を、短い実行フィルタ遅延を伴うアクシストラジェクトリーに導入させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項22記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項24】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段c)に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれており、すなわち

i) コンピュータに、トラジェクトリーデータを受け取らせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

ii) コンピュータに、トラジェクトリーデータに基づいて統合的な位置信号を作成させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

iii) コンピュータに、フィルタリングされた位置信号を作成するために、トラジェクトリーデータからの初期位置信号を用いて統合的位置信号をフィルタリングさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

iv) コンピュータに、補間された位置信号を作成するために、初期位置信号を用いて、フ

40

50

イルタリングされた位置信号を補間させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

v) コンピュータに、伝播遅延と位相シフトに対する補償のために、補間された位置信号を遅延させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

vi) コンピュータに、補間された加速度信号を作成するために、トラジェクトリーデータからの加速状態信号を補間させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

vii) コンピュータに、伝播遅延と位相シフトに対する補償のために、補間された加速度信号を遅延させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項15記載の、コンピュータプログラム製品

10

【請求項 25】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段c) iii)に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

A) コンピュータに、パラレル信号セットを作成するために、初期位置信号に対する第1の絶対位置アレイを供給させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

B) コンピュータに、デルタパラレル位置信号セットを作成するために、パラレル位置信号セットの各パラレル位置信号から初期位置信号を減算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

C) コンピュータに、パラレル積信号セットを作成するために、デルタパラレル位置信号セットに第1のフィルタ計数を掛けさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

20

D) コンピュータに、スカラーデルタフィルタリング信号を作成するために、パラレル積信号セットの全てのパラレル積信号の総和を求めさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

E) コンピュータに、フィルタリングされた位置信号を作成するために、デルタフィルタリング信号に第1の遅延された初期位置信号を加算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項24記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項 26】

30

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段c) iv)に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

A) コンピュータに、フィルタリングされた位置信号をアップサンプリングさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

B) コンピュータに、補間された信号を作成するために、前記アップサンプリングされたフィルタリングされた位置信号をフィルタリングさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項24記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項 27】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段c) iv) B)に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

40

コンピュータに、アップサンプリングされたパラレル位置信号セットを作成するために、アップサンプリングされたフィルタリングされた位置信号に対する第2の絶対位置アレイを供給させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

コンピュータに、アップサンプリングされたデルタパラレル位置信号セットを作成するために、アップサンプリングされたパラレル位置信号セットの各アップサンプリングされたパラレル位置信号から初期位置信号を減算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

コンピュータに、アップサンプリングされたパラレル積信号セットを作成するために、アップサンプリングされたデルタパラレル位置信号セットに第2のフィルタ計数を掛けさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

50

コンピュータに、アップサンプリングされたスカラーデルタフィルタリング信号を作成するために、アップサンプリングされたパラレル積信号セットの全ての信号の総和を求めさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

コンピュータに、補間された信号を作成するために、アップサンプリングされたデルタフィルタリング信号に第2の遅延された初期位置信号を加算させる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項2_6記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項2_8】

コンピュータで読み取り可能な前記プログラムコード手段c) vi)に、さらに以下のプログラムコード手段が含まれている、すなわち

A)コンピュータに、加速状態信号をアップサンプリングさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段と、

B)コンピュータに、アップサンプリングされた加速信号をフィルタリングさせる、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード手段が含まれている、請求項2_4記載のコンピュータプログラム製品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光リソグラフィシステムの可動構成要素のためのトラジェクトリープランニングと実行のための方法に関するものであり、具体的にはサーボ駆動式光リソグラフィツールの構成要素の運動を制御するための方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

多くの工業工程（工業プロセス）には、特定の時間で正確な位置決めによって定められるトラジェクトリーに沿った動きが含まれる。そのような工程の実例としては光リソグラフィーが挙げられる。この光リソグラフィーの工程においては、光源から照明ビームが照射される。このビームは、レチクルを透過してもしくはレチクルで反射されて、レチクルから半導体ウエハのような基板へレチクルイメージを転写させている。

【0003】

光リソグラフィー工程においては、レチクルイメージを基板へ投影するためにスキャニング技法が用いられている。このスキャニング技法には、レチクルイメージを基板上に露光させるために投影スロットに沿ったレチクルの移動が含まれる。これは同時移動である。レチクルと基板は、一次元もしくは多次元での動きに対応しているステージ上で露光される。

【0004】

基本的には、ディジタル計算されたモーショントラジェクトリーが高精度のマルチアクシスモーションコントロールシステムを高いスループットで実現させている。特に关心をひくのは、ステップアンドスキャン方式のリソグラフィツールにおいて、レチクルパターンがウエハ表面上で結像され露光される工程中のウエハとレチクルによって追従されるモーショントラジェクトリーである。全ウエハ表面はフィールドスキャンの連続する中で露光される。各フィールドの露光では、正確な同期と一定の速度のもとで、ウエハとレチクルが結像光学系の露光フィールドに亘って同時にスキャンされることが要求される。レチクルとウエハの速度の割合は、結像光学系の倍率に正確に整合されなければならない。

【0005】

システムスループットを最大にするためには、ウエハを最小限の時間内で露光することが望ましい。ウエハの露光に用いられる典型的なトラジェクトリーでは、各フィールド露光の後で、ウエハステージが、最初のフィールドスキャン終了時の初期状態（すなわち位置と速度）から次のフィールドスキャン開始時の新たな状態（すなわち新たな位置と速度）へ、非同期的に逐次移動されなければならない。同様に、レチクルステージも始めのフィールドスキャンの終了時点の初期状態から次のフィールドスキャン開始時の新たな状態

10

20

30

40

50

へ非同期的に逐次移動されなければならない。従って、スキャンの間の時間の長さをできるだけ短くさせることができることがシステムスループットの向上につながる。そのため、光リソグラフィーの構成要素に対する定速度スキャンの間の間隔（インターバル）における、最適なトラジェクトリーをプランニングし実行させるための方法およびシステムが必要とされる。

【特許文献 1】米国特許出願公開第 09/757 622 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の課題は、前述したように、システムスループット向上のために、光リソグラフィーの構成要素に対して最適なトラジェクトリーをプランニングし実行させるための方法およびシステムを提供することである。 10

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記課題は本発明により、

a) 所要のスキャンの開始および終了時の距離、速度に関する初期制御データを受け取り、

b) 前記初期制御データに基づいて、前記構成要素の無限ジャーカとマルチアクシストラジェクトリーをプランニングし、

c) プランニングされたトラジェクトリーに基づいてリアルタイムで、プロファイル実行を行い、その際トラジェクトリーはデジタルフィルタリングを用いて整形され、 20

d) 構成要素の位置と加速度からなる実行データを制御システムに出力するようにして解決される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

ここに記述される本発明は、非リアルタイムトラジェクトリーのプランニングとリアルタイムのトラジェクトリ実行のための方法、システム、およびコンピュータプログラム製品からなされている。トラジェクトリープランニング工程では高水準制御システムによって作成されたデータが受け取られる。高水準制御システムは、ソフトウェアにおいて実行できる。このデータは位置とスキャン速度を定めており、ここではマルチアクシスマーションが正確に同期化されなければならない。トラジェクトリープランニング工程では、最大のスループットで実行されるべき臨界的モーションを許容する定加速度間隔のシーケンスが作成される。トラジェクトリープランニング工程の出力はプロファイルとして周知である。トラジェクトリープランニング工程によって出力されたプロファイルを用いるプロファイル実行部は、制御用サーボを駆動する、同期化されてフィルタリングされた連続的なマルチアクシスマーションと加速度命令（すなわち実行データ）を作成する。 30

【0009】

トラジェクトリープランナによって作成された全ての時間間隔は、リアルタイムクロック周期の整数倍で量子化がなされる。トラジェクトリープランナ出力は、無限ジャーカを有しているが、しかしながらこれはプロファイル実行部において 2 つの限界ジャーカまでフィルタによって平滑化され、サーボトラッキングエラーが最小化される。トラジェクトリープランナは、プロファイル実行部フィルタのための時間を許容するが、これらのフィルタの整形の微調整は制限しない。これにより許容時間を超えることのない調整されたフィルタの幅が提供される。 40

【0010】

トラジェクトリープランニングと実行工程の組み合わせは、露光シーケンスのスムーズな停止を可能にし、さらに複数の個別のフィールドスキャンの完了後のスムーズな最スタートを可能にする。

【実施例】

【0011】

10

20

30

40

50

次に本発明の有利な実施例を図面に基づき以下の明細書で詳細に説明する。ここでは同様の参照番号は、同一もしくは類似の機能を備えた構成要素を表す。図面中、各参照番号の最も左端の桁は、その参照番号が最初に用いられた図面の番号に相応している。以下で言及される特定の構成および配置/配列に対しては、それが説明の目的でのみ用いられていることを理解されたい。関連技術の当業者にとっては、本発明の意義や適用範囲から逸脱することなくその他の構成や配置/配列が適用可能であることは明らかである。また関連する技術の当業者にとっては、この発明がその他の種々のデバイスやアプリケーションで実行できることも明らかである。

【0012】

概要

以下で説明する本発明は、非リアルタイムのプランニングアルゴリズムとリアルタイムの実行アルゴリズムを含んでいる。トラジェクトリープランニング工程では、高水準の制御ソフトウェアによって生成されたデータが受け取られる。このデータは、位置とスキャン速度を定めており、ここではマルチアクシスマーションが正確に同期されなければならない。トラジェクトリープランニング工程では、最大スループットで実行されるべき臨界的スキャンモーションを許容する定加速度間隔のシーケンスが生成される。トラジェクトリープランナ出力（すなわちプロファイル）を使用する、プロファイル実行部は、制御用サーボを駆動する、同期化されてフィルタリングされる連続的なマルチアクシス位置と加速度命令を生成する。トラジェクトリープランナによって生成される全ての時間間隔は、リアルタイムクロック周期の整数倍で量子化がなされる。トラジェクトリープランナ出力は、無限ジャーカーを有しているが、これはプロファイル実行部においてフィルタにより両方の限界ジャーカーまで平滑化され、サーボトラッキングエラーが最小化される。トラジェクトリープランナは、プロファイル実行部フィルタのための時間を許容するが、当該フィルタの形態の微調整は制限しない。これにより許容時間を超えることのない調整されたフィルタの幅が提供される。

【0013】

次に本発明の基本的内容を図1に基づいて説明する。制御工程110は、トラジェクトリープランナ130に対する初期制御データ120を提供する役割を果たしている。この初期制御データ120には、定速度スキャンの間の間隔に対するトラジェクトリープランニングの開始に必要な情報が含まれている。この間隔は2つのスキャンをつないでいるので、場合によってはリンクとも称される。初期制御データ120は、スキャンの開始ポイント、所要の間隔距離、スキャンの速度、停止ポイントを含んでいる。これらの初期制御データ120が与えられると、トラジェクトリープランナ130は、プロファイルとして知られているトラジェクトリーデータ140を作成する。このトラジェクトリーデータ140には、それらの間隔の間の加速度と同じように、リンクのための定加速度の量子化される時間間隔の定義も含まれる。すなわちトラジェクトリーデータ140は、各加速度間隔の開始時点での位置と速度を含んでいる。それによりトラジェクトリーデータ140はプロファイル実行部150によって利用される。プロファイル実行部150は、このトラジェクトリーデータ140を実行データ160の作成のために用いる。実行データ160は、位置と加速を定めているリアルタイムのデータストリームである。実行データ160は、制御システム170のための一連の命令を表している。この制御システム170は、実行データ160に従って光リソグラフィーシステムの構成要素（すなわちウエハステージとレチクルステージ）を可動させるのに用いられる電気機械式の制御機構を表している。

【0014】

図2には、本発明のシステムがより詳細なブロック回路図で示されている。このシステム200は、トラジェクトリープランナ130と、プロファイル実行部150と、制御システム170を含んでいる。トラジェクトリープランナ130は、制御データ120に従ってトラジェクトリーをプランニングするデバイスとして構成されている。この構成によりトラジェクトリーデータ140が作成される。トラジェクトリーデータ140は、光リ

10

20

30

40

50

ソグラフィーツールにおける基板ステージまたはレチクルステージのためのトラジェクトリーなど、デバイスに対するトラジェクトリーを定める状態信号セットとして視認可能である。このプランナ130は、コンピュータによって実行されるコンピュータプログラム製品として実施可能である。しかしながらプランナ130は、ハードウェアおよび/またはフィルムウェア若しくはそれらの組合せで実施されてもよい。本発明の実施例では、トラジェクトリープランナ130は、それらのトラジェクトリーをオフライン工程で作成するように構成されている。そのため光リソグラフィーのケースでは、トラジェクトリーデータ140は、基板ステージまたはレチクルステージのスキャンニング動作開始に先立って作成される。

【0015】

10

トラジェクトリーデータ140は、制御システム170内に含まれている基板ステージまたはレチクルステージなどのデバイスの動きを制御する複数の定加速度状態を定める。トラジェクトリーデータ140には、位置状態信号120、速度状態信号212、加速状態信号214が含まれている。各々の一定の加速状態毎に、状態信号210、212、214は、対応する値を有する。この定加速度状態は、緩慢なクロック周期（例えば1ms）の整数倍の可変長の時間間隔で存在する。

【0016】

前述したように、トラジェクトリーデータ140は、位置状態信号110、速度状態信号112、加速状態信号114を含んでいる。トラジェクトリープランナ140によって作成されたこれらの状態信号は、基板ステージまたはレチクルステージなどのデバイスに対し単次元の動きを定めている。

20

【0017】

これらの信号間の関係は、以下の式、

$$P = P_i + 1/2 A t^2 + V_i t$$

および

$$V = V_i + A t$$

で表せる。この数式中の前記 P_i は、位置状態信号210を表し、前記 P は、位置信号を表し、前記 A は、加速状態信号214を表し、前記 V_i は速度状態信号212を表し、前記 V は、速度信号を表す。位置状態信号210は、非等距離間隔でサンプリングされた二次曲線である。従って速度状態信号212は、非等距離間隔でサンプリングされた台形信号である。

30

【0018】

加速状態信号214は、一連の方形および/または矩形のパルスを含み、それらはいくつかの振幅とパルス幅を有し得る。それらのパルスは速度状態信号212の値における遷移に相応する。これらのパルスの立ち上がりエッジと立ち下がりエッジでは、加速状態信号214は、大きな一次微分を有する。この一次微分は、その中で“ジャーグ”とも称される。これらの立ち上がりエッジ及び立ち下がりエッジは、方形および/または矩形パルス毎に提供されるので、加速状態信号214は、無限大となるジャーグ値を有する（いわゆるデルタ関数）。

【0019】

40

速度状態信号212の値と加速状態信号214の値は、トラジェクトリープランナ130によって定められた特定の時間でしか変化しない。従って時間の中で均等な間隔を置いたサンプリングセットによって表される代わりに、これらの信号は加速状態信号214が変化した時には、特定の瞬間に相応する値によって表される。前述したように、これらの瞬間は、緩慢なクロック周期の整数倍に相応する時間間隔によって分離される。

【0020】

再び図1を参照して、プロファイル実行部150は、トラジェクトリープランナ130からのトラジェクトリーデータ140を受け取り、それらの信号を出力信号セット、すなわち実行データ160に変換する。これらの実行データには、リアルタイムの位置信号とリアルタイムの加速度出力信号が含まれる。これらの出力信号は、トラジェクトリーデー

50

タ 1 4 0 に相応するが、固定された高速なクロックレートで生じる離散的時間信号である。この高速なクロックレートは、典型的には 1 6 kHz である。もちろんその他のクロックレートも使用可能である。固定の高速クロックレートで生じる離散的時間信号は、0.0625 ms の時間間隔で間隔をあけた値を有する。この離散的時間信号のクロックレートの増加プロセスは、ここでは“補間”と称する。プロファイル実行部 150 は、実行データ 160 を制御システム 170 に送出する。

【 0 0 2 1 】

実行データ 160 の生成においては、プロファイル実行部 150 は、前述したような過度なジャクを低減するために、トラジェクトリーデータ 140 の状態信号をフィルタリングする。そのような実行の中で、プロファイル実行部は、フィルタリングによって、制御システム 170 内での所定の共振の励起を回避し、離散的時間信号を高速クロックレートで生成する。この高速クロックレートは、トラジェクトリーデータ 140 に関連する低速クロックレートよりも大きいので、プロファイル実行部 150 は、実行データ 160 の生成のために状態信号のフィルタリングと補間を実行する。

【 0 0 2 2 】

実行データ 160 は、位置出力信号 218 と加速度出力信号 220 を含んでいる。信号 210 ~ 214 のように、これらの信号も離散的信号である。しかしながら位置信号 218 と加速度信号 220 は、状態信号 210 ~ 214 とは異なって、均等な時間間隔で間隔をあけた値をそれぞれ有している。この均等な時間間隔は、前述した高速クロックレートの 1 つの周期に等しい。

【 0 0 2 3 】

プロファイル実行部 150 は、コンピュータシステムによって実行可能なコンピュータプログラム製品として履行される。本発明の実施例では、このコンピュータは、例えば“a SHARC (R) ADSP-21062 produced by Analog Devices, Inc. of Norwood, Massachusetts”などのような固定精度の演算用マイクロコントローラであってもよい。

【 0 0 2 4 】

トラジェクトリープランナ 130 によって実行される機能（これはプロセス 500 に示されているようなトラジェクトリーの計算を可能にする）は、有利にはソフトウェアで実施される。代替的に同じことがハードウェアを用いて実現されてもよいし、ハードウェアとソフトウェアの組合せで実現されてもよい。

【 0 0 2 5 】

コンピュータシステム 300 の一例は図 3 に示されている。そのようなコンピュータシステムは、トラジェクトリープランナ 130 若しくはプロファイル実行部 150 の処理実行のために用いることができる。このコンピュータシステム 300 は、シングルプロセッサ型コンピュータを表している。シングルスレッド型コンピュータとマルチスレッド型コンピュータが使用可能である。さらに統一型メモリシステムまたは分散型メモリシステムが使用可能である。

【 0 0 2 6 】

コンピュータシステム 300 は、プロセッサ 304 のようなプロセッサを 1 つまたは複数個含んでいる。1 つまたはそれ以上のプロセッサ 304 は、図 5 のもとに示されているような演算を実施するソフトウェアを実行できる。各プロセッサ 304 は、通信バス 302（例えばクロスバーもしくはネットワーク）に接続されている。種々の具体的なソフトウェアは、このような実例上のコンピュータシステムのレベルで記述される。この記述を読み込んだ後では、関連する技術の当業者にとっては、他のコンピュータシステムおよび/またはコンピューターアーキテクチャを用いて本発明をどのように実行するかは容易にわかる。

【 0 0 2 7 】

コンピュータシステム 300 は、メインメモリ 306、有利にはランダムアクセスメモリ (RAM) と、補助メモリ 308 を含んでいる。この補助メモリ 308 は、例えば、ハードディスクドライブ 310 および/または、フロッピーディスクドライブ、磁気テープ

10

20

30

40

50

ドライブ、光ディスクドライブなどのリムーバブル記憶ドライブ312、を含んでいてもよい。このリムーバブル記憶ドライブ312は、周知の形式でリムーバブル記憶ユニット314からの読み出しや書き込みが可能である。このリムーバブル記憶ユニット314とは、フロッピーディスク、磁気テープ、光ディスクなどである。これらはリムーバブル記憶ドライブ312によって読み書きされる。さらに有利には、リムーバブル記憶ユニット314には、コンピュータソフトウェアおよび/またはデータが記憶された、コンピュータで使用可能な記憶媒体も含まれる。

【0028】

代替的な実施例においては、補助メモリ308が、複数のコンピュータプログラムまたはコンピュータシステム300にロードすべきその他の命令を許容する他の手段を含んでいてもよい。そのような手段は例えばリムーバブル記憶ユニット322とインターフェース320を含み得る。例えば実例として挙げるならば、プログラムカートリッジやカートリッジインターフェース（特にビデオゲームデバイスなどで見受けられる）、リムーバブルメモリチップ（E P R O M、P R O Mなど）、並びに関連付けられたソケット、あるいは、リムーバブル記憶ユニット322からコンピュータシステム300に転送すべきデータやソフトウェアを許容する他のリムーバブル記憶ユニット322やインターフェース320などである。

【0029】

コンピュータシステム300は、通信インターフェース324を含み得る。この通信インターフェース324は、コンピュータシステム300と外部デバイスとの間で通信バス326を介したソフトウェアとデータの転送を可能にしている。通信インターフェース320の例には、モデム、ネットワークインターフェース（イーサーネットカードなども）、通信ポートなどが含まれる。通信インターフェース324を介して転送されるソフトウェアやデータは、通信バス326を介した通信インターフェース324によって電子的、電磁的、光学的またはその他の信号形態で受信され得る。なおこの通信インターフェース324は、コンピュータシステム300とネットワークとのインターフェース手段も提供している。

【0030】

本発明は、図3に関連して前述したのと類似の環境においてソフトウェアの実行の下で実施される。この明細書で、“コンピュータプログラム製品”は、基本的にはリムーバブル記憶ユニット314、ハードディスクドライバのインストールされたハードディスク、または通信バス326（ワイヤレスリンク、ケーブル）を介して通信インターフェース324にソフトウェアを搬送する搬送波に関連して用いられている。コンピュータで使用できる媒体には、磁気媒体、光学的媒体、その他の複合化可能な媒体、搬送波を転送するメディアなどが含まれる。これらのコンピュータプログラム製品は、ソフトウェアをコンピュータシステム300に供給するための手段である。

【0031】

コンピュータプログラム（すなわちコンピュータ制御ロジック）は、メインメモリ306および/または補助メモリ308に記憶されている。コンピュータプログラムは、通信インターフェース324を介して受信される。そのようなコンピュータプログラムは、実施にあたって当該コンピュータシステム300に、ここで説明する本発明の特徴の実行を可能にさせる。具体的にはこのコンピュータプログラムは、実行にあたってプロセッサ304に、本発明の特徴の実行を可能にさせる。従ってそのようなコンピュータプログラムは、コンピュータシステム300のコントローラを表す。

【0032】

本発明がソフトウェアを用いて実施される実施例においては、ソフトウェアがコンピュータプログラム製品に記憶され、リムーバブル記憶ドライブ312、ハードディスク310、または通信インターフェース324を用いてコンピュータシステム300にダウンロードされ得る。代替的に、コンピュータプログラム製品は、コンピュータシステム300に通信バス324を介してダウンロード可能である。制御ロジック（ソフトウェア）は、

10

20

30

40

50

1つまたはそれ以上のプロセッサ304によって実行される時は、プロセッサ304に、ここで既述した本発明の機能の実行をプロセッサ(s)304に可能にさせている。

【0033】

他の実施例では、トラジェクトリープランナ130および/またはプロファイル実行部150が、最初にファームウェアおよび/またはハードウェアを例えばハードウェアコンポーネント、アプリケーション固有の集積回路(A S I C)の使用のもとで実現させる。ハードウェアの実施は、前述した機能の実行として関連分野における当業者にとって自明の要件から明らかである。

【0034】

I I . トラジェクトリープランニング

10

図4には、本発明のトラジェクトリープランニング工程の実施に係わるフローチャートである。図4は、トラジェクトリーが基本的にトラジェクトリープランナ130によってどのように計算されるかが、示されている。この工程は、ステップ402で開始される。ステップ404では、トラジェクトリープランナが、速度抑制および加速度抑制の影響下でトラジェクトリーを算出する。この抑制は、制御システム170の物理的な制限を表す。ステップ404の計算は、以下の明細書により詳細に説明する。ステップ406では、ステップ404で計算されたトラジェクトリーが、量子化される。このことは、離散した時間間隔へのトラジェクトリの分解を表す。この工程はステップ408で終了する。

【0035】

トラジェクトリープランニングは、図5により詳細に示されている。この工程は、ステップ510で開始される。ステップ520では、トラジェクトリープランナ130が初期制御データを受け取る。ステップ530では、光リソグラフィーシステムの所定の構成要素の予備トラジェクトリーが各軸毎に計算される。ステップ540では、異なるスキャンアクシスにおける動きを同期化するために、速度がゼロの時間間隔でのトラジェクトリーに対する調整が行われる。ステップ550では、プロファイル実行部150で生じ得るフィルタ遅延の補償のためにモーショントラジェクトリのスタート時点での遅延が挿入される。この工程はステップ560で終了する。

20

【0036】

A . 各軸における動きの計算

ステップ530における、各軸毎の光リソグラフィーシステムの構成要素の動きを計算する工程は、図6に示されている。このプロセスは、ステップ610でスタートする。ステップ620では、プロファイル実行部のフィルタ幅、整定時間、量子化に関する任意の定速度スキャンの長さが調整される。特に、定速度スキャンの長さの調整は、定速度スキャンの拡張終了ポイントによって実行される。“整定時間”は、受け入れ可能な実行レベルに到達するためのサーボエラーに求められる時間に言及する。サーボエラーが臨界的にならない間の加速間隔からなるモーションプロファイルが、サーボエラーが最小化されるべきところのゼロまたは定速度の時間周期によって追従されるならば、整定に対して、加速度がオーバーした後の時間周期を許容する必要性が頻繁に生じる。この整定時間は、適切な実行レベルに到達するためサーボエラーを許容する。ステップ620は、さらに以下の明細書により詳細に説明する。

30

【0037】

ステップ630では、1つのスキャン終了時点の位置及び速度状態から、次のスキャン開始時点の位置及び速度状態への構成要素の動きに対する加速間隔が計算される。この場合制御システムによって最小の時間調和で最大の速度および加速度を抑制するのが望ましい。

40

【0038】

ステップ640では、ゼロ速度ポイントが、識別されるか、あるいはいくつかの個々のフィールドスキャンの後のトラジェクトリーの容易な停止と最スタートを可能にするマルチアクシスの同期化の目的で、プロファイルに時間が加算できるポイントを提供するためにモーションプロファイル内で必要に応じて作成される。

50

【0039】

ステップ650では、一連の離散的加速間隔の生成のために、加速間隔が量子化される。ここでは一定の速度時間間隔がクロック周期の整数値に丸められ、同じレチクルモーションを生成するために新たな加速値が計算される。これは非正数値の加速周期が使用された場合の結果である。この量子化プロジェクターは、最大速度及び加速度に対する制約に適合していなければならない。その結果として、量子化された全ての時間間隔はより長くなり、量子化されていない理想的な間隔よりも短くなることはない。このモーション計算プロセスはステップ660で終了する。

【0040】

ステップ620では、定速度スキャン長の調整が図7に詳細に示されている。このプロセスはステップ710で開始される。このポイントでは、初期制御データに含まれている定速度スキャンの開始及び終了ポイントが受信される。ステップ730では、プロファイル実行部内の全てのフィルタの各幅が適応化されているかどうかについての決定がなされる。適応化されていない場合には、ステップ740において定速度スキャンの長さがフィルタ幅適応化のために拡張される。この適応化が不十分な場合には、露光スキャンの一部において定速度にならない結果が生じ得る。レチクルフィルタとウエハフィルタの両方が整合されれば、露光期間中のステージの同期化はさらに維持され得る。露光速度の変化は、均一な照射量維持のために露光出力の動的な補正を要求する。ステップ750では、サーボセッティングが適応化されたかどうかについての決定がなされる。適応化されていない場合には、ステップ760において、サーボセッティングの適応化のために、スキャン長の終了ポイントが拡張される。ステップ770では、開始及び終了ポイントが、固定された数の周期によって分離されているかどうかについての決定がなされる。分離されていない場合には、当該プロセスがステップ780に続けられる。このステップでは、ポイント間の分離が、固定された数の周期まで、開始および終了ポイントが移動、すなわちスキャン長が拡張される。ステップ790では当該プロセスが終了する。

10

20

【0041】

ステップ630は、加速間隔のコンピュータ処理に関するもので、これは図8において詳細に示されている。このプロセスはステップ810で開始される。ステップ820では、ステップ620において調整された結果としてのスキャンの終了ポイントが受信される。ステップ830では、構成要素を1つのスキャン終了時の位置と速度状態から次のスキャン開始時の位置と速度状態へ動かすために、最大加速の最適間隔が計算される。最大速度の制限は、まだ供給されていない。このステップ830は、以下の明細書でさらに図9及び図10に基づいて詳細に説明する。

30

【0042】

ステップ840では、2つの状態プロファイルが、最大速度(V_{max})制限に見合った3つの状態プロファイルに変更される。図11及び図12は、このプロセスを表しており、以下の明細書でも詳細に説明される。速度が、制御システムにとって実現可能な最大値を超える事態が生じた場合には、ゼロ加速度間隔が、2つの最大加速度間隔の間に加えられ、最大加速度間隔の長さが、同じ開始及び終了ポイントの維持のために変更される。このプロセスは、ステップ860で終了する。

40

【0043】

ステップ830の実施例の詳細は、図9及び図10に示されている。図9は、最大加速度(a_{max})制限に見合った2つの定加速度間隔による“オン・オフ(bang-bang)”プロファイルを表している。ここでのグラフ900は、加速度対時間で表されている。最初は加速度がゼロであり、その間の位置と速度は、それぞれ符号 P_1 と V_1 で与えられる。動きは、変数 a で表されたレベルまで加速される。加速度 a は、加速度 $-a$ に変化する前の期間 t_1 の間継続する。加速度 $-a$ は、期間 t_2 の間継続する。最後に、加速度はゼロに戻り、その時点の位置と速度は、それぞれ P_2 と V_2 で表される。

【0044】

図10は、本発明の実施例による、最大速度制限なしの加速度時間間隔の計算プロセス

50

を表したフローチャートである。このプロセスは、ステップ1005で開始される。このステップでは、 V_1 、 P_1 、 V_2 、 P_2 、 a_{max} が入力される。ステップ1010では、トータル変位 d が計算される ($d = P_2 - P_1$)。ステップ1015では、加速度変数 a が、 a_{max} にセットされる。

【0045】

ステップ1020では、 t_1 に対する(ステップ1020では t_{1a} で表されている)2つの可能な解の1つを定めるために二次方程式が与えられる。この計算は、以下の式、

【0046】

【数1】

$$t_{1a} = \frac{-V_1 + \left[(V_2^2 + V_1^2)/2 + ad \right]^{1/2}}{a}$$

10

に従って行われる。 t_2 (ステップ1020では t_{2a} で表されている)に対応する値は、 t_{1a} に基づいて以下の式、

【0047】

【数2】

$$t_{2a} = t_{1a} - \frac{(V_2 - V_1)}{a}$$

20

に従って計算される。

【0048】

ステップ1025では、 t_1 に対する第2の解 t_{1b} が以下の式、

【0049】

【数3】

$$t_{1b} = \frac{-V_1 - \left[(V_2^2 + V_1^2)/2 + ad \right]^{1/2}}{a}$$

に従って計算される。 t_2 に対応する値(ここでは t_{2b} で表されている)が、以下の式

30

、

【0050】

【数4】

$$t_{2b} = t_{1b} - \frac{(V_2 - V_1)}{a}$$

に従って計算される。

【0051】

ステップ1030では、変数 a が $-a_{max}$ にセットされる。ステップ1020において、示された二次方程式は、ステップ1035において、 t_1 に対する2つの可能な解のうちの1つを定めるために用いられる。これはここでは t_{1c} で表される。この計算は以下の式、

40

【0052】

【数5】

$$t_{1c} = \frac{-V_1 + \left[(V_2^2 + V_1^2)/2 + ad \right]^{1/2}}{a}$$

に従って行われる。 t_2 に対応する値(ここでは t_{2c} で表されている)は、 t_{1c} に基

50

づいて、以下の式、

【0053】

【数6】

$$t_{2c} = t_{1c} - \frac{(V_2 - V_1)}{a}$$

に従って計算される。

【0054】

ステップ1040では、第2の解が計算される。すなわち t_{1d} が、以下の式、

【0055】

【数7】

$$t_{1d} = \frac{-V_1 - \left[(V_2^2 + V_1^2)/2 + ad \right]^{1/2}}{a}$$

に従って計算される。 t_2 に対応する値（ここでは t_{2d} で表される）は、 t_{1d} に基づいて以下の式、

【0056】

【数8】

$$t_{2d} = t_{1d} - \frac{(V_2 - V_1)}{a}$$

に従って計算される。

【0057】

ステップ1045では、加速状態（N）のナンバーに値2がセットされる。ステップ1050では、前記 t_1 の値のうちの1つが選択され、それに対応する t_2 の値のうちの1つも同じように選択される。この選択は、 t_1 と t_2 の両方が正の実数であるよに行われ、さらにその和 $t_1 + t_2$ が最小化される。ステップ1055では、 t_1 、 t_2 、 a および N が戻される。

【0058】

ステップ840の実施例、および加速度間隔のコンピュータ処理のための速度制限 V_{max} の適用化は、図11と図12において詳細に示されている。図11のグラフ1100には、最大速度制限の与えられた加速度の変化の様子が時間軸に亘って示されている。最初は加速度がゼロであり、その時の位置と速度はそれぞれ P_1 と V_1 で与えられる。その後加速が開始される。これは加速度 a で定量化されており、期間 t_{1a} の最後にこの加速度は、期間 t_{mid} の間ゼロに戻る。その後別の加速度間隔が実施され、ここでは加速度が、期間 t_{2a} の間値 $-a$ を有する。期間 t_{2a} の後の位置と速度はそれぞれ P_2 と V_2 で表されている。

【0059】

図12には、本発明の実施例による速度制限 V_{max} の付与された加速度間隔の計算が表されている。このプロセスは、ステップ1205で開始される。このステップでは、 P_1 、 V_1 、 P_2 、 V_2 、 a 、 t_1 、 t_2 、 V_{max} が入力される。ステップ1210では、 V_{mid} が、 $V_1 + a t_1$ によって計算される。ステップ1215では、 V_{mid} の絶対値が V_{max} を越えたかどうかの決定がなされる。越えていない場合には、この速度制限がまだ破られてなく、当該プロセスはステップ1220において終了する。 V_{mid} の絶対値が V_{max} を越えている場合には、ステップ1225において、 V_{mid} が 0 を越えているかどうかの決定がなされる。ゼロを超えている場合には、ステップ1230において V_{mid} が V_{max} にセットされる。それ以外の場合では、ステップ1235において

10

20

30

40

50

、 V_{mid} が $-V_{max}$ にセットされる。

【0060】

ステップ1240では、以下の式、

$$t_{1a} = (V_{mid} - V_1) / a$$

に従って計算が行われる。ステップ1245では、以下の式

$$t_{2a} = (V_{mid} - V_2) / a$$

に従って計算が行われる。

【0061】

ステップ1250では、位置P1とP2の間の変位dが計算される。ステップ1255では、期間 t_{1a} の間に移行した距離が以下の式、

$$d_{t1a} = (V_1 + V_{mid}) t_{1a} / 2$$

に従って計算される。ステップ1260では、期間 t_{2a} の間に移行した距離が以下の式

$$d_{t2a} = (V_{mid} + V_2) t_{2a} / 2$$

に従って計算される。ステップ1265では、期間 t_{mid} の間に移行した距離が以下の式

$$d_{mid} = d - d_{t1a} - d_{t2a}$$

に従って計算される。

【0062】

ステップ1270では、 P_{mid} が以下の式、

$$P_{mid} = P_1 + d_{t1a}$$

に従って計算される。ステップ1275では、期間 t_{mid} が以下の式、

$$t_{mid} = d_{mid} / V_{mid}$$

に従って計算される。ステップ1280では、加速度間隔Nのナンバーが3にセットされる。当該プロセスはステップ1285において t_{1a} 、 t_{mid} 、 t_{2a} 、 P_{mid} 、Nでもって終了する。

【0063】

ステップ640は、スキャンの間のゼロ速度ポイントを定めるステップであり、これは図13に詳細に示されている。このプロセスはステップ1310で開始される。ステップ1320では、1つのスキャンの終了を他のスキャンの開始につなげるトラジェクトリーがゼロ速度で開始若しくは終了されたかどうかの決定がなされる。ゼロ速度で開始若しくは終了された場合には当該プロセスがステップ1360で終了する。ゼロ速度で開始若しくは終了されなかたった場合には、当該プロセスがステップ1325に続けられ、そこでは、トラジェクトリーが反転ポイントを有しているか否かについての決定がなされる。反転ポイントを有している場合には、当該プロセスがステップ1330に続けられる。ここでは反転の時間が計算される。ステップ1340では、当該トラジェクトリーが反転ポイントにおいて（そこでは速度がゼロである）2つのセグメントに分割される。トラジェクトリーが反転ポイントを有していない場合には、当該プロセスがステップ1350に続けられる。ここではトラジェクトリーが2以下の最適なセグメントに割り込み、そこでは第1のセグメントは速度=0で終了し、第2のセグメントは速度=0で開始する。このプロセスはステップ1360で終了する。

【0064】

B. マルチスキャンアクシス同期化のためのゼロ速度時間間隔の調整

ステップ540は、マルチスキャンアクシスの同期化のためのゼロ速度時間間隔の調整ステップであり、これは図14に詳細に示されている。トラジェクトリープランニングプロセスにおけるここでのポイントは、全ての要求されるモーショントラジェクトリーが定加速度の量子化された間隔に低減されており、さらにトラジェクトリの同期化された全てのポイント間のゼロ速度ポイントを定めている。整数演算を用いて、加算時間が、同期化されていないポイントの間にゼロ速度ポイントで挿入される。これにより、遅延させるべきショートトラジェクトリー期間（すなわち非臨界的パス）を伴ったアクシスが最長（すなわち臨界的）パスアクシスと同じ時間を取り入れることができるようになる。これによ

10

20

30

40

50

り正確に同期化すべきスキャンニングモーションがスループットにおけるロスを伴わない。非臨界的なアクシスのトラジェクトリーのためのプロセスは、ステップ 1410 でもって開始される。ステップ 1420 では、非臨界的アクシストラジェクトリーが識別される。ステップ 1430 では、臨界的アクシストラジェクトリーと非臨界的アクシストラジェクトリーの間の時間における差分が計算される。ステップ 1440 では、遅延が導入される。ここではこの遅延は、ステップ 1430 において計算された非臨界的アクシストラジェクトリーのゼロ速度ポイントにおける差分に等しい。このプロセスはステップ 1450 で終了する。

【0065】

本発明の別の有利な実施例によれば、より短いトラジェクトリー期間を有するアクシスの加速の振幅は、低減できる。そのような加速における低減は、マルチスキャンアクシスの同期化においても用いることができる。 10

【0066】

C. 実行部フィルタ遅延の補償

本発明の実施例において、プランニングプロセスにおける付加的なステップを、プロファイル実行部で用いられるフィルタリングによって導入される遅延に言及して説明する。基本的には、ある時間で新たなモーショントラジェクトリーが開始されると、短めのフィルタ遅延を伴うアクシスがクロック周期の整数倍で意図的に遅延され得る。このことは、プロファイル実行部によって作成されたマルチアクシスマーションプロファイルの同期化を可能にする。フィルタ遅延のための補償プロセスは、図 15 に詳細に表されており、これは図 5 のステップ 550 に相応する。このプロセスはステップ 1510 で開始される。ステップ 1520 では、最長の実行フィルタ遅延を有するアクシストラジェクトリーが識別される。ステップ 1530 では、比較的短い実行フィルタ遅延を有するアクシストラジェクトリーが識別される。ステップ 1540 では、遅延の間の差分が計算される。ステップ 1550 では、この差分に等しい遅延が比較的短い実行フィルタ遅延を有するアクシストラジェクトリーに導入される。当該プロセスはステップ 1560 において終了する。 20

【0067】

II. プロファイル実行

プロファイル実行部は、トラジェクトリープランナの出力を無限のジャーカ位置プロファイルへ統合させ、フィルタを用いて位置プロファイルの形態ないし波形を最適化する。本発明の実施例では、有限のインパルス応答 (FIR) フィルタが用いられる。代替的には無限のインパルス応答 (IIR) フィルタも使用できる。また別個に独立して調整されたフィルタを加速コマンドの形態ないし波形の最適化に使用してもよい。無限ジャーカ位置プロファイルの平滑化に用いるフィルタは、差分に係わるトラジェクトリープランナプロセスを除いて、全てのアクシス上で群遅延に整合させなければならない。実行プロセスの多くは、比較的緩慢なクロックレートで実行され、その後で補間アルゴリズムを用いて比較的高いクロックレートにアップサンプリングされる。プロファイル実行部の出力は、制御システムに供給される。このシステムの実施とプロファイル実行の手法は、以下に説明するが、2001年1月11日付けで出願されたタイトル名 "Method and System for Efficient and Accurate Filtering and Interpolation" の米国特許出願第US 09/757 622 号明細書においてもその全体に亘って言及されている。 40

【0068】

プロファイル実行プロセスの実施例は、図 16 に示されている。このプロセスは、ステップ 1610 で開始される。ステップ 1620 では、トラジェクトリーデータがトラジェクトリープランナから受け取られる。前述したように、このトラジェクトリーで ^ - 他は、状態信号のセットとして見なされる。ステップ 1630 では、トラジェクトリーデータに基づいて、統合化された位置信号が作成される。時間間隔 n での位置 P_n は、以下の式

$$P_n = P_i + n T (v_i + n T A / 2)$$

によって得られる。この場合前記 P_i は、信号 210 によって提供された初期位置であり、前記 n は、サンプリング時間、前記 T は、クロック周期、前記 v_i は、信号 212 によ 50

つて与えられた初期速度、前記 A は、信号 214 によって与えられた加速度である。ステップ 1640 では、所定の初期位置信号から、フィルタリングされた位置信号を作成すべく、統合化された位置信号のフィルタリングが施される。このステップは、以下の明細書で詳細に説明する。ステップ 1650 では、所定の初期位置信号から、補間された信号を作成すべく、フィルタリングされた位置信号が補間される。このステップも以下の明細書で詳細に説明する。ステップ 1660 では、補間された信号が、伝播遅延と位相シフトの補償のために遅延される。このプロセスはステップ 1670 で終了する。

【0069】

ステップ 1640 は、統合化された位置信号のフィルタリングであり、これは図 17 に詳細に示されている。このプロセスはステップ 1710 で開始される。ステップ 1720 では、パラレル位置信号セットの作成のために、統合化された位置信号に対して絶対位置アレイが供給される。ステップ 1730 では初期位置 P_i が、作成されるパラレル位置信号セットの各パラレル位置信号から減算される。

【0070】

これによってデルタパラレル位置信号セットが作成される。ステップ 1740 では、このデルタパラレル位置信号セットがフィルタ係数によって乗算され、パラレル積信号セットが作成される。ステップ 1750 では、パラレル積信号セットの各信号が加算されてシングルスカラーデルタフィルタリング信号が作成される。ステップ 1760 では、遅延された初期位置信号 T_i が当該デルタフィルタリング信号に加算され、フィルタリング位置信号が作成される。このプロセスはステップ 1770 で終了する。

【0071】

ステップ 1650 では、フィルタリングされた位置信号の補間が行われており、これは図 18 に詳細に示されている。このプロセスはステップ 1810 で開始する。ステップ 1820 では、フィルタリングされた位置信号は、アップサンプリングされる。ステップ 1830 では補間された信号を作成するために、アップサンプリングされた信号がフィルタリングされる。

【0072】

ステップ 1630 ~ 1660までのステップと平行して、加速度状態信号 214 は、別個に補間される。これはステップ 1663 において行われる。このステップでは、加速度状態信号 214 が、最初に補間レート L にてアップサンプリングされる。アップサンプリングされた信号は、その後フィルタリングされる。このフィルタリングは、アップサンプリング過程によって入り込んだ高周波共振成分を防止する。結果として得られる補間された加速度信号は、その後ステップ 1666 において遅延される。この遅延は、伝播遅延と位相調整に対処するための当該補間された加速度信号の調整を表す。

【0073】

ステップ 1830 は、アップサンプリングされた信号のフィルタリングを表しておりこれは図 19 に詳細に示されている。このプロセスは、ステップ 1910 で開始される。ステップ 1920 では、パラレルアップサンプリング位置信号セットを作成するために、絶対位置アレイが、アップサンプリングされた信号に印加される。ステップ 1930 では、デルタパラレルアップサンプリング位置信号セットを作成すべく初期位置信号 P_i が、各パラレルアップサンプリング位置信号から減算される。ステップ 1940 では、デルタパラレル位置信号セットがフィルタ係数によって乗算され、パラレル積アップサンプリング信号セットが作成される。ステップ 1950 では、パラレル積信号セットの信号の各々が加算（総和）され、シングルスカラーデルタフィルタリングアップサンプリング信号が作成される。ステップ 1960 では、遅延された初期位置信号 P_i がデルタフィルタリングアップサンプリング信号に加算され、補間された信号が作成される。このプロセスはステップ 1970 で終了する。

【0074】

図 16 のステップ 1663 は、加速度状態信号を補間するステップであり、これは図 20 に詳細に示されている。このプロセスはステップ 2010 で開始される。ステップ 20

10

20

30

40

50

20では、加速度状態信号がアップサンプリングされる。ステップ2030では、アップサンプリングされた信号がフィルタリングされ、補間された加速度信号が作成される。このプロセスはステップ2040で終了する。

【0075】

プロファイル実行部150は、コンピュータによって実行されるコンピュータプログラム製品として実現可能である。例えば前述したロジックは、固定精度演算用のマイクロコントローラ（例えば“SHARC^(R) ADSP-21062, produced by Analog Devices, Inc. of Norwood, Massachusetts”など）で実行できる。

【0076】

図21は、プロファイル実行部150の実施例のロック回路図である。この実行部150は、状態信号インターフェース2102と、出力信号インターフェース2104と、低速クロック部分2106と高速クロック部分2108を含んでいる。状態信号インターフェース2102は、トラジェクトリーデータ140をトラジェクトリプランナ130から受け取る。図2に基づいて前述したように、トラジェクトリーデータ140は、上位置状態信号210と、速度状態信号212と、加速度状態信号214からなっている。出力信号インターフェース2104は、実行データ160を制御システム170に送出する。

【0077】

低速クロック部分2106と高速クロック部分2108は、加速度信号バス2112と位置信号バス2114に亘る。加速度信号バス2112は加速度状態信号214を状態信号インターフェースから受け取り、加速度出力信号220を生成する。位置信号バス2114は、状態信号210、212、214（すなわちトラジェクトリーデータ140）を状態信号インターフェース2102から受け取る。それらの受信信号に基づいて位置信号バス2114は位置出力信号218を生成する。

【0078】

加速度信号バス2112及び位置信号バス2114の両方は、複数の信号処理構成要素を含んでいる。これらの構成要素は、演算、フィルタリング、アップサンプリング、信号遅延などを実行する。すなわちこれらの構成要素は、入力状態信号の補間を実行している。信号バス2112及び2114に対しては、当該の補間処理の結果として、同じクロックレートを有する出力信号218及び220が生成される。

【0079】

位置信号バス2114は、事前処理構成要素2140と、事前補間フィルタ2142と、補間構成要素2144と、時間遅延構成要素2146を含んでいる。前述したように、位置信号バス2114は、状態信号210、212、214の形態のトラジェクトリーデータを受け取り、位置出力信号218を生成する。

【0080】

事前処理構成要素（プリプロセッサ）2140は、位置状態信号210と、速度状態信号212と、加速度状態信号214を受け取る。これらの信号は、低速クロックレートで統合化された位置信号2150の生成のために処理される。統合化された位置信号2150は、加速度状態信号214、速度状態信号212、位置状態信号210に基づいている。この統合化された位置信号2150の生成のために、当該処理構成要素2140は、以下のようだ。

$$P_n = P_i + n T * [V_i + (n T * A / 2)]$$

離散的時間積分演算を実行する。この場合前記Pnは、統合化された位置信号2150を表し、前記Piは、位置状態信号210を表し、Viは、速度状態信号212を表し、nは、低速クロックレートでのサンプリング時間を表す整数であり、前記Tは、低速クロック周期であり、前記Aは、加速度状態信号214を表す。

【0081】

事前補間フィルタ2142は、位置状態信号210と統合化された位置信号2150を受け取る。事前補間フィルタ2142は、フィルタリング位置信号2152の作成のためにこれらの信号を処理する。フィルタリング位置信号2152の生成については、補間構

10

20

30

40

50

成要素 2144 に送信する前に、信号 2152 の周波数内容を制限するために、統合化された位置信号 2150 が事前補間フィルタ 2142 でフィルタリングされる。事前補間フィルタでは、低速クロックレートで実行される FIR フィルタリング技法が用いられる。しかしながら事前補間フィルタ 2140 では、IIR フィルタリングなどの他のタイプの離散時間フィルタリング技法が用いられる。

【0082】

補間構成要素 2144 は、フィルタリングされた位置信号 2152 と位置状態信号 210 を受け取る。これらの信号を受け取りしだい、当該補間構成要素 2144 は、2つの機能を実行する。第1は補間構成要素 2144 が、高速クロックレートの信号作成のためにアップサンプリング処理を実行することである。このアップサンプリング動作は、各サンプリングの間の“inserting L-1 zeros (L=補間レート)”を伴う。10

【0083】

第2は、補間構成要素 2144 が、アップサンプリングされた信号においてフィルタリング動作を行う。このフィルタリング動作は、アップサンプリング機能によって入り込んだ高周波共振成分を防止することである。このフィルタリングは、ローパス FIR フィルタリング動作を用いて実行される。しかしながら他のタイプのフィルタリング、例えば IIR フィルタリングを実行してもよい。これらのアップサンプリングとフィルタリング動作は共に共同的な補間に関する。この補間動作の結果として、補間された位置信号 214 が生じ、これは時間遅延構成要素 2146 に送信される。20

【0084】

事前補間フィルタ 2142 と補間構成要素 2144 の2つは、“デルタプロセッシング”技法を用いており、これによってそれらが実行するフィルタリングと補間動作の精度が増加する。このデルタプロセッシング技法は、さらに以下の明細書で図22に基づいて詳細に説明する。20

【0085】

時間遅延構成要素 2146 は、補間された位置信号 2154 を受け取る。この構成要素は、高速クロックレートで動作しており、伝播時間と位置信号バス 2114 の位相の調整を可能にしている。時間遅延構成要素 2146 は、位置信号 218 を生成し、それを出力信号インターフェース 2104 に送信する。30

【0086】

ここで説明を加速度信号バス 2112 に移す。加速度信号バス 2112 には、補間構成要素 2120 と、時間遅延構成要素 2122 が含まれている。この加速度信号バス 2112 は、加速度状態信号 214 を状態信号インターフェース 2102 から受け取り、加速度出力信号 220 を生成する。30

【0087】

補間構成要素 2120 も、前記補間構成要素 2144 のように、2つの機能を実行する。第1に、補間構成要素 2120 は、加速度状態信号 214 を補間レート L でアップサンプリングする。第2に補間構成要素 2120 は、このアップサンプリングされたデータにフィルタリング動作を行う。このフィルタリング動作は、アップサンプリング機能によって入り込んだ高周波の共振成分を防止する。その機能の結果として当該補間構成要素 2120 は、補間された加速度信号 2130 を生成する。これは時間遅延構成要素 2122 に転送される。40

【0088】

時間遅延構成要素 2122 は、補間された加速度信号 2130 を受け取り、伝播時間と加速度信号バス 2112 の位相の調整を可能にする。そのような遅延の導入によって、時間遅延構成要素 2122 は、加速度出力信号 220 を生成する。これは出力インターフェース 2104 に送出される。

【0089】

デルタプロセッシング

フィルタ 2142 や補間構成要素 2144 などのプロファイル実行部 150 は、デルタ50

プロセッシング機能特性を用いている。この機能特性は、位置出力信号 218 などの出力信号中のコンピュータ処理によるエラーを低減している。このデルタプロセッシングは、絶対位置を表す時間変化信号からの位置状態信号 210 の減算を伴う。この減算の結果として、“デルタ信号”が得られる。これは絶対位置を表す対応する信号よりも狭いダイナミックレンジを有している。

【0090】

図 22 には、デルタプロセッシング方式を用いるフィルタ 2142 の実施例がブロック回路図で表されている。この実施例は、絶対位置アレイ 2202 と FIR 係数アレイ 2204 と、第 1 のスカラー加算ノード 2206 と、ベクトル積ノード 2208 と、ベクトル総和（加算）ノード 2210 と、第 2 のスカラー加算ノード 2212 と、遅延モジュール 2214 を含んでいる。
10

【0091】

絶対位置アレイ 2202 は、入力信号（すなわち統合化された位置信号 2150）を事前処理構成要素 2140 から受け取る。絶対位置アレイ 2202 は、統合化された位置信号を処理してパラレル位置信号セット 2230 を供給する。このパラレル位置信号セット 2230 には、複数の離散的時間信号が含まれている。離散的な時間ステップ毎に、これらの信号は信号 2150 から選択された複数の連続した値を含んでいる。従ってパラレル位置信号セット 2230 を介して、絶対位置アレイ 2202 は、スカラー加算ノード 2206 に信号 2150 からの複数の連続値を同時的に送信する。
20

【0092】

スカラー加算ノード 2206 は、パラレル位置信号セット 2230 と位置状態信号 210 を受け取る。スカラー加算ノード 2206 は、位置状態信号 210 を、パラレル位置信号セット 2230 内の各信号から減算する。この減算は、デルタパラレル信号セット 2232 を生成し、これはベクトル積ノード 2208 に送信される。デルタパラレル信号セット 2232 は、デルタ振幅スケールを有している。このスケールは、信号セット 2230 の絶対振幅スケールよりも小さい。
20

【0093】

ベクトル積ノード 2208 は、エレメント毎にデルタパラレル信号セット 2232 と複数の FIR フィルタ係数（FIR 係数アレイ 2204 中に記憶されている）の乗算を行う。この乗算は、パラレル積信号セット 2234 を生成し、これはベクトル総和（加算）ノード 2210 に送信される。
30

【0094】

ベクトル総和ノード 2210 は、パラレル積信号セット 2234 内の各信号を総計する（総和計算）。この総和の結果、シングル（すなわちスカラー）デルタフィルタリング信号 2236 が得られる。

【0095】

スカラー加算ノード 2212 は、デルタフィルタリング信号 2236 と遅延された位置状態信号 2238 を受け取る。この遅延された位置状態信号 2238 とは、位置状態信号 210 が遅延モジュール 2214 によって所定の遅延時間だけ遅延されたものである。この所定の遅延時間は、前述した加算ノード 2206 と 2212 の間の信号伝送に係わる伝播遅延に整合されたものである。
40

【0096】

スカラー加算ノード 2212 では、デルタフィルタリング信号 2236 と遅延された位置状態信号 2238 が加算され、それによってフィルタリングされた位置信号 2152 が生成される。この加算は、フィルタリングされた信号 2236 をデルタスケールから絶対スケールに戻している。ここに記載されているフィルタリングされた位置信号 2152 は、補間構成要素 2144 に送信される。

【0097】

この実施例によるデルタプロセッシング手法は、フィルタ 2142 に、フィルタリング操作に係わる計算（加算や乗算）によって生じたエラーの丸め処理（切り上げ）による最
50

小化を実現している。このエラーの最小化は、スカラー加算ノード 2206 でのパラレル位置信号セット 2230 から位置状態信号 210 の減算によって行われている。この減算は、信号セット 2232 という結果をもたらし、これは信号セット 2230 よりも振幅が小さい。

【0098】

固定化された精度の処理装置では、固定化された精度のためにエラーが丸め処理され、数値的表現は、入力信号振幅の直接的な関数となる。入力信号振幅の低減により、デルタパラレル信号セット 2232 に関して、ノード 2208 および 2210 で行われる計算で最小化が図られる。この最小化は、出力信号（すなわちフィルタリングされた位置信号 2152）に、より少ないエラーをもたらす。

10

【0099】

図 23 には、補間構成要素 2144 の実施例 500 がブロックダイヤグラムで示されている。この実施例は、前述の実施例をよりコンパクトにしたものである。しかしながらこの実施例には、アップサンプリングモジュール 2302 が含まれており、これは入力信号（すなわちフィルタリングされた位置信号 2152）のサンプリングレートを増加させている。それにより、アップサンプリングされた信号 2322 が生成され、これは絶対位置アレイ 2303 に送信される。当該実施例では、前述の図 22 に基づいて説明したデルタプロセッシング手法を用いるために位置状態信号 210 が受け取られている。それ故に図 21 のように、当該実施例の構成要素によって用いられるデルタプロセッシング手法は、エラーの少ない出力信号（すなわち補間された出力信号 2154）を生成する。

20

【0100】

本発明には、第 1 のクロックレートを有する離散的時間入力信号 $p(n)$ を、第 2 のクロックレートを有する離散的時間出力信号に効果的に処理するための技法が含まれている。この技法は、コンピュータ処理や計算によるエラーを最小化する。

【0101】

III 結論

前述してきた本発明の種々の実施例に対して、それらはあくまでも本発明の実施のやり方を表すためのものであって、限定を意味するものではないことを理解されたい。詳細には当該の技術範囲に属する当業者にとって、本発明の精神や範囲を逸脱することなく種々の変更が可能であることは明らかである。すなわちこのことは本発明が前述してきた種々の実施例に限定されるものではないことを意味している。

30

【図面の簡単な説明】

【0102】

【図 1】本発明の実施例の基本的なモジュールとそれらの間のデータの流れを表したブロックダイアグラムである

【図 2】本発明の実施例によるモジュール間のデータの流れを詳細に拡大して表した図である

【図 3】本発明によるソフトウェア的実施例が実行できるコンピュータのプラットフォームを表した図である

【図 4】本発明の実施例による、基本的なトラジェクトリープランニング工程を表したフローチャートである

40

【図 5】本発明の実施例による、トラジェクトリープランニング工程を表すフローチャートをより詳細に表した図である

【図 6】本発明の実施例による、所定のアクシスに対する光リソグラフィーシステムの構成要素の動きを計算する工程を表したフローチャートである

【図 7】本発明の実施例による、定速度スキャン長さの調整工程を表したフローチャートである

【図 8】本発明の実施例による、最大の速度および加速度制限を考慮した、加速度間隔を計算する工程を表したフローチャートである

【図 9】2つの加速度間隔を含み最大速度制限は有していない、プロファイルを表した図

50

である

【図10】本発明の実施例による、最大速度制限は存在していないケースでの加速度間隔の計算工程を表したフローチャートである

【図11】3つの加速度間隔を含み最大速度制限を有しているプロファイルを表した図である

【図12】本発明の実施例による、最大速度制限が存在するケースでの加速度間隔の計算工程を表したフローチャートである

【図13】本発明の実施例による、複数のスキャンの間のゼロ速度地点を作成する工程を表したフローチャートである

【図14】本発明の実施例による、マルチスキャンアクシスの同期化のためのゼロ速度時間間隔を調整する工程を表したフローチャートである

【図15】本発明の実施例による、フィルタ遅延の補償のためのモーショントラジェクトリーのスタート時点での遅延を作成する工程を表したフローチャートである

【図16】本発明の実施例による、プロファイル実行の工程を表したフローチャートである

【図17】本発明の実施例による、統合化された位置信号のフィルタリングの工程を表したフローチャートである

【図18】本発明の実施例による、フィルタリングされた位置信号を補間処理する工程を表したフローチャートである

【図19】本発明の実施例による、補間信号を作成するためのアップサンプリングされた信号をフィルタリングする工程を表したフローチャートである

【図20】本発明の実施例による、加速状態信号を補間処理する工程を表したフローチャートである

【図21】本発明の実施例による、プロファイル実行部とその構成要素を表したブロック回路図である

【図22】本発明の実施例による、統合化された位置信号のためのフィルタを表したフローチャートである

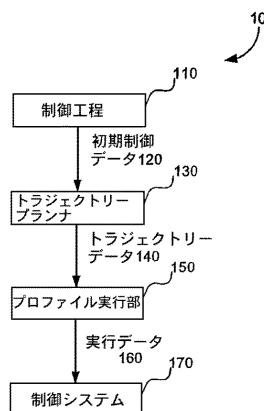
【図23】本発明の実施例による、プロファイル実行部の補間処理構成要素を表したブロック回路図である

【符号の説明】

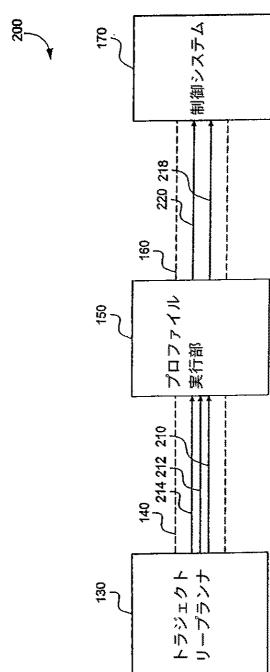
【0103】

110	制御工程
120	初期制御データ
130	トラジェクトリープランナ
140	トラジェクトリーデータ
150	プロファイル実行部
160	実行データ
170	制御システム

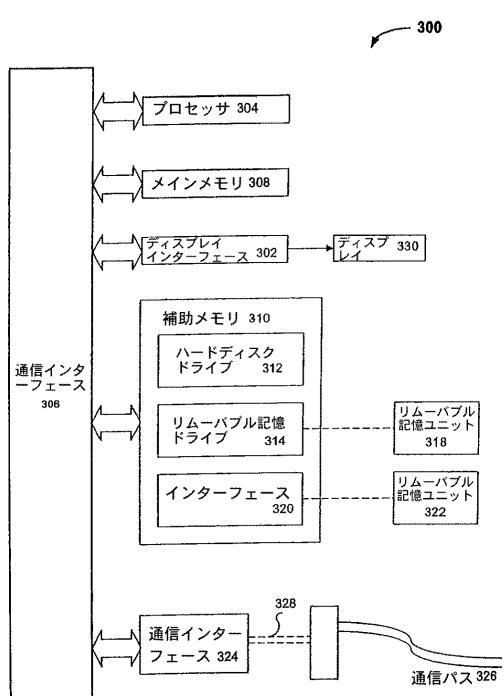
【図1】



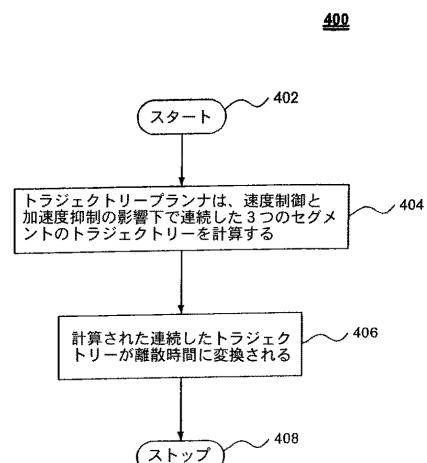
【図2】



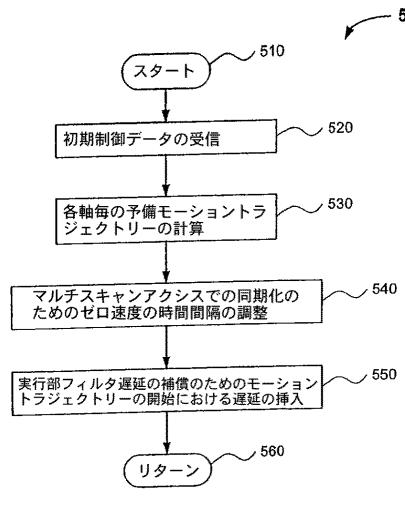
【図3】



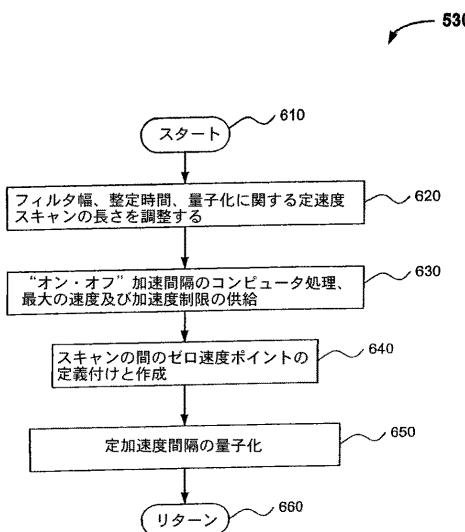
【図4】



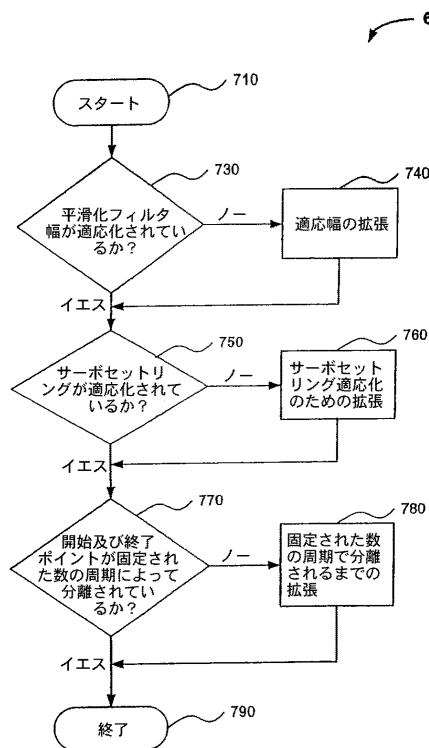
【図5】



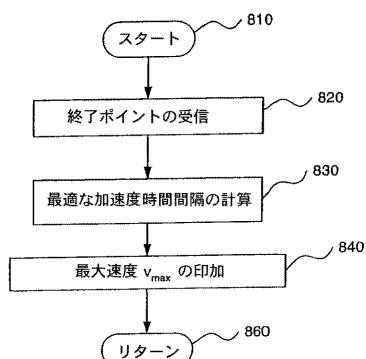
【図6】



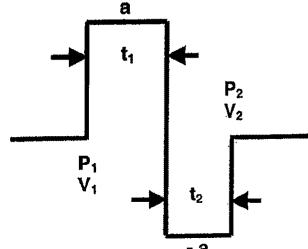
【図7】



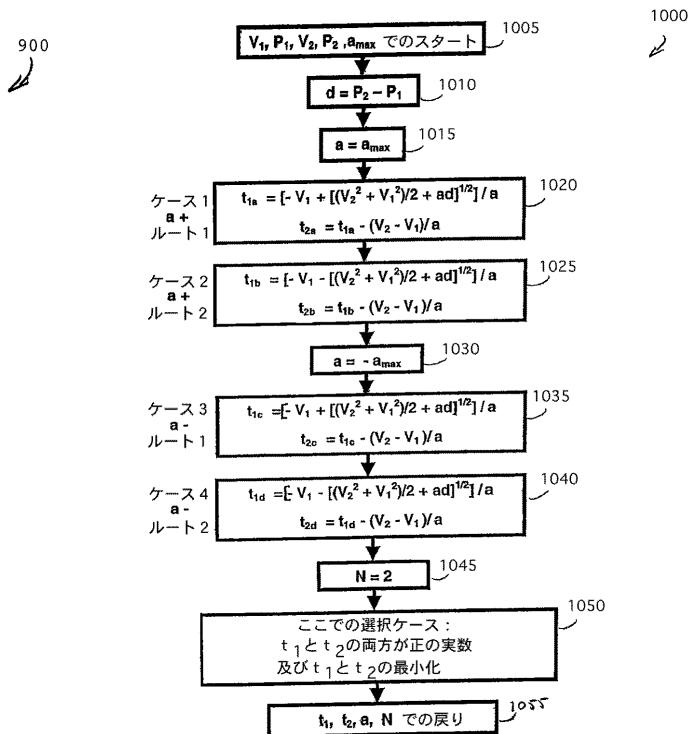
【図8】



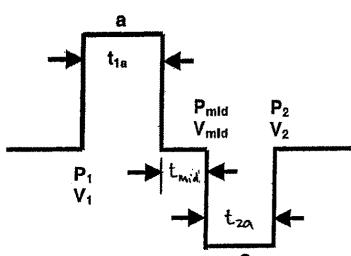
【図9】



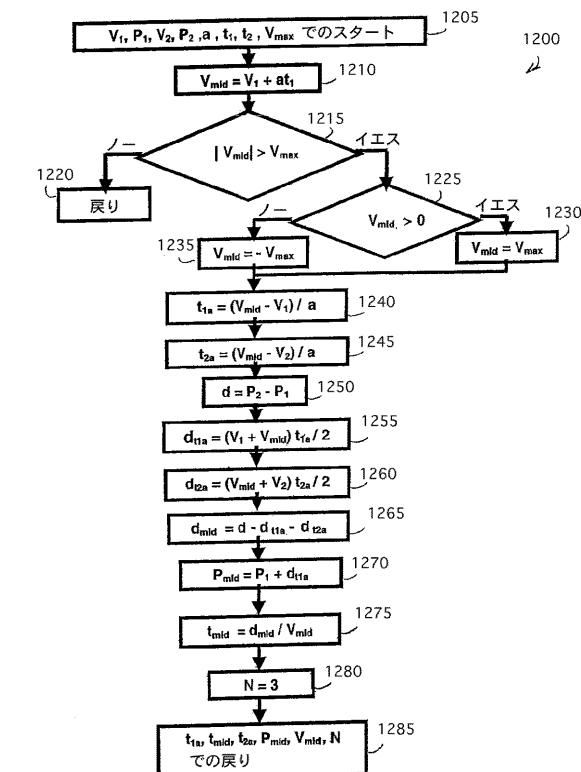
【図10】



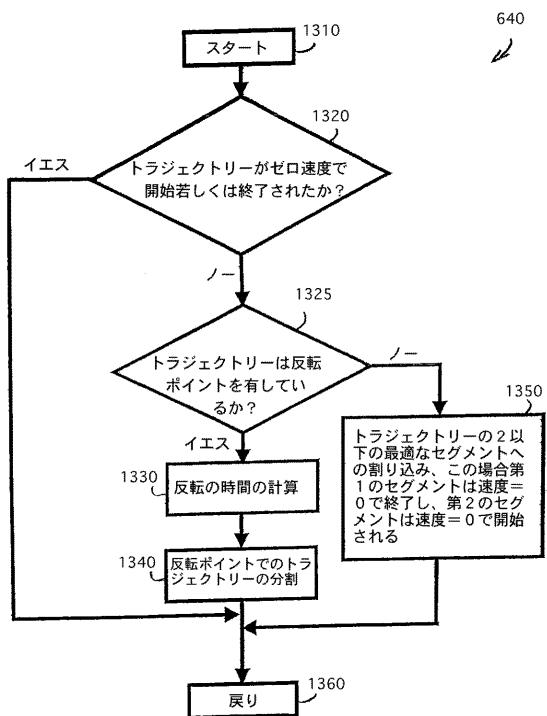
【図11】



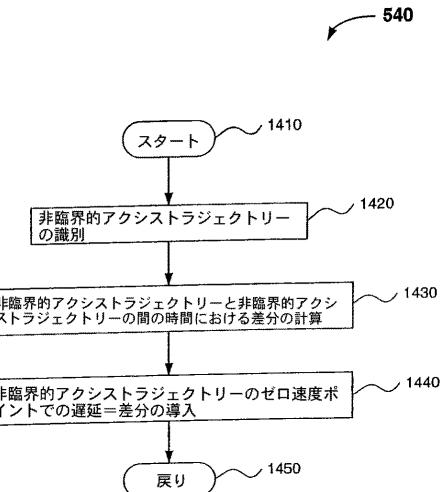
【図12】



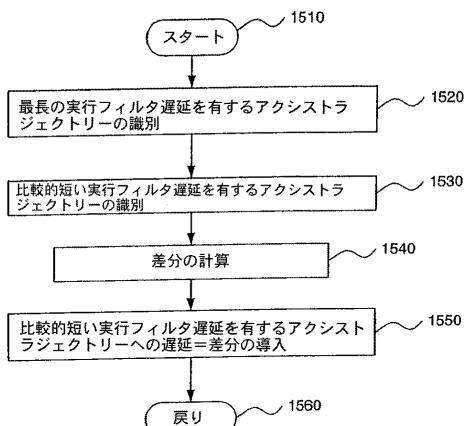
【図13】



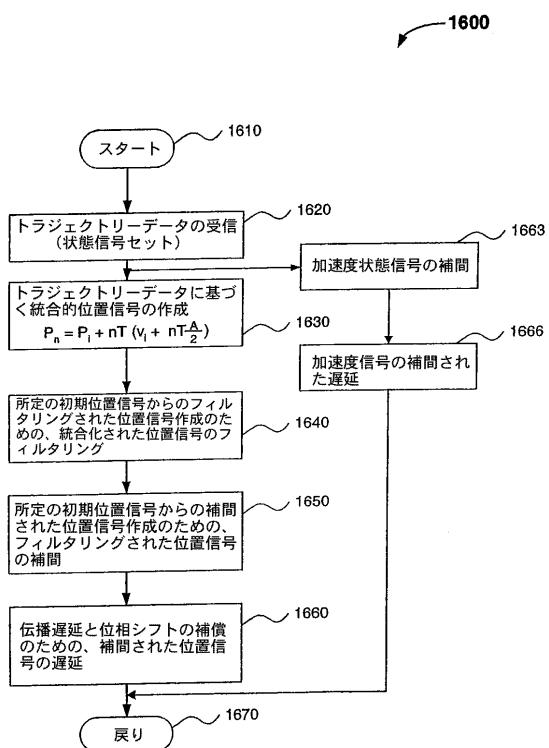
【図14】



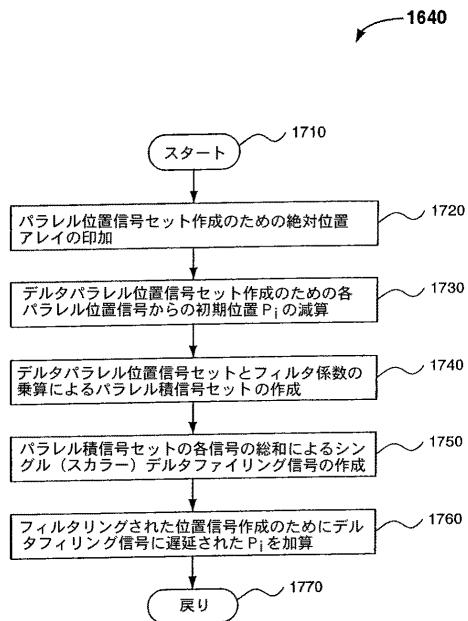
【図15】



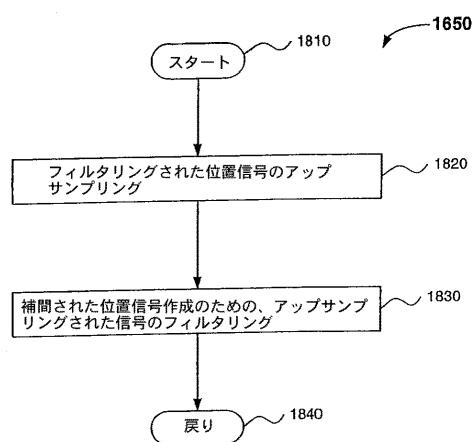
【図16】



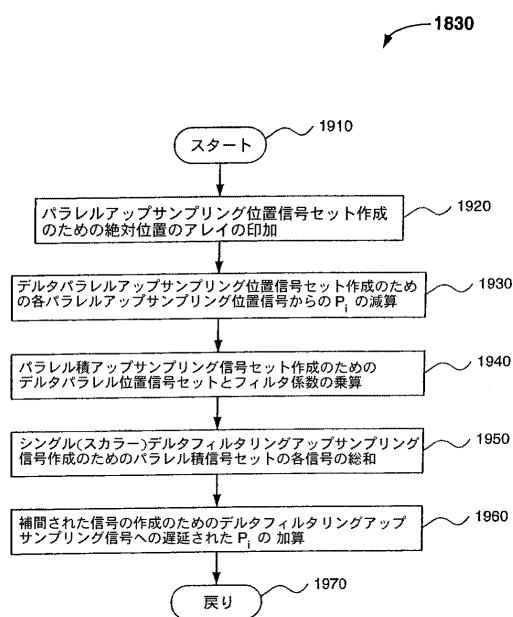
【図17】



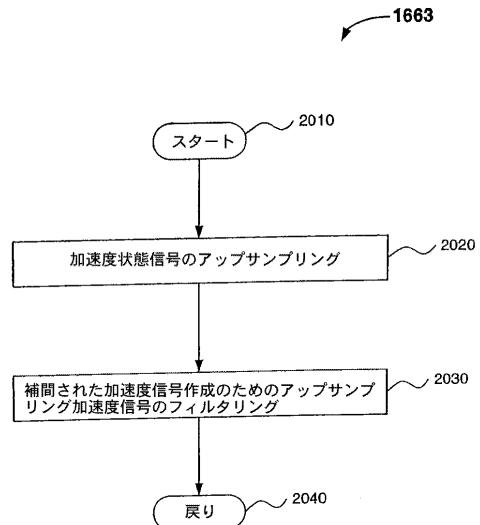
【図18】



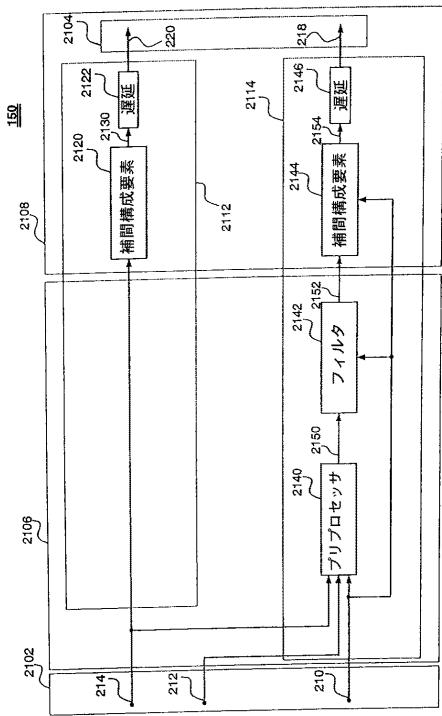
【図19】



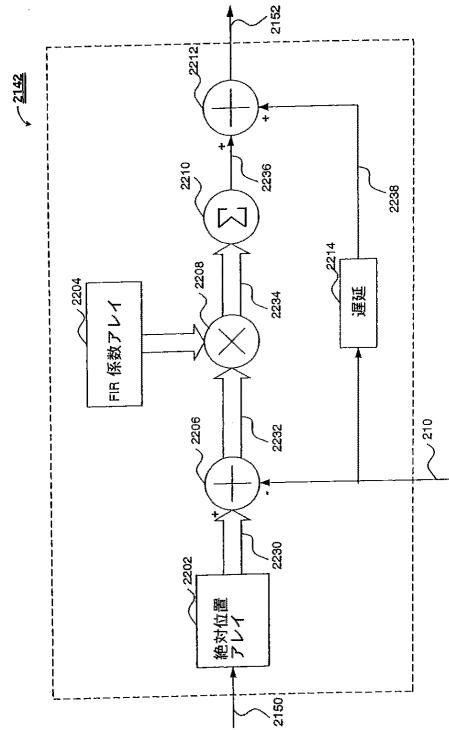
【図20】



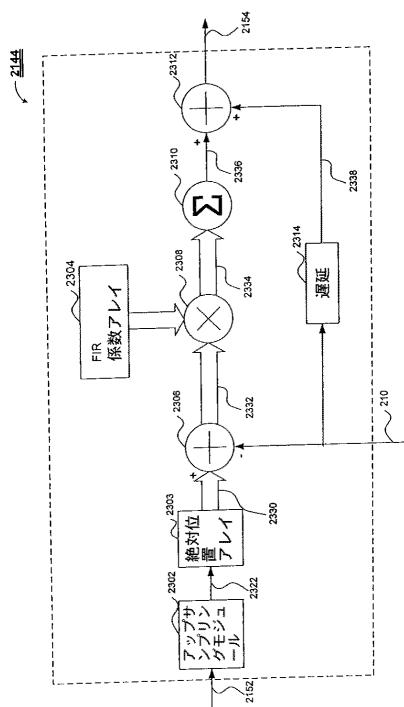
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(72)発明者 トッド ジェイ ベッドナレック
アメリカ合衆国 コネチカット サウスベリー ジョージズ ヒル ロード 605

審査官 渡戸 正義

(56)参考文献 国際公開第02/056468 (WO, A1)
特開2001-250757 (JP, A)
特開平11-312643 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
H01L 21/68