

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-55239
(P2004-55239A)

(43) 公開日 平成16年2月19日(2004.2.19)

| | | |
|----------------------------|---------------|------------|
| (51) Int. Cl. ⁷ | F I | テーマコード(参考) |
| HO 1 J 37/28 | HO 1 J 37/28 | 2 F 0 6 7 |
| GO 1 B 15/00 | GO 1 B 15/00 | 4 M 1 0 6 |
| HO 1 J 37/141 | HO 1 J 37/141 | 5 C 0 3 3 |
| HO 1 J 37/153 | HO 1 J 37/153 | |
| HO 1 L 21/66 | HO 1 L 21/66 | |

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

| | | | |
|-----------|-----------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2002-208990(P2002-208990) | (71) 出願人 | 000220343 株式会社トプコン 東京都板橋区蓮沼町75番1号 |
| (22) 出願日 | 平成14年7月18日(2002.7.18) | (74) 代理人 | 100082670 弁理士 西脇 民雄 |
| | | (74) 代理人 | 100114454 弁理士 西村 公芳 |
| | | (72) 発明者 | 小池 紘民 東京都板橋区蓮沼町75番1号株式会社トプコン電子ビームサービス内 |
| | | (72) 発明者 | 木村 浩二 東京都板橋区蓮沼町75番1号株式会社トプコン内 |
| | | Fターム(参考) | 2F067 AA53 CC16 EE04 EE10 HH06 JJ05 KK04 QQ02 |

最終頁に続く

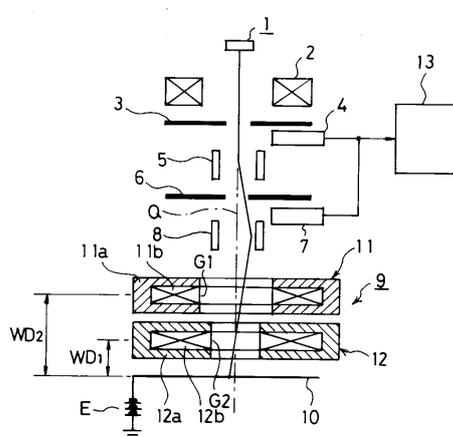
(54) 【発明の名称】 走査形電子顕微鏡

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 光軸方向に隣接して2個以上の対物レンズを設け、大面積の走査の時は試料から離れた長焦点距離の対物レンズを使用し、高分解能観察に際しては試料に近い短焦点距離の対物レンズを使用することにより、互いに相反する要求を克服することのできる走査型電子顕微鏡を提供する。

【解決手段】 本発明は、走査形電子顕微鏡において、対物レンズ系9は、第1対物レンズ11と第2対物レンズ12とから構成され、第1対物レンズ11は電子源1に近い側に設けられ、第2対物レンズ12は試料10に近い側に設けられると共に第1対物レンズ11に隣接して配置され、対物レンズ系9の電子源側に走査系5、8を構成する走査コイル又は走査偏向電極と2次電子検出系を構成する2次電子検出器4とが設置され、広視野モードで使用する場合には、第1対物レンズ11を主励磁し、高分解モードで使用する場合には、第2対物レンズ12を主励磁する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子ビームを放射する電子源と、放射された電子ビームを試料上に集束する対物レンズ系と、集束された電子ビームを試料上で走査する走査系と、前記試料から放出される2次電子を検出する2次電子検出系と、前記2次電子検出系からの2次電子検出信号を用いて前記試料の2次電子像を表示する2次電子像表示系とを有する走査形電子顕微鏡において、前記対物レンズ系は、第1対物レンズと第2対物レンズとから構成され、該第1対物レンズは前記電子源に近い側に設けられ、前記第2対物レンズは前記試料に近い側に設けられると共に前記第1対物レンズに隣接して配置され、前記対物レンズ系の電子源側に前記走査系を構成する走査コイル又は走査偏向電極と前記2次電子検出系を構成する2次電子検出器とが設置され、広視野モードで使用する場合には、前記第1対物レンズを主励磁し、高分解モードで使用する場合には、前記第2対物レンズを主励磁することを特徴とする走査形電子顕微鏡。

10

【請求項 2】

広視野モードで使用する場合に、前記第1対物レンズを主励磁するとともに、前記第2対物レンズを前記第1対物レンズの励磁方向と逆方向に従的に励磁し、軸外色収差を打ち消すことを特徴とする請求項1記載の走査形電子顕微鏡。

【請求項 3】

前記第1対物レンズと前記第2対物レンズとの少なくとも一方が、複数の励磁コイルで形成されていることを特徴とする請求項1記載の走査形電子顕微鏡。

20

【請求項 4】

主励磁されていない対物レンズの複数の励磁コイルは互いに逆方向に励磁され、合成された起磁力が略ゼロとなるように構成され、モードを変更した場合でも熱変化が生じにくい構成とされていることを特徴とする請求項3に記載の走査形電子顕微鏡。

【請求項 5】

前記第1対物レンズは2個一対の分割コイルが前記対物レンズ系の主軸方向に間隔を開けて二組設けられ、一方の分割コイル組と他方の分割コイル組との間にヨークが介在され、広視野モードで使用する場合には、一方の分割コイル組の各分割コイルに同方向の起磁力を発生させると共に、他方の分割コイル組の各分割コイルに同方向の起磁力を発生させるが前記一方の分割コイル組の発生する起磁力とは逆方向の起磁力を発生させ、高分解モードで使用する場合には2個一対となっている各分割コイルに互いに逆向きの起磁力を発生させて前記第1対物レンズの起磁力を打ち消すことを特徴とする請求項1に記載の走査形電子顕微鏡。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、広視野モード（大面積検査モード）と高分解能モード（高分解能観察モード）とを兼ね備えた走査形電子顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、LSIの微細化の加速により、250nmのデザインルール以下では、パターン寸法が露光波長を下回り、近接効果補正や位相シフト・マスク等の超解像技術が要求されてきている。このような状況下でのプロセス管理としては、パターンの線幅のみを管理していた従来の1次元測長方法では意味がなくなり、パターンの2次元、3次元の管理が要求されてきている。プロセス管理にはスループットが重要な要因であり、マスクやレジストパターンの大面積を短時間で測定し、基準パターンやCADデータとの比較を行う方法が要求されている。このためには、20 - 50nmの分解能で、1000 - 2000 μm^2 平方の大面積の走査ができる走査形電子顕微鏡が要求されている。一般に、チップの面積は一辺で10 - 20mmであり、パターン検査ではスループットを向上させるために、分解能は多少犠牲にしてでも、できるだけ広い面積をひずみ無く観察する必要があり、長焦点

40

50

距離の対物レンズが適している。

【0003】

一方、マスクやレジストパターンに欠陥があったときは、不良解析、原因究明のために、その部分を高分解能で詳細に観察する必要があり、このためには、3 - 5 nmオーダーの高分解能の走査形電子顕微鏡が要求され、従って、短焦点距離の対物レンズが望ましい。しかしながら、短焦点距離のレンズでは広い面積をひずみ無く走査することは困難である。すなわち、この2つの要求は相反している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、実用的にはスループットを考慮すると、電子線と比較して、レーザー光を利用した従来の光の検査方式の方が遙かに早い。しかしながら、光の分解能は波長による限界があり、紫外線を利用した場合でも現状では50 - 100 nmが限界である。

10

【0005】

電子顕微鏡を用いるメリットは、光の分解能以下の分解能、すなわち、50 nm以下の分解能を得ることができる点にあり、図5に示すように、光の分解能以下の50 nmの分解能を得るためには、WDは分解能50 - 70 mm以下が望ましい。

【0006】

また、図5から明らかなように、電子線を利用することにより1 nmの分解能が得られるが、電子線といえども対物レンズと試料間の距離（ワーキングディスタンス（WD））が近くないと高分解能が得られない。

20

【0007】

例えば、1個の対物レンズを用いて、5 nmの分解能を維持するためには、ワーキングディスタンスWDを図5に示すようにほぼ7 mm以下にする必要がある。従って、対物レンズをできるだけ試料に近づける必要がある。

【0008】

しかしながら、通常の測長SEM（CD-SEM）の対物レンズでは、WD = 7 mmで1 mmの広視野を走査するためには非点、湾曲、歪み等の各収差を走査に連動して動的に調整する必要があるが、この状態では、歪み収差が1 mmに達し、補正回路に大幅な負担が掛かるとともに、補正しきれないという問題が発生する。無理矢理補正したとしても操作・調整が煩雑になるとともにコストも高くなる。補正困難な軸外色収差に到っては150 nm近くなる。一方、ワーキングディスタンスWDを長くすると軸外色収差が大きくなり、5 nmの分解能は維持できなくなる。

30

【0009】

このように、マスクから転写したウエハー上のパターンを検査する走査形電子顕微鏡では、互いに相反する大面積検査機能と、高分解能観察機能を両立させるには、走査形電子顕微鏡の1個の対物レンズではカバーしきれない。

【0010】

なお、図5は加速電圧3 kVで、試料の電位がE = - 2.5 kVの時の分解能と試料から対物レンズ中心までの距離との関係を示すグラフ図である。

【0011】

本発明は、上記の事情に鑑みて為されたもので、その目的とするところは、光軸方向に隣接して2個以上の対物レンズを設け、大面積の走査の時は試料から離れた長焦点距離の対物レンズを使用し、高分解能観察に際しては試料に近い短焦点距離の対物レンズを使用することにより、互いに相反する要求を克服することのできる走査型電子顕微鏡を提供することにある。

40

【0012】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の走査形電子顕微鏡は、電子ビームを放射する電子源と、放射された電子ビームを試料上に集束する対物レンズ系と、集束された電子ビームを試料上で走査する走査系と、前記試料から放出される2次電子を検出する2次電子検出系と、前記2次電子検

50

出系からの2次電子検出信号を用いて前記試料の2次電子像を表示する2次電子像表示系とを有する走査形電子顕微鏡において、前記対物レンズ系は、第1対物レンズと第2対物レンズとから構成され、該第1対物レンズは前記電子源に近い側に設けられ、前記第2対物レンズは前記試料に近い側に設けられると共に前記第1対物レンズに隣接して配置され、前記対物レンズ系の電子源側に前記走査系を構成する走査コイル又は走査偏向電極と前記2次電子検出系を構成する2次電子検出器とが設置され、広視野モードで使用する場合には、前記第1対物レンズを主励磁し、高分解モードで使用する場合には、前記第2対物レンズを主励磁することを特徴とする。

【0013】

請求項2に記載の走査形電子顕微鏡は、広視野モードで使用する場合に、前記第1対物レンズを主励磁するとともに、前記第2対物レンズを前記第1対物レンズの励磁方向と逆方向に従的に励磁し、軸外色収差を打ち消すことを特徴とする。

10

【0014】

請求項3に記載の走査形電子顕微鏡は、前記第1対物レンズと前記第2対物レンズとの少なくとも一方が、複数の励磁コイルで形成されていることを特徴とする。

【0015】

請求項4に記載の走査形電子顕微鏡は、主励磁されていない対物レンズの複数の励磁コイルは互いに逆方向に励磁され、合成された起磁力が略ゼロとなるように構成され、モードを変更した場合でも熱変化が生じにくい構成とされていることを特徴とする。

【0016】

請求項5に記載の走査形電子顕微鏡は、前記第1対物レンズは2個一対の分割コイルが前記対物レンズ系の主軸方向に間隔を開けて二組設けられ、一方の分割コイル組と他方の分割コイル組との間にヨークが介在され、広視野モードで使用する場合には、一方の分割コイル組の各分割コイルに同方向の起磁力を発生させると共に、他方の分割コイル組の各分割コイルに同方向の起磁力を発生させるが前記一方の分割コイル組の発生する起磁力とは逆方向の起磁力を発生させる。そして、高分解能モードで使用する場合には2個一対となっている各分割コイルに互いに逆向きの起磁力を発生させて前記第1対物レンズの起磁力を打ち消すことを特徴とする。

20

【0017】

【発明の実施の形態】

30

(実施例1)

図1は、本発明の実施例1に係わる走査形電子顕微鏡の構成図である。この図1において、1は電子源、2はコンデンサレンズとして機能するコンデンサコイル、3は第1ターゲット板、4は第1検出器、5は第1偏向系、6は第2ターゲット板、7は第2検出器、8は第2偏向系、9は対物レンズ系、10は試料である。

【0018】

電子源1から発射された電子は、コンデンサコイル2で集められ、第1ターゲット板3を通過して、第1偏向系5に導かれ、第1偏向系5により所定の角度に偏向されて、第2ターゲット板6を通過し、第2偏向系8により所定の角度に偏向されて、対物レンズ系9に導かれる。なお、その第1偏向系5、第2偏向系8は例えば走査コイル又は走査偏向電極から構成されている。

40

【0019】

対物レンズ系9は第1対物レンズ11と第2対物レンズ12とから構成されている。第1対物レンズ11の中心から試料10までのワーキングディスタンスWD1は例えば約50mmであり、第2対物レンズ12の中心から試料10までのワーキングディスタンスWD2は例えば約7mmであり、第1対物レンズ11と第2対物レンズ12とは互いに隣接して配設されている。

【0020】

その第1対物レンズ11はヨーク11aと励磁コイル11bとから構成され、第2対物レンズ12はヨーク12aと励磁コイル12bとから構成されている。なお、その図1にお

50

いて、符号 G 1 はヨーク 1 1 a 間のギャップ、符号 G 2 はヨーク 1 2 a 間のギャップをそれぞれ示す。試料 1 0 には例えば - 2 . 5 K V の負荷電位 E が印加されている。

【 0 0 2 1 】

第 1 偏向系 5 と第 2 偏向系 8 とは電子ビームを走査する走査系を構成し、第 1 ターゲット板 3 と第 1 検出器 4 とは二次電子を検出する二次電子検出系を構成し、第 2 ターゲット板 6 と第 2 検出器 7 とは反射電子を検出する反射電子検出系を構成している。

【 0 0 2 2 】

その二次電子検出系、反射電子検出系は対物レンズ系 9 よりも電子源 1 に近い側に配設されている。

【 0 0 2 3 】

この走査形電子顕微鏡では、高分解能モードで試料 1 0 を走査するときには、第 2 対物レンズ 1 2 の励磁コイル 1 2 b が励磁されかつ第 1 対物レンズ 1 1 の励磁コイル 1 1 b は励磁されない。また、広視野モードで試料 1 0 を走査するときには、第 2 対物レンズ 1 2 の励磁コイル 1 2 b は励磁されずかつ第 1 対物レンズ 1 1 の励磁コイル 1 1 b が励磁される。

10

【 0 0 2 4 】

対物レンズ系 9 は、電子ビームを試料 1 0 に集束しつつ照射する。試料 1 0 には負荷電位が印加されているので、この電子ビームの走査によりその試料 1 0 から二次電子、反射電子が急速に対物レンズ系 9 の主軸 Q に沿って飛び出す。反射電子は二次電子よりも散乱角度が大きいので第 2 ターゲット板 6 に当たり、第 2 ターゲット板 6 から放出される二次電子が第 2 検出器 7 により検出される。また、二次電子は第 1 ターゲット板 3 に当たり、第 1 ターゲット板 3 から放出される二次電子が第 1 検出器 4 により検出される。その第 1 検出器 4、第 2 検出器 7 の検出出力は二次電子、反射電子像を表示する表示系 1 3 に入力される。

20

【 0 0 2 5 】

この実施例 1 によれば、広視野モードで試料 1 0 を走査する第 1 対物レンズ 1 1 と高分解能モードで試料 1 0 を走査する第 2 対物レンズ 1 2 とを隣接して配設したので、互いに相反する大面積検査機能と、高分解能観察機能とを両立させることができる。

【 0 0 2 6 】

なお、この実施例 1 では、広視野モードで試料 1 0 を走査するときには第 1 対物レンズ 1 1 の励磁コイル 1 1 b を励磁しかつ第 2 対物レンズ 1 2 の励磁コイル 1 2 b を励磁しない構成とし、これに対して、高分解能モードで試料 1 0 を走査するときには第 2 対物レンズ 1 2 の励磁コイル 1 2 b を励磁しかつ第 1 対物レンズ 1 1 の励磁コイル 1 1 b を励磁しない構成としたが、さらに広視野モードで試料 1 0 を走査するときには第 2 対物レンズ 1 2 の励磁コイル 1 2 b を第 1 対物レンズ 1 1 の励磁コイル 1 1 b の励磁による磁力線の向きとは逆方向の向きの磁力線が発生するように構成することにより、軸外色収差を打ち消す構成とすることもできる。

30

(変形例 1)

図 2 は第 1 対物レンズ 1 1 の一部を構成するヨーク 1 1 a と第 2 対物レンズ 1 2 の一部を構成するヨーク 1 2 a との共用化を図ると共に、第 1 対物レンズ 1 1 の一部を構成する励磁コイル 1 1 b を一対の分割コイル 1 1 c と分割コイル 1 1 d とから構成し、かつ、第 2 対物レンズ 1 2 の一部を構成する励磁コイル 1 2 b を一対の分割コイル 1 2 c と分割コイル 1 2 d とから構成したものである。

40

【 0 0 2 7 】

この図 2 に示す対物レンズ系 9 の場合、以下に説明するように、各対物レンズ 1 1、1 2 を共に励磁する。

【 0 0 2 8 】

すなわち、広視野モードで試料 1 0 を走査するときには第 1 対物レンズ 1 1 の分割コイル 1 1 c による磁力線の向き（起磁力の向き）と分割コイル 1 1 d による磁力線の向き（起磁力の向き）とが同方向になるように各分割コイル 1 1 c、1 1 d が励磁される一方、第

50

2対物レンズ12の分割コイル12cによる磁力線の向き(起磁力の向き)と分割コイル12dによる磁力線の向きと(起磁力の向き)が逆方向になるように各分割コイル12c、12dが励磁される。

【0029】

これに対して、高分解能モードで試料10を走査するときには第2対物レンズ12の分割コイル12cによる磁力線の向き(起磁力の向き)と分割コイル12dによる磁力線の向き(起磁力の向き)とが同方向になるように各分割コイル12c、12dが励磁される一方、第1対物レンズ11の分割コイル11cによる磁力線の向き(起磁力の向き)と分割コイル11dによる磁力線の向き(起磁力の向き)とが逆方向になるように各分割コイル11c、11dが励磁される。

10

【0030】

このように、広視野モードのときには第1対物レンズ11の各分割コイル11c、11dの起磁力の向きを同方向とする一方、第2対物レンズ12の各分割コイル12c、12dの起磁力の向きを逆方向とし、これに対して、高分解能モードのときには第2対物レンズ12の各分割コイル12c、12dの起磁力の向きを同方向とする一方第1対物レンズの11の各分割コイル11c、11dの起磁力の向きを逆方向とすれば、広視野モードのときには第2対物レンズ12の起磁力が互いに打ち消され、一方、高分解能モードのときには第1対物レンズ11の起磁力が互いに打ち消されるので、しかも、広視野モード、高分解能モードのいずれの動作モードの場合にも各励磁コイルには電流が流れ続けているので、広視野モードと高分解能モードとの間でのモード切替に際して、熱的变化を抑制できる

20

(変形例2)

図3は第1対物レンズ11と第2対物レンズ12とを親子レンズにより構成したもので、この変形例2では第1対物レンズ11を第2対物レンズ12と同心に配設し、第1対物レンズ11と第2対物レンズ12とをより一層隣接させる構成としたものである。

(実施例2)

図4は本発明の実施例2に係わる走査形電子顕微鏡の構成図である。

この実施例2では、第1対物レンズ11の一部を構成するヨーク11aは2個のギャップを有する。その第1対物レンズ11の励磁コイル11bは4個の分割コイル11c、11c'、11d、11d'から構成され、第2対物レンズ12の一部を構成する励磁コイル12bは変形例1と同様に分割コイル12c、12dから構成されている。

30

【0031】

その分割コイル11cと分割コイル11c'とは一対とされて一方の分割コイル組を構成し、その分割コイル11dと分割コイル11d'とは一対とされて他方の分割コイル組を構成している。この一方の分割コイル11c、11c'の組と他方の分割コイル11d、11d'の組との間に中間ヨーク11eが存在している。

【0032】

この実施例2によれば、変形例1と同様に、第2対物レンズ12の各分割コイル12c、12dに同方向に電流を流すと起磁力が合成されて、実施例1と同様に1個の対物レンズとして作用する。一方、第1対物レンズ11の各分割コイル11c、11c'に互いに逆方向の電流を流すと共に、各分割コイル11d、11d'に互いに逆方向の電流を流すと、第1対物レンズ11の起磁力が0になる。

40

【0033】

従って、短焦点の高分解能レンズの対物レンズ系9として作用させるためには、第1対物レンズ11の一対の分割コイル11c、11c'を互いに逆向きに励磁して起磁力を0にすると共に、一対の分割コイル11d、11d'を互いに逆向きに励磁して起磁力を零とし、第2対物レンズ12の分割コイル12c、12dに同方向に電流を流せば良い。

【0034】

これに対して、広視野観察の場合には、第2対物レンズ12の起磁力を零にするため、第2対物レンズの分割コイル12c、12dに電流を逆方向に流す。一方、第1対物レンズ

50

11の一对の分割コイル11c、11c'には同方向の電流を流し、起磁力を発生させる。また、第1対物レンズ11の一对の分割コイル11d、11d'には同方向の電流ではあるが、分割コイル11c、11c'に流す電流の方向とは逆方向に電流を流して、逆向きの起磁力を発生させる。

【0035】

このように構成すると、第1対物レンズ11は2個のギャップG3、G4を持つので、広視野モードで試料10を走査するとき、軸外色収差を減少させることができる。

【0036】

【発明の効果】

本発明は、以上説明したように構成したので、互いに相反する広視野モードと高分解能モードとを兼ね備えた走査形電子顕微鏡を提供できる。 10

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に係わる走査形電子顕微鏡の概要図である。

【図2】図1に示す対物レンズ系の変形例1の説明図である。

【図3】図1に示す対物レンズ系の変形例2の説明図である。

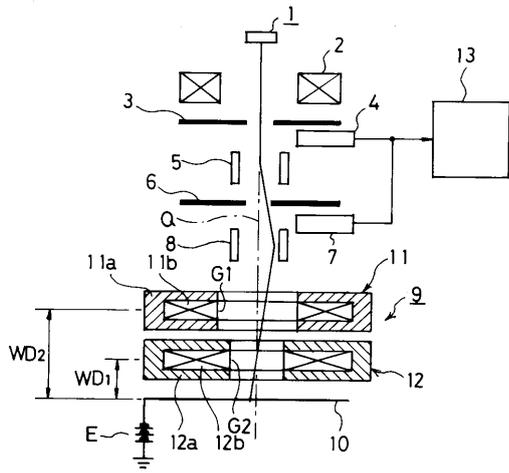
【図4】本発明の実施例2に係わる走査形電子顕微鏡の概要図である。

【図5】ワーキングディスタンスと分解能との関係を示すグラフ図である。

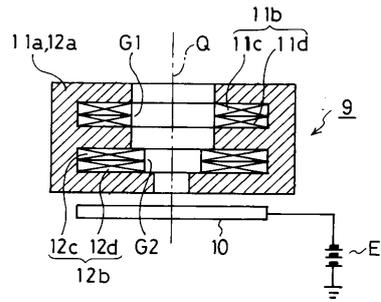
【符号の説明】

- 1 ... 電子源
- 3 ... ターゲット板（二次電子検出系）
- 4 ... 第1検出器（二次電子検出系）
- 5 ... 第1偏向系（走査系）
- 8 ... 第2偏向系（走査系）
- 9 ... 対物レンズ系
- 10 ... 試料
- 11 ... 第1対物レンズ
- 12 ... 第2対物レンズ
- 13 ... 表示系

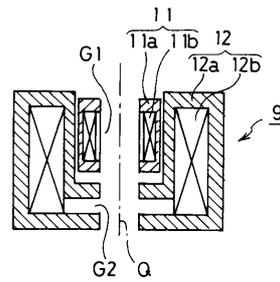
【図1】



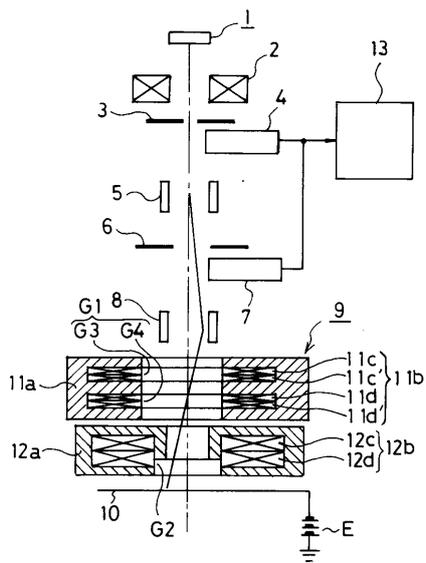
【図2】



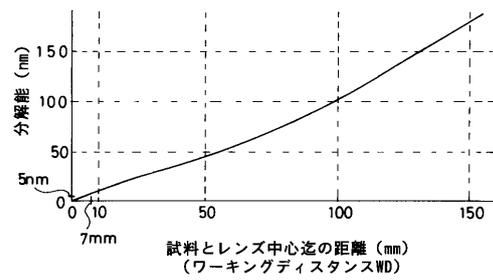
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4M106 AA01 BA02 CA39 DB05 DB18
5C033 DD02 DD03 DD09 DE02 DE06 HH06 UU02